

Obiettivo e Strategia



«4.7 Garantire entro il 2030 che tutti i discenti acquisiscano la conoscenza e le competenze necessarie a promuovere lo sviluppo sostenibile, anche tramite un'educazione volta ad uno sviluppo e uno stile di vita sostenibile, ai diritti umani, alla parità di genere, alla promozione di una cultura pacifica e non violenta, alla cittadinanza globale e alla valorizzazione delle diversità culturali e del contributo della cultura allo sviluppo sostenibile».

Brief

Unione tra:

- insegnamenti e consigli sostenibili tramite il monitoraggio dello stato di salubrità dell'ambiente;

- esperienza utente nell'attività di esplorazione metodo di gioco non alienante all'aria aperta.



Stato dell'arte

ROBOTICA EDUCATIVA

Sphero - Ollie

- performance estreme;
- alta velocità;
- gestione tramite applicazione.



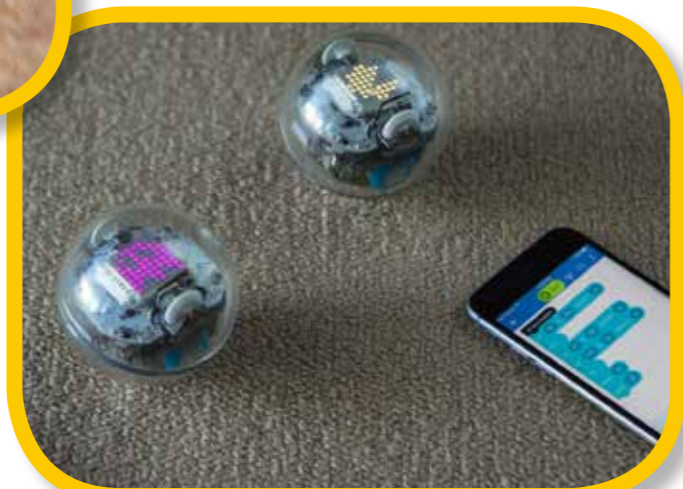
Clementoni - Mind Designer Robot

- sviluppo pensiero computazionale (coding);
- interazione vocale;
- gestione e programmazione tramite applicazione.



Wonder Workshop - Dash&Dot

- personalizzazione;
- sviluppo pensiero computazionale (coding);
- gestione e programmazione tramite applicazione.



Sphero - Bolt

- insegnamento STEM
- forma elementare;
- struttura interna visibile;
- gestione e programmazione tramite applicazione.



LEGO - Lego Wedo 2.0

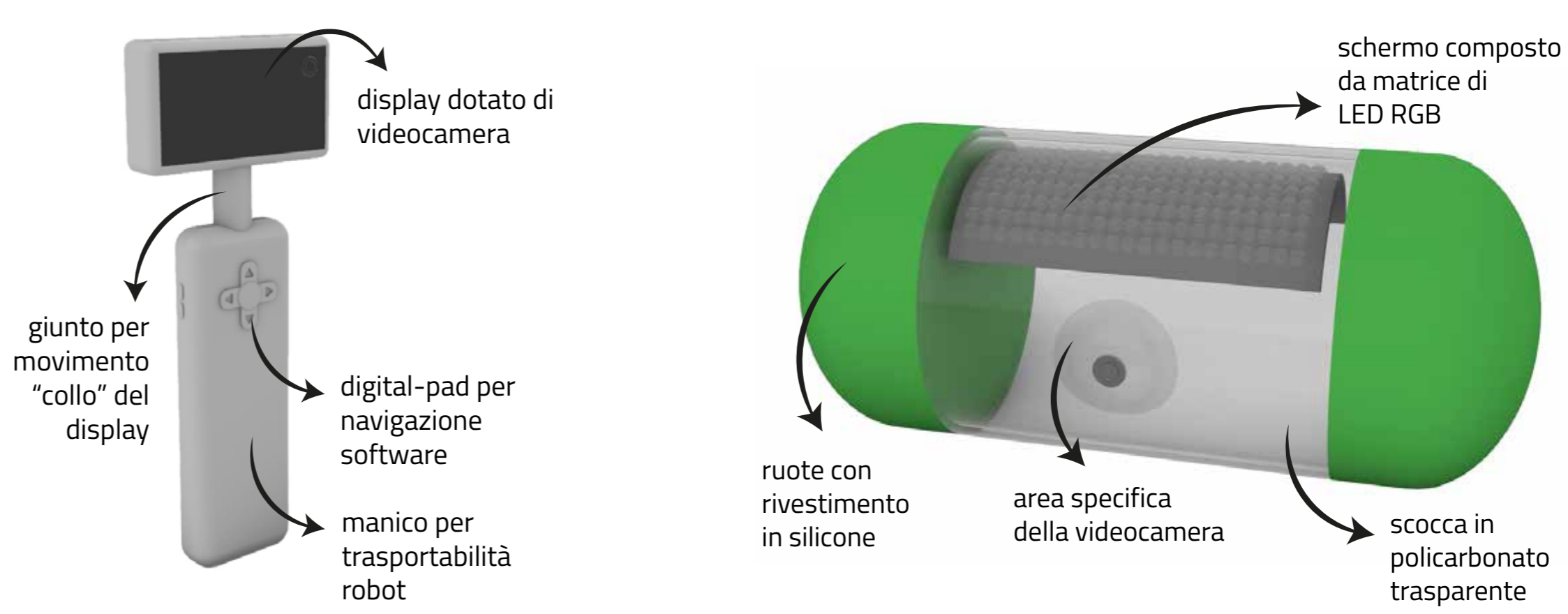
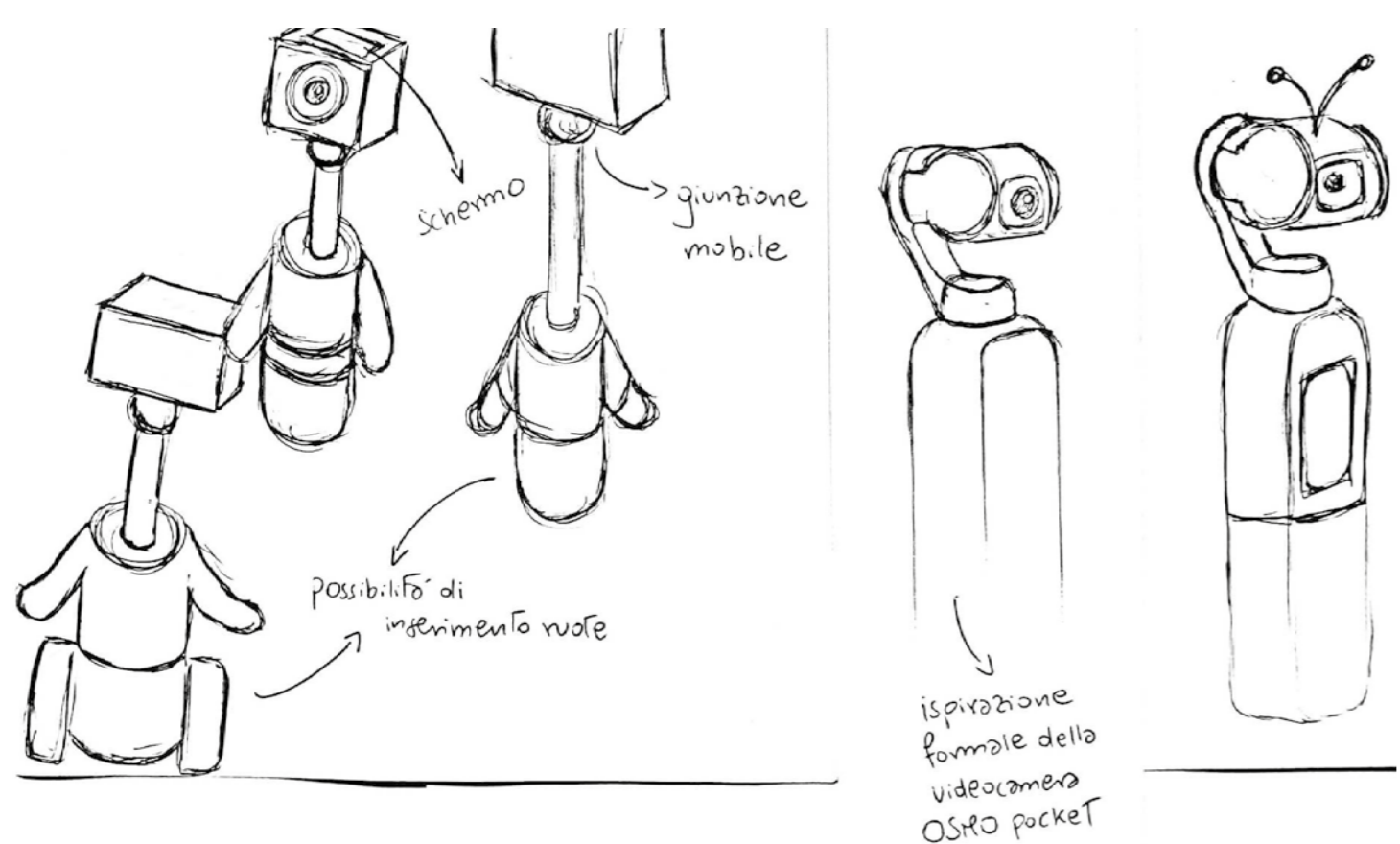
- componibile (sviluppo manualità);
- varietà progettuali;
- supporto alle STEM;
- sviluppo pensiero computazionale.



Makeblock - mBot

- componibile (sviluppo manualità);
- sviluppo pensiero computazionale.

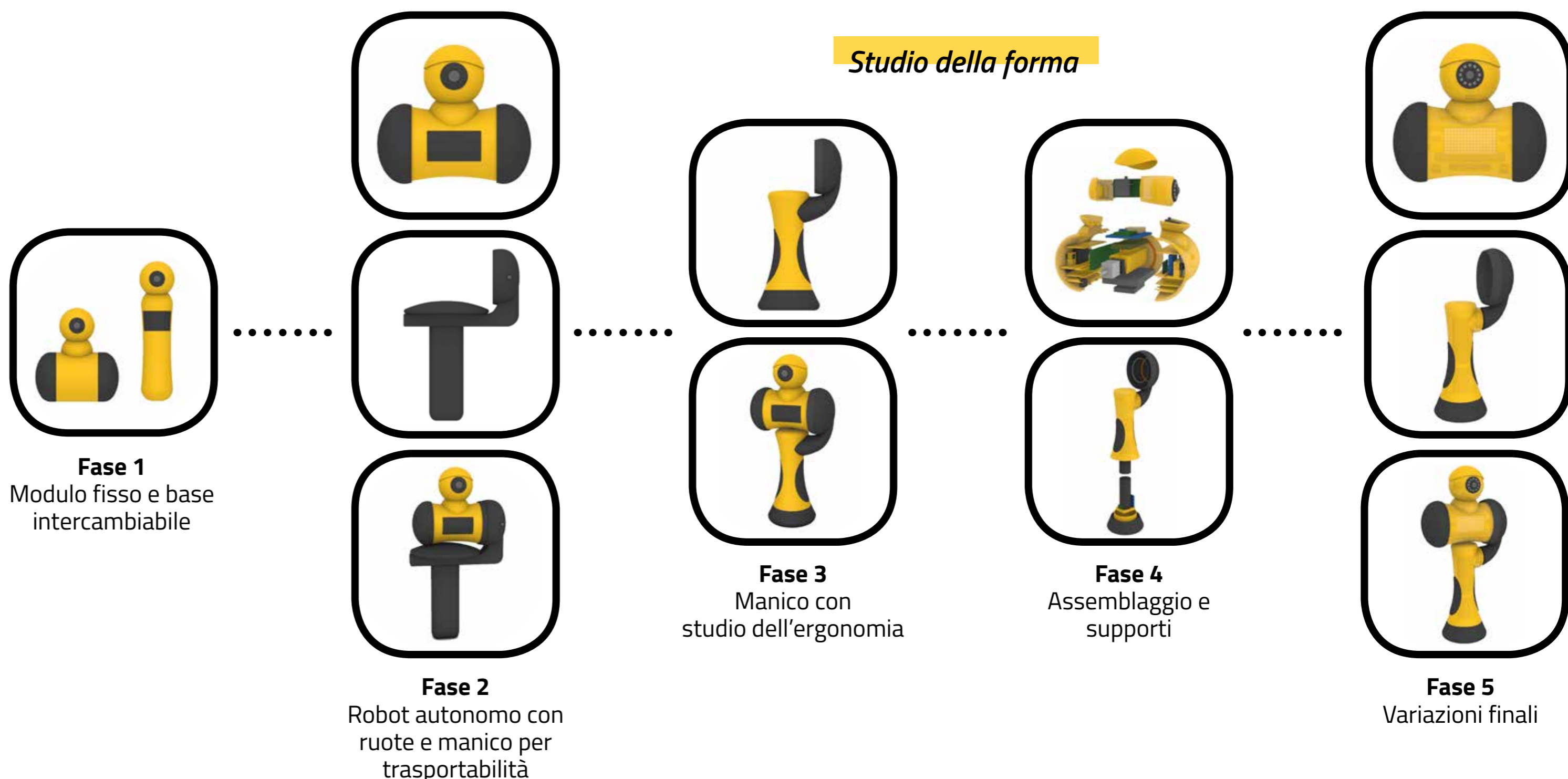
Sketch concept



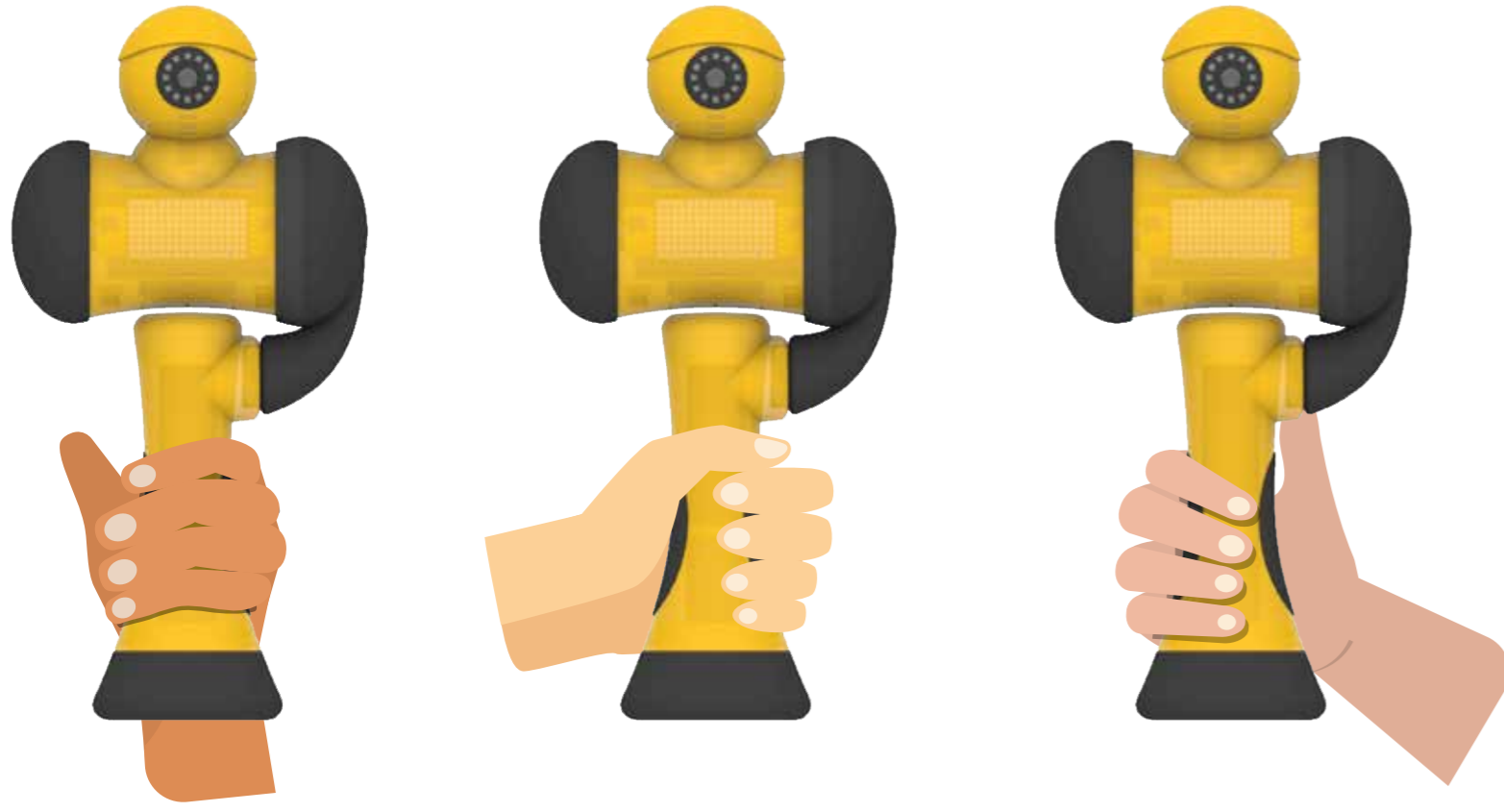
Definizione funzioni

ID	Funzioni
1	Accendersi e spegnersi
2	Ricaricarsi
3	Visualizzare messaggi per l'utente
4	Muoversi (capo e ruote)
5	Avere espressività
6	Monitorare l'ambiente (IQA, Temperatura)
7	Restituire feedback luminosi
8	Restituire feedback sonori
9	Restituire feedback motori
10	Muoversi su piani irregolari
11	Visione in diretta dello spazio
12	Connettersi ad altri dispositivi (IoT)
13	Essere trasportabile

Studio della forma



Ergonomia e conformazioni di utilizzo



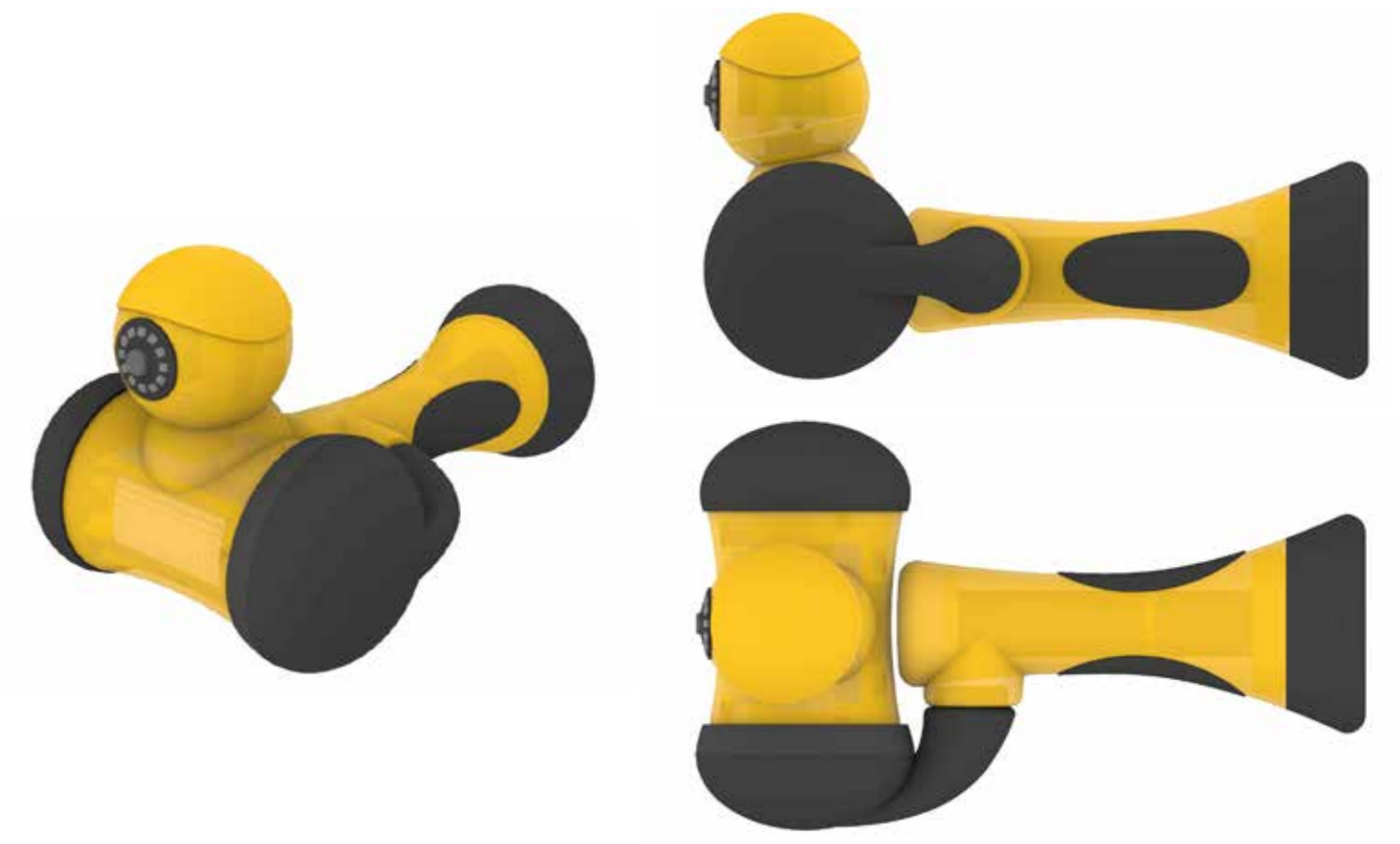
Possibili impugnature con il manico in posizione verticale

Per le misure prese in considerazione nella progettazione del manico, sono state analizzate le dimensioni tipiche di una lente di ingrandimento.

Per l'impugnatura, invece, è stata presa in esame:

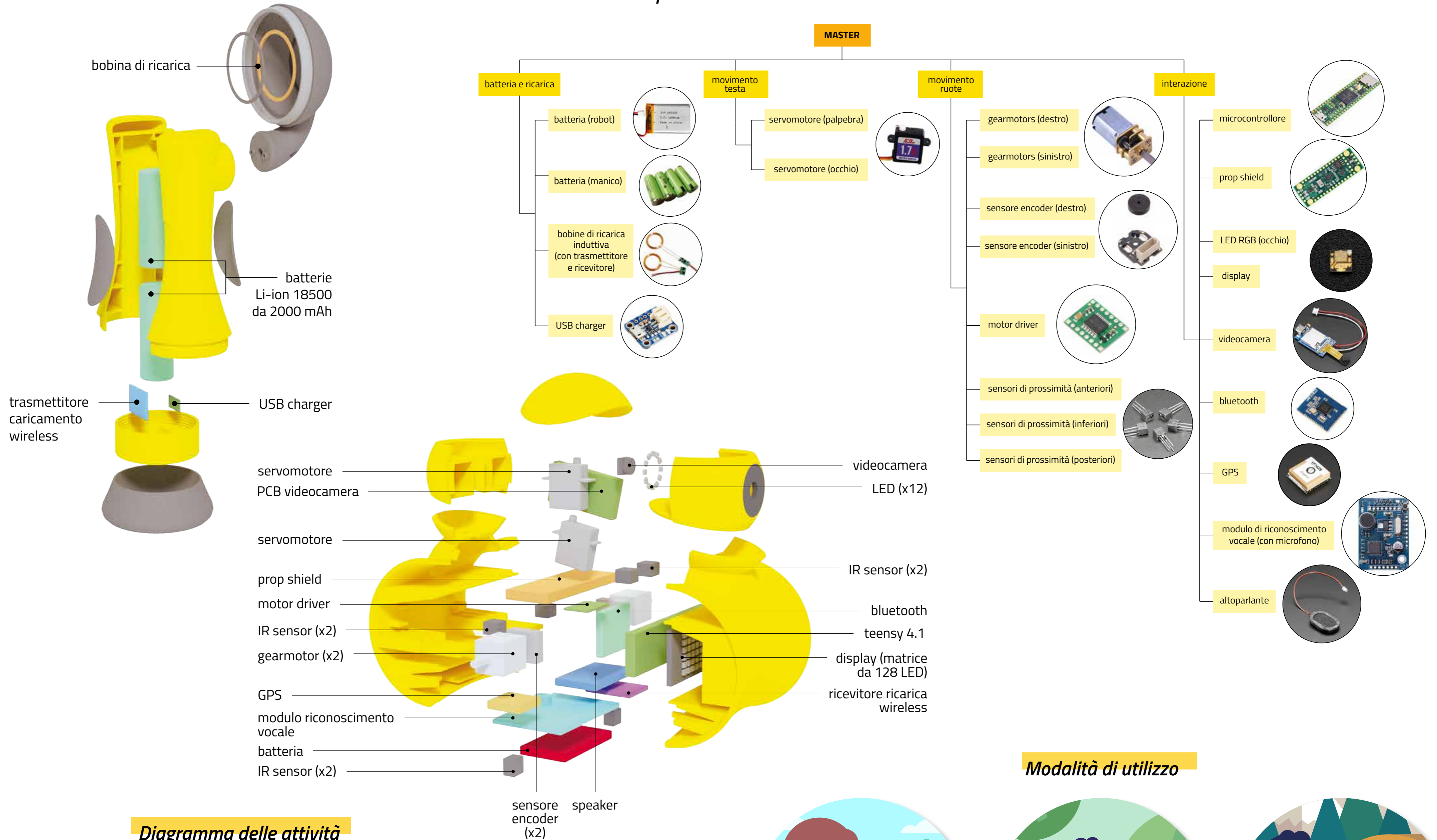
- la circonferenza di una mano (2,5-15 cm nei bambini e 15-28 cm negli adulti)
- della spanna (in media 13,5 nei bambini e 20 cm negli adulti).

La struttura, infine, è stata progettata con una forma a clessidra per permettere una più agevole impugnatura sia per tutte le età, introducendo anche dei cuscinetti in materiale gommoso, per evitare lo scivolamento del palmo della mano e delle dita durante l'utilizzo.



Modalità di utilizzo del manico ruotato di 90°

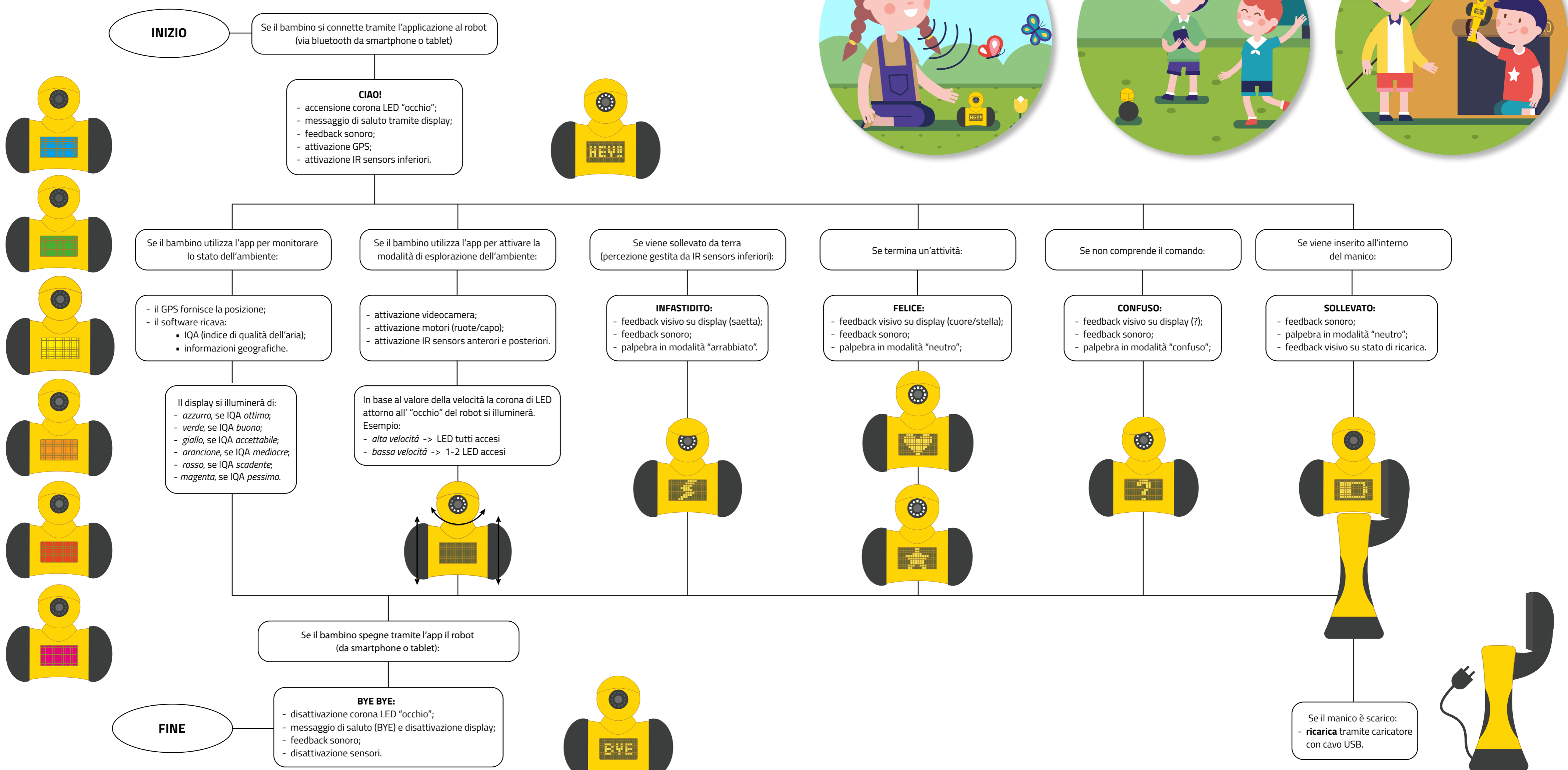
Componenti elettroniche



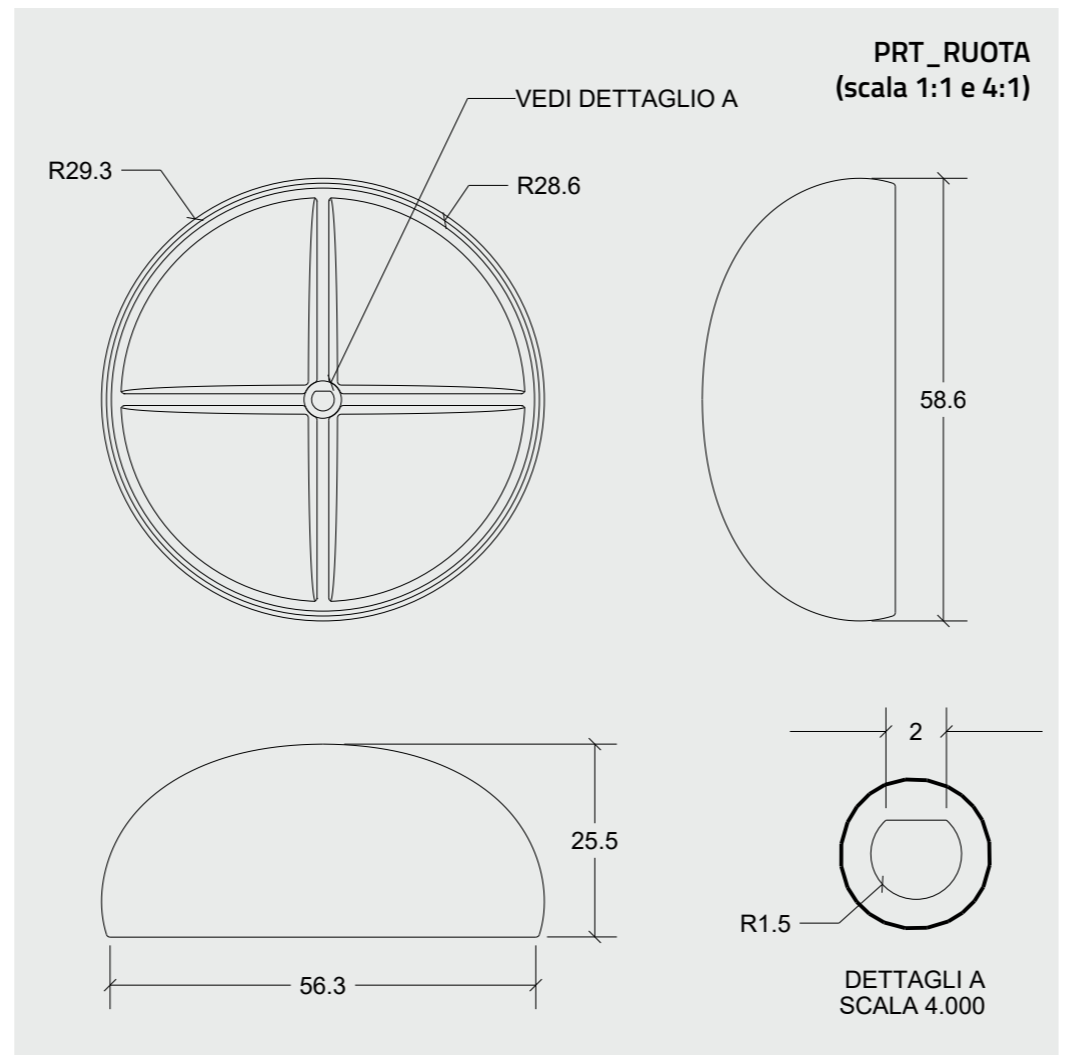
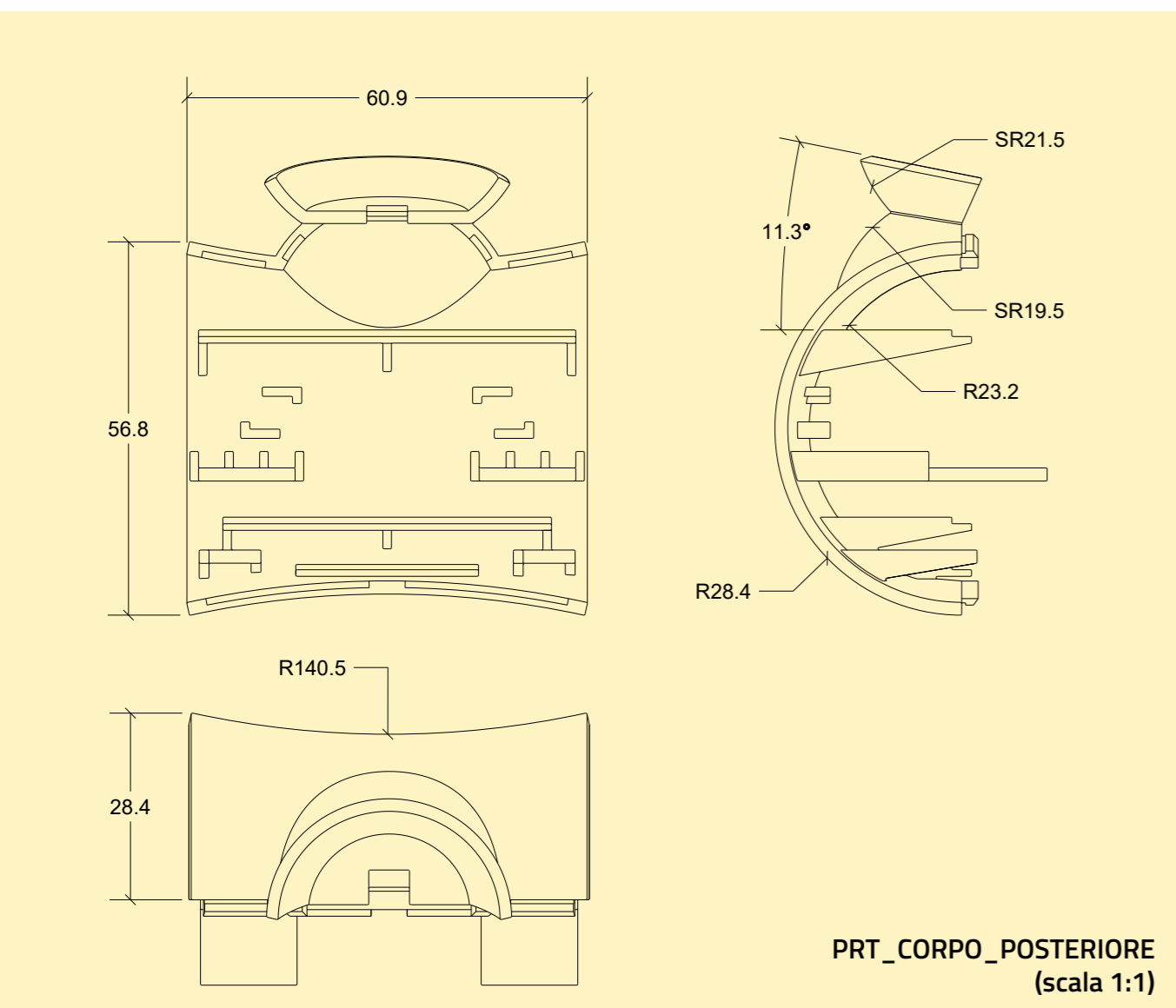
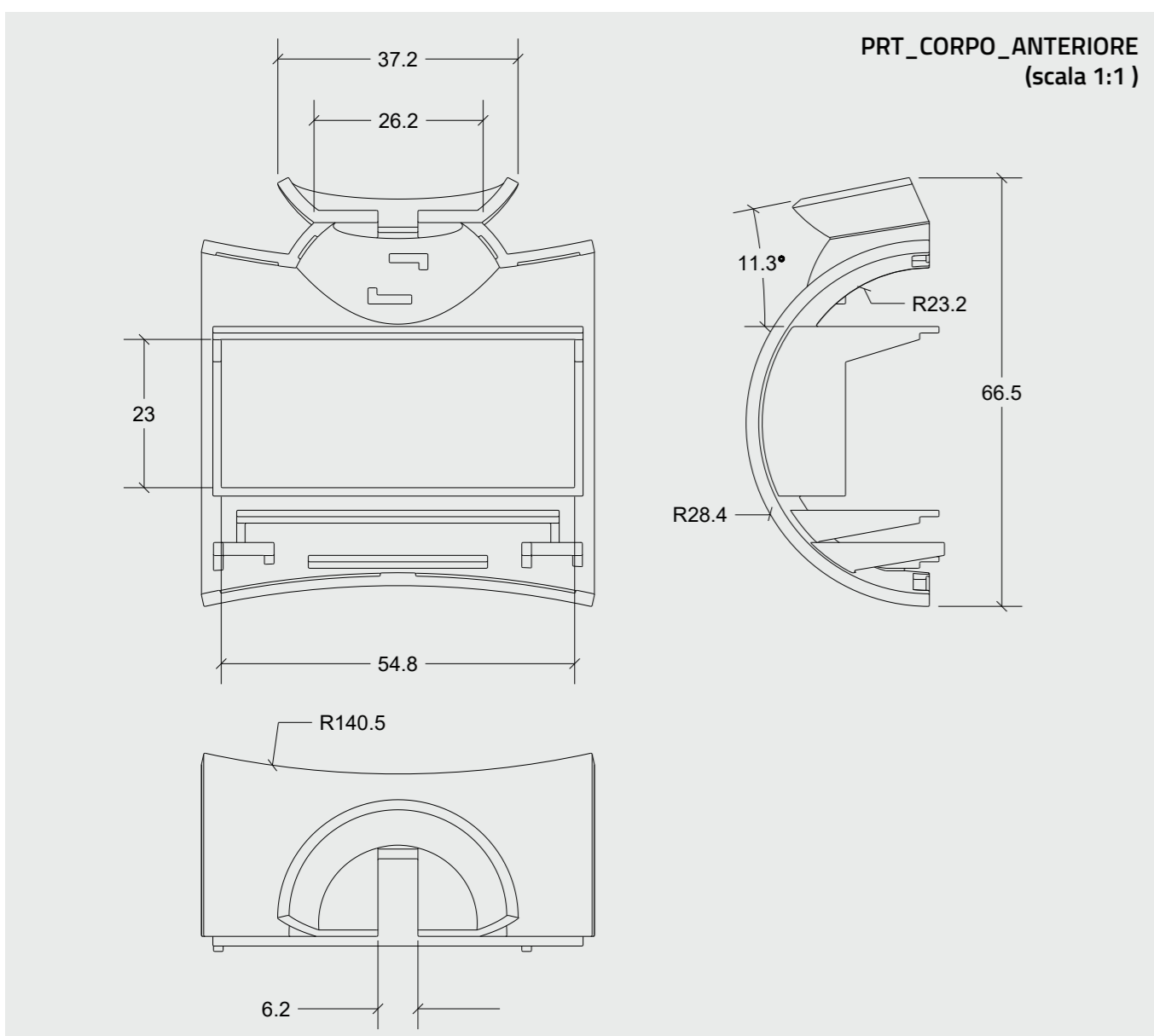
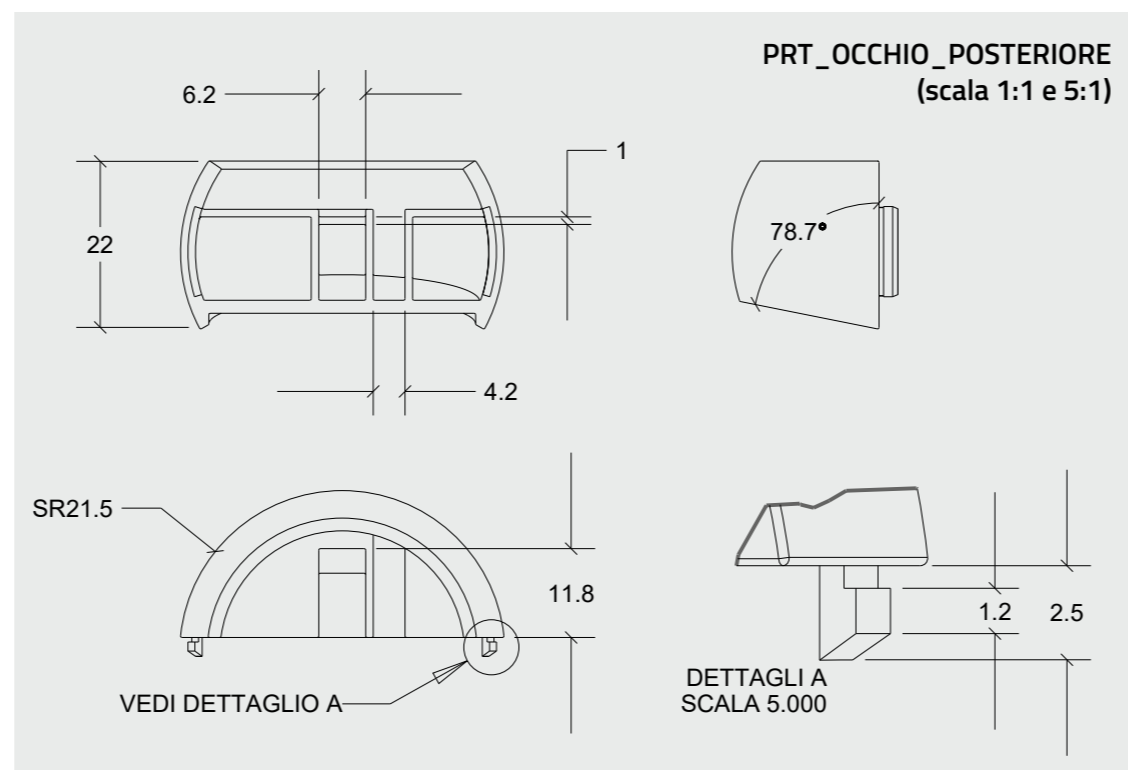
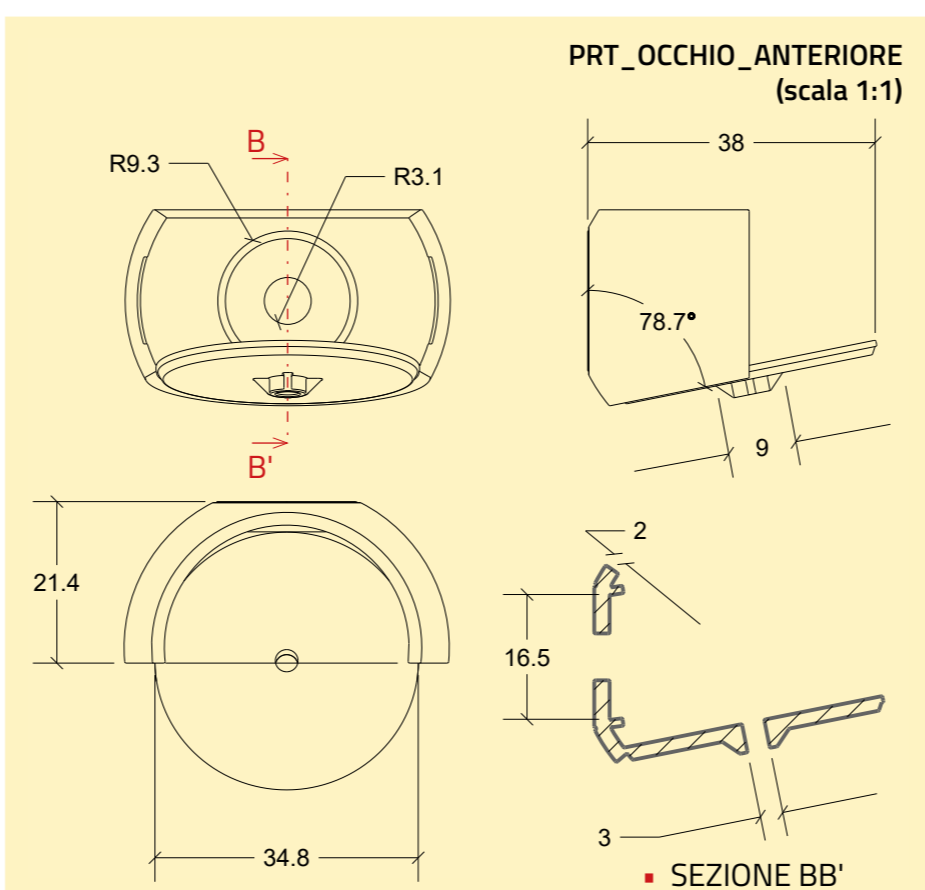
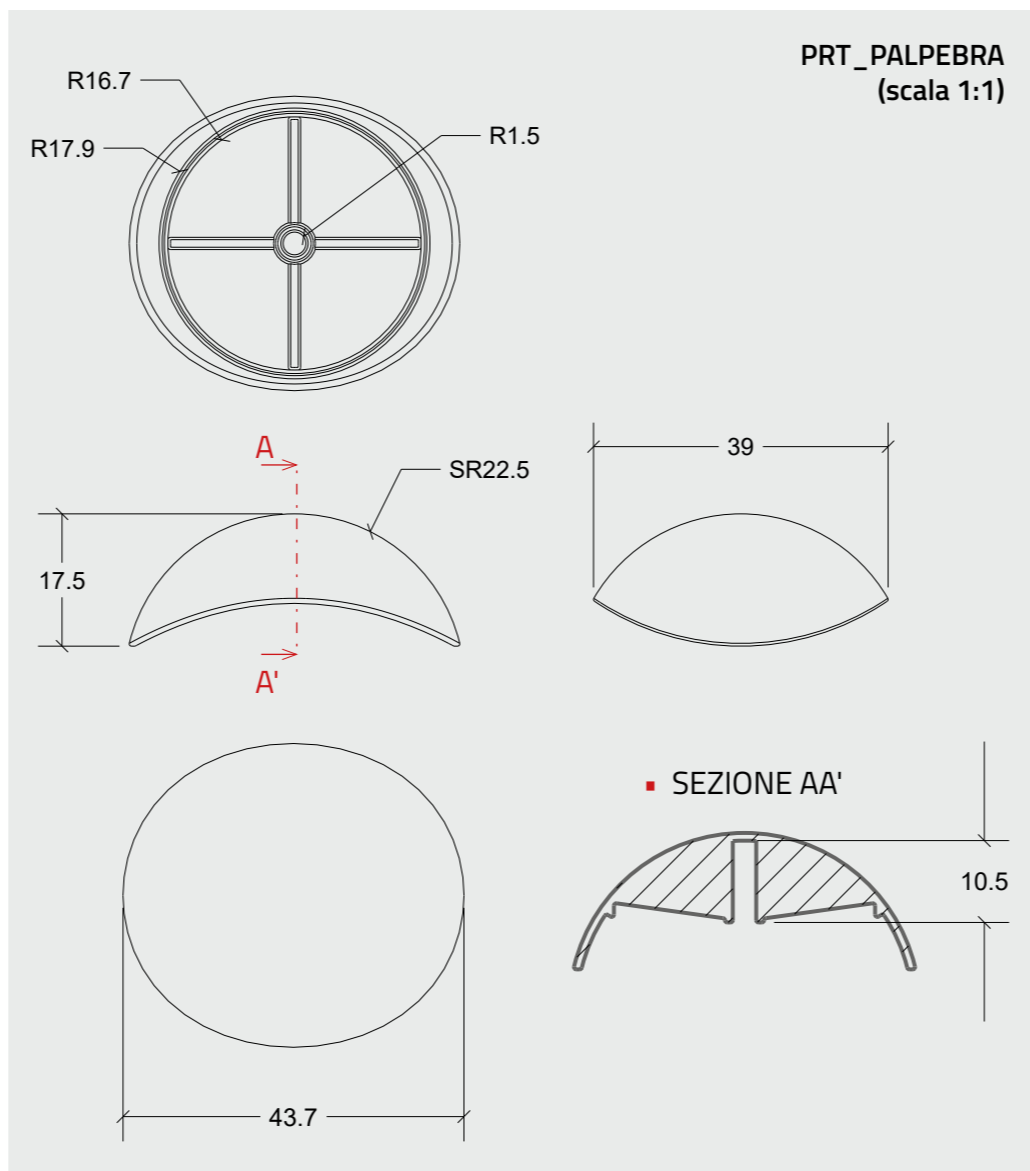
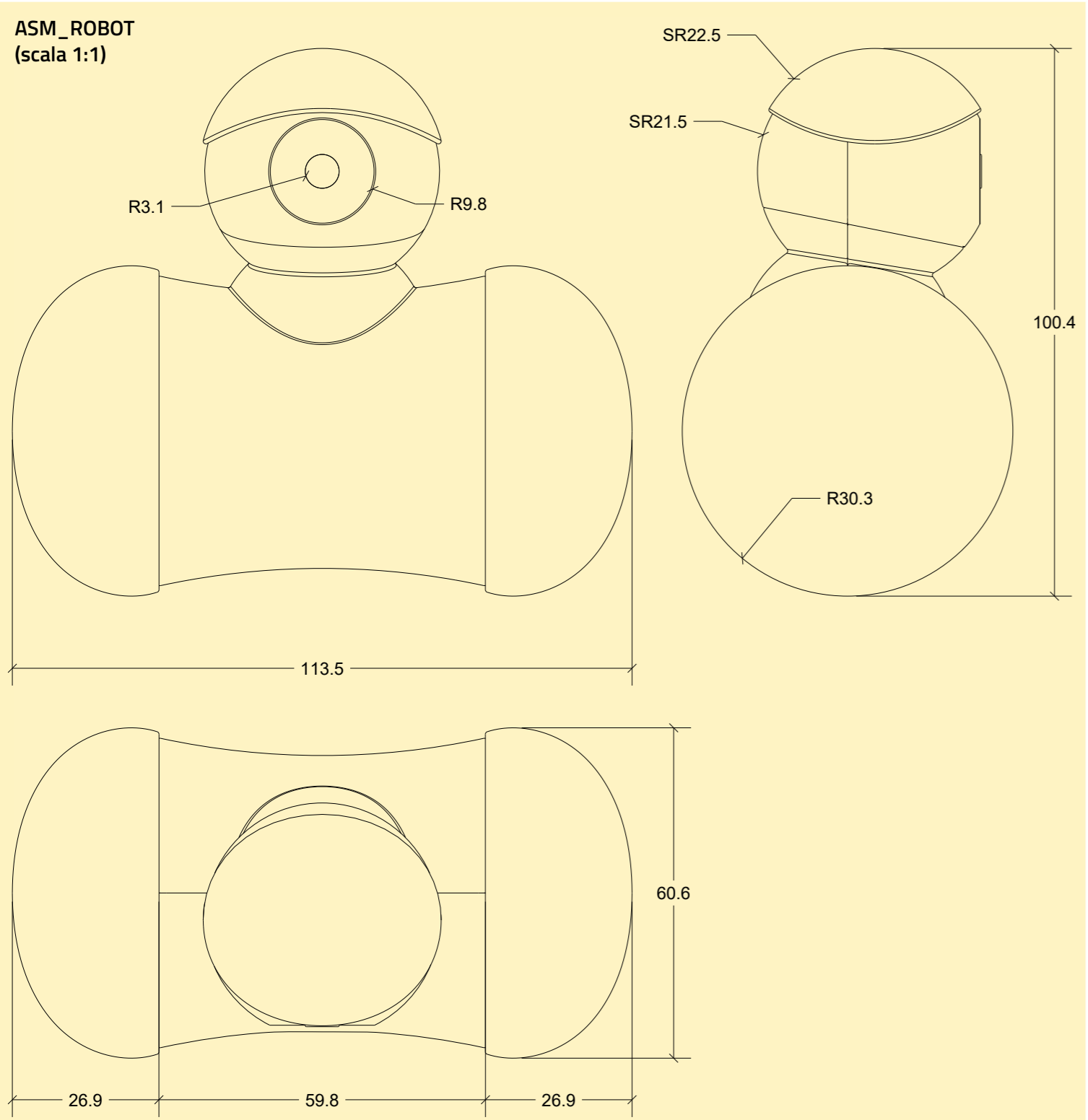
Modalità di utilizzo



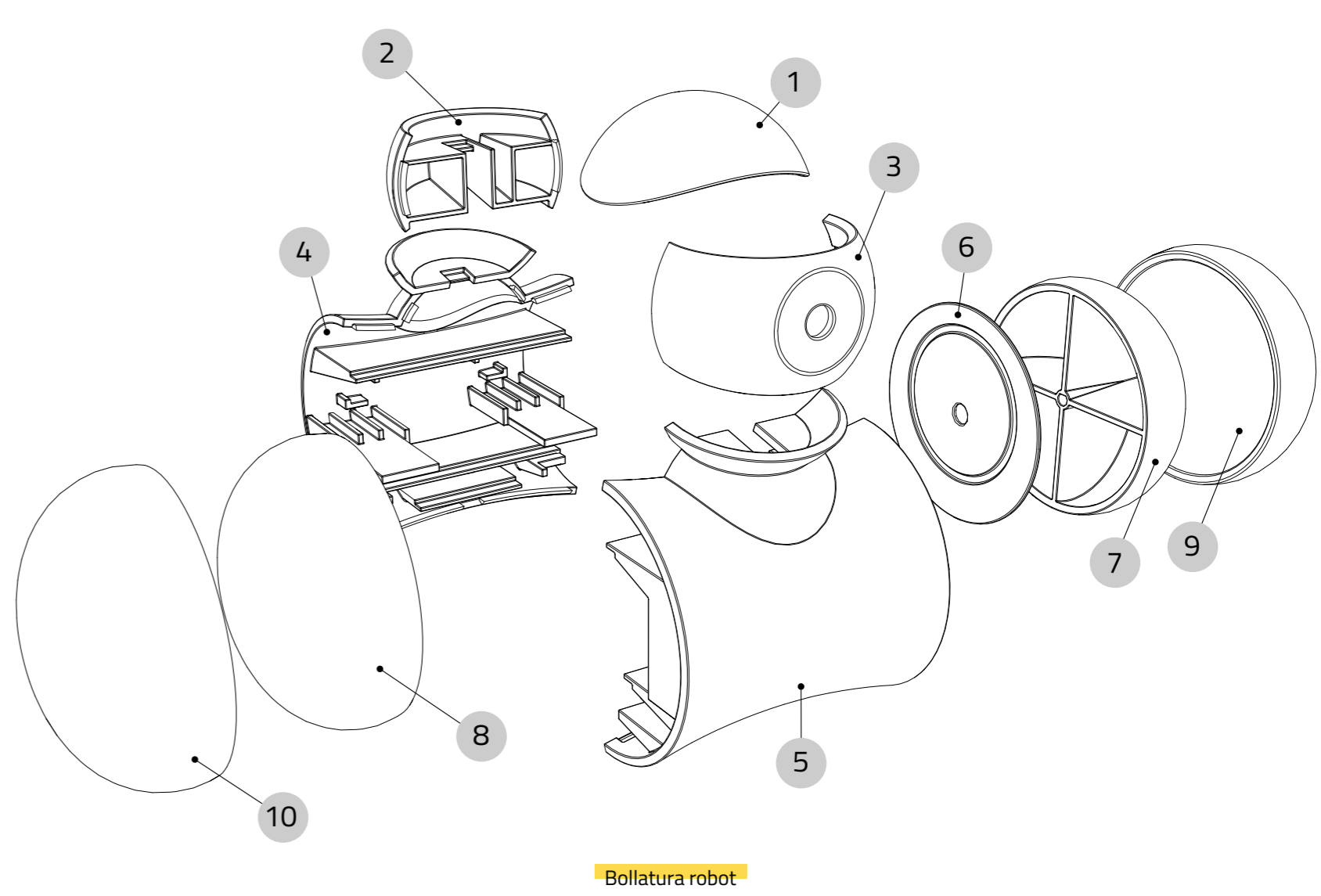
Diagramma delle attività



Proiezioni ortogonali



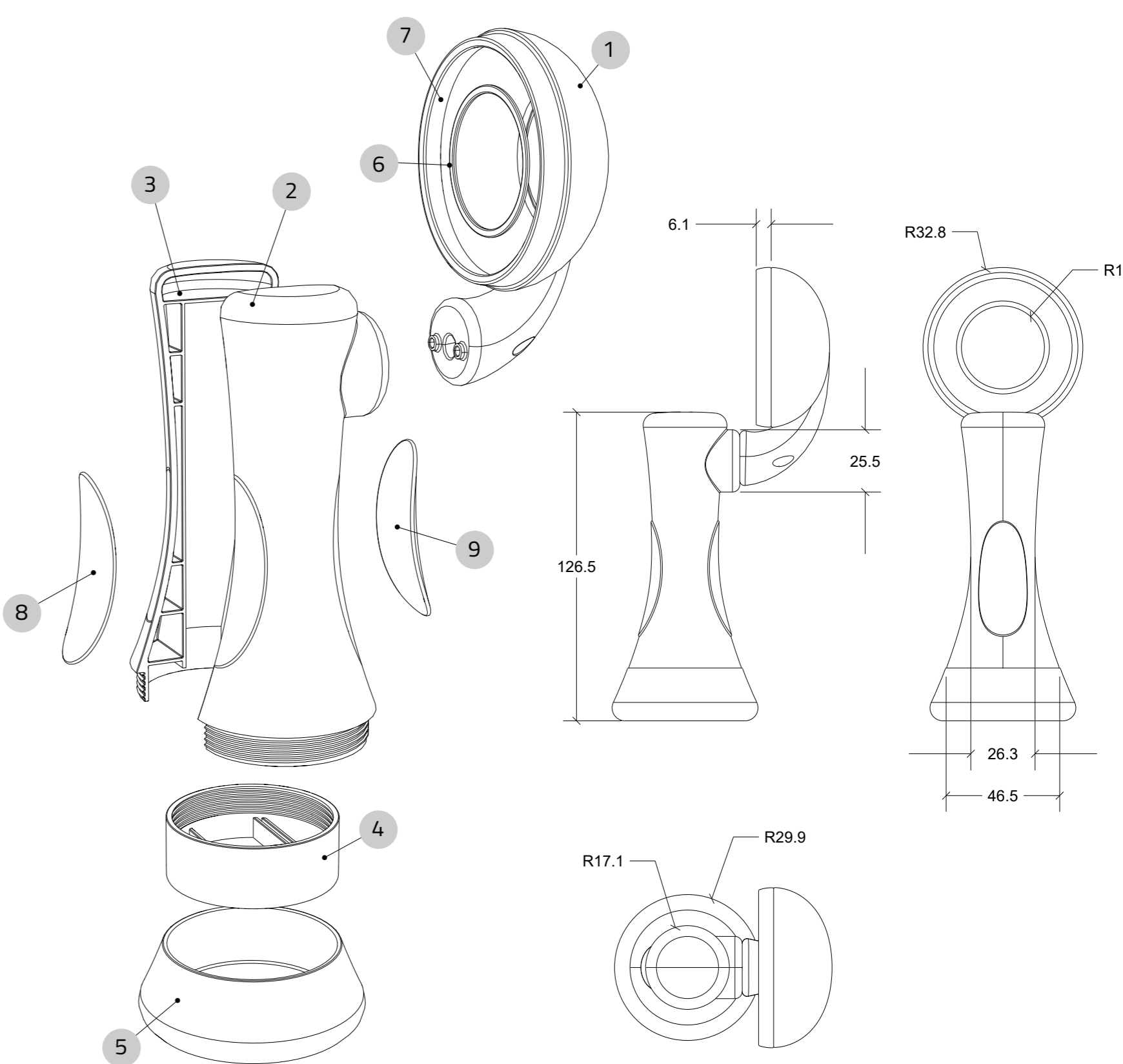
Bollatura



Bollatura robot

ID	Nome file	Descrizione	Q.tà	Materiale	Dipendenza
1	PRT_PALPEBRA	Palpebra girevole	1	Polycarbonato	ASM_ROBOT
2	PRT_OCCHIO_POSTERIORE	Sezione occhio posteriore	1	Polycarbonato	ASM_ROBOT
3	PRT_OCCHIO_ANTERIORE	Sezione occhio anteriore	1	Polycarbonato	ASM_ROBOT
4	PRT_CORPO_POSTERIORE	Sezione corpo posteriore	1	Polycarbonato	ASM_ROBOT
5	PRT_CORPO_ANTERIORE	Sezione corpo anteriore	1	Polycarbonato	ASM_ROBOT
6	PRT_TAPPO_CORPO	Tappe laterale del corpo per bobina	1	Polycarbonato	ASM_ROBOT
7	PRT_RUOTA_DX	Ruota destra	1	Polycarbonato	ASM_ROBOT
8	PRT_RUOTA_SX	Ruota sinistra	1	Polycarbonato	ASM_ROBOT
9	PRT_PNEUMATICO_DX	Pneumatico destro	1	Gomma siliconica	ASM_ROBOT
10	PRT_PNEUMATICO_SX	Pneumatico sinistro	1	Gomma siliconica	ASM_ROBOT

Distinta dei componenti robot

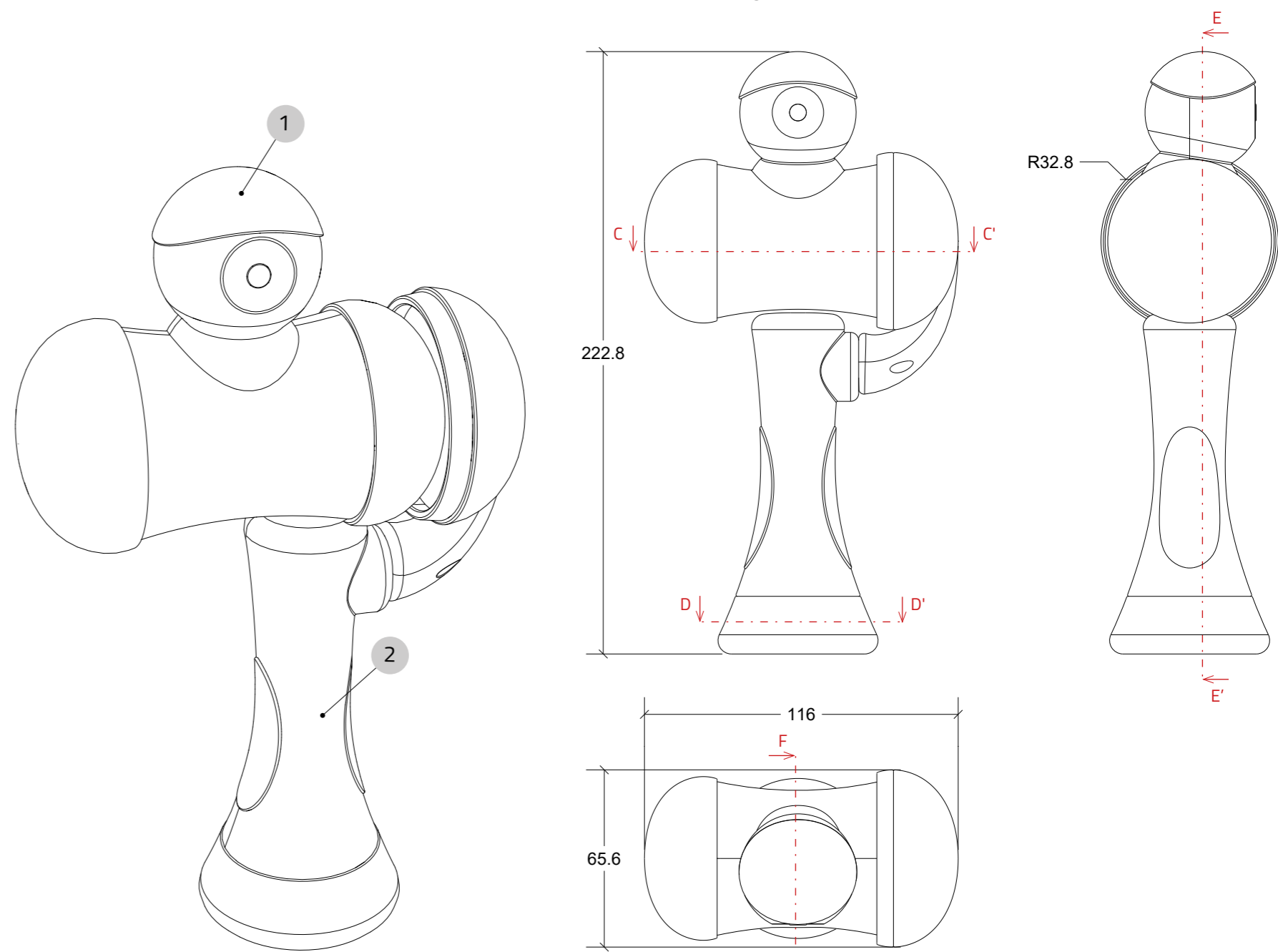


Bollatura impugnatura

Proiezioni ortogonali impugnatura

ID	Nome file	Descrizione	Q.tà	Materiale	Dipendenza
1	PRT_RACCORDO_ROBOT	Unione tra manico superiore e robot (cupola caricamento)	1	Polycarbonato	ASM_MANICO
2	PRT_SEZIONE_MANICO_ANTERIORE	Sezione anteriore dell'impugnatura del manico	1	Polycarbonato	ASM_MANICO
3	PRT_SEZIONE_MANICO_POSTERIORE	Sezione posteriore dell'impugnatura del manico	1	Polycarbonato	ASM_MANICO
4	PRT_BASE_ESTRIBILE	Base avvitabile del manico	1	Polycarbonato	ASM_MANICO
5	PRT_RIVESTIMENTO_BASE	Base di protezione della base rigida	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
6	PRT_TAPPO_TRANSMETTITORE	Tappe di copertura bobina di caricamento (cupola)	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
7	PRT_ESTENSIONE_SILICONE	Estensione in silicone della cupola per aggancio al robot	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
8	PRT_CUSCINETTO_SX	Cuscinetto antiscivolo sinistro	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
9	PRT_CUSCINETTO_DX	Cuscinetto antiscivolo destro	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO

Distinta dei componenti impugnatura



Bollatura "Clio" assemblato

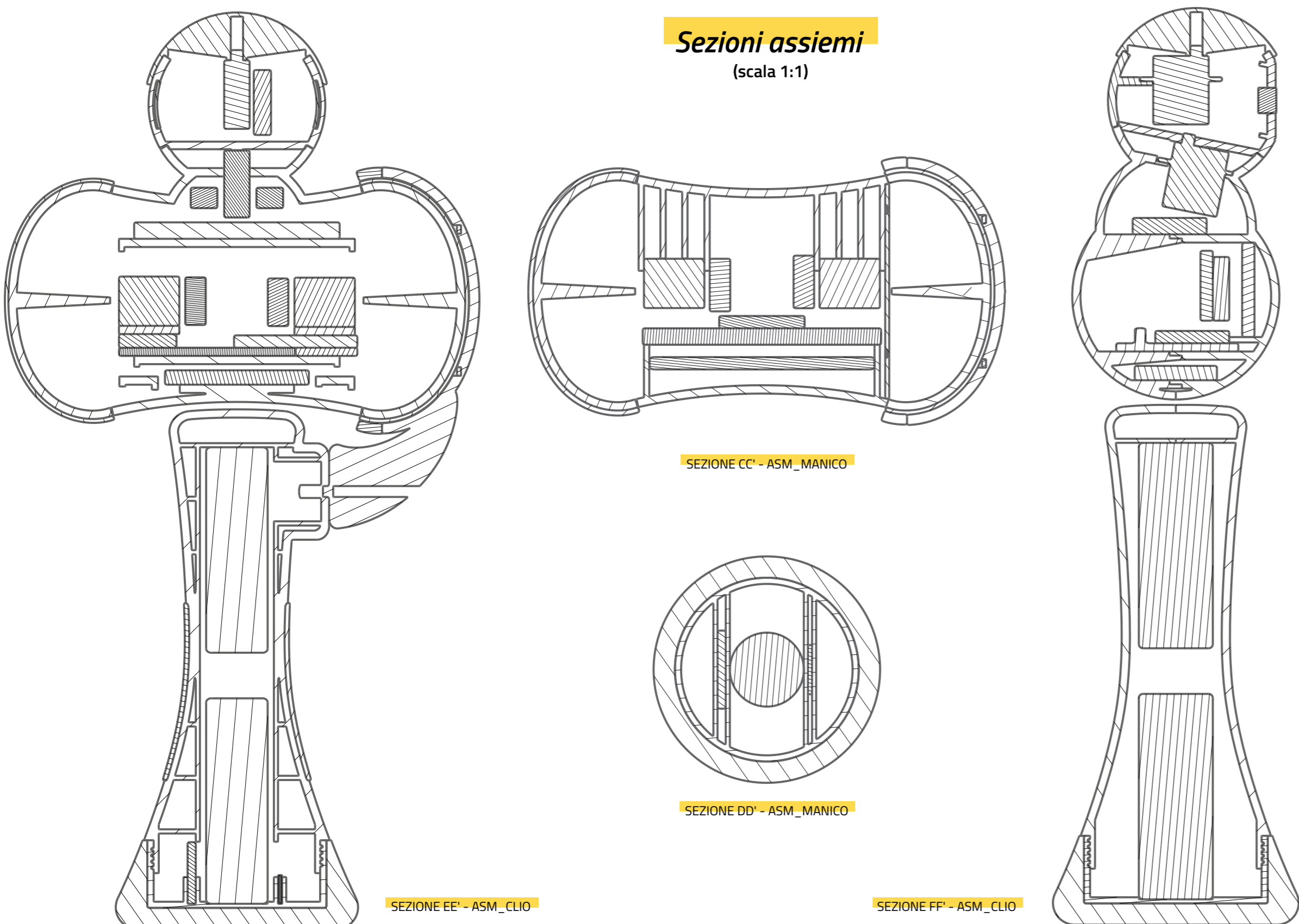
Proiezioni ortogonali "Clio" assemblato

ID	Nome file	Descrizione	Q.tà	Materiale	Dipendenza
1	ASM_ROBOT	Robot assemblato	1	-	ASM_CLIO
2	ASM_MANICO	Manico assemblato	1	-	ASM_CLIO

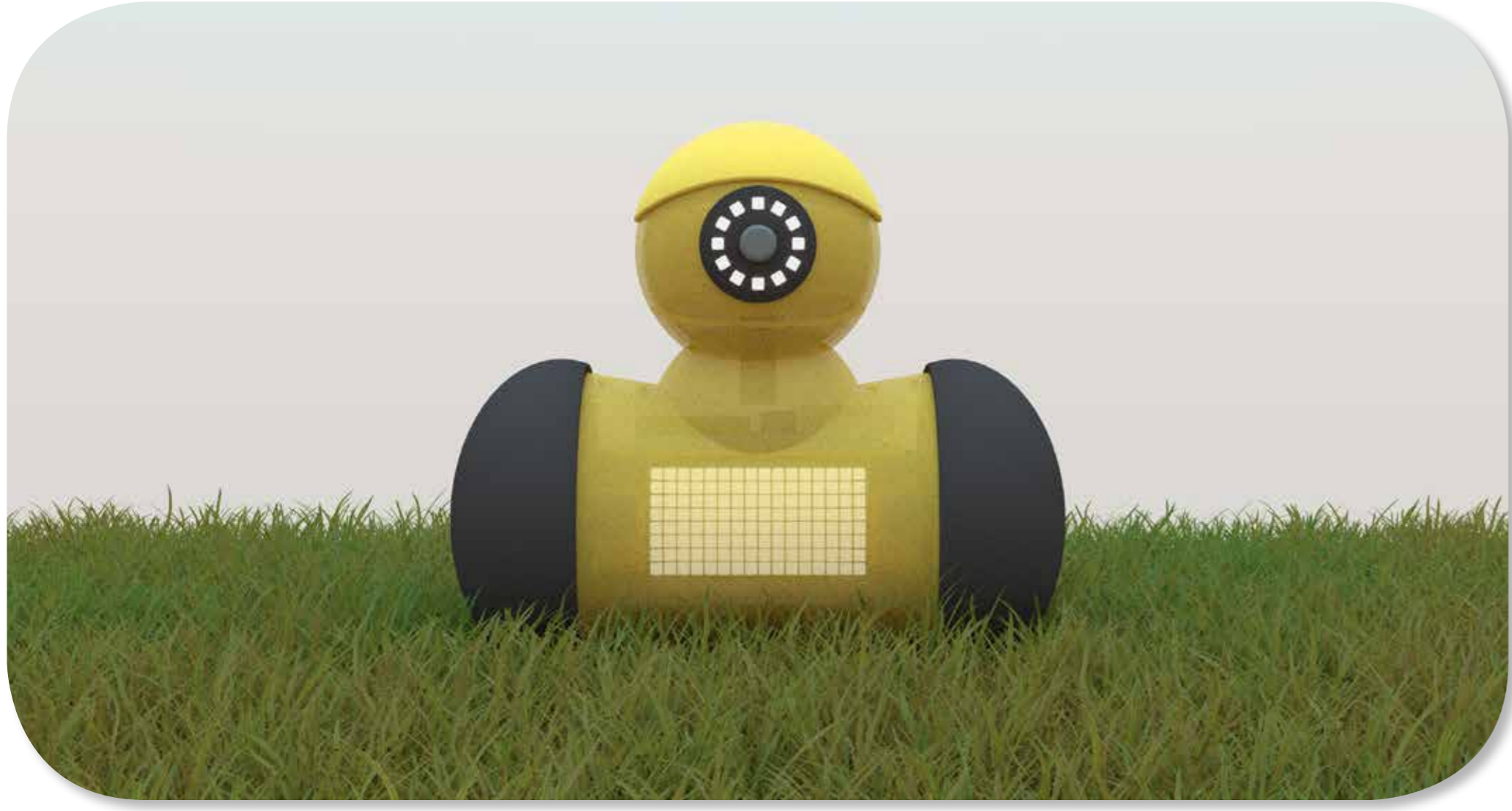
Distinta dei componenti "Clio"

Sezioni assieme

(scala 1:1)



Ambientazioni



Ambientazione robot su prato (modalità notturna)



Ambientazione robot su prato (modalità diurna)

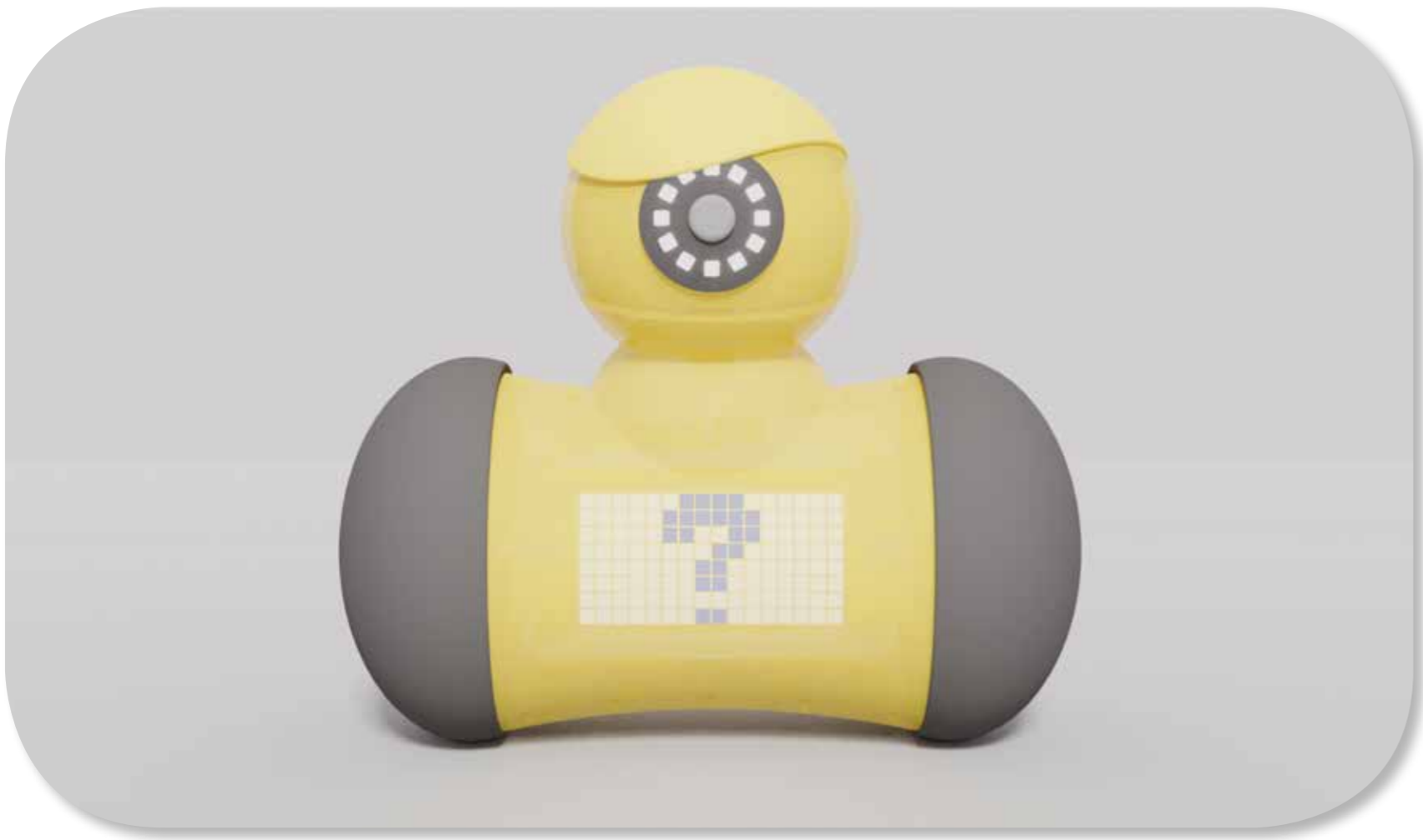


Estratto del video di presentazione - modalità FELICE

Video di presentazione



Estratto del video di presentazione - Logo



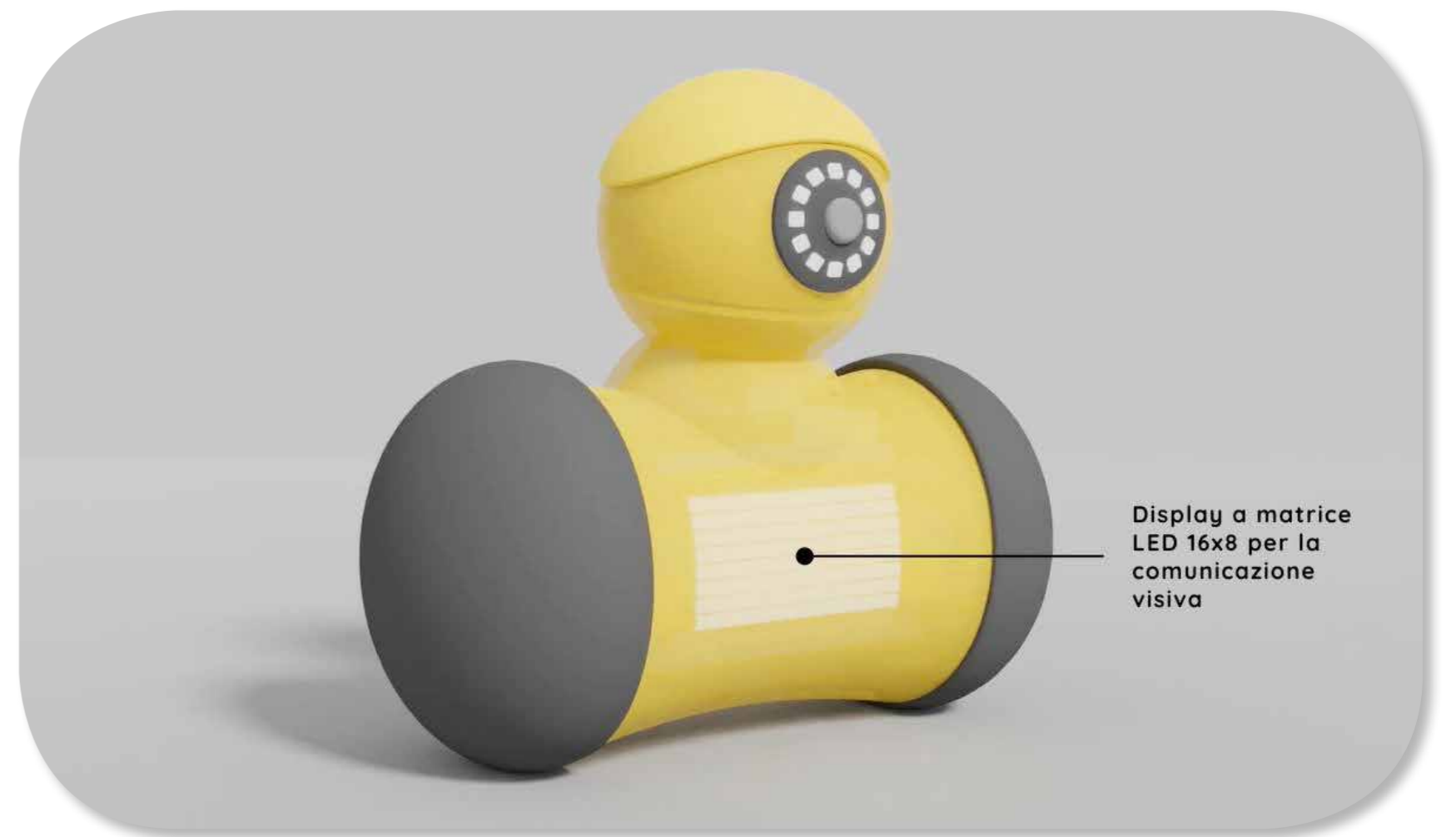
Estratto del video di presentazione - modalità CONFUSO



Estratto del video di presentazione - Assemblaggio finale (robot e manico)



Estratto del video di presentazione - modalità ARRABBIATO



Estratto del video di presentazione - Specifiche del prodotto

Simulazione impugnatura



Impugnatura mano ragazzo



Impugnatura mano bambino



S A A D

Scuola di Ateneo
Architettura e Design "Eduardo Vittoria"
Università di Camerino



Università degli Studi di Camerino
Scuola di Ateneo di Architettura e Design "Eduardo Vittoria"
Corso di Laurea Magistrale in Design Computazionale
A.A. 2020-2021



CLIO

La robotica come strumento educativo per la sostenibilità ambientale

Relatore:
Prof. Giuseppe Losco

Correlatore:
Prof. Davide Paciotti

Candidato:
Giusi Raffaele





S A A D

Scuola di Ateneo

Architettura e Design "Eduardo Vittoria"

Università di Camerino

Università degli Studi di Camerino
Scuola di Ateneo di Architettura e Design "Eduardo Vittoria"
Corso di Laurea Magistrale in Design Computazionale

A.A. 2020-2021

Elaborato di Tesi finale

CLIO

***La robotica come strumento per
l'educazione alla sostenibilità ambientale***

Candidato:
Giusi Raffaele

Relatore:
Prof. Giuseppe Losco

Matricola:
105359

Correlatore:
Prof. Davide Paciotti

*A te,
prometti
di amarti
sempre di più
e mai di meno.*

INDICE

1.0	ABSTRACT	10
2.0	DEFINIZIONE DEL TEMA PROGETTUALE	12
2.1	Titolo del progetto	
2.2	Parole chiave	
2.3	Tema progettuale	
3.0	PIANIFICAZIONE GANTT	22
3.1	Tabella attività	
3.2	Descrizione attività	
3.3	Diagramma di Gantt	
4.0	STATO DELL'ARTE	26
4.1	Ricerca di mercato	
4.1.1	Dash&Dot - Dot Creative Kit	
4.1.2	Mind Designer Robot	
4.1.3	mBot	
4.1.4	Ledo WeDo 2.0	
4.1.5	Bolt	
4.1.6	Ollie	
4.2	Ricerca di anteriorità	
4.2.1	US10620622B2	
4.2.2	US8269447	
4.2.3	USD487715	
5.0	CONCEPT	60
5.1	Evoluzione dell'idea progettuale	
5.2	Analisi dell'interazione	
5.3	Riepilogo idea progettuale	
5.3.1	Concept definitivo	
5.3.2	Analisi ergonomica	

5.3.3	Espressività	
5.3.4	Ipotesi struttura interna (?)	
5.4	Analisi delle componenti	
5.4.1	Attuatori	
5.4.2	Schede di potenza/comando	
5.4.3	Sensori	
5.4.4	Sistemi di riconoscimento video e audio	
5.4.5	Batteria e sistema di ricarica	
5.4.6	Microcontrollore	
5.5	Tensione e consumo di corrente e potenza	
5.6	Prestazioni globali motori	
5.7	Layout schema di connessione	
5.8	Diagramma attività	
5.9	Raccolta dati	
6.0	DISTINTE BASE	124
6.1	Albero dei componenti	
6.2	Distinta dei componenti	
7.0	MODELLAZIONE SOLIDA DEI COMPONENTI	128
7.1	Palpebra	
7.2	Sezione occhio posteriore e anteriore	
7.3	Sezione corpo posteriore e anteriore	
7.4	Tappo corpo	
7.5	Ruota e pneumatico	
7.6	Tappo trasmettitore	
7.7	Raccordo manico-robot	
7.8	Sezione manico posteriore e anteriore	
7.9	Base manico estraibile	
7.10	Rivestimento base manico	
7.11	Cuscinetto antiscivolo destro e sinistro	

7.12	Prolungamento raccordo manico-robot	
7.13	Modellazione componenti elettroniche	
8.0	MODELLAZIONE SOLIDA DI ASSIEMI	150
8.1	Assieme 1 - Robot	
8.2	Assieme 2 - Manico	
8.3	Assieme 3 - Prodotto assemblato	
8.4	Bollatura Assieme 1 - Robot	
8.5	Bollatura Assieme 2 - Manico	
8.6	Bollatura Assieme 3 - Prodotto assemblato	
9.0	SCELTA DEI MATERIALI	160
9.1	Policarbonato	
9.2	Gomma siliconica	
9.3	Materiali alternativi biodegradabili o bio-based	
9.4	Poliidrossialcanoati (PHA)	
9.5	Poliuretano termoplastico (TPU)	
10.0	ANALISI TECNICHE E FUNZIONALI	172
10.1	Calcolo massa e baricentro	
10.2	Forza d'impatto	
10.3	Leva del braccio	
11.0	TIPOLOGIE MODELLI 3D	180
11.1	Modello volumetrico	
11.2	Modello di accoppiamento delle parti	
11.3	Modello di accoppiamento dei materiali	
11.4	Modello per analisi delle componenti elettroniche	
11.5	Modello definitivo	
11.5.1	Individuazione funzioni	
11.5.2	Elaborazione software	
11.5.3	Funzionamento prototipo	

12.0 INTERFACCIA APPLICAZIONE	222
12.1 Parametri	
12.2 Simulazione applicazione	
13.0 CONCLUSIONE	238
13.1 Risultati ottenuti	
13.2 Ambientazioni, Render e Video presentazione	
14.0 RIFERIMENTI	244
14.1 Bibliografia	
14.2 Sitografia	

1.0 ABSTRACT



1.0 Abstract

Partendo dallo Sviluppo Sostenibile, che all'interno dell'*Agenda 2030* si pone 17 obiettivi da portare avanti all'interno delle politiche dei 193 Stati membri dell'ONU, è possibile osservare come tra i diciassette "goals", venga dato rilievo alla *qualità dell'educazione* proposta ai bambini di oggi, nonché adulti di domani. Dalla Scuola Digitale al Piano Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, l'Italia ha rivolto lo sguardo a una nuova tipologia di formazione che prende in considerazione non solo la sfera delle *STEM*, metodo educativo che comprende Scienza, Tecnologia, Ingegneria e Matematica in un unico ambito disciplinare e aumenta notevolmente l'empatia dei giovani alunni alle materie scientifiche e tecnologiche, ma anche l'attenzione che i bambini devono porre nella responsabilità che hanno di tutelare l'ambiente e il pianeta Terra nel quale vivono. La pedagogia e il mondo dell'istruzione hanno attuato grandi passi in avanti da questo punto di vista, proponendo progetti formativi e laboratori incentrati sull'educazione alla sostenibilità ambientale. Allo stesso modo, la tecnologia, in particolare la robotica, in collaborazione con il design, ha effettuato molti studi per la realizzazione di strumenti educativi e di compagnia che hanno potuto trasmettere ai bambini nozioni educative e didattiche in maniera differente. Perché non unire, dunque, la sfera della *robotica educativa* con la *sostenibilità ambientale*? L'obiettivo di questo percorso progettuale è di creare una linea di contatto tra l'ambiente e il digitale per l'ideazione di un prodotto con cui interagire, osservare l'ambiente e in grado di comunicare ai piccoli utenti di oggi come tutelare la loro casa, per diventare ed educare buoni adulti di domani.



