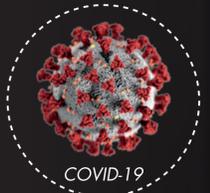




1. RICERCA:

AREA DI INTERESSE:



PROBLEMA:

LA DIFFUSIONE DI AGENTI PATOGENI NEGLI SPAZI INDOOR

DIVISI IN 4 CLASSI

- infettività
- patogenicità
- neutralizzabilità
- trasmissibilità

SI DIFFONDONO PER:

- CONTATTO DIRETTO**
- interazione diretta con individui infetti
- CONTATTO INDIRETTO**
- via aerea
 - veicoli comuni
 - vettori

QUANTO E QUANDO UN AMBIENTE VIENE CONTAMINATO?

INTRODUZIONE DEL CONCETTO DI "GRADO DI CONTAMINAZIONE" (GC) che dipende da:

- tempo di permanenza (t)
- tipo di interazione (I)
- quantità di aerazione (A)



GC:

- basso
- medio-basso
- medio-alto
- alto

APPROFONDITO SVILUPPANDO UN ALGORITMO:

$$GC = t \cdot \frac{I_{dir} \cdot 0.03 m^2}{60s \cdot Area_i} + t \cdot \frac{I_{ind}}{P \cdot Area_i \cdot s} + t \cdot \frac{I_{ind} \cdot 9}{P \cdot Vol_a \cdot s}$$

DOVE:

- GC = grado di contaminazione
- t = tempo di permanenza
- I_{dir} = coeff. contaminazione diretta
- I_{ind} = coeff. contaminazione indiretta
- Area_i = area interazione
- Vol_a = volume ambiente
- P = coeff. di protezione

VIENE COSÌ GENERATO UN GRAFICO:



Che esprime il rapporto tra GC e Tempo. Più la curva è ripida, più l'ambiente si contamina facilmente

COSA POSSIAMO FARE PER ABBASSARE IL GC?

ADATTARE SPECIFICHE NORME DI COMPORTAMENTO

UTILIZZARE I DPI



PREVENIRE

SANIFICARE



2. ANALISI:

VENGONO APPROFONDITI DUE CONCETTI FONDAMENTALI:

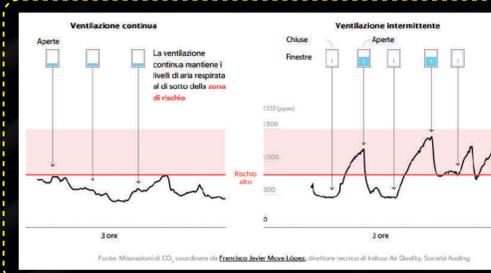
PREVENZIONE

MONITORANDO CO2 INQUINANTI

MIGLIORANDO QUALITÀ DELL'ARIA

SANIFICAZIONE

AERAZIONE



PURIFICAZIONE



OZONO



ATOMIZZAZIONE



UVC

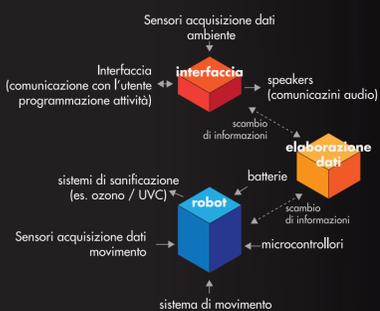


COMBO

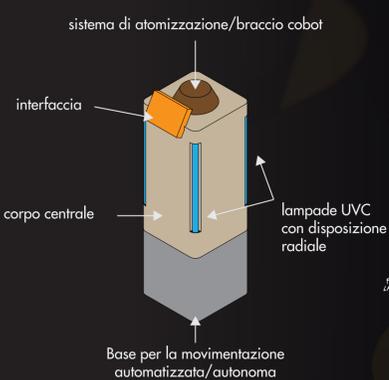


3. SVILUPPO:

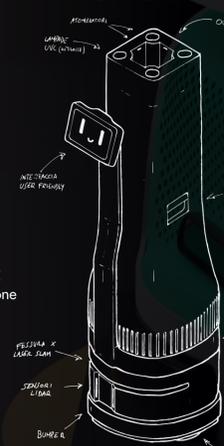
1. METAPROGETTO



2. CONCEPT



3. SKETCH



4. FASI



5. RENDER



ATTRAVERSO DIFFERENTI METODI E TECNOLOGIE

4. PROTOTIPO:



VORTEC - Robot a guida autonoma per il monitoraggio e purificazione dell'aria e la sanificazione di ambienti indoor ed in generale degli ambienti non sanitari per la prevenzione della diffusione di batteri e virus enterici e respiratori.

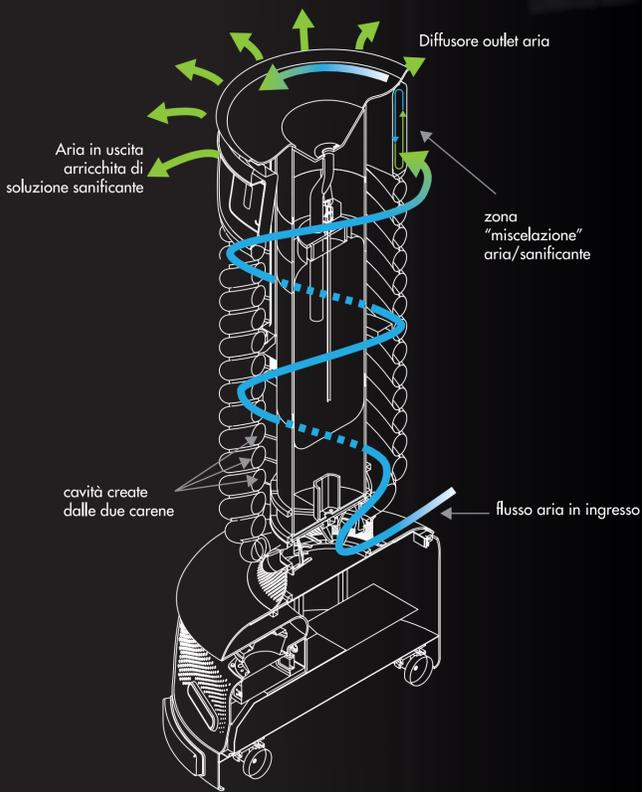


Scuola di Ateneo
Architettura e Design
"Eduardo Vittoria"
Università di Camerino

SPECIFICHE SEZIONI, DISEGNI TECNICI & COMPONENTI

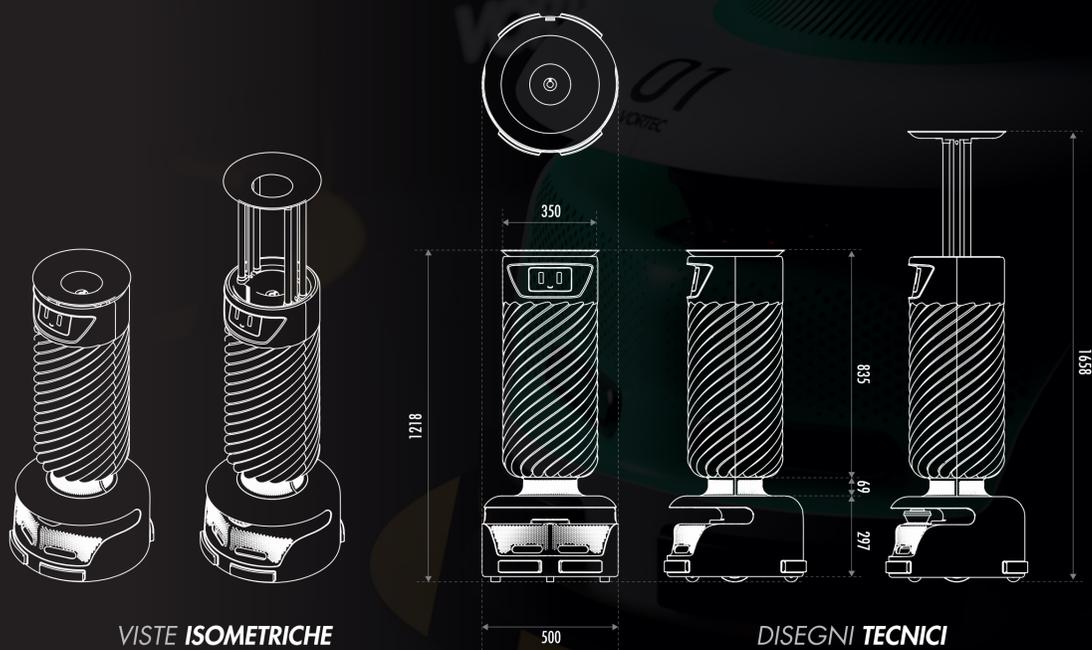
FASI DI SVILUPPO DEL ROBOT

un riassunto dell'evoluzione delle forme:



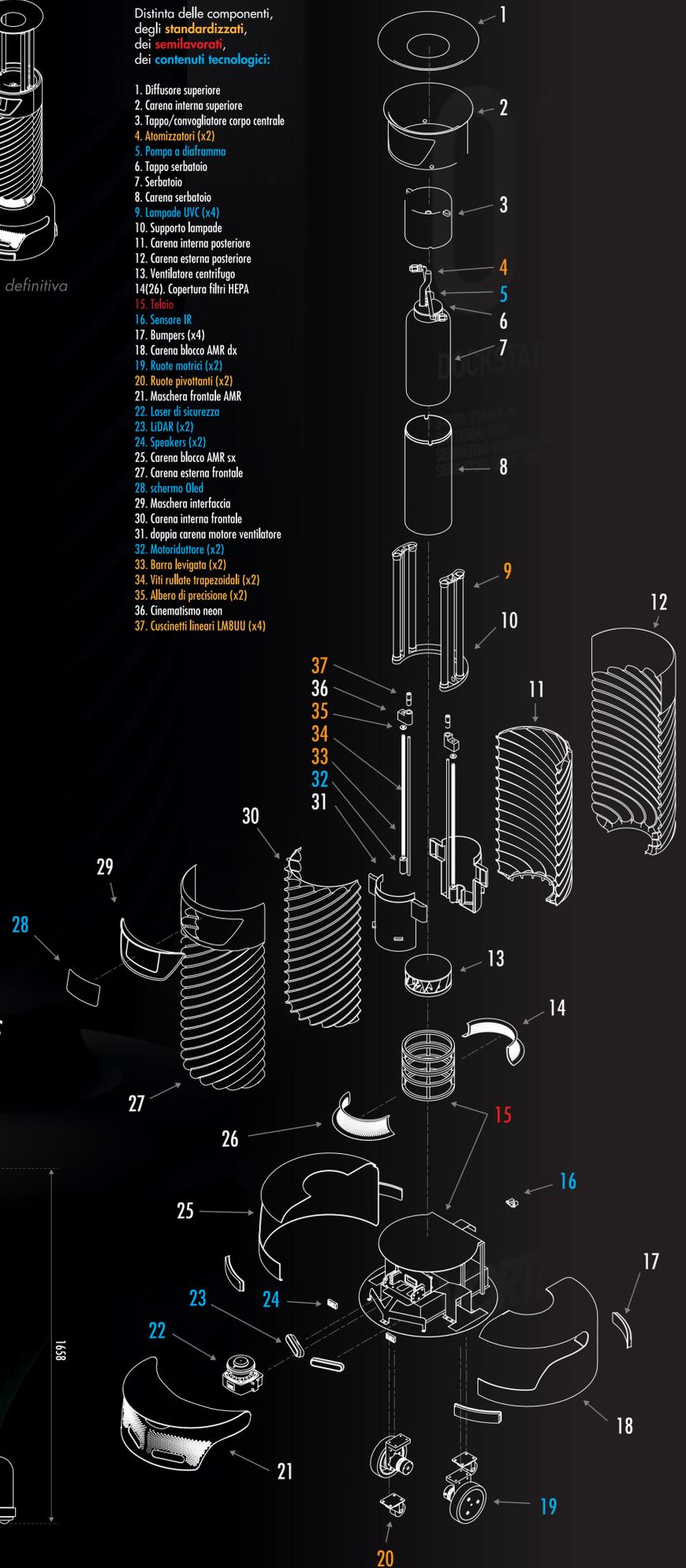
DETTAGLIO FLUSSO ARIA

AREA IRRAGGIAMENTO UVC



Distinta delle componenti, degli **standardizzati**, dei **semilavorati**, dei **contenuti tecnologici**:

1. Diffusore superiore
2. Carena interna superiore
3. Tappo/convogliatore corpo centrale
4. Atomizzatori (x2)
5. Pompa a diaframma
6. Tappo serbatoio
7. Serbatoio
8. Carena serbatoio
9. Lampade UVC (x4)
10. Supporto lampade
11. Carena interna posteriore
12. Carena esterna posteriore
13. Ventilatore centrifugo
- 14(26). Copertura filtri HEPA
15. Telaio
16. Sensore IR
17. Bumpers (x4)
18. Carena blocco AMR dx
19. Ruote motrici (x2)
20. Ruote pivotanti (x2)
21. Maschera frontale AMR
22. Laser di sicurezza
23. LiDAR (x2)
24. Speakers (x2)
25. Carena blocco AMR sx
27. Carena esterna frontale
28. schermo Oled
29. Maschera interfaccia
30. Carena interna frontale
31. doppia carena motore ventilatore
32. Motoriduttore (x2)
33. Barra levigata (x2)
34. Viti rullate trapezoidali (x2)
35. Albero di precisione (x2)
36. Cinematismo neon
37. Cuscinetti lineari LM8UU (x4)

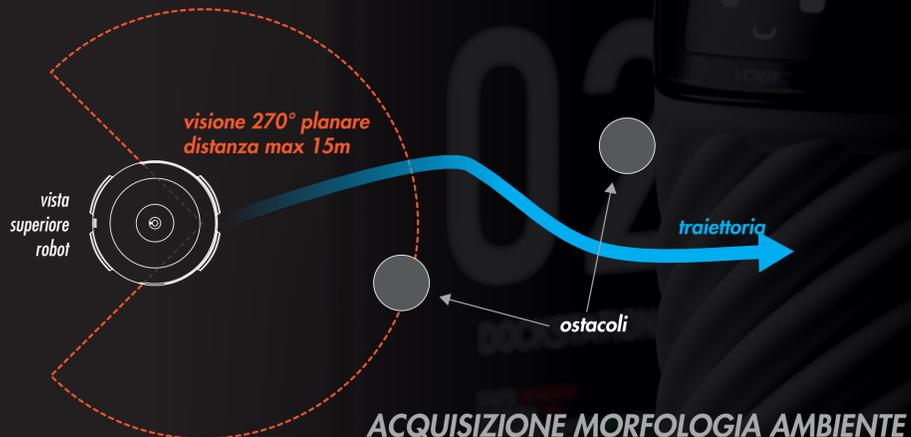


VORTEC - Robot a guida autonoma per il monitoraggio e purificazione dell'aria e la sanificazione di ambienti indoor ed in generale degli ambienti non sanitari per la prevenzione della diffusione di batteri e virus enterici e respiratori.

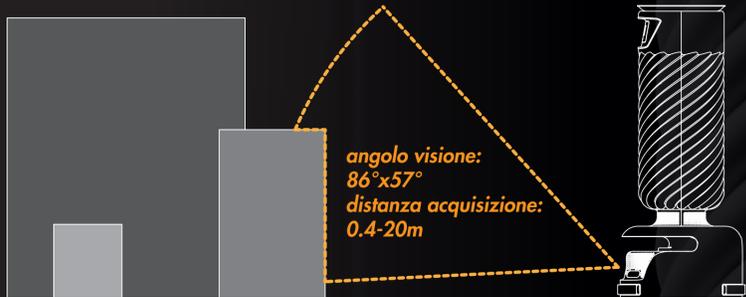
FEATURES:

NAVIGAZIONE AUTONOMA

SISTEMA ANTICOLLISIONE per veicoli AGV (Automated Guided Vehicles)
LASER DI SICUREZZA



ACQUISIZIONE MORFOLOGIA AMBIENTE LIDAR



SANIFICAZIONE

VORTEC ha 4 configurazioni differenti:

LAMPADE UVC RETRATTE



durata: continua
sanificazione aria

ATOMIZZAZIONE



durata: medio-lunga
sanificazione aria e superfici

LAMPADE UVC ESTRATTE



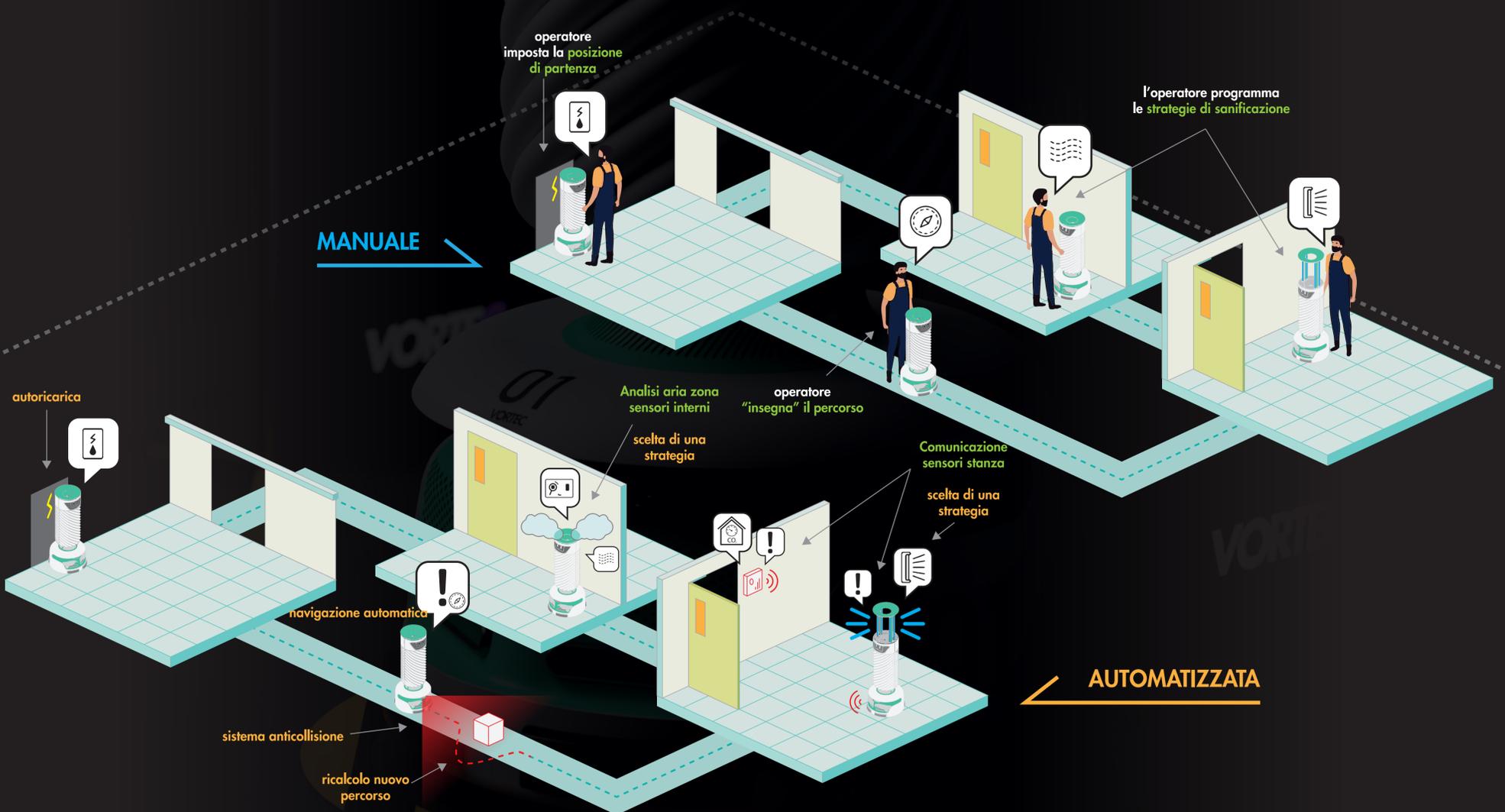
durata: media
sanificazione aria e superfici

LAMPADE UVC ESTRATTE + ATOMIZZAZIONE



durata: lunga
sanificazione aria e superfici

PIANIFICAZIONE



VORTEC - Robot a guida autonoma per il monitoraggio e purificazione dell'aria e la sanificazione di ambienti indoor ed in generale degli ambienti non sanitari per la prevenzione della diffusione di batteri e virus enterici e respiratori.

VORTEC

AUTOMATED SANIFICATION ROBOT

RIEPILOGO E RENDER FINALE

Tesi magistrale in **Design Computazionale**
A.A. 2020-2021

Studente:

Andrea Antonio Spadaccini
Matr. 093989

Relatore:

Giuseppe Losco

Correlatori:

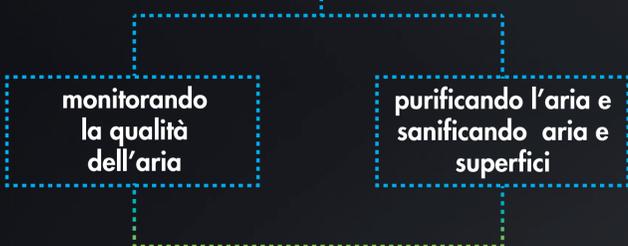
Francesco Galliani
Davide Paciotti

TAV
Nr. **4**



VORTEC
CONTRASTA LA DIFFUSIONE
DEGLI AGENTI PATOGENI IN SPAZI INDOOR

COME?



CAPACE DI:



CARATTERISTICHE:



Sanificazione a nebbia secca



4 lampade UVC



Sanificazione a 360°



Purificazione aria tramite filtri HEPA



Localizzazione e navigazione autonoma



10L Capacità serbatoio interno



Ricarica autonoma batterie/liquidi

VORTEC - Robot a guida autonoma per il monitoraggio e purificazione dell'aria e la sanificazione di ambienti indoor ed in generale degli ambienti non sanitari per la prevenzione della diffusione di batteri e virus enterici e respiratori.



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



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

VORTEC

A U T O M A T E D S A N I F I C A T I O N R O B O T

Robot a guida autonoma per il monitoraggio e purificazione dell'aria e la sanificazione di ambienti indoor ed in generale degli ambienti non sanitari per la prevenzione della diffusione di batteri e virus enterici e respiratori.

Tesi magistrale in Design Computazionale
A.A. 2020-2021

Studente:
Andrea Antonio Spadaccini
Matr. 093989

Relatore:
Giuseppe Losco
Correlatori:
Francesco Galliani
Davide Paciotti

Tesi svolta in collaborazione con l'azienda **COMEC INNOVATIVE s.r.l.**



“ Il 2020 è stato un anno che rimarrà noto a tutti. Il mondo è stato duramente colpito dal virus Sars-Cov-2, causa della sindrome respiratoria chiamata COVID-19. Il duro impatto con il virus (e le varie politiche di contrasto/contenimento attuate dai governi) ha sottolineato quanto siano importanti i concetti di prevenzione, contenimento e sanificazione nei confronti di tutti i patogeni, in particolare nei luoghi “a rischio”. ”

INDICE:

INTRODUZIONE

• Ambito tematico	4
• Obiettivi generali della tesi	5
• Metodologia del progetto di tesi	5
• Risultati attesi	6
• Prospettive	6

I PARTE – RICERCA TEORICA

• Cap I	
• 1.1 Le patologie negli ambienti insalubri	7
• 1.2 I metodi di diffusione	9
• 1.3 Covid19	10
• Cap II	
• 2.1 La “guerra” al virus	12
• 2.2 I DPI	12
• 2.3 Misure igienico-sanitarie	16
• 2.4 I metodi di sanificazione	16
• Cap III	
• 3.1 Ricerca dello scenario	24
• 3.2 L’automazione (dalla mecatronica alla robotica)	37
• 3.3 L’interaction design	45
• 3.4 “Uncanny valley”	47
• 3.5 Metaprogetto	48
• Bibliografia	53
• Sitografia	54

II PARTE – METODOLOGIA DELLA RICERCA

• Approccio al progetto	56
• Gantt	58
• Casi di studio e analisi casi	60-82

III PARTE – SVILUPPO DEL PRODOTTO

• Definizione e descrizione del concept	83
• Sketch	85
• Descrizione delle prestazioni	91
• Indicazione dei contenuti tecnologici	94
• Analisi ergonomica del modello concettuale (analisi modello realizzato e descrizione delle fasi)	99
• Distinte base	114
• Specifiche delle componenti	118
• Standardizzati	122
• Renders	124
• Il prototipo	130
• Risultati attesi e verifica dei risultati	140
• Conclusioni	142

Ringraziamenti	143
----------------	-----

AMBITO TEMATICO:

Come fase preliminare allo sviluppo del progetto è stato individuato l'ambito tematico, o meglio, gli ambiti tematici relativi. Dall'analisi, si è notato come questo si ponga a metà strada tra l'**AAL (Ambient Assisted Living)**, la **robotica** e l'**automazione**.

Infatti, con **AAL**, si intende in genere una serie di **soluzioni a livello di prodotto o servizio tecnologico che concorrono, in modo coordinato, a migliorare l'ambiente in cui viviamo**. In che modo? Ad esempio rendendo la nostra casa quanto più possibile attiva, intelligente e di aiuto a chi la abita per svolgere al meglio e in completa autonomia tutte le attività quotidiane. In genere, le soluzioni di Ambient Assisted Living **cercano di garantire agli abitanti di uno spazio maggiori benessere e soddisfazione**, assicurando al tempo stesso sicurezza e semplicità di esecuzione per tutto ciò che siamo soliti fare dentro casa: muoverci, cucinare, lavarci, pulire, etc.¹

Altro tema individuato è quello dell'**automazione**. Con il termine automazione si identifica la tecnologia che usa sistemi di controllo (come circuiti logici o elaboratori) per gestire macchine e processi, **riducendo la necessità dell'intervento umano**, ovvero per l'esecuzione di operazioni ripetitive o complesse, ma anche **dove si richieda sicurezza o certezza dell'azione** o semplicemente per maggiore comodità.

Ultimo, ma non meno importante, è quello della **robotica**, figlia dell'automazione. La robotica è la disciplina dell'ingegneria che **studia e sviluppa metodi che permettano a un robot di eseguire dei compiti specifici riproducendo in modo automatico il lavoro umano**.



OBIETTIVI GENERALI:

All'interno di questi macroscenari è stato necessario svolgere un'attività di ricerca per **soddisfare il bisogno primario**, motore di questo progetto ovvero **la progettazione di un robot a guida autonoma destinato alla sanificazione di ambienti indoor ed in generale degli ambienti non sanitari per la prevenzione della diffusione di batteri e virus enterici e respiratori**. Da esso ci si aspetta che possa aumentare il livello di sicurezza ambientale (abbassando i fattori di rischio biologico) ed evitare il lavoro da parte di un operatore (a sua volta esposto ai fattori di rischio).

METODOLOGIA DEL PROGETTO:

Il progetto è diviso in tre parti: la prima parte si concentrerà sulle fasi di ricerca, la seconda su quelle di analisi e, l'ultima, sul processo di sviluppo del progetto.

In seguito tratteremo approfonditamente ognuno di questi punti:

- **parte I** (ricerca) (pag.7)
- **parte II** (analisi) (pag.55)
- **Parte III** (sviluppo) (pag.83)





RISULTATI ATTESI:

Dal robot si aspettano le seguenti prestazioni:

- muoversi autonomamente negli spazi attraverso una serie di sensori ed algoritmi
- Avere differenti cicli di lavoro: quanto e come sanificare gli spazi (attraverso una scelta intelligente dell'utilizzo di nebulizzatori e lampade UVC)
- essere programmabile in base alla destinazione d'uso ed ai cicli d'uso
- interfacciarsi con un operatore e/o utenti (sistema di feedback audiovisivo)
- avere una "dock-station" in cui ricaricare le batterie e i serbatoi di liquido sanificante
- essere ispezionabile
- essere a norma di legge

PROSPETTIVE:

Il progetto si propone di contribuire, attraverso l'integrazione di tecnologie abilitanti già esistenti, di prevenire la diffusione di agenti patogeni trasmessi in ambiente indoor a causa della loro elevata contagiosità e resistenza ambientale.

I PARTE - RICERCA TEORICA:

Questo parte è dedicata alla ricerca teorica propedeutica al corretto sviluppo del progetto; verranno infatti trattati diversi argomenti introduttivi, spaziando dalle patologie negli ambienti lavorativi a concetti tipici della robotica e l'automazione.

CAPITOLO I:

1.1 Le patologie negli ambienti insalubri

Questo paragrafo (ed il successivo) cita integralmente l'opuscolo "il rischio biologico in ambiente di lavoro" scritto dall'Associazione Nazionale Formatori della Sicurezza (ANFOS). "In alcuni casi sottovalutato, in altri sovrastimato, la componente del Rischio Biologico all'interno delle situazioni lavorative non sempre è ben conosciuta, e di conseguenza, correttamente prevenuta. È utile ricordare che la **definizione di agente biologico da art 267 comma a) del D.Lgs 81/08**, risulta giustamente omnicomprensiva, classificando come agente biologico "qualsiasi microorganismo, anche se geneticamente modificato, coltura cellulare ed endoparassita umano che potrebbe provocare infezioni, allergie o intossicazioni"...ovvero, virus, batteri, funghi, muffe, ecc in grado di dare effetti sulla salute del lavoratore come:

- **INFEZIONI.** L'invasione da parte di un qualunque tipo di microorganismo di tessuti sterili dell'organismo, che non vengano efficacemente ostacolati dalle difese immunitarie, gettando le basi per lo sviluppo di una malattia infettiva.
- **ALLERGIE.** E' una reazione anormale e specifica dell'organismo che avviene in caso di contatto con entità estranee (allergeniche), che nella maggior parte delle persone, di norma, non generano disturbi.
- **INTOSSICAZIONI.** Stato patologico dovuto all'azione di sostanza/agenti tossici per l'organismo.

La normativa divide i microrganismi in 4 classi di pericolosità crescente, in base alle corrispondenti caratteristiche dell'agente biologico di:

- **infettività** (la capacità di un microrganismo di penetrare e moltiplicarsi all'interno di un ospite)
- **patogenicità** (la capacità di un microrganismo di produrre la malattia a seguito dell'infezione)
- **neutralizzabilità** (la disponibilità di misure profilattiche efficaci ed atte a prevenire la malattia, oppure di trattamenti terapeutici efficaci per la cura della malattia stessa)
- **trasmissibilità** (la capacità di un microrganismo di essere trasmesso da un organismo infetto ad uno suscettibile. La via di trasmissione di un determinato agente può essere singola o multipla).

Classe	Caratteristiche	Esempi
1	microrganismi di scarsa pericolosità, hanno poca probabilità di causare patologia nell'uomo e quindi al lavoratore, hanno scarsa probabilità di diffondersi al di fuori dell'ambiente di lavoro e quindi contagiare la popolazione generale, sono disponibili efficaci misure profilattiche e terapeutiche	
2	microrganismi che hanno probabilità di causare malattia nell'uomo e quindi nel lavoratore, mantengono una scarsa probabilità di diffondersi nella popolazione non lavorativa e sono disponibili misure profilattiche e terapeutiche efficaci	Stafilococchi, virus dell'epatite A (HAV), Salmonelle
3	microrganismi dalla pericolosità più spiccata, producono patologie nel lavoratore e possono estendersi anche alla popolazione non lavorativa, ciononostante sono disponibili alcune misure profilattiche e terapeutiche.	Virus dell'AIDS (HIV), virus dell'epatite B (HBV) e dell'epatite C (HCV)
4	microrganismi di maggiore pericolosità, possono produrre gravi patologie per l'uomo, hanno una alta probabilità di diffusione nella popolazione generale e non sono disponibili misure terapeutiche profilattiche in caso di infezione.	Virus Ebola

fonte immagine: Il rischio biologico in ambiente di lavoro - Opuscolo per il lavoratore - © Anfos Edizioni 2013

1.2 I metodi di diffusione

Si può venire in contatto con un agente biologico per:

CONTATTO DIRETTO: Può verificarsi per ingestione (accidentale, di aerosol o schizzi ad esempio), o per contatto cutaneo (trasferimento fisico di microrganismi tra una persona infetta, o colonizzata ad una persona suscettibile), soprattutto qualora la cute presenti ferite aperte.

Possono essere trasmesse per contatto le infezioni gastrointestinali, respiratorie o cutanee come ad esempio quelle dovute a Herpes simplex, virus respiratorio parainfluenzale, virus epatite A, infezioni virali emorragiche come l'Ebola.

CONTATTO INDIRETTO: Comporta il contatto di una persona suscettibile con un "oggetto" contaminato che fa da intermediario.

Trasmissione tramite goccioline di grandi dimensioni ("droplet"), è il caso delle patologie come meningite, polmonite, difterite, pertosse, scarlattina, rosolia. Le goccioline sono generate dalla persona infetta, generalmente tramite starnuti, tosse o parlando e possono raggiungere le mucose del soggetto suscettibile se espulse a breve distanza (non rimangono sospese in aria per molto a causa delle loro dimensioni).

- **Trasmissione per via aerea**, si verifica nel caso in cui vengano:
 - disperse in aria goccioline fini (5 micron di diametro o meno), in questi casi (aerosol) i microrganismi possono rimanere in aria per tempi più prolungati.
 - L'agente infettivo si trovi sulla superficie di polveri fini, inalabili.

Tra i microrganismi che possono essere trasmessi per via aerea ci sono, ad esempio, il micobatterio della tubercolosi, il virus del morbillo e della varicella. La possibilità di questa via di trasmissione richiede una aerazione dei locali perché anche a distanze più grandi dal soggetto infetto possono trasportarsi i microrganismi.

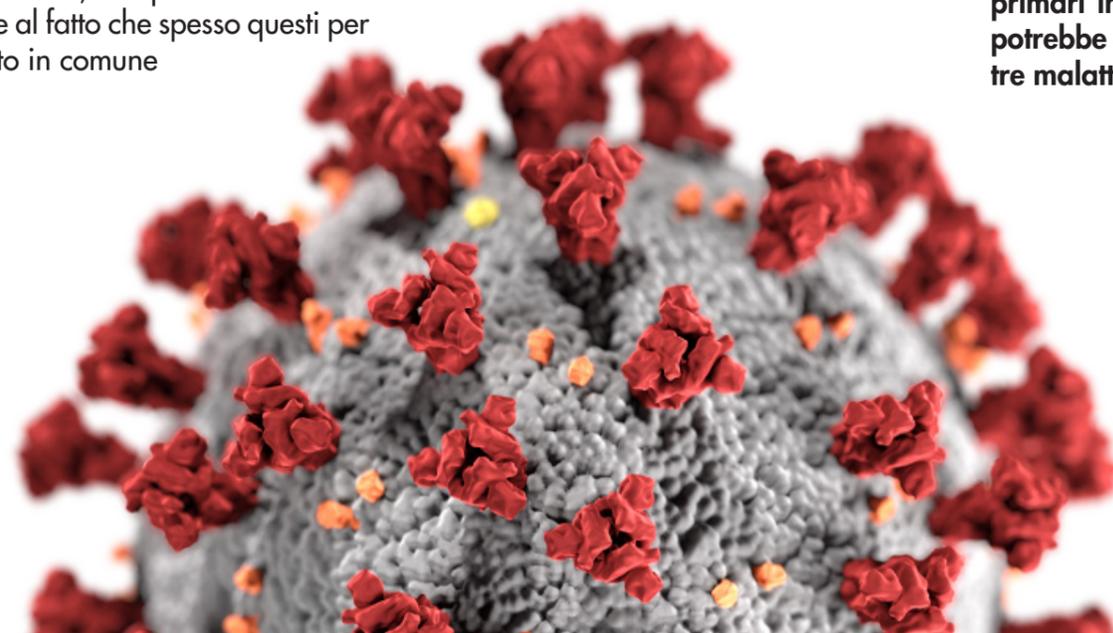
- **Trasmissione per via ematogena:** contatto con il sangue di animali o esseri umani infettati (diventa una via rilevante negli ospedali, cliniche veterinarie, zootecnia e allevamenti).
- **Trasmissione attraverso veicoli comuni:** riguarda quegli agenti biologici che possono essere trasmessi da altri materiali come acqua, alimenti, farmaci.
- **Trasmissione attraverso vettori:** avviene quando animali o insetti (zanzare, mosche, zecche, topi,...) contribuiscono a trasportare e trasmettere l'infezione.²

1.3 COVID-19

La COVID-19 (acronimo dell' inglese COrona Vlrus Disease 2019) è una malattia infettiva respiratoria causata dal virus denominato SARS-CoV-2 appartenente alla famiglia dei coronavirus. È stato osservato come i coronavirus vengono trasmessi principalmente "attraverso uno stretto contatto con un altro individuo, in particolare tossendo e starnutendo su qualcun altro che si trova entro un raggio di circa 1-2m da quella persona" (Edwards E., 2020). Tuttavia rimane possibile infettarsi anche dopo aver toccato superfici od oggetti ove sia presente il virus, portando poi le mani verso la propria bocca o verso il naso o gli occhi³. Un altro metodo di trasmissione, ancora in fase di studio, è quella orofecale. Diversi studi, inoltre, indicherebbero un ruolo dell' inquinamento atmosferico nella diffusione e nella persistenza del virus nell'atmosfera⁴. È noto inoltre, come i mercati umidi, i macelli, le fabbriche ed in generale i luoghi molto affollati (scuole, uffici), siano luoghi noti per essere dei centri di diffusione del virus⁵.

Tra i motivi, sicuramente:

- le basse temperature con alta o bassa umidità;
- superfici metalliche (il virus persiste vitale a lungo su queste);
- affollamento degli ambienti di lavoro;
- polveri in sospensione (piume, sangue e feci);
- l'uso delle mascherine protettive è molto difficile per i lavoratori, oltre al fatto che sono meno efficaci nella loro capacità di filtrazione per il vapore acqueo rilasciato dalla respirazione dei dipendenti che porta a rapida condensazione e umidificazione delle maschere;
- il parlare ad alta voce (gridare), per il rumore;
- l'acqua di lavaggio che diffonde su molte superfici;
- inoltre, spesso i lavoratori per la diversità di lingue e culture, associate all'assunzione di lavoratori stranieri, complica l'attuazione delle misure di biosicurezza; insieme al fatto che spesso questi per risparmiare usano mezzi di trasporto in comune



Meccanismi di trasmissione di COVID-19 in confronto ad altre malattie infettive

I meccanismi sono sintetizzati dalla seguente tabella⁶:

Meccanismo di trasmissione	Significato	Esempio di altre malattie infettive/patogeni che seguono questa via di trasmissione
Contatto: a) diretto 	Trasferimento di microrganismi per contatto diretto con una persona infetta e colonizzata (girare un paziente, lavarlo o effettuare altre pratiche assistenziali che comportino il contatto fisico)	Virus respiratori nei bambini, diarrea da <i>Clostridium difficile</i> , diarrea da altri patogeni se il paziente è incontinente, scabbia, varicella e zoster febri emorragiche, ferite secernenti, infezioni di ustioni estese
Contatto: b) indiretto 	Trasferimento di microrganismi per il contatto indiretto con oggetti inanimati (contatto con strumenti contaminati, guanti contaminati, mani del personale di assistenza contaminate)	
Goccioline di Flüge (Droplet) 	Trasmissione attraverso goccioline grandi ($\geq 5\mu\text{m}$ di diametro) generate dal tratto respiratorio del paziente fonte attraverso la tosse, starnuti o durante procedure quali broncoscopia o aspirazione delle secrezioni respiratorie. Queste goccioline vengono espulse a distanze brevi (< 1 metro)* e si depositano sulle mucose nasali od orali del nuovo ospite. Non rimangono sospese nell'aria	Virus respiratori, quali RSV, influenza, parainfluenza, rinovirus (sopravvivono nell'ambiente e possono essere trasmessi anche per contatto con le superfici e le mani) <i>Haemophilus influenzae</i> tipo B, <i>Neisseria meningitidis</i> , <i>Bordetella pertussis</i> (non sopravvivono nell'ambiente o sulle mani)
Via aerea 	Disseminazione di microrganismi per aerosolizzazione. I microrganismi sono contenuti in piccole particelle che derivano dall'essiccamento dei droplet più grandi (droplet nuclei, $5\mu\text{m}$ di diametro) oppure in particelle di polvere che contengono esfoliazioni cutanee. Rimangono disperse nelle correnti aeree per lunghi periodi di tempo e possono essere trasmesse a distanza	Tubercolosi, varicella, herpes zoster, morbillo, vaiolo, febbri emorragiche con polmonite

* La distanza di 1 metro è quella considerata come area di sicurezza per le malattie infettive a trasmissione respiratoria; alcuni studi sulla SARS hanno però evidenziato che in alcuni casi le goccioline possono viaggiare per distanze più lunghe (esempio 2 metri)

Dall' analisi della sopracitata tabella deduciamo due concetti fondamentali utili allo sviluppo del progetto: **i meccanismi di trasmissione primari indiretti (indiretto, droplet, aerosol) e che il nostro robot potrebbe essere potenzialmente utilizzato per contrastare anche altre malattie.**

CAPITOLO II:

2.1 La “guerra” al virus

A causa del mancato sviluppo di un vaccino (ottobre 2020) sono state attuate, da parte dei vari governi, delle strategie di prevenzione per contenere la diffusione del virus ; queste variano passando da una serie di **DPI** (mascherine, guanti, scudi), a metodi di quarantena e diagnosi precoce, arrivando a delle **norme di comportamento** (distanziamento sociale, lavarsi spesso le mani, non toccare bocca, naso o occhi, coprirsi la bocca quando si starnutisce, evitare il contatto con chi mostra sintomi di malattie respiratorie). Ultima ma non meno importante, è la questione della **sanificazione degli ambienti** (nella fattispecie quelli sopraccitati) attraverso l'utilizzo di disinfettanti a base di cloro, etanolo (almeno 75%), acido peracetico e cloroformio e la sterilizzazione attraverso l'irraggiamento di lampade ultraviolette del tipo UVC⁷.

