





GREEN LANTERN 



---

**Progettazione di una lampada energeticamente autonoma grazie  
all'utilizzo di P-MFC in ambiente domestico e contract**





S A A D

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

---

## UNICAM SAAD

Tesi di laurea realizzata a conclusione del Corso di Laurea triennale in Disegno Industriale e Ambientale presso l'Università UNICAM di Ascoli Piceno, facoltà di Architettura e Design "Eduardo Vittoria".

a.a 2019/2020

## UNICAM SAAD

Viale della Rimembranza, 11  
63100 Ascoli Piceno/Italia  
tel. +39 0737404251

---

[www.saadunicam.it](http://www.saadunicam.it)

Sessione di Laurea Aprile 2021

## Tesi progettuale

Progettazione di una lampada energeticamente autonoma grazie all'utilizzo di P-MFC in ambiente domestico e contract

Nome prodotto

*"Green Lantern"*

---

Relatore

Andrea Lupacchini

Correlatore

Roberto Giacomucci

Laureando

Matteo De Luca







# Abstract

La domanda energetica è in aumento a seguito della continua crescita della popolazione mondiale e la produzione energetica comporta danni sempre più gravi all'ambiente e alla salute umana. Lo sviluppo e l'impiego di tecnologie in grado di produrre energia da fonti rinnovabili è fondamentale per evitare una crisi energetica e in particolare le P-MFCs (Plant Microbial Fuel Cells) potrebbero, in un futuro molto prossimo, sostenere i bisogni energetici della famiglia media. In questa tesi è stata studiata una lampada che può utilizzare al meglio le Cellule a Combustione Microbica Vegetale, tecnologia in grado di produrre energia dai batteri che vivono in simbiosi con le piante. Per questo motivo, il prodotto può essere definito "energeticamente autonomo" in quanto utilizza per lo svolgimento delle proprie funzioni, soltanto l'energia che riesce ad accumulare.

Al fine del raggiungimento dell'obiettivo, la ricerca su cui sono state basate le scelte progettuali va ad approfondire il funzionamento delle P-MFC e i metodi attraverso cui viene massimizzata la resa energetica con approfondimenti di biologia e chimica.

The global energy demand is increasing as a result of the continuous growth of the world population and the energetic production is inflicting serious damage to the environment and human health. The development and use of technologies capable of producing energy from renewable sources is essential to avoid an energy crisis and in particular, P-MFCs (Plant Microbial Fuel Cells) could, in the very near future, support the energy needs of the average family. In this thesis a lamp was studied that can make the best use of Plant Microbial Fuel Cells, a technology capable of producing energy from bacteria that live in symbiosis with plants. For this reason, the product can be defined as "energetically autonomous" as it uses only the energy it can accumulate to perform its functions.

In order to achieve the goal, the research on which the design choices were based goes to deepen the functioning of the P-MFCs and the methods through which energy yield is maximized with in-depth analysis of biology and chemistry.



# Indice

## Fase di ricerca

Lo stato del settore energetico nel Mondo	<b>16</b>
In Europa	<b>24</b>
In Italia	<b>28</b>
Cresce l'interesse per metodi di produzione "Green"	<b>32</b>
Cellule a Combustione Microbica Vegetale	<b>34</b>
Opinione pubblica	<b>40</b>
Casi studio	<b>42</b>
Le piante in ambiente domestico e contract	<b>46</b>

## **Fase di sviluppo**

Requisiti e vincoli progettuali	<b>50</b>
Modelli iniziali	<b>52</b>
Green Lantern	<b>54</b>
La lampada	<b>56</b>
Il vaso	<b>60</b>
Il sito web per scegliere la pianta	<b>66</b>
Esempi di piante e requisiti	<b>68</b>
Storyboard	<b>70</b>
Render ambientati	<b>80</b>
Materiali	<b>92</b>



## Lo stato del settore energetico nel Mondo

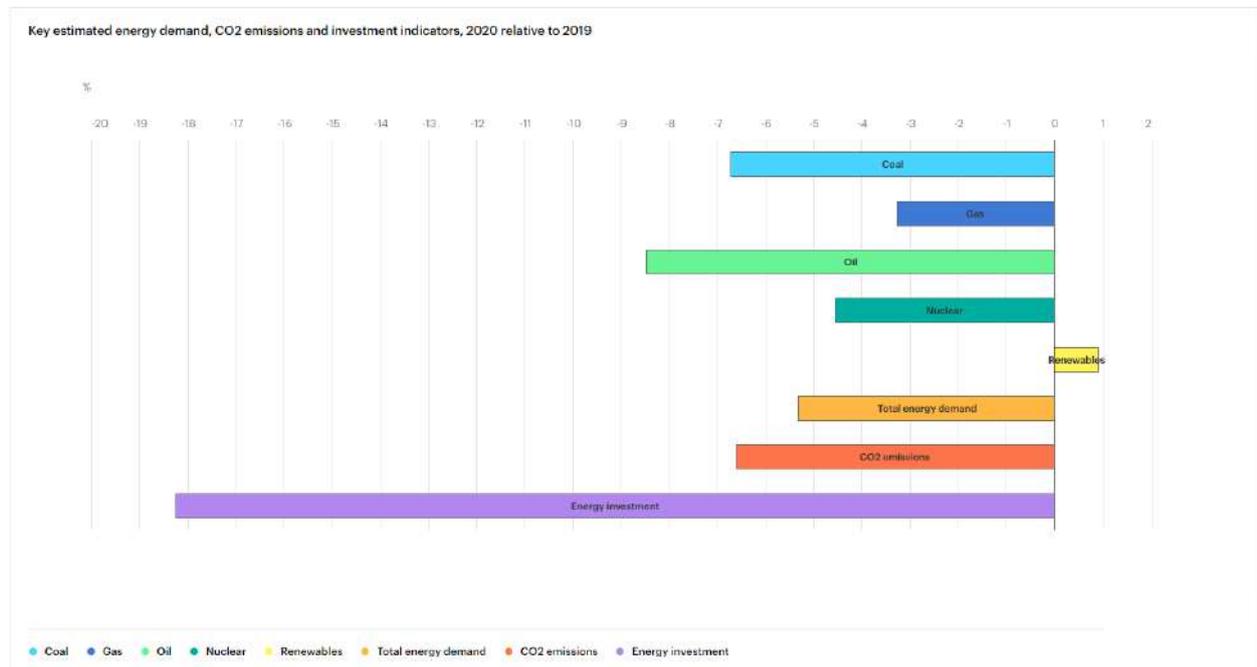
### Come la pandemia ha influenzato il settore energetico

La pandemia Covid-19 ha causato più sconvolgimenti nel settore energetico di qualsiasi altro evento nella storia recente, lasciando impatti che si faranno sentire negli anni a venire.

È troppo presto per dire se la crisi odierna rappresenti una battuta d'arresto per gli sforzi volti a realizzare un sistema energetico più sicuro e sostenibile, o un catalizzatore che accelera il ritmo del cambiamento. La pandemia è tutt'altro che finita, restano molte incertezze e devono ancora essere prese decisioni cruciali di politica energetica.

La domanda globale di energia dovrebbe diminuire del 5% nel 2020, le emissioni di CO2 legate all'energia del 7% e gli investimenti energetici del 18%. Gli impatti variano a seconda del carburante. Il calo stimato dell'8% della domanda di petrolio e del 7% del consumo di carbone è in netto contrasto con un lieve aumento del contributo delle energie rinnovabili. La riduzione della domanda di gas naturale è di circa il 3%, mentre la domanda globale di elettricità sembra destinata a diminuire di un 2% relativamente modesto per l'anno.

Il calo di 2,4 gigatonnellate (Gt) riporta le emissioni annuali di CO2 ai livelli di dieci anni fa. Tuttavia, i primi segnali sono che potrebbe non esserci stata una riduzione simile nel 2020 delle emissioni di metano - un potente gas serra - dal settore energetico, nonostante la minore produzione di petrolio e gas.

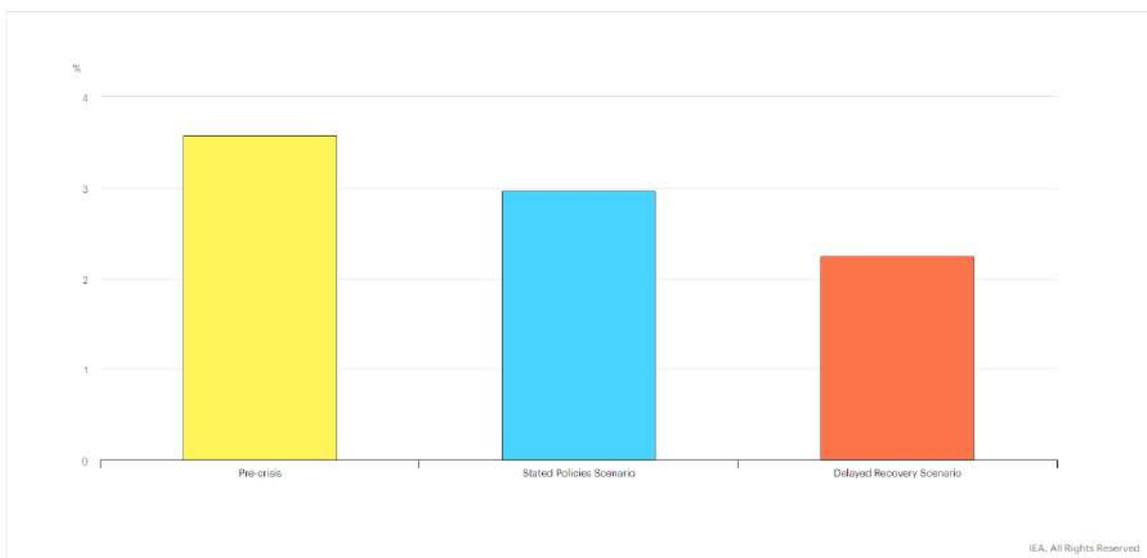


“La recessione economica ha temporaneamente soppresso le emissioni, ma la bassa crescita economica non è una strategia a basse emissioni - è una strategia che servirebbe solo a impoverire ulteriormente le popolazioni più vulnerabili del mondo. Solo modifiche strutturali più rapide al modo in cui produciamo e consumiamo energia possono interrompere definitivamente la tendenza delle emissioni. I governi hanno la capacità e la responsabilità di intraprendere azioni decisive per accelerare le transizioni di energia pulita e mettere il mondo sulla buona strada per raggiungere i nostri obiettivi climatici, comprese le emissioni nette zero “. -Dr Fatih Birol, Direttore Esecutivo IEA

## Non esiste una singola trama sul futuro

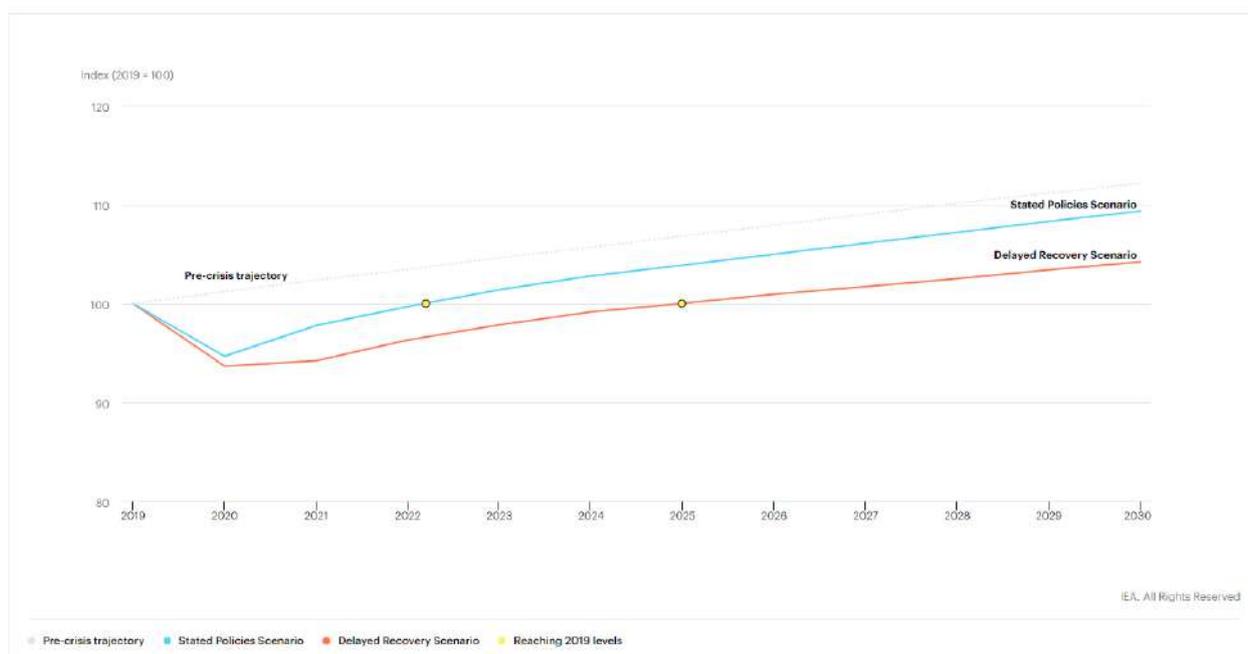
L'incertezza sulla durata della pandemia, i suoi impatti economici e sociali e le risposte politiche aprono un'ampia gamma di possibili futuri energetici. Considerando diverse ipotesi su queste principali incognite, insieme agli ultimi dati del mercato energetico e una rappresentazione dinamica delle tecnologie energetiche, Il World Energy Outlook 2020 dell'IEA (International Energy Agency) prevede quattro scenari per il futuro:

- Lo Stated Policies Scenario (STEPS), in cui Covid-19 viene gradualmente portato sotto controllo nel 2021 e l'economia globale torna ai livelli pre-crisi nello stesso anno. Questo scenario riflette tutte le intenzioni e gli obiettivi politici annunciati oggi, nella misura in cui sono supportati da misure dettagliate per la loro realizzazione.
- Lo scenario di recupero ritardato (DRS) è concepito con le stesse ipotesi politiche degli STEPS, ma una pandemia prolungata causa danni duraturi alle prospettive economiche. L'economia globale ritorna alle dimensioni precedenti alla crisi solo nel 2023 e la pandemia inaugura un decennio con il tasso di crescita della domanda di energia più basso dagli anni '30.
- Nello scenario di sviluppo sostenibile (SDS), un'impennata nelle politiche e negli investimenti per l'energia pulita mette il sistema energetico sulla buona strada per raggiungere pienamente gli obiettivi di energia sostenibile, inclusi l'accordo di Parigi, l'accesso all'energia e gli obiettivi di qualità dell'aria. I presupposti sulla salute pubblica e sull'economia sono gli stessi degli STEPS.
- Il nuovo caso Net Zero Emissions entro il 2050 (NZE2050) estende l'analisi SDS. Un numero crescente di paesi e aziende punta a emissioni nette zero, in genere entro la metà del secolo. Tutti questi risultati vengono raggiunti nella SDS, che mette le emissioni globali sulla buona strada per lo zero netto entro il 2070. Il NZE2050 include la prima modellazione IEA dettagliata di ciò che sarebbe necessario nei prossimi dieci anni per mettere le emissioni globali di CO2 sulla buona strada per lo zero netto entro il 2050 .



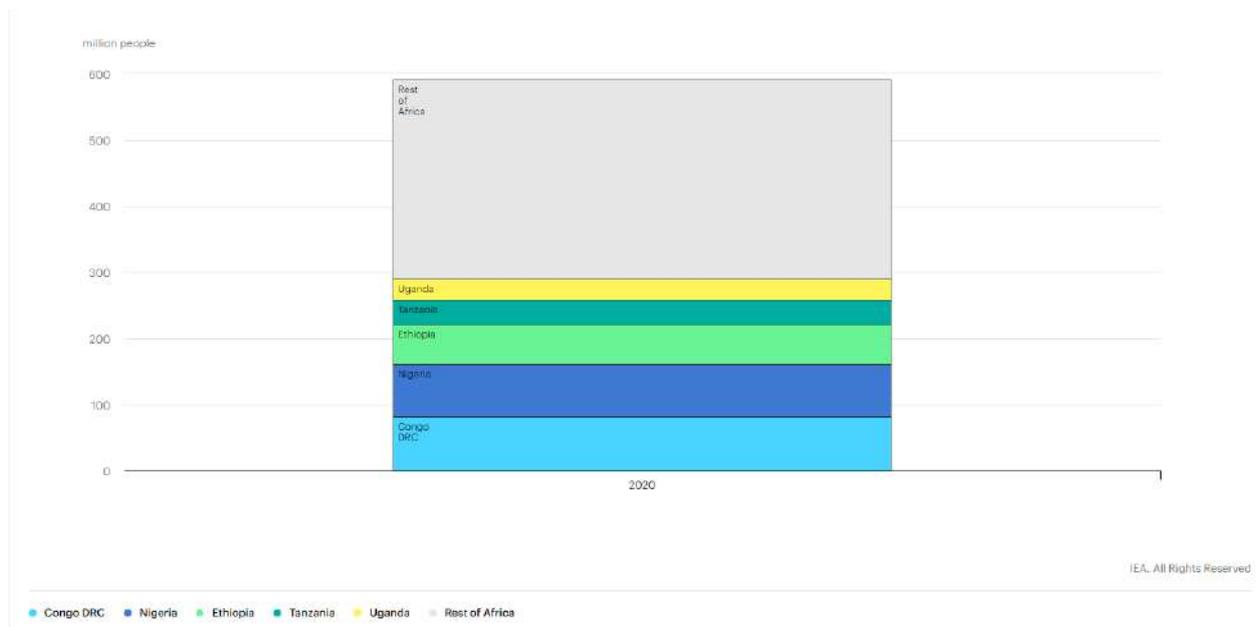
## L'ombra della pandemia si profila grande

La domanda globale di energia rimbalza al livello pre-crisi all'inizio del 2023 negli STEPS, ma questo viene ritardato fino al 2025 in caso di pandemia prolungata e recessione più profonda, come nel DRS. Prima della crisi, si prevedeva che la domanda di energia sarebbe cresciuta del 12% tra il 2019 e il 2030. La crescita in questo periodo è ora del 9% negli STEPS e solo del 4% nel DRS. Con la domanda nelle economie avanzate in calo, tutto l'aumento proviene dai mercati emergenti e dalle economie in via di sviluppo, guidate dall'India. Il ritmo più lento della crescita della domanda di energia esercita pressioni al ribasso sui prezzi del petrolio e del gas rispetto alle traiettorie pre-crisi, sebbene le forti riduzioni degli investimenti nel 2020 aumentino anche la possibilità di futura volatilità del mercato. Una minore crescita dei redditi riduce le attività di costruzione e riduce gli acquisti di nuovi elettrodomestici e automobili, con effetti sui mezzi di sussistenza concentrati nelle economie in via di sviluppo. Nel DRS, la superficie abitativa è inferiore del 5% entro il 2040, sono in uso 150 milioni di frigoriferi in meno e ci sono 50 milioni di auto in meno sulla strada rispetto a STEPS.



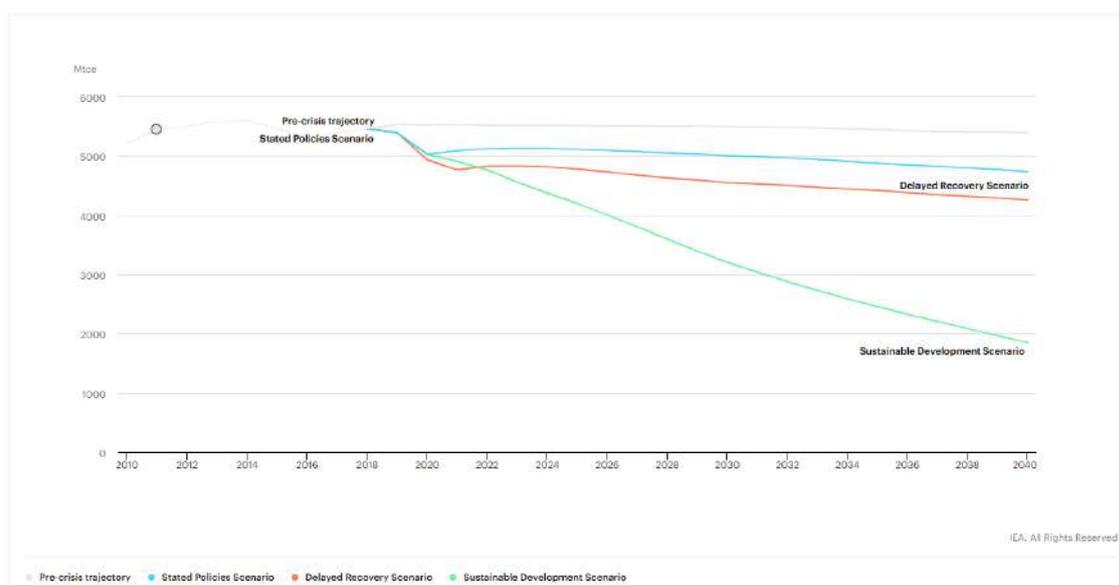
## Gli effetti peggiori si fanno sentire tra i più vulnerabili

Invertendo diversi anni di progresso, il numero di persone senza accesso all'elettricità nell'Africa subsahariana è destinato ad aumentare nel 2020. Circa 580 milioni di persone nell'Africa subsahariana non hanno accesso all'elettricità nel 2019, tre quarti del totale globale e parte dell'impulso alla base degli sforzi per migliorare questa situazione è andato perso. I governi si stanno occupando della crisi economica e della sanità pubblica immediata, i servizi pubblici e altre entità che forniscono l'accesso devono affrontare gravi tensioni finanziarie e i costi del prestito sono aumentati in modo significativo nei paesi in cui il deficit di accesso è elevato. Recuperare slancio su questo tema è particolarmente difficile nel DRS. Inoltre, stimiamo che un aumento dei livelli di povertà in tutto il mondo nel 2020 potrebbe aver reso i servizi elettrici di base inaccessibili per oltre 100 milioni di persone che avevano già connessioni elettriche, spingendo queste famiglie a fare affidamento su fonti di energia più inquinanti e inefficienti.



## Il Covid-19 ha catalizzato un calo strutturale della domanda globale di carbone

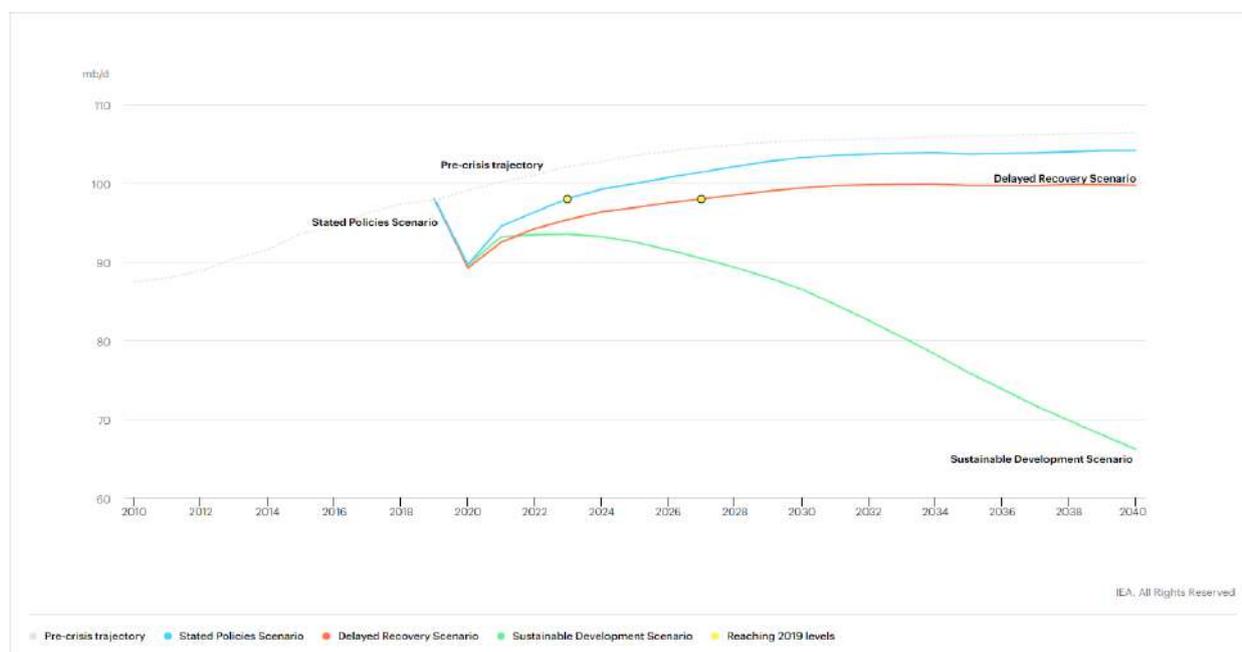
La domanda di carbone non torna ai livelli pre-crisi negli STEPS e la sua quota nel mix energetico 2040 scende al di sotto del 20% per la prima volta dalla rivoluzione industriale. L'utilizzo del carbone per la produzione di energia è fortemente influenzato dalle revisioni al ribasso della domanda di elettricità e il suo utilizzo nell'industria è mitigato dalla minore attività economica. Le politiche di eliminazione graduale del carbone, l'aumento delle energie rinnovabili e la concorrenza del gas naturale portano al ritiro di 275 gigawatt (GW) di capacità a carbone in tutto il mondo entro il 2025 (13% del totale 2019), di cui 100 GW negli Stati Uniti e 75 GW nell'Unione Europea. Gli aumenti previsti della domanda di carbone nelle economie in via di sviluppo in Asia sono nettamente inferiori rispetto ai precedenti WEO e non sufficienti per compensare le cadute altrove. La quota di carbone nel mix globale di produzione di energia scende dal 37% nel 2019 al 28% nel 2030 negli STEPS e al 15% entro tale data nella SDS.



## Senza un'ulteriore spinta politica, è troppo presto per vedere un rapido declino del petrolio

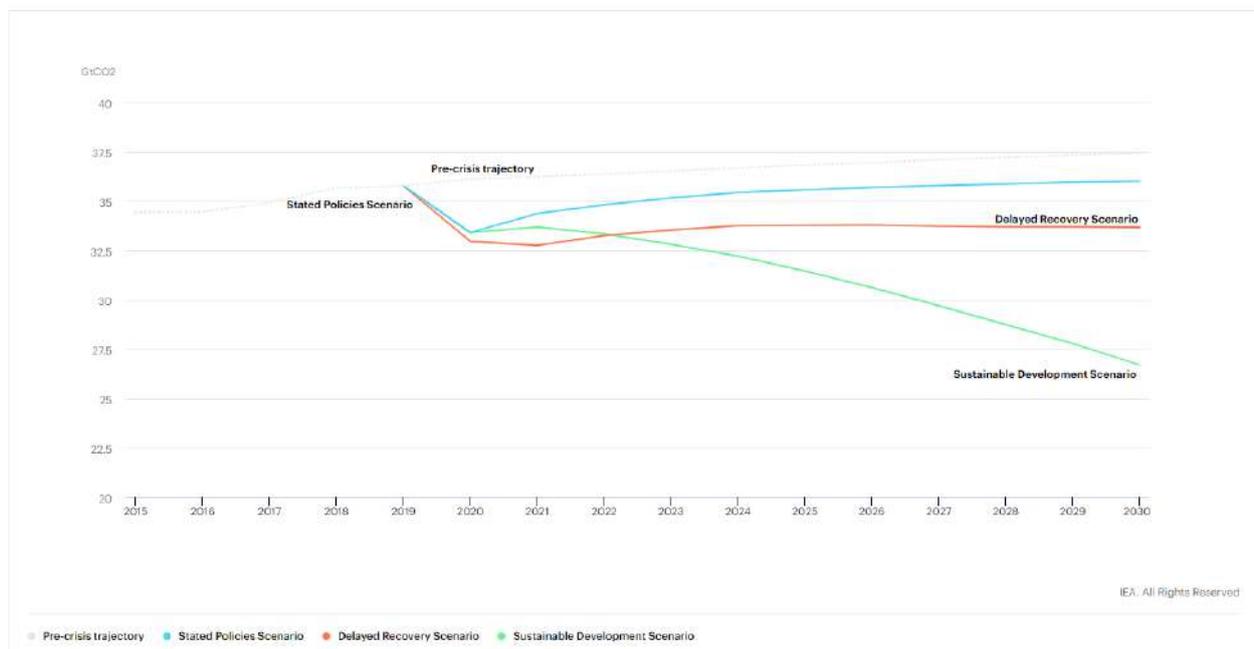
L'era di crescita della domanda mondiale di petrolio giunge al termine entro dieci anni, ma la forma della ripresa economica è un'incertezza fondamentale. Sia in STEPS che in DRS, la domanda di petrolio si appiattisce negli anni '30. Tuttavia, una prolungata recessione economica fa cadere più di 4 milioni di barili al giorno (mb / g) dalla domanda di petrolio nel DRS, rispetto agli STEPS, mantenendola al di sotto dei 100 mb / g. I cambiamenti nel comportamento derivanti dalla pandemia si sono interrotti in entrambe le direzioni. Più lunga è l'interruzione, più si radicano alcuni cambiamenti che incidono sul consumo di petrolio, come lavorare da casa o evitare i viaggi aerei. Tuttavia, non tutti i cambiamenti nel comportamento dei consumatori svantaggiano il petrolio. Trae vantaggio da un'avversione a breve termine per il trasporto pubblico, dalla continua popolarità dei SUV e dalla sostituzione ritardata di veicoli più vecchi e inefficienti.

