



Dipartimento di Architettura e Design  
Laurea triennale in Design e Comunicazione  
Politecnico di Torino A.A. 2024/2025

Tesi di Laurea triennale

## **La Sfera della Trasparenza**

Tra percezioni, significati e innovazione materica

### **Candidati**

Padula Giorgio S313806  
Zaccheroni Guido S311261

### **Relatrici**

Prof.ssa Lerma Beatrice  
Dott.ssa Bruno Eva Vanessa

# **LA SFERA DELLA TRASPARENZA**

Tra Percezioni, Significati e  
Innovazione Materica

# Indice

## ABSTRACT

## PREMESSA

- L'interesse per il tema della ricerca
- Obiettivi
- Le modalità della ricerca
- La struttura della tesi

## PRIMA PARTE – TRASPARENZA E CULTURA MATERIALE

### 1. LA GENEALOGIA DELLA TRASPARENZA

- 1.1 Introduzione
- 1.2 Il Termine
- 1.3 I valori della trasparenza
  
- 1.4 L'evoluzione dei materiali trasparenti
  - 1.4.1 Antichità e civiltà classiche: Le prime trasparenze
  - 1.4.2 Dal III millennio a.C. al Medioevo: il Vetro antico
  - 1.4.3 Rinascimento e Illuminismo (XV-XVIII sec.): La trasparenza al servizio della ragione
  - 1.4.4 Età industriale (XIX sec.): Il Crystal Palace e il vetro manifatturiero
  - 1.4.5 Movimento Moderno e Bauhaus (1900-1945): La trasparenza come etica progettuale
  - 1.4.6 Dal dopoguerra agli anni Settanta: Dal vetro al boom delle plastiche
  - 1.4.7 Postmodernità (anni '80-'90): pluralità di linguaggi e materiali trasparenti
  - 1.4.8 Contemporaneità (2000-oggi): Ibridazione, tecnologia e trasparenze immateriali

### 2. COMPRENDERE LA TRASPARENZA

- 2.1 Natura della luce e interazione con la materia
  - 2.1.1 Lo spettro elettromagnetico
  - 2.1.2 Fotoni ed energia
  - 2.1.3 Assorbimento, riflessione e trasmissione
  - 2.1.4 Scattering e dispersione della luce
- 2.2 I fattori fisici che determinano la trasparenza
  - 2.2.1 Indice di rifrazione
  - 2.2.2 Spessore del materiale
  - 2.2.3 Struttura del materiale
- 2.3 Le tipologie di trasparenza
  - 2.3.1 Trasparenza
  - 2.3.2 Traslucenza
  - 2.3.3 Opalescenza

## SECONDA PARTE – I MATERIALI TRASPARENTI INNOVATIVI BIODEGRADABILI

### 3. MATERIALI INNOVATIVI TRASPARENTI BIODEGRADABILI

Criteria di selezione

- 3.1 Pelle di Kombucha
- 3.2 Algae Lab
- 3.3 Peelsphere
- 3.4 Sericyne® Silk Sheets
- 3.5 The Seaweed Archives
- 3.6 Nuatan
- 3.7 Japanese Knotweed
- 3.8 Seampathy
- 3.9 Sway
- 3.10 Marinatex
- 3.11 Biotic
- 3.12 Traceless
- 3.13 Scooby packaging material
- 3.14 Cafblo
- 3.15 Eco Lucent
- 3.16 Chitotinkering
- 3.17 Legno Trasparente
- 3.18 Ooho
- 3.19 Film Biodegradabile da Scarti di Vite
- 3.20 Sustainpack

## TERZA PARTE – RISULTATO E CONSIDERAZIONI DELLA RICERCA

### 4. IL MANUALE-GUIDA DEI "NUOVI" MATERIALI TRASPARENTI E BIODEGRADABILI

- 4.1 Perché un manuale-guida
- 4.2 Struttura e contenuti del manuale
- 4.3 Come si legge il manuale
- 4.4 Epilogo del manuale

## DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

## BIBLIOGRAFIA

## ALLEGATI

*Trasparenza, Innovazione, Biodegradabilità*

## RINGRAZIAMENTI

# Abstract

La presente tesi esplora in modo **trasversale** il concetto di **trasparenza**, analizzandolo come fenomeno fisico, percettivo e simbolico, ma anche come principio culturale e progettuale. Il lavoro si articola in **tre sezioni** principali. La prima indaga la **genealogia** del concetto di trasparenza, dalle sue radici materiche fino alle sue manifestazioni nel campo della percezione visiva, dell'architettura e del design del prodotto. L'obiettivo è comprendere come la trasparenza venga interpretata e vissuta dall'essere umano, distinguendo tra la dimensione ottica, legata alla luce e alla visione, e quella percettiva, che coinvolge aspetti cognitivi, emotivi e simbolici. La seconda parte affronta il tema attraverso una ricerca mirata sui materiali trasparenti **innovativi**, con particolare attenzione a quelli **biodegradabili**, che rappresentano una sintesi tra sperimentazione tecnica e consapevolezza ambientale. Ogni materiale viene analizzato nelle sue caratteristiche fisiche, applicative e percettive, delineando un panorama di soluzioni che ridefiniscono il rapporto tra trasparenza, sostenibilità e progetto. Infine, la terza parte restituisce il risultato di questa indagine sotto forma di **guida**, rivolta ai progettisti o ai più curiosi. L'elaborato si configura come strumento di orientamento e riflessione che invita a un approccio critico e sensibile nei confronti della materia contemporanea. In questa prospettiva, la trasparenza non è solamente una qualità visiva, ma un valore progettuale e culturale capace di generare nuovi significati e **responsabilità** per i progetti del futuro.

# Premessa

## Il tema della ricerca

Il tema centrale della presente ricerca è la trasparenza, intesa come fenomeno complesso che attraversa discipline, epoche e linguaggi differenti. Essa non si limita a una mera proprietà fisica dei materiali, ma assume il valore di un principio percettivo e culturale capace di rivelare il modo in cui l'uomo interpreta il mondo e la materia che lo circonda. Nel corso del tempo, la trasparenza ha rappresentato un ideale di purezza, di conoscenza e di visibilità, trasformandosi parallelamente in un linguaggio progettuale che media tra luce, forma e significato. All'interno di questa prospettiva, la tesi si propone di esplorare il concetto di trasparenza da un lato come esperienza percettiva, che coinvolge la vista e la mente nella comprensione dello spazio e dell'oggetto e dall'altro come valore progettuale, oggi reinterpretato alla luce delle sfide ambientali e tecnologiche contemporanee. La ricerca pone l'accento sui materiali innovativi biodegradabili dotati di qualità ottiche di trasparenza, nei quali il concetto stesso si rinnova, unendo la leggerezza visiva alla responsabilità ecologica. La scelta di concentrarsi sulla biodegradabilità non è casuale: un materiale bio-based può derivare da risorse rinnovabili senza garantire un ritorno alla natura, mentre un materiale riciclabile dipende comunque da infrastrutture tecniche per essere recuperato. La materia biodegradabile, invece, si dissolve e si reintegra senza processi esterni. In questa visione, la trasparenza non è più soltanto un attributo estetico o simbolico, ma diventa una chiave di lettura del rapporto tra uomo, ambiente e progetto. Analizzare la sua evoluzione, le sue applicazioni e le sue potenzialità significa dunque prendere spunto dal passato e interrogare il ruolo del designer di fronte alla materia contemporanea per delineare nuovi orizzonti per un design più consapevole.

