

Zefiro

Tecnologia e innovazione per la lotta al Coronavirus

**Proposta di una maschera
elettroventilata a pressione positiva
per la protezione degli operatori
sanitari operanti nei reparti ospedalieri
che trattano pazienti affetti da
COVID-19**

A cura di

Asja Aulizio
Stella Bellisario
Eva Vanessa Bruno
Alessandro Campanella
Francesca Cappa
Federico Citarda
Martina Gargiulo Pozzo
Davide Mercenati
Fabiana Rovera

Supervisione di

Fabrizio Alessio
Consigliere Fablab Torino
/ covid@fablabtorino.org

Fabrizio Valpreda
Professore Associato
Resp. scientifico virtualLAB
Politecnico di Torino

Alessandro Dentis
Resp. tecnico virtualLAB
Politecnico di Torino
/ virtualab@polito.it



LO SCENARIO

IL PIANO C

Il particolare momento che sta vivendo il mondo della Sanità Pubblica del nostro Paese ci sottopone a grandi sfide da affrontare e impone di non abbassare la guardia in merito alla tutela e la salvaguardia del benessere e dello stato di salute di ognuno di noi.

La comunità internazionale dei Makers provvede ormai da settimane, e in ogni parte del mondo, alla realizzazione di soluzioni *open source* per l'autoproduzione di **DPI** (Dispositivi di protezione individuale) da condividere e divulgare, per far fronte all'emergenza Covid-19. Le soluzioni ad oggi sviluppate, prototipate e testate hanno fatto fronte allo scenario definibile come Piano B per fronteggiare la mancanza di DPI per pazienti e cittadini esposti quotidianamente esposti al rischio.

A fronte di una reale e critica necessità del personale ospedaliero, il progetto che verrà presentato in questo documento intende rispondere alle necessità di protezione della suddetta utenza a diretto contatto con i reparti di terapia intensiva Covid-19, proponendo un "Piano C" per fronteggiare la scarsità di DPI professionali per personale medico all'interno degli ospedali.

OBIETTIVI

L'obiettivo cardine della proposta progettuale è quello di sviluppare un DPI **auto-producibile**, nello specifico un dispositivo PAPR, per tutto il personale medico che opera nei reparti di terapia intensiva. L'autoproduzione del sistema prevede l'utilizzo di tecniche di *additive manufacturing* per la prototipazione rapida, associata all'utilizzo di materiali facilmente reperibili sul mercato e utilizzabili, secondo normativa, all'interno delle strutture sanitarie.

Il progetto si configura altresì come un'importante occasione di scambio multidisciplinare, in particolar modo per quel che concerne l'individuazione e l'appropriata selezione della componentistica esterna, indispensabile per il funzionamento del dispositivo.

LINEE GUIDA PROGETTUALI

Prima di procedere con gli sviluppi progettuali relativi al concept appena illustrato, è stata definita una serie di linee guida progettuali, con l'intenzione di far fronte all'attuale insufficienza dei dispositivi in uso, in maniera puntuale, rapida ed efficiente.



Sanificabile



Confortevole



Resistente



Scalabile



Ridotto numero di componenti

LO SCENARIO

DPI E UTENZA DI RIFERIMENTO

I **DPI** (*Dispositivi di protezione individuale*) idonei a prevenire e tutelare l'individuo dal rischio di contagio biologico sono suddivisi nelle seguenti categorie: *protezione del corpo, protezione delle mani, protezione degli occhi, protezione delle vie respiratorie*.

Molti attori sulla scena nazionale e internazionale si sono adoperati a favore dell'Italia per fornire un numero maggiore di DPI sul nostro territorio. Ciò nonostante il rischio più alto è quello che corrono i medici e tutto il personale ospedaliero esposto quotidianamente ai rischi epidemiologici presenti nei reparti Covid-19.

Questi ultimi, infatti, pur necessitando di apparecchiature più sofisticate per restare in corsia in modo continuativo (per 8/10 ore), non dispongono di sufficienti dispositivi, noti come **PAPR** (*Powered air-purifying respirator*), per poter assistere i pazienti in corsia. Per sopperire a tale mancanza, gli operatori sanitari finiscono per utilizzare DPI che non tutelano a pieno la loro salute.



DPI



**Personale
sanitario**

Cosa sono i PAPR?