In assenza di un cambiamento più ampio nelle politiche, è ancora troppo presto per prevedere un rapido calo della domanda di petrolio. L'aumento dei redditi nei mercati emergenti e nelle economie in via di sviluppo crea una forte domanda sottostante di mobilità, compensando le riduzioni dell'uso di petrolio altrove. Ma i carburanti per i trasporti non sono più un motore affidabile per la crescita. L'uso di petrolio per le autovetture raggiunge i picchi sia negli STEPS che nel DRS, ridotti dai continui miglioramenti nell'efficienza del carburante e dalla forte crescita delle vendite di auto elettriche. L'uso del petrolio per il trasporto merci e la spedizione su lunghe distanze varia a seconda delle prospettive per l'economia globale e il commercio internazionale. La pressione al rialzo sulla domanda di petrolio dipende sempre più dal suo crescente utilizzo come materia prima nel settore petrolchimico. Nonostante un previsto aumento dei tassi di riciclaggio, c'è ancora molto spazio per l'aumento della domanda di plastica, soprattutto nelle economie in via di sviluppo. Tuttavia, poiché il petrolio utilizzato per produrre plastica non viene bruciato, i nostri scenari vedono un picco nelle emissioni totali di CO<sub>2</sub> legate al petrolio.



## Allo stato attuale, il mondo non è pronto per una svolta decisiva al ribasso delle emissioni

Le emissioni globali dovrebbero riprendersi più lentamente che dopo la crisi finanziaria del 2008-2009, ma il mondo è ancora lontano da una ripresa sostenibile. Le emissioni di CO<sub>2</sub> in STEPS superano i livelli del 2019 per raggiungere i 36 Gt nel 2030. Le emissioni sono inferiori in caso di ripresa ritardata, ma un'economia più debole prosciuga anche lo slancio dal processo di cambiamento nel settore energetico. I prezzi del carburante più bassi, rispetto alle traiettorie pre-crisi, significano che i periodi di recupero per gli investimenti in efficienza vengono estesi, rallentando il tasso di miglioramento dell'efficienza globale. La pandemia e le sue conseguenze possono sopprimere le emissioni, ma la bassa crescita economica non è una strategia a basse emissioni. Solo un'accelerazione dei cambiamenti strutturali nel modo in cui il mondo produce e consuma energia può interrompere definitivamente la tendenza delle emissioni.



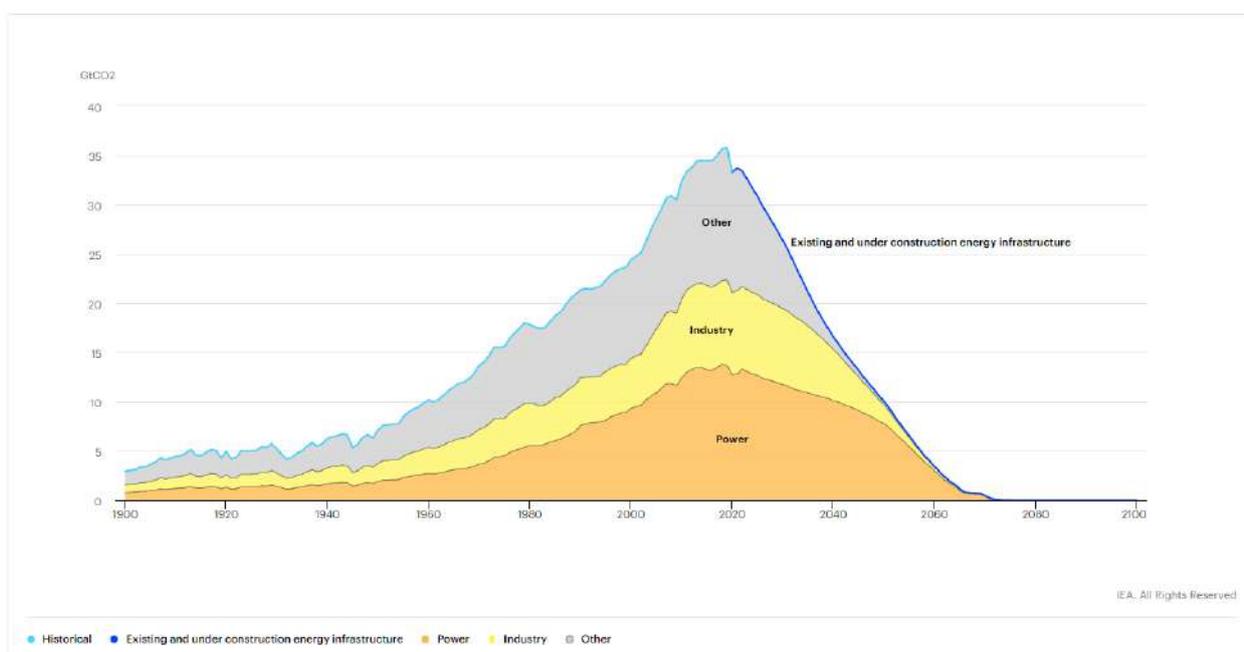
## Esistono vie di uscita dalla crisi molto più sostenibili che portano anche un'aria più pulita rispetto ai blocchi del 2020

Un cambiamento radicale negli investimenti nell'energia pulita, in linea con il piano di ripresa sostenibile dell'AIE, offre un modo per stimolare la ripresa economica, creare posti di lavoro e ridurre le emissioni. Questo approccio non ha avuto un posto di rilievo nei piani proposti fino ad oggi, tranne nell'Unione europea, nel Regno Unito, in Canada, in Corea, in Nuova Zelanda e in una manciata di altri paesi. Nella SDS, la piena attuazione del Piano di ripresa sostenibile dell'AIE, pubblicato nel giugno 2020 in collaborazione con il Fondo monetario internazionale, pone l'economia energetica globale su un diverso binario post-crisi. Ulteriori investimenti di 1 trilione di dollari all'anno tra il 2021 e il 2023 nella SDS sono diretti verso miglioramenti in termini di efficienza, reti elettriche e elettriche a basse emissioni e combustibili più sostenibili. Questo rende il 2019 il picco definitivo per le emissioni globali di CO<sub>2</sub>. Entro il 2030, le emissioni nella SDS sono quasi 10 Gt inferiori rispetto a STEPS.

Le città registrano importanti miglioramenti nella qualità dell'aria entro il 2030 nella SDS, ma senza le interruzioni dell'attività economica o della vita delle persone che hanno ripulito l'aria nel 2020. Nei prossimi dieci anni, minori emissioni da centrali elettriche urbane, unità di riscaldamento residenziali e impianti industriali in la SDS ha portato a una riduzione del 45-65% delle concentrazioni di particolato fine nelle città e un trasporto più pulito abbatte anche altri inquinanti a livello stradale. Le maggiori riduzioni dell'inquinamento interno nelle economie in via di sviluppo derivano anche da un migliore accesso alla cucina pulita. La SDS non elimina completamente tutte le fonti di inquinamento atmosferico, ma mentre il bilancio delle morti premature per cattiva qualità dell'aria continua a salire negli STEPS, la SDS eviterebbe più di 12 milioni di morti premature nel prossimo decennio.

### **Evitare nuove emissioni non basta: se non si interviene sulle emissioni delle infrastrutture esistenti, gli obiettivi climatici sono sicuramente fuori portata**

Una nuova analisi dettagliata mostra che, se l'attuale infrastruttura energetica continuasse a funzionare come in passato, bloccherebbe da sola un aumento della temperatura di 1,65 ° C. Tutte le centrali elettriche, gli impianti industriali, gli edifici e i veicoli di oggi genereranno un certo livello di emissioni future se continueranno a fare affidamento sulla combustione senza sosta dei combustibili fossili. Se tutti questi asset, così come le centrali elettriche attualmente in costruzione, venissero utilizzati per durate simili e in modi simili al passato, emetterebbero comunque circa 10 Gt di CO<sub>2</sub> nel 2050. Questo è il motivo per cui la SDS non include solo dispiegamento molto più rapido di tecnologie energetiche pulite, ma prevede anche il funzionamento delle risorse esistenti ad alta intensità di carbonio in un modo molto diverso dagli STEPS. Le centrali elettriche a carbone esistenti, ad esempio, vengono adattate, riconvertite o ritirate dalla SDS al fine di dimezzare le emissioni a carbone entro il 2030.

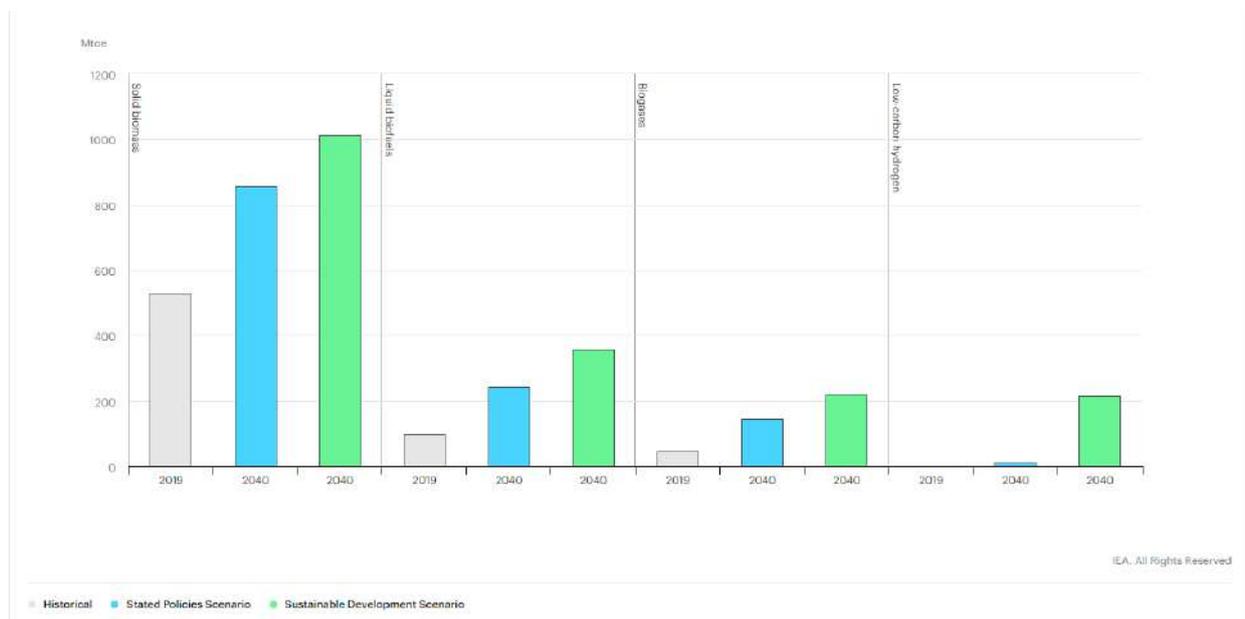


### **La trasformazione deve estendersi ben oltre il settore energetico**

Il settore energetico prende il comando, ma è necessaria un'ampia gamma di strategie e tecnologie per affrontare le emissioni in tutte le parti del settore energetico. Le emissioni del settore energetico

## La trasformazione deve estendersi ben oltre il settore energetico

diminuiscono di oltre il 40% entro il 2030 nella SDS, con aggiunte annuali di solare fotovoltaico quasi triplicate rispetto ai livelli odierni. L'elettricità assume un ruolo sempre più importante nel consumo energetico complessivo, poiché l'aumento della produzione da fonti rinnovabili e dall'energia nucleare aiuta a ridurre le emissioni di settori - come il trasporto passeggeri - che sono convenienti da elettrificare. I compiti più difficili per la trasformazione del settore energetico sono altrove, in particolare nei settori industriali come l'acciaio e il cemento, nel trasporto a lunga distanza, nel bilanciamento di molteplici cambiamenti che avvengono parallelamente in un sistema energetico complesso e nella protezione e manutenzione accettazione pubblica. Mantenere un ritmo sostenuto di riduzione delle emissioni dopo il 2030 richiede un'attenzione incessante all'efficienza energetica e dei materiali, all'elettrificazione e un ruolo importante per i liquidi e i gas a basse emissioni di carbonio. L'idrogeno a basse emissioni di carbonio e il CCUS aumentano notevolmente, basandosi su un decennio di rapida innovazione e diffusione negli anni '20.



## Arrivare allo zero netto richiederà sforzi incrollabili da parte di tutti

Per raggiungere le emissioni nette zero, i governi, le società energetiche, gli investitori e i cittadini devono tutti essere a bordo e tutti avranno contributi senza precedenti da dare. I cambiamenti che garantiscono la riduzione delle emissioni nella SDS sono di gran lunga maggiori di quanto molti credano e devono avvenire in un momento in cui il mondo sta cercando di riprendersi dal Covid-19. Contano sul supporto continuo dei principali collegi elettorali di tutto il mondo, soddisfacendo allo stesso tempo le aspirazioni di sviluppo di una popolazione globale in crescita. Il raggiungimento di zero emissioni nette a livello globale entro il 2050 va ben oltre, sia in termini di azioni all'interno del settore energetico che di quelle che sarebbero richieste altrove. Per qualsiasi percorso verso lo zero netto, le aziende avranno bisogno di strategie chiare a lungo termine supportate da impegni di investimento e da un impatto misurabile. Il settore finanziario dovrà facilitare un notevole aumento delle tecnologie pulite, aiutare le transizioni delle società di combustibili fossili e delle imprese ad alta intensità energetica e portare capitali a basso costo ai paesi e alle comunità che ne hanno più bisogno. Anche il coinvolgimento e le scelte dei cittadini saranno cruciali, ad esempio nel modo in cui riscaldano o raffreddano le loro case o nel modo in cui viaggiano.

## In Europa

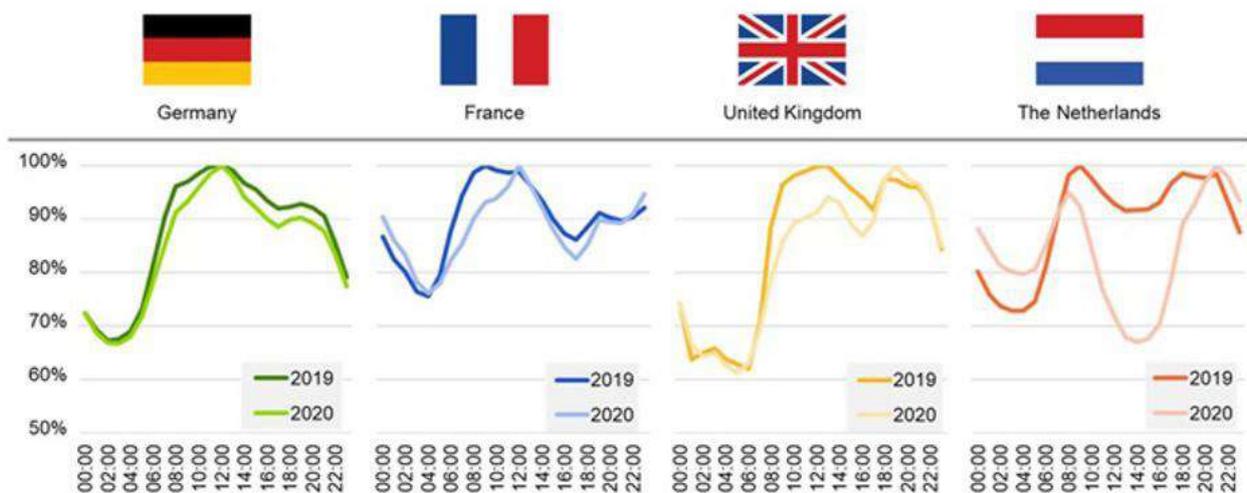
### Incerteza della domanda di elettricità europea attraverso il recupero di COVID-19

Le restrizioni alle distanze fisiche e il conseguente calo dell'attività economica hanno causato un calo della domanda di elettricità del 10-20% in tutta Europa e si prevede che i modelli di consumo di elettricità cambieranno drasticamente.

L'entità e la velocità del collasso dell'attività economica che ha seguito l'epidemia di coronavirus è diversa da qualsiasi altra cosa sperimentata negli ultimi decenni. Mentre i paesi europei combattono simultaneamente crisi sanitarie e finanziarie, i servizi pubblici affrontano minacce su più fronti. Il crollo dei prezzi delle materie prime, la riduzione della domanda di elettricità del 10-20% e la possibilità di svalutazioni stanno influenzando la performance aziendale. Il futuro è incerto. Il World Economic Outlook dell'aprile 2020 del Fondo monetario internazionale prevede che la crescita globale nel 2020 scenderà al -3%. Ciò rende il "Great Lockdown la peggiore recessione dalla Grande Depressione e di gran lunga peggiore della crisi finanziaria globale".

Oltre alle riduzioni dei volumi di domanda assoluta, dati recenti suggeriscono che i modelli di consumo di elettricità si stanno spostando a causa del calo della domanda commerciale e industriale (business-to-business) e dell'aumento della domanda residenziale (business-to-consumer). Per i dettaglianti e i produttori, il fenomeno del quotidiano quotidiano sta causando un aumento degli errori di previsione a breve termine e, di conseguenza, maggiori costi di sbilanciamento. La figura seguente mostra l'impatto maggiore dei periodi mattutini e pomeridiani poiché le persone non seguono più routine rigide e i luoghi di lavoro sono vuoti. Le modifiche variano anche a seconda dei livelli di generazione distribuita. Il calo dell'ora di pranzo nei Paesi Bassi è dovuto alla crescita della capacità solare fotovoltaica distribuita combinata con il tempo soleggiato.

Normalized hourly load\*, April 2019 vs April 2020



## La natura del recupero della domanda di elettricità è incerta

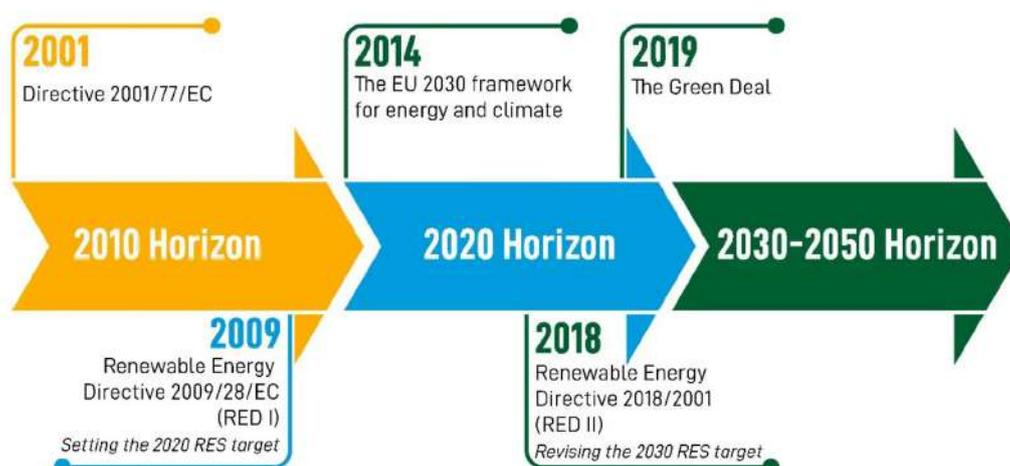
Sebbene non si preveda che questo calo del 10% -20% della domanda di elettricità sia permanente, quando e come si riprenderà è incerto. Nonostante il disaccoppiamento a lungo termine del PIL e della crescita energetica, la crisi finanziaria globale ha mostrato che durante i periodi di recessione la domanda di elettricità aumenta in linea con il PIL. La domanda è come questa volta si riprenderà la domanda considerando che il calo immediato è più pronunciato e che si prevede che questa recessione sarà più grave della precedente sia in termini di impatto sul PIL che di tempo di ripresa, come mostrato nella figura sottostante. La giuria non sa se i cambiamenti comportamentali che hanno causato cambiamenti nei modelli di consumo persistono dopo la pandemia.

## Il Green Deal è il “motore della ripresa” per l’Europa

Il Green Deal europeo è l’ambiziosa politica climatica dell’UE che mira a far diventare l’Europa il primo continente climaticamente neutro entro il 2050. Ciò richiede una trasformazione fondamentale del nostro sistema energetico. L’Unione dell’energia è il principale strumento politico per realizzare questa trasformazione, che mira a portare energia sicura, sostenibile, competitiva ed economica a tutti i consumatori dell’UE, famiglie e imprese.

La Commissione europea ha lanciato nel febbraio 2015 una nuova strategia per un’Unione dell’energia resiliente con una politica lungimirante sul cambiamento climatico. L’obiettivo dell’Unione dell’energia è fornire ai consumatori dell’UE - famiglie e imprese - energia sicura, sostenibile, competitiva e accessibile. Il raggiungimento di questo obiettivo richiederà una trasformazione fondamentale del sistema energetico europeo.

La presidente della Commissione europea Ursula von der Leyen ha dichiarato la scorsa settimana che il Green Deal europeo “sarà il nostro motore per la ripresa”. Il Green Deal propone di garantire un’Europa climaticamente neutra entro il 2050 con investimenti di oltre 1 trilione di euro (1,1 trilioni di dollari) in 10 anni in una varietà di aree tra cui produzione di energia rinnovabile, riciclaggio, biodiversità, ristrutturazione edilizia, agricoltura, trasporti, sostegno economico per transizione nelle aree dipendenti dall’economia dei fossili e dalla ricerca e sviluppo. Con la chiusura dell’economia globale, l’inquinamento è visibilmente diminuito. Tuttavia, l’Agenzia internazionale dell’energia (IEA) prevede che le emissioni di CO2 diminuiranno solo dell’8% circa. L’AIE ha affermato che la riduzione delle emissioni non è sufficiente per tenere a bada il riscaldamento globale.



## **Ci sono quattro ragioni per cui l'azione sugli investimenti verdi è cruciale durante la crisi economica:**

Opportunità per massicci investimenti verdi in programmi di stimolo globale. Con i leader statunitensi e mondiali che valutano trilioni di dollari di programmi di stimolo, c'è l'opportunità di fare passi da gigante sulle iniziative verdi con investimenti in infrastrutture.

I combustibili alternativi prodotti localmente sono più resistenti alle interruzioni dell'approvvigionamento globale. "L'economia a basse emissioni di carbonio per produrre combustibili alternativi è locale rispetto a globale, quindi è un motore per la resilienza", afferma Jennifer Holmgren, CEO di LanzaTech. La società di Holmgren sta attualmente gestendo il primo impianto di fermentazione del gas commerciale al mondo che converte i gas di scarico in etanolo che può essere ulteriormente convertito in carburante per aerei e prodotti che vengono utilizzati ogni giorno, inclusi imballaggi, tessuti e solventi. L'indipendenza dalla produzione locale favorisce un'infrastruttura a basse emissioni di carbonio.

Affidamento pubblico a scienziati e dati per comprendere la crisi globale. "Durante la crisi sanitaria si è fatto più affidamento sulla scienza e sui dati, quindi più persone possono ascoltare anche i dati sui cambiamenti climatici", osserva Holmgren. Poiché il pubblico presta maggiore attenzione ai dati/alla scienza, ciò contribuirà a facilitare la risposta ai cambiamenti climatici.

Le iniziative verdi possono creare posti di lavoro in un'economia in crisi. La bioeconomia crea molti posti di lavoro. Una tipica struttura per biocarburanti richiede dottori di ricerca per sviluppare il processo, agricoltori per produrre i raccolti, ingegneri per progettare le strutture, personale addetto alla costruzione per costruirlo, operatori per gestirlo e camionisti per consegnare il biocarburante. La maggior parte di questi sono buoni lavori ben pagati. Sono anche lavori dispersi, quindi queste iniziative verdi portano occupazione in aree che potrebbero non avere molte altre opzioni di lavoro.

## **Ancora una questione di finanziamento per il potenziamento dei progetti verdi**

Per realizzare una vera economia alternativa del carbonio, molte delle nuove tecnologie verdi devono aumentare. Gran parte dei finanziamenti verdi oggi sono destinati all'ampliamento della tecnologia che ha già funzionato come il solare o l'eolico o il suo piccolo investimento nella fase iniziale per la ricerca di laboratorio della tecnologia di prossima generazione. Tuttavia, le nuove tecnologie che sono pronte per uscire dal laboratorio e su piccola scala pilota per passare alla grande produzione commerciale necessitano di capitali. Gli investimenti richiesti sono troppo grandi per gli angel investor e troppo rischiosi per le banche che finanziano grandi progetti di capitale. Gli attuali progetti di legge sugli investimenti in infrastrutture al Congresso possono fornire alcune soluzioni. Anche il Green Deal europeo può aiutare.

## **I bassi prezzi del petrolio rendono l'energia verde meno competitiva**

Oggi i prezzi del petrolio sono ai minimi storici. Le fonti di energia alternative hanno difficoltà a competere con i combustibili fossili. L'investimento nella tecnologia verde non è così attraente e alcuni investitori rinverranno i loro investimenti. Molte compagnie petrolifere stavano investendo in iniziative di energia rinnovabile. I bassi prezzi del petrolio significheranno un flusso di cassa inferiore per le società energetiche, quindi avranno meno fondi da investire nelle energie rinnovabili.

## Eliminare l'inquinamento

Il “Piano d’azione per l’inquinamento zero” che mira ad essere adottato dalla Commissione nel 2021 intende evitare l’inquinamento da “tutte le fonti”, pulendo l’aria, l’acqua e il suolo entro il 2050. Gli standard di qualità ambientale devono essere pienamente soddisfatti, imponendo che tutte le attività industriali siano all’interno di ambienti privi di sostanze tossiche. Le politiche di gestione dell’acqua delle industrie agricole e urbane saranno trascurate per adattarsi alla politica “nessun danno”. Risorse nocive come le microplastiche e le sostanze chimiche, come i prodotti farmaceutici, che minacciano l’ambiente, mirano a essere sostituite per raggiungere questo obiettivo. La strategia “Farm to Fork” aiuta la riduzione dell’inquinamento da nutrienti in eccesso e metodi sostenibili di produzione e trasporto



## Biodiversità

Una strategia per la protezione della biodiversità dell’Unione europea sarà presentata nel 2021. La gestione delle foreste e delle aree marittime, la protezione dell’ambiente e la risoluzione del problema delle perdite di specie ed ecosistemi sono tutti aspetti di quest’area target.

Il ripristino degli ecosistemi colpiti deve avvenire attraverso l’implementazione di metodi di agricoltura biologica, favorendo i processi di impollinazione, ripristinando i fiumi che scorrono liberamente, riducendo i pesticidi che danneggiano la fauna selvatica circostante e il rimboschimento. L’UE vuole proteggere il 30% della terra e il 30% del mare, creando al contempo garanzie più rigorose intorno alle foreste nuove e vecchie. Il loro scopo è ripristinare gli ecosistemi e i loro livelli biologici. Nella pagina ufficiale della Strategia UE sulla biodiversità per il 2030 viene citata Ursula von der Leyen, Presidente della Commissione Europea, affermando che:

“Rendere la natura di nuovo sana è fondamentale per il nostro benessere fisico e mentale ed è un alleato nella lotta contro i cambiamenti climatici e le epidemie di malattie. È al centro della nostra strategia di crescita, il Green Deal europeo, e fa parte di una ripresa europea che restituisce al pianeta più di quanto ne toglie. “

La strategia per la biodiversità è una parte essenziale della strategia di mitigazione del cambiamento climatico dell’Unione europea. Dal 25% del budget europeo che andrà a combattere il cambiamento climatico, gran parte di quello sarà dedicato al ripristino della biodiversità e soluzioni basate sulla natura.