## L'interesse per la ricerca

L'interesse per questa ricerca nasce in modo quasi spontaneo durante una delle prime conversazioni con la prof.ssa Lerma in cui rimanemmo colpiti dalla presentazione di una delle sue ricerche condotte in collaborazione con la KTH Royal Institute of Technology di Stoccolma, dedicata al tema del legno trasparente. L'idea che un materiale così quotidiano potesse acquisire qualità ottiche che non avremmo mai immaginato, come quelle della trasparenza, ci accese fin da subito una scintilla di fermento per il tema. Da quel primo stupore nacque la volontà di approfondire il tema della trasparenza nei materiali, ampliando la ricerca verso le più recenti scoperte nel campo della scienza dei materiali e del design. Nei mesi successivi ci concentrammo sull'individuazione di materiali trasparenti innovativi sviluppati negli ultimi quindici, poi dieci anni, trovando esempi emblematici come ALON, l'"alluminio trasparente", o i.Light di Italcementi, che poi sfociarono nella ricerca di materiali più sperimentali e sostenibili. Rimanendo affascinati da questa continua evoluzione della materia, abbiamo sentito l'esigenza di dare un nostro contributo, orientando la ricerca verso una trasparenza più consapevole, legata ai temi della biodegradabilità e della sostenibilità ambientale. L'obiettivo era quello di unire un tema anticamente carico di significato (la trasparenza) con una visione progettuale contemporanea, capace di affrontare le sfide del presente. In questa prospettiva, la tesi si configura come un percorso di esplorazione tra fascinazione e responsabilità.

## Il metodo di ricerca

La metodologia adottata per lo sviluppo di questa tesi si fonda su un approccio osservativo, analitico e comparativo, che combina strumenti teorici e pratici propri del design e delle scienze dei materiali. Il percorso si è articolato in più fasi, ciascuna delle quali ha contribuito a costruire una visione complessiva del tema della trasparenza come fenomeno percettivo e progettuale. In una prima fase, di carattere teorico-interpretativo, è stato condotto uno studio genealogico del concetto di trasparenza, analizzandone l'evoluzione attraverso la letteratura, la filosofia, l'arte, l'architettura e il design. Questo lavoro preliminare ha permesso di definire il quadro concettuale di riferimento e di comprendere come la trasparenza si sia trasformata nel tempo da elemento simbolico a principio progettuale. Successivamente, la ricerca si è spostata sul piano materico, orientandosi verso l'individuazione e lo studio di materiali trasparenti innovativi e biodegradabili sviluppati negli ultimi dieci anni. Ogni materiale è stato analizzato in base alle sue caratteristiche fisiche, alle potenzialità applicative e alle qualità percettive, con l'obiettivo di costruire un repertorio aggiornato e critico delle possibilità offerte oggi dalla materia trasparente. Infine, la fase conclusiva del lavoro ha previsto la sintesi e la traduzione dei risultati in una guida operativa rivolta ai progettisti, pensata come strumento di orientamento e riflessione. In questo modo la "ricerca desk" si configura non solo come un'indagine teorica, ma come un percorso di conoscenza applicabile, in grado di connettere pensiero e progetto, materia e significato, all'interno di una visione sostenibile e contemporanea del design.

## L'ispirazione



Leggerezza e trasparenza, anno III, n.6/2009.  
A cura di Giuseppe De Giovanni e Rossella Corrao  
(Tratto da: Esempi di Architettura)

**"Transparency is not about seeing everything.  
It is about creating the conditions in which  
seeing becomes an experience."**

Jean Nouvel

# PRIMA PARTE

## *TRASPARENZA E CULTURA*

### *MATERIALE*

# CAPITOLO 1.

## LA GENEALOGIA DELLA TRASPARENZA

### 1.1 Introduzione

Se Paul Scheerbart non avesse sognato le sue città di vetro, avremmo mai immaginato che la trasparenza potesse essere qualcosa di più di una semplice qualità materica?<sup>1</sup>

E se, come affermano Colin Rowe e Robert Slutzky, esiste una trasparenza "fenomenologica" oltre a quella "letterale", ciò che appare visibile è sempre davvero comprensibile?

Sono domande che non cercano una risposta unica, ma si aprono a molteplici significati. Come la trasparenza stessa, oscillano tra evidenza e ambiguità, tra il desiderio di vedere e il bisogno di nascondere, tra etica e apparenza.