2.0 DEFINIZIONE DEL TEMA

PROGETTUALE



2.1 Titolo del progetto

Il titolo del progetto è "*CLIO, La robotica come strumento per l'educazione alla sostenibilità ambientale*" e ci sono varie motivazioni che guidano questa scelta. Il termine "*Clio*" conferisce al robot ideato un nome proprio di persona, in riferimento alla divinità omonima appartenente alla mitologia greca.

Si fa riferimento a una musa della storia, custode del passato di stirpi, uomini e città, ispiratrice di poeti che ne diffondevano e glorificavano caratteri ed imprese. Il nome "*Clio*" proviene dalla medesima radice del verbo greco che significa "*rendere famoso*", "*rivelare*" o "*celebrare*". Il suo nome sottolinea, quindi, come ciò che è narrato ottenga rinomanza e diffusione, obiettivo che si vuole raggiungere attraverso la diffusione degli insegnamenti sostenibili del robot tra i bambini.

La seconda parte del titolo, invece, rivela ciò che è stato detto precedentemente nell'abstract, ossia che attraverso questo progetto si vuole tentare di creare un ponte di collegamento tra le competenze proprie della robotica educativa e i contenuti inerenti alla sostenibilità ambientale.

2.2 Parole chiave

Le parole chiave direttamente collegate a questo progetto sono le seguenti:

- #roboticaeducativa
- #Agenda2030
- #sostenibilitàambientale
- #globalfootprint
- #carbonfootprint
- #pensierocomputazionale
- #qualityeducation
- #toydesign
- #robotexplorer

2.3 Tema progettuale

Il tema trattato all'interno di questo dossier ha come punto di riferimento il documento dell'Agenda 2030, che riporta al suo interno ben 17 obiettivi che i 196 Stati aderenti dovranno portare a termine nel prossimo decennio. Tra i vari punti, quello a cui si riferisce questo progetto è il n. 4, ossia "Educazione di Qualità". Lo stesso obiettivo, a sua volta, viene suddiviso in altri sottopunti, di cui il 4.7 (pag. 19) mette in evidenza la necessità di trasmettere ai bambini competenze e contenuti in grado di condurli a uno stile di vita sostenibile. Per educazione sicuramente si mette in primo piano quella fornita all'interno delle mura scolastiche, ma anche il design, attraverso il mondo del gioco, può essere uno strumento utile all'incontro di contenuti educativi e sostenibili con il bambino.

Tuttavia, l'educazione di qualità ha la responsabilità di mettere il "mondo del gioco" davanti a una problematica reale, non più trascurabile e di fondamentale importanza: il cambiamento climatico. Questo è il punto su cui si vuole soffermare questo progetto e, dunque, è indispensabile mostrare di seguito alcuni punti teorici salienti che hanno guidato la fase di ideazione e poi progettazione del prodotto.

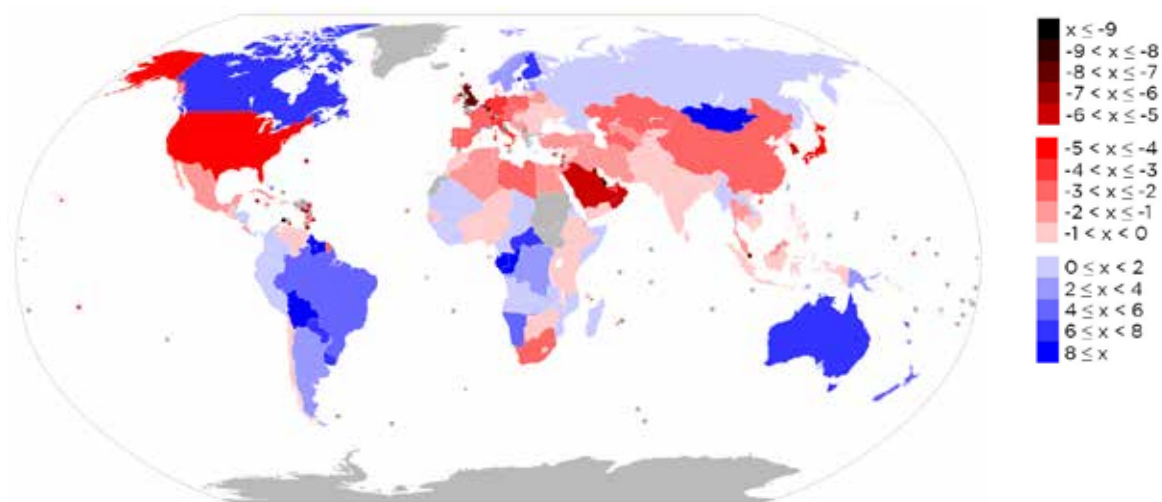


Il primo punto riguarda il concetto di Global Footprint, che costituisce l'impronta che lo stile di vita di ognuno di noi imprime sul pianeta, in base alle risorse che consuma e in rapporto a quelle che vengono messe a disposizione. Secondo Mathis Wackernagel, ambientalista svizzero e fondatore Global Footprint Network, nel 1961 l'umanità usava il 70% della capacità globale della biosfera, ma nel 1999 era arrivata al 120%.

«4.7 Garantire entro il 2030 che tutti i discendenti acquisiscano la **conoscenza** e le **competenze** necessarie a **promuovere lo sviluppo sostenibile**, anche tramite un **educazione** volta ad uno **sviluppo** e uno **stile di vita sostenibile**, ai diritti umani, alla parità di genere, alla promozione di una cultura pacifica e non violenta, alla cittadinanza globale e alla valorizzazione delle diversità culturali e del contributo della cultura allo sviluppo sostenibile».

- da "Trasformare il nostro mondo. L'agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile" -





Deficit ecologico nazionale, misurato come biocapacità per persona di un paese (in ettari globali) meno la sua impronta ecologica per persona (sempre in gha). Dati dal 2013.

Se l'impronta ecologica di una popolazione supera la biocapacità del Paese, quel Paese presenta un *deficit ecologico*. La sua domanda di beni e servizi che la sua terra e il suo mare possono fornire supera ciò che gli ecosistemi possono rinnovare. Se la biocapacità di una regione supera la sua impronta ecologica, ha una riserva ecologica.

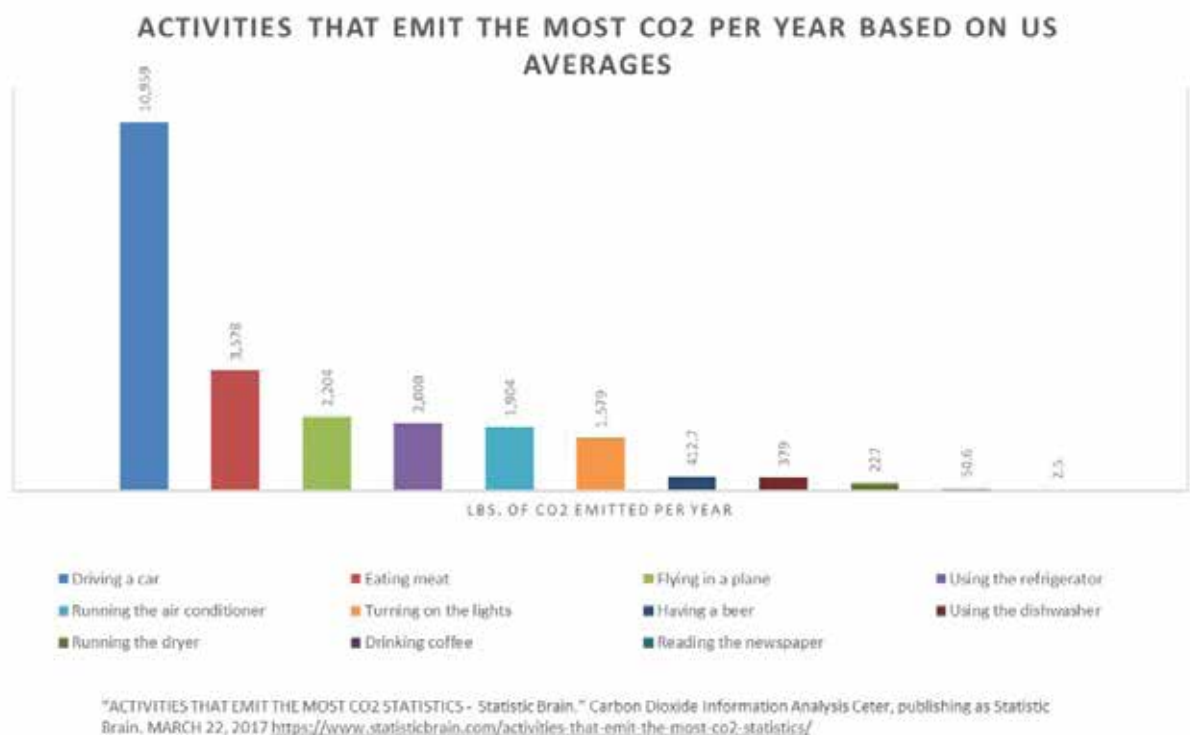
Il cambiamento climatico globale è una delle maggiori sfide per l'umanità ed uno dei più importanti indicatori del fatto che stiamo vivendo al di là delle capacità ecologiche di cui disponiamo. Tuttavia, un argomento così vasto sarebbe complesso da trasmettere a un bambino di 9 anni. Possono essere presentati argomenti che riguardano comunque una criticità globale, ma attraverso mezzi più semplici e tangibile per il bambino: parliamo dell'aria.



L'Impronta di carbonio (carbon footprint) costituisce il 50% di tutta l'Impronta Ecologica, la sua riduzione è essenziale per porre termine allo sfruttamento eccessivo delle risorse.

Nel calcolo dell'impronta di carbonio devono essere considerate le emissioni di tutti i gas ad effetto serra, che vengono convertite in CO₂ equivalente attraverso dei parametri che vengono stabiliti a livello mondiale dall'IPCC, l'Intergovernmental Panel on Climate Change, organismo che opera sotto l'egida delle Nazioni Unite.

Se il bambino avesse la possibilità di approcciarsi all'indagine dell'aria che respira, potrebbero essergli trasmessi contenuti che gli insegnino, ad esempio, come ridurre emissioni di CO₂ con piccoli gesti quotidiani, osservando lui direttamente i benefici di un luogo sano e con un tasso di indice di salubrità dell'aria ottimale. Infatti, quest'ultimo rappresenterà uno dei mezzi con cui gli verranno fornite indicazioni sullo stato dell'ambiente che esplora.



Generalmente, l'indice di qualità dell'aria (AQI) è un numero che definisce lo stato della qualità dell'aria di un determinato luogo in un determinato momento, prendendo in considerazione contemporaneamente i dati di diversi inquinanti atmosferici. Solitamente gli agenti inquinanti analizzati sono:

- **O₃** - L'**ozono** è un gas con capacità irritanti per gli occhi, per le vie respiratorie e per le mucose in genere. Elevate concentrazioni di questo inquinante nell'aria possono portare all'acuirsi di patologie già presenti nei soggetti più sensibili (persone affette da malattie respiratorie croniche e asmatici).
- **NO₂** - Il **biossido di azoto** è un forte irritante delle vie polmonari; già a moderate concentrazioni nell'aria provoca tosse acuta, dolori al torace, convulsioni e insufficienza circolatoria. Può inoltre provocare danni irreversibili ai polmoni che possono manifestarsi anche molti mesi dopo l'attacco. È emesso soprattutto dai motori diesel ed è ritenuto cancerogeno.
- **SO₂** - Il **biossido di zolfo** è un forte irritante delle vie respiratorie; un'esposizione prolungata a concentrazioni anche minime può comportare faringiti, affaticamento e disturbi a carico dell'apparato sensoriale (occhi, naso, ...).
- **CO** - Il **monossido di carbonio** è un gas inodore e incolore, tossico per l'uomo. Gli effetti dell'esposizione a questo agente inquinante possono variare da leggera intossicazione con disturbi psico-motori, cefalea e indebolimento generale fino ai conseguenze più gravi. È emesso prevalentemente dai motori a benzina, dagli impianti di riscaldamento domestici e dagli impianti industriali.
- **PM10** - Il PM10 indica un insieme di **polveri inquinanti** di diametro inferiore a 10µm, generate da fenomeni naturali, o più comunemente dai gas di scarico delle automobili o dall'inquinamento degli impianti industriali. Gli effetti irritativi sul tratto superiore

dell'apparato respiratorio possono comprendere l'infiammazione e la secchezza del naso e della gola, aggravandosi se le particelle hanno assorbito sostanze acide (come il biossido di zolfo o gli ossidi di azoto).

- **PM2.5** - Il PM2.5 è un insieme di **polveri inquinanti** con diametro inferiore a 2.5µm, di natura organica o inorganica. Questo tipo di particolato è in grado di penetrare profondamente nell'apparato respiratorio provocando disturbi acuti e cronici (asma, bronchite, enfisema, allergia) e nell'apparato cardio-circolatorio (aggravamento nei soggetti con problemi cardiaci).

L'indice di qualità dell'aria è calcolato sulla base delle concentrazioni di tre dei principali inquinanti presenti in atmosfera: PM10, O₃, NO₂. Si tratta di un numero adimensionale calcolato nel modo seguente: si considerano valori di concentrazione in kg/m³, che rappresentano i dati orari di previsione. Questi vengono convertiti in µg/m³ e standardizzati rispetto a dei valori limite di riferimento stabiliti dal **D.Lgs 155/2010** (fig. 0.1): per PM10 50 µg/m³, che rappresenta il limite per la media giornaliera, per O₃ 120 µg/m³, valore obiettivo che indica il limite per la massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore (il calcolo della media mobile consiste nell'assegnare a ogni ora della giornata un valore di concentrazione pari alla media dei valori di concentrazione delle precedenti 8 ore) e per NO₂ 200 µg/m³, limite per la media oraria. Se consideriamo dx la concentrazione dell'inquinante in kg/m³, gli indici calcolati per i 3 inquinanti sono:

$$I_{PM10} = (dx \cdot 109 / 50) \cdot 100$$






$$I_{8hO3} = (dx \cdot 109 / 120) \cdot 100$$

$$I_{NO2} = (dx \cdot 109 / 200) \cdot 100$$

L'indice di qualità dell'aria è il massimo tra i 3 indici calcolati:

$$IQA = \max[I_{NO2}; I_{PM10}; I_{8hO3}]$$

Una volta calcolato l'indice si entra nella tabella di riferimento:

IQA	COLORE	QUALITÀ
<=50		Ottima
51-70		Buona
71-100		Accettabile
100-150		Mediocre
151-200		Scadente
>200		Pessima

INQUINANTE	TIPO DI LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE LIMITE	SUPERAMENTI IN UN ANNO
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	Media giornaliera	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	massimo 35
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media max oraria	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	massimo 18
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite sulle 8 ore per la protezione della salute umana	Media max giornaliera calcolata su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<= 25 volte/anno in media su 3 anni
CO (mg/m ³)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media max giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³	
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite giornaliero	Media giornaliera	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	massimo 3
	Valore limite su 1 ora per la protezione della salute umana	Media max oraria	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	massimo 24
Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite su base annua	Anno civile	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

figura 0.1 – valori limiti di riferimento per ciascun inquinante (D.Lgs 155/2010)

La formula precedente permette di valutare lo stato di qualità dell'aria in una determinata ora.

Come si può notare dalle formule, se il valore trovato ricade nelle prime 3 classi (*Ottima*, *Buona* e *Accettabile*) significa che nessun inquinante ha superato i limiti imposti e quindi non vi sono criticità legate alle qualità dell'aria per il sito considerato. La classe *Ottima*, in particolare, segnala che tutti gli inquinanti sono presenti in concentrazione pari o inferiore alla metà del relativo valore limite, e fornisce quindi un'indicazione estremamente positiva. Le classi *Mediocre*, *Scadente* e *Pessima* avvertono che almeno uno dei 3 inquinanti ha superato il relativo limite di legge. In particolare la classe *Mediocre* indica un superamento pari o inferiore a una volta e mezzo il valore limite, la classe *Scadente* indica un superamento compreso tra 1,5 e 2 volte il valore limite, la classe *Pessima* indica un superamento superiore al doppio del valore limite. Se volessimo dare un giudizio qualitativo sulle varie categorie, per capire in termini pratici quali sono gli impatti sulla salute, si potrebbero riassumere in questo modo le considerazioni necessarie:

● *Ottima*

La qualità dell'aria è molto buona e non produce rischi per la salute.

● **Buona**

La qualità dell'aria è considerata soddisfacente e l'inquinamento non produce rischi rilevanti per la salute.

● **Accettabile**

La qualità dell'aria è accettabile, comunque per alcuni inquinanti ci potrebbe essere un impatto moderato sulla salute per un piccolo numero di persone. Per esempio, persone che sono particolarmente sensibili all'ozono possono avere sintomi di problemi respiratori.

● **Mediocre**

Sebbene il generico pubblico non sia affetto da sintomi, gruppi specifici di persone (con malattie cardiache e respiratorie come asma, bronchite cronica, enfisema, anziani e bambini) sono a rischio maggiore.

● **Scadente**

Ognuno può cominciare a riscontrare effetti negativi sulla salute, più seri nel caso dei gruppi specifici.

● **Pessima**

Condizioni di emergenza per la salute, è probabile che sia colpita da sintomi l'intera popolazione.

3.0 PIANIFICAZIONE GANTT



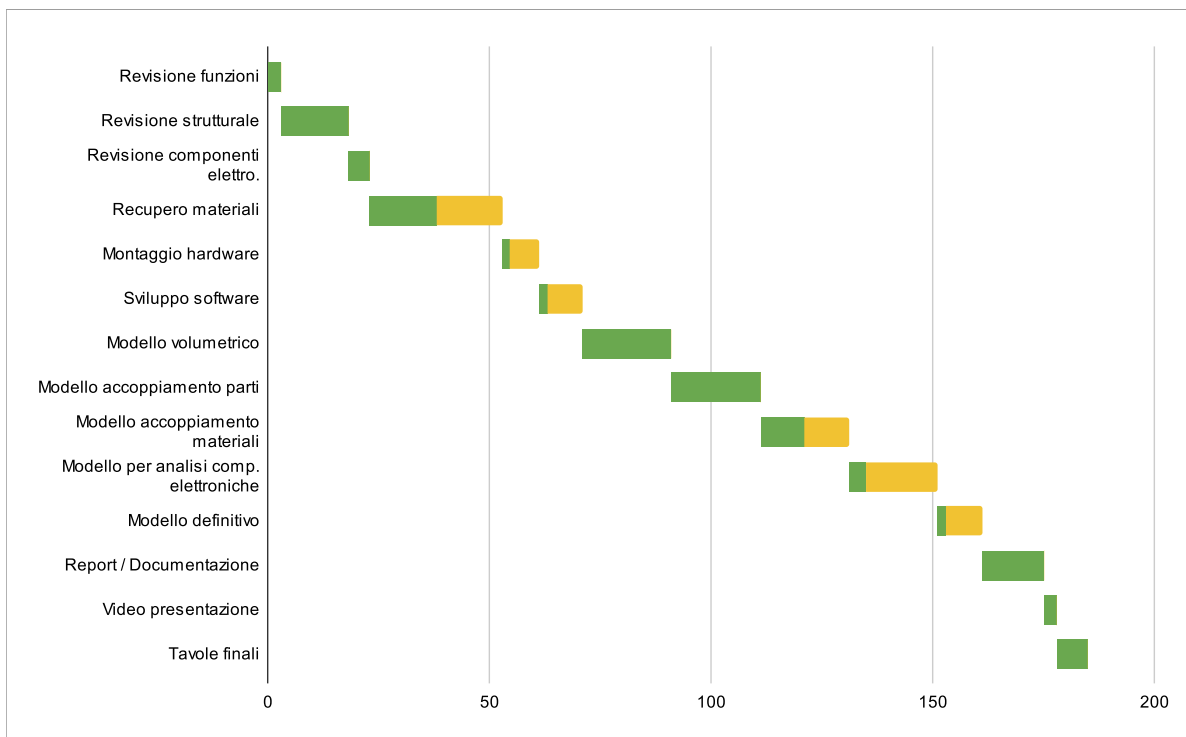
3.1 Tabella attività

ID	Nome Attività	Data di Inizio	Durata [gg]	% completamento	Data di Fine
1	Revisione funzioni	19/12/2020	3	100%	22/12/2020
2	Revisione strutturale	22/12/2020	15	90%	06/01/2021
3	Revisione componenti elettro.	06/01/2021	5	100%	11/01/2021
4	Recupero materiali	11/01/2021	30	50%	10/02/2021
5	Montaggio hardware	10/02/2021	8	0%	18/02/2021
6	Sviluppo software	18/02/2021	10	0%	28/02/2021
7	Modello volumetrico	28/02/2021	20	100%	20/03/2021
8	Modello accoppiamento parti	20/03/2021	20	100%	09/04/2021
9	Modello accoppiamento materiali	09/04/2021	20	50%	29/04/2021
10	Modello per analisi comp. elettroniche	29/04/2021	20	0%	19/05/2021
11	Modello definitivo	19/05/2021	10	0%	29/05/2021
12	Report / Documentazione	29/05/2021	14	90%	12/06/2021
13	Video presentazione	12/06/2021	3	100%	15/06/2021
14	Tavole finali	15/06/2021	7	80%	22/06/2021

3.2 Descrizione attività

- 1. Revisione funzioni:** nuova analisi delle funzioni in previsione del prototipo effettivo.
- 2. Revisione strutturale:** nuova analisi delle componenti tridimensionali che costituiranno il prototipo.
- 3. Revisioni componenti elettroniche:** nuova analisi delle componenti elettroniche selezionate precedentemente.
- 4. Recupero dei materiali:** ottenimento dei materiali all'interno di laboratori o tramite acquisto.
- 5. Montaggio hardware:** disposizione delle componenti elettroniche nel prototipo.
- 6. Sviluppo software:** programmazione del software di controllo del dispositivo.
- 7. Modello volumetrico:** verifica dell'ergonomia e della relazione tra due macro-assiemi.
- 8. Modello accoppiamento parti:** verifica della relazione tra parti singole di robot e manico.
- 9. Modello accoppiamento materiali:** verifica relazione tra parti rigide e parti gommose.
- 10. Modello per analisi comp. elettroniche:** verifica del dimensionamento dei supporti in relazione alle componenti elettroniche.
- 11. Modello definitivo:** modello finale del prototipo, completo di parti rigide, gommose e componenti elettroniche.
- 12. Report documentazione:** stesura finale con disegni, diagrammi, tabelle e schemi per la descrizione del progetto definitivo.
- 13. Video presentazione:** progettazione del video di presentazione del prodotto finale.
- 14. Tavole finali:** progettazione di tavole di sintesi del percorso di tesi elaborato.

3.3 Diagramma di Gantt



4.0 STATO DELL'ARTE



4.1 Ricerca di mercato

In questa fase di ricerca per la progettazione dell'elaborato di tesi sono stati presi in considerazione alcuni degli innumerevoli robot educativi oggi presenti sul mercato, che si avvicinano per delle specifiche caratteristiche alle intenzioni iniziali del progetto. I fattori che sono stati presi in considerazione per l'analisi dello stato dell'arte all'interno del mercato sono:

- mobilità;
- espressività;
- interazione;
- componibilità.

4.1.1 Dash&Dot - Dot Creative Kit

Nome: Dash&Dot

Anno: 2015

Azienda: Wonder Workshop

Prezzo: € 150,00 (Dash&Dot)/ € 80,00 (Dot Creative Kit)

Descrizione:

- può interagire con l'utente attraverso app disponibili per iOS e Android con esperienze di programmazione;
- attraverso l'integrazione di pezzi esterni (catapulta, xilofono, cintura) è possibile svolgere più attività;
- è possibile programmare Dash o Dot per farli muovere, danzare, illuminare, emettere suoni, evitare ostacoli e reagire ai comandi vocali;
- Dot, in particolare, può essere reso anche portatile e diventare una telecamera in grado di osservare lo spazio;
- l'alimentazione avviene tramite cavo USB;
- le dimensioni di Dash sono di 17 x 18.5 x 16 cm; Dot, invece, ha un diametro di 9 cm.

w:onder
workshop



figura 1.0 - Dash & Dot in versione Launcher (catapulta) e Xilofono



figura 1.0 - Dot compreso all'interno del Creative Kit



Diverse funzionalità di Dash & Dot (programmazione, costruzione con componenti Lego o elementi in cartoncino, implementazione di cintura per rendere Dot trasportabile)

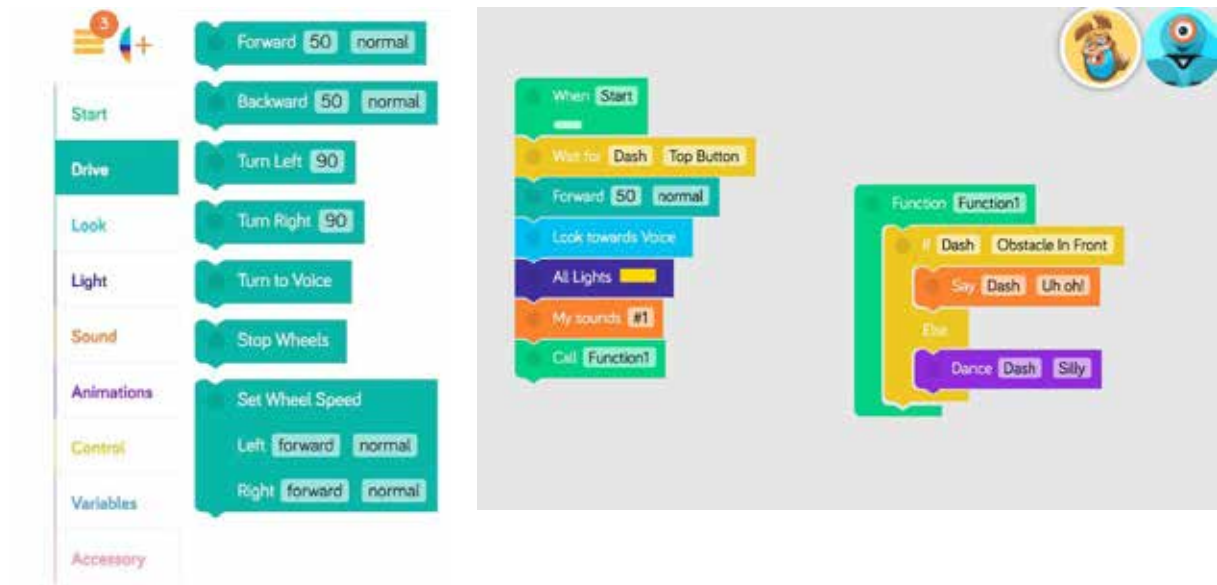


Componenti comprese all'interno di Dot Creative Kit

Programmazione a blocchi:

Dash&Dot Blockly - Giocando con le luci, i sensori, l'accelerometro e i suoni di Dot, Blockly introduce concetti avanzati di codifica. Blockly è uno strumento di programmazione visuale drag-and-drop che introduce i bambini fino a 6 anni ai concetti di programmazione fondamentali tra cui Sequencing, Loop, Sensors + Events, Functions, Variables e Conditionals. I codici elaborati direttamente dal bambino possono essere memorizzati per essere attivati ogniqualvolta lo desidera.

Il programma inizia con il semplice tocco di un pulsante. È possibile far rispondere Dot quando viene attivato un evento, può rispondere alla pressione dei pulsanti, ad altri robot e persino al suono della voce.

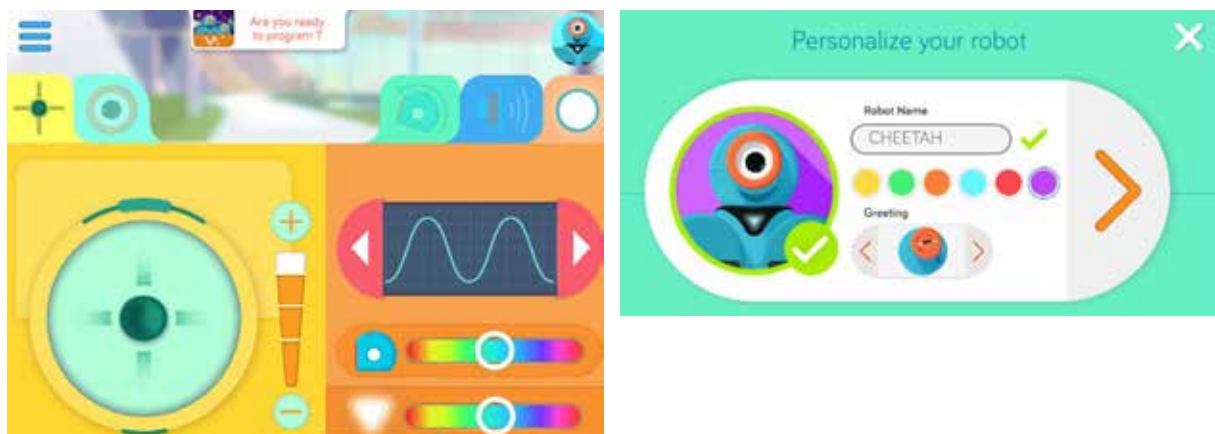


Interfaccia di "Dash&Dot Bloclly", la cui grafica di programmazione a blocchi è fortemente ispirata alla piattaforma "Scratch"

Gestione tramite applicazione:

Una delle applicazioni utilizzabili con Dash&Dot è "Dash&Dot Go".

Go è il primo passo per conoscere tutto ciò che Dot può fare. È possibile dargli un nuovo nome, cambiare il colore delle luci, decidere il suo saluto se incontra un altro robot e altro. L'obiettivo è insegnare a Dot a giocare, recitando i personaggi dei libri di fiabe ed esplorando il mondo insieme.



Interfaccia di "Dash&Dot Go" con possibilità di modifica numero di led accesi intorno all'occhio e colore e di modifica del nome e saluto del robot

Programmazione creativa tramite "Wonder":

Dash&Dot Wonder - Solo "Wonder" può alimentare tutti i progetti fai-da-te nel Dot Creativity Kit. Il linguaggio basato su immagini consente ai bambini di esplorare e programmare attività con Dot Creativity Kit. Combinando il gioco non strutturato con centinaia di sfide in-app, "Wonder" rende la robotica un'esperienza nuova per i piccoli utenti. I bambini possono condividere i loro progetti tra loro con un semplice codice chiave attraverso "Wonder Cloud".



Interfaccia della modalità di gioco in "Wonder" (sinistra) e di "Wonder Cloud" (destra)

4.1.2 Mind Designer Robot

Nome: Mind Designer Robot

Anno: 2017

Azienda: Clementoni

Prezzo: € 35,00



Descrizione:

- tre modalità di interazione: Free (Mind verde), Edu (Mind grigio), App (Mind blu);
- introduce il bambino al coding e al disegno;
- lo accompagna alla scoperta dell'aritmetica e della geometria;
- con il riconoscimento vocale integrato, esegue i comandi che il bambino gli impartisce a voce;
- tramite l'app gratuita di Mind Designer, nell'area "Coding" si può sperimentare la programmazione a blocchi, creare figure semplici e più complesse e farle disegnare a Mind;
- nell'area "Disegno" è possibile disegnare a mano libera;
- con il tabellone di Aritmetica, può essere programmato per svolgere operazioni;
- con il Labirinto Robotico, i bambini possono risolvere missioni, sviluppare le loro competenze logiche;
- ha dimensioni pari a 11,20 x 44,60 x 30,60 cm;
- alimentazione tramite due batterie AA.



Mind Designer durante la modalità di "Disegno" e il rispettivo packaging

Gestione pulsanti e comandi vocali:

Mind Designer può essere utilizzato secondo tre modalità: Edu, Free o App. In base a quella selezionata dall'utente, gli occhi del robot si coloreranno in maniera differente, rispettivamente di bianco, verde o blu. Le modalità sono selezionabili dallo switch presente sul lato destro di Mind, dove è anche possibile scegliere di mantenerlo spento. Sul lato opposto, invece, è presente il pulsante "MIC" che attiva il comando vocale per controllare Mind. Ovviamente, il robot è programmato per comprendere solo alcune tipologie di frasi, che sono messe a disposizione dell'utente tramite il manuale di utilizzo. Uno di questi è "Disegna una barca"; difatti, una volta posizionato il pennarello sul retro della testa di Mind e pronunciato il comando, il robot sarà in grado di disegnare una forma geometrica corrispondente a una barca. Tuttavia, è anche possibile far compiere a Mind un percorso inventato interamente dall'utente, inserendo una sequenza di movimenti selezionati direttamente sulla pulsantiera posizionata sul dorso di Mind.



Pulsantiera di Mind Designer



Mind Designer dotato di pennarello sul retro del capo



Pulsantiera di Mind Designer



Mind Designer dotato di pennarello sul retro del capo



Istruzioni relative ai comandi vocali compresi da Mind



Esempio di figura geometrica (barca) realizzabile con Mind

Collegamento wireless e attività "Disegno" e "Coding" con applicazione:

In modalità "App", Mind può collegarsi a dispositivi come tablet per mettere a disposizione dell'utente tante altre funzionalità interattive. Vi è sia una parte di "Disegno", ove l'utente può disegnare liberamente una forma geometrica da far realizzare al piccolo robot. Tuttavia, vi è anche la sezione "Coding", in cui Mind può estrapolare da un disegno a mano libera una sequenza di movimenti programmati "a blocchi", ma può essere anche direttamente programmato tramite questi blocchi, andando a definire lunghezze di percorrenza e gradi di rotazione.



Collegamento di Mind Designer a un dispositivo (sinistra) e successiva schermata Home dell'applicazione con Mind connesso (destra)



Schermata dell'ambiente "Disegno"



Schermata dell'ambiente "Coding"



Trasformazione di un disegno libero in "blocchi" di programmazione nella sezione "Coding"

Progressione personale e sblocco delle attività:

L'applicazione messa a disposizione del piccolo utente non è statica, cioè non fornisce direttamente tutti i contenuti con cui poter interagire e giocare. Difatti, viene mostrata una mappa che rispecchia la progressione di crescita delle esperienze dell'utente all'interno dell'applicazione. Solo svolgendo più attività possibili, il bambino sarà in grado di sbloccare nuovi giochi e nuove figure con cui poter giocare insieme a Mind.



Stato della progressione nell'app con relativa attività da svolgere



Esempio di attività: completamente dell'area geometrica con blocchi colorati

Tabellone per giochi interattivi:

La Clementoni ha elaborato per Mind Designer due tabelloni con cui Mind può svolgere, insieme al bambino, dei giochi interattivi. Il robot riconosce le due tipologie di tabelloni e sa cosa è presente all'interno di ogni quadrante dei singoli tabelloni. Posizionandolo ogni volta sulla casella "VIA!" presente sulla griglia del poster, verrà chiesto al bambino di digitare tramite la pulsantiera un percorso per ogni oggetto che dovrà raggiungere nelle varie caselle. Inoltre, verranno posti anche dei vincoli all'utente, come ad esempio "non passare tra i laser verdi" e il gioco si concluderà con il raggiungimento di una determinata porta sempre comandato dal bambino. Sapendo che Mind è in grado di avanzare di 15 cm ad ogni passo, è possibile disegnare dei tabelloni ex-novo, con cui inventare nuovi giochi interattivi da svolgere con il robot.



"Tabellone blu" per giochi interattivi

4.1.3 mBot

Nome: mBot

Anno: 2015

Azienda: Makeblock

Prezzo: € 100,00

The logo for Makeblock, featuring the word "Makeblock" in a colorful, sans-serif font. The 'M' is blue, 'a' is red, 'k' is green, 'e' is yellow, 'b' is blue, 'l' is green, 'o' is red, and 'c' is blue. A red gear icon is integrated into the letter 'o'.

Descrizione:

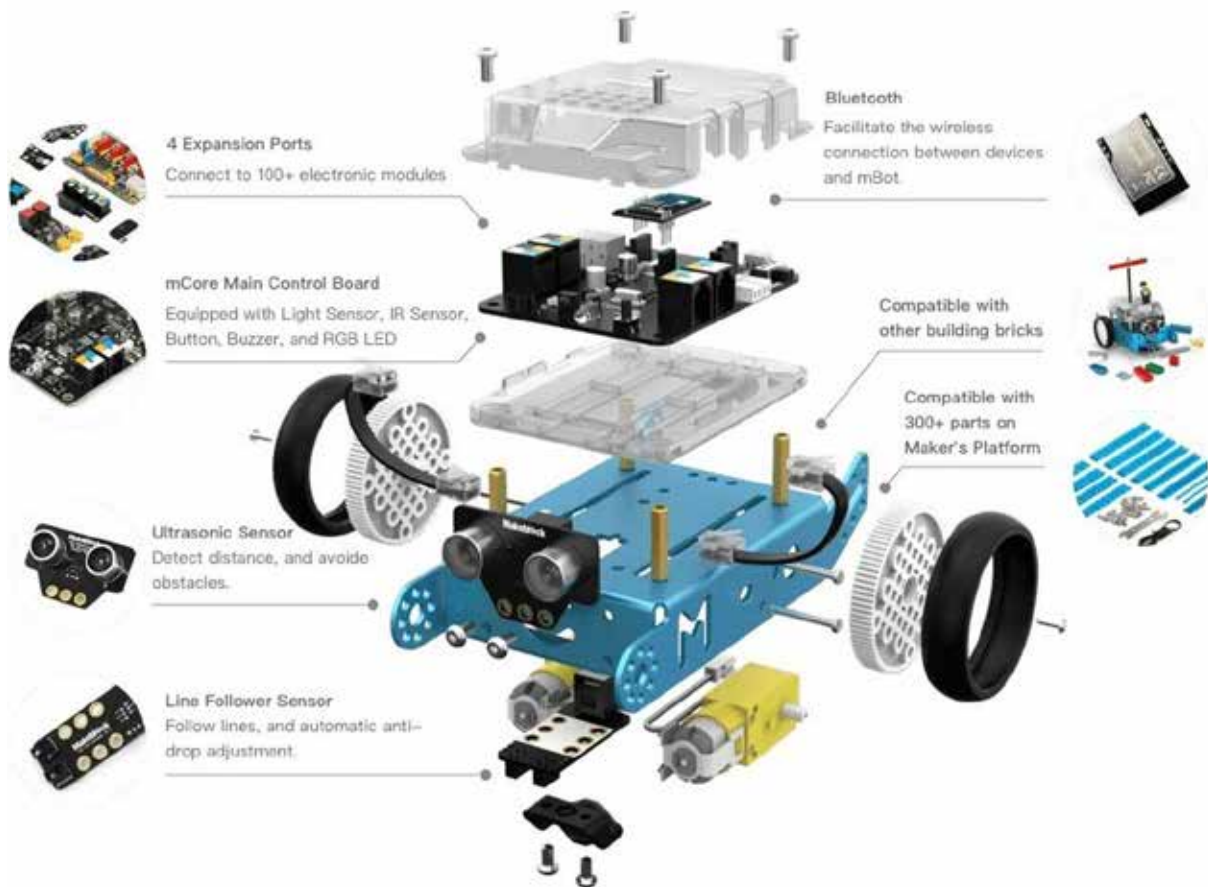
- è un robot con molte modalità di gioco, come evitare gli ostacoli, line-follow;
- può essere controllato da remoto o smartphone tramite l'app Makeblock (iOS/Android);
- sta all'utente decidere se seguire la guida o l'approccio fai-da-te per rendere mBot diverso da tutti gli altri, grazie all'immaginazione;
- codificandolo da tutte le piattaforme, l'app mBlock Blockly (iOS / Android) è un ottimo posto per allenare nuovi programmatori;
- il kit include parti meccaniche e moduli elettronici;
- la connettività è resa possibile tramite Bluetooth con smartphone, tablet e PC compatibile con determinati dispositivi.



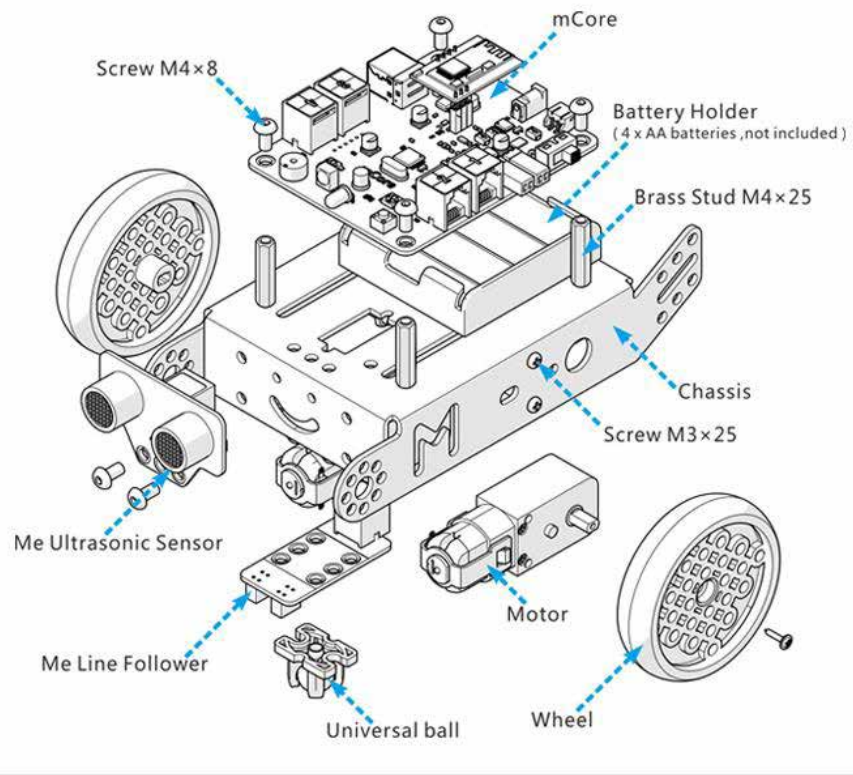
mBot definitivamente montato e rispettivo packaging



mBot in fase di montaggio



Esploso di mBot con elenco di alcune componenti e caratteristiche



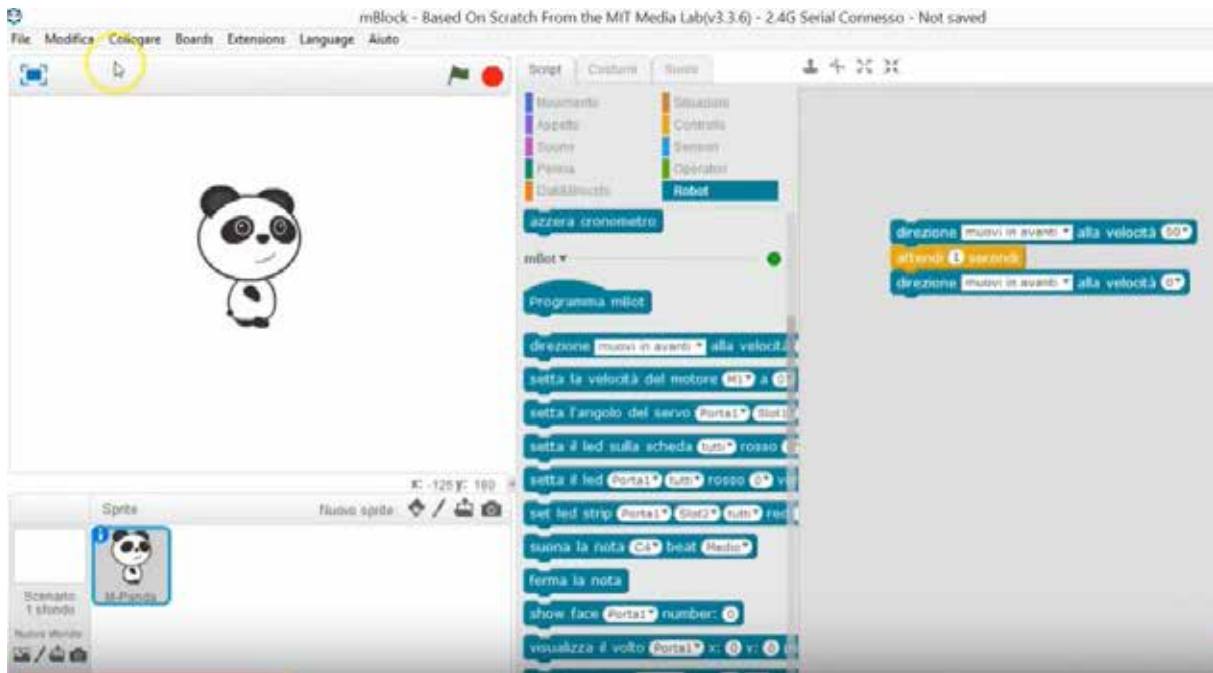
Esploso di mBot con indicazione di alcune componenti



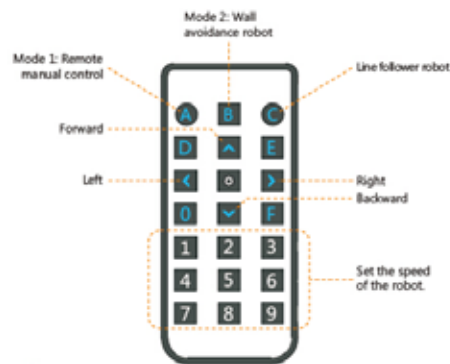
Fotografia rappresentativa di tutte le componenti presente nel kit di mBot



mBot durante l'utilizzo della modalità "line-follow"



Interfaccia di MBLOCK, basato su Scratch, per la programmazione a blocchi



Mode 1: Remote manual control
Users can use buttons to control the direction and speed of mBot.

Mode 2: Wall avoidance robot
A robot that can avoid walls and obstacles while moving.

Mode 3: Line follower robot
Line follower is a robot that can follow a path. The path can be visible like a black line on a white surface (or vice-versa)

Scelta azioni tramite telecomando

Programmazione:

Il software su cui si basa la programmazione a blocchi è "mBlock" (basata su Scratch elaborata da MIT Media Lab) BLOCKLY – applicazione per utilizzare mBot, a cui all'interno è possibile trovare le seguenti sezioni: suono, movimento, aspetto, penna, data&blocchi, situazioni, sensori, controllo, operatori, robot. Elaborando diversi box di programmazione, si può risalire al codice gestibile direttamente sull'IDE di Arduino. Inoltre, un'altra modalità di gestione del comportamento di mBot può avvenire tramite telecomando ad infrarossi.



Interfaccia applicazione per smartphone o tablet



Attività proposte all'interno dell'applicazione per mBot



Interfaccia della modalità "Drive" per controllare i movimenti di mBot

"MakeBlock" costituisce l'applicazione che mette a disposizione le attività che è possibile svolgere; in "Play", in particolare, è possibile utilizzare le seguenti azioni: drive, draw&drive, musician and voice control. Quindi è possibile l'utilizzo del tablet o smartphone come joystick/digital-pad per la gestione del movimento del robot, per ascoltare musica, attivare il line-follow, ma anche vedere il montaggio in 3D delle componenti di mBot. Vi è, inoltre, una sezione dedicata anche agli add-on, ossia accessori aggiuntivi che amplificano le funzioni di mBot e ne modificano la configurazione. I collegamenti avvengono tramite cavo USB, wi-fi o bluetooth. La scheda del microcontrollore parte da Arduino, mentre la programmazione è gestita tramite Scratch.

4.1.4 Lego Wedo 2.0

Nome: Lego Wedo 2.0

Anno: 2016

Azienda: LEGO

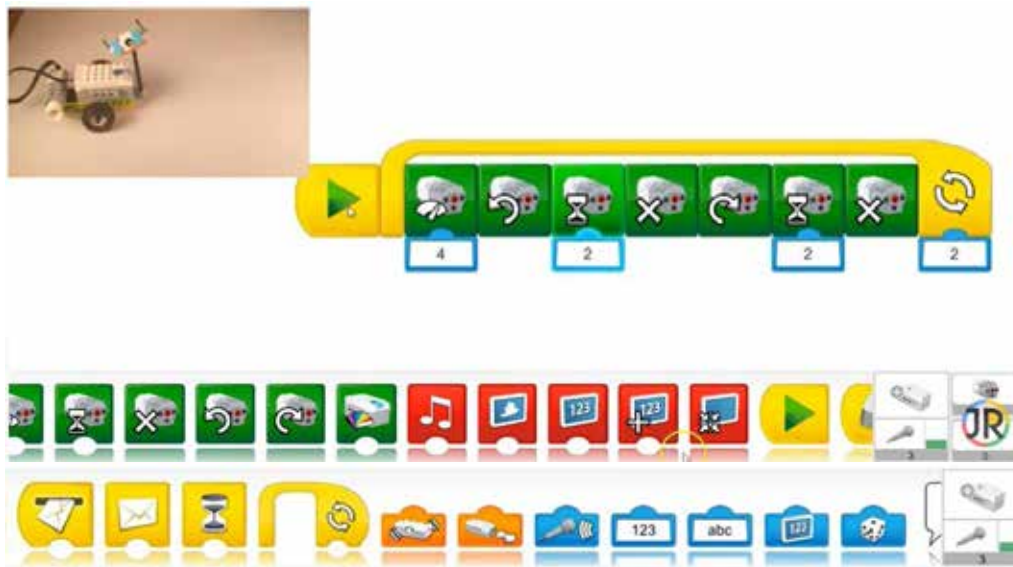
Prezzo: € 160,00



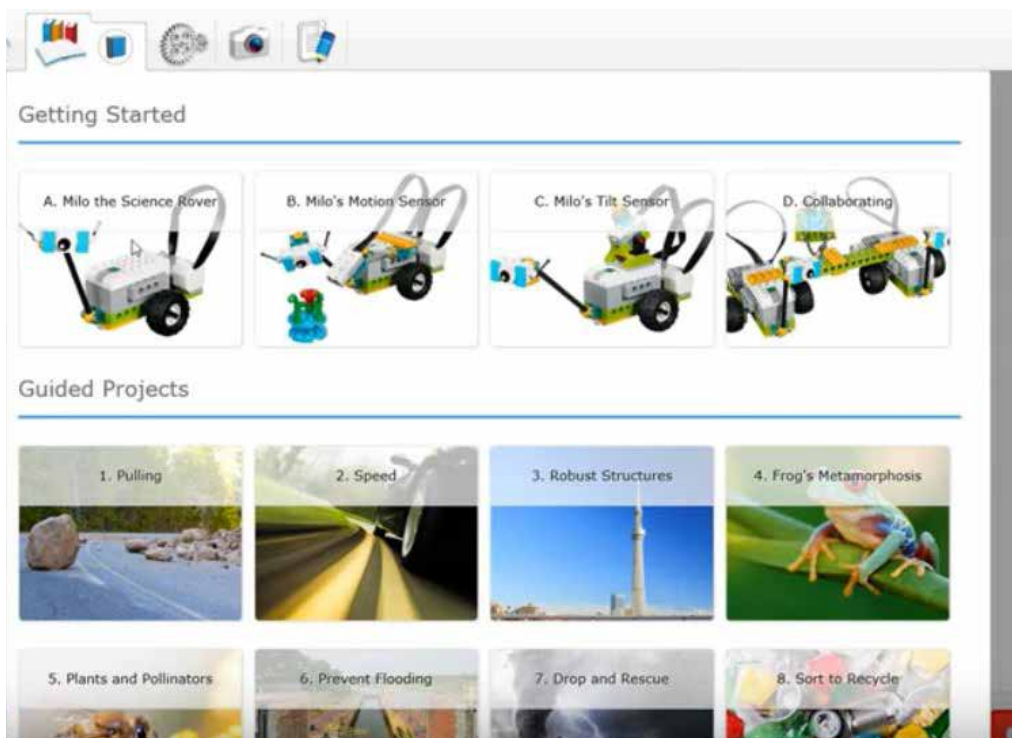
Descrizione:

- il kit comprende 280 mattoncini, un motore e due sensori, uno a infrarossi e uno di inclinazione (tilt sensor);
- assemblando i pezzi si possono ottenere robot di varie forme e dimensioni;
- i robot creati con Lego WeDo 2.0, sono programmabili via Bluetooth scaricando un software compatibile con Windows, IOS, Mac e Android. In alternativa – ma solo per Pc e Mac – si può usare anche Scratch;





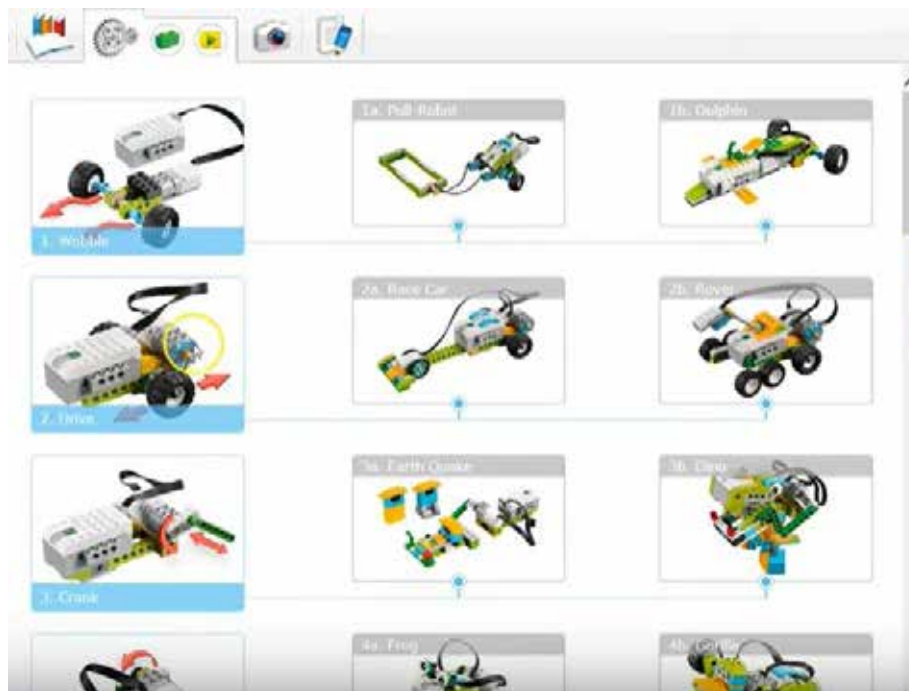
Interfaccia di "WeDo 2.0 LEGO Education" nella sezione di programmazione a blocchi



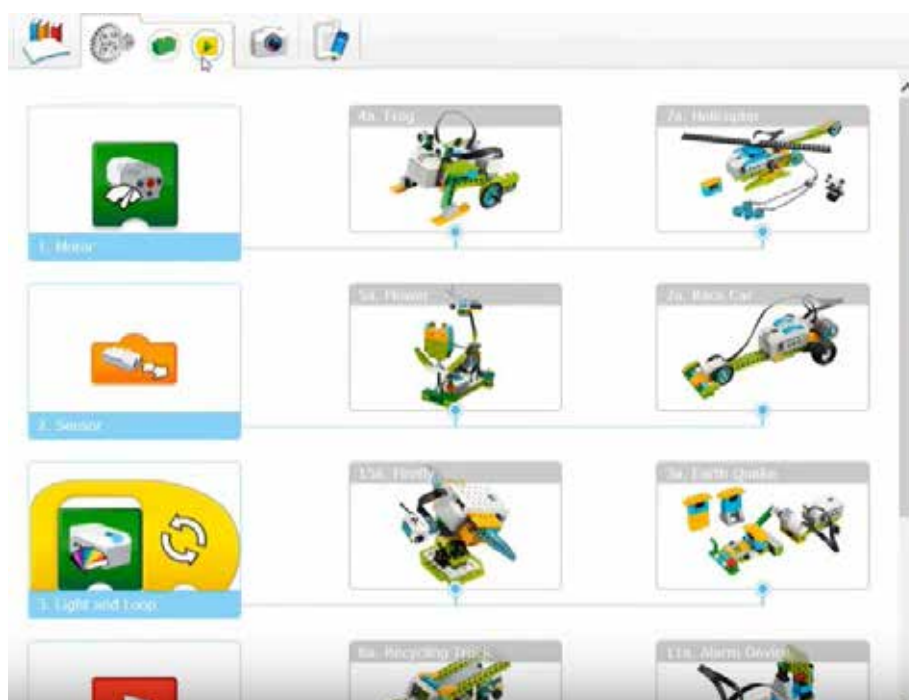
Interfaccia di "WeDo 2.0 LEGO Education" nella sezione Menu

Programmazione a blocchi e schede di approfondimento:

All'interno del kit di Lego Wedo 2.0 sono presenti delle componenti speciali utili per la programmazione: un box batteria (2 batteria AA con due porte per collegare sensori e motori) con pulsante e led per indicare accensione; motore di cui si può gestire sia velocità che senso di rotazione (orario, antiorario); sensori a ultrasuoni per percepire o meno la variazione della distanza da un'oggetto rispetto allo stesso; tilt sensor che percepisce la differenza di inclinazione del robot. Sono anche proposte delle schede progettuali per mettere a disposizione di studenti e insegnanti degli approfondimenti didattici.



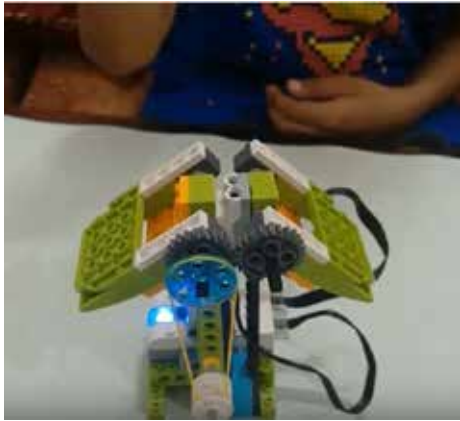
Progetti suggeriti in base a componenti del kit



Progetti suggeriti in base a blocchi di programmazione

Progetti suggeriti in base a "componenti" o "blocchi di programmazione":

Nella schermata di programmazione del robot oltre alle varie possibilità di movimento, è anche possibile leggere lo stato della batteria dello stesso. Inoltre, vi è la proposta di varie strutture da montare con il kit sia in base ai meccanismi sia secondo i blocchi di programmazione (ad esempio se ne voglio realizzare uno in cui si sfrutta suono e luce). Nell'area di programmazione, i docenti e gli studenti possono fotografare blocchi di codice realizzati per inserirli all'interno di file di testo da sfruttare per prendere appunti.



Progetti realizzati con il kit Lego Wedo 2.0: cocodrillo (a sinistra in alto e in basso), line-follow car (in alto a destra) e gioco ad ostacoli (in basso a destra)



Altri modelli realizzabili: elicottero, rover implementato, insetto, rana e furgone

4.1.5 Bolt

Nome: Bolt

Anno: 2018

Azienda: Sphero

Prezzo: € 170,00



Descrizione:

- attraverso questo robot è possibile imparare a programmare, completare attività pratiche e condividere le proprie creazioni con la community;
- autonomia batteria fino a 2 ore, con possibilità di alimentazione tramite base di ricarica a induzione;
- velocità massima raggiungibile 8km/h;
- dotato di: bussola (magnetometro), sensori di luminosità, accelerometro, giroscopio, sensore a infrarossi;
- pannello LED 8x8 programmabile tramite app "Sphero Edu" (per dispositivi mobili o desktop);
- possibilità di codifica utilizzando blocchi Scratch o scrivendo in JavaScript o utilizzando l'app Switch Playground;
- struttura waterproof;
- funzione di puntamento automatico;
- scocca resistente antigraffio in policarbonato;
- connessione Bluetooth Smart (30 metri);
- dimensioni pari a Ø 73 mm;
- peso pari a 200 g.





Strumento educativo per le discipline STEM



Comunicazione a infrarossi tra più robot



Programmazione schermo a matrice di LED



Gestione movimento da dispositivo collegato



Scocca in policarbonato trasparente per la visione dello schermo e dei componenti



Cover in silicone dell'azienda Hexnub



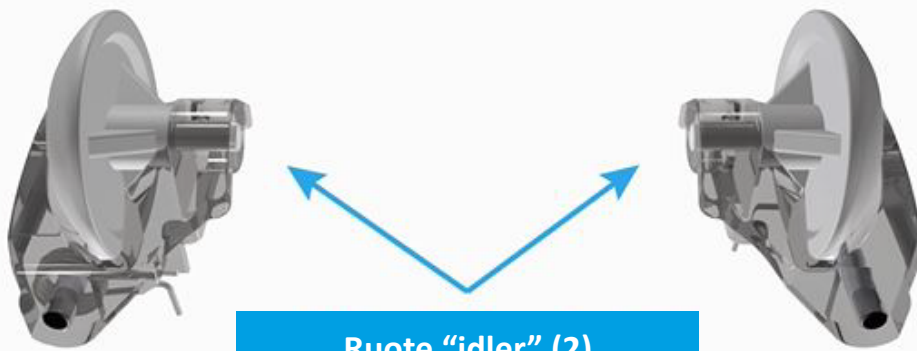
Cover in silicone della Hexnub applicata a Bolt



Cover in silicone "nubby" per Sphero SPRK



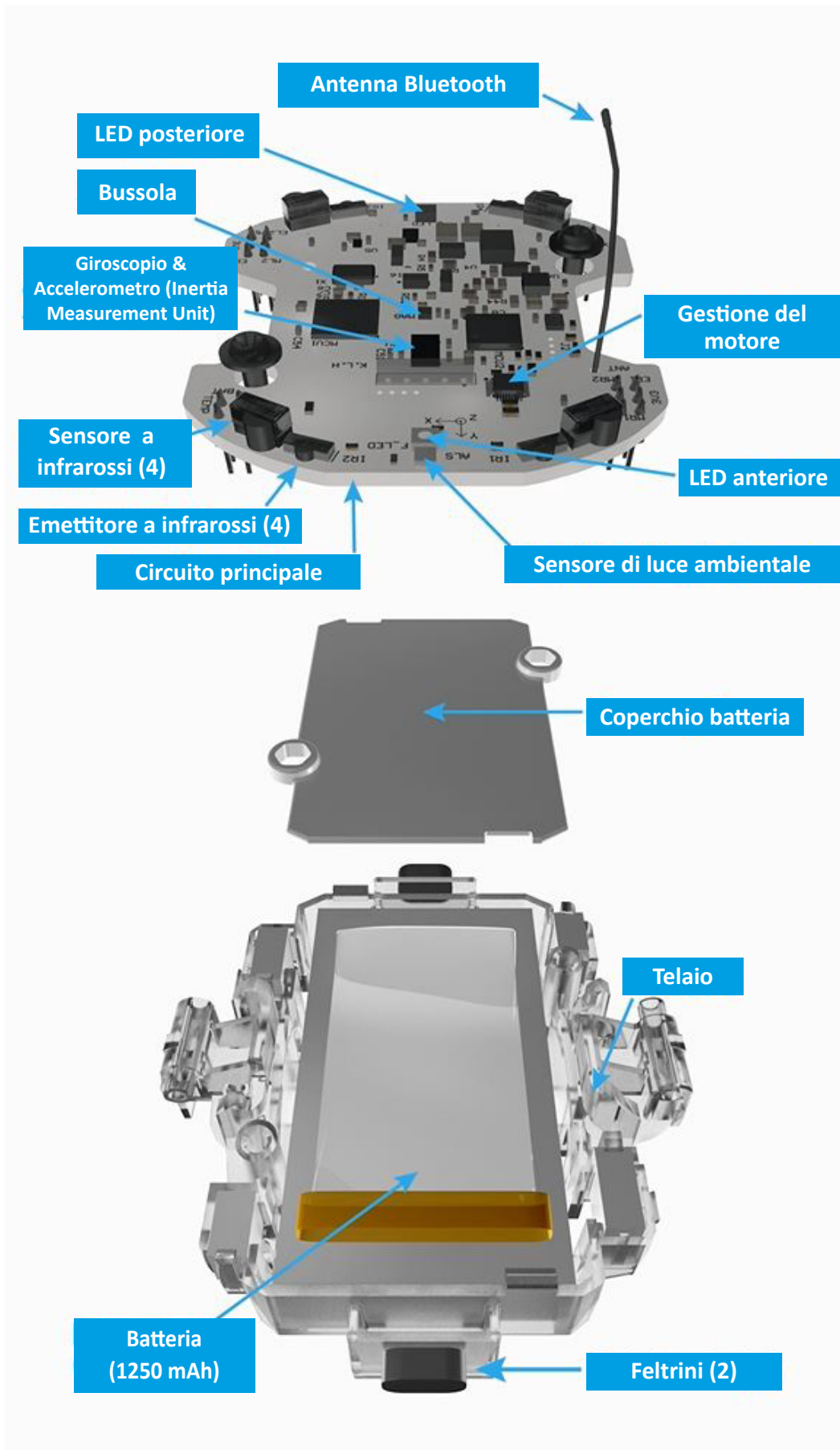
Scocca in policarbonato



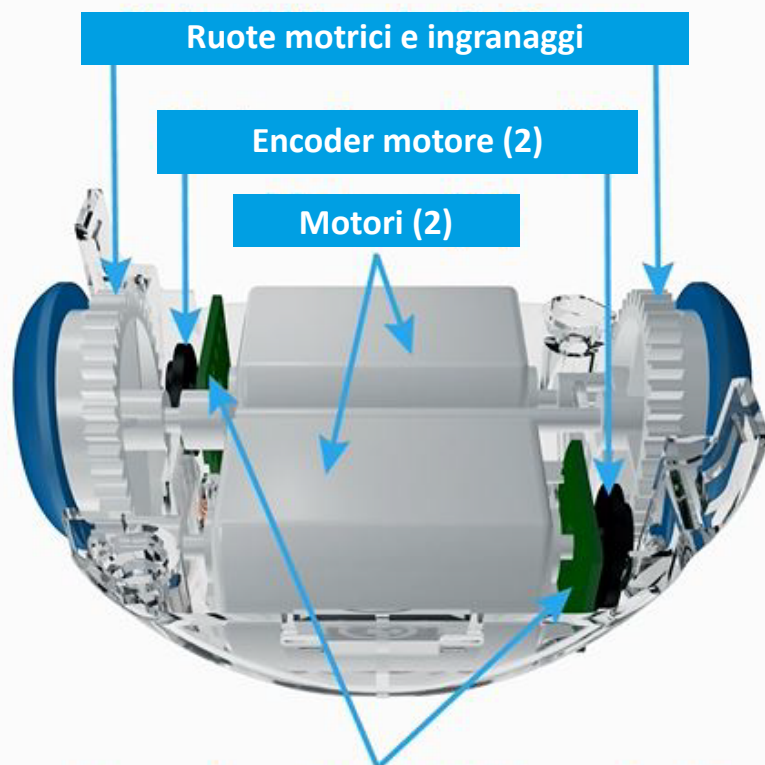
Ruote "idler" (2)



Struttura interna (superiore) di Bolt



Struttura interna (superiore) di Bolt



Ruote motrici e ingranaggi

Encoder motore (2)

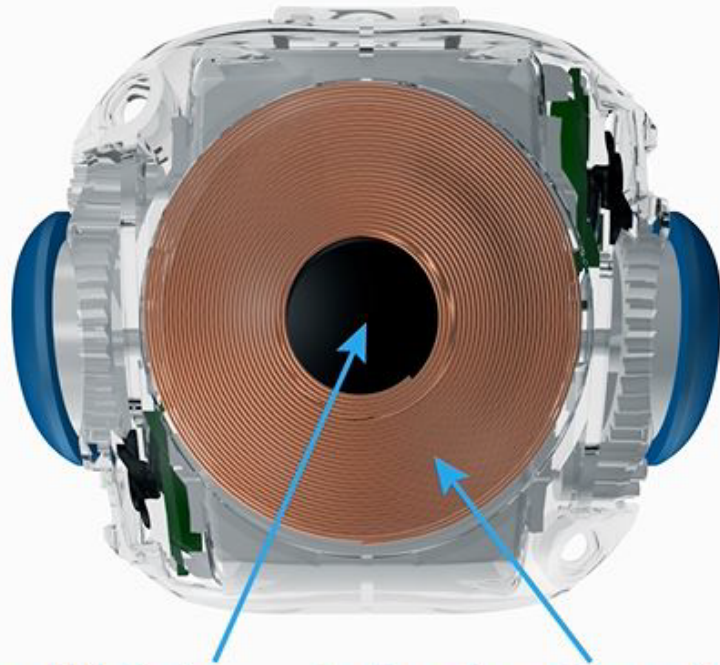
Motori (2)

Circuiti dell'Encoder (2)

Fondo scocca in policarbonato



Struttura interna (inferiore) di Bolt



Peso zavorra

Bobina di ricarica induttiva

Fondo scocca in policarbonato



4.1.6 Ollie

Nome: Ollie

Anno: 2014

Azienda: Sphero

Prezzo: € 66,00



Descrizione:

- robot con corpo in policarbonato resistente e ruote con pneumatici intercambiabili;
- progettato per alta velocità e acrobazie estreme, anche in outdoor;
- controllabile con app (guida: Ollie, Draw N' Drive; programmazione: MacroLab, OrbBasic) per guida e programmazione (compatibile iOS & Android), con cui è possibile impostare velocità, accelerazione e capovolgere, girare e gestire centinaia di combinazioni;
- luci LED personalizzabili (colore e luminosità);
- portata bluetooth fino a 30 metri;
- velocità massima raggiungibile di 23 km/h;
- ricarica via cavo USB (autonomia fino a 1 ora);
- aggiornamento firmware automatico;
- dimensioni pari a 25,4 x 11 x 12,1 cm;
- peso pari a 594 g.



Sphero Ollie e il suo rispettivo packaging



Ambiti di utilizzo del robot Ollie: acrobazie con set specifici della Sphero; competizioni tra più robot



Ollie con elemento posticcio in plastica per sorreggere una GoPro



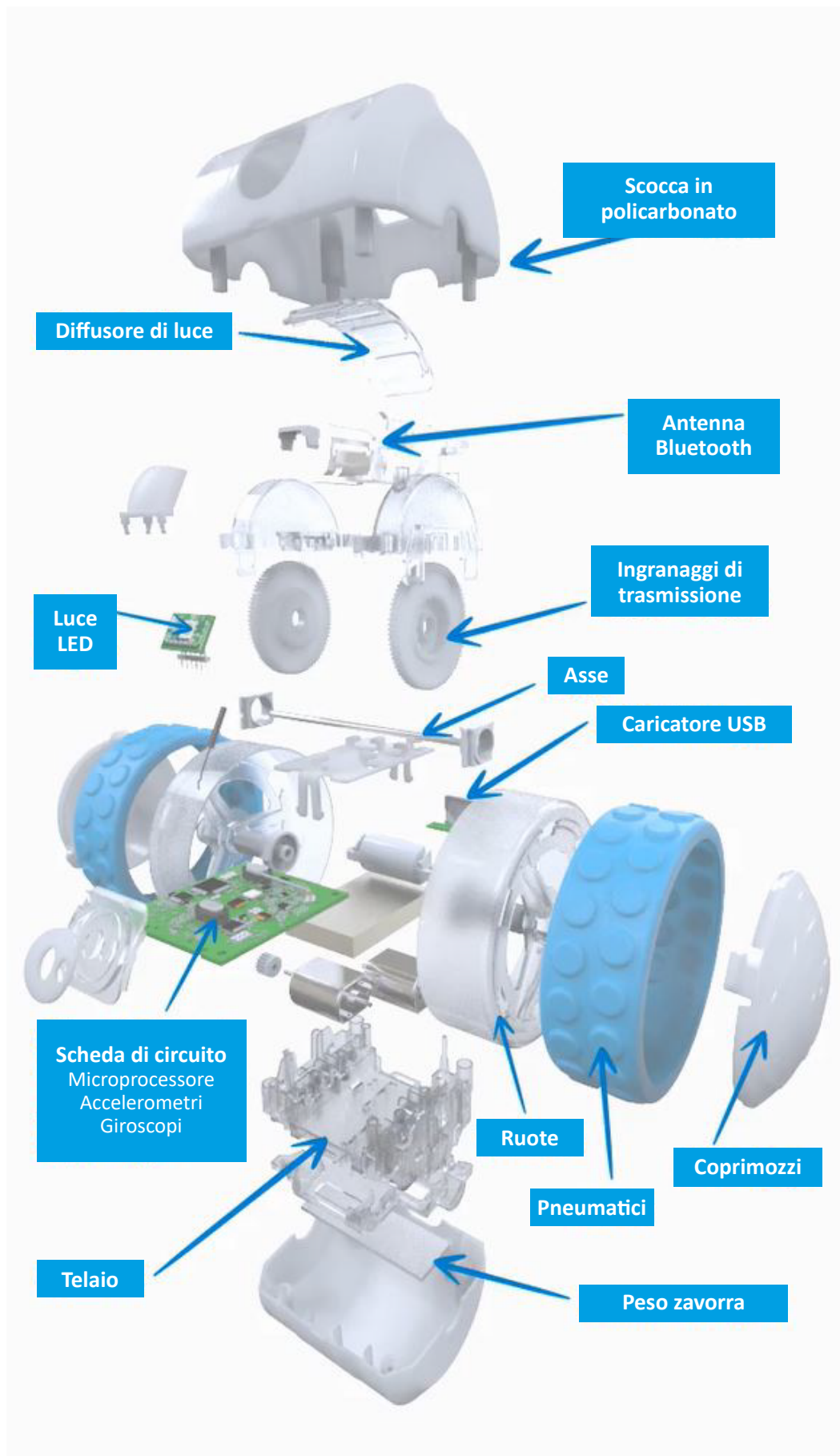
Applicazione adibita al controllo del robot



Ollie in funzione in due circostanze differenti: indoor e outdoor

Un cilindro estremo:

Il taglio con cui è stato realizzato Ollie è quello di soddisfare i desideri di velocità estremi non solo dei piccoli utenti. Difatti, si discosta dagli altri modelli di robot progettati dalla Sphero, innanzitutto modificando la propria forma, che da sferica diviene cilindrica, dotandosi inoltre di due ruote ben rivestite con pneumatici in silicone. Questa accortezza è derivata proprio dalle performance che si aspetta di compiere Ollie durante i suoi utilizzi; in questo modo, il silicone attutisce urti ed eventuali danni alla componentistica che non possono essere ovviati dal semplice utilizzo di policarbonato resistente per la struttura di protezione dell'elettronica interna



Struttura interna di Ollie

4.2 Ricerca di anteriorità

La ricerca di anteriorità ha preso in esame alcuni dispositivi presenti all'interno della ricerca di mercato, come i robot Bolt e Ollie della Sphero e il Mars Rover come esempio di robot progettato per l'esplorazione. Tuttavia, il brevetto relativo a Ollie è il più vicino agli intenti progettuali del concept ideato. Allo stesso tempo, è più coerente l'elaborazione di pro e contro in rapporto agli sviluppi che si vogliono portare avanti nella progettazione.