## In Italia

### Il Green Deal europeo: un'opportunità politica per l'Italia

Il primo compito di Draghi sarà quello di riformulare il piano di ripresa dell'Italia, che dovrà essere consegnato alla Commissione europea entro aprile per attingere più di 200 miliardi di euro (240 miliardi di dollari) di fondi necessari per rilanciare l'economia colpita dalla recessione.

In base a un accordo dell'UE, il 37% di questo denaro deve essere destinato alla transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio. L'ex capo della Banca centrale europea, che è entrato in carica sabato come capo di un governo di unità nazionale creato per guidare l'Italia fuori dalla crisi del coronavirus e dalla recessione economica, ha scelto il fisico Roberto Cingolani a capo di un nuovo ministero per la transizione ecologica.

“Il nostro sarà un governo ecologico”, ha detto Draghi alla sua prima riunione di gabinetto sabato. Nel suo ruolo Cingolani si farà carico di questioni energetiche precedentemente condivise con altri ministeri e le unirà al portafoglio ambiente.

Chief Technology and Innovation Officer presso il gruppo italiano della difesa Leonardo e membro del consiglio di amministrazione della Ferrari, il 59enne ha lavorato in importanti centri di ricerca scientifica in Germania, Italia, Giappone e Stati Uniti, concentrandosi su robotica, intelligenza artificiale e “digital humanities”. “La sua nomina è un segno dell'intenzione di Draghi di coinvolgere esperti nell'impiego del fondo di ripresa dell'UE e nella scelta delle tecnologie giuste per guidare lo sviluppo a lungo termine.

La creazione del nuovo ministero ha contribuito a conquistare il Movimento 5 Stelle italiano, che è orgoglioso delle sue credenziali ecologiche, ma ha dovuto affrontare conflitti interni sulla prospettiva di entrare a far parte di un gabinetto contenente i suoi nemici politici. “Sin dal primo round di consultazioni con i partiti politici, Draghi ha messo la transizione ecologica in cima alla sua agenda”, ha detto Vito Crimi, leader dei 5 Stelle.



## **Nasce il MiTE, il Ministero della Transizione Ecologica**

L'idea di un ministero per la transizione ecologica non è nuova di per sé, ma si basa sull'esempio di paesi come Francia e Spagna. In Francia, il Ministero matura tra i suoi compiti un principio di giustizia sociale, il che significa che non si occupa solo di protezione ambientale, ma gestisce anche i trasporti, il settore energetico, le politiche abitative e la salvaguardia della biodiversità. In Spagna, un ministero simile è stato fondato specificamente con l'obiettivo di promuovere una legge sul cambiamento climatico e creare una strategia energetica globale per il paese. In Svizzera, un dipartimento federale specifico dedicato alla transizione verde riunisce diversi settori: ambiente, trasporti, energia e comunicazioni.

In Italia, il neonato Ministero sta per raccogliere alcune delle principali responsabilità che normalmente spettano al Ministero dello Sviluppo Economico; in particolare, maturerà tutte le attività che ruotano attorno alle politiche energetiche, alle emissioni dei trasporti, alle risorse energetiche alternative, alle politiche di sviluppo sostenibile, all'economia circolare e alle relative politiche. Oltre a questi, il Ministero si occuperà delle responsabilità ambientali più classiche come la gestione dei rifiuti, la gestione delle risorse idriche e la difesa dell'ambiente.

Secondo Ivan Novelli, presidente di Greenpeace Italia, "Il settore politico in Italia non ha mai considerato prioritario l'emergenza climatica. L'approccio del primo ministro Draghi è molto diverso". Anche Stefano Ciafani, presidente di Legambiente, una delle principali organizzazioni ambientaliste del Paese, ha accolto con favore la formazione di questo nuovo ministero. "Le risorse [del Piano di Risanamento] sono tante e tutte da spendere per i progetti giusti: impianti eolici e fotovoltaici, impianti per l'economia circolare" accanto alla "necessità di semplificare la burocrazia, rafforzare il controllo ambientale e professionalizzare la pubblica amministrazione. Le sue parole [di Draghi] ci danno speranza", ha detto.

### **Gli obiettivi da raggiungere:**

La lotta alla crisi climatica; alla luce dei nuovi obiettivi europei di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> che alzano gli obiettivi di riduzione dal 40% al 55% entro il 2030 è fondamentale rivedere il Piano nazionale integrato energia e clima (PNIEC) e definire nuovi target, molto più ambiziosi, sulle rinnovabili. Il necessario innalzamento degli obiettivi implica una forte crescita del contributo del fotovoltaico e dell'eolico, e dunque la necessità di ripianificare gli interventi previsti sulla rete elettrica e sugli accumuli per lo stoccaggio dell'elettricità. Per raggiungere gli obiettivi climatici al 2030 è però necessario sbloccare il settore delle rinnovabili, la cui velocità di espansione deve crescere di 5-6 volte rispetto alla situazione attuale, con misure di semplificazione e accelerazione delle procedure autorizzative dei nuovi impianti, per i rifacimenti degli impianti esistenti, in particolare per l'eolico, promuovendo anche lo sviluppo dell'eolico offshore, specie di quello galleggiante, e dell'agrivoltaico che garantisce la convivenza tra produzione agricola ed energia solare. Oltre alla necessaria approvazione del Piano nazionale di adattamento climatico è anche necessario procedere celermente ad una riforma fiscale in senso ambientale, che preveda in primis l'eliminazione graduale dei sussidi ambientalmente dannosi, garantendo una giusta transizione alle categorie produttive e ai lavoratori oggi impegnati sul fronte delle fossili.

Per fronteggiare la strutturale carenza di materie prime e diffondere su tutto il territorio nazionale

le esperienze uniche nel panorama mondiale che il nostro Paese può vantare, è fondamentale sviluppare al massimo tutte le potenzialità dell'economia circolare, con la creazione di un Fondo che serva a finanziare prioritariamente progetti che riguardano i flussi di materiali e le azioni indicate nel nuovo Piano europeo per l'economia circolare dell'11 marzo 2020 con particolare riguardo agli interventi dedicati alla simbiosi industriale, al riciclo chimico, al riciclaggio dei rifiuti, all'attivazione di sistemi di riutilizzo di prodotti a quelli che producono compost e biometano, perché per tendere all'opzione "rifiuti zero" a smaltimento realizzando anche impianti con cui recuperare materia e produrre energia rinnovabile.

La mobilità nelle città deve ripartire da un forte impulso al trasporto pubblico moderno, puntuale e a emissioni zero, alla realizzazione di spazi esclusivi e sicuri per chi si sposta in bici o sui mezzi della micromobilità elettrica, alla diffusione delle colonnine di ricarica e delle auto elettriche, dando priorità all'accesso alla nuova mobilità nelle periferie. In quella extraurbana va sostenuta una massiccia "cura del ferro", che permetta a milioni di pendolari di muoversi in modo civile su treni nuovi, frequenti e puntuali, e alle merci di spostarsi nel Paese passando dal mare alle città, scendendo dalle navi porta container e salendo su treni che le fanno arrivare nei centri urbani senza viaggiare su un Tir, per poi essere distribuite nelle città con mezzi elettrici. I porti vanno dotati di banchine elettrificate per liberare dallo smog le comunità che lavorano all'interno e quelle che vivono a ridosso delle aree portuali.

Le risorse europee vanno investite anche per promuovere una giusta transizione in quei territori al centro di vertenze ambientali e occupazionali molto pesanti (come, ad esempio, Taranto, Brindisi, il Sulcis, Gela e il siracusano) o dove sono attive ancora oggi le centrali a carbone da chiudere entro il 2025, senza sostituirle con impianti a gas. Per la riconversione dell'industria caratterizzata da produzioni e prodotti inquinanti è fondamentale promuovere l'innovazione tecnologica con cicli produttivi che riducono l'uso delle risorse e praticano esperienze di simbiosi industriale, con la costruzione di impianti della bioeconomia e della chimica verde completamente integrati alle produzioni agroalimentari del territorio, con progetti per la decarbonizzazione degli impianti siderurgici (a partire dall'ex Ilva di Taranto) e della filiera degli idrocarburi attraverso la produzione e l'uso di idrogeno verde, identificando i settori in cui è utile e necessario, con adeguate misure di accompagnamento al lavoro.

Nel progetto per ricostruire l'Italia sono necessari una strategia strutturata e progetti in grado di tutelare e ricostituire il capitale naturale italiano. All'Italia serve un piano più coerente con gli obiettivi del Green Deal, un PNRR che introduca anche obiettivi concreti e misurabili per la conservazione della biodiversità, a cominciare dall'implementazione del sistema delle Aree Protette ad almeno il 30% della superficie terrestre e marina entro il 2030 e da progetti di ripristino degli ecosistemi naturali che nel piano non hanno trovato spazio, come anche la gestione forestale sostenibile del patrimonio verde più importante del Paese. Inoltre, nel piano serve un focus dedicato al mare e alla blue economy, fonte di ricchezza economica oltre che elemento fortemente caratterizzante della bellezza che tutto il mondo invidia al nostro Paese. Occorre puntare con forza sulla tutela del nostro patrimonio naturale, asset fondamentale per la salute, la sicurezza, il benessere e il rilancio del nostro Paese (che vanta una delle più ricche biodiversità d'Europa), nonché elemento centrale del Green Deal europeo e della Strategia Europea sulla Biodiversità che soprattutto per il restauro degli ambienti marini può favorire la crescita delle aziende Hi-Tech e creare lavoro nel mezzogiorno.

Occorre superare la logica della sommatoria di progetti, vecchi e nuovi, che non abbia quel respiro

sistematico e quella ambizione che faccia compiere un salto di qualità al Paese nella sua capacità nell'affrontare in futuro le sfide dettate dalle emergenze ambientale e sanitaria, condizionate in maniera determinante dai cambiamenti climatici e dalla perdita di biodiversità. Senza cogliere la necessità di un piano strutturato di tutela e ricostruzione dei nostri ambienti naturali, non si coglie a pieno il senso del programma Next Generation UE che porta nel nome il proprio obiettivo: agire oggi per costruire un futuro più sano, più sicuro e più sostenibile per le nuove generazioni.

Sull'agricoltura è fondamentale puntare sull'incremento del biologico o sulla promozione dell'agroecologia per limitare l'uso di prodotti agro-chimici, il consumo di plastica, acqua e fonti fossili, e sulla riduzione delle emissioni agricole e zootecniche seguendo quanto previsto dalle strategie europee Farm to Fork e Biodiversità al 2030. Per raggiungere questi obiettivi occorre utilizzare le risorse della PAC in modo diverso da quanto fatto fino ad oggi, impiegandole per qualificare in senso ambientale l'agricoltura e per far diventare gli imprenditori agricoli co-protagonisti della rivoluzione circolare e rinnovabile al centro delle politiche europee.



## Cresce l'interesse verso metodi di produzione energetica "GREEN"

Fin dagli albori dell'era industriale, il mondo è stato alimentato da un insieme relativamente piccolo di tecnologie. Il 20 ° secolo è stato l'era del carbone, ma questa parte del 2000 è cambiata.

La necessità di ridurre le emissioni e l'aumento delle energie rinnovabili, dall'eolico al solare alla biomassa, ha cambiato in modo significativo il modo in cui alimentiamo la nostra produzione di energia.

Oggi, alcune delle tecnologie emergenti più interessanti ed entusiasmanti al mondo sono quelle progettate per generare elettricità.

### Una nuova alba per il solare

L'energia solare potrebbe non essere una nuova tecnologia, ma dove è diretta lo è.

Uno degli sviluppi più promettenti nello spazio è il vetro solare fotovoltaico, che ha le proprietà di una lastra di vetro per finestre ma può anche generare energia solare.

Piuttosto che raccogliere fotoni come fa il normale solare (e che i materiali trasparenti per definizione non possono fare) il vetro fotovoltaico utilizza i sali per assorbire l'energia da lunghezze d'onda non visibili e le devia verso le celle solari convenzionali incorporate sul bordo di ogni pannello.

Oppure c'è la vernice solare fotovoltaica, che contiene minuscole particelle sensibili alla luce rivestite con materiali conduttivi. Quando stratificato sugli elettrodi, hai un generatore di corrente spray.



### Betavoltaics: niente sprechi con le scorie nucleari

Il materiale nucleare è in costante decadimento e durante il processo emette particelle radioattive. Questo è il motivo per cui il materiale estremamente radioattivo è così pericoloso e perché immagazzinare adeguatamente i rifiuti nucleari è così importante e così costoso. Ma questi rifiuti possono effettivamente essere utilizzati al meglio. I dispositivi betavoltaici utilizzano le particelle di scarto prodotte da materiali radioattivi di basso livello per catturare elettroni e generare elettricità.

L'output di questi dispositivi può essere piuttosto basso e diminuisce per lunghi periodi di tempo, ma a causa dell'output costante del decadimento nucleare possono essere estremamente duraturi. Ad esempio, una batteria betavoltaica potrebbe fornire un watt di potenza ininterrottamente per 30 anni. E sebbene non siano attualmente idonei a lavorare su larga scala, la loro longevità (e le dimensioni molto compatte) li rendono fonti di alimentazione ideali per dispositivi come i sensori installati su apparecchiature che devono essere operative per lunghi periodi.

## Potenza della marea

Una fonte di energia più prevedibile rispetto alle rinnovabili intermittenti come l'eolico e il solare, l'energia delle maree non è una novità, tuttavia la sua crescita e il suo sviluppo sono stati generalmente frenati da costi elevati e disponibilità limitata. Questo sta cambiando. L'anno scorso ha visto il lancio della prima delle 269 turbine sottomarine da 1,5 MW (megawatt), parte del primo parco di energia delle maree su larga scala in Scozia.

In tutto il mondo ci sono centrali di marea esistenti - come la Sihwa Lake Tidal Power Station in Corea del Sud, che ha una capacità di 254 MW - ma la matrice MeyGen in Scozia sarà in grado di sfruttare ulteriormente il potenziale della tecnologia. Si spera che quando sarà completamente operativo genererà 398 MW, o abbastanza per alimentare 175.000 case.

Potremmo non sapere esattamente come verrà generata l'elettricità di domani, ma è probabile che alcune o tutte queste tecnologie avranno un ruolo. Ciò che è chiaro è che la nostra energia sta cambiando.



## Celle a combustione microbica

I batteri sono ovunque intorno a noi. Alcuni sono dannosi, altri sono utili, ma tutti "respirano". Quando respirano si verifica l'ossidazione, ovvero quando qualcosa si combina con l'ossigeno a livello chimico, e quando i batteri lo fanno, vengono rilasciati elettroni.

Collegando i microbi respiratori a un catodo e un anodo (le barre positive e negative di una batteria), il flusso di questi elettroni rilasciati può essere imbrigliato per generare energia. Questo è ciò che è noto come cella a combustione microbica (MFC). Gli MFC vengono utilizzati per generare elettricità dalle acque reflue, ma si stanno espandendo in usi più esotici, come l'alimentazione di robot acquatici in miniatura.

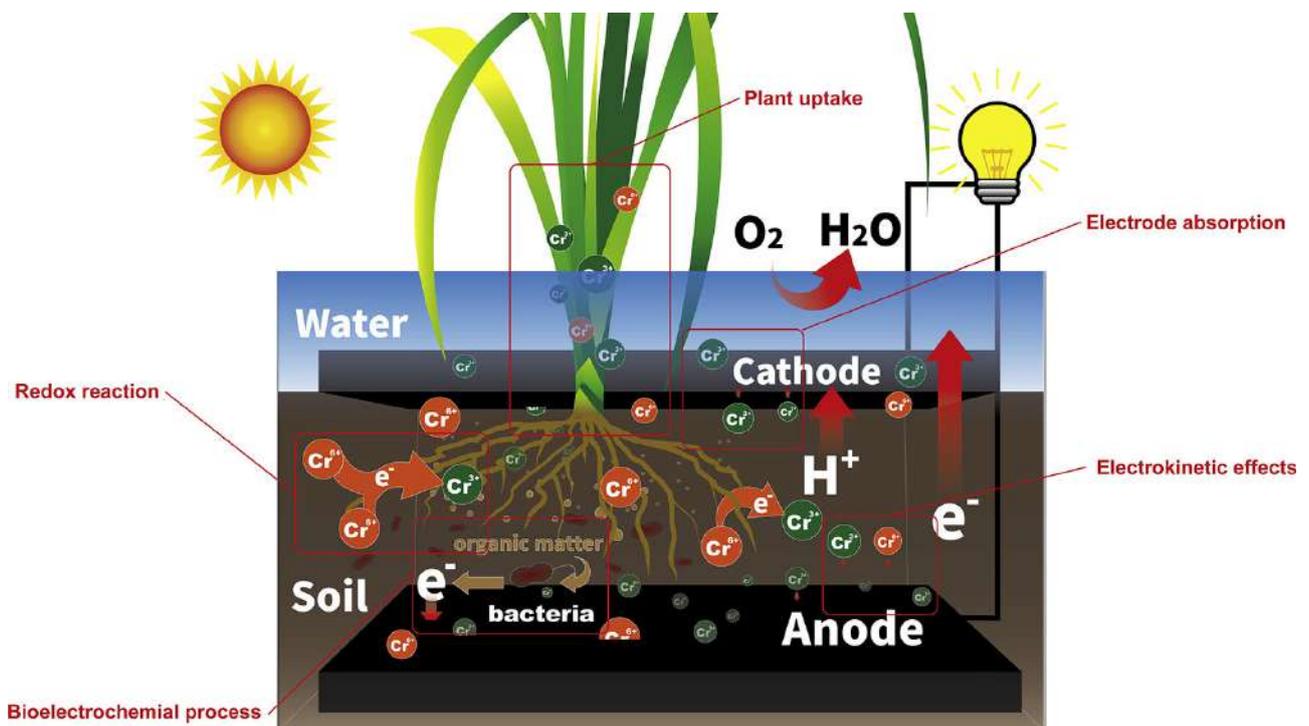
I nuovi sviluppi aumentano costantemente la potenza e le applicazioni degli MFC. I ricercatori della Binghamton University di New York hanno scoperto che la combinazione di batteri fototropici (che consumano luce) ed eterotrofi (che consumano materia) nelle reazioni del combustibile microbico genera correnti 70 volte più potenti rispetto alle configurazioni convenzionali.

## Cellule a Combustione Microbica Vegetale (P-MFC)

L'elettricità gioca un ruolo chiave nello sviluppo e avanzamento delle tecnologie a vantaggio della maggior parte delle persone oggi. Con la nostra attuale avversione per le fonti di elettricità non rinnovabili basate sul nostro sforzo per frenare il riscaldamento globale, un'interessante fonte alternativa di energia elettrica sono i Combustibili Microbici Vegetali Cellule.

Le celle a combustibile microbiche (P-MFC) sono una classe di sistemi bioelettrochimici che utilizzano elettrogeni batterici per generare elettricità. Il batterio elettrogeno è in una relazione mutualistica con la pianta in cui la pianta espelle i rizodepositi attraverso le sue radici affinché i batteri si nutrano. La pianta produce materia organica dalla luce solare e CO<sub>2</sub> via fotosintesi. Fino al 70% di questa materia organica finisce nel suolo come materiale di radici morte, lisati, mucillagini ed essudati. Questa materia organica può essere ossidata dai batteri che vivono a e intorno alle radici, rilasciando CO<sub>2</sub>, protoni ed elettroni. Gli elettroni vengono donati da batteri all'anodo di una cella a combustibile microbica. L'anodo è accoppiato, tramite un carico esterno, ad un catodo. I protoni che sono stati rilasciati sul lato dell'anodo viaggiano attraverso una membrana o distanziatore verso il catodo. Al catodo, idealmente, l'ossigeno viene ridotto insieme ai protoni ed elettroni all'acqua. Ciò consente a un P-MFC di generare continuamente elettricità per tutto il tempo dell'impianto vivo e fotosintetizzante.

In teoria, in un PMFC può essere raccolta una densità di potenza massima di 3,2 W / m<sup>2</sup>. Gli studi precedenti mostrano che la densità di potenza può essere migliorata scegliendo un impianto progettato in maniera efficiente. Tuttavia, a causa del design e dei limiti fisiologici, i test effettivi sui P-MFC mostrano che i progetti attuali e le configurazioni testate sono ancora lontane dal raggiungimento livelli di elettricità commercialmente sostenibili.



## Le piante

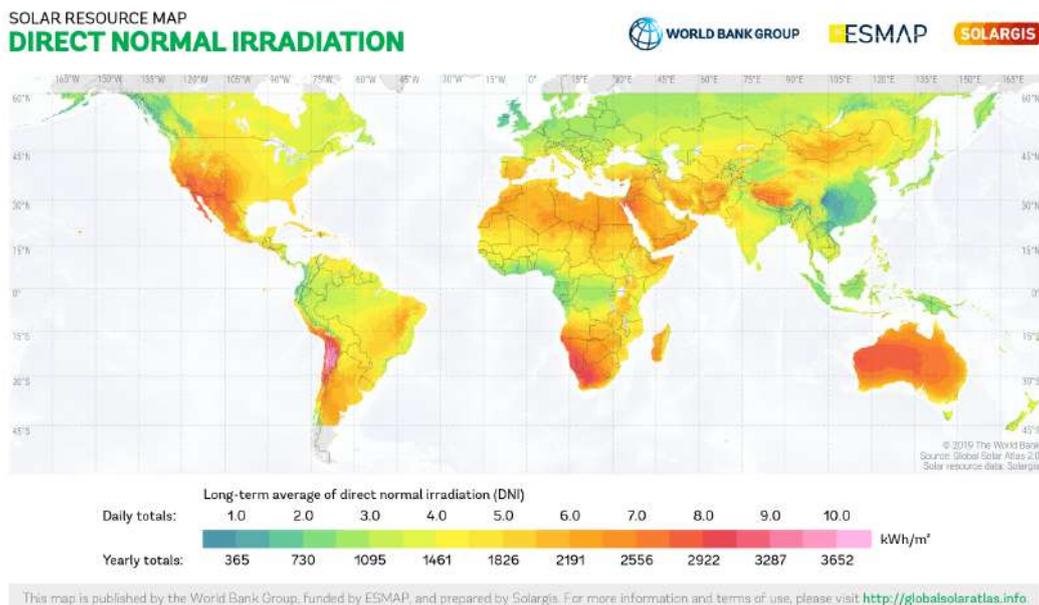
Nella P-MFC vengono usate tipicamente piante che possono crescere con le radici in condizioni di ristagno d'acqua, per evitare l'intrusione di ossigeno dall'aria nell'anodo. Se l'ossigeno fosse disponibile all'anodo, gli elettroni sarebbero usati direttamente per la riduzione dell'ossigeno e sarebbero persi per produzione di elettricità. Molte specie erbacee sono in grado di sopravvivere sotto condizioni di ristagno d'acqua. La produzione di biomassa dalla luce solare avviene tramite la fotosintesi. Nel il tasso di fotosintesi generale può variare dal 2,5 al 5%. La fotosintesi è dipendente dalla concentrazione di CO<sub>2</sub> e dall'intensità della luce PAR a livello di coltura. L'intensità della luce PAR è di circa 150 W m<sup>-2</sup> nell'Europa occidentale, ma può essere 10 volte più alta intorno all'equatore. La selezione di piante fotosinteticamente efficienti avrà un ruolo sostanziale nella rizodeposizione.

## PAR e l'irraggiamento solare

La radiazione fotosinteticamente attiva (PAR) designa la gamma spettrale (banda d'onda) della radiazione solare da 400 a 700 nanometri che gli organismi fotosintetici sono in grado di utilizzare nel processo di fotosintesi. Questa regione spettrale corrisponde più o meno alla gamma di luce visibile all'occhio umano. I fotoni a lunghezze d'onda più corte tendono ad essere così energetici da poter essere dannosi per cellule e tessuti, ma sono per lo più filtrati dallo strato di ozono nella stratosfera. I fotoni a lunghezze d'onda maggiori non trasportano energia sufficiente per consentire la fotosintesi.

Nelle piante terrestri, le foglie assorbono principalmente la luce rossa e blu nel primo strato di cellule fotosintetiche a causa dell'assorbimento della clorofilla. La luce verde, tuttavia, penetra più in profondità all'interno della foglia e può guidare la fotosintesi in modo più efficiente della luce rossa. Poiché le lunghezze d'onda verde e gialla possono trasmettere attraverso la clorofilla e l'intera foglia stessa, svolgono un ruolo cruciale nella crescita sotto la chioma della pianta.

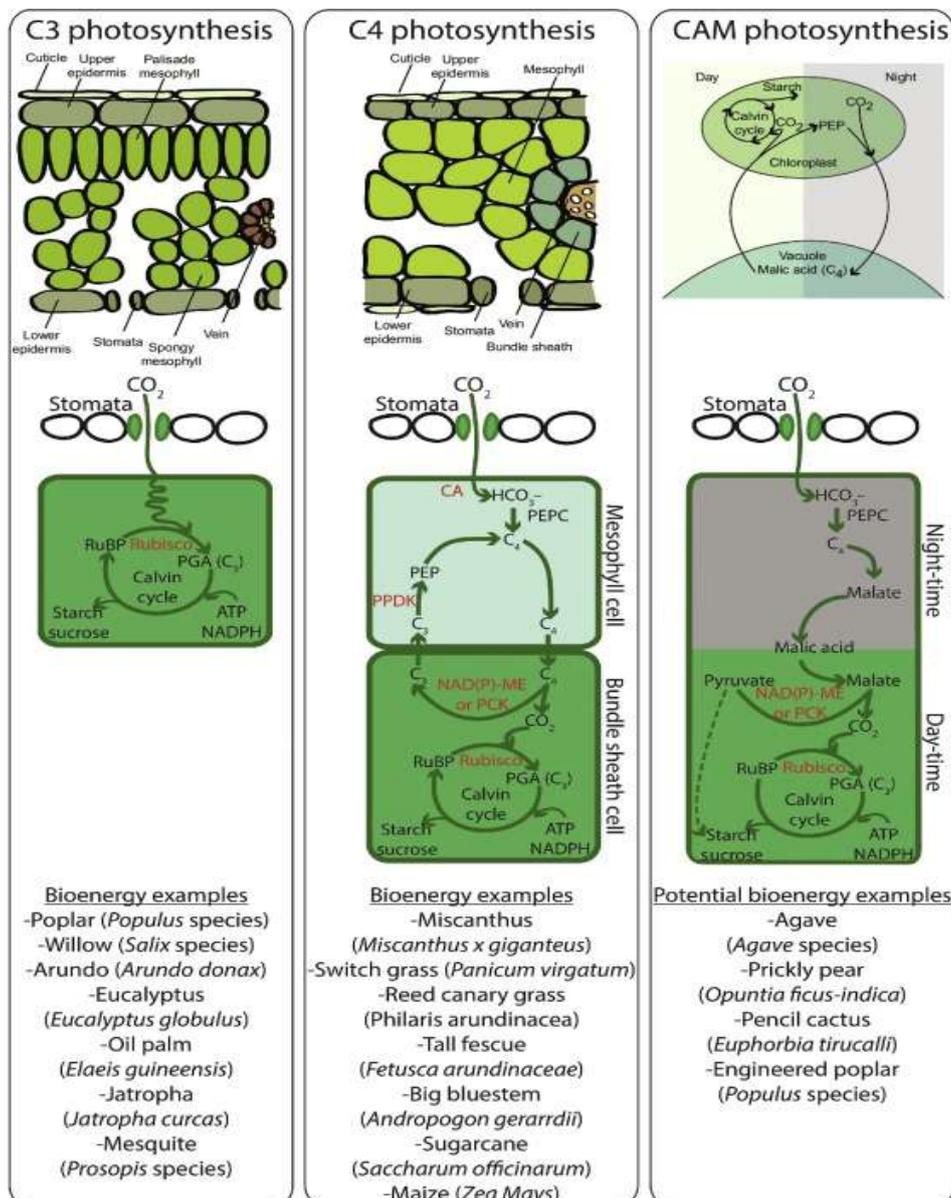
L'irraggiamento solare è la potenza per unità di superficie ricevuta dal Sole sotto forma di radiazione elettromagnetica misurata nell'intervallo di lunghezze d'onda dello strumento di misura e la mappa sottostante lascia intendere quali siano le zone con il potenziale più alto.