Oggi, la trasparenza non è più soltanto un sogno estetico, ma una questione concreta e complessa, che investe le tecnologie, l'ambiente, l'etica della comunicazione. Colin Rowe e Robert Slutzky ci mostrano come la trasparenza non sia solo una qualità fisica, ma anche un concetto percettivo e strutturale<sup>2</sup>: è ciò che consente la sovrapposizione di significati, la simultaneità delle letture, la profondità dello spazio (Rowe & Slutzky, 1963).

Nel suo manifesto *Glasarchitektur* (1914), Paul Scheerbart immaginava invece un'architettura di vetro come veicolo di elevazione culturale e spirituale (Scheerbart, 1914). Per lui, la trasparenza era un valore trasformativo:

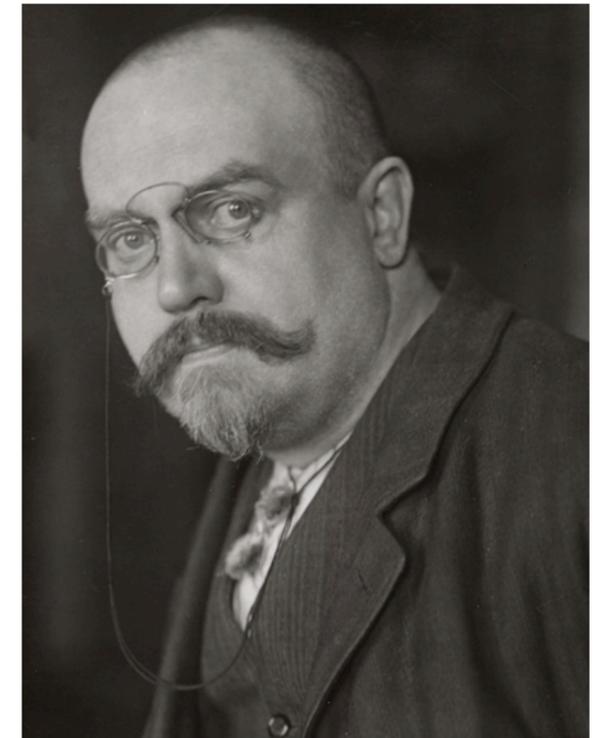
"Se vogliamo cambiare la nostra cultura, dobbiamo cambiare i nostri materiali."

Scheerbart vedeva nel vetro non solo un elemento costruttivo ma un simbolo di rivoluzione spirituale e sociale, un'utopia di apertura e leggerezza che avrebbe cambiato il modo di abitare il mondo, nel suo Manifesto sognava città leggere, fatte di muri trasparenti e spiriti liberi: "chi abita in una casa di vetro non può avere nulla da nascondere".

Ma cosa accade quando quella trasparenza, così utopica, si piega alla tecnica, al controllo, all'ideologia?<sup>3</sup>