4.2.1 US10620622B2, Dispositivo semovente con sistema di azionamento del centro di massa

Nome

Dispositivo semovente con sistema di azionamento del centro di massa

Data e Luogo

14 aprile 2020, USA

Inventori

Ross MacGregorlan, Ian H. Bernstein, Adam Wilson

Assegnatario

Sphero Inc

Abstract

Viene descritto un dispositivo semovente che include un sistema di azionamento del centro di massa. Il dispositivo semovente comprende un corpo e ruote sostanzialmente cilindrici, con ciascuna ruota avente un diametro sostanzialmente equivalente al corpo. Il dispositivo semovente può inoltre includere un sistema di trasmissione interno con un centro di massa al di sotto di un asse di rotazione delle ruote. Il funzionamento e la manovra del dispositivo semovente possono essere effettuati tramite spostamento attivo del baricentro.

Claims

1. Un dispositivo semovente comprendente:
 - un corpo sostanzialmente cilindrico;
 - un sistema di azionamento comprendente un motore sinistro per azionare una ruota sinistra, un motore destro per azionare una ruota destra e uno o più gruppi motore per alimentare i motori sinistro e destro, in cui il sistema di azionamento è montato per pendere liberamente dal supporto tra i ruote sinistra e destra e sotto un asse di rotazione comune di entrambe le ruote sinistra e destra;
 - un ricevitore per ricevere input di controllo da un dispositivo di controllo;
 - un processore per elaborare gli ingressi di controllo per manovrare il dispositivo



US010620622B2

(12) **United States Patent**
MacGregor et al.

(10) **Patent No.:** **US 10,620,622 B2**
(45) **Date of Patent:** ***Apr. 14, 2020**

(54) **SELF-PROPELLED DEVICE WITH CENTER OF MASS DRIVE SYSTEM**

(71) Applicant: **Sphero, Inc.**, Boulder, CO (US)

(72) Inventors: **Ross MacGregor**, Erie, CO (US); **Ian H. Bernstein**, Boulder, CO (US); **Adam Wilson**, Longmont, CO (US)

(73) Assignee: **Sphero, Inc.**, Boulder, CO (US)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

This patent is subject to a terminal disclaimer.

(21) Appl. No.: **15/822,676**

(22) Filed: **Nov. 27, 2017**

(65) **Prior Publication Data**

US 2018/0299879 A1 Oct. 18, 2018

Related U.S. Application Data

(63) Continuation of application No. 14/137,954, filed on Dec. 20, 2013, now Pat. No. 9,829,882.

- (51) **Int. Cl.**
G05D 1/00 (2006.01)
B62D 61/00 (2006.01)
B60K 1/04 (2019.01)
B60K 7/00 (2006.01)
B62K 11/00 (2006.01)
B60K 17/04 (2006.01)

- (52) **U.S. Cl.**
 CPC **G05D 1/0011** (2013.01); **B60K 1/04** (2013.01); **B60K 7/0007** (2013.01); **B62D 61/00** (2013.01); **B62K 11/007** (2016.11); **B60K 17/043** (2013.01); **B60K 2001/0438** (2013.01); **B60Y 2200/81** (2013.01); **G05D 2201/02** (2013.01)

(58) **Field of Classification Search**

CPC B62K 11/007; B62D 11/04; B62D 61/00; G05D 1/0011; B60K 1/04
USPC 701/2, 124
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

90,546 A	5/1869	Huntington
933,623 A	9/1909	Cecil
1,263,262 A	4/1918	McFaul
2,796,601 A	11/1956	Hagopian
2,949,696 A	8/1960	Easterling
		(Continued)

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

CN	1302717	7/2001
CN	1765595	5/2006
		(Continued)

OTHER PUBLICATIONS

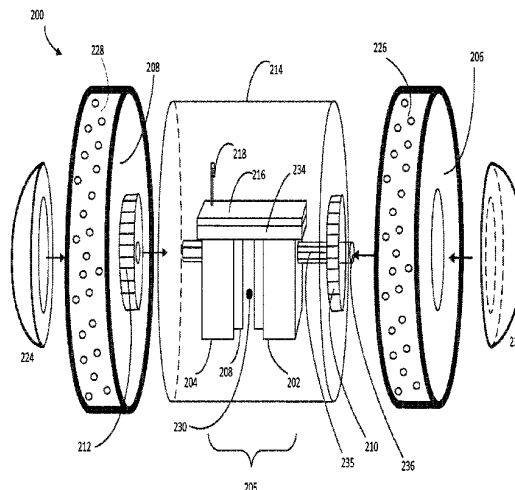
US 9,342,073 B2, 05/2016, Bernstein et al. (withdrawn)
(Continued)

Primary Examiner — Isaac G Smith

(57) **ABSTRACT**

A self-propelled device is disclosed that includes a center of mass drive system. The self-propelled device includes a substantially cylindrical body and wheels, with each wheel having a diameter substantially equivalent to the body. The self-propelled device may further include an internal drive system with a center of mass below a rotational axis of the wheels. Operation and maneuvering of the self-propelled device may be performed via active displacement of the center of mass.

20 Claims, 8 Drawing Sheets



- semovente, il processore per controllare indipendentemente il funzionamento del motore sinistro e del motore destro;
- in cui l'azionamento del motore sinistro e del motore destro fa sì che il sistema di trasmissione, appeso liberamente al supporto, si inclini in rotazione provocando uno spostamento nel centro di massa del sistema di trasmissione per provocare il movimento del dispositivo semovente.
2. Dispositivo in cui l'altezza di entrambe le ruote sinistra e destra è sostanzialmente equivalente ad un'altezza del corpo.
 3. Dispositivo in cui il corpo include uno o più mezzi di fissaggio per fissare uno o più accessori attaccabili al dispositivo semovente.
 4. Dispositivo in cui l'uno o più accessori collegabili include un elemento di emissione di luce.
 5. Dispositivo in cui uno o più accessori attaccabili includono un attacco per rimorchio.
 6. Dispositivo in cui uno o più accessori collegabili includono una fotocamera.
 7. Dispositivo comprendente inoltre copriruota rimovibili per adattarsi attorno a ciascuna delle ruote sinistra e destra.
 8. Dispositivo comprendente inoltre copriruota staccabili accoppiati ad un mozzo di ruota su ciascuna delle ruote sinistra e destra.
 9. Dispositivo azionabile in una pluralità di modalità, inclusa una modalità autonoma e una modalità controllata.
 10. Dispositivo in cui il processore interpreta gli ingressi di controllo come uno o più comandi, e implementa un controllo sul sistema di azionamento basato almeno in parte su uno o più comandi.
 11. Dispositivo in cui il corpo è almeno parzialmente trasparente.
 12. Dispositivo comprendente inoltre un elemento di emissione di luce accoppiato ad un mezzo di fissaggio sul sistema di azionamento e disposto all'interno del corpo.
 13. Dispositivo comprendente inoltre un ingranaggio sinistro che accoppia il motore sinistro alla ruota sinistra, e un ingranaggio destro che accoppia il motore destro alla ruota destra, in cui gli ingranaggi sinistro e destro sono rispettivamente rigidi alle ruote sinistra e destra.
 14. Dispositivo in cui i motori sono configurati per impegnarsi in concerto per lanciare in rotazione il sistema di azionamento, consentendo il movimento lineare del dispositivo semovente in direzioni perpendicolari all'asse di rotazione comune delle ruote sinistra e destra.
 15. Dispositivo in cui i motori sinistro e destro sono ulteriormente configurati per impegnarsi in modo indipendente al fine di provocare il cambio di direzione del dispositivo semovente.

16. Dispositivo in cui i motori sinistro e destro sono configurati per inclinare in rotazione il sistema di azionamento di circa 90 gradi per far muovere il dispositivo semovente.
17. Dispositivo comprendente inoltre una memoria accoppiata al processore, la memoria per memorizzare le istruzioni programmatiche che traducono gli ingressi di controllo in comandi per il funzionamento di ciascuno del motore sinistro e del motore destro.
18. Dispositivo in cui gli input di controllo sono ricevuti da un dispositivo informatico tramite un'applicazione software unica per il controllo del dispositivo semovente, in cui il dispositivo informatico è uno tra uno smartphone, un tablet, un laptop dispositivo, un dispositivo desktop.
19. Dispositivo in cui l'esecuzione dell'applicazione software collega automaticamente il dispositivo informatico al dispositivo semovente.
20. Dispositivo comprendente inoltre uno o più sensori azionabili per fornire informazioni su un ambiente circostante.

Punti a favore - PRO

Ottima gestione autonoma del movimento, nonostante la presenza di due ruote motrici, che potrebbero causare un equilibrio instabile.

Punti a sfavore - CONTRO

Studio della forma prevalentemente cilindrico, quindi inadatto all'impugnabilità e alla trasportabilità.

4.2.2

US8269447 - Azionamento robot con bilanciamento magnetico sferico

(12) **United States Patent**
Smoot et al.

(10) **Patent No.:** US 8,269,447 B2
(45) **Date of Patent:** Sep. 18, 2012

(54) **MAGNETIC SPHERICAL BALANCING ROBOT DRIVE**

(75) Inventors: **Lanny Smoot**, Thousand Oaks, CA (US); **Dirk Ruiken**, Amherst, MA (US)

(73) Assignee: **Disney Enterprises, Inc.**, Burbank, CA (US)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 359 days.

(21) Appl. No.: **12/726,136**

(22) Filed: **Mar. 17, 2010**

(65) **Prior Publication Data**
US 2011/0231013 A1 Sep. 22, 2011

(51) **Int. Cl.**
G06F 19/00 (2006.01)
B62D 61/00 (2006.01)
G05D 1/02 (2006.01)
A63J 19/00 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.** 318/489; 180/24.01; 180/24.03; 414/744.6; 700/245; 446/396

(58) **Field of Classification Search** 318/580, 318/489; 414/744.6, 589, 444; 180/21, 24.01, 180/24.03; 700/245; 446/396

See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

5,739,657 A *	4/1998	Takayama et al.	318/587
5,952,796 A *	9/1999	Colgate et al.	318/1
2004/0168837 A1 *	9/2004	Michaud et al.	180/9.46
2009/0177323 A1 *	7/2009	Ziegler et al.	700/259
2010/0143089 A1 *	6/2010	Hvasser et al.	414/754
2010/0227527 A1 *	9/2010	Smoot et al.	446/362
2011/0172822 A1 *	7/2011	Ziegler et al.	700/259
2011/0288684 A1 *	11/2011	Farlow et al.	700/264

* cited by examiner

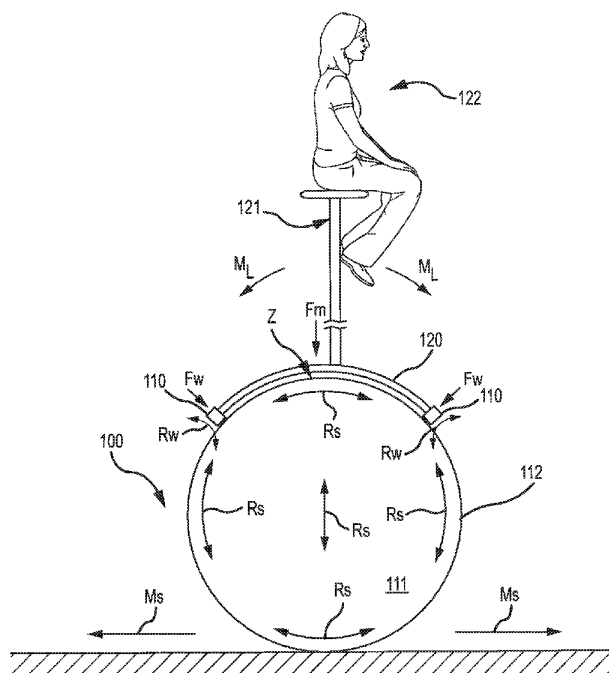
Primary Examiner — Ronnie Mancho

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — Marsh Fischmann & Breyfogle, LLP; Jon P. Deppe; Kent A. Lembke

(57) **ABSTRACT**

A drive system is presented for controlling rotation of a sphere. The system facilitates holonomic motion of a drive with respect to a sphere such that a holonomic drive or drives may be maintained at a relative position with respect to a sphere. The motion of a sphere may be controlled by controlling the position of a drive with respect to the sphere. The drive may be controlled by way of a controller. A holonomic drive may be urged against a sphere by way magnetic interaction of the holonomic drive and a second structure. Also, a support structure is facilitated that allows a sphere to pass through a support column without breaks or interruptions in the sphere.

20 Claims, 12 Drawing Sheets



4.2.3 USD487715 - Mars Exploration Rover Athena

(12) **United States Design Patent** (10) **Patent No.:** **US D487,715 S**
Lindemann et al. (45) **Date of Patent:** **** Mar. 23, 2004**

(54) **MARS EXPLORATION ROVER ATHENA** 5,174,405 A * 12/1992 Carra et al. 180/9.32
 5,323,867 A * 6/1994 Griffin et al. 180/22
 5,372,211 A * 12/1994 Wilcox et al. 180/8.2
 D413,551 S * 9/1999 Wilcox et al. D12/1
 6,026,135 A * 2/2000 McFee et al. 376/159
 6,112,843 A * 9/2000 Wilcox et al. 180/345
 D437,255 S * 2/2001 Bickler et al. D12/1
 6,267,196 B1 * 7/2001 Wilcox et al. 180/347
 6,333,631 B1 * 12/2001 Das et al. 324/326
 6,488,306 B1 * 12/2002 Shirey et al. 280/474

(75) Inventors: **Randel Lindemann**, Tujunga, CA (US);
Richard A. Rainen, Santa Clarita, CA (US);
John Cardone, Simi Valley, CA (US);
Richard G. Webster, Long Beach, CA (US);
Christopher Voorhees, Altadena, CA (US);
James Stone, Altadena, CA (US);
Joseph P. Melko, Glendale, CA (US);
Paul Karlmann, Redondo Beach, CA (US);
Kobie Boykins, Los Angeles, CA (US);
Brian Harrington, Pasadena, CA (US);
Lawrence Lee, Diamond Bar, CA (US);
Jason Suchman, Pasadena, CA (US);
Satish Krishnan, Cambridge, MA (US);
Keith Novak, South Pasadena, CA (US);
Lori Shiraishi, North Hollywood, CA (US);
Mary E. Reaves, Glendora, CA (US);
Michael P. Thelen, La Crescenta, CA (US);
Annette K. Nasif, La Crescenta, CA (US);
Joseph Vacchione, Newbury Park, CA (US);
Kevin Burke, Pasadena, CA (US)

(73) Assignee: **California Institute of Technology**, Pasadena, CA (US)

(**) Term: **14 Years**

(21) Appl. No.: **29/164,877**

(22) Filed: **Jul. 31, 2002**

(51) **LOC (7) Cl.** **12-14**

(52) **U.S. Cl.** **D12/1**

(58) **Field of Search** D12/1-5, 16.1;
 D21/533, 539; 180/345, 347, 6.5, 6.6,
 8.2, 9.32; 246/166; 250/253, 515.1; 280/474;
 318/568; 324/245, 326; 348/47, 144; 700/245,
 258

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,751,027 A * 6/1956 McLaughlin 180/6.5
 3,809,004 A * 5/1974 Leonheart 114/270

OTHER PUBLICATIONS

Sojourner Rover, launched on Jul. 1, 1997, <http://mars.jpl.nasa.gov/MPF/rover/sojourner2.html>.
 Fido Rover, prototype tested on Aug. 10, 2002, <http://fido.jpl.nasa.gov>.
 Photographs of a not-for-sale, nonoperational mockup of a rover displayed once at a JPL Open House on May 19, 2001, Pasadena, California.
 Sticker distributed for free at JPL Open House, May 19, 2001, Pasadena, California.

* cited by examiner

Primary Examiner—Nelson C. Holtje

(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Christie, Parker & Haler, LLP

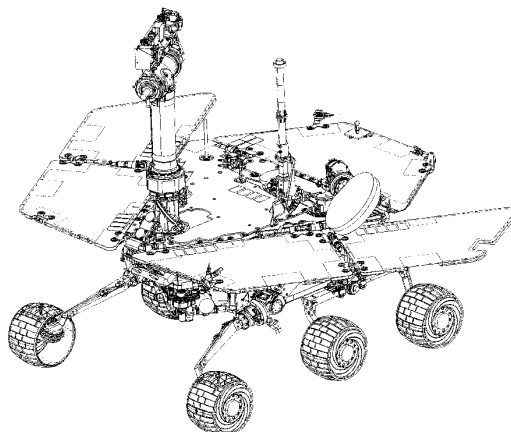
(57) **CLAIM**

The ornamental design for Mars exploration rover Athena, as shown and described.

DESCRIPTION

The invention described herein was made in the performance of work under a NASA contract, and is subject to the provisions of Public Law 96-517 (U.S.C. 202) in which the Contractor has elected to retain title.
 FIG. 1 is a perspective view of a Mars exploration rover Athena according to our new design;
 FIG. 2 is a first side elevational view thereof;
 FIG. 3 is a front elevational view thereof;
 FIG. 4 is a second side elevational view thereof;
 FIG. 5 is a rear elevational view thereof;
 FIG. 6 is a top view thereof; and,
 FIG. 7 is a bottom view thereof.

1 Claim, 7 Drawing Sheets



5.0 CONCEPT

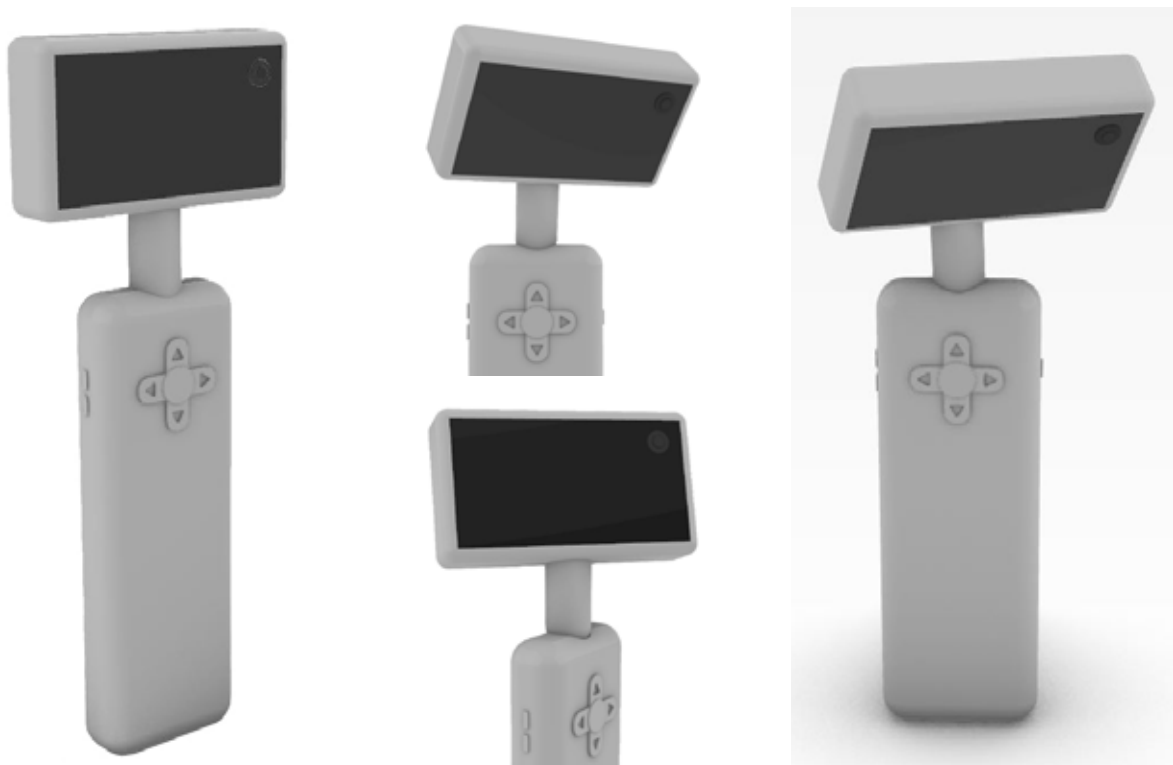


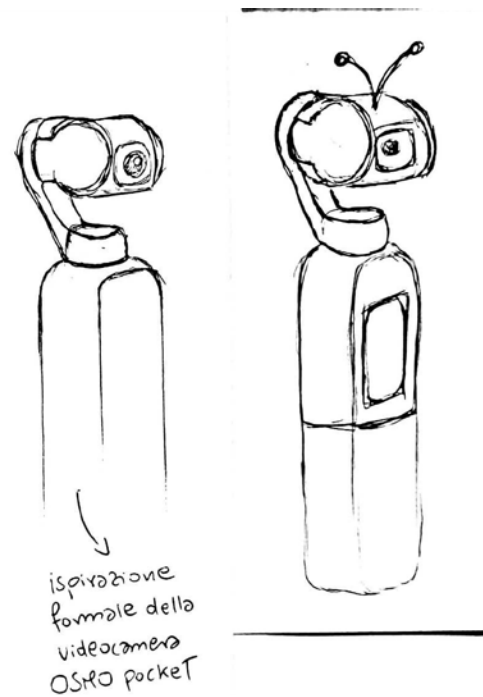
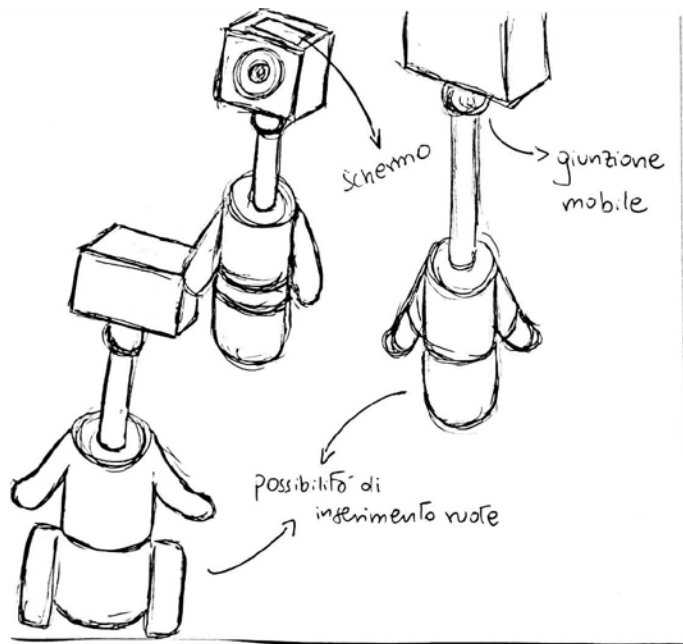
5.1 Revisione dell'idea progettuale

Come prima proposta progettuale è stato elaborato un dispositivo che potesse richiamare alla forma di una "lente d'ingrandimento ambientale" dotata di intelligenza artificiale, in grado non solo di ingrandire effettivamente, tramite una videocamera, ciò che inquadrava, ma che potesse dare maggiori specifiche riguardanti la qualità dell'ambiente in cui si trovava il piccolo utente. Davanti ai suoi occhi poteva esserci un paesaggio che al suo interno nascondeva informazioni non accessibili al bambino, ma che con la sua lente ambientale poteva raggiungere. Attraverso questo dispositivo poteva rendersi realmente conto che il luogo in cui si trovava poteva essere era pulito, puro, sano o meno.

L'interazione tra sistema e utente non si limitava solo a questo, ma, essendo dotato di IA, il dispositivo era anche in grado di parlare con il bambino, interagire con lui durante il suo percorso di esplorazione di un determinato ambiente. Il tutto rimanendo agganciato allo zaino dell'utente.

Tuttavia, questa bozza dell'idea progettuale ha messo subito in risalto alcune caratteristiche che valesse la pena portare avanti e approfondire, al contrario di altre che andavano eliminate. In generale, la struttura del dispositivo doveva essere maggiormente rivista e destrutturata, dato che quella elaborata per la bozza, come anche la sua interazione, risultava essere troppo statica, seppur fosse integrato un movimento della testa (corrispondente allo schermo) e del collo (collegamento tra "telecomando" di controllo e schermo). Inoltre, essendo il robot rivolto a un target infantile, la forma elaborata poteva non essere molto resiliente ai movimenti maldestri e tipici dei bambini. Questo ha rappresentato un ulteriore punto da prendere in considerazione per la revisione del concept finale.



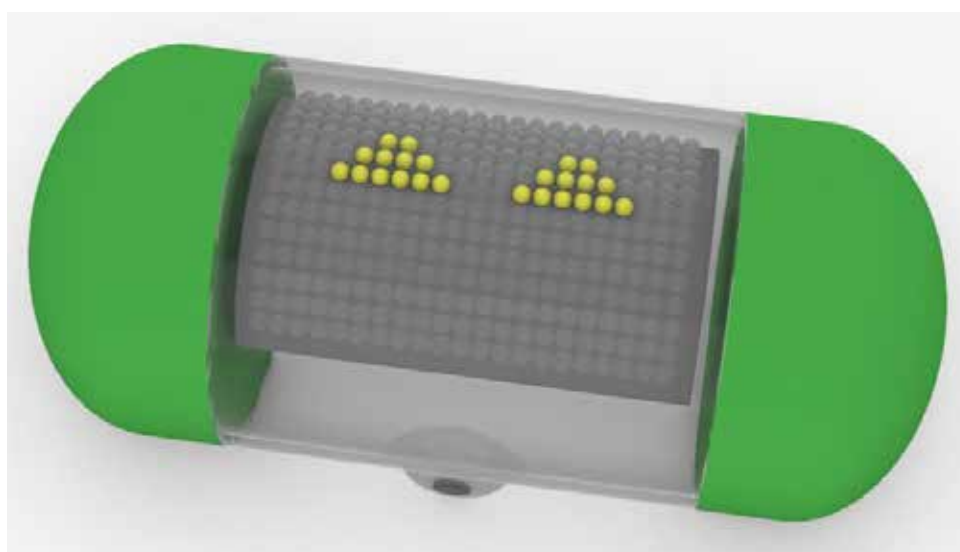
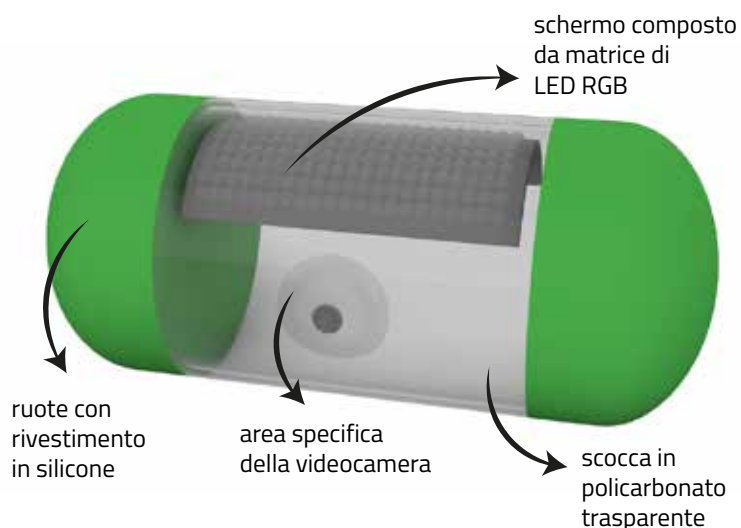


Durante la revisione successiva, contemporaneamente allo studio dello stato dell'arte, sono stati realizzati alcuni schizzi che prendevano in considerazione il sistema di movimento della videocamera Osmo Pocket, da poter trasferire alla progettazione di un robot educativo dotato di una "testa" mobile. Inoltre, è sorta la necessità di munire il dispositivo di ruote, in modo tale da dare la possibilità ai bambini sia di portare il proprio robot con sè, sul proprio zaino o allacciato in vita, ma anche di poterlo dotare di ruote, così da rendere il sistema un vero e proprio esploratore.

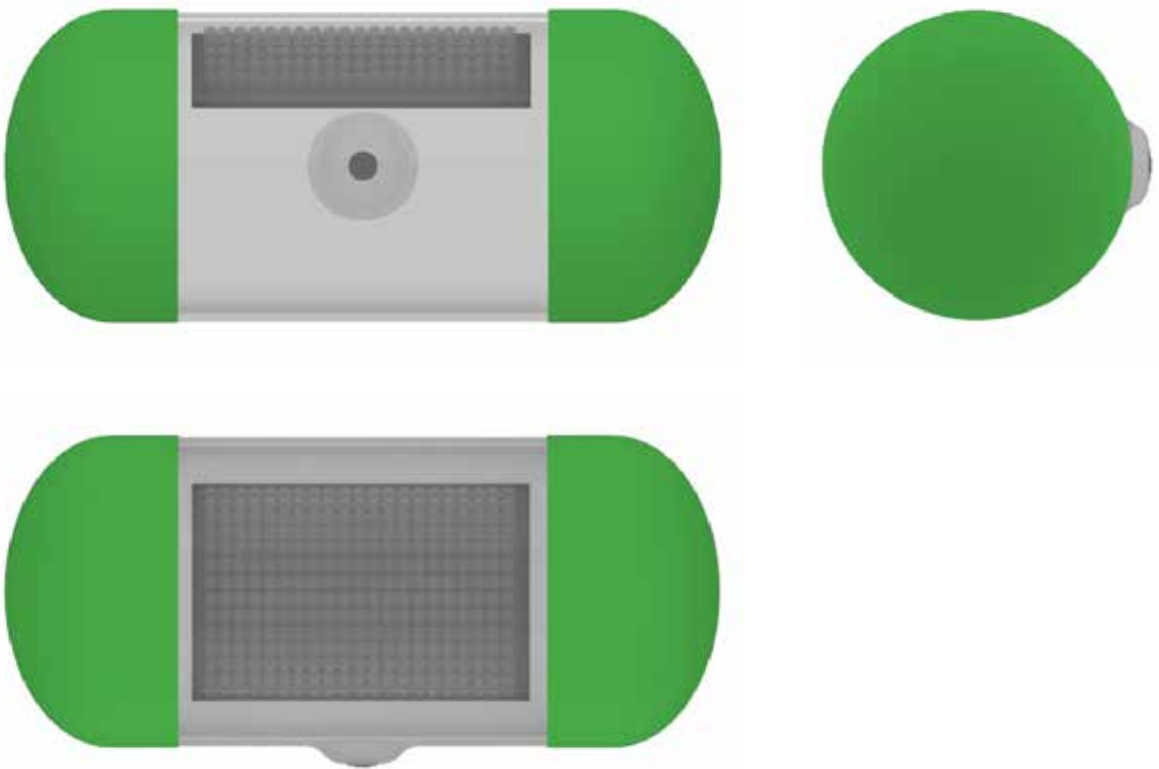
Tuttavia, anche queste successive considerazioni hanno messo in luce caratteristiche da escludere e altre da continuare a prendere in esame, ma da un differente punto di vista. Difatti, il complesso meccanismo di cui è costituita la videocamera Osmo Pocket, non è indispensabile al fine di esprimere uno stato emotivo del robot all'utente. Tale passaggio è possibile soddisfarlo con scelte progettuali diverse e più semplici. Inoltre, anche la progettazione di un elemento "testa" inserito in tutte le bozze realizzate, non costituisce un requisito necessario, infatti è stato più opportuno procedere con le successive ricerche formali su singole geometrie semplici e standard, valorizzandole con una parte elettro-meccanica interna più complessa.

L'ultima idea progettuale, prima del raggiungimento di una scelta formale idonea alla tipologia di prodotto che si vuole mettere in atto, ha preso in considerazione una forma geometrica semplice, riconducibile a un cilindro, ed è stata modificata per soddisfare le funzioni individuate precedentemente. Seppur non internamente progettata, l'ipotesi comprendeva l'ideazione di un robot educativo esploratore dalla forma simil-cilindrica raccordata in corrispondenza degli spigoli. Le parti principali da cui era composta erano: due ruote rivestite in silicone, in modo tale che il robot fosse capace di muoversi su suoli irregolari; una videocamera per aiutare il bambino ad esplorare l'ambiente dal punto di vista del dispositivo; uno schermo a matrice LED capace di restituire feedback immediati, anche espressivi, al piccolo utente.

La resa estetica, però, per quanto aderisse al concetto di robot mobile per l'esplorazione, si allontanava di molto dall'immaginario infantile, ove i robot si sono sempre distinti per le loro forme più sinuose e che rimandano quasi a dei personaggi animati, richiamando la tenerezza di chi li guarda. È stato dunque necessario mantenere alcune caratteristiche di questo concept (la forma cilindrica di base, il meccanismo del movimento, la presenza della videocamera come occhio del robot, lo schermo a matrice di LED, il concetto di espressività) per perfezionarle ulteriormente e in modo più consapevole.

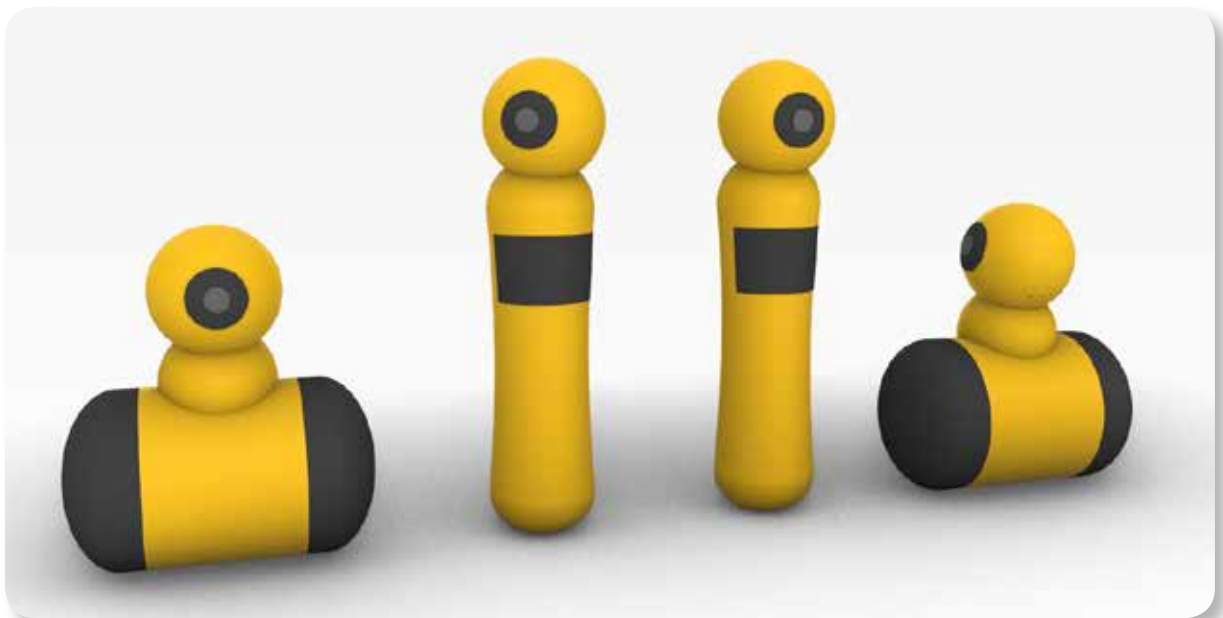


Ipotesi di posizionamento dei componenti principali ed esempio di espressività trasmessa dal robot tramite lo schermo a matrice LED



Vista frontale, laterale e superiore del concept

Il concept finale si è discostato da quella che era l'idea precedente di progetto. Mantenendo la forma cilindrica, quest'ultima è stata arricchita di ulteriori dettagli, in relazione agli intenti progettuali. Il cambiamento notevole inserito, riguarda una testa in grado di compiere semplici movimenti, che fungeva da modulo fisso rispetto a due differenti supporti: uno con ruote, l'altro con manico e display. Tuttavia, nonostante il manico permettesse un'ottima ergonomia rispetto alla presa del piccolo utente e le ruote gli permettessero di muoversi all'interno dell'ambiente, la presenza di 3 differenti pezzi e la mancata autonomia della testa se utilizzata singolarmente, creava vari deficit di interazione durante l'ipotetico utilizzo del bambino.



Ipotesi iniziale di modulo fisso del "capo" e supporto intercambiabile (ruote o manico con display)

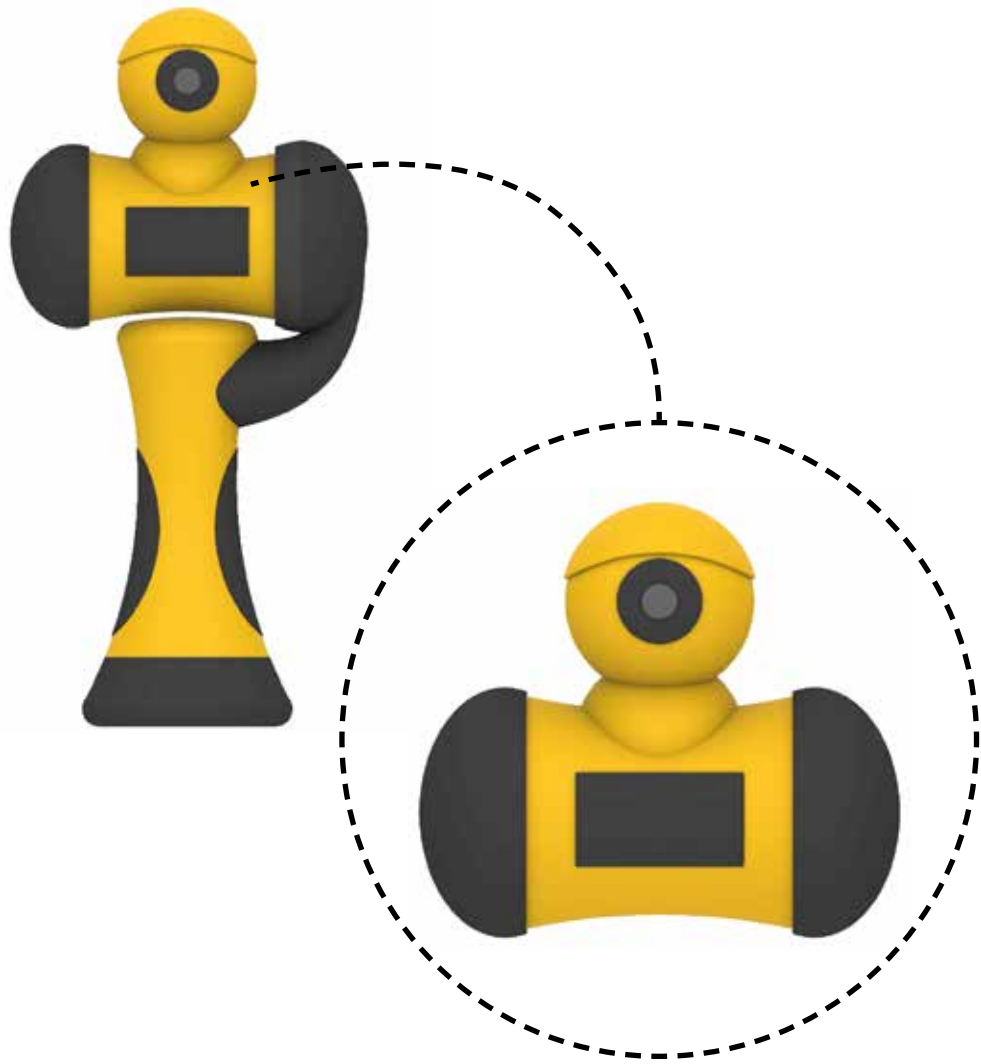
Da queste considerazioni è stata eliminata la possibilità di possedere 3 componenti separate per dotare in maniera intercambiabile il robot di ruote o manico, ma il modulo fisso comprendeva già di per sé un robot autonomo, con delle ruote e un display già integrati e non rimovibili. Il manico, in questa visione, costituiva una possibilità a discrezione dell'utente, di cui poteva anche fare a meno, ma che se agganciato al robot dotava il dispositivo della giusta ergonomia per essere impugnato. Inoltre, il manico non vincola totalmente i movimenti del robot, ma ne lascia liberi alcuni.

Le variazioni successive sono derivate da osservazioni puramente formali ed ergonomiche. Ne sono un esempio i cambiamenti effettuati per quanto riguarda il manico: da una forma meccanica e lontana dalle forme tondeggianti del robot, a una geometria a clessidra sinuosa in grado di sostenere il robot e permettergli di ruotare secondo l'asse orizzontale.



I ipotesi iniziale di manico con modulo fisso del robot dotato di ruote e display

I perfezionamenti finali hanno ripreso il posizionamento di alcuni elementi per aumentare o correggere delle funzionalità e interazioni del robot. Ad esempio, per ovviare agli urti che potevano danneggiare la finitura del display, quest'ultimo è stato integrato all'interno della struttura del robot, rendendo la scocca leggermente trasparente. Inoltre, sono stati inseriti ulteriori LED attorno alla videocamera del dispositivo per aumentare la sua espressività, insieme a una "palpebra" girevole, in grado di trasmettere lo stato d'animo di quest'ultimo. Il manico, sulla base di tutto ciò, funge da sostegno, ma anche fonte di ricarica.



Ipotesi iniziale di robot e manico con modulo standard del robot dotato di ruote e display



Modello finale del dispositivo - robot

5.2 Analisi d'interazione

Ora analizziamo nel dettaglio il rapporto di interazione tra utente e prodotto, partendo dalla stesura delle funzioni che il progetto deve compiere:

<i>ID</i>	<i>Funzioni</i>
1	Accendersi e spegnersi
2	Ricaricarsi
3	Visualizzare messaggi per l'utente
4	Muoversi (capo e ruote)
5	Avere espressività
6	Monitorare l'ambiente (IQA, Temperatura)
7	Restituire feedback luminosi
8	Restituire feedback sonori
9	Restituire feedback motori
10	Muoversi su piani irregolari
11	Visione in diretta dello spazio
12	Connettersi ad altri dispositivi (IoT)
13	Essere trasportabile

■ Accensione/spegnimento

Il dispositivo dovrà essere acceso e spento tramite il dispositivo (smartphone o tablet) che si collegherà tramite bluetooth al robot stesso. Sia in caso di accensione che di spegnimento, verranno restituiti dei feedback luminosi, sonori e motori per far comprendere all'utente lo stato di attivazione/disattivazione del robot.

■ Ricarica

Per ricaricare il dispositivo è necessario riporlo sulla propria base di ricarica a induzione (che è rappresentata dal manico stesso) o collegarlo direttamente, tramite cavo USB, a una fonte di corrente. Lo schermo restituirà lo stato di ricarica del robot attraverso un'accensione graduale del display dello stesso.

■ Movimento

Il robot ha la possibilità di muoversi tramite l'utilizzo di un'applicazione utilizzabile da smartphone o tablet, dove l'utente può gestire tutti i movimenti possibili e non solo.

■ Visualizzazione messaggi per utente

Ci sono due modi in cui il sistema può comunicare con l'utente: il primo è attraverso feedback luminosi, sonori e motori del robot; il secondo è tramite l'utilizzo dell'applicazione che indicherà ogni tipologia di messaggio più complesso. Inoltre, con l'utilizzo dell'app che permette all'utente di visualizzare i messaggi, il sistema svolge il suo ruolo principale, ossia quello di fornire indicazioni sull'ambiente e insegnamenti o consigli per rispettarlo.

■ Espressività

Il sistema deve essere in grado di esprimere il suo "stato d'animo" attraverso feedback sonori, luminosi o motori. Ad esempio, se è felice, il robot compie movimenti in tondo ad alta velocità, disegnando motivi specifici sullo schermo che possiede ed emettendo un suono che evidenzia la positività della sua azione o, viceversa, uno stato emotivo negativo. Un ulteriore elemento responsabile dell'espressività del robot è la calotta sferica posta sulla parte superiore del capo del dispositivo. Tale componente, ruotando di un determinato angolo, conferiscono espressività al robot, entrando in relazione con l'"occhio" focale della videocamera come se fosse una "palpebra".

■ Monitoraggio dell'ambiente

Il dispositivo, tramite segnale GPS, deve essere in grado di decifrare la posizione dell'utente e prelevare da una banca dati specifica le informazioni necessarie per fornirgli indicazioni qualitative dello stato di salubrità del luogo in cui si trova. Questo tipo di interazione è permessa tramite l'utilizzo dell'app, ove l'utente seleziona la modalità di "Esplorazione ambiente"; nel caso in cui il luogo in cui si trova dovesse essere particolarmente inquinato, il robot restituirà un messaggio di feedback all'utente e il suo schermo, ad esempio, si colorerà di rosso; viceversa, se l'utente dovesse trovarsi in un luogo particolarmente salubre, il robot restituirà un messaggio positivo, ad esempio colorando il suo schermo di verde.

■ Visione in diretta dello spazio

Questa costituisce un'ulteriore modalità di "gioco" del dispositivo. Il robot, difatti, essendo dotato anche di una videocamera dalle piccole dimensioni, permette all'utente di osservare l'ambiente dal suo stesso punto di vista. Questo conferisce innumerevoli funzioni, come occasioni per immortalare l'ambiente da un differente punto di vista o anche delle plug-in legate alla realtà aumentata. Come nel caso delle modalità precedenti, l'osservazione "Live" è fruibile dal dispositivo che accompagna l'utente e che è collegato tramite bluetooth al robot.

■ Trasportabilità

Il robot può interagire con l'utente e con lo spazio in due differenti modi: muovendosi all'interno dell'ambiente, telecomandato dall'utente, oppure trasportato dallo stesso.

Quest'ultimo tipo di interazione è possibile grazie a un manico che si incastra tramite cappuccio siliconato a una ruota del dispositivo. L'aggancio al manico permette al robot comunque di muoversi, secondo un asse orizzontale passante per il centro delle ruote, in avanti e indietro.

5.3 Riepilogo idea progettuale

■ 5.3.1 Concept definitivo

Il concept progettuale elaborato in questa fase, è frutto della volontà di ideare un dispositivo in grado di educare i piccoli utenti alla sostenibilità ambientale, al fine di rispettare e conoscere l'ambiente che li circonda. L'educazione ambientale può essere insegnata con metodi anche non esclusivamente teorici, ma derivare da esperienze pratiche, che mettono direttamente in relazione i bambini con l'ambiente. Questo scopo è raggiungibile grazie a un mezzo che faccia da filtro o da lente di ingrandimento tra l'utente e il luogo in cui si trova. Ci sono molti aspetti da osservare, analizzare e comprendere, ma il dispositivo che va ad essere mostrato di seguito, tenta di porre delle basi per rispondere a questi requisiti e ad altre funzioni, avvalendosi di precisi dispositivi:

ID	Funzioni
1	Accendersi e spegnersi
2	Ricaricarsi
3	Visualizzare messaggi per l'utente
4	Muoversi (capo e ruote)
5	Avere espressività
6	Monitorare l'ambiente (IQA, Temperatura)
7	Restituire feedback luminosi
8	Restituire feedback sonori
9	Restituire feedback motori
10	Muoversi su piani irregolari
11	Visione in diretta dello spazio
12	Connettersi ad altri dispositivi (IoT)
13	Essere trasportabile

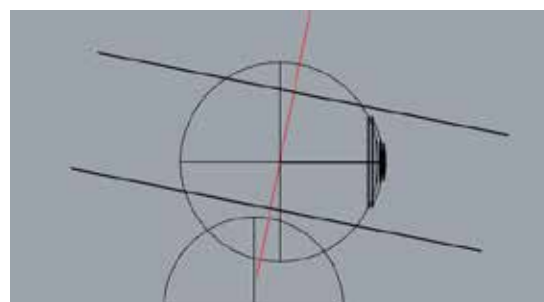
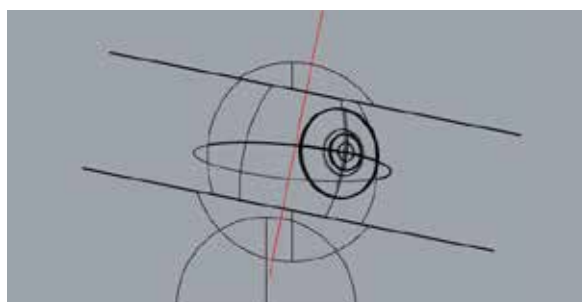


ID	Dispositivi
1	Microprocessore
2	IMU (Giroscopio, Accelerometro, Bussola)
3	Sensore encoder
4	Modulo bluetooth
5	Bobina di ricarica induttiva / porta USB
6	Display (matrix LED)
7	Batteria
8	Sensore di prossimità
9	Gear motors
10	Driver (gear motors)
11	LED RGB
12	Videocamera
13	GPS (Global Position System)
14	Microfono
15	Altoparlante



Struttura generale

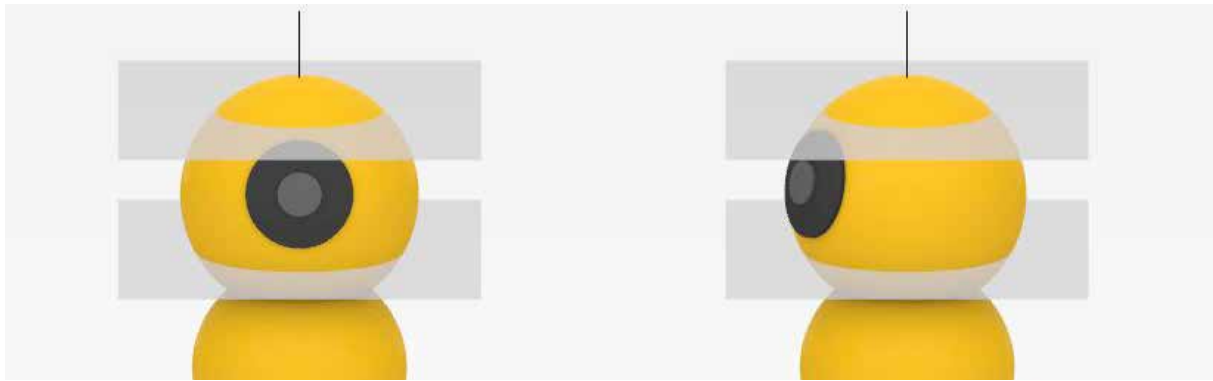
L'idea progettuale comprende la realizzazione di un modulo costante del robot, dotato di capo con videocamera, ruote e schermo LCD. Le ruote permettono al robot di muoversi liberamente nell'ambiente, sfruttando la struttura interna tipica di un "segway", grazie alla quale la parte centrale riesce a rimanere in posizione diritta durante il movimento delle due ruote laterali. Inoltre, quest'ultime sono dotate di pneumatici in silicone intercambiabili che fungono da protezione per il contatto con il suolo irregolare.



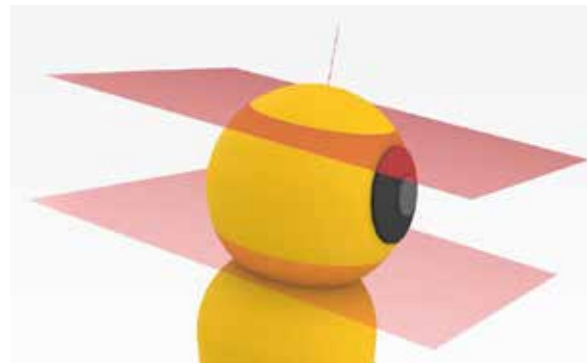
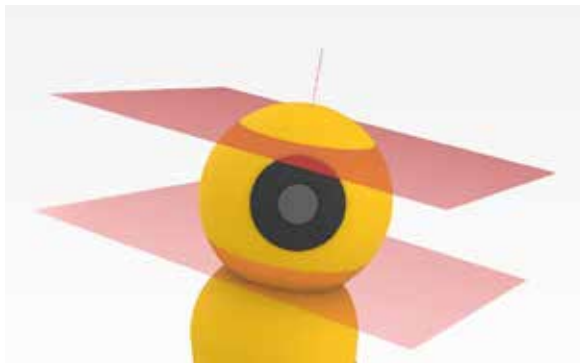
Vista "wireframe" laterale dei piani e dell'asse di rotazione della "testa" - esempio con rotazione di 60°

Movimento del capo

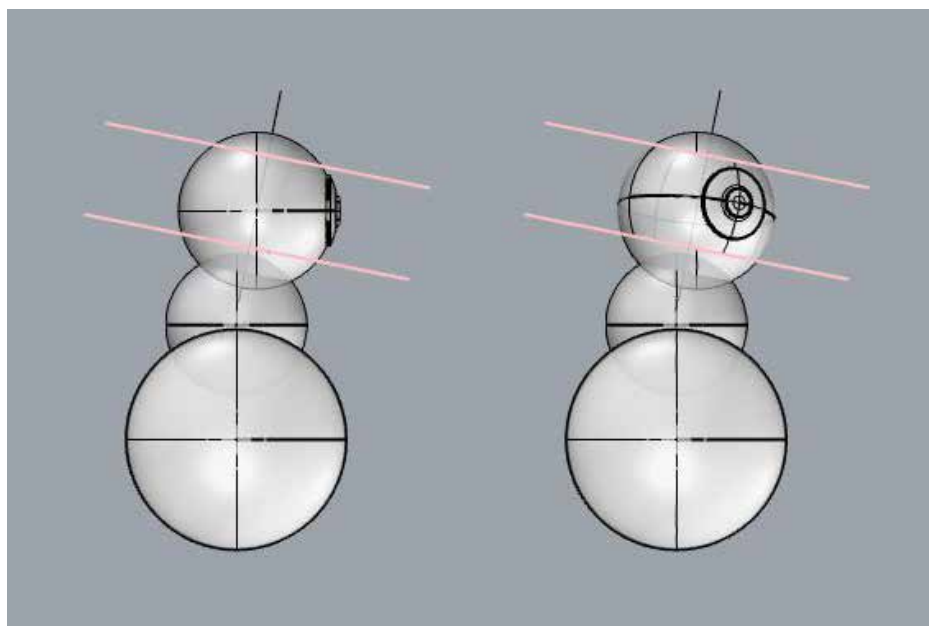
Il movimento del capo di cui è dotato il robot è gestito in base a due piani inclinati di 11,3°. Da come è possibile osservare nell'immagine sopra, la sezione compresa tra i due piani inclinati (di colore rosso), indica la parte del capo abilitata alla rotazione. Inoltre, è visibile anche l'asse di rotazione del capo, perpendicolare ai due piani e ugualmente inclinato (11,3°). Tali elementi geometrici definiscono il movimento rotazionale della testa del robot, senza necessità di ulteriori giunti.



Vista "rendered" frontale dei piani e dell'asse di rotazione della "testa" - esempio con rotazione di 60°



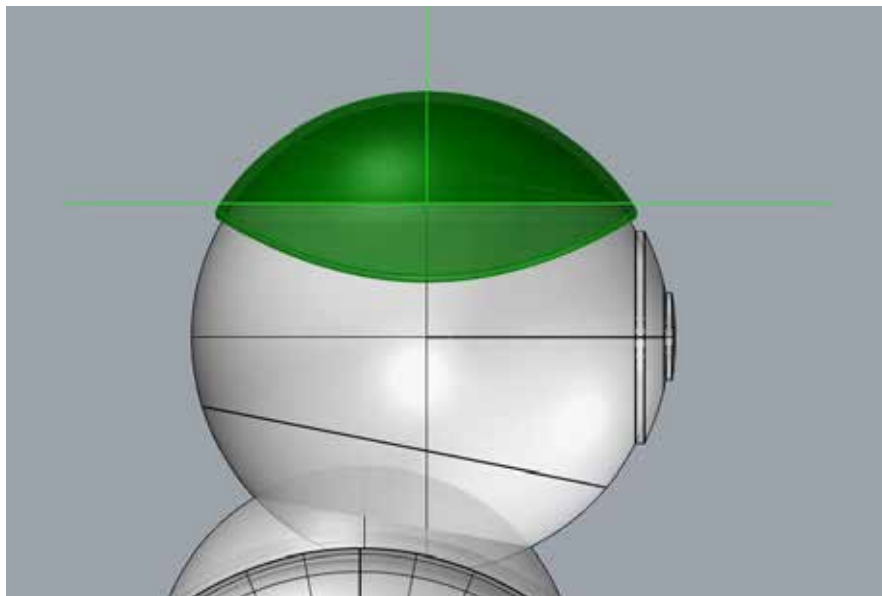
Vista "rendered" prospettica dei piani e dell'asse di rotazione della "testa" - esempio con rotazione di 60°



Esempio di rotazione del capo a 60° su entrambe le basi di supporto - vista "shaded"

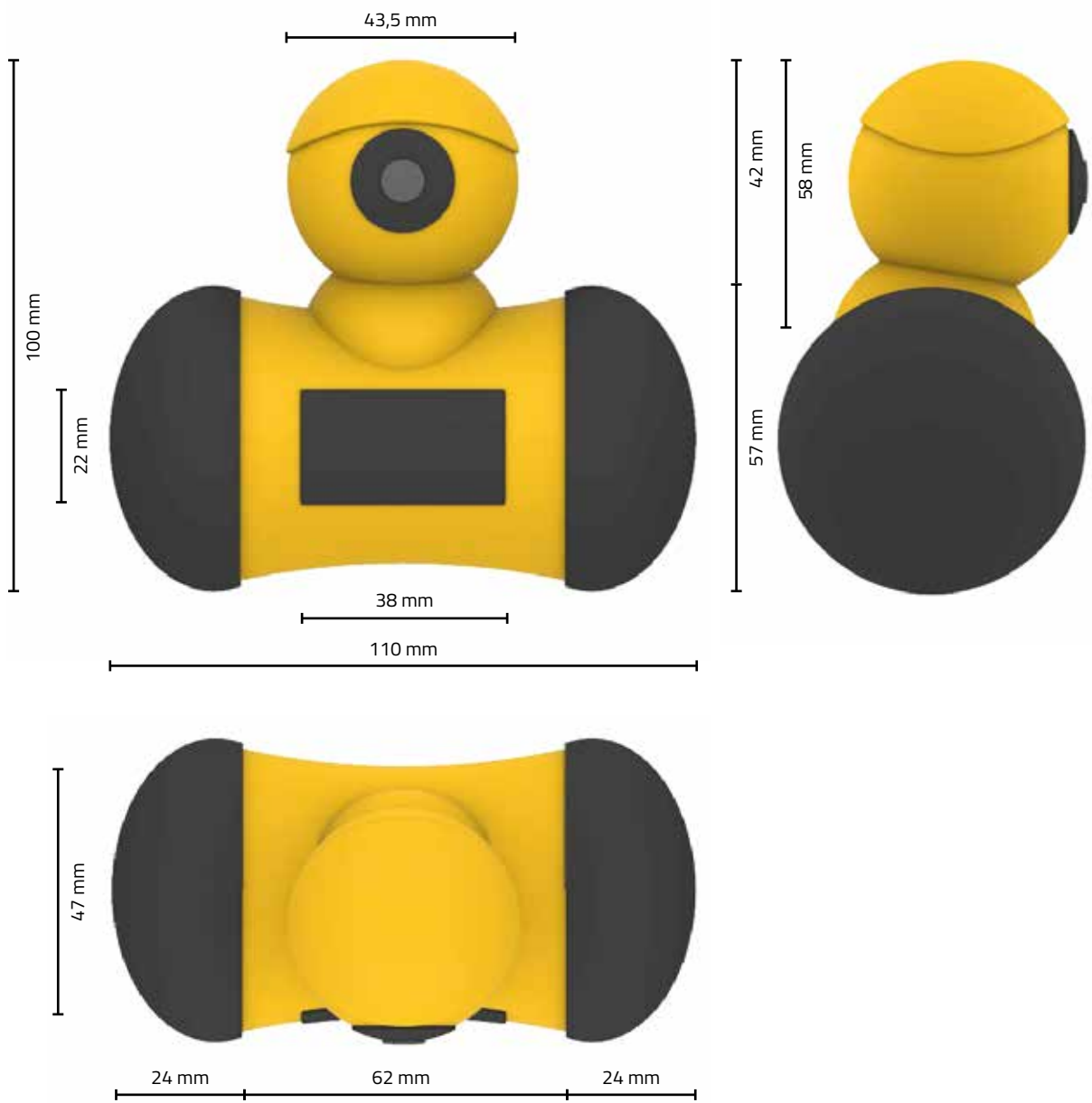
Espressività

Nonostante questa prima parte di ipotesi strutturale del concept, è risultato necessario implementare un ulteriore elemento sulla testa del robot, che potesse assumere il ruolo di forma con cui dare espressività al dispositivo. Si tratta di una calotta sferica, simile a una "palpebra", legata alla sezione superiore della sfera del capo, con una curvatura convessa di raggio pari a 31 mm lateralmente, mentre frontalmente e sul retro risulta esserci una curvatura concava di 40 mm di raggio. Tale elemento ruotando di differenti gradi, conferisce al robot delle espressioni emotive, entrando in relazione con l' "occhio" focale della videocamera. Ad esempio, a una rotazione di 0° e 180° (anche multipli) il robot assumerà un'espressione calma e serena; ruotando invece di 90° e multipli, lo stato emotivo sembrerà "arrabbiato"; procedendo con una rotazione di $60^\circ/30^\circ/25^\circ$, il robot mostrerà un'espressione più o meno dubbiosa o curiosa. Tali rotazioni, avvengono secondo un asse verticale e la sezione sferica che vi si collega non sarà ottenuta da un piano inclinato di $11,3^\circ$, ma perfettamente orizzontale.



In verde scuro: guscio superiore per il conferimento dell'espressività al robot;

in verde chiaro: piano di taglio della sfera del capo e asse di rotazione del guscio unito alla sezione della sfera.



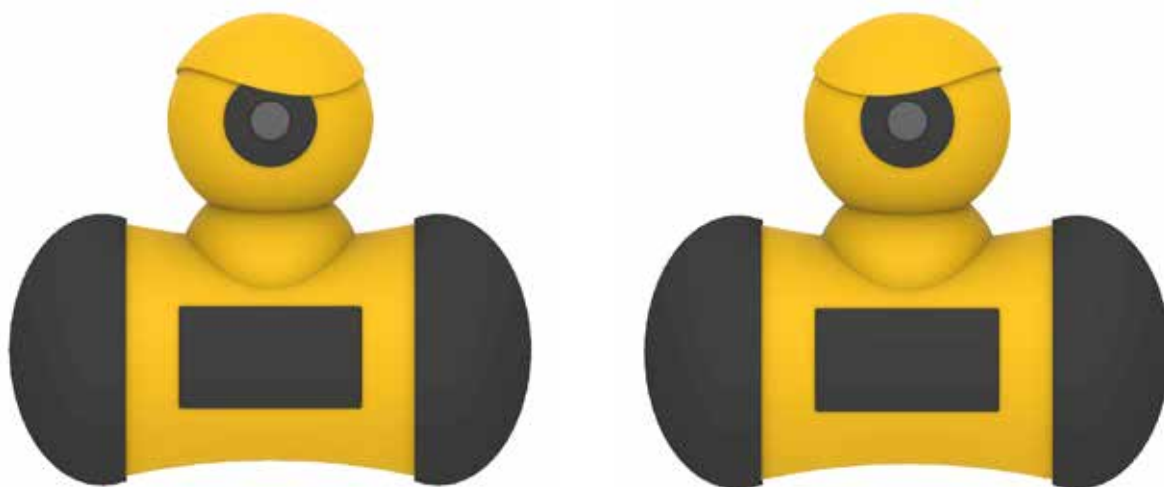
Viste ortogonali del robot



Espressione calma e tranquilla



Espressione arrabbiata

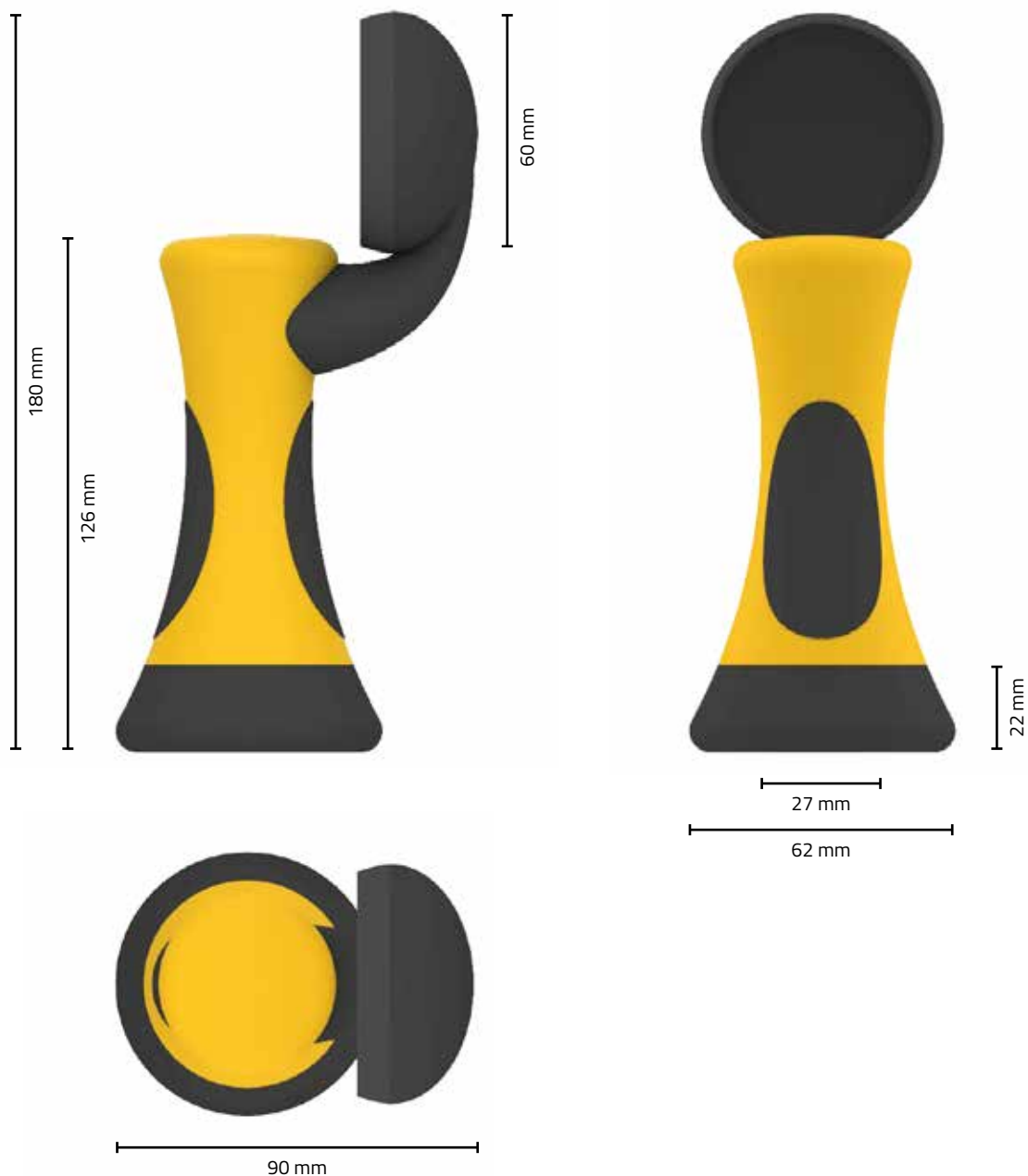


Espressione dubbiosa

■ 5.3.2 Analisi ergonomica

Implementazione manico

Nelle varie opzioni elaborate per questa tipologia di concept, è stata esclusa la possibilità di rendere il capo del robot intercambiabile per poterlo assemblare o a un manico impugnabile dall'utente o a due ruote per conferirgli mobilità. Il robot è stato sottratto di elementi aggiuntivi che implementassero le sue capacità di funzionamento e senza le quali non sarebbe stato completo, ed è stato progettato in un unico pezzo autonomo e funzionante. Tuttavia, la forma del robot non lo rende facilmente impugnabile e, per questa ragione, è stato ideato il manico da agganciare al robot per renderlo facilmente trasportabile in mano. La presenza di questo componente nel "kit" non ne implica un necessario utilizzo, dato che il robot di per sé è funzionante e può anche non essere dotato di manico. Dunque, quest'ultimo non è vincolante, ma migliora solo l'agevolezza nella trasportabilità del robot e ne mantiene le possibilità di movimento, conferendogli un comportamento da "osservatore ambientale" richiesto nel progetto.



Per quanto concerne le misure prese in considerazione per la progettazione del manico, come primo riferimento sono state analizzate le misure tipiche di una lente di ingrandimento. Generalmente, una di medie/grandi dimensioni può misurare dai 147 mm ai 250 mm di altezza e può disporre di una lente che va da 50 mm a 100 mm di diametro. Per l'impugnatura, invece, sono state analizzate le dimensioni di un classico controller della Nintendo Wii, studiato per essere impugnato da utenti di tutte le età e per compiere i movimenti più disparati. Il telecomando di controllo Wii misura infatti 36,2 mm di larghezza, 31,8 mm di profondità e 160 mm di altezza. Inoltre, tenendo conto che la circonferenza di una mano può andare dai 2,5 cm fino ai 15 cm per i bambini e dai 15 cm fino ai 28 cm circa per gli adulti, la struttura è stata progettata con una forma a clessidra per permettere una più agevole impugnatura. Ai lati del manico stesso, all'altezza dell'impugnatura, sono stati inseriti dei rivestimenti in silicone per evitare lo scivolamento del palmo della mano e delle dita.

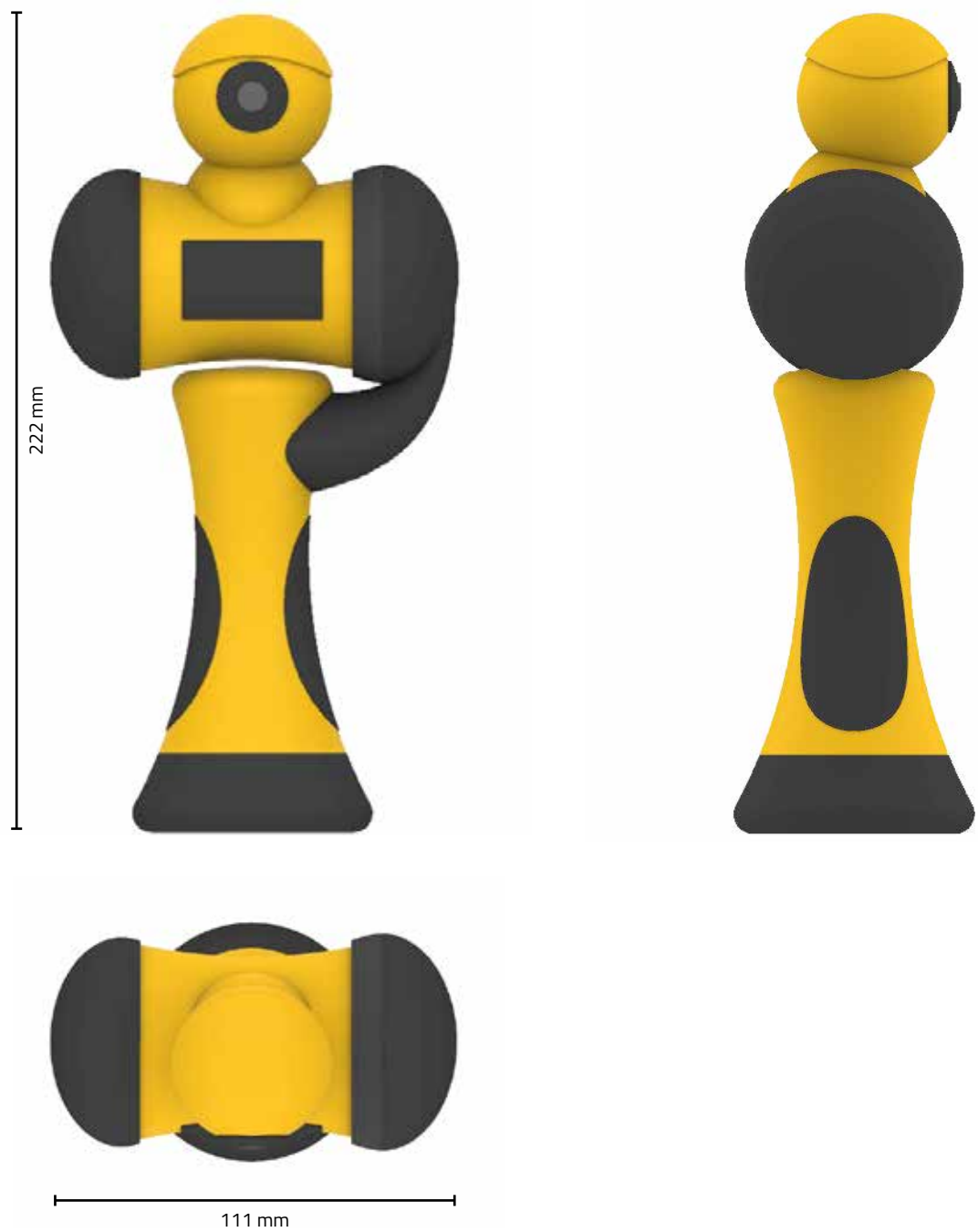
Alla base del manico, è stato inserito un notevole elemento in silicone che completa la struttura a clessidra, con all'interno un peso che funga da zavorra per eventuali cadute sia del solo manico, che dello stesso agganciato al robot.

L'aggancio del manico al robot è permesso tramite un incastro "a cupola" che accoglie al proprio interno una ruota e la stringe a sé grazie a un prolungamento del coperchio in silicone che, entrando in relazione con lo pneumatico dello stesso materiale, genera un attrito tale da impedirne la fuoriuscita durante l'attività. Al momento dell'inserimento verrà applicata una leggera forza, dovuta al fatto che il prolungamento della cupola con il silicone avrà una circonferenza che man mano si restringe per non permettere il passaggio del diametro massimo della ruota una volta inserita.



Vista prospettica dell'incastro del manico al robot

costituito da coperchio in materiale polimerico con estremità in silicone per una migliore adesione alla ruota



Viste ortogonali del robot dotato di manico



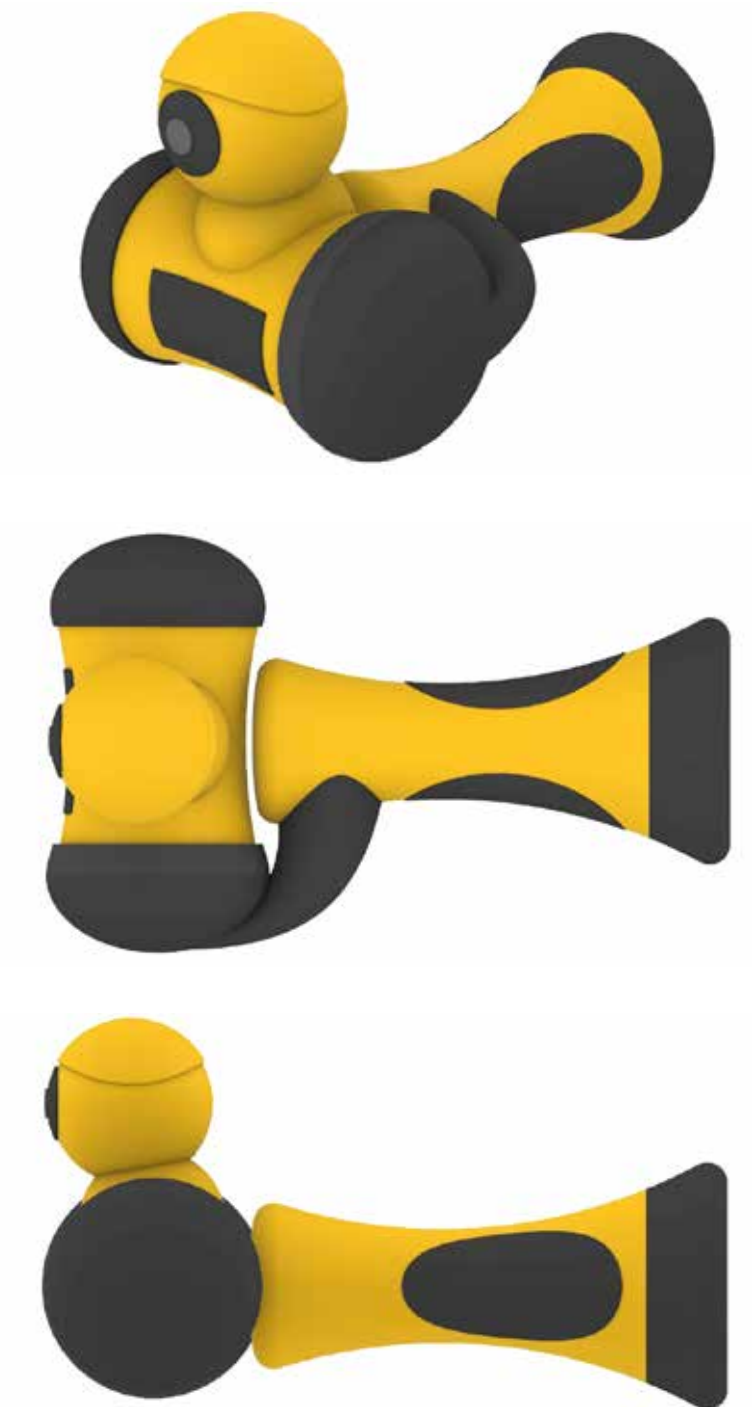
Esempio di rotazione (45°) secondo l'asse orizzontale passante per il centro delle ruote



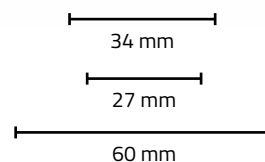
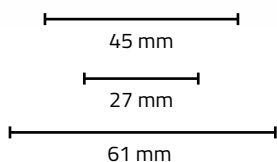
Esempi di impugnatura del manico

Tenendo con la mano in posizione verticale il manico, il robot ha la possibilità di ruotare in avanti e indietro, secondo un asse orizzontale che passa per il centro delle ruote e della cupola che accoglie la ruota sinistra per l'incastro.

L'esperienza di impugnatura, tuttavia, può essere variabile. Tale requisito è stato preso in considerazione dato che la posizione del polso mostrata nelle immagini della pagina precedente, per lungo tempo, potrebbe affaticare l'articolazione del bambino. Dunque, per eliminare questo problema, il robot può essere mantenuto dal manico tenendolo inclinato di 90°. Per questo specifico di utilizzo, il robot dovrà ruotare secondo il suo asse orizzontale indietro di 90°.



In ordine dall'alto, vista prospettica, vista dall'alto e laterale del robot dotato di manico con inclinazione a 90°



Variazioni progettuali e formali

Per creare una maggiore armonia nella forma "a clessidra" del manico, la larghezza della parte superiore è stata diminuita di circa 10 mm. Inoltre, è stata presa in considerazione la scelta di inserire lo schermo all'interno della struttura del robot, in modo tale da non metterlo a diretto contatto con l'ambiente esterno e gli urti. La scelta di uno schermo a matrice LED ha richiesto lo studio di un linguaggio apposito rappresentabile attraverso una griglia di LED pari a 16x9. Tale linguaggio prende in esame feedback visivi e grafici corrispondenti, ad esempio, a un "cuore" per esprimere all'utente piacere o entusiasmo, oppure un simbolo che richiami allo stato di ricarica della batteria. Un ulteriore esempio potrebbe essere quello di un "punto interrogativo" per i momenti di incomprensione o un "check mark" per feedback di conferma. Ovviamente, lo scopo di questa interazione display-utente ha l'obiettivo di far comprendere chiaramente al bambino le reazioni del robot rispetto agli eventi esterni, senza essere necessario l'utilizzo dello smartphone.