## Fotosintesi C4

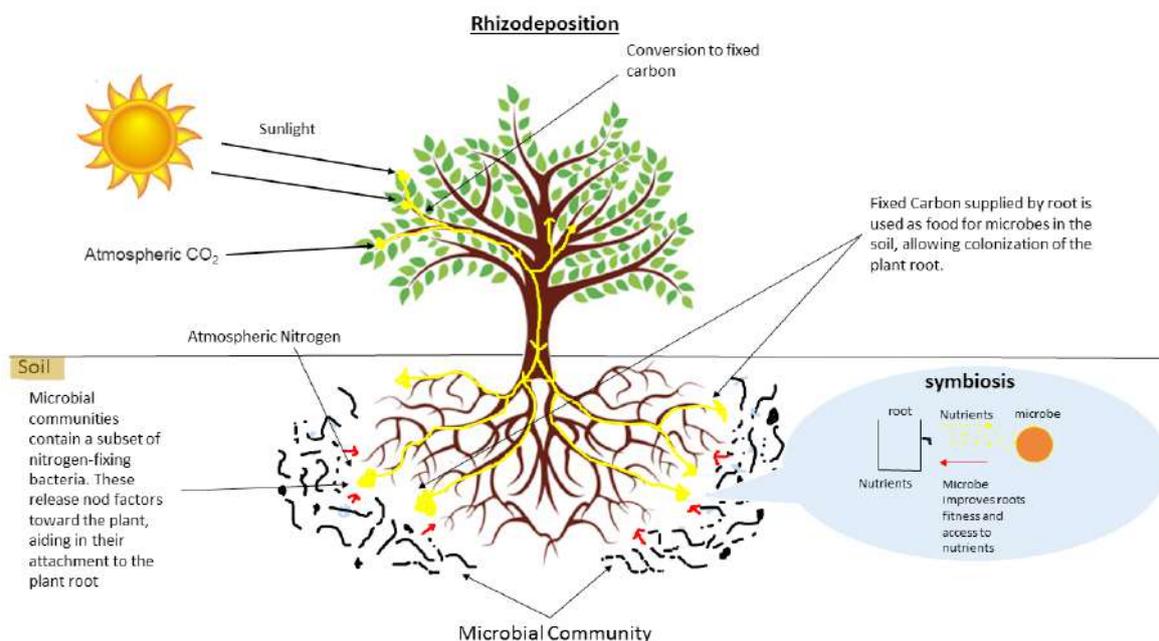
Le piante sono classificate in C3, C4 e CAM a seconda del tipo di fotosintesi che portano a termine. Tra i tre, i cicli delle piante C4 convertono anidride carbonica in un composto di zucchero a quattro atomi di carbonio ed entra nel ciclo di Calvin. Queste piante sono molto efficienti in climi caldi e secchi e producono una grande quantità di energia. Pertanto includendo gli impianti C4 nel file P-MFC avrà un alto tasso di conversione dell'energia solare in energia bioelettrica. Le piante C4 utilizzano il percorso di fissazione del carbonio C4 per aumentare la loro efficienza fotosintetica riducendo o sopprimendo la fotorespirazione, che si verifica principalmente a condizioni come basse concentrazioni di CO<sub>2</sub>, luce intensa, temperatura elevata, siccità o salinità.

Circa 8100 specie di piante svolgono la fissazione del carbonio C4, che rappresenta circa il 3% di tutte le specie terrestri di piante. La fissazione del carbonio C4 è comune nelle monocotiledoni (specie erbacee). Le monocotiledoni/piante erbacee sono costituite da sistemi di radici "avventurose" con una maggiore superficie rizosferica. Si tratta di piante che producono solitamente fiori e fanno parte di questa categoria coltivazioni famose come mais, sorgo e canna da zucchero ed erbacce e piante invasive.



## Le radici e la rizodeposizione

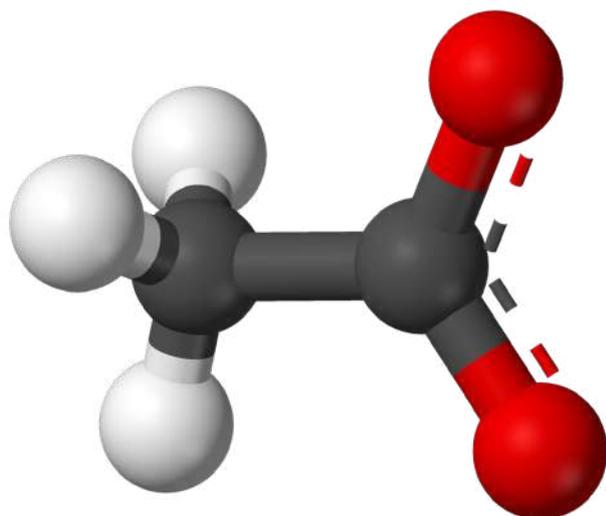
Nel sottosuolo, la biomassa viene utilizzata dalla P-MFC per la produzione di energia elettrica. La parte di biomassa assegnata alle radici sarà utilizzata anche per la crescita, la respirazione ed essudazione delle radici. La materia organica proveniente dalla pianta che verrà utilizzata dai batteri per la produzione di elettricità è costituita sia rizodepositi che materiale di cellule morte. Questa zona viene chiamata rizosfera, ed è la ristretta regione del suolo o del substrato che è direttamente influenzata dalle secrezioni delle radici e dai microrganismi del suolo associati noti come microbioma delle radici. Gran parte del ciclo dei nutrienti e della soppressione delle malattie da parte degli antibiotici richiesti dalle piante, avviene immediatamente adiacente alle radici a causa degli essudati delle radici e dei prodotti metabolici delle comunità di microrganismi simbiotici e patogeni. La rizosfera fornisce anche lo spazio per produrre allelochimici per controllare vicini e parenti. I rizodepositi sono costituiti da essudati, lisati, mucillagini e secrezioni. Nelle piante annuali il 30-60% del carbonio fisso netto è trasferito alle radici. Le piante perenni, invece, possono trasferire il 70-80% del carbonio fisso alle radici, di cui l'8-65% viene rilasciato come rizodeposizione. In media si ipotizza che circa il 50% del carbonio fissato dalla pianta finisca nel terreno sia come radici o come essudati. La rizodeposizione non si verifica in modo uniforme sulle diverse parti delle radici. Gli studi suggeriscono che specificamente le punte delle radici sono coinvolte nell'escrezione attiva di essudati. A causa del rapido turnover dei rizodepositi è molto difficile stimare la quota di ciascuno dei processi che comportano la presenza di materia organica nel suolo. Si stima quella di tutta la respirazione microbica il 50% è dovuto al turnover dei rizodepositi e il 50% alla respirazione diretta delle radici.



Oltre al carbonio, le radici delle piante espellono altri composti che possono svolgere un ruolo nel funzionamento del P-MFC: protoni e ossigeno. I protoni vengono escreti per consentire l'assorbimento di altri composti, generalmente nutrienti. Alcune piante, tra cui la *Spartina anglica*, sono in grado sopravvivere in condizioni di ristagno d'acqua grazie alla formazione di aerenchima, canali di ossigeno che trasportano ossigeno dall'aria alle radici impregnate d'acqua. L'ossigeno via aria o via aerenchima, è indesiderato nell'anodo del P-MFC poiché limita il numero di elettroni che possono essere raccolti tramite il circuito elettrico.

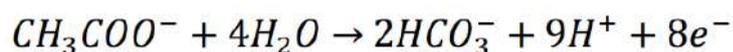
## La conversione microbica

L'attività microbica intorno alle radici di una pianta è più di 10 volte superiore rispetto al resto di il suolo. All'ambiente radice-suolo la materia organica viene rilasciata dalla pianta (attivamente o passivamente) e direttamente ossidata dai batteri presenti. Nel P-MFC i batteri abbattano la materia organica e rilasciano elettroni nell'anodo dell'MFC. Il complesso mix di substrati disponibili dalla pianta rende difficile valutare cosa sia ossidato precisamente dai batteri nel P-MFC. Prendiamo l'acetato come substrato modello per capire meglio il funzionamento della tecnologia.



**Modello dell'anione organico acetato  
CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>**

L'ossidazione dell'acetato da parte dei batteri è la seguente:

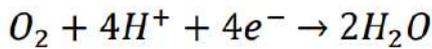


Dopo aver rilasciato gli elettroni, questi vengono utilizzati in modo ottimale per la produzione di elettricità all'anodo del P-MFC. Questo accade perché i batteri possono guadagnare energia donando elettroni a un altro composto. Possono essere presenti all'anodo accettori di elettroni diversi. Questi cosiddetti accettori di elettroni alternativi possono interferire con la produzione di elettricità quando è energeticamente più attraente per i batteri donare gli elettroni all'accettore alternativo invece che all'anodo. Alcuni accettori di elettroni alternativi che possono essere presenti nell'anodo del P-MFC sono l'ossigeno, anidride carbonica, nitrati e solfati.

## La cellula a combustione microbica (MFC)

Gli elettroni rilasciati dai batteri vengono raccolti in una cella a combustione microbica. Nell'anodo la materia organica viene ossidata. Accoppiando questo anodo ad un catodo con un potenziale maggiore, può essere generata energia. La reazione catodica sarebbe preferibilmente la riduzione dell'ossigeno all'acqua perché l'ossigeno è disponibile, economico e ha un potenziale di alto livello.

La riduzione discussa è la seguente:



## Le condizioni climatiche in ambiente outdoor

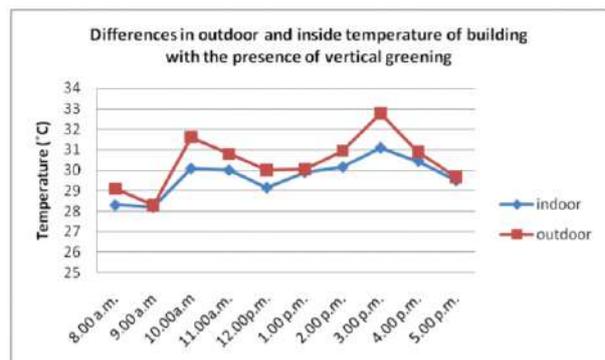
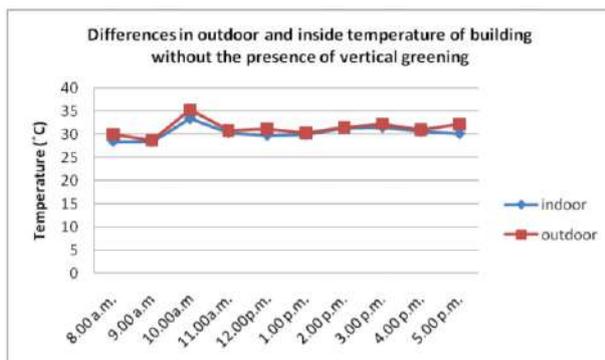
La cella a combustibile microbica vegetale è in teoria una tecnologia sostenibile promettente. Tuttavia se impiegata all'aperto, la corrente e la densità di potenza non sono stabili. Il potenziale anodico del P-MFC è influenzato dalla temperatura, portando ad una diminuzione della produzione di energia elettrica durante i periodi di bassa temperatura e non produzione di elettricità durante i periodi di gelo. La produzione di elettricità torna ogni volta dopo periodi di gelo.

Si può dire che la P-MFC è resiliente per quanto riguarda la produzione di energia elettrica. Il P-MFC sarà sostenibile, tuttavia, solo quando le piante possono sopravvivere all'inverno e la produzione di elettricità può continuare per più di una stagione. L'isolamento a freddo dell'anodo così come la selezione di specie resistenti al freddo sono possibilità per aumentare la sopravvivenza delle piante in inverno e tappe per la creazione di un sistema di produzione di elettricità sostenibile, stabile e indipendente dalle condizioni meteorologiche. Solo quando la potenza erogata dalla cella a combustione microbica vegetale può essere aumentata sotto condizioni esterne, si parlerà di una tecnologia elettrica sostenibile promettente per il futuro.

## Rinnovabile

Il P-MFC è rinnovabile nel senso che utilizza l'energia solare per produrre elettricità.

Costruire un P-MFC costa energia. Se assumiamo che nessuna energia viene persa nel mantenimento del sistema, il bilancio energetico del P-MFC dipende dal suo input di energia iniziale per costruzione, potenza e durata. Basato esclusivamente sulla produzione di elettricità, il tempo di recupero dell'investimento del P-MFC attualmente il tempo necessario per produrre in rete tanta energia quanta è stata utilizzata per costruire il sistema - sarebbe 136 anni. Questo supera la durata di vita dei materiali, a questo punto nello sviluppo della tecnologia basata sulla sola produzione di elettricità il P-MFC non sarebbe rinnovabile. L'input di energia deve diminuire riducendo la quantità di materiali utilizzati o la potenza erogata dal sistema deve aumentare. Tuttavia, è dimostrato che è possibile produrre contemporaneamente elettricità e biomassa. Quindi se potessimo utilizzare la biomassa in modo efficace e includerla nel bilancio energetico del P-MFC, il bilancio energetico potrebbe essere influenzato positivamente. Va valutata anche la possibilità di applicare il P-MFC su un tetto come un sistema di tetto verde. Se consideriamo isolamento termico del tetto verde come possibile co-prodotto del P-MFC possiamo includerlo nel bilancio energetico del P-MFC. Anche con l'attuale quantità di densità di potenza il tempo si ridurrebbe a poco più di 30 anni.



## Opinione pubblica

L'accettazione da parte della società dipende molto dalla specifica applicazione della tecnologia. Di per sé le piante sono esteticamente di alto valore e l'attenzione nel corso della ricerca ha dimostrato che c'è molto interesse da parte di possibili futuri consumatori. Quando si applica il P-MFC su un tetto verde, il valore estetico sarà di particolare interesse per l'utente o proprietario dell'immobile perché ne valorizza l'immagine sostenibile dell'azienda. Nel mondo, il 52% delle aziende ha indicato che l'azienda è disposta a introdurre soluzioni sostenibili in azienda e pagare di più per questo rispetto alle soluzioni non sostenibili.

Quando si esamina un'applicazione decentralizzata per l'accettabilità sociale dei paesi in via di sviluppo il P-MFC sarà probabilmente alto. Gli agricoltori sono tra le persone con il reddito più basso nel mondo. Produrre elettricità con un prodotto con cui hanno familiarità, le piante, offre loro l'opportunità di aumentare i profitti. Inoltre, applicando il P-MFC come sistema decentralizzato per la produzione di elettricità offrirà a 1,2 miliardi di persone nel mondo che non ha accesso all'elettricità di svilupparsi economicamente e socialmente.

L'applicazione del P-MFC come tecnologia di generazione di elettricità su larga scala farà coesistere un'oasi naturale con una centrale elettrica. Anche in questo caso il valore estetico è alto e c'è un'opportunità di aggiungere valore economico alle aree naturali che attualmente detengono solo valore implicito. Si può immaginare che il P-MFC sarà socialmente accettato.



**La riserva naturale regionale Sentina è un'area naturale protetta situata alla foce del fiume Tronto all'interno del comune di San Benedetto del Tronto, in provincia di Ascoli Piceno.**

**Rappresenta un terreno ideale per la produzione di energia con P-MFC.**

## Disponibilità

Il P-MFC può produrre elettricità giorno e notte nel posizionamento indoor. In condizioni naturali sul tetto per esempio, il catodo sviluppava un ritmo diurno, che porta a un sistema dipendente dalle ore di luce per almeno una parte del tempo di esecuzione di l'esperimento. L'anodo non ha mostrato alcuna dipendenza dal giorno e la notte. Finché il sistema non si blocca, l'energia è prodotta in maniera continuata. Questo può dipendere dalla condizioni atmosferiche e quindi è utile valutare la propria posizione geografica per una stima dell'effettiva produzione energetica.

Se vogliamo costruire un sistema autonomo per la produzione di elettricità decentralizzata, con capacità di fornire elettricità in qualsiasi momento desiderato, il P-MFC dovrebbe essere completamente resistente alle intemperie, evitando anche di usare batterie. C'è un grande vantaggio economico nell'evitare l'uso di batterie. A parte la fattibilità economica, le batterie sono inquinanti e dovrebbero quindi essere

evitate del tutto. Il P-MFC potrebbe, tuttavia, offrire un'opportunità per evitare l'impiego di batterie. La capacità del sistema per immagazzinare internamente gli elettroni è alta. Questo offre opportunità per caricare e svuotare il sistema e lasciarlo funzionare da solo come una batteria; questa funzione dovrebbe essere ulteriormente studiata al fine di comprenderne appieno le opportunità.

Quando si tratta di generazione di elettricità su larga scala con il P-MFC, di nuovo la batteria/ accumulatore la funzione del sistema può essere interessante. Attualmente stanno sorgendo problemi in Europa a causa al picco della produzione di elettricità durante le giornate di sole dai pannelli solari. La rete elettrica deve essere attentamente bilanciata per evitare interruzioni di corrente e questo diventa sempre più difficile con un numero crescente di sistemi dipendenti dal clima connessi alla rete. In Europa questo non aveva ancora portato a grossi problemi, grazie al numero di opzioni per "spegnere" altre sorgenti. Le reti elettriche non europee, sono meno stabili e sviluppate, il che crea problemi quando lo è la domanda, a volte superiore all'offerta o viceversa.

Anche se il P-MFC non può funzionare come una batteria in sé, fornisce elettricità stabile durante il giorno, che è un input positivo in una rete elettrica equilibrata.



**Guasto dei pannelli solari.**

## Casi studio

### Living Light

Living Light è una lampada che raccoglie la sua energia attraverso il processo fotosintetico della pianta. La luce si attiverà toccando la pianta. La quantità di energia disponibile dipende dal benessere della pianta. Con i tre LED integrati e in diverse posizioni, vengono proiettate delle ombre.



La luce è soggetta a dimming non regolabile dall'utente e si tratta quindi di una lampada d'ambiente con il quale non è possibile leggere. Inoltre il volume di terra permette alla lampada di essere accesa per un massimo di mezz'ora dopo 24 ore di carica. Non usa batterie e cavi, per la manutenzione basta solo un po' d'acqua e sole per mantenere viva la pianta. I LED sono posti su una circonferenza in bamboo e il vetro è soffiato artigianalmente. Per questa unione di artigianato e tecnologia, il prodotto è stato per ora venduto soltanto nei Paesi Bassi per 1500 euro ognuno con una disponibilità di 100 pezzi.

Il progetto è iniziato nell'Agosto 2016 e prevede in un futuro prossimo la produzione in larga scala.

## Planta Lampara

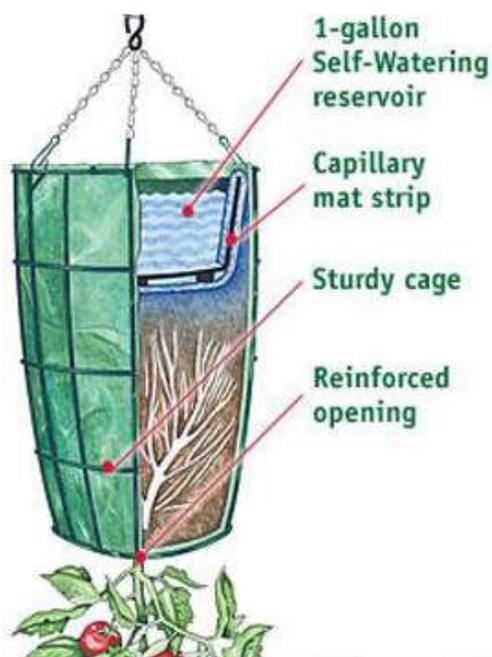
Un team di studenti di ingegneria dell'università di Lima ha sviluppato Plantalàmpara, una lampada a LED che utilizza l'energia derivata dalla fotosintesi con il P-MFC. Il flusso di corrente generato fornisce due ore di luce. L'invenzione è stata utilizzata nel villaggio di Nuevo Saposoa, in Perù, rimasto all'oscuro per mesi dopo un violento temporale.

Quest'oggetto genera una quantità di energia nettamente superiore rispetto al precedente. Questo è dovuto dalla diversa quantità di superficie piantata e alla diversa quantità di radiazione solare che raggiunge i due paesi (Paesi Bassi 365 kWh/m<sup>2</sup> - Perù 3652 kWh/m<sup>2</sup>).



## LivingLight: lampade da giardino sospese di Michael Oechsle

L'omonimo prodotto sfrutta la tecnica di coltivazione verticale che prevede il posizionamento della pianta a "testa in giù" con la riserva d'acqua nella parte superiore dell'oggetto. Non è chiara la quantità di energia prodotta o quanto tempo l'oggetto possa illuminarsi dopo 24 ore di carica. Le piante rappresentate sono tutte utilizzabili in cucina, lasciando intendere quindi questa doppia funzione e definendo l'intento del progettista di inserire questo oggetto in ambiente domestico.



## Modulo Plant-e

Punto di partenza per Living Light di Van D'Oers, questi moduli sono 100 × 50 cm e possono essere installati sia singolarmente che multipli. I moduli ottimizzano le condizioni per la produzione di energia elettrica e consentono di generare elettricità sia per uso interno che esterno. Esistono già moduli nelle aule e negli uffici, ma anche su tetti verdi, parchi e altri spazi pubblici.



## Le piante in ambiente domestico e contract

Le piante da appartamento sono diventate una tendenza improvvisa soprattutto durante la quarantena. Poiché alle persone è vietato uscire di case, molte si sono interessate ad attività da fare a casa, come la cura delle piante. Un anno fa, l'interesse per le piante non era così pubblicizzato come lo è oggi.

Ora più che mai alle persone piacciono le piante da appartamento ed è probabilmente una tendenza che rimarrà a lungo. Una mania del giardinaggio soprannominata "Plantdemic" si è diffusa nei vari paesi. Singolare il caso delle Filippine, dove le restrizioni del coronavirus hanno alimentato la domanda di vegetazione, facendo impennare i prezzi delle piante e innescando un aumento del bracconaggio dai parchi pubblici e dalle foreste protette. Foto di fiori delicati e fogliame a foglie larghe coltivate nei cortili e sui balconi hanno invaso i social media mentre i filippini costretti a casa si rivolgono alla natura per alleviare lo stress e la noia.

"È incredibile. Le persone sono molto interessate alle piante in questi giorni", ha detto il giardiniere paesaggista Alvin Chingcuangco, che ha visto i prezzi per alcune varietà di Monsteras (foto) raggiungere i 55.000 pesos (circa 2000 euro) ciascuno, rispetto agli 800 pesos prima della pandemia. La venditrice di impianti di Manila Arlene Gumera-Paz ha detto che il suo fatturato giornaliero è triplicato dopo aver riaperto i battenti dopo mesi di blocco.



La venditrice di impianti di Manila Arlene Gumera-Paz ha detto che il suo fatturato giornaliero è triplicato dopo aver riaperto i battenti dopo mesi di blocco. La domanda è rimasta alta anche se i prezzi per le varietà più popolari di piante da interno, come alocasie, piante ragno e gigli della pace, sono raddoppiati o addirittura quadruplicati.

"È difficile capire le persone. Quando le piante erano economiche, venivano ignorate", ha detto la quarantenne, che acquista le sue piante all'ingrosso da coltivatori nelle province vicine. Ma con l'aumento della domanda, le autorità hanno avvertito che molte piante sul mercato potrebbero non essere state ottenute legalmente.

Ai ranger che pattugliavano le foreste di Zamboanga nel sud del paese alla ricerca di disboscatori illegali e bracconieri di animali selvatici è stato ordinato di fare attenzione ai ladri di piante, dopo che i funzionari hanno notato che alcune specie pubblicate sui social media potevano essere trovate solo nelle aree protette della regione.

Le piante d'appartamento fanno bene alla salute, e non solo per la loro bellezza estetica. Rilasciano ossigeno e assorbono anidride carbonica, rinfrescando l'aria ed eliminando le tossine dannose presenti nelle case, aiutano a regolare l'umidità ed aumentano i livelli di positività: vedere il verde e la natura ci aiuta a sentirci più rilassati e calmi, il che a sua volta giova all'umore durante il resto della giornata. Le piante da interno hanno uno scopo pratico ed estetico e migliorano la qualità di vita: "un giardino" in casa può essere un rifugio dal mondo esterno e motivo di grande gioia/gratificazione: prendersi cura di un essere vivente ci dà uno scopo ed è gratificante, specialmente quando quell'essere vivente fiorisce e prospera.



Dal 2016, le vendite di piante d'appartamento negli Stati Uniti sono quasi raddoppiate a 1,7 miliardi di dollari, ha riferito Matthew Boyle per Bloomberg, citando i dati della National Gardening Association. I millennial americani sono stati accusati di condannare ogni sorta di cose: birra, golf, cereali. Ma alla corte è attribuito il merito di aver rilanciato il mercato delle piante d'appartamento, un tempo moribondo. Con molti millennial che ritardano la genitorialità, le piante sono diventate i nuovi animali domestici, soddisfacendo il desiderio di connettersi con la natura e il fiorente movimento del "benessere". Per un gruppo che abbraccia esperienze e viaggi, inoltre, le piante danno alla Gen Yers qualcosa di cui prendersi cura che non morirà - o sporcherà il tappeto - quando non sono in giro. La maggior parte delle piante viene ancora acquistata presso centri di giardinaggio o rivenditori di grandi dimensioni, che trasportano principalmente varietà economiche e resistenti su misura per gli acquirenti alle prime armi. Ma una miriade di nuovi arrivati si rivolge ai millennial con strategie innovative. L'azienda The Sill, ad esempio, vende la maggior parte delle sue piante online e offre consigli per la cura, resi gratuiti e lo slogan adatto ai principianti: "Can't Kill It. Just try."

Già di tendenza per l'interior design e la moda, le piante da interno portano molto in una sala da pranzo. La proprietaria del negozio di piante Danae Horst dice che "l'intera atmosfera sembra diversa" quando le piante sono presenti. Ed è entusiasta di quante piante d'appartamento ci sono nei ristoranti in questi giorni; non solo perché è un'attività più potenziale - il suo negozio di Pasadena Folia Collective offre servizi di progettazione di piante ai ristoranti e finora ha lavorato con un negozio di frullati locale - ma perché "cambiano davvero il modo in cui uno spazio si sente".

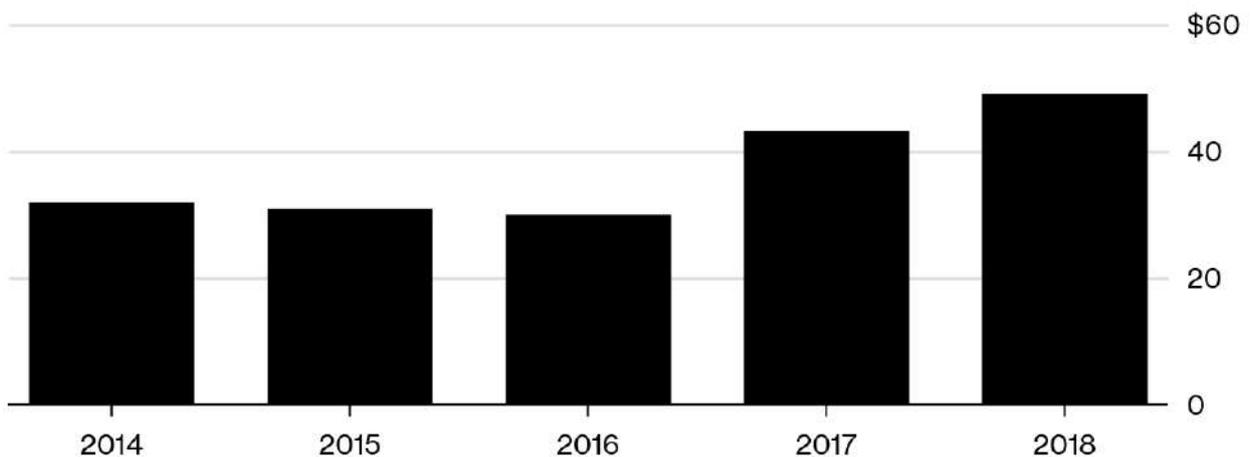
Le piante d'appartamento sono il filo conduttore del design attraverso alcuni dei ristoranti più alla moda degli Stati Uniti. Viti di pothos gocciolano su un giardino galleggiante nel grande successo di Los Angeles Bavel. Un delizioso albero di ficus si trova al centro della sala da pranzo di Sorrel a San Francisco, mentre in alto sono sospese varie felci della Bay Area. Lo chef Alvin Cailan ha recentemente trascorso una domenica a comprare piante per il suo tanto atteso ristorante di New York The Usual.