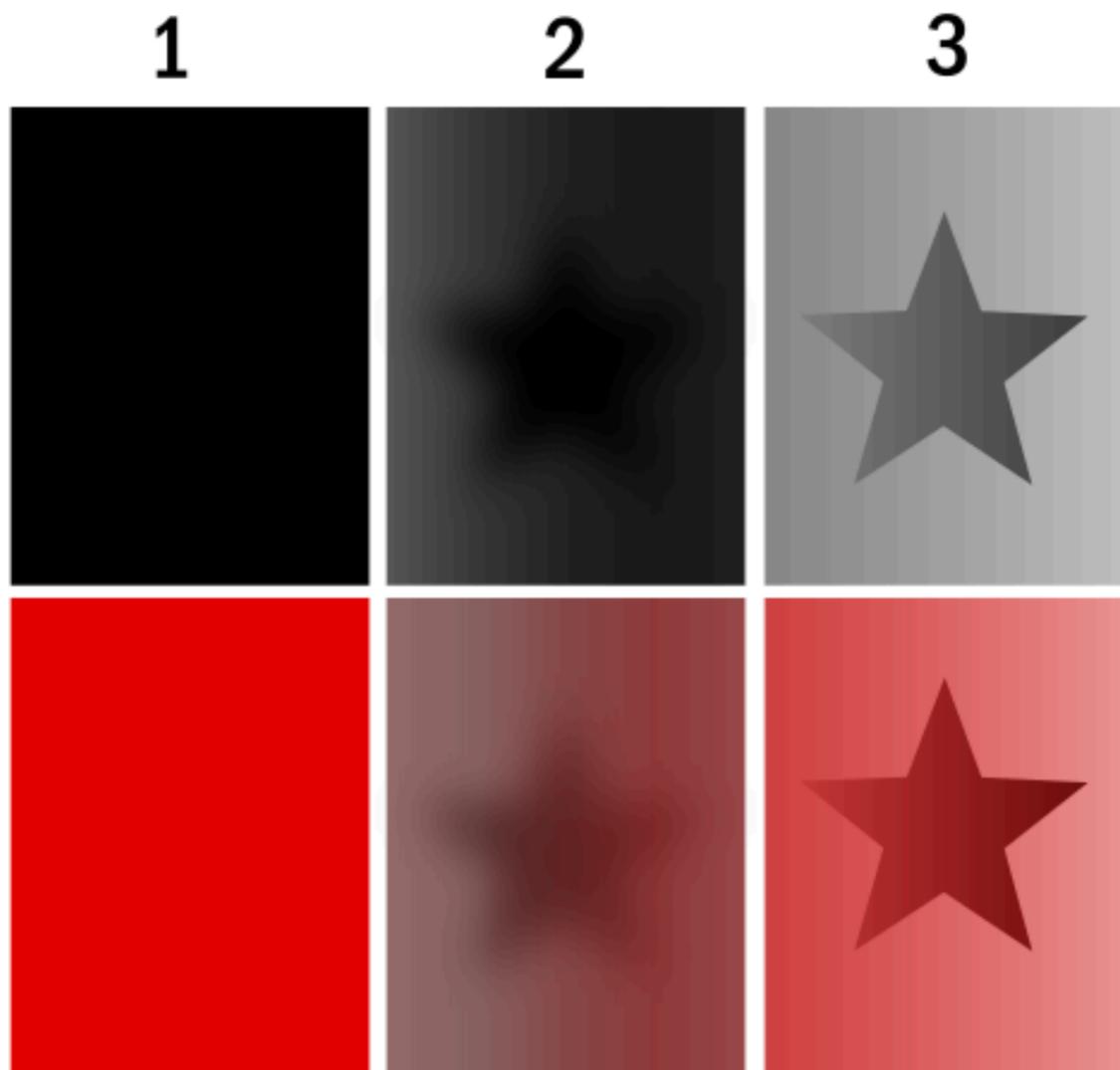
Parlare di trasparenza oggi significa allora significa riflettere sulla percezione, sui materiali, ma anche sulle metafore.

Vuol dire entrare in uno spazio dove l'innovazione non è solo tecnica, ma anche poetica. Uno spazio fatto di legno trasparente, di calcestruzzo che filtra la luce, di architetture che scompaiono e materiali che si reinventano, è in questo paesaggio contemporaneo che si cela il cuore di questa ricerca. (Manzini, 1986)



Paul Scheerbart.  
Scrittore tedesco (Danzica 1863 - Berlino 1915)

- <sup>1</sup> Scheerbart è uno dei fautori delle varie utopie architettoniche che nascono ad inizio Novecento, dove il vetro rappresentava la possibilità di rendere il mondo più etico, luminoso e spirituale.
- <sup>2</sup> La distinzione tra trasparenza letterale e fenomenologica sussiste nel fatto che la percezione visiva non coincide con la realtà fisica, ciò che vediamo trasparente può non esserlo in senso materico, ma solo concettuale.
- <sup>3</sup> L'autore ci suggerisce che la trasparenza non è sempre neutra o positiva ma può divenire strumento di sorveglianza e potere, ad esempio negli spazi pubblici iper-controllati o negli edifici vetriati, simboli di potere economico.



