



Whitepaper

ENERGIA PULITA DALLA RADIAZIONE INFRAROSSA



Graziano Terenzi, Roberto Germano, Francesco Paolo Tuccinardi

20 Dicembre, 2024



SOMMARIO

1. Introduzione.....	3
1.1 Il Contesto Globale.....	3
1.2 La Sfida Energetica e l'Energy Harvesting.....	4
1.3 Visione e Missione di Oxhy.....	5
2. La Nuova Scienza dell'Acqua.....	6
2.1 Sviluppi Recenti e Pubblicazioni Rilevanti.....	6
2.2 Le Tendenze di Ricerca di Oggi.....	8
2.2.1 Fotovoltaico nel Range Infrarosso.....	8
2.2.2 Effetto Idrovoltaiico.....	9
2.2.2 L'Innovazione di OXHY.....	9
3. Panoramica sulla Tecnologia.....	10
3.1 Il Contesto Tecnologico di Partenza.....	10
3.1.1 Le Tecnologie Attuali di Energy Harvesting.....	10
3.1.2 Unicità della Tecnologia di Oxhy.....	11
3.2 La Tecnologia Oxhycell.....	11
3.2.1 Definizione e Principio di Funzionamento.....	11
3.2.2 La Fisica dell'Effetto Ossidroelettrico.....	12
3.2.3 Descrizione del Meccanismo di Conversione Energetica.....	14
3.3 Stato di Sviluppo.....	20
3.3.1 Livello di Maturità Tecnologica (TRL).....	20
3.3.2 Prototipi e Dimostratori.....	21
3.4 Vantaggi Unici della Tecnologia.....	23
3.4.1 Vantaggi Rispetto alle Tecnologie Competitor.....	24
4. Applicazioni Potenziali.....	26
4.1 Settori di Applicazione Primari.....	26
4.2 Alcuni Use Case Specifici nella Microelettronica.....	27
4.2.1 Lampade Indoor.....	28
4.2.2 Ambient Light Sensors.....	28
4.2.3 Sensori e Dispositivi di Allarme.....	28
4.2.4 Cronotermostati.....	30
4.2.5 Telecomandi.....	31
4.2.6 Giocattoli.....	31
4.2.7 Alcune Applicazioni Avanzate.....	32
4.3 Benefici Attesi nelle Applicazioni Target.....	33
5. Strategia e Roadmap di Sviluppo.....	35
5.1 Obiettivi di Sviluppo Tecnologico.....	35

5.1.1 Obiettivi a breve termine.....	35
5.1.2 Obiettivi Generali.....	36
5.1.3 Milestones Tecnologiche Principali.....	36
5.2 Strategia di Go-to-Market.....	37
5.2.1 Obiettivi e Strategia.....	37
5.2.2 Punti Chiave della Strategia.....	37
5.2.3 Mercato.....	38
5.2.4 Tecnologie dei Competitors.....	39
5.2.5 Posizionamento e Differenziazione.....	39
5.2.6 Obiettivi di Vendita.....	39
5.2.7 Piano di Implementazione.....	39
5.3 Espansione Commerciale.....	40
5.3.1 Strategie per entrare nei mercati globali.....	40
5.3.2 Piani per la costruzione delle partnership e progetti pilota.....	41
6. Valore per Partner e Collaboratori.....	42
6.1 Opportunità di Collaborazione.....	42
6.1.1 Vantaggi per produttori OEM.....	42
6.1.2 Vantaggi per Università e Centri di Ricerca.....	42
6.1.3 Progetti congiunti per nuove applicazioni tecnologiche.....	43
6.2 Per gli Investitori.....	43
6.2.1 Potenziale di crescita del mercato dell'Energy Harvesting.....	43
6.2.2 Posizionamento unico della tecnologia Oxhycell.....	44
6.2.3 Proiezioni di revenue e sostenibilità economica a lungo termine.....	44
7. Impatto Sociale e Ambientale.....	45
7.1 La Sostenibilità di Oxhy.....	45
7.2 Supporto agli SDGs (Sustainable Development Goals).....	45
8. Team.....	47
9. Prospettive Future.....	51
APPENDICE 1 - Superare i Limiti delle Tecnologie di Energy Harvesting Attuali.....	53
Densità di Potenza ed Efficienza.....	54
Variabilità delle Fonti di Energia.....	56
RIFERIMENTI.....	58
Bibliografia.....	58
Fonti dei Dati Utilizzati.....	61
INFORMAZIONI DI CONTATTO.....	62

1. Introduzione

1.1 Il Contesto Globale

Il mondo sta affrontando **sfide energetiche** senza precedenti, guidate da una crescente domanda di energia, l'urgenza di ridurre le emissioni nocive e la necessità di garantire una fornitura energetica affidabile e sostenibile. La transizione verso fonti di energia rinnovabile ha aperto nuove opportunità, ma permangono barriere significative, come l'intermittenza delle fonti tradizionali (ad esempio, solare ed eolico), l'elevato costo delle infrastrutture e l'impatto ambientale legato alla produzione e smaltimento di sistemi di alimentazione tradizionali, come le batterie.

In questo scenario, la ricerca di efficienza, sostenibilità e **resilienza energetica** è al centro della trasformazione globale. Le tecnologie che migliorano l'efficienza energetica, minimizzano l'impronta ambientale e promuovono l'autonomia energetica rappresentano la chiave per affrontare queste sfide e per guidare il futuro dell'energia.

L'**Energy Harvesting**, ovvero la capacità di recuperare e utilizzare energia dall'ambiente circostante (luce, vibrazioni, radiofrequenze e gradienti termici), sta emergendo come una classe di applicazioni strategica e versatile. Le tecnologie di Energy Harvesting consentono l'alimentazione di dispositivi elettronici, sensori e sistemi industriali senza l'uso di batterie tradizionali o riducendone l'impiego, offrendo una prospettiva rivoluzionaria sia per il settore consumer che per quello industriale.

Inoltre, l'Energy Harvesting ha un ruolo cruciale nella trasformazione digitale e industriale. Nella **Digital Transformation**, il crescente utilizzo dell'IoT (Internet of Things), della domotica e dei dispositivi smart ha generato una domanda di soluzioni di alimentazione innovative, sostenibili e autonome. Dal punto di vista industriale, la capacità di estrarre energia da ambienti remoti o difficilmente accessibili consente applicazioni un tempo impossibili, migliorando l'efficienza operativa e riducendo i costi di manutenzione.

La tecnologia **Oxhycell**, con la sua capacità di generare energia ininterrottamente dalla radiazione infrarossa e di operare in condizioni ambientali in cui le altre fonti non sono utilizzabili, risponde a queste esigenze. Non solo contribuisce ad affrontare le sfide energetiche globali, ma si inserisce perfettamente nell'ecosistema tecnologico dell'Energy Harvesting e della Microelettronica, aprendo nuove possibilità per una società più sostenibile e interconnessa.

1.2 La Sfida Energetica e l'Energy Harvesting

Secondo l'**Agenzia Internazionale dell'Energia** (IEA), le energie rinnovabili trasformeranno il mix energetico globale entro il 2027, diventando la principale fonte di elettricità. In particolare, diventeranno la maggiore fonte di generazione di energia elettrica globale all'inizio del 2025, superando il carbone. Si prevede che la **quota delle rinnovabili** nel mix energetico aumenterà di 10 punti percentuali nel periodo di previsione, raggiungendo il **38% nel 2027**. Vale la pena notare che le rinnovabili sono l'unica fonte di generazione di elettricità la cui quota è destinata a crescere, mentre le quote del carbone, del gas naturale, del nucleare e del petrolio sono in calo. L'elettricità prodotta da sistemi eolici e fotovoltaici (PV) più che raddoppierà nei prossimi cinque anni, fornendo quasi il 20% della generazione elettrica globale nel 2027 [1].

Nonostante la tendenza positiva delle rinnovabili, ci sono alcune **problematiche** che influenzeranno negativamente gli attuali sistemi di approvvigionamento energetico nei prossimi decenni. Oltre al ben noto problema della **scarsità** che colpisce principalmente le fonti non rinnovabili, una delle sfide più difficili è la loro **disponibilità**. Con il termine "disponibilità" ci si riferisce al tempo in cui una risorsa può essere effettivamente utilizzata nel contesto dell'operatività delle apparecchiature destinate a sfruttarla (ad esempio, una centrale energetica o un microcontrollore). Alcune risorse sono limitate e non possono essere rigenerate su scala temporale storica (come il petrolio, il gas naturale, il carbone o l'uranio), altre sono rinnovabili, come ad esempio il vento, il sole e le onde oceaniche. Alcune di queste ultime sono anche disponibili in maniera ubiquitaria, sebbene in gradi variabili.

Il mix energetico delle nostre società moderne si basa fortemente su sistemi eolici e fotovoltaici. Sfortunatamente, nonostante siano quasi ubiquitari, il vento e il sole sono anche limitati poiché la loro disponibilità dipende da specifiche **condizioni ambientali**. Ad esempio, i sistemi eolici funzionano solo quando c'è vento e i sistemi solari non possono funzionare in assenza del sole, come durante la notte o in giornate molto nuvolose. Questo costringe i fornitori di tecnologie energetiche e le aziende della rete elettrica a investire pesantemente in costosi sistemi di accumulo basati principalmente su batterie elettrochimiche.

Problemi simili si riscontrano nei sistemi di **Energy Harvesting** che si basano su altre fonti di energia a bassa intensità. Le attuali tecnologie di energy harvesting sono infatti limitate a fonti specifiche come intensi campi elettromagnetici, gradienti termici o vibrazioni meccaniche che, nella forma che può essere sfruttata, non sono sempre disponibili ovunque. Nonostante le loro straordinarie caratteristiche, i dispositivi di Energy Harvesting attuali forniscono generalmente una quantità molto ridotta di energia adatta per l'elettronica a bassa potenza, principalmente a causa del fatto che si basano su **fonti di energia limitate** o difficilmente sfruttabili e mancano della capacità di generare quantità

significative di corrente elettrica nel tempo. Questo limita la loro scalabilità e il loro potenziale di applicazione in ambiti che vanno oltre il campo della microelettronica.

Questi fatti pongono sfide cruciali sia per le industrie delle energie rinnovabili sia per quelle dell'Energy Harvesting, come ad esempio la necessità di affrontare il **disallineamento strutturale** tra la produzione di energia e il picco di richiesta di energia in diversi ambiti applicativi. Per questo motivo, la capacità di produrre energia in modo continuo durante tutto il giorno per un periodo di tempo più lungo, consentendo così una soddisfazione più efficiente delle esigenze di picco di energia, potrebbe rivoluzionare sia l'industria dell'Energy Harvesting sia quella delle energie rinnovabili.

1.3 Visione e Missione di Oxhy

Oxhy aspira a diventare un punto di riferimento globale nell'innovazione tecnologica sostenibile, ridefinendo il modo in cui l'energia viene generata e utilizzata in diverse aree dell'attività umana. La nostra ambizione è quella di guidare un **cambiamento di paradigma** nel settore dell'energia, fornendo soluzioni che siano non solo efficienti e accessibili, ma che contribuiscano anche a un futuro più sostenibile per il pianeta. Oxhy immagina un mondo in cui le limitazioni energetiche siano superate, alimentando dispositivi, sistemi e infrastrutture in modo continuo, affidabile e rispettoso dell'ambiente.

Da questa visione discende naturalmente la nostra missione: fornire **soluzioni energetiche sostenibili** per affrontare alcune delle sfide più urgenti del nostro tempo. Con la tecnologia **Oxhycell**, intendiamo trasformare l'energia invisibile, come quella nel range infrarosso, in una risorsa concreta e utilizzabile. Vogliamo offrire ai nostri partner e clienti soluzioni scalabili, versatili e innovative, capaci di migliorare l'**efficienza energetica** di un vasto spettro di applicazioni e ridurre la dipendenza da fonti tradizionali e dannose per l'ambiente.

Siamo impegnati a costruire un ponte tra tecnologia e sostenibilità, portando l'innovazione a settori chiave come l'IoT, la microelettronica, la domotica, l'illuminazione e l'industria, con l'obiettivo di generare valore per i nostri clienti, investitori e per la società nel suo complesso. Attraverso un approccio orientato alla **collaborazione** e alla **trasparenza**, ci proponiamo di creare un **impatto duraturo**, contribuendo a un **ecosistema energetico** globale più efficiente e sostenibile.

2. La Nuova Scienza dell'Acqua

Prima di addentrarsi nelle specificità della tecnologia di Oxhy, è opportuno fornire qualche informazione in più sullo sfondo delle ricerche che stanno contribuendo a comprendere scientificamente sempre meglio il comportamento dell'**Acqua**, la molecola più diffusa sul nostro pianeta.

2.1 Sviluppi Recenti e Pubblicazioni Rilevanti

Esiste un'importante linea di ricerca all'intersezione tra **Fisica, Chimica, Biologia** ed **Ingegneria** che mira a comprendere meglio e spiegare le proprietà fisico-chimiche dell'acqua. È interessante notare cosa ha da dire sul tema **Philip Ball**, uno dei più famosi divulgatori scientifici dei nostri tempi, già editor di Nature e autore del libro "H₂O: A Biography of Water" (prima edizione): *"In realtà nessuno è riuscito finora a comprendere l'acqua. È imbarazzante ammetterlo ma la sostanza che occupa i due terzi del pianeta è tuttora un mistero. Il peggio è che più indaghiamo, più i problemi aumentano: le nuove tecniche in grado di studiare più a fondo l'architettura molecolare dell'acqua liquida stanno portando alla luce sempre nuovi enigmi"*. Questa considerazione fa il paio con il fatto che l'acqua mostra una serie di anomalie che non possono essere spiegate in modo semplice dai modelli fisico-chimici classici dell'acqua. Si pensi che Franks ha pubblicato ben sette volumi per elencare e descrivere le **anomalie note** nel periodo che va dal 1972 al 1982! Nel tentativo di indagare questi fenomeni, ricercatori provenienti da diversi campi hanno cominciato ad approfondire la comprensione dell'acqua e a fornire evidenze estremamente rilevanti e coerenti con i risultati ottenuti anche dal nostro gruppo di ricerca.

Alcuni dei ricercatori più influenti in questo ambito includono:

- **Gerald H. Pollack**, Università di Washington, USA. Gerald Pollack è noto per i suoi studi sulle zone di esclusione (EZ) dell'acqua. Ha scoperto che vicino a superfici idrofile, l'acqua forma una zona con proprietà strutturali e chimiche diverse dall'acqua bulk. Tra le sue molte pubblicazioni può essere utile consultare "The Fourth Phase of Water: Beyond Solid, Liquid, and Vapor" che riassume i risultati di molti anni di ricerca.
- **Rustum Roy**: Pennsylvania State University, USA (deceduto nel 2010). Rustum Roy è stato un pioniere nello studio delle proprietà strutturali dell'acqua. Ha sviluppato il concetto di "acqua strutturata" e ha esplorato come l'acqua può assumere diverse configurazioni molecolari che influenzano le sue proprietà fisiche e chimiche. Roy ha pubblicato numerosi articoli e libri sulla scienza dei materiali e sulle proprietà dell'acqua. È stato un promotore della multidisciplinarietà nelle scienze, sostenendo che la comprensione dell'acqua richiede un approccio integrato. Ha investigato le

interazioni dell'acqua con varie superfici e materiali, contribuendo alla comprensione di fenomeni come la coerenza quantistica e le zone di esclusione.

- **William A. Tiller:** Stanford University, USA (Emeritus Professor, deceduto nel 2022). Tiller è meglio conosciuto per la sua ricerca teorica e sperimentale nella Fisica della solidificazione di molti materiali, incluso l'acqua, i metalli, i semiconduttori e polimeri. Ha investigato le relazioni tra il processo di cristallizzazione e le strutture materiali risultanti con le loro proprietà fisiche. Ha scritto diversi libri e articoli che trattano questi temi.
- **Martin Chaplin:** London South Bank University, UK. Martin Chaplin ha condotto ricerche dettagliate sulla struttura dell'acqua e le sue proprietà anomale. Le sue pubblicazioni e il suo sito web sono una risorsa chiave per la comunità scientifica interessata a questi temi. Ha pubblicato numerosi articoli su riviste scientifiche di chimica e fisica.
- **Vladimir Voeikov:** Università Statale di Mosca, Russia. Vladimir Voeikov ha studiato i processi di ossidazione in sistemi acquosi e il ruolo dell'acqua nei sistemi biologici, supportando la teoria delle zone di esclusione di Pollack e gli studi di Del Giudice. Ha scritto vari articoli che collegano la biologia alla nuova fisica dell'acqua.
- **Mae-Wan Ho:** Institute of Science in Society, Regno Unito (deceduta nel 2016). Mae-Wan Ho è stata una biologa che ha esplorato le implicazioni delle proprietà uniche dell'acqua nei sistemi biologici. Autrice di "The Rainbow and the Worm: The Physics of Organisms".
- **Zhong Lin Wang:** Georgia Institute of Technology, USA. Wang ha lavorato sulla piezoelettricità e sull'effetto triboelettrico in materiali nanostrutturati, esplorando anche le interazioni dell'acqua in questi sistemi. Ha pubblicato centinaia di articoli scientifici in fisica applicata e nanotecnologie.
- **Elmar C. Fuchs:** Wetsus, European Centre of Excellence for Sustainable Water Technology, Olanda. Elmar Fuchs è noto per i suoi studi sulla "acqua carica" e per le ricerche sull'acqua in stato di coerenza. Ha condotto esperimenti che dimostrano fenomeni insoliti nell'acqua, come la generazione di correnti elettriche e la formazione di strutture stabili di acqua in determinate condizioni. Fuchs ha pubblicato diversi articoli su riviste scientifiche riguardanti le proprietà dell'acqua e le sue interazioni con campi elettrici e magnetici.
- **Emilio Del Giudice:** Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Italia (deceduto nel 2014). Del Giudice ha lavorato sulla teoria dell'acqua coerente, proponendo che l'acqua può esistere in stati coerenti a livello quantistico. Ha collaborato con Giuliano Preparata e Giuseppe Vitiello, sviluppando modelli teorici per spiegare le proprietà uniche dell'acqua tra cui l'effetto ossidroelettrico. Autore di molte pubblicazioni, alcune delle quali citate in Bibliografia
- **Giuliano Preparata:** Università degli Studi di Milano (deceduto nel 2000). Giuliano Preparata è stato un fisico teorico che ha collaborato con Del Giudice e Giuseppe Vitiello nello sviluppo della teoria dell'acqua coerente. Ha scritto diversi articoli scientifici e libri che esplorano le implicazioni quantistiche dell'acqua.

- **Giuseppe Vitiello:** Università degli Studi di Salerno, Italia (Professore Onorario). Giuseppe Vitiello ha lavorato su modelli teorici che spiegano le proprietà dell'acqua attraverso la teoria quantistica dei campi e la coerenza quantistica. Ha collaborato con Emilio Del Giudice e Giuliano Preparata sviluppando una comprensione più profonda delle zone di esclusione e dei domini di coerenza nell'acqua nel contesto dell'Elettrodinamica Quantistica. Vitiello ha pubblicato numerosi articoli in riviste scientifiche e capitoli di libri che trattano la fisica quantistica e le sue applicazioni ai sistemi biologici e all'acqua. Il suo lavoro spesso esplora le implicazioni della coerenza quantistica in sistemi viventi. E' stato coautore dell'articolo fondante sull'effetto ossidroelettrico ed è advisor di OXHY Srl.
- **Vittorio Elia:** Università di Napoli Federico II, Italia. Vittorio Elia ha condotto numerosi studi sperimentali sulle proprietà anomale dell'acqua trattata con metodi puramente fisici. I suoi lavori esplorano come dei processi fisici di perturbazione del liquido influenzano le proprietà fisiche dell'acqua, in particolare la sua capacità termica e la conducibilità elettrica. Ha scoperto, insieme a Roberto Germano, l'effetto ossidroelettrico. Elia ha pubblicato numerosissimi articoli in riviste scientifiche riguardanti le proprietà termodinamiche e chimico-fisiche dell'acqua dopo trattamenti specifici di tipo però puramente fisico. I suoi lavori sono noti per l'approccio rigorosamente sperimentale e per la discussione delle implicazioni di tali proprietà per la chimica e la biologia.
- **Roberto Germano:** Oxhy S.r.l., Italia. Roberto Germano, co-fondatore di Oxhy, è uno degli scopritori dell'effetto ossidroelettrico, che dimostra la generazione di corrente elettrica in acqua pura esposta alla radiazione infrarossa. Ha pubblicato numerosi articoli in riviste peer-reviewed di fisica e chimica sperimentale, nonché alcuni libri¹, e detiene brevetti relativi a queste tecnologie.