Poiché le piante d'appartamento continuano a fare tendenza nel design (e su Instagram), più ristoratori saranno probabilmente ispirati a cimentarsi nella creazione della propria #UrbanJungle. Chiunque lo faccia dovrebbe essere pronto a fare il lavoro o spendere i soldi per farlo fare a qualcun altro. Dopotutto, dice Horst, "le piante morte non sono ciò che le persone cercano di incorporare nella loro estetica".

## Plant Power

Social media sites like Instagram have fueled a resurgence in sales of indoor plants

■ Average annual household spending on indoor plants



Source: National Gardening Association's GardenResearch.com

**Bloomberg**



## Fase progettuale

### Requisiti e vincoli progettuali

Il prodotto deve riuscire a produrre abbastanza luce da alimentare un lampada LED per almeno due ore affinché possa essere utilizzata nel contract e in ambiente domestico. Inoltre deve avere un ingombro ridotto, essere trasportabile (e quindi leggera), stabile e proiettare la luce verso il basso in modo da non infastidire l'utente con flussi luminosi all'altezza degli occhi.

La quantità di energia prodotta da questo sistema è di 0.4 W/m<sup>2</sup> e affinché funzioni al meglio la distanza tra anodo e catodo deve essere di circa 5 cm.

Convertendo il valore precedente avremo una produzione energetica di 0.00004 W/cm<sup>2</sup>. Immaginiamo adesso una superficie "piantata" di 600 cm<sup>2</sup> dalla quale produrre energia elettrica. Moltiplicando questi valori, viene semplificata l'unità di misura in cm<sup>2</sup> e avremo una produzione di 0.024W.

A questo punto utilizziamo il valore in Joule (W = J/s) di energia prodotta moltiplicandola per 24 ore di carica:

$$0.024 \text{ J/s} \times 3600 \text{ s} \times 24 = 2073.6 \text{ J}$$

La quantità di energia prodotta è chiaramente molto bassa, ma utilizzando gli OLED (Organic Light Emitting Diode) è possibile produrre luce. Nella tabella delle performance vediamo come la produzione di luce bianca con Luminanza 400 cd/m<sup>2</sup> da parte di un OLED consuma circa 10 mW/cm<sup>2</sup>.

Immaginando una superficie illuminante di 25 cm<sup>2</sup> possiamo convertire i valori per ottenere il consumo energetico della fonte luminosa:

$$0.01 \text{ W/cm}^2 \times 25 \text{ cm}^2 = 0.25 \text{ W}$$

### Flexible OLED performance table

Luminance turn-on	< 20 msec	< 20 msec	< 20 msec	< 20 msec
Operating voltage	< 4 V	~5 V	< 4 V	< 5 V
Luminance	~400cd/m <sup>2</sup>	~400cd/m <sup>2</sup>	~400cd/m <sup>2</sup>	~400cd/m <sup>2</sup>
Operating lifetime	> 20,000 hrs	> 20,000 hrs	> 8,000 hrs	> 20,000 hrs
Drive current density	~3 mA/cm <sup>2</sup>	~70 mA/cm <sup>2</sup>	~5 mA/cm <sup>2</sup>	~5 mA/cm <sup>2</sup>
Power requirement	< 10 mW/cm <sup>2</sup>	< 400 mW/cm <sup>2</sup>	< 15 mW/cm <sup>2</sup>	< 25 mW/cm <sup>2</sup>
Shelf life (under evaluation)	> 10 years	> 10 years	> 10 years	> 10 years
CIE colour	0.30, 0.64	0.68, 0.31	0.14, 0.17	0.35, 0.38

Infine rapportiamo la produzione energetica al consumo appena calcolato per ottenere i secondi di attività della sorgente luminosa:

$$2073.6 \text{ J} / 0.25 \text{ J/s} = 8294.4 \text{ s}$$

Questo equivale a 138.24 minuti o 2 ore, 18 minuti e 24 secondi. Abbiamo quindi raggiunto i secondi di funzionamento necessari all'oggetto, rapportati alla superficie in cui cresceranno le piante.

Un diodo organico a emissione di luce (OLED o LED organico), noto anche come diodo organico elettroluminescente (EL organico), è un diodo a emissione di luce (LED) in cui lo strato elettroluminescente emissivo è una pellicola di composto che emette luce in risposta a una corrente elettrica. Questo strato organico è situato tra due elettrodi; tipicamente, almeno uno di questi elettrodi è trasparente.

Gli OLED vengono utilizzati per creare display digitali in dispositivi come schermi televisivi, monitor di computer, sistemi portatili come smartphone, console di gioco portatili e PDA. Si tratta quindi di una scelta adatta nel momento in cui la fonte luminosa è soggetta al tocco dell'utente.

Questa tipologia di LED ha un'alta efficienza energetica e filtrano la luce emessa da una retroilluminazione, consentendo il passaggio di una piccola frazione di luce. Pertanto, non possono mostrare il vero nero. Tuttavia, un elemento OLED inattivo non produce luce né consuma energia, consentendo i veri neri. La rimozione della retroilluminazione rende anche gli OLED più leggeri perché alcuni substrati non sono necessari.



I costi saranno inferiori in futuro in quanto gli OLED possono essere stampati su qualsiasi substrato adatto da una stampante a getto d'inchiostro o anche mediante serigrafia, teoricamente rendendoli più economici da produrre rispetto agli schermi LCD o al plasma. Tuttavia, la fabbricazione del substrato OLED a partire dal 2018 è più costosa rispetto all'LCD TFT. I metodi di deposizione da vapore roll-to-roll per dispositivi organici consentono la produzione di massa di migliaia di dispositivi al minuto a un costo minimo; tuttavia, questa tecnica provoca anche problemi: i dispositivi con più strati possono essere difficili da realizzare a causa della registrazione, allineando i diversi strati stampati con il grado di precisione richiesto.

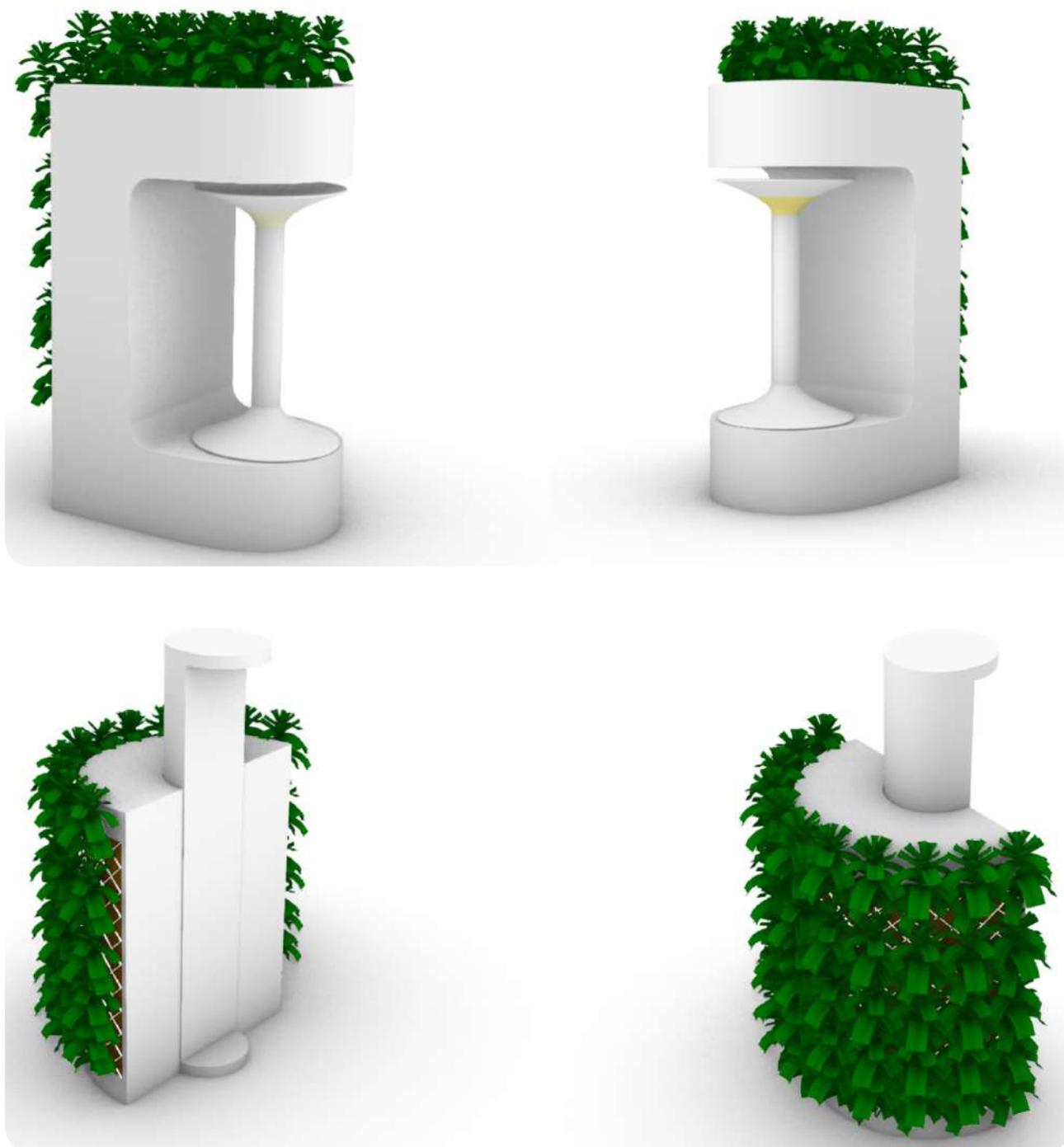
Tuttavia, l'acqua può danneggiare istantaneamente i materiali organici dei display. Pertanto, i processi di sigillatura sono importanti per la produzione pratica. In particolare, i danni causati dall'acqua possono limitare la longevità di schermi più flessibili.

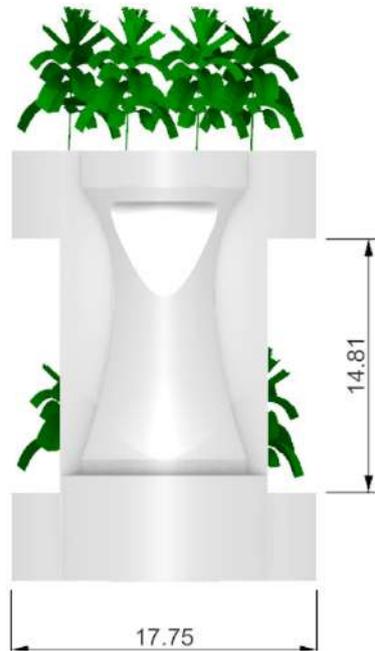
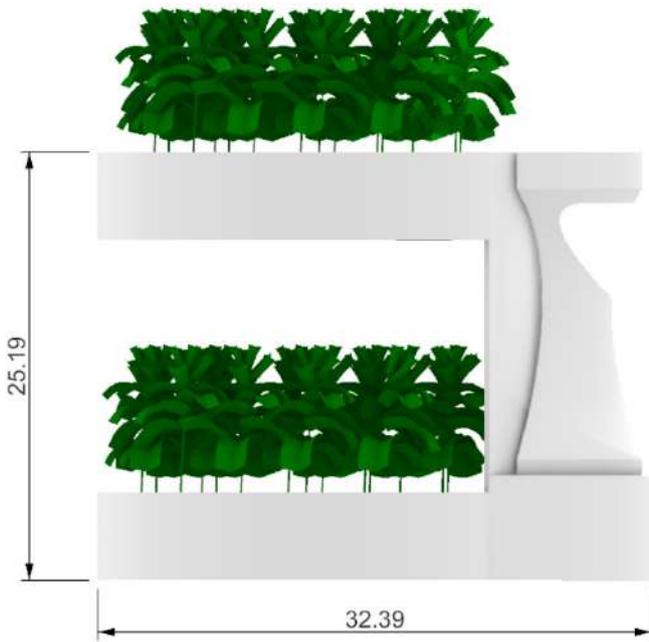
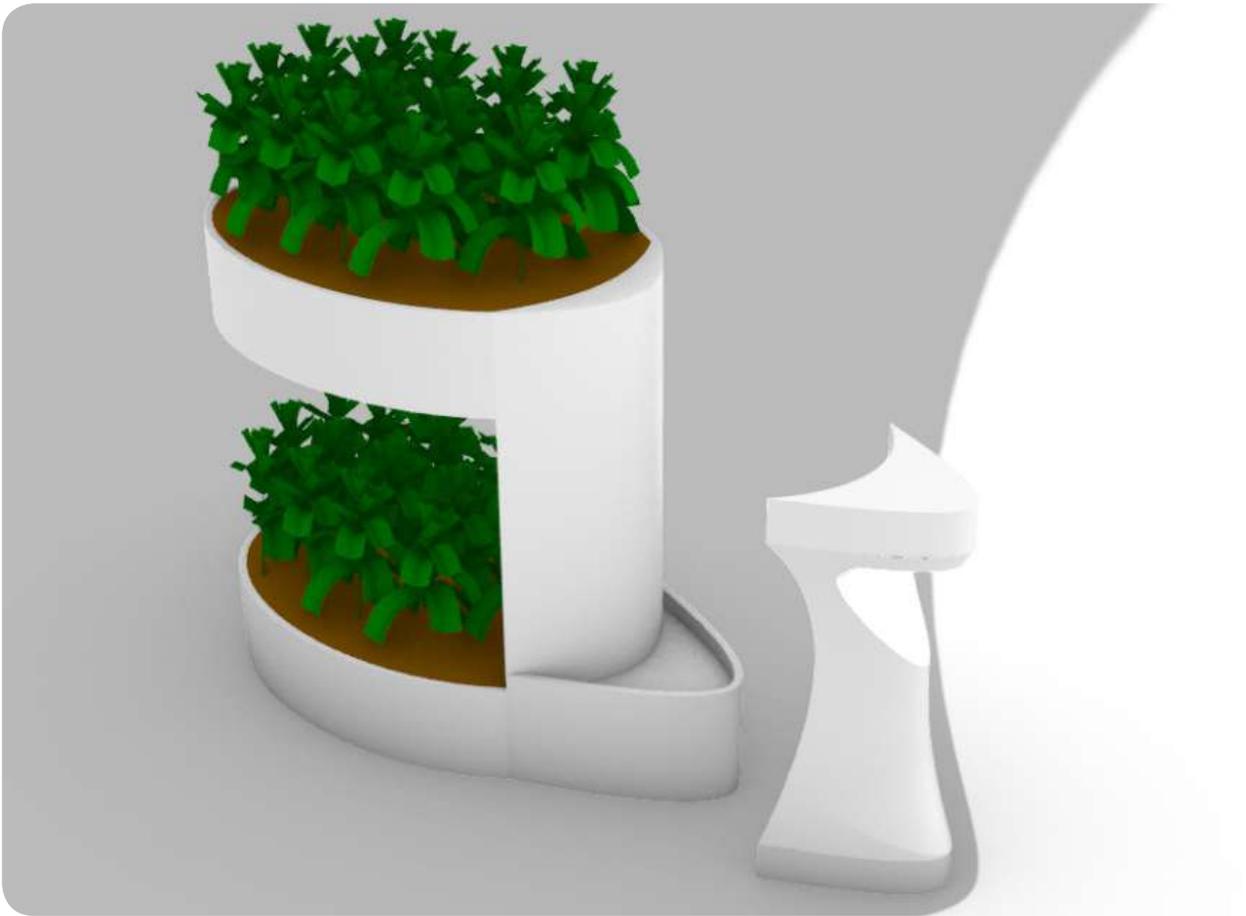
## Modelli iniziali

Questi modelli soddisfano la domanda energetica, ma ognuno di essi presenta diverse problematiche e per questo sono stati scartati.

Fin da subito è stata chiara la necessità di rendere la lampada removibile per limitare il peso dell'oggetto da trasportare ed evitare spostamenti di terra che vanno a causare stress nella piante riducendo la qualità di vita dell'organismo con conseguente malfunzionamento del prodotto.

Inoltre è stata palese la necessità di ricorrere ad una coltivazione che non avesse un ingombro esagerato: per avere 600 cm<sup>2</sup> di terra piantata, avremo bisogno di un cubo di terra di 24,5 cm per lato che quindi occuperebbe troppo spazio su, ad esempio, un tavolo da ristorante o su una scrivania.





## Green Lantern

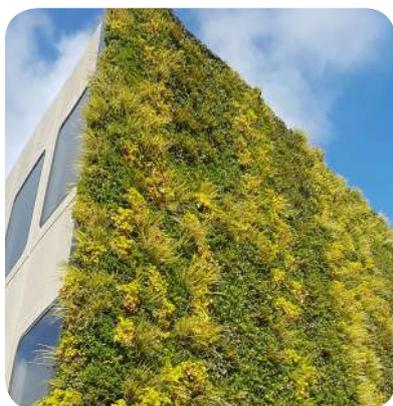
Green Lantern sfrutta la verticalità della struttura per ridurre l'ingombro sulla superficie d'appoggio.



Una rete metallica avvolge e trattiene il terreno in cui le piante cresceranno; questo si rifà alle tecniche di vertical farming, che permettono di avere piante appese alle pareti di casa o di interi palazzi.

L'agricoltura verticale è la pratica di coltivare colture in strati sovrapposti verticalmente. Spesso incorpora l'agricoltura in ambiente controllato, che mira a ottimizzare la crescita delle piante, e tecniche di coltivazione fuori suolo come l'idroponica, l'acquaponica e l'aerponica. Alcune scelte comuni di strutture per ospitare sistemi di coltivazione verticale includono edifici, container, tunnel e pozzi minerari abbandonati. A partire dal 2020, esiste l'equivalente di circa 30 ettari (74 acri) di terreno agricolo verticale operativo nel mondo.

La dimensione del mercato globale dell'agricoltura verticale è stata valutata a \$ 2,23 miliardi nel 2018 e si prevede che raggiungerà \$ 12,77 miliardi entro il 2026, crescendo a un CAGR del 24,6% dal 2019 al 2026.

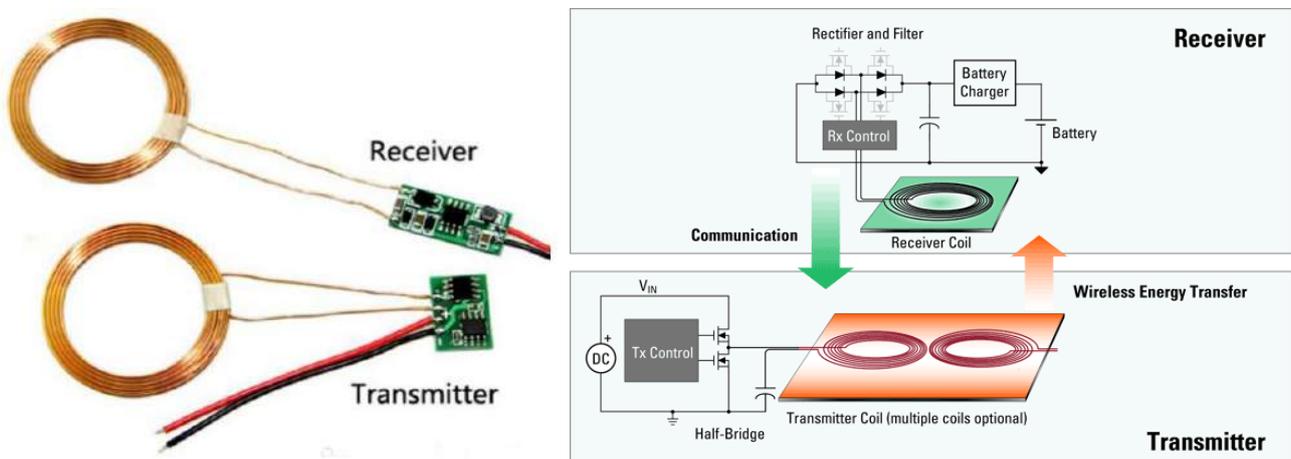


L'oggetto si compone di due parti, il vaso e la lampada.



## La lampada

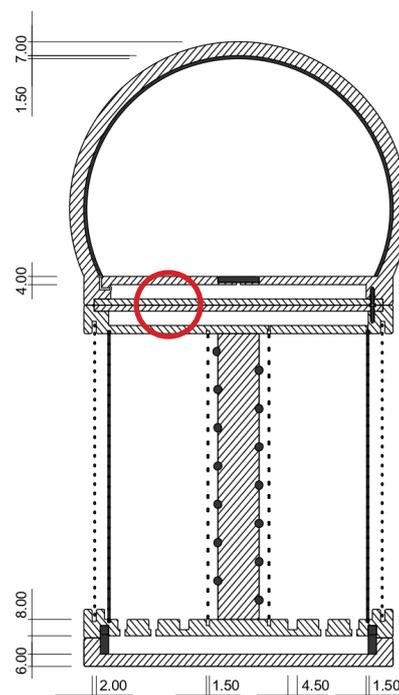
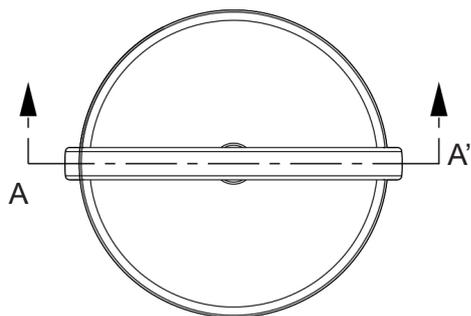
La lampada viene impugnata attraverso l'arco, da cui viene emessa anche la luce. La ricarica della lampada è wireless e avviene nel momento in cui essa è poggiata sul vaso: è resa possibile dalle bobine di ricarica, che sono nascoste nelle superfici che entrano in contatto dei due oggetti.



Un'antenna a circuito magnetico (bobina di rame) viene utilizzata per creare un campo magnetico oscillante, che può creare una corrente in una o più antenne riceventi. Se viene aggiunta la capacità appropriata in modo che i loop risonino alla stessa frequenza, la quantità di corrente indotta nei ricevitori aumenta. Questa è carica induttiva risonante o risonanza magnetica; consente la trasmissione di potenza a distanze maggiori tra trasmettitore e ricevitore e aumenta l'efficienza. La dimensione della bobina influisce anche sulla distanza del trasferimento di potenza. Più grande è la bobina, o più bobine ci sono, maggiore è la distanza che una carica può percorrere.

Nel caso dei pad di ricarica wireless per smartphone, ad esempio, le bobine di rame hanno un diametro di pochi pollici, limitando fortemente la distanza su cui la potenza può viaggiare in modo efficiente.

Ma quando le bobine sono più grandi, è possibile trasferire più energia in modalità wireless.



Come è possibile notare nella sezione A-A', i due vani superiori di vaso e lampada contengono le componenti elettriche. Nel momento della ricarica, la lampada verrà posizionata sul vaso: è proprio in questo momento che le bobine di ricarica si troveranno ad una distanza inferiore al centimetro e potrà cominciare la ricarica.

La luce viene emessa dalla superficie interna dell'anello superiore. Qui una strip con tecnologia OLED discussa nei capitoli precedenti, emette 400 cd/m<sup>2</sup> per ogni cm<sup>2</sup> di superficie. Il numero di candele corrisponde a quelle emesse comunemente dai computer con schermo OLED. In questo caso però il numero di cm<sup>2</sup> di schermo comporta una resa luminosa di più di 500 cd/m<sup>2</sup>. Possiamo quindi ipotizzare che lo stesso avvenga per Green Lantern.

L'anello rappresenta anche lo spazio di presa dell'oggetto. L'OLED infatti non è danneggiato dal tocco.



L'accensione e lo spegnimento sono regolati da un unico pulsante posto al centro della circonferenza della lampada.



Questo pulsante si illumina grazie ad un LED di modeste dimensioni con tre diverse colorazioni per offrire un feedback all'utente visivo sul funzionamento dell'oggetto.

Il LED si illuminerà di rosso quando la lampada è in carica, di verde quando la ricarica della lampada è completa e di blu quando il sistema percepisce che l'umidità del terreno è diminuita al punto da interferire con la raccolta di elettroni che è alla base del funzionamento di Green Lantern.

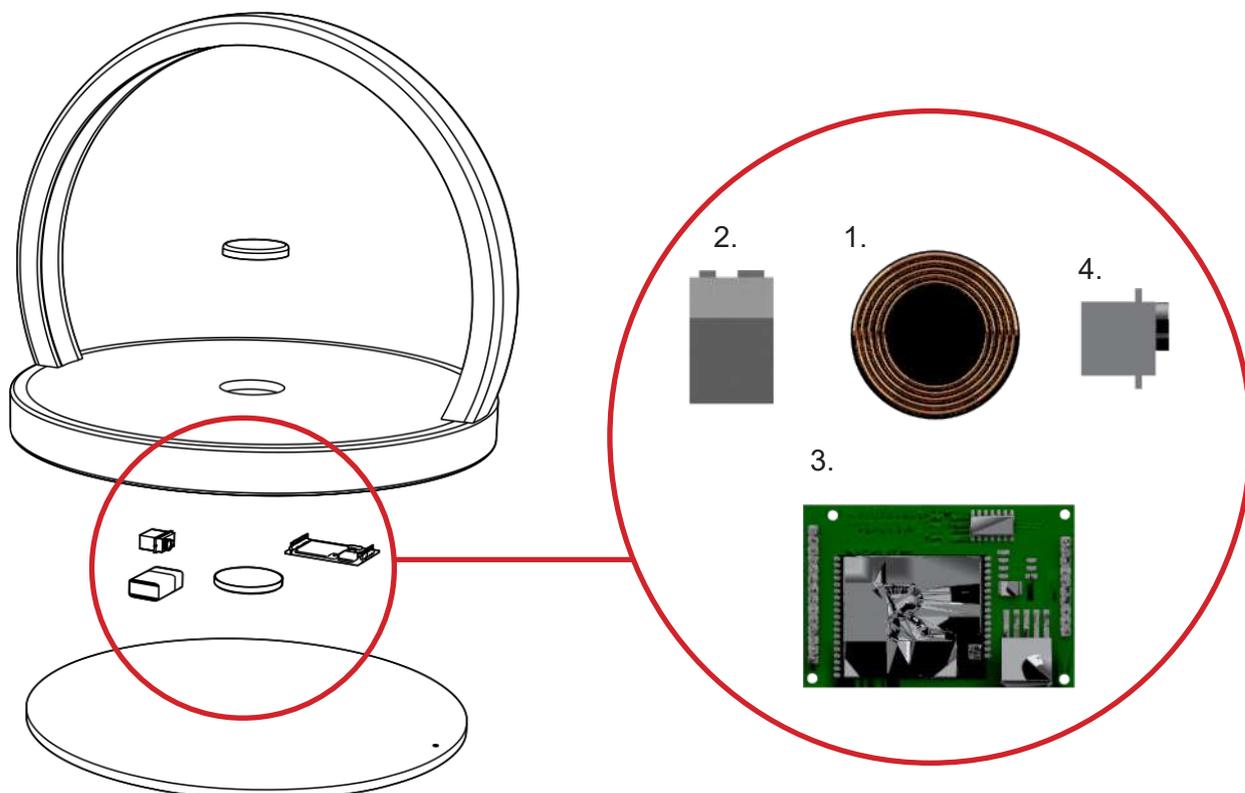


Sul fondo della lampada, un pannello di controllo da la possibilità di accedere alle componenti elettroniche ed intervenire nell'eventualità di ci siano problemi di funzionamento.

Questo è tenuto fermo da una semplice vite che si blocca nel corpo della lampada.