## 1.2 Il Termine

Il concetto di trasparenza rappresenta un tema complesso e multidimensionale, che abbraccia diversi ambiti del sapere e dell'esperienza umana. Per comprendere appieno cosa si intenda per trasparenza, è necessario analizzare il termine da più prospettive: dalla sua definizione etimologica fino alle sue applicazioni concettuali in ambito filosofico, comunicativo, sociale e artistico.

La parola deriva dal latino "transparens", participio presente di "transparere", composto da "trans-" (attraverso) e "parere" (apparire) (Ernout & Meillet, 1932). Questo etimo ci suggerisce immediatamente l'idea di qualcosa che appare attraverso qualcos'altro, una qualità che si manifesta nell'essere visibile nonostante la presenza di una superficie interposta. Questo concetto di "vedere attraverso" non è solo una descrizione fisica, ma diventa un'idea metaforica che attraversa vari campi del sapere.

Come evidenzia Ezio Manzini nel capitolo "Fare trasparente alla luce" del volume *La materia dell'invenzione*<sup>4</sup>, la trasparenza non è mai una nozione neutrale, ma porta con sé un insieme di valori culturali e sociali (Manzini, 1986). Essa può rappresentare chiarezza e leggibilità, ma anche controllo ed esposizione, assumendo significati diversi a seconda dei contesti storici e delle pratiche progettuali in cui viene evocata.

Nel suo senso più immediato, invece, la trasparenza è una proprietà ottica di determinati materiali che consentono il passaggio della luce attraverso di essi. Materiali come il vetro, l'acqua pura e alcuni polimeri sono definiti trasparenti proprio perché permettono di vedere chiaramente gli oggetti situati dietro di essi.

Tuttavia, non tutti i materiali trasparenti sono uguali. La trasparenza può essere totale, come nel caso del vetro, oppure parziale, come nei materiali traslucidi che lasciano passare la luce ma non permettono una visione nitida. La distinzione tra trasparenza, traslucenza e opacità è fondamentale per comprendere come la luce interagisce con i materiali e come questi ultimi vengono percepiti (Hecht, 2017).

Confronti di 1. opacità, 2. traslucenza e 3. trasparenza; dietro ogni pannello c'è una stella

<sup>4</sup> Ezio Manzini distingue vari "valori" attribuiti alla trasparenza, da quello estetico e simbolico a quello funzionale e tecnologico, mostrando come la percezione del materiale dipenda anche dal contesto culturale.

Le tre categorie individuate dall'autore sono: trasparenza materiale, trasparenza simbolica e trasparenza tecnologica che permettono di leggere il concetto non solo in termini ottici, ma anche culturali e comunicativi.

### 1.3 I valori della trasparenza

Tornando alle domande introduttive di apertura, nel 1914, alla vigilia della Prima guerra mondiale, lo scrittore tedesco Paul Scheerbart pubblica un libro destinato a diventare un punto di riferimento utopico e visionario nella storia dell'architettura moderna, il già citato *Glasarchitektur* (Scheerbart, 1914). Non si tratta di un trattato tecnico, né di una raccolta di progetti. È piuttosto un manifesto poetico, filosofico e culturale, in cui Scheerbart immagina una nuova civiltà plasmata dalla luce e dal vetro.

Per Scheerbart, la trasparenza non è una semplice proprietà fisica, né un effetto visivo. È qualcosa di più profondo: una condizione morale, esistenziale e spirituale. Nelle sue parole, introdurre il vetro nell'architettura non significa solo cambiare materiali, ma trasformare il pensiero, lo stile di vita, e persino l'animo umano. Il vetro, e in particolare il vetro colorato, diventa simbolo di una nuova era, in cui la rigidità opaca delle costruzioni in pietra e in metallo cede il passo alla leggerezza, alla trasparenza, al dinamismo cromatico.

Scheerbart scrive:

"Se vogliamo elevare la nostra cultura, dobbiamo cambiare l'architettura. E se vogliamo cambiare l'architettura, dobbiamo cambiare i nostri materiali. E se vogliamo cambiare i materiali, dobbiamo introdurre il vetro, il vetro colorato." (Scheerbart, 1914) In questa logica, il vetro non è solo trasparente, ma è luminoso e cangiante. La sua forza non sta nell'essere invisibile, ma nell'inondare gli spazi di riflessi, luci mutevoli, atmosfere irreali. Il vetro crea un'architettura che non è solo da abitare, ma da contemplare, da vivere emotivamente. È una materia che educa la sensibilità e stimola la creatività.