2.2 i DPI

Con il termine dispositivi di protezione individuale (acronimo DPI), nel linguaggio internazionale identificati come PPE Personal Protective Equipment, si intendono i prodotti che hanno la funzione di salvaguardare la persona che li indossa o comunque li porti con sé, da rischi per la salute e la sicurezza. Tali dispositivi sono utilizzati in molteplici ambiti, tra cui in ambito lavorativo, domestico, sportivo e ricreativo⁸.

Nello specifico, ci soffermeremo sui DPI utilizzati per contrastare la diffusione del SARS-CoV-2, ovvero:

- **Protezione vie respiratorie**
- **Protezione occhi**
- **Protezione tessuti esposti**

Protezione vie respiratorie:

- **Mascherine medico-chirurgiche**

“sono maschere facciali lisce o pieghettate (alcune hanno la forma di una coppetta) monouso, che vengono posizionate su naso e bocca e fissate alla testa con lacci o elastici. Queste costituiscono un utile barriera di protezione nella diffusione di agenti patogeni trasmissibili per via aerea (aerosol e goccioline). In relazione all'efficienza di filtrazione e resistenza respiratoria possono essere di 4 tipi: I, IR, II e IIR. Quelle di tipo II (tre strati) e IIR (quattro strati) offrono una maggiore efficienza di filtrazione batterica ($\geq 98\%$), la IIR è resistente anche agli spruzzi (Regolamento Dispositivi Medici (UE) 2017/745; EN 14683:2019).”⁹



- **Mascherine protettive per particolato**

“dispositivi di protezione individuale per le vie respiratorie tipicamente utilizzati negli ambienti di lavoro o per utilizzi professionali. La classificazione europea di tipo 1 (FFP1), 2 (FFP2) e 3 (FFP3) definisce il livello di protezione dell'operatore ad aerosol e goccioline con un grado di efficienza rispettivamente del 80%, 94% e 98%. I facciali filtranti sono ulteriormente classificati come: “utilizzabili solo per un singolo turno di lavoro” (indicati con la sigla NR) o “riutilizzabili” per più di un turno di lavoro (indicati con lettera R). I dispositivi conformi alla legislazione vigente (Regolamento (UE) 425/2016) devono essere dotati di marcatura CE apposta in maniera leggibile, indelebile per tutto il periodo di durata del DPI. I DPI devono essere conformi a specifiche norme tecniche (UNI EN 149:2003) perché siano conformi al fattore di protezione ricercato”.¹⁰



- **Mascherine in tessuto**

Anche le mascherine in tessuto se lavate quotidianamente ed ad alte temperature riducono la probabilità di contaminazione e trasmissione degli agenti patogeni respiratori. "Date le potenziali implicazioni per gli operatori sanitari e in generale per chi utilizza mascherine di stoffa durante la pandemia abbiamo approfondito dati relativi al 2011 sul fatto che gli operatori sanitari le lavassero quotidianamente e come. E' emerso che se venivano lavate nella lavanderia dell'ospedale, erano efficaci quanto una maschera chirurgica" (MacIntyre R., 2020)



Protezione occhi:

- **Occhiali di protezione**
- **Visiere facciali**

Il dibattito sulla loro utilità è ancora aperto¹¹; questi offrono una protezione fisica nei confronti delle macroparticelle (droplets) ma non di quelle sottoforma di aerosol.



Protezione tessuti esposti

- **Guanti monouso**

I guanti monouso, sono utili a contrastare la diffusione ma a patto di *sapere come utilizzarli*; "Innanzitutto i guanti possono dare un falso senso di sicurezza e, quindi, indurre le persone a fare meno attenzione ad altre misure importanti per la prevenzione del contagio, come il lavaggio delle mani. A usare i guanti, invece, dovrebbero essere gli operatori sanitari, non solo perché esposti maggiormente al rischio contagio durante l'esercizio della loro professione, ma anche perché sanno bene come vanno utilizzati. Più che saper indossare i guanti, bisogna saperli togliere. Se non vengono tolti con attenzione si rischia di rimanere contagiati"(Pregliasco F., 2020).



- **Camice impermeabile a maniche lunghe**

Si tratta di un DPI utilizzato esclusivamente dagli operatori dei settori maggiormente coinvolti nella lotta al virus (nello specifico gli operatori sanitari). È un DPI che protegge il corpo dell'operatore e, combinato con mascherina, visiera e guanti (due paia, uno interno ed uno esterno che "sigilla" il camice), offre la massima protezione.



2.3 Misure igienico sanitarie¹²

Si tratta di una serie di norme e di comportamenti utili alla prevenzione della diffusione del virus:

- Lavarsi spesso le mani. Si raccomanda di mettere a disposizione in tutti i locali soluzioni idroalcoliche per il lavaggio delle mani;
- evitare il contatto ravvicinato con persone che soffrono di infezioni respiratorie acute;
- evitare abbracci e strette di mano;
- mantenimento, nei contatti sociali, di una distanza interpersonale di almeno un metro;
- igiene respiratoria (starnutire e/o tossire in un fazzoletto evitando il contatto delle mani con le secrezioni respiratorie);
- evitare l'uso promiscuo di bottiglie e bicchieri;
- non toccarsi occhi, naso e bocca con le mani;
- coprirsi bocca e naso se si starnutisce o tossisce.

2.4 I metodi di sanificazione

Il documento "raccomandazioni ad interim sulla sanificazione di strutture non sanitarie nell'attuale emergenza COVID-19: superfici, ambienti interni ed abbigliamento" dichiara:

*"Quando si parla di sanificazione, anche in riferimento a normative vigenti, si intende il **complesso di procedimenti ed operazioni di pulizia e/o disinfezione e mantenimento della buona qualità dell'aria.***

Le organizzazioni coinvolte nell'emissione di linee guida (ECDC, CDC, OMS) per la prevenzione in questa fase emergenziale indicano tre punti fermi per il contenimento della diffusione del virus SARS-CoV2:

- **garantire sempre un adeguato tasso di ventilazione e ricambio d'aria;**
- **pulire accuratamente con acqua e detergenti neutri superfici, oggetti, ecc.;**
- **disinfettare con prodotti adatti, registrati e autorizzati."**¹³

Si è notato, infatti, come il virus SARS-CoV-2 rimanga attivo su diverse superfici, potenziali vettori per contaminazione indiretta, così come riportato nella seguente tabella¹³.

Superfici	Particelle virali infettanti rilevate fino a	Particelle virali infettanti non rilevate dopo
carta da stampa e carta velina	30 minuti	3 ore
tessuto	1 giorno	2 giorni
legno	1 giorno	2 giorni
banconote	2 giorni	4 giorni
vetro	2 giorni	4 giorni
plastica	4 giorni	7 giorni
acciaio inox	4 giorni	7 giorni
mascherine chirurgiche strato interno	4 giorni	7 giorni
mascherine chirurgiche strato esterno	7 giorni	non determinato

Quindi, *"in considerazione della potenziale capacità del virus SARS-CoV-2 di sopravvivere sulle superfici, è **buona norma procedere frequentemente e accuratamente alla sanificazione (pulizia e/o disinfezione) delle superfici, operazioni che devono essere tanto più accurate e regolari per superfici ad alta frequenza di contatto (es. maniglie, superfici dei servizi igienici, superfici di lavoro, cellulare, tablet, PC, occhiali, altri oggetti di uso frequente).***

*I principi attivi maggiormente utilizzati nei prodotti disinfettanti autorizzati a livello nazionale (Presidi Medico Chirurgici; PMC) ed Europeo (biocidi), come riportato nel Rapporto N. 19/2020 - Raccomandazioni ad interim sui disinfettanti nell'attuale emergenza COVID-19: presidi medico chirurgici e biocidi del Gruppo di lavoro ISS Biocidi COVID-19, sono **l'etanolo, i sali di ammonio quaternario (es. cloruro di didecil dimetil ammonio - DDAC, cloruro di alchil dimetilbenzilammonio, ADBAC), il perossido d'idrogeno, il sodio ipoclorito e altri principi attivi.***

*Le concentrazioni da utilizzare e i tempi di contatto da rispettare per ottenere una efficace azione disinfettante sono dichiarati sull'etichetta apposta sui prodotti disinfettanti stessi, sotto la responsabilità del produttore."*¹³

La loro azione è sintetizzata dalle seguenti tabelle¹³.

Tabella 1. Principi attivi per la disinfezione delle superfici suggeriti da Organismi nazionali e internazionali e derivanti dai PMC attualmente autorizzati

Superficie	Detergente
Superfici in pietra, metalliche o in vetro escluso il legno	Detergente neutro e disinfettante virucida - sodio ipoclorito 0,1 % o etanolo (alcol etilico) al 70% o altra concentrazione, purché sia specificato virucida
Superfici in legno	Detergente neutro e disinfettante virucida (contro i virus) a base di etanolo (70%) o ammoni quaternari (es. cloruro di benzalconio; DDAC)
Servizi	Pulizia con detergente e disinfezione con disinfettante a base di sodio ipoclorito almeno allo 0.1% sodio ipoclorito
Tessili (es. cotone, lino)	Lavaggio con acqua calda (70°C-90°C) e normale detersivo per bucato; <i>in alternativa</i> : lavaggio a bassa temperatura con candeggina o altri prodotti disinfettanti per il bucato

Tabella 2. Modalità di sanificazione in ambienti di rilevante valore storico

Superficie	Modalità
Superfici in pietra o arredi lignei	Nebulizzare (spruzzare) su carta assorbente una soluzione di disinfettante a base di etanolo al 70%, o altra concentrazione purché sia specificato virucida. È comunque sconsigliata l'applicazione in presenza di finiture superficiali (es. lacche, resine) che sono suscettibili all'interazioni con acqua e/o solventi.
Superfici metalliche o in vetro	Disinfettante a base di etanolo al 70%

Nel caso in cui non sia possibile utilizzare i disinfettanti chimici sopra indicati o nel caso di esigenze diverse da quelle descritte nelle linee guida, è possibile attuare procedure diverse messe a punto per il trattamento di grandi ambienti o siti difficilmente raggiungibili o **al fine di limitare al massimo l'intervento di operatori a contatto diretto con superfici/ambienti contaminati.**

“I prodotti e le procedure da utilizzare per la sanificazione devono essere attentamente valutati prima dell'impiego, per tutelare la salute sia degli utilizzatori stessi che dei lavoratori addetti e di qualsiasi astante che accederà alle aree sanificate.”¹³

Tra i principi attivi e i metodi di sanificazione (chimica/fisica) di questi ambienti vengono segnalati:

- Ozono
- Cloro attivo
- Perossido di idrogeno
- Radiazione ultravioletta

Ozono

“L'ozono generato in situ a partire da ossigeno è un principio attivo ad azione “biocida” in revisione ai sensi del BPR come disinfettante per le superfici (PT2 e PT4) e dell'acqua potabile (PT5) e per impiego nelle torri di raffreddamento degli impianti industriali (PT11). Sebbene la valutazione non sia stata completata, è disponibile un'ampia base di dati che ne conferma l'efficacia microbica anche sui virus. In condizioni reali il tempo

di decadimento naturale necessario per rendere accessibili i locali è di almeno 2 ore. Se possibile, è preferibile eseguire i trattamenti nelle ore notturne in modo che alla ripresa del lavoro la quantità di ozono ambientale si trovi entro i limiti di sicurezza sanitaria”¹³.



Immagine: generatore di ozono by Biemmepi Autoattrezzature

Cloro attivo

“Il cloro attivo ha attività battericida, fungicida, lievica, sporicida e virucida ed agisce mediante una modalità di azione ossidante non specifica. Il meccanismo d'azione non specifico del cloro attivo limita il verificarsi di fenomeni di resistenza nei microorganismi. In particolare per quanto riguarda i virus, è stata descritta l'efficacia contro il virus della bronchite infettiva, l'adenovirus di tipo 5, l'HIV, il virus dell'influenza A (H1N1), orthopoxvirus e poliovirus. Relativamente agli effetti sulla salute umana, si sottolinea un rischio non accettabile a seguito di inalazione da parte di utilizzatori professionali durante la disinfezione di grandi superfici. Per questo motivo, se ne sconsiglia lo sversamento diretto sulle superfici. Inoltre, poiché il prodotto può causare irritazione cutanea, va limitato l'utilizzo al solo personale addestrato provvisto di guanti e altri dispositivi di protezione individuale (DPI)”¹³.



Immagine: Klover 19 by Even srl

Perossido di idrogeno

Immagine: H₂O₂
by SKL



“Il perossido d’idrogeno è un principio attivo biocida approvato ai sensi del BPR per i disinfettanti PT1, PT2, PT4 e PT5. Alla luce dei dati disponibili nel CAR – Competent Authority Report (Relazione dell’autorità competente) - presso ECHA risulta che il principio attivo è efficace contro numerosi microrganismi (batteri, lieviti, funghi e virus). Specificamente, per quanto riguarda i virus, il perossido d’idrogeno è risultato efficace

contro poliovirus e adenovirus. In questo caso, viene considerata la sola applicazione mediante vaporizzazione/aerosolizzazione del principio attivo.

Il perossido d’idrogeno si decompone rapidamente in acqua e ossigeno nei diversi distretti ambientali, quali acque di superficie, terreno e aria. Inoltre si decompone già nei liquami prima di raggiungere il sistema fognario, con un basso impatto ambientale.

In merito alla pericolosità, il perossido di idrogeno è classificato in modo armonizzato secondo il CLP31 come: liquido comburente di categoria 1 [Ox. Liq. 1 – “può provocare un incendio o un’esplosione (forte ossidante)"]; corrosivo per la pelle di categoria 1 (Skin. Corr. 1A – “provoca gravi ustioni cutanee e gravi lesioni oculari”) e nocivo per ingestione e per inalazione di categoria 4 (Acute Tox. 4 - “nocivo se ingerito” e “nocivo se inalato”).

Considerata la classificazione del principio attivo, come anche il metodo di applicazione, l’utilizzo di perossido d’idrogeno vaporizzato/aerosolizzato è ristretto ai soli operatori professionali. Per i trattamenti andranno pertanto osservate le precauzioni del caso (DL.vo 81/2008) ed è inoltre necessario rispettare i tempi per l’accesso ai locali e i tempi di decadimento”¹³.

Radiazione ultravioletta (UV-C)

“La radiazione UV-C ha la capacità di modificare il DNA o l’RNA dei microrganismi impedendo loro di riprodursi e quindi di essere dannosi. Per tale motivo viene utilizzata in diverse applicazioni, quali la **disinfezione di alimenti, acqua e aria. Studi in vitro hanno dimostrato chiaramente che la luce UV-C è in grado di inattivare il 99,99% del virus dell’influenza in aerosol.**



Immagine: Lampada UV-C
by Vortice

L’azione virucida e battericida, dei raggi UV-C è stata dimostrata in studi sul virus MHV-A59, un analogo murino di MERS-CoV e SARS-CoV1. L’applicazione a goccioline (droplet) contenenti MERS-CoV ha comportato livelli non rilevabili del virus MERS-CoV dopo soli 5 minuti di esposizione all’emettitore UV-C (una riduzione percentuale superiore al 99,99%). In particolare è stata dimostrata l’inattivazione di oltre il 95% del virus dell’influenza H1N1 aerosolizzato mediante un nebulizzatore in grado di produrre goccioline di aerosol di dimensioni simili a quelle generate dalla tosse e dalla respirazione umana.

La radiazione UV-C nell’intervallo 180 nm 280 nm è in grado di produrre gravi danni ad occhi e cute. Inoltre la radiazione UV-C è un cancerogeno certo per l’uomo per tumori oculari e cutanei (Gruppo 1 A IARC)”¹³.

Il “lontano UV-C”

“Le lunghezze d’onda della regione del lontano UV-C (comprese tra 200 nm e 222 nm) sono in grado di **inattivare efficacemente patogeni batterici e virali senza provocare, al contempo, citotossicità o mutagenicità alle cellule umane. L’assenza di danno per le cellule umane si basa sul principio biofisico secondo cui la luce del lontano UV-C ha un basso coefficiente di penetrazione.**

L’impiego delle radiazioni del lontano UV-C non richiederebbe l’utilizzo di DPI per pazienti o personale medico”¹³.

Aerazione

Anche se non rientra nei metodi di sanificazione, il concetto di aerazione è molto importante. In precedenza abbiamo notato come il virus si diffonda molto attraverso aerosol. Questo fattore è da tenere decisamente in considerazione soprattutto quando ci riferisce a spazi chiusi. Un recente studio¹⁴ ha infatti dimostrato come (es. in una classe) le particelle di aerosol prodotte dall'insegnante raggiungano il fondo della classe (lontano circa 6m) in 10/15 minuti con una concentrazione di circa 1/10 rispetto a quella analizzata vicino alla fonte dell'aerosol. Tuttavia, questa concentrazione è destinata ad aumentare senza un'efficace ricambio d'aria. Lo studio evidenzia infatti come queste particelle di aerosol possano rimanere in sospensione anche per 12. Anche se queste particelle trasportano "meno virus", l'alta infettività del SARS-CoV-2, combinata all'alta carica virale prima dei sintomi, rendono queste particelle cruciali per la diffusione via aerosol.

Quanta ventilazione serve?

Considerando che con ricambio d'aria si intende un ricambio totale dell'aria contenuta nel volume della stanza, la periodicità di questo ricambio varia tra:

- 1 volta/h in ambienti domestici
- 15-25 volte/h in ambienti ospedalieri
- 6 volte/h in ambienti scolastici (una volta ogni 10 minuti)¹⁴

Quali sono le parti della stanza da evitare?

Non tutte le zone hanno la stessa concentrazione di aerosol. Gli angoli delle stanze sembrano avere meno ricambio d'aria (e quindi nel tempo maggiore concentrazione). Allo stesso tempo, lo stare vicino ad una delle "vie di uscita" del sistema di ventilazione significa essere investiti da tutte le particelle presenti nell'aria in uscita¹⁴.

Concetti acquisiti:

- I metodi di trasmissione del SARS-CoV-2 sono comuni ad altre patologie.
- Il primo passo per contrastare la diffusione del virus è quello di rispettare le misure igienico sanitarie.
- Un ricambio d'aria frequente è il primo metodo di prevenzione negli ambienti chiusi.
- Negli ambienti scolastici garantire un ricambio d'aria una volta ogni 10 minuti.
- Gli angoli e le zone vicine alle vie d'uscita del sistema di ventilazione sono da evitare.
- L'aerosol prodotto da un individuo infetto raggiunge una distanza di 6m in 10/15 minuti con concentrazione di 1/10 rispetto alla sorgente (l'individuo stesso).
- Le caratteristiche e la metodologia d'uso delle sostanze sanificanti sono normate dalla legge.
- I prodotti biocidi disinfettanti si dividono in categorie:
 - PT1: "Igiene umana"
 - PT2: "Disinfettanti e alghicidi non destinati all'applicazione diretta sull'uomo e sugli animali"
 - PT3: "Igiene veterinaria"
 - Pt4: "Settore dell'alimentazione umana e animale"
 - PT5: "Acqua potabile".
- Le procedure di sanificazione sono affidate a personale formato.
- L'ozono ed il perossido di idrogeno sono utilizzabili in più ambienti, compreso quello alimentare.
- L'ozono ed il perossido di idrogeno hanno un minor impatto ambientale (decadono naturalmente in ossigeno).
- Bisogna prestare attenzione al loro utilizzo durante le procedure di sanificazione (pericolosi per l'operatore e per gli astanti).
- Il perossido di idrogeno è nebulizzabile/atomizzabile.
- Il perossido di idrogeno e le lampade UVC sono molto efficaci anche nei confronti degli aerosol in sospensione.
- Le lampade del lontano UV-C sono impiegabili senza l'utilizzo di DPI.

CAPITOLO III:

3.1 Ricerca degli scenari

La maggior parte delle ricerche condotte fino ad ora si è prettamente focalizzata su quali siano e come funzionino i metodi di contagio di diversi agenti biologici (tra cui il SARS-CoV-2).

Tuttavia, per individuare lo scenario (o gli scenari), è necessario cercare di capire **come un individuo infetto possa contaminare l'ambiente in cui si trova**. Questo concetto prende il nome di *trasmissione ambientale*.

La contaminazione ambientale

“La contaminazione ambientale deve essere considerata una possibile fonte di infezione da SARS-CoV2. Pertanto, gli studi si sono concentrati, attraverso campionamenti di superfici ed aria, all'analisi della permanenza del virus nell'ambiente. In particolare, è emerso che:

- **La contaminazione di stanze e servizi igienici occupati da pazienti affetti da COVID-19 risulta essere ubiquitaria. Inoltre, è stata riscontrata la presenza di contaminazione su oggetti personali come telefoni cellulari, telecomandi ed attrezzature mediche a contatto quasi costante con il paziente.** Tutti i campionamenti eseguiti dopo la pulizia degli ambienti sono risultati negativi, mostrando che le misure di decontaminazione adottate sono sufficienti.
- **È stata rilevata una contaminazione nei campioni di aria: il virus espirato da individui infetti può essere disperso da flussi d'aria nell'ambiente anche in assenza di procedure che generano aerosol.** La modellizzazione dei flussi d'aria indica le modalità di contaminazione del pavimento e delle superfici per deposizione delle particelle anche a distanza del letto del paziente.
- **La mancanza di una correlazione tra il grado di contaminazione ambientale e la temperatura corporea indica che gli individui infetti possono rilasciare RNA virale nell'ambiente anche senza sintomi chiaramente identificabili”** ¹⁵.

Meccanismi di contaminazione ambientale

Così come i meccanismi di trasmissione, quelli di contaminazione possono essere:

- **Diretti** (contatto con superfici)
- **Indiretti** (precipitazione dei droplets su superfici, aerosol in sospensione)

Meccanismo diretto:

accade quando un individuo infetto contamina le superfici via contatto diretto. Questo meccanismo è **strettamente influenzato dal tipo di interazione con l'ambiente**.

Meccanismi indiretti:

- **Droplets:** accade quando un individuo infetto emette droplets (tossisce, starnutisce, parla ad alta voce) i quali precipitano su superfici che a loro volta vengono contaminate. **Questo meccanismo è strettamente legato al tipo di interazione.**
- **Aerosol:** accade quando un individuo infetto emette particelle di aerosol. L'aerosol viene prodotto continuamente dall'individuo infetto in concentrazioni che **dipendo dal tipo di interazione**. Ulteriore fattore per la concentrazione degli aerosol è la **quantità di aerazione** in funzione del volume dell'ambiente.

Entrambi i meccanismi sono strettamente influenzati dal tempo di permanenza nell'ambiente. Nei casi di contaminazione diretta e in quello via droplets, il tempo di permanenza definisce la casistica delle contaminazioni mentre, nel caso dell'aerosol, influisce sulla concentrazione delle particelle nell'ambiente.

Dai concetti acquisiti fino ad ora possiamo dedurre che, per un individuo infetto, le possibilità di contaminare un ambiente sono strettamente legate a 3 fattori:

- **Tempo di permanenza nell' ambiente**
- **Tipo di interazione con l' ambiente**
- **Quantità di aerazione**

Tempo di permanenza (t)

Il tempo di permanenza svolge un ruolo cruciale nel grado di contaminazione di un ambiente da parte di un individuo infetto. Il fattore tempo infatti funge da "moltiplicatore", aumentando la casistica degli episodi di contaminazione.

Tipo di interazione (I)

Questo valore sta ad indicare come e quanto l'individuo infetto interagisce con l'ambiente. Ipotizziamo gradi che vanno da un livello in interazione minima (permanenza stazionaria dell'individuo; l'individuo rimane in silenzio) a quello di interazione massima (interazione fisica con oggetti/strutture; l'individuo parla ad alta voce).

Distinguiamo i tipi di interazione tra:

- **Interazione Diretta** (toccare/manipolare ambiente) (I_{dir})
- **Interazione Indiretta** (respirare, parlare, gridare, cantare) (I_{ind})

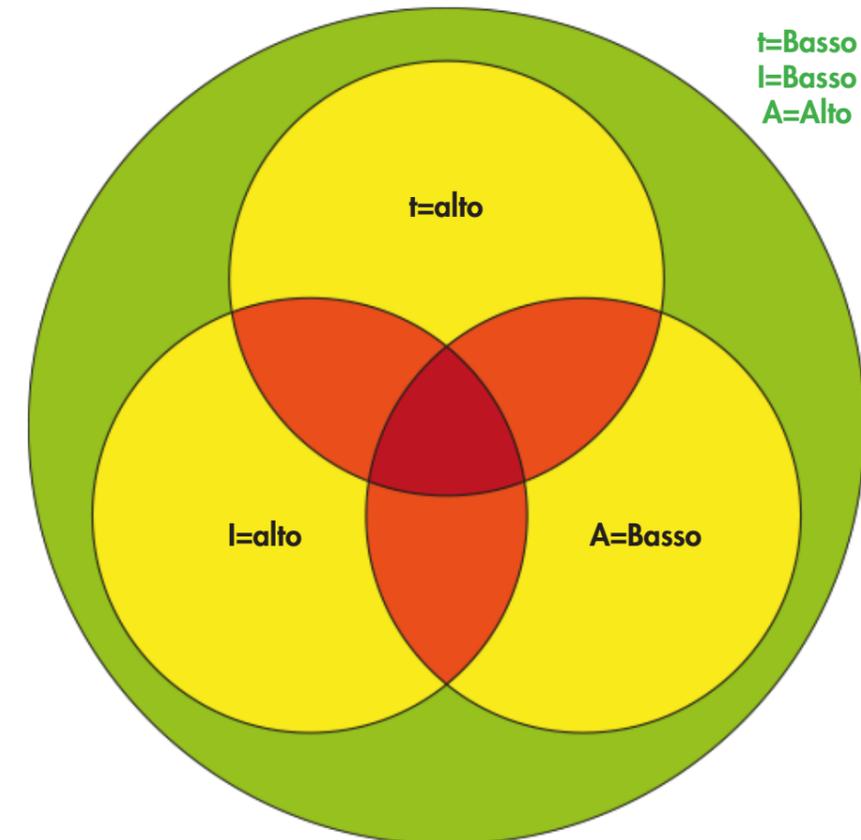
Quantità di aereazione (A)

Come visto nei capitoli precedenti, quello dell'aerazione è un concetto fondamentale sia nel caso di trasmissione per via aerea, sia nel caso di contaminazione ambientale.

Questi concetti appena introdotti serviranno per definire il **grado di contaminazione** (che chiameremo **GC**) di un ipotetico ambiente.

...ed è proprio il **GC** che influenzerà il comportamento del nostro robot!

Cerchiamo di visualizzare come tempo, interazione e aerazione vadano a definire il **GC** attraverso lo schema sottostante:



GC

- Basso
- Medio-basso
- Medio-alto
- Alto

Più nello specifico, possiamo definire il **GC** come il risultato di:

Contaminazione delle superfici (GC_s) + **Contaminazione aerea** (GC_a)

ovvero

$$GC = GC_s + GC_a$$

Scomponendo ulteriormente questa formula definiamo che:

$$GC_s = \text{Rapporto area contaminata e area di interazione (R)} + \text{concentrazione superficiale droplets precipitati (C}_{drop}\text{)}$$

Rapporto (R): primo passo per ottenerlo è capire “quante volte al minuto l’individuo infetto interagisce (tocca, manipola) l’ambiente”.

Per scrivere la formula, quindi, inseriamo un **coefficiente di interazione diretta** (I_{dir}); questo coefficiente avrà valori compresi tra 1 e 5 (*Interazione indiretta bassa, mediobassa, media, medioalta, alta*) diviso 60 secondi.

La formula avrà questo aspetto:

$$\text{Interazioni dirette al minuto} = \frac{I_{dir}}{60s}$$

Una volta ottenuto il numero di interazioni al secondo, possiamo ricavare la **velocità di contaminazione dell’area** (V_{ca}). Se ipotizziamo che la superficie delle mani è di circa $0.03m^2$ possiamo inserire questo dato nella formula ottenendo questo risultato:

$$V_{ca} = \frac{I_{dir}}{60s} \cdot 0.03 m^2$$

Una volta acquisita la velocità di contaminazione, possiamo inserire un fattore temporale “**tempo di permanenza**” (t) espresso in secondi, per conoscere la **quantità di area contaminata** (Q_{ca}):

$$Q_{ca} = t \cdot V_{ca}$$

Per ottenere il rapporto (**R**) tra quantità di area contaminata e area di interazione inseriamo un’altra variabile, quella dell’area di interazione superficiale (**Area_i**) espresso in m^2 ; la formula risultante, quindi, sarà questa:

$$R = \frac{Q_{ca}}{Area_i}$$

per esteso:

$$R = t \cdot \frac{I_{dir} \cdot 0.03 m^2}{60s \cdot Area_i}$$

Quando $R = 1$ vuol dire che tutta l’area di interazione è stata contaminata. Per sapere quanto tempo occorre per avere $R=1$ applichiamo questa formula:

$$t_{R=1} = \frac{Area_i}{V_{ca}} \quad t_{R=1} = \frac{Area_i \cdot 60s}{I_{dir} \cdot 0.03 m^2}$$

NB. *l’area di interazione (Area_i) dipende da come l’individuo infetto interagisce con le superfici proprie dell’ambiente.* L’interazione può essere “**stazionaria**” (es. un banco di scuola e in questo caso va calcolata l’area del singolo banco) oppure “**diffusa**” (es. le corsie di un supermercato, in questo caso va considerata l’area delle corsie) oppure “**combinata**” (es. l’individuo ha una postazione personale ma svolge compiti anche in altri spazi, in questo caso l’area è la somma dell’area della postazione personale + quella degli altri spazi). **Caso limite: un ambiente senza superfici di interazione (stanza vuota); in questo caso il valore Area_i sarebbe uguale a 0. In questo caso il fattore GC_s va escluso dall’equazione finale.**

Concentrazione superficiale droplets precipitati (C_{drop}): per conoscere la concentrazione di droplets come prima cosa dobbiamo capire **“quante volte al secondo un individuo infetto emette droplets che precipitano sulle superfici, contaminandole”**. Ovvero conoscere la quantità di droplets al secondo.

Se il nr di particelle è variabile da un minimo di 1/s ad un massimo di 50/s¹⁶ e nelle attività di respirazione (parlare, respirare, starnutire) le particelle prodotte sono il 90% aerosol ed il restante droplets¹⁷ possiamo affermare che i droplets rappresentano il 10% delle particelle emesse al secondo da un individuo infetto. Inseriamo quindi un **coefficiente di interazione indiretta (I_{ind})**; questo coefficiente avrà valori che vanno da 0.1 a 5 (*interazione indiretta bassa, mediobassa, media, medioalta, alta*).

La formula avrà questo aspetto:

$$Nr. \text{ droplets al secondo} = \frac{I_{ind}}{s}$$

Per conoscere il nr. di droplets in relazione al **“tempo di permanenza” (t)** implementiamo così la formula:

$$Nr. \text{ droplets} = t \cdot \frac{I_{ind}}{s}$$

A questo punto, la concentrazione (C_{drop}) si ottiene mettendo in relazione il nr. di droplets con l'area di interazione ($Area_i$):

$$C_{drop} = \frac{nr. \text{ droplets}}{Area_i} \quad C_{drop} = t \cdot \frac{I_{ind}}{Area_i \cdot s}$$

Tuttavia, questa formula è valida senza considerare se l'individuo indossa o no una mascherina. Se l'utilizzo del DPI riduce da 7 volte il volume della nuvola di particelle emesse (mascherina chirurgica) a 23 (mascherina N95)¹⁸, questo coefficiente è da inserire nella formula. Definiamolo con il nome **“P”** (protezione).

Daremo a questo fattore i seguenti valori:

protezione nulla = 1
 protezione base = 7
 protezione media = 15
 protezione alta = 23

Questo valore fungerà da “riduttore” del coefficiente I_{ind} trasformando così **la formula nella sua versione finale:**

$$C_{drop} = t \cdot \frac{I_{ind}}{P \cdot Area_i \cdot s}$$

Una volta assimilati questi concetti possiamo passare alla componente successiva, il GC_a

$GC_a = \text{concentrazione di aerosol}$

Così come la concentrazione di droplets, **quella di aerosol (C_{aero})** è uguale al **nr. di particelle di aerosol/volume ambiente (Vol_a)** espresso in m^3 .

Come abbiamo visto in precedenza, il nr di particelle è variabile da un minimo di 1/s ad un massimo di 50/s¹⁶ e nelle attività di respirazione (parlare, respirare, starnutire) le particelle prodotte sono il 90% aerosol ed il restante droplets¹⁷ Riprendiamo quindi il **coefficiente di interazione indiretta (I_{ind})** con valori che vanno da 0.1 a 5 (*interazione indiretta bassa, mediobassa, media, medioalta, alta*), moltiplichiamolo per 10 (somma droplets + aerosol) e calcoliamone il 90% -> **moltiplichiamolo per 9**. In questo modo otterremo il **nr. di particelle di aerosol**.

La formula avrà questo aspetto:

$$Nr. \text{ aerosol al secondo} = \frac{I_{ind} \cdot 9}{s}$$

Per conoscere il nr. di aerosol in relazione al **“tempo di permanenza” (t)** implementiamo così la formula:

$$Nr. \text{ aerosol} = t \cdot \frac{I_{ind} \cdot 9}{s}$$

A questo punto, la concentrazione (C_{aero}) si ottiene mettendo in relazione il nr. di droplets con il volume dell'ambiente (Vol_a):

$$C_{aero} = \frac{nr. \text{ Aerosol}}{Vol_a} \quad C_{aero} = t \cdot \frac{I_{ind} \cdot 9}{Vol_a \cdot s}$$

Come in precedenza, inseriamo il fattore protezione (**P**) nella formula, per trasformarla in questo modo:

$$C_{aero} = t \cdot \frac{I_{ind} \cdot 9}{P \cdot Vol_a \cdot s}$$

Tornando al nostro **GC** iniziale, possiamo quindi dire che questo è uguale a:

$$R = t \cdot \frac{I_{dir} \cdot 0.03 \text{ m}^2}{60s \cdot Area_i} + C_{drop} = t \cdot \frac{I_{ind}}{P \cdot Area_i \cdot s} + C_{aero} = t \cdot \frac{I_{ind} \cdot 9}{P \cdot Vol_a \cdot s}$$

Dove:

GC = grado di contaminazione

R = rapporto area contaminata / area di interazione

C_{drop} = Concentrazione droplets su superficie

C_{aero} = Concentrazione aerosol su volume

t = tempo di permanenza (s)

I_{dir} = coefficiente contaminazione diretta che va da 1 a 5

- 1 - bassa
- 2 - mediobassa
- 3 - media
- 4 - medioalta
- 5 - alta

I_{ind} = coefficiente contaminazione indiretta che va da 0.1 a 5

- 0.1 - bassa
- 1.325 - mediobassa
- 2.55 - media
- 3.775 - medioalta
- 5 - alta

Area_i = area interazione (m²)

Vol_a = volume ambiente (m³)

P = coefficiente di protezione che va da 1 a 23

- 1 - nulla
- 7 - base
- 15 - media
- 23 - alta

Proviamo ad ipotizzare qualche scenario per conoscere il **GC** :

Scenario: Scuola

I_{dir} = 5

I_{ind} = 1.325

Area_i = 0.35m² (area banco scolastico 50x70cm)

Vol_a = 120m³ (aula di 40m² alta 3m)

P = 7

Scenario: Ufficio

I_{dir} = 4

I_{ind} = 3.775

Area_i = 0.96m² (area scrivania 120x80cm)

Vol_a = 175m³ (ufficio di 50m² alta 3.5m)

P = 7

Scenario: Market

I_{dir} = 5

I_{ind} = 1.325

Area_i = 128m² (8 scaffali fronteretro, ognuno alto 2m e lungo 4m)

Vol_a = 200m³ (market di 50m² alto 4m)

P = 7

Scenario: Biblioteca

I_{dir} = 4

I_{ind} = 0.1

Area_i = 0.96m² (area scrivania 120x80cm)

Vol_a = 210m³ (spazio di 70m² alto 3m)

P = 7

Scenario: Officina

I_{dir} = 5

I_{ind} = 5

Area_i = 12m² (2 postazioni da 2x3m)

Vol_a = 280m³ (spazio di 70m² alto 4m)

P = 23

Scenario: Sala d'attesa

I_{dir} = 1

I_{ind} = 0.1

Area_i = 0 (caso limite, R e C_{drop} non considerati nella formula)

Vol_a = 60m³ (spazio di 20m² alto 2m)

P = 7

	scuola	ufficio	market	biblioteca	officina	sala d'att.
I_{dir}	5	5	5	4	5	1
I_{ind}	1,325	3,775	0,1	0,1	5	0,1
Area_i	0,35	0,96	128	0,96	12	0
Vol_a	120	175	200	210	280	60
P	7	7	7	7	23	7
GC	0,5621	0,5920	0,0008	0,0175	0,0253	0,0021

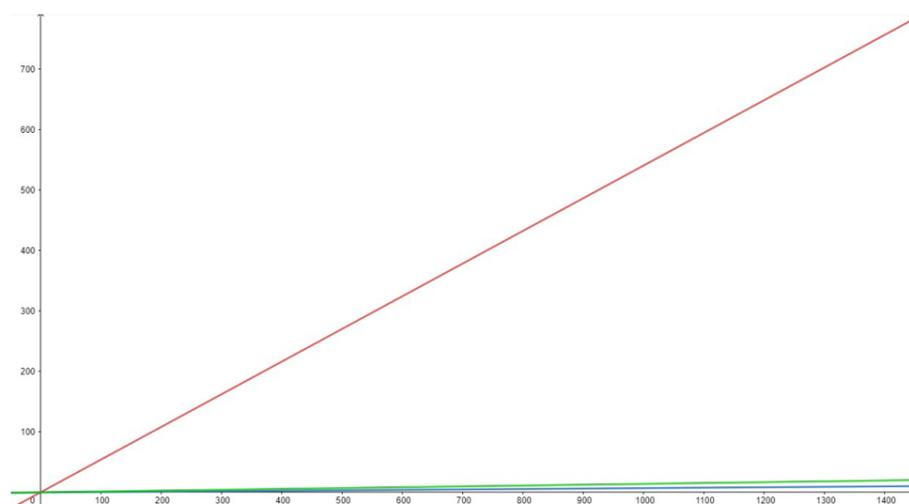
Osservando la tabella precedente possiamo notare come il GC cambi in base allo scenario e che i fattori $Area_i$ e Vol_a sono quelli che influiscono maggiormente. Aree di interazione più piccole e volumi ambientali minori implicano un GC maggiore.