Un respiratore ad aria purificata (PAPR) è un tipo di dispositivo di protezione individuale utilizzato per proteggere i lavoratori dall'aria contaminata. I PAPR sono costituiti da un respiratore sotto forma di cappuccio o maschera a pieno facciale, che aspira aria ambiente contaminata da uno o più tipi di inquinanti o patogeni, rimuove attivamente tramite filtri una percentuale sufficiente di questi pericoli e quindi eroga l'aria pulita sul viso e/o sulla bocca dell'operatore. I PAPR sono anche chiamati *maschere a pressione positiva, unità soffianti* o semplicemente *soffianti*.



PAPR attualmente
in uso nei reparti
ospedalieri



INSUFFICIENTI



PAPR compatibili
con i DPI per uso
sanitario



DIFFICILI DA REPERIRE



PAPR adattabili
ai DPI per uso
sanitario



DIFFICILI DA ADATTARE

I MAKERS

FABLAB TORINO

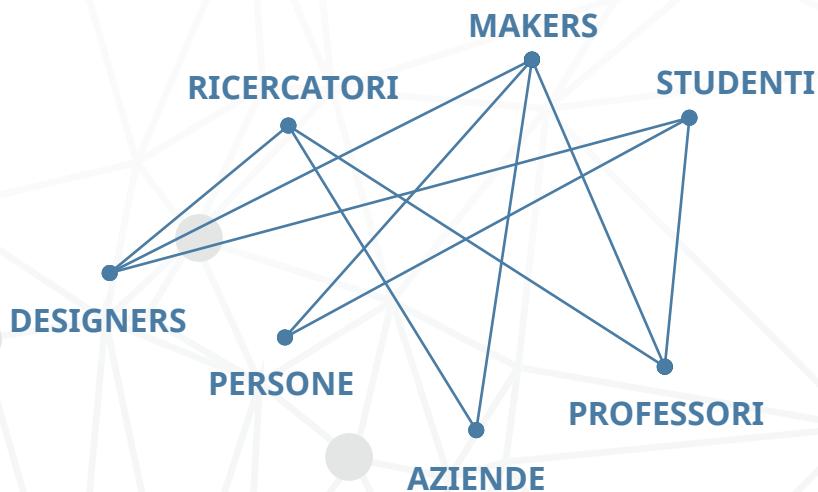
Fablab Torino è un'associazione che si inserisce all'interno della rete globale dei *Fablab*, laboratori locali che stimolano e facilitano lo sviluppo di invenzione e innovazione dando accesso a svariati strumenti di fabbricazione digitale e non (prototipazione rapida, sistemi IoT, ecc).



VIRTUALAB

Il virtuaLAB è un laboratorio che nasce e si sviluppa all'interno della **Cittadella del Design e della Mobilità**, Politecnico di Torino. È un ponte tra il mondo virtuale e quello reale, è il luogo dove le idee iniziano a prendere forma per essere condivise e prototipate con tecnologie di stampa 3D.

Le parole d'ordine di entrambe le realtà sono: l'utilizzo di un **approccio open source**, lo **sviluppo sostenibile** e la **co-progettazione**.



IL PROGETTO

LA MASCHERA ELETTROVENTILATA

La maschera elettroventilata **Zefiro** si compone di una serie di elementi progettati *ad hoc* e di altri componenti di facile reperibilità sul mercato. Nello specifico, i primi costituiscono il **telaio**, elemento strutturale del modello e funzionale al corretto posizionamento della maschera, nonché alla sua stabilità e adattabilità sul capo dell'utente. I secondi, invece, assolvono le funzioni di isolamento e protezione individuale (**tessuto isolante** e **visiera schermante**), oltre che di immissione dell'aria all'interno della maschera (**sistema di filtraggio e ventilazione**).

Di seguito sono illustrati i suddetti componenti, diversificati per principali gruppi funzionali.

I GRUPPI FUNZIONALI

SISTEMA DI ISOLAMENTO E PROTEZIONE INDIVIDUALE

La visiera trasparente garantisce allo stesso tempo protezione e visibilità all'operatrice. Il tessuto isolante avvolge il telaio e scherma l'utente da rischi esterni di contagio.