2.2 Le Tendenze di Ricerca di Oggi

Negli ultimi anni, si sono sviluppati **filoni di ricerca** che intravedono la possibilità di generare correnti elettriche dal range infrarosso o utilizzando sistemi semiconduttivi con una opportuna band gap, oppure, da un altro punto di vista, la possibilità di estrarre correnti elettriche da sistemi acquosi che evaporano. Queste due direzioni di ricerca stanno aprendo nuove prospettive nella produzione di energia rinnovabile e nella tecnologia delle celle energetiche.

2.2.1 Fotovoltaico nel Range Infrarosso

Da un lato, la ricerca si concentra sulla realizzazione di **celle fotovoltaiche con una band gap che includa l'infrarosso**. Un esempio di tale ricerca è l'uso dell'antimoniuro di indio,

¹ R. Germano, "AQUA. L'acqua elettromagnetica e le sue mirabolanti avventure", Bibliopolis, Napoli, 2007.

un materiale semiconduttivo che permette l'assorbimento della radiazione infrarossa. Inoltre, l'uso di sistemi nanometrici opportunamente progettati sta guadagnando attenzione. Ricercatori dell'Idaho National Laboratory, in collaborazione con Lightwave Power Inc. di Cambridge, MA, e Patrick Pinhero dell'Università del Missouri, hanno sviluppato un metodo per produrre fogli di plastica contenenti miliardi di nanoantenne. Queste nanoantenne sono progettate per captare l'energia nel range dell'infrarosso, convertendola in energia elettrica con maggiore efficienza.

2.2.2 Effetto Idrovoltaico

Dall'altro lato, alcuni ricercatori stanno esplorando l'“**effetto idrovoltaico**”. Questo fenomeno si basa sulla generazione di corrente elettrica in sistemi acquosi in evaporazione. Un recente studio condotto da Zheng C, Chu W, Fang S, Tan J, Wang X, e Guo W., pubblicato su "Interdisciplinary Materials" nel 2022, discute i materiali per la tecnologia idrovoltaica a guida evaporativa. Nella loro interpretazione, l'effetto è considerato prevalentemente elettrostatico, risultante dalle differenze di potenziale create durante il processo di evaporazione dell'acqua. Esistono varie altre pubblicazioni rilevanti su questa direzione di ricerca.

2.2.2 L'Innovazione di OXHY

Nessuno, oltre OXHY, ha però considerato che, dal punto di vista dell'elettrodinamica quantistica, l'**acqua** liquida può essere assimilata a un **sistema semiconduttivo**. Questa assimilazione è resa possibile grazie all'estesissimo reservoir di elettroni quasi-liberi costituito dai domini di coerenza dell'acqua allo stato liquido, come suggerito da modelli finora costruiti. Questo concetto innovativo apre nuove possibilità per l'uso dell'acqua come mezzo per la generazione di corrente elettrica, sfruttando l'interazione della radiazione infrarossa con i domini di coerenza dell'acqua. La capacità di OXHY di riconoscere e sfruttare queste proprietà uniche dell'acqua rappresenta un passo avanti significativo rispetto alle attuali tendenze di ricerca. Mentre la maggior parte degli studi si focalizza su approcci convenzionali, come il miglioramento dei semiconduttori o l'ottimizzazione dei processi di evaporazione, OXHY propone un nuovo paradigma basato sull'**elettrodinamica quantistica**. Questa innovazione potrebbe portare a sviluppi rivoluzionari nel campo delle tecnologie di energy harvesting e della generazione di energia rinnovabile.

3. Panoramica sulla Tecnologia

3.1 Il Contesto Tecnologico di Partenza

Come abbiamo anticipato, negli ultimi anni, la crescente domanda di soluzioni energetiche sostenibili e l'aumento dell'attenzione verso l'efficienza energetica hanno spinto la ricerca e lo sviluppo di tecnologie innovative per il recupero e la generazione di energia. In questo contesto, la **tecnologia ossidroelettrica** emerge come una delle soluzioni più promettenti per l'energy harvesting, offrendo un metodo efficiente per convertire l'energia termica in elettricità utilizzabile.

La tecnologia ossidroelettrica si basa sul principio dell'**effetto ossidroelettrico** (vedi 19; https://en.wikipedia.org/wiki/Oxhydroelectric_effect), sfruttando polimeri speciali a base acquosa che, quando esposti alla radiazione infrarossa ambientale, generano una corrente elettrica. Questa tecnologia ha il potenziale di rivoluzionare diversi settori industriali, grazie alla sua capacità di produrre energia in modo continuo.

3.1.1 Le Tecnologie Attuali di Energy Harvesting

L'Energy Harvesting rappresenta una frontiera cruciale nel panorama energetico globale, poiché mira a recuperare piccole quantità di energia dispersa nell'ambiente e convertirla in energia elettrica utilizzabile. Attualmente, le tecnologie di Energy Harvesting più diffuse includono:

- **Harvesting di Energia Luminosa:** Utilizza celle solari per convertire la luce in elettricità.
- **Harvesting di Energia da Vibrazioni:** Impiega materiali piezoelettrici per generare elettricità dalle vibrazioni meccaniche.
- **Harvesting di Energia da Radiofrequenza (RF):** Converte le onde radio in energia elettrica.
- **Harvesting di Energia Termica:** Sfrutta il gradiente di temperatura per generare elettricità tramite materiali termoelettrici o cicli termodinamici.

In questo scenario, la tecnologia di Oxhy si distingue per la sua capacità di sfruttare la Radiazione Infrarossa ambientale di fondo, offrendo una soluzione versatile e potenzialmente più efficiente in specifici contesti applicativi.

3.1.2 Unicità della Tecnologia di Oxhy

La tecnologia ossidroelettrica offre numerosi vantaggi che, nel panorama attuale dell'Energy Harvesting, la rendono unica e particolarmente interessante per una vasta gamma di applicazioni:

1. **Efficienza Energetica:** La capacità di convertire direttamente l'energia termica in elettricità riduce le perdite energetiche, migliorando l'efficienza complessiva del sistema.
2. **Compatibilità Ambientale:** L'utilizzo di acqua, idrogel non tossici e materiali facilmente reperibili rende questa tecnologia ecologicamente sostenibile e adatta a molteplici contesti senza impatti ambientali significativi.
3. **Versatilità Applicativa:** La tecnologia può essere integrata in diverse configurazioni, rendendola adatta per dispositivi elettronici portatili, sensori wireless, dispositivi medicali impiantabili, e sistemi di monitoraggio industriale.
4. **Scalabilità:** La possibilità di miniaturizzare le celle ossidroelettriche consente di adattare a vari formati e dimensioni, facilitando l'integrazione in dispositivi di piccole dimensioni o in sistemi modulari più complessi.
5. **Innovazione e Competitività:** Essendo una tecnologia emergente, offre nuove opportunità per innovazioni di prodotto e può conferire un vantaggio competitivo alle aziende che la adottano tempestivamente.

3.2 La Tecnologia Oxhycell

In questa sezione offriamo una panoramica generale della Tecnologia Oxhycell, basata sull'Effetto Ossidroelettrico che spieghiamo nei prossimi paragrafi.

3.2.1 Definizione e Principio di Funzionamento

L'**Effetto Ossidroelettrico** deriva da una serie di studi nel contesto dell'Elettrodinamica Quantistica che hanno portato alla luce una nuova concezione dell'acqua liquida. Si tratta della prospettiva emergente - citata sopra nel paragrafo 2- che affonda le radici in studi recenti di Fisica dello Stato Condensato e che suggerisce che l'acqua liquida possa presentare un'organizzazione a livello microscopico che va oltre la sua struttura molecolare. Gli studiosi che hanno contribuito principalmente allo sviluppo di questa nuova visione sono *Gerald H. Pollack, Martin Chaplin, Rustum Roy, Vladimir Voeikov, Elmar Fuchs, Vittorio Elia, Emilio del Giudice, Giuliano Preparata e Giuseppe Vitiello*.

Tradizionalmente, l'**acqua liquida** è stata considerata come una sostanza **omogenea e disordinata** a livello microscopico (**struttura monofasica**). Tuttavia, recenti ricerche hanno portato alla luce nuovi indizi che suggeriscono l'esistenza di una struttura più ordinata all'interno dell'acqua liquida (struttura bifasica).

Questa **struttura bifasica** è caratterizzata dal fatto che alcune parti del volume dell'acqua sono disordinate mentre altre sono ordinate. Queste parti ordinate sono state denominate variamente "Zone di Esclusione" o "Domini di Coerenza". In un certo senso, l'acqua liquida forma regioni o gruppi di molecole che si organizzano in modo coerente, creando una sorta di ordine a livello degli aggregati molecolari. Queste regioni ordinate, chiamate appunto "**domini di coerenza**", possono avere dimensioni di alcuni nanometri e persistere per periodi di tempo relativamente lunghi.

L'idea alla base dei "domini di coerenza" - che sono stati studiati attraverso diverse tecniche sperimentali, come la spettroscopia a risonanza magnetica nucleare e la diffrazione a raggi X- è che l'acqua liquida possa presentare una struttura dinamica in cui le molecole si organizzano in gruppi, mantenendo una certa coerenza tra di loro. Questa organizzazione a livello microscopico risulta influenzare le **proprietà macroscopiche dell'acqua** e il suo comportamento, incluso il modo in cui reagisce alle influenze esterne come campi elettrici o radiazioni.

Questa nuova concezione dell'acqua liquida apre **nuove prospettive** sulla comprensione dell'acqua stessa e delle sue proprietà fisiche. Questa visione sfida la concezione tradizionale dell'acqua come un semplice liquido disordinato, suggerendo che possa esistere una struttura sottostante più complessa e organizzata. La ricerca futura su questo argomento potrebbe contribuire a una comprensione più approfondita dell'acqua e del suo ruolo cruciale in una vasta gamma di fenomeni fisici e biologici.

3.2.2 La Fisica dell'Effetto Ossidroelettrico

Ogni sistema fisico, secondo la meccanica quantistica, tende ad uno "**stato fondamentale**" di minima energia. Questa energia, proporzionale alle varie frequenze di oscillazione del campo elettromagnetico che permea lo spazio fisico, viene chiamata "**Energia di punto zero**". Tuttavia, contrariamente a quanto la fisica classica prevedeva, anche alla temperatura dello zero assoluto tale energia non è affatto nulla, anzi, siccome i modi di oscillazione del campo elettromagnetico sono infiniti, l'energia del cosiddetto "**Vuoto Quantistico**" è praticamente infinita.

Questo semplice concetto è alla base degli estesi sviluppi della QED, ed in particolare della **QED Coerente**, che rappresentano una vera e propria rivoluzione scientifica in atto; infatti, mentre la sua applicazione alla fisica della particelle è ormai standard, soltanto negli ultimi anni si sta cominciando ad applicarla alla Fisica della Materia Condensata.

Inoltre, altro concetto fondamentale della Meccanica Quantistica è il fatto che un insieme di particelle rispetta il cosiddetto **principio di indeterminazione**, cioè il principio che, in una delle sue forme, afferma che quanto più è determinato il numero delle particelle, tanto meno è determinata la "fase". La fase è una delle ben note caratteristiche tipiche delle onde.

Due sono i casi estremi:

- se il numero dell'insieme di particelle è perfettamente definito, allora la fase è totalmente indeterminata e questo si chiama "stato incoerente", come nel caso di un gas;
- se il numero di particelle è invece molto, ma molto grande, accade che l'indeterminazione sul loro numero cresce moltissimo; allora la fase è perfettamente definita (se ne conosce il valore senza alcuna indeterminazione) e questo si chiama "stato coerente".

Nel secondo caso, cioè quello in cui la fase è perfettamente definita, ci troviamo di fronte ad una vera e propria onda. Un'onda di materia. Da queste premesse scaturiscono alcune rilevanti conseguenze sul mondo che ci circonda.

E' ben noto che le "**anomalie**" chimico-fisiche della più comune delle sostanze, l'acqua, sono di gran lunga maggiori delle proprietà che si riescono a spiegare coi modelli correnti, tanto che chi ha provato a trattarne (Franks, citato prima), ha avuto bisogno di ben 7 volumi per descriverle.

Applicando all'acqua i concetti della QED, se abbiamo un numero di particelle (atomi, molecole) che hanno livelli di energia discreti (cioè "a salti"), ossia si presentano in condizioni standard della realtà fisica ordinaria (temperature, pressioni, concentrazioni tipiche della Terra), è **energeticamente favorevole** che le fluttuazioni quantistiche "risuonino" con le oscillazioni del campo elettromagnetico alla frequenza corrispondente al salto energetico. Questo significa che c'è una relazione diretta tra energia e frequenza.

Le "**fluttuazioni quantistiche**" sono "**oscillazioni energetiche**" originate dal fatto che l'energia di punto zero non è nulla. Esse sono di durata molto breve, perché sono limitate da un'altra "forma" del principio di indeterminazione: quanto più dura il tempo della fluttuazione tanto minore è l'energia che essa può avere. Quindi, se i tempi sono molto brevi, l'energia può essere anche molto alta.

Tornando alle particelle (atomi, o molecole), se il loro numero è abbastanza grande, accade un "**fenomeno collettivo**": esse mettono in fase le loro transizioni energetiche e lo fanno all'unisono col campo elettromagnetico, ma ciò fa aumentare l'ampiezza del campo elettromagnetico e... così via. Avviene, dunque, una vera e propria transizione dello Stato Fondamentale del Vuoto quantistico, dalla condizione in cui materia e campo oscillano

incoerentemente, ad un nuovo Stato Fondamentale del Vuoto quantistico, quello Coerente - in cui la materia assume natura pienamente ondulatoria e materia e campo compiono grandi oscillazioni in fase.

Tutto questo è possibile, cioè **non viola il principio di conservazione dell'energia**, perché l'energia di interazione è negativa ed esiste una soglia ben definita relativa al numero totale di particelle (abbastanza grande), alla densità (abbastanza elevata) e alla temperatura (abbastanza bassa), tale che questa **transizione** risulta energeticamente favorevole, cioè **spontanea**.

Questo meccanismo descrive - per la prima volta nella storia della fisica - l'origine della **transizione vapore-liquido!** Nel caso dell'acqua, stiamo parlando di un fattore di densità 1600 volte maggiore del liquido rispetto al vapore e tale aumento di densità non solo avviene in maniera spontanea, ma addirittura emettendo energia: "il calore latente di liquefazione".

Inoltre, poiché i "salti" di energia dell'atomo corrispondono in generale a lunghezze d'onda dell'ordine di 100 nanometri (cioè 100 miliardesimi di metro), lo spazio risulterà naturalmente suddiviso in tanti **domini di dimensioni comparabili**, al cui interno possono essere presenti diverse decine di migliaia di atomi ed in cui il Campo Elettrico ed il Campo Magnetico si evolvono in fase. Quindi, una "cadenza temporale" origina una "cadenza spaziale", ossia dà origine ad una struttura a domini che si chiamano, appunto, **Domini di Coerenza (CD)**.

Guidati da questo paradigma, abbiamo evidenziato un nuovo fenomeno sperimentale che abbiamo denominato "Effetto Ossidroelettrico", che conferma quanto questo approccio possa portare a rilevare **fatti sperimentali** del tutto nuovi, con possibili applicazioni di interesse tecnico e industriale, basate su tecnologie molto semplici.

3.2.3 Descrizione del Meccanismo di Conversione Energetica

La prima versione dell'Effetto Ossidroelettrico che abbiamo descritto consiste nell'estrazione di una corrente elettrica da acqua bi-distillata, servendosi di due elettrodi di platino identici, corrente alimentata dal semplice calore ambientale (Infrarosso - IR) (e mediata da molecole di ossigeno), senza differenze di temperatura, a differenza dell'effetto termoelettrico, ad esempio. Le figure, diagrammi, grafici e schemi che seguono illustrano diverse versioni del sistema assieme al suo funzionamento in accordo ai principi fisici osservati.

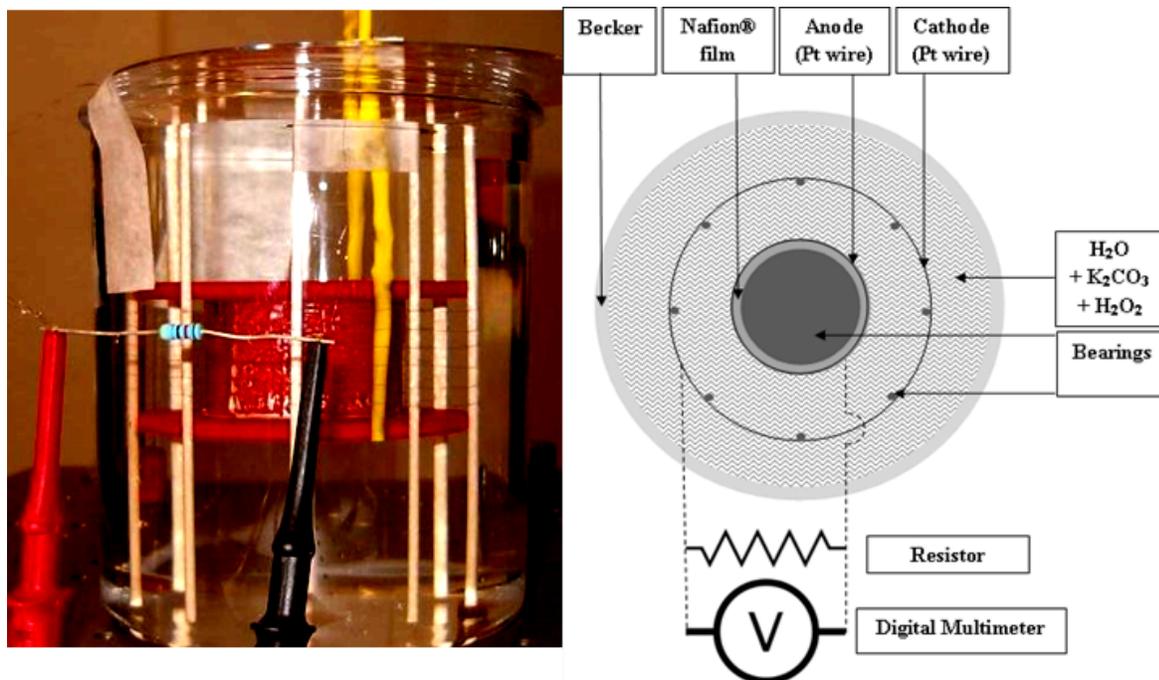


Fig. 1 - Foto e schema della prima versione del sistema sperimentale con cui abbiamo evidenziato l'Effetto Ossidroelettrico (in una soluzione elettrolitica).