Andando più in profondità possiamo scomporre e visualizzare in un grafico il GC nelle sue componenti R , C_{drop} e C_{Aero} e vedere come si evolvono nel tempo; prendiamo per esempio lo scenario scuola:

$$R = t * 0,0071$$

$$C_{drop} = t * 0,5408$$

$$C_{aero} = t * 0,0141$$



Questo grafico serve ad illustrare che i fattori che compongono il GC non hanno lo stesso andamento; tuttavia **queste rette**, prese singolarmente, **andranno ad influenzare il comportamento e le funzionalità del nostro robot**. In che modo?

I dati in input:

Come visto in precedenza, la loro "pendenza" dipende da dei valori di input. Questi valori potrebbero essere inseriti nel robot tramite interfaccia (es, il livello di interazione diretta, tipico di ogni scenario) o tramite acquisizione diretta da parte del robot tramite sensori e l'interpretazione dei dati ottenuti (es. sensore volumetrico per conoscere il volume dell'ambiente e definire il valore Vol_a o un microfono per definire il valore del coefficiente I_{ind} immaginando che se il rumore ambientale è elevato, gli utenti debbano comunicare ad un tono di voce più sostenuto e quindi producendo più droplets ed aerosol).

I valori soglia e gli eventi trigger:

Inserendo dei valori di soglia (ad esempio "nr massimo di particelle in sospensione aerea, prima che il loro numero diventi pericoloso per gli occupanti) possiamo far in modo tale che, **una volta raggiunti questi valori, il robot svolga un'azione** (es. avviso di apertura delle finestre per l'aerazione, accensione delle lampade UVC per la sterilizzazione dell'aerosol).

Facciamo un esempio:

Immaginiamo che un ambiente diventi pericoloso quando presenta 12 particelle infette/m³. **Quando il nostro robot svolgerà un'azione?** quando la retta relativa al C_{aero} (in questo esempio specifico), intersecherà il valore di soglia. Come ottenere questo valore "t"? con la seguente formula:

$$t = \text{soglia} / C_{aero}$$

quindi, nello scenario scuola:

$$t = 12 / 0,0141$$

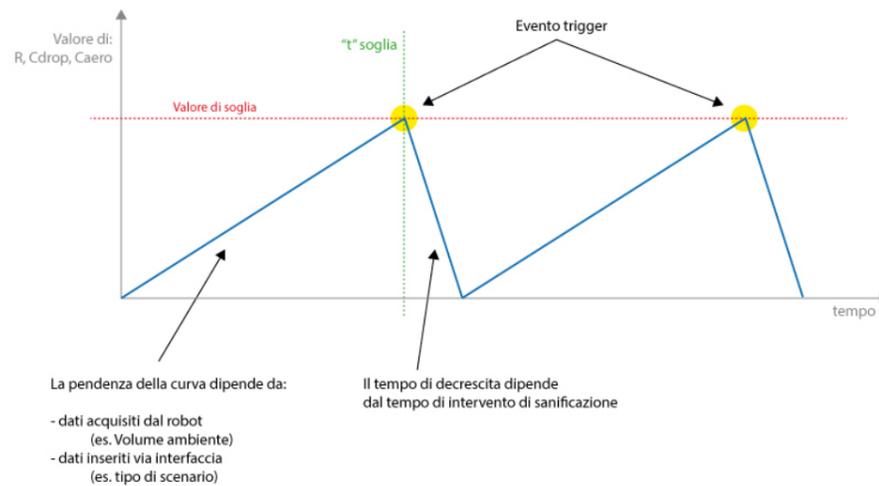
$$t = 851s \text{ (circa 14 minuti)}$$

Avendo ottenuto questo dato, possiamo immaginare un eventuale azione da parte del robot; per esempio potrebbe avvisare di aprire le finestre per aerare l'ambiente.

Possiamo applicare questa logica anche al valore C_{drop} e alla relativa soglia di attivazione.

Il discorso è differente per quanto riguarda il dato R. Abbiamo visto che quando $R=1$ l'area di interazione è completamente contaminata. **Ma quando l'area di interazione è da considerare pericolosa?** Per deduzione possiamo immaginare che un'area contaminata al 100% è sicuramente pericolosa, e allo stesso tempo dedurre che un'area più piccola si contamina in meno tempo. Tuttavia la tipologia di area di interazione influisce su queste considerazioni. Se l'area è "personale" (non si può autocontagiarsi) il valore R può anche essere maggiore di 1, ma quando questa è "condivisa" o "utilizzata in seguito da un altro individuo" è da tenere sotto controllo. Possiamo dedurre quindi **che il valore di R e il tempo di raggiungimento di questo valore ($t_{R=soglia}$) dipenda molto dal tipo di scenario, altro dato di input da dare al robot.**

Visualizziamo quindi i concetti acquisiti:



Considerazioni importanti: essendo in dibattito scientifico ancora aperto, i coefficienti, così come le considerazioni sui droplets prodotti, **non sono stati ancora definiti con precisione; tuttavia questi non vanno a variare la forma delle rette ma solo la loro pendenza.** Allo stesso modo i valori di soglia non sono stati ancora definiti con precisione. **Questo lascia ampio spazio alla ricerca scientifica, in modo tale che il robot possa essere "tarato" e rispondere con molta più precisione alle necessità degli scenari in cui agisce in modo tale da soddisfare con efficienza le prestazioni volute.**

3.2 L'AUTOMAZIONE: dalla mecatronica alla robotica

3.2.1 L'automazione¹⁹

Con il termine automazione si identifica la tecnologia che usa sistemi di controllo (come circuiti logici o elaboratori) per gestire macchine e processi, **riducendo la necessità dell'intervento umano**, ovvero per l'esecuzione di operazioni ripetitive o complesse, ma anche dove si richieda sicurezza o certezza dell'azione o semplicemente per maggiore comodità.

L'origine del termine "automazione" risale al 1952 ed è contesa tra John Diebold e Del Harder. Il primo scrisse nel 1952 il primo dei suoi dodici libri, dal titolo *Automation: the Advent of the Automatic Factory*, basato su uno studio che l'autore aveva condotto quando frequentava l'Università di Harvard: nel libro, Diebold presentava la sua visione dell'uso di sistemi elettronici programmabili in campo economico. Harder, vicepresidente del settore produzione della Ford, avrebbe invece utilizzato il termine "automazione" per riferirsi a una nuova concezione di movimentazione automatica nell'industria automobilistica.

Butera (1990) analizza in modo sistematico le varie definizioni che nel corso degli anni sono state conferite al termine "automazione" per poi trarre la conclusione che per automazione si può intendere *un fenomeno che ha - insieme - natura tecnologica economica, organizzativa e sociale e ha per oggetto la gestione e l'evoluzione di complessi sistemi tecnico-organizzativi che realizzano processi produttivi di prodotti e/o servizi.*

Prima di arrivare a questa conclusione, Butera analizza la definizione del termine "automazione" secondo quattro concezioni diverse:

- l'automazione come tipo particolare di sviluppo tecnico
- l'automazione come tecnologia
- l'automazione come forma di integrazione della produzione e dell'impresa
- l'automazione come sistema socio-tecnico capace di autoregolazione e di adattamento

Ci soffermeremo sull'automazione come tecnologia e come sistema socio-tecnico:

Automazione come tecnologia:

Secondo Bright (1958), Crossman (1960, 1966) e diversi altri autori, l'automazione è da identificarsi secondo la sostituzione di lavoro umano: **l'automazione quindi sarebbe una particolare tecnologia che permette di sostituire, mediante il controllo automatico dei processi, funzioni che dovrebbero appartenere all'uomo.** Bright, nel suo studio, fornisce anche una classificazione dei livelli di automazione costruito secondo il grado di passaggio di funzioni tra uomo e macchina.

Sempre in base a tale concezione di automazione, molto efficace è la definizione di Drucker (citato in Sultan e Prasow, 1964), secondo il quale l'automazione sarebbe *l'uso di macchine per guidare macchine*. Secondo tale modo di concepire l'automazione, le caratteristiche di quest'ultima sarebbero quindi:

- *incorporazione di lavoro indiretto nelle macchine*: ciò significa che le macchine, oltre a occuparsi di produzione, possono anche occuparsi di controllo dei processi e di elaborazione di dati;
- *incorporazione di capacità sensoria nelle macchine*: secondo Rogers (1958) e Killingsworth (1963), le funzioni di controllo che le macchine assumono implicherebbero capacità sensorie simili a quelle umane.

Automazione come sistema socio-tecnico:

Secondo Naville (1963), l'automazione non sarebbe un concetto di natura tecnica, ma **sarebbe invece una organizzazione avanzata**: questo perché ogni tecnologia è un sistema di concetti e le realizzazioni tecniche sarebbero effetti e risultati, piuttosto che cause. Questo tipo di concezione di automazione si pone quindi in netto contrasto con il concetto di automazione come tecnologia: se in base a quest'ultima concezione l'automazione ridurrebbe sempre di più il lavoro umano, **la concezione di automazione come sistema socio-tecnico implicherebbe invece un sistema tecnico, organizzativo e sociale di nuova organizzazione, flessibile e capace di controllo.** C'è da notare inoltre come una tale concezione implichi anche le precedenti, perché il sistema sarebbe dotato di singole macchine (automazione come sviluppo tecnico), capaci di sostituire lavoro umano (automazione come tecnologia) e integrate in un unico sistema di controllo (automazione come integrazione): in più, il sistema rivelerebbe capacità di apprendimento, di evoluzione e di creazione. **Il sistema quindi diventerebbe anche autoreferenziale e allo stesso tempo flessibile, capace di evolversi e di adattarsi all'ambiente.**

Tipi di automazione:

In *Anatomy of Automation* (1962), Amber e Amber, definendo **l'automazione come la tecnologia necessaria per realizzare macchine in grado di sostituire uno o più attributi dell'uomo nell'effettuare un lavoro**, propongono una classificazione basata sugli attributi sostituiti:

Ordine	Attributo sostituito	Esempio
0	Nessuno	Utensili manuali
1	Energia	Utensili motorizzati a controllo manuale (trapano hobby)
2	Destrezza	Automazioni a ciclo singolo (tornio parallelo)
3	Diligenza	Automazione a ciclo ripetuto (macchine transfer)
4	Giudizio	Controllo a ciclo chiuso (controllo numerico)
5	Valutazione	Capacità di ottimizzazione del ciclo (macchine CNC con logiche adattive)
6	Apprendimento	Limitate capacità di auto-programmazione
7	Ragionamento	Capacità di ragionamento induttivo
8	Creatività	Capacità di creare manufatti originali
9	Dominio	(HAL9000, 2001 Odissea nello spazio)
10	Dominio II	Distruzione dell'umanità (<i>Matrix</i>)

Il maggior sviluppo nel campo dell'automazione è avvenuto con l'avvento dell'elettronica che ha consentito di passare dal livello 3 della meccanica pura alle possibilità offerte dall'elettronica e dai controlli automatici (meccatronica). **Oggi l'automazione ha raggiunto il livello 5 con qualche caso di livello 6.**

Tali livelli di automazione sono realizzati mediante l'interazione tra la meccanica pura (che provvede alla sostituzione degli attributi umani fino al livello 3) e dispositivi elettronici quali:

- computer dedicati chiamati programmable logic controller (PLC) che con opportuni software permettono il movimento di attuatori o l'analisi dei dati generati da sensori
- sensori e trasduttori
- sistemi di visione artificiale
- microcontroller
- personal computer dotato di apposite schede di I/O, generalmente chiamato CN (controllo numerico)

Con questi strumenti è possibile realizzare dei controlli automatici che sono in grado di recepire il mondo reale e di reagire secondo gli algoritmi che il programmatore ha implementato.

3.2.2 La mecatronica²⁰

Dopo aver introdotto il concetto di automazione, possiamo parlare brevemente della *meccatronica*; La mecatronica è la disciplina che a sua volta studia il modo di far **interagire tre sottodiscipline – la meccanica, l'elettronica e l'informatica – al fine di automatizzare i sistemi di produzione, semplificando e sostituendo il lavoro umano.**

La mecatronica nasce dalla necessità di creare un *know-how* nell'ambito della modellistica, simulazione e prototipazione dei sistemi di controllo, **orientandosi prevalentemente ai sistemi di controllo del movimento, definiti come Motion Control.** I principali campi di applicazione sono la robotica, l'automazione industriale, la biomeccatronica, l'avionica, i sistemi meccanici automatici degli autoveicoli.

Tra le applicazioni più importanti ricordiamo:

- **Automazione e robotica**
- Servomeccanismi
- Sensori e controlli
- Industria elettronica
- Industria automobilistica
- Industria aerospaziale
- Tecnologia medica
- Domotica
- Macchine a controllo numerico
- Sistemi esperti
- CAD-CAM-CAE
- Packaging
- Microcontrolli/PLC
- Visione industriale

3.2.3 La robotica²¹

La robotica è la disciplina dell'ingegneria **che studia e sviluppa metodi che permettano a un robot di eseguire dei compiti specifici riproducendo in modo automatico il lavoro umano.** Anche se la robotica è una branca dell'ingegneria, più precisamente della mecatronica, in essa confluiscono approcci di molte discipline sia di natura umanistica, come linguistica, sia scientifica: biologia, fisiologia, psicologia, elettronica, fisica, informatica, matematica e meccanica.

La parola robotica proviene dal ceco *robota*, che ha il significato di "lavoro pesante" o "lavoro forzato".

Questo termine è stato introdotto dallo scrittore ceco Karel Capek, nel 1920 nel suo racconto *R.U.R. (Rossum's Universal Robots)*. Il termine inglese derivato *robotics*, secondo l'Oxford English Dictionary, compare per la prima volta in un racconto di fantascienza dello scrittore Isaac Asimov intitolato *Bugiardo! (Liar!, 1941)*. Sempre ad Asimov si deve anche l'invenzione delle famose Tre Leggi della Robotica enunciate interamente nel racconto *Circolo vizioso (Runaround, 1942)*; entrambi i racconti fanno parte dell'antologia *Io, Robot*.

La modellistica:

La realizzazione di un qualsiasi compito da parte di un robot è subordinata all'esecuzione di un movimento specifico che necessita di essere pianificato. L'esecuzione corretta di tale movimento è affidata a un'unità di controllo che invia un insieme opportuno di comandi sulla base del tipo di moto desiderato. Un sistema robotico presenta una struttura meccanica articolata ed è fondamentale schematizzarne il comportamento mediante un modello matematico che individui i legami di causa-effetto tra gli organi costituenti.

Analisi cinematica:

L'analisi cinematica di un robot concerne la descrizione del suo moto prescindendo dalle considerazioni sulle forze e i momenti che lo provocano. Essa si divide in:

- **Cinematica:** si occupa del legame tra i parametri interni del robot (che nel caso di robot industriali sono variabili associate ai giunti) e la posa da esso assunta (cioè la sua posizione e il suo orientamento).
- **Cinematica differenziale:** definisce delle relazioni analoghe a quelle identificate dalla cinematica riferite alle velocità dei componenti del sistema.

L'individuazione di tali legami consente di formulare il problema cinematico inverso che consiste nel ricavare i valori da attribuire ai parametri interni del robot per inseguire una determinata specifica di moto.

Analisi dinamica:

Modellare la dinamica di un robot è indispensabile per progettare il sistema di controllo. **Di fatto il moto di un sistema robotico è assicurato da un sistema di attuazione che ha il compito di fornire la potenza necessaria ai compiti da svolgere trasformandola da una forma all'altra in base alle esigenze.** Anche qui occorre distinguere tra dinamica e dinamica inversa: la prima si occupa del calcolo delle accelerazioni dei componenti del robot in funzione delle forze di

attuazione ed è utile in simulazione, la seconda ricerca metodi per determinare le forze di attuazione da dare per ottenere le accelerazioni desiderate.

La pianificazione del sistema:

Un problema cruciale risiede nella specifica dei movimenti da imporre al robot per svolgere i compiti ad esso affidati. **Compito della pianificazione di traiettorie è quello di generare leggi orarie per le variabili caratteristiche del sistema, partendo da una descrizione informale del tipo di moto che si vuole ottenere.** In particolare bisogna evitare le collisioni con i possibili ostacoli presenti nell'ambiente di lavoro attraverso strumenti di natura algoritmica quali i diagrammi di Voronoi o il metodo dei potenziali artificiali.

Il controllo:

Le traiettorie generate nella fase di pianificazione costituiscono l'ingresso di riferimento del sistema di controllo del robot. Quest'ultimo è un sistema di estrema complessità, e ogni suo modello risulta inadeguato a causa della presenza di numerosi effetti dinamici imprevisti, tra i quali gli attriti e gli accoppiamenti tra i componenti. È dunque necessario introdurre un certo numero di anelli di retroazione, senza i quali risulterebbe impossibile garantire il soddisfacimento dei requisiti di precisione desiderati. Affinché il robot possa monitorare istante per istante di quanto il suo comportamento si scosti da quello pianificato, **deve essere dotato di sensori** in grado di misurare grandezze quali posizione, velocità, forze scambiate con l'ambiente.

I sensori:

I sensori si dividono in due grandi categorie:

- **Sensori propriocettivi:** misurano variabili interne al robot come la velocità delle ruote o il livello di carica della batteria.
- **Sensori esterolettivi:** misurano variabili esterne come la distanza dagli ostacoli o la posizione degli oggetti sui quali svolgere un compito.

Encoder:

Gli encoder sono sensori propriocettivi in grado di effettuare la traduzione della posizione angolare dei giunti del robot. Rivestono un ruolo essenziale nell'ambito della robotica industriale. Ne esistono due tipi.

- **L'encoder assoluto** è un disco di vetro ottico sul quale sono presenti delle tracce concentriche. Ciascuna traccia è caratterizzata da una sequenza di settori opachi e trasparenti. Sulla base dell'alternanza di tali settori, sfruttando un raggio di luce captato da un fototransistor, è possibile individuare univocamente una stringa di bit che esprime in forma digitale lo spostamento angolare dei giunti.
- **L'encoder incrementale** riporta due tracce i cui settori opachi e trasparenti sono in quadratura tra loro. Consente di ricavare, oltre alla variazione della posizione angolare, anche il verso della rotazione effettuata. Essendo un sensore incrementale, è necessario effettuare un azzeramento, solitamente raggiungendo una posizione nota all'accensione.

Distanza:

Tra i sensori in grado di valutare la distanza degli oggetti nelle vicinanze vi sono i **SONAR** che utilizzano impulsi acustici dei quali viene misurato il tempo di volo sensore-ostacolo-sensore. Conoscendo la velocità di propagazione del suono è possibile calcolare la distanza dall'ostacolo. Nelle applicazioni di robotica sottomarina e negli ambienti con scarsa visibilità sono spesso l'unica soluzione attuabile. Un'ulteriore possibilità è costituita dal **LASER**, la cui efficacia è però limitata dal minimo intervallo di tempo osservabile in quanto l'elevatissimo valore della velocità della luce rende il tempo di volo generalmente impercettibile.

Visione:

Un altro strumento utile al robot per orientarsi nell'ambiente in cui opera è la telecamera. **Essa sfrutta l'intensità luminosa riflessa dagli oggetti per ricostruirne l'aspetto.** Conoscendo i parametri caratteristici della lente è possibile risalire dalla rappresentazione dell'oggetto nel piano immagine alle sue dimensioni reali e alla sua distanza. **Spesso i robot impiegano un sistema di telecamere multiplo che consente di valutare la profondità dell'ambiente tramite la stereoscopia.**

L'attuazione:

Sulla base dell'errore di inseguimento tra i riferimenti e i valori misurati delle grandezze di interesse del robot, il controllore del sistema deve effettuare un'azione correttiva volta a modificare i parametri correnti del moto della struttura. A tale scopo occorrerà aumentare o ridurre la potenza fornita ai motori che si occupano di convertire l'energia ricevuta dalla fonte di alimentazione in energia meccanica. Ne esistono vari tipi:

- *Motore elettrico*: sfrutta l'energia elettrica generata tramite un flusso magnetico variabile ed è tipicamente usato laddove servono grandi velocità e basse forze;
- *Motore idraulico*: sfrutta la variazione di volume dovuta a un fluido in pressione, usato nelle applicazioni in cui servono grandi forze e basse velocità;
- *Motore pneumatico*: utilizza l'energia pneumatica fornita da un compressore.

Architettura software:

L'unità di controllo di un sistema robotico ha il compito di gestire le operazioni che devono essere effettuate sulla base di un modello interno del robot e dei dati forniti dai sensori. Per ottenere un'organizzazione flessibile in grado di separare le attività ad alto livello da quelle più elementari, è opportuno che l'architettura di controllo sia ripartita in livelli gerarchici. In particolare, sul gradino più alto vi è la decomposizione del compito da svolgere in attività ad un elevato grado di astrazione, mentre alla base della piramide vi sono gli algoritmi che determinano i segnali forniti ai motori. Ciascun livello invia il risultato della propria computazione al livello sottostante, dal quale è retroattivamente influenzato.

Vi sono **tre approcci principali alla programmazione** di un robot.

- *Teaching-by-showing*: il robot viene guidato lungo un percorso e apprende le posizioni raggiunte grazie ai sensori; in seguito, si limita a replicare quella sequenza di posizioni;
- *Robot-oriented*: vi è un linguaggio di programmazione ad alto livello con strutture dati complesse, variabili, routine;
- *Object-oriented*: come nel precedente, solo che il linguaggio è orientato agli oggetti.

3.3 L'interaction design

INTERACTION DESIGN



Se fino ad ora ci siamo soffermati sulle questioni "tecniche", **ora è il momento dell' "aspetto" e dell'interazione uomo-macchina**. La storia dell'Interaction Design inizia con l'invenzione del computer. Anche se il termine non esisteva ancora, i progettisti dei primi computer, come quelli dei giganteschi IBM, hanno dovuto incorporare un mezzo attraverso il quale gli operatori umani potessero avere informazioni in ingresso e allo stesso tempo i computer potessero dare risultati di output dei calcoli. Ciò prese forma nelle schede perforate, nelle prime stampe o nelle luci lampeggianti. Nel 1973, i progettisti di Xerox PARC usarono l'interaction design per costruire uno dei primi personal computer, un modello desktop con tastiera e monitor monocromatico. Più tardi, il gigante della tecnologia, la Apple, avrebbe incorporato molti di questi progetti di interazione nei primi computer Macintosh.

Ma, **a studiare i rapporti che intratteniamo con gli oggetti tecnologici si è interessato soprattutto Bill Moggridge**, che all'argomento ha dedicato tutta la sua vita. Infatti, **il termine "Interaction Design" è stato coniato la prima volta da lui e Bill Verplank**. È stato originariamente considerato come un adattamento della progettazione dell'interfaccia utente, che era comune nel campo del disegno industriale. Il termine andò a sostituire un altro neologismo precedentemente coniato da Moggridge, "soft-face", che andava a indicare un software controllato dall'utente per l'utilizzo di macchine industriali²².

Moggridge definisce il Design come “un ponte virtuale focalizzato sugli esseri umani - intesi come persone - che unisce le discipline tecnico-scientifiche con quelle artistico-creative tenendo in grande considerazione tutte le esperienze dirette che giorno dopo giorno la gente comune vive e sperimenta”²³. Nel 1990, infatti, Bill e i suoi colleghi si resero conto che stavano creando un tipo di design veramente diverso, non proprio un design del prodotto ma stavano effettivamente disegnando prodotti, non era un design della comunicazione (sebbene ne usassero alcuni strumenti), non era informatica (anche se riguardava computer e software), **era qualcosa di differente, attingeva da tutte queste discipline, cercando di mettere in comunicazione le persone attraverso i prodotti che usavano.**

Il “loop” infatti è quello del “user > do > object > feel > know > user”. L’utente manipola l’artefatto (pc, oggetto, scenario), attraverso un’interfaccia; l’oggetto manipolato restituisce attraverso delle azioni (sia software che hardware) un feedback, dei feelings, che modificano lo stato dell’utente. Questi feedback possono essere sia positivi (che creano benessere, che insegnano ecc), neutrali o negativi (incomprensibili, errati, spiacevoli)...è proprio lo studio di questi feedback che caratterizza il focus dell’interaction design, e del lungo processo di ideazione e sviluppo. Il punto nevralgico è infatti lo user, la persona o il gruppo, elemento fondamentale in questo loop.

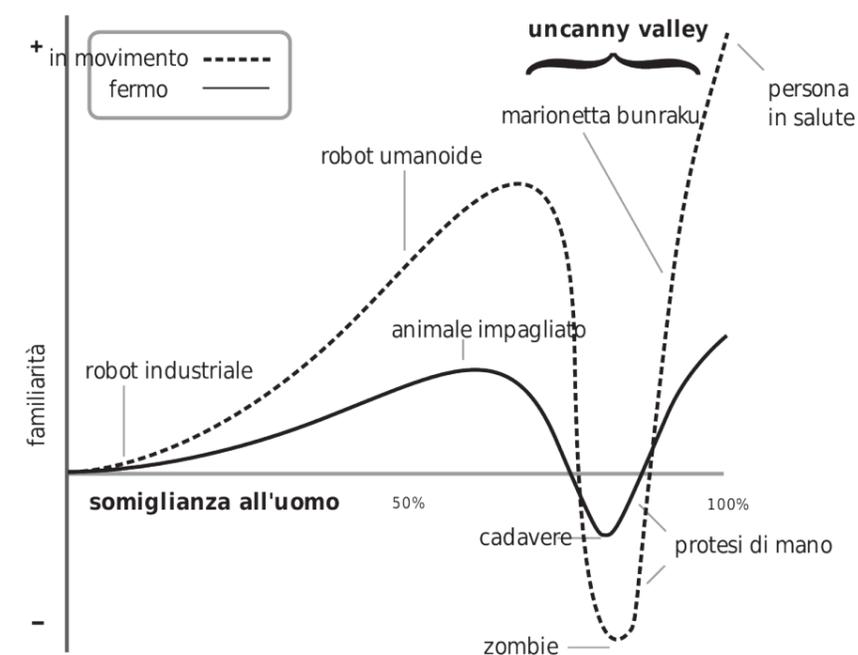
Come spiegato in un dibattito²⁴ **lo stesso prodotto può suscitare emozioni diverse a seconda della categoria degli users: basti pensare agli entusiasti, ai professionisti e alla grande distribuzione.** La riuscita e la commercializzazione di determinati prodotti infatti deriva dalla profonda analisi, dai prototipi, dalle revisioni e dai feedback che man mano, in corso d’opera, si evolvono fino ad ottenere un prodotto finito.

Ai nostri giorni queste considerazioni sembrano banali, quasi naturali, ma nei primi anni del computer i pionieri, come Moggridge, svolsero un lavoro importantissimo che ormai si fonde con la realtà e la quotidianità. Nel suo importantissimo “Designing Interaction” l’autore ci espone, attraverso interviste ed esperienze, questa evoluzione e (esempio su tutti) come l’invenzione e lo sviluppo del mouse e il desktop sono stati strumentali per fare la differenza.

3.4 “Uncanny valley”

Dopo aver parlato di robotica, della sua automazione e dell’interfaccia “uomo-macchina” è utile analizzare anche una teoria prettamente legata a questi 3 concetti: l’ “uncanny valley”.

L’ **Uncanny valley** (traduzione: **la zona perturbante o valle perturbante**) è un’ipotesi presentata dallo studioso di robotica nipponico Masahiro Mori, nel 1970, pubblicata nella rivista *Energy*²⁵. La ricerca analizza sperimentalmente come **la sensazione di familiarità e di piacevolezza sperimentata da un campione di persone e generata da robot e automi antropomorfi possa aumentare al crescere della loro somiglianza con la figura umana, fino ad un punto in cui l’estremo realismo rappresentativo produce però un brusco calo delle reazioni emotive positive, destando sensazioni spiacevoli come repulsione e inquietudine paragonabili al perturbamento.**

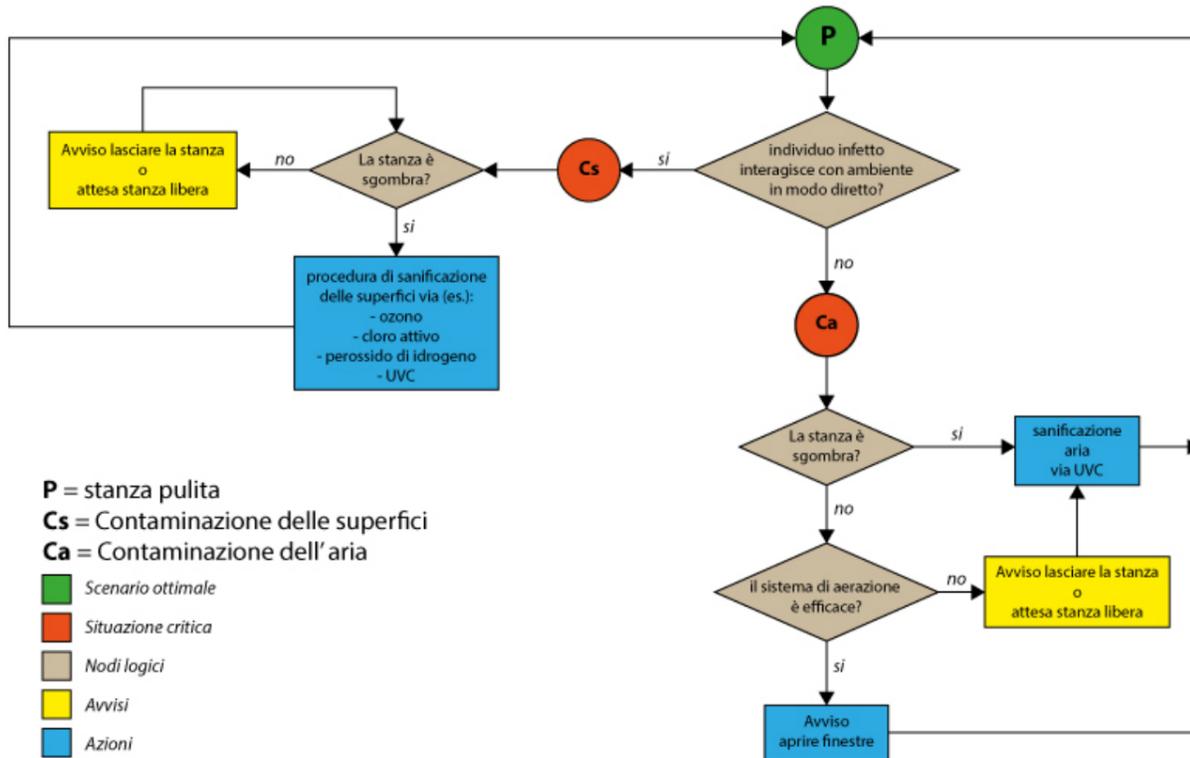


L’effetto spiegato nella uncanny valley è citato da molti ricercatori di robotica e sovente **preso in considerazione quando, nella stilizzazione estetica di un robot, si stabilisce il grado di somiglianza umana da conferire alla macchina**^{26 27 28 29}.

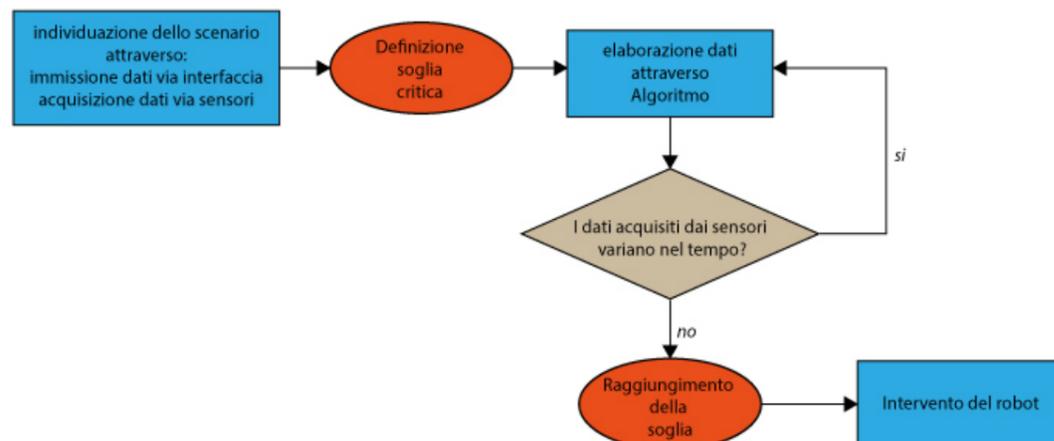
3.5 Metaprogetto

Arrivati a questo punto della ricerca, possiamo iniziare ad abbozzare schematicamente alcuni concetti relativi al nostro robot, attingendo dalle nozioni acquisite fino a ora:

Logica di funzionamento:

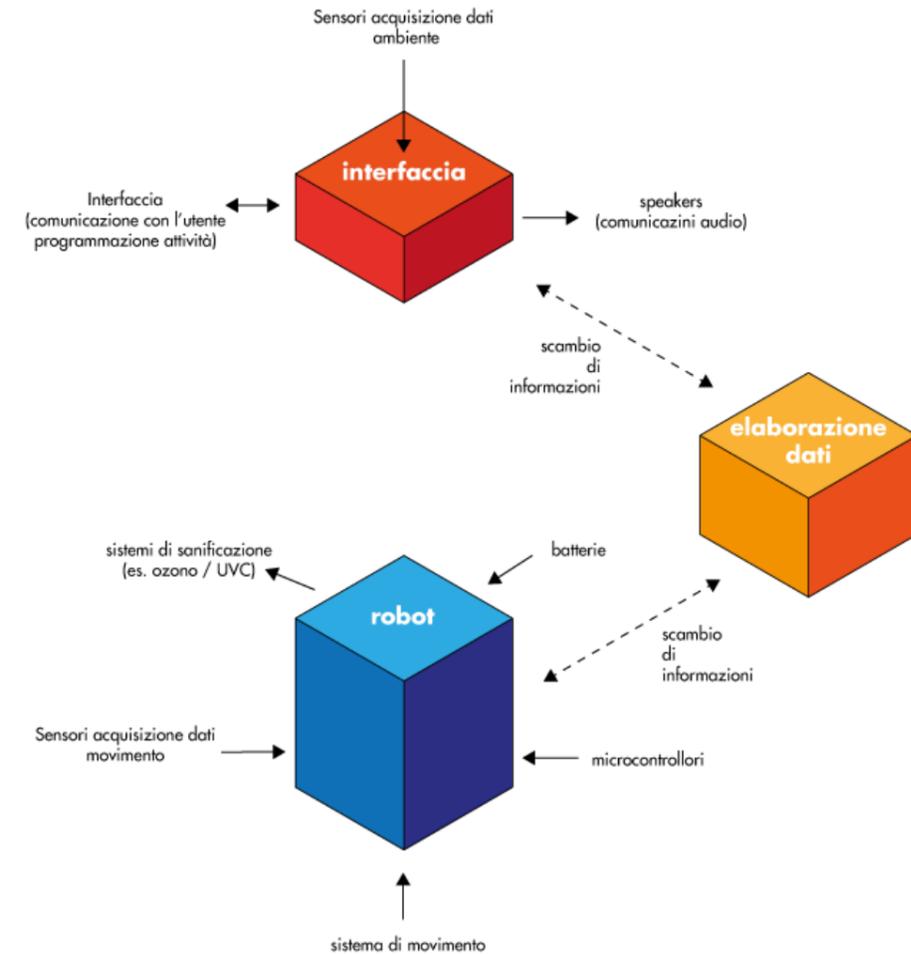


Individuazione delle situazioni critiche:



Il Robot:

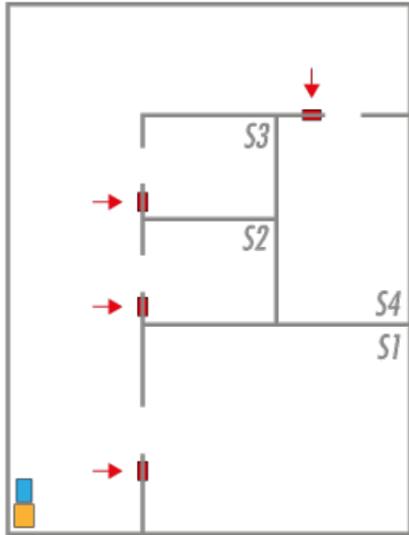
Le macrocomponenti che lo compongono e come interagiscono



Come si può notare dallo schema sopra, si è scelto di definire **tre macrocomponenti del robot**; la prima relativa alla **parte di interfaccia ed acquisizione dati**, la seconda relativa a quella **“operativa”** ed infine quella destinata all'**elaborazione dei dati** (es. server).

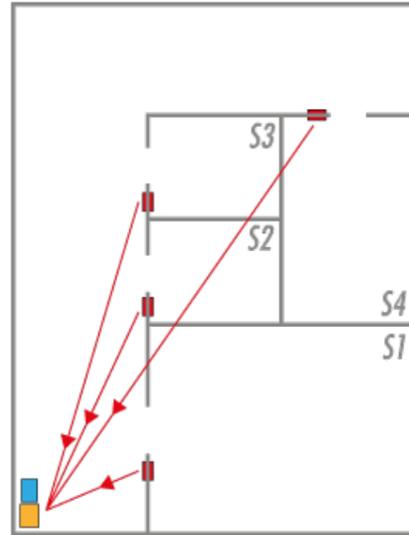
In questa fase del progetto questa differenziazione è utile ad una prima considerazione sul comportamento del robot; nella pagina seguente analizzeremo come **la scelta tra un sistema integrato ed uno distribuito influisca su certi aspetti cruciali del robot**.

• Sistema distribuito:

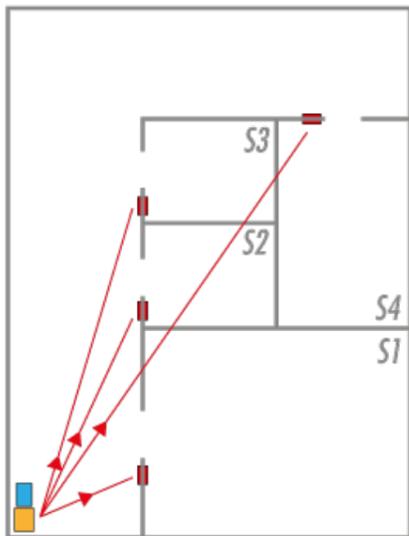


Fase 1: vengono inseriti via interfaccia (■) (o acquisiti via sensori integrati) i dati relativi alle caratteristiche della stanza (S) come ad esempio:

- orari in cui è sgombra
- volume
- capacità del sistema di aerazione
- nr. di occupanti medio
- tipo di interazione con la stanza (vedi cap. 3.1)



Fase 2: le informazioni vengono inviate ad un centro di elaborazione (es. server, in questo caso la dock-station) e processate.