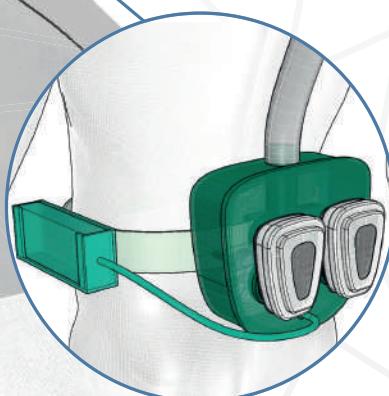
TELAI

Elemento strutturale della maschera, composto da fascia frontale, placca superiore e *frame* distanziatore per la visiera.



SISTEMA DI FILTRAGGIO E VENTILAZIONE

Sistema composto da: alloggiamento per filtro, ventola, gruppo di alimentazione, tubo d'immissione dell'aria e diffusore.

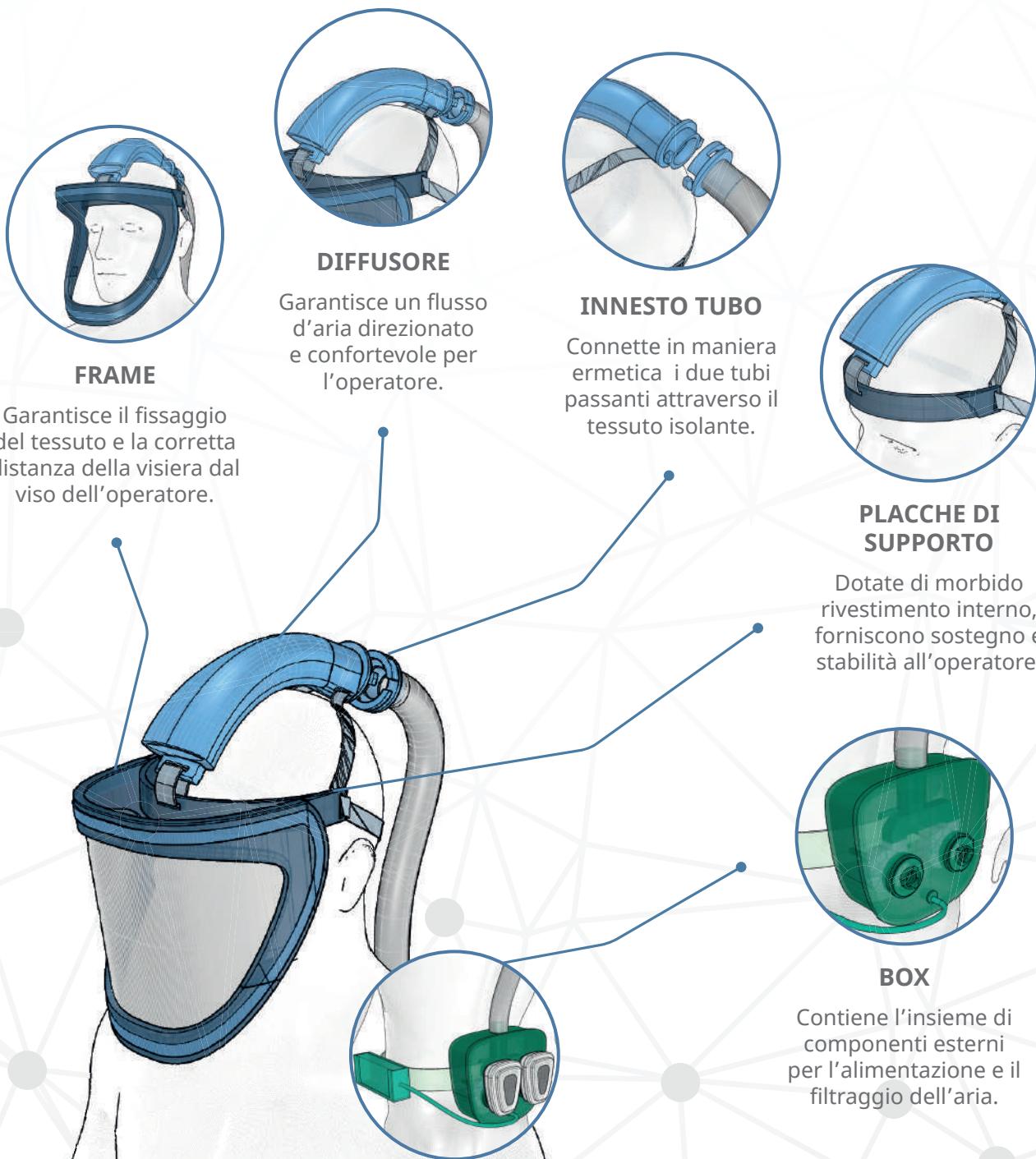


IL PROGETTO

I COMPONENTI PROGETTATI

Tra i componenti progettati *ad hoc*, auto-producibili tramite tecniche di stampa 3D, vi sono tutti gli **elementi che compongono il telaio**, insieme con il **box** che contiene la componentistica esterna funzionale all'alimentazione e al filtraggio dell'aria.