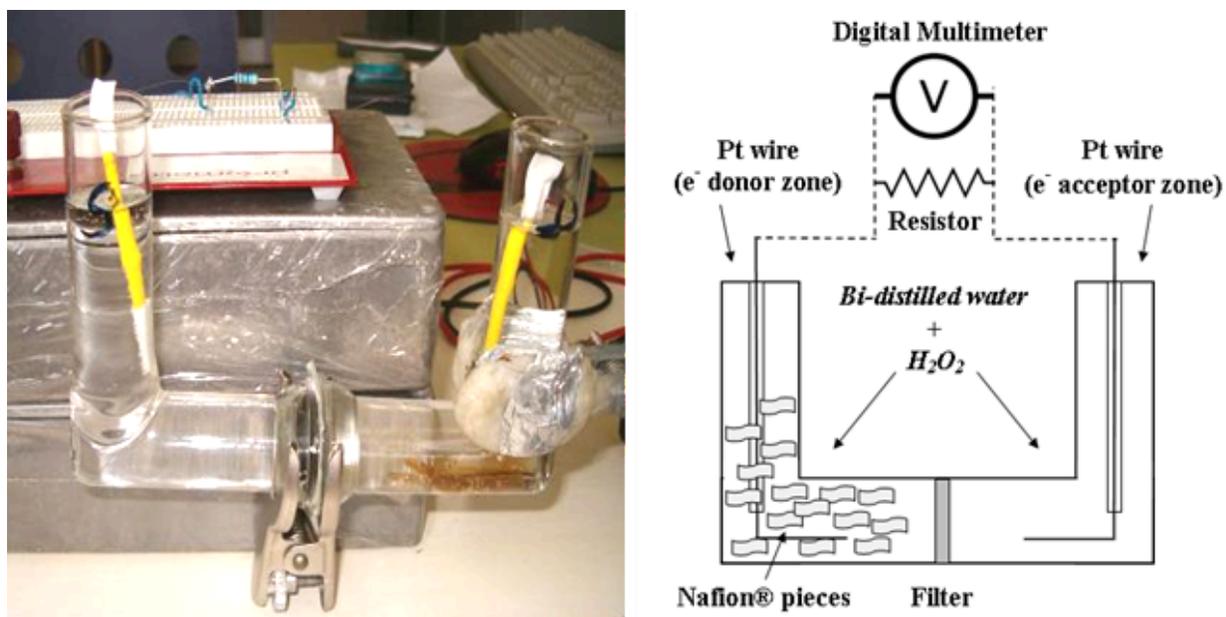


Fig. 2 - Foto e schema della successiva versione del sistema sperimentale con cui abbiamo evidenziato l'Effetto Ossidroelettrico in acqua bi-distillata.

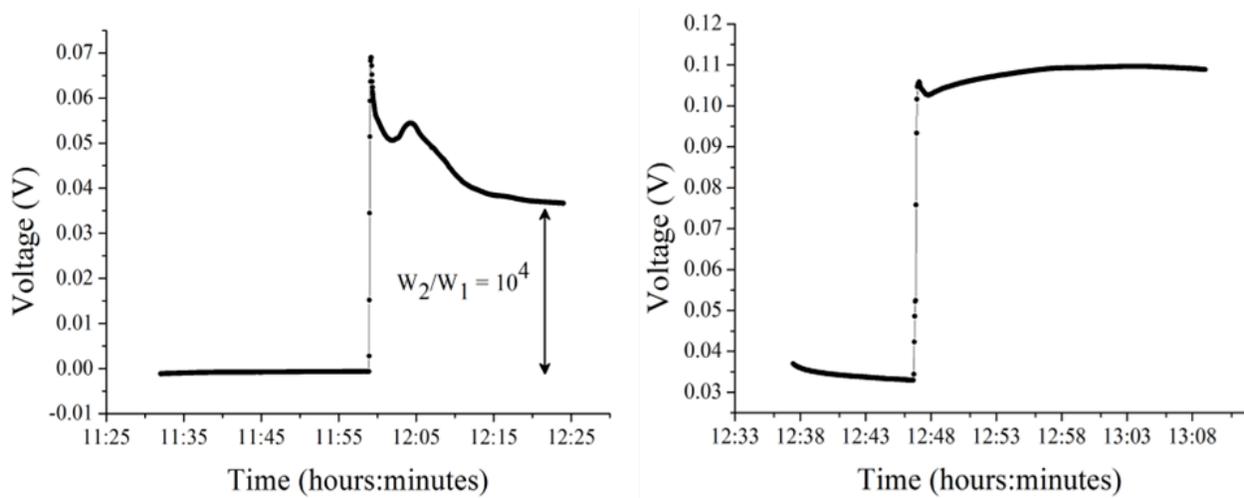
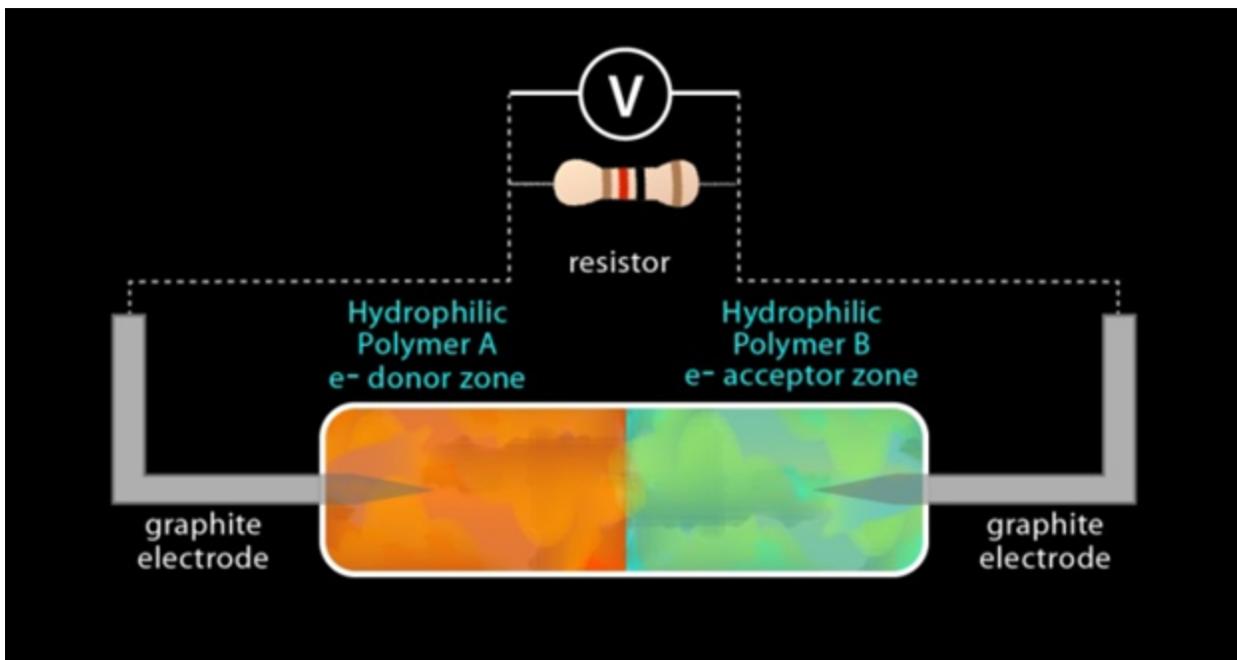


Fig. 3 - Tipico grafico della tensione in funzione del tempo ai capi del resistore, prima e dopo l'aggiunta di H_2O_2 . Fig 3(a): si noti il salto da una Potenza elettrica di $W_1 = 2.6$ picowatt ad un plateau di potenza $W_2 = 0.03$ microwatt ($W_2/W_1 \sim 104$). Fig. 3(b): una successiva aggiunta di un'analogha quantità di H_2O_2 ad entrambe le semi-celle genera un altro salto di Potenza elettrica estratta che giunge fino a $W_3 = 0.2$ microwatt, cioè circa 5 ordini di grandezza maggiore, se comparata al valore iniziale W_1 ($W_3/W_1 \sim 80\,000$).



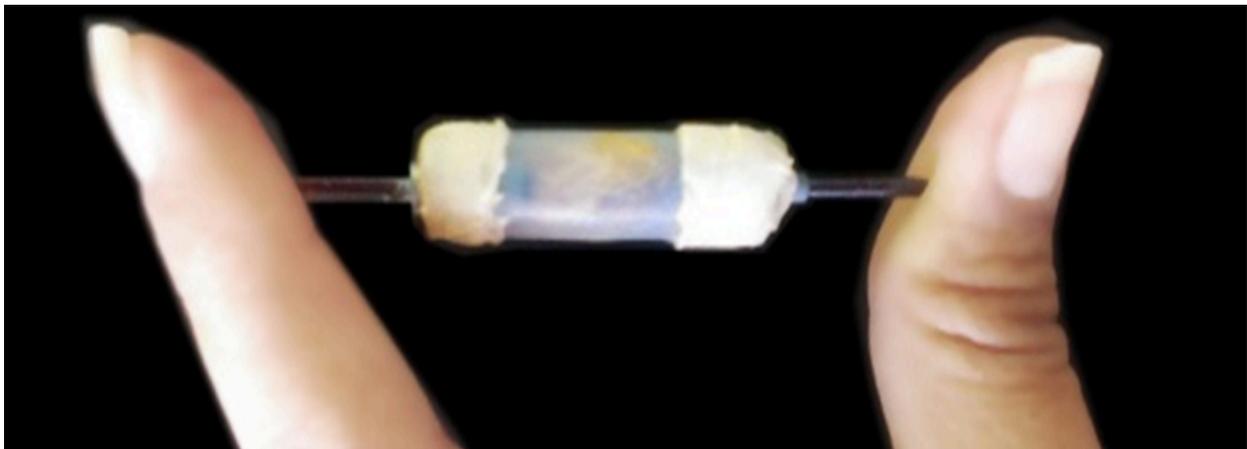


Fig. 4 - La versione miniaturizzata utilizza un polimero fortemente idrofilico, materiale più economico che sostituisce il NAFION®; mostra estrazione di corrente elettrica per tutto il (lungo) periodo di misura, (limitata solo dalla proprietà meccanica dei polimeri); utilizza elettrodi a basso costo (es.: grafite); non è più necessario il filtro micrometrico; funziona anche senza acqua ossigenata; è altamente sensibile agli infrarossi.

E' importante notare che **ogni corpo** a temperatura ambiente **emette infrarossi**, per la legge di emissione di "corpo nero". Sulla terra siamo costantemente immersi - anche di notte - in un **bagno di infrarossi**.

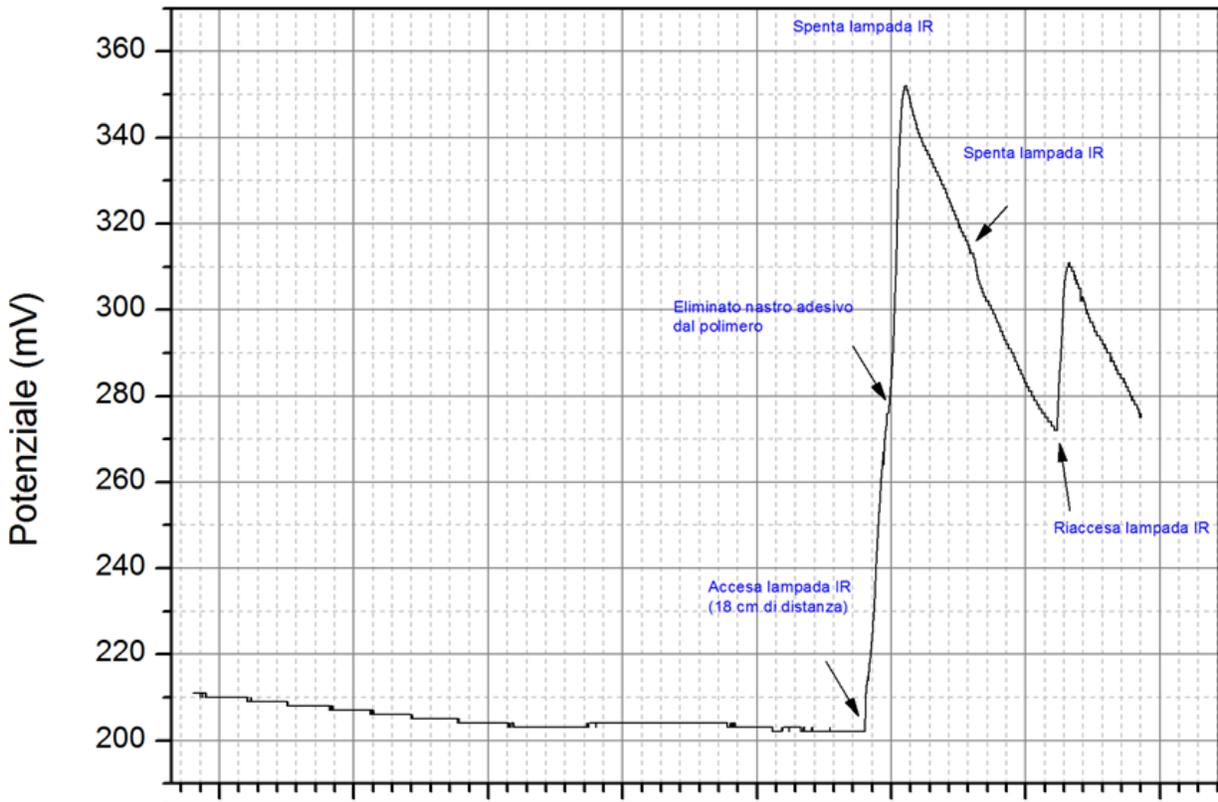


Fig. 5 – Esempio di risposta ad aggiunta di altra energia infrarossa addizionata a quella ambientale: l'accensione della lampada IR fa registrare un passaggio da 0,85 microWatt estratti (lampada IR spenta) a 2,6 microWatt estratti (lampada IR accesa), cioè il **300% di incremento in potenza elettrica estratta**. Si noti il valore abbastanza stabile della corrente estratta nella prima fase del grafico, in cui il sistema è esposto al bagno termico ambientale, circa 13 ore, dalle ore 00.00 alle ore 13.00 circa. (si noti che il V graficato è misurato ai capi di un resistore di 47 kΩ).

E' altresì importante rilevare che a temperatura ambiente la potenza elettrica estratta e' già uguale a 0,85 microwatt (**≈ 1 microwatt**).

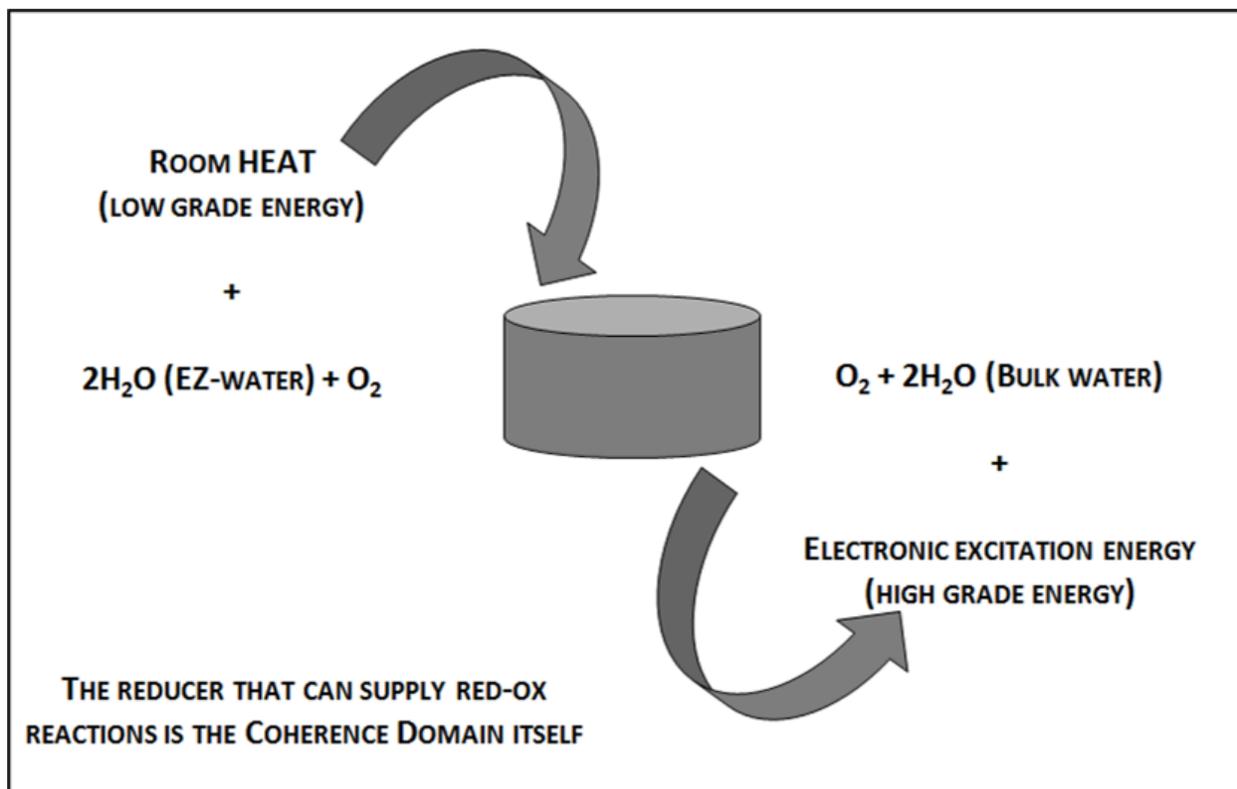


Fig. 6. Schema del funzionamento del principio di funzionamento della cella.

Il film idrofilico genera una regione di acqua coerente al confine tra la sua superficie e l'acqua, determinando in questo modo una separazione tra una "**acqua più coerente**" e una "**acqua meno coerente**"; la presenza delle molecole di O_2 nell'elettrolita (assicurata dall'aggiunta di H_2O_2) stimola l'eccitazione degli elettroni quasi liberi dai CD di acqua che dovrebbero attraversare una barriera di energia di 0,44 eV, e in questo modo le molecole di O_2 diventano recettori privilegiati degli elettroni che escono per tunneling fuori dal CD. Lo schema del possibile meccanismo generale in atto per l'estrazione di corrente di elettroni da acqua mediata da molecole di O_2 è il seguente: (calore ambiente, cioè IR) + $2\text{H}_2\text{O}$ (acqua EZ) + O_2 à O_2 + $2\text{H}_2\text{O}$ (acqua "bulk") + (Eccitazione elettronica). Probabili "intermediari" sono i carbonati CO_3^- . Il "riduttore", ossia ciò che può permettere lo sviluppo di reazioni red-ox, è lo stesso dominio di coerenza dell'acqua.

Questo doppio sistema può eseguire il **lavoro interno** per sostenere il suo stato di non equilibrio, a causa della **neghentropia** che proviene dalla conversione spontanea dallo stato non coerente a quello coerente dell'acqua liquida (fenomeno non termodinamico, ma quantistico), mentre l'energia radiante dell'ambiente (calore dell'ambiente, cioè IR) fa ritornare il sistema allo stato iniziale e così via, come un "**motore microscopico**", simile da molti punti di vista al Demone di Maxwell del suo famoso *Gedankenexperiment*.

Vale la pena sottolineare ancora una volta che si tratta di un **fenomeno non termodinamico**, ma **quantistico**, così come, ad esempio, il calore emesso dai materiali radioattivi non è comprensibile nel quadro concettuale della termodinamica.