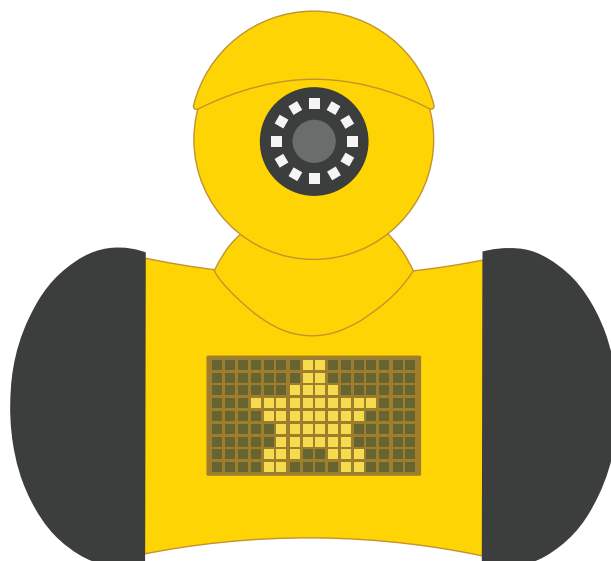
■ 5.3.3 Espressività



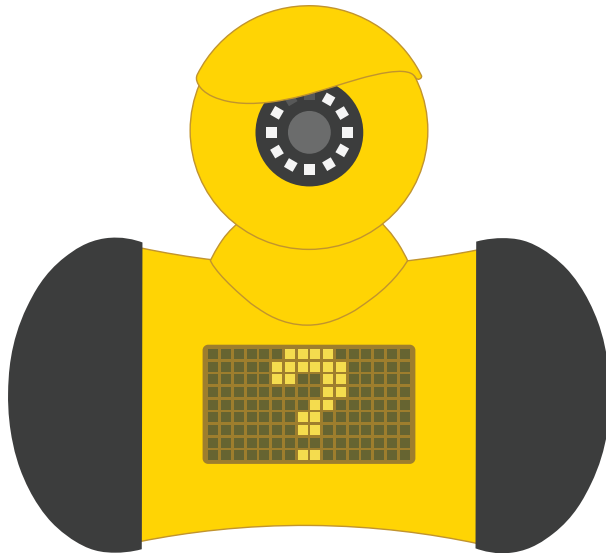
Inserimento di corona di LED attorno alla videocamera

Implementazione espressività

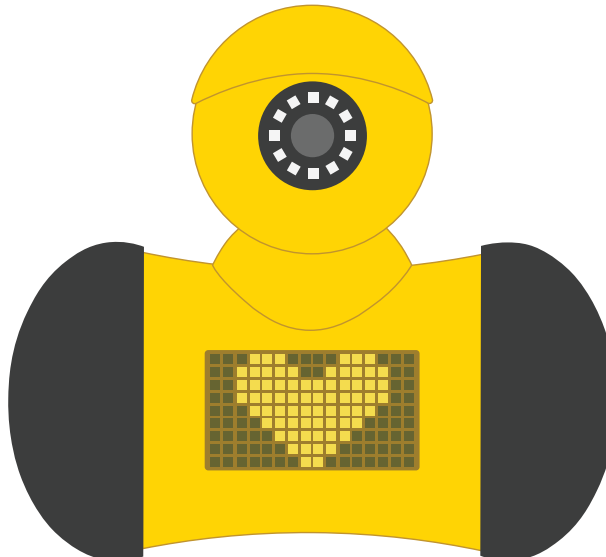
Con la finalità di aumentare le modalità di espressione del robot, prendendo ispirazione dal dispositivo Dash&Dot, sono stati inseriti dei LED attorno alla cornice nera che avvolge il foro di inserimento della videocamera. Il loro utilizzo potrebbe essere richiamato durante gli utilizzi in modalità notturna, oppure per far percepire il valore della velocità all'utente. Come ulteriore caso di attivazione, i LED potrebbero accompagnare gli stati emotivi del robot, ad esempio, andare al ritmo di una risata o di un suono gioioso o di rabbia.



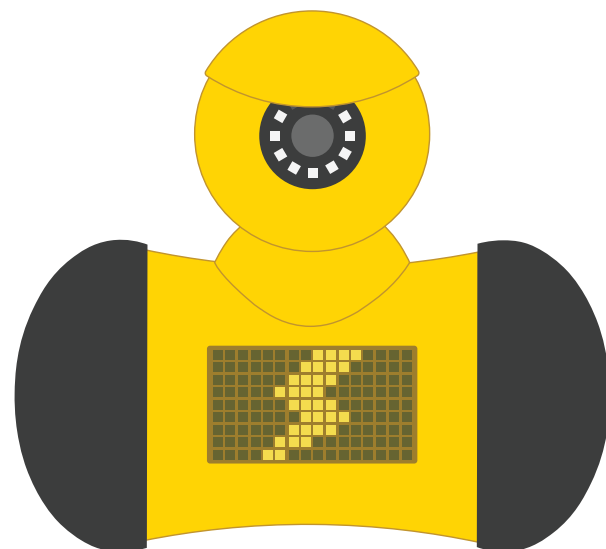
Approvazione



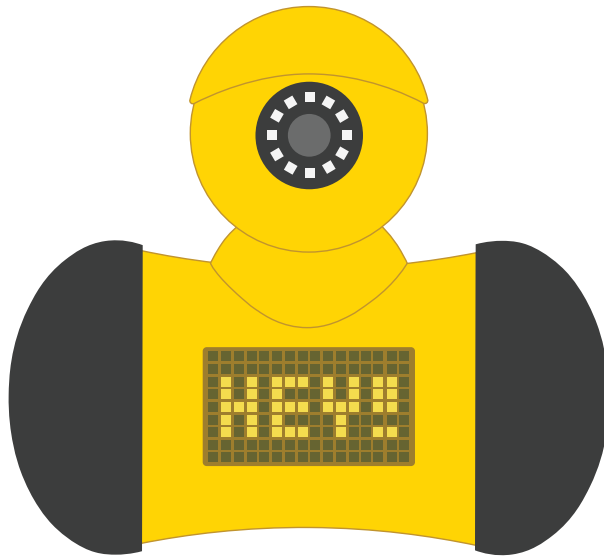
Dubbio/incertezza



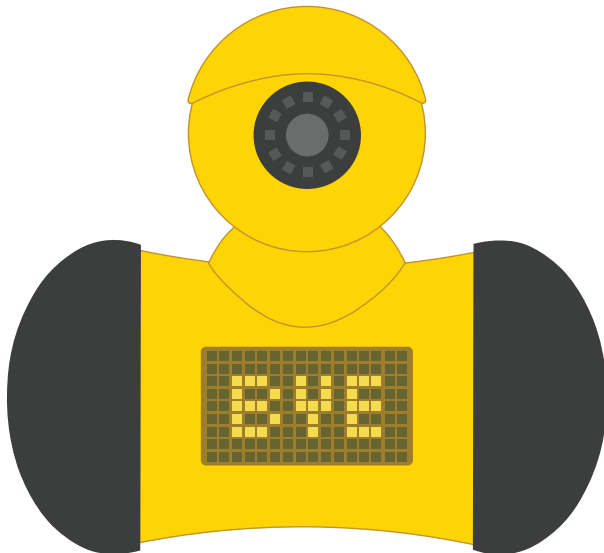
Piacere/entusiasmo



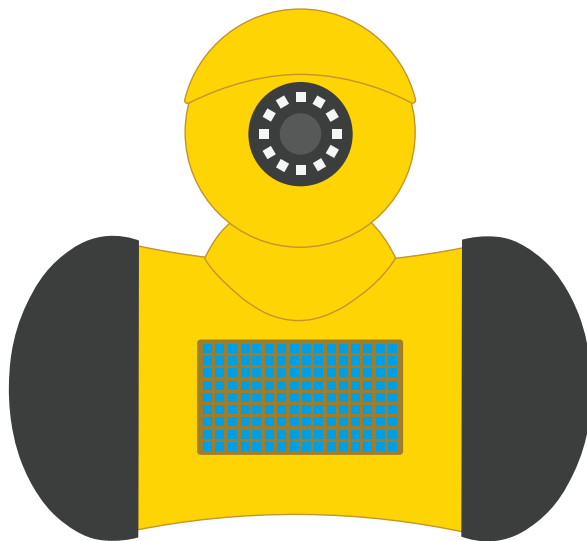
Rabbia



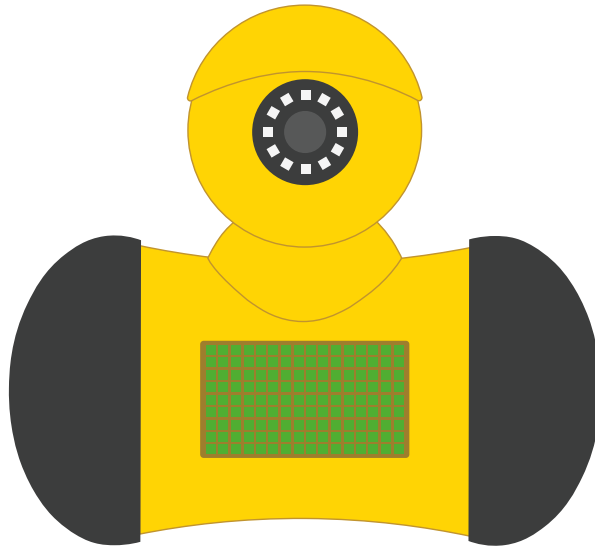
Saluto all'accensione



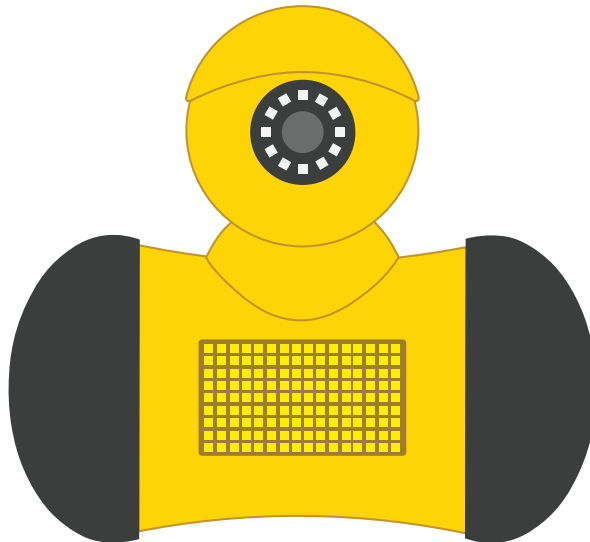
Saluto allo spegnimento



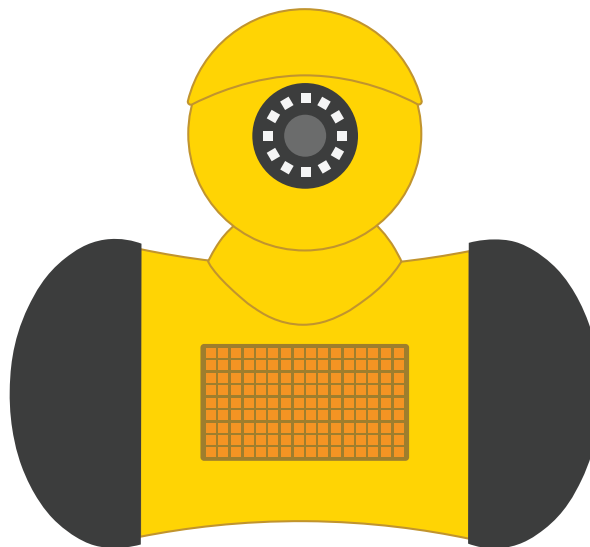
Stato qualità dell'aria: Ottimo



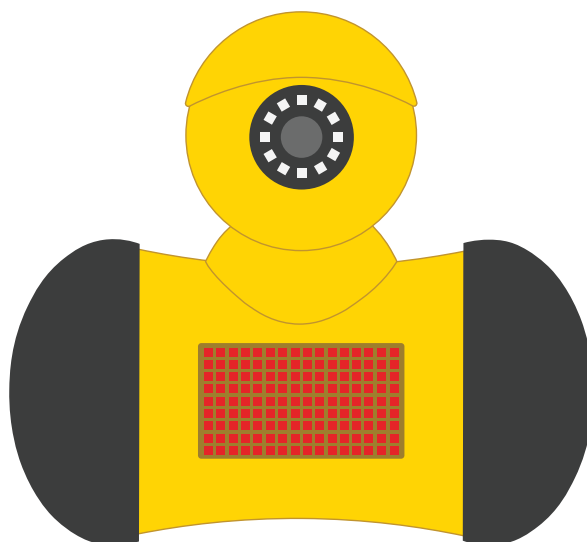
Stato qualità dell'aria: Buono



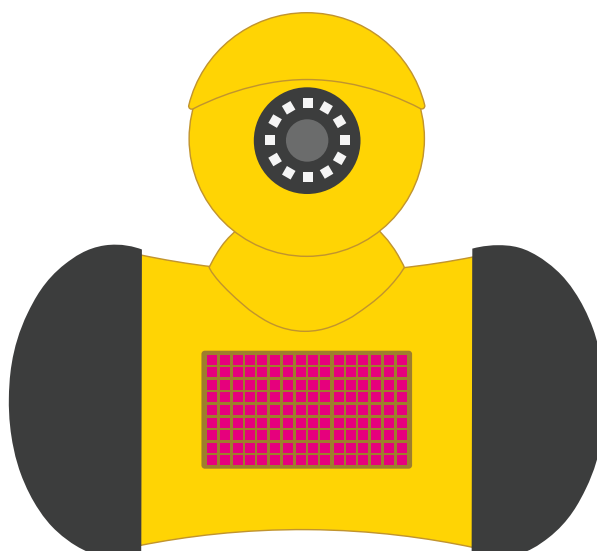
Stato qualità dell'aria: Accettabile



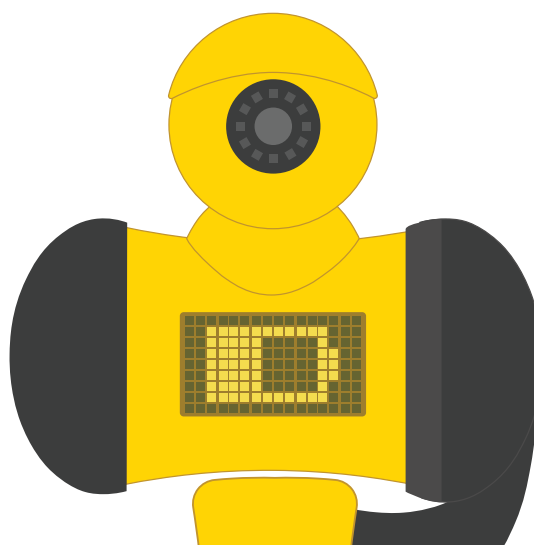
Stato qualità dell'aria: Mediocre



Stato qualità dell'aria: Scadente



Stato qualità dell'aria: Pessimo



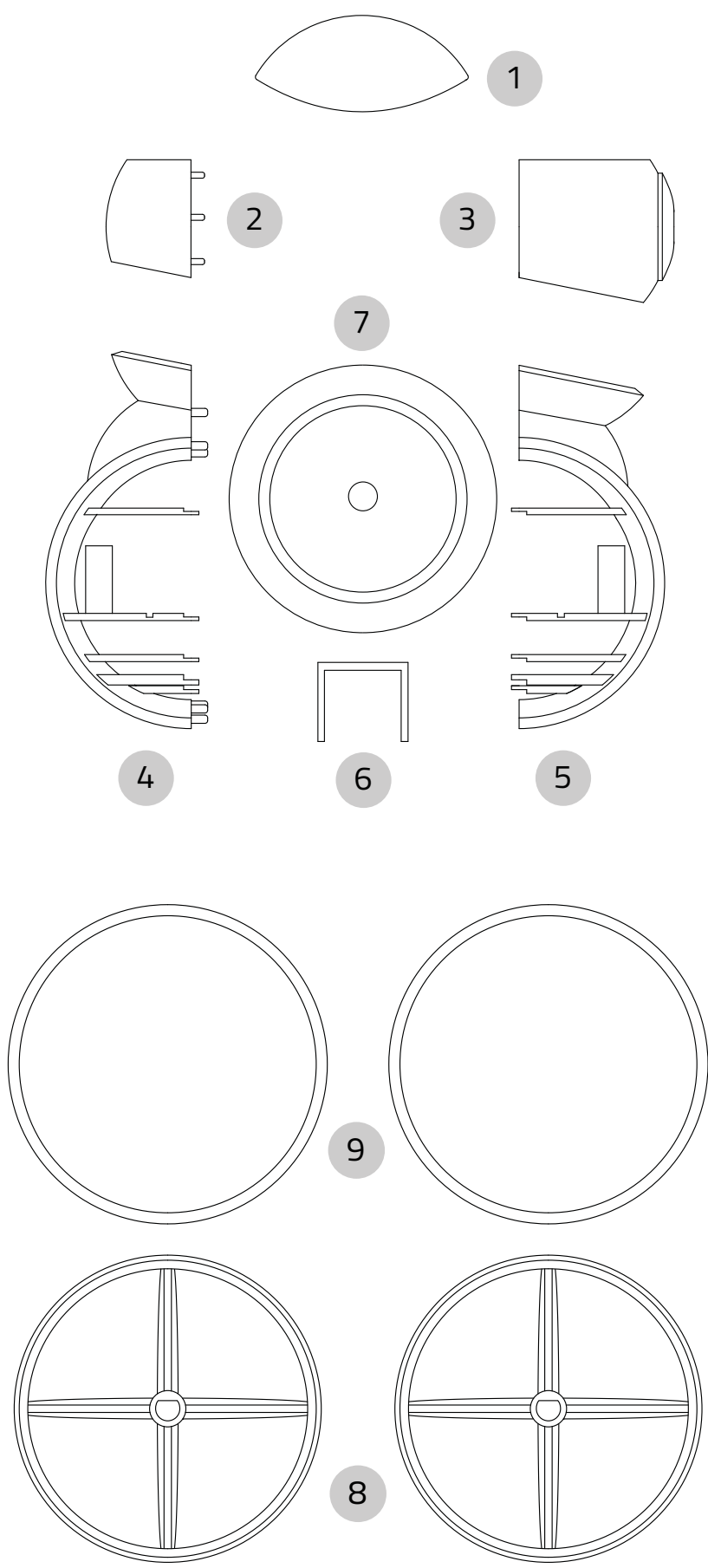
Stato di caricamento

■ 5.3.4 Ipotesi struttura interna

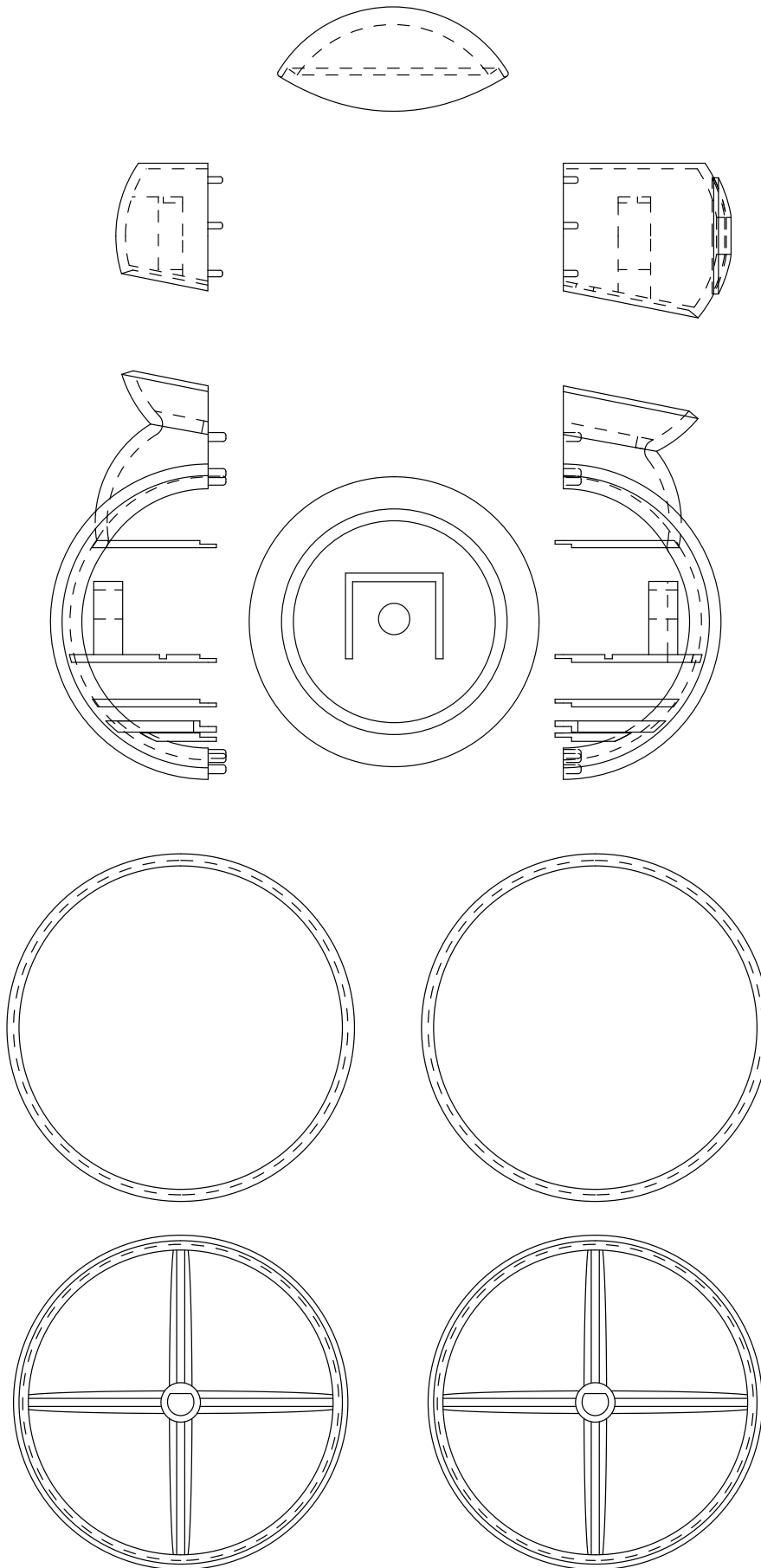
La fase di definizione della struttura ha rappresentato una fase necessaria per iniziare ad ipotizzare la modalità di montaggio del robot e, conseguentemente, l'inserimento delle componenti elettroniche. L'abaco degli elementi che costituiscono la scocca principale del robot sono:

- la **palpebra** (o calotta superiore), responsabile dell'espressività del dispositivo grazie alla rotazione che può compiere;
- la sezione anteriore e posteriore dell'**occhio**, ove è posizionata la videocamera, insieme alla sua PCB e al servomotore responsabile della rotazione della palpebra;
- la sezione anteriore e posteriore del **corpo centrale**, finalizzata a contenere le componenti elettroniche principali, dare sostegno al capo e a creare un collegamento con le ruote;
- l'elemento di **giunzione a U capovolta**, che fissa ulteriormente l'unione tramite incastri delle due sezioni del corpo e crea uno scompartimento specifico per alcune componenti elettroniche (sensori encoder e gearmotors);
- il **tappo laterale**, precisamente posizionato sul lato sinistro del robot, che permette un corretto posizionamento della bobina in rame, necessaria per il caricamento wireless;
- le **ruote** finalizzate al movimento del dispositivo;
- gli **pneumatici** in materiale siliconico, che hanno il compito di proteggere la superficie in polycarbonato delle ruote a contatto con il suolo;

1	palpebra rotante
2	sezione occhio posteriore
3	sezione occhio anteriore
4	sezione corpo anteriore
5	sezione corpo posteriore
6	giunzione a U capovolta
7	tappo laterale
8	ruote
9	pneumatici

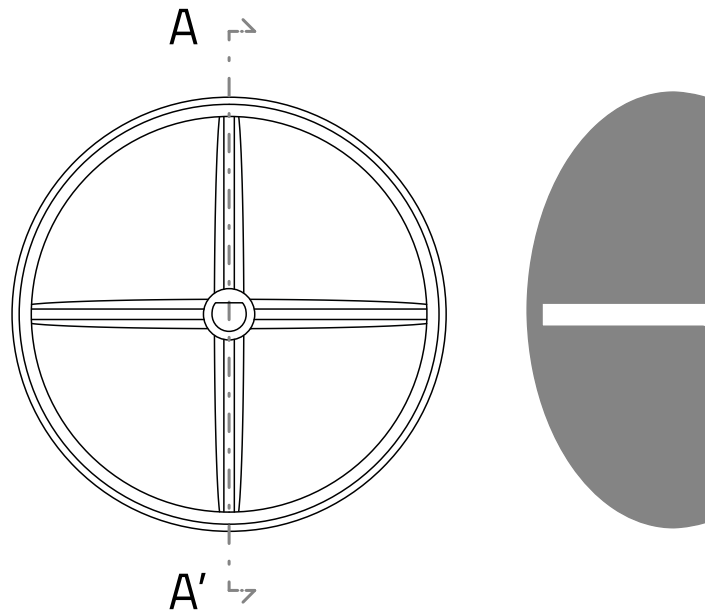


Pallinatura degli elementi principali della scocca

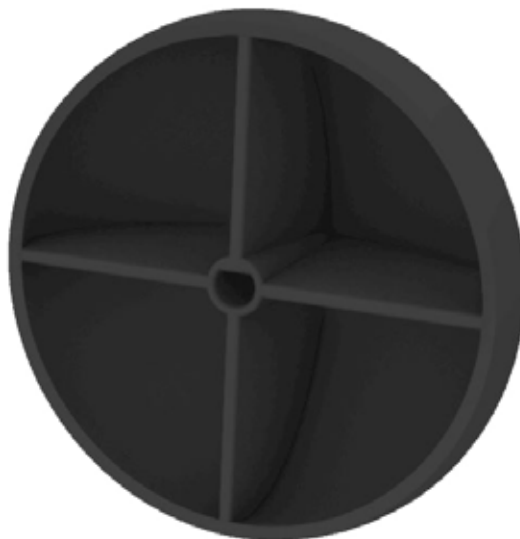


Rappresentazioni bidimensionali degli elementi principali della scocca

Un ulteriore incastro, ipotizzato in questa fase, è quello di inserimento dell'albero del motore all'interno della ruota. Il tipo di sezione dell'incastro non sarà circolare, come anche la sezione dell'albero, ma quasi a "mezza luna" per evitare la rotazione a vuoto del motore nella ruota impedendo il movimento di quest'ultima.



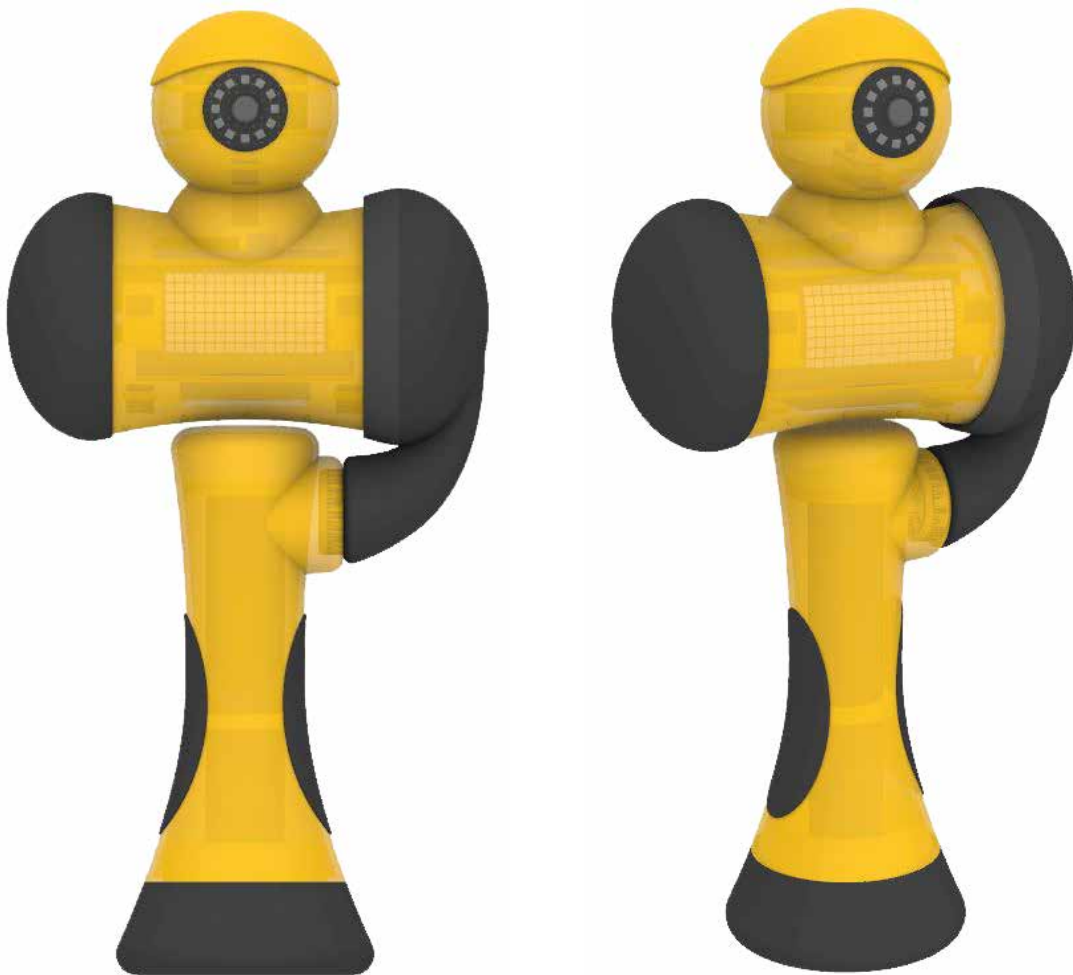
Prospetto della parte interna della ruota e sezione AA'



Vista prospettica e renderizzata della parte interna della ruota

Variazioni progettuali

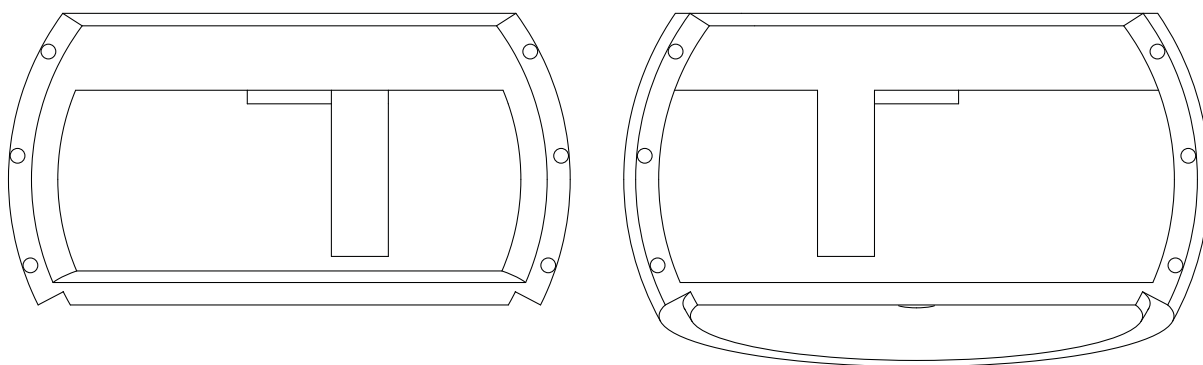
Durante il percorso di scelta delle componenti elettroniche più idonee al corretto funzionamento del dispositivo, è stato necessario gestire contemporaneamente l'interno della struttura del robot per poter definire, non solo le sue funzioni, ma soprattutto la disposizione di ciò che compone la parte hardware. I vari ragionamenti che ne sono scaturiti hanno richiesto diverse variazioni progettuali: l'inserimento di una corona di LED attorno al cosiddetto "occhio" del robot, per fornirgli una maggiore espressività; lo spostamento del display a matrice LED all'interno della struttura del robot, per un maggior riparo dagli urti, con conseguente variazione di materiale che va a comporre la scocca, optando per un policarbonato traslucido; infine, la modifica della morfologia del manico, per permetterne un montaggio più semplice e una migliore suddivisione delle parti che lo compongono, facilmente realizzabili tramite stampaggio a iniezione.



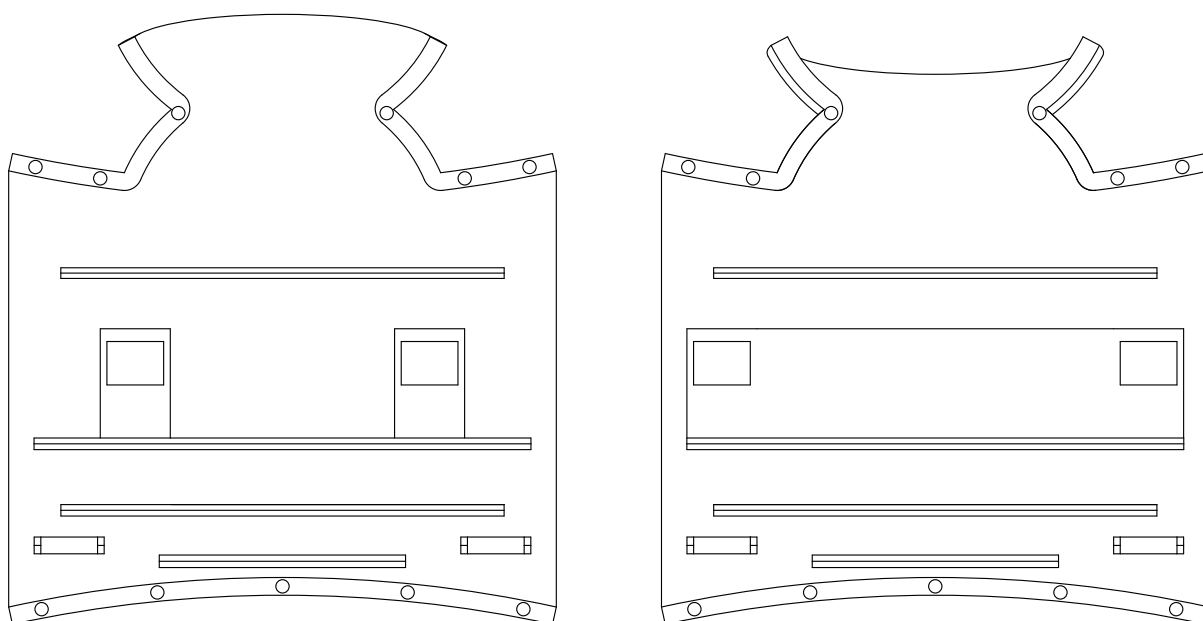
Resa renderizzata del robot con struttura in policarbonato con 36% di trasparenza

Struttura interna del robot

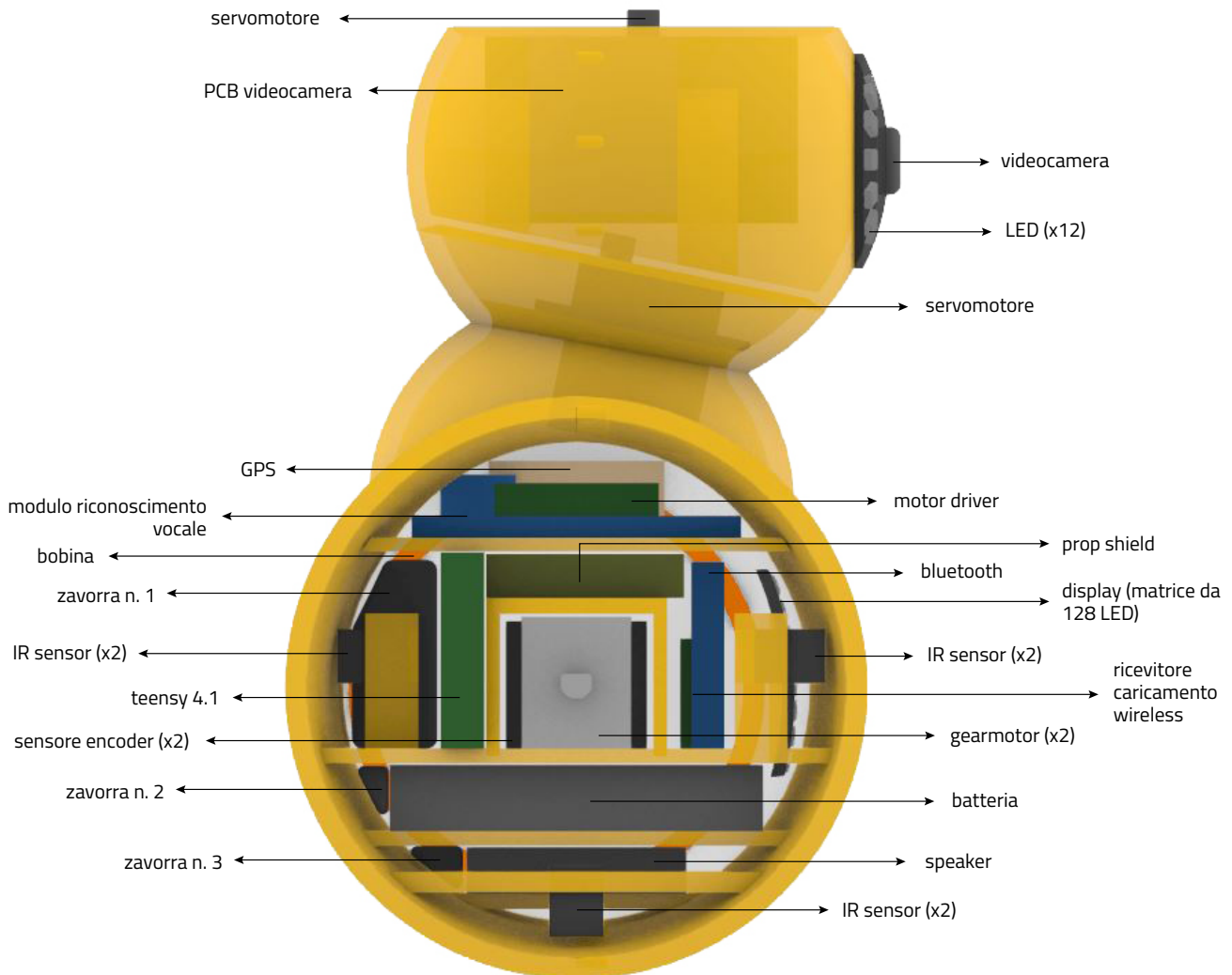
La scocca principale da cui è composto il robot, rispetto alla versione elaborata precedentemente, è stata divisa in due parti non in senso orizzontale, bensì verticale (da sinistra a destra). Le due parti ottenute si assemblano tra loro tramite un'unione "tenone e mortasa", in cui il tenone è rappresentato da un piolo sempre in polycarbonato, incorporato in una delle due sezioni. Internamente sono stati inseriti dei supporti che, con un'unione simile ad un incastro "a mezzo legno", vanno ad unirsi per permettere una più agevole disposizione delle componenti elettroniche e conseguente montaggio. Alcuni supporti, tuttavia non riportano questa caratteristica, ma sono stati progettati col fine di sostenere semplicemente il peso e mantenere la posizione di un determinato componente (esempio: sensore a infrarossi), seguendo anche dei binari prestabiliti. La parte centrale del capo del robot è stata suddivisa secondo lo stesso piano di sezione della scocca principale. I tenoni che si occupano dell'unione delle due parti, tuttavia, sono leggermente più piccoli rispetto a quelli del corpo (da 1,5 mm di spessore a 1 mm) e internamente presentano due supporti (uno per ciascuna parte) senza ulteriori suddivisioni o incastrati.



Disegno bidimensionale dell'interno dei due pezzi che compongono la parte centrale del capo del robot



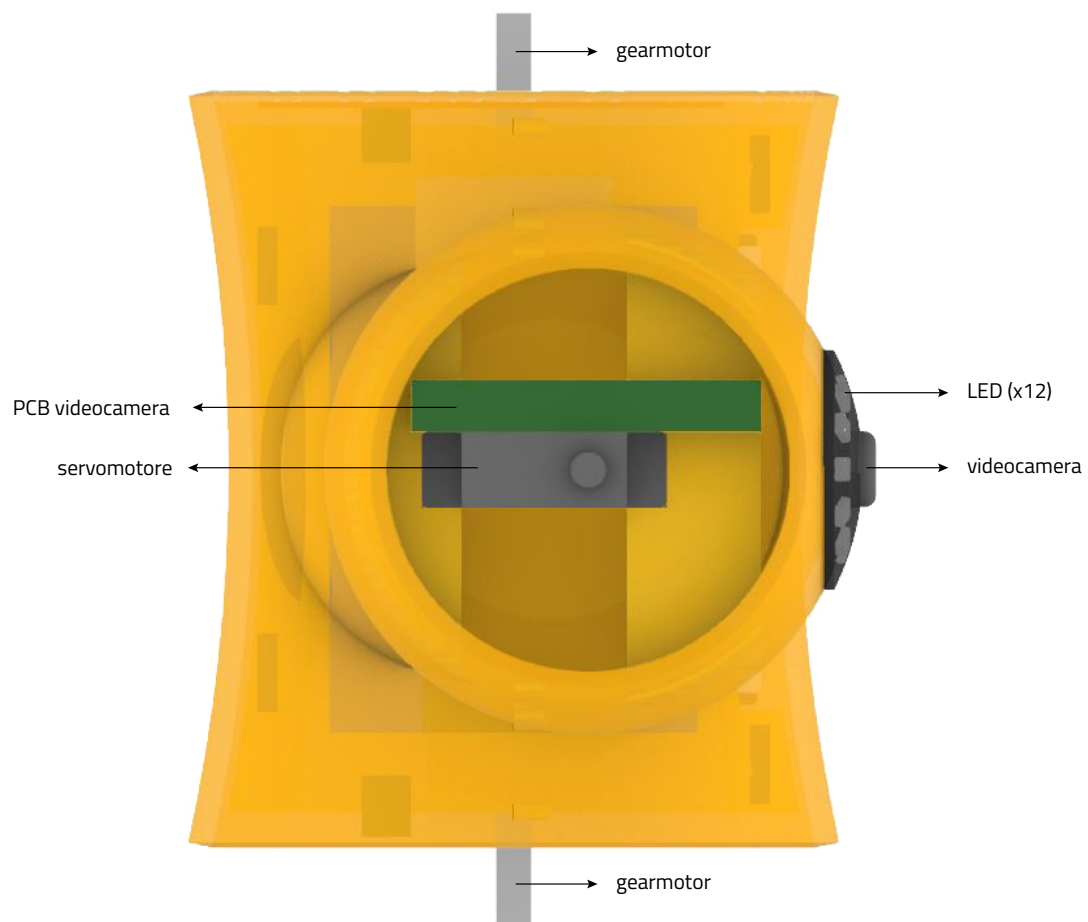
Disegno bidimensionale dell'interno dei due pezzi che compongono la scocca principale del robot



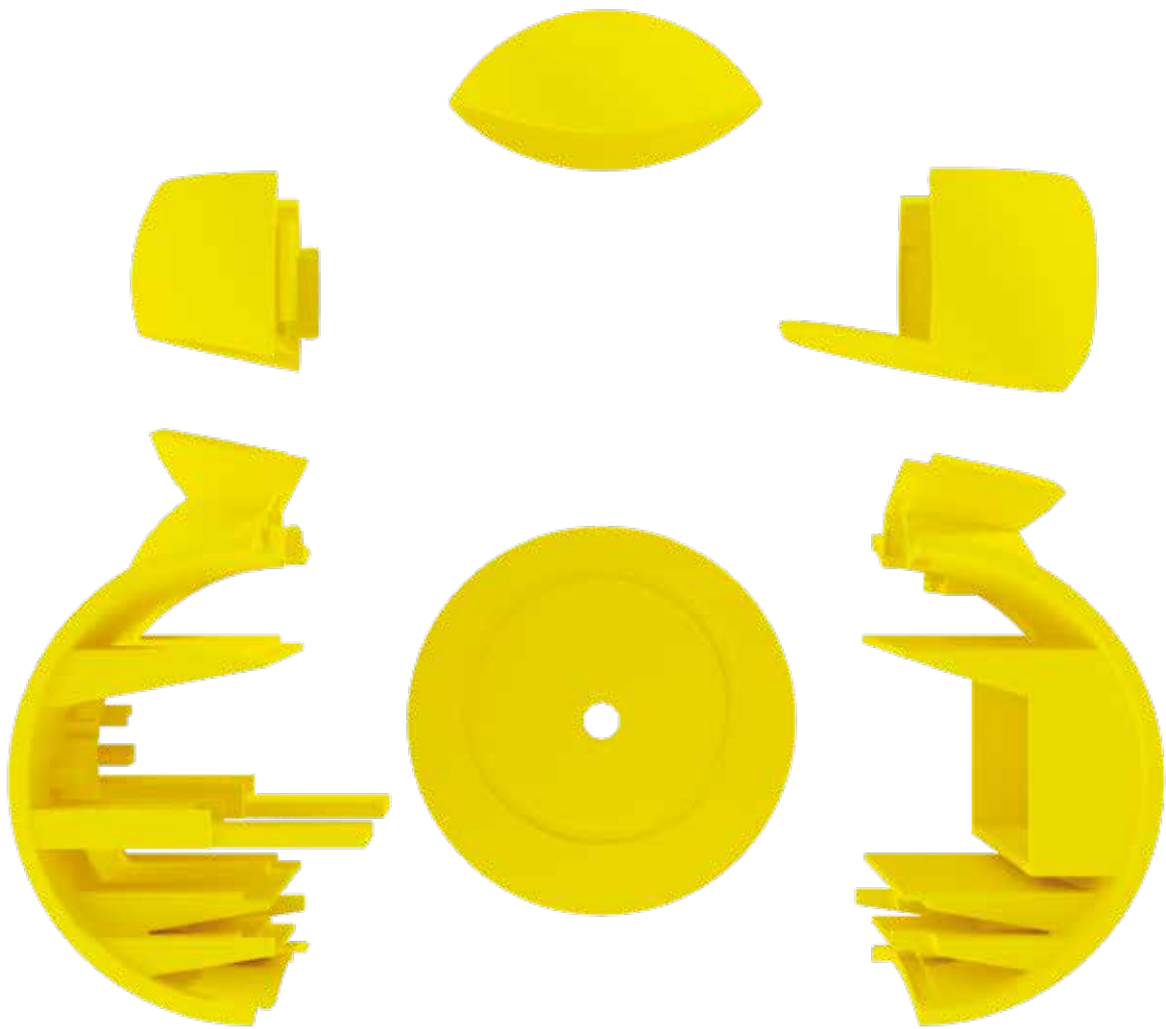
Vista laterale renderizzata della disposizione delle componenti elettroniche in relazione ai supporti interni

Introduzione n. 3 zavorre

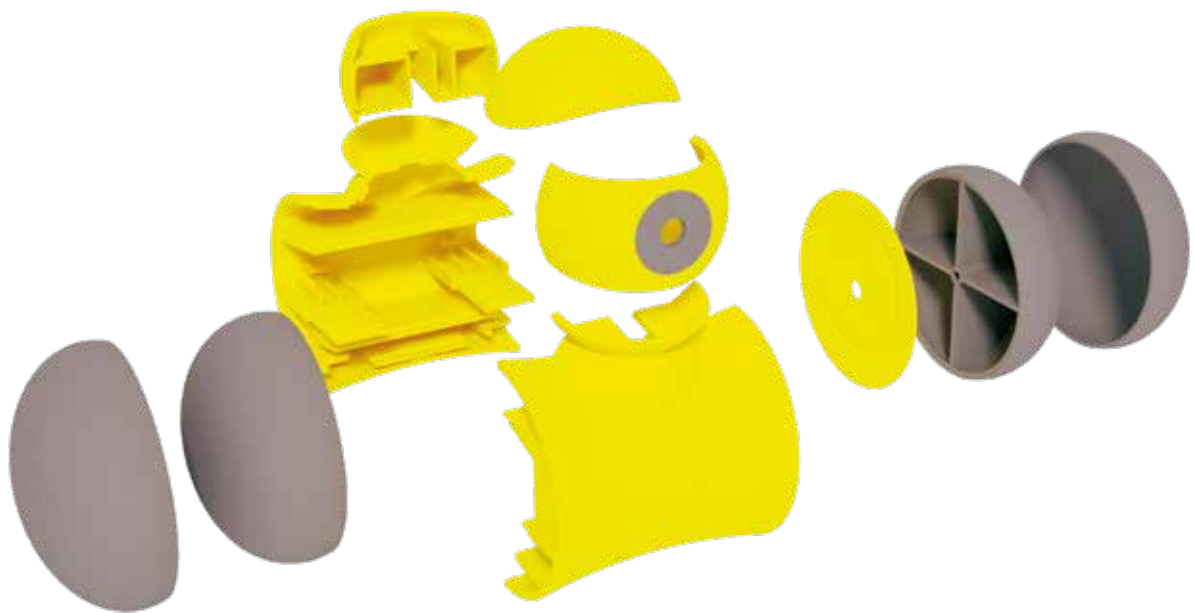
Per il bilanciamento della parte centrale del corpo del robot, è stato necessario aumentare il peso posto sulla parte posteriore di quest'ultimo. La disposizione di ulteriori zavorre è avvenuta prendendo in considerazione la sezione in basso a destra della vista visibile nell'immagine superiore. In particolare, le zavorre n. 1 e 2 hanno una sezione triangolare raccordata e si estendono per quasi tutta la larghezza del robot.



Disposizione delle componenti elettroniche rispetto ai supporti interni



Vista laterale dei supporti interni e di assemblaggio della struttura del robot



Vista prospettica dei supporti interni e di assemblaggio della struttura del robot

servomotore

PCB videocamera

servomotore

prop shield

motor driver

IR sensor (x2)

gearmotor (x2)

GPS

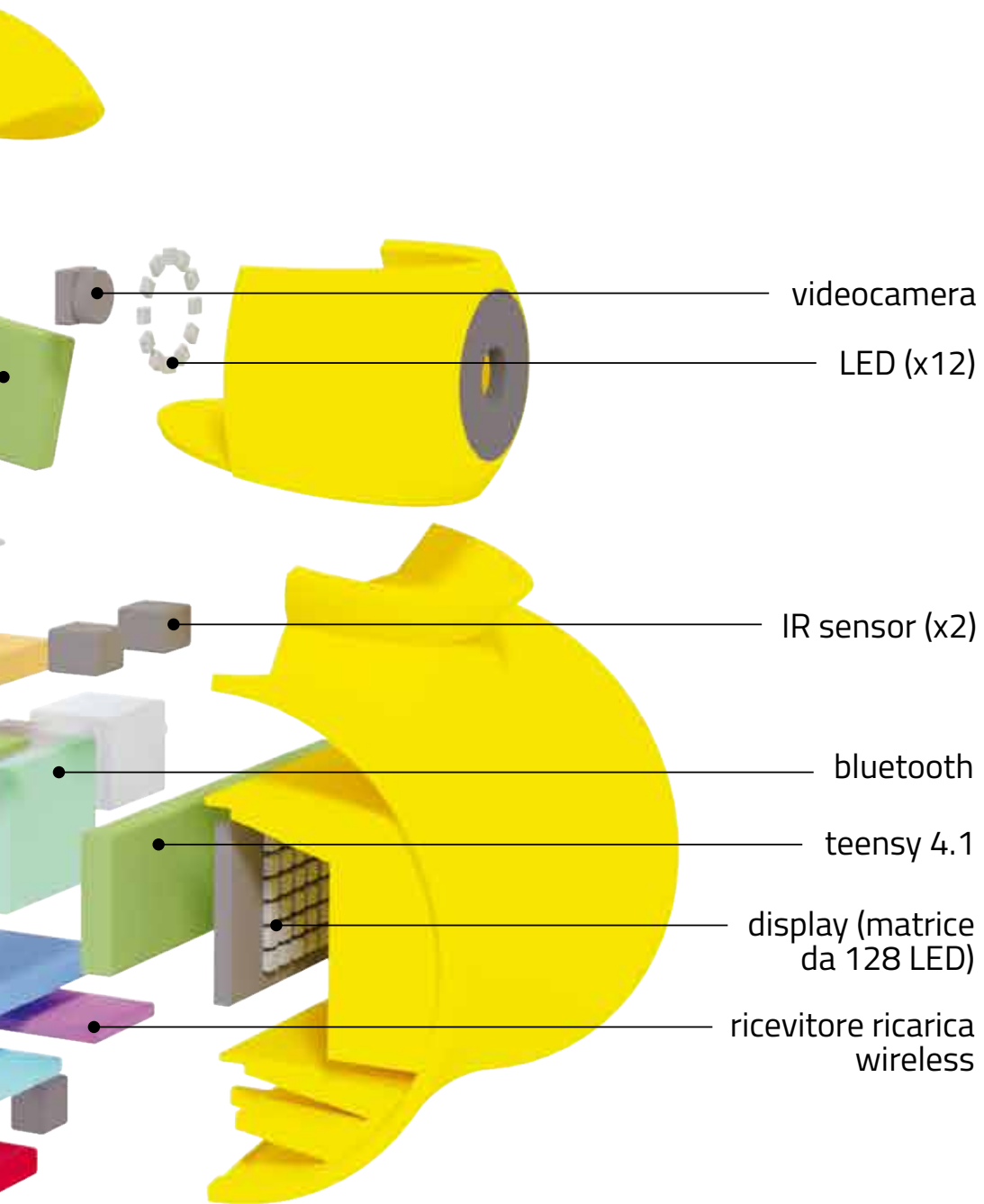
modulo riconoscimento
vocale

batteria

IR sensor (x2)

sensore
encoder (x2)

spea



videocamera

LED (x12)

IR sensor (x2)

bluetooth

teensy 4.1

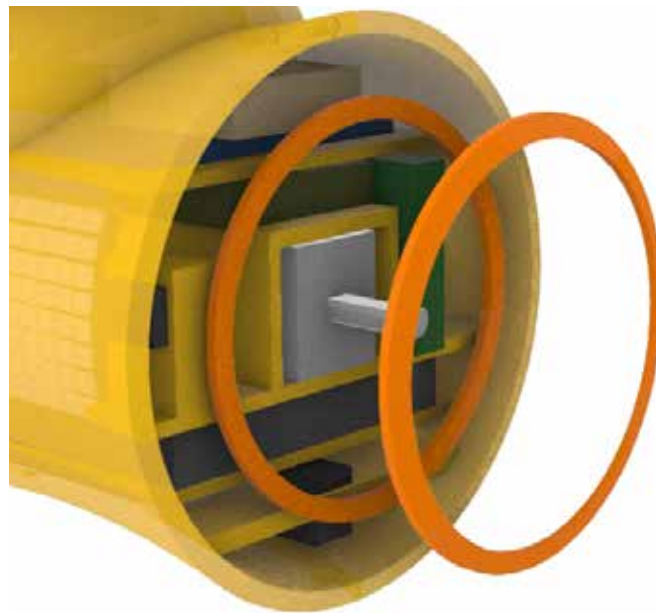
display (matrice
da 128 LED)

ricevitore ricarica
wireless

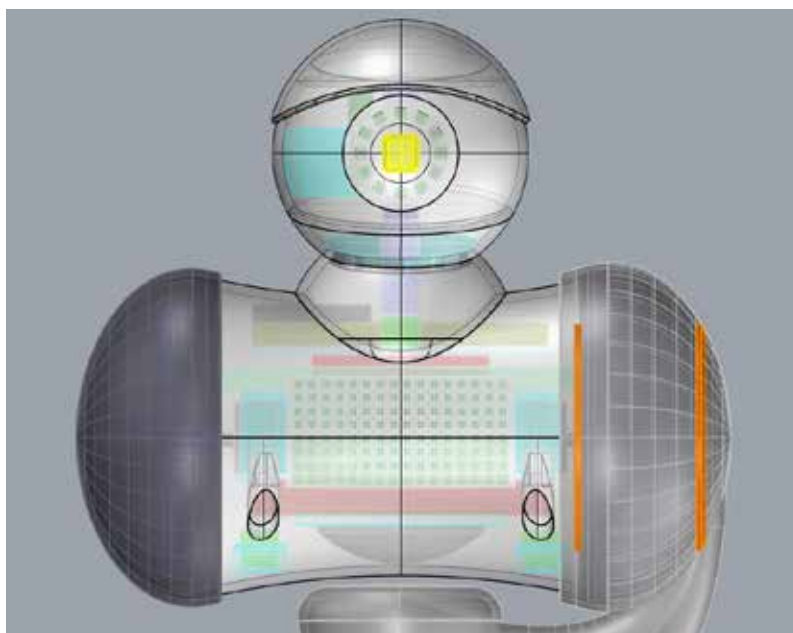
ker

Sistema di caricamento

Per il caricamento della batteria del robot è stato progettato un sistema "wireless" che sfrutta la struttura del manico come base di ricarica. Difatti, tale meccanismo è reso possibile grazie alla "comunicazione" che si instaura tra due bobine di rame: una collegata alla batteria responsabile del caricamento, posta sul fondo della cupola del manico; l'altra in grado di captare l'energia con cui caricare la batteria, posta sul bordo della struttura centrale (gialla) del robot. A sua volta, il manico avrà necessità di ricaricarsi, infatti è stato inserito, all'interno della base dello stesso, un modulo di ricarica USB che si collega direttamente con la batteria interna, laddove l'apertura per l'inserimento del cavo USB è posizionata alla base del manico. Le componenti elettroniche, come tutte le altre presenti all'interno del robot, saranno leggermente visibili, a causa della lieve trasparenza del materiale da cui saranno composti sia il manico che il robot.



Inserimento delle bobine in rame per il sistema di ricarica wireless



Posizionamento delle due bobine (bordo struttura centrale del robot - fondo della cupola del manico)



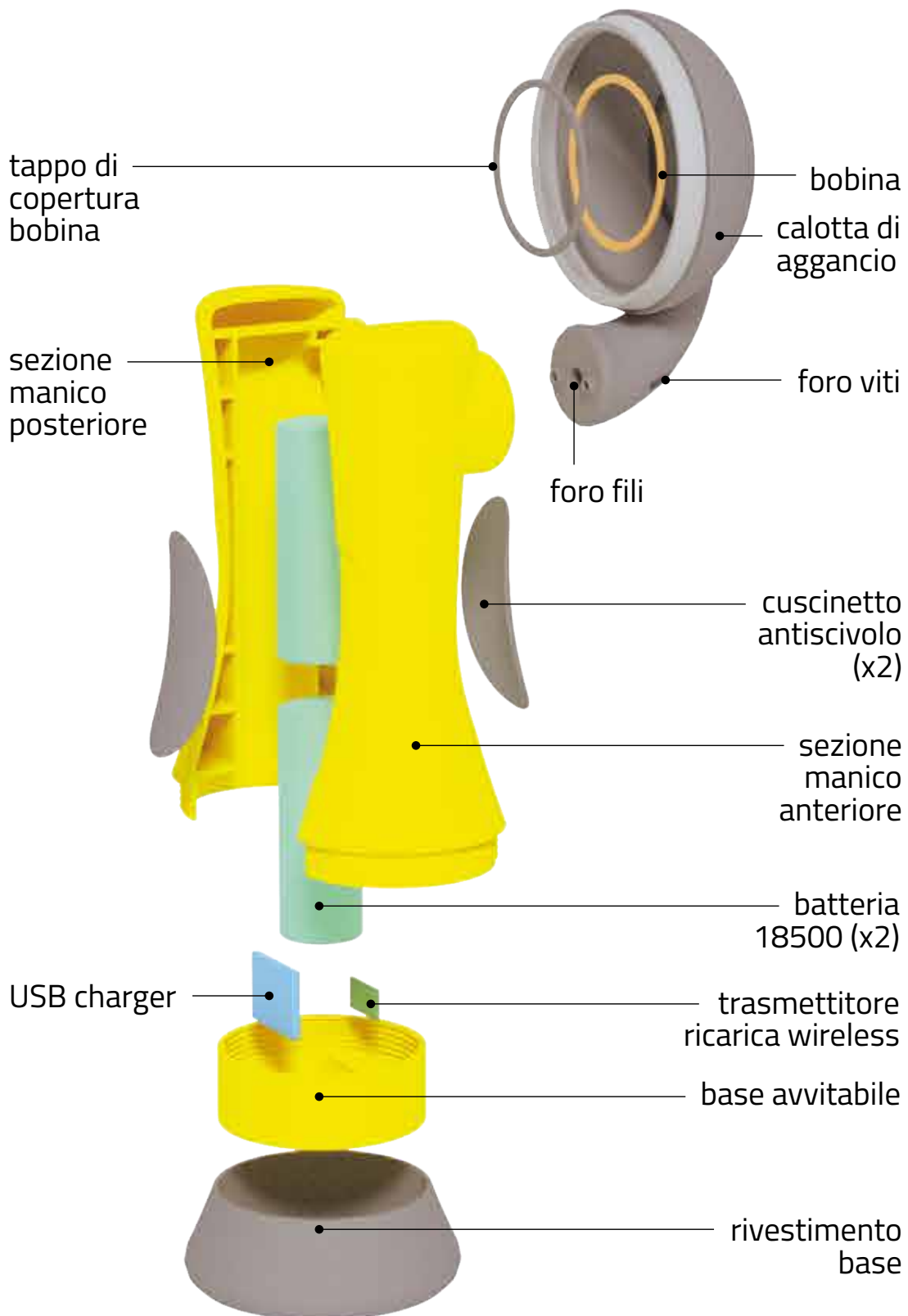
Ingresso USB per ricarica del manico

Struttura manico

Il manico, che avrà il compito di sorreggere e ricaricare il robot, sarà suddiviso in 3 elementi principali:

la base in policarbonato, rivestita con un generoso strato di silicone, che si avvita alla parte superiore e contiene al suo interno l'USB charger e il trasmettitore responsabile della ricarica wireless; il manico in policarbonato giallo, che con all'interno le batterie in grado di fornire al dispositivo 4000 mAh di ricarica; infine, il componente di aggancio del robot al manico, anch'esso in policarbonato (però nero) e assemblabile tramite avvitamento, munito della calotta che accoglierà la ruota del robot e conterrà al suo interno la bobina in rame necessaria per la ricarica wireless. La seconda bobina, come mostrato precedentemente, sarà invece all'interno del robot, a una distanza inferiore di 20 mm dalla prima.

Sono stati progettati dei supporti interni (in rosso), per sostenere i vari elementi che si inseriranno all'interno del manico. Per la bobina in rame, invece, vi sarà un tappo protettivo che andrà a nascondere il componente.

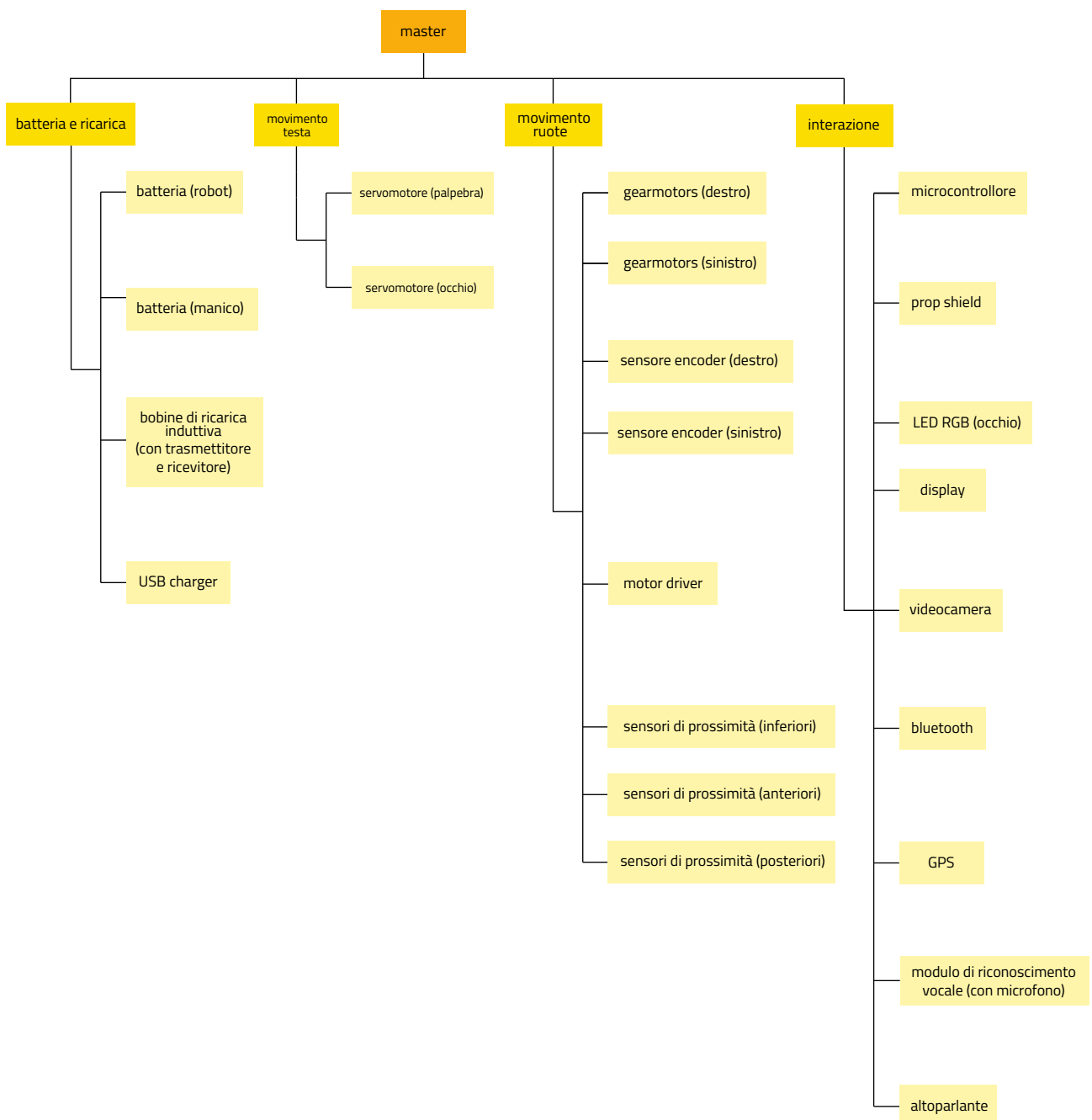


Esploso in vista "ghosted" delle componenti interne al manico (elettroniche e strutturali);
 in rosso, i supporti in materiale polimerico per le componenti elettroniche.

5.4 Analisi delle componenti

L'analisi delle componenti ha visto come primo passo la stesura delle macro-funzioni da svolgere: il sistema di ricarica, il movimento del capo, delle ruote e tutto ciò che riguarda la gestione dell'interazione con l'esterno (ambiente e utente).

Nelle pagine successive, sono elencate le componenti elettroniche individuate, distinte in: attuatori, schede di potenza/comando, sensori, sistemi di riconoscimenti video e audio, batteria e sistema di ricarica e, infine, microcontrollore. Al termine dell'elenco, è mostrata la rappresentazione tridimensionale di ogni componente, per comprenderne l'ingombro e progettare la disposizione all'interno del dispositivo (robot e manico).



■ 5.4.1 Attuatori

▪ Servomotore

AGFrc C017CLS 1.7G Nano Servo di Plastica Digital PWM Modalità Coreless 75G di Coppia 3.6V-4.2V Micro servo Per RC Aereo Mini Z Auto

https://italian.alibaba.com/product-detail/agfrc-c017cls-1-7g-nano-servo-plastic-digital-pwm-mode-coreless-75g-torque-3-6v-4-2v-micro-servo-for-rc-plane-mini-z-car-62509803041.html?spm=a2700.gallery_search_cps.normalList.137.1cd94a855qt-vuo

Dimensioni	13,50 x 18,50 x 6,20 mm
Peso	1,7 g
Sistema di controllo	controllo di modulazione della larghezza di impulso
Frequenza di aggiornamento	333 Hz
Tensione di esercizio	3,6 V ~ 4,2 V
Temperatura di esercizio	- 10 °C ~ 50 °C
Angolo	180°
Cavo	JST (JR) 100mm/32 AWG
Coppia di stallo	65 g·cm // 0,9 oz·in // 0,006 N·m @ 3,7 V
Velocità operativa	15 rad/s @ 3,7 V
Corrente di carico	90 mA @ 3,7 V; 100 mA @ 4,2 V
Corrente di scarico	240 mA @ 3,7 V; 310 mA @ 4,2 V



▪ Gearmotor

298:1 Micro Metal Gearmotor HP

<https://www.robot-italy.com/it/298-1-micro-metal-gearmotor-hp.html>

Dimensioni	24 x 10 x 12 mm
Peso	9,6 g
Tensione nominale	6 V
Intervallo V di funzionamento	3 V - 9 V
Diametro dell'albero	3 mm
Rapporto di cambio	298:1
Velocità di marcia libera a 6 V	100 rpm
Corrente di marcia libera a 6 V	70 mA
Corrente di stallo @ 6 V	1600 mA
Coppia di stallo @ 6 V	5 kg · cm



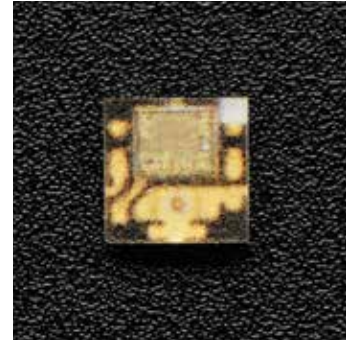
- **Led RGB**

Obiettivo progettuale:

da inserire su supporto in poliuretano con collegamenti in rame morbido per realizzare un display a matrice Led flessibile.

DotStar Micro LEDs (APA102–2020)- Smart SMD RGB LED
<https://www.adafruit.com/product/3587>

Dimensioni	2,0 x 2,0 x 0,9 mm
Peso	0,025 g
Temperatura di esercizio	- 40 °C ~ 70 °C
Tensione applicata	5 V DC
Consumo di energia	0,1 W (max 0,5 W)
Colore rosso	620-625 nm
Colore verde	520-525 nm
Colore blu	465-470 nm
Luminosità rossa	~ 20mA: 300-330 mcd
Luminosità blu	~ 20mA: 420-460 mcd
Luminosità verde	~ 20mA: 160-180 mcd

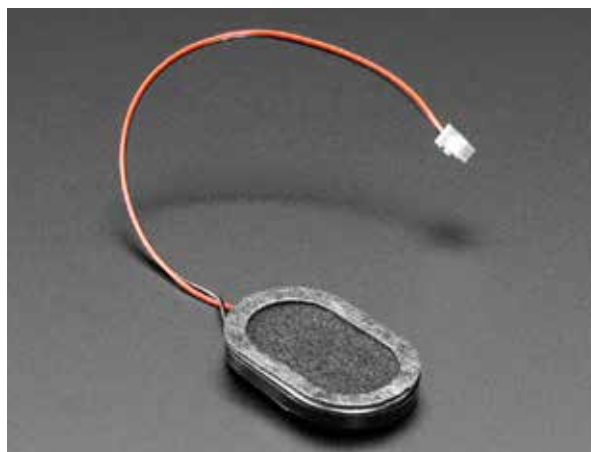


- **Speaker**

Mini Oval Speaker - 8 Ohm 1 Watt

<https://www.adafruit.com/product/3923>

Dimensioni	30 x 20 x 5 mm
Peso	1,4 g
Lunghezza del filo	~ 110 mm
Connettore	Molex # 0532610271, passo "PicoBlade" 1,25 mm
Potenza nominale	1 W
Impedenza	8 Ohm



■ 5.4.2 Schede di potenza/comando

▪ Motor Driver

713 - TB6612FNG Dual Motor Driver Carrier

<https://www.robot-italy.com/it/713-tb6612fng-dual-motor-driver-carrier.html>

Dimensioni	15 x 20 mm
Peso	1,5 g
Tipologie motori gestibili	2 motori DC o uno stepper motore bipolare
Tensione motore consigliata (VMOT)	da 4,5 V a 13,5 V (fino a 2,5 V con prestazioni declassate)
Tensione logica (VCC)	da 2,7 V a 5,5 V
Corrente di uscita massima	3 A per canale
Corrente di uscita continua	1 A per canale (parallela per fornire 2 A continui)
Frequenza PWM massima	100 kHz
Circuito di spegnimento termico	incorporato
Condensatori di filtraggio	su entrambe le linee di alimentazione
Protezione	da inversione di potenza sull'alimentazione motore



▪ Prop Shield (gestione Led, gestione speaker; IMU incorporato)

Prop Shield With Motion Sensors

<https://www.robot-italy.com/it/prop-shield-with-motion-sensors.html>

Dimensioni	50 x 18 x 4 mm
Peso	18 g
Sensori di movimento	10DOF
Potenza amplificatore audio	da 2 W
Alimentazione buffer ad alta velocità	5 V
Accelerometro lineare e magnetometro	FXOS8700CQ
Giroscopio a velocità angolare a 3 assi	FXAS21002C
Pressione/altitudine/temperatura	MPL3115A2
Amplificatore di potenza audio	LM48310
Memoria flash seriale	W25Q64FV (8 Mbyte)
Porta AND singola a 2 ingressi	SN74AHCT1G08



■ 5.4.3 Sensori

- **Sensore di prossimità**

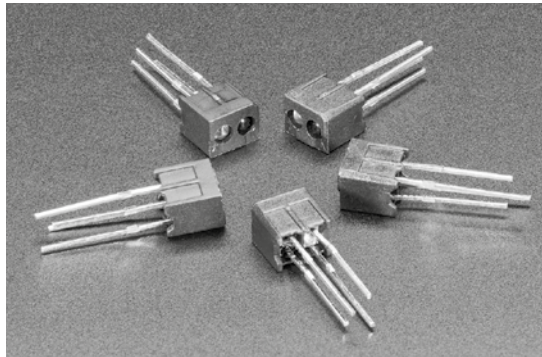
Obiettivo progettuale:

posizionare un totale di 6 sensori IR, di cui 2 anteriori e 2 posteriori, per percepire ostacoli durante il movimento, e 2 inferiori per verificare se il dispositivo è su un piano di appoggio.