Le componenti sono:

1. spirale per la carica wireless - 2. batteria - 3. scheda di controllo - 4. componente per l'accensione (comunicante col pulsante esterno)



## Il vaso

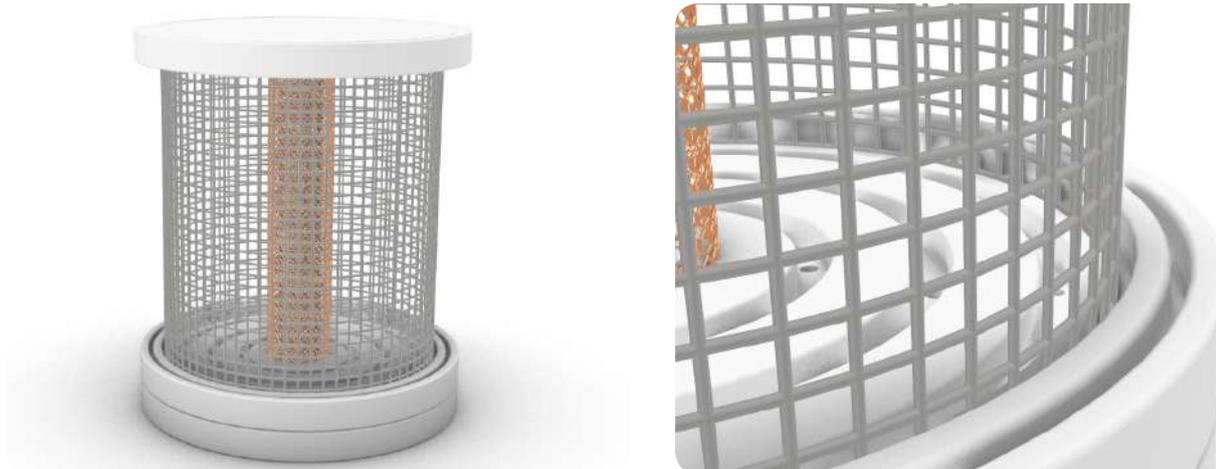
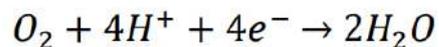
Nel vaso le componenti elettroniche sono separate e isolate dalla sezione adibita al contenimento dell'acqua. In questa sezione è contenuta la Cellula a Combustione Microbica.



Partendo dall'esterno verso l'interno, troviamo una prima rete in acciaio. Questa rete mantiene il terreno all'interno del sistema, lasciando passare la vegetazione che crescerà su di esso. La rete è trattenuta e inserita negli spazi di incastro nella parte superiore e inferiore dell'oggetto.

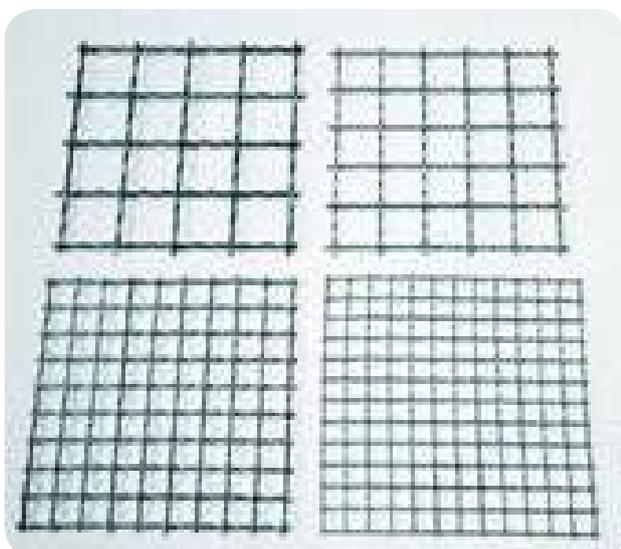


A distanza di 1 centimetro incontriamo il catodo del P-MFC, rappresentato da una rete in zinco. Affinché la reazione avvenga, il catodo deve essere in contatto con l'ossigeno. Questa sostanza penetra nel terreno fino a 3 centimetri di profondità ragion per cui la quantità di ossigeno è più che sufficiente e la reazione precedentemente illustrata può avvenire:



Anche questa rete è tenuta ferma da uno "scavo" nella superficie superiore e inferiore del vaso, ma la profondità è leggermente inferiore in quanto non deve sostenere la stessa pressione. Nonostante ciò rappresenta un ulteriore elemento stabilizzante utile a mantenere la terra in posizione. Ovviamente le piante manterranno il terreno ancora più saldo con le radici.

Lo zinco non è danneggiato dall'acqua, perché forma uno strato protettivo di idrossido di zinco insolubile,  $Zn(OH)_2$ , nello stesso modo in cui l'alluminio forma una "patina" protettiva quando entra in contatto con l'ossigeno, evitando ulteriore ossidazione.



## Product Datasheet

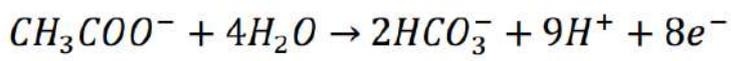
### Zinc Mesh

Product code: ZN-M-05-ME

Formula: Zn  
 Molecular Weight: 65.38  
 Purity: (5N) 99.999%  
 CAS No.: 7440-66-6  
 EC No.: 231-175-3  
 MDL: MFCD00011291  
 Appearance: Shiny silvery-grey metal  
 Melting Point: 420 °C  
 Boiling Point: 907 °C  
 Density: 7.14 g/cm<sup>3</sup> (20 °C)

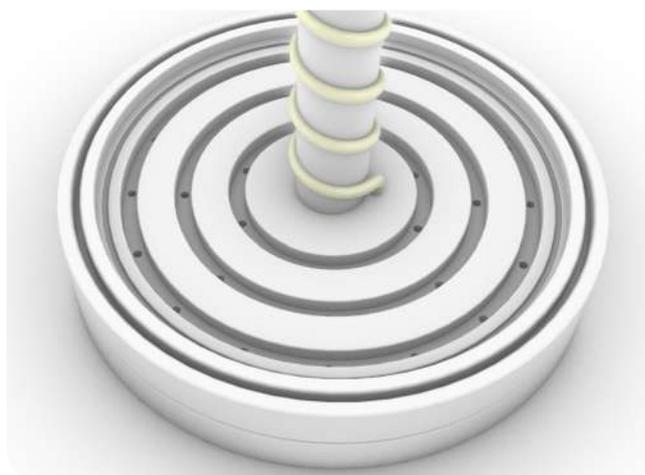
Total Metal Impurities (max): 0.001%

Proseguendo altri 5 cm verso l'interno, è inserito nella struttura la rete in rame che funge da anodo. Questo è isolato dall'ossigeno ed è proprio qui vengono catturati gli elettroni rilasciati dai batteri nel terreno a seguito della reazione:



Per permettere che questa reazione avvenga, la rete deve essere continuamente inumidita (come viene evidenziato nella reazione dalle quattro molecole di acqua). Anche il rame a contatto con acqua si ricopre di una pellicola di ossido di rame, che ne impedisce la dispersione di ioni e non permette la corrosione.

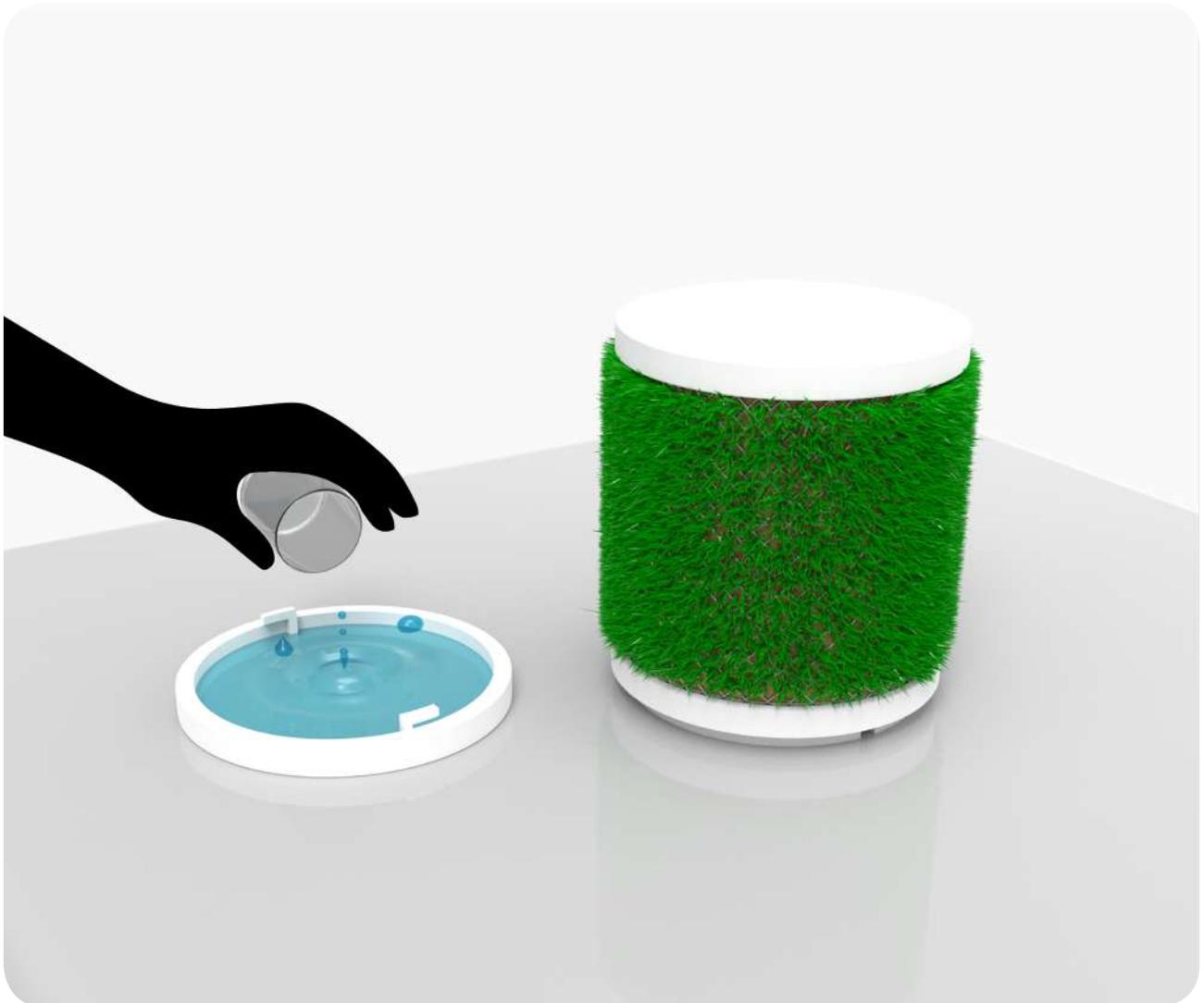
Affinché questo stato di umidità sia costante, uno stoppino autoirrigante percorre verticalmente il corpo centrale di Green Lantern, caricandosi di acqua e rilasciandola nel terreno.



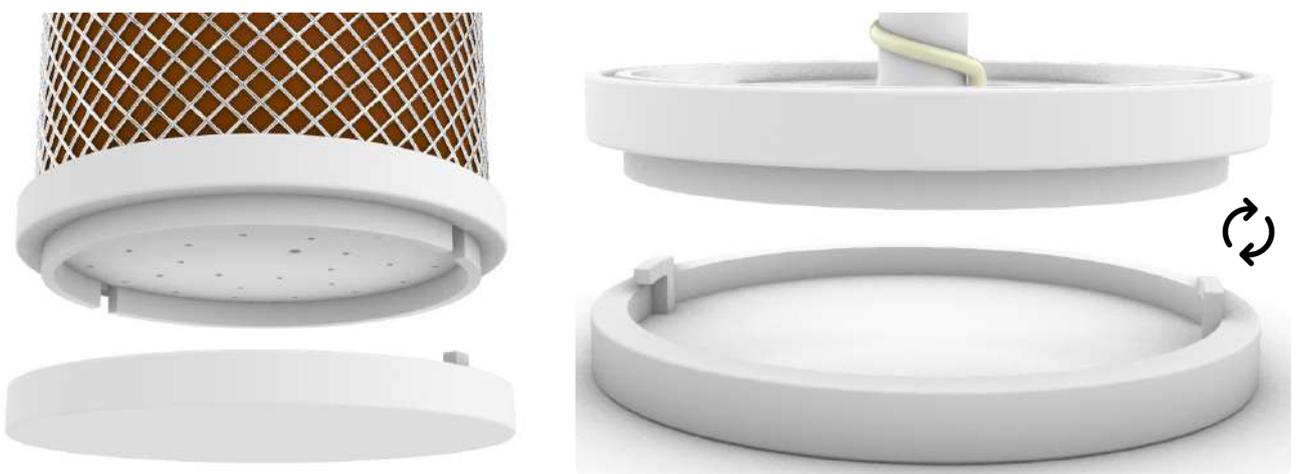
Lo stoppino si inserisce parzialmente lungo l'incanalatura serpentina dell'elemento che collega la base alla sezione elettrica del vaso, bloccandosi in alto. Si carica di acqua attraverso il sottovaso, che in Green Lantern rappresenta anche la riserva di acqua. L'acqua non assorbita dalle piante viene raccolta in scavi forati nella superficie inferiore del vaso a contatto con la terra e riportata nel sottovaso, insieme all'acqua generata dalla reazione nel catodo.

Si viene quindi a generare un risparmio di acqua nel momento in cui lo stoppino riutilizzerà l'acqua che altrimenti verrebbe sprecata dopo non essere stata assorbita dalle piante.

Il sottovaso rappresenta la riserva d'acqua dell'oggetto. Proprio in questa sezione infatti l'utente dovrà versare 10 dl di acqua (circa un bicchiere d'acqua) per mantenere lo stoppino e la terra umidi.



Questo va ad incastro nel vaso e il bloccaggio è reso possibile dai perni nella superficie interna del vaso. Una volta che vaso e sottovaso sono inseriti l'uno nell'altro, basterà ruotare una delle due parti per bloccarle insieme e prevenire fuoriuscite accidentali di acqua.



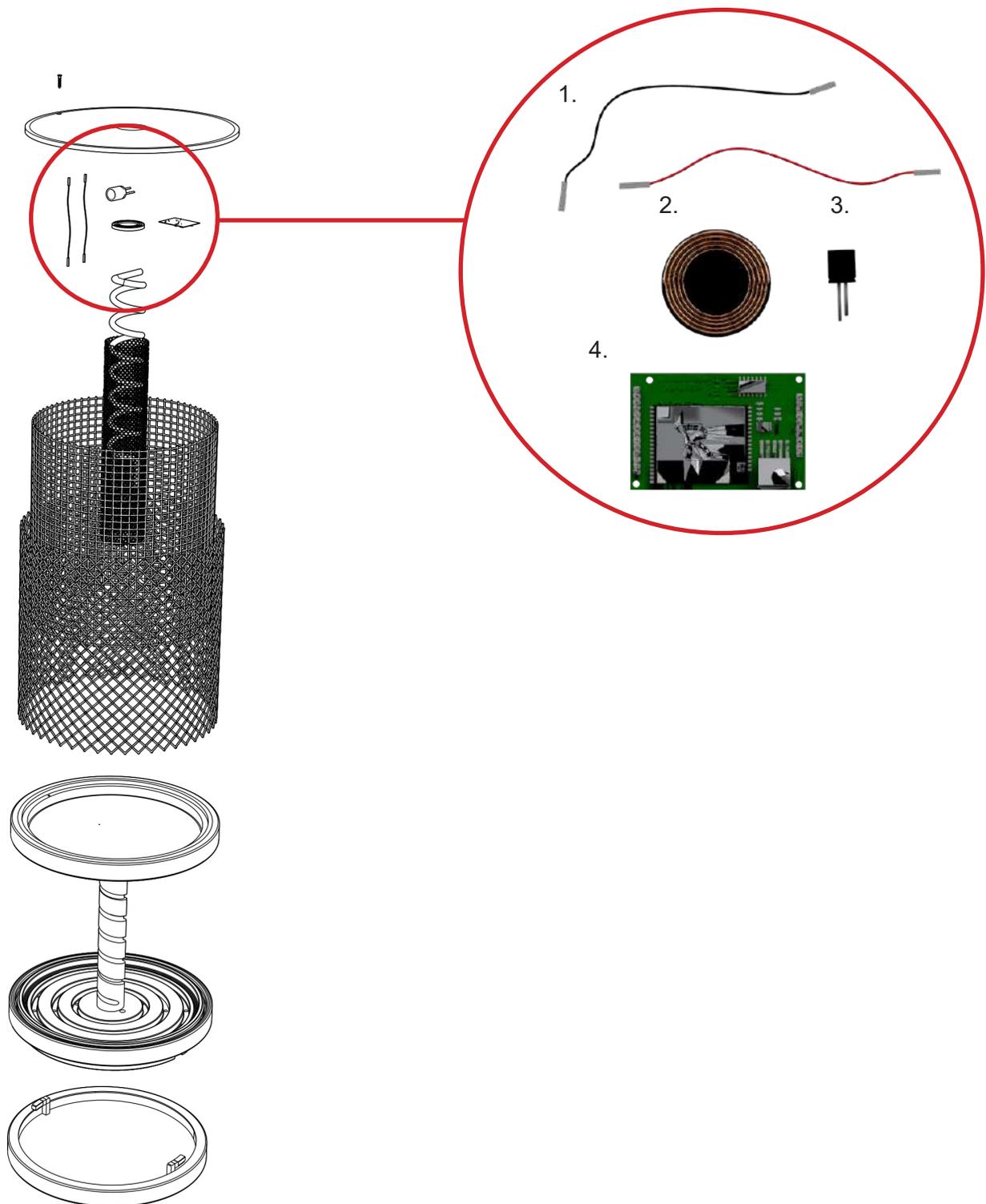
Il pannello di controllo è presente anche nel vaso ed è strutturato come quello visto precedentemente nella lampada. Proprio qui troviamo le componenti elettriche del vaso, separate e protette dal compartimento dell'acqua.



I fili di collegamento completano il circuito elettrico permettendo il flusso di elettroni tra le reti e il supercapacitor. Questo sostituisce la batteria poiché ha periodi di carica e rilascio energetico brevi con grande capacità di immagazzinamento.

Quindi le componenti sono:

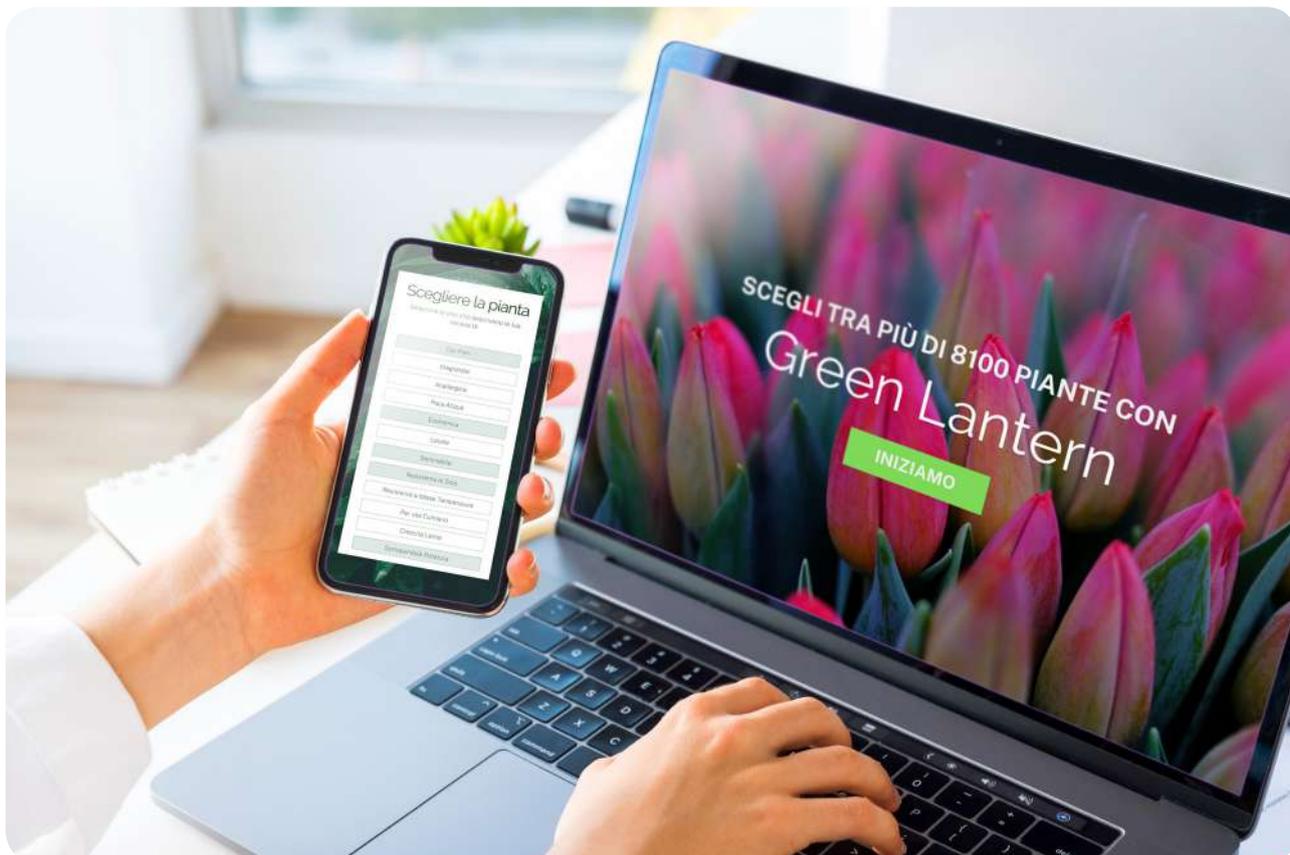
1. fili di collegamento alle reti in zinco e rame
2. spirale per la carica wireless
3. supercapacitor
4. scheda di controllo



## Il sito web per scegliere la pianta

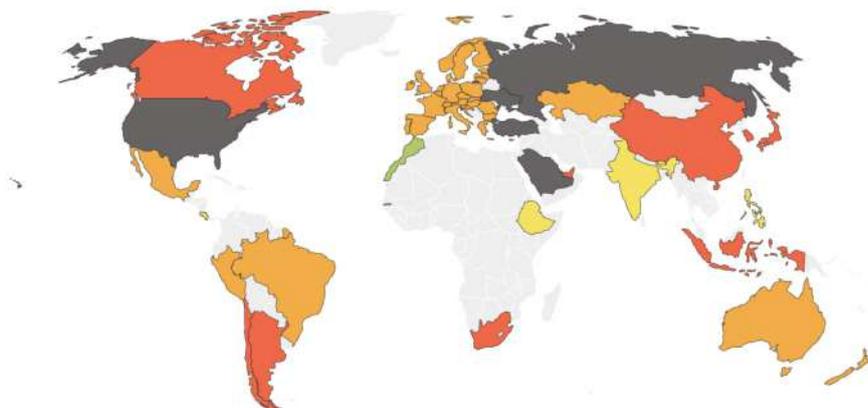
il prodotto è integrato da un sito web consultabile da qualsiasi dispositivo con connessione ad internet.

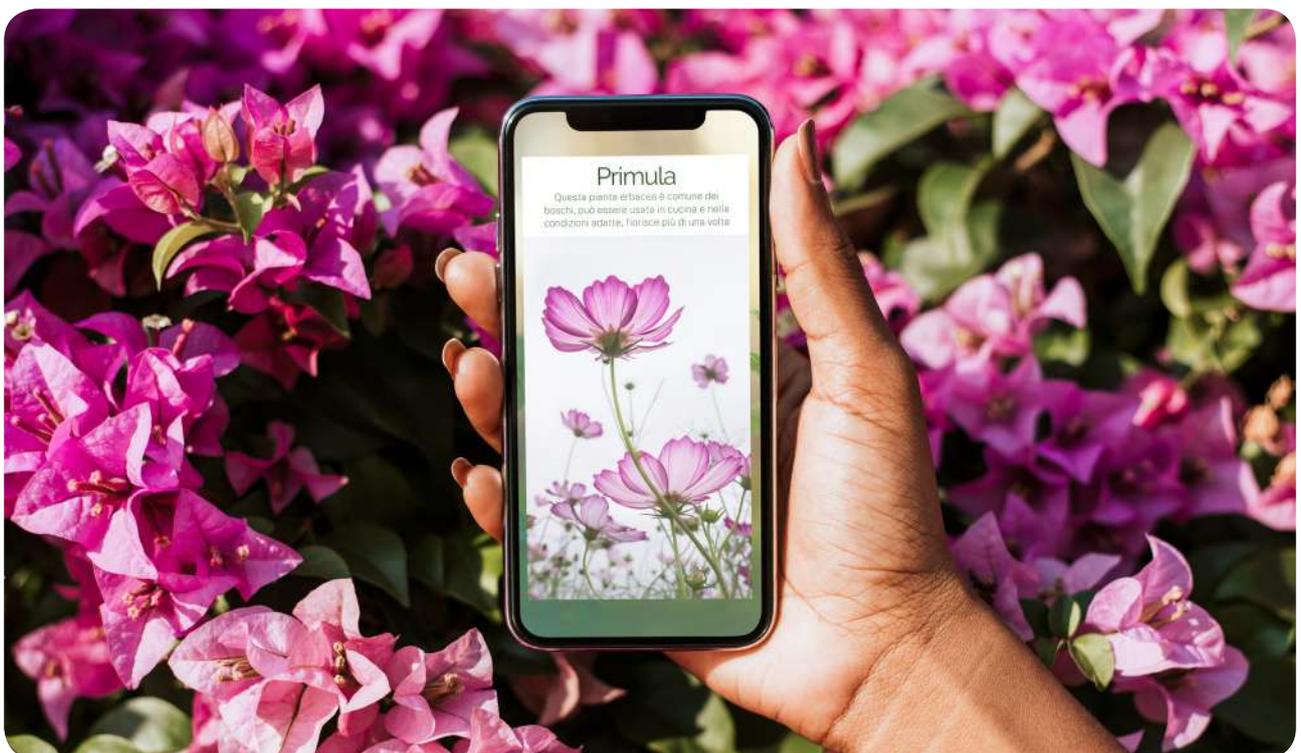
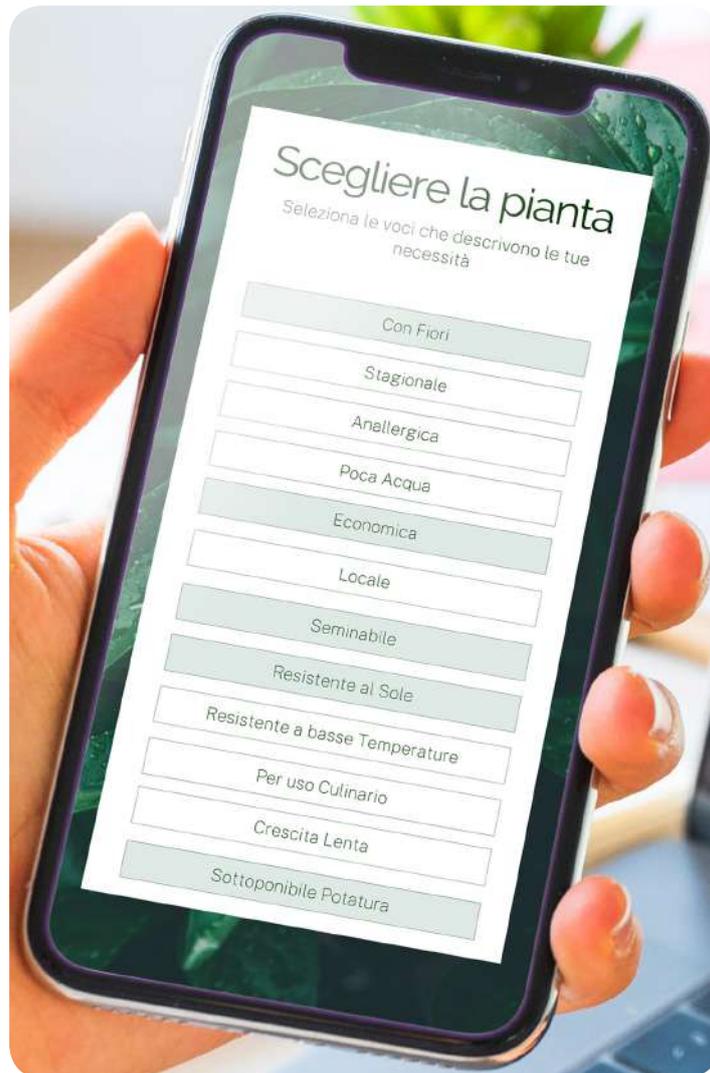
Attraverso il sito, l'utente ha la possibilità di consultare tra più di 8000 tipologie di piante, elencate e divise in base a località di origine e altre caratteristiche, come la presenza o meno di fioriscenze, la possibilità di essere utilizzate in cucina, la quantità di acqua richiesta, ... etc.