L'effetto ossidroelettrico può aprire la strada ad una **classe totalmente nuova di sistemi** di generazione di energia elettrica **non inquinanti**, e reattori chimici, che imitando i sistemi biologici, potrebbero essere in grado di trasformare direttamente energia di "bassa qualità" (calore ambientale, cioè radiazioni infrarosse) a energia di "alta qualità" (elettricità, energia chimica) senza la necessità di sofisticate micro-tecnologie né nanotecnologie.

Parafrasando Richard Feynman, possiamo dire: **There is plenty of room around here!**

3.3 Stato di Sviluppo

OXHY ha raggiunto significativi traguardi tecnologici che pongono le basi per la futura industrializzazione della tecnologia Oxhycell. Il progresso attuale si è concentrato su tre aree principali: **miniaturizzazione, ottimizzazione dell'efficienza e sviluppo di prototipi funzionali**.

3.3.1 Livello di Maturità Tecnologica (TRL)

Il Livello di Maturità Tecnologica, o Technology Readiness Level (TRL), è una scala di misurazione utilizzata per valutare la maturità di una particolare tecnologia. Questa scala va da TRL 1, che rappresenta i principi base osservati, fino a TRL 9, che indica un sistema collaudato in un ambiente operativo reale.

Attualmente, la tecnologia della cella ossidroelettrica si trova in una fase di transizione tra il TRL 4 e il TRL 5. Ecco una panoramica dettagliata dei progressi fatti finora in relazione ai vari livelli di TRL:

TRL 1 - Principi di Base Osservati e Segnalati: Le prime osservazioni dell'effetto ossidroelettrico, come il comportamento anomalo dell'acqua pura esposta a radiazione infrarossa, hanno stabilito i principi di base su cui si basa questa tecnologia. Questi studi iniziali hanno fornito le fondamenta teoriche necessarie per lo sviluppo successivo.

TRL 2 - Formulazione del Concetto Tecnologico: Sulla base dei principi di base, sono stati formulati i concetti tecnologici iniziali. Questi includono l'idea di sfruttare l'effetto

ossidroelettrico per generare corrente elettrica in assenza di elettroliti, utilizzando materiali fortemente idrofili come il Nafion per creare una asimmetria fisica nell'acqua.

TRL 3 - Prova Sperimentale del Concetto: A questo livello, esperimenti di laboratorio hanno dimostrato la fattibilità del concetto tecnologico. Studi indipendenti e peer-reviewed hanno confermato la presenza dell'effetto ossidroelettrico e la capacità di generare corrente elettrica dall'acqua pura sotto esposizione a radiazione infrarossa. Questi risultati sono stati pubblicati in riviste scientifiche, validando ulteriormente il concetto.

TRL 4 - Validazione del Protoconcetto in Ambiente di Laboratorio: La tecnologia è stata ulteriormente sviluppata e testata in un ambiente di laboratorio controllato. Sono stati costruiti prototipi preliminari di celle ossidroelettriche e sono stati condotti esperimenti per ottimizzare i materiali e le configurazioni. Questi test hanno permesso di identificare i parametri chiave che influenzano le prestazioni della tecnologia.

TRL 5 - Validazione del Protoconcetto in Ambiente Simulato: Attualmente, la tecnologia sta uscendo dal TRL4 e iniziando ad entrare nel TRL 5, dove i prototipi sono testati in ambienti simulati che riproducono condizioni reali. Questa fase coinvolge la verifica delle prestazioni delle celle ossidroelettriche in scenari realistici, valutando la loro capacità di generare energia in modo efficiente e stabile, così come la loro capacità di alimentare i dispositivi elettronici target. Gli esperimenti a questo livello mirano a identificare e risolvere eventuali problematiche pratiche che potrebbero emergere durante l'uso effettivo.

Prossimi Passi verso TRL 6 e Oltre: Per avanzare al TRL 6 e oltre, sarà necessario testare i prototipi in ambienti operativi reali. Questo include l'integrazione delle celle ossidroelettriche in dispositivi commerciali - cosa che stiamo cominciando a fare - e la valutazione delle loro prestazioni in applicazioni pratiche. Inoltre, saranno necessari ulteriori studi per ottimizzare la durabilità e l'affidabilità della tecnologia nel lungo termine.

In sintesi, la tecnologia della cella ossidroelettrica ha raggiunto un livello di maturità tecnologica promettente, con risultati sperimentali che ne confermano la fattibilità. Tuttavia, ulteriori sviluppi e test sono necessari per portare questa tecnologia ai livelli più alti di TRL e renderla pronta per l'adozione commerciale su larga scala.

3.3.2 Prototipi e Dimostratori

Nel nostro percorso abbiamo messo a punto un piano di sviluppo mirato alla realizzazione di una serie di prototipi e dimostratori il cui scopo è quello di testare e validare l'avanzamento del TRL, intercettando, sin da subito, i need della nostra **Target Audience**, e quindi aumentare progressivamente anche la **Business Readiness Level**.

Il primo prototipo realizzato, dopo i primissimi **prototipi sperimentali**, era una cella di circa 2 cm³ (Fig.4). Ad oggi, abbiamo iterato lo sviluppo riducendo le dimensioni del

prototipo in due step di cui il primo è consistito in una cella di 1 cm^3 e il secondo, più recente, circa 27mm^3 . Il materiale dell'involucro prototipale è idrofobico. Le tecnologie individuate permetteranno di raggiungere la milestone importante del millimetro cubico per cella.

Un ulteriore passaggio è consistito nell'identificare un **processo di prototipazione** che prevede la realizzazione di un wafer contenente una moltitudine di celle millimetriche. In pratica, in questo modo, è possibile realizzare una connessione delle celle in serie collegando direttamente gli elettrodi su una scheda

La realizzazione di **moduli Wafer** a molte celle consente di avere una flessibilità applicativa notevole e permette una più semplice integrazione con i circuiti dei dispositivi elettronici target. In questo senso, sono già in corso test di integrazione con microcontrollori, sensori e capacitori di tipo commerciale. In Fig.7 qui sotto è possibile vedere i prototipi intermedi citati.

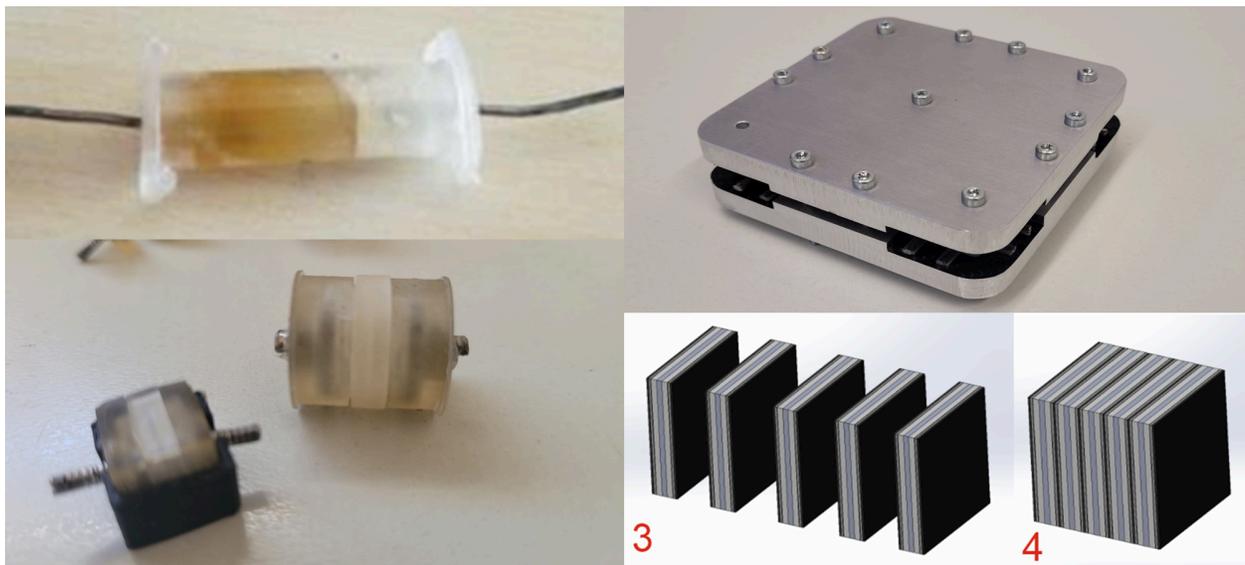


Fig.7. Prototipi di cella ossidroelettrica: in alto a sinistra potete vedere la cella di partenza, lunga 3.5cm, subito sotto potete vedere le iterazioni di celle da 1 cm^3 fino a 27mm^3 , a destra i moduli Wafer a molte celle, ciascuno di pochi millimetri di spessore (in corso di sviluppo).

Il nostro piano di sviluppo è mirato alla **miniaturizzazione**, aumento dell'**efficienza** e **stabilità**, nonché, appunto allo sviluppo dei **prototipi**. Gli avanzamenti su queste dimensioni possono essere sintetizzati qui sotto:

- **Miniaturizzazione:** L'attività di ricerca e sviluppo ha portato alla realizzazione di celle ossidroelettriche con un volume attuale di soli 20 mm^3 . Questo risultato rappresenta un passo decisivo verso l'integrazione della tecnologia in applicazioni

concrete, sia nel settore consumer che in ambito industriale. La capacità di scalare le dimensioni delle celle senza comprometterne le performance è un elemento chiave per l'espansione del mercato target.

- **Efficienza:** Le più recenti iterazioni del design delle Oxhycell hanno evidenziato miglioramenti significativi sia in termini di produzione di energia che di stabilità nel tempo. La corrente elettrica generata dalle celle è stata ottimizzata grazie all'uso di materiali innovativi, come polimeri ecosostenibili che garantiscono prestazioni elevate e durature. Inoltre, il superamento di limiti operativi legati all'evaporazione del liquido ha contribuito a rendere il sistema più stabile e affidabile nel lungo termine.
- **Sviluppo di Prototipi:** OXHY sta realizzando i primi prototipi modulari della tecnologia, inclusi quelli orientati a dimostratori per specifici use case. Ad esempio, è in corso di sviluppo un prototipo "modular Set" modulare che include un power core in grado di alimentare sensori ALS (Ambient Light Sensors) e dispositivi IoT, dimostrando la versatilità della tecnologia. E' in corso anche la progettazione e realizzazione di un prototipo per il recupero energetico in ambito industriale che integra Oxhycell con cicli termodinamici a bassa temperatura. Ogni prototipo è stato progettato per essere scalabile e facilmente integrabile in configurazioni più ampie, rispondendo così alle diverse esigenze applicative.
- **Risultati dei Test e Performance Misurate:** I test condotti sulle Oxhycell hanno confermato una produzione costante di energia elettrica per periodi prolungati, con una corrente stabile generata nell'ordine dei microWatt per cella. Inoltre, i wafer sviluppati (composti da array di 7x7 celle) hanno dimostrato capacità di assemblaggio in configurazioni multiple, fino alla realizzazione di cubi composti da 7 strati, ciascuno contenente 49 celle. Questo approccio modulare permette di raggiungere una densità energetica incrementale, adattabile alle esigenze di alimentazione di diversi dispositivi.

Il progresso finora raggiunto riflette l'impegno di OXHY nel trasformare un'innovazione scientifica in una tecnologia praticabile e scalabile, pronta a rivoluzionare il settore dell'Energy Harvesting.

3.4 Vantaggi Unici della Tecnologia

Oxhycell - la Cella Ossidroelettrica - rappresenta una tecnologia dirompente nel campo dell'estrazione di corrente, basata su principi di Elettrodinamica Quantistica e sui connessi risultati sperimentali. Questa tecnologia innovativa consente di convertire energia di bassa qualità, come il calore proveniente dalla radiazione termica ambientale (cioè IR), in energia di alta qualità, ovvero energia elettrica. Ciò supera, potenzialmente, i limiti delle attuali

tecnologie rinnovabili, aprendo nuove prospettive per l'efficienza energetica e la produzione di energia sostenibile. Riportiamo qui sotto i principali vantaggi.

Efficienza energetica e sostenibilità: Oxhycell converte l'energia invisibile della radiazione infrarossa in energia elettrica, offrendo un'alternativa più efficiente rispetto alle tecnologie tradizionali. Questo approccio riduce la dipendenza da batterie usa e getta, contribuendo significativamente alla riduzione dell'impatto ambientale. Inoltre, l'utilizzo di materiali ecosostenibili, come gli polimeri di nuova generazione, ne consolida il ruolo come soluzione energetica rispettosa dell'ambiente e orientata alla sostenibilità.

Modularità e adattabilità a diversi use case: La tecnologia è altamente flessibile grazie alla sua struttura modulare, che consente configurazioni adattabili per soddisfare le esigenze specifiche di diversi settori. Dai sensori ALS ai dispositivi IoT, passando per telecomandi e sistemi di domotica, fino ai sistemi di Energy Harvesting Industriale, Oxhycell può essere scalata e adattata a una vasta gamma di applicazioni, dimostrando la sua versatilità e il suo valore aggiunto per molteplici mercati.

Compatibilità con soluzioni industriali e consumer: Oxhycell può integrarsi perfettamente sia in prodotti consumer che in soluzioni industriali. La sua capacità di generare energia affidabile e continua, anche in ambienti estremi o con disponibilità limitata di fonti di alimentazione tradizionali, la rende ideale per dispositivi autonomi, riducendo al minimo la necessità di manutenzione e sostituzioni. Questa compatibilità, unita alla potenziale facilità di implementazione, la rende un'opzione competitiva e innovativa per un'ampia gamma di applicazioni.

Grazie a questi vantaggi, la tecnologia Oxhycell si posiziona come una soluzione all'avanguardia, in grado, in potenza, di rispondere efficacemente alle sfide energetiche globali, promuovendo al contempo l'adozione di modelli produttivi più sostenibili e innovativi.

3.4.1 Vantaggi Rispetto alle Tecnologie Competitor

Rispetto alle tecnologie rinnovabili convenzionali, l'Effetto Ossidroelettrico offre diversi vantaggi significativi. Innanzitutto, l'estrazione di corrente mediante l'Effetto Ossidroelettrico può avvenire in qualsiasi condizione di luce, inclusa l'**assenza totale di luce**, consentendo un utilizzo continuo e affidabile. Questo elimina le limitazioni legate alla disponibilità di luce solare diretta o di altre fonti di energia luminosa, che sono tipiche delle tecnologie fotovoltaiche convenzionali.

Inoltre, l'Effetto Ossidroelettrico consente l'estrazione di corrente da **fonti di calore a bassa temperatura**, comprese temperature tra 0 e 100 °C. Ciò significa che può sfruttare fonti di calore ambientale comuni, come l'aria o l'acqua, senza la necessità di temperature

elevate. Questa flessibilità apre nuove possibilità per l'efficienza energetica, consentendo l'utilizzo di energia termica altrimenti sprecata.

Un altro vantaggio significativo dell'Effetto Ossidroelettrico è la sua capacità di superare le **limitazioni di potenza** tipiche delle attuali tecnologie attuali di recupero dell'energia. Mentre i dispositivi di recupero energetico esistenti producono quantità limitate di energia (Vedi Appendice 1), l'Effetto Ossidroelettrico promette di produrre quantità significative di energia elettrica. Ciò apre nuove opportunità per l'applicazione su larga scala di questa tecnologia, fornendo una fonte di energia rinnovabile più affidabile ed efficiente.

Complessivamente, l'Effetto Ossidroelettrico rappresenta una **promettente soluzione** per l'estrazione di corrente, offrendo vantaggi chiave rispetto alle tecnologie rinnovabili esistenti. La sua capacità di convertire energia termica di bassa qualità in energia elettrica di alta qualità, in modo continuo e in qualsiasi condizione di luce, apre nuove prospettive per un approvvigionamento energetico sostenibile e efficiente.

4. Applicazioni Potenziali

4.1 Settori di Applicazione Primari

Le celle ossidroelettriche rappresentano una tecnologia innovativa con un ampio spettro di applicazioni potenziali in vari settori. Grazie alla loro capacità di generare elettricità da acqua esposta alla radiazione infrarossa, queste celle possono essere utilizzate in diverse aree che richiedono soluzioni energetiche sostenibili e a bassa potenza, in assenza di altre fonti. Di seguito vengono descritti alcuni dei principali settori di applicazione di Oxhycell:

1. Internet delle Cose (IoT): Le celle ossidroelettriche possono alimentare dispositivi IoT in ambienti interni ed esterni. Grazie alla loro capacità di generare energia dalla luce infrarossa, possono essere integrate in sensori wireless, dispositivi di monitoraggio ambientale e sistemi di automazione domestica (vedi sotto). La possibilità di operare senza batterie tradizionali riduce i costi di manutenzione e aumenta la sostenibilità dei dispositivi IoT.

2. Applicazioni Industriali: Le celle ossidroelettriche possono essere utilizzate in connessione ad opportuni cicli termodinamici (es ORC) per il recupero di energia da cascami termici a bassa temperatura in range in cui le tecnologie esistenti non possono funzionare. Questa potenzialità le rende particolarmente indicate per ridurre i costi energetici di processi industriali in varie industrie (vedi il nostro Go-to-Market e la Competitive Analysis).

3. Sistemi di Sicurezza e Allarme: Le celle ossidroelettriche possono essere utilizzate per alimentare sensori di movimento, telecamere di sorveglianza e sistemi di allarme. La loro capacità di generare energia in modo continuo consente di mantenere operativi questi sistemi anche in assenza di una fonte di alimentazione esterna, garantendo una sicurezza costante.

4. Dispositivi Medici Indossabili: La tecnologia delle celle ossidroelettriche può essere impiegata nei dispositivi medici indossabili, come i monitor per il fitness, i dispositivi di monitoraggio della salute e i sensori biometrici. Questi dispositivi beneficiano di una fonte di energia continua e autonoma, riducendo la necessità di ricariche frequenti e migliorando la comodità per l'utente.

5. Sensori Autonomi: La Cella Ossidroelettrica è un sensore IR autoalimentato. Questa caratteristica può essere sfruttata per realizzare una generazione totalmente nuova di Sensori IR nella microelettronica. Inoltre, questa tecnologia è particolarmente adatta per alimentare sensori ambientali che monitorano parametri come temperatura, umidità, qualità dell'aria e livelli di inquinamento. I sensori alimentati da celle ossidroelettriche

possono essere collocati in luoghi remoti o difficili da raggiungere, dove la sostituzione delle batterie sarebbe impraticabile.

6. Smart Cities: Le celle ossidroelettriche possono contribuire allo sviluppo di infrastrutture intelligenti nelle smart cities, alimentando sensori per il monitoraggio del traffico, dell'illuminazione pubblica e della gestione dei rifiuti. Questa tecnologia può aiutare a creare città più sostenibili ed efficienti dal punto di vista energetico.

7. Settore Agricolo: In agricoltura, le celle ossidroelettriche possono alimentare sensori per il monitoraggio delle condizioni del suolo, dell'umidità e delle colture. Questi sensori possono migliorare l'efficienza delle pratiche agricole, riducendo l'uso di risorse e aumentando la produttività.

8. Energia Rinnovabile: Le celle ossidroelettriche possono essere integrate in sistemi di energia rinnovabile, come i pannelli solari, per migliorare l'efficienza complessiva del sistema. Possono fornire energia supplementare durante le ore notturne o in condizioni di scarsa illuminazione, aumentando l'affidabilità delle fonti rinnovabili.

La tecnologia delle celle ossidroelettriche offre un potenziale significativo per trasformare vari settori grazie alla sua capacità di generare energia in modo sostenibile e autonomo. Le applicazioni descritte dimostrano come questa tecnologia possa contribuire a creare soluzioni energetiche innovative, riducendo la dipendenza dalle batterie tradizionali e migliorando l'efficienza operativa di numerosi dispositivi e sistemi.