Miniature Reflective Infrared Optical Sensors - 5 Pack - ITR20001/T

<https://www.adafruit.com/product/3930>

Dimensioni	6,5 x 6,5 x 5 mm
Peso	2 g
Dissipazione di potenza a 25 °C	75 mW
Tensione inversa	5 V
Corrente diretta	50 mA
Dissipazione di potenza collettore	75 mW
Corrente del collettore	20 mA
Tensione collettore-emettitore	30 V
Tensione emettitore-collettore	5 V
Temperatura di esercizio	-40~+85 °C
Temperatura di conservazione	-40~+85 °C



- **GPS (Global Position System)**

Modulo GPS Ultimate - 66 canali con aggiornamenti a 10 Hz - chipset MTK3339

<https://www.adafruit.com/product/790>

Dimensioni	16 x 16 x 5 mm
Peso	4 g
Sensibilità	-165 dBm
Frequenza aggiornamenti	10 Hz
Numero canali	66
Consumo energetico	20 mA
Tensione di funzionamento	3,3 V
Batteria compatibile	RTC

Registrazione dati	integrata
Uscita PPS	su correzione
Altitudine max di funzionamento	~ 32 km (media generale fino a 40 km)
Antenna patch	interna
Connessione per antenna esterna	opzionale
Correzione dell'output di stato	attivo



- **Bluetooth**

Modulo Bluetooth 4.0 NRF51822

<https://www.robotshop.com/en/nrf51822-bluetooth-40--module.html>

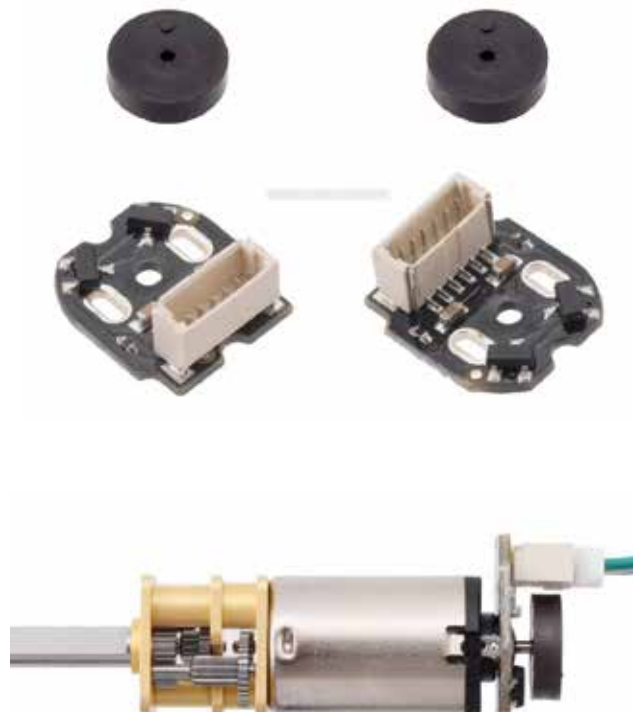
Dimensioni	17,0 x 20,8 mm
Peso	3 g
Ricetrasmittitore	RF multiprotocollo a 2,4 GHz
Processore	ARM® Cortex™ -M0 a 32 bit
Crittografia	AES HW a 128 bit
RAM e memoria flash	da 32 kB e 256 kB
Programmabile	Peripheral Interconnect (PPI)
Interfacce digitali	SPI, I2C, UART
ADC	a 10 bit
Potenza di uscita programmabile	da -20 a +4 dBm
Tensione di funzionamento	1,8 V ~ 3,6 V
Chip di bordo	nRF51822
Distanza di comunicazione	30m (velocità dati esterna aperta @ 1M)
Gamma di frequenza	2,4 GHz
Temperatura di funzionamento	-40 °C - 85 °C
Pinheader di espansione	tutti gli I / O tranne P0.26 e P0.27
Antenna	antenna integrata



- **Sensore Encoder**

Magnetic Encoder Pair Kit with Top-Entry Connector for Micro Metal Gearmotors, 12 CPR, 2.7-18V
<https://www.robot-italy.com/it/4760-magnetic-encoder-pair-kit-with-top-entry-connector-for-micro-metal-gearmotors-12-cpr-2-7-18v.html>

Dimensioni	12,8 x 11,6 mm
Peso	1,5 g
Tensione operativa minima	2.7 V
Tensione operativa massima	18 V
Connettore	maschio a 6 pin, tipo JST SH
Codici di sviluppo PCB	enc03c
Altre marcature PCB	0J12460



5.4.4 Sistemi di riconoscimento video e audio

- **Microfono (con modulo di riconoscimento vocale)**

Modulo di riconoscimento vocale Voce VRM LD3320 ASR

https://www.banggood.com/Speech-Recognition-Module-Voice-Board-VRM-LD3320-ASR-5V-Power-p-1007594.html?cur_warehouse=CN

Dimensioni	43 x 29,7 mm
Peso	18 g
Tensione	3,3 - 5 V
Modello	STC11L08XE
Diametro fori di montaggio	3 mm
Numero porte	16
Comunicazione di alto livello	seriale (3,3 V livello TTL, non supporta max232, RS485)



- **Videocamera**

Mini telecamera spia con grilletto per foto o video

<https://www.adafruit.com/product/3202>

Dimensioni PCB	28,5 x 17 x 4,2 mm
Dimensioni della fotocamera	6,2 x 6,2 x 4,4 mm
PCB + peso della fotocamera	2,8 g
Lunghezza cavo	508 mm
Formato foto	JPEG
Risoluzione foto	1280 x 720
Formato video	AVI
Risoluzione video	640 x 480
Supporto massimo MicroSD	32 G
Tensione di alimentazione	3,7 V ~ 5 V
Corrente di standby	80 mA
Corrente di funzionamento	110mA



■ 5.4.5 Batteria e sistema di ricarica

▪ Batteria

Thin Li-po battery 3.7V 1200mAh li-ion battery 603450 rechargeable lithium polymer battery
https://www.alibaba.com/product-detail/thin-Li-po-battery-3-7V_60837969064.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.52754eac7uGOE7

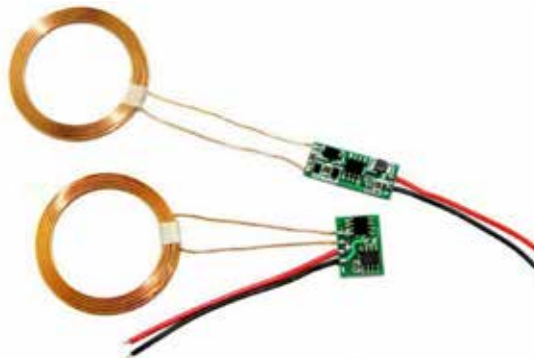
Dimensioni	50 x 34 x 6 mm
Peso	25 g
Capacità	1200 mAh
Tensione nominale	3,7 V
Tensione massima	4,2 V
Chimica	LiPo (litio-polimero)
Impedenza	<200mΩ
Temperatura di lavoro	-20 ~ 60 °C



▪ Caricatore ad induzione

3.3V 600mA Wireless Charging Module
<https://www.robotshop.com/en/33v-600ma-wireless-charging-module.html>

Dimensioni trasmettitore	12 x 7 x 1 mm
Dimensioni ricevitore	15 x 10 x 1 mm
Peso del ricevitore	5,5 g
Peso del trasmettitore	5,7 g
Diametro della bobina	38 mm
Altezza della bobina	2 mm
Tensione di uscita	3,3 Vcc
Tensione in ingresso	12Vcc
Tensione di ingresso (limiti)	13,5 Vcc
Corrente di uscita (massima)	600mA
Induttanza bobina trasmettitore	30uH
Distanza trasmissione-ricezione	1-20mm



- **Batterie (manico)**

18500 Batterie 3.7 V 2000 mAh NCR18500A Ricaricabile agli ioni di Litio

https://italian.alibaba.com/product-detail/wholesale-18500-batteries-3-7v-2000mah-n-cr18500a-rechargeable-lithium-ion-battery-62014589237.html?spm=a2700.gallery_search_cps.normalList.6.518a718d5E8vts

Dimensioni	18 x 50 mm
Peso	46 g
Modello	NCR18500A
Capacità nominale	2000 mAh
Voltaggio nominale	3,7 V
Tipologia batteria	18500 Li-ion (ioni di litio) ricaricabile cilindrica
Tensione di Carica max	4,2 V
Tensione di interruzione di scarica	2,5 V
Resistenza interna	≤100 mΩ
Temperatura di funzionamento	-20 ~ 60 °C



- **Modulo ricarica USB**

Adafruit Micro-USB LiPo Charger

<https://www.robotshop.com/en/adafruit-micro-usb-lipo-charger.html>

Dimensioni	21 x 19 x 2 mm
Peso	2 g
Altezza con JST	7 mm
Tensione	5 V (adatto anche per batterie a 3,7 - 4,2 V)
Corrente di carica	100 mA (regolabile a 500 mA)
Connettore	USB Micro-B
Tipologia ingresso	JST
LEDs	1 LED rosso (in carica) // 1 LED verde (carico)

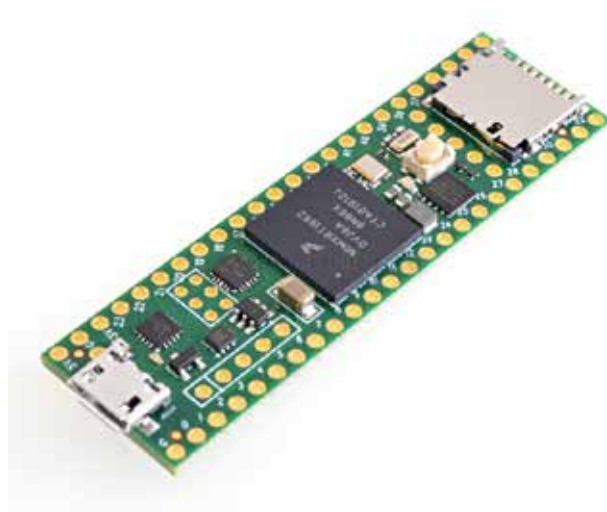


■ 5.4.6 Microcontrollore

Teensy 4.1

<https://www.robot-italy.com/it/teensy-4-1.html>

Peso	5 g
Dimensioni	60 x 18 x 4 mm
Processore	ARM Cortex-M7 a 600 MHz
Consumo di corrente	100 mA
RAM	1024 KB (512 KB sono strettamente accoppiati) 128 Mb Flash (64 KB per il recupero e l'emulazione EEPROM)
Porta host	USB
Pos. memoria flash aggiuntive	2
CAN Bus (1 con CAN FD)	3
I2S Audio digitale	2
SPI	3
I2C	3
Seriali	7
canali DMA generici	32
pin PWM	31
pin digitali	40
pin analogici, 2 ADC su chip	14
Accelerazione	crittografica
RTC	per data / ora
FlexIO	programmabile
Trigger	incrociato periferico
Ethernet	PHY
Presenza scheda	microSD



5.5 Tensione e consumo di corrente e potenza

- **LED**

Tensione: 3,7 V
Potenza: 0,1 W
Int. corrente: $0,027 \text{ A} \rightarrow 0,027 \text{ A} \times 140 \approx 3 \text{ A}$

- **SERVO MOTORE**

Tensione: 3,7 V
Int. corrente: $240 \text{ mA} \rightarrow 0,24 \text{ A} \rightarrow 0,24 \text{ A} \times 2 = 0,48 \text{ A}$
Potenza: $3,7 \text{ V} \times 0,48 \text{ A} = 1,78 \text{ W}$

- **GEARMOTOR**

Tensione: 3,7 V
Int. corrente: $1420 \text{ mA} \rightarrow 1,42 \text{ A} \rightarrow 1,42 \text{ A} \times 2 = 2,84 \text{ A}$
Potenza: $3,7 \text{ V} \times 2,84 \text{ A} = 10,5 \text{ W}$

- **SPEAKER**

Tensione: 3,7 V
Int. corrente: 0,22 A
Potenza: 0,8 W (ridotta del 20%)

- **MOTOR DRIVER**

Int. corrente: N/A

- **IR SENSOR**

Tensione: 3,7 V
Int. corrente: $50 \text{ mA} = 0,05 \text{ A} \rightarrow 0,05 \text{ A} \times 6 = 0,3 \text{ A}$
Potenza: $3,7 \text{ V} \times 0,3 \text{ A} = 1,11 \text{ W}$

- **GPS**

Tensione: 3,7 V
Int. corrente: $20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$
Potenza: $3,7 \text{ V} \times 0,02 \text{ A} = 0,074 \text{ W}$

- **BLUETOOTH**

Int. corrente: N/A

- **ENCODER**

Int. corrente: N/A

- **MICROFONO**

Tensione: 3,7 V
Int. corrente: 0,5 mA = 0,0005 A
Potenza: 3,7 V x 0,0005 A = 0,00185 W

- **VIDEOCAMERA**

Tensione: 3,7 V
Int. corrente: 110 mA = 0,11 A
Potenza: 3,7 V x 0,11 A = 0,407 W

- **TEENSY**

Tensione: 3,7 V
Int. corrente: 100 mA = 0,1 A
Potenza: 3,7 V x 0,1 A = 0,37 W

- **PROP SHIELD**

Tensione: 3,7 V
Int. corrente: 21,10 mA = 0,0211 A
Potenza: 3,7 V x 0,0211 A = 0,08 W

TENSIONE FINALE DI ALIMENTAZIONE: 3,7 V
INTENSITÀ DI CORRENTE TOTALE ASSORBITA: ≈ 7 A
POTENZA TOTALE ASSORBITA: 15,22 W

5.6 Prestazioni globali motori

- **GEARMOTOR**

Tensione: 3,7 V
Int. corrente: 1420 mA -> 1,4 A x 2 = 2,8 A
Potenza: 3,7 V x 2,84 A = 10,5 W

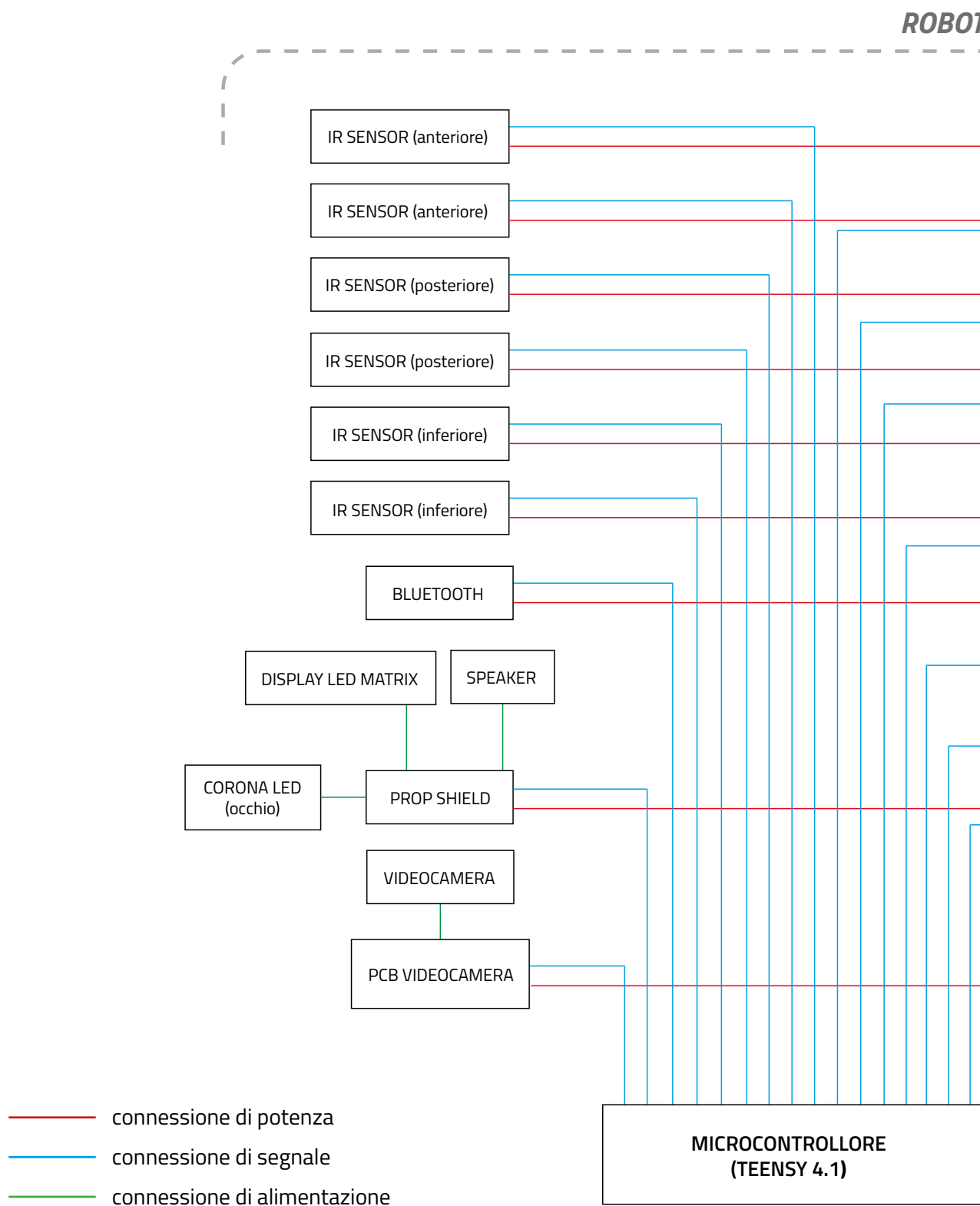
Conoscendo la coppia, la velocità rotazionale e il raggio della ruota del robot, ci calcoliamo l'accelerazione e la velocità lineare del sistema:

$c = 0,50 \text{ N}\cdot\text{m}$
 $\omega = 10,50 \text{ rad/s} = 100 \text{ rpm}$
 $r = 28,5 \text{ mm} = 0,0285 \text{ m}$

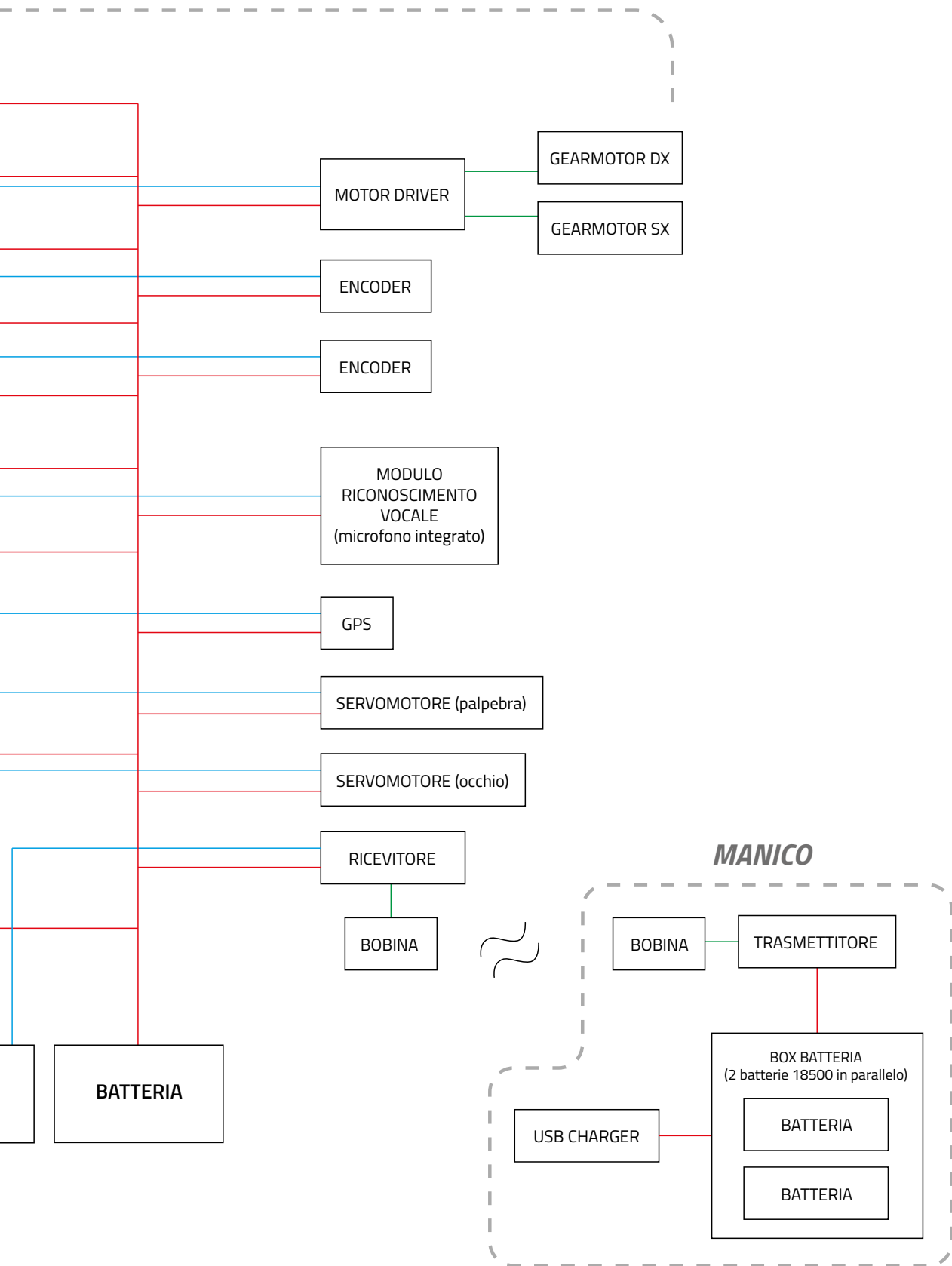
$a = F/m = 16,55 \text{ N} / 0,253 \text{ kg} = \underline{65,42 \text{ m/s}^2}$

$V_{\text{lineare}} = \omega \times r = 10,50 \text{ rad/s} \times 0,0285 \text{ m} = \underline{0,30 \text{ m/s}}$

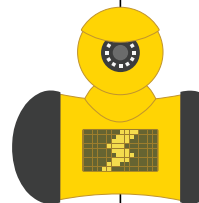
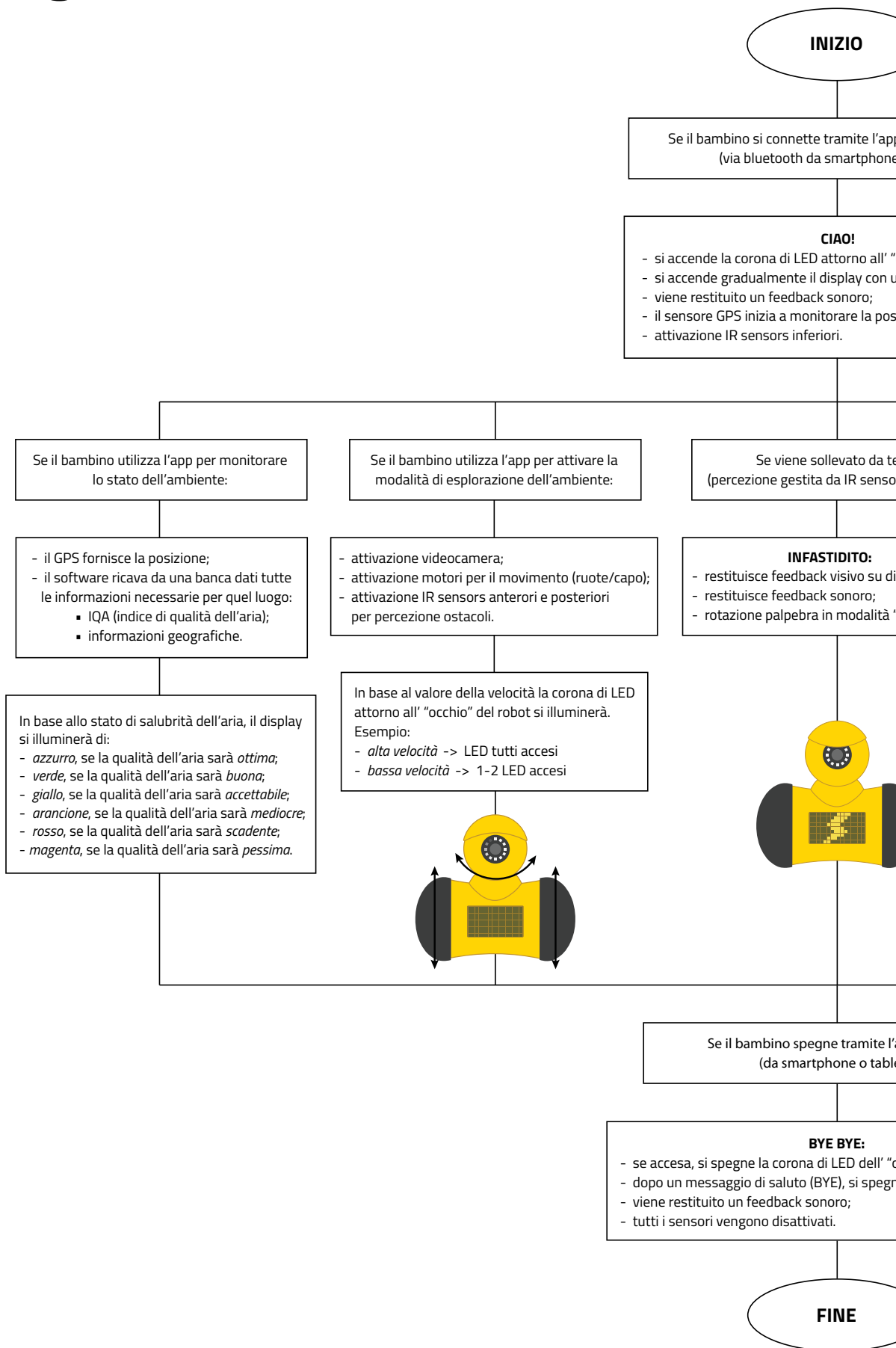
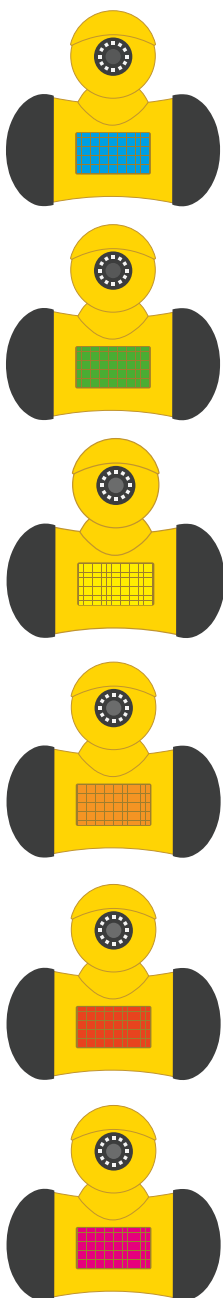
5.7 Layout schema di connessione



7



5.8 Diagramma attività



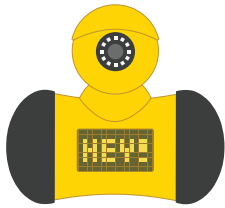
Se il bambino spegne tramite l'app
(da smartphone o tablet)

BYE BYE:
- se accesa, si spegne la corona di LED dell' "o"
- dopo un messaggio di saluto (BYE), si spegne
- viene restituito un feedback sonoro;
- tutti i sensori vengono disattivati.

FINE

applicazione al robot
(e o tablet)

"occhio" del robot;
in messaggio di saluto;
posizione del robot;



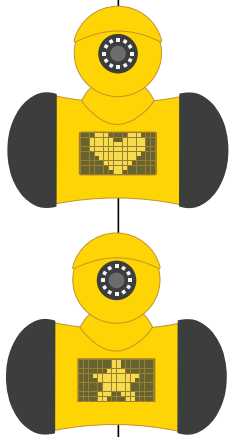
erra
rs inferiori):

Se termina un'attività:

display (saetta);
"arrabbiato";

FELICE:

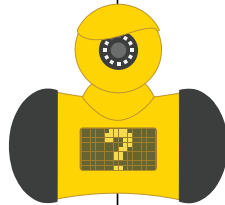
- restituisce feedback visivo su display (cuore/stella);
- restituisce feedback sonoro;
- rotazione palpebra in modalità "neutro";



Se non comprende il comando:

CONFUSO:

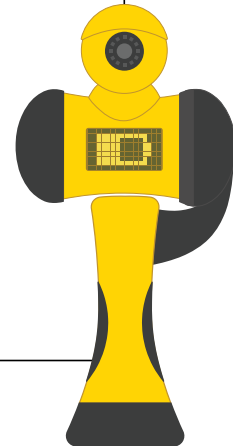
- restituisce feedback visivo su display (?);
- restituisce feedback sonoro;
- rotazione palpebra in modalità "confuso";



Se viene inserito all'interno
del manico:

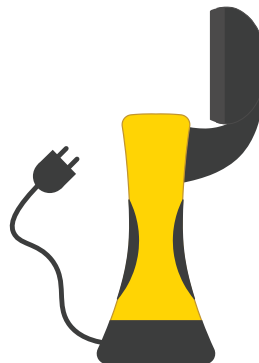
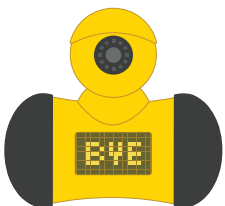
SOLLEVATO:

- restituisce feedback sonoro;
- rotazione palpebra in modalità "neutro";
- il display mostra lo stato del caricamento.



app il robot
(et):

"occhio" del robot;
che gradualmente il display;

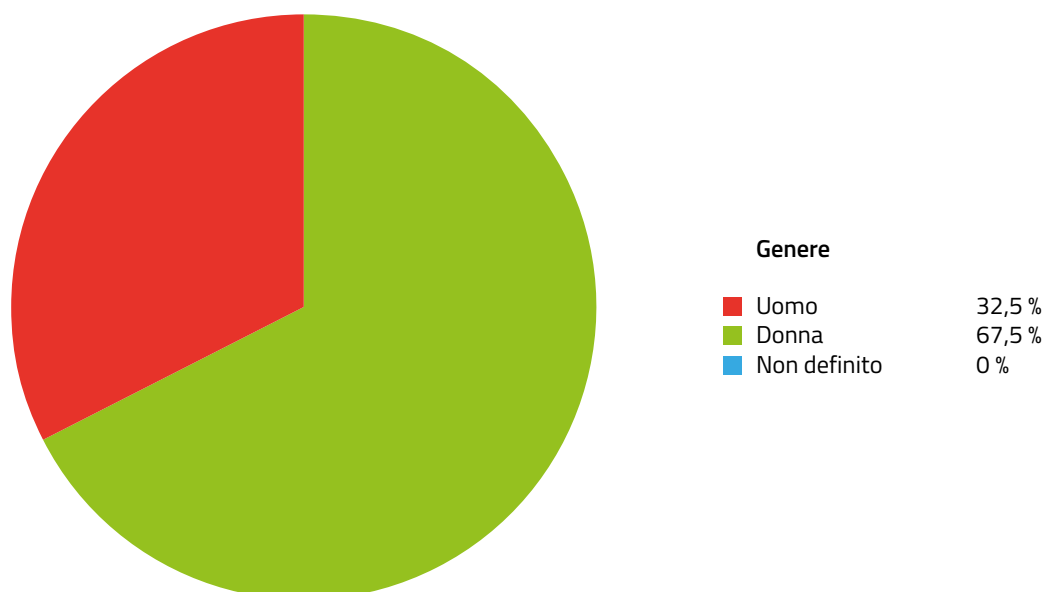
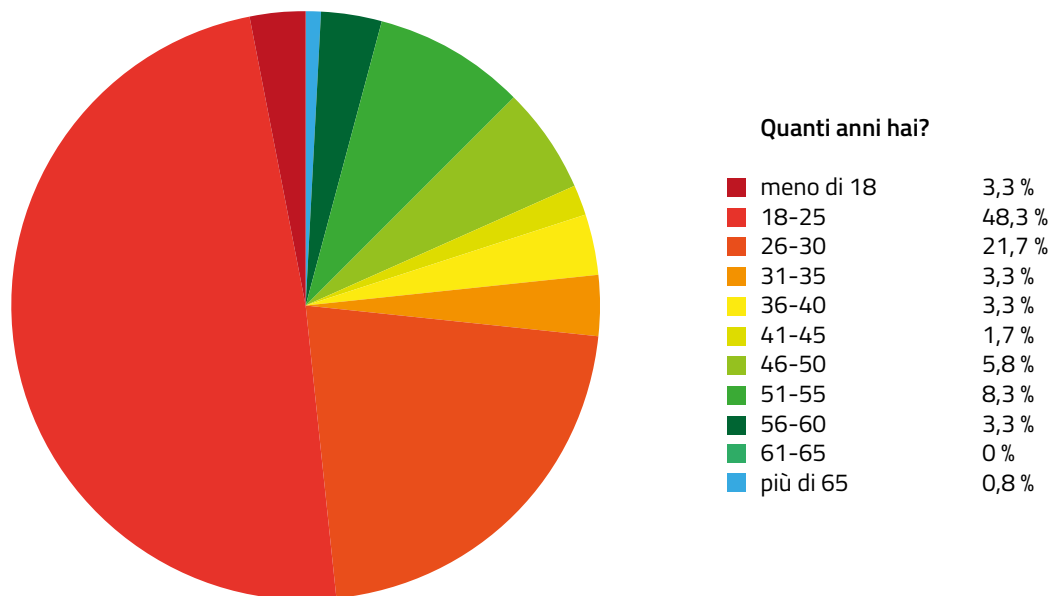


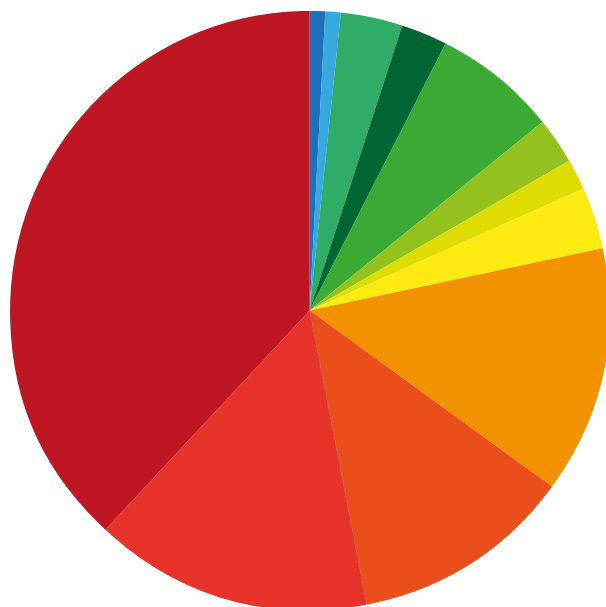
- Se il manico è scarico:
- è possibile ricaricarlo attraverso un caricatore con cavo USB e presa elettrica.

5.9 Raccolta dati

Per una migliore individuazione del mercato e dell'utenza a cui ci si vuole rivolgere, è stato indispensabile iniziare a raccogliere dati sulle opinioni relative ai concetti base del progetto: la sostenibilità ambientale, la qualità dell'educazione, l'educazione alla sostenibilità ambientale e la robotica educativa.

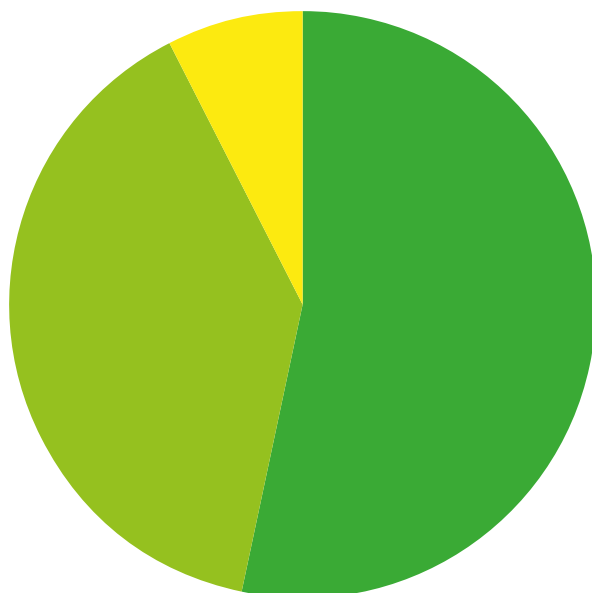
Il riscontro più interessante è stato quello riguardante la fiducia che l'utenza rivolge alla robotica per la trasmissione di contenuti relativi alla sostenibilità ambientale o, in generale, all'educazione, capire quanto sarebbero disposti a pagare per un dispositivo come Clio per un bambino. Il questionario ha raggiunto ben 120 utenti, di seguito sono riportati dei grafici dei dati ottenuti dalle domande principali.





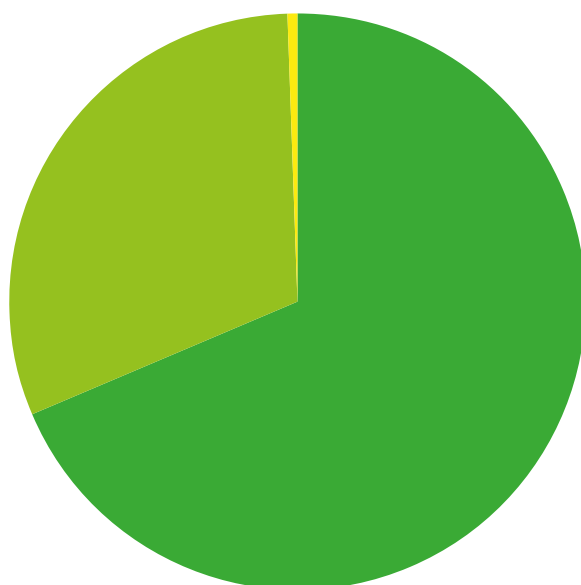
Provincia di residenza

Barletta-Andria-Trani	38,3 %
Ancona	15 %
Bari	11,8 %
Ascoli Piceno	13,3 %
Lecce	3,3 %
Chieti	1,7 %
Pescara	2,5 %
Teramo	6,7 %
Fermo	2,5 %
Foggia	3,3 %
Taranto	0,8 %
Palermo	0,8 %



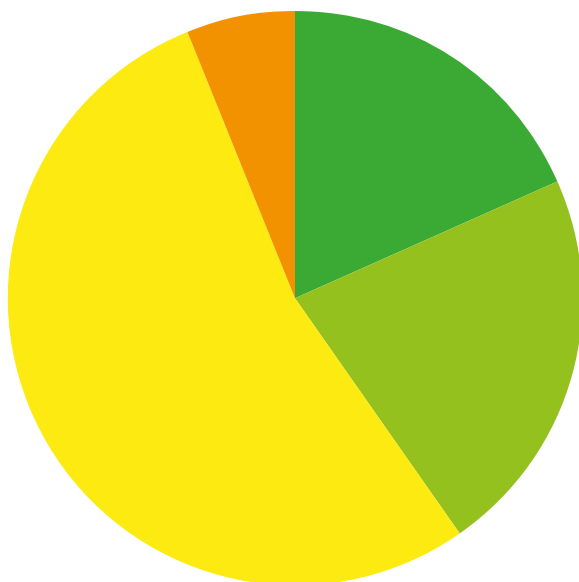
Quanto pensi sia importante oggi il tema della sostenibilità ambientale?

Molto poco	0 %
Poco	0 %
Mi è indifferente	0 %
Abbastanza	7,5 %
Molto	39,2 %
Moltissimo	53,3 %



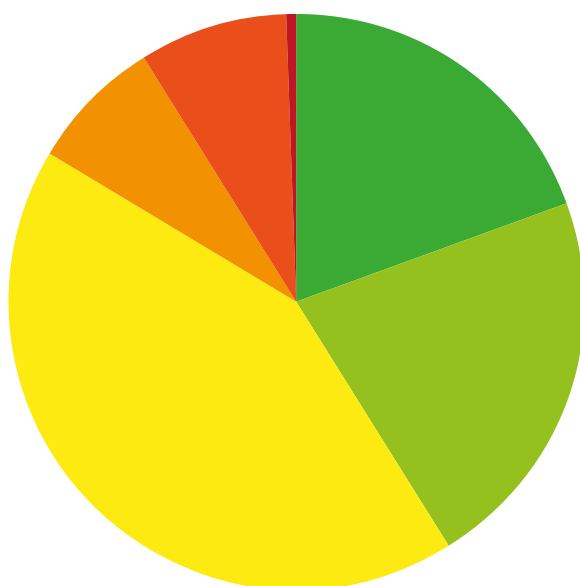
Quanto pensi sia importante educare i bambini alla sostenibilità ambientale?

Molto poco	0 %
Poco	0 %
Mi è indifferente	0 %
Abbastanza	0,8 %
Molto	30,8 %
Moltissimo	68,3 %



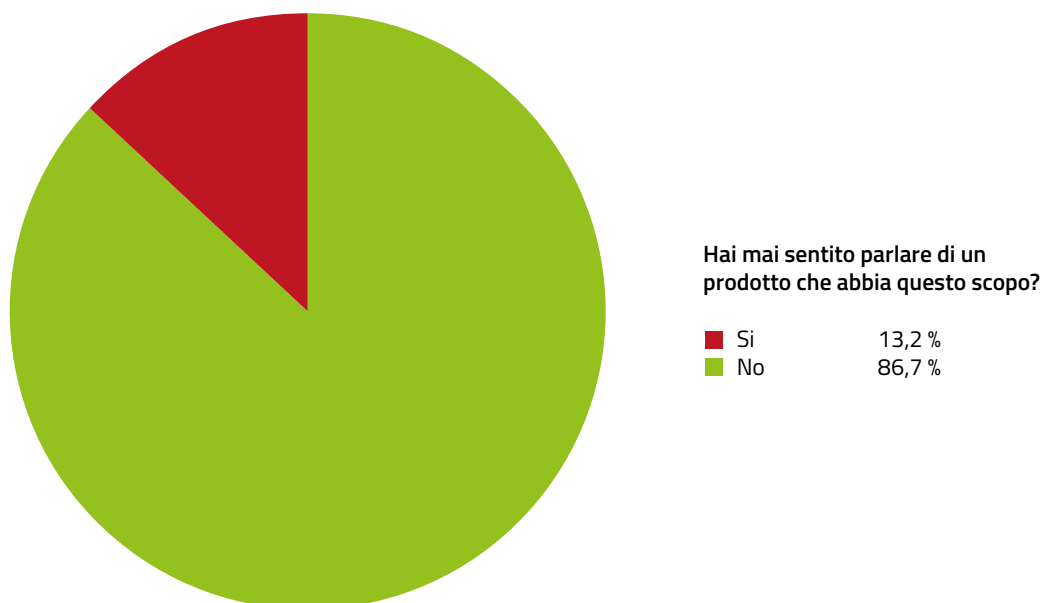
Pensi sia utile la robotica come strumento educativo per bambini?

■ Molto poco	0 %
■ Poco	0 %
■ Mi è indifferente	5,8 %
■ Abbastanza	49,2 %
■ Molto	20 %
■ Moltissimo	16,7 %



Pensi che la robotica possa fungere da strumento per educare i bambini alla sostenibilità ambientale?

■ Molto poco	0,8 %
■ Poco	8,3 %
■ Mi è indifferente	7,5 %
■ Abbastanza	42,5 %
■ Molto	21,7 %
■ Moltissimo	19,2 %

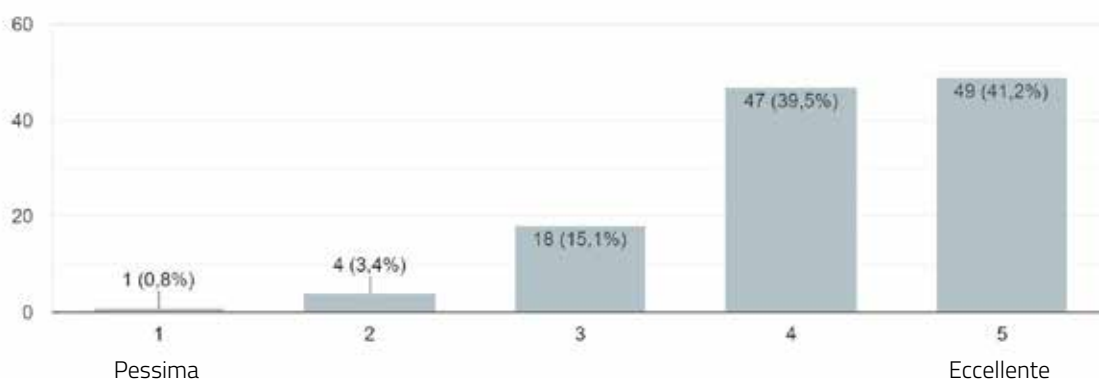


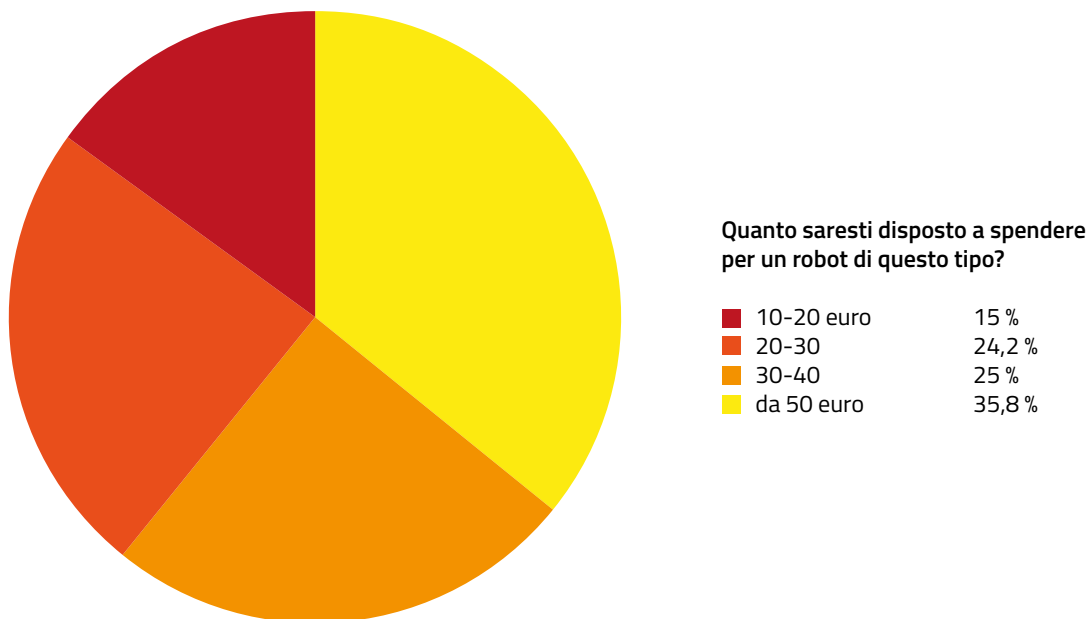
In seguito a questa domanda, nel sondaggio era chiesto di spiegare in che modo si era venuti a conoscenza di un progetto simile, ovviamente solo in caso di risposta affermativa alla domanda precedente. I riscontri sono stati i seguenti:

Come consideri l'idea di unire l'educazione alla sostenibilità ambientale (attraverso la robotica) con l'esplorazione nella natura?

- *"Solo letture generiche"*
- *"Sì, in una ricerca di una mia collega all'università"*
- *"Sì, il mio PeppeRecycle potresti leggere il mio paper"*
- *"Un robot che cattura le plastiche nell'oceano e li converte in ricarica per la sua batteria"*
- *"Arti robotiche"*

Come consideri l'idea di unire l'educazione alla sostenibilità ambientale (attraverso la robotica) con l'esplorazione nella natura?





Come consideri l'idea di unire l'educazione alla sostenibilità ambientale (attraverso la robotica) con l'esplorazione nella natura?

- *"Approccio Design for All, per poter educare anche bambini coscienti, ma con disabilità motoria/visiva/uditiva"*
- *"Di intrattenimento, per invogliare il bambino all'utilizzo"*
- *"Penso sia molto utile fornire questo robot alle scuole e formare le docenti al suo uso"*
- *"Avere un profilo dove poter completare delle "missioni giornaliere" e guadagnare punti per poi poter sbloccare contenuti per bambini"*
- *"Intelligenza artificiale, che possa assistere lungo l'esperienza; IoT"*
- *"Dovrebbe avere una funzione attraverso la quale garantisce l'utilizzo di un visore per la realtà virtuale"*
- *"Lettore di codice a barre per smistare i rifiuti in modo opportuno"*
- *"Monitoraggio sull'impatto su fauna e flora con mappatura delle zone in cui si è operato e lo stato di inquinamento"*
- *"Sostenibilità ambientale e robotica mi sembrano agli antipodi"*
- *"Implementazione della realtà aumentata per interagire con l'ambiente in diverse modalità"*
- *"Facile da usare anche per i più piccoli, visto che è rivolto molto a loro"*

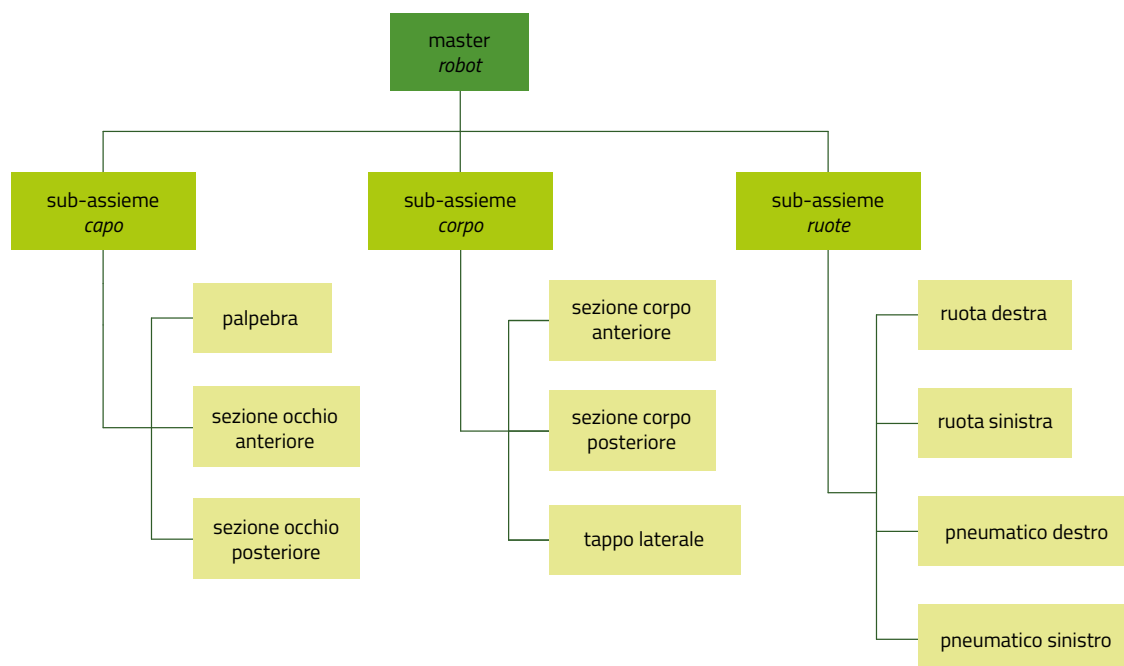
6.0 DISTINTE BASE



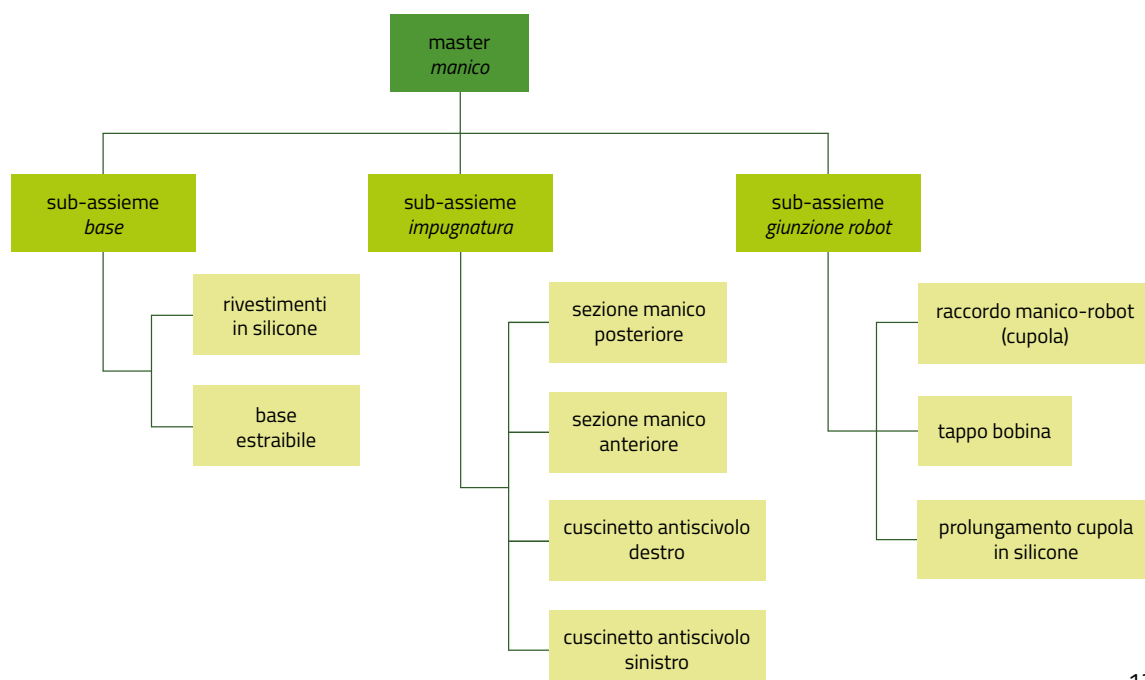
6.1 Albero dei componenti

Il dispositivo risulta essere composto da due assiemi, o master, principali: il *robot* e il *manico*. Ciascuno di questi assiemi può essere suddiviso in sub-assiemi in base alla sua funzione, tuttavia il montaggio mette strettamente in relazione tutte le parti tra loro, anche se appartenenti a sub-assiemi differenti.

Albero dei componenti - master *robot*



Albero dei componenti - master *manico*



6.2 Distinta dei componenti

Di seguito sono elencati in file corrispondenti ai singoli elementi che costituiscono l'albero dei componenti. Per ciascuno è anche indicato l'assieme di appartenenza, il materiale e la quantità di ogni parte modellata. La disposizione e bollatura delle componenti è descritta approfonditamente all'interno del capitolo di modellazione di assiemi in Creo (pag. 129).

ID	Nome file	Descrizione	Q.tà	Materiale	Dipendenza
1	PRT_OCCHIO_POSTERIORE	Sezione occhio posteriore	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
2	PRT_OCCHIO_ANTERIORE	Sezione occhio anteriore	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
3	PRT_CORPO_POSTERIORE	Sezione corpo posteriore	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
4	PRT_CORPO_ANTERIORE	Sezione corpo anteriore	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
5	PRT_RUOTA_DX	Ruota destra	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
6	PRT_RUOTA_SX	Ruota sinistra	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
7	PRT_PALPEBRA	Palpebra girevole	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
8	PRT_RACCORDO_U	Raccordo a U capovolta interno alle sezioni "corpo"	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
9	PRT_PNEUMATICO_DX	Pneumatico destro	1	Gomma siliconica	ASM_ROBOT
10	PRT_PNEUMATICO_SX	Pneumatico sinistro	1	Gomma siliconica	ASM_ROBOT
11	PRT_TAPPO_CORPO	Tappo laterale del corpo per bobina	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
12	PRT_TAPPO_PUPILLA	Tappo pupilla per led	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
13	PRT_MANICO_UP	Parte superiore del manico	1	Policarbonato	ASM_MANICO
14	PRT_MANICO_BASE_RIVESTIMENTO	Base di protezione della base rigida	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
15	PRT_MANICO_AVVITAMENTO_DX	Sezione destra della base rigida	1	Policarbonato	ASM_MANICO
16	PRT_RACCORDO_ROBOT	Unione tra manico superiore e robot (cupola caricamento)	1	Policarbonato	ASM_MANICO
17	PRT_TAPPO_TRASMETTITORE	Tappo di copertura bobina di caricamento (cupola)	1	Policarbonato	ASM_MANICO
18	PRT_MANICO_AVVITAMENTO_SX	Sezione sinistra della base rigida	1	Policarbonato	ASM_MANICO
19	PRT_SUPPORTO_BASE	Supporto ad incastro della sezione rigida per elettronica	1	Policarbonato	ASM_MANICO
20	PRT_ESTENSIONE_SILICONE	Estensione in silicone della cupola per aggancio al robot	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
21	PRT_CUSCINETTO_DX	Cuscinetto antiscivolo sinistro	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
22	PRT_CUSCINETTO_SX	Cuscinetto antiscivolo destro	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
23	ASM_ROBOT	Robot assemblato	1	-	ASM_CLIO
24	ASM_MANICO	Manico assemblato	1	-	ASM_CLIO
25	ASM_CLIO	Prodotto finale assemblato	1	-	-

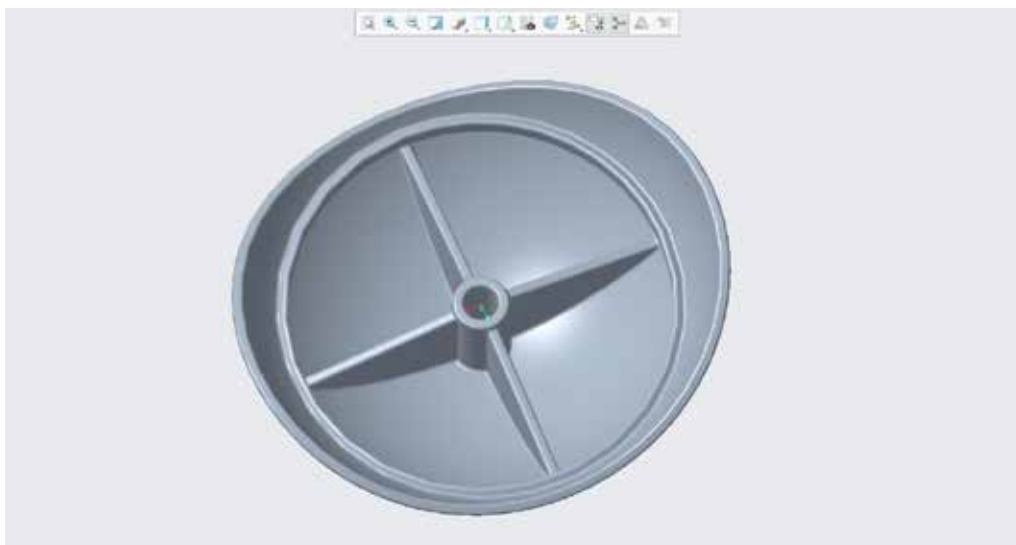
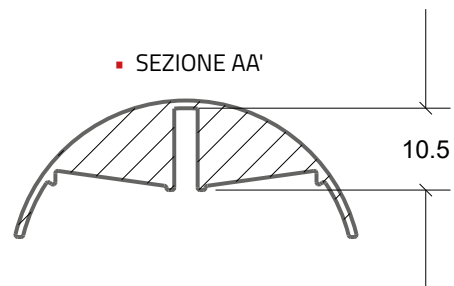
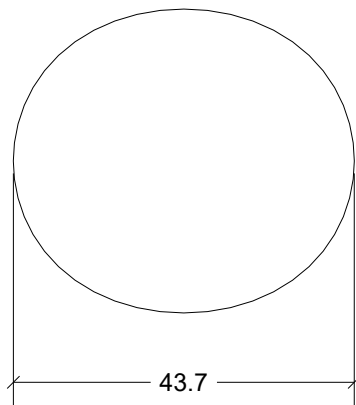
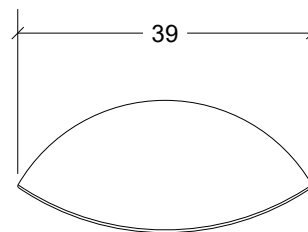
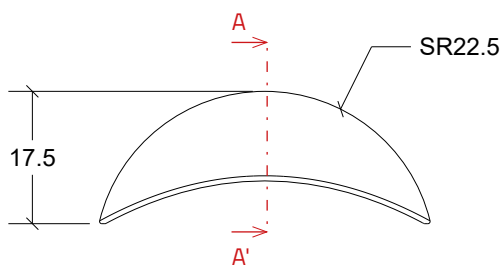
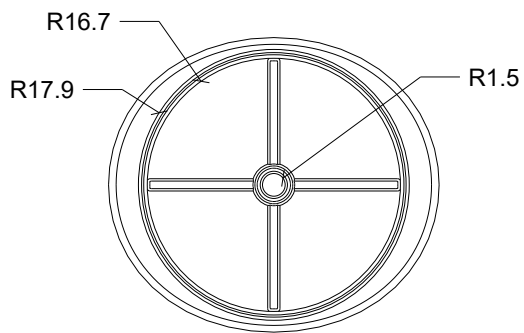
Distinta dei componenti modellati in Creo

7.0 MODELLAZIONE SOLIDA DEI COMPONENTI



7.1 Palpebra

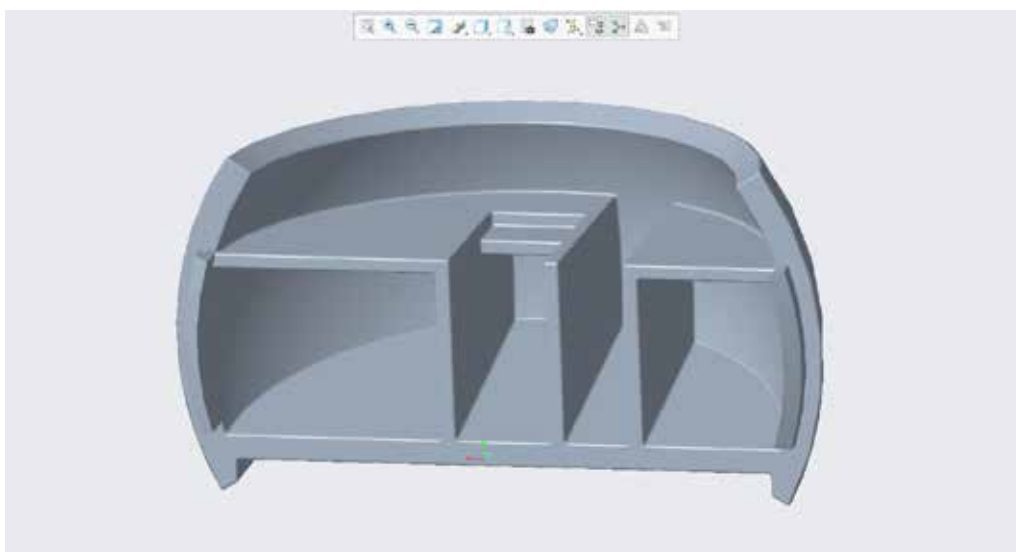
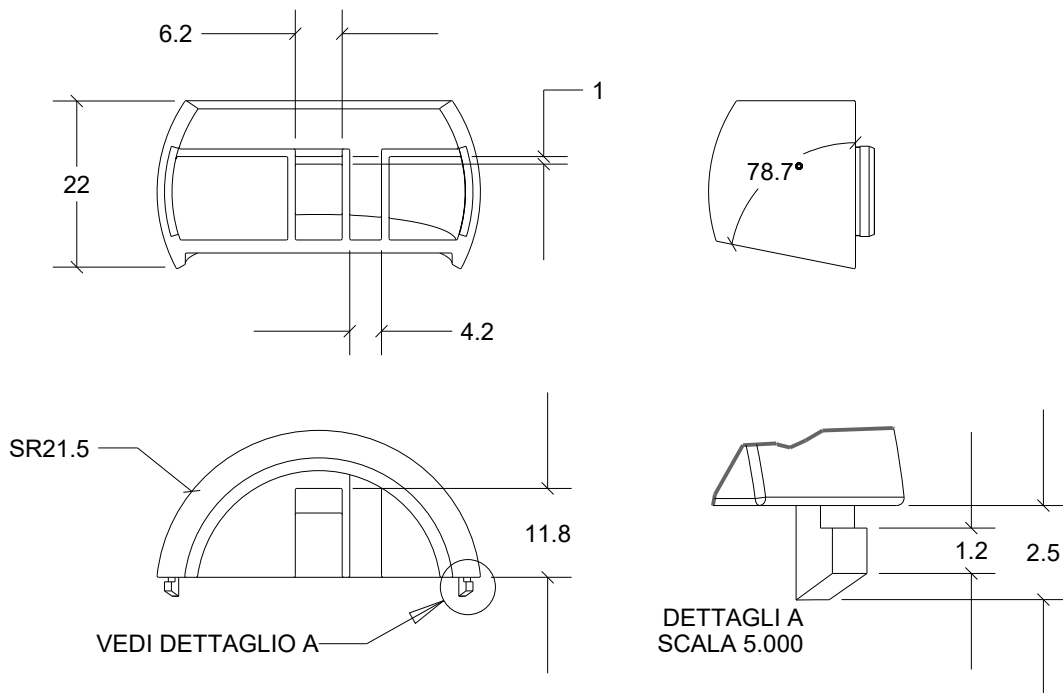
scala 1:1



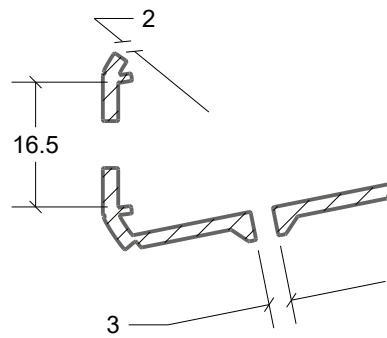
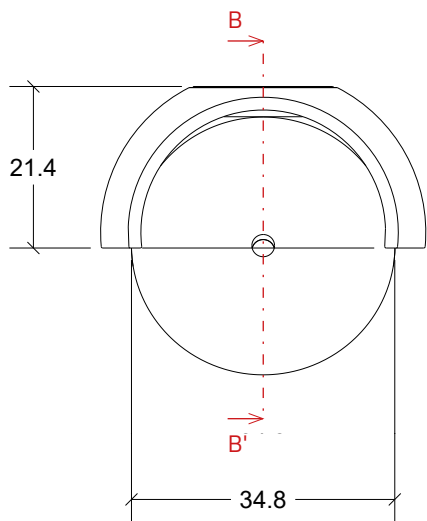
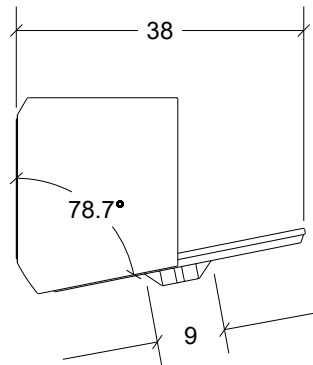
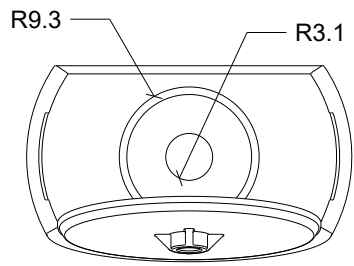
PRT_PALPEBRA modellata in Creo

7.2 Sezione occhio posteriore e anteriore

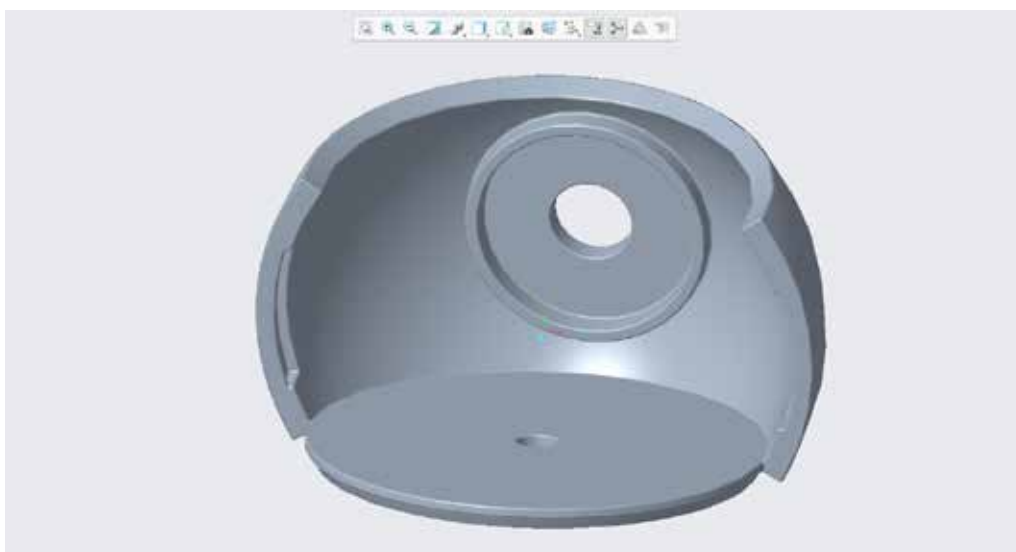
scala 1:1 e 5:1



PRT_OCCHIO_POSTERIORE modellata in Creo



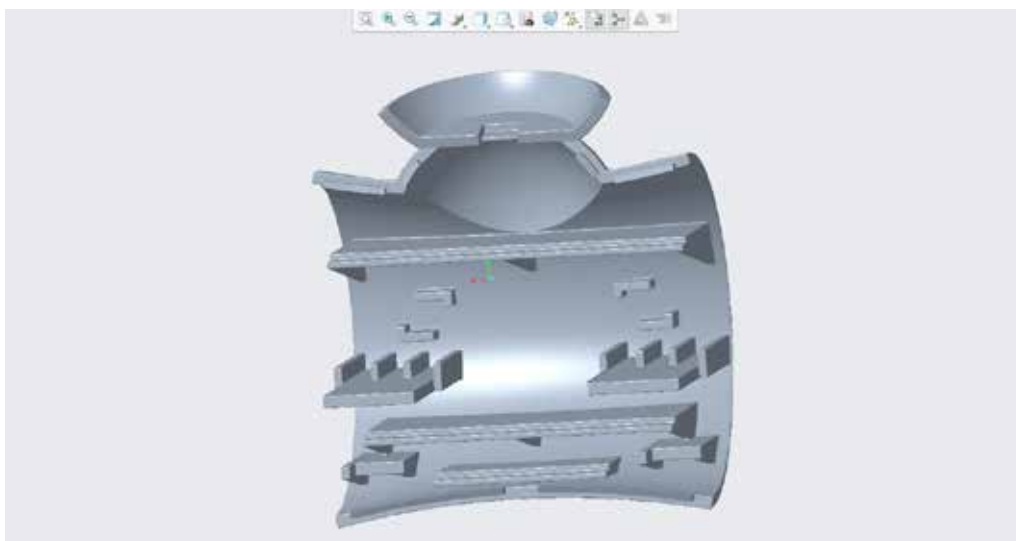
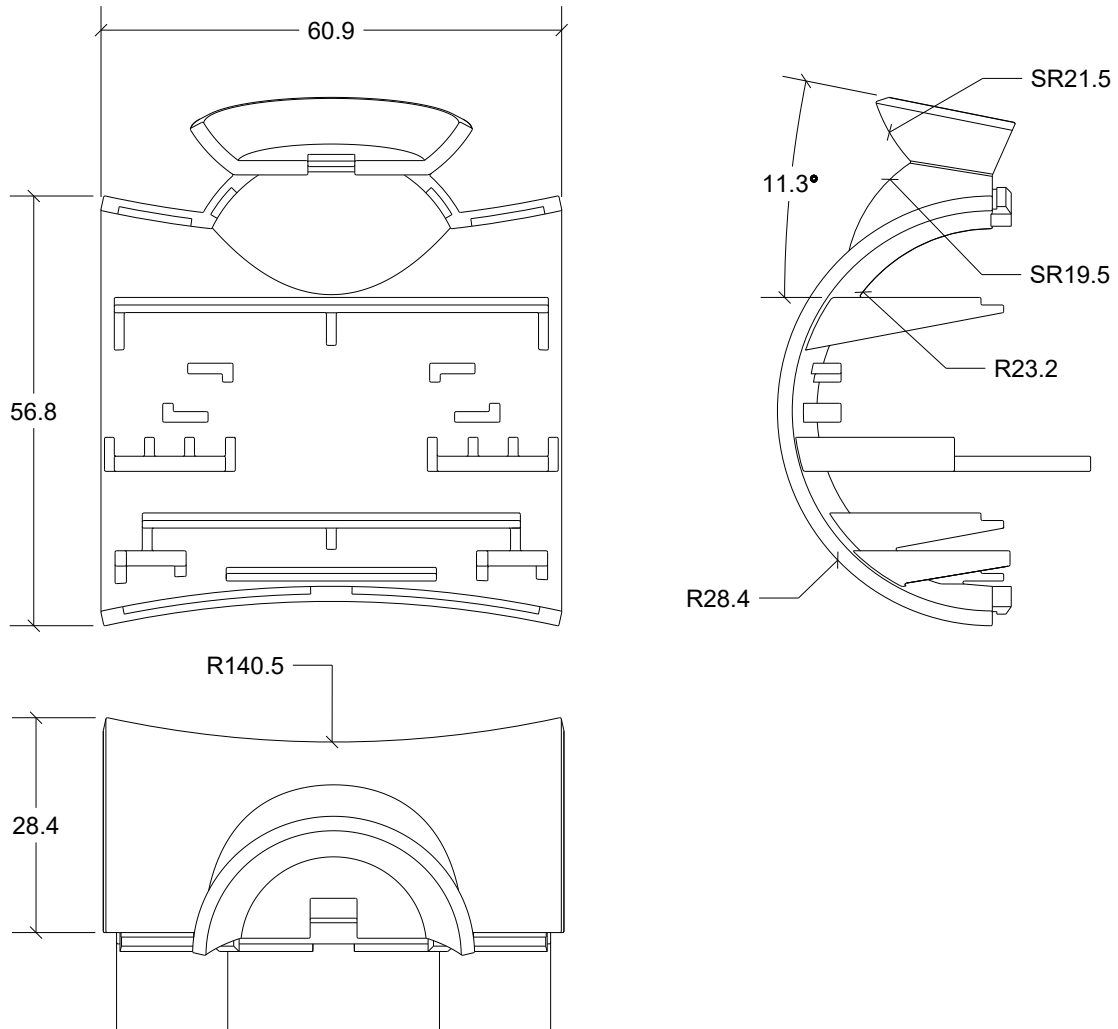
SEZIONE BB'



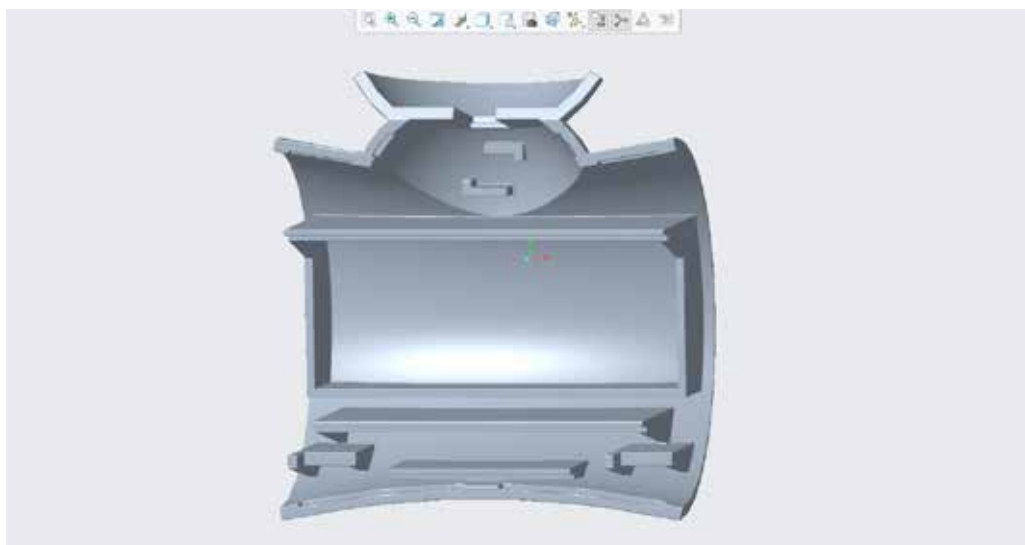
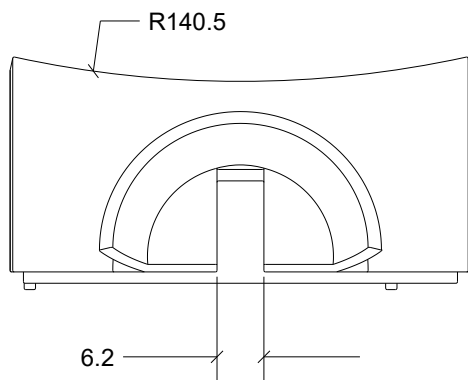
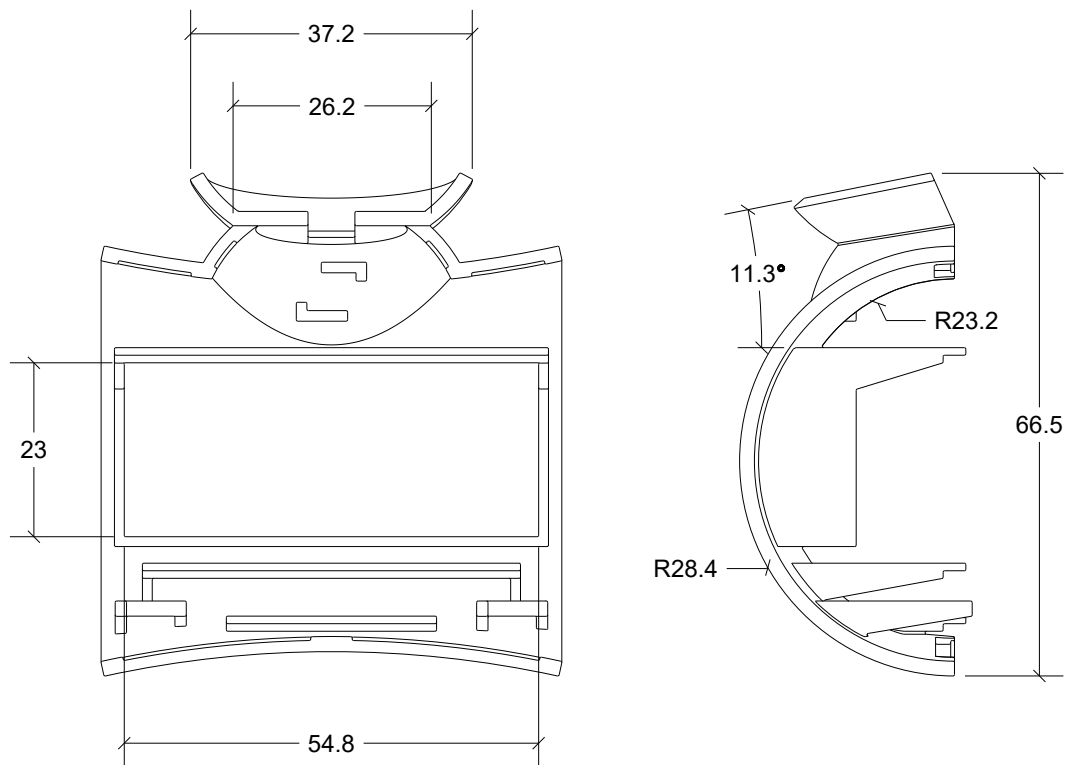
PRT_OCCHIO_ANTETIORE modellata in Creo

7.3 Sezione corpo posteriore e anteriore

scala 1:1



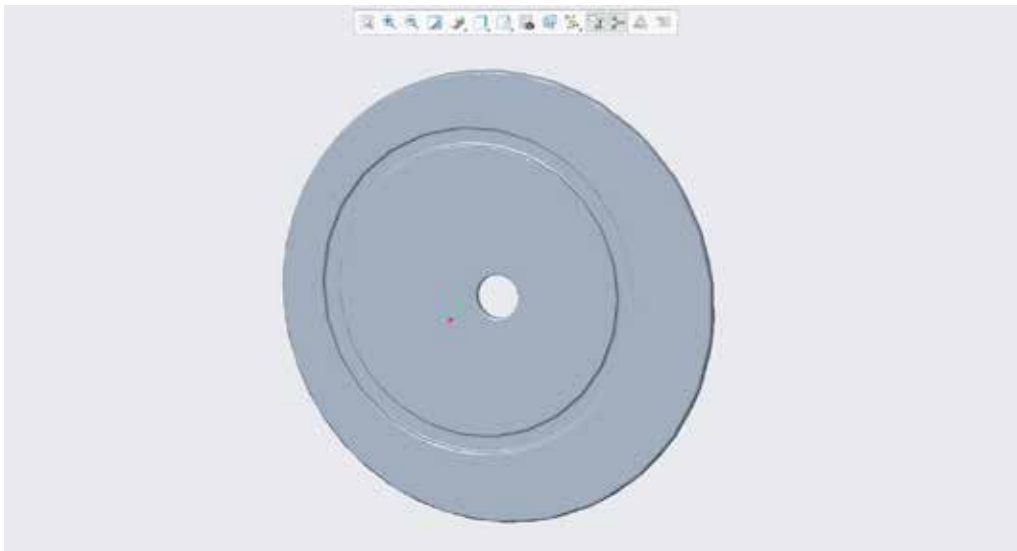
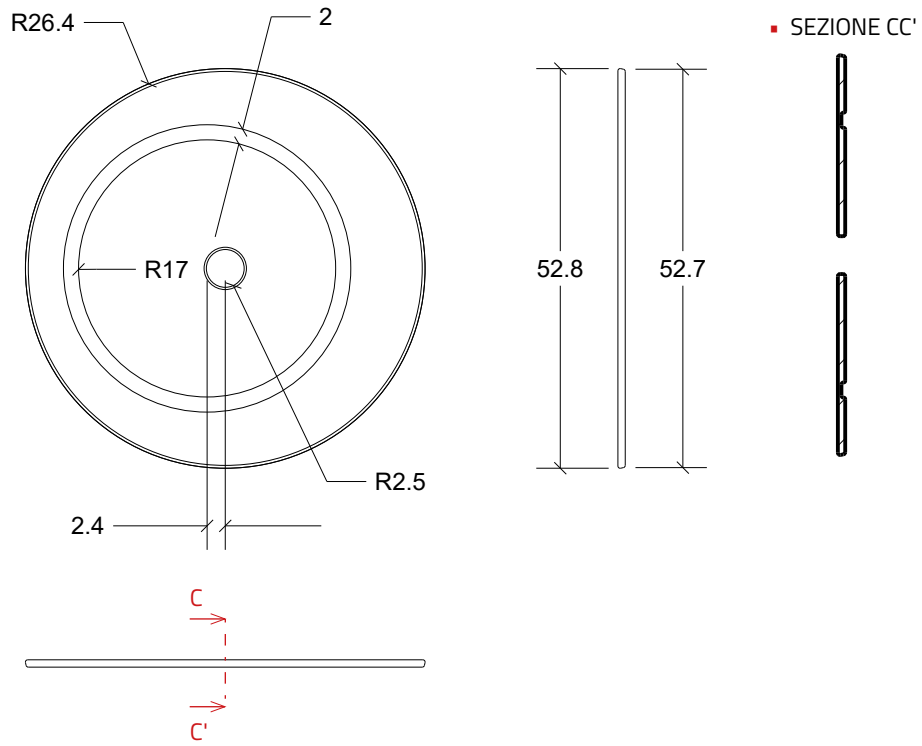
PRT_CORPO_POSTERIORE modellata in Creo



PRT_CORPO_ANTERIORE modellata in Creo

7.4 Tappo corpo

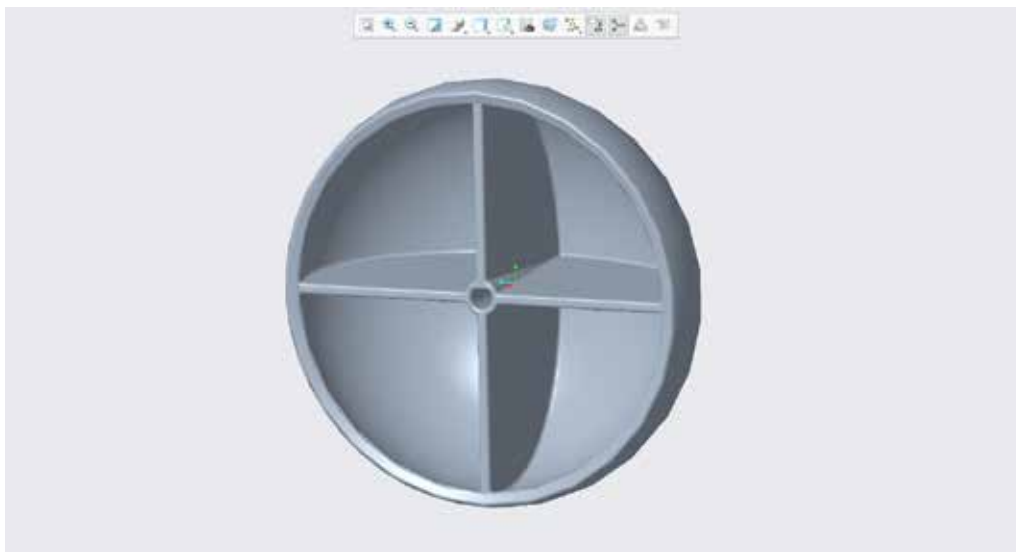
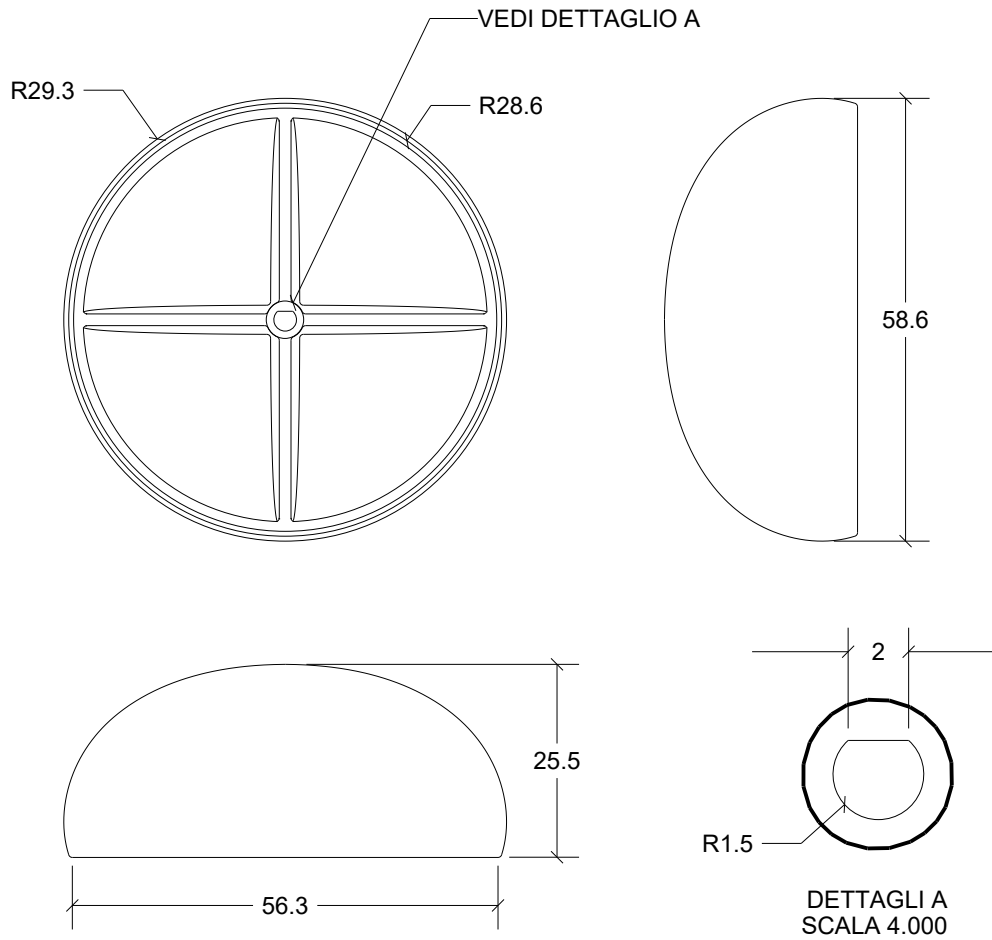
scala 1:1