Grazie a questo database, il sito offre anche uno strumento che indirizzi l'utente alla scelta migliore per la proprio situazione individuale.

Per far ciò si baserà sulla geolocalizzazione del dispositivo con cui ci si collega al sito e alle preferenze indicate dall'utente nella sezione apposita. Al completamento di questo processo, all'utente verrà consigliata la pianta ideale al proprio caso specifico.





## Esempi di piante e requisiti

Questi esempi rappresentano diversi requisiti che l'utente si potrebbe trovare a soddisfare nel momento in cui decide di avere una di queste specie su Green Lantern.

### 1. Il prato comune

Cresce anche in condizioni molto avverse, non avrà quindi problemi in un ambiente indoor. Si trova a suo agio nel terreno costantemente umido, può essere potato a bisogno e resiste a condizioni di luce e temperatura variabili.

### 2. Le primule

Questi fiori hanno bisogno di acqua, più del prato. Possiamo quindi immaginare che il sottovaso venga riempito più spesso. Ha usi culinari e molte varianti cromatiche. Fiorisce più di una volta se le condizioni sono giuste per la pianta.

### 3. Le margherite

Questi fiori hanno le caratteristiche simili agli esempi precedenti. Trattandosi di un' "erbaccia" resiste molto bene alle condizioni atmosferiche, ma è meglio evitare correnti d'aria forti o gelide. Anche le margherite fioriscono più volte nelle condizioni adatte, che sono tuttavia non troppo specifiche: non ha particolari bisogni e si adatta molto bene all'indoor.

1.



2.

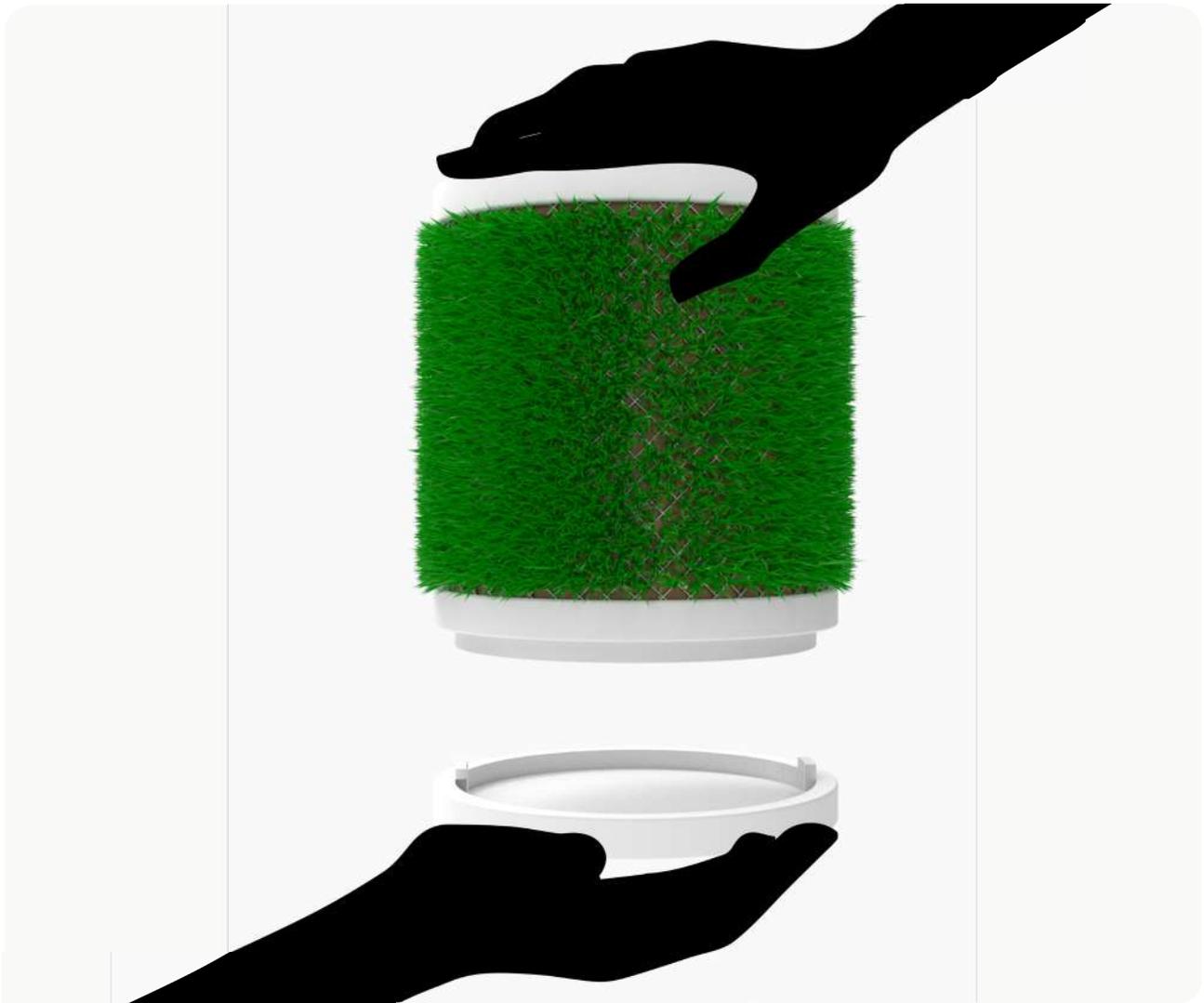


3.

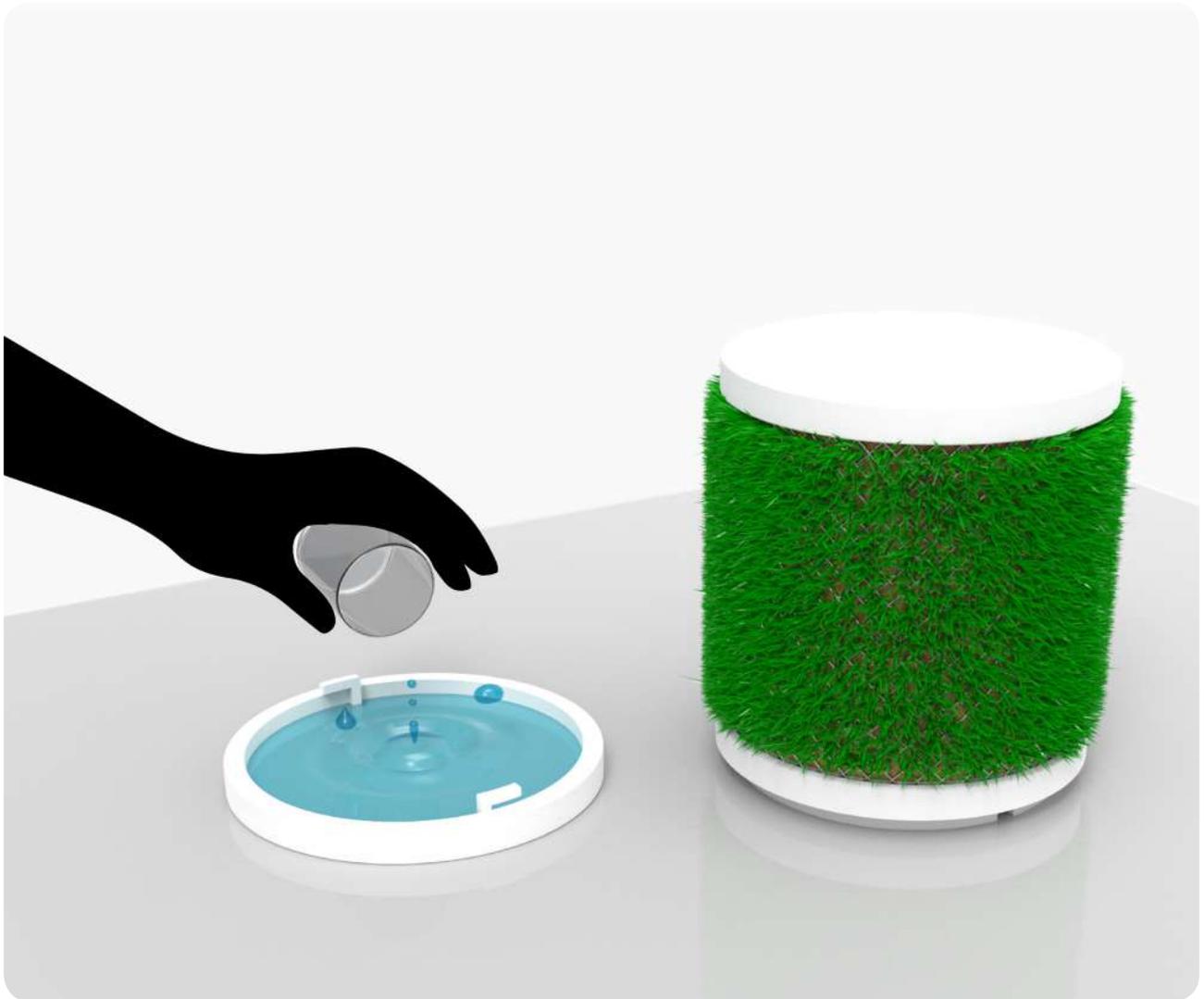


## Storyboard

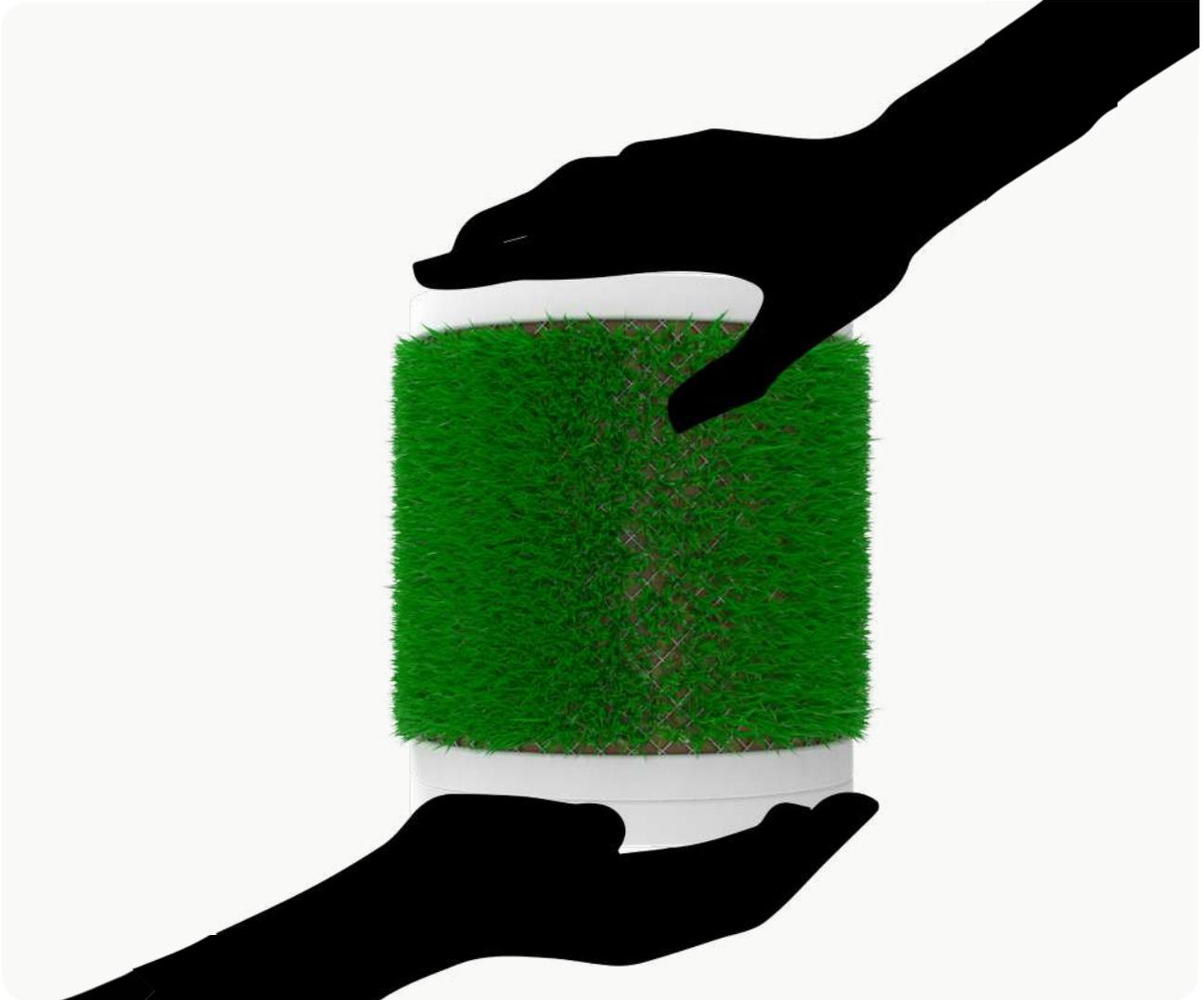
In questa sezione vengono illustrate le fasi di utilizzo, le azioni che l'utente compie affinché l'oggetto funzioni al meglio.



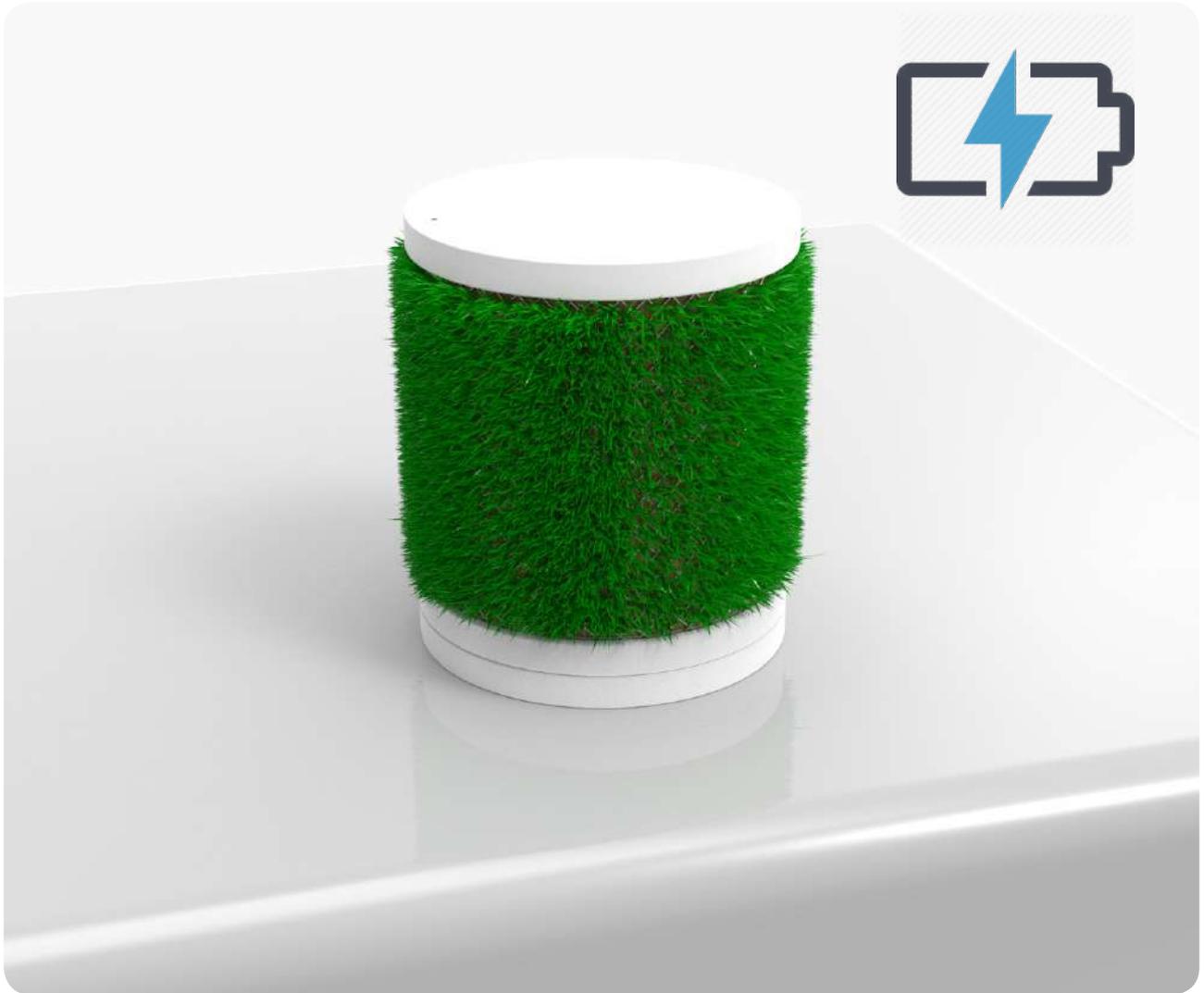
**1. Svita il sottovaso e rimuovilo dal resto del vaso.**



**2. Riempi il sottovaso con acqua; verrà assorbita da uno stoppino interno e rilasciata nel terreno.**



**3. Riposiziona il sottovaso.**



**4. Green Lantern inizia a raccogliere gli elettroni rilasciati nel terreno dalle piante.**



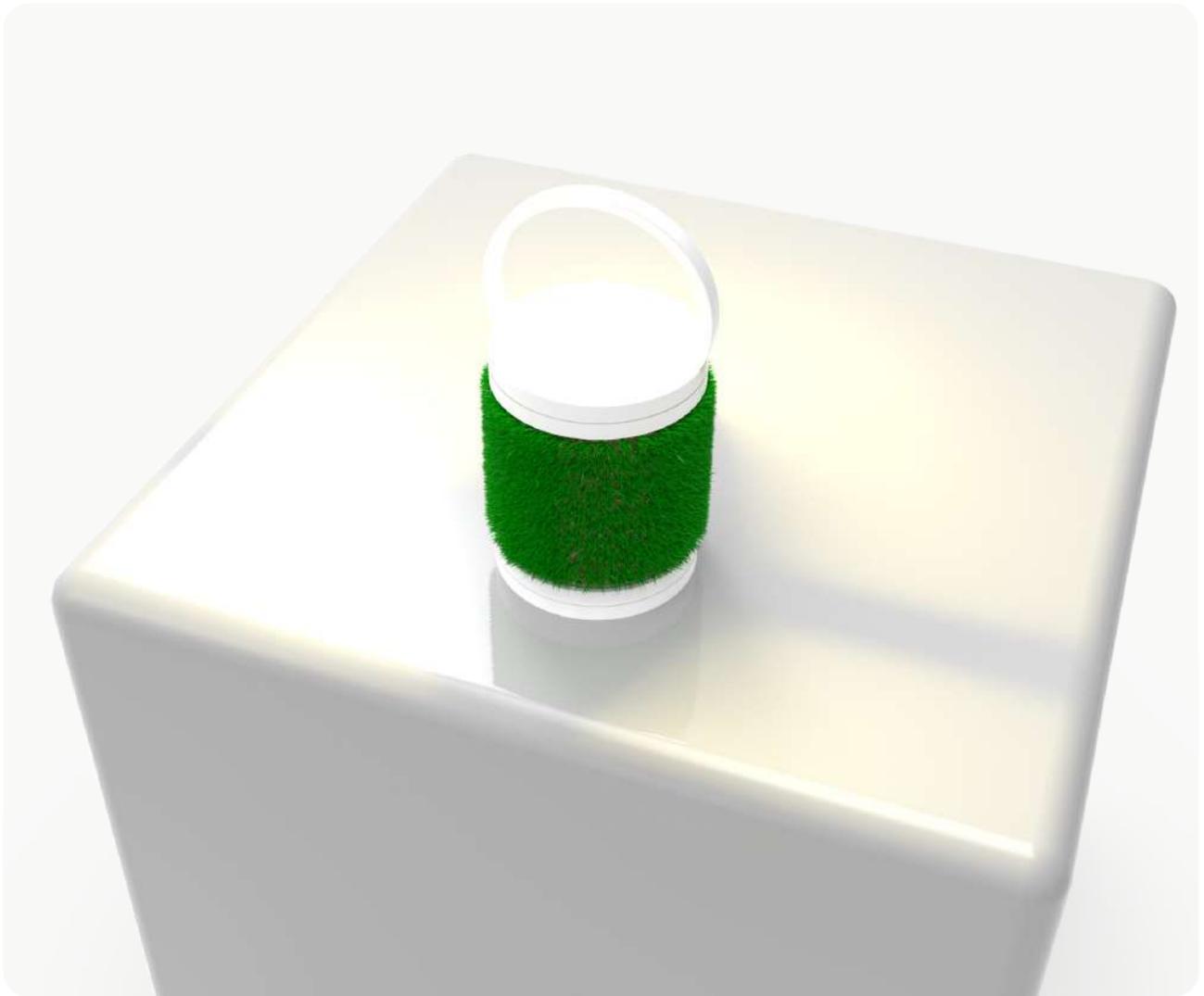
**5. Posiziona la lampada sulla superficie superiore del vaso per ricaricarla.**



**6. Durante la ricarica, il tasto d'accensione si colorerà di rosso.**



**7. Il tasto d'accensione diventa verde se la lampada è carica. Si accende premendo il tasto.**



**8. Il vaso e la lampada continuano a caricarsi, anche se quest'ultima rimane accesa.**



**9. Se l'umidità del terreno comincia a diminuire, il tasto d'accensione emanerà una luce blu.**



**10. É possibile rimuovere la lampada; sarà autonoma per 2 ore.**

**Render Ambientati**

























## Materiali

### Polipropilene

Il polipropilene (PP), noto anche come polipropene, è un polimero termoplastico utilizzato in un'ampia varietà di applicazioni. Viene prodotto mediante polimerizzazione a catena dal propilene monomero.

Il polipropilene appartiene al gruppo delle poliolefine ed è parzialmente cristallino e non polare. Le sue proprietà sono simili al polietilene, ma è leggermente più duro e più resistente al calore. È un materiale bianco, meccanicamente robusto e ha un'elevata resistenza chimica. Ha una resistenza eccezionale alle sollecitazioni ed è quindi ideale per le chiusure a scatto e le cerniere integrali. La consistenza è simile alla cera, per questo è difficile da rivestire con vernici e materiali adesivi. Facile da saldare, è semplice anche da unire meccanicamente.



Il polipropilene è la seconda materia plastica più prodotta (dopo il polietilene). Nel 2019, il mercato globale del polipropilene valeva 126,03 miliardi di dollari. I ricavi dovrebbero superare i 145 miliardi di dollari entro il 2019. Si prevede che le vendite di questo materiale cresceranno a un tasso del 5,8% all'anno fino al 2021.

Il polipropilene è un polimero a catena semplice. Trova la maggior parte dei suoi usi in imballaggi, contenitori per alimenti, attrezzature di laboratorio, condutture dell'acqua e ovunque sia necessaria resistenza termica, chimica o elettrica. A causa della struttura chimica del polipropilene, ha un alto tasso di degradazione se esposto alla luce UV come il sole. La luce fa sì che i legami che tengono insieme il polimero si rompano, indebolendo la plastica. Ciò rende il polipropilene inadatto per usi che richiedono un'esposizione a lungo termine alla luce solare. Secondo Gupta, North Carolina State University, le fibre di polipropilene possono sopportare circa 6 giorni di esposizione alla luce UV ad alta intensità prima di perdere il 70% della loro forza.

La temperatura di esercizio massima consigliata per il polipropilene è di 82,2 ° C (180 ° F). Oltre questa temperatura, i valori prestazionali del materiale possono essere compromessi. Temperatura di fusione. A 163,8 ° C (327 ° F), il polipropilene si scioglierà.

Possiamo dire quindi che la scelta del polipropilene per il corpo plastico di Green Lantern sia adatta alle esigenze del prodotto, in quanto immaginiamo che quest'ultimo sia principalmente utilizzato indoors (e che quindi abbia temperature stabili e sicuramente molto inferiori a quelle di compromissione del PP), senza periodi continui di esposizione solare diretta.

Il colore bianco insieme alle piante che "avvolgono" il prodotto, contribuiranno al mantenimento di una temperatura stabile all'interno del terreno limitando i fenomeni di evaporazione dell'acqua.



Alcune plastiche, come quelle che contengono BPA o altre sostanze chimiche nocive, possono influire negativamente sul nostro corpo o sul mondo in cui viviamo. Il polipropilene, una plastica complessa, è generalmente considerato sicuro per gli esseri umani.

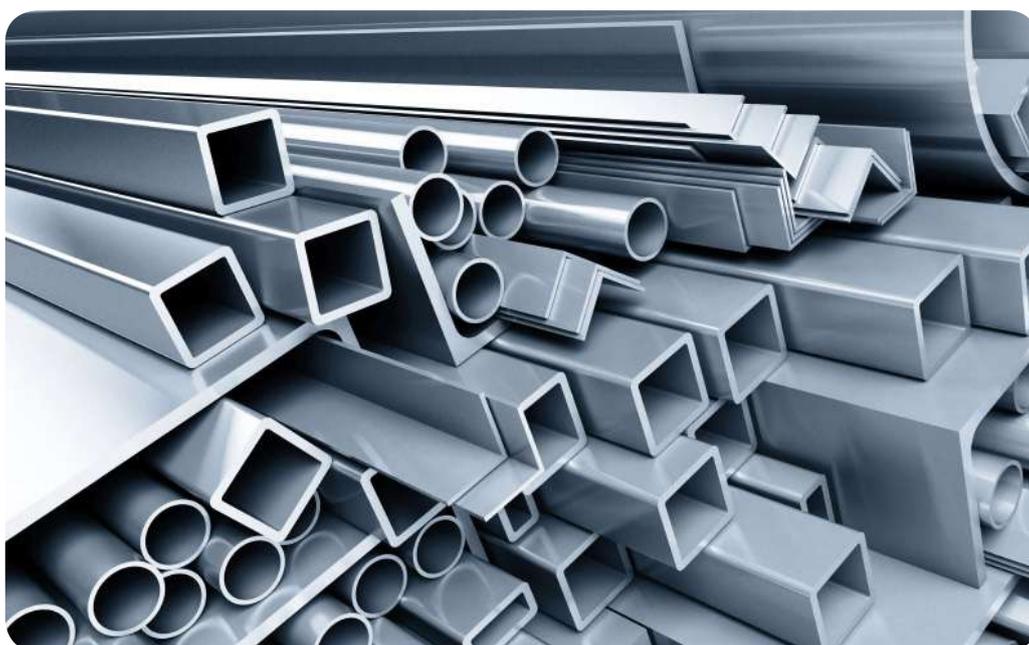
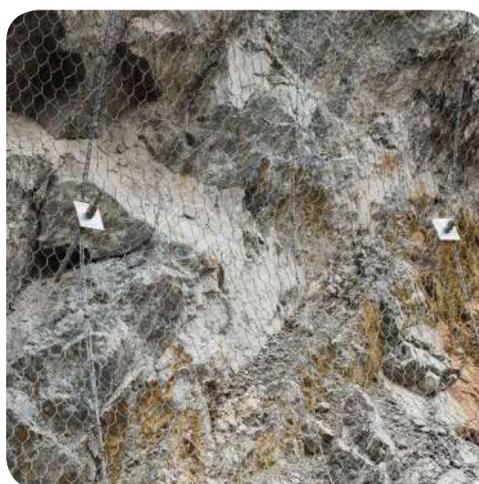
Sebbene non sia provato né smentito, gli scienziati concordano sul fatto che il BPA è una molecola piuttosto grande rispetto agli ioni che una pianta assorbe, quindi è improbabile che possa essere passato attraverso le pareti cellulari delle radici nella pianta stessa.

## Acciaio

L'acciaio è una lega di ferro con in genere pochi decimi di percentuale di carbonio per migliorare la sua forza e resistenza alla frattura rispetto al ferro. Molti altri elementi possono essere presenti o aggiunti per conferire alla lega proprietà specifiche.

A causa della sua elevata resistenza alla trazione e del basso costo, l'acciaio viene utilizzato in edifici, infrastrutture, strumenti, navi, treni, automobili, macchine, apparecchi elettrici e armi. Il ferro è il metallo base dell'acciaio. La maggior parte degli acciai, con un contenuto di cromo di almeno il 18%, può essere utilizzata a temperature fino a 870° C. La maggior parte degli acciai martensitici e ferritici hanno una minore resistenza all'ossidazione e quindi temperature di esercizio utili inferiori.