4.2 Alcuni Use Case Specifici nella Microelettronica

Stiamo sviluppando una serie di **dimostratori** progettati per mostrare diverse applicazioni della tecnologia Oxhycell in una varietà di settori e contesti in cui i moduli Oxhycell possono essere utilizzati come sistemi di alimentazione. Di seguito sono descritti i principali use cases attualmente coperti dal dimostratore:

- Lampade Indoor
- Ambient Light Sensors
- Sensori e dispositivi di allarme
- Cronotermostati
- Telecomandi
- Giocattoli.

4.2.1 Lampade Indoor

Il dimostratore di Oxhycell include un modulo per lampade indoor progettato per illustrare diverse applicazioni della tecnologia Oxhycell nel settore dell'illuminazione interna. Le lampade indoor alimentate da Oxhycell potrebbero offrire un'alternativa sostenibile alle tradizionali lampade alimentate da rete elettrica o batterie - o quantomeno aumentare l'efficienza di queste ultime. Di seguito sono descritte diverse applicazioni di lampade indoor che il dimostratore di Oxhycell può supportare, organizzate in base alla potenza e alle caratteristiche specifiche:

1. Lampade da Comodino e da Notte
2. Lampade da Lettura a Batteria
3. Lampade Decorative a LED
4. Lampade da Tavolo e da Scrivania

4.2.2 Ambient Light Sensors

Il dimostratore di Oxhycell include un modulo di alimentazione per sensori di luce ambientale progettato per dimostrare l'applicazione della tecnologia Oxhycell nei sensori di luminosità. I sensori di luce ambientale alimentati da Oxhycell offrono un'alternativa sostenibile ai tradizionali sensori alimentati da batteria o cablati. Di seguito sono descritte diverse applicazioni di sensori di luce ambientale che il dimostratore di Oxhycell può supportare, organizzate in base alla potenza e alle caratteristiche specifiche:

1. Sensori di Luce Ambientale per il Controllo della Luminosità dei Display
2. Sensori di Luminosità per Illuminazione Automatizzata
3. Sensori di Luminosità per Sistemi di Controllo del Clima Interno
4. Sensori di Luminosità per Sistemi di Sicurezza e Sorveglianza

4.2.3 Sensori e Dispositivi di Allarme

Le applicazioni nel contesto dei dispositivi di allarme possono essere di varia complessità. Un sistema di allarme a bassa potenza tipico è composto dalle seguenti componenti:

1. **Sensori di Rilevamento:** Questi sensori monitorano vari parametri ambientali, come movimento, temperatura, umidità, fumo, gas, e rilevano eventuali anomalie nell'ambiente.

2. **Unità di Controllo:** L'unità di controllo è il cervello del sistema. Riceve i segnali dai sensori e, se necessario, attiva gli allarmi. Questa unità può anche essere connessa a una rete di comunicazione per inviare notifiche agli utenti in caso di emergenza.
3. **Alimentazione:** I sistemi di allarme a bassa potenza richiedono un'alimentazione continua per funzionare correttamente. Questa può essere fornita da batterie interne o da alimentatori esterni.
4. **Comunicazione:** Alcuni sistemi di allarme includono anche un modulo di comunicazione che consente loro di inviare notifiche agli utenti tramite Wi-Fi, GSM, o altri mezzi di comunicazione.
5. **Dispositivi di Allarme:** Questi dispositivi includono campanelli, luci lampeggianti o segnalatori acustici che vengono attivati in caso di emergenza.

Oxhycell può contribuire a rendere i sistemi di allarme a bassa potenza più efficienti in diversi modi:

1. **Riduzione del Consumo Energetico:** Integrando Oxhycell nei sensori e nell'unità di controllo, è possibile ridurre significativamente il consumo energetico del sistema. Le batterie possono durare più a lungo e l'intero sistema richiede meno manutenzione.
2. **Alimentazione Autonoma:** Grazie alla sua capacità di generare energia dalle fonti ambientali, Oxhycell può fornire un'energia autonoma ai sensori di allarme, eliminando la necessità di batterie o cavi di alimentazione.
3. **Riduzione dei Costi di Manutenzione:** I sistemi di allarme alimentati da Oxhycell richiedono meno manutenzione e sostituzione delle batterie, riducendo i costi operativi nel tempo.
4. **Miglioramento della Durata della Batteria:** Integrando Oxhycell nei sensori e nell'unità di controllo, è possibile estendere la durata delle batterie, garantendo un funzionamento continuo e affidabile del sistema.

In questo contesto ci concentreremo intanto sull'alimentazione dei sensori, anche se il modulo di alimentazione Oxhycell, a tendere, potrà contribuire all'alimentazione di tutte le altre componenti del sistema.

I sensori di allarme a bassa potenza sono dispositivi progettati per monitorare vari parametri ambientali e fornire avvisi in caso di anomalie. Utilizzano tecnologie avanzate per garantire un funzionamento efficiente e affidabile con consumi energetici minimi. Di seguito sono descritte le tipologie principali di sensori di allarme a bassa potenza, inclusa la loro tecnologia di base e le modalità di funzionamento:

1. Sensori di Movimento a Infrarossi Passivi (PIR)
2. Sensori di Rilevamento del Gas
3. Sensori di Rilevamento di Fumo e Incendi

4. Sensori di Rilevamento di Umidità e Temperatura
5. Sensori di Apertura/Chiusura

Il dimostratore di Oxhycell è progettato per includere anche un modulo per sensori e dispositivi di allarme low-power, progettati per monitorare vari parametri ambientali e fornire avvisi in caso di anomalie.

I sensori e dispositivi di allarme alimentati da Oxhycell potrebbero offrire i seguenti vantaggi:

- **Affidabilità:** Garantire un monitoraggio continuo e affidabile dei parametri ambientali, riducendo il rischio di guasti e malfunzionamenti.
- **Risparmio Energetico:** Eliminare la necessità di sostituire frequentemente le batterie, riducendo i costi operativi e l'impatto ambientale.
- **Facilità di Installazione:** A tendere, essere installati facilmente in qualsiasi ambiente senza la necessità di cablaggio o alimentazione esterna.

I sensori e dispositivi di allarme alimentati da Oxhycell sarebbero ideali per una vasta gamma di applicazioni, tra cui sicurezza domestica e industriale, monitoraggio ambientale, controllo degli impianti e automazione industriale. La tecnologia Oxhycell potrebbe offrire una soluzione efficiente, affidabile e sostenibile per il monitoraggio e l'allarme in tempo reale, contribuendo a migliorare la sicurezza e la produttività negli ambienti domestici e commerciali.

4.2.4 Cronotermostati

I cronotermostati sono dispositivi utilizzati per controllare e regolare automaticamente la temperatura all'interno di un ambiente in base a un programma preimpostato. Possono essere utilizzati in una varietà di applicazioni, dalle abitazioni residenziali agli ambienti commerciali. Le applicazioni nel contesto dei cronotermostati sono tipicamente più semplici dei sistemi di allarme ma comunque mostrano una certa variabilità. Un cronotermostato tipico è composto dalle seguenti componenti:

1. **Sensore di Temperatura:** Rileva la temperatura ambiente dell'area da controllare.
2. **Unità di Controllo:** Processa le informazioni provenienti dal sensore di temperatura e regola il riscaldamento o il raffreddamento dell'ambiente in base alle impostazioni predefinite.
3. **Interfaccia Utente:** Consente agli utenti di impostare la temperatura desiderata e il programma di funzionamento del cronotermostato.
4. **Alimentazione:** Il cronotermostato può essere alimentato tramite batterie o tramite una connessione elettrica.

Le componenti che assorbono maggiormente potenza in un cronotermostato sono solitamente l'unità di controllo e l'interfaccia utente, specialmente se dotata di display retroilluminato.

Integrando Oxhycell nel sistema di alimentazione del cronotermostato, è possibile migliorare l'efficienza energetica e garantire un funzionamento continuo del dispositivo.

- **Sistema di Alimentazione a Batteria:** Nel caso di un cronotermostato alimentato a batteria, Oxhycell può fornire un'energia autonoma, riducendo così la frequenza di sostituzione delle batterie e migliorando l'affidabilità del sistema.
- **Sistema di Alimentazione Elettrica:** Nel caso di un cronotermostato alimentato tramite una connessione elettrica, Oxhycell può essere utilizzato come sistema di alimentazione di backup, garantendo un funzionamento continuo anche in caso di interruzione dell'alimentazione principale.

In entrambi i casi, l'integrazione di Oxhycell consente di estendere la durata operativa del cronotermostato con un focus sui sistemi Low Power, riducendo i costi di manutenzione e migliorando l'efficienza complessiva del sistema.

4.2.5 Telecomandi

I telecomandi sono dispositivi ampiamente utilizzati nelle case e negli uffici per controllare una vasta gamma di apparecchiature elettroniche, come televisori, decoder, lettori DVD e sistemi audio. Le applicazioni di Oxhycell nei telecomandi possono portare a una significativa riduzione del consumo energetico, migliorando l'efficienza dei dispositivi e riducendo la frequenza di sostituzione delle batterie.

- Telecomandi per TV e Home Entertainment (potenza media)
- Telecomandi per Climatizzatori e Ventilatori (potenza media)
- Telecomandi Universali

L'integrazione di Oxhycell nei telecomandi permette di ridurre il consumo energetico e prolungare la durata delle batterie. Inoltre, l'energia raccolta ambientalmente consente di ridurre la frequenza di sostituzione delle batterie e di ridurre l'impatto ambientale associato alla produzione e allo smaltimento delle batterie.

4.2.6 Giocattoli

I giocattoli rappresentano un'importante categoria di dispositivi che potrebbero beneficiare dell'implementazione della tecnologia Oxhycell, in quanto molti di essi utilizzano batterie e

possono avere un impatto significativo sull'ambiente a causa della frequente sostituzione delle batterie esauste.

- **Giocattoli Educativi e Interattivi (potenza media: 0,1 - 0,5 W):** Questa categoria include giocattoli come libri interattivi, robotica educativa e giocattoli programmabili. Molti di questi dispositivi richiedono l'uso di batterie per funzionare e sono progettati per operare con una potenza relativamente bassa.
- **Giocattoli Motorizzati (potenza media: 0,1 - 2 W):** Questa categoria comprende veicoli giocattolo, treni elettrici, droni e altri giocattoli che richiedono motori per il movimento. Anche se alcuni di questi giocattoli possono richiedere una potenza leggermente più elevata, ci sono molte opzioni progettate per funzionare con una bassa potenza.
- **Bambole e Giochi Interattivi (potenza media: 0,1 - 0,5 W):** Questa categoria include bambole interattive, peluche che emettono suoni, giochi elettronici (non videogiochi) e altri giocattoli che offrono un'esperienza interattiva. Anche se molti di questi giocattoli sono alimentati da batterie a bassa potenza, l'implementazione di Oxhycell potrebbe aiutare a ridurre ulteriormente il consumo energetico.

Integrando Oxhycell nei giocattoli, è possibile ridurre la dipendenza dalle batterie usa e getta e migliorare la sostenibilità ambientale e la sicurezza dei giocattoli. Rimandiamo al nostro GTM e alla Competitive Analysis per una descrizione più approfondita della nostra strategia e del nostro target iniziale

4.2.7 Alcune Applicazioni Avanzate

La tecnologia Oxhycell apre prospettive promettenti anche in settori di avanguardia come l'Intelligenza Artificiale (AI), la cybersecurity e i data center. Nel campo dell'AI, l'Oxhycell può alimentare dispositivi **edge computing**, dove la capacità di generare energia autonoma è essenziale per garantire la continuità operativa in assenza di infrastrutture tradizionali. Inoltre, la tecnologia potrebbe essere integrata in **sensori avanzati** utilizzati per la raccolta e l'elaborazione di dati in tempo reale, supportando sistemi AI con requisiti di alimentazione affidabili e distribuiti.

Per quanto riguarda la cybersecurity, l'Oxhycell potrebbe trovare applicazioni nell'**alimentazione autonoma di dispositivi di sicurezza**, come sistemi di crittografia hardware e chiavi fisiche utilizzate per proteggere reti e dispositivi. L'energia continua e autonoma offerta dall'Oxhycell può migliorare l'affidabilità di questi sistemi, contribuendo alla sicurezza informatica globale.

Infine, i **data center**, responsabili di un elevato consumo energetico, potrebbero beneficiare dell'Oxhycell per alimentare sensori distribuiti per il monitoraggio dell'efficienza energetica, del controllo della temperatura e della gestione delle infrastrutture. L'adozione

di una tecnologia sostenibile come l'Oxhycell in questi contesti rappresenta un passo verso la riduzione dell'impronta ecologica dei data center, contribuendo a una gestione energetica più sostenibile.

4.3 Benefici Attesi nelle Applicazioni Target

Le applicazioni della tecnologia Oxhycell vanno ben oltre i mercati tradizionali dell'Energy Harvesting, toccando **settori strategici** e aprendo nuovi orizzonti per l'innovazione tecnologica. Che si tratti di dispositivi consumer, soluzioni industriali o tecnologie emergenti come AI e cybersecurity, Oxhycell promette di trasformare profondamente il panorama energetico con un approccio sostenibile. L'adozione della tecnologia Oxhycell nelle applicazioni target descritte sopra offre numerosi benefici. Grazie alle sue caratteristiche uniche, questa tecnologia può risolvere molte delle sfide attuali e migliorare l'efficienza operativa in diversi settori. Di seguito sono riportati i principali benefici attesi:

1. Riduzione della Dipendenza dalle Batterie Tradizionali: La capacità delle celle ossidroelettriche di generare energia elettrica dall'acqua pura esposta alla radiazione infrarossa potrebbe eliminare o comunque ridurre la necessità di batterie tradizionali. Questo comporta una diminuzione dei costi di manutenzione e sostituzione delle batterie, oltre a ridurre l'impatto ambientale derivante dallo smaltimento delle batterie esauste.

2. Operatività Continua e Affidabile: Le celle ossidroelettriche possono garantire una fornitura continua di energia, indipendentemente dalle condizioni ambientali. Questo è particolarmente vantaggioso per i sensori e i dispositivi che devono operare ininterrottamente, come i sistemi di sicurezza, i sensori ambientali e i dispositivi medici indossabili.

3. Sostenibilità e Rispetto dell'Ambiente: L'uso di materiali ubiqui e non inquinanti come l'acqua e la capacità di generare energia senza processi chimici complessi rendono le celle ossidroelettriche una soluzione energetica sostenibile. Questa tecnologia riduce la necessità di materiali tossici e non rinnovabili, contribuendo a un minore impatto ambientale complessivo.

4. Facilità di Integrazione: Le celle ossidroelettriche possono essere facilmente integrate in una vasta gamma di dispositivi e sistemi esistenti. La loro versatilità permette di utilizzarle in molteplici applicazioni senza necessità di modifiche sostanziali ai design attuali.

5. Aumento dell'Efficienza Energetica: Le celle ossidroelettriche possono aiutare a migliorare l'efficienza energetica dei dispositivi, convertendo l'energia disponibile in modo

più efficace. Questo è particolarmente utile in settori come l'Internet delle Cose (IoT) e le smart cities, dove l'efficienza energetica è cruciale per il funzionamento ottimale.

6. Applicazioni in Ambienti Remoti e Difficili da Raggiungere: La tecnologia delle celle ossidroelettriche è ideale per alimentare dispositivi situati in ambienti remoti o difficili da raggiungere, dove la sostituzione delle batterie è impraticabile o costosa. Questo include applicazioni agricole, sensori ambientali e applicazioni industriali.

7. Diminuzione dei costi operativi e di manutenzione: Con l'eliminazione o la riduzione della dipendenza dalle batterie tradizionali, i dispositivi alimentati da celle ossidroelettriche possono avere una durata operativa significativamente più lunga. Questo riduce i costi associati alla manutenzione e alla sostituzione dei dispositivi stessi.

8. Innovazione Tecnologica e Competitività: L'adozione di una tecnologia innovativa come le celle ossidroelettriche può dare alle aziende un vantaggio competitivo sul mercato. Le soluzioni energetiche avanzate e sostenibili sono sempre più richieste dai consumatori e dalle industrie, favorendo la crescita e il successo delle aziende che le implementano.

5. Strategia e Roadmap di Sviluppo

Abbiamo messo a punto una **roadmap** di sviluppo e una serie di piani particolari mirati al raggiungimento dei nostri obiettivi con un approccio iterativo. Ad ogni stadio di avanzamento vengono selezionati i risultati migliori e implementate azioni mirate al miglioramento di quanto trovato, fino alla massimizzazione degli indicatori di performance identificati. Le aree coinvolte dalla nostra roadmap includono **R&D, Prodotto e Mercato**. Con le nostre risorse e anche con il supporto di programmi governativi, intendiamo raggiungere una serie di risultati specifici.

5.1 Obiettivi di Sviluppo Tecnologico

La **roadmap tecnologica** di Oxhy è una guida strategica verso il raggiungimento degli obiettivi chiave nel percorso di sviluppo e industrializzazione della tecnologia Oxhycell. Essa è strutturata su due orizzonti temporali: obiettivi a breve termine, mirati a consolidare le fondamenta della tecnologia e del prodotto, e obiettivi a lungo termine, orientati alla scalabilità e all'espansione sul mercato globale. La roadmap include inoltre milestones specifiche per monitorare i progressi e garantire un avanzamento costante.

5.1.1 Obiettivi a breve termine

Nei prossimi 12-18 mesi, l'attenzione sarà concentrata su due priorità principali: il completamento del Minimum Viable Product (MVP) e lo sviluppo di dimostratori modulari per diversi use cases.

- **Completamento del MVP:**

L'obiettivo primario è finalizzare un MVP pienamente funzionante che rappresenti un prototipo della Oxhycell con caratteristiche ottimizzate di miniaturizzazione, efficienza e stabilità. Questo prototipo fungerà da piattaforma di base per test di mercato, raccolta di feedback strategici e validazione tecnologica con partner e clienti.

- **Dimostratori modulari:**

Per evidenziare la versatilità della tecnologia Oxhycell, verranno realizzati dimostratori modulari. Tra questi, il "Modular Set Oxhy" mostrerà applicazioni come il PowerCore per alimentare sensori di luce ambientale (ALS), dispositivi IoT e sistemi LED. Il Dimostratore ORC+Oxhycell invece mostrerà, con un'applicabilità più veloce, l'utilizzo della tecnologia per il recupero di energia da cicli termodinamici a bassa temperatura in ambiti industriali. Questi dimostratori saranno cruciali per attrarre

partnership strategiche e investimenti, dimostrando l'adattabilità della tecnologia a diversi settori e use cases.

5.1.2 Obiettivi Generali

La roadmap prevede un percorso di sviluppo che porterà la tecnologia, entro 24 mesi, da un livello di maturità attuale (TRL 4-5) a livelli superiori (TRL 6 e oltre), con un'attenzione speciale sull'incremento della Business Readiness Level, consentendo una transizione fluida dalla prototipazione avanzata alla commercializzazione.

- **Raggiungimento del TRL 6:**

La validazione tecnologica in ambienti operativi reali sarà fondamentale per raggiungere il TRL 6. Questo includerà test rigorosi per confermare l'affidabilità e la durata della tecnologia, nonché ottimizzazioni su materiali, processi produttivi e integrazioni tecnologiche.

- **Scalabilità produttiva:**

Oxhy mira a sviluppare processi di produzione scalabili e automatizzate per soddisfare la domanda del mercato. La standardizzazione dei componenti e l'automazione dei processi produttivi saranno centrali per ridurre i costi e garantire la sostenibilità economica a lungo termine.