Il telaio consta di un *frame* distanziatore che ospita e trattiene ermeticamente una visiera trasparente, della quale garantisce la corretta distanza dal viso dell'operatore; inoltre consente il fissaggio del tessuto isolante, funzionale alla protezione individuale da contagi esterni. Attraverso una serie di placche di supporto, lo stesso *frame* è saldamente collegato al diffusore d'aria filtrata, connesso a sua volta al tubo di immissione che si innesta all'interno del tessuto.



IL PROGETTO

I COMPONENTI ESTERNI

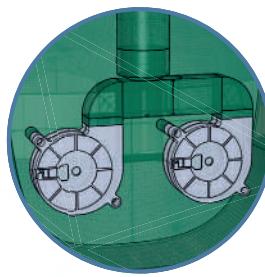
L'individuazione dei componenti esterni, elementi indispensabili per il funzionamento dell'intero dispositivo, si è basata su un **approccio alla progettazione per componenti**. Nello specifico, la ricerca di questi ultimi è stata articolata a partire da un'analisi preliminare delle specifiche caratteristiche dei PAPR professionali e dei progetti *open source* realizzati fino a questo momento dai *makers* internazionali. Ciò ha consentito di individuare una serie di prodotti di facile reperibilità sul mercato, che potessero essere adoperati e/o adattati durante l'assemblaggio del dispositivo.

Ciononostante, per il raggiungimento di soluzioni progettuali ottimali e conformi alla destinazione d'uso del dispositivo, si auspica il contributo e la condivisione di competenze esterne, nel pieno rispetto dell'approccio *open source* che ha caratterizzato il progetto fin dalle prime fasi.



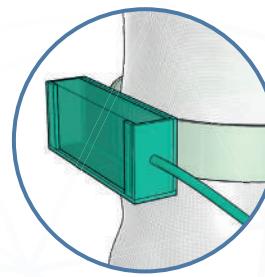
**FILTRI ADATTABILI
A TIPOLOGIE:
RD40 - CPAP**

Grazie a due adattatori, i filtri garantiscono la depurazione dell'aria in entrata, proteggendo da contaminazioni esterne.



VENTOLE

L'utilizzo di due ventilatori centrifughi consente il passaggio di un maggior flusso d'aria, canalizzato attraverso un innesto ventole - tubo.



**PACCO BATTERIA
AGLI IONI DI LITIO**

Rappresenta un sistema *customizable* per ottenere il quantitativo necessario di potenza.



VISIERA SCHERMANTE

Adeguatamente distante dal viso dell'operatore, garantisce allo stesso tempo visibilità e protezione da contagi.



TESSUTO ISOLANTE

Scherma l'intero sistema di componenti interne, creando un ambiente isolato e protetto dagli agenti virali esterni.



FASCE ELASTICHE

Posizionate sopra e sotto la nuca, offrono comfort e sostegno durante l'utilizzo della maschera.

I MATERIALI

COMPONENTI, PREREQUISITI

COMPONENTI PROGETTATI



ELEMENTI DEL TELAIO, BOX

Stampabilità, resistenza, impermeabilità, sanificabilità, adattabilità.

COMPONENTI ESTERNI



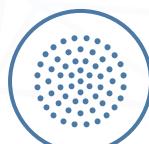
VENTOLA

Pressione positiva a 2 velocità, flusso aria costante, 9.0~16.0 VDC, 170-220 LPM.



BATTERIA

Lithium ion, portabilità, durata di 6-8 h, minimi ingombri, 12 V, 3.7V/38400mAh.



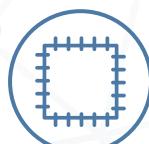
FILTORE

Tipo N95/FFP2/FFP3, idrorepellenza, atossicità, anallergicità, traspiranza.



TUBO

Leggerezza, atossicità, flessibilità, resistenza agli urti.



TESSUTO ISOLANTE

Impermeabilità, traspiranza, atossicità, sanificabilità, resistenza.