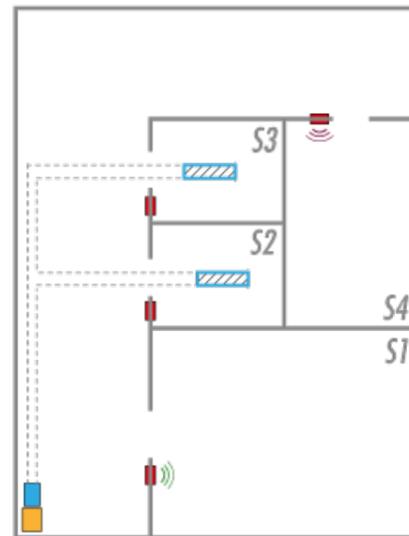


Fase 3: il server invia i dati elaborati da far visualizzare alle interfacce, ad esempio:

- orari in cui si può accedere alla stanza
- grado di contaminazione

ed al robot, ad esempio:

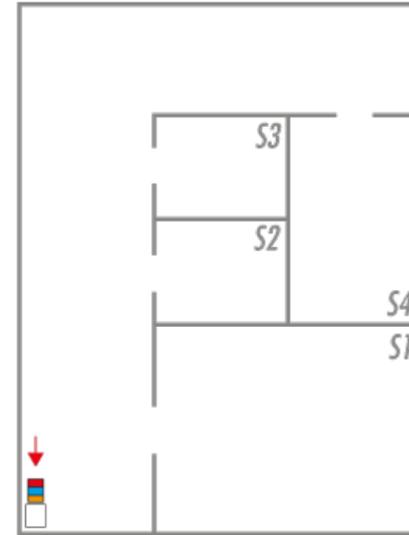
- quali stanze da sanificare
- in che modo sanificarle



Fase 4: vengono attuate le procedure di sanificazione mediante:

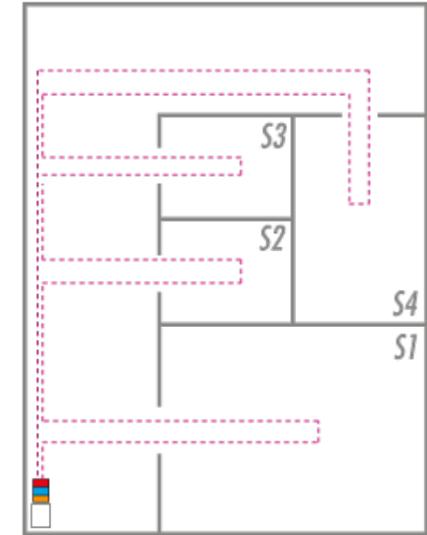
- sanificazione da parte del robot
- avvisi di areare la stanza o di sgomberarla

• Sistema integrato:



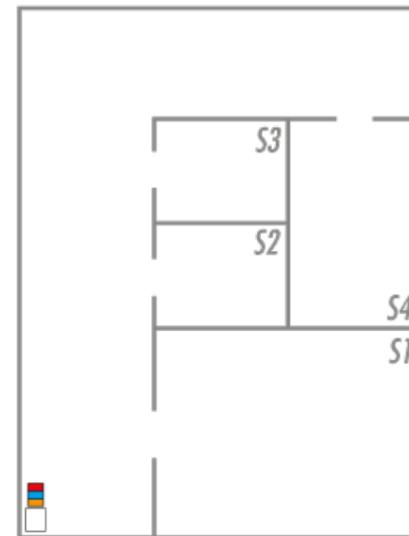
Fase 1: vengono inseriti via interfaccia (■) i dati relativi alle caratteristiche della stanza (S) come ad esempio:

- orari in cui è sgombra
- capacità del sistema di aerazione
- nr. di occupanti medio

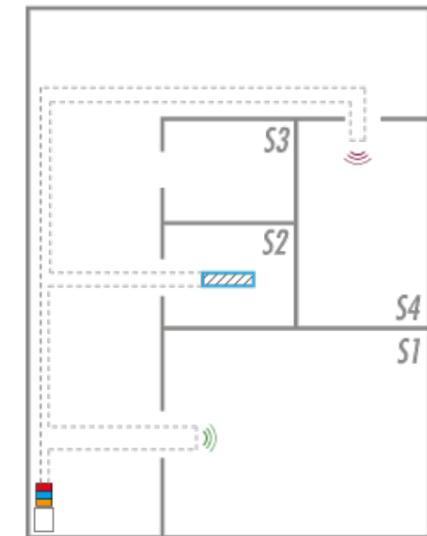


Fase 2: Il robot entra in modalità *learning* ed esplora l'ambiente, acquisendo dati utili come:

- volume delle stanze
- tipo di interazione



Fase 3: i dati vengono elaborati e definiscono le strategie di sanificazione del robot.



Fase 4: vengono attuate le procedure di sanificazione mediante:

- sanificazione da parte del robot
- avvisi di areare la stanza o di sgomberarla

Considerazioni:

- **un sistema distribuito** snellisce i compiti dei singoli componenti, garantisce una migliore fruizione dei dati (una interfaccia x stanza) e fa in modo tale che la complessità delle componenti del sistema sia minore. Tuttavia la totalità del sistema è più complessa.
- **un sistema integrato** invece raggruppa tutti i componenti in un singolo device il quale però ha un maggiore carico di lavoro (fungere da interfaccia, da elaboratore di dati e da sistema di sanificazione).

Così si conclude questo primo capitolo relativo alla ricerca. Dopo aver raccolto moltissime informazioni e dati riguardo al contesto, dopo aver provato ad immaginare come potrebbe essere il nostro robot, è arrivato il momento di guardarsi intorno ricercando ed analizzando vari casi di studio al fine di ottenere informazioni utili alla parte finale di questo documento, ovvero, lo sviluppo del progetto.

BIBLIOGRAFIA:

- 2 - *Il rischio biologico in ambiente di lavoro - Opuscolo per il lavoratore* - © Anfos Edizioni 2013.
- 6 - *Istruzioni sul corretto uso dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) nell'emergenza COVID-19 - servizio sanitario regionale Emilia-Romagna, Università degli Studi di Ferrara, 9 aprile 2020.*
- 9,10 - *Associazione italiana igienisti industriali, " COVID-19 - Chiarimenti sull'uso di mascherine medico-chirurgiche e dispositivi di protezione individuale", Gruppo di Ricerca Risk Assessment and Human Health del Dipartimento di Scienza e Alta Tecnologia (Università degli Studi dell'Insubria – Como) con il contributo del Consiglio Direttivo Nazionale dell'Associazione Italiana degli Igienisti Industriali, 19 marzo 2020.*
- 11 - *"Visualizing droplet dispersal for face shields and masks with exhalation valves" - S. Verma, M. Dhanak, J. Frankenfield, 1 settembre 2020*
- 12 - *Ministero della salute - direzione generale della prevenzione sanitaria - doc. nr.: 0009268-18/03/2020-DGPRE-DGPRE-P.*
- 13 - *Gruppo di Lavoro ISS Biocidi COVID-19. Raccomandazioni ad interim sulla sanificazione di strutture non sanitarie nell'attuale emergenza COVID-19: superfici, ambienti interni e abbigliamento. Versione del 15 maggio 2020. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2020. (Rapporto ISS COVID-19 n. 25/2020)*
- 15 - *Gruppo di Lavoro ISS Prevenzione e Controllo delle Infezioni. Indicazioni per la sanificazione degli ambienti interni per prevenire la trasmissione di SARS-COV 2. Versione dell'8 maggio 2020. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2020. (Rapporto ISS COVID-19, n. 20/2020).*
- 16 - *Asadi, S., Wexler, A.S., Cappa, C.D. et al. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. Sci Rep 9, 2348 (2019).*
- 17 - *Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy - Mahesh Jayaweera, Hasini Perera, Buddhika Gunawardana, Jagath Manatunge Environ Res. 2020 Sep; 188: 109819.*
- 18 - *Reducing chances of COVID-19 infection by a cough cloud in a closed space - Amit Agrawala and Rajneesh Bhardwaj - Physics of Fluids 32, 101704 (2020).*
- 25 - *Mori, Masahiro (1970). Bukimi no tani - The uncanny valley (K. F. MacDorman & T. Minato, Trans.). Energy, 7(4), 33–35. (Originale in Giapponese, traduzione inglese)*
- 26 - *Oyedele A, Hong S, Minor MS. Contextual factors in the appearance of consumer robots: exploratory assessment of perceived anxiety toward humanlike consumer robots. Cyberpsychol Behav. 2007 Oct;10(5):624-32 Pubmed.*
- 27 - *Minato, T. Shimada, M. Ishiguro, H. Itakura, S. Development of an android robot for studying human-robot interaction; Proc. 17th Int. Conf. on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems; Ottawa. 2004. pp. 424–434.*
- 29 - *Fong, T; Nourbakhsh, I; Dautenhahn, K. A survey of socially interactive robots. Robotics and Autonomous Systems. 2003;42:143–166.*

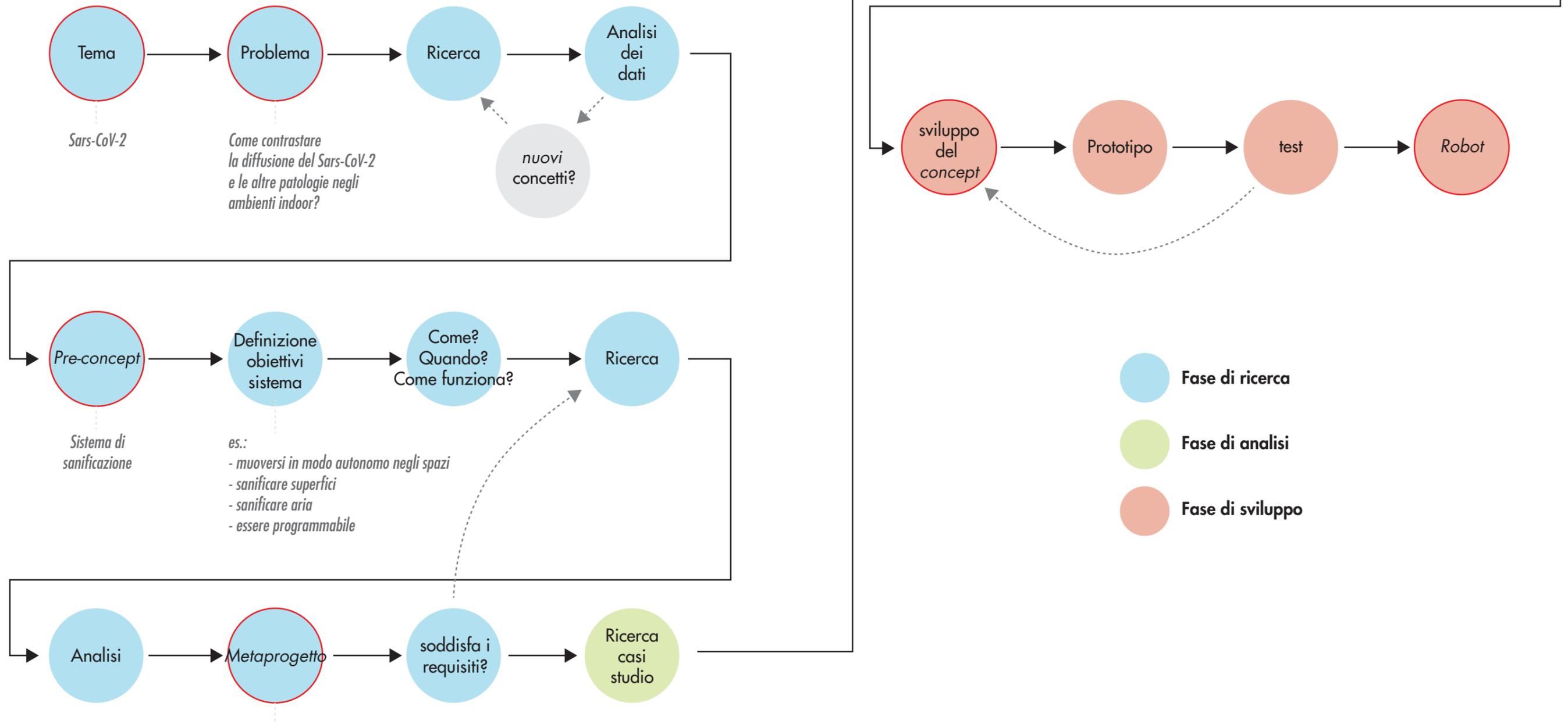
SITOGRAFIA:

- 1 - www.case-per-ogni-eta.it/focus/che-caso-lambiente-assisted-living
- 3 - www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Fprepare%2Ftransmission.html
- 4 - www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08958370701665434
- 5 - www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7264924/
- 7 - www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/myth-busters
- 14 - theconversation.com/when-covid-19-superspreaders-are-talking-where-you-sit-in-the-room-matters-145966
- 19 - <https://it.wikipedia.org/wiki/Automazione>
- 20 - <https://it.wikipedia.org/wiki/Meccatronica>
- 21 - <https://it.wikipedia.org/wiki/Robotica>
- 22 - <http://www.interactiondesign.com.au/history> History of Interaction Design
- 23 - [http://www.linkiesta.it/blogs/design-kit-inspiration-and-references/bill-moggridge-un-tributo "Bill Moggridge - Un tributo" Alessandro Confalonieri e Luca Buttafava – blog post del 11/09/2012](http://www.linkiesta.it/blogs/design-kit-inspiration-and-references/bill-moggridge-un-tributo-%22Bill-Moggridge-%20Un-tributo%22-Alessandro-Confalonieri-e-Luca-Buttafava-%20blog-post-del-11-09-2012)
- 24 - <https://www.youtube.com/watch?v=0QgoAQq7bP4> "Pioneering the Laptop - The GRiD Compass" by ComputerHistory Museum, 15 mar 2006
- 28 - <https://www.nytimes.com/2008/01/03/technology/personaltech/03how.html?scp=7&sq=%22uncanny%20valley%22&st=cse>

II PARTE - METODOLOGIA DELLA RICERCA

APPROCCIO AL PROGETTO:

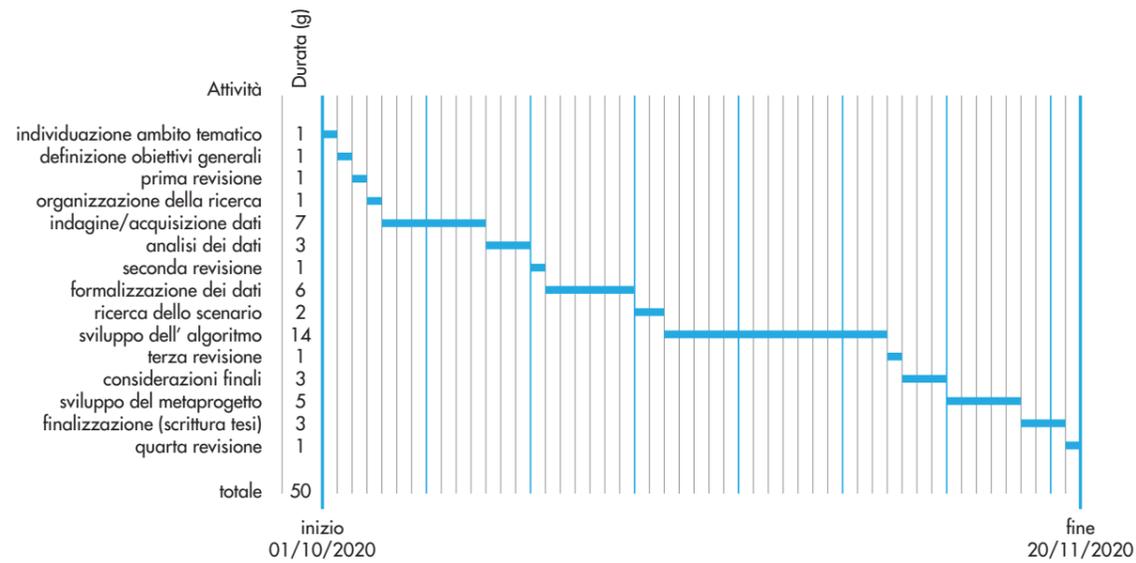
In queste pagine sarà visualizzato schematicamente tutto il processo attuato al fine di un corretto sviluppo del progetto:



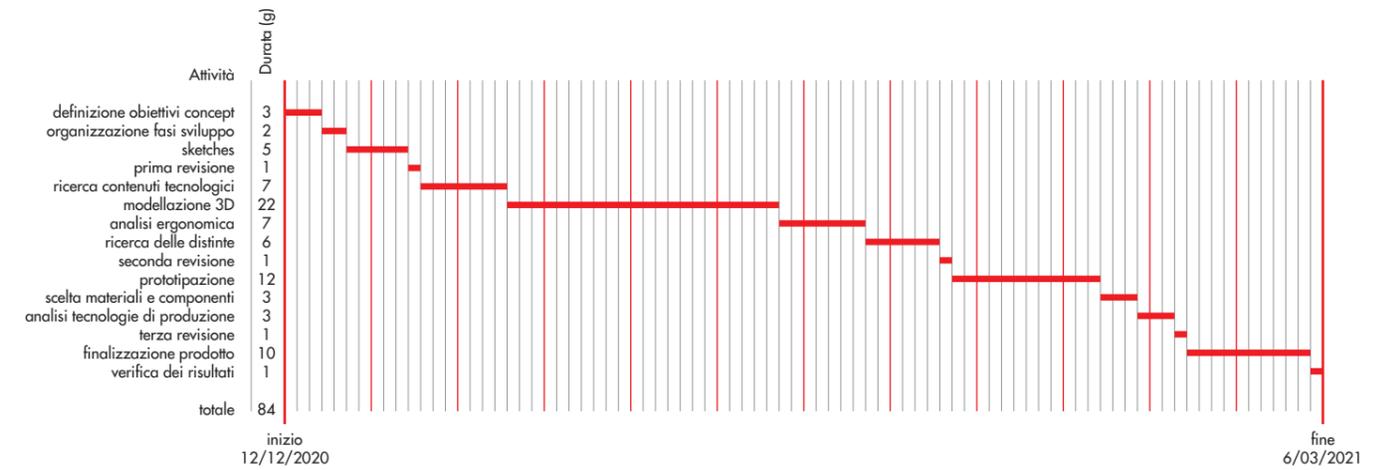
GANTT:

Una visualizzazione sintetica con i punti e le tempistiche del progetto:

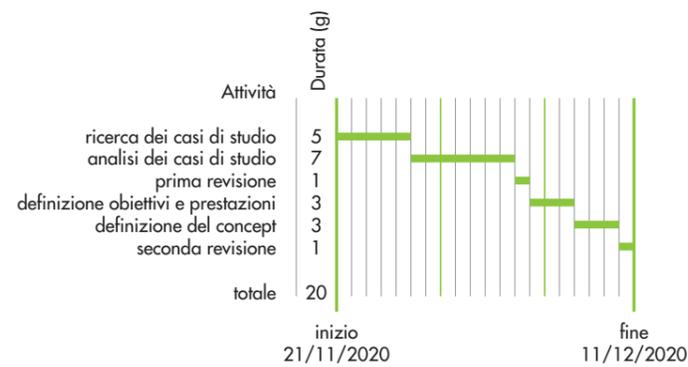
● Fase di ricerca:



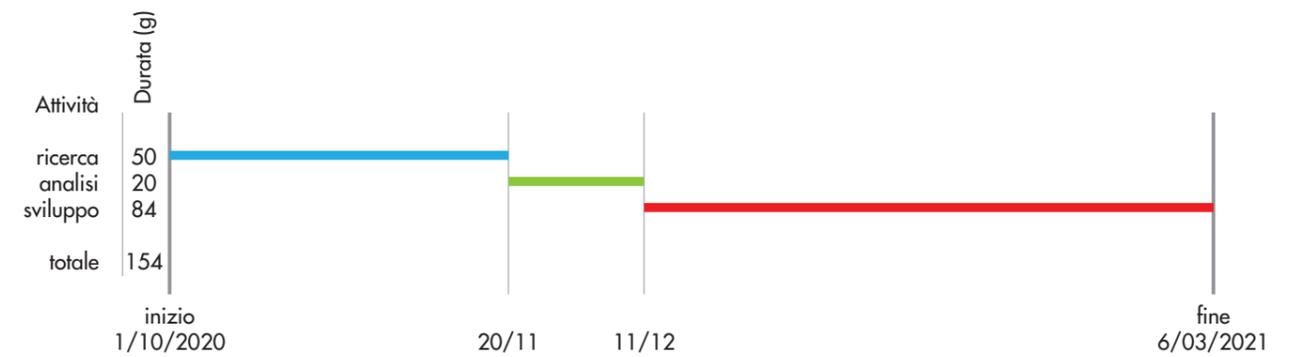
● Fase di sviluppo:



● Fase di analisi:



● + ● + ● Totale



CASI DI STUDIO:

Questo capitolo sarà dedicato ad una rassegna dei casi di studio che verranno esaminati; *punto fondamentale per la loro selezione è capire il meccanismo che permette di garantire un ambiente sano.*

Questo meccanismo è composto da tre step:

- **Step1: educare** gli occupanti alle buone pratiche di igiene e di contenimento della diffusione degli agenti patogeni;
- **Step2: prevenire** identificando spazi e ambienti e monitorando la qualità dell'aria;
- **Step3: sanificare** gli ambienti.

Per individuare dei casi di studio coerenti con il nostro robot, destinato alla sanificazione *ma* interattivo (o *interagente*), sarà fatta un'indagine sui dispositivi in grado di svolgere le operazioni descritte nello **step3** ed eventualmente anche nello **step2**; per maggiore chiarezza possiamo osservare il grafico sottostante:



STEP2 - La prevenzione:

Il ruolo della CO₂

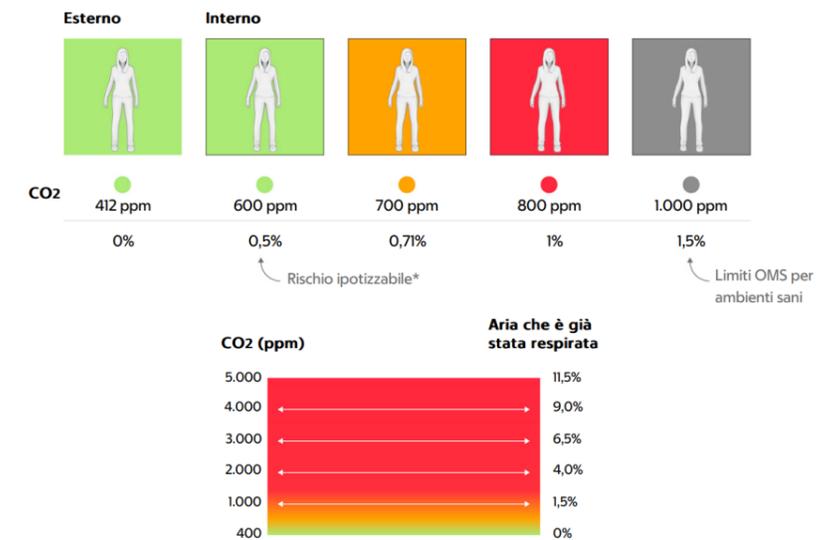
Quando respiriamo espiriamo CO₂. Viene quindi naturale prendere in considerazione la concentrazione di questa molecola in un ambiente per definire quanto questo sia a rischio contagio.

In questa pandemia, è stato dimostrato che gli interni scarsamente ventilati sono gli ambienti più pericolosi, perché le particelle che portano il virus possono rimanere in sospensione finché qualcuno non le respira. Non abbiamo un dispositivo che ci avverta della presenza del virus nell'aria, ma possiamo contare su un indicatore della qualità dell'aria: la CO₂. Più alta è la concentrazione di questo gas, che espelliamo quando respiriamo, peggiore è la ventilazione della stanza. Una semplice misurazione ci permette di sapere se quella stanza è carica di aria esalata da altre persone o se è ben ventilata, il che riduce drasticamente il rischio.

In spazi chiusi senza ventilazione le particelle per milione (ppm) di CO₂ si accumulano nel tempo. Così come già illustrato nel capitolo precedente ("La contaminazione ambientale" pagg. 24-36) l'accumulo di CO₂ dipende da diversi fattori come:

- Il volume dell'ambiente
- il numero di occupanti
- la quantità (e qualità) di aerazione

L'aria che respiriamo all'aperto, l'aria della strada, contiene in media 412 particelle per milione di CO₂. Se vediamo questa cifra su un contatore, l'aria non è stata respirata da nessuno.



* Harvard e guida raccomandazioni IDAEA-CSIC-LIFTEC.

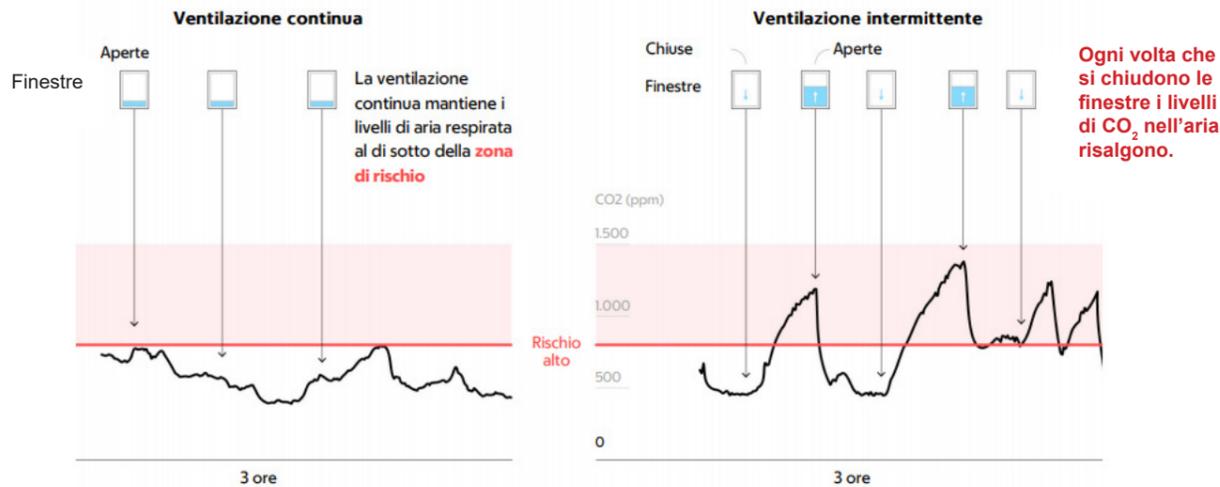
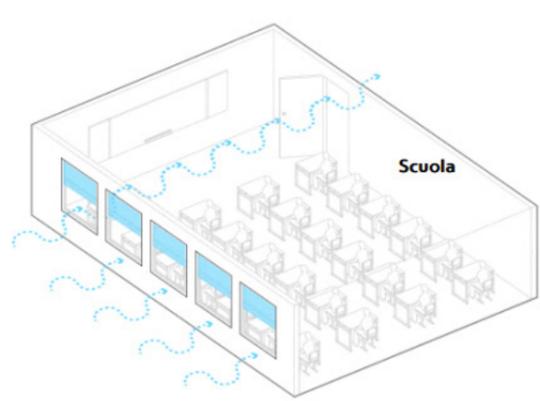
Fonte immagine: "Non respirare l'aria degli altri: come evitare il coronavirus in spazi chiusi." (M. Zafra e J. Salas, 2021)

Dopo aver visto la tabella a pagina precedente, possiamo quindi capire come una **quantità in un ambiente di 600ppm di CO₂ possa essere considerata "a rischio"**. Per contrastare questo accumulo è necessario quindi applicare delle strategie di ventilazione. Per capire quanto questa sia necessaria (e vedere come le concentrazioni di CO₂ varino), sono molto utili questi grafici sottostanti.

Prendiamo per esempio lo scenario scolastico, caratterizzato da una ventilazione naturale (finestre):

Ruolo della ventilazione continua

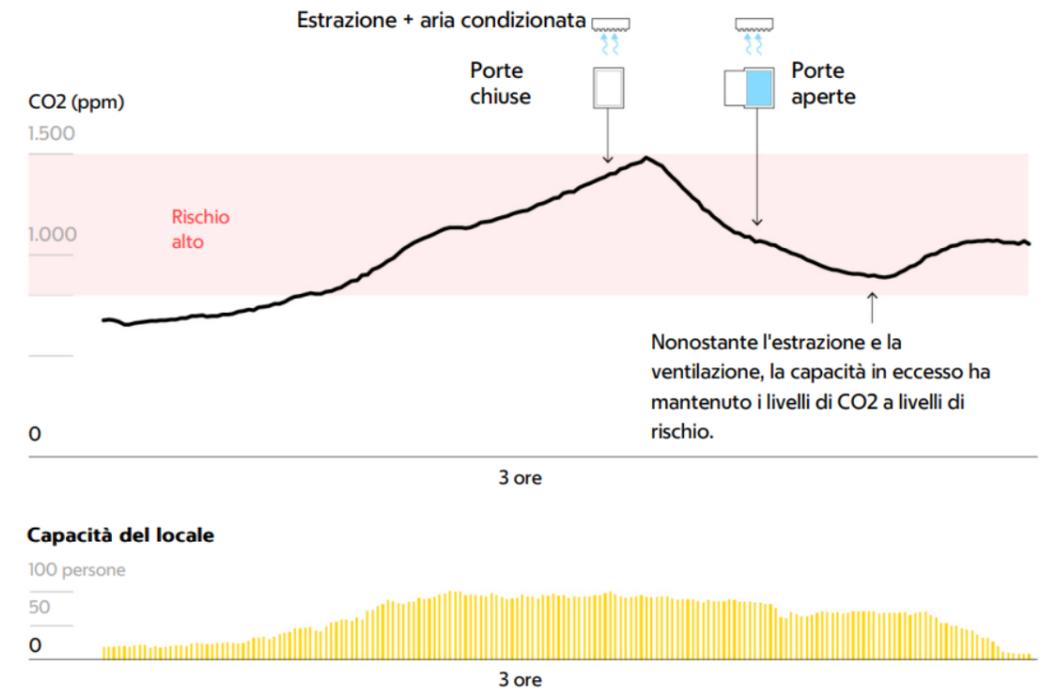
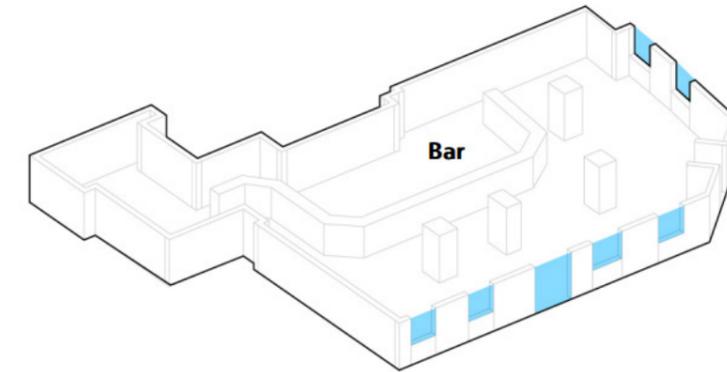
studi svolti in diverse scuole dimostrano che solo la **ventilazione continua, naturale o meccanica, negli spazi chiusi mantiene basso il rischio di contagio.**



Fonte: Misurazioni di CO₂ coordinate da [Francisco Javier Moya López](#), direttore tecnico di Indoor Air Quality. Società Auding

In quest'altro esempio, invece, analizziamo uno scenario in cui viene combinata l'estrazione meccanica e la ventilazione naturale (bar):

Le misurazioni di CO₂ effettuate in un bar con quasi 100 persone hanno mostrato l'efficacia dell'estrazione meccanica e della ventilazione naturale dell'estrazione meccanica e della ventilazione naturale per ridurre il rischio di respirare aria condivisa.



Fonte: Misurazioni di CO₂ coordinate da [Javier Ballester](#), professore di Meccanica dei Fluidi all'Università di Saragozza e ricercatore al LIFTEC

Dopo aver visionato le illustrazioni e i grafici appare quindi evidente come **nel caso in cui la concentrazione di CO₂ superi le 800ppm, si raccomanda di aumentare la ventilazione o diminuire la capacità fino a che non si scenda sotto questo indice.**

A tale scopo il nostro robot torna utile; esso infatti potrebbe:

- monitorare la concentrazione di CO₂ dell'ambiente
- avvisare gli occupanti di areare quando la soglia viene superata
- utilizzare questo valore di soglia come trigger per un'operazione di sanificazione dagli agenti biologici dell'aria (UVC).

Considerazioni/sviluppi:

Come indicato a pag 50, questi sensori potrebbero trovarsi sia all'interno del robot, sia nelle stanze. Nel primo caso il robot navigherebbe l'ambiente alla ricerca di stanze con concentrazioni oltre le soglie, nel secondo, i sensori posti all'interno (e collegati al robot) delle stanze potrebbero fungere da trigger per le operazioni del robot. Per uso domestico/privato la prima soluzione sembra la migliore (poche stanze da analizzare) mentre, per quello pubblico, la seconda rappresenta la via più efficace.

L'inquinamento e la diffusione dei virus

Riguardo agli studi sulla diffusione dei virus nella popolazione vi è una solida letteratura scientifica che **correla l'incidenza dei casi di infezione virale con le concentrazioni di particolato atmosferico** (es. PM₁₀ e PM_{2,5}). È noto che il particolato atmosferico funziona da **carrier**, ovvero da vettore di trasporto, per molti contaminanti chimici e biologici, inclusi i virus. **I virus si "attaccano" (con un processo di coagulazione) al particolato atmosferico**, costituito da particelle solide e/o liquide in grado di rimanere in atmosfera anche per ore, giorni o settimane, e che possono diffondere ed essere trasportate anche per lunghe distanze. **Il particolato atmosferico**, oltre ad essere un carrier, **costituisce un substrato che può permettere al virus di rimanere nell'aria in condizioni vitali per un certo tempo, nell'ordine di ore o giorni**. Il tasso di inattivazione dei virus nel particolato atmosferico dipende dalle condizioni ambientali: mentre **un aumento delle temperature e di radiazione solare influisce positivamente sulla velocità di inattivazione del virus, un'umidità relativa elevata può favorire un più elevato tasso di diffusione del virus cioè di virulenza**. Nel caso di precedenti casi di contagi virali, le ricerche scientifiche hanno evidenziato alcune caratteristiche della diffusione dei virus in relazione alle concentrazioni di particolato atmosferico.

Di seguito alcuni risultati e conclusioni:

- **(2010)** l'influenza aviaria può essere veicolata per lunghe distanze attraverso tempeste asiatiche di polveri che trasportano il virus. I ricercatori hanno dimostrato che vi è una correlazione di tipo esponenziale tra le quantità di casi di infezione (Overall Cumulative Relative Risk RR) e le concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2,5} (µg m⁻³)
- **(2016)** esiste una relazione tra la diffusione del virus respiratorio sinciziale umano (RSV) nei bambini e le concentrazioni di particolato. Questo virus causa polmoniti in bambini e viene veicolato attraverso il particolato in profondità nei polmoni. La velocità di diffusione del contagio (Average RSV positive rate %) è correlata alla concentrazione di PM₁₀ e PM_{2,5} (µg m⁻³)
- **(2017)** il numero di casi di morbillo su 21 città cinesi nel periodo 2013-2014 varia in relazione alle concentrazioni di PM_{2,5}. I ricercatori dimostrano che un aumento delle concentrazioni di PM_{2,5} pari a 10 µg/m³ incide significativamente sull'incremento del numero di casi di virus del morbillo. I ricercatori suggeriscono di ridurre le concentrazioni di PM_{2,5} per ridurre la diffusione dell'infezione.
- **(2020)** uno dei maggiori fattori di diffusione giornaliera del virus del morbillo in Lanzhou (Cina) sono i livelli di inquinamento di particolato atmosferico. In relazione all'evidenza che l'incidenza del morbillo sia associata all'esposizione a PM_{2,5} ambientale in Cina, i ricercatori suggeriscono che politiche efficaci di riduzione dell'inquinamento atmosferico possono ridurre l'incidenza del morbillo.

Sulla base di questa sintetica introduzione e rassegna scientifica, storicamente ricostruita, si può quindi dedurre che il particolato atmosferico (PM₁₀, PM_{2,5}) costituisce un efficace vettore per il trasporto, la diffusione e la proliferazione delle infezioni virali.

(testo tratto da "Relazione circa l'effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione" - 2020, Collaborazione tra Sima, AlmaMaterStudiorum Università di Bologna, Università degli studi di Bari Aldo Moro)

L'inquinamento e Covid-19

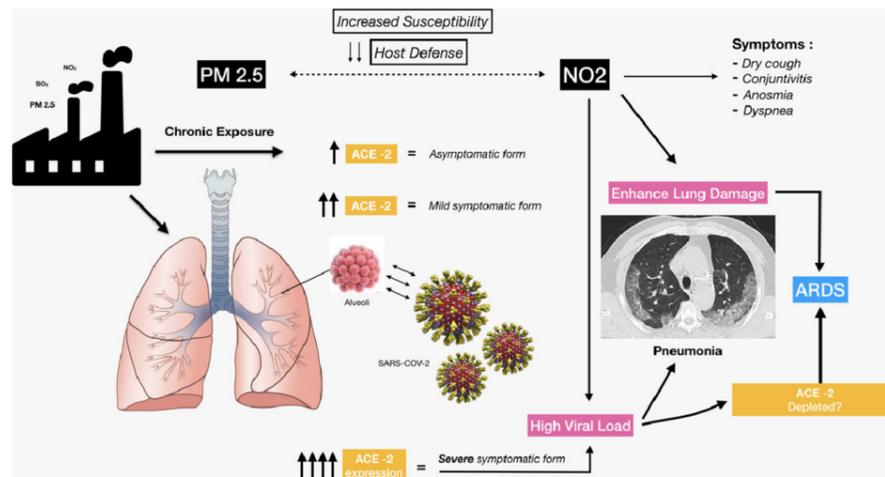


Immagine tratta dallo studio "Severe air pollution links to higher mortality in COVID-19 patients: The "double-hit" hypothesis. 2020 - Frontera A., Cianfanelli L., Vlachos K., Cremona G."

Se, come detto in precedenza, lo smog funge sia da **carrier** che da **boost** per i virus citati, il discorso riguardando l'interazione inquinamento/Covid19 è piuttosto particolare. Seguendo le curve epidemiologiche del virus in Italia, **si può riscontrare come ci sia un picco di virulenza localizzato nel nord italia (in particolar modo nella Pianura Padana) dove le concentrazioni di PM₁₀, PM_{2,5} e NO₂ sono elevate.**

Nello studio pubblicato dal SIMA (Società Italiana di Medicina Ambientale) "Relazione circa l'effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione" viene precisato che: **le curve di espansione dell'infezione** nelle regioni presentano andamenti perfettamente compatibili con i modelli epidemici, tipici di una trasmissione persona persona, per le regioni del sud Italia, mentre **mostrano accelerazioni anomale proprio per quelle ubicate in pianura padana in cui i focolai risultano particolarmente virulenti e lasciano ragionevolmente ipotizzare ad una diffusione mediata da carrier ovvero da un veicolante.** Le fasi in cui si evidenziano questi effetti di impulso ovvero di boost sono concomitanti con la presenza di elevate concentrazioni di particolato atmosferico che in regione Lombardia ha presentato una serie di andamenti oscillanti caratterizzati da tre importanti periodi di sforamenti delle concentrazioni di PM₁₀ ben oltre i limiti.

In sintesi:

PM può svolgere un ruolo di **carrier** per SARS-CoV-2? **Difficilmente plausibile.**

PM può svolgere un ruolo nel **processo di infiammazione sostenuto da SARS-CoV-2?** **Possibile e plausibile.**

Che cosa possiamo dedurre dalle nozioni appena acquisite?

Che l'inquinamento gioca un ruolo cruciale sia nella diffusione dei virus sia nella loro virulenza!

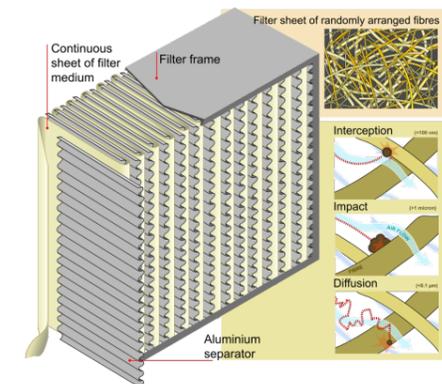
Come possiamo contrastare questo processo?

Garantendo un ambiente privo (o con valori bassissimi) di inquinamento mediante processi di monitoraggio e filtrazione attraverso filtri HEPA.

Che cos'è un filtro HEPA?

Con il termine filtro HEPA (dall'inglese High Efficiency Particulate Air filter) si indica un particolare sistema di filtrazione ad elevata efficienza di fluidi (liquidi o gas).

È composto da foglietti filtranti di microfibre assemblati in più strati, separati da setti in alluminio. I foglietti filtranti in microfibra hanno il compito di bloccare le particelle solide inquinanti (o particolato) presenti nella corrente fluida da trattare. Le particelle solide possono essere infatti nocive per la salute oppure possono pregiudicare la qualità del prodotto finale che si desidera ottenere. Essi fanno parte della categoria dei cosiddetti "filtri assoluti". Il termine "filtro assoluto" è giustificato dal fatto che i filtri HEPA hanno una elevata efficienza di filtrazione. In particolare, i filtri HEPA presentano un'efficienza di filtrazione compresa tra l'85% (H10) e il 99,995% (H14). Vengono classificati in base all'efficienza di filtrazione delle particelle di 0,3 µm, in accordo alle norme UNI EN 1822. Sono infatti raggruppati in 5 classi (da H10 ad H14) con caratteristiche prestazionali crescenti.



Come si garantisce quindi una buona qualità dell'aria?

- **monitorando** la concentrazione di CO₂
- **areando** laddove necessario
- **sanificando** l'aria tramite apposite strategie
- **purificando, filtrando** meccanicamente l'aria inquinata (filtri HEPA)

Tutte azioni che possiamo far svolgere al nostro robot!