5.1.3 Milestones Tecnologiche Principali

Le milestones rappresentano punti di riferimento chiave per misurare il progresso lungo la roadmap tecnologica e commerciale:

1. **Q2 2025 - Completamento MVP:**

Sviluppo di un prototipo funzionante della Oxhycell con miniaturizzazione della cella a qualche millimetro cubico.

2. **Q3 2025 - Sviluppo dimostratori modulari:**

Creazione del "Modular Set Oxhy", comprendente un PowerCore per applicazioni come sensori ALS e sistemi IoT; Creazione di prototipo ORC+Oxhycell per applicazioni industriali.

3. **Q4 2025 - Test e validazione:**

Conduzione di test operativi per verificare efficienza, stabilità e durata delle Oxhycell in condizioni reali.

4. **Q1 2026 - Primo pilot industriale:**

Avvio di un progetto pilota in collaborazione con un partner strategico nel settore dell'Energy Harvesting.

5. **Q3 2026 - Scalabilità:**

Progettazione di una linea di produzione pre-industriale per supportare la commercializzazione iniziale.

6. Q4 2026 - Raggiungimento TRL 6:

Validazione completa della tecnologia per garantire prontezza operativa e adozione commerciale con sistemi a celle miniaturizzate.

5.2 Strategia di Go-to-Market

Come ribadito più volte, la cella ossidroelettrica - Oxhycell - è una tecnologia innovativa progettata per convertire la radiazione infrarossa ambientale in energia elettrica, offrendo una soluzione continua e affidabile per le applicazioni di Energy Harvesting (EH). Questa tecnologia rivoluzionaria promette di superare le limitazioni delle attuali tecnologie di EH, come quelle solari ed elettromeccaniche, garantendo energia 24/7 e operando in un ampio range di temperature. Abbiamo messo a punto una strategia di Go-to-Market completa e dettagliata che ci permetterà, una volta implementata, di iniziare a posizionare Oxhy come leader in quest'industria. Questo risultato sarà reso possibile anche grazie alle risorse eventualmente ottenute da nuovi investitori.

5.2.1 Obiettivi e Strategia

Oxhy mira a diventare leader nel mercato dell'EH, concentrandosi sulla miniaturizzazione e sull'efficienza delle celle per applicazioni nella microelettronica e nell'industria. La strategia prevede lo sviluppo di nuove applicazioni attraverso l'integrazione della tecnologia Oxhycell e ORC - Organic Rankine Cycle - in processi e prodotti target dei partner selezionati, inizialmente attraverso Pilots. Questo approccio accelererà il time-to-market.

5.2.2 Punti Chiave della Strategia

Il focus di Oxhy è sulla miniaturizzazione e sull'aumento dell'efficienza delle celle ossidroelettriche ed è mirato ad applicazioni nella Microelettronica. Tuttavia, esse richiedono un tempo di sviluppo piuttosto lungo. Per questo, al fine di accelerare il nostro GTM, intendiamo sviluppare applicazioni che integrano Oxhycell con cicli termodinamici a bassa temperatura, come quelli di tipo Organic Rankine Cycles (ORC). La nostra strategia prevede l'acquisizione - in corso - e lo sviluppo di nuovi brevetti in quest'ambito così da garantire la partenza da un TRL di base più alto e un time to market più rapido - che è stato stimato in un anno.

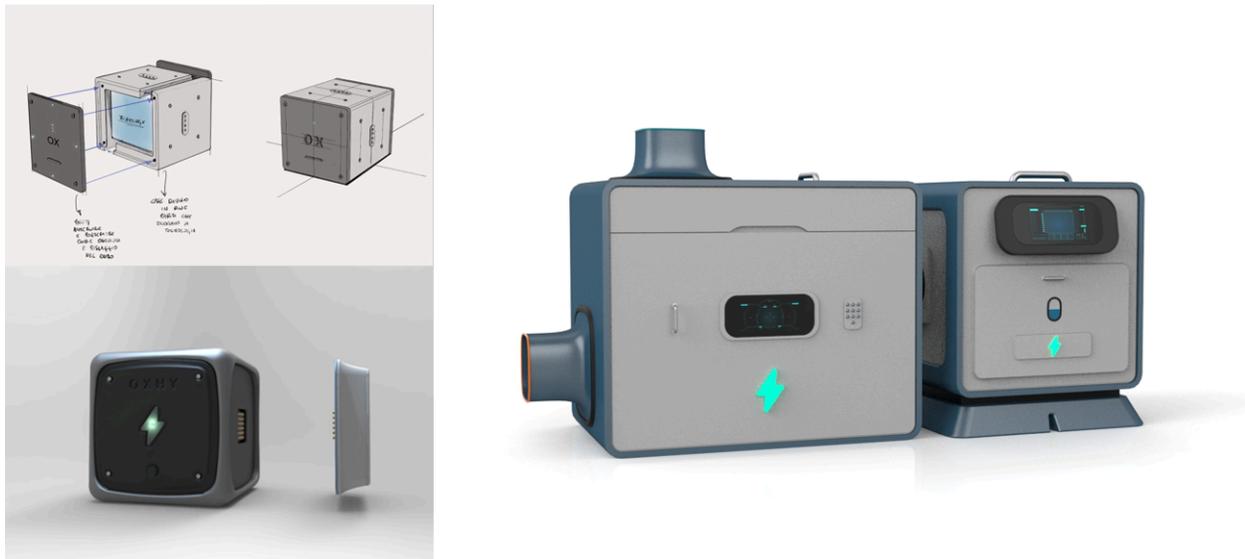


Fig 8. I primi due prototipi in corso di sviluppo: a) il Modular Set con Powercore e moduli; b) il sistema ORC+Oxhycell di recupero energetico in ambito industriale. A questo link è possibile vedere un video di presentazione di quest'ultimo progetto, fondamentale per il nostro Go-to Market (<https://youtu.be/1Kaai-c6vZU>). A questo link è possibile vedere una demo della prima versione del Powercore che ricarica un Condensatore, alimenta un microcontrollore con comunicazione bluetooth e un sensore di luminosità ambientale ALS (<https://www.oxhy.it/funzionamento-dispositivo-elettronico-ambient-light-sensor/>)

5.2.3 Mercato

Il mercato dell'Energy Harvesting (EH) sta sperimentando una rapida crescita grazie all'aumento della domanda di soluzioni energetiche sostenibili e alla diffusione di dispositivi IoT e Wearables. Secondo alcuni analisti, il settore dell'EH è destinato a crescere con un tasso di crescita annuale composto (CAGR) del 10-15% nei prossimi cinque anni. Le proiezioni indicano che il mercato raggiungerà gli 800 milioni di dollari nel 2026. Le industrie in cui la soluzione può essere applicata includono: Microelettronica ed Elettronica di Consumo, IoT, Sistemi di Alimentazione Elettrica e Batterie, Industria Siderurgica, Industria del Vetro, Industria del Cemento, Industria Chimica/Petrolchimica, Industria Alimentare, Industria della Carta, Industria Tessile, Automotive, Trattamento dei Rifiuti e Impianti di Depurazione, Impianti per Produzione dell'Energia (es. Fotovoltaico). Il mercato è essenzialmente globale. L'unione dei segmenti attuali del mercato dell'EH con i segmenti industriali identificati costituisce un mercato multimiliardario enorme (TAM \$315Bn) in cui Oxhy mira a sviluppare il suo business.

5.2.4 Tecnologie dei Competitors

Le tecnologie di Energy Harvesting utilizzate nel mercato includono le già menzionate Tecnologie Solari, le Tecnologie Elettromeccaniche, le Tecnologie RF e altre cose (es. termoelettrico, cicli termodinamici come ORC). I competitor principali del mercato dell'EH nel segmento dei generatori di elettricità a bassa potenza includono: Powercast, Sunpower, Enocean, Orbray, Enervibe e Perpetua. I competitor principali del mercato dell'EH industriale includono: ElectraTherm, Turboden, Ormat Technologies e Rank. Le soluzioni dei competitor, anche se già affermate, sfruttano fonti di energia a bassa densità di potenza che, tuttavia, non sono disponibili sempre e ovunque.

5.2.5 Posizionamento e Differenziazione

La cella ossidroelettrica di Oxhy, integrata con la tecnologia ORC offre un approccio unico al recupero di energia in ambito industriale, garantendo energia continua e affidabile indipendentemente dalle condizioni ambientali. La nostra tecnologia avanzata riduce l'impatto ambientale, migliorando l'efficienza e la sostenibilità. Sfruttando l'elevata densità di potenza della radiazione infrarossa puntiamo a livelli di efficienza che aumenteranno dal 15% al 30% con applicazioni versatili in diversi settori industriali.

5.2.6 Obiettivi di Vendita

Intendiamo sviluppare il mercato costruendo partnership con clienti interessati a sperimentare la nostra tecnologia nei segmenti individuati dapprima con progetti pilota e poi con delivery su più larga scala. Dato il nostro TRL, la soluzione deve essere ancora sviluppata completamente e validata sul mercato. Tuttavia, abbiamo ipotizzato un possibile sviluppo commerciale già dalle prime fasi. Il nostro obiettivo di vendita per il primo periodo 2025-2026 è quello dichiarato nel nostro Business Plan.

5.2.7 Piano di Implementazione

Il piano prevede una fase iniziale di Ricerca e Sviluppo, seguito da produzione in modalità OEM e lancio sul mercato, vendite e distribuzione. La strategia di marketing include media outreach, social media, partecipazione a fiere e conferenze, e pubblicità mirata. Le vendite si concentreranno inizialmente sul canale B2B, con un focus su partnership strategiche per poi espandere la distribuzione. Il nostro piano prevede misure opportune per la mitigazione dei rischi. Le risorse necessarie per la realizzazione del piano - già in fase di acquisizione- includono: un Team di Ricerca e Sviluppo, un Team di Progettazione e Prototipazione, un Team di Produzione, un Team di Marketing e Vendite così come Laboratori e Macchinari.

L'integrazione di Oxhycell con la tecnologia ORC rappresenta una scelta strategica chiave per accelerare il nostro ingresso nel mercato dell'Energy Harvesting. Questa mossa ci permette di offrire una soluzione altamente efficiente, sostenibile e scalabile, pronta per essere adottata in vari settori industriali, aiutandoci ad anticipare il posizionamento nel mercato.

5.3 Espansione Commerciale

L'espansione commerciale di Oxhy è strettamente legata alla visione strategica dell'azienda, che punta a portare la tecnologia Oxhycell sui mercati globali, consolidando il suo ruolo di innovatore nel settore dell'Energy Harvesting. Per raggiungere questo obiettivo, Oxhy ha definito un piano di azione che si articola su due fronti principali: strategie per penetrare i mercati internazionali e un piano strutturato per costruire partnership strategiche e avviare progetti pilota.

5.3.1 Strategie per entrare nei mercati globali

Oxhy mira a posizionarsi come un leader globale nell'ambito dell'Energy Harvesting, indirizzando settori chiave come la Microelettronica, IoT, illuminazione, domotica e recupero di energia da processi industriali. La strategia di ingresso nei mercati internazionali si basa su:

1. **Focus su mercati ad alto potenziale:** Priorità a regioni con forte domanda per soluzioni di Energy Harvesting, come Europa, Nord America e Asia, dove le applicazioni IoT e industriali sono in rapida crescita. Il punto di partenza sarà l'Italia.
2. **Fiere ed eventi internazionali:** Partecipazione a fiere di settore e conferenze globali per presentare la tecnologia Oxhycell a una platea di decision-maker, potenziali clienti e partner strategici.
3. **Adattamento ai mercati locali:** Personalizzazione delle applicazioni Oxhycell per rispondere a esigenze specifiche di diversi mercati, migliorando la penetrazione e favorendo l'adozione.
4. **Modello di business e licensing OEM:** Promozione di un modello di licenza tecnologica con produttori OEM, consentendo l'integrazione della Oxhycell nei loro prodotti esistenti, riducendo i tempi di go-to-market e aumentando la scalabilità.
5. **Espansione della rete commerciale:** Costruzione di una rete di distribuzione globale attraverso partnership con fornitori, distributori e aziende leader nei settori target.

5.3.2 Piani per la costruzione delle partnership e progetti pilota

Un elemento chiave per il successo dell'espansione commerciale è rappresentato dallo sviluppo di partnership strategiche e dall'avvio di progetti pilota, che dimostrino la validità e le potenzialità della tecnologia Oxhycell.

1. **Consolidamento delle partnership strategiche:**

- Identificazione di aziende leader nei settori target, come produttori di sensori, dispositivi IoT e sistemi di illuminazione.
- Sviluppo di collaborazioni con aziende che possano fungere da early adopters della tecnologia, accelerandone la diffusione sul mercato.
- Formalizzazione di lettere d'intenti e accordi di collaborazione e/o sperimentazione con partner industriali, sia in Italia che a livello internazionale.

2. **Avvio di progetti pilota:**

- Implementazione di progetti pilota per testare la tecnologia in condizioni operative reali.
- Focus iniziale su applicazioni industriali e consumer, come sensori ALS per illuminazione, telecomandi e dispositivi IoT, per dimostrare l'efficacia e la scalabilità della tecnologia.
- Collaborazione con partner di ricerca e università per validare i risultati e rafforzare la credibilità tecnologica.

3. **Creazione di una base di riferimento:**

- Realizzazione di case studies basati sui risultati dei progetti pilota, da utilizzare come strumento di comunicazione per attrarre nuovi investitori e clienti.
- Pubblicazione di whitepapers e documentazione tecnica per rafforzare il posizionamento di Oxhy come leader innovativo nel settore.

4. **Supporto continuo ai partner:**

- Fornire assistenza tecnica e consulenza per l'integrazione della tecnologia nei prodotti o processi dei partner.
- Creare strumenti di supporto, come manuali tecnici e dimostratori modulari, per semplificare l'adozione della tecnologia Oxhycell.

Con un approccio strategico orientato all'espansione globale e una solida attenzione al consolidamento delle partnership, Oxhy si prepara a trasformare la sua tecnologia in una soluzione adottabile a livello internazionale. I progetti pilota e le collaborazioni strategiche rappresentano le fondamenta per costruire una rete di applicazioni che guideranno la crescita commerciale e tecnologica dell'azienda.

6. Valore per Partner e Collaboratori

6.1 Opportunità di Collaborazione

La tecnologia Oxhycell rappresenta un'opportunità unica per costruire partnership strategiche e progetti congiunti che abilitino innovazione, sostenibilità ed efficienza energetica nei settori industriali e tecnologici più avanzati. Oxhy si impegna a creare un ecosistema collaborativo in cui produttori OEM, università e centri di ricerca possano beneficiare di sinergie significative e di un vantaggio competitivo unico.

6.1.1 Vantaggi per produttori OEM

I produttori OEM hanno l'opportunità di integrare una tecnologia rivoluzionaria nei loro prodotti, ampliando il valore delle loro soluzioni per i clienti finali. I vantaggi principali includono:

- **Incremento dell'efficienza energetica:** grazie alla capacità di generare energia dal range infrarosso, Oxhycell permette di ridurre la dipendenza da batterie tradizionali e di migliorare l'autonomia dei dispositivi.
- **Innovazione nei prodotti:** la modularità e la flessibilità di Oxhycell consentono di creare nuove linee di prodotti basate su Energy Harvesting, favorendo il posizionamento come leader innovativo nel mercato.
- **Riduzione dei costi operativi:** l'integrazione di tecnologie di Energy Harvesting può abbattere i costi di manutenzione e sostituzione delle batterie, offrendo una soluzione sostenibile ed economicamente vantaggiosa.
- **Accrescimento della competitività:** i partner OEM che adottano Oxhycell possono differenziarsi sul mercato offrendo soluzioni ad alte prestazioni, rispettose dell'ambiente e orientate al futuro.

6.1.2 Vantaggi per Università e Centri di Ricerca

Per istituzioni accademiche e centri di innovazione, collaborare con Oxhy apre la porta a nuove frontiere della ricerca applicata. Le principali opportunità includono:

- **Accesso a una tecnologia pionieristica:** Oxhycell offre un campo di studio unico per indagare le interazioni tra radiazione infrarossa, acqua e semiconduttori naturali.
- **Progetti di ricerca congiunti:** Oxhy è aperta a collaborare su studi innovativi che esplorano nuove applicazioni della tecnologia, generando pubblicazioni di alto impatto ed, eventualmente, sviluppando brevetti congiunti.

- **Sperimentazione di nuovi paradigmi energetici:** i ricercatori possono testare la tecnologia in contesti avanzati, come IoT, domotica, sensori industriali e dispositivi consumer.
- **Sviluppo del capitale umano:** la collaborazione su programmi di ricerca e dottorati industriali offre l'opportunità di formare nuove generazioni di ricercatori e ingegneri specializzati.

6.1.3 Progetti congiunti per nuove applicazioni tecnologiche

Oxhy promuove la co-creazione di valore attraverso progetti congiunti con partner industriali e accademici. Alcuni esempi di iniziative collaborative includono:

- **Test su applicazioni specifiche:** progetti pilota per verificare l'efficacia della tecnologia Oxhycell in diverse applicazioni e segmenti di mercato, dal biomedico all'edge computing.
- **Sviluppo di nuovi dimostratori modulari:** creazione di sistemi avanzati per mostrare la versatilità della tecnologia in ambienti reali.
- **Estensione dei brevetti:** sviluppo di nuovi brevetti che amplino il potenziale della tecnologia in ambiti non ancora esplorati.
- **Iniziative per la sostenibilità:** progetti focalizzati su soluzioni per ridurre l'impatto ambientale delle tecnologie tradizionali di alimentazione.

Oxhy si propone come un catalizzatore per partnership innovative che stimolino lo sviluppo tecnologico e commerciale, con l'obiettivo comune di trasformare il mercato globale dell'energia e di promuovere un futuro più sostenibile.

6.2 Per gli Investitori

Investire in Oxhy rappresenta un'opportunità unica per entrare in un mercato emergente e in rapida crescita come quello dell'**Energy Harvesting**, stimato in forte espansione nei prossimi anni grazie alla crescente domanda di soluzioni energetiche sostenibili e innovative. La tecnologia Oxhycell, con il suo posizionamento unico, offre vantaggi competitivi senza precedenti che la distinguono nettamente dai concorrenti attuali.

6.2.1 Potenziale di crescita del mercato dell'Energy Harvesting

Il mercato dell'Energy Harvesting sta vivendo un momento cruciale, spinto dalla necessità di ridurre la dipendenza dalle batterie tradizionali e sviluppare tecnologie più sostenibili. L'evoluzione di settori come l'IoT, la domotica, la microelettronica e i dispositivi consumer aumenta la domanda di soluzioni autonome e ad alta efficienza energetica. Oxhy è ben

posizionata per capitalizzare su questa tendenza grazie a una tecnologia che risponde perfettamente a queste esigenze.

6.2.2 Posizionamento unico della tecnologia Oxhycell

Oxhycell si distingue per la capacità di convertire l'energia invisibile della radiazione infrarossa in energia elettrica utilizzabile, superando le limitazioni delle attuali tecnologie di Energy Harvesting. Grazie alla sua modularità e adattabilità, Oxhycell può essere integrata in una vasta gamma di applicazioni, dalle soluzioni industriali per ambienti remoti ai dispositivi consumer come sensori e telecomandi. Questo posizionamento unico non solo aiuterebbe a risolvere i problemi energetici attuali, ma creerebbe anche nuove opportunità di mercato, rendendo Oxhy una scelta strategica per investitori lungimiranti.