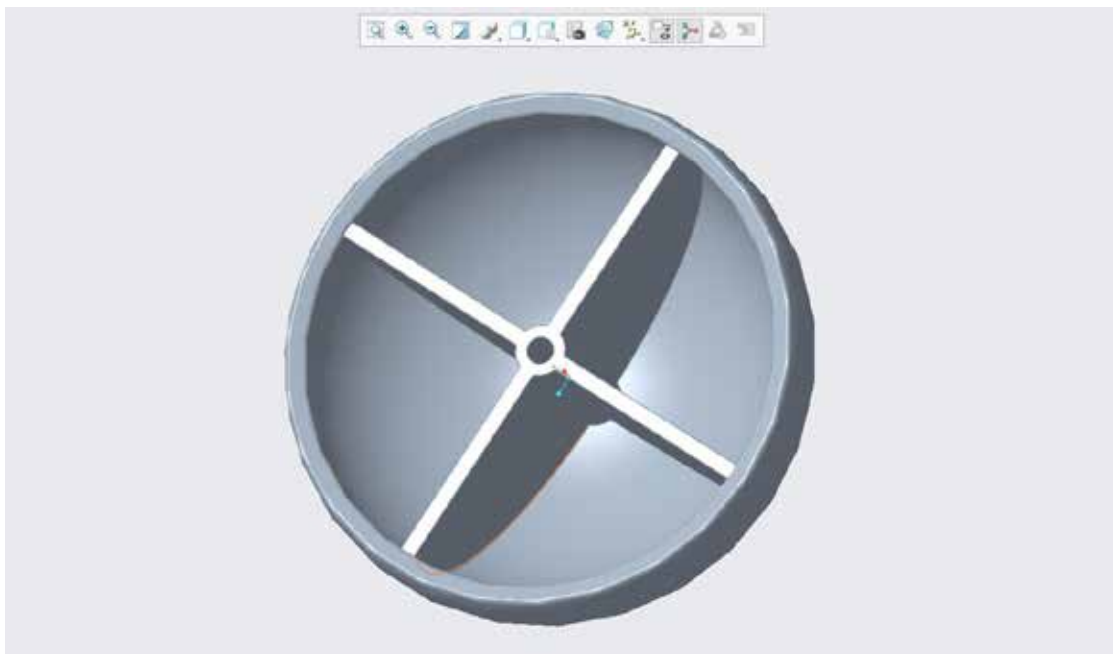
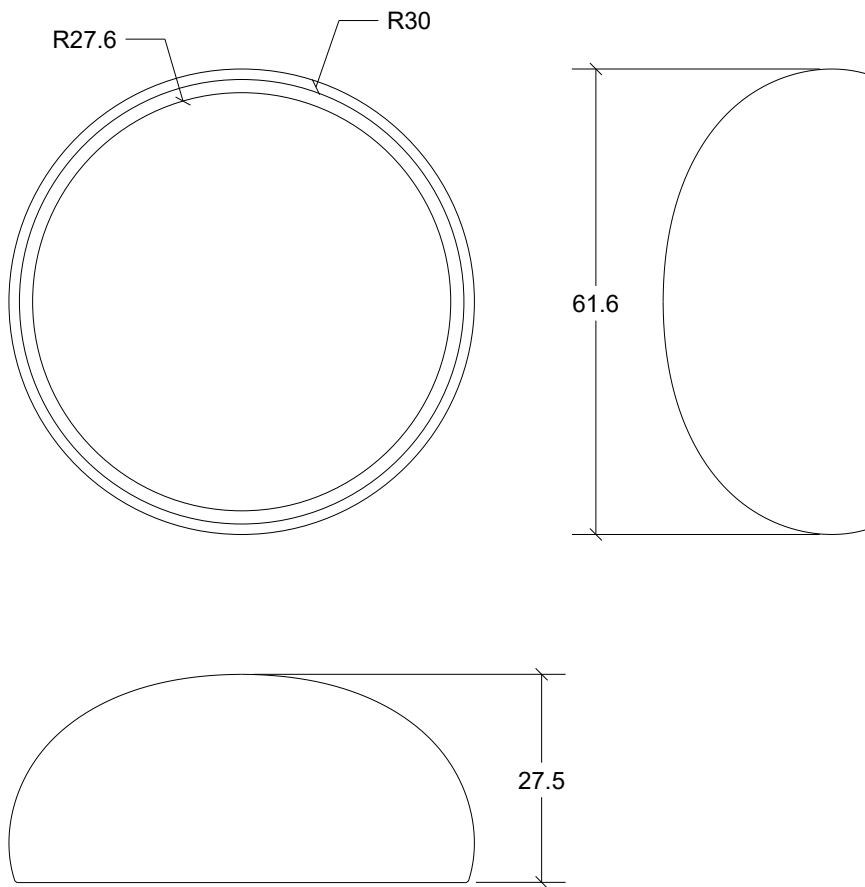
PRT_TAPPO_CORPO modellata in Creo

7.5 Ruota e pneumatico

scala 1:1 e 4:1



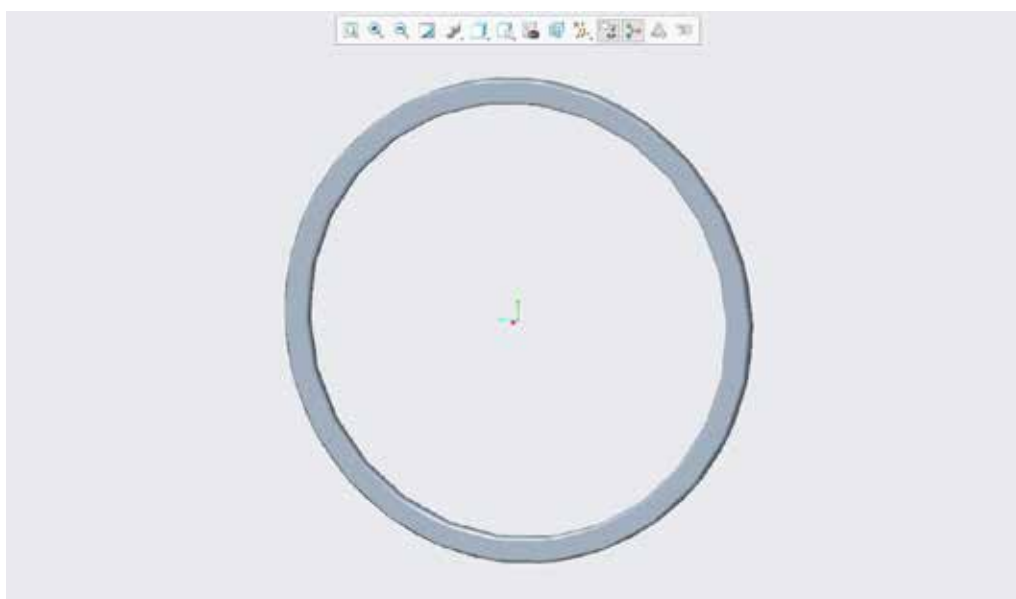
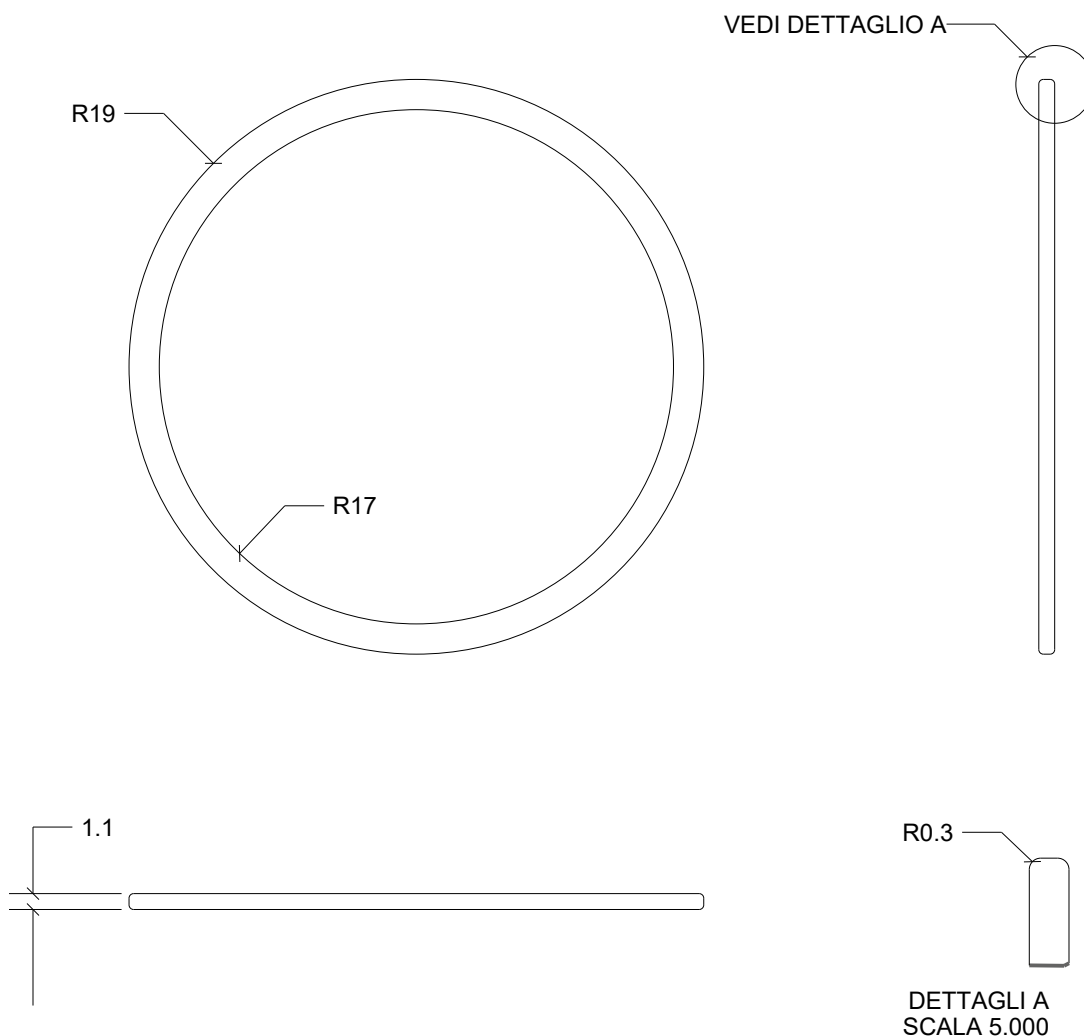
PRT_RUOTA modellata in Creo



PRT_PNEUMATICO modellata in Creo

7.6 Tappo trasmettitore

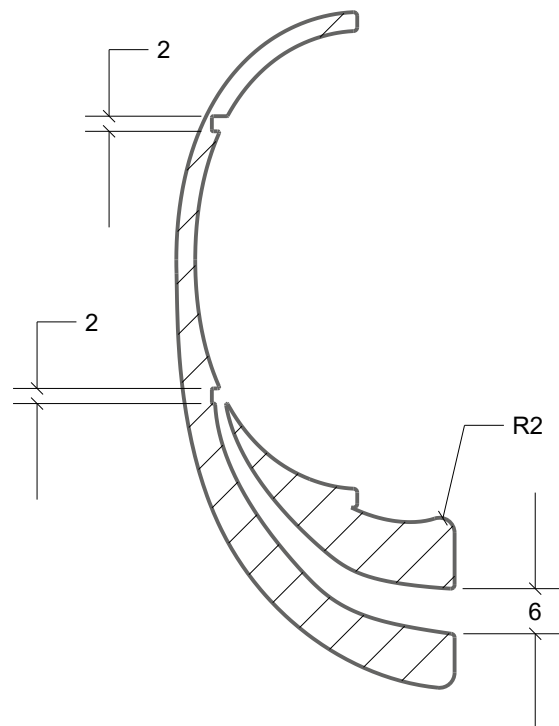
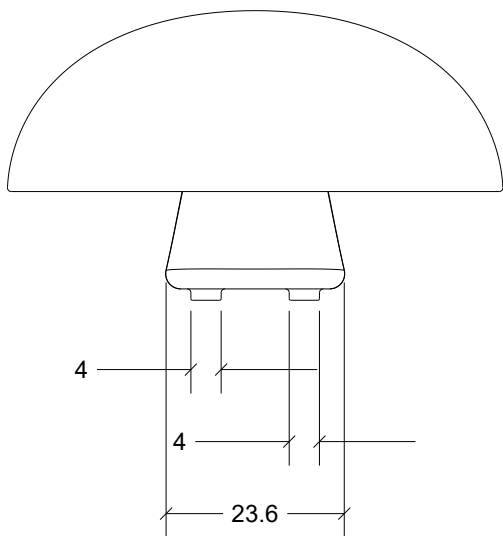
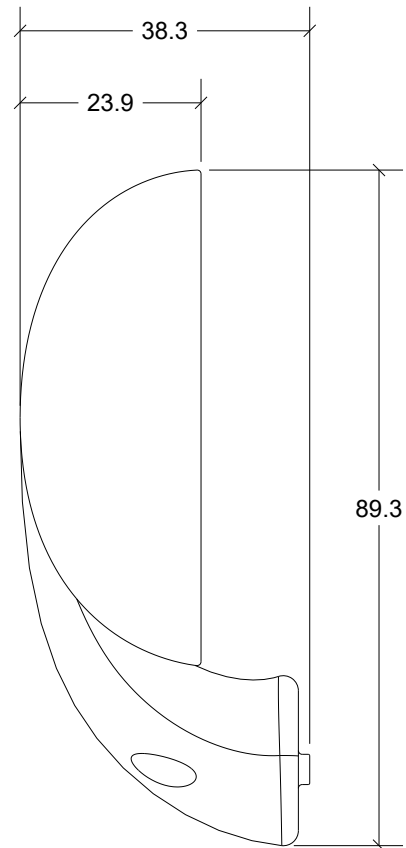
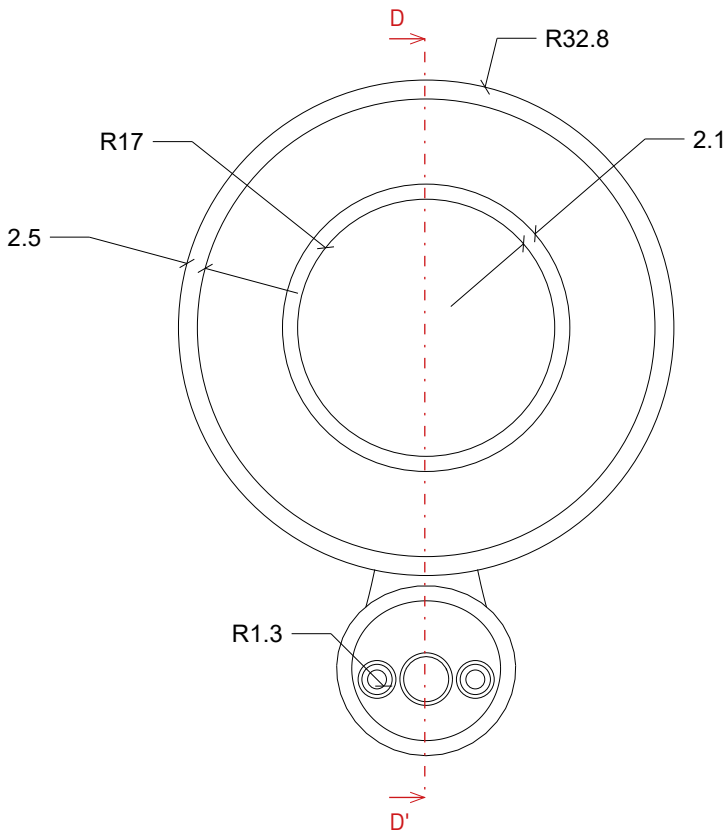
scala 2:1 e 5:1



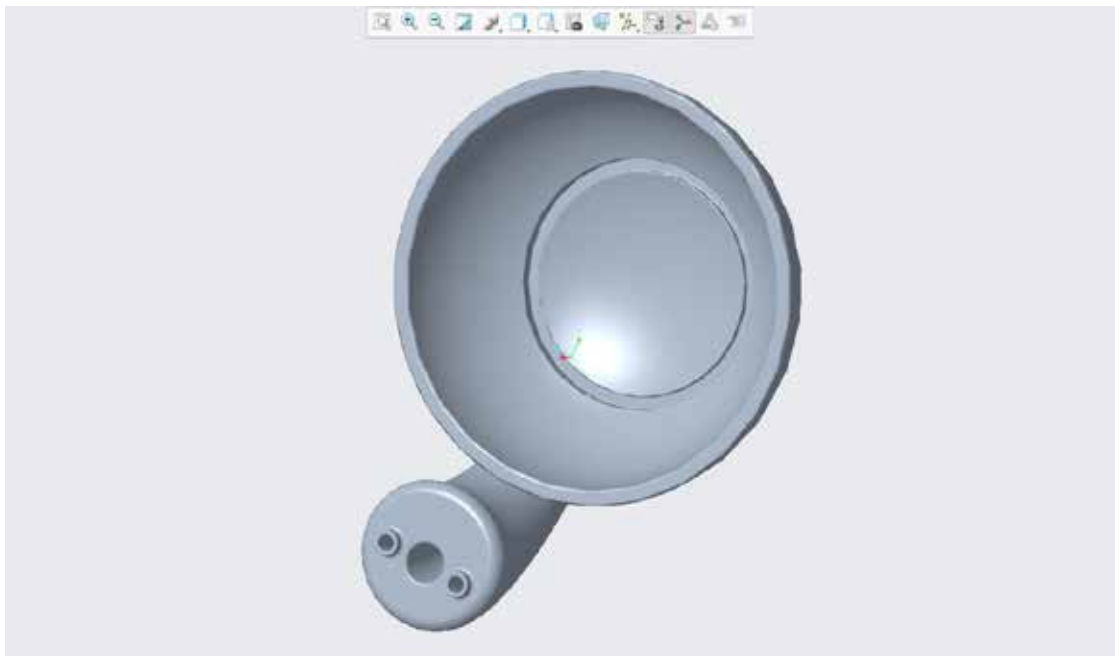
PRT_TAPPO_TRASMETTITORE modellata in Creo

7.7 Raccordo robot

scala 1:1



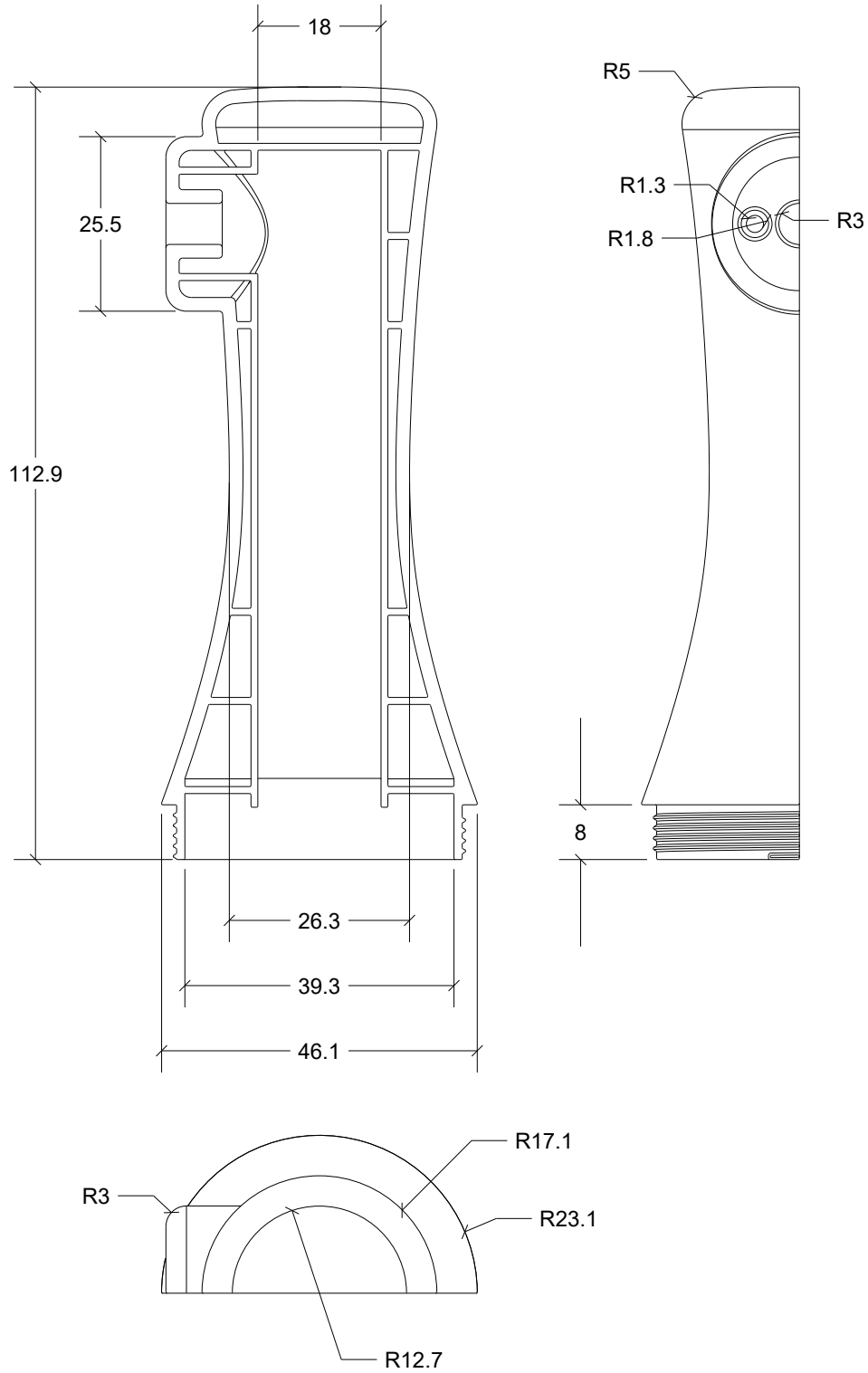
SEZIONE DD'



PRT_RACCORDO_ROBOT modellata in Creo

7.8 Sezione manico centrale

scala 1:1

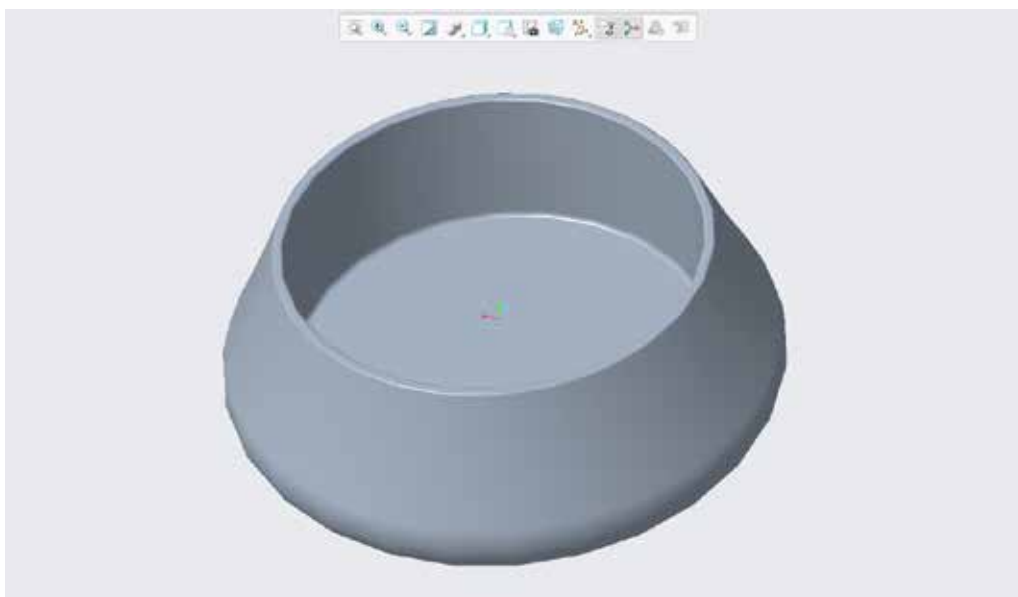
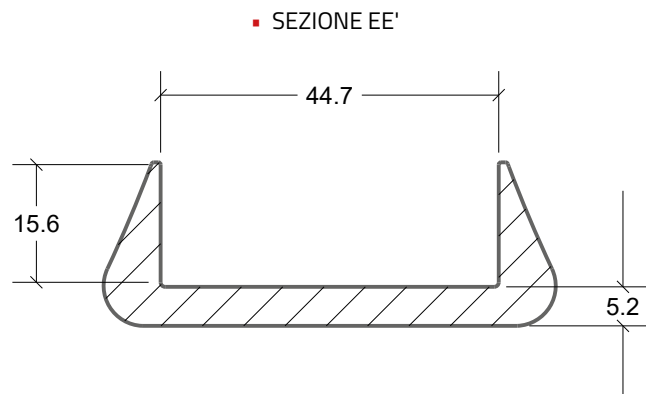
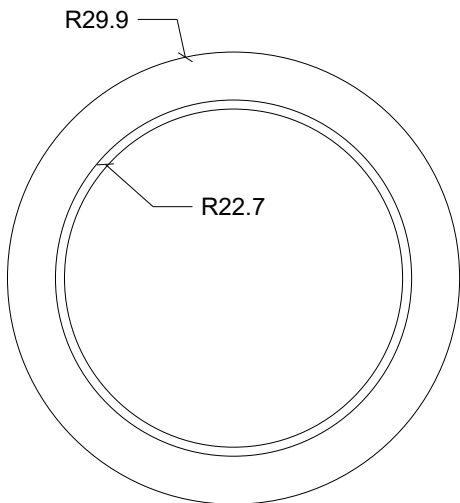
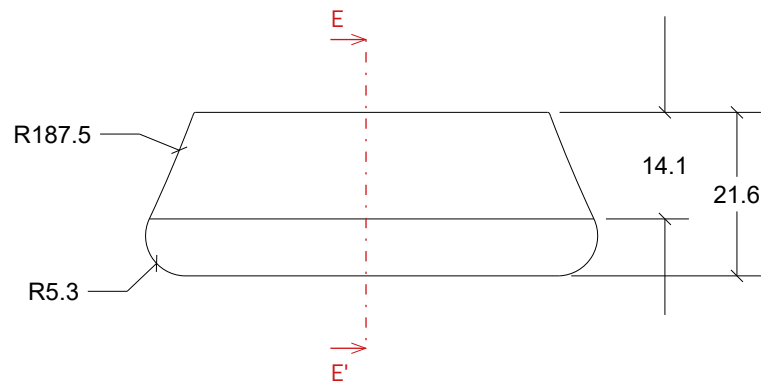
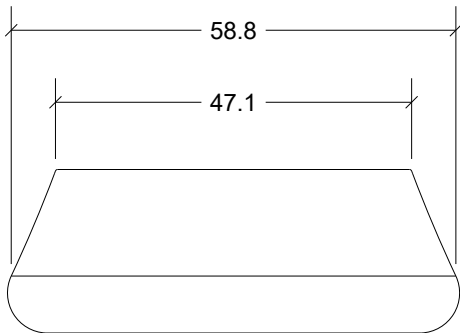




PRT_MANICO_UP modellata in Creo

7.12 Rivestimento base manico

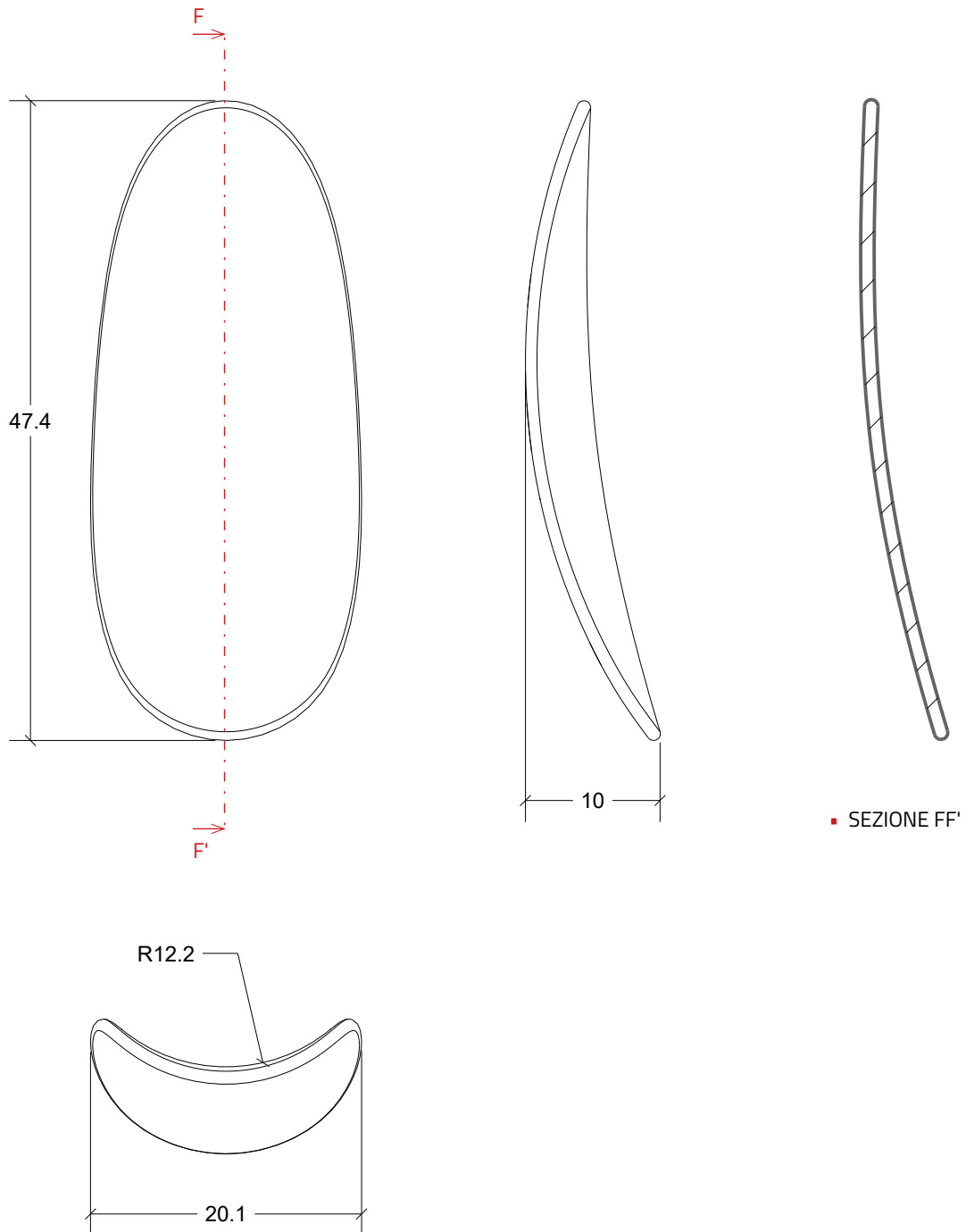
scala 1:1

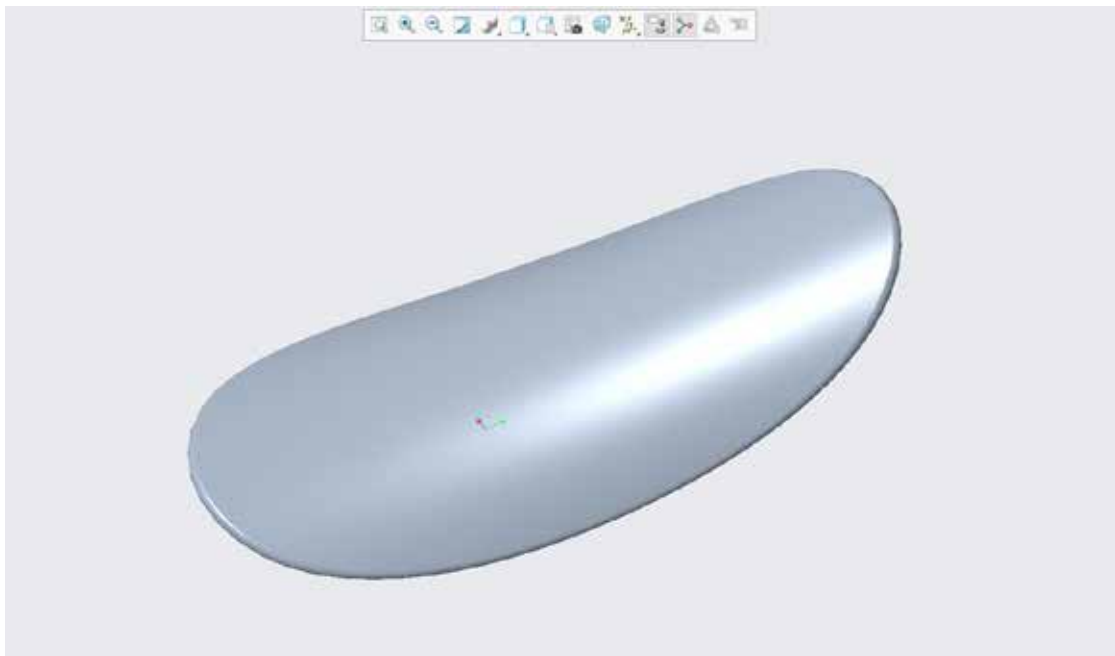


PRT_MANICO_BASE_RIVESTIMENTO modellata in Creo

7.13 Cuscinetto destro e sinistro

scala 2:1

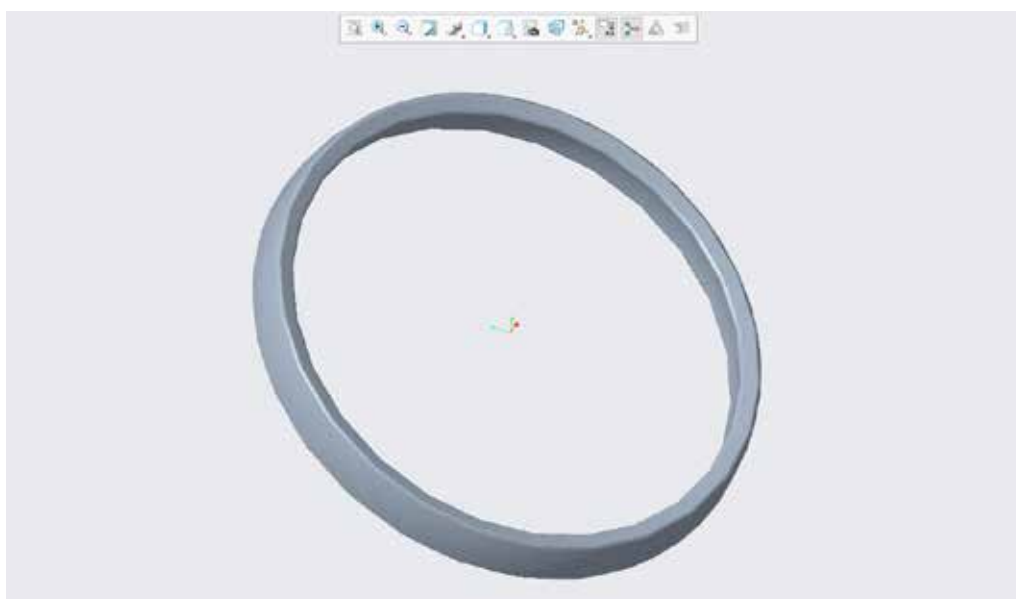
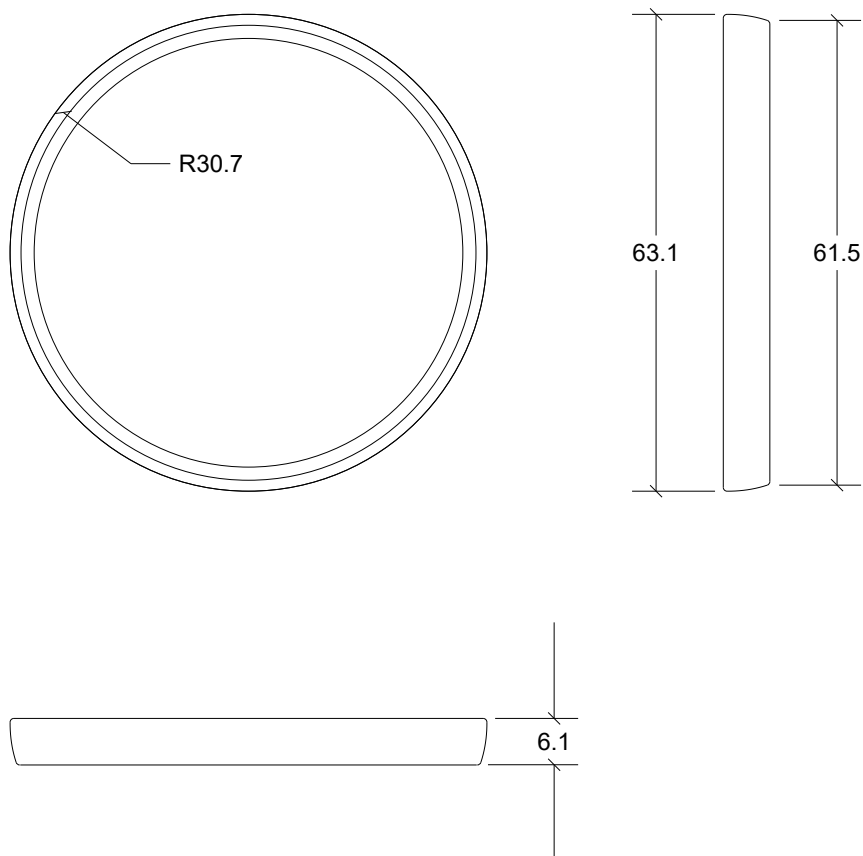




PRT_CUSCINETTO_DX modellata in Creo

7.14 Estensione raccordo robot

scala 1:1

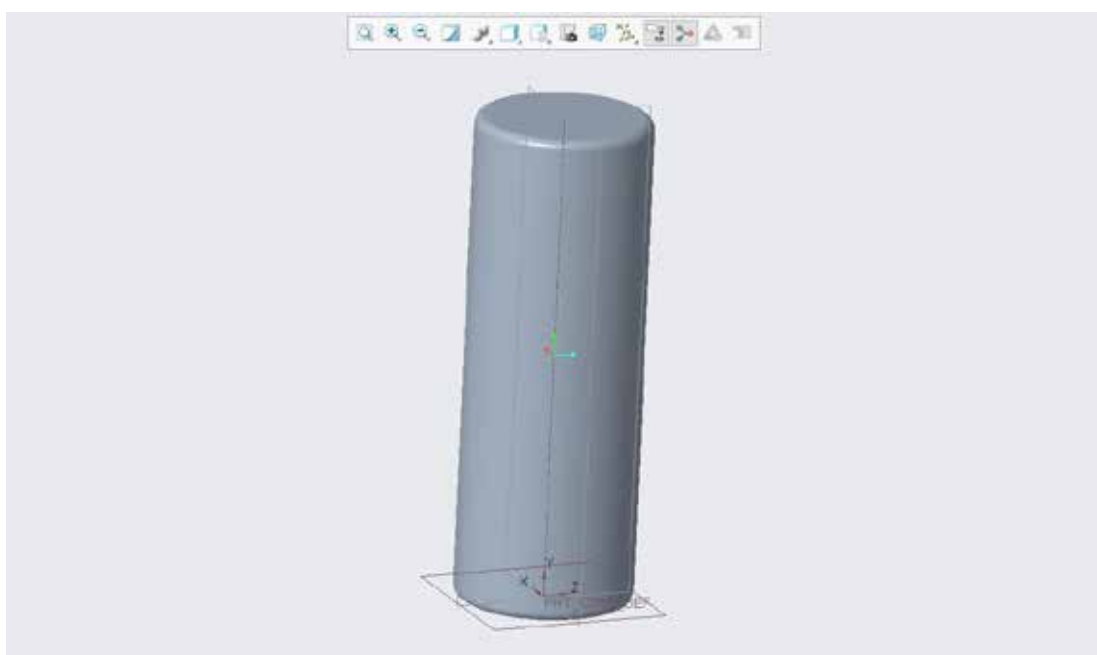


PRT_ESTENSIONE_SILICONE modellata in Creo

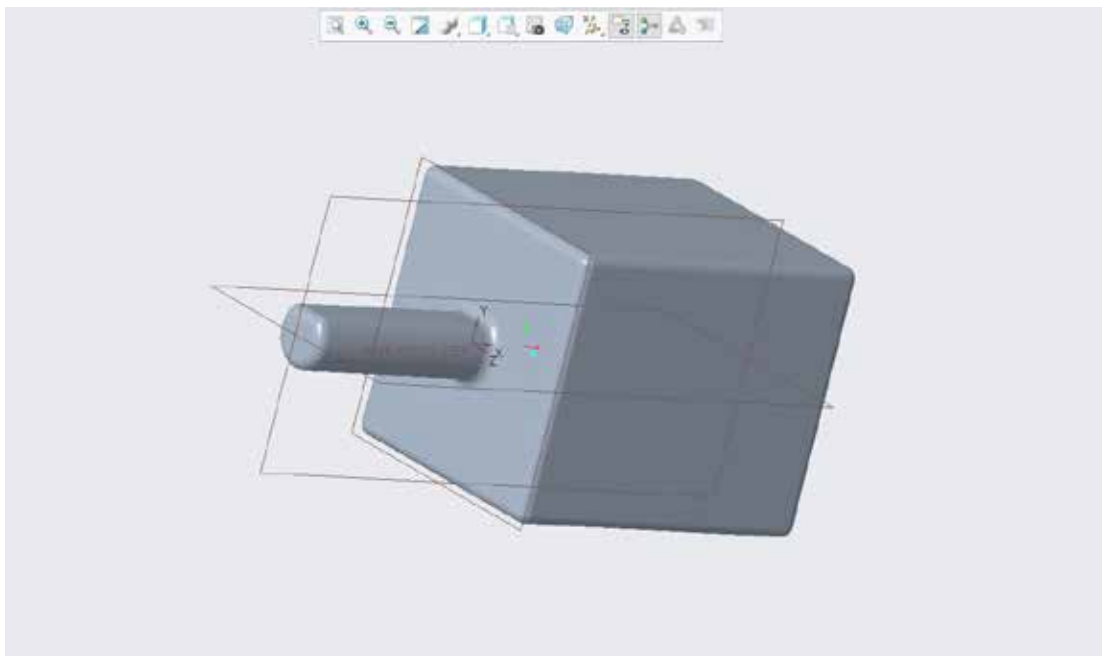
7.15 Modellazione componenti elettroniche

ID	Nome file	Q.tà	Dipendenza
1	PRT_C_BATTERIA_ROBOT	1	ASM_ROBOT
2	PRT_C_BLUETOOTH	1	ASM_ROBOT
3	PRT_C_BOBINA_ROBOT	1	ASM_ROBOT
4	PRT_C_CORONA_LED	1	ASM_ROBOT
5	PRT_C_ENCODER	2	ASM_ROBOT
6	PRT_C_GEARMOTOR	2	ASM_ROBOT
7	PRT_C_GPS	1	ASM_ROBOT
8	PRT_C_IRSENSOR	6	ASM_ROBOT
9	PRT_C_MICROFONO	1	ASM_ROBOT
10	PRT_C_MOTORDRIVER	1	ASM_ROBOT
11	PRT_C_PCB_VIDEOCAMERA	1	ASM_ROBOT
12	PRT_C_PROPSHIELD	1	ASM_ROBOT
13	PRT_C_RICEVITORE	1	ASM_ROBOT
14	PRT_C_SERVOMOTORE_1	1	ASM_ROBOT
15	PRT_C_SERVOMOTORE_2	1	ASM_ROBOT
16	PRT_C_SPEAKER	1	ASM_ROBOT
17	PRT_C_TEENSY	1	ASM_ROBOT
18	PRT_C_VIDEOCAMERA	1	ASM_ROBOT
19	PRT_C_ZAVORRA_1	1	ASM_ROBOT
20	PRT_C_ZAVORRA_2	1	ASM_ROBOT
21	PRT_C_ZAVORRA_3	1	ASM_ROBOT
22	PRT_C_BATTERIA_MANICO	2	ASM_MANICO
23	PRT_C_BOBINA_MANICO	1	ASM_MANICO
24	PRT_C_TRASMETTITORE	1	ASM_MANICO
25	PRT_C_USB_CHARGER	1	ASM_MANICO

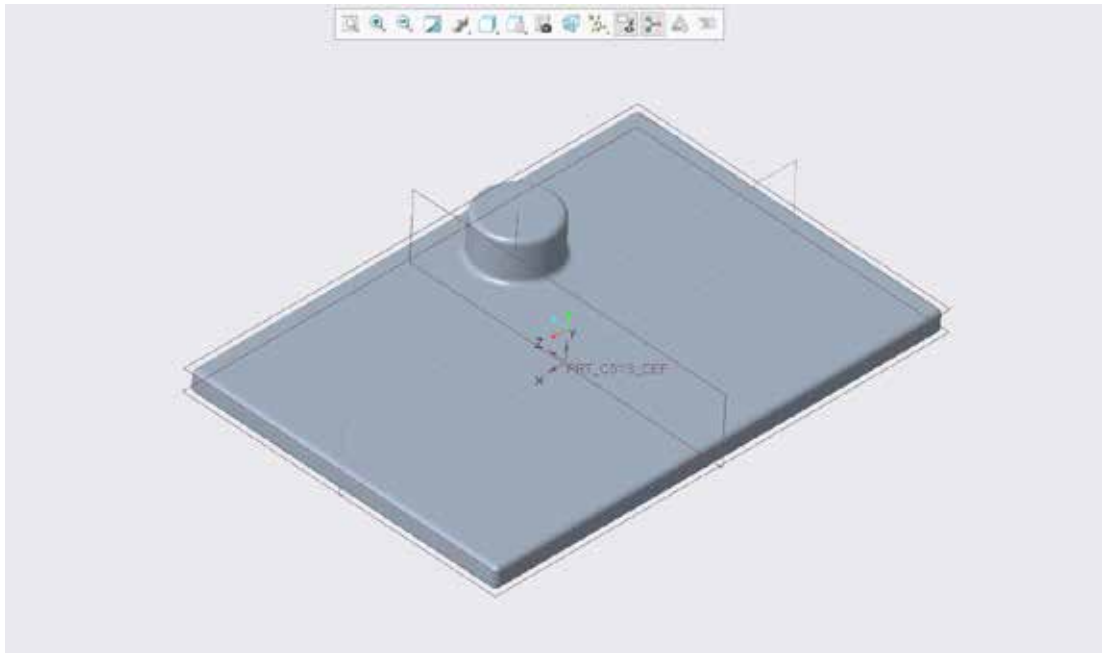
Distinta delle componenti elettroniche



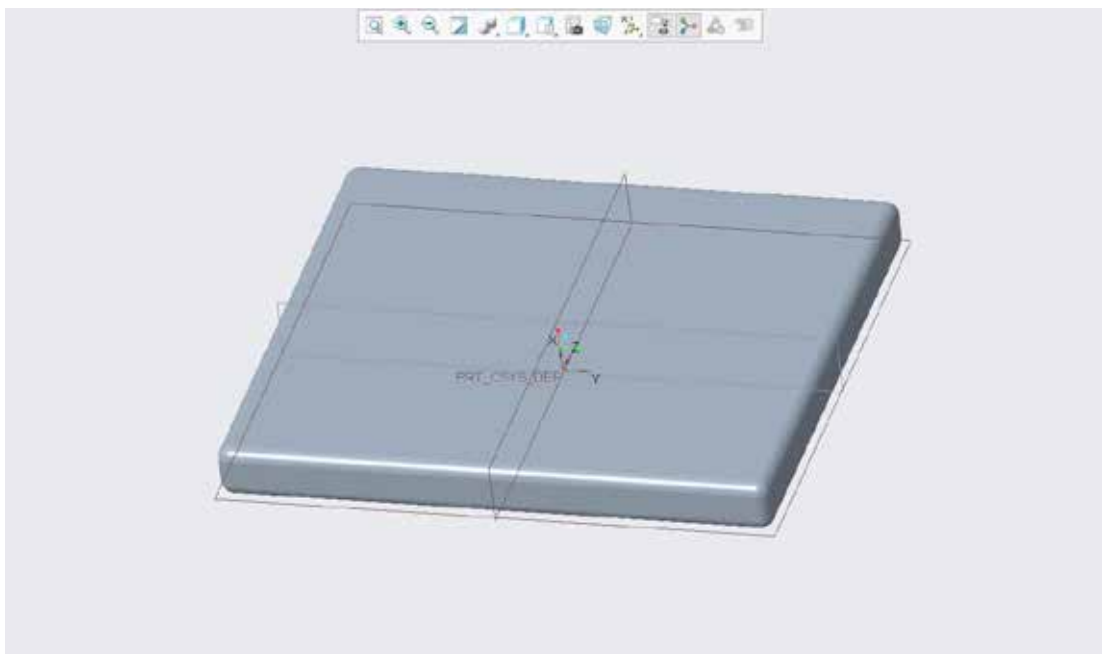
PRT_C_BATTERIA_MANICO



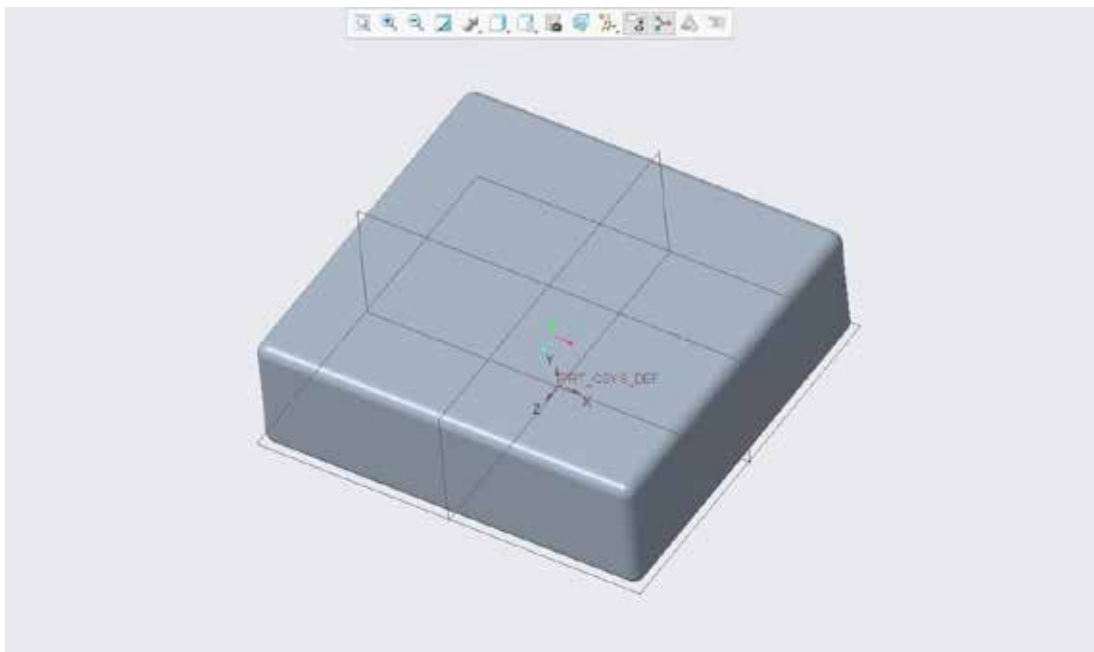
PRT_C_GEARMOTOR



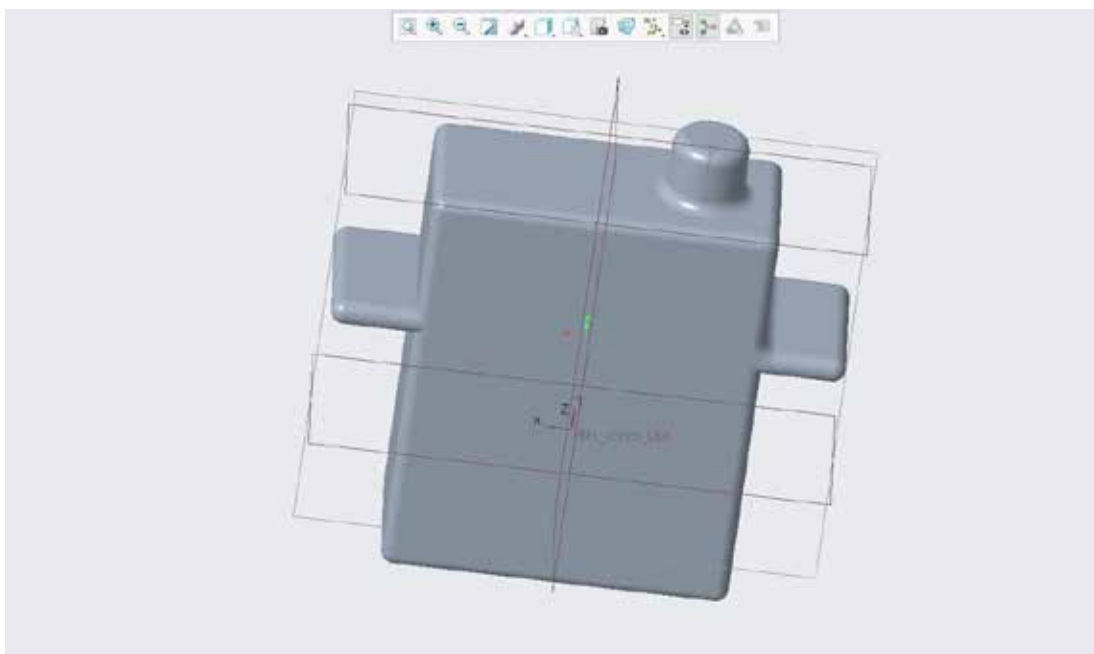
PRT_C_MICROFONO



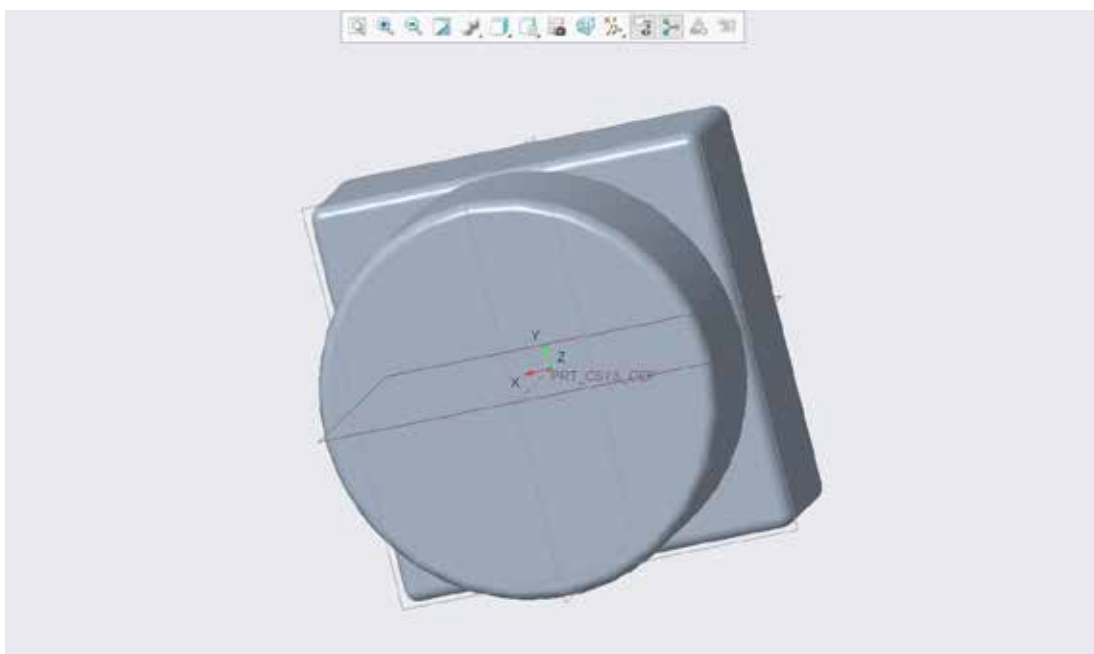
PRT_C_USB_CHARGER



PRT_C_GPS



PRT_C_SERVOMOTORE



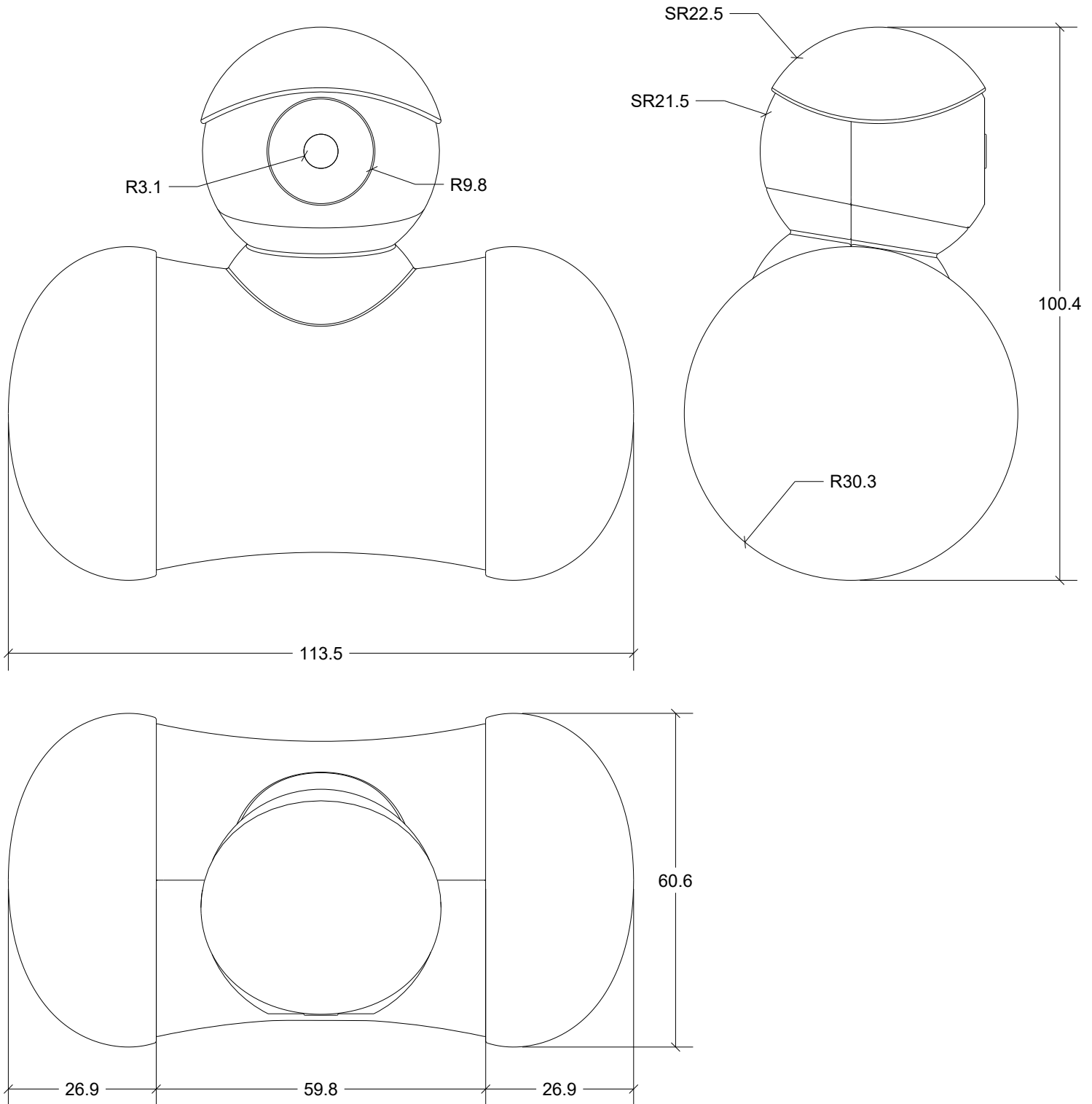
PRT_C_VIDEOCAMERA

8.0 MODELLAZIONE SOLIDA DEGLI ASSIEMI



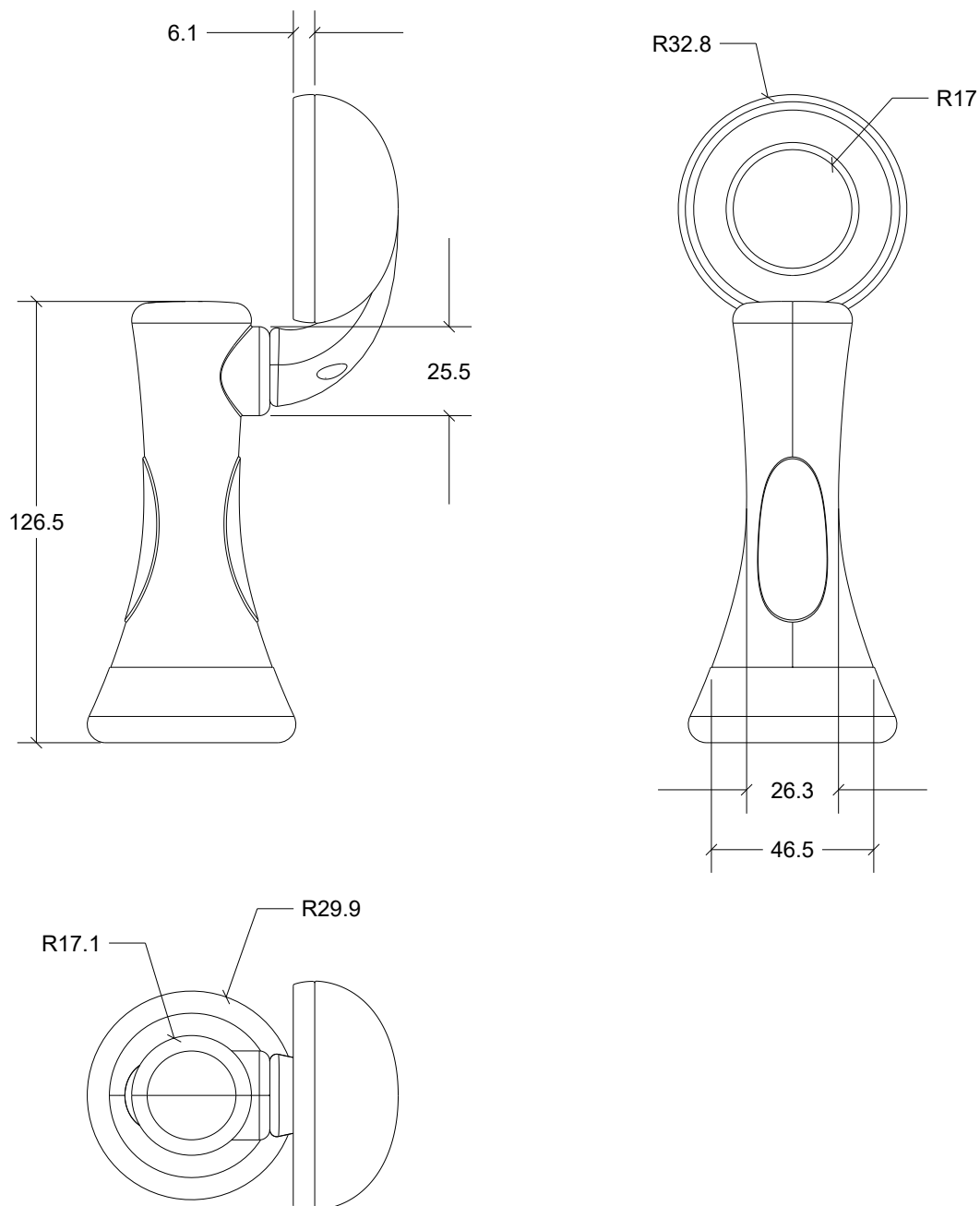
8.1 Assieme 1 - Robot

scala 1:1



8.2 Assieme 2 - Manico

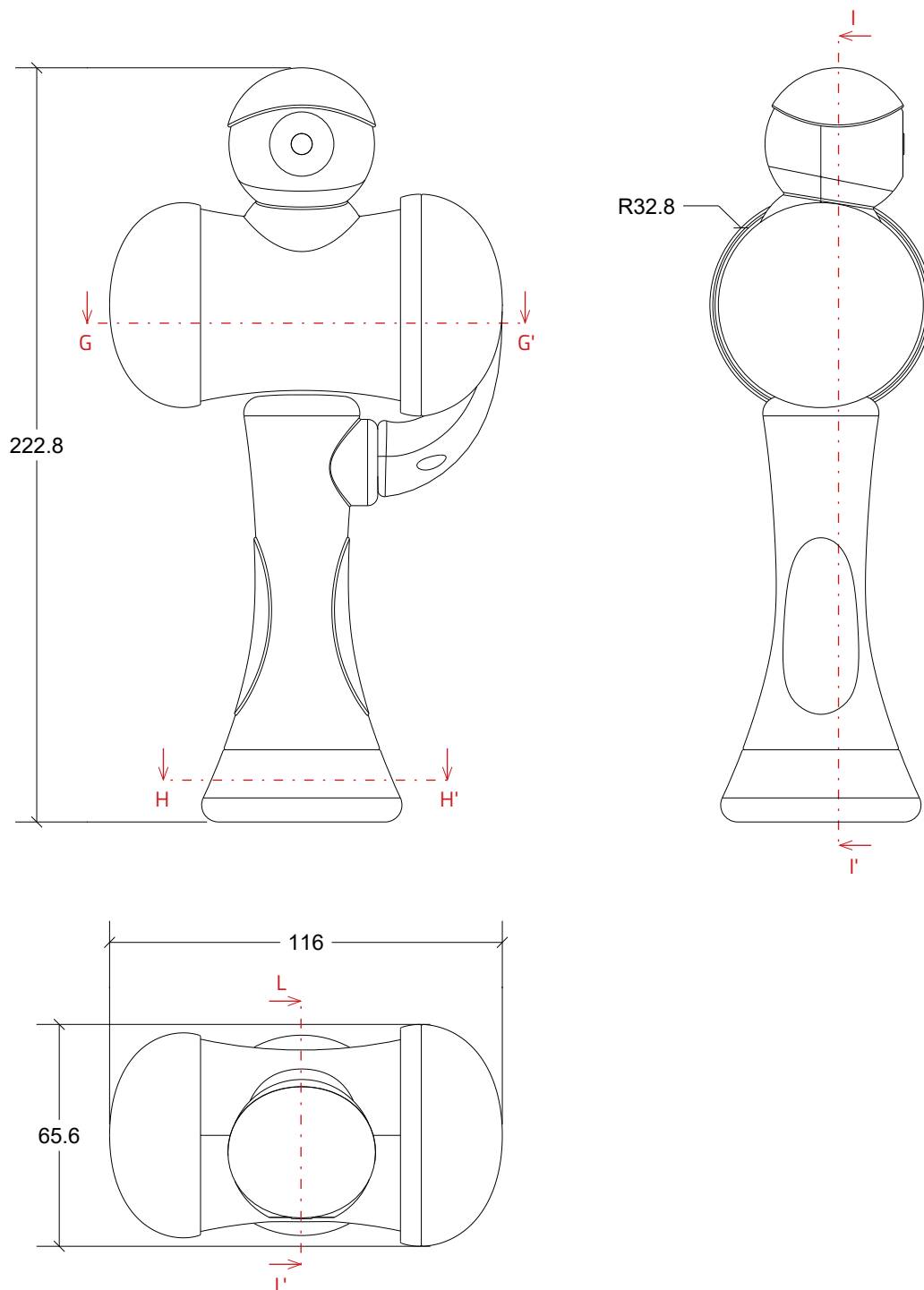
scala 1:2 e 1:1

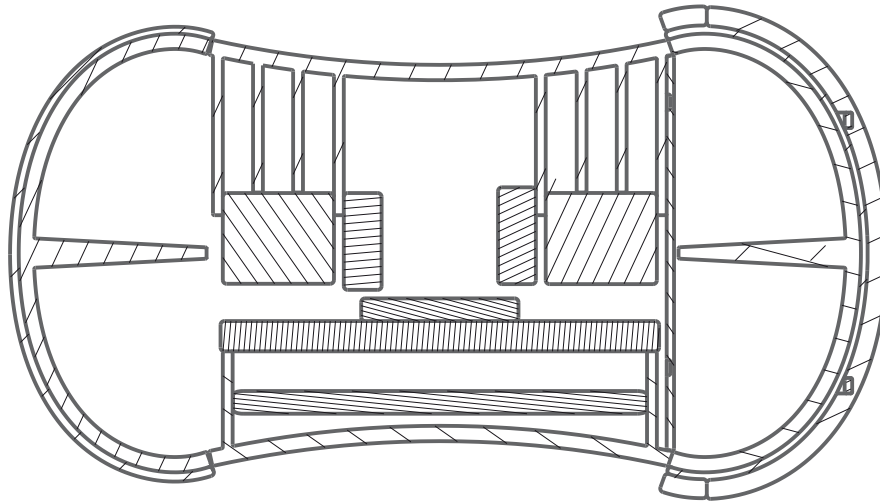


8.3 Assieme 3 - Prodotto

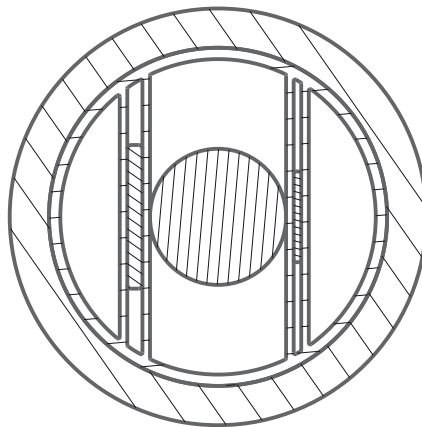
assemblato

scala 1:2 e 1:1

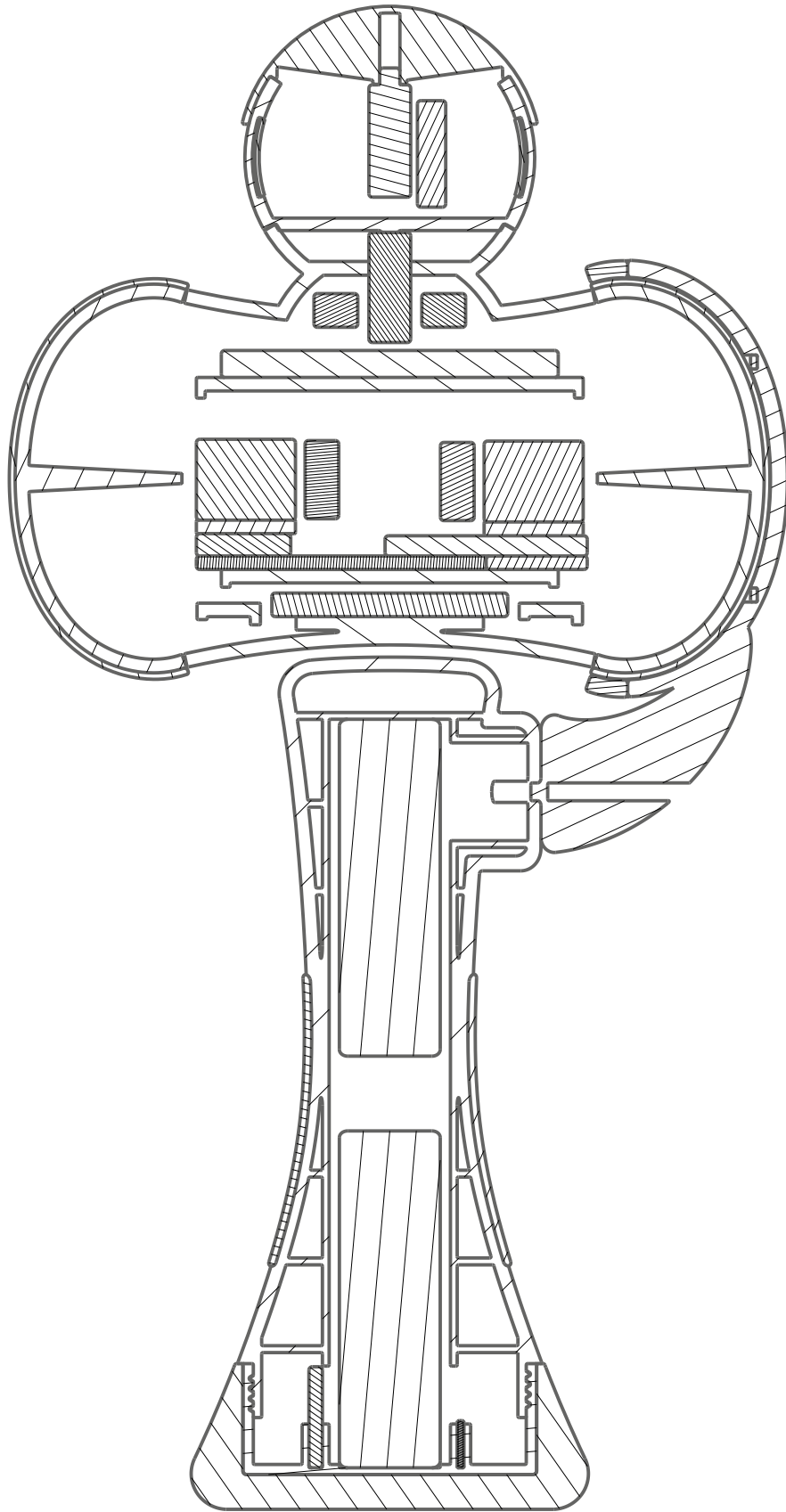




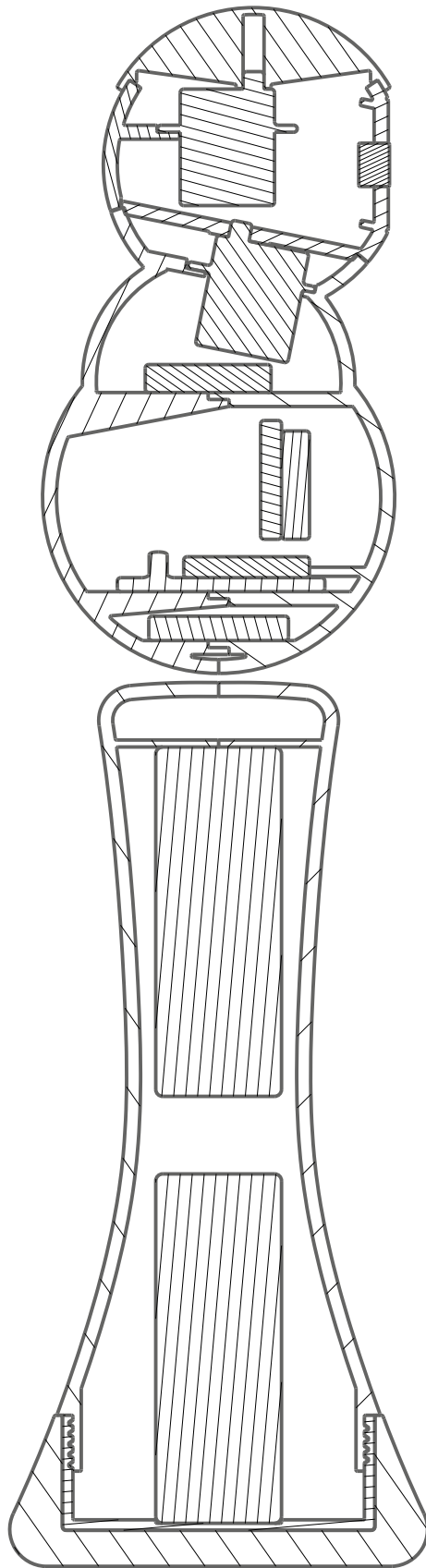
■ SEZIONE GG'



■ SEZIONE HH'



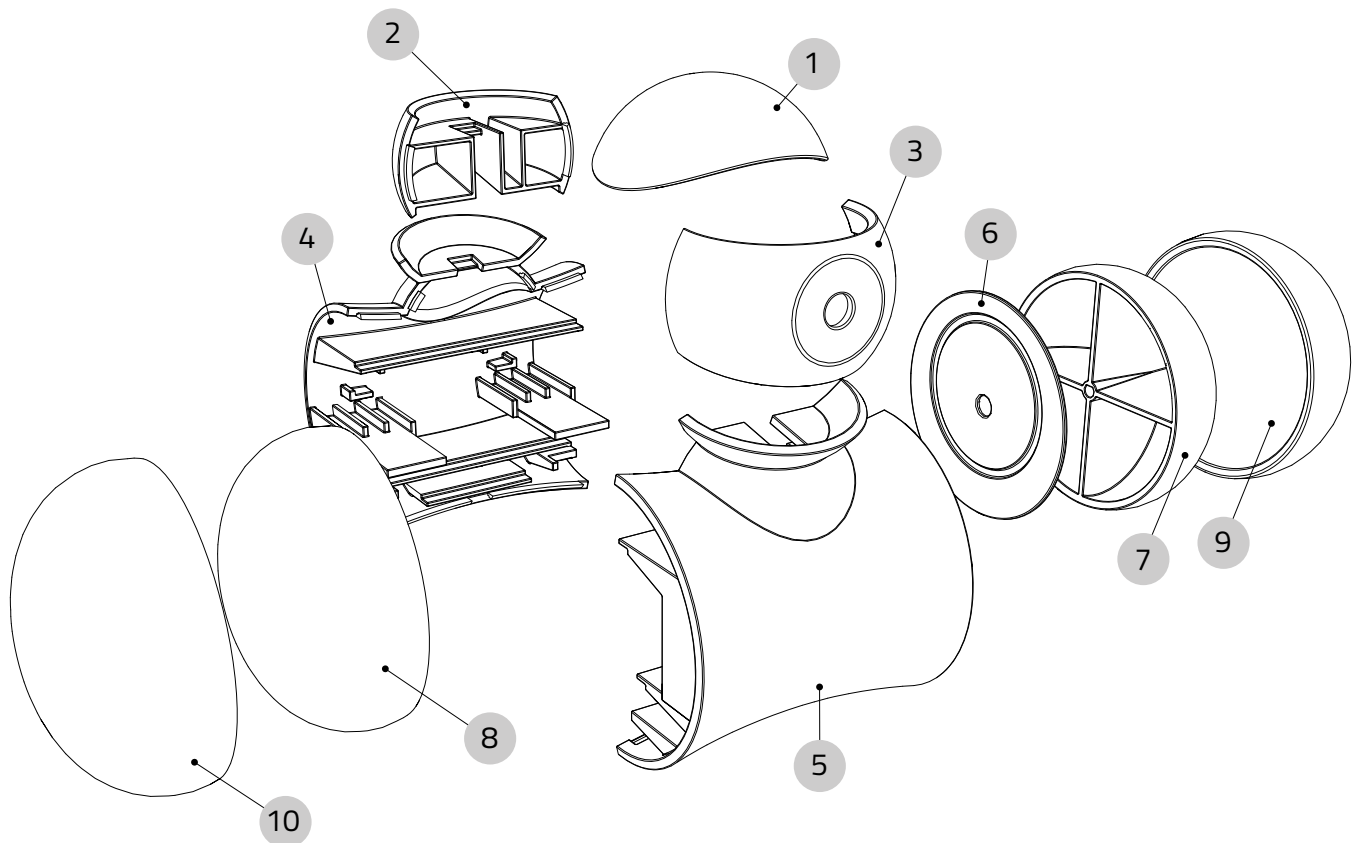
■ SEZIONE II'



▪ SEZIONE LL'

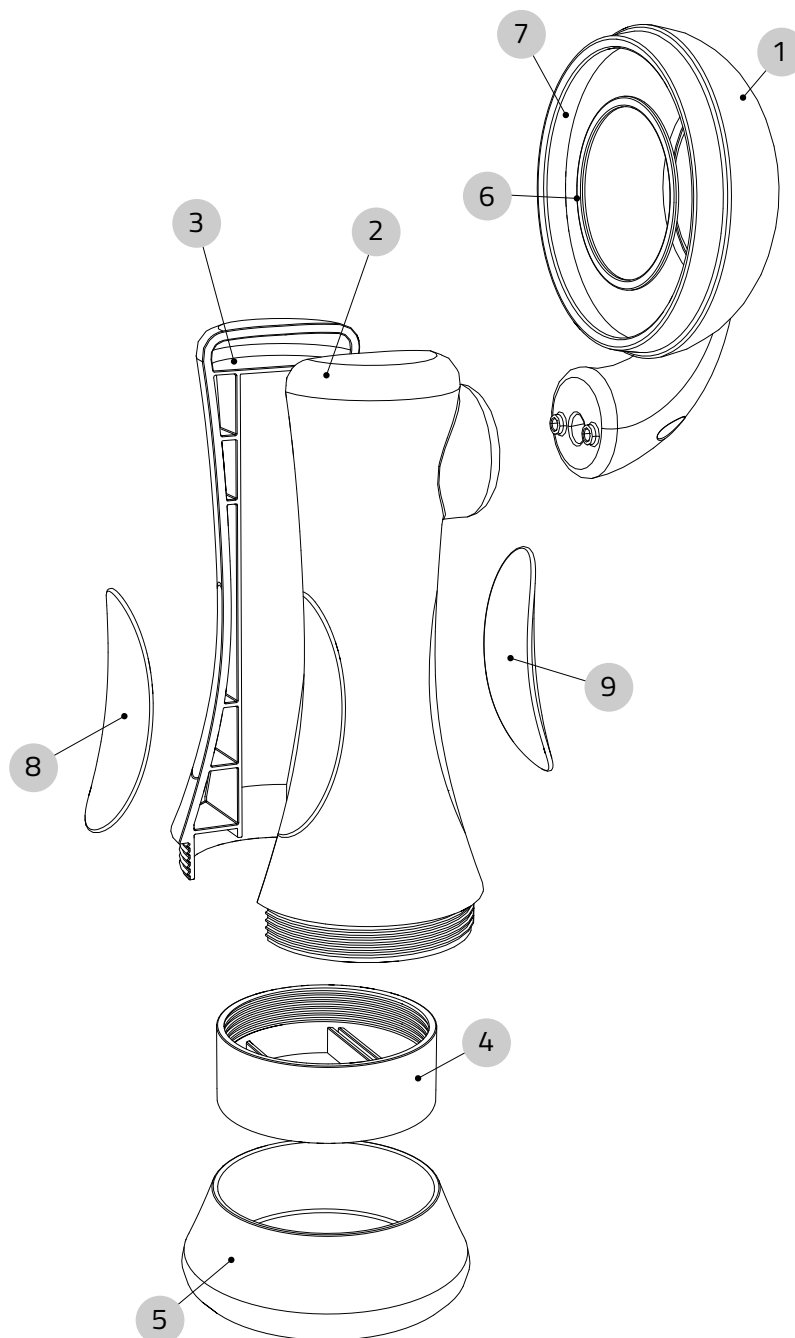
8.4 Bollatura Assieme 1 - Robot

ID	Nome file	Descrizione	Q.tà	Materiale	Dipendenza
1	PRT_PALPEBRA	Palpebra girevole	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
2	PRT_OCCHIO_POSTERIORE	Sezione occhio posteriore	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
3	PRT_OCCHIO_ANTERIORE	Sezione occhio anteriore	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
4	PRT_CORPO_POSTERIORE	Sezione corpo posteriore	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
5	PRT_CORPO_ANTERIORE	Sezione corpo anteriore	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
6	PRT_TAPPO_CORPO	Tappo laterale del corpo per bobina	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
7	PRT_RUOTA_DX	Ruota destra	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
8	PRT_RUOTA_SX	Ruota sinistra	1	Policarbonato	ASM_ROBOT
9	PRT_PNEMATICO_DX	Pneumatico destro	1	Gomma siliconica	ASM_ROBOT
10	PRT_PNEMATICO_SX	Pneumatico sinistro	1	Gomma siliconica	ASM_ROBOT



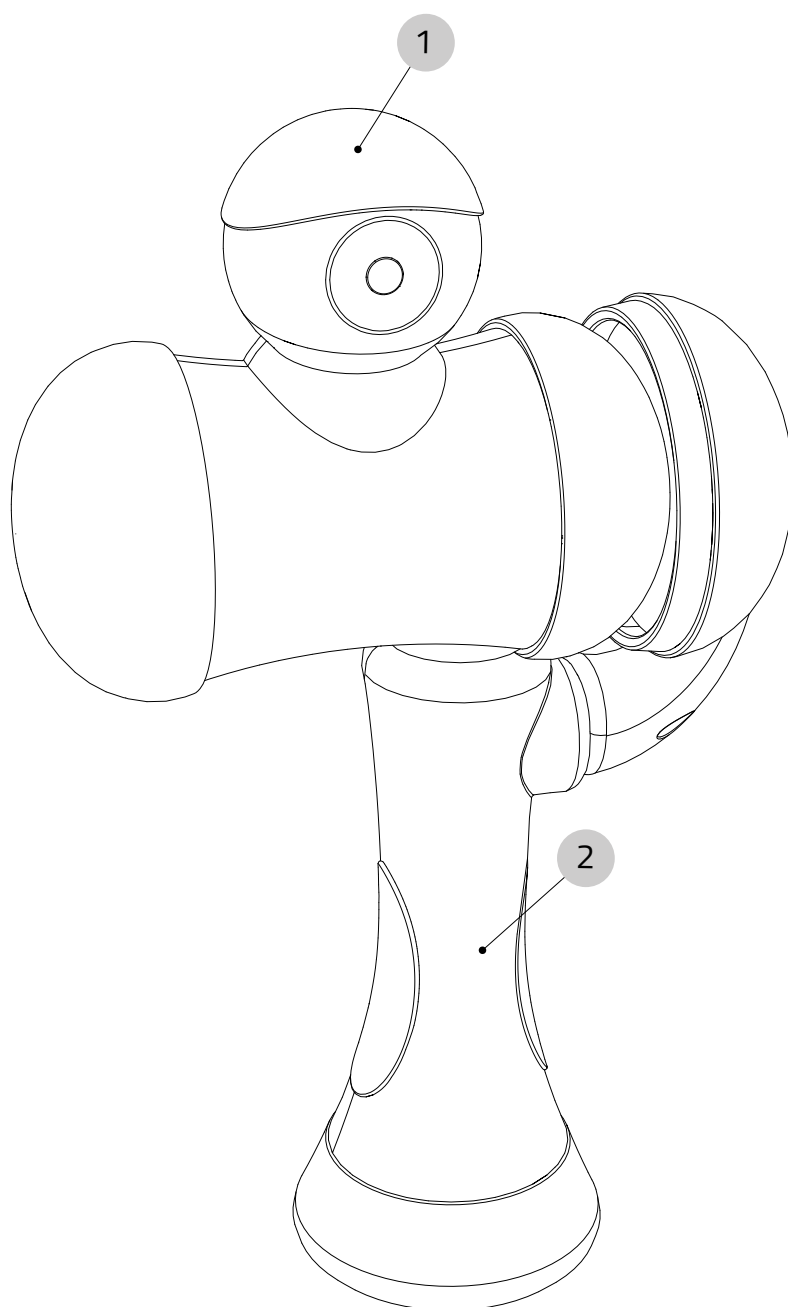
8.5 Bollatura Assieme 2 - Manico

ID	Nome file	Descrizione	Q.tà	Materiale	Dipendenza
1	PRT_RACCORDO_ROBOT	Unione tra manico superiore e robot (cupola caricamento)	1	Policarbonato	ASM_MANICO
2	PRT_SEZIONE_MANICO_ANTERIORE	Sezione anteriore dell'impugnatura del manico	1	Policarbonato	ASM_MANICO
3	PRT_SEZIONE_MANICO_POSTERIORE	Sezione posteriore dell'impugnatura del manico	1	Policarbonato	ASM_MANICO
4	PRT_BASE_ESTRAIBILE	Base avvitabile del manico	1	Policarbonato	ASM_MANICO
5	PRT_RIVESTIMENTO_BASE	Base di protezione della base rigida	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
6	PRT_TAPPO_TRASMETTITORE	Tappo di copertura bobina di caricamento (cupola)	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
7	PRT_ESTENSIONE_SILICONE	Estensione in silicone della cupola per aggancio al robot	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
8	PRT_CUSCINETTO_SX	Cuscinetto antiscivolo sinistro	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO
9	PRT_CUSCINETTO_DX	Cuscinetto antiscivolo destro	1	Gomma siliconica	ASM_MANICO



8.6 Bollatura Assieme 3 - Prodotto assemblato

ID	Nome file	Descrizione	Q.tà	Materiale	Dipendenza
1	ASM_ROBOT	Robot assemblato	1	-	ASM_CLIO
2	ASM_MANICO	Manico assemblato	1	-	ASM_CLIO



9.0 SCELTA DEI MATERIALI



9.1 Policarbonato

Componenti in Policarbonato:

- Sub assieme *capo* - Palpebra
- Sub assieme *capo* - Sezione occhio anteriore
- Sub assieme *capo* - Sezione occhio posteriore
- Sub assieme *corpo* - Sezione corpo anteriore
- Sub assieme *corpo* - Sezione corpo posteriore
- Sub assieme *corpo* - Tappo laterale
- Sub assieme *ruote* - Ruota destra
- Sub assieme *ruote* - Ruota sinistra
- Sub assieme *base* - Base estraibile
- Sub assieme *impugnatura* - Sezione anteriore impugnatura
- Sub assieme *impugnatura* - Sezione posteriore impugnatura
- Sub assieme *giunzione robot* - Cupola di aggancio

Caratteristiche materiale:

POLICARBONATO

Prodotto	Policarbonato (PC)
Brand	XANTAR
Fornitori	MITSUBISHI ENGINEERING PLASTICS

Proprietà	Valore	Metodo
Struttura molecolare	amorfa	
Peso specifico	1,2 N/m ³	
Densità	1,20-1,22 g/cm ³	ISO 1183
Assorbimento d'acqua	0,30%	DIN 53495/ASTM D570
Essiccamento/deumidificazione	120°C (2/4 h)	
Trasmissione luminosa	89%	ASTM D570
Indice di rifrazione	1,586	DIN 53491/ISO 486
Resistenza a trazione	66 MPa	DIN 53455/ISO 527-2
Resistenza a snervamento	60 MPa	ISO 527-2
Resistenza a flessione	95 MPa	DIN 53452
Allungamento a rottura	150%	ISO 527-2
Allungamento a strappo	6%	DIN 53455
Tensione di snervamento a compressione	70 N/mm ²	DIN 53454
Modulo di elasticità	2300 N/mm ²	DIN 53457/ISO 527-2
IZOD con intaglio a 23°C	80 KJ/m ²	ISO 180/4A
Coefficiente di dilatazione lineare (0-50 °C)	68 x 10 ⁻⁶ 1/°C	VDE 0304/1
Conducibilità termica	0,20 W/m°C	DIN 52612
Temperatura di stampaggio	270/290/300 °C	
Temperatura stampo	70/90 °C	
Temperatura di deflessione a 1,8 MPa	135°C	

Punti di forza:

- resistenza ad acidi minerali, benzina, grassi, oli, alcoli (non metilico) e acqua fino a 70°C;
- buona lavorabilità per estrusione e stampaggio;
- elevata tenacità;
- elevato indice di rifrazione;
- curvabile a freddo.