ELASTICI

Elasticità, resistenza a trazione, traspiranza, sanificabilità.



VISIERA SCHERMANTE

Visibilità, resistenza agli urti, impermeabilità.

MATERIALI DI RIFERIMENTO

PLA, PETG.

Ventilatori centrifughi, ventole ottimizzate per la pressione statica, ecc.

TalentCell 12V Batteria agli ioni di Litio PB120B, ecc.

Tessuto non tessuto (TNT), filtro CPAP antibatterico e antivirale, Filtri RD40, Tessuto EN 1073-2 (Tyvek® 500).

Tubi in gomma per usi alimentari, tubi enologici, tubi in cristallo atossici, ecc.

TNT / TTR medicali, sacchi in plastica PVC/PC (minimo 160 µ), big bag in PP, tende da campeggio in PA/PE/PES, ecc.

Nylon, Spandex, schiuma poliuretanica, UBL (Unbroken loop).

PVA (Polivinilacetato), PET-G (Polietilenetereftalato-glicole), PPE (Etere di Polifenilene), PC (Policarbonato).

Zefiro

Tecnologia e innovazione per la lotta al Coronavirus

**Manuale di istruzioni per la
fabbricazione della maschera
elettroventilata a pressione positiva**

A cura di

Asja Aulizio
Stella Bellisario
Eva Vanessa Bruno
Alessandro Campanella
Francesca Cappa
Federico Citarda
Martina Gargiulo Pozzo
Davide Mercenati
Fabiana Rovera

Supervisione di

Fabrizio Alessio
Consigliere Fablab Torino
/ covid@fablabtorino.org

Fabrizio Valpreda
Professore Associato
Resp. scientifico virtualAB
Politecnico di Torino

Alessandro Dentis
Resp. tecnico virtualAB
Politecnico di Torino
/ virtualab@polito.it



ISTRUZIONI

ZEFIRO

Zefiro è una maschera elettroventilata auto-producibile, progettata da un team di designer e progettisti del Politecnico di Torino, supportati dalle competenze del virtuaLAB e del Fablab Torino. La maschera, che si compone di una serie di elementi progettati *ad hoc* e di altri componenti di facile reperibilità sul mercato, è un **Dispositivo di Protezione Individuale** destinato a tutto il personale medico che opera nei reparti di terapia intensiva Covid-19.

PROCEDURA DI STAMPA E ASSEMBLAGGIO (MASCHERA)

- 1 Scarica il modello 3D della maschera.
- 2 Posiziona i componenti sul piatto di stampa in modo da ottimizzarne la disposizione.
- 3 Stampa i componenti della maschera e rimuovi i supporti generati durante la stampa.
- 4 Incolla tra loro i due elementi costituenti il *frame* (1) (2).
- 5 Stampa la dima della visiera (3) e ritaglia quest'ultima sul materiale trasparente da te scelto.
- 6 Incolla la visiera nella scanalatura interna del *frame*.
- 7 Unisci il *frame* e il diffusore (4) per mezzo dei 2 elastici in nylon. Il primo (5) dovrà connettere la parte frontale del *frame* con l'estremità anteriore del diffusore; il secondo (6) creerà la struttura di supporto passando per le asole poste nelle estremità laterali del *frame*.
- 8 Dopo aver cosparso di colla la parte esterna del *frame*, posiziona al di sopra di esso il tessuto isolante, avendo cura di rifilarlo seguendo il margine della visiera.
- 9 Pratica un foro (\varnothing 34 mm) in corrispondenza dell'innesto del tubo, in prossimità della nuca; quindi connetti il diffusore al tubo esterno (7) per mezzo della valvola (8).