6.2.3 Proiezioni di revenue e sostenibilità economica a lungo termine

Le proiezioni economiche di Oxhy mostrano una chiara roadmap verso la sostenibilità finanziaria. Attraverso un modello di business basato su licenze OEM e lo sviluppo di prototipi commerciali, Oxhy punta a generare entrate crescenti già dai primi anni di commercializzazione. Le prospettive di lungo termine sono promettenti e includono l'espansione in settori strategici ad alta crescita e l'ulteriore sviluppo della tecnologia per aumentare l'efficienza e la scalabilità produttiva. Questi fattori, uniti a una gestione attenta e a una pipeline commerciale in espansione, offrono una base solida per un ritorno sull'investimento significativo e sostenibile.

7. Impatto Sociale e Ambientale

7.1 La Sostenibilità di Oxhy

Oxhy si pone come protagonista nella transizione verso un futuro energetico più sostenibile, offrendo una tecnologia che supera i limiti delle soluzioni di alimentazione tradizionali, come batterie monouso o sistemi energetici inquinanti. Grazie alla tecnologia Oxhycell, è possibile **ridurre significativamente l'impronta ecologica** delle applicazioni energetiche, eliminando o minimizzando l'uso di materiali ad alto impatto, come i metalli pesanti presenti nelle batterie tradizionali, e contribuendo così alla diminuzione dei rifiuti tecnologici.

La capacità di Oxhycell di convertire la radiazione infrarossa in energia elettrica sfrutta una risorsa abbondante e rinnovabile, **senza emissioni inquinanti** o impatti negativi sull'ambiente, come l'acqua. Questo approccio non invasivo consente di integrare l'Energy Harvesting in una vasta gamma di applicazioni industriali e consumer senza compromettere l'equilibrio ecologico.

Oxhy promuove attivamente **l'adozione di soluzioni basate su energia rinnovabile**, favorendo un modello energetico decentralizzato e autosufficiente, che riduce la dipendenza dalle reti tradizionali e dai combustibili fossili. In questo modo, la tecnologia Oxhycell non solo offre un contributo tangibile agli obiettivi di sviluppo sostenibile globali, come quelli dell'Agenda 2030, ma stimola anche la consapevolezza e la transizione verso pratiche e prodotti più rispettosi dell'ambiente.

L'impatto positivo di Oxhy si estende a livello sociale, creando nuove opportunità economiche e tecnologiche per le comunità locali e globali, offrendo soluzioni energetiche accessibili, scalabili e sostenibili. La tecnologia Oxhycell rappresenta un importante passo avanti nel coniugare innovazione e responsabilità ambientale, ponendo le basi per un futuro dove la sostenibilità non è un'opzione, ma una realtà concreta.

7.2 Supporto agli SDGs (Sustainable Development Goals)

Oxhy si allinea pienamente agli **Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs)** delle Nazioni Unite, contribuendo in modo diretto al raggiungimento di traguardi chiave legati a **energia pulita, innovazione tecnologica e sostenibilità ambientale**. In particolare, la tecnologia

Oxhycell si inserisce come una soluzione pratica e innovativa per affrontare alcune delle sfide globali più urgenti.

- **SDG 7: Energia Pulita e Accessibile**

Oxhycell offre un'alternativa alle soluzioni energetiche tradizionali, fornendo energia elettrica sostenibile e rinnovabile attraverso l'Energy Harvesting di Oxhycell. Questa tecnologia rende possibile alimentare dispositivi in modo autonomo, riducendo la dipendenza da batterie monouso o da fonti energetiche inquinanti, e migliorando l'accesso a soluzioni energetiche in ambienti remoti o difficili da raggiungere.

- **SDG 9: Industria, Innovazione e Infrastrutture**

L'innovazione tecnologica al centro della missione di Oxhy rappresenta un contributo significativo allo sviluppo di infrastrutture industriali più efficienti e sostenibili. La modularità e l'adattabilità della tecnologia Oxhycell la rendono ideale per applicazioni in settori come IoT, domotica, microelettronica e industria, favorendo la crescita di tecnologie smart e integrabili.

- **SDG 12: Consumo e Produzione Responsabili**

La tecnologia Oxhycell contribuisce a un modello di consumo energetico più responsabile, eliminando l'uso di materiali inquinanti e promuovendo soluzioni che riducono gli sprechi. L'efficienza energetica garantita da Oxhycell offre la possibilità di un ciclo di vita del prodotto più lungo e sostenibile.

- **SDG 13: Lotta contro il Cambiamento Climatico**

Sostituendo fonti di energia tradizionali con un sistema basato sull'Energy Harvesting, Oxhycell riduce le emissioni nocive e climalteranti associate alla produzione di energia da fonti fossili e allo smaltimento delle batterie, contribuendo attivamente alla riduzione del rischio dovuto all'impatto delle attività umane sulla salute e sul cambiamento climatico.

Oxhy non si limita a perseguire il progresso tecnologico, ma adotta una visione olistica che promuove **innovazione sostenibile**, inclusione e riduzione dell'impatto ambientale. Con la sua missione, l'azienda si pone come un attore globale responsabile, impegnato a creare un futuro in cui tecnologia e consapevolezza ecologica cooperano per migliorare la qualità della vita e garantire la sostenibilità del pianeta.

8. Team

Nonostante la complessità della sfida, Oxhy è riuscita brillantemente a raggiungere risultati significativi in poco tempo. Questo è stato possibile grazie all'implementazione di un approccio innovativo allo sviluppo della tecnologia messo in atto da un Team interdisciplinare molto ben strutturato e che si sta gradualmente espandendo.



Figura 9. Dove siamo oggi. I nostri uffici e laboratori sono collocati nel complesso della Città della Scienza a Napoli.

Espansione e Rafforzamento del Team

Nel corso degli ultimi mesi, Oxhy ha continuato a investire nel rafforzamento del proprio team, riconoscendo il ruolo centrale delle persone nella realizzazione degli obiettivi aziendali. Oltre al gruppo fondatore, sono state integrate nuove figure chiave per migliorare le competenze tecniche, scientifiche e commerciali, garantendo una copertura maggiore delle aree strategiche necessarie per lo sviluppo del progetto.

Nuove Assunzioni e Collaborazioni Strategiche

Oxhy ha avviato collaborazioni strategiche con **università di eccellenza** e **centri di ricerca** per sostenere le attività di ricerca e sviluppo. In particolare:

- **Collaborazione con l'Università degli Studi di Napoli Federico II** per il co-finanziamento di un dottorato industriale finalizzato allo sviluppo di materiali avanzati per l'Oxhycell.

- Partnership in corso con **centri di innovazione tecnologica** per la realizzazione di prototipi e test di validazione tecnologica.
- Nuovi ingressi nel team R&D, con l'assunzione di figure specializzate in **materiali avanzati, elettrochimica e ingegneria dei sistemi**.

Sul fronte industriale, Oxhy sta consolidando relazioni con **partner OEM** e aziende leader nei settori target, garantendo un continuo scambio di competenze e feedback utili per migliorare l'applicabilità della tecnologia.

Competenze Acquisite e Potenziate

Le nuove assunzioni e collaborazioni hanno consentito di ampliare e consolidare competenze in:

- **Ricerca sui materiali avanzati:** Sviluppo e caratterizzazione di idrogel, elettrodi e sistemi di assemblaggio per migliorare l'efficienza e la stabilità della Oxhycell.
- **Prototipazione e sviluppo tecnologico:** Implementazione di processi di prototipazione pre-industriale e progettazione di dimostratori modulari per i mercati target.
- **Business Development e Marketing:** Rafforzamento della pipeline commerciale e creazione di strategie mirate per la penetrazione dei settori target.
- **Gestione di progetti complessi:** Miglioramento delle capacità organizzative e operative per gestire il rapido avanzamento del progetto e le partnership strategiche.

Ad oggi il team di Oxhy include 12 collaboratori oltre due membri dell'Advisory Board. Riportiamo qui sotto i dettagli.

LEADERSHIP TEAM



Francesco P. Tuccinardi

Chief Executive Officer

Ingegnere aeronautico con un forte background ed esperienza nel trasferimento tecnologico e in amministrazione aziendale. Ha contribuito allo sviluppo delle tecnologie alla base di [Oxhy](#).



Roberto Germano

Chief Technical Officer

Fisico della materia condensata con rilevante esperienza nella ricerca e nel trasferimento tecnologico. Ha scoperto l'Effetto [Ossidroeletrico](#). E' anche un divulgatore su temi tecnico-scientifici.



Graziano Terenzi

Chief Strategy Officer

Pioniere delle tecnologie emergenti e imprenditore di Startup con un background in scienza e ingegneria dei sistemi di Intelligenza Artificiale. Ha co-fondato e diretto Startup di successo nel settore IT.



Otello Natale

Operations Supervisor

Ingegnere aeronautico. Cavaliere della Repubblica e Maestro del Lavoro. E' stato Direttore R&D di Alfa Romeo Avio e AD di EMA, società di Rolls Royce da centinaia di milioni di fatturato.



Prof. Giuseppe Vitiello

Scientific Advisor

Influente fisico teorico. Prof. Emerito di Fisica Teorica presso l'Università di Salerno. E' una delle menti più brillanti a livello mondiale sulle applicazioni macroscopiche di QED.



Guido Grossi

ESG Advisor

Giurista, economista e divulgatore. Già Direttore dei Mercati Finanziari e Tesoriere di BNL, è stato nel [CdA](#) di numerose aziende. E' attivo in diverse iniziative di promozione sociale.

IL TEAM OXHY



Pierluigi Tuccinardi

Investor Relations



Gabriel Malandra

Research Physicist



Alessia Calabrese

Molecular Biologist



Stefano Staccone

PhD, Director of Engineering



Alessandro B. Lazzarini

PhD, Electronic Engineer



Valentina Mello

Industrial Designer



Mattia Raimo

Lab Technician



Antonio Marrapese

Business Development Manager

Prospettive Future

Nei prossimi mesi, Oxhy prevede ulteriori espansioni del team con:

- L'inserimento di altri esperti nelle **varie aree operative**.
- L'avvio di nuovi programmi di collaborazione con centri di ricerca internazionali.

- La formazione continua del personale esistente per potenziare le competenze nei settori chiave.

Oxhy è consapevole che il successo del progetto passa dalla costruzione di un team altamente competente, interdisciplinare e motivato, e continuerà a investire nelle persone come elemento cardine del proprio sviluppo.

9. Prospettive Future

Prossimi Passi nella Roadmap Tecnologica e Commerciale

Oxhy si trova in una fase cruciale del suo percorso di sviluppo, con obiettivi chiari ma ambiziosi che guideranno i prossimi mesi. Sul fronte tecnologico, i principali passi previsti includono:

- **Completamento del TRL 6:** attraverso l'ottimizzazione dei prototipi Oxhycell e i test in ambienti operativi, puntiamo a validare la tecnologia per applicazioni industriali e di microelettronica consumer.
- **Sviluppo di Nuovi Dimostratori:** realizzeremo ulteriori versioni dei dimostratori, inclusi dimostratori modulari per applicazioni in sensori ALS, dispositivi IoT, sistemi di illuminazione e di energy harvesting industriale. Questi dimostratori permetteranno di esplorare casi d'uso specifici e mostrare l'adattabilità della nostra tecnologia.
- **Miglioramenti nella Miniaturizzazione:** la roadmap prevede ulteriori progressi per ridurre ulteriormente le dimensioni della Oxhycell, migliorandone l'efficienza e la versatilità.

Iniziative Imminenti

Per accelerare la visibilità e l'adozione della tecnologia Oxhycell, sono in programma diverse iniziative strategiche:

- **Partecipazione a Fiere Internazionali:** Oxhy sarà presente in eventi chiave del settore, come fiere dedicate a tecnologie innovative, IoT ed Energy Harvesting, per promuovere la tecnologia e costruire nuove connessioni commerciali.
- **Presentazione dei Dimostratori:** stiamo preparando versioni più avanzate dei nostri dimostratori, un sistema modulare in grado di dimostrare applicazioni di Energy Harvesting in ambiti consumer e industriali. Questo sarà uno strumento essenziale per acquisire nuovi clienti e partner.
- **Programmi di Sperimentazione e Test con Partner Strategici:** puntiamo a collaborare con aziende target per testare la tecnologia Oxhycell in scenari reali. L'avvio dei primi programmi pilota è previsto per il 2025.

Piani di Crescita Aziendale

La crescita di Oxhy sarà guidata da una strategia di scalabilità mirata sia tecnologicamente che commercialmente:

- **Penetrazione nei Mercati:** l'obiettivo è posizionare Oxhy come leader globale nel settore dell'Energy Harvesting, concentrandosi inizialmente su segmenti specifici di mercati ad alto potenziale come microelettronica, IoT e energy harvesting industriale.
- **Sviluppo del Team:** continueremo ad attrarre talenti di livello internazionale per rafforzare le competenze interne e accelerare lo sviluppo tecnologico e commerciale.
- **Iniziative di Scalabilità:** Oxhy lavorerà per ampliare la base clienti, stabilire nuove partnership strategiche con produttori OEM e ottenere ulteriori finanziamenti per sostenere la crescita.

Visione a Lungo Termine

Con un piano chiaro e obiettivi concreti, Oxhy mira a consolidare la sua posizione come punto di riferimento globale nell'Energy Harvesting, rivoluzionando il modo in cui l'energia viene generata e utilizzata in numerosi settori. La nostra tecnologia innovativa è la chiave per un futuro sostenibile.

APPENDICE 1 - Superare i Limiti delle Tecnologie di Energy Harvesting Attuali

Le attuali tecnologie di Energy Harvesting sono basate sulle seguenti fonti:

- Energia Solare (fotovoltaico)
- Vibrazioni (piezoelettrico, elettrostatico ed elettromagnetico)
- Termoelettrico
- Radiofrequenze.

Da un punto di vista tecnico, la differenza sostanziale risiede nella densità di potenza e nella disponibilità della Radiazione Infrarossa rispetto alle fonti sfruttate dalle altre tecnologie.

Infatti, le fonti di energia attualmente utilizzate per i dispositivi di Energy Harvesting (EH) sono legate:

- a condizioni atmosferiche (vento) o climatiche (irraggiamento solare nel range del visibile) e sono per questo caratterizzate da una significativa variabilità spaziale e temporale²,
- ad altre fonti di energia, fonti che però sono fortemente dipendenti da specifiche condizioni operative (ad es. presenza di vibrazioni, per ottenere una conversione piezoelettrica o elettrostatica) o è necessario che siano presenti laddove dislocato il dispositivo di EH (ad es. recupero di energia elettromagnetica da onde radio, necessità della presenza di sorgenti circostanti quali telefoni cellulari, Wi-Fi, rete locale wireless, segnale televisivo trasmesso o DTS, segnali radio FM/AM)³.

Come anticipato, la Cella Ossidroelettrica è l'applicazione ingegneristica dell'Effetto Ossidroelettrico⁴ che ha aperto la strada ad una classe totalmente nuova di sistemi di generazione di energia elettrica, in grado di trasformare direttamente e continuamente l'energia di bassa qualità (calore, radiazione IR) in energia di alto livello (elettricità). La descrizione fatta dall'elettrodinamica quantistica (QED) della struttura dell'acqua liquida mostra infatti che l'acqua liquida è un sistema in uno stato di non equilibrio stabile dovuto

² J. Jurasz, F.A. Canales, A. Kies, M. Guezgouz, A. Beluco, A review on the complementarity of renewable energy sources: Concept, metrics, application and future research directions, *Solar Energy*, Volume 195, 2020, Pages 703-724, ISSN 0038-092X, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.11.087>

³ Ibrahim HH, Singh MJ, Al-Bawri SS, Ibrahim SK, Islam MT, Alzamil A, Islam MS. Radio Frequency Energy Harvesting Technologies: A Comprehensive Review on Designing, Methodologies, and Potential Applications. *Sensors (Basel)*. 2022 May 30;22(11):4144. doi: 10.3390/s22114144. PMID: 35684763; PMCID: PMC9185291.

⁴ Brevetto di invenzione è il Nr. ITRM20120223 (A1) "Procedimento ed apparato per l'estrazione di energia elettrica dall'acqua" (domanda iniziale n. RM2012A000223)

alla coesistenza di due fasi caratterizzate da parametri termodinamici diversi⁵⁶. Questo doppio sistema può compiere un lavoro interno per sostenere il suo stato di non-equilibrio a causa della neghentropia derivante dalla conversione spontanea dallo stato non coerente a quello coerente, ma l'energia radiante dell'ambiente (il calore dell'ambiente, IR) fa sì che il sistema ritorni allo stato iniziale e così via, come un vero e proprio "motore microscopico". E questa energia dell'ambiente - ovvero la Radiazione Infrarossa (IR) - è presente sempre ed ovunque, e (peraltro) non è schermabile

Densità di Potenza ed Efficienza

La Tabella qui sotto riassume le diverse fonti di energia con il loro potenziale di raccolta e le loro efficienze di conversione⁷.

Harvesting Method	Power Density	Efficiency
Solar energy—indoors	100 $\mu\text{W}/\text{cm}^3$	
Vibrations (piezoelectric—shoe inserts)	330 $\mu\text{W}/\text{cm}^3$ -105 Hz	25–50%
Vibrations (electrostatic conversion)	184 $\mu\text{W}/\text{cm}^3$ -10 Hz	
Vibrations (electromagnetic conversion)	0.21 mW/cm ³ -12 Hz	
Thermoelectric (5–20 °C gradient)	40 μW -10 mW/cm ³	0.1–3%
Magnetic field energy	130 $\mu\text{W}/\text{cm}^3$ -200 μT , 60 Hz	30–74.4%
Wind energy	65.2 $\mu\text{W}/\text{cm}^3$ -5 m/s	20–40%
RF energy	0.08 nW-1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	30–88%

Come risulta evidente, le fonti di energia da cui gli attuali sistemi EH estraggono energia sono caratterizzate da una bassa densità di potenza, ovvero la quantità di energia disponibile per unità di volume è piuttosto bassa.

Nel caso delle celle ossidroelettriche, considerato che in un ambiente a 25°C, la densità di energia infrarossa è approssimativamente di 454.9 Watt per metro quadrato (W/m²), con facili calcoli si ottiene la densità volumica di energia infrarossa per millimetro cubico (W/mm³) \approx 455 microW/mm³.

⁵ G. Preparata: QED Coherence in Matter (World Scientific, Singapore, 1995)

⁶ R. Arani, I. Bono, E. Del Giudice, G. Preparata: Int. J. Mod. Phys. B, Vol. 9, (1995) p.1813

⁷ De Mil, P., Jooris, B., Tytgat, L. et al. Design and Implementation of a Generic Energy-Harvesting Framework Applied to the Evaluation of a Large-Scale Electronic Shelf-Labeling Wireless Sensor Network. J Wireless Com Network 2010, 343690 (2010). <https://doi.org/10.1155/2010/343690>

Calcolo della Densità di Potenza della Radiazione IR ambientale.

Per calcolare la densità di energia infrarossa in un ambiente a 25°C, possiamo utilizzare la formula di Stefan-Boltzmann, che lega la radiazione emessa da un corpo nero alla sua temperatura assoluta.

La formula di Stefan-Boltzmann è espressa come:

$$\text{Potenza emessa (W/m}^2\text{)} = \sigma * T^4$$

Dove:

Potenza emessa è la potenza emessa per unità di superficie (densità di energia infrarossa), σ è la costante di Stefan-Boltzmann ($\sigma \approx 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4\text{)}$), T è la temperatura assoluta in kelvin.

Considerando una temperatura ambiente di 25°C, la temperatura in kelvin sarà:

$$T = 25^\circ\text{C} + 273.15 = 298.15 \text{ K}$$

Sostituendo nella formula di Stefan-Boltzmann:

- Potenza emessa = $(5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4\text{)}) * (298.15 \text{ K})^4$
- Potenza emessa $\approx 454.9 \text{ W/m}^2$

Quindi, in un ambiente a 25°C, la densità di energia infrarossa sarebbe approssimativamente di 454.9 watt per metro quadrato (W/m^2).