Punti di debolezza:

- biodegradabilità scarsa;
- sensibile all'intaglio.

9.2 Gomma siliconica

Componenti in Gomma siliconica:

- Sub assieme *ruota* - Pneumatico ruota destra
- Sub assieme *ruota* - Pneumatico ruota sinistra
- Sub assieme *manico* - Rivestimento base in silicone
- Sub assieme *impugnatura* - Cuscinetto antiscivolo destro
- Sub assieme *impugnatura* - Cuscinetto antiscivolo sinistro
- Sub assieme *giunzione robot* - Tappo bobina
- Sub assieme *giunzione robot* - Prolungamento cupola

Caratteristiche materiale:

SILICONE

<i>Prodotto</i>	Gomma siliconica allo stato liquido (LSR)
<i>Brand</i>	ELASTOSIL® LR 6320
<i>Fornitori</i>	WACKER

<i>Proprietà</i>	<i>Valore</i>	<i>Metodo</i>
<i>Densità</i>	1,07 g/cm ³	ISO 2811
<i>Viscosità</i>	23000-28000 mPa·s	DIN EN ISO 3219
<i>Colore</i>	incolore	
<i>Allungamento a rottura</i>	450%	ISO 37 type 1
<i>Resistenza alla trazione</i>	2.4 N/mm ²	ISO 37 type 1
<i>Durezza (Shore A)</i>	20	ISO 7619-1
<i>Resistenza allo strappo</i>	4.3 N/mm	ASTM D 624 B

Punti di forza:

- alta resistenza a compressione;
- alta flessibilità fino a basse temperature (-110°C);
- resistenza termica fino ad alte temperature (150°C);
- superficie idrorepellente;
- facile stampabilità;
- nessun limite di pigmentazione;
- buona resistenza alla fiamma (fumi non tossici);
- gusto e odore neutri;
- può essere regolato dall'isolamento elettrico.

Punti di debolezza:

- forte deterioramento chimico a contatto con acidi e basi forti;
- bassa resistenza a idrocarburi (rigonfiamento);
- permeabile alle molecole allo stato gassoso (lunghe esposizioni).

9.3 Materiali alternativi

biodegradabili o bio-based

Durante la revisione dell'elaborato, è stato inevitabile rivalutare i materiali ipotizzati per la realizzazione del robot Clio. Basandosi il progetto sul concetto di qualità dell'educazione e sostenibilità ambientale, il primo modo per mettere in pratica questa vision è stato sostituire i materiali selezionati, il silicone e il policarbonato, con dei biopolimeri.

Definiamo "biopolimeri" i polimeri ottenuti da sorgenti rinnovabili (bio-based), biodegradabili o compostabili, che non producono sostanze tossiche sia in fase di produzione che di smaltimento.

Ci sono quattro strategie possibili per ridurre l'impatto ambientale nel caso di produzione o uso di polimeri:

- **efficienza energetica** nei processi di produzione basati sul petrolio;
- **efficienza dei materiali** finiti, mantenendo le stesse prestazioni, ma con diminuzione di quantità di materiale;
- **gestione degli scarti**, attraverso il riciclo del materiale, il riutilizzo delle componenti del prodotto, recupero energetico (per l'incenerimento) e, in caso di polimeri biodegradabili, il compostaggio;
- sostituzione di prodotti derivanti dal petrolio, con alternative **bio-based**.

Secondo la definizione fornita dall'European Bioplastics, la bioplastica è definita riciclabile se:

- deriva da **materie prime rinnovabili** (materiali di origine naturale);
- è **biodegradabile** (di origine sintetica, ma che si degrada in tempi ragionevoli)
- ha **entrambe** le proprietà precedenti (di origine naturale che si degrada in tempi ragionevoli).

	<i>non biodegradabile</i>	<i>biodegradabile</i>
<i>non bio-based</i>	<i>non bioplastica</i>	<i>bioplastica</i>
<i>bio-based</i>	<i>bioplastica</i>	<i>bioplastica</i>

La ricerca dei materiali alternativi per la realizzazione di Clio, ha richiesto come obiettivo quello di trovare un punto di incontro tra le caratteristiche proprie delle bio-plastiche e le proprietà performanti dei materiali non ecologici individuati precedentemente.

POLIIDROSSIALCANOATI (PHA)

In sostituzione del **Policarbonato (PC)**, scelto per le componenti principali della scocca del robot, è stato selezionato un nuovo materiale: il **Poliidrossialcanoato (PHA)**. Questo è un poliesteri lineare, nato a seguito della fermentazione batterica dello zucchero. Questa famiglia può riunire più di 100 diversi monomeri per produrre materiali le cui proprietà variano, infatti è possibile realizzare materiali termoplastici o elastomerici con punti di fusione compresi tra 40°C e oltre 180°C.

Il PHA è particolarmente indicato per metodi di iniezione ed estrusione nella la produzione di oggetti e prende il posto di materiali altamente inquinanti come PET, PP, PE, HDPE e LDPE. I laboratori selezionano prodotti plastici comuni e conosciuti per la produzione di PHA, da sottoprodotti della barbabietola da zucchero o dello zucchero di canna, che ne imiti le loro proprietà meccaniche, fisiche e termiche. I polimeri le cui caratteristiche tecniche sono replicabili da PHA sono:

- polietilene a bassa densità (LDPE)
- polietilene ad alta densità (HDPE)
- polipropilene (PP)
- polivinilcloruro (PVC)
- polistirene (PS)
- polietilene (PE)
- polietilene tereftalato (PET)



La certificazione "**OK Biodegradable Water**" è stata concessa alla bioplastica Minerv-PHA di Bio-on nel 2008. Questo importante riconoscimento è stato attribuito dall'ente belga Vinçotte, confermando così la **completa biodegradabilità** di Minerv-PHA in **acqua** a temperatura ambiente.

I prodotti con questa certificazione, garantiscono la biodegradazione naturale (non forzata) in un ambiente naturale di acqua dolce e danno quindi un contributo sostanziale alla riduzione dei rifiuti in fiumi, laghi e mari. La biodegradazione avviene per azione di colonie di batteri naturalmente presenti

in tutti gli ambienti: i microrganismi attaccano il materiale, scomponendolo e non lasciando traccia nell'ambiente.

Inoltre, il Minerv-PHA possiede la certificazione "BIOBASED PRODUCT" assegnata nel 2014 a Bio-on's Minerv-PHA dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA). Il biopolimero di Bio-on, dunque, è stato testato secondo lo standard **ASTM D6866** da terze parti indipendenti ed è risultato un materiale a base biologica proveniente al 100% da ingredienti agricoli, forestali o marini.

Gli sviluppi tecnologici nel mondo dei giocattoli hanno sollevato nuove questioni relative alla loro sicurezza e hanno reso i consumatori consapevoli delle salvaguardie che devono essere messe in atto per garantire la salute dei bambini.

L'impegno di Bio-on nello sviluppo di **gradi speciali** di **PHA** interamente dedicati ai **giocattoli** è iniziato nel 2014, basato sulla consapevolezza della completa sostenibilità del Minerv-PHA, e del suo utilizzo in totale sicurezza a contatto con il corpo umano, attraverso la pelle, la saliva e il liquido lacrimale.

La biocompatibilità dei poliidrossialcanoati è stata studiata e confermata, ma la determinazione odierna di Bio-on ha spinto il lancio di questo progetto di ricerca avanzato, volto a progettare e realizzare PHA a base di formulazioni specifiche per la realizzazione di giocattoli e che soddisfano pienamente i requisiti essenziali di sicurezza stabiliti nella **Direttiva 2009/48/CE**, denominata **TDS (Direttiva sulla sicurezza dei giocattoli)**.



Il grado speciale **Minerv-PHA Supertoys** è stato creato nella sua prima formulazione, completamente privo di qualsiasi sostanza chimica vietata o limitata dalla Direttiva 2009/48/CE. Minerv-PHA Supertoys non contiene sostanze classificate come cancerogene, mutagene o tossiche per la riproduzione; inoltre non contiene aromi proibiti o soggetti a restrizioni; i colori sono realizzati utilizzando master batch adatti ai giocattoli e al contatto con gli alimenti.

La duttilità del materiale è modulabile, senza l'utilizzo di ingenti quantità di plastificanti e la totale assenza di ftalati. Dunque, questo materiale rigido può essere flessibile anche sotto stress. La percezione è di avere due funzionalità in un unico tipo di materiale.

POLIURETANO TERMOPLASTICO (TPU)

La gomma siliconica, allo stesso modo, ha avuto la necessità di essere sostituita. Nonostante sia considerata più ecologica della plastica monouso, la gomma siliconica non può essere riciclata e questo dato costituisce un punto debole per la base progettuale ecosostenibile del robot. Un materiale sostitutivo appartiene al gruppo degli **Elastomeri Termoplastici (TPE)**: polimeri che possiedono particolari caratteristiche meccaniche relative principalmente alla morbidezza (con valori di durezza gestibili) e il ritorno elastico anche in condizioni ambientali o di lavoro particolari.

Le gomme termoplastiche, sono una classe di copolimeri, ovvero una miscela polimerica (di solito una plastica e una gomma) con entrambe le proprietà termoplastiche e elastomeriche. Mentre la maggior parte degli elastomeri sono termoindurenti, i TPE sono invece relativamente facili da usare nella produzione, per esempio, attraverso lo stampaggio ad iniezione. Gli elastomeri termoplastici mostrano i vantaggi tipici sia delle plastiche che delle gomme. La principale differenza tra gli elastomeri termoindurenti e gli elastomeri termoplastici è il tipo di reticolazione delle loro strutture. Infatti, la reticolazione è un fattore strutturale fondamentale che contribuisce a conferire le elevate proprietà elastiche. Gli elastomeri termoplastici hanno la caratteristica di essere riciclabili in quanto possono essere stampati, estrusi e riusati come la plastica, ma hanno anche le tipiche proprietà elastiche della gomma, che invece non è riciclabile a causa delle sue caratteristiche termoindurenti.



I TPE possono facilmente essere colorati dalla maggior parte dei coloranti, consumano meno energia ed è inoltre possibile un controllo più economico della qualità del prodotto.

I due più importanti metodi di lavorazione dei TPE sono l'estrusione e lo stampaggio ad iniezione, mentre lo stampaggio a compressione è usato raramente. La produzione attraverso lo stampaggio

ad iniezione è estremamente rapida ed economica. Possono anche essere lavorati tramite stampaggio per soffiaggio, termoformatura o fusione.

Questi materiali trovano un'ampia applicazione nel settore automotive e nel settore degli elettrodomestici. Sono anche ampiamente utilizzati per i cateteri, in quanto i copolimeri a blocchi di nylon offrono una morbidezza ideale per i pazienti. I TPE sono comunemente utilizzati per le sospensioni delle boccole per applicazioni ad alte prestazioni nell'automobile grazie alla loro maggiore resistenza alla deformazione rispetto alle sospensioni di gomma. Possono essere, inoltre, usati in prodotti destinati all'inserimento nel corpo, nel rivestimento e nell'isolamento interno dei cavi elettrici, in alcuni cavi per cuffie e in molte altre applicazioni.

Nel dettaglio, i TPE comprendono altre tipologie di sottocategorie di materiali in base al tipo di lavorazione a cui sono destinati e alle proprietà specifiche. In previsione della realizzazione degli elementi di protezione e sicurezza di Clio, è stato scelto il **Poliuretano Termoplastico (TPU)**: polimero amorfo, caratterizzato dall'elevata resistenza alla lacerazione, all'intaglio e all'abrasione. Possiede un grip molto alto che lo rende ottimale per la produzione di ruote (carrelli, pattini ecc). In termini di durezza superficiale, il suo valore è variabile in base alle necessità. Altra importante caratteristica è l'ottimo ritorno elastico che si mantiene anche a temperature ambientali molto rigide.

Le due famiglie chimiche dei TPU sono i Poliesteri ed i Polieteri:

- TPU a base di Poliестere - ottima resistenza ad oli e grassi eccellenti proprietà fisico meccaniche, e possibilità di produrre compound con altri polimeri polari
- TPU a base di Poliетere - densità specifica minore, eccellente resistenza all'idrolisi e all'attacco microbico, ottime proprietà fisico meccaniche, e flessibilità a basse temperature.

Possiamo quindi affermare che il TPU rientra nei polimeri con maggior proprietà fisico meccaniche, soprattutto dove viene richiesta una superiore resistenza all'abrasione ed all'usura. Lo contraddistinguono, inoltre, la sua elasticità la sua resistenza allo strappo ed alla lacerazione, ecco perché il TPU è uno dei polimeri che segnala un consumo in costante crescita su scala mondiale.

Di seguito sono mostrare alcune caratteristiche messe a confronto tra i materiali ecosostenibili e non scelti per la realizzazione del dispositivo. Questa tabella ha la finalità di comprendere meglio come, a parità di proprietà (in presenza anche di migliorie), sia possibile scegliere materiali sostenibili e performanti.

Proprietà	Non bioplastica	Bioplastica
<i>Prodotto</i>	Policarbonato (PC)	GP1025 (B0147) - Poliestere biodegradabile
<i>Brand</i>	XANTAR®	M-VERA®
<i>Fornitori</i>	mitsubishi engineering plastics	BIO-FED

<i>Densità</i>	1,20-1,22 g/cm ³	1,49 g/cm ³
<i>Assorbimento d'acqua</i>	0,30%	<0,1%
<i>Modulo a trazione</i>	2350 MPa	8950 MPa
<i>Resistenza a trazione rottura</i>	70 MPa	68 MPa
<i>Resistenza a trazione a snervamento</i>	60 MPa	-
<i>Allungamento a snervamento</i>	6%	-
<i>Allungamento a rottura</i>	120%	1,20%
<i>Modulo di flessione</i>	2300 MPa	9280 MPa
<i>Resistenza alla flessione</i>	90 MPa	115 MPa
<i>Prova Charpy (con intaglio a 23°C)</i>	9,0 kJ/m ²	2,4 kJ/m ²
<i>Allungamento a flessione</i>	-	1,70%
<i>Compostaggio industriale</i>		+

Proprietà	Non riciclabile	Riciclabile
<i>Prodotto</i>	Gomma siliconica allo stato liquido (LSR)	Poliuretano termoplastico base polietere (TPU)
<i>Brand</i>	ELASTOSIL® LR 6320	TPU - EPALINE SERIE 700 - 775A1510W
<i>Fornitori</i>	WACKER	EPAFLEX

Proprietà		
<i>Densità</i>	1,07 g/cm ³	1,4 g/cm ³
<i>Allungamento a rottura</i>	450%	500%
<i>Resistenza alla trazione</i>	2.4 N/mm ²	30 N/mm ²
<i>Durezza (Shore A)</i>	20	75
<i>Resistenza allo strappo</i>	4.3 N/mm	50 kN/m
<i>Resistenza all'abrasione</i>	-	30 mm ³

9.4 Poliidrossialcanoati (PHA)

Componenti in Poliidrossialcanoati:

- Sub assieme *capo* - Palpebra
- Sub assieme *capo* - Sezione occhio anteriore
- Sub assieme *capo* - Sezione occhio posteriore
- Sub assieme *corpo* - Sezione corpo anteriore
- Sub assieme *corpo* - Sezione corpo posteriore
- Sub assieme *corpo* - Tappo laterale
- Sub assieme *ruote* - Ruota destra
- Sub assieme *ruote* - Ruota sinistra
- Sub assieme *base* - Base estraibile
- Sub assieme *impugnatura* - Sezione anteriore impugnatura
- Sub assieme *impugnatura* - Sezione posteriore impugnatura
- Sub assieme *giunzione robot* - Cupola di aggancio

Caratteristiche materiale:

PHA - POLIIDROSSIALCANOATI

<i>Prodotto</i>	Poliidrossialcanoati
<i>Brand</i>	Minerv-PHA
<i>Fornitori</i>	Bio-on

Proprietà	Valore
<i>Densità</i>	1,25 g/cm ³
<i>Velocità di trasmissione del vapor acqueo</i>	2,36 g·mm/m ² ·day
<i>Velocità di trasmissione dell'acqua</i>	55,12 cc·mm/m ² ·day
<i>Indice di fluidità (190 °C/2,16 kg)</i>	15-30 g/10 min
<i>Modulo di Young</i>	1-2 GPa
<i>Modulo di trazione</i>	4200 MPa
<i>Resistenza alla trazione</i>	15-40 MPa
<i>Allungamento a rottura</i>	1-15 %
<i>Temperatura di transizione vetrosa</i>	2 °C
<i>Temperatura di fusione</i>	160-175 °C
<i>Tenuta termica (HDTB)</i>	134 °C
<i>Grado di cristallinità</i>	40-60 %

Punti di forza:

- 100% bio-based;
- biodegradabile in diversi ambienti;
- compostabile industrialmente.

9.5 Poliuretano termoplastico (TPU)

Componenti in Gomma siliconica:

- Sub assieme *ruota* - Pneumatico ruota destra
- Sub assieme *ruota* - Pneumatico ruota sinistra
- Sub assieme *manico* - Rivestimento base in silicone
- Sub assieme *impugnatura* - Cuscinetto antiscivolo destro
- Sub assieme *impugnatura* - Cuscinetto antiscivolo sinistro
- Sub assieme *giunzione robot* - Tappo bobina
- Sub assieme *giunzione robot* - Prolungamento cupola

Caratteristiche materiale:

TPU - POLIURETANO TERMOPLASTICO

<i>Prodotto</i>	Poliuretano termoplastico base polietere
<i>Brand</i>	TPU - EPALINE SERIE 700 - 775 A 15 10 W
<i>Fornitori</i>	EPAFLEX

<i>Proprietà</i>	<i>Valore</i>	<i>Metodo</i>
<i>Densità</i>	1,4 g/cm ³	ISO 1183
<i>Colore</i>	incolore	
<i>Allungamento a rottura</i>	500%	EN 12803
<i>Resistenza alla trazione</i>	30 N/mm ²	EN 12803
<i>Durezza (Shore A)</i>	75	ISO 868
<i>Resistenza alla lacerazione</i>	50 KN/m	ISO 34
<i>Resistenza all'abrasione</i>	30 mm ³	EN 12770
<i>T transizione vetrosa</i>	-45 °C	DMA

Punti di forza:

- elevata resistenza alla lacerazione, intaglio e abrasione;
- ottimale per la produzione di ruote (carrelli, pattini, ecc...);
- ottimo ritorno elastico anche a basse temperature;
- riciclabile al 100%;
- migliore resistenza agli agenti atmosferici rispetto alla gomma siliconica
- miglior resistenza alla lacerazione rispetto alla gomma siliconica

Punti di debolezza:

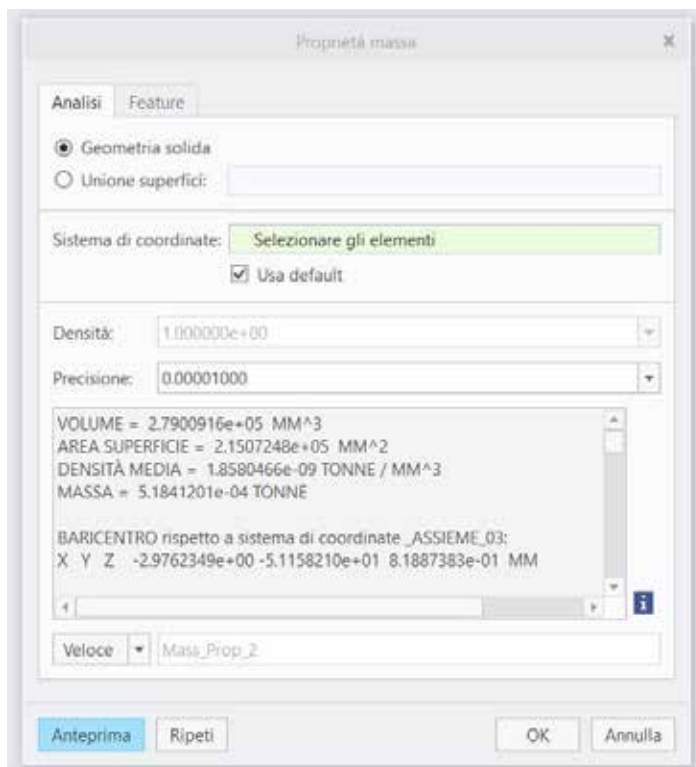
- resistenza a elevate temperature inferiore rispetto alla gomma siliconica;
- resistenza inferiore a contatto con oli e idrocarburi.

10.0 ANALISI TECNICHE E FUNZIONALI

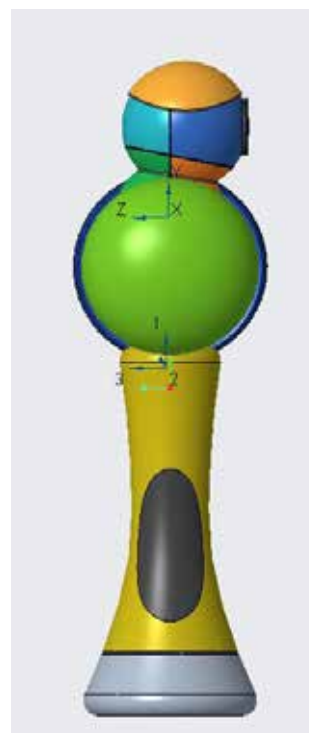
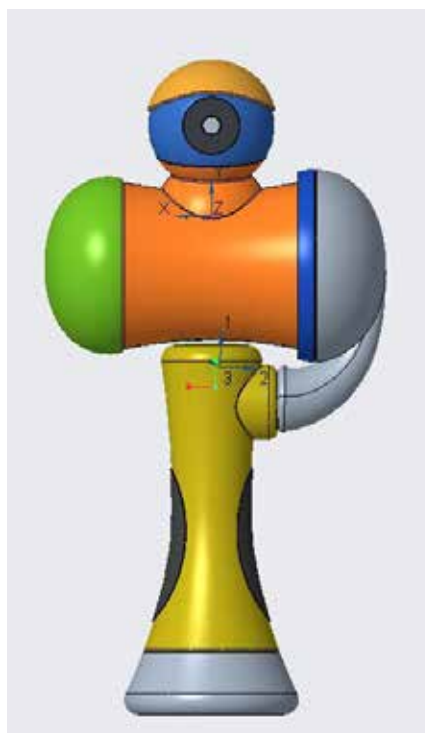


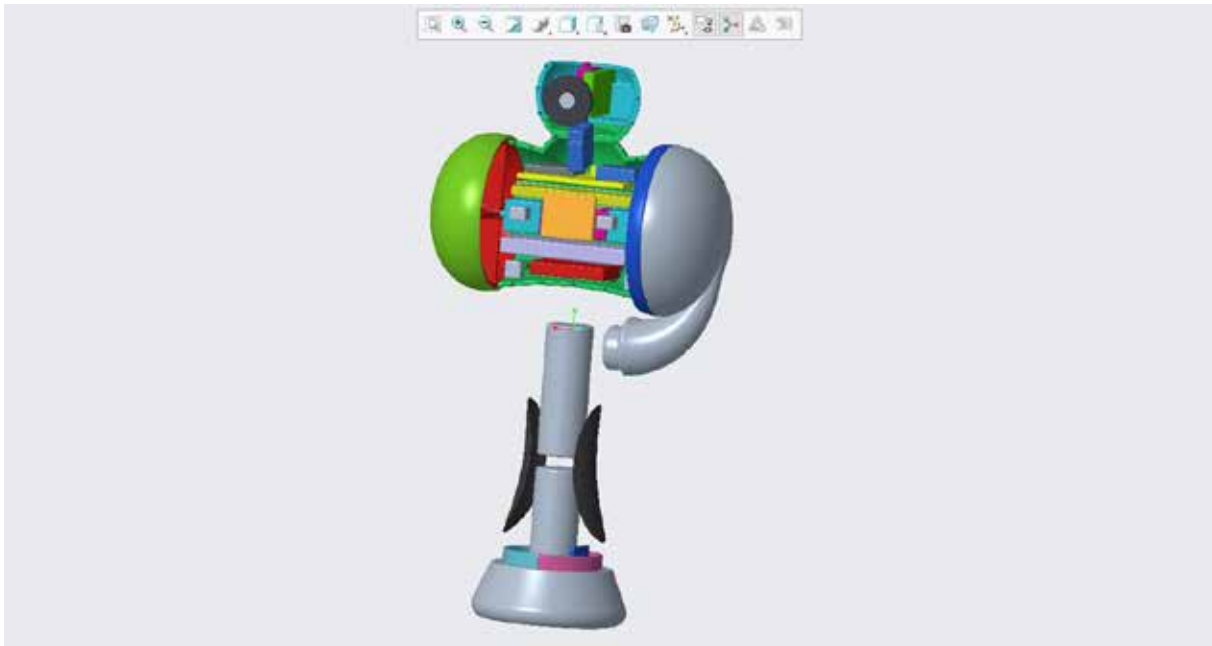
10.1 Calcolo massa e baricentro

In seguito alla modellazione in ambiente Creo, è stato possibile determinare i valori della massa dell'assieme totale (robot + manico) e il posizionamento del baricentro dello stesso sistema:



- massa pari a 0,518 kg;
- baricentro posizionato nel punto:
X = - 2,98 mm
Y = - 51,15 mm
Z = 0,82 mm





Vista tridimensionale delle componenti elettroniche posizionate all'interno del robot e del manico in Creo

Tale risultato è stato possibile ottenerlo inserendo all'interno della sezione "Proprietà modello" di ogni componente del robot e del manico i dati noti di densità del materiale scelto (policarbonato e gomma siliconica). Mentre, per quanto concerne le componenti elettroniche, è stato necessario modellare in Creo il loro ingombro, riconducendolo a forme semplici come parallelepipedo o cilindri e calcolare manualmente la densità fittizia di ciascuno. La densità fittizia è stata calcolata sfruttando due dati forniti nei datasheet di ogni componente elettronico, ossia la massa e il volume calcolabile dalle dimensioni generiche. Infine, andando ad inserire manualmente il risultato del rapporto massa/volume all'interno delle proprietà del modello, si è potuta calcolare la massa totale e la posizione del baricentro nel file "assieme_3", contenente al proprio interno tutte le componenti necessarie.

10.2 Forza d'impatto

L'*impatto* viene definito come **incontro violento tra due corpi** (o tra corpo e superficie).

L'approccio per il suo calcolo consiste nell'individuare come prima cosa la decelerazione istantanea: vorrà dire che sarà necessario stimare il tempo in cui un corpo passa dalla sua velocità di regime a zero. Questo tempo sarà maggiore se, ad esempio, un corpo impatta su qualcosa di morbido, rispetto ad un impatto su superfici rigide.

La stima del tempo di decelerazione può essere pari a decimi di secondo, nel caso di un impatto secco, oppure corrispondente a qualche secondo, se parliamo di un atterraggio morbido.

$$\text{forza d'impatto} = \frac{\text{massa del corpo} \cdot \text{velocità all'istante dell'impatto}}{\text{tempo di decelerazione}}$$

Ora trascriviamo i dati che abbiamo a disposizione:

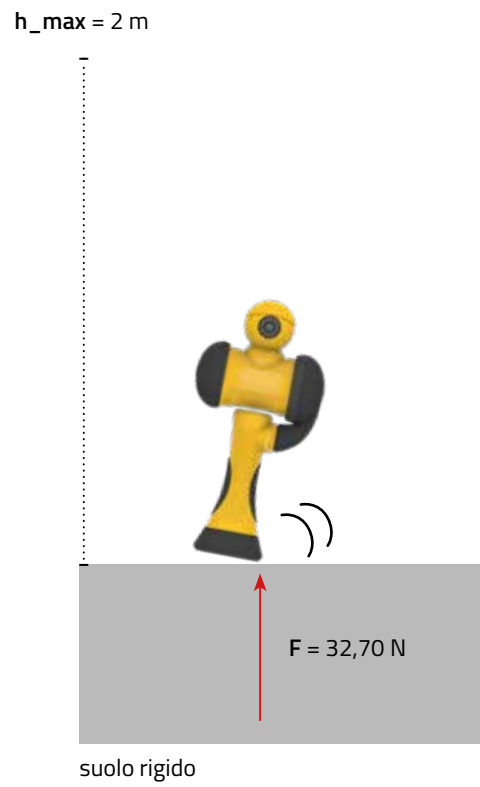
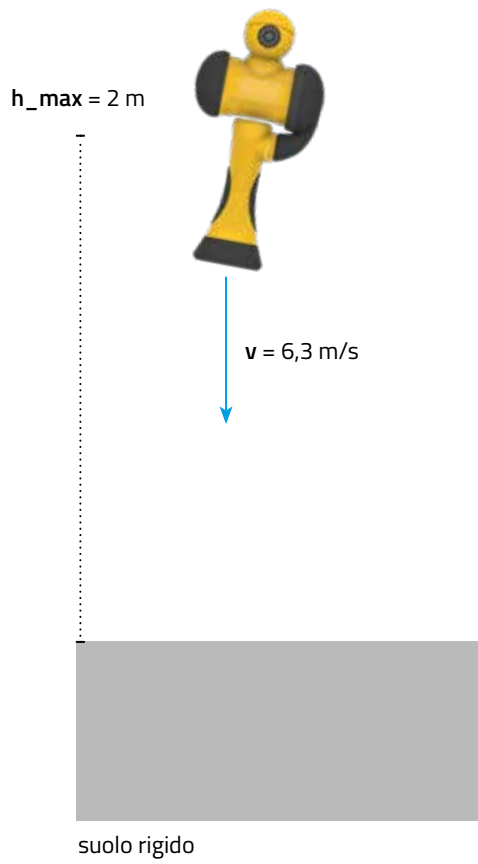
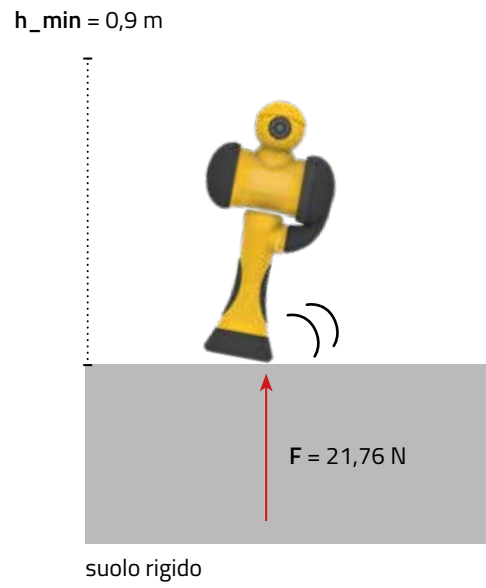
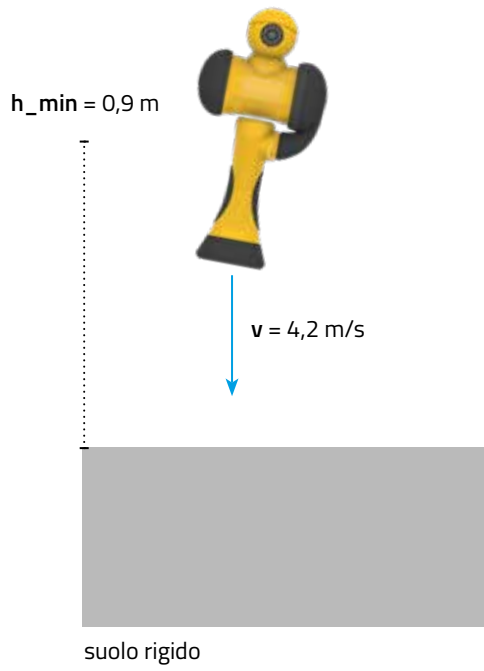
- massa (m) = 518 g = 0,518 kg
- altezza minima (h_min) = 90 cm = 0,9 m
- altezza massima (h_max) = 200 cm = 2 m

$$\text{velocità all'istante dell'impatto (h_min)} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{\text{min}}} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \underline{0,9 \text{ m}}} = 4,2 \text{ m/s}$$

$$\text{velocità all'istante dell'impatto (h_max)} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{\text{max}}} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \underline{2 \text{ m}}} = 6,3 \text{ m/s}$$

$$F (h_{\text{min}}) = \frac{0,519 \text{ kg} \cdot 4,2 \text{ m/s}}{0,1 \text{ s}} = \mathbf{21,76 \text{ N}}$$

$$F (h_{\text{max}}) = \frac{0,519 \text{ kg} \cdot 6,3 \text{ m/s}}{0,1 \text{ s}} = \mathbf{32,70 \text{ N}}$$



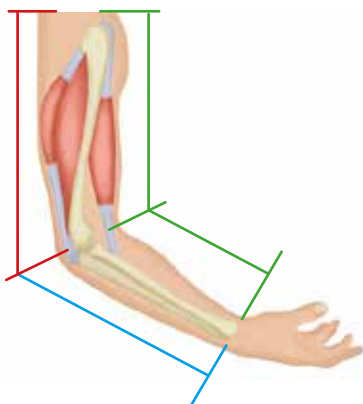
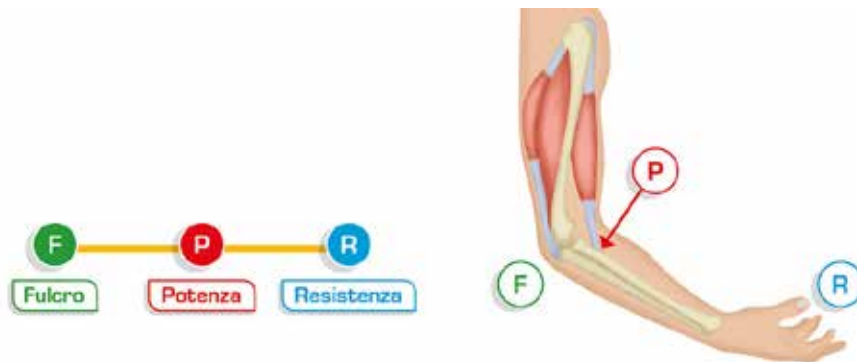
10.3 Leva del braccio

Le possibilità di leve sono riconducibili a tre tipologie:

- **I genere:** il fulcro si trova tra il braccio di potenza (bP) e quello di resistenza (bR); inoltre, $bP < bR$ (sempre svantaggiosa);
- **II genere:** $bP > bR$;
- **III genere:** il fulcro non si trova tra il braccio di potenza (bP) e quello di resistenza (bR); inoltre, $bP < bR$.

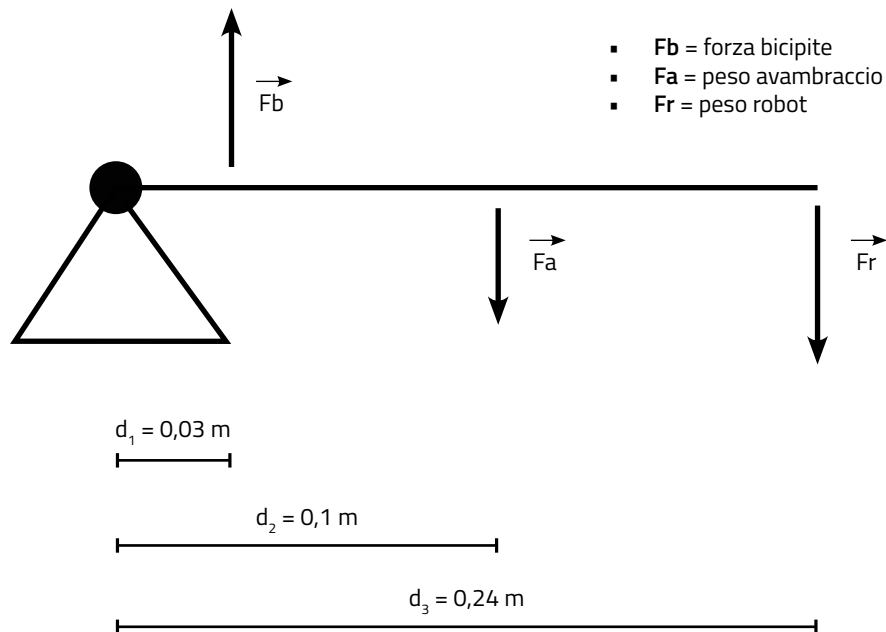
Se volessimo calcolare le forze agenti quando il bambino tiene in mano il robot, l'articolazione del gomito corrisponderebbe a una leva di III genere, dove:

- **FULCRO:** articolazione del gomito
- **BRACCIO RESISTENZA:** peso dell'avambraccio e della massa sostenuta dalla mano
- **BRACCIO POTENZA:** forza esercitata dal bicipite.



	L manica	L gomito	L avambraccio
8 anni	46,5 cm	23,5 cm	23 cm
12 anni	55 cm	29,5 cm	25,5 cm

$$\text{lunghezza media avambraccio} = \frac{23 \text{ cm} + 25,5 \text{ cm}}{2} = 24,25 \text{ cm}$$



La **seconda equazione cardinale della statica**, impone per la quiete di un corpo rigido che la sommatoria dei momenti rispetto al fulcro delle forze agenti sul sistema (esterne e vincolari, se presenti) sia nullo:

$$\sum M = d_1 \cdot X - d_2 \cdot (m_A \cdot 9,8 \text{ m/s}^2) - d_3 \cdot (m_R \cdot 9,8 \text{ m/s}^2) = 0$$

Sapendo che il momento di una forza si calcola come il prodotto tra la **forza** stessa e il suo **braccio** di applicazione, è stato necessario riscrivere l'equazione inserendo i prodotti dei vari momenti, dove d_1 , d_2 e d_3 rappresentano i bracci e m_A ed m_R le due masse che conosciamo, ossia quella media dell'avambraccio di un bambino e del robot. L'equazione, riscritta con i propri valori, diviene:

$$0,03 \text{ m} \cdot X - 0,1 \text{ m} \cdot (0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2) - 0,24 \text{ m} \cdot (0,518 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2) = 0$$

Isolando l'incognita, è possibile calcolare il valore della forza applicata dal bambino per tenere sollevato con il suo braccio il robot:

$$X = \frac{0,1 \text{ m} \cdot (0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2) + 0,24 \text{ m} \cdot (0,518 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2)}{0,03 \text{ m}}$$

$$X = \frac{0,49 + 1,22}{0,03 \text{ m}} = 57 \text{ N}$$

11.0 TIPOLOGIE MODELLI 3D



11.0 Tipologie modelli 3D

Per una corretta organizzazione della fase di prototipazione del dispositivo, è stata effettuata una stesura dei vari modelli tridimensionali, in ordine cronologico, da realizzare con i relativi obiettivi e finalità:

1. Modello **volumetrico**;
2. Modello di **accoppiamento** delle **parti**;
3. Modello di **accoppiamento** dei **materiali** (parti rigide e gommose);
4. Modello per analisi delle **componenti elettroniche**;
5. Modello **definitivo**.

1. Modello volumetrico

Obiettivo:	relazione volumetrica robot-manico; ergonomia
Elementi realizzati:	robot; manico; prolungamento manico;
Tecnologia prototipazione rapida:	FDMA;
Materiale utilizzato:	PLA; Filaflex.

Per questa tipologia di modello verranno prese in considerazione solo le superfici esterne dei due assiemi che compongono il dispositivo. Ognuno di questi verrà stampato in un unico volume, lasciando però visibile l'unione tra le varie sotto-componenti che costituiscono i singoli assiemi (es. in corrispondenza dell'occhio, sarà visibile la sezione anteriore unita con quella posteriore, seppur non scomponibili).

Tale modello ha l'obiettivo di mettere fisicamente in relazione il robot con il manico, così da testare il loro effettivo assemblaggio. Inoltre, si vuole verificare l'interazione tra l'utente e il volume totale del robot e del manico.

2. Modello di accoppiamento delle parti

Obiettivo:	verifica relazione tra le parti (incastrati, spessori)
Elementi realizzati:	sezione occhio posteriore; sezione occhio anteriore;
Tecnologia prototipazione rapida:	SLA;
Materiale utilizzato:	Resina Invicta 915.

In questa fase sarà realizzata solo una parte dell'assieme del robot, corrispondente alla sezione posteriore e anteriore dell'occhio. L'obiettivo è verificare la relazione tra le singole sotto-parti, ovvero testare nel pratico gli incastrati progettati virtualmente e apportare eventuali modifiche.

3. Modello di accoppiamento dei materiali (parti rigide e gommose)

Obiettivo:	simulazione resa dei materiali definitivi
Elementi realizzati:	cupola manico; impugnatura manico;
Tecnologia prototipazione rapida:	SLA;
Materiale utilizzato:	Resina Invicta 915; Flexa 692.

Il fine di questo modello è sperimentare la resa finale dei due differenti materiali che andranno a comporre il dispositivo (materiale plastico rigido e materiale gommoso). Sarà necessaria una revisione delle unioni tra i due differenti materiali, per permettere una migliore progettazione del costampaggio.

4. Modello per analisi delle componenti elettroniche

Obiettivo:	verifica relazione tra modello tridimensionale e ingombri delle componenti elettroniche;
Elementi realizzati:	sezione occhio posteriore; sezione occhio anteriore;
Tecnologia prototipazione rapida:	SLA;
Materiale utilizzato:	Resina Invicta 915.

In seguito al recupero di alcune componenti elettroniche selezionate, quest'ultime saranno disposte all'interno del modello tridimensionale n. 2, per poter comprendere come modificare il dispositivo, al fine di un'ottimale integrazione della parte elettronica (ingombro totale, fili di collegamento compresi) dentro una sezione del robot.

5. Modello definitivo

Obiettivo:	messa in pratica verifiche dei precedenti modelli;
Elementi realizzati:	robot; manico;
Tecnologia prototipazione rapida:	SLA;
Materiale utilizzato:	Resina Invicta 915; Flexa 692.

Il modello definitivo comprenderà tutti i vari risultati ottenuti nelle precedenti sperimentazioni. Saranno presenti al suo interno alcune componenti elettroniche funzionanti e i materiali scelti avranno l'obiettivo di imitare il più possibile quelli reali, nella consistenza e nel colore.

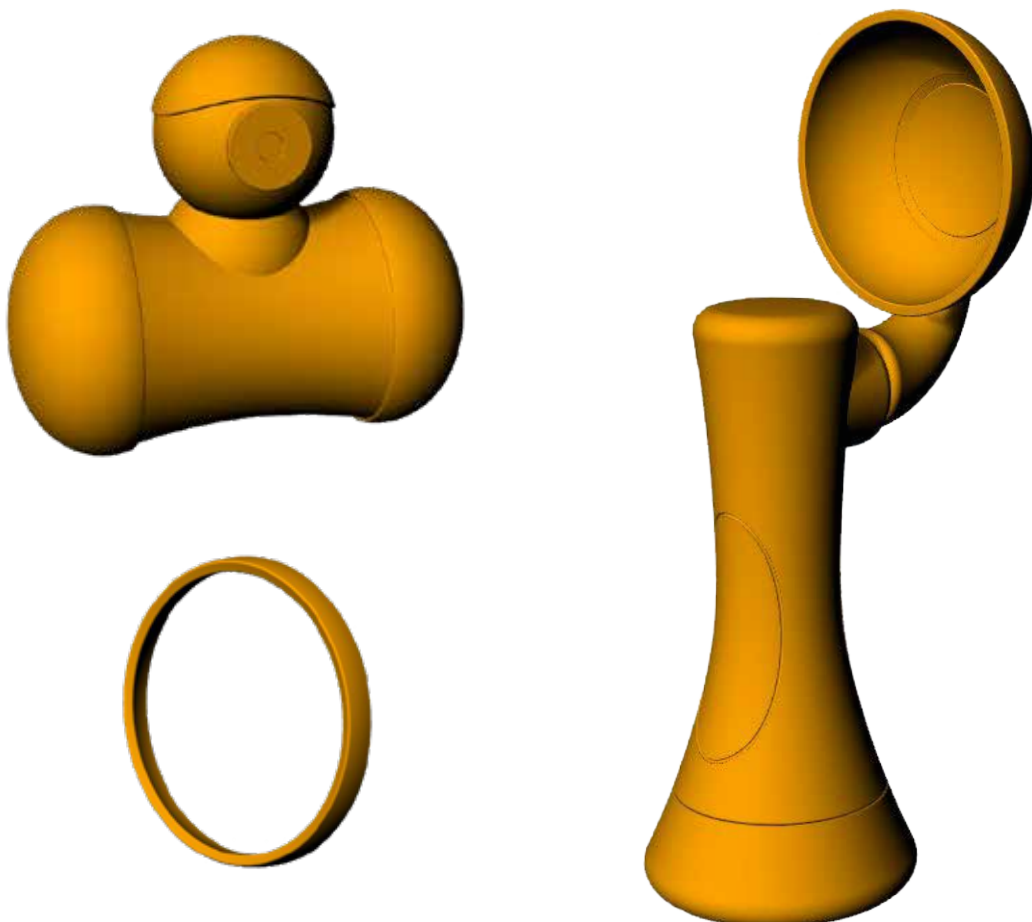
11.1 Modello volumetrico

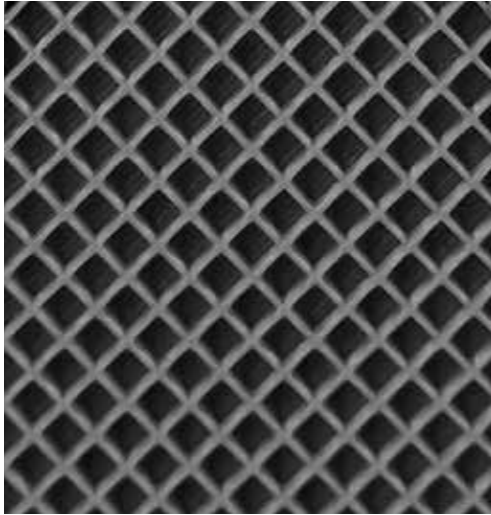
Obiettivo:	relazione volumetrica robot-manico; ergonomia
Elementi realizzati:	robot; manico; prolungamento manico;
Tecnologia prototipazione rapida:	FDMA;
Materiale utilizzato:	PLA; Filaflex.

Per il primo modello sono state prese in considerazione solo le superfici esterne dei due assiemi che compongono il dispositivo, con la semplice aggiunta del prolungamento in materiale flessibile, necessario per l'assemblaggio totale del prodotto. Gli incastri tra le varie componenti che costituiscono gli assiemi, dunque, non sono visibili essendo tutto realizzato in un unico volume.

Sono state attuate alcune semplificazioni della forma, come l'inserimento di scanalature in corrispondenza dell'incastro tra le varie parti di un assieme. La scanalatura è stata resa possibile grazie al comando "Pipe" o "Sweep 1 binario" sul programma di modellazione Rhinoceros 6.

Dopo la definizione delle polisuperfici chiuse, si è passati alla fase di prototipazione rapida, grazie alla tecnologia FDMA (0,4 mm) con filamento in PLA grigio scuro e Filaflex bianco. Per l'assieme del robot e del manico, si è dovuto dividere il volume in due metà per una più agevole stampa.





I riscontri ottenuti in seguito alla fase di prototipazione rapida sono stati differenti. Come primo punto, il volume interno del robot, essendo caratterizzato da un "infill" abbastanza fitto (dettaglio a sinistra), distribuisce il proprio peso in modo tale da non mantenersi in equilibrio.

Per la realizzazione del volume intero, inoltre, è stato indispensabile dividere il robot in due metà, una anteriore e l'altra posteriore, in modo da avere una più agevole realizzazione durante la stampa. Tuttavia l'assemblaggio ha richiesto la rifinitura delle due superfici da far combaciare, attraverso l'utilizzo di carta vetrata che andasse a preparare quest'ultime all'incollaggio.

Il robot incollato ha permesso di avere una prima idea di insieme del volume di uno dei due assiemi del dispositivo, nonché della sua percezione dimensionale ed ergonomica.

Successivamente, sono stati realizzati, attraverso la stessa tecnologia, il manico e il prolungamento che avvolge la ruota. Quest'ultimo, a differenza del robot e del manico, è stato stampato in FilaFlex, un materiale flessibile che fornisce prestazioni simili a quelle del silicone o dei materiali in gomma.



visione prospettica - robot (a sinistra) e dettagli (a destra)



visione prospettica - manico in PLA e prolungamento in FilaFlex



visione prospettica - manico in PLA e prolungamento in FilaFlex

Grazie alla tangibilità di tutti e tre gli elementi, si è potuta verificare l'assemblabilità dell'assieme finale, Clio nella sua interezza. Inoltre, è stata testata anche l'ergonomia del manico e il suo equilibrio sia con robot inserito, sia singolarmente. Il risultato ottenuto è stato positivo per entrambe le circostanze.

Se alcuni tratti sono stati confermati in questa fase pratica, altri invece hanno messo in luce errori progettuali che necessitavano di modifiche e correzioni. Ad esempio, la parte responsabile dell'alloggio della videocamera e dei LED espressivi dell'occhio, è risultata troppo sporgente, impedendo il movimento rotatorio della palpebra espressiva. Tale errore ha richiesto un aggiustamento formale, in modo tale che il volume non fosse più esterno, bensì incassato.



visione prospettica - dettaglio cupola del manico e prolungamento



— visione prospettica - assieme finale assemblato "Clio" —

11.2 Modello di accoppiamento delle parti

Obiettivo:	verifica relazione tra le parti (incastri, spessori)
Elementi realizzati:	sezione occhio posteriore; sezione occhio anteriore;
Tecnologia prototipazione rapida:	SLA;
Materiale utilizzato:	Resina Invicta 915.

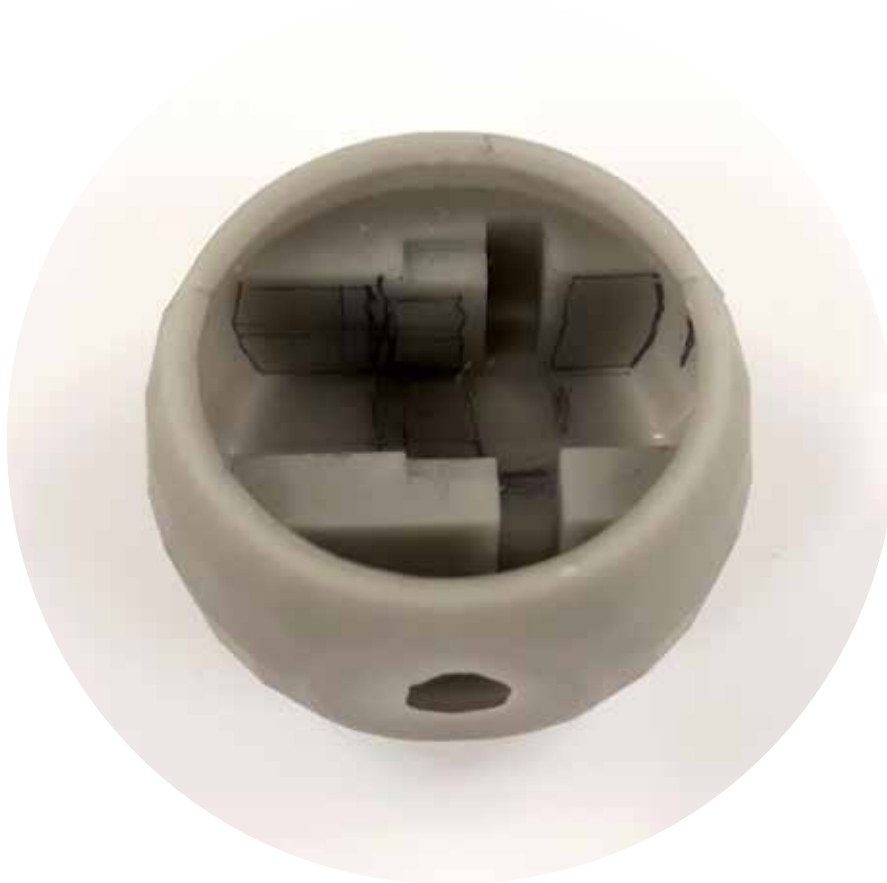
Per questa seconda tipologia di modello sono state prese in considerazione le geometrie della sezione anteriore e posteriore dell'occhio del robot, modellate all'interno del software Creo Parametric 5.0. Queste sono state esportate in formato ".stl" per essere realizzate tramite la tecnologia SLA, utilizzando come materiale la resina Invicta 915 di colore grigio.



sezione posteriore e anteriore dell'occhio - prima prova con correzioni

L'obiettivo non era solo verificare gli incastri tra le due sezioni dell'occhio, quanto controllare anche la realizzabilità tramite stampaggio ad iniezione delle stesse. Difatti, già dalla prima prova, si sono notate delle incongruenze con la realizzabilità dei supporti per le componenti elettroniche. In previsione della presenza di uno stampo e controstampo, sono stati eliminati i sottosquadri e svuotati, o eliminati, i volumi pieni dei supporti, con la finalità di risparmiare materiale e alleggerire il peso della struttura.

Un ulteriore difetto individuato riguarda la fragilità dell'incastro "a tenone e mortasa" tra le due sezioni, deducibile dall'immediata rottura della "mortasa" dopo due semplici inserimenti (stacco e attacco). Questa tipologia di giunzione è stata successivamente sostituita da una simile all'incastro "a mezzo legno", con l'aggiunta di una clip su una sezione, in modo che si potesse fissare all'altra. Per permettere uno stampo a iniezione delle due sezioni, inoltre, è stata modificata la linea di separazione delle due parti, facendola corrispondere all'esatta metà della testa.

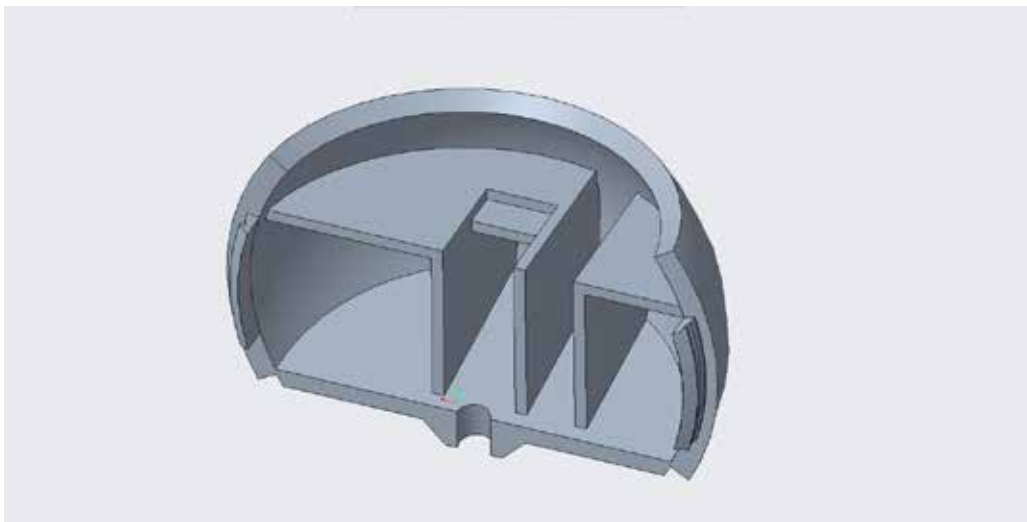


prima prova accoppiamento sezioni dell'occhio

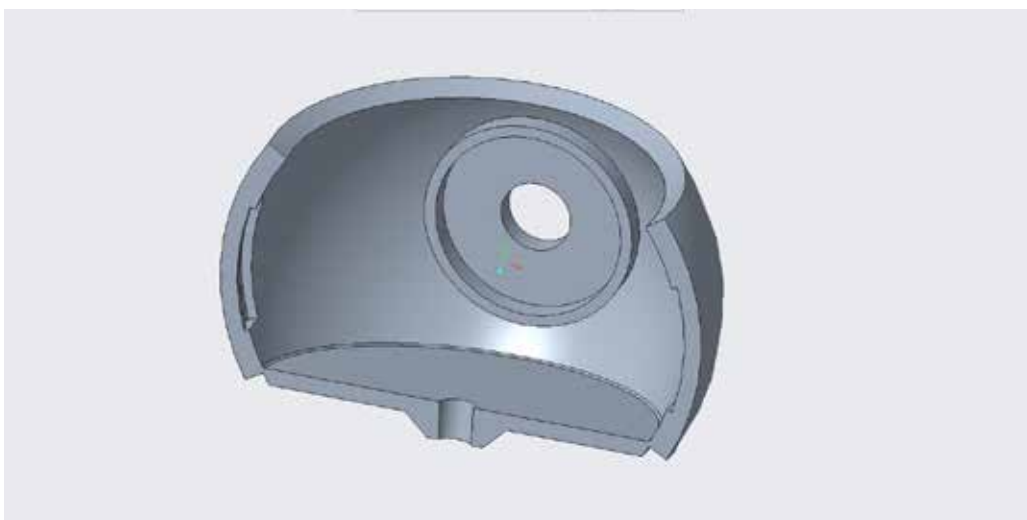
All'inizio, invece, la divisione delle due sezioni seguiva il piano di taglio del corpo centrale per ragioni di coerenza e continuità formale.

Un elemento che necessitava di modifica era lo spessore della "pupilla" del robot, ossia la parte in cui va ad essere inserita la videocamera e la corona di LED espressiva. La superficie è risultata essere troppo sottile, tanto da diventare traslucida e da permettere il passaggio della luce; l'effetto finale, dunque, non essendo quello desiderato, ha richiesto un aumento dello spessore, coerente con quello di tutta la scocca dell'occhio (2 mm). Inoltre, per rendere più agevole l'inserimento delle componenti elettroniche dell'occhio, è stato estruso internamente, con uno spessore di 1 mm, il perimetro esterno dell'occhio. Al fine, invece, di rafforzare ciò che era stato modellato nella prova precedente, sono state aggiunte delle nervature di rinforzo attorno al foro che ospita l'albero del servomotore, responsabile della rotazione dell'occhio.

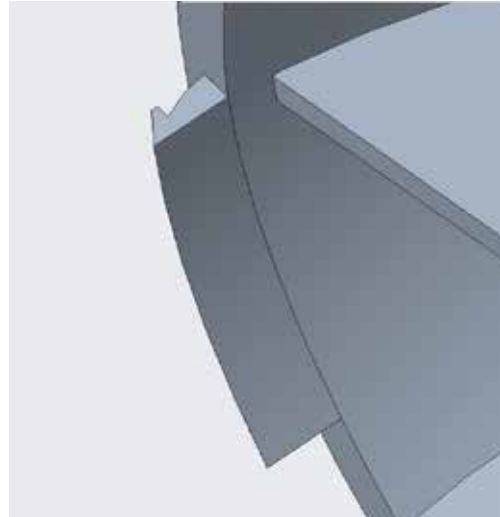
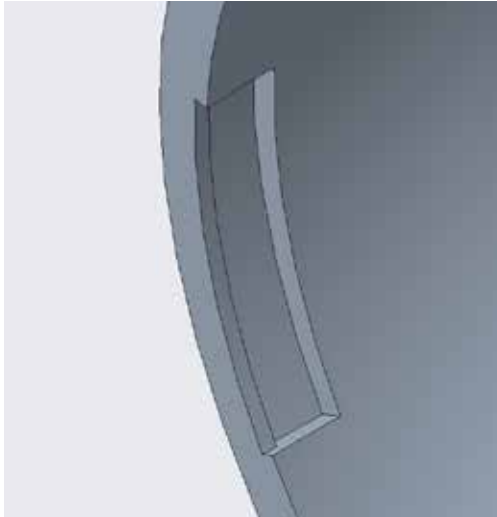
Dalle deduzioni fatte durante questa prima prova, è stata modellata una seconda tipologia di occhio (con incastro, spessori e supporti modificati) in fase di realizzazione.



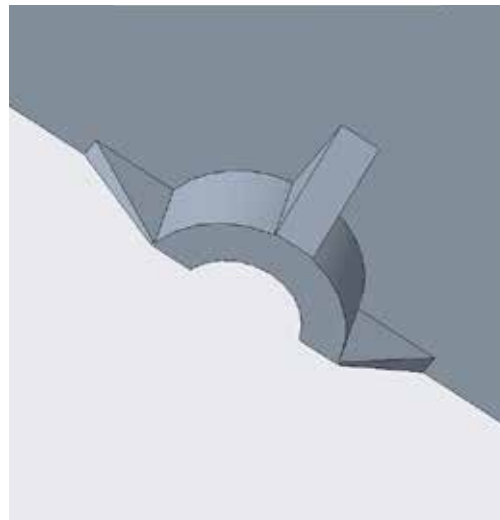
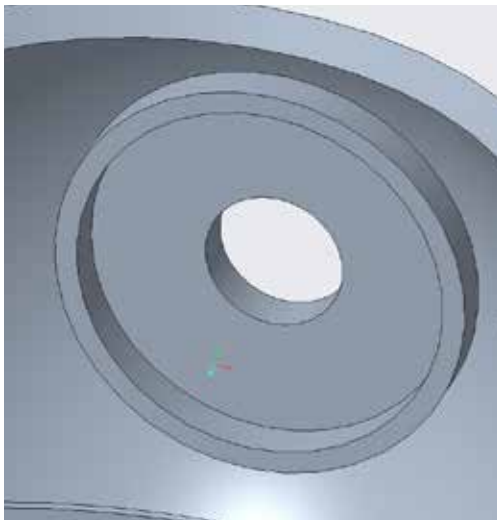
sezione occhio posteriore modificata - ambiente di modellazione Creo



sezione occhio anteriore modificata - ambiente di modellazione Creo



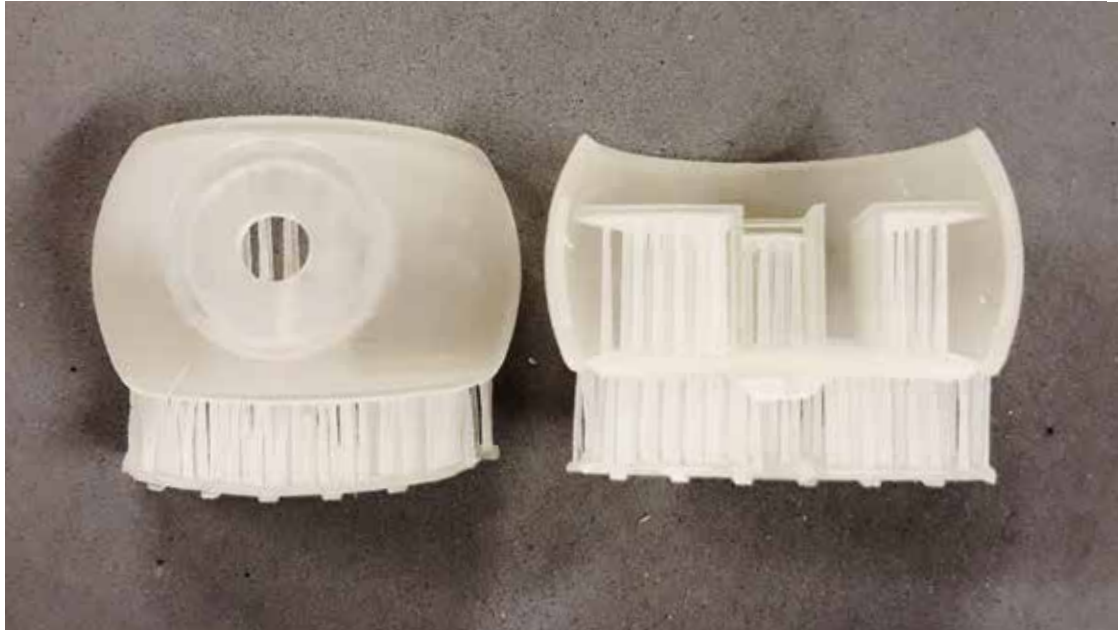
(sinistra) incastro ospite per clip - (destra) incastro con clip



(sinistra) aumento spessore occhio ed estrusione perimetro - (destra) nervature foro servomotore

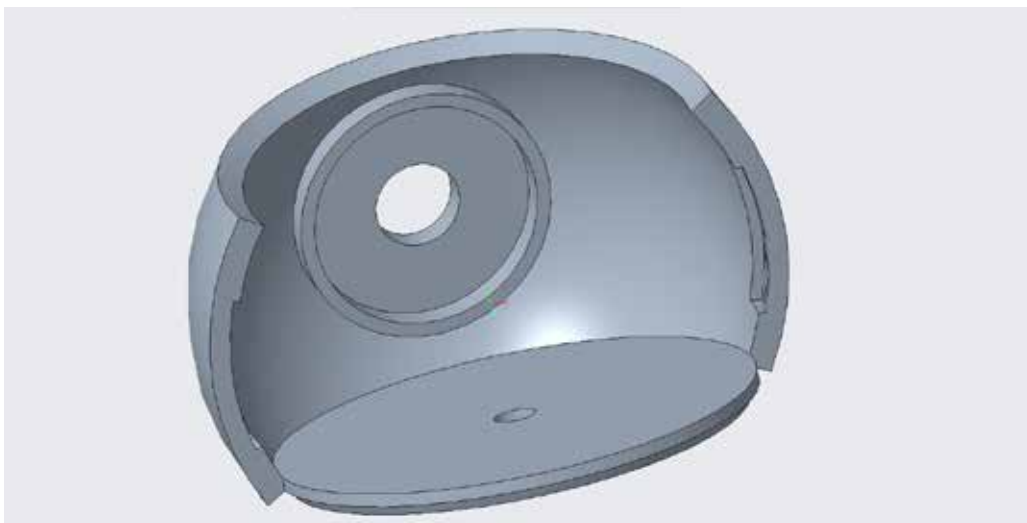


seconda prova accoppiamento sezioni dell'occhio

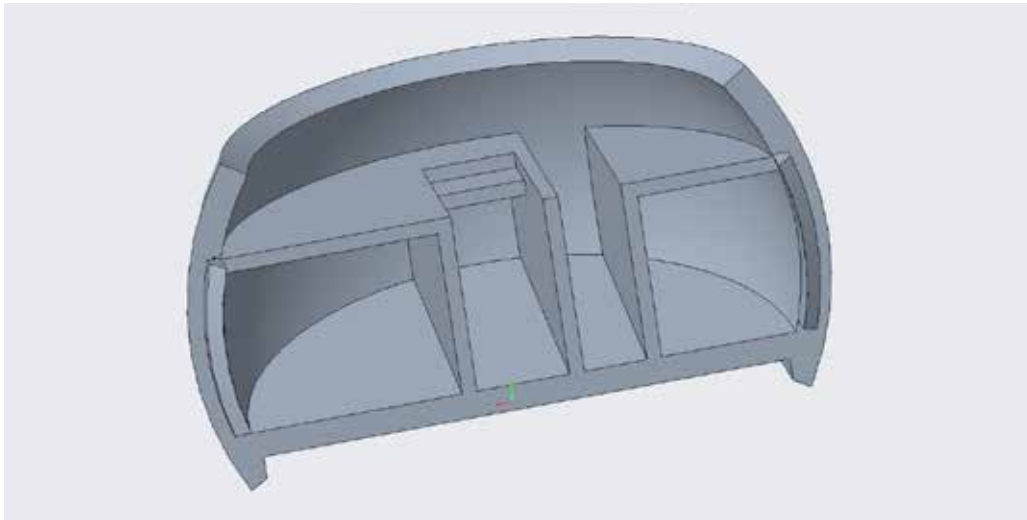


sezione posteriore e anteriore dell'occhio - seconda prova

Per una maggiore facilità nell'assemblaggio e nello stampo delle due sezioni dell'occhio, è stata inserita l'interna base di quest'ultimo sulla sua sezione anteriore, in modo tale da lasciare maggiore spazio e libertà di inserimento delle componenti nella sezione posteriore. Sono state anche rinforzate le nervature della stessa sezione, aumentando lo spessore della base di appoggio che non entra in nessun modo in conflitto con la base dell'occhio intera presente sulla sezione anteriore.



palpebra definitiva - ambiente di modellazione Creo

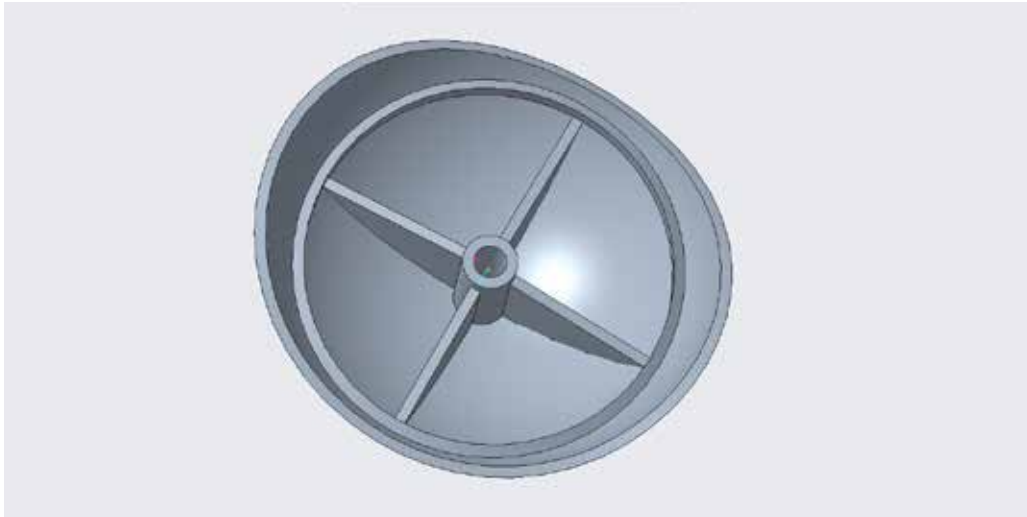


palpebra definitiva - ambiente di modellazione Creo

Il risultato ottenuto era più soddisfacente rispetto alla prova precedente. Le forme realizzate erano idonee per lo stampaggio ad iniezione, senza presenza di sottosquadri. Vi è stato anche un notevole alleggerimento delle parti, con un conseguente risparmio di materiale. L'occhio, successivamente, si è messo in relazione con la "palpebra mobile". In un primo momento, la parte interna della palpebra risultava essere piena al di sopra del piano sul quale ruota la stessa. Successivamente, sempre per una questione di alleggerimento della parte e risparmio del materiale, tutta la palpebra è stata svuotata, lasciando solo il bordo di contatto con l'occhio, l'estrusione del foro all'interno del quale si posiziona l'albero del servomotore e la calotta della palpebra. Per rinforzare la struttura, sono state aggiunte quattro nervature attorno al foro e in comunicazione con tutta la calotta della palpebra.



palpebra - seconda prova



palpebra definitiva - ambiente di modellazione Creo

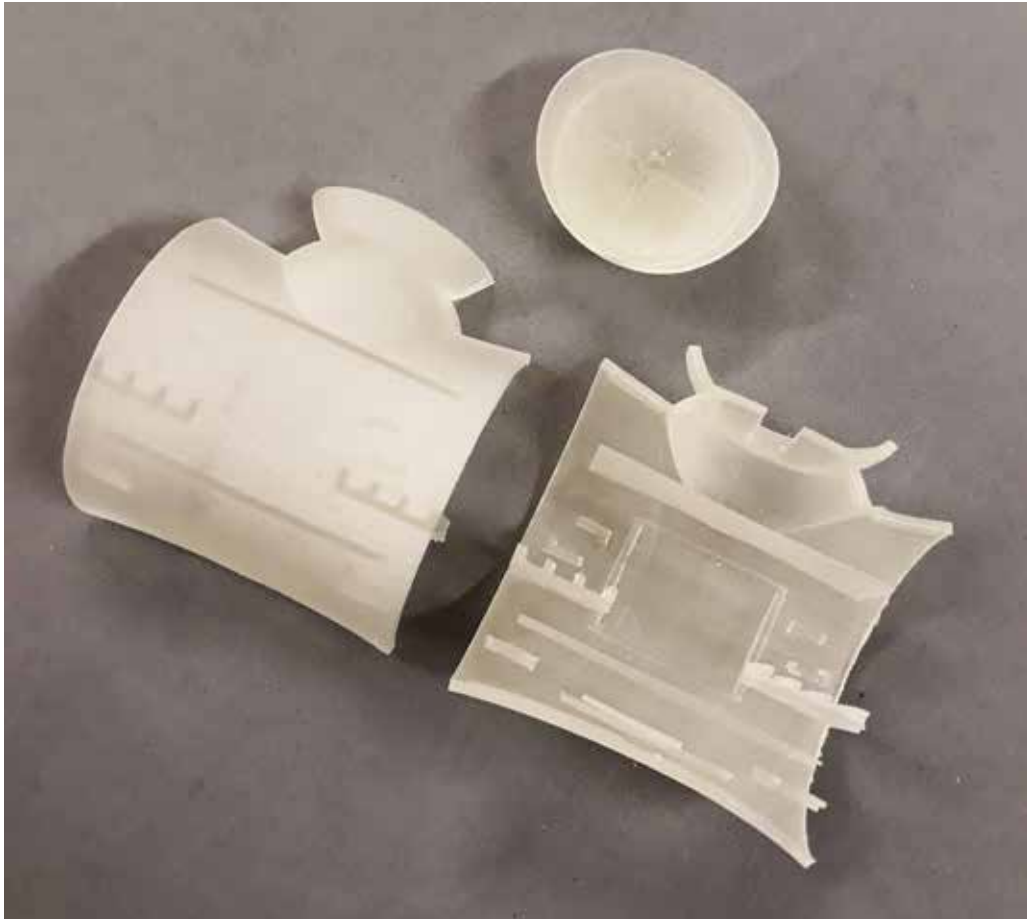


palpebra definitiva - stampa in resina Invicta 977



palpebra e occhio definitivi - simulazione espressioni del robot

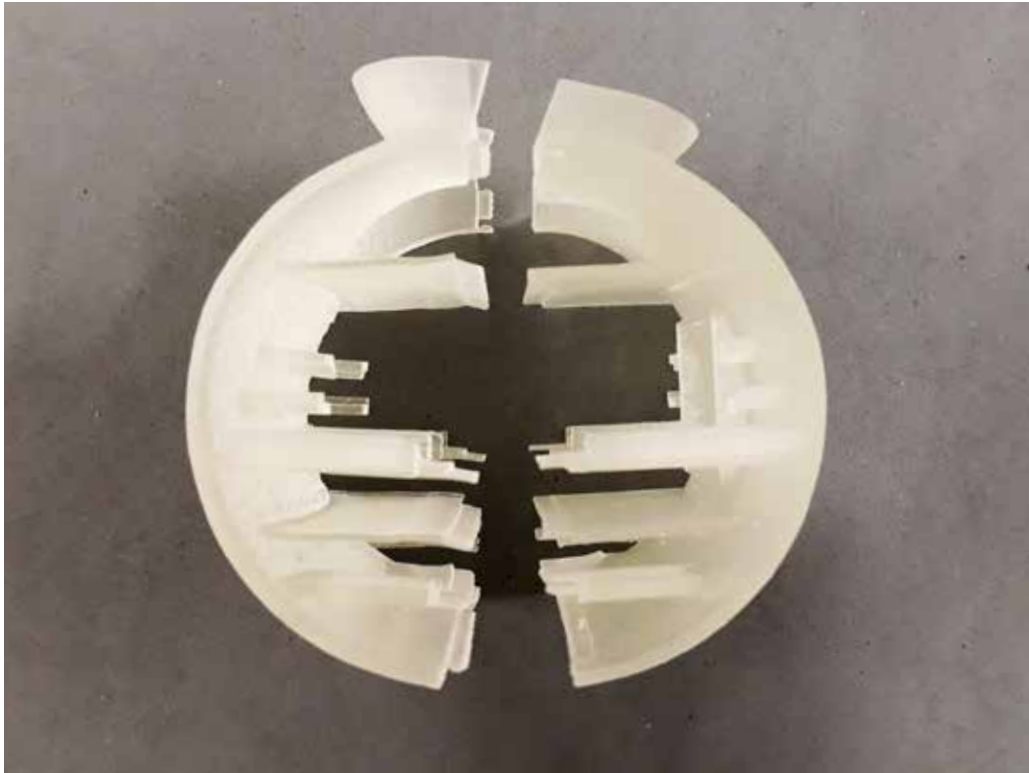
Oltre ad essere modificati i modelli tridimensionali dell'occhio e della palpebra, hanno subito delle variazioni anche le due sezioni del corpo principale: sono state inserite anche qui nervature di rinforzo per i piani interni sui quali sono posizionate le componenti elettroniche; inoltre, lo stesso incastro di unione tra le due sezioni dell'occhio è stato applicato anche al corpo; infine, è stato estruso internamente il profilo nel quale sarà posizionato il display a matrice LED.



sezione posteriore e anteriore del corpo; palpebra - modelli in Resina Invicta 977

Per effettuare queste ulteriori stampe, è stata utilizzata la Resina Invicta 977 con prestazioni simili a quelle del materiale reale utilizzato per la scocca di tutto il robot. La resina è stata scelta di colore giallo chiaro e con effetto traslucido, in modo da poter permettere un ottimale passaggio della luce, proveniente dai LED dell'occhio e del display.