• **Sistemi di purificazione dell'aria**
Alcuni esempi dei prodotti in commercio:



modello: Purifier Cool
produttore: Djsn
descrizione:

“Cattura polvere, allergeni e odori. Rimuove il 99,95% delle particelle ultrafini di dimensione fino a 0,1 micron. Sensori integrati, analizzano costantemente la tua aria, mentre il nostro algoritmo unico controlla i dati ogni secondo. Identifica gli inquinanti a livello molecolare, mostrando in tempo reale i dati sullo schermo LCD.”



modello: Intense Pure Air
produttore: Rowenta
descrizione:

“Con il purificatore d'aria Intense Pure Air Connect, puoi controllare l'aria in casa e respirare meglio, conducendo una vita più sana. Grazie al nuovo sistema di filtraggio a 4 livelli, cattura fino al 100% di allergeni e particelle fini, mentre elimina definitivamente la formaldeide nociva. Discreto ma veloce e potente, questo purificatore è dotato di un sistema intelligente che rileva automaticamente la qualità dell'aria e vi si adatta, nonché di tante altre caratteristiche pratiche per il massimo comfort di utilizzo. Grazie all'app connessa, l'aria più pura è sempre a portata di mano.”



modello: Air Purifier Serie 2000
produttore: Philips
descrizione:

“Ti basta premere un pulsante e il purificatore d'aria filtra virus, allergeni e sostanze inquinanti invisibili presenti nella tua casa per mantenerla pulita e sicura. Purifica in modo rapido ed efficace grazie a un tasso di erogazione di aria pulita (CADR) di 333 m³/h.”



modello: Aëttaire AIR
produttore: SecurScan
descrizione:

“aëttaire AIR 160, grazie al suo eccellente sistema di filtraggio, è oggi uno dei dispositivi più affidabili sul mercato dei purificatori d'aria. aëttaire AIR 160 è in grado di pulire l'aria rimuovendo non solo cattivi odori, pollini e fumo, ma uccidendo qualsiasi virus presente nell'ambiente. I quattro metodi di purificazione e sanificazione (Circolazione, Ionizzazione, Filtrazione, Disinfezione tramite raggi UV), rendono AIR 160 la soluzione più efficace per proteggere scuole, uffici e luoghi aperti al pubblico.”

Da una rapida analisi di questi prodotti possiamo notare le caratteristiche comuni a tutti ovvero:

- Cattura di polveri, odori ed allergeni
- Rimozione delle particelle ultrafini
- Purificazione da inquinanti e virus
- Monitoraggio intelligente della qualità dell'aria

Attraverso diversi metodi:

- **Filtraggio HEPA** a carboni attivi (il più importante ed utilizzato)
- Nanofiltrazione (solo per alcuni modelli con brevetto depositato)
- **Utilizzo di lampade UV integrate**
- Ionizzatori (non strettamente necessari, la loro efficacia è controversa)

STEP 3 - Sistemi di sanificazione ambientale:

Nei capitoli precedenti abbiamo notato che possiamo raggruppare i meccanismi di sanificazione in tre grandi gruppi, e, nello stesso modo, divideremo ed analizzeremo i sistemi di sanificazione ambientale a seconda del loro funzionamento, ovvero:

- Saturazione di ozono
- Nebulizzazione di soluzioni sanificanti
- Irraggiamento attraverso lampade UV-C

Ad ognuno dei casi di studi sarà assegnato un punteggio relativo a questioni di:

- mobilità
- sanificazione delle superfici
- sanificazione dell'aria
- automazione
- interfaccia

i valori andranno da "/ nullo (0)" a "-- molto scarso (2)", "- scarso (4)", "0 sufficiente (6)", "+ buono (8)" e "++ ottimo (10) in modo tale da creare una classifica.

Come vedremo nell'analisi, alcuni di questi dispositivi utilizzano contemporaneamente più strategie di sanificazione sopraelencate.

Saturazione di ozono:

questi dispositivi sono dotati di un generatore di ozono. Una volta entrato in funzione, questo satura l'ambiente di gas, sterilizzandolo. Una volta terminata la procedura, si deve attendere che il gas prodotto decada in ossigeno o areare l'ambiente.



modello: OZONO AIR

produttore: BERTIN srl

descrizione: Sanificatore a saturazione di ozono per veicoli e luoghi di lavoro. Si tratta della soluzione "base" per la sanificazione tramite ozono.

mobilità: -

s. sup.: +

s. aria.: ++

automazione: /

interfaccia: --

p.totale: 24



modello: AIR2SAN

produttore: TEXA

descrizione: Sanificatore a saturazione di ozono per veicoli e luoghi di lavoro. Caratteristica degna di nota è la sua connettività con un'interfaccia di controllo (es. tablet) con la quale impostare il ciclo di lavoro ed aver un feedback sul processo di sanificazione.

mobilità: -

s. sup.: +

s. aria.: ++

automazione: --

interfaccia: ++

p.totale: 34



modello: STERISAFE PRO

produttore: STERISAFE ApS

descrizione: Sanificatore a saturazione di ozono per ambienti sanitari. Grazie alle sue ruote è possibile trasportarlo da una stanza all'altra e comandarlo via tablet.

mobilità: 0

s. sup.: +

s. aria.: ++

automazione: -

interfaccia: +

p.totale: 36

Abbiamo scartato molti prodotti commercializzati ma dalla ricerca effettuata si evince che i modelli in questione sono tutti riconducibili ai casi di studio sopraevidenziati ovvero: "base", "con interfaccia di controllo", "con interfaccia e ruote per la mobilità".

Nebulizzazione/Atomizzazione soluzioni sanificanti:

questi dispositivi sono dotati di un nebulizzatore/atomizzatore di liquido sanificante. Come vedremo questa operazione avviene attraverso varie soluzioni (da semplice atomizzatore ambientale a braccio robotico direzionale).



modello: K-CUBE
produttore: K-ALL

descrizione: K-Cube sprigiona nell'aria una soluzione disinfettante a base di perossido di idrogeno che può essere atomizzata senza rischi all'interno di qualsiasi ambiente indoor, nelle UTA (Unità di Trattamento Aria) o a monte delle condotte aerauliche degli impianti di ventilazione, climatizzazione e condizionamento.

mobilità: -
s. sup.: ++
s. aria.: ++
automazione: /
interfaccia: -
p.totale: 28



modello: Secam 3
produttore: SECAM spa
descrizione: è un drone a controllo remoto capace di nebulizzare soluzioni sanificanti in diverse tipologie di ambienti.

mobilità: ++
s. sup.: ++
s. aria.: +
automazione: 0
interfaccia: 0
p.totale: 40



modello: XDBOT

produttore: NTU research

descrizione: Robot a controllo remoto per la sanificazione delle superfici. È dotato di un braccio robotico (derivazione COBOT) sul quale è assemblato un nebulizzatore.

mobilità: ++
s. sup.: ++
s. aria.: -
automazione: +
interfaccia: 0
p.totale: 38



modello: BKS-7-800

produttore: BIOBASE

descrizione: Robot a navigazione autonoma per la sanificazione (via nebulizzazione di sanificante) degli ambienti.

mobilità: +
s. sup.: -
s. aria.: ++
automazione: ++
interfaccia: +
p.totale: 40

Dall'analisi di questi casi di studio possiamo notare come - a parità di tecnologia sanificante impiegata - le caratteristiche di mobilità/automazione influiscano molto sul punteggio.

Irraggiamento tramite UV-C:

questi dispositivi sono dotati di un sistema a lampade ultraviolette del tipo UV-C.



modello: LIGHT STRIKE
produttore: XENEX
descrizione: Sistema di disinfezione per strutture sanitarie tramite lampada UVC.

mobilità: 0
s. sup.: 0
s. aria.: ++
automazione: --
interfaccia: -
p.totale: 28



modello: nd
produttore: Robotica REstart
descrizione: Sistema a guida autonoma per la sanificazione di vari ambienti.

mobilità: ++
s. sup.: 0
s. aria.: ++
automazione: ++
interfaccia: 0
p.totale: 42



modello: OMRON LD
produttore: OMRON
descrizione: Robot a navigazione autonoma per la sanificazione degli ambienti via lampade UVC.

mobilità: ++
s. sup.: 0
s. aria.: ++
automazione: ++
interfaccia: +
p.totale: 44



modello: SUNBURST UV BOT
produttore: KAZE ROBOTICS
descrizione: Robot a navigazione autonoma per la sanificazione degli ambienti via lampade UVC.

mobilità: ++
s. sup.: 0
s. aria.: ++
automazione: ++
interfaccia: +
p.totale: 44

Dall'analisi di questi casi di studio si nota come tutti questi devices abbiano la necessità di spostarsi (o essere spostati) nell'ambiente da sanificare, in modo più o meno autonomo.

Combinazione di metodi di sanificazione:

analizziamo alcuni robot che combinano diversi metodi; tra i migliori:

Ozono-UVC:



modello: PHS
produttore: KLAIN ROBOTICS
descrizione: Robot a navigazione autonoma per la sanificazione degli ambienti via lampade UVC e ozono.

mobilità: ++
s. sup.: +
s. aria: ++
automazione: ++
interfaccia: +
p.totale: 46

Soluzione sanificante-UVC:



1

2

modello:
 1. Disinfection Robot M2
 2. Pductor2
produttore:
 1. KEENON
 2. Pudu Robotics
descrizione: Robot a navigazione autonoma per la sanificazione degli ambienti via lampade UVC e soluzioni sanificanti.

mobilità: ++
s. sup.: ++
s. aria: ++
automazione: ++
interfaccia: ++
p.totale: 50

Tra i sistemi combinati ci sono anche quelli a **soluzione sanificante-ozono** ma non sono stati presi in considerazione in quanto devices fissi a bassa automazione che avrebbero collezionato un punteggio non competitivo.

Possiamo riassumere così i risultati ottenuti:

OZONO	mobilità	s. sup.	s. aria	automazione	interfaccia	p.tot
OZONO AIR	-	+	++	/	--	24
AIR2SAN	-	+	++	--	++	34
STERISAFE PRO	0	+	++	-	+	36

SOL. SANIFICANTE

K-CUBE	-	++	++	/	-	28
SECAM3	++	++	+	0	0	40
XDBOT	++	++	-	+	0	38
BKS-7-800	+	-	++	++	+	40

UVC

LIGHT STRIKE	0	0	++	--	-	28
ROBOTICA RESTART	++	0	++	++	0	42
OMRON LD	++	0	++	++	++	44
SUNBURST UV BOT	++	0	++	++	++	44

COMBO

PHS	++	+	++	++	++	46
M2/PUDUCTOR2	++	++	++	++	++	50

-- molto scarso
 - scarso
 0 sufficiente
 + buono
 ++ ottimo

risultato migliore per categoria

risultato migliore assoluto

Una volta comparati questi risultati possiamo selezionare efficacemente i nostri migliori casi di studio. Successivamente analizzeremo ulteriormente i selezionati, analizzando i tratti comuni ed acquisendo concetti utili allo sviluppo del nostro progetto.

Risultati/considerazioni post analisi:

Dall'analisi dei migliori robot esaminati, possiamo notare come questi abbiano molti elementi in comune, raggruppati nell'illustrazione sottostante.

migliori robot:



PHS by Klain robotics

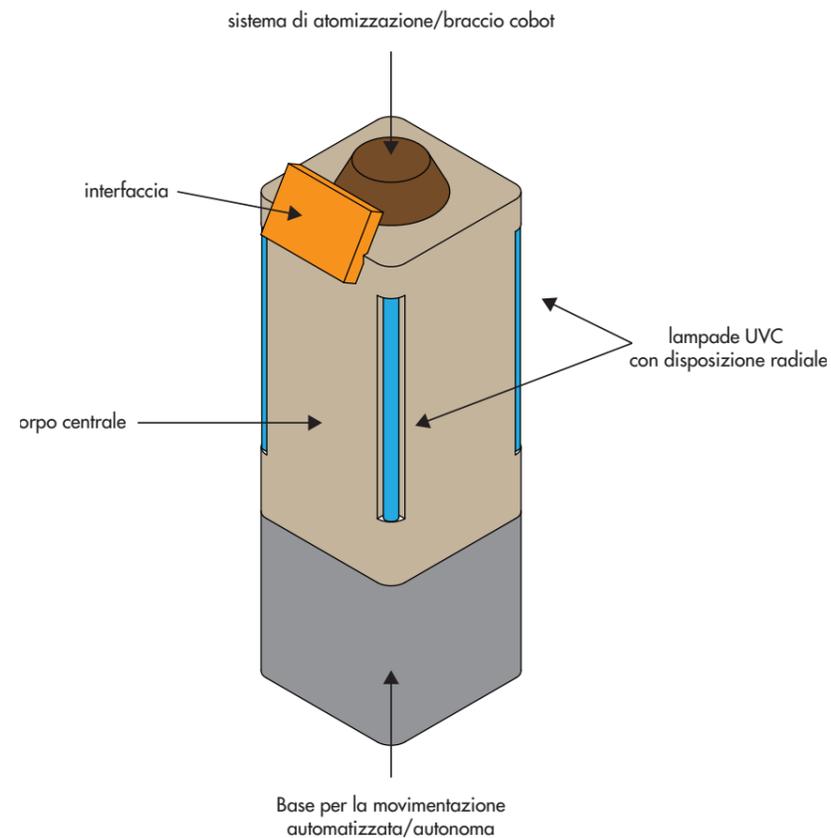


M2 by KEENON



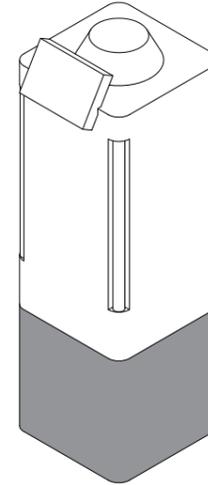
Puductor2 by Pudu Robotics

elementi comuni:



Nel dettaglio:

• Base



Tra i migliori robot analizzati, abbiamo notato come questi abbiano una base di movimentazione autonoma (AMR), spesso sviluppata e commercializzata separatamente dal produttore. **La base funge da "supporto universale" sulla quale alloggiare le componenti per la sanificazione.** Alcuni esempi:



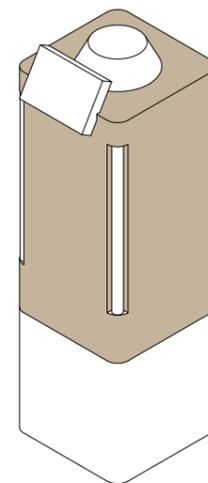
LD60 by OMRON



MiR100 by Klain robotics

Grazie ai sensori integrati, oltre ad un sofisticato software, **il robot riconosce l'ambiente in cui si trova e sceglie il percorso più efficiente, evitando in tutta sicurezza ostacoli e persone.** Tutto questo è possibile senza la necessità di apportare modifiche all'infrastruttura aziendale come ad esempio l'installazione di bande magnetiche o sensori cartarifrangenti che, oltre ad avere un costo elevato, costituiscono una rigidità enorme e rendono impossibili eventuali modifiche future.

• Corpo centrale

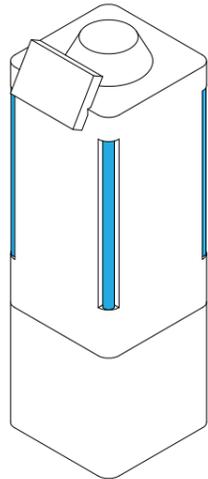


Nel corpo centrale vengono alloggiati alcune componenti elettroniche ma soprattutto **trovano posto i serbatoi dedicati al contenimento dei diversi agenti sanificanti destinati all'atomizzazione/nebulizzazione e il generatore di ozono.**



A destra: dettaglio posizionamento del serbatoio del robot Puductor2.

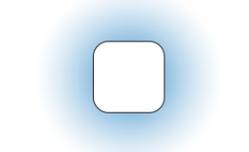
• **Lampade UVC**



Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, si tratta di lampade **UVC ad alto potere biocida/virucida**. Sono disposte in modo radiale il modo tale da irraggiare l'ambiente circostante a 360° andando così ad evitare la formazione di zone d'ombra.

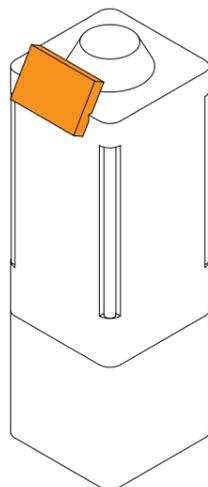


esempio Lampada UVC



area irraggiamento con lampade in disposizione radiale

• **Interfaccia**



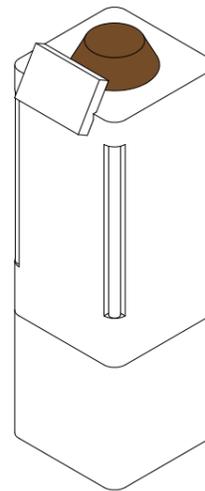
L'interfaccia è l'elemento fondamentale per la **comunicazione uomo/macchina e macchina/uomo**. Da questa si può intervenire sul robot stesso, sia si possono comunicare informazioni ad un utente fruitore. Alcune tra queste (così come nel caso del robot Puductor2) **hanno inoltre un aspetto user-friendly**; una sorta di "espressività robotica" molto utile nei casi in cui il robot si trova in ambienti a contatto con persone...in poche parole, un robot con una faccia è molto più piacevole.



In alto:
interfaccia M2
a sinistra:
interfaccia Puductor2

• **Atomizzatore/braccio COBOT**

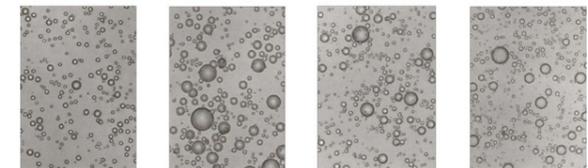
Per la sanificazione via atomizzazione di soluzione biocida/virucida sono impiegati dei **sistemi di atomizzazione a "nebbia secca"**.



a destra:
nebulizzatore a "nebbia secca"



Questi, producendo **particelle dell'ordine di 10micron**, producono una nebbia molto sottile che si deposita sulle superfici senza "bagnarle" ma mantenendo il potere sanificante.



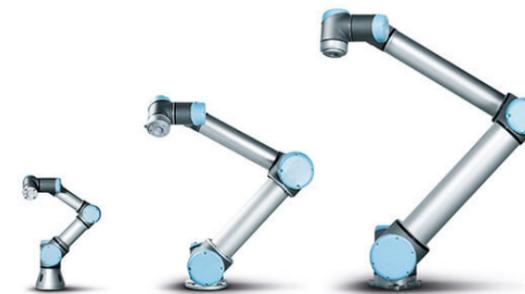
"nebbia secca"

nebulizzazione tradizionale ad aria compressa

nebulizzazione centrifuga

nebulizzazione a ultrasuoni

Questo sistema di atomizzazione può sia trovarsi in modo fisso su precisi punti del robot o può essere montato su un **braccio robotico COBOT** in modo tale da direzionare efficacemente la nebbia prodotta anziché diffonderla uniformemente nell'ambiente



a sinistra:
alcuni COBOT by
UNIVERSAL ROBOTS

• **Palette colori**

Ultima, ma non meno importante, è scegliere **che colore dare al robot**. Per aiutarci nella scelta possiamo attingere ai robot analizzati e vedere quale sia il "trend".



Palette risultante:

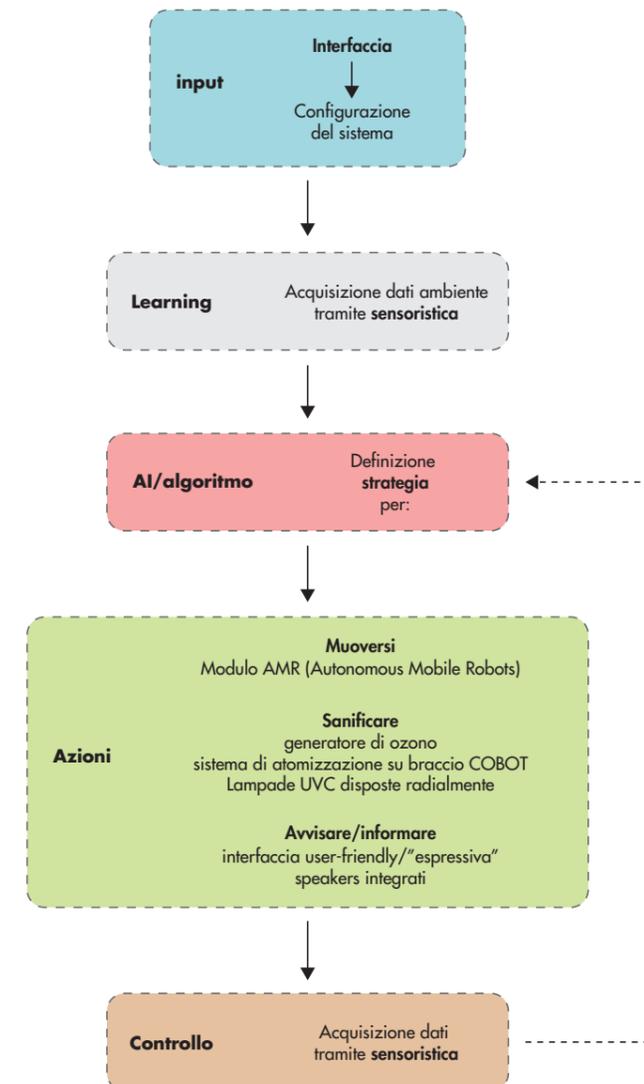


III PARTE - SVILUPPO DEL PRODOTTO

DEFINIZIONE E DESCRIZIONE DEL CONCEPT:

Dalle conoscenze acquisite in seguito ai processi di ricerca e di analisi siamo quindi giunti al punto di poter sviluppare il nostro prototipo. Si tratterà quindi di un **robot a guida autonoma capace di sanificare gli ambienti in modo programmabile/programmato, in grado di attuare diverse strategie di sanificazione in base alle necessità e contemporaneamente, attraverso un sistema di feedback visivo e sonoro, interagire con gli occupanti o con il personale specializzato.**

Possiamo sintetizzare questi concetti attraverso lo schema sottostante:



Al fine di raggiungere gli obiettivi definiti, quindi, sono state definite 6 macro-aree da sviluppare ovvero quelle riguardanti:

- **Sistema di movimento autonomo (AMR)**

Si tratta del sistema che fa muovere autonomamente il nostro robot; dotato di sensori in grado di acquisire le caratteristiche dell'ambiente, questo navigherà in modo autonomo negli spazi da sanificare (calcolando le traiettorie migliori, aggirando ostacoli e barriere architettoniche) senza l'intervento da parte di un operatore che lo guidi.

- **Sistemi di sanificazione**

Il nucleo del progetto: vogliamo che il robot sanifichi gli ambienti (sia aria che superfici) attraverso il lavoro sinergico di tre sistemi integrati, ad **ozono**, **spray** e **UVC**. Per quanto riguarda il mezzo "spray" è previsto che sia montato su un braccio COBOT.

- **Sistemi di purificazione**

Vogliamo che il robot monitori in modo intelligente l'aria dell'ambiente mediante appositi sensori e che decida la strategia migliore di purificazione (Aerazione, filtraggio HEPA, lampade UV)

- **Scocca**

"L'abito" del robot. Vogliamo che il nostro robot sia funzionale senza sacrificare la componente visiva.

- **Interfaccia**

Ovvero il modo con cui il robot comunica con l'esterno (utenti, astanti). Vogliamo che sia **user-friendly** e allo stesso tempo un mezzo per la **programmazione del robot**.

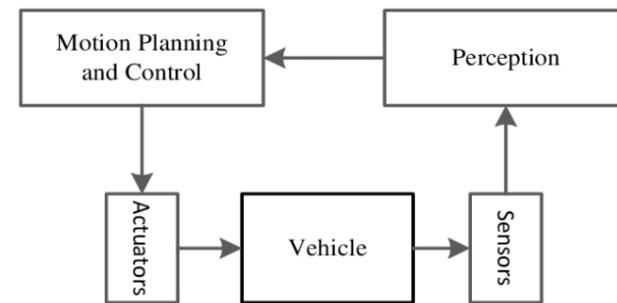
- **Comportamento**

Ovvero *come funziona* il robot; il tema sarà trattato più approfonditamente nel capitolo successivo "**descrizione delle prestazioni, pag. xx**"

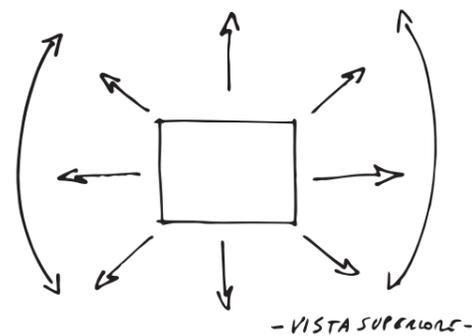
SKETCHES

Una raccolta visiva di tutte le idee concepite fin'ora. Anche in questo caso li raggrupperemo secondo le aree definite nella pagina precedente:

- **Sistema di movimento autonomo (AMR)**

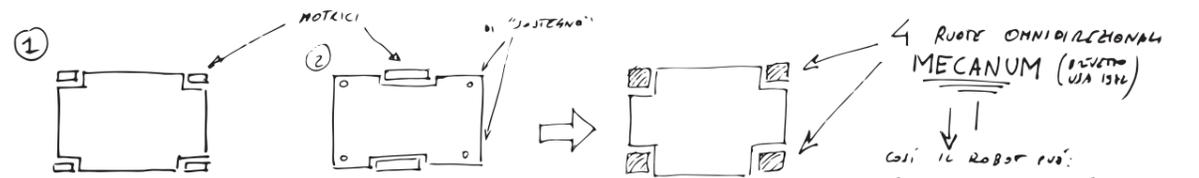


- MOVIMENTO



IL ROBOT DEVE MUOVERSI IN TUTTE LE DIREZIONI E RUOTARE SU SE STESSO ANCHE CONTEMPORANEAMENTE

GRAZIE ALLE RUOTE



LIMITI DI ① E ②:
IL ROBOT NON PUO' MUOVERSI IN DIAGONALE E PRIMA DI CAMBIARE DIREZIONE DEVE RUOTARE SU SE STESSO (+ SENSIBILIMENTO)

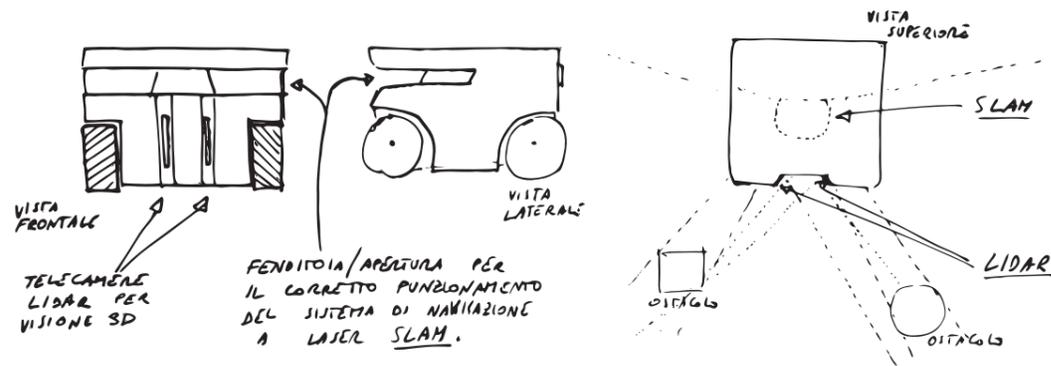
PERCHE'?

PERCHE' SE IN TANDEM CON BRACCIO COBOT TOGLIAMO AL BRACCIO 1 GRADO DI LIBERTA' BRACCIO PIU' SEMPLICE

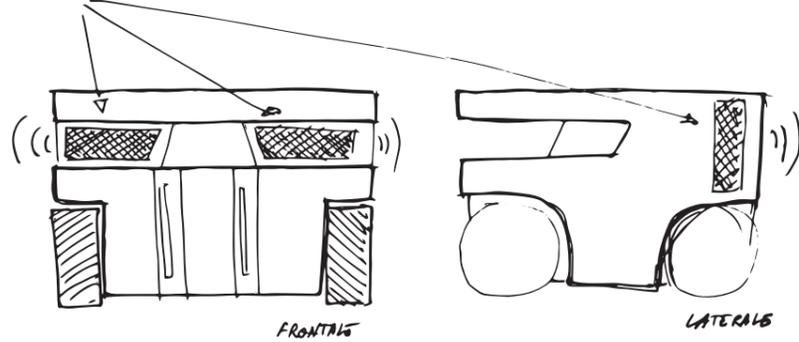


Una volta definiti questi concetti è possibile passare alla fase successiva, ovvero quella degli **sketches**, dove verranno messe nero su bianco tutte le idee preliminari, utilissime al successivo sviluppo vero e proprio.

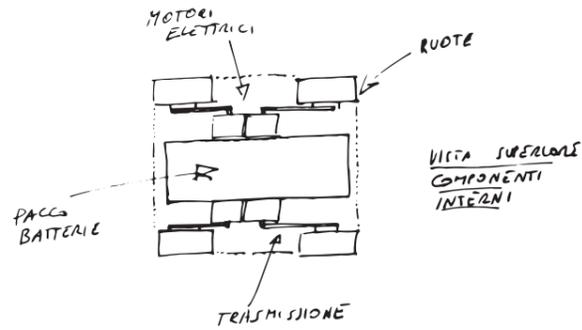
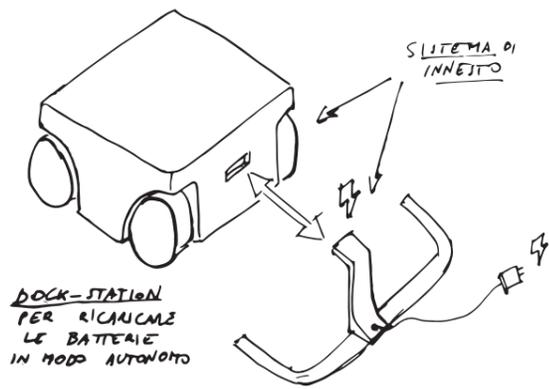
NAVIGAZIONE / SENSORI



- SPEAKERS INTEGRATI

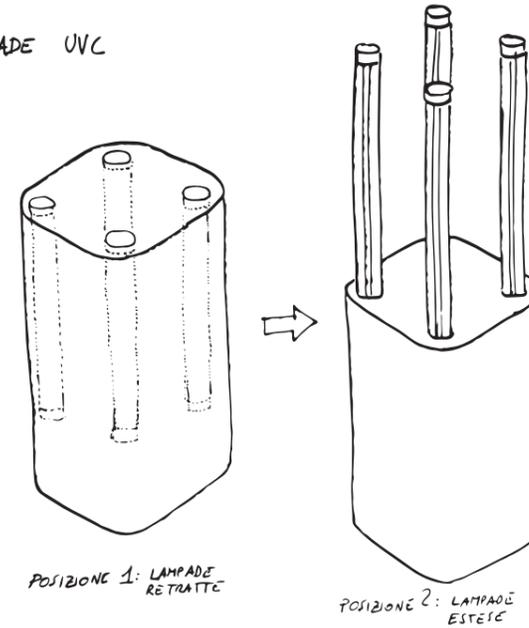


- RICARICA



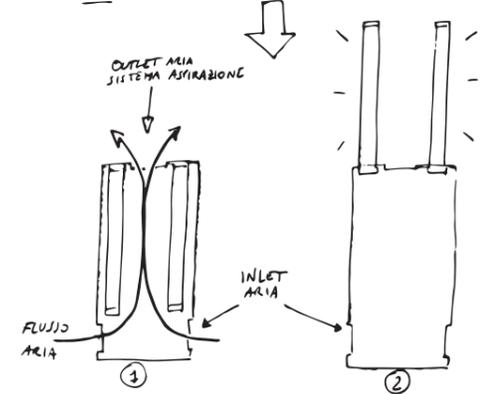
• Sistemi di sanificazione e purificazione

- LAMPADINE UVC



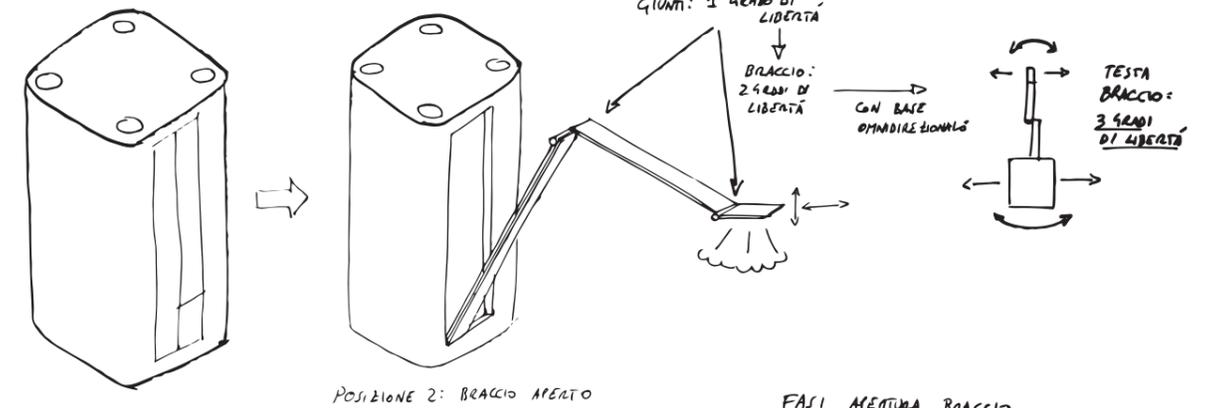
- POSTE RADIALMENTE → MASSIMO IRRAGGIAMENTO
- MOBILI → RIENTRANDO NELLA SCOCCA QUANDO INUTILIZZATE
- PROTETTE

IDEA: PURIFICARE L'ARIA QUANDO INUTILIZZATE



- ① QUANDO RETRAITE LE LAMPADINE UVC RIMANGONO ACCESE E SANIFICANO L'ARIA CHE ATTRAVERSA IL CORPO DEL ROBOT.
- ② QUANDO ESTESE SANIFICANO ARIA E SUPERFICIE IMMEDIATE.