La rete in acciaio è uno dei tipi di rete più resistenti e durevoli attualmente disponibili. Possedendo la forza dell'acciaio, queste reti sono ancora abbastanza flessibili da essere avvolte attorno a massi o ponti. Indipendentemente dal fatto che una rete in acciaio venga utilizzata per la sicurezza o l'utilità, si può fare affidamento su di essa per resistere a condizioni estreme, inclusi urti violenti o carichi pesanti, tensione prolungata ed esposizione al sole e alla pioggia, nonché a sostanze chimiche.

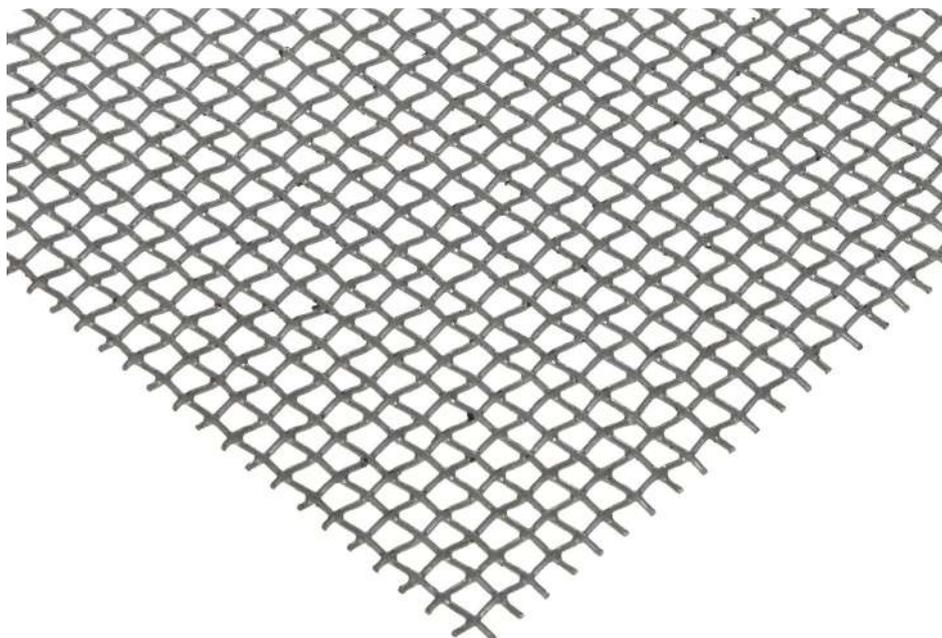


## Zinco

Lo zinco è un elemento chimico con il simbolo Zn e numero atomico 30. Lo zinco è un metallo leggermente fragile a temperatura ambiente e ha un aspetto grigio-argenteo quando l'ossidazione viene rimossa. Lo zinco è il 24 ° elemento più abbondante nella crosta terrestre e ha cinque isotopi stabili. Il minerale di zinco più comune è la sfalerite (blenda di zinco), un minerale di solfuro di zinco. I più grandi lodge praticabili si trovano in Australia, Asia e Stati Uniti. Lo zinco viene raffinato mediante flottazione a schiuma del minerale, tostatura ed estrazione finale utilizzando l'elettricità (elettro-estrazione).

Ha una bassa viscosità e un punto di fusione di circa 420° C; è quindi adatto alla fusione per ottenere forme grandi, piccole, complesse o piatte.

Resiste molto bene alla corrosione da parte di agenti atmosferici, acidi e alcali. Si opacizza nel tempo e nel nostro caso funge da catodo. Un catodo è l'elettrodo da cui una corrente convenzionale esce da un dispositivo elettrico polarizzato.



## Rame

Il rame è un metallo morbido, malleabile e duttile con una conduttività termica ed elettrica molto elevata. Una superficie di rame puro appena esposta ha un colore arancio-rosato. Il rame è usato come conduttore di calore ed elettricità, come materiale da costruzione e come costituente di varie leghe metalliche, come l'argento sterling utilizzato in gioielleria, il cupronichel utilizzato per realizzare hardware marino e monete.

Il rame è uno dei pochi metalli che possono trovarsi in natura in una forma metallica direttamente utilizzabile (metalli nativi). Ciò ha portato a un uso umano molto precoce in diverse regioni, dall'8000 a.C. Il rame e i materiali in lega di rame si ossidano se esposti all'atmosfera, provocando l'appannamento della sua superficie lucida.

Il rame è stato utilizzato nel cablaggio elettrico sin dall'invenzione dell'elettromagnete e del telegrafo nel primo ventennio del diciannovesimo secolo. L'invenzione del telefono nel 1876 creò un'ulteriore richiesta di filo di rame come conduttore elettrico. Il rame è il conduttore elettrico in molte categorie di cavi elettrici. Il filo di rame è utilizzato nella generazione di energia, trasmissione di potenza, distribuzione di energia, telecomunicazioni, circuiti elettronici e innumerevoli tipi di apparecchiature elettriche. Il rame e le sue leghe sono anche usati per realizzare contatti elettrici. Il cablaggio elettrico negli edifici è il mercato più importante per l'industria del rame. Circa la metà di tutto il rame estratto viene utilizzato per produrre fili elettrici e conduttori di cavi.

In Green Lantern funge da anodo. Un anodo è un elettrodo attraverso il quale la corrente convenzionale entra in un dispositivo elettrico polarizzato. Quindi è il complementare del catodo, l'elettrodo attraverso il quale la corrente convenzionale esce da un dispositivo elettrico polarizzato.









## Bibliografia

- Koen Wetser, Emilius Sudirjo, Cees J.N. Buisman, David P.B.T.B. Strik, Electricity generation by a plant microbial fuel cell with an integrated oxygen reducing biocathode, Applied Energy, ISSN 0306-2619
- Biomass, Biofuels, Biochemicals, S. Venkata Mohan, Sunita Varjani, Ashok Pandey, In Biomass, Biofuels and Biochemicals, Microbial Electrochemical Technology, Elsevier, 2019, ISBN 9780444640529
- M. Helder, D.P.B.T.B. Strik, H.V.M. Hamelers, A.J. Kuhn, C. Blok, C.J.N. Buisman, Concurrent bio-electricity and biomass production in three Plant-Microbial Fuel Cells using *Spartina anglica*, *Arundinella anomala* and *Arundo donax*, Bioresource Technology, 2010, ISSN 0960-8524
- Rajesh K. Srivastava, Bio-energy production by contribution of effective and suitable microbial system, Materials Science for Energy Technologies, 2019, ISSN 2589-2991
- Marjolein Helder Design criteria for the Plant-Microbial Fuel Cell: Electricity generation with living plants – from lab to application, PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands (2012) With references, with summaries in Dutch and English ISBN – 978-94-6173-351-1
- Plant Secondary Compounds in Soil and Their Role in Belowground Species Interactions Bodil K. Ehlers Matty P. Berg Michael Staudt Martin Holmstrup Marianne Glasius Jacintha Ellers Sara Tomiolo René B. Madsen Stine Slotsbo Josep Penuelas, Elsevier, August 01, 2020
- Osorio de la Rosa, E.; Vázquez Castillo, J.; Carmona Campos, M.; Barbosa Pool, G.R.; Becerra Nuñez, G.; Castillo Atoche, A.; Ortegón Aguilar, J. Plant Microbial Fuel Cells–Based Energy Harvester System for Self-powered IoT Applications. Sensors 2019, 19, 1378.
- A. Carmalin Sophia, S. Sreeja, Green energy generation from plant microbial fuel cells (PMFC) using compost and a novel clay separator, Sustainable Energy Technologies and Assessments, ISSN 2213-1388
- Light-Emitting Diodes: Materials, Devices, and Applications for Solid State Lighting XX, edited by Heonsu Jeon, Li-Wei Tu, Michael R. Krames, Martin Strassburg, Proc. of SPIE Vol. 9768, 97680Y · 2016 SPIE
- T. Fjeld, B Veiersted, L Sandvik, G. Riise, and F. Levy, 1998. The Effect of Indoor Foliage Plants on Health and Discomfort Symptoms among Office Workers. Indoor Built Environment, 7:204-209
- Heshong-Mahone Group, 2003. Windows and offices: A Study of Worker Performance and the Indoor Environment. California Energy Commission: PIER program
- Kaplan, R.1992. Urban Forestry and the Workplace. In P.H. Gobster (ed), Managing Urban and High Use Recreation Settings. USDA Forest Service, General Technical Report NC-163, Chicago: North Central Forest Experiment Station

S.R. Kellert, J.Heerwagen, and M. Mador, (Eds), 2008. Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life, New York: Wiley

R.L. Orwell, R.L .Wood, J. Tarron, E. Torpey and M.D .Burchett, 2004. Removal of Benzene by the Indoor Plant/Substrate Microcosm and Implications for Air Quality. *Water, Air and Soil Pollution*, 157: 193-207

B.C . Wolverton and J.D. Wolverton, 1989. Plants and soil microorganisms: removal of formaldehyde, zylene, and ammonia from the indoor environment. *Journal of the Mississippi Academy of Sciences*, 38(2): 11-15

Microbial fuel cells: nanomaterials based on anode and their application

Yuanfeng Liu<sup>1</sup>, Xiuling Zhang<sup>1</sup>, Qichun Zhang<sup>2</sup>, Congju Li<sup>1</sup> School of Energy and Environmental Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing, 100083, China; Beijing Key Laboratory of Resource-oriented Treatment of Industrial pollutants, Beijing 100083, China. Department Materials Science and Engineering, City University of Hong Kong, Kowloon, Hong Kong SAR, 999077, China

Manufacturing Processes for Design Professionals, di M.D. Thompson, Rob

Michael F. Ashby and Kara Johnson (Auth.) - *Materials and Design. The Art and Science of Material Selection in Product Design* (2014, Butterworth Heinemann)

## Sitografia

[https://www.researchgate.net/publication/307680519\\_Electricity\\_Generation\\_of\\_Plant\\_Microbial\\_Fuel\\_Cell\\_PMFC\\_using\\_Cyperus\\_Involucratus\\_R](https://www.researchgate.net/publication/307680519_Electricity_Generation_of_Plant_Microbial_Fuel_Cell_PMFC_using_Cyperus_Involucratus_R)

<https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2019/8986302/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138817302564>

<https://www.eater.com/2018/6/27/17506348/restaurant-trend-houseplants-easy-actually-you-need-to-care-for-them>

<https://www.workdesign.com/2012/07/the-benefits-of-plants-in-the-workplace/>

<https://woodpeckerflooring.co.uk/us/blog/plants-modern-interior-design/#:~:text=Nowadays%2C%20the%20use%20of%20plants,role%20in%20your%20overall%20health.&text=Plants%20help%20reduce%20stress%20and,feel%20calmer%20and%20self%2Daligned.>

<https://www.whatscookingwithdoc.com/why-landscaping-is-important-in-public-places/>

<https://www.ecolandscaping.org/02/designing-ecological-landscapes/landscape-design/beautifying-public-places-the-importance-of-plants/#:~:text=We%20now%20know%20that%20plants,soften%20and%20civilize%20city%20lives.>

<https://www.greenleafips.com/plants-improving-restaurant-experience/>

<https://www.bloomberg.com/news/features/2019-04-11/the-one-thing-millennials-haven-t-killed-is-houseplants>

<https://www.businessinsider.com/millennials-really-love-plants-2019-4?IR=T>

<https://www.wikipedia.com>

<https://www.nbcnews.com/better/health/indoor-plants-can-instantly-boost-your-health-happiness-nca781806>

<https://kapwatravel.com/blog/house-plants-a-growing-trend-in-the-new-normal/>

<https://bloomscape.com/plant-care-guide/monstera/>

<https://www.bangkokpost.com/world/2017331/plantdemic-hits-philippines-as-demand-for-greenery-grows>

<https://www.usnetting.com/safety-netting/steel-netting/>

<https://copperalliance.it/rame/applicazioni/settore-marino/>

<https://www.geminit.it/technology/servizi-location-based-cresce-il-valore-della-geolocalizzazione.html>

<https://www.frabo.com/ita/media-center/comunicati-stampa/frabo-sposa-la-purezza-del-rame-per-una-migliore-qualit%C3%A0-dell%E2%80%99acqua-e-una-maggiore-tutela-della-salute>

<https://www.allaboutcircuits.com/news/wind-solar-not-only-renewable-energy-supercapacitors-take-r-and-d-stage/>

<https://www.archiexpo.it/fabbricante-architettura-design/vaso-giardino-polipropilene-60064.html>

<https://www.biootech.com/>

<https://kyushu-u.pure.elsevier.com/en/publications/a-synergistic-effect-of-light-and-heat-on-degradation-for-polypro>

<https://www.servicethread.com/blog/the-uv-resistance-of-polypropylene-and-polyester-explained#:~:text=Because%20of%20the%20chemical%20structure,require%20longterm%20exposure%20to%20sunlight.>

<https://www.americanelements.com/zinc-mesh-7440-66-6>

<https://www.manomano.it/catalogue/p/recinto-in-rete-metallica-maglia-esagonale-13x13mm-recinzione-per-animale-e-piante-lunga-25-m-altezza-75-cm-zincato-09mm-6070116>

<https://www.amazon.it/Festnight-Pannello-Metallica-Espansa-20x10x2mm/dp/B07BK4312M>

<https://www.computerworld.com/article/3235176/wireless-charging-explained-what-is-it-and-how-does-it-work.html>

<https://www.theguardian.com/technology/2017/sep/13/apple-iphone-8-iphone-x-what-is-wireless-charging-do-i-need-it#:~:text=Wireless%20charging%20works%20by%20transferring,be%20fed%20into%20the%20battery.>

<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/world>

[https://www.youtube.com/watch?v=HYPfQ104yn8&ab\\_channel=MAR10](https://www.youtube.com/watch?v=HYPfQ104yn8&ab_channel=MAR10)

<https://land.copernicus.eu/global/products/fapar>

[www.shutterstock.com](http://www.shutterstock.com)

[https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12942#:~:text=C4%20photosynthesis%20is%20most,et%20al.%2C%201999a\).](https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12942#:~:text=C4%20photosynthesis%20is%20most,et%20al.%2C%201999a).)

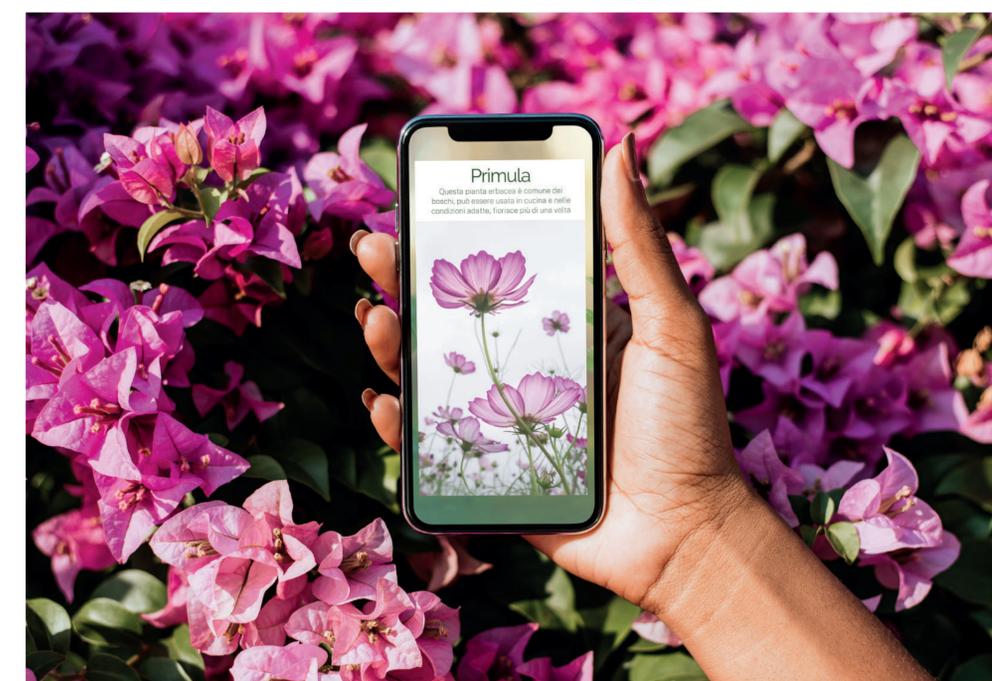
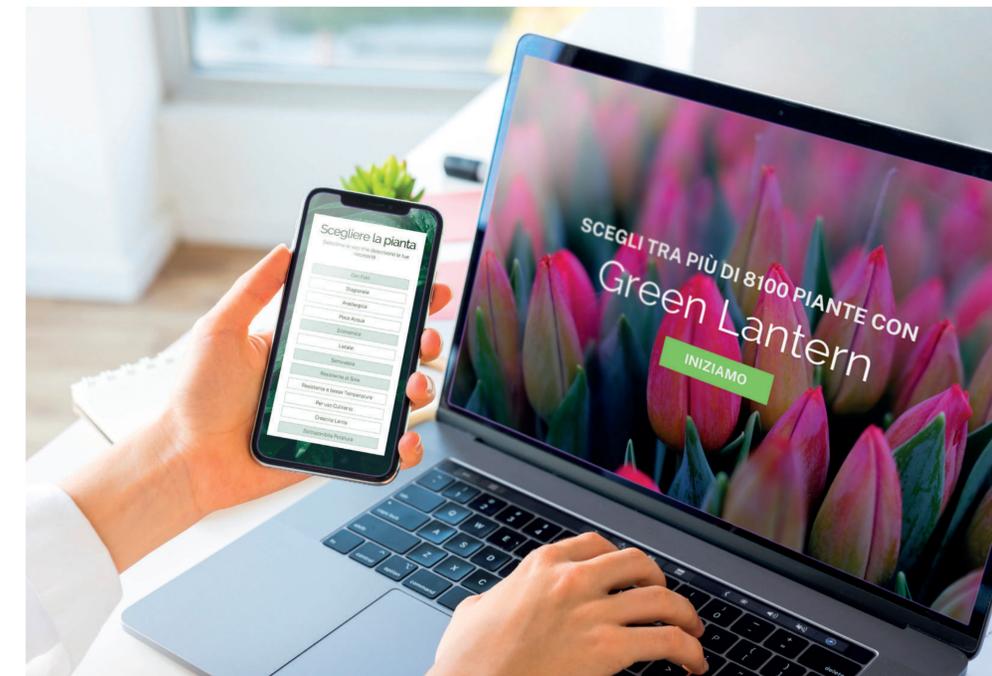




## GREEN LANTERN

Green Lantern è una lampada da lettura e da ambiente che dalla fotosintesi delle piante genera ed accumula energia, trasformandola in luce.

Per scegliere la pianta migliore da coltivare nel prodotto, questo viene integrato da un sito web attraverso cui l'utente potrà scegliere tra 8100 specie e sarà indirizzato a quella più adatta nel proprio caso specifico. Questa selezione viene effettuata in base alla posizione geografica da cui si connette al sito web e alle preferenze indicate dall'utente.



## ESEMPI DI PIANTE



Prato spontaneo, Graminacee



Margherita comune, Asteraceae



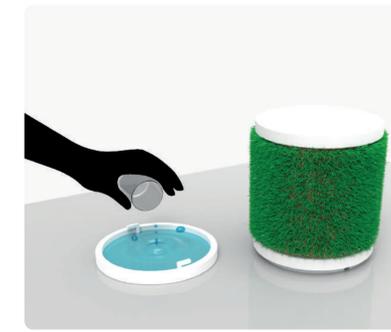
Primula, Primulaceae



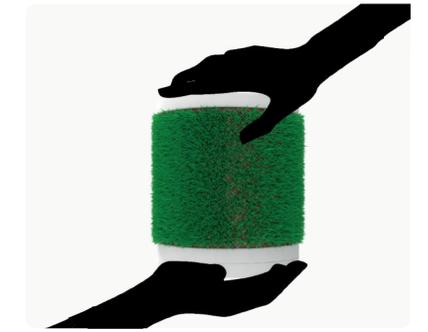
## STORYBOARD



1. Svita il sottovaso e rimuovilo dal resto del vaso.



2. Riempi il sottovaso con acqua; verrà assorbita da uno stoppino interno e rilasciata nel terreno.



3. Riposiziona il sottovaso.



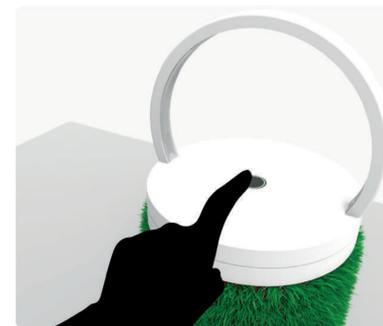
4. Green Lantern inizia a raccogliere gli elettroni rilasciati nel terreno dalle piante.



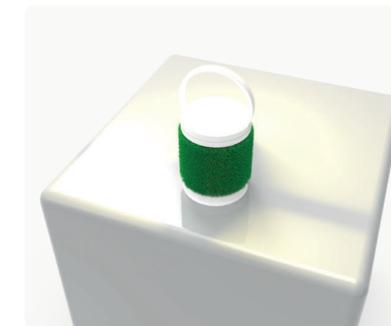
5. Posiziona la lampada sulla superficie superiore del vaso per ricaricarla.



6. Durante la ricarica, il tasto d'accensione si colorerà di rosso.



7. Il tasto d'accensione diventa verde se la lampada è carica. Si accende premendo il tasto.



8. Il vaso e la lampada continuano a caricarsi, anche se quest'ultima rimane accesa.

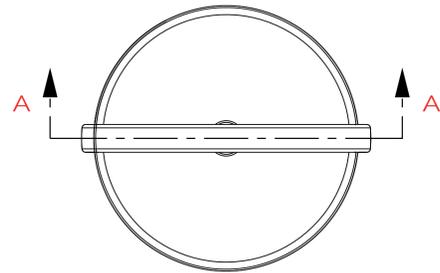
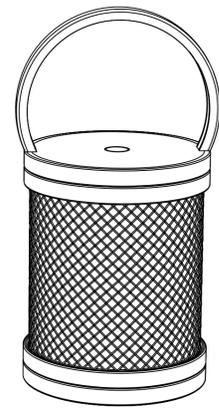
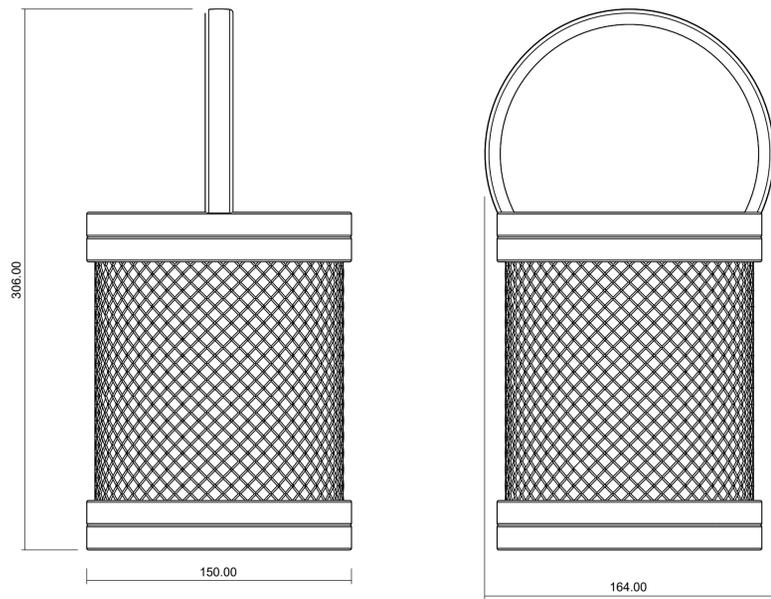


9. Se l'umidità del terreno comincia a diminuire, il tasto d'accensione emanerà una luce blu.

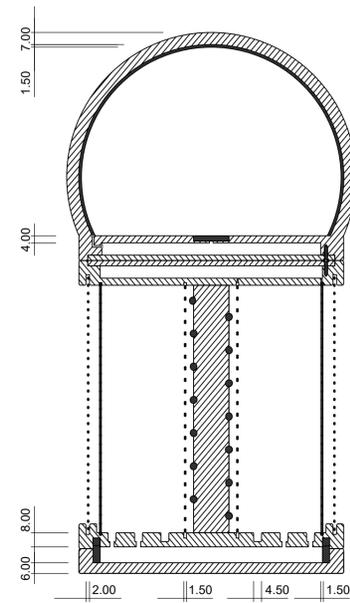


10. È possibile rimuovere la lampada; sarà autonoma per 2 ore.

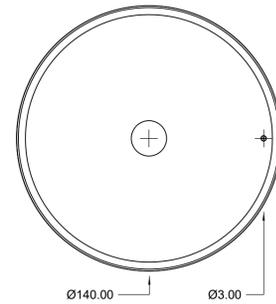
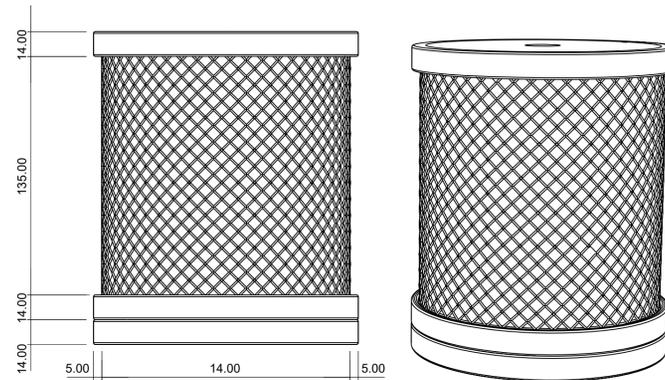
PROSPETTO E PIANTA QUOTATI CON ASSONOMETRIA  
GREEN LANTERN scala 1:2



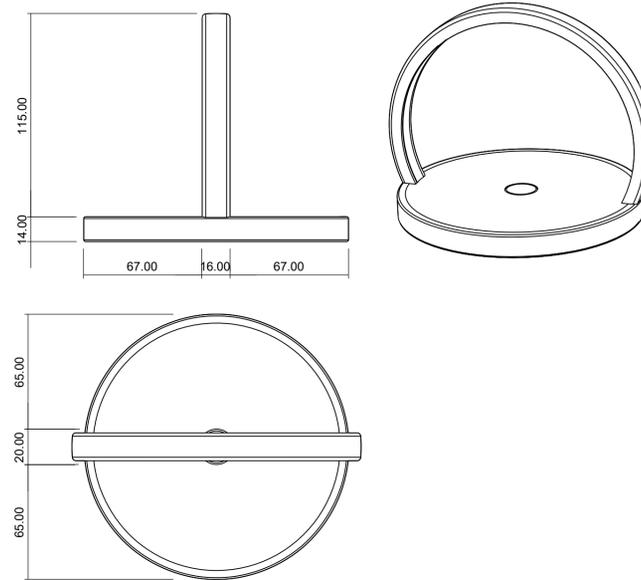
SEZIONE A-A'



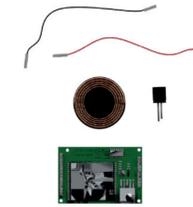
PROSPETTO E PIANTA QUOTATI CON ASSONOMETRIA  
VASO scala 1:2



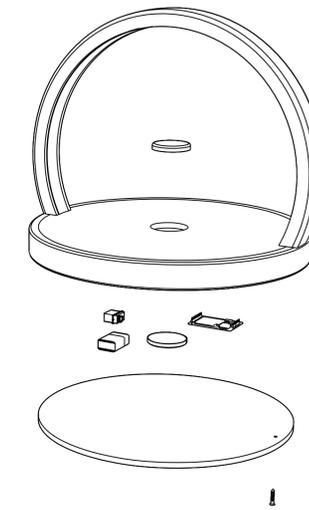
PROSPETTO E PIANTA QUOTATI CON ASSONOMETRIA  
LAMPADA scala 1:2



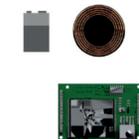
DETTAGLIO: componenti  
elettriche vaso



ESPLOSO LAMPADA  
scala 1:2



DETTAGLIO: componenti  
elettriche lampada



ESPLOSO VASO  
scala 1:2