ISTRUZIONI

ESPLOSO MASCHERA



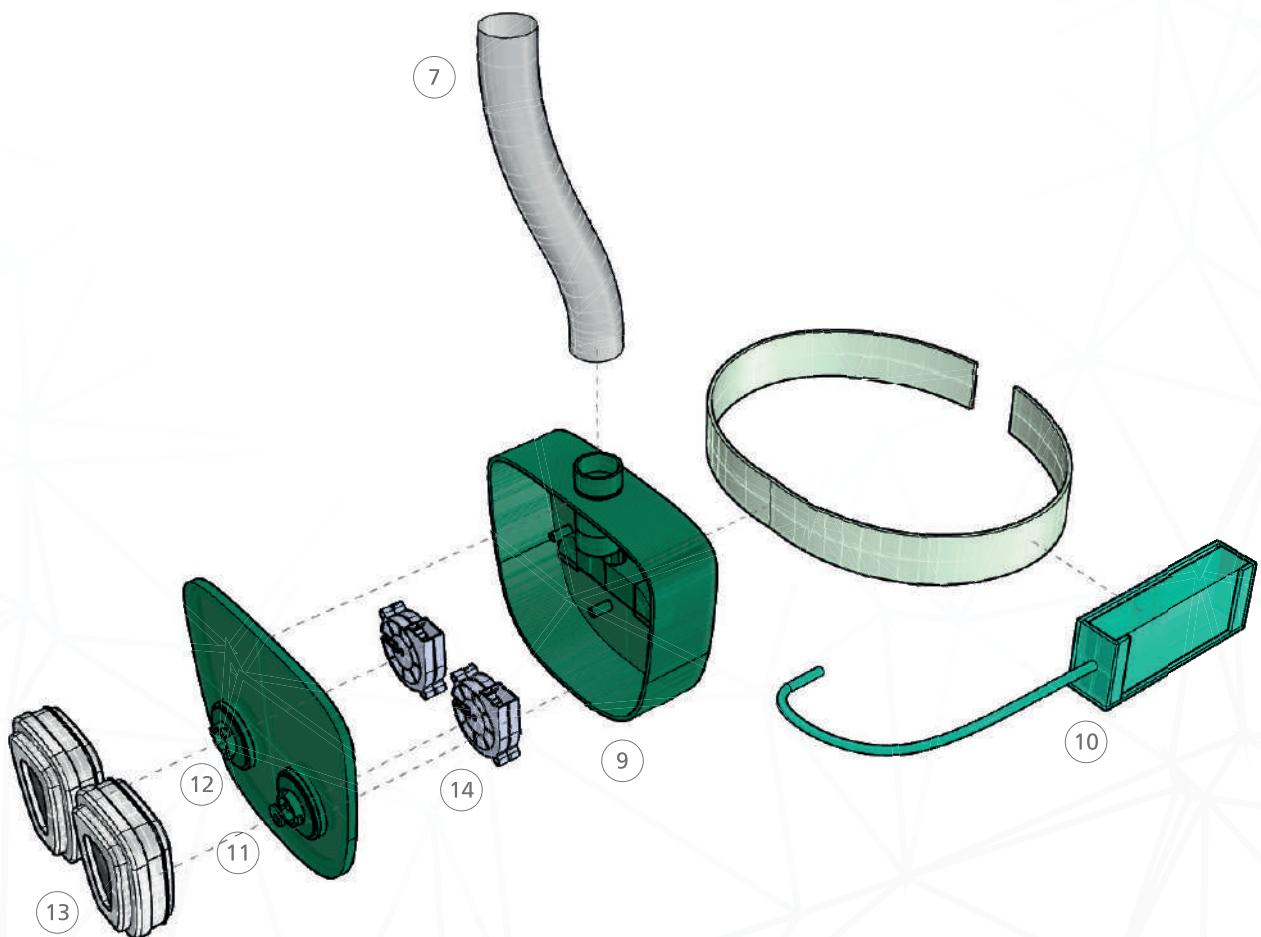
ISTRUZIONI

PROCEDURA DI STAMPA E ASSEMBLAGGIO (BOX)

- 1 Scarica il modello 3D dell'unità di ventilazione e degli adattatori.
- 2 Posiziona i componenti sul piatto di stampa in modo da ottimizzarne la disposizione.
- 3 Stampa il box dell'unità di ventilazione (9), del pacco batteria (10) e l'elemento connettore tra ventole e tubo (11).
- 4 Stampa gli adattatori (12) in base ai filtri (13) che hai a disposizione (se necessario).
- 5 Rimuovi i supporti generati dalla stampa.
- 6 Inserisci all'interno del box i due ventilatori (14) e collegali tra di loro con l'elemento connettore.
- 7 Chiudi il box e avvia l'eventuale adattatore, a cui innesterai il filtro.
- 8 Inserisci le batterie nella scocca del pacco batterie.
- 9 Assembila il tubo (7) all'unità di ventilazione.

ISTRUZIONI

ESPLOSO BOX



ISTRUZIONI

DIMA PER VISIERA SCHERMANTE

Stampare in formato A3 (dimensioni effettive)

Scala metrica