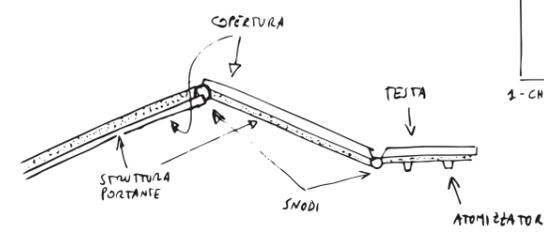
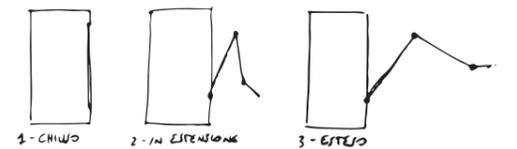
- BRACCIO COBOT



POSIZIONE 1: BRACCIO CHIUSO
IL BRACCIO È COMPLANARE ALLA SCOCCA, IN QUESTA POSIZIONE È INVISIBILE

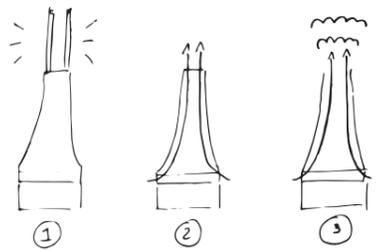
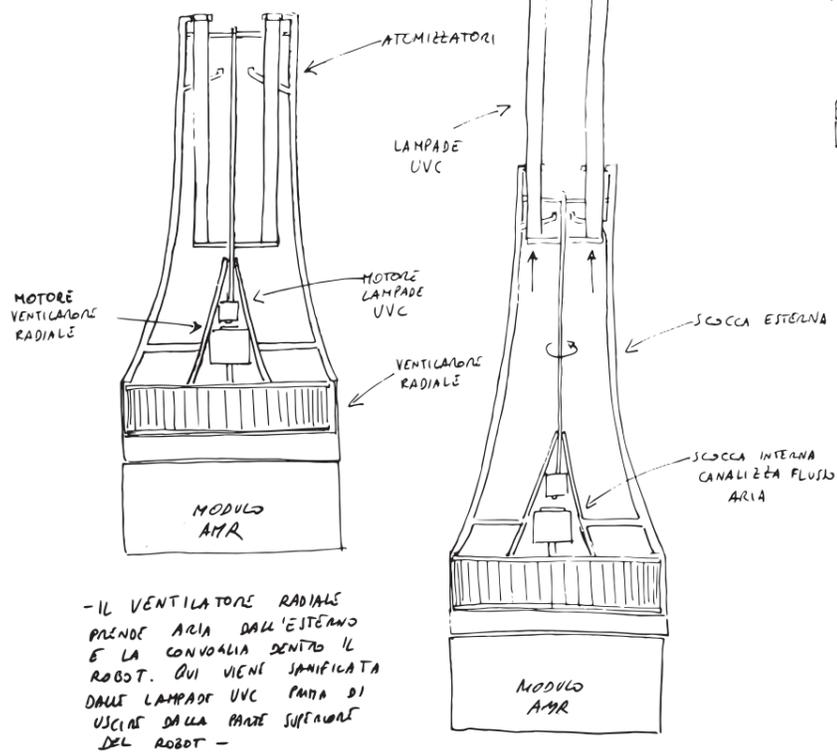
POSIZIONE 2: BRACCIO APERTO

FASI APERTURA BRACCIO



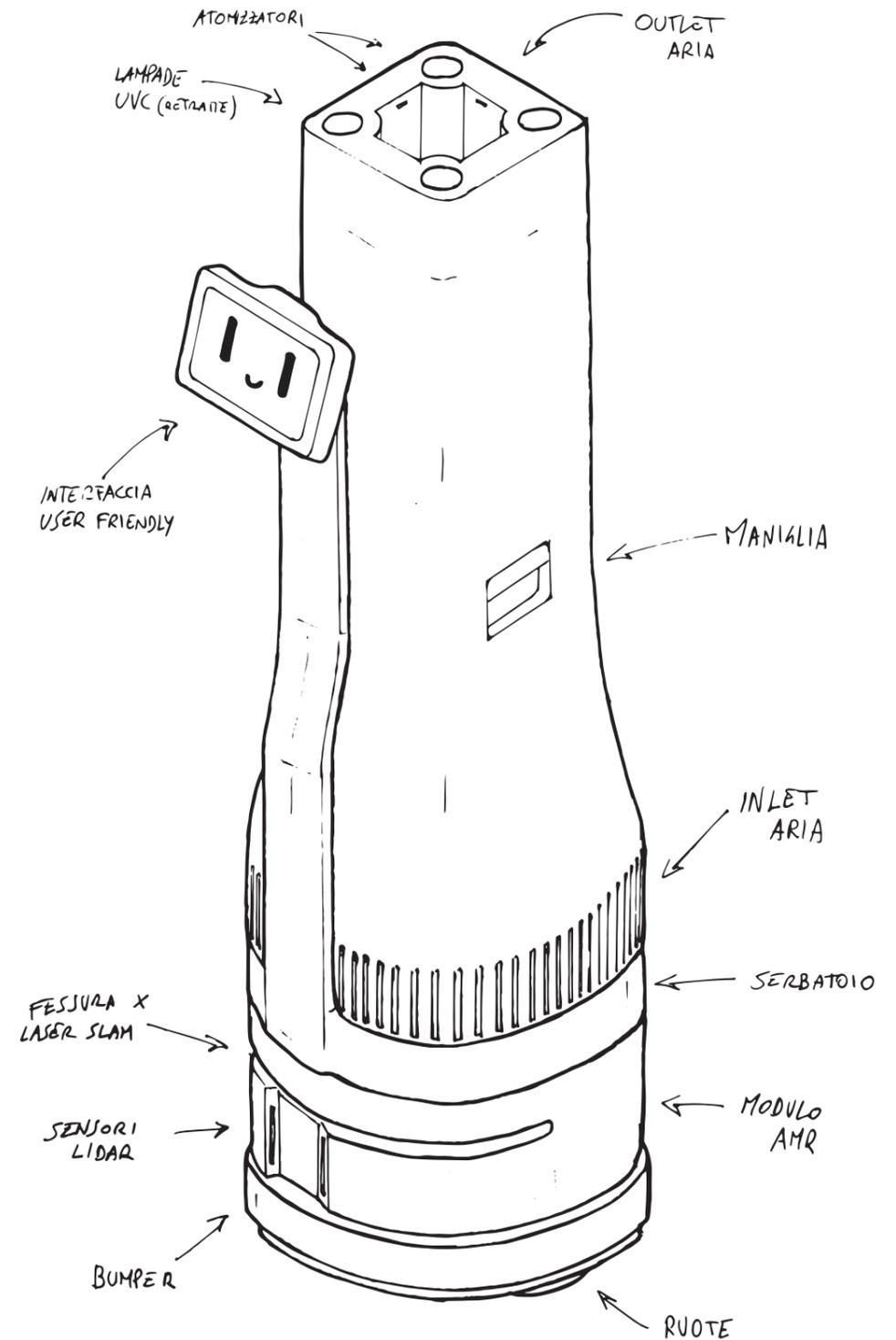
* AL SUO INTERNO PASSANO TUBI IDRAULICI X SANIFICANTE

- VARIANTE "VORTICE"



- ① SANIFICAZIONE UVC
- LAMPADE ESTRAITE ACCESE
- ② SANIFICAZIONE ARIA
- LAMPADE RETRAITE E ACCESE
- ③ SANIFICAZIONE ARIA - SUPERFICI
- LAMPADE RETRAITE E ACCESE
- ATEMIZZATORI ATTIVI

• Vista assieme



Dopo questi primissimi sketches sui sistemi di sanificazione e notando come la trasmissione indiretta tramite superfici contaminate è altamente improbabile, **si è scelto di scartare l'ipotesi del braccio robotico** per i seguenti motivi:

- procedura di sanificazione sovradimensionata
- aumento complessità del sistema
- tempi di sanificazione estremamente più lunghi (nel tempo che il robot impiegherebbe per stendere il braccio, raggiungere la superficie da sanificare, pianificare il compito, sanificarla e passare a quella successiva si potrebbe sanificare l'intero ambiente grazie al metodo della "nabbia secca")

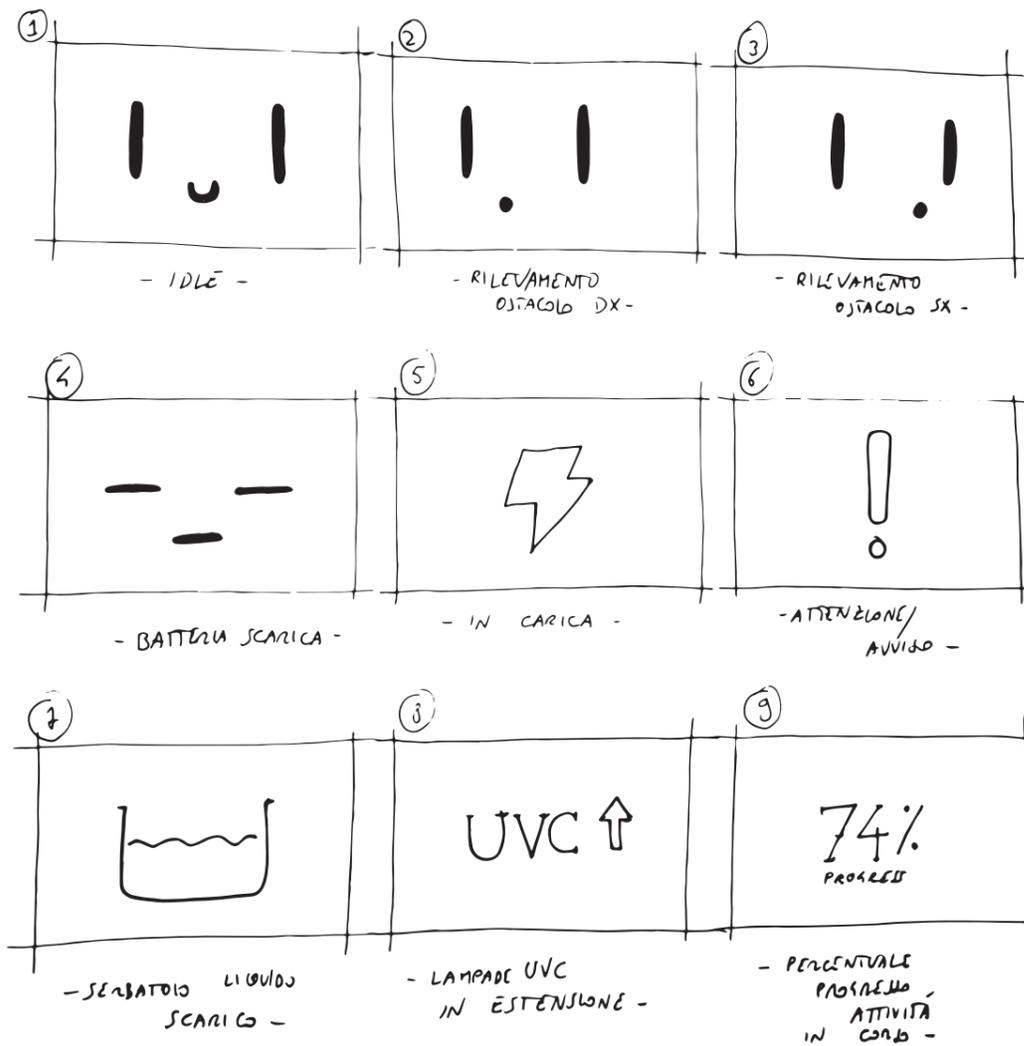
A suo posto è stato deciso di dotare il robot di **un sistema di atomizzazione di soluzione sanificante ambientale**. La soluzione viene atomizzata tramite gli appositi ugelli posti in corrispondenza dell'apertura superiore del robot; **in combinazione con il ventilatore centrifugo, la soluzione atomizzata raggiunge in breve tempo tutti gli angoli dell'ambiente in questione.**

Contemporaneamente le lampade UVC svolgono due compiti:

- quando retratte sanificano l'aria che attraversa il robot (possibilità di utilizzo anche in presenza di astanti)
- quando estese sanificano aria ed ambiente da un' altezza maggiore = maggiore copertura delle superfici.

- Interfaccia

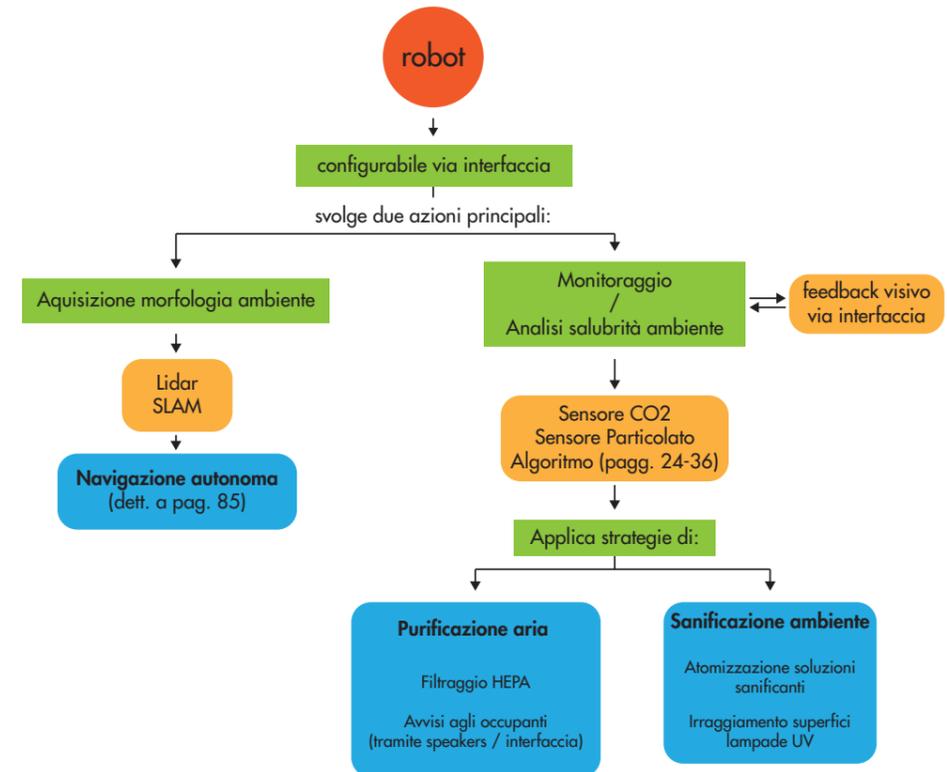
ESEMPI INTERFACCIA



DESCRIZIONE DELLE PRESTAZIONI

Possiamo sintetizzare le prestazioni del robot con questi semplici schemi:

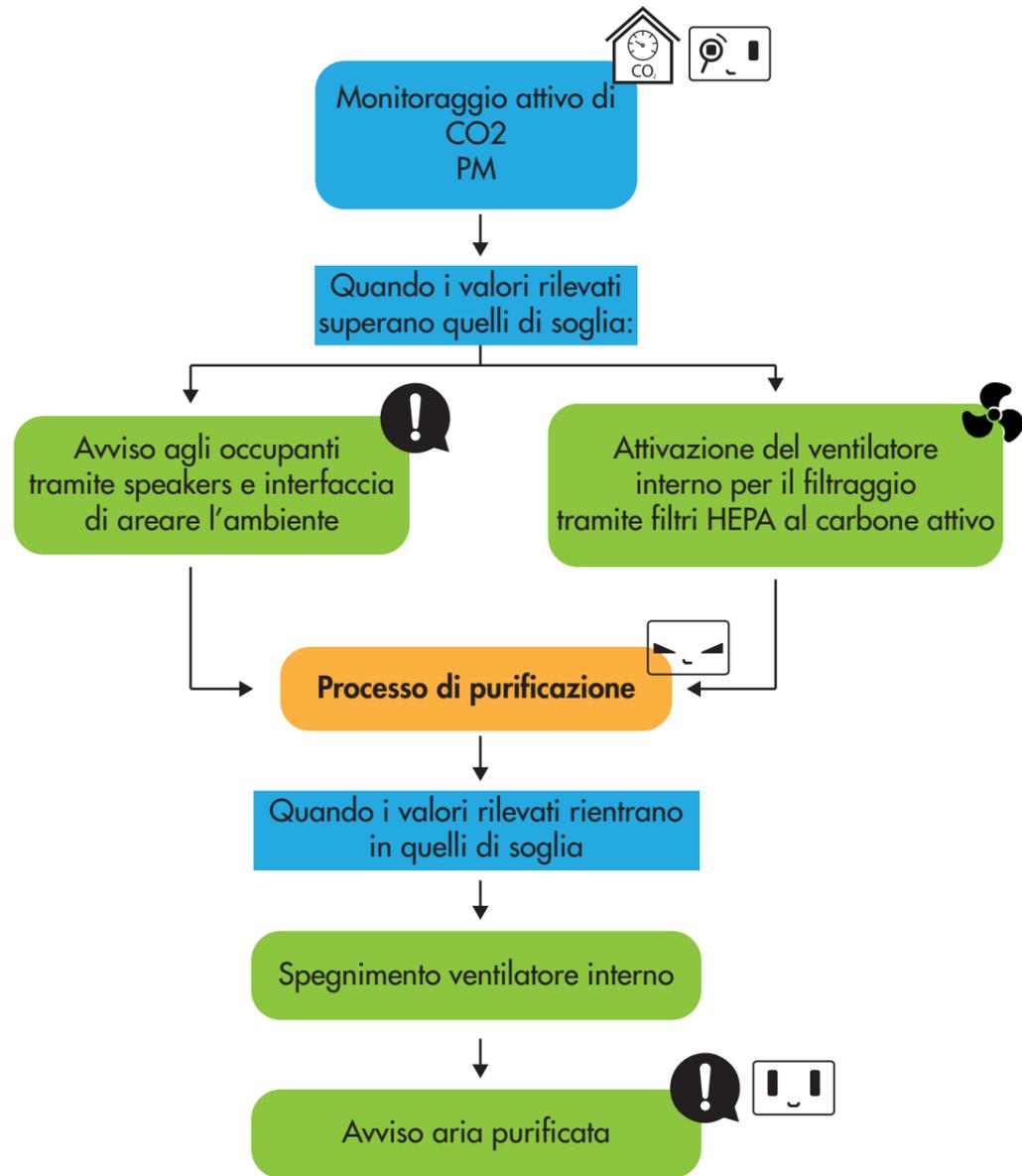
- **Descrizione generale**



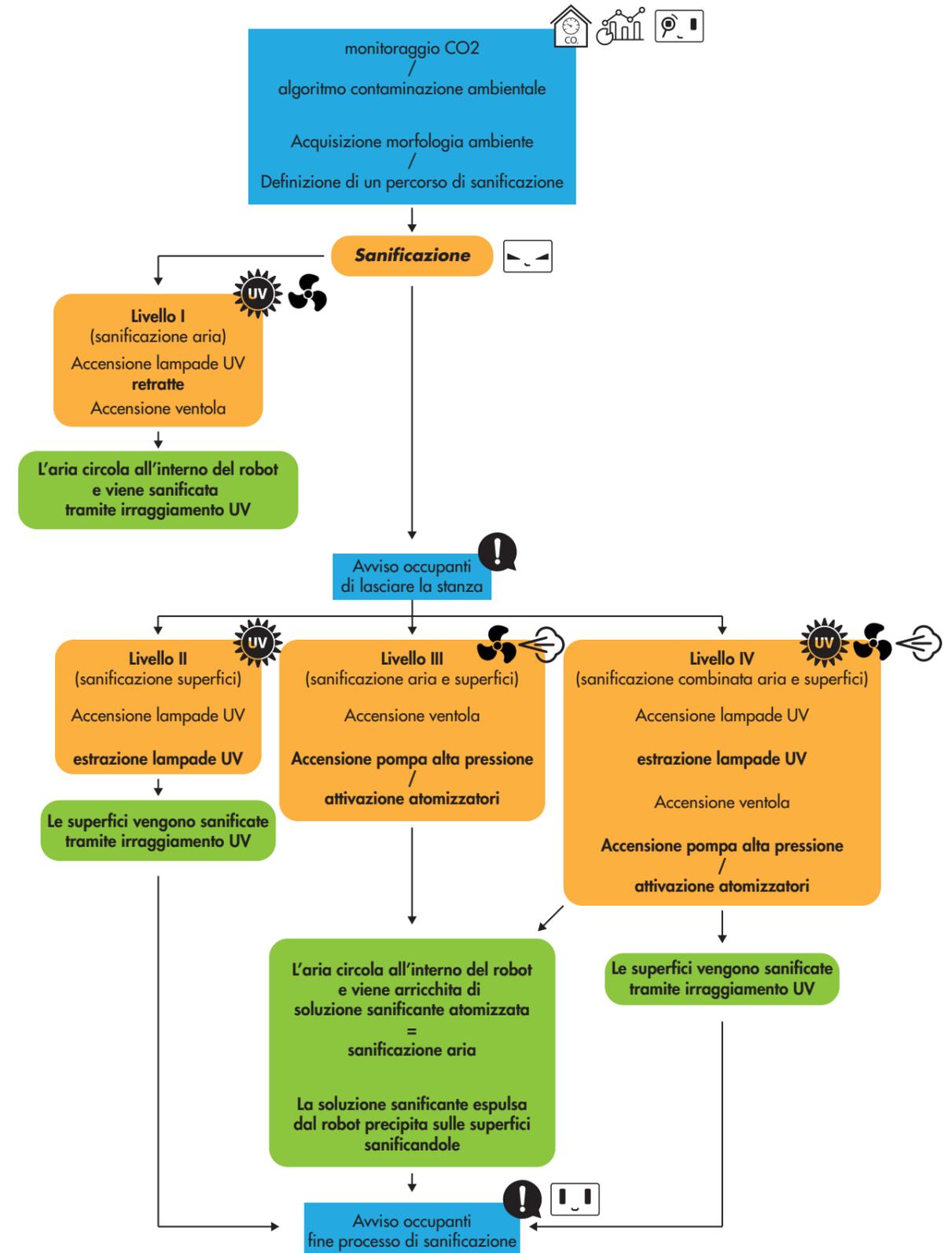
- **Legenda / aspetto interfaccia / icone funzioni (vedi pag. seguente)**

- aspetto robot standby/navigazione
- aspetto robot monitoraggio
- aspetto robot purificazione/sanificazione
- icona monitoraggio CO₂/PM
- applicazione algoritmo
- avvisi sonori
- attivazione lampade UVC
- attivazione atomizzatori
- attivazione ventilatore

• **Descrizione processo purificazione aria**

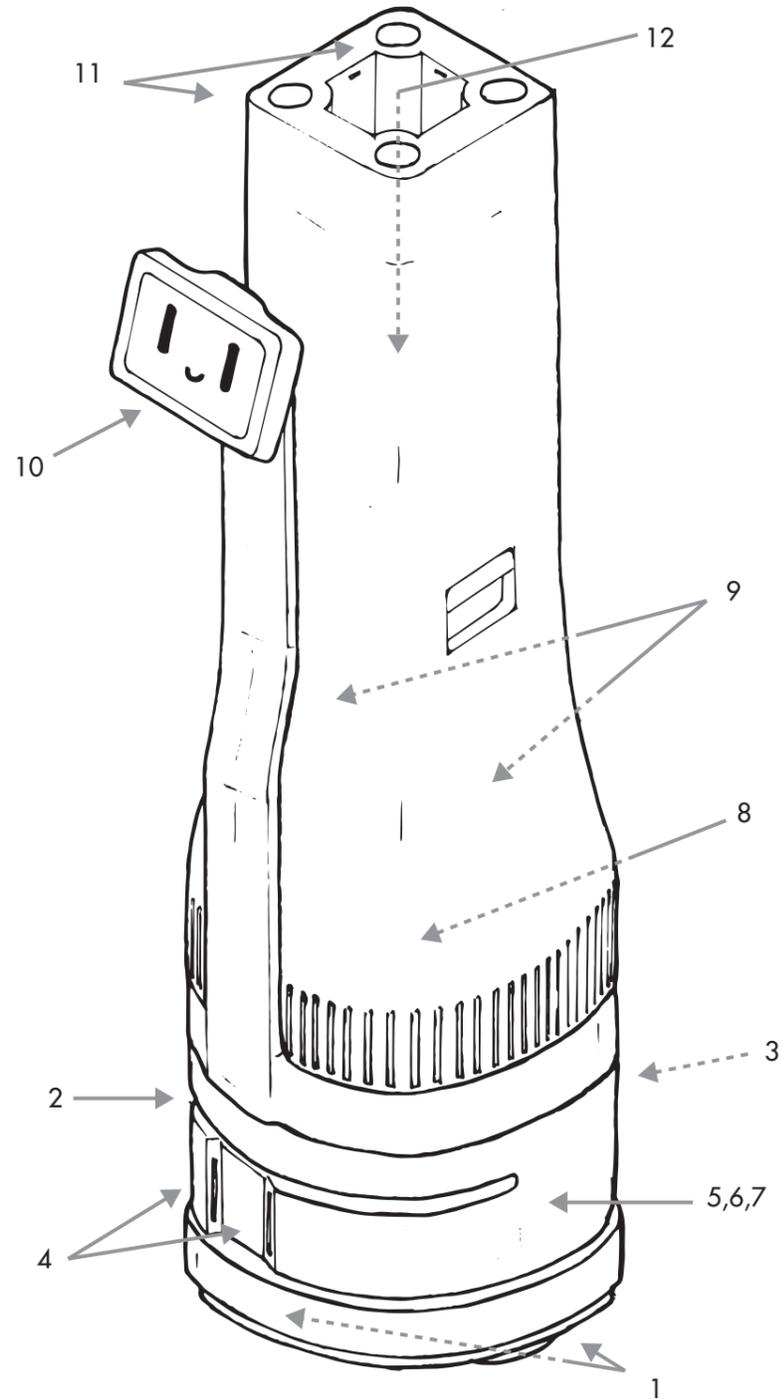


• **Descrizione processo sanificazione**



INDICAZIONE DEI CONTENUTI TECNOLOGICI

Il nostro robot sarà pieno di elettronica! Vediamo quale:



• 1 - Ruote motrici (x2)



modello: MPW53

produttore: ElectroCraft

descrizione:

Ruota motrice per ambiti industriali con motore brushless e freno integrato.

Diametro ruota: 150mm

Coppia massima: 12.4Nm

Carico massimo: 68Kg

Vel. Massima: 2.4m/s

• 2 - Laser Scanner di Sicurezza



modello: OS32C

produttore: Omron

descrizione:

Sistema anticollisione per veicoli AGV (Automated Guided Vehicles)

Angolo di rilevamento: 270°

Distanza max: 15m

Zona di sicurezza: 4m

• 3 - Sensore di prossimità ad infrarossi



modello: 2Y0A02

produttore: Sharp

descrizione:

Sensore di prossimità ad infrarossi per scongiurare collisioni nell'angolo cieco del Laser Scanner di Sicurezza e per manovre di docking.

Distanza di rilevamento:

20-150cm

- 4 - LiDAR - Light Detection and Ranging (x2)



modello: Intel RealSense Depth Camera D455
produttore: Intel
descrizione: Questo LiDAR utilizza due fotocamere per un'acquisizione stereoscopica dell'ambiente in modo tale da calcolarne la profondità e creando così una sua immagine tridimensionale. In questo modo il robot potrà vedere, comprendere, interagire e imparare dall'ambiente circostante.
Area di visione: 86°x57°
Distanza acquisizione: 0.4m - 20m

- 5 - Sonda CO₂



modello: Vari
produttore: Vari
descrizione: Sensore per la rilevazione delle ppm di CO₂

- 6 - Sonda particolato PM_{2.5} e PM₁₀



modello: SDS011
produttore: NOVA
descrizione: È costituito da un diodo LASER, da un fotodiodo, un microcontrollore, un amplificatore a basso rumore e da una ventola di aspirazione. L'aria aspirata passa attraverso la camera di rilevamento, dove la luce del LASER che colpisce le particelle di polvere sospese, viene diffusa in tutte le direzioni e trasformata in segnali elettrici che saranno amplificati ed elaborati.

- 7 - Mini-speakers (x2)



modello: K 20.40
produttore: Visaton
descrizione: Coppia di mini speakers utili a "far parlare" il robot e per trasmettere suoni di avviso.
Dimensioni: 2x4cm
Potenza: 1W (2W max).

- 8 - Motore per ventilatore assiale



modello: CHR-GM25-370
produttore: Chihai Motor
descrizione: Motoriduttore per la movimentazione del ventilatore assiale.
Coppia max: 24N/cm
Velocità: 2000 rpm

- 9 - Motoriduttore (x2)



modello: RH 158 12 75
produttore: MicroMotors s.r.l.
descrizione: Motoriduttore per la movimentazione delle lampade UV.
Coppia max: 50N/cm
Velocità: 81-55 rpm

- 10 - Schermo OLED/OLCD flessibile



modello: vari
produttore: vari
descrizione:
 Questi schermi di nuova generazione hanno una caratteristica che spicca tra tutte le altre: sono flessibili! Adatti quindi alla superficie curva della nostra interfaccia
Dimensioni: 7"

- 11 - Lampade UVC



modello: TUV UV-C TL-D 25W G13
produttore: Philips
descrizione:
 Questa lampada TUV da 25 watt è efficace nella prevenzione di batteri, virus, microrganismi e alghe. Il tubo è stato appositamente progettato per fornire una disinfezione efficace attraverso l'emissione di raggi UV.
Dimensioni: 45cm
Potenza: 25W.

- 12 - Pompa a diaframma



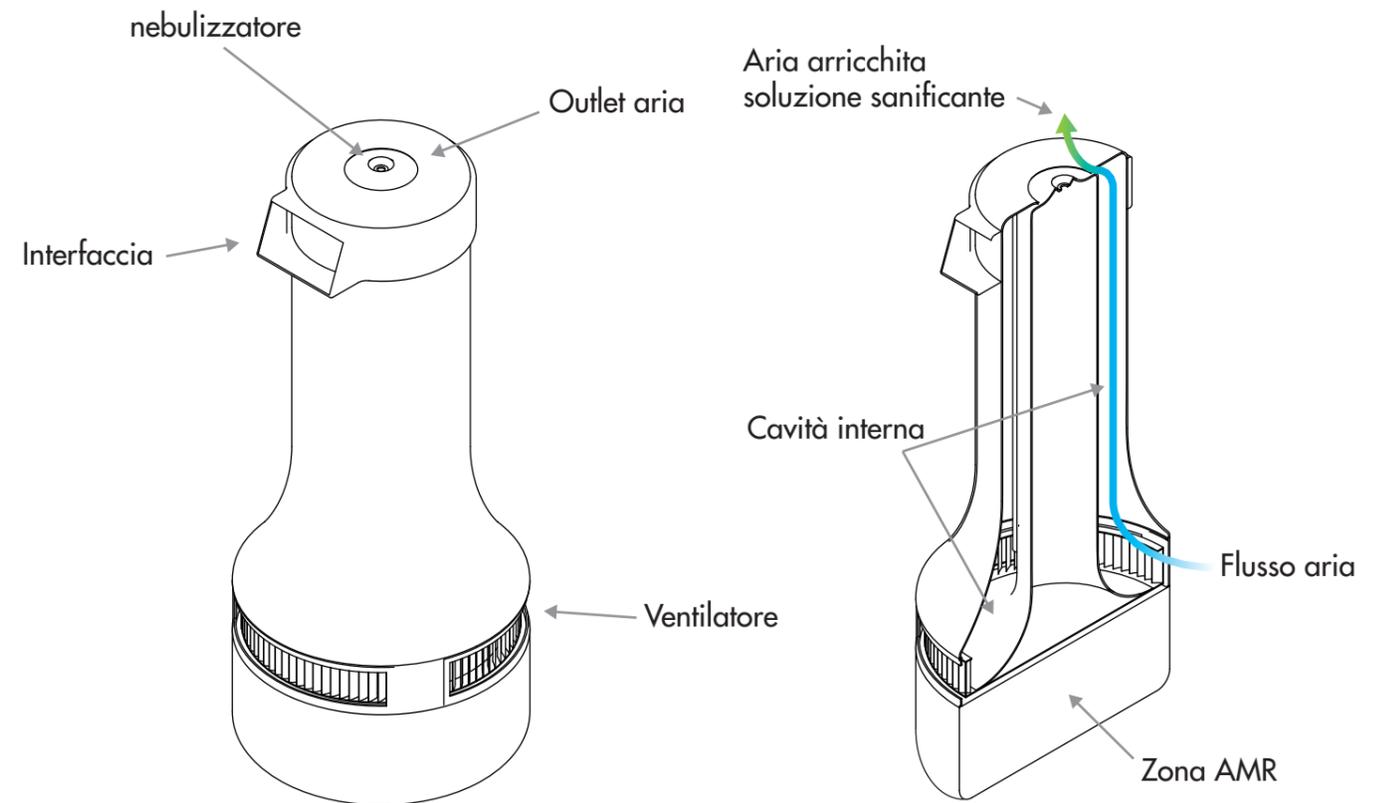
modello: NF 1.5
produttore: KNF
descrizione:
 Questa pompa a diaframma combina la massima performance con il minimo ingombro. Utilizzando materiali resistenti agli agenti chimici questa pompa può essere utilizzata con ogni tipo di liquido. Necessaria per i nostri atomizzatori.
Portata max: 0.06l/min
Pressione max: 6bar
Prevalenza: 3m (H₂O)

ANALISI ERGONOMICA DEL MODELLO CONCETTUALE

analisi modello realizzato e descrizione delle fasi

In questo capitolo vedremo come il nostro robot si è evoluto nella forma, dalla primissima versione a quella finale:

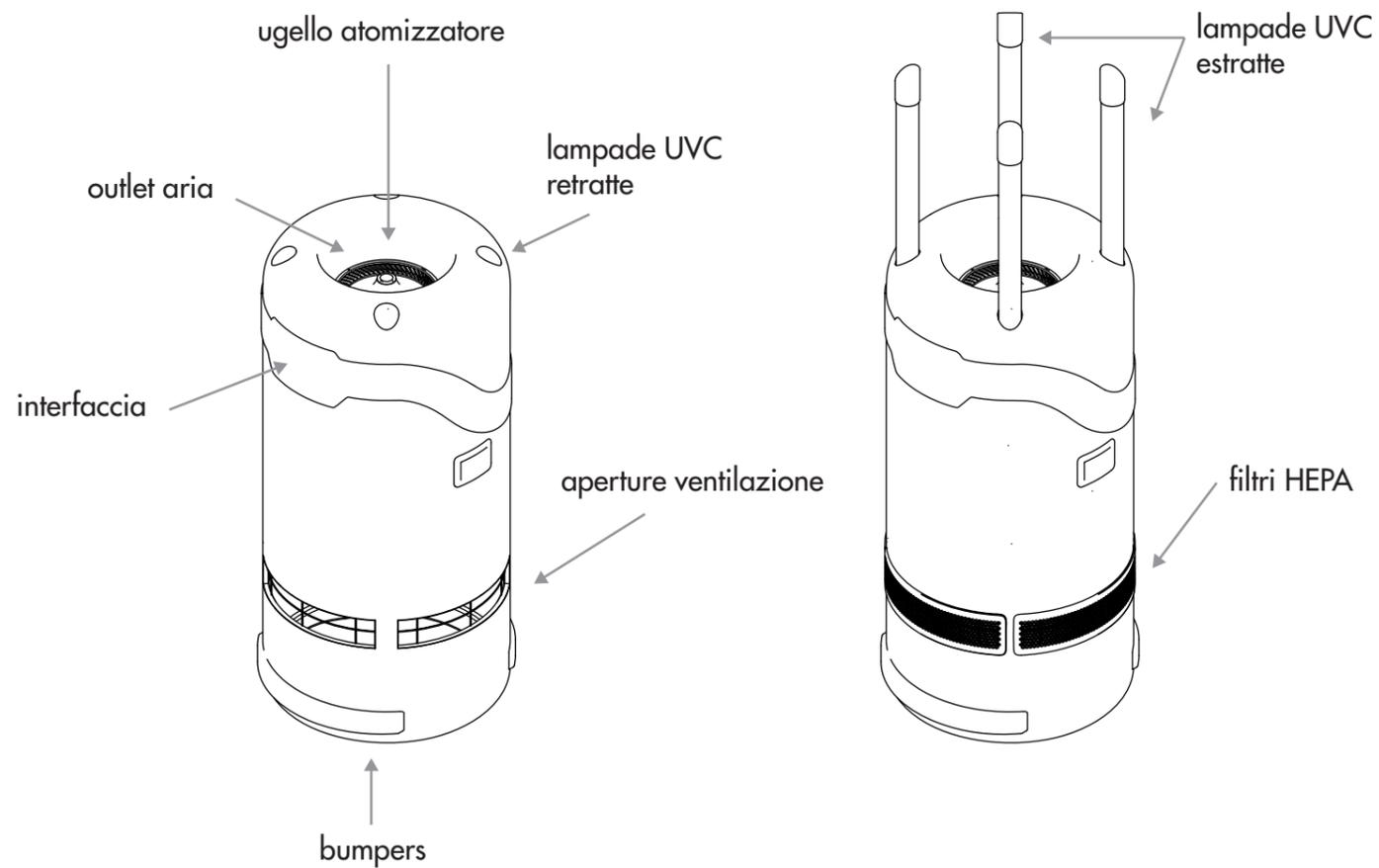
- Versione 0



Si tratta della primissima versione, una prima bozza per analizzare forme, ingombri e funzioni. Si noti come è presente la cavità interna per l'attraversamento del flusso d'aria ma mancano ancora le lampade UVC estraibili (e relativi cinematismi) e tutta la parte riguardante la navigazione autonoma (zona AMR)...dopo aver analizzato questa prima bozza è stato notato un problema fondamentale: con quella forma e disposizione, il ventilatore assiale centrifugo, non avrebbe mai funzionato! esso avrebbe sempre e solo spinto l'aria all'esterno senza convogliarla all'interno del robot.

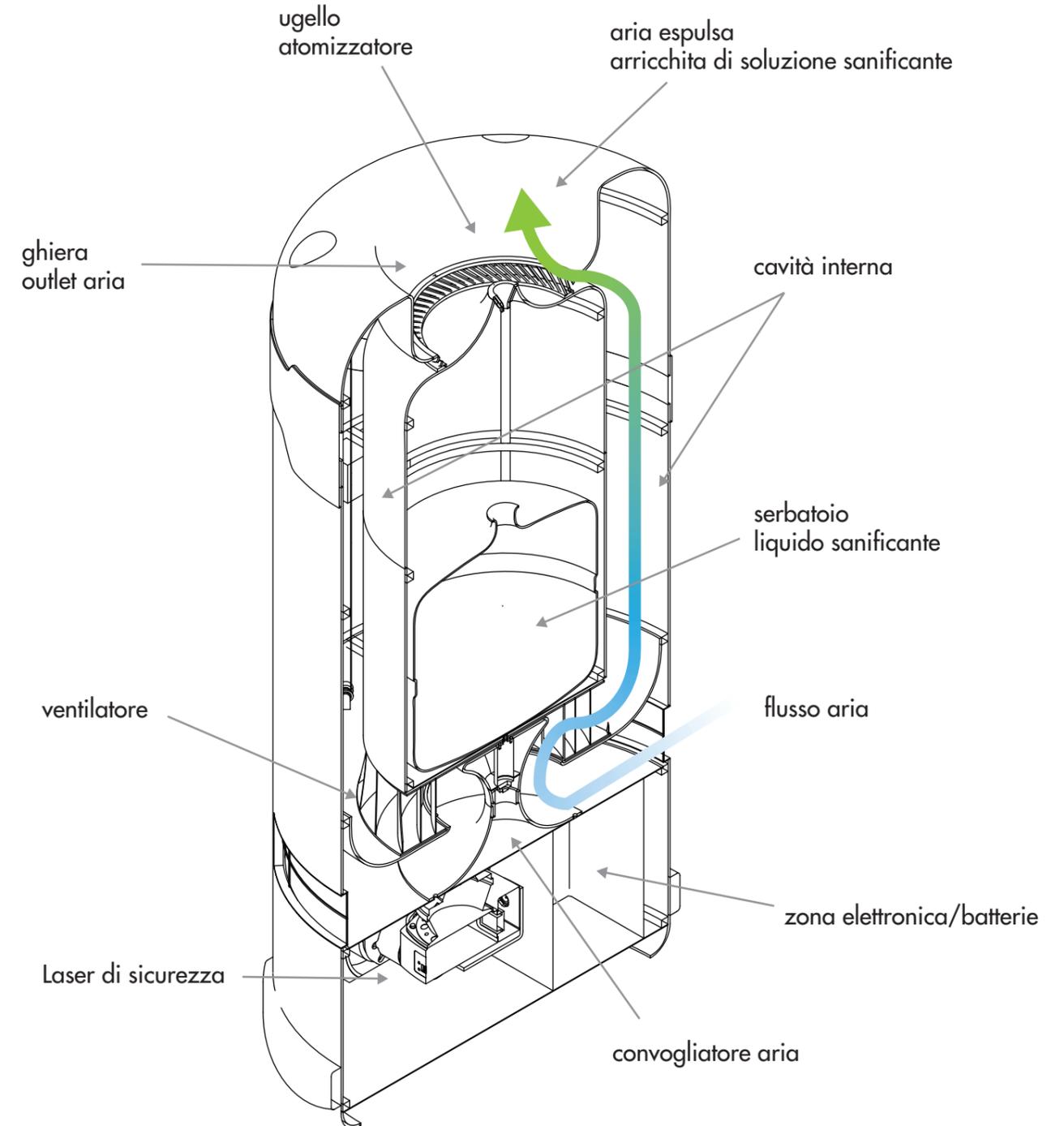
- **Versione 1**

Dopo aver compreso le problematiche relative alla versione 0, **grazie anche alla consulenza dell'azienda tutor COMEC**, si è arrivati alla prima versione "funzionale". **Si è prestata particolare attenzione ai cinematismi per l'estrazione delle lampade UVC e revisionato il sistema di ventilazione.**



Si noti come la forma è completamente cambiata, sono presenti le **lampade UVC** e si è iniziato a parlare della **componentistica relativa al blocco per la navigazione autonoma AMR**. Compagno per la prima volta anche i **filtri HEPA** estraibili.

Vista in sezione del robot; da notare la componentistica interna e il percorso del flusso d'aria.



Alcuni render del robot, molto utili per valutarne l'aspetto.