Per calcolare la densità volumica di energia infrarossa per millimetro cubico (W/mm^3) a partire dalla densità di energia infrarossa per metro quadrato (W/m^2), dobbiamo considerare la conversione da metri cubici a millimetri cubici per ottenere una misura di volume coerente.

Da cui deriva che a temperatura ambiente la densità volumica di energia infrarossa per centimetro cubico in un ambiente a 25°C sarebbe approssimativamente di 455 microW/mm^3

L'attuale sistema di Oxhy è ad un livello di sviluppo TRL4 ed estrae 1 microW/cm^3 . Esso ha dunque attualmente un'efficienza ancora molto limitata. Il nostro obiettivo è però la miniaturizzazione e l'aumento dell'efficienza delle celle.

Miniaturizzando il sistema a 1 mm^3 , se, come da teoria e osservazioni finora raccolte, ogni cella continuasse a dare 1 microWatt , avremmo 1000 microWatt (in 1 cm^3). In tal caso, se l'efficienza fosse del 100% avremmo 500 microWatt al mm^3 . Da qui l'obiettivo di arrivare ad una efficienza del 30%, che vorrebbe dire avere circa 170 microW al mm^3 .

Ulteriori ricerche sui componenti utilizzati nella cella potrebbero infine permettere di aumentare la quantità di elettroni estratti a parità di volume, infatti secondo il modello QED dell'acqua liquida, 1 cm^3 di acqua - cioè 1g di acqua - contiene $6,7 * 10^{22}$ molecole e quindi ci sono $3,4 * 10^{21}$ elettroni quasi liberi, che possono essere estratti con una

quantità di energia equivalente a quella della radiazione IR ambientale. Ciò significa che per ogni cm³ di acqua a temperatura ambiente, avremmo circa 10³ Coulomb "disponibili" solo per gli elettroni quasi liberi. Fino ad ora, l'effetto ossidroelettrico ha estratto circa 1 microAmpere, che è equivalente a 1 microCoulomb al secondo, ma c'è ancora un miliardo di volte più energia disponibile che potrebbe teoricamente essere estratta, cioè 9 ordini di grandezza che possono dunque permettere di incrementare anche moltissimo l'efficienza del sistema.

La miniaturizzazione spinta, grazie agli effetti su scala micro e nanometrica potrebbe facilitare l'accesso a questo enorme reservoir di elettroni quasi liberi (un miliardo di volte più grande di quello a cui accediamo ora).

Una fonte pervasiva nello spazio e continua nel tempo e con una densità di potenza già in se maggiore delle altre sorgenti (vedi Tabella 1) e con una efficienza incrementabile di molti ordini di grandezza (come previsto teoricamente) permetterà di soddisfare con performance nettamente superiori non solo gli attuali bisogni dei clienti relativamente alle applicazioni a bassa potenza (ad es. reti di sensori) dove le tecnologie EH - con i loro attuali limiti - riescono ad offrire comunque una soluzione energetica utilizzabile, ma permetterà anche di raccogliere energia sufficiente ad alimentare dispositivi ad una classe di consumo energetico molto più alta rispetto a quelli attualmente intercettabili dai sistemi EH.

Variabilità delle Fonti di Energia

E' ben noto che quando si parla di energia solare o eolica si è soliti sintetizzare la loro natura fluttuante con l'acronimo di VRES (variable renewable energy sources) e molta della attuale ricerca è orientata a investigare, analizzare, quantificare e gestire gli effetti temporali, spaziali e spazio-temporali delle differenti fonti di energia così da ottimizzarne la complementarietà.

Anche alla scala dei dispositivi EH, la problematica della disponibilità delle fonti energetiche è legata alla loro natura fluttuante, con implicazioni anche per le applicazioni oggi maggiormente servite dal settore EH, ovvero le reti di sensori da utilizzare in condizioni operative cosiddette "deploy and forget".

A livello di singolo sistema, per soddisfare i bisogni dei clienti occorrerebbe aumentare la sensibilità del dispositivo EH, cioè la sua capacità di raccogliere energia e operare a una bassa densità di potenza, perché maggiore è la sensibilità migliore è l'efficienza di conversione dovuta alla forza (anche limitata) del segnale incidente e quindi migliori (o almeno sufficienti) sono le prestazioni del sistema⁸. Dall'altro lato, per ovviare al problema dell'insufficienza energetica di un singolo raccoglitore di energia, negli ultimi anni sono stati proposti sistemi ibridi di raccolta dell'energia. L'harvesting ibrido comprende non solo la

⁸ Sherazi HHR, Zorbas D, O'Flynn B. A Comprehensive Survey on RF Energy Harvesting: Applications and Performance Determinants. *Sensors* (Basel). 2022 Apr 13;22(8):2990. doi: 10.3390/s22082990. PMID: 35458973; PMCID: PMC9026445.

raccolta di energia da più fonti, ma anche la conversione dell'energia in elettricità attraverso diversi tipi di meccanismi di trasduzione. Una ragionevole ibridazione di più meccanismi di conversione dell'energia può infatti aumentare significativamente la potenza in uscita, considerando che la potenza di uscita degli attuali dispositivi è nell'ordine dei milliwatt, cioè adatta limitatamente a sensori e elettronica a bassa potenza. Risiede qui la ragione dello sviluppo di componenti elettronici ultra-low power e di sistemi di gestione dell'energia a grana sempre più fine.

Tuttavia, come è evidente, i limiti delle soluzioni esistenti, in termini di generazione di energia, risiedono oltre che nella densità di potenza, anche nell'estrema variabilità delle fonti e la loro disponibilità limitata sia nello spazio che nel tempo. Il punto di partenza resta sempre l'attuale insufficienza energetica di un singolo raccoglitore di energia se l'obiettivo è scalare gli attuali sistemi a livelli tali da alimentare dispositivi ad una classe di consumo energetico più alta.

RIFERIMENTI

Bibliografia

1. Arani, R., Bono I., Del Giudice, E. and Preparata G. (1995). QED Coherence And The Thermodynamics Of Water. *International Journal of Modern Physics B* 09:15, 1813-1841
2. Bakker, H. J., Nienhuys. H. -K. (2002). Delocalization of protons in liquid water. *Science* 297:587–590
3. Ball, P., 2015. H2O: A Biography of Water. Hachette UK.
4. Biava, P.M., Burigana, F., Germano, R., Kurian, P., Verzegnassi, C. and Vitiello, G. (2019). Stem cell differentiation stage factors and their role in triggering symmetry breaking processes during cancer development: a quantum field theory model for reprogramming cancer cells to healthy phenotypes. *Current Medicinal Chemistry*, 26(6), pp.988-1001.
5. Bono, I., Del Giudice, E., Gamberale, L., Henry, M. (2012). Emergence of coherent structure of liquid water. *Water* 4:510–532.
6. Chaplin, M. (2000). A proposal for the structuring of water. *Biophysical Chemistry*, 83(3), 211-221.
7. Chaplin, M. (2006). Do we underestimate the importance of water in cell biology? *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 7(11), 861-866.
8. Del Giudice, E., Preparata, G. (1991). A Collective Approach to the Dynamics of Water. In: Dore, J.C., Teixeira, J. (eds) *Hydrogen-Bonded Liquids*. NATO ASI Series, vol 329. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3274-9_17
9. Del Giudice, E., Preparata, G., Vitiello, G. (1988). Water as a free electric dipole laser. *Phys. Rev. Lett.* 61:1085–1088.
10. Del Giudice, E., Vitiello, G. (2006). Role of the electromagnetic field in the formation of domains in the process of symmetry-breaking phase transition. *Phys. Rev. A* 74:022105.
11. Del Giudice, E., Fuchs, E.C., Vitiello, G. (2010). Collective Molecular Dynamics of a Floating Water Bridge. *Water* 2, 69-82
12. Drost-Hansen, W. (1969). "Structure of Water Near Solid Interfaces". *Ind. Eng. Chem.* 61 (11): 10–47. doi:10.1021/ie50719a005.
13. Drost-Hansen, W. (1973). "Phase transitions in biological systems: Manifestations of cooperative processes in vicinal water". *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 204 (1): 100–112. Bibcode:1973NYASA.204..100D. doi:10.1111/j.1749-6632.1973.tb30773.x. PMID 4513148. S2CID 35243683.
14. Elia, V., Germano, R., Hison, C., Del Giudice, E., Tontodonato, V, Tuccinardi, F.P., Vitiello, G., De Ninno, A., (2013). "Oxhydroelectric Effect in bi-distilled water". *Key Engineering Materials*, 543: 455–459. doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.543.455. S2CID 94391774.
15. Franks F. ed., (1972-1982). *Water, a comprehensive treatise*, Plenum Press, N.Y.
16. Fuchs, E.C. et al. (2007). The floating water bridge. *Journal of Physics D: Applied Physics* 40 (19), 6112
17. Fuchs, E.C. et al. (2012). Investigation of the mid-infrared emission of a floating water bridge. *Journal of Physics D: Applied Physics* 45 (47), 475401

18. Germano, R. (2015). Water's quantum structures and life. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 34(2), pp.133-137.
19. Germano, R., Tontodonato, C., Hison, C., Cirillo, L., Tuccinardi, F.P. (2012). "Oxhydroelectric Effect: Electricity from Water by Twin Electrodes". *Key Engineering Materials*, 495: 100–103.
20. Ho, M.W. (2008). *The Rainbow and the Worm, the Physics of Organisms*, 3rd ed. Singapore: World Scientific.
21. Ho, M.W. (2010). Cooperative and coherent water. *Sci. Soc.* 48:6–9
22. Ho, M.W. (2012a). *Living Rainbow H2O*. Singapore: World Scientific and Imperial College Press.
23. Ho, M.W. (2012b). Superconducting quantum coherent water in nanospace confirmed. *Sci. Soc.* 55:48–51.
24. Ho, M.W., (2014). Illuminating water and life. *Entropy*, 16(9), pp.4874-4891.
25. Iván, K., Huszár, I., Kellermayer, M., Mártonfalvi, Z. (2014). Exclusion-Zone Dynamics Explored with Microfluidics and Optical Tweezers. *Entropy*. 16 (8): 4322–4337. Bibcode:2014Entrp..16.4322H. doi:10.3390/e16084322.
26. Ibrahim H.H., Singh M.J., Al-Bawri S.S., Ibrahim S.K., Islam M.T., Alzamil A., Islam M.S. (2022). Radio Frequency Energy Harvesting Technologies: A Comprehensive Review on Designing, Methodologies, and Potential Applications. *Sensors*. May 30;22(11):4144. doi:10.3390/s22114144. PMID: 35684763; PMCID: PMC9185291.
27. Jerman, I., Ogrizek, L., Periček Krapež, V. and Jan, L. (2023). Physicochemical study of the molecular signal transfer of ultra-high diluted antibodies to interferon-gamma. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(15), p.11961.
28. Jiang, X., Liu, C., Amos Yinnon, C., Kong, X. (2017). "Effects of Interfaces on Dynamics in Micro-Fluidic Devices: Slip-Boundaries' Impact on Rotation Characteristics of Polar Liquid Film Motors". *Commun. Theor. Phys.* 67: 577–589.
29. Jurasz, J., Canales, F.A., Kies, A., Guezgouz, M., Beluco, A. (2020). A review on the complementarity of renewable energy sources: Concept, metrics, application and future research directions, *Solar Energy*, Volume 195, Pages 703-724,ISSN 0038-092X, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.11.087>
30. Li, M., Zong, L., Yang, W., Li, X., You, J., Wu, X., ... & Li, C. (2019). Biological nanofibrous generator for electricity harvest from moist air flow. *Advanced Functional Materials*, 29(32), 1901798.
31. Kotter, D.K., Novack, S.D., Slafer, W.D. and Pinhero, P., (2008), January. Solar nantenna electromagnetic collectors. In *Energy Sustainability* (Vol. 43208, pp. 409-415).
32. Kotter, D. K., Novack, S. D., Slafer, W. D., and Pinhero, P. J. (2010). "Theory and Manufacturing Processes of Solar Nanoantenna Electromagnetic Collectors." *ASME. J. Sol. Energy Eng.* February 2010; 132(1): 011014.
33. Li, L., Hao, M., Yang, X., Sun, F., Bai, Y., Ding, H., ... & Zhang, T. (2020). Sustainable and flexible hydrovoltaic power generator for wearable sensing electronics. *Nano Energy*, 72, 104663.
34. Madl, P., Renati, R. (2023). "Quantum Electrodynamics Coherence and Hormesis: Foundations of Quantum Biology". *International Journal of Molecular Sciences*. 24: 14003.
35. Marais, A.; Adams, B.; Ringsmuth, A.K.; Ferretti, M.; Gruber, J.M.; Hendrikx, R.; Schuld, M.; Smith, S.L.; Sinayskiy, I.; Krüger, T.P.J.; et al. (2018). The future of quantum biology. *J. R. Soc. Interface*, 15, 20180640.
36. Messori, C., Prinzerla, S.V. and di Bardone, F.B. (2019). The super-coherent state of biological water. *Open Access Library Journal*, 6(02), p.1.
37. Montagnier, L., Aissa, J. Del Giudice, E., Lavallee, C., Tedeschi A. and Vitiello, G. (2011). DNA waves and water. *J. Phys.: Conf. Ser.* 306 012007

38. Musumeci, F., Pollack, G.H. (2014). "High electrical permittivity of ultrapure water at the water–platinum interface". *Chemical Physics Letters*. 613: 19–23.
39. Pollack, G. H. (2001). *Cells, Gels and the Engines of Life: A New, Unifying Approach to Cell Function*. Ebner and Sons Publishers.
40. Pollack, G.H. (2013). *The Fourth Phase of Water, Beyond Solid, Liquid, and Vapor*. Ebner & Sons Publishers
41. Pollack, G.H., Zheng, J.M., Khijniak, E., Chin, W.C. (2006). "Surfaces and interfacial water: Evidence that hydrophilic surfaces have long-range impact". *Advances in Colloid and Interface Science*. 127 (1): 19–27. doi:10.1016/j.cis.2006.07.002. PMID 16952332.
42. Preparata, G. (1995). *QED Coherence in Matter*. World Scientific
43. Preparata, G. (1990). Quantum field theory of superradiance. *Problems of Fundamental Modern Physics*, 303.
44. Renati, P.; Kovacs, Z.; De Ninno, A.; Tsenkova, R. (2019). Temperature dependence analysis of the NIR spectra of liquid water confirms the existence of two phases, one of which is in a coherent state. *J. Mol. Liq.*, 292, 111449.
45. Roy R (2004) A contemporary materials science view of the structure of water. Symposium on Living Systems/Materials Research, Boston, MA, Nov. 28, 2004
46. Szent-Györgyi, A, (1941). The study of energy–levels in biochemistry. *Nature*, 148, 157–159.
47. Szent-Györgyi, A, (1957). *Bioenergetics*; New York Academic Press: New York, NY, USA.
48. Tiller, W. (1991). *The Science of Crystallization: Microscopic Interfacial Phenomena*. Cambridge University Press
49. Verzegnassi, C. and Germano, R. (2019). Magnetic Effects on the Polarization Parameters of Free Electrons in Quantum Field Theory. *Water Journal*, 11.
50. Voeikov, V.L. (2006). Biological Significance of Active Oxygen-Dependent Processes in Aqueous Systems. In: Pollack, G.H., Cameron, I.L., Wheatley, D.N. (eds) *Water and the Cell*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-4927-7_14
51. Voeikov, V.L. (2007). Fundamental Role of Water in Bioenergetics. In: *Biophotonics and Coherent Systems in Biology*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-28417-0_7
52. Wu, C.M., Chen, C.S., Chin, W.C., Chung, W.-J. (2011). "Force field measurements within the exclusion zone of water". *Journal of Biological Physics*. 38 (1): 113–120. doi:10.1007/s10867-011-9237-5. PMC 3285724. PMID 23277674.
53. Xu, W., Zheng, H., Liu, Y., Zhou, X., Zhang, C., Song, Y., ... & Wang, Z. (2020). A droplet-based electricity generator with high instantaneous power density. *Nature*, 578(7795), 392-396.
54. Yinnon, T.A. and Liu, Z.Q. (2015). Domains Formation Mediated by Electromagnetic Fields in Very Dilute Aqueous Solutions: 3. Quantum Electrodynamical Analyses of Experimental Data on Solutions of Weak Electrolytes and Non-electrolytes. *Water Journal*.
55. Zhang, Y., Yang, T., Shang, K., Guo, F., Shang, Y., Chang, S., ... & He, Q. C. (2022). Sustainable power generation for at least one month from ambient humidity using unique nanofluidic diode. *Nature Communications*, 13(1), 3484.

Fonti dei Dati Utilizzati

1. Allied Market Research (2021), "Energy Harvesting System Market by Technology (Light Energy Harvesting, Vibration Energy Harvesting, Radio Frequency Energy Harvesting, and Thermal Energy Harvesting), Component (Energy Harvesting Transducers, Power Management Integrated Circuits (PMIC), and Storage System), and Application (Building & Home Automation, Consumer Electronics, Industrial, Transportation, and Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021-2030", Market Research Report
2. Mordor Intelligence (2022), "Global Energy Harvesting Systems Market - Growth, Trends, Covid-19 Impact, And Forecasts (2023 - 2028)", Market Research Report
3. Brevetto Italiano Nr.1411927 (11 Novembre 2014) - Procedimento ed apparato per l'estrazione di energia elettrica dall'acqua - Inventori: Roberto Germano, Vittorio Elia; Titolare: OXHY Srl.
4. Energy Harvesting Journal;
5. Nature Energy;
6. MarketDataForecast - Energy Harvesting Market Size, Share, Growth (2024-2029);
7. Allied Market Research - Energy Harvesting System Market Outlook (2030);
8. Research and Markets - Global Markets, Technologies and Devices for Energy Harvesting;
9. Market Research Future - Energy Harvesting System Market Size and Forecast (2032);
10. Bloomberg;
11. Yahoo Finance;
12. Statista;
13. Morningstar;
14. MarketWatch.

INFORMAZIONI DI CONTATTO

Collabora con Oxhy e Diventa Parte del Futuro dell'Energia!

Siamo sempre alla ricerca di partner, collaboratori e investitori che condividano la nostra visione per un futuro sostenibile basato sull'innovazione energetica. Se desideri esplorare opportunità di collaborazione, discutere di investimenti, o semplicemente saperne di più sul nostro progetto, non esitare a contattarci.

Contatti Diretti

- **Email Generale:** info@oxhy.it
- **Telefono:** ++39 7352529 - 532 (Orari: Lun-Ven, 9:00 - 18:00 CET)

Visita i Nostri Uffici

Oxhy S.r.l.

Via Coroglio, 57/104

Napoli, Italia

Ci trovi presso il Polo della La Città della Scienza nell'Incubatore "Campania Newsteel", un hub dedicato all'innovazione e alla sostenibilità

Seguici Online

- Sito Web: www.oxhy.it
- LinkedIn: [linkedin.com/company/oxhy](https://www.linkedin.com/company/oxhy)
- YouTube: <https://www.youtube.com/@OXHY-tw9uo>
- Telegram: <https://t.me/OXHcommunity>

Nota per Investitori

Oxhy offre opportunità di investimento uniche per entrare in un settore in rapida crescita, quello dell'Energy Harvesting. Contattaci per ricevere il nostro Investor Pack e discutere di come possiamo generare valore insieme.

Modulo di Contatto Online

Visita la sezione "Contattaci" sul nostro sito <https://www.oxhy.it/> per inviarci direttamente un messaggio. Rispondiamo normalmente entro 48 ore lavorative.