Tuttavia, sono state realizzate più stampe del corpo, a causa della deformazione del materiale in corrispondenza degli incastri tra una sezione e l'altra. Questo ha richiesto l'utilizzo di altre resine di colore differente per ottenere una stampa ottimale del corpo.



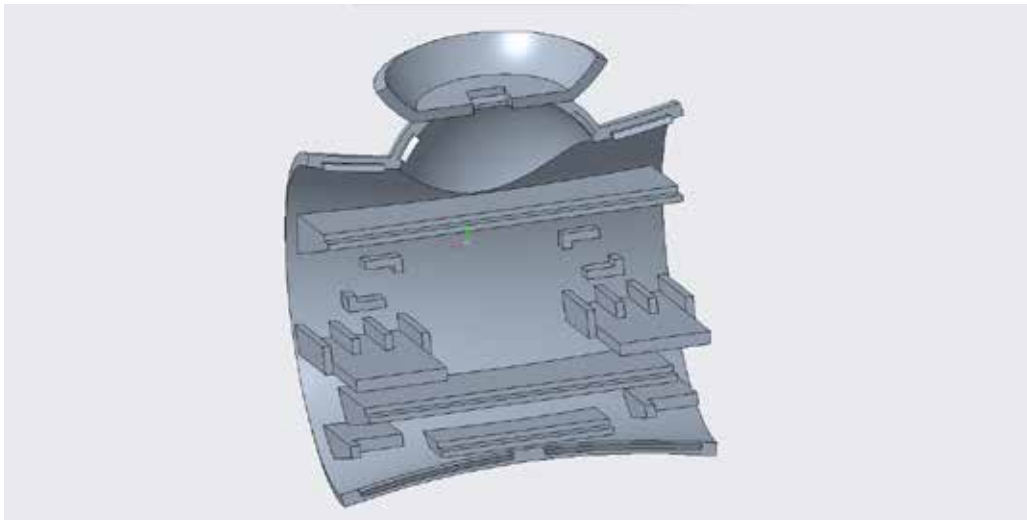
sezione posteriore e anteriore del corpo - deformazione del materiale



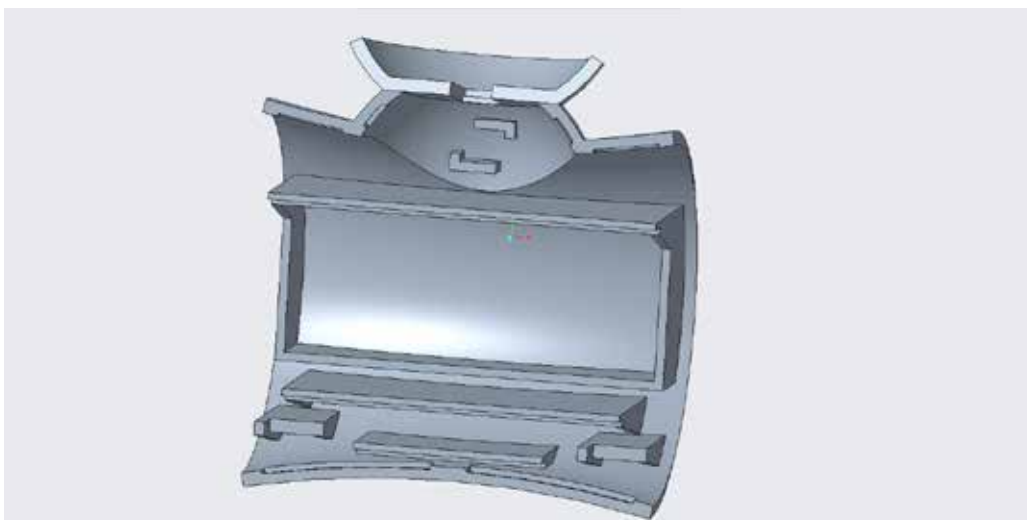
sezione posteriore e anteriore del corpo - rafforzamento dei supporti

Una volta confermato l'assemblaggio tra le due sezioni del corpo, sono stati revisionati i supporti interni rispetto al posizionamento delle componenti elettroniche. Nonostante questo passaggio fosse già stato effettuato, il display a matrice LED inizialmente preso in esame è stato sostituito con uno 6x12 RGB. Questa decisione ha comportato una serie di modifiche a cascata per permettere l'inserimento del display all'interno del corpo, lasciando allo stesso tempo spazio per le altre componenti.

Difatti, sono stati spostati alcuni supporti per i sensori a infrarossi ed è stato ritenuto opportuno, inoltre, rafforzare ulteriormente la struttura interna del corpo, aumentando lo spessore delle nervature e dei supporti stessi.

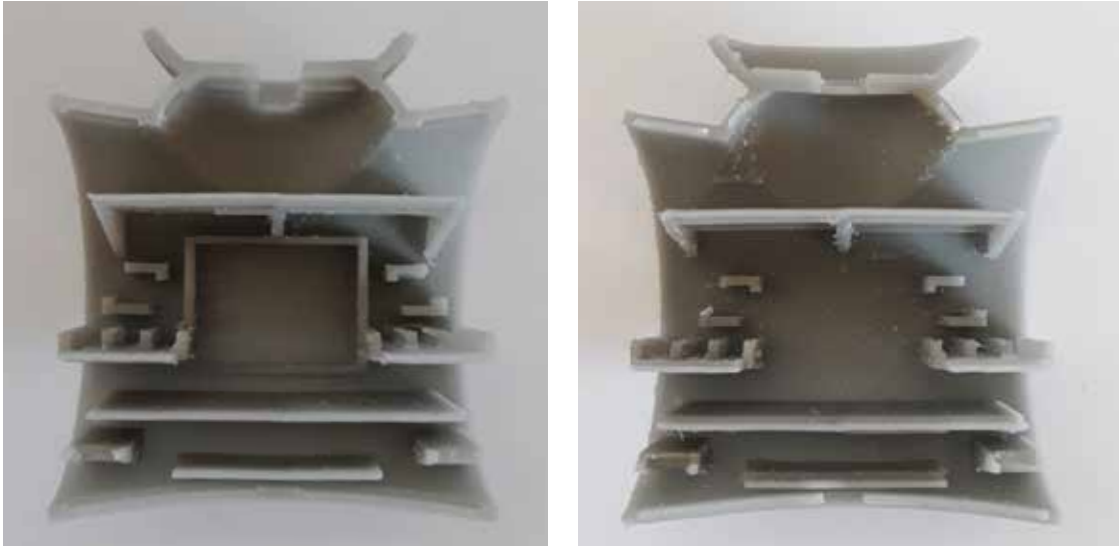


sezione corpo posteriore - ultima modifica



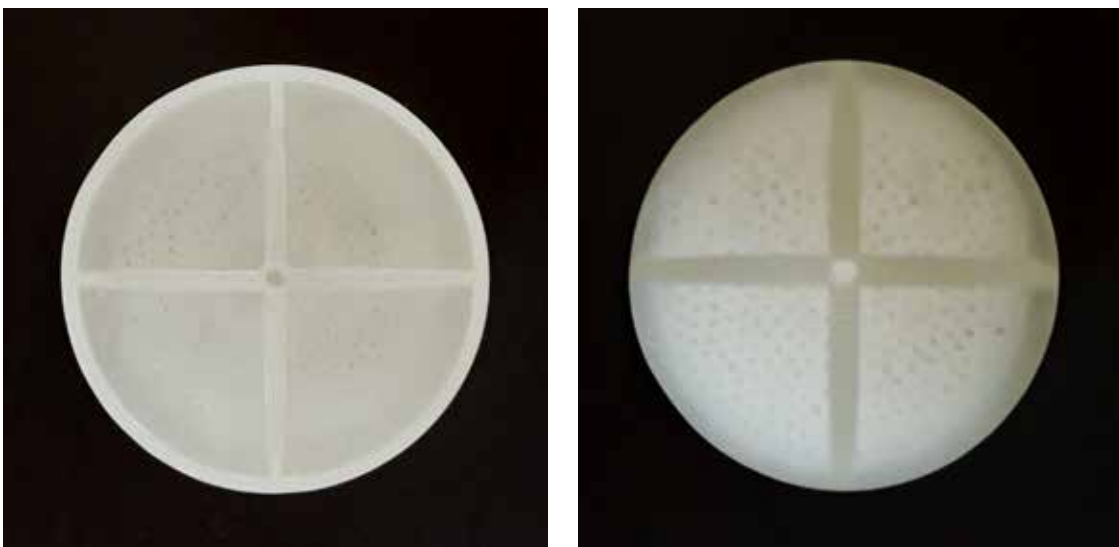
sezione corpo anteriore - ultima modifica

Il modello precedente del corpo era caratterizzato dalla scelta di uno spessore dei supporti non sufficiente, tanto da portare alla deformazione del materiale precedentemente mostrata. Per l'aumento non indifferente della dimensione dei supporti del display a matrice LED, sono stati eliminati quelli relativi al gearmotor sulla sezione del corpo frontale, aumentando l'estensione dell'estrusione e il suo spessore. Infine, sono stati eliminati anche i due scompartimenti per i sensori ad infrarossi sempre dalla sezione anteriore del corpo, riducendo a uno lo scompartimento posizionato sul collo sferico del robot (sezione anteriore).



sezione anteriore e posteriore corpo – rafforzamento supporti tramite nervature

Le ruote hanno costituito una delle componenti più immediate da realizzare, data la loro semplicità formale, ma anche le osservazioni approfondite fatte in fase di progettazione, riguardo il risparmio di materiale, la fattibilità dello stampo ad iniezione e la relazione con le componenti elettroniche. Inoltre, le ruote non hanno subito deformazioni, dunque, il passo successivo è stato quello di metterle in relazione con il proprio rivestimento, ossia i due pneumatici in materiale gommoso.



vista interna ed esterna della ruota definitiva



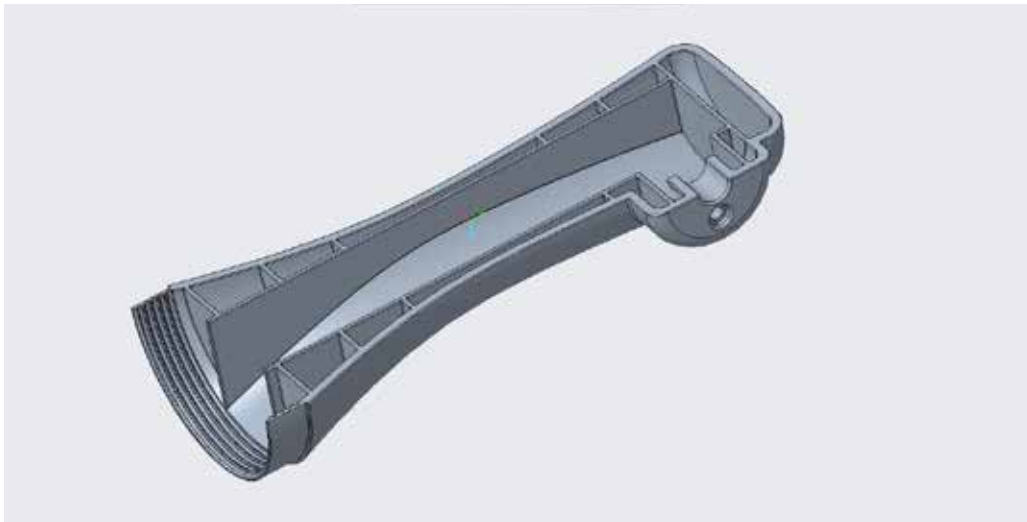
vista esterna delle ruote definitive



vista interna delle ruote definitive

Passando alla realizzazione del manico, è stata riprogettata come prima cosa la struttura del manico centrale, il quale ha il ruolo di collegarsi, non solo alla cupola di raccordo al robot, ma anche alla sua base estraibile, che permette l'inserimento delle componenti elettroniche.

Difatti, il manico principale è stato diviso in due sezioni, con all'interno delle nervature identiche che hanno il fine di combaciare perfettamente tra loro, rinforzare la superficie esterna e delimitare le zone ove va ad essere inserita la parte elettronica.



sezione manico - ambiente di modellazione Creo

La cupola, invece, è stata stampata in un pezzo unico. Le variazioni subite hanno riguardato l'incastro con il manico principale. Non essendo prestante un semplice incastro a "tenone e mortasa" per la stabilità dell'assieme, è stato necessario inserire dei fori che potessero accogliere delle viti autofilettanti specifiche per i materiali plastici.



cupola di raccordo - ambiente di modellazione Creo



foro di inserimento delle viti - cupola di raccordo

Il collegamento tra manico e cupola è permesso tramite due viti dal diametro pari a 2,5 mm specifiche per materiali plastici, fissate ognuna da un dado esagonale.

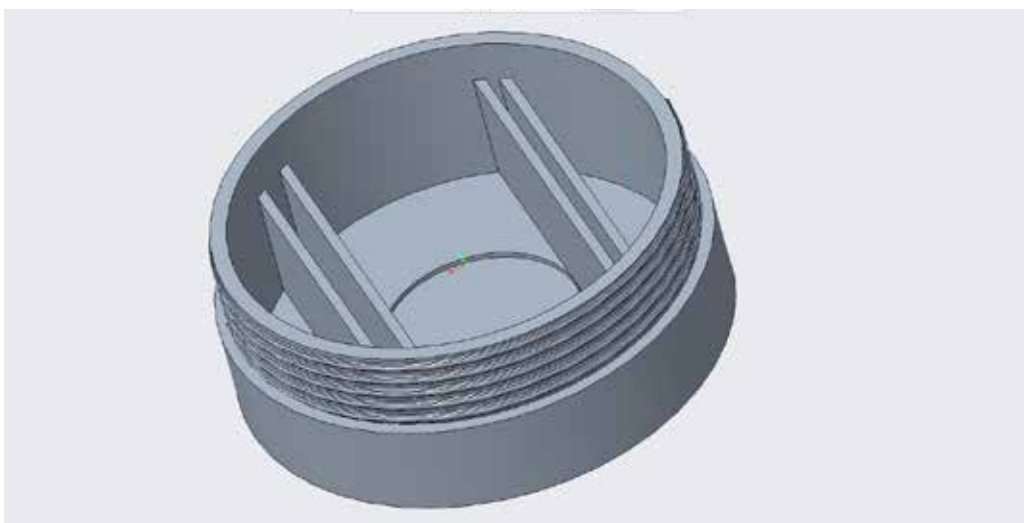


fori di inserimento delle viti - viti e accoppiamento tra cupola e manico

L'ultima parte da riprogettare è stata quella della base estraibile, che ha subito molteplici variazioni. Inizialmente, si era ipotizzato di suddividere quest'ultima in due sezioni, le quali però, avvitandosi con il manico superiore, potessero fissarsi e fissare a loro volta le due sezioni del manico. Tuttavia, tale tentativo non conduceva a un risultato stabile, portando a una riprogettazione delle componenti. La base, infatti, non è stata più modellata come una coppia di parti, ma come un pezzo solo, dotato di filettatura in grado di avvitarsi al manico superiore. A sua volta, anche il manico presenta una filettatura in grado di ospitare la base e, in questo modo, la componente estraibile fissa e unisce le due sezioni del manico sulla parte inferiore.



accoppiamento cupola di raccordo e sezioni del manico



base estraibile - ambiente di modellazione Creo

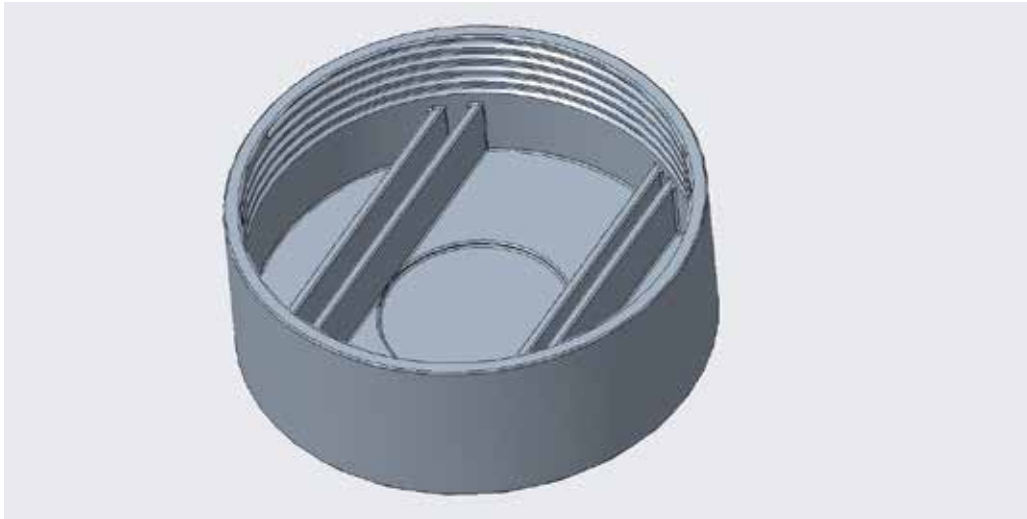


(sinistra) sezione base avvitabile - (destra) base avvitabile unica



accoppiamento base avvitabile, sezioni manico e cupola di raccordo

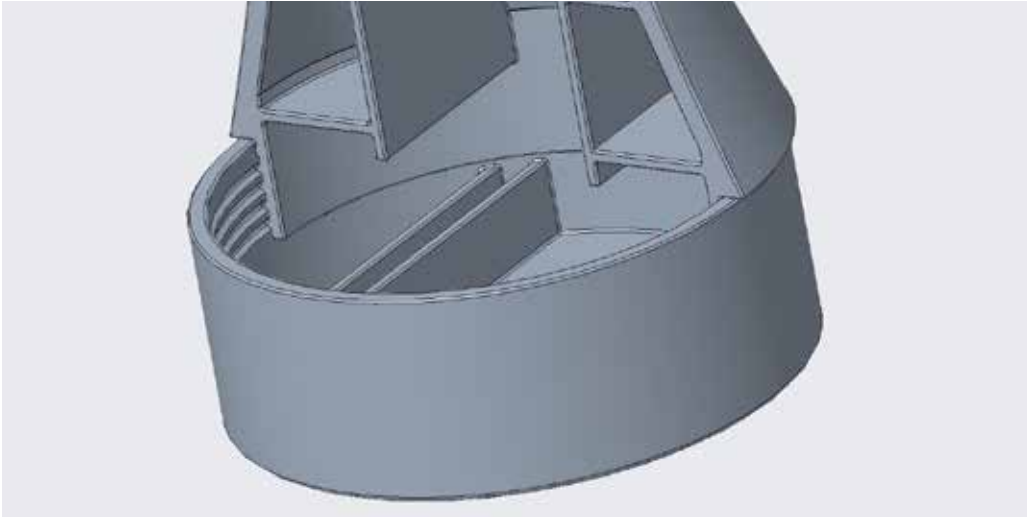
L'assemblaggio tra la base estraibile e le due sezioni del manico centrale ha subito un'inversione della filettatura di avvitamento. Secondo il modello iniziale, le due sezioni del manico rimanevano esterne rispetto alla base estraibile. Questa scelta comportava, tuttavia, una separazione tra le due sezioni e, di conseguenza, una deformazione del manico data dal pessimo fissaggio nella parte centrale del manico. Invertendo la filettatura, quindi lasciando a vista la base estraibile progettata per accogliere la filettatura da parte delle due sezioni, queste risultano fissarsi e compattarsi maggiormente.



base estraibile modificata - ambiente di modellazione Creo



sezione manico modificata - inversione filettatura



avvitamento sezione manico e base estraibile

11.3 Modello di accoppiamento dei materiali (parti rigide, parti gommose)

Obiettivo:	simulazione resa dei materiali definitivi
Elementi realizzati:	cupola manico; impugnatura manico;
Tecnologia prototipazione rapida:	SLA;
Materiale utilizzato:	Resina Invicta 915; Flexa 692.

La realizzazione di questo modello ha portato a una maggiore consapevolezza della compatibilità tra le varie parti che costituiscono il robot e il manico. In particolar modo, si è verificata la corretta relazione tra le componenti pensate in materiale rigido e quelle in materiale gommoso.

Per la stampa delle componenti in materiale gommoso è stata scelta una resina che, come nel caso delle parti rigide, simulasse le prestazioni ipotizzate per il materiale reale. La scelta ha portato anche all'individuazione del colore specifico con cui sono stati ideati gli elementi, ossia il nero.

Le parti che sono state stampate tramite stereolitografia sono state le seguenti: il prolungamento gommoso della cupola, responsabile dell'incastro tra robot e manico; i cuscinetti laterali anti-scivolo posti sul manico; il rivestimento della base del manico; i due pneumatici delle ruote motrici del robot. Al termine della prima prova, sono stati riscontrati alcuni effetti negativi relativi alla deformabilità del materiale durante la stampa. Difatti, alcuni livelli superficiali risultavano traslati o addirittura deformati.

Il rivestimento della base del manico, ad esempio, oltre a subire una leggera deformazione sulla base, risulta essere anche leggermente più corto in altezza, tanto da non arrivare a ricoprire l'intera superficie della base avvitabile.



rivestimento base - prima prova

Il prolungamento, allo stesso modo, riporta una circonferenza leggermente maggiore rispetto a quella sulla quale deve essere posto, ossia la cupola del manico.



accoppiamento manico con rivestimento base e prolungamento cupola

Osservando i cuscinetti anti-scivolo del manico, invece, è risultato necessario aumentarli di spessore e variare il proprio posizionamento internamente alla superficie del manico e non semplicemente al di sopra, come era stato anche precedentemente evidenziato nel primo modello.

I due pneumatici, infine, mostrano anch'essi una deformazione non indifferente che li rende incapaci di avvolgere saldamente le ruote in materiale rigido stampate per il modello antecedente.

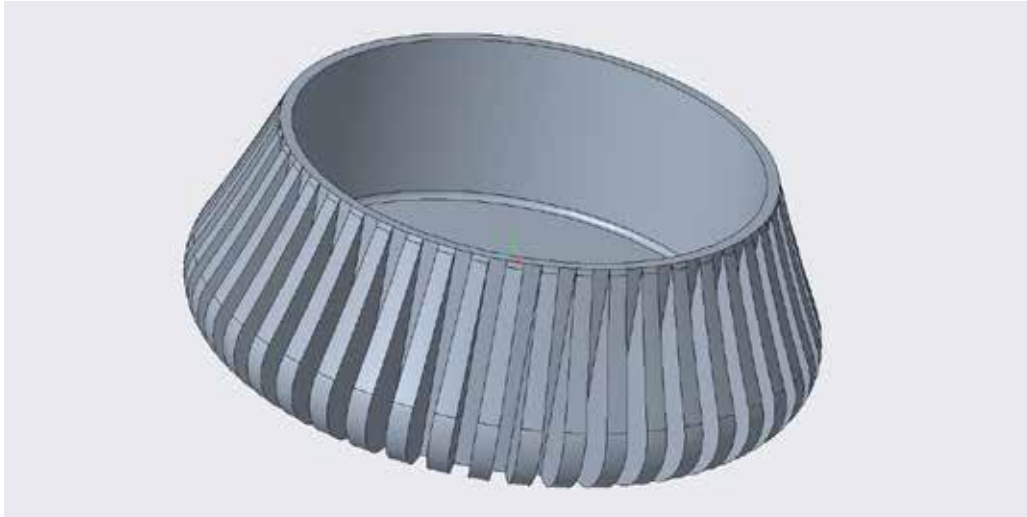


accoppiamento manico con rivestimento base, cuscinetti anti-scivolo e prolungamento cupola



(sinistra) pneumatico - (destra) accoppiamento ruota e pneumatico

Durante la revisione delle parti del manico in resina gommosa, la base di rivestimento è stata livellata creando delle lamelle con uno scopo ben preciso: alleggerire la parte e diminuire il materiale necessario in fase di stampa. Ogni lamella ha uno spessore di circa 2,5 mm e la distanza tra una lamella e l'altra riporta lo stesso valore. Inoltre, l'assemblaggio tra manico e rivestimento gommoso è risultato più efficace rispetto alla componente stampata precedentemente, non riportando, quindi, una deformazione del materiale.



base di rivestimento base - ambiente di modellazione Creo



base di rivestimento base - alleggerimento materiale



accoppiamento manico con rivestimento base, cuscinetti anti-scivolo e prolungamento cupola

11.4 Modello per analisi delle componenti elettroniche

Obiettivo:	verifica relazione tra modello tridimensionale e ingombri delle componenti elettroniche;
Elementi realizzati:	palpebra; sezioni occhio; sezioni corpo;
Tecnologia prototipazione rapida:	SLA;
Materiale utilizzato:	Resina Invicta 915.

Per questa fase sono state individuate alcune componenti elettroniche rispetto ai requisiti selezionati per il funzionamento del prototipo del robot, ossia:

1. movimento occhio;
2. movimento palpebra;
3. feedback visivi;
4. feedback motori/emotivi.

Per questi requisiti sono stati selezionati, di conseguenza, le seguenti componenti elettroniche:

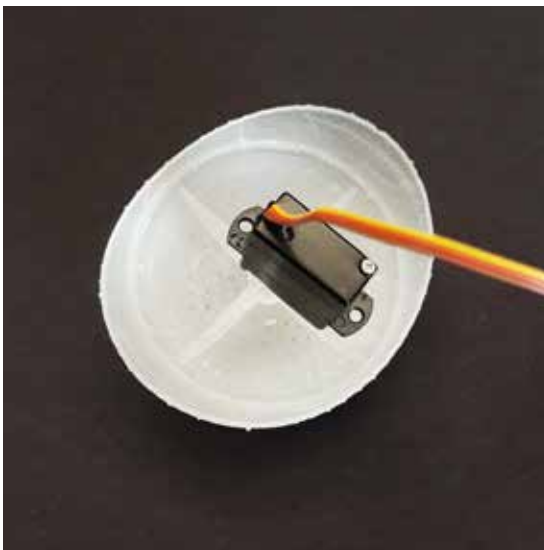
- **Servomotore da 1,7 g:** https://www.amazon.it/Alkan-Werkzeug-digitale-voltaggio-aeromobile-elettronica/dp/B0826VLS16/ref=sr_1_12?__mk_it_IT=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=micro+servo+1.7g&qid=1617871311&sr=8-12;
- **Display a matrice LED RGB 6x12:** <https://www.adafruit.com/product/3449;>
- **Arduino Nano 33 BLE:** [https://store.arduino.cc/arduino-nano-33-ble.](https://store.arduino.cc/arduino-nano-33-ble)



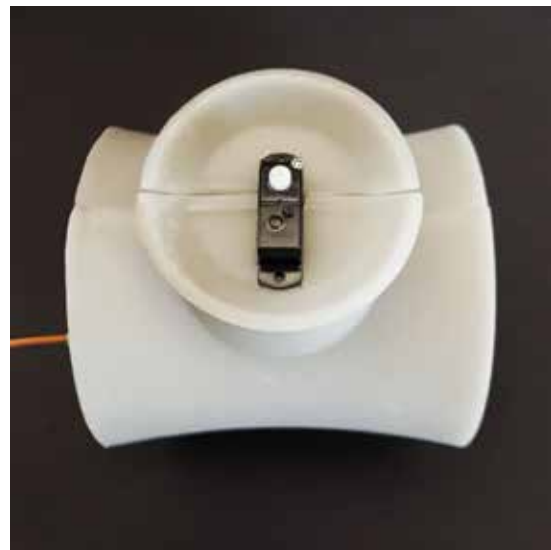
servomotore da 1,7 g

Il primo componente ad essere posizionato rispetto alle stampe dei modelli precedenti è stato il servomotore dal 1,7 g. È stata riscontrata una corretta modellazione dei supporti interni in previsione del posizionamento di quest'ultimo. Difatti è possibile osservare una ottimale sistemazione del servomotore, sia rispetto alla palpebra, sia con le due sezioni dell'occhio, che con il corpo del robot.

Lo step successivo comprende la verifica del movimento di ognuna di queste parti, verificando l'idoneità della potenza del servomotore e la resistenza tra l'attrito delle diverse parti (collo-occhio, occhio-palpebra).



(sinistra) relazione servomotore-palpebra - (destra) relazione servomotore-occhio



relazione servomotore-corpo - movimento occhio

11.5 Modello definitivo

Obiettivo:	verifica relazione tra modello tridimensionale e ingombri delle componenti elettroniche;
Elementi realizzati:	palpebra; sezioni occhio; sezioni corpo;
Tecnologia prototipazione rapida:	SLA;
Materiale utilizzato:	Resina Invicta 915.

11.5.1 Individuazione delle funzioni

In previsione della realizzazione del prototipo *Clio*, è stato necessario fare una scrematura delle interazioni e riordinarle in base alla priorità nella costruzione del robot:

1. Accensione/spegnimento;
2. Movimento;
3. Visualizzazione messaggi per utente;
4. Espressività.

▪ Accensione/spegnimento

Il dispositivo deve essere in grado di accendersi e spegnersi autonomamente, senza dipendere dal flusso di corrente fornito dal cavo di alimentazione USB, collegato al personal computer.

▪ Visualizzazione messaggi per utente

Il sistema dispone di un display a matrice LED per comunicare con l'utente tramite feedback luminosi. Gli elementi grafici visualizzati comunicano stati d'animo e reazioni emotive del robot, in seguito a determinati stimoli o interazioni.

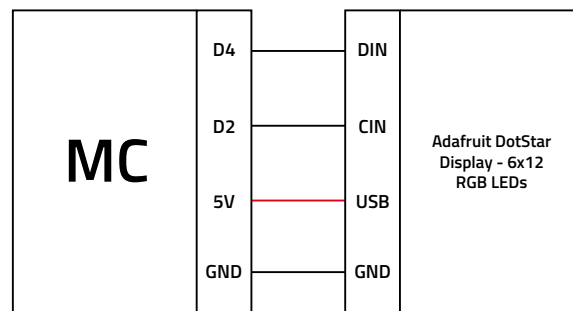
▪ Espressività

Il sistema deve essere in grado di esprimere il suo "stato d'animo" attraverso feedback luminosi e motori. L'elemento responsabile dell'espressività del robot è la calotta sferica posta sulla parte superiore del capo del dispositivo. Tale componente, ruotando di un determinato angolo, conferisce espressività al robot, entrando in relazione con l'"occhio" focale della videocamera come se fosse una "palpebra". Anche gli elementi grafici visualizzati sul display sono responsabili dell'espressività del sistema.

11.5.2 Elaborazione software

▪ Display

Una volta realizzato il collegamento tra il microcontrollore (Arduino Nano) e il display scelto per il prototipo, è stato scritto il codice in C++ all'interno dell'ambiente di programmazione Arduino IDE per la gestione di quest'ultimo. Il codice ha l'obiettivo, in particolare, di controllare i feedback visivi che vengono restituiti all'utente in base alla relazione con le sue azioni e l'ambiente circostante.



In particolare, è stato chiesto al display di trasmettere questi messaggi:

1. saluto iniziale "CIAO! SONO CLIO!";
2. invito al "TAP!" per procedere con il login/set up;
3. sentimento di gioia tramite il disegno di una stella;
4. sentimento di dubbio tramite il punto interrogativo "?";
5. sentimento di rabbia tramite il disegno di una saetta;
6. sentimento di approvazione tramite il disegno di un cuore;
7. stato della ricarica durante il caricamento;
8. stato di salubrità dell'aria, in base ai dati percepiti in quel momento;

opzioni possibili: ● *ottima*

● *buona*

● *accettabile*

● *mediocre*

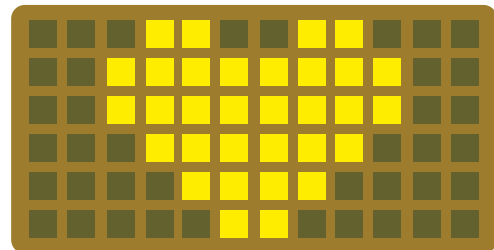
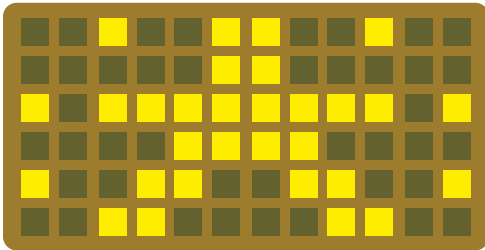
● *scadente*

● *pessima*

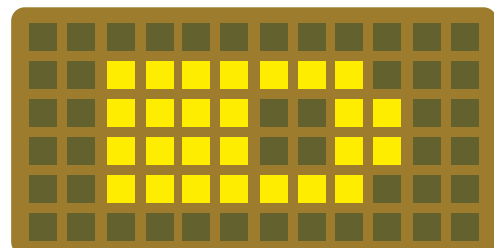
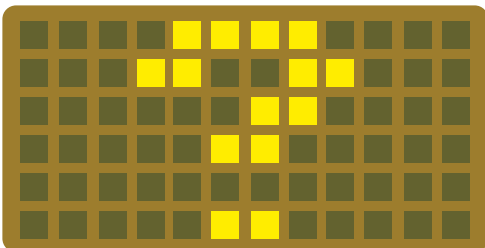
La grafica progettata ha richiesto una revisione delle geometrie, in quanto prendono in considerazione un display 16x8 e quello che va ad essere utilizzato per il prototipo comprende una matrice 6x12. La disposizione dei LED e la loro relativa gestione segue una determinata numerazione: parte da quello posizionato in basso a sinistra (n. 0) e da lì in poi gli altri LED seguono una numerazione crescente con andamento a zig-zag. Scoprire la seguente mappatura dei DotStar ha permesso una più semplice scrittura del codice di programmazione per la gestione dello stesso.

60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

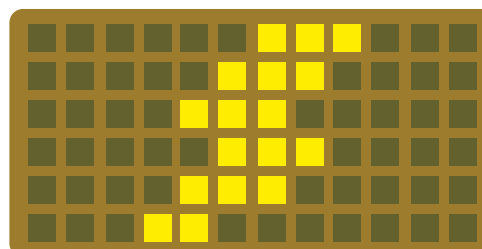
mappatura LED RGB della matrice Adafruit 6x12



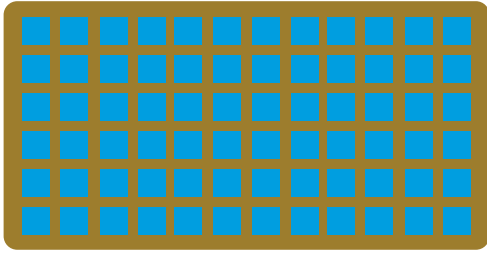
(sinistra) feedback di gioia tramite "stella" - (destra) sentimento di approvazione tramite "cuore"



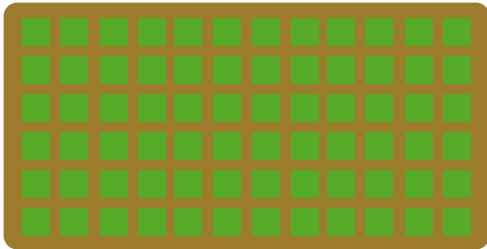
(sinistra) feedback di dubbio tramite "?" - (destra) avanzamento ricarica



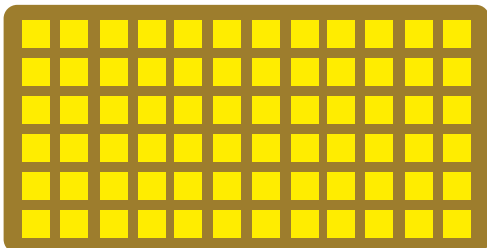
(sinistra) feedback di rabbia tramite "saetta"



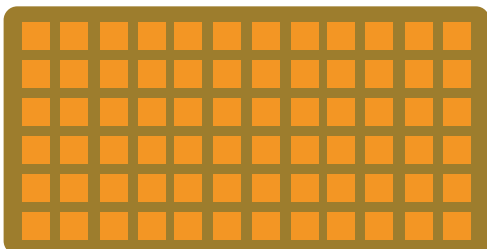
qualità dell'aria: *ottima*



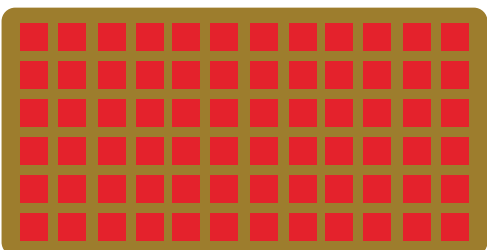
qualità dell'aria: *buona*



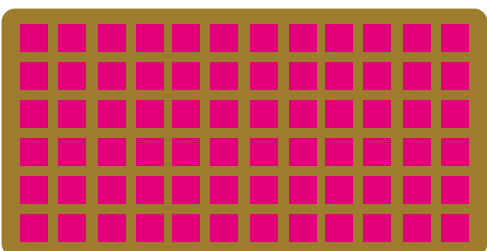
qualità dell'aria: *accettabile*



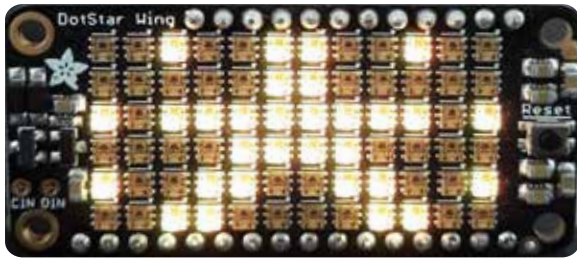
qualità dell'aria: *mediocre*



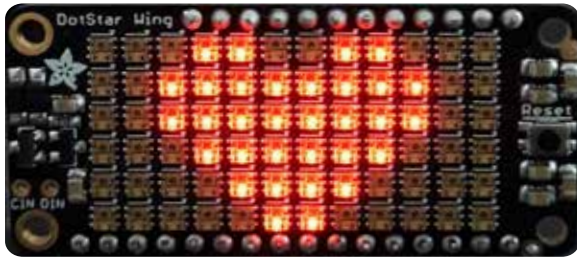
qualità dell'aria: *scadente*



qualità dell'aria: *pessima*



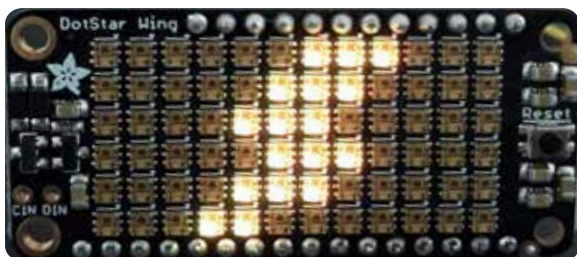
stato d'animo: *gioia*



stato d'animo: *approvazione*



stato d'animo: *dubbio*



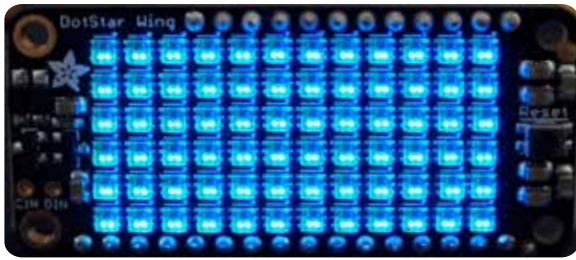
stato d'animo: *rabbia*



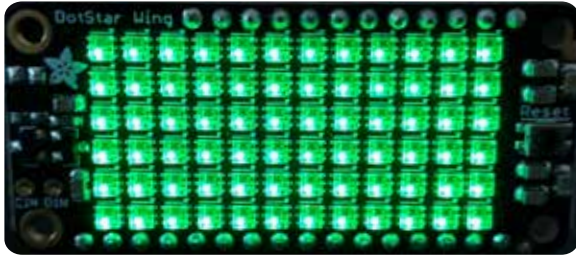
stato batteria: *scarica*



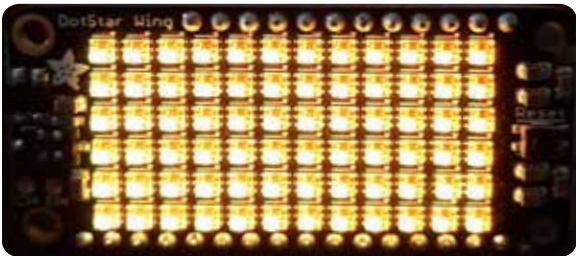
stato batteria: *in carica*



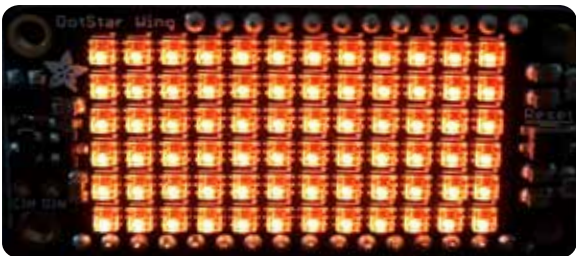
qualità dell'aria: *ottima*



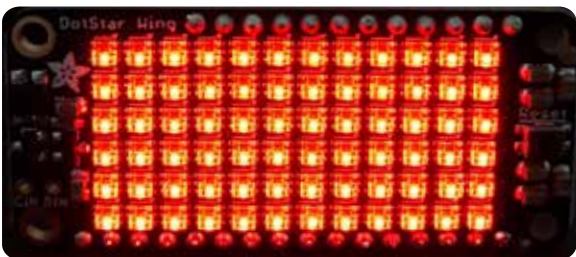
qualità dell'aria: *buona*



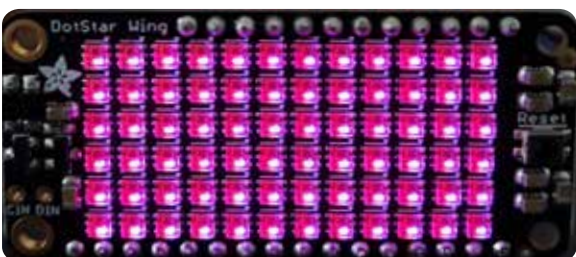
qualità dell'aria: *accettabile*



qualità dell'aria: *mediocre*



qualità dell'aria: *scadente*



qualità dell'aria: *pessima*

12.0 INTERFACCIA APPLICAZIONE



12.1 Parametri

Per la progettazione del software, responsabile della gestione di Clio tramite dispositivo mobile (smartphone, tablet,...), sono stati individuati dei fattori ambientali utili per aiutare il bambino a conoscere meglio l'ambiente in cui si trova e comprendere i parametri che definiscono un luogo salubre o insalubre.

Oltre ad essere mostrata l'esatta posizione geografica in cui si trova, definita al longitudine, altitudine e altezza rispetto al livello del mare, tutti questi primi dati sono accompagnati dall'indicazione della temperatura e il clima rispetto all'orario di collegamento del bambino.

Tuttavia, i dati più importanti per capire lo stato di salubrità dello spazio circostante al piccolo utente sono i seguenti:

- **O₃** - L'**ozono** è un gas con capacità irritanti per gli occhi, per le vie respiratorie e per le mucose in genere. Elevate concentrazioni di questo inquinante nell'aria possono portare all'acuirsi di patologie già presenti nei soggetti più sensibili (persone affette da malattie respiratorie croniche e asmatici).
- **NO₂** - Il **biossido di azoto** è un forte irritante delle vie polmonari; già a moderate concentrazioni nell'aria provoca tosse acuta, dolori al torace, convulsioni e insufficienza circolatoria. Può inoltre provocare danni irreversibili ai polmoni che possono manifestarsi anche molti mesi dopo l'attacco. È emesso soprattutto dai motori diesel ed è ritenuto cancerogeno.
- **SO₂** - Il **biossido di zolfo** è un forte irritante delle vie respiratorie; un'esposizione prolungata a concentrazioni anche minime può comportare faringiti, affaticamento e disturbi a carico dell'apparato sensoriale (occhi, naso, ...).
- **CO** - Il **monossido di carbonio** è un gas inodore e incolore, tossico per l'uomo. Gli effetti dell'esposizione a questo agente inquinante possono variare da leggera intossicazione con disturbi psico-motori, cefalea e indebolimento generale fino ai conseguenze più gravi. È emesso prevalentemente dai motori a benzina, dagli impianti di riscaldamento domestici e dagli impianti industriali.
- **PM10** - Il PM10 indica un insieme di **polveri inquinanti** di diametro inferiore a 10µm, generate da fenomeni naturali, o più comunemente dai gas di scarico delle automobili o dall'inquinamento degli impianti industriali. Gli effetti irritativi sul tratto superiore dell'apparato respiratorio possono comprendere l'infiammazione e la secchezza del naso e della gola, aggravandosi se le particelle hanno assorbito sostanze acide (come il biossido di zolfo o gli ossidi di azoto).
- **PM2.5** - Il PM2.5 è un insieme di **polveri inquinanti** con diametro inferiore a 2.5µm, di natura organica o inorganica. Questo tipo di particolato è in grado di penetrare profondamente nell'apparato respiratorio provocando disturbi acuti e cronici (asma, bronchite, enfisema, allergia) e nell'apparato cardio-circolatorio (aggravamento nei soggetti con problemi cardiaci).

INQUINANTE	TIPO DI LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE LIMITE	SUPERAMENTI IN UN ANNO
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	Media giornaliera	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	massimo 35
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media max oraria	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	massimo 18
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite sulle 8 ore per la protezione della salute umana	Media max giornaliera calcolata su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<= 25 volte/anno in media su 3 anni
CO (mg/m^3)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media max giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m^3	
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite giornaliero	Media giornaliera	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	massimo 3
	Valore limite su 1 ora per la protezione della salute umana	Media max oraria	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	massimo 24
Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite su base annua	Anno civile	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

- Classificazione della **qualità dell'aria** - L'indice di qualità dell'aria è una misura dello stato complessivo dell'inquinamento atmosferico, calcolato sulla base delle concentrazioni di tre dei principali inquinanti presenti in atmosfera: PM10, O₃, NO₂.

Si tratta di un numero adimensionale calcolato nel modo seguente: si considerano valori di concentrazione in kg/m^3 , che rappresentano i dati orari di previsione. Questi vengono convertiti in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e standardizzati rispetto a dei valori limite di riferimento stabiliti dal **D.Lgs 155/2010**: per PM10 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, che rappresenta il limite per la media giornaliera, per O₃ 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore obiettivo che indica il limite per la massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore (il calcolo della media mobile consiste nell'assegnare a ogni ora della giornata un valore di concentrazione pari alla media dei valori di concentrazione delle precedenti 8 ore) e per NO₂ 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, limite per la media oraria. Se consideriamo dx la concentrazione dell'inquinante in kg/m^3 , gli indici calcolati per i 3 inquinanti sono:

$$I_{\text{PM10}} = (dx \cdot 10^9 / 50) \cdot 100$$







$$I_{\text{8hO3}} = (dx \cdot 10^9 / 120) \cdot 100$$

$$I_{\text{NO2}} = (dx \cdot 10^9 / 200) \cdot 100$$

L'indice di qualità dell'aria è il massimo tra i 3 indici calcolati:

$$IQA = \max[I_{NO_2}; I_{PM_{10}}; I_{O_3}]$$

Una volta calcolato l'indice si entra nella tabella di riferimento:

IQA	COLORE	QUALITÀ
<=50		Ottima
51-70		Buona
71-100		Accettabile
100-150		Mediocre
151-200		Scadente
>200		Pessima

Questo permette di valutare lo stato di qualità dell'aria in una determinata ora.

Come si può notare dalle formule, se il valore trovato ricade nelle prime 3 classi (*Ottima*, *Buona* e *Accettabile*) significa che nessun inquinante ha superato i limiti imposti e quindi non vi sono criticità legate alle qualità dell'aria per il sito considerato. La classe *Ottima*, in particolare, segnala che tutti gli inquinanti sono presenti in concentrazione pari o inferiore alla metà del relativo valore limite, e fornisce quindi un'indicazione estremamente positiva. Le classi *Mediocre*, *Scadente* e *Pessima* avvertono che almeno uno dei 3 inquinanti ha superato il relativo limite di legge. In particolare la classe *Mediocre* indica un superamento pari o inferiore a una volta e mezzo il valore limite, la classe *Scadente* indica un superamento compreso tra 1,5 e 2 volte il valore limite, la classe *Pessima* indica un superamento superiore al doppio del valore limite. Se volessimo dare un giudizio qualitativo sulle varie categorie, per capire in termini pratici quali sono gli impatti sulla salute, si potrebbero riassumere in questo modo le considerazioni necessarie:

 **Ottima**

La qualità dell'aria è molto buona e non produce rischi per la salute.

 **Buona**

La qualità dell'aria è considerata soddisfacente e l'inquinamento non produce rischi rilevanti per la salute.

 **Accettabile**

La qualità dell'aria è accettabile, comunque per alcuni inquinanti ci potrebbe essere un impatto moderato sulla salute per un piccolo numero di persone. Per esempio, persone

che sono particolarmente sensibili all'ozono possono avere sintomi di problemi respiratori.

● **Mediocre**

Sebbene il generico pubblico non sia affetto da sintomi, gruppi specifici di persone (con malattie cardiache e respiratorie come asma, bronchite cronica, enfisema, anziani e bambini) sono a rischio maggiore.

● **Scadente**

Ognuno può cominciare a riscontrare effetti negativi sulla salute, più seri nel caso dei gruppi specifici.

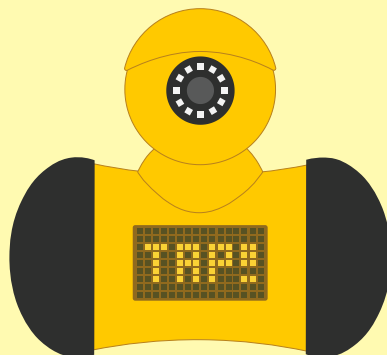
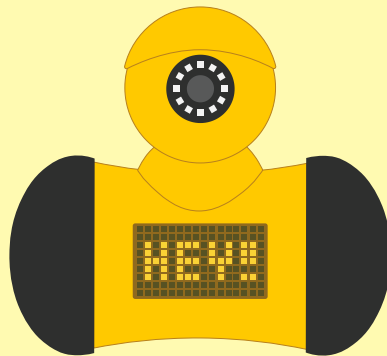
● **Pessima**

Condizioni di emergenza per la salute, è probabile che sia colpita da sintomi l'intera popolazione.

12.2 Simulazione applicazione

▪ Accensione

Una volta attivata l'applicazione, una versione grafica di Clio saluta l'utente invitandolo a pigiare il suo schermo con la scritta "TAP!" per poter accedere alla fase di "Login" o "Sign up". L'animazione è automatica, ma non si può procedere alla schermata successiva senza il contributo dell'utente.



■ Login/Sign Up

La fase di "Login" e "Sign up" riporta al suo interno le richieste base presenti in qualsiasi applicazione: i propri dati personali, l'indirizzo email e una password di accesso. È possibile, inoltre, accedere all'applicazione sfruttando il proprio profilo Instagram o Google, nel caso l'utente ne possieda già uno. Adesione necessaria è quella riguardante i Termini e le Condizioni, senza la quale non è possibile effettuare l'accesso. Nel caso di smarrimento della password è sempre possibile reimpostarla cliccando sull'apposito pulsante presente in basso a destra della schermata.

Ciao! Effettua il Login!

oppure accedi con:
 [Password dimenticata?](#)
[Non sei registrato?](#)

Ciao! Effettua il Login!

Inserire indirizzo email valido

oppure accedi con:
 [Password dimenticata?](#)
[Non sei registrato?](#)

Iscriviti!

Accetta [Termini e Condizioni](#)

Registrati

Hai già un account? [Accedi](#)

■ Menù

Una volta effettuato il Login o l'iscrizione, l'utente visualizzerà una serie di attività che può scegliere di svolgere insieme a Clio. Inoltre, gli è fornito, tramite finestra a scomparsa, un resoconto dei suoi dati da esploratore, in base alle attività/giochi che avrà svolto fino a quel momento. Tra le attività troviamo: giochi, quiz, una classifica tra tutti gli utenti aderenti alla piattaforma, la possibilità di effettuare esplorazioni, scattare foto, guardarle all'interno della propria galleria e poterle condividere nella community di Clio.



■ Giochi

I giochi hanno l'obiettivo non solo di trasmettere all'utente contenuti educativi per una crescita consapevole verso il rispetto per la natura, ma anche per poter accumulare punti e occupare un buon posto all'interno della classifica presente nell'applicazione. Tali punteggi, inoltre, aiutano l'utente a sbloccare attività e livelli non subito disponibili all'utilizzo.

Man mano che la partecipazione aumenta, insieme al numero di esplorazioni effettuate, vengono messi a disposizione altri contenuti educativi e giochi, con l'obiettivo di rinnovare la proposta educativa.



Collega ogni rifiuto AL SUO Bidone SPECIFICO!

This game interface features a yellow background with a home icon in the top left and a back arrow in the top left. A central oval contains eight waste items: a box of tissues, an eggshell, a newspaper labeled 'NEWS', an apple core, a plastic bottle, a broken ceramic bowl, a wine bottle and glass, and a pencil. Below these items are five recycling bins labeled 'Vetro' (green), 'Secco' (grey), 'Carta' (blue), 'Organico' (brown), and 'Plastica' (yellow). Each bin has a small orange dot above it, indicating where a line should be drawn to connect it to the correct waste item.



Collega ogni rifiuto AL SUO Bidone SPECIFICO!

This game interface is identical to the one above, but with lines connecting the waste items to their respective bins. The connections are: Tissues to Secco, Eggshell to Organico, Newspaper to Carta, Apple core to Organico, Plastic bottle to Plastica, Broken bowl to Organico, Wine bottle and glass to Vetro, and Pencil to Secco.

■ Classifica

La classifica rende verificabile ciò che ha compiuto l'utente durante tutte le sue attività, dandogli anche l'occasione di confrontarsi e paragonarsi ad altri utenti. La finalità di questa opzione è di aumentare il senso competitivo nei confronti del bambino, stimolando però anche la sua curiosità nel permettergli di guardare luoghi esplorati da altri, attraverso la visualizzazione del loro profilo.



CLASSIFICA

1.		Leo GiALLini	Punteggio: 32428479	Visita profilo
2.		Elisa Verdi	Punteggio: 31859854	Visita profilo
3.		ROSARIA OCRA	Punteggio: 28545265	Visita profilo
4.		Mario Rossi	Punteggio: 27452014	Visita profilo
5.		LUCIA AZZURRI	Punteggio: 26398745	Visita profilo
6.		ALDO ROSINI	Punteggio: 25789996	Visita profilo
7.		LIDIA VIOLA	Punteggio: 24117812	Visita profilo
8.		Antonio GriGi	Punteggio: 23555142	Visita profilo
9.		VALERIO CARBONE	Punteggio: 22875123	Visita profilo
10.		MANUEL NERONI	Punteggio: 21369521	Visita profilo
11.		YVAN SORBETTI	Punteggio: 20366841	Visita profilo
12.		LUCIA FRAGOLA	Punteggio: 18742245	Visita profilo
13.		RICCARDO BLU	Punteggio: 174932015	Visita profilo
14.		ISA VERDONE	Punteggio: 16983201	Visita profilo
15.		MICHELA FUOCO	Punteggio: 15743951	Visita profilo

■ Re-Cards

Le Re-Cards sono delle schede educative sbloccate dall'utente, man mano che guadagna punti all'interno della piattaforma. Queste schede riguardano tematiche inerenti all'educazione alla sostenibilità ambientale che mirano ad aumentare le conoscenze del bambino tramite piccole pillole.





Re-CARDS


pillole educative sul riciclaggio,
la riparazione e il riuso

			
QUANTE TIPOLOGIE DI PLASTICA ESISTONO?	Come funziona un centro di riparazione e riuso?	I 10 punti per un futuro a Rifiuti Zero	DA DOVE VENGONO i nostri SMARTPHONE?
			
???	???	???	???





Come funziona un Centro Di riparazione e riuso



I centri di riparazione e riuso sono delle strutture destinate al riutilizzo di beni in disuso. Simili ai mercatini e negozi dell'usato, si differenziano da questi quando vengono intercettati e rimessi in circolazione grandi volumi di oggetti riutilizzabili. Le aree prevedono il solo trattamento di oggetti dismessi come computer, biciclette, elettrodomestici, componenti elettronici o di varia ferramenta, infissi, sanitari, abbigliamento, mobili, articoli di produzione industriale o manufatti in generale.

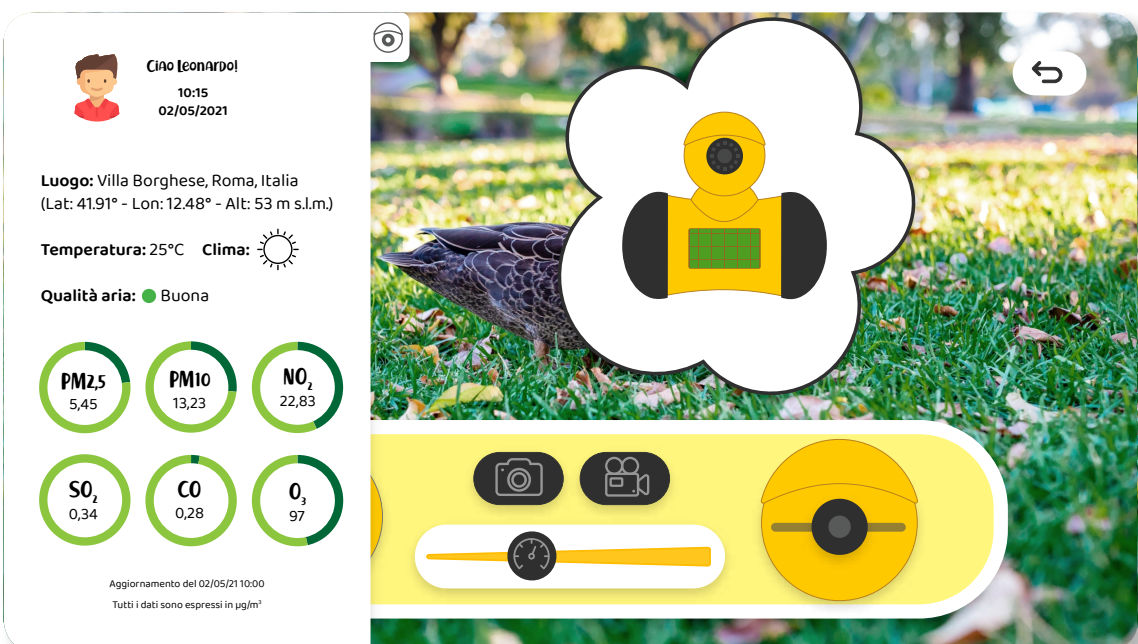
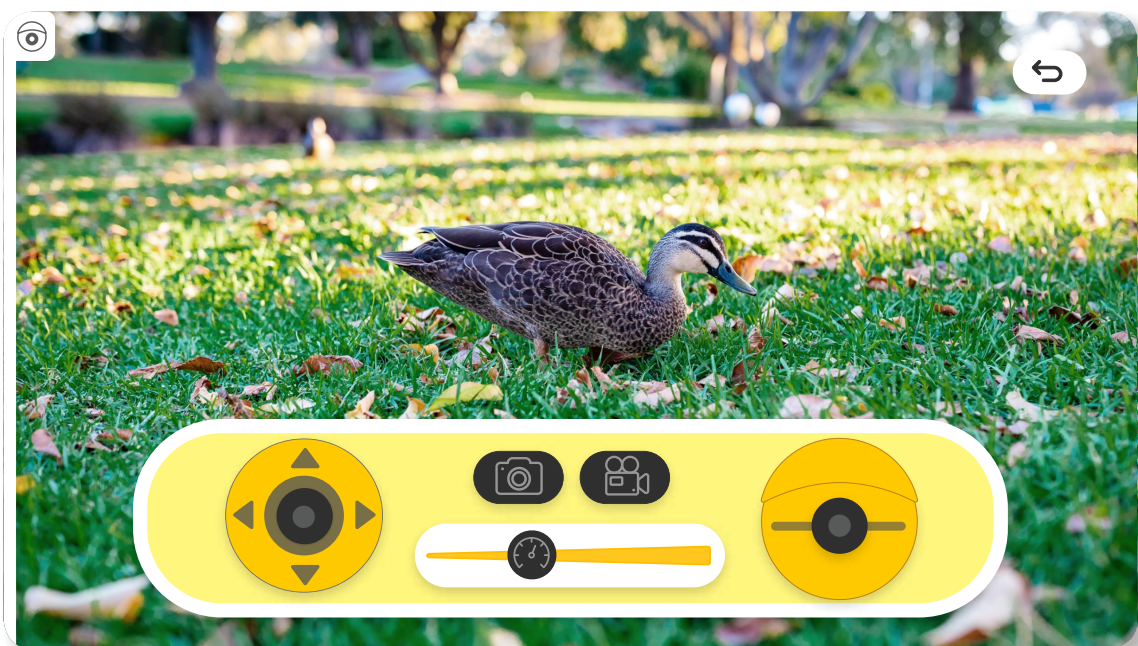
La motivazione principale di tali centri consiste nella necessità di prevenire lo spreco delle risorse tramite la promozione di un uso razionale delle stesse. In questo senso risulta indispensabile dimostrare la possibilità concreta di prolungare il ciclo vitale dei beni erroneamente considerati scarti dalla mentalità contemporanea dell'usa e getta, mettendone in risalto lo spreco legato alle dinamiche del consumismo.

L'obiettivo principale dei centri di riuso è la riduzione dei rifiuti o la preparazione al riutilizzo dei rifiuti, al fine di ridurre i volumi di materiali post-consumo smaltiti in discarica o negli inceneritori.

■ Esplora

L'esplorazione costituisce il nodo centrale dell'intero progetto; permette, difatti, all'utente di osservare tramite l'occhio di Clio la natura da un punto di vista differente, come se stesse utilizzando una GoPro, ma per bambini e che fornisce indicazioni chiare sullo stato di salubrità del luogo che sta esplorando.

Come prima cosa, la gestione del movimento di Clio può essere effettuata solo attraverso il control-pad che si presenta sulla schermata del dispositivo mobile dell'utente. Vi sono, in particolare, i seguenti pulsanti: un tasto analogico per il movimento delle ruote, un tasto analogico per muovere orizzontalmente l'occhio di Clio, un acceleratore e due pulsanti per scattare foto o registrare video dell'esplorazione.



I dati forniti, invece, sullo stato di salubrità dell'aria, sono visualizzabili tramite una finestra a scomparsa riportante come simbolo l'occhio esploratore di Clio. Nel momento in cui questa finestra viene aperta, mostra come dati:

- posizione del bambino (altitudine, longitudine e altezza dal livello del mare);
- temperatura;
- situazione climatica (sole, pioggia, temporale, ...);
- qualità dell'aria (in base agli indici di concentrazione di NO₂, O₃ e PM10);
- indicatori grafici sul livello di concentrazione di 6 inquinanti selezionati (NO₂, O₃, PM10, PM2.5, CO, SO₂).

Ciao Leonardo!
10:15
02/05/2021

Luogo: Villa Borghese, Roma, Italia
(Lat: 41.91° - Lon: 12.48° - Alt: 53 m s.l.m.)

Temperatura: 25°C **Clima:** ☀️

Qualità aria: ● Buona

PM2.5 PM10 NO₂
SO₂ CO O₃

O₃
L'ozono:

- è un **gas irritante** per gli occhi, per le vie respiratorie e per le mucose in genere;
- è un **inquinante** che in alte concentrazioni può favorire l'insorgenza o l'aggravarsi di patologie nei soggetti più sensibili (affetti da malattie respiratorie e asmatici).

Ciao Leonardo!
10:15
02/05/2021

Luogo: Villa Borghese, Roma, Italia
(Lat: 41.91° - Lon: 12.48° - Alt: 53 m s.l.m.)

Temperatura: 25°C **Clima:** ☀️

Qualità aria: ● Buona

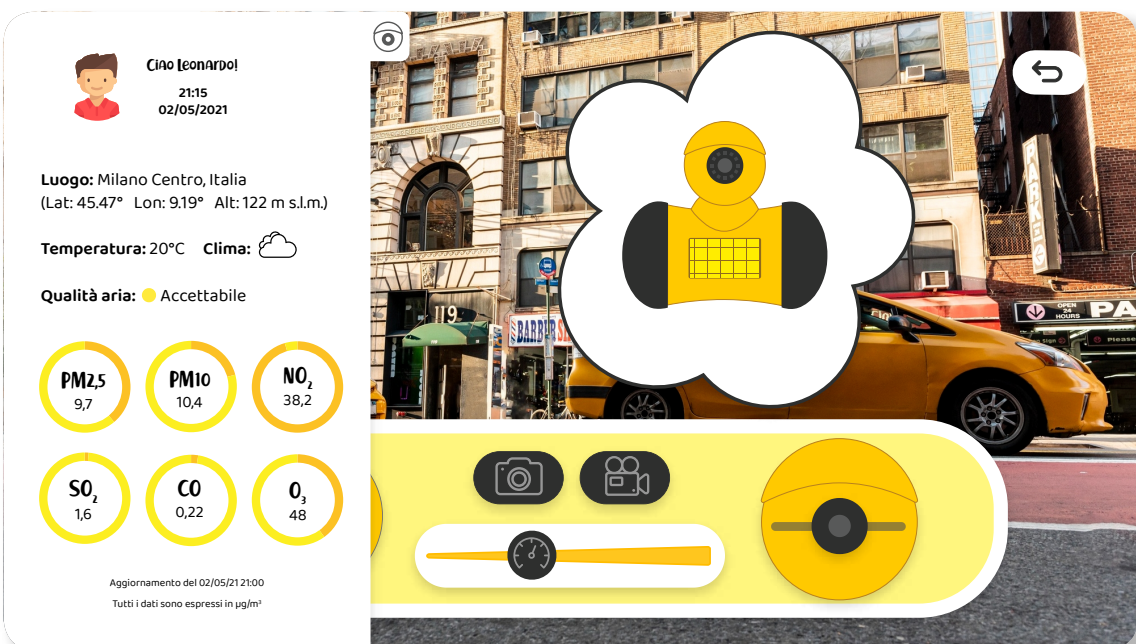
PM2.5 PM10 NO₂
SO₂ CO O₃

NO₂
Il biossido di azoto:

- un **forte irritante** delle vie polmonari;
- a moderate concentrazioni provoca **tosse acuta, dolori al torace e insufficienza circolatoria**;
- può provocare **danni ai polmoni**;
- è emesso soprattutto dai **motori diesel**.

Gli indicatori grafici riportano la concentrazione in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ degli inquinanti, tenendo conto del valore massimo di legge che è possibile registrare. Di conseguenza, se dovessero presentarsi concentrazioni elevate di alcuni inquinanti, tale problematica sarebbe subito visibile graficamente al bambino sia con il cambio colore dei grafici, ma anche osservando semplicemente la reazione di Clio.

Per qualsiasi curiosità da parte dell'utente riguardo gli inquinanti registrati, cliccando su ognuno di questi, viene fornita una breve descrizione degli effetti che può provocare una sua presenza elevata nell'aria e alcune indicazioni chimiche elementari, come la struttura della sua molecola.



13.0 CONCLUSIONI



13.1 Risultati ottenuti

Al termine della stesura del report di fattibilità del prodotto, è stato automatico comprendere la stretta correlazione tra la fase di concept e quella di modellazione tridimensionale di ogni singolo componente ideato. Difatti, sono state applicate molte correzioni tecniche e progettuali in base alla realizzabilità di ciascuna parte, prendendo in considerazione anche l'assemblabilità finale degli assiemi principali, il robot e il manico.

Nella fase di concept non sono stati presi in esame alcuni fattori, ciò ha portato a una migliore consapevolezza del proprio progetto nella fase di modellazione all'interno dell'ambiente Creo. I disegni tecnici hanno permesso di osservare nel dettaglio la relazione delle parti tra loro, ma anche rispetto alle componenti elettroniche, in modo tale da verificare eventuali intersezioni tra i volumi e giungere a una migliore disposizione dell'assieme finale (componenti elettroniche + robot + manico).

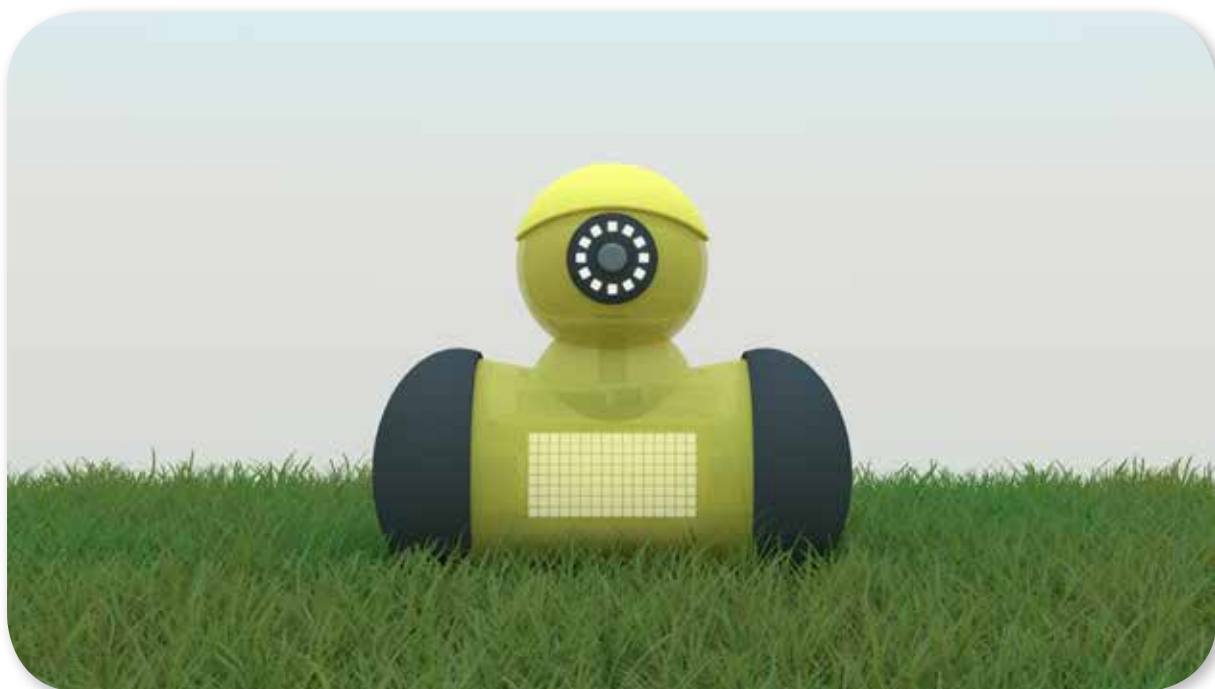
Lo studio tangibile successivo alla fase prettamente virtuale, ha rappresentato un'occasione di ulteriore verifica della realizzabilità delle parti che compongono il robot; difatti, l'individuazione di diverse tipologie di modelli ha aiutato la progettazione a colmare alcune mancanze presenti dal punto di vista estetico, ma anche fisico e meccanico. L'assemblaggio delle parti rigide e la verifica della relazione con le parti gommosse e infine con le componenti elettroniche è stato un modo per definire gli ultimi dettagli e arrivare a un modello stampabile in maniera completa e, appunto, tangibile, fattore non preso in considerazione all'inizio della progettazione.

Inoltre, particolare importanza ha assunto l'interfaccia ipotizzata per l'utilizzo del dispositivo, che ha permesso di testare il flusso di interazioni instaurabili tra utente e robot o tra robot e ambiente. Sicuramente ci sono ancora molti punti da approfondire per giungere a una piattaforma definitiva, ma anche solo una prima realizzazione primordiale del software ha concesso una visione più completa e approfondita di un prodotto considerato solo al fine della modellazione/stampa e non a livello interattivo.

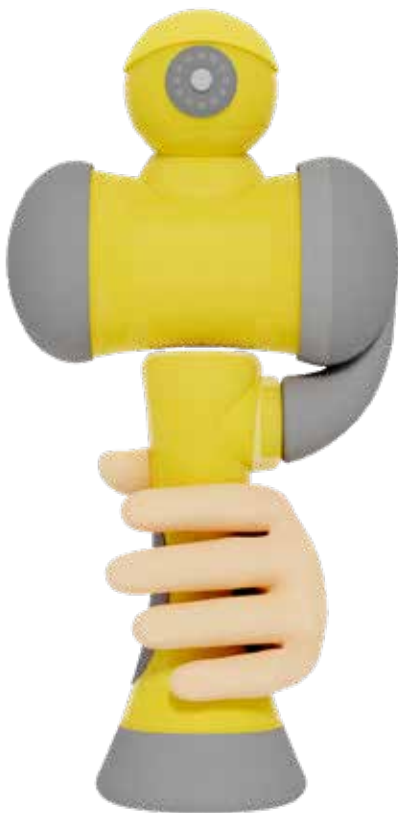
13.2 Ambientazioni, Render e Video presentazione



Render del dispositivo con la corona LED e il display spenti



Render del dispositivo con la corona LED e il display accesi

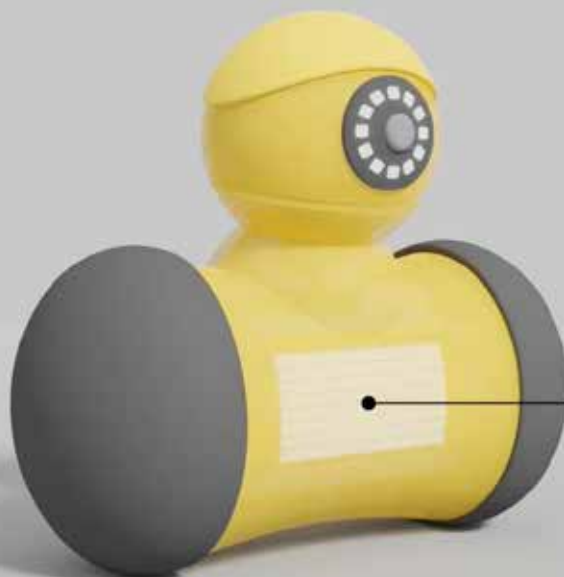


Render dell'ergonomia del robot dotato di manico



Clio

**Il robot educativo
Per la sostenibilità
Ambientale**



**Display a matrice
LED 16x8 per la
comunicazione
visiva**



14.0 RIFERIMENTI



14.1 Bibliografia

- C. Van Uffelen, *Toy Design*, Braun Publishing AG, Salenstein, 2010
- G. Settimo, *Piccoli ambientalisti crescono: Come insegnare l'ecologia ai bambini*, Milano, Red!, 2011
- R. Thompson, *Il manuale per il design dei prodotti industriali*, Bologna, Zanichelli, 2012
- A. Bosco, *Laboratorio ecologia. Storie e attività di educazione ambientale per la scuola primaria*, Trento, Erickson, 2013
- M. Berners-Lee, *La tua impronta. Scopri l'impatto ambientale di ogni cosa. Da una pinta di birra a un viaggio nello spazio*, Milano, Terre di Mezzo, 2014
- C. Vezzoli, *Design di prodotto per la sostenibilità ambientale*, Bologna, Zanichelli, 2016
- M. Montessori, *La mente de bambino*, Milano, Garzanti, 2017
- M. Montessori, *La scoperta del bambino*, Milano, Garzanti, 2017
- U. Kocher, *Educare allo sviluppo sostenibile. Pensare il futuro, agire oggi*, Trento, Erickson, 2017
- S. Bornatici, E. Fontani, C. Lichene, *Ripartire dai Bambini. Nuovi Scenari per un'educazione sostenibile*, Milano, Zeroseiup, 2018
- R. Ercolini, *Rifiuti zero. Dieci passi per la rivoluzione ecologica dal Premio Nobel per l'ambiente*, Milano, Baldini+Castoldi, 2018
- M. Montessori, *Educazione per un mondo nuovo*, Milano, Garzanti, 2018
- M. Montessori, *Come educare il potenziale umano*, Milano, Garzanti, 2018
- G. De Giglio, *Dal Pensiero computazionale alla Robotica Educativa: A scuola con i 'Piccolini'*, Independently published, 2020
- R. Ercolini, *Il bivio*, Milano, Baldini+Castoldi, 2020

14.2 Sitografia

- <https://edu.sphero.com/3d-models>
- <https://italian.alibaba.com/>
- <https://sphero.com/>
- <https://www.adafruit.com/>
- <https://www.banggood.com>
- <https://www.ilpost.it/2015/12/25/bb-8-star-wars/>
- https://www.isprambiente.gov.it/files2017/pubblicazioni/stato-ambiente/rau-2017/5_Qualita%20dellaria.pdf
- <https://www.makewonder.com/robots/dash/>
- <https://www.robot-italy.com/>
- <https://www.robotshop.com/>

- <https://www.youtube.com/watch?v=5oMxn-rdSYk>
- <https://www.youtube.com/watch?v=aJOMnWbEc80&t=278s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=dQbfv2qb8C8>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ifjjcydUo0&t=286s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=J0itqppmimw>
- <https://www.youtube.com/watch?v=JVlOTDcCK38>
- <https://www.youtube.com/watch?v=lpTnWI8yKU8>
- <https://www.youtube.com/watch?v=MFa8pYTUsFQ>
- https://www.youtube.com/watch?v=scWj_C_lbbw
- <https://www.youtube.com/watch?v=tac2-Z9Zu2c>
- <https://www.youtube.com/watch?v=U8VNwK6XuZA>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Xj2tPTDCdQI>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Zi-5hbaGmuQ&t=9s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ZluyTRFn3OY>

«Se v'è per l'umanità una speranza di salvezza e di aiuto,
questo aiuto non potrà venire che dal bambino,
perché in lui si costruisce l'uomo».

- Maria Montessori -