Render del robot,
lampade UVC retratte

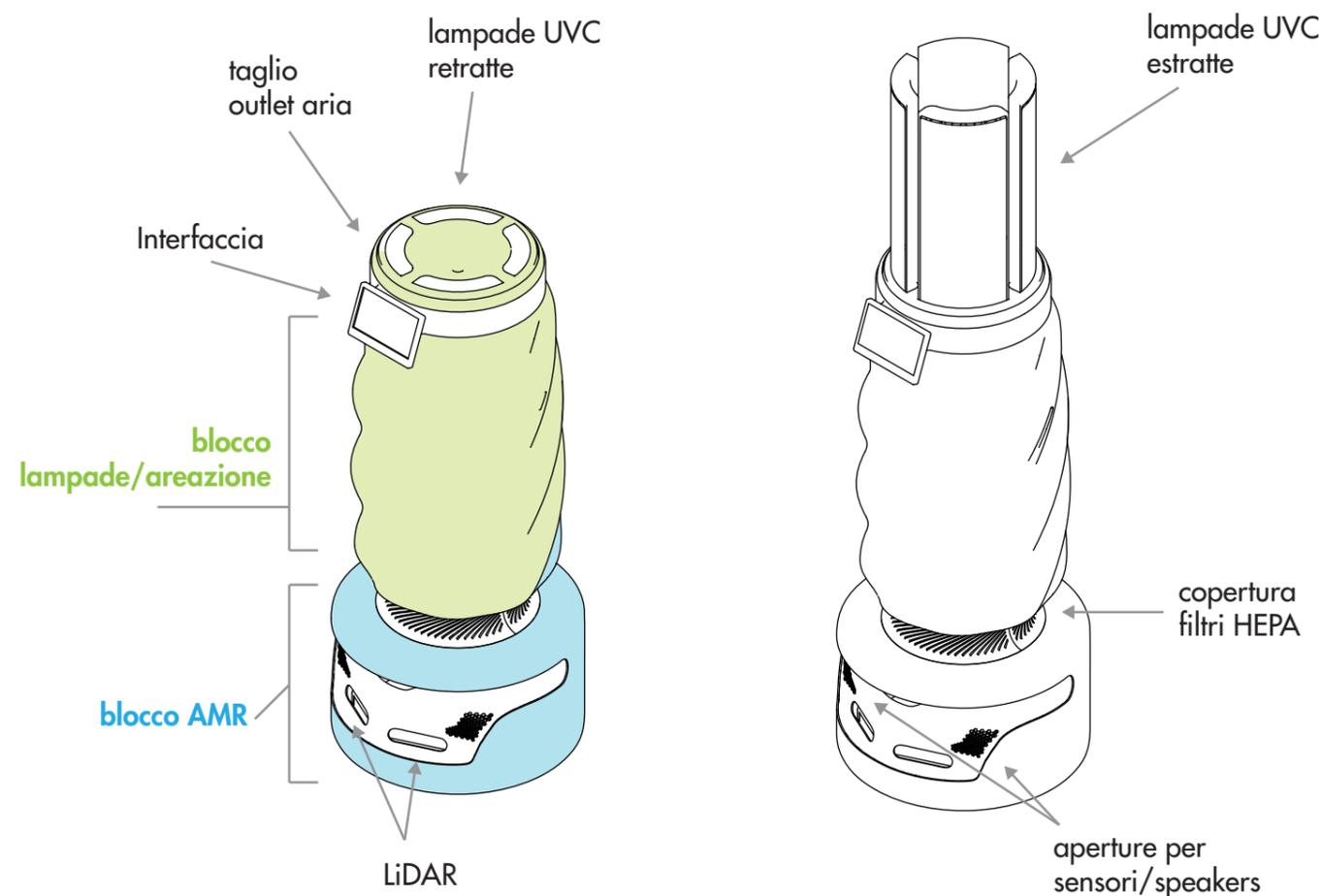


Render del robot,
lampade UVC estratte

Dopo aver immaginato, discusso, modellata e renderizzata questa prima versione, ci si è resi conto che...**non ci piaceva!** Era il momento di dare un senso **estetico al progetto, valorizzandone le forme in base alla funzione esaltando il dinamismo del flusso dell'aria che attraversa il robot.**

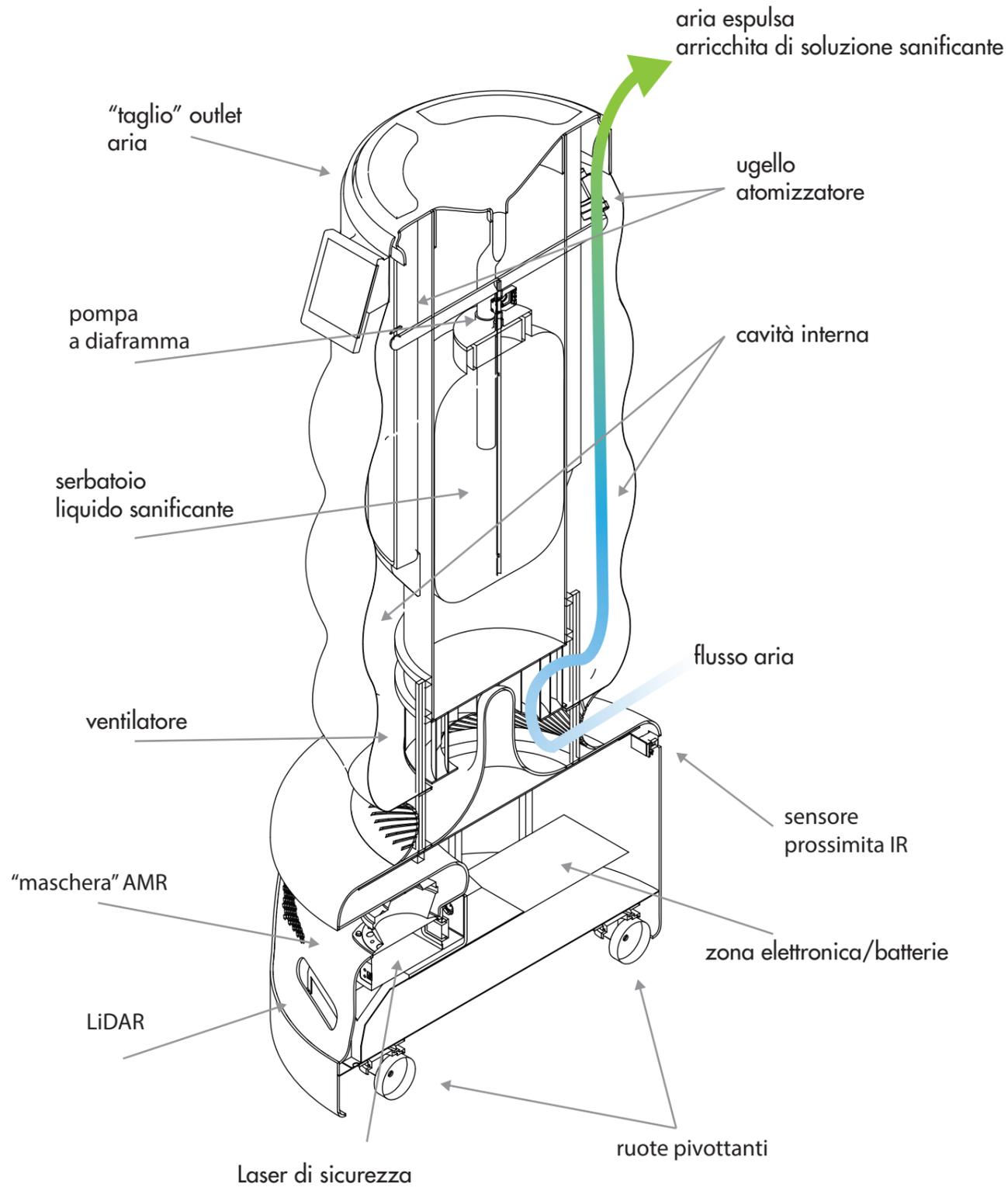
• **Versione 2**

...ed è così che cambia la forma del robot **separando formalmente il blocco relativo alla guida autonoma AMR e quello destinato ai processi di purificazione dell'aria e di sanificazione.**



Le lampade UVC sono state raggruppate in 4 "schermi" (ognuno composto da 4 lampade) e si **inizia a definire la forma del blocco AMR**, sempre più definitiva. La parte superiore invece vede **la scomparsa del atomizzatore centrale a favore di un taglio laterale della carena esterna. Il processo di miscelazione aria/sanificante avviene ora all'interno del robot.**

Vista in sezione del robot; da notare come il blocco AMR si arricchisca di sensori.



Alcuni render del robot, molto utili per valutarne l'aspetto.



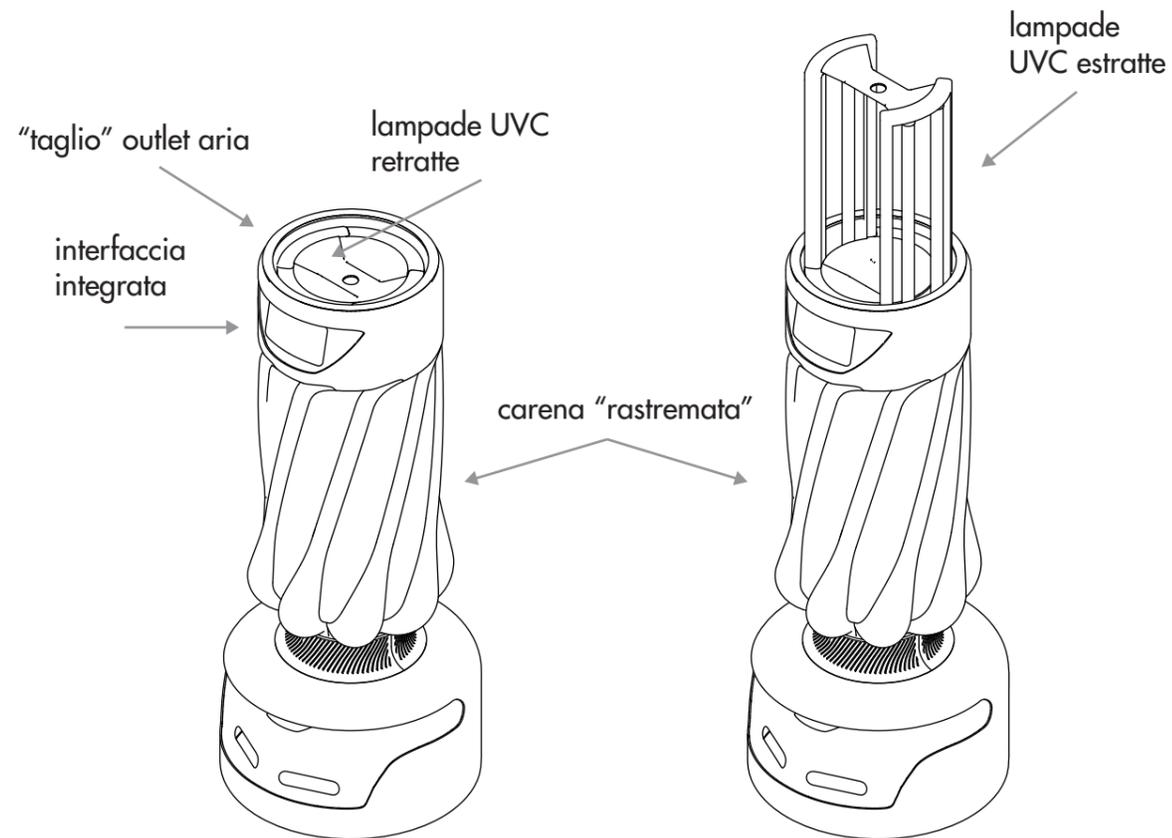
Render del robot, versione2

Render del robot, variazione alla versione2

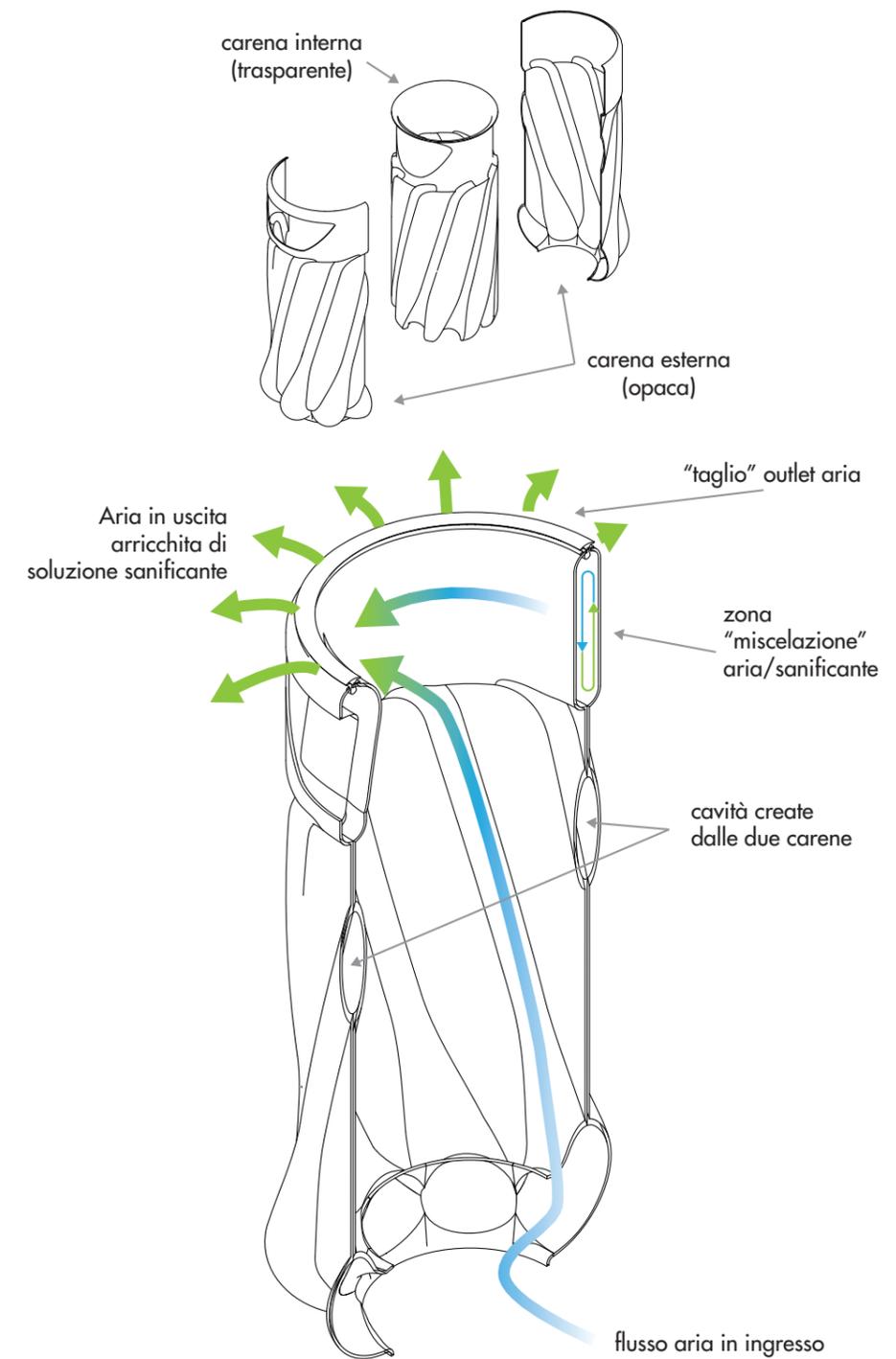
Se il blocco AMR inizia a prendere la sua forma definitiva, **quello relativo alla purificazione/sanificazione lasciava ancora qualche dubbio**. La forma aveva iniziato ad esprimere quel dinamismo di cui si parlava prima ma si poteva fare di meglio. **La spinta per la prossima versione è stata la volontà di separare completamente gli spazi interni attraverso una doppia carenatura, creata esclusivamente per canalizzare il flusso d'aria e forzarlo a passare in un percorso definito.**

- **Versione 3**

in questa versione vediamo come, **attraverso la creazione di due carene accoppiate** (una trasparente interna ed una opaca esterna) **vengono formati dei condotti per canalizzare il flusso dell'aria.** **Aria che verrà irradiata dalle lampade UVC.**



Le lampade UVC sono state raggruppate in 2 "schermi" (ognuno composto da 2 lampade) e **l'interfaccia è integrata nella carena superiore.** Nella pagina successiva possiamo notare come funzionino questi condotti creati dalle carene.



Le motivazioni dietro questa scelta sono state date dalla **volontà di ottimizzare il flusso dell'aria, canalizzandolo; inoltre in questo modo l'aria dovrà compiere un tragitto più lungo. Ciò vuol dire maggior permanenza all'interno del robot = maggior tempo in cui l'aria viene irradiata dalle lampade UVC = maggior sanificazione.**

Ed ecco alcuni render...



Lampade UVC retratte

Lampade UVC estratte

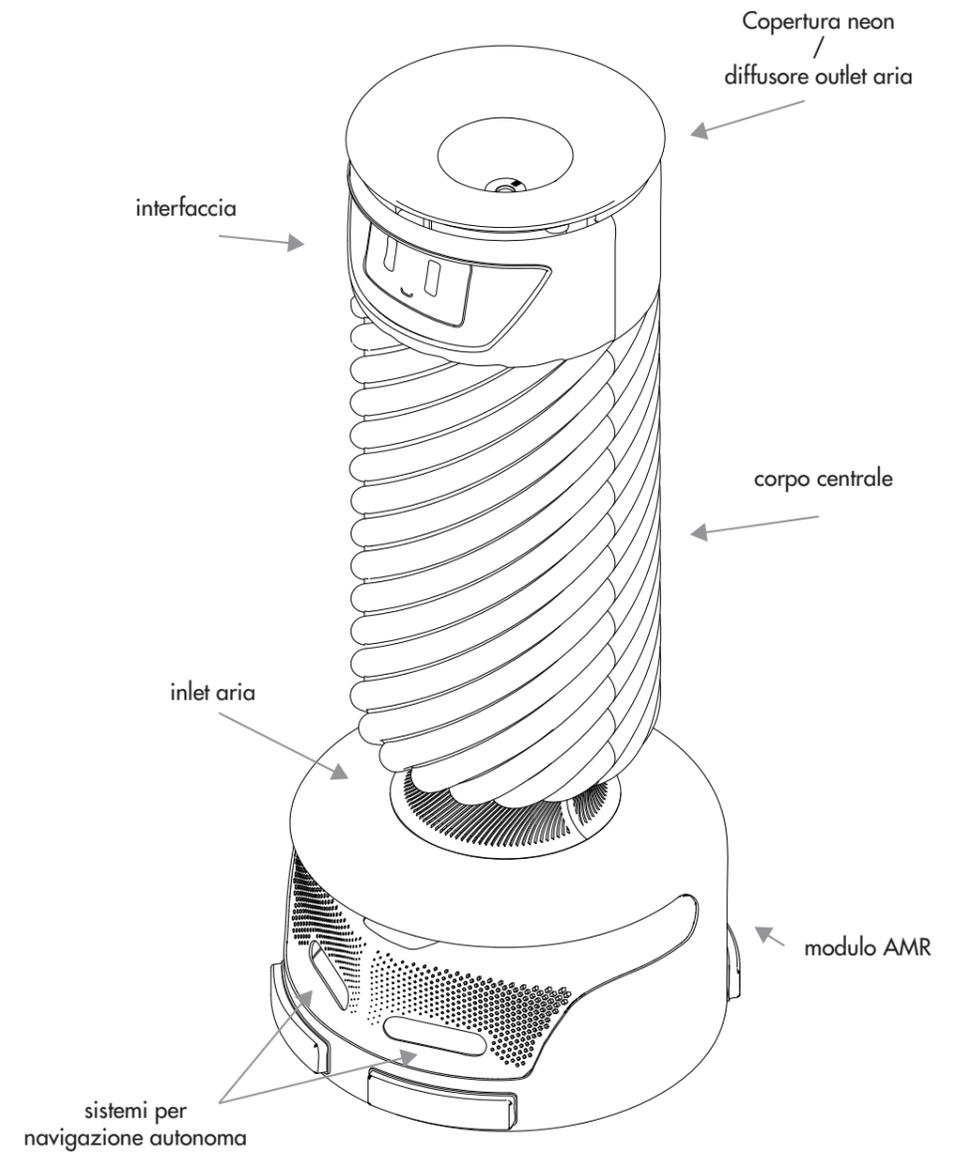
Lampade UVC estratte

Siamo quasi alla versione finale del robot. Il blocco AMR è praticamente nella sua forma definitiva, ora c'è solo da migliorare ed ottimizzare la parte superiore e...**si fanno prove sui colori!**

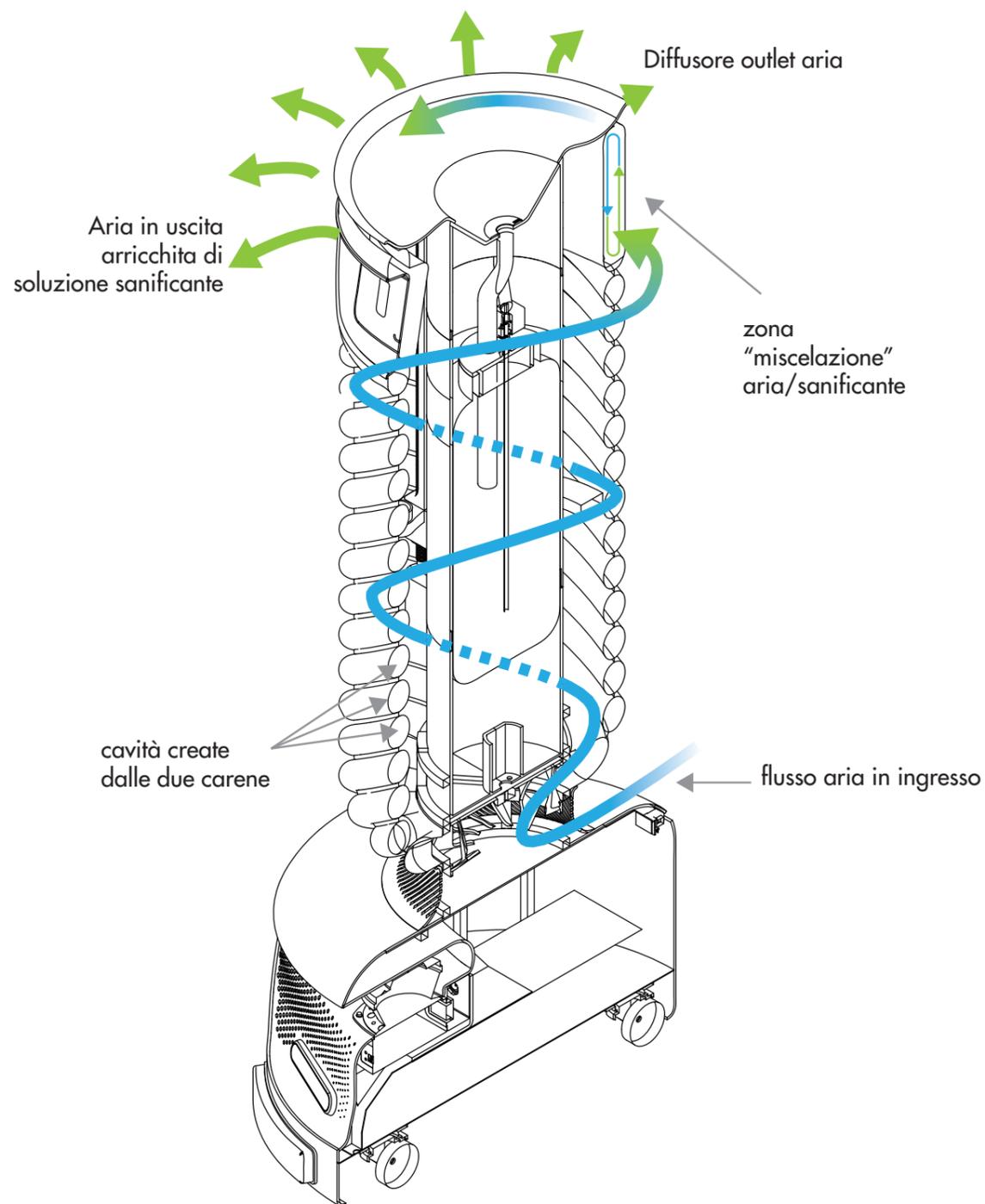


• **VERSIONE FINALE**

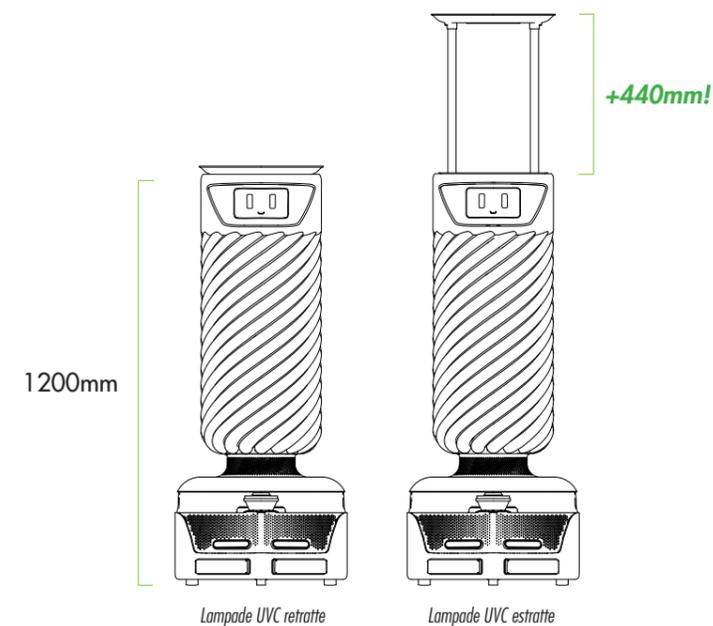
Facendo tesoro delle considerazioni fatte nello sviluppo delle versioni precedenti, **prende così aspetto il nostro robot nella sua forma definitiva:**



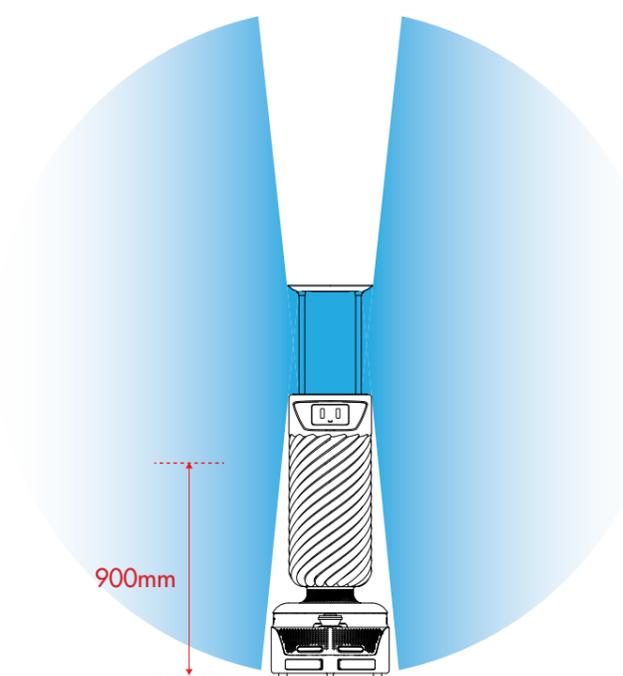
Nell'immagine sottostante possiamo apprezzare il **percorso del flusso d'aria**. Da notare come questo sia più lungo rispetto alla versione precedente. Abbiamo guadagnato sia in funzionalità che in estetica!



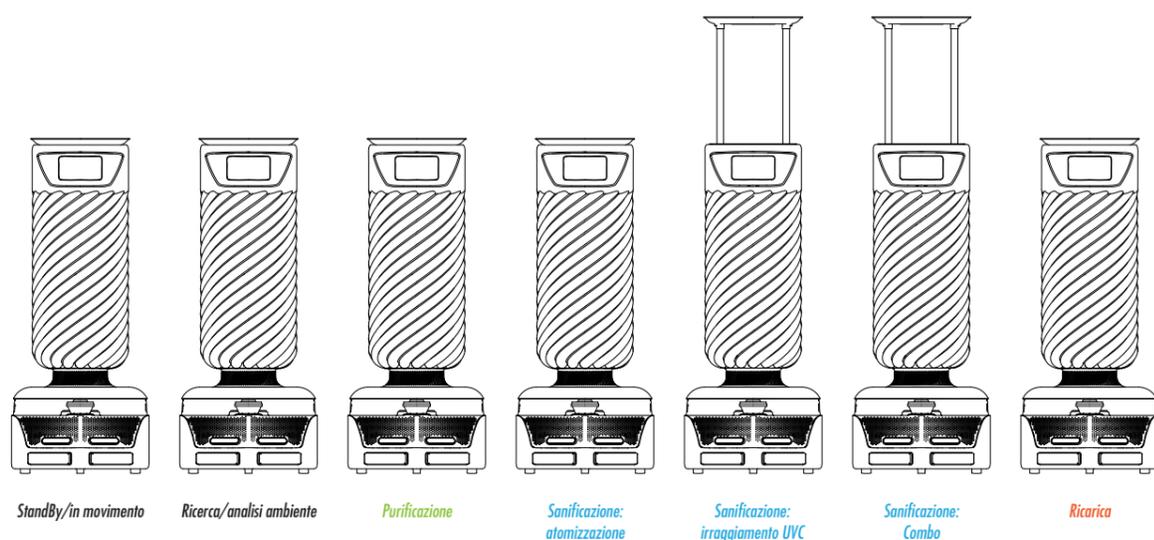
Questo è l'aspetto del robot nelle sue "due forme". Quando impegnato in processi che non prevedono l'utilizzo dei neon UVC questi sono ritratti nel corpo del robot. Ne guadagnamo in compattezza e sicurezza. Inoltre, quando estratti, la loro altezza è maggiore; riescono così ad irraggiare superfici sopraelevate.



Qui possiamo notare il volume d'irraggiamento delle lampade UVC. Segnata in rosso, l'altezza media dei piani di lavoro. Si può notare come questi vengano efficacemente irraggiati.



Qui invece possiamo vedere come il **robot cambi aspetto a seconda dello stato in cui si trova...**

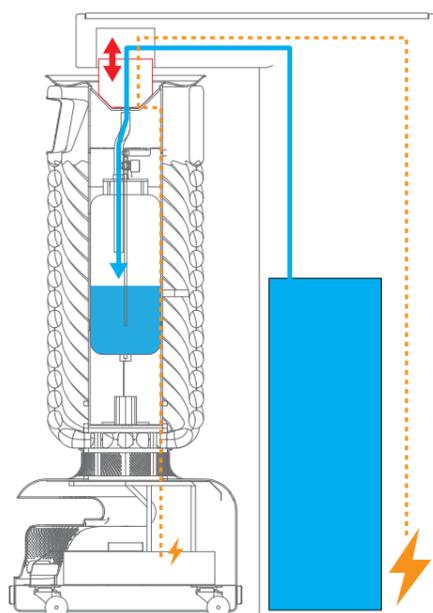


...e i relativi **aspetti dell'interfaccia:**



Breve cenno sul sistema di docking/ricarica:

Essendoci focalizzati sullo sviluppo del robot, quello del sistema di docking è un concept preliminare, un'idea da sviluppare maggiormente in futuro ma della quale vogliamo illustrare molto sinteticamente le funzioni:



La dockstation funge sia da **base di ricarica** che da **stoccaggio di liquido sanificante**.

Questo è possibile grazie ad un **appendice mobile** che si innesta nella parte superiore del robot modellata appositamente per accoglierla.

In questo modo si riduce il fattore di rischio dovuto al processo di sversamento di liquidi sanificanti, altrimenti riservato ad un operatore.

Possiamo apprezzarne l'ipotetico aspetto e funzioni nel render a pagina successiva >>

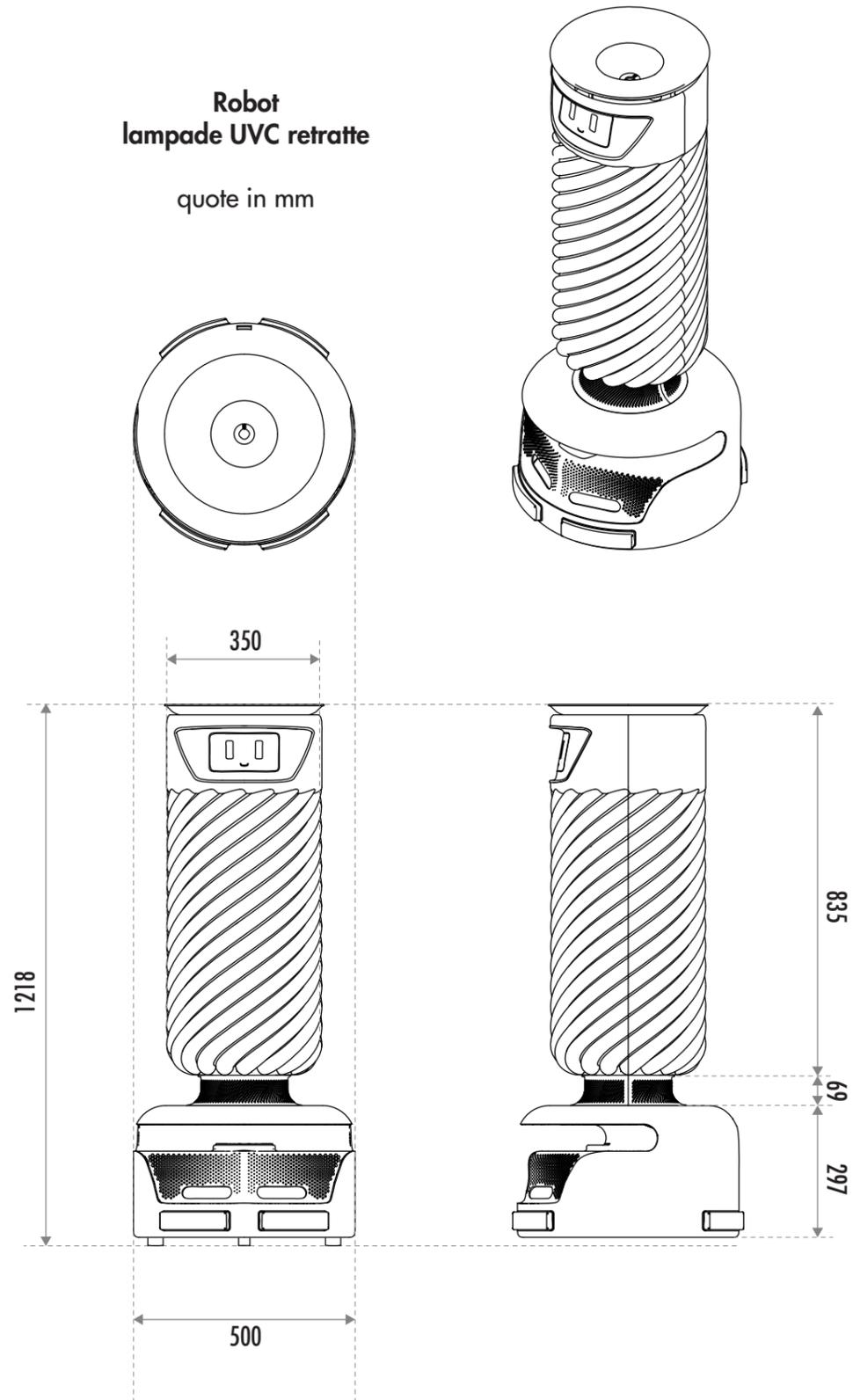


DISTINTE

- **Base**
Proiezioni ortogonali quotate, viste isometriche

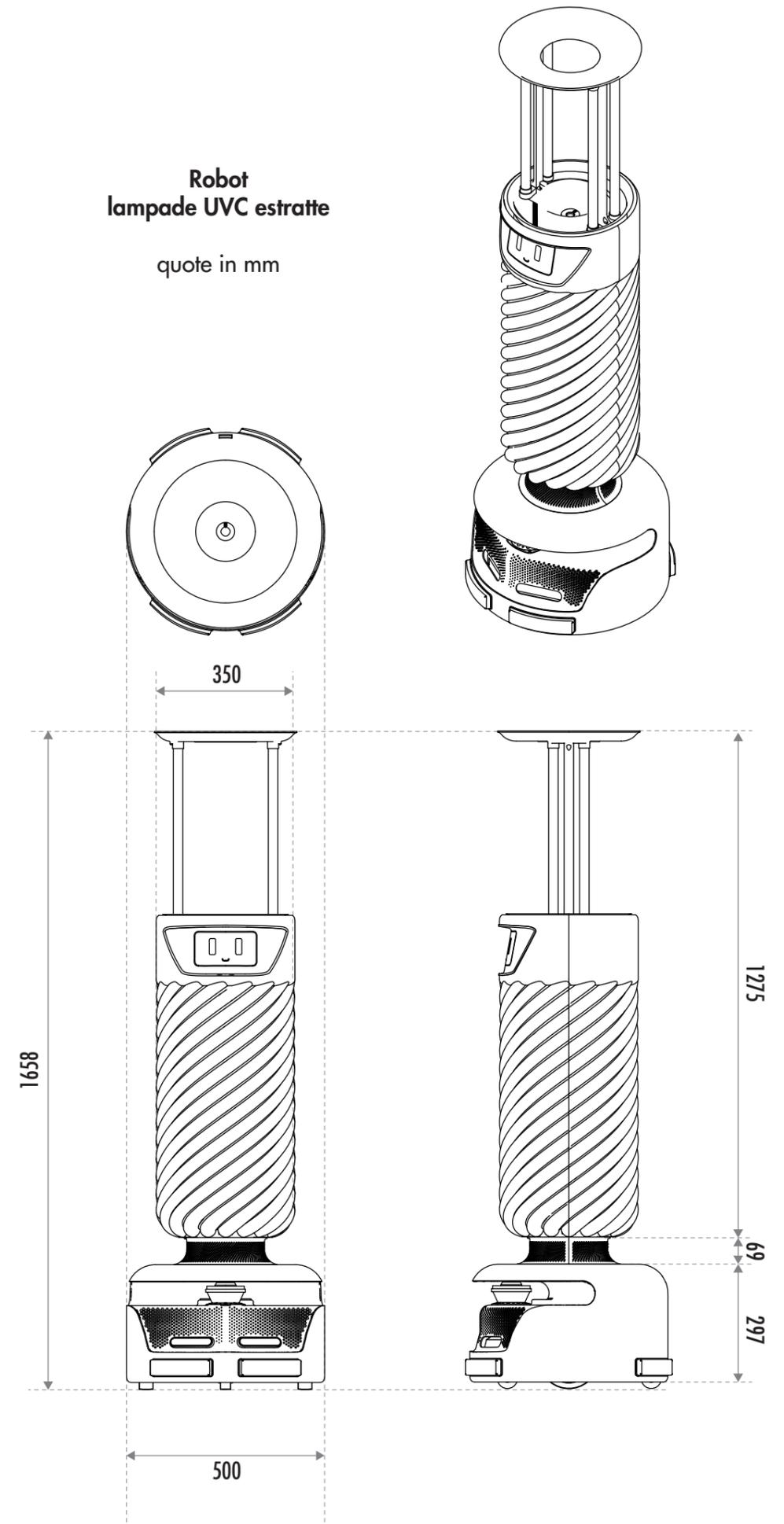
**Robot
lampade UVC retratte**

quote in mm

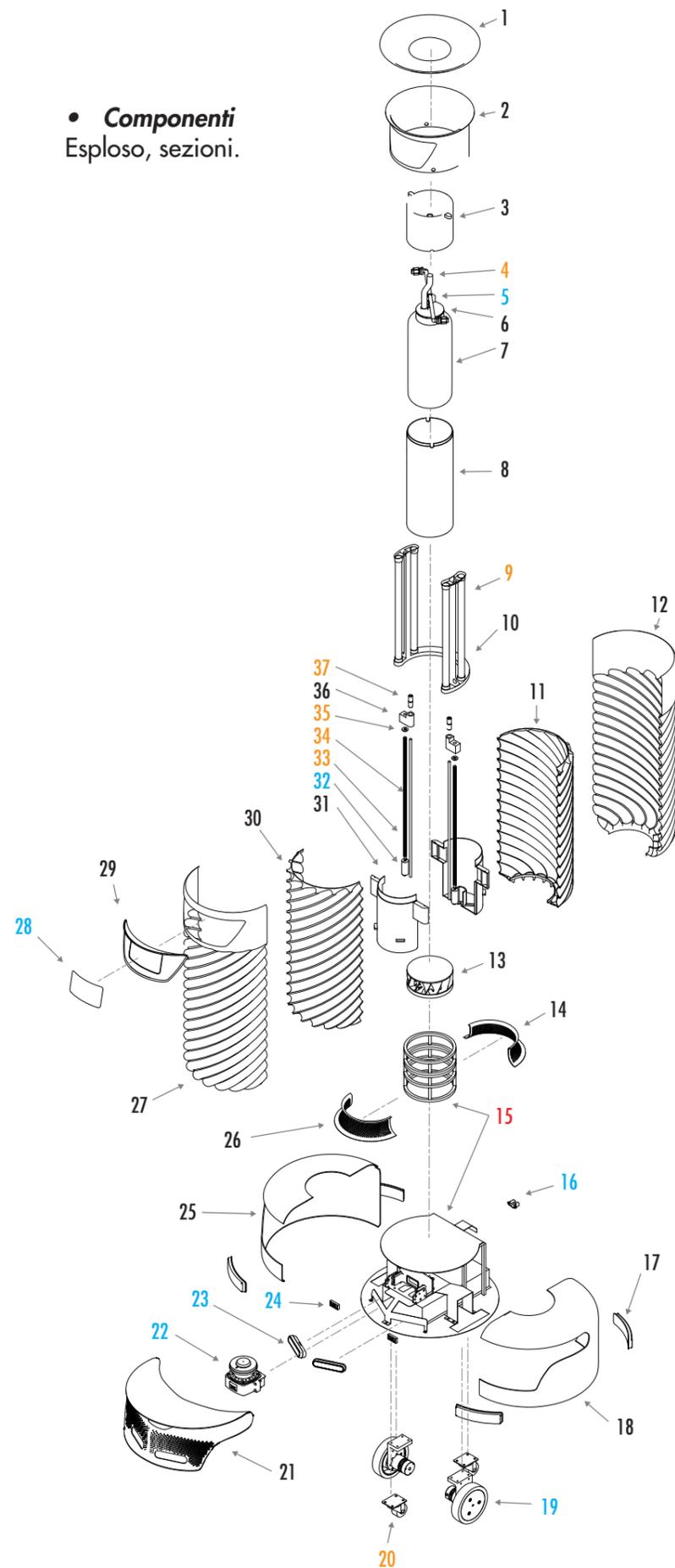


**Robot
lampade UVC estratte**

quote in mm

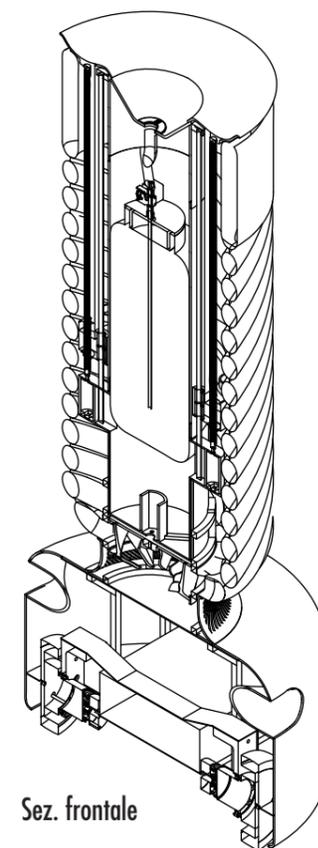


• **Componenti**
Esploso, sezioni.

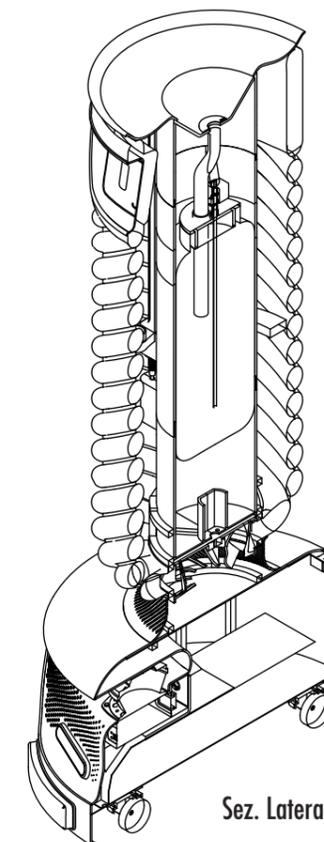


Distinta delle **componenti**,
degli **standardizzati**,
dei **semilavorati**,
dei **contenuti tecnologici** (pag.94):

1. Diffusore superiore
2. Carena interna superiore
3. Tappo/convogliatore corpo centrale
4. Atomizzatori (x2)
5. Pompa a diaframma
6. Tappo serbatoio
7. Serbatoio
8. Carena serbatoio
9. Lampade UVC (x4)
10. Supporto lampade
11. Carena interna posteriore
12. Carena esterna posteriore
13. Ventilatore centrifugo
- 14(26). Copertura filtri HEPA
15. Telaio
16. Sensore IR
17. Bumpers (x4)
18. Carena blocco AMR dx
19. Ruote motrici (x2)
20. Ruote pivottanti (x2)
21. Maschera frontale AMR
22. Laser di sicurezza
23. LiDAR (x2)
24. Speakers (x2)
25. Carena blocco AMR sx
27. Carena esterna frontale
28. schermo Oled
29. Maschera interfaccia
30. Carena interna frontale
31. doppia carena motore ventilatore
32. Motoriduttore (x2)
33. Barra levigata (x2)
34. Viti rullate trapezoidali (x2)
35. Albero di precisione (x2)
36. Cinematismo neon
37. Cuscinetti lineari LM8UU (x4)



Sez. frontale

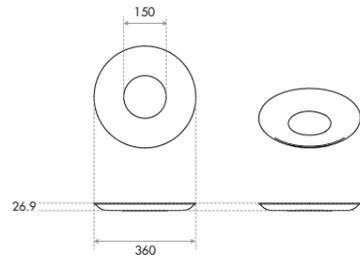


Sez. Laterale

SPECIFICHE DELLE COMPONENTI

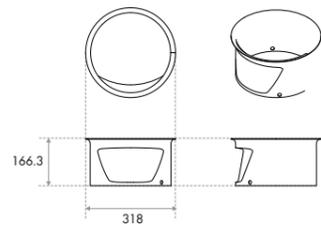
Materiali e tecnologie
(per la numerazione vedi pag 116)

1. diffusore superiore



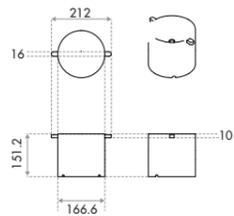
Materiale: Polipropilene PP
Tecnologia: Stampa ad iniezione
Colore: verde RAL 6024

2. Carena interna superiore



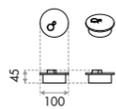
Materiale: Vetro al quarzo
Tecnologia: Formatura/soffiaggio
Spessore: 1.5mm
Colore: trasparente

3. Tappo corpo centrale



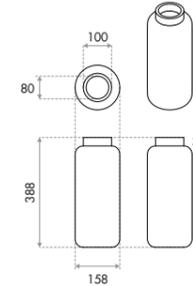
Materiale: Polipropilene PP
Tecnologia: stampa ad iniezione
Spessore: 3mm
Colore: nero RAL 9005

6. Tappo serbatoio



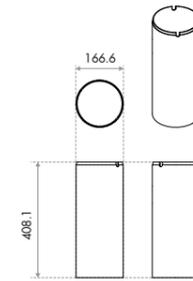
Materiale: PET
Tecnologia: stampa ad iniezione
Colore: verde RAL 6024

7. serbatoio



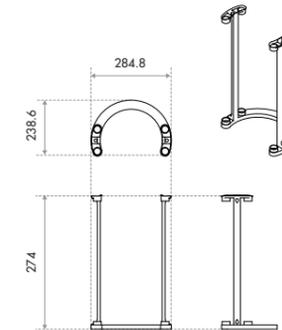
Materiale: PET
Tecnologia: stampa a soffiaggio
Spessore: 1.5mm
Colore: bianco RAL 9003

8. Carena serbatoio



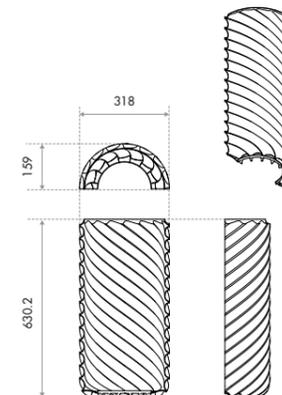
Materiale: PP
Tecnologia: rotostampaggio
Spessore: 3mm
Colore: bianco RAL 9003

10. Supporto lampade



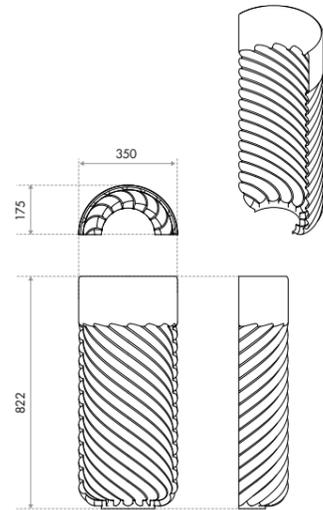
Materiale: PP
Tecnologia: stampa ad iniezione
Colore: verde RAL 6024

11/30. Carena interna posteriore/frontale



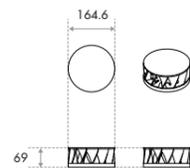
Materiale: PP
Tecnologia: stampa ad iniezione
Spessore: 1.5mm
Colore: bianco RAL 9003

12. Carena esterna posteriore



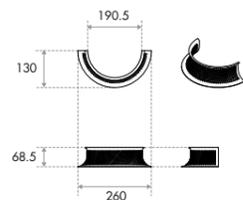
Materiale: PP
Tecnologia: stampa ad iniezione
Spessore: 1.5mm
Colore: verde RAL 6024

13. ventilatore centrifugo



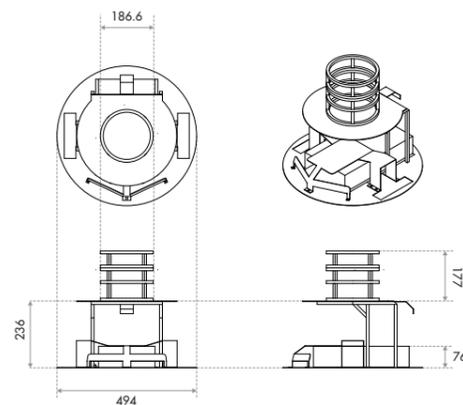
Materiale: PP
Tecnologia: stampa ad iniezione
Colore: verde RAL 6024

14(26). Copertura HEPA



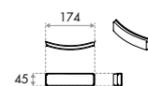
Materiale: PP
Tecnologia: stampa ad iniezione
Spessore: 3mm
Colore: verde RAL 6024

15. Telaio



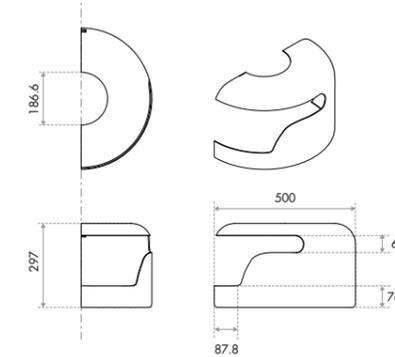
Materiale semilavorato: Acciaio AISI 304
Estrusi: tubi sez. quadrata 10mm
Lamiere: 2mm
Tecnologia: taglio, sagomatura, saldatura, verniciatura.
Colore: nero RAL 9005

17. Bumpers



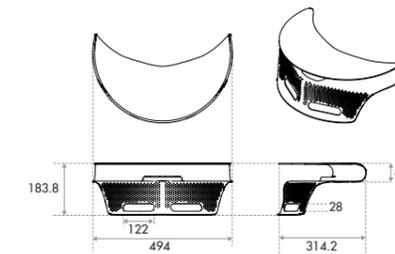
Materiale: Gomma siliconica
Tecnologia: stampa ad iniezione
Colore: nero RAL 9005

18(25). Carene blocco AMR



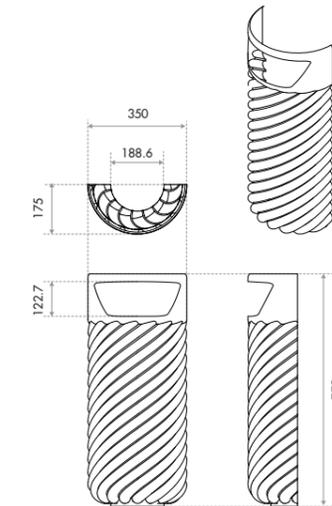
Materiale: PP
Tecnologia: stampa ad iniezione
Spessore: 3mm
Colore: bianco RAL 9003

21. maschera frontale AMR



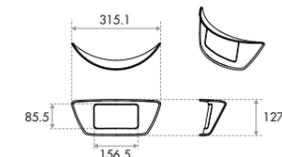
Materiale: PP
Tecnologia: stampa ad iniezione
Spessore: 3mm
Colore: verde RAL 6024

27. Carena esterna frontale



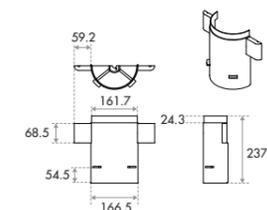
Materiale: PP
Tecnologia: stampa ad iniezione
Spessore: 1.5mm
Colore: bianco RAL 9003

29. Maschera interfaccia



Materiale: PP
Tecnologia: stampa ad iniezione
Spessore: 1.5mm
Colore: nero RAL 9005

31. Carena motore ventilazione



Materiale: PP
Tecnologia: stampa ad iniezione
Spessore: 3mm
Colore: bianco RAL 9003

STANDARDIZZATI

Lista degli standardizzati
(per la numerazione vedi pag 116)

4. Atomizzatori



Descrizione: Ugelli in ottone/ac-
ciaio in AISI 304 - 225015

Goccia: 15 µm
Produttore: MGF

20. Ruote Pivottanti



Descrizione: Rotelle con nucleo
in poliammide (nylon 6) colore
nero, anello in gomma grigia,
mozzo con cuscinetti a sfera
e parafili. Supporti in acciaio
stampato con finitura zincata.

Portata: 50kg
Altezza: 75mm
Produttore: Barbero Pietro s.p.a.

33. Albero di precisione



Descrizione: Albero di precisione
8mm h6 rettificato e temprato in
acciaio al cromo ad alto tenore
di carbonio.

Diametro: 8mm
Produttore: Vari

34/35. Viti rullate trapezoidali/dado trapezoidale



Descrizione: Viti di manovra
rullate in acciaio inossidabile a
profilo di filetto trapezoidale. Gli
azionamenti con viti in acciaio
Inox rappresentano un'ottima
soluzione per serraggi ed avan-
zamenti in ambienti operativi
meccanicamente difficili a contat-
to con agenti ossidanti e corro-
sivi.

Diametro: 12mm (RIT12031D)
Produttore: Torneria Montesi
Paolo & C. snc

37. Cuscinetti lineari LM8UU



Descrizione: Cuscinetto a sfera
lineare per albero di precisione,
modello LM8UU

Diametro interno: 8mm
Diametro esterno: 15mm
Altezza: 24mm
Produttore: vari

RENDERS

La tecnologia ci permette di visualizzare ciò che immaginiamo!



VORTEC + dockstation



processo di sanificazione dell'aria: le lampade UVC sono accese ma retratte.



processo di sanificazione dell'aria e delle superfici: le lampade UVC sono accese ed estratte



processo di sanificazione delle superfici: vengono attivati gli atomizzatori.



dettaglio AMR



processo di sanificazione "combo": le lampade UVC sono accese ed estratte, gli atomizzatori vengono attivati



dettaglio innesto dockstation



aspetto complessivo del robot, lampade retratte



aspetto complessivo del robot, lampade estratte

IL PROTOTIPO

vediamo insieme le fasi necessarie al processo di prototipazione.

• PREPARAZIONE ALLA PROTOTIPAZIONE

1. Scala del modello

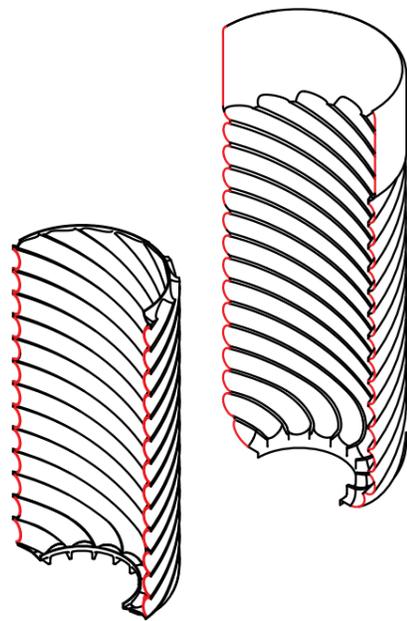
Tra le considerazioni da fare la primissima è: *“quanto lo faccio grande?”*. A seconda delle caratteristiche dell'oggetto da prototipare, delle caratteristiche e della risoluzione della macchina di prototipazione e la *“destinazione d'uso”* dell'oggetto prototipato, infatti, **la scelta dimensionale può variare molto**.

Immaginiamo ad esempio di dover prototipare il modello 3D di una moto. Nel caso in cui si dovesse creare un portachiavi non avrebbe senso modellare le maglie della catena così come, allo stesso tempo, bisognerebbe scomporre il modello 3D in diverse parti da riassemble in seguito nel caso in cui si voglia prototiparlo in dimensioni reali.

Nel caso in questione, ovvero la prototipazione di VORTEC, la scelta della scala è stata influita da queste domande:

- quali sono le dimensioni reali dell'oggetto?
- quale sarà la destinazione?
- quali sono i dettagli da mantenere?
- è possibile realizzare una stampa in scala 1:1 (dimensioni reali)?

Cercando di rispondere a queste domande, trattandosi di un oggetto di dimensioni importanti, da apprezzare sia visivamente che per valutarne l'assemblaggio, **sono stati evidenziati i punti critici dell'oggetto** (vedi immagine a lato) **ovvero: lo spessore delle carene**. Esse infatti sollevano 2 problematiche fondamentali: essendo spessi 1.5mm una stampa in scala 1:1 sarebbe possibile ma il pezzo non entrerebbe nella vasca di stampa salvo ulteriori e scomode divisioni del pezzo. **Si è scelto quindi di usare una scala che permettesse di stampare le carene senza divisioni ulteriori ovvero, al 40% delle dimensioni reali.**



dettaglio dello spessore carene

2. Pezzo unico o assemblato?

Il modello in sé potrebbe essere tranquillamente prototipato per intero, senza scomporlo nelle sue componenti e mantenendo la sua usabilità ma, **volendone valutare soprattutto i criteri di assemblaggio e il sistema di ventilazione, si è scelto di prototipare il pezzo stampando le sue componenti singolarmente per poi riassemble il tutto.**

3. Considerazioni sul modello 3D e modifiche pre-prototipazione

• Incastri e adiacenze

Come suggerito da tutti i manuali di stampa e avendolo direttamente testato, quando progettiamo qualcosa in ambiente 3D prestiamo poca attenzione alle **tolleranze**. Queste sono fondamentali quando si tratta per esempio, della **prototipazione di pezzi che devono incastrarsi o sono in adiacenza**.

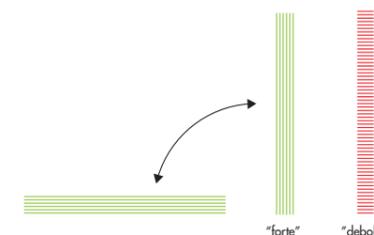


Per risolvere il problema è stato deciso di rimodellare l'oggetto in modo tale da creare degli spazi utili all'assemblaggio. **Per la precisione, applicando una tolleranza di 0.7mm sui pezzi in adiacenza/ad incasto.**

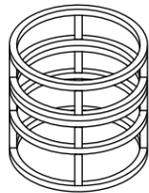


• elementi portanti

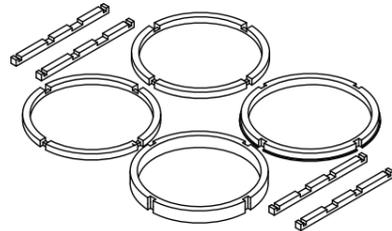
Come è noto, **i pezzi prototipati hanno caratteristiche anisotrope** (ovvero hanno proprietà differenti a seconda della direzione in cui viene applicata una forza). Questo concetto è stato molto preso in considerazione quando si è trattato di prototipare il telaio del robot: gli elementi verticali sono stati stampati disponendoli orizzontalmente (*“sdraiati”* sul piano di stampa piuttosto che stamparli come se fossero delle *“torri”*).



ed è seguendo questi concetti che il telaio (teoricamente stampabile come pezzo unico) è stato diviso nelle sue componenti e disposto nella vasca di stampa "orizzontalmente"



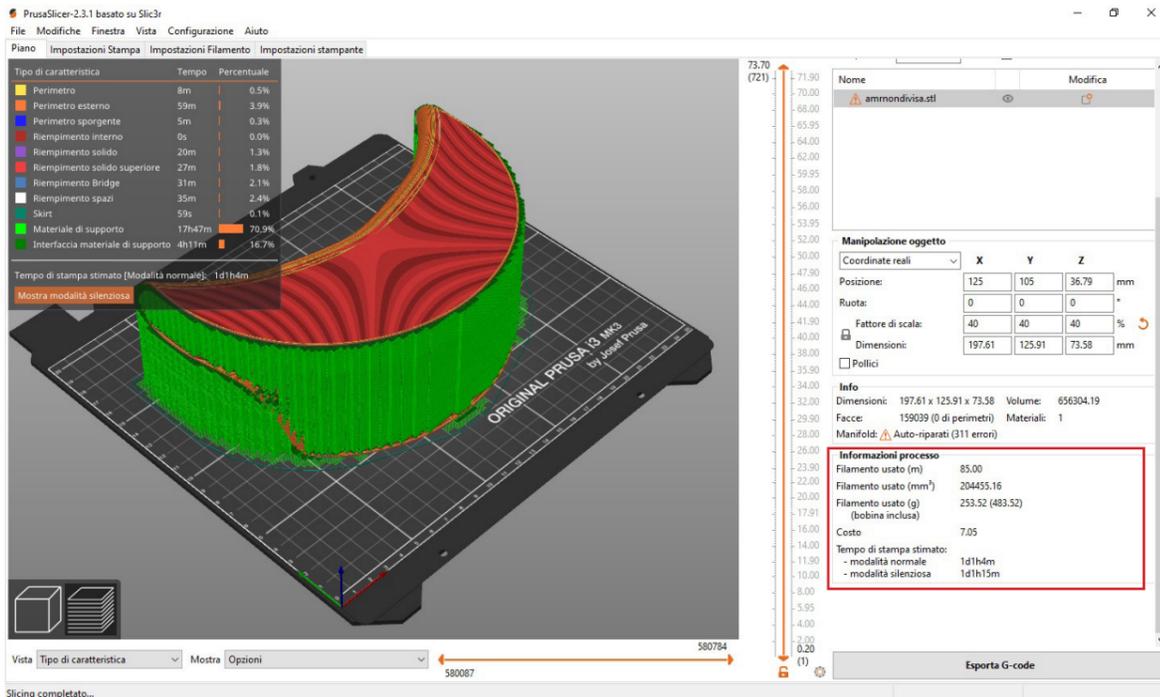
dettaglio telaio "reale"



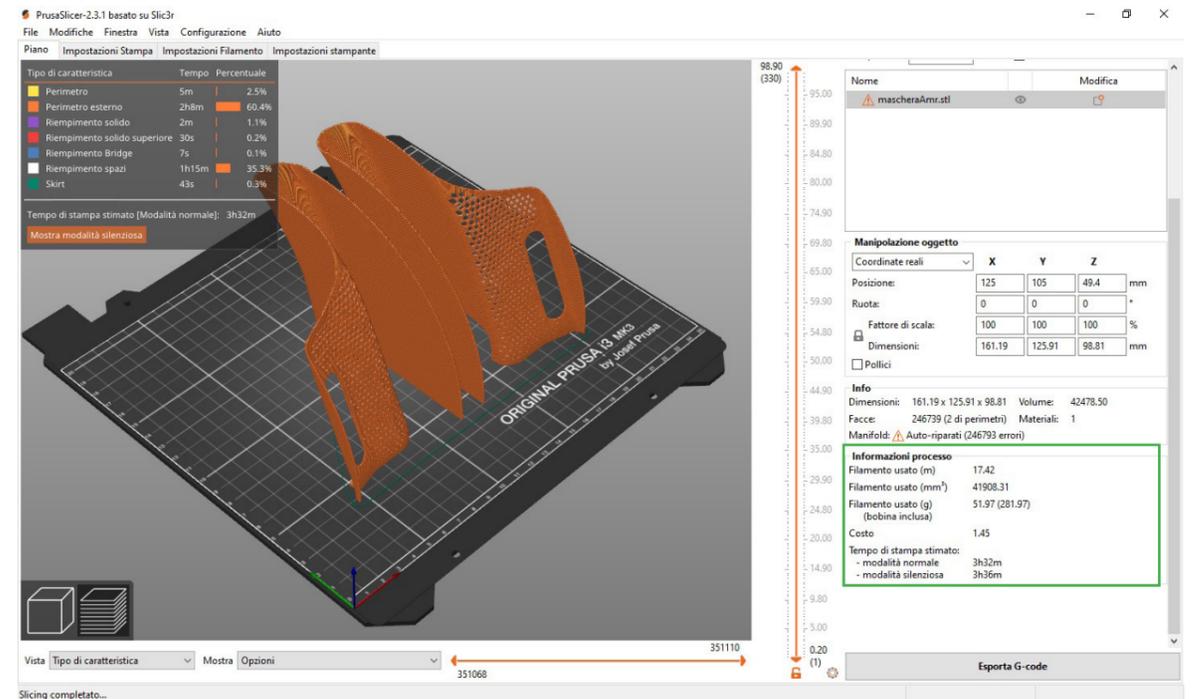
scomposizione telaio per stampa

questo esempio, inoltre, ci serve per introdurre il concetto successivo, ovvero:

- **divisione pezzi per ottimizzare la stampa**
L'obiettivo principale, quando prototipiamo, è sia di **far entrare il pezzo nella vasca di stampa**, sia quello di **stampare nel meno tempo possibile utilizzando meno materiale possibile**. A seconda della **disposizione del pezzo nella vasca di stampa**, tempi e quantità di **materiale cambiano drasticamente**; vediamo alcuni esempi:

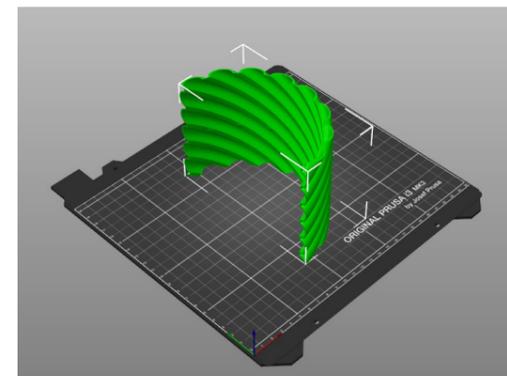


Modello stampato per intero, "così com'è" -> **253g di materiale e più di 25h di stampa!**

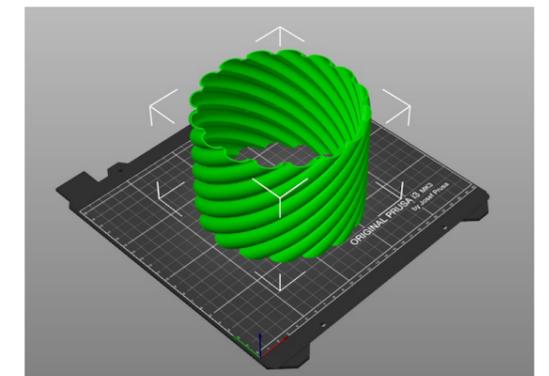


Modello ottimizzato -> **52g di materiale e 3h32m di stampa!**

A volte, invece, la disposizione dei pezzi nella vasca di stampa serve solamente ad "aiutare" la stampante, evitando la creazione di artefatti. Osserviamo ciò nella stampa delle carene:



Parte carena "come da modello".
Problematiche:
artefatti alle estremità
difficoltà nell'allineamento delle stampe successive del modello



Parte carena "unita".
Problematiche precedenti risolte:

Una volta chiarite tutte queste questioni possiamo finalmente iniziare a prototipare!

• IMPOSTAZIONI PROTOTIPAZIONE

1. La macchina di stampa

Si tratta di una nuovissima **PRUSA MK3S+**

- Volume stampa: 250 x 210 x 210 mm
- Feeder system: Direct drive
- Diametro nozzle: 0.4 mm
- Max. hot end temp: 300 °C
- Max. heated bed temp: 120°C
- Materiale letto stampa: Piano magnetico rimovibile PEI coated
- Bed leveling: Automatico
- Connettività: SD, USB Type-B
- Recovery stampa: Si
- Sensore di filamento: Si.



2. Materiale

PRUSAMENT PLA WHITE/SILVER

temp. fusione: 205-220°

pese bobina: 1kg

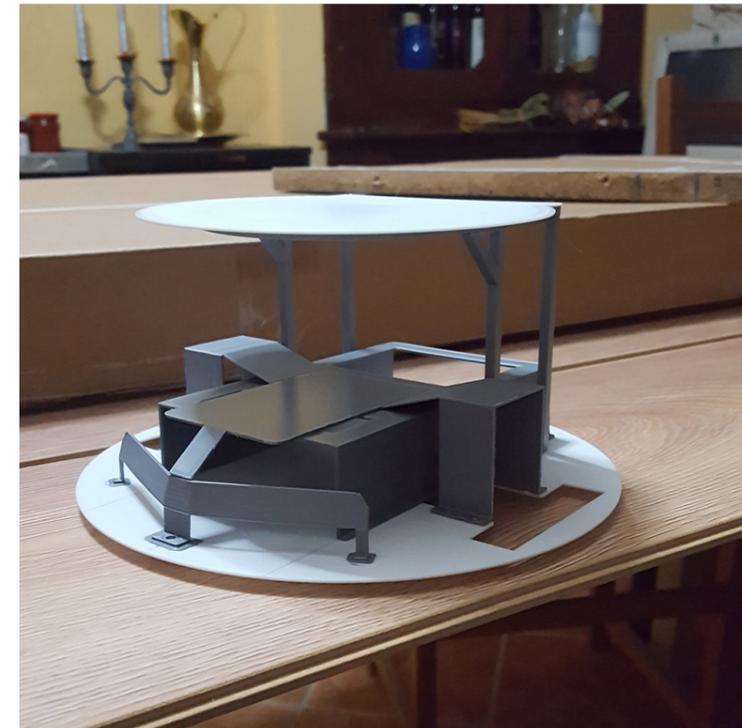
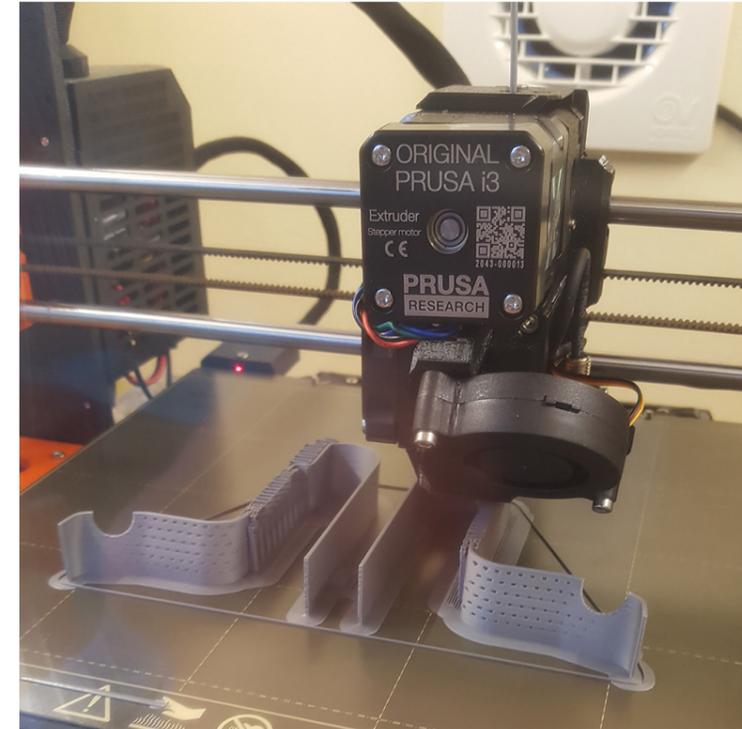
prezzo: 26€/kg

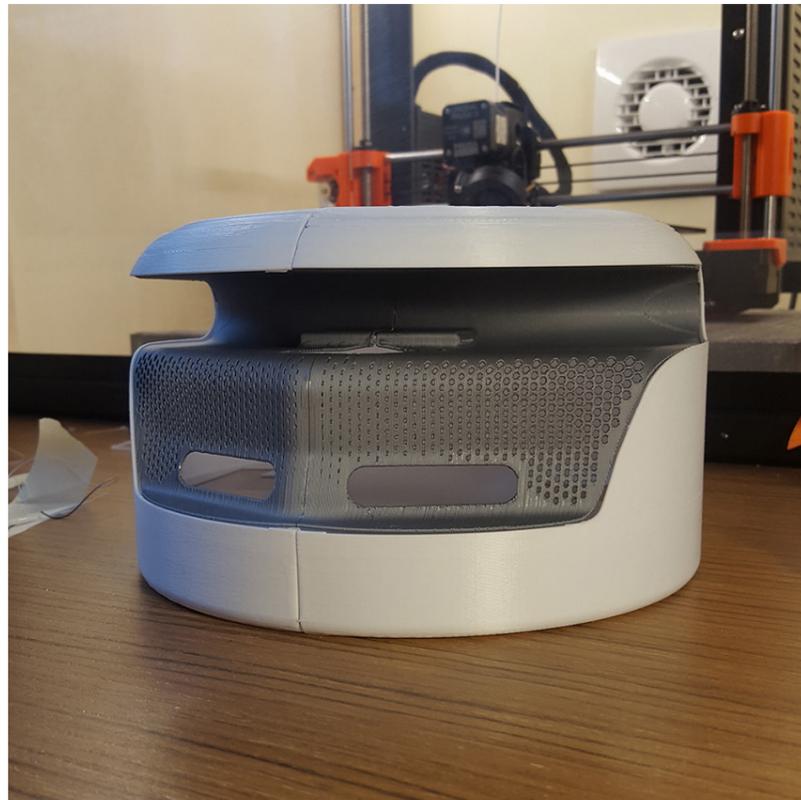


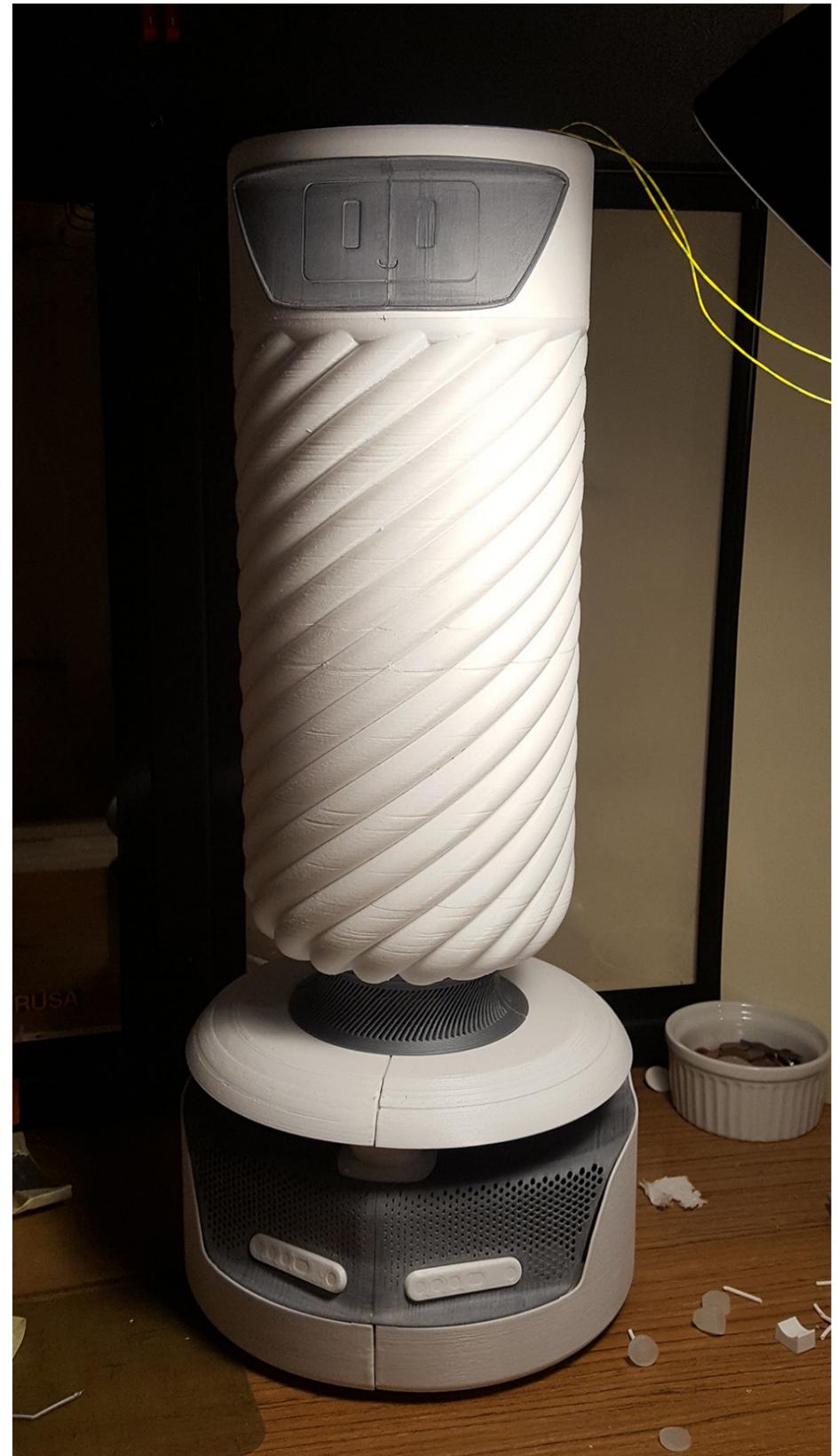
3. Impostazioni di stampa

- Software di slicing: PrusaSlicer-2.3.1
- qualità: DRAFT
- altezza layer: 0.3mm
- brim/skirt: no.
- perimetri: 3
- riempimento: lineare 20%
- supporti: generati automaticamente
- Temp Nozzle: 215° primo strato, 210° altri
- Temp. piano: 60°

• GALLERIA FOTOGRAFICA







RISULTATI ATTESI E VERIFICA DEI RISULTATI:

Per soddisfare i requisiti di usabilità, navigazione autonoma e di sanificazione efficace degli ambienti il robot doveva prima di tutto essere:

- **stabile**
- **ispezionabile**
- **facilmente assemblabile**
- **funzionale (nello specifico: sistema di ventilazione e di estrazione delle lampade UVC)**
- **esteticamente valido**

Stabile: il robot dovrà muoversi in diversi ambienti ed essere pronto a fronteggiare le piccole asperità delle superfici.

Ispezionabile: trattandosi di un robot con molte parti mobili e delicate (es. UVC e atomizzatori), esso doveva essere smontato facilmente per procedere ad eventuali ispezioni e sostituzione delle parti.

Facilmente assemblabile: come per il punto precedente, non si voleva creare un qualcosa con un "manuale di istruzioni" estremamente complesso. Tutte le componenti sono state pensate sotto il segno dell'efficienza, evitando fronzoli non necessari alle funzioni.

Funzionale: nucleo del progetto è il sistema di ventilazione e dell'estrazione delle lampade UVC. Sono loro a rappresentare l'innovazione nel progetto ed hanno ricevuto una particolare attenzione nelle fasi di sviluppo.

Esteticamente valido: funzionale sì, ma con un occhio al design. Attraverso le varie fasi, si è riusciti a valorizzare esteticamente ogni parte del robot, senza elementi ridondanti o inutilizzati. Dalla maschera del blocco di movimentazione autonoma alla forma delle carene, ogni forma segue la funzione a lei dedicata, acquisendo così un significato estetico proprio della funzione.

Ma come verificare se tutte queste richieste sono state soddisfatte senza software specifici e senza fase di pre-produzione? grazie al prototipo!

Attraverso le varie fasi di sviluppo e di successiva prototipazione, sono venute alla luce diverse problematiche, invisibili durante la parte teorica o di modellazione ma successivamente risolte, come:

- l'alloggio delle componenti tecnologiche
- gli incastri tra le varie parti
- la corretta movimentazione delle parti mobili

Inoltre è stato molto utile per valutare l'aspetto complessivo del robot e per sottoporlo ad alcuni *stress test* come ad esempio quello fatto per valutarne la stabilità: **il robot riesce a sopportare pendenze fino a 10° su ogni direzione.**

Altro aspetto fondamentale della prototipazione è stato **quello di valutare l'efficacia del sistema di ventilazione.** Montando sul ventilatore centrifugo un piccolo motore elettrico AC 5V, si è visto come questo riesca a far circolare l'aria dentro la particolarissima forma del robot che, grazie al sistema delle doppie carene, crea delle cavità in cui far passare il flusso d'aria e...dopo il test, **il flusso era presente, andando anche oltre le aspettative!**

Non potendo verificare altre caratteristiche (come ad esempio la parte software dedicata alla navigazione autonoma) o l'effettivo funzionamento delle componenti, si è ragionato molto di più sul loro posizionamento ed ingombro, notando così come tutto si "incastrasse perfettamente".

Tutto ciò rende molto fiduciosi nei riguardi di un'eventuale produzione in quanto, formalmente, non sono state evidenziate particolari lacune o problematiche.

CONCLUSIONI:

Il robot, VORTEC (ormai possiamo chiamarlo per nome), si presenta quindi come un'ottima soluzione in tutti quegli scenari dove è richiesta una particolare attenzione sulla qualità e la pulizia dell'aria ; essendo diventato un tema così sensibile, soprattutto negli ultimi anni, pare evidente come **VORTEC sia molto utile in praticamente tutti gli ambienti indoor, da quelli domestici (dove c'è una particolare attenzione riguardo il benessere personale) a quelli pubblici (attenzione al benessere collettivo) a quelli aziendali (attenzione al lavoratore).**

È molto utile nel garantire una **aria buona, priva di virus, batteri, allergeni ed odori. In più, può svolgere le sue strategie di sanificazioni delle superfici.**

A casa, negli uffici e nelle scuole, nei supermercati e nelle aziende **funge da alleato alle norme di comportamento e ai DPI** necessarie al contrastare la diffusione di virus, avvisa sulla qualità dell'ambiente e lo sanifica a ritmi regolari per garantirne uno sano.

Ma tutto ciò, a che pro?

A non far ammalare le persone! **Una casa sana ha occupanti sani e felici. Una scuola senza infetti riesce a svolgere il suo compito istituzionale senza interruzioni e sacrifici. E per le aziende...immaginiamo il danno economico creato dalla classica influenza stagionale, in cui migliaia di lavoratori rimangono a casa!**

***Smettiamo di preoccuparci dell'aria che respiriamo,
ci pensa VORTEC!***

RINGRAZIAMENTI:

*Ringrazio:
la mia famiglia, per il sostegno;
Davide Paciotti, per la pazienza, la disponibilità e l'amicizia;
UNICAM, per gli insegnamenti;
Francesco Galliani e la COMEC, per l'esperienza svolta con loro.*

*Andrea Antonio Spadaccini
2021*