Il mondo che Scheerbart immagina è abitato da palazzi trasparenti, cupole di vetro e scale che riflettono il cielo. Il vetro rompe con la massa, con la pesantezza, con l'opacità del passato. Le pareti non sono più barriere, ma superfici che lasciano passare luce, colore, suggestione.

Secondo l'autore, tutto questo avrebbe un effetto trasformativo sull'uomo stesso. L'abitare in ambienti trasparenti e luminosi genererebbe un nuovo tipo di persona: più gioiosa, meno aggressiva, più aperta al cambiamento ponendo

così i suoi forti idealismi: l'ambiente architettonico, se costruito con vetro e luce, diventa uno strumento etico e sociale. La trasparenza non è più solo visibilità, ma promessa di un mondo migliore, una società più leggera, più pacifica, più armoniosa.

Il sogno di Scheerbart, però, resta utopico. Il suo manifesto viene pubblicato lo stesso anno in cui scoppia la guerra, e i suoi desideri di pace e di leggerezza appaiono tragicamente distanti dalla realtà storica. Tuttavia, la sua visione influenzerà profondamente l'architettura d'avanguardia del Novecento.

Uno dei suoi maggiori interlocutori sarà Bruno Taut, architetto e teorico tedesco, che nel 1914, lo stesso anno del *Glasarchitektur*, progetta il celebre Glashaus, un padiglione interamente in vetro per l'Esposizione di Colonia, ispirato proprio alle idee dell'amico scrittore, riconoscendone la forza visionaria e anticipatrice.

La trasparenza, protagonista dell'architettura, non è quindi un dato tecnico ma una postura culturale, una speranza. È il rifiuto della pesantezza e dell'opacità del mondo industriale, è un inno alla luce come principio di verità<sup>5</sup>, alla leggerezza come condizione dello spirito. È una trasparenza simbolica, molto più che materiale.

Come punto di partenza, è stato scelto questo spaccato di storia architettonica e sociale per rendere omaggio alla visione quasi fiabesca di Scheerbart, anticipando molte delle caratteristiche che definiscono le nostre città contemporanee.

Basta osservare la diffusione dei grattacieli vetrati nei paesaggi urbani globali, o l'onnipresenza di superfici trasparenti nelle nostre abitazioni, nelle vetrine commerciali, negli spazi pubblici e nei luoghi del lavoro.

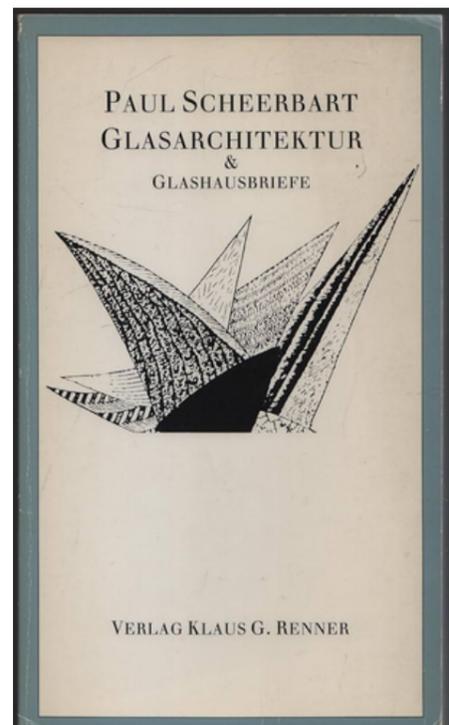
La volontà di portare la luce all'interno degli ambienti costruiti non risponde solo a esigenze funzionali, come la visibilità o l'efficienza energetica, ma si lega profondamente al benessere psicofisico dell'individuo.

La luce naturale, veicolata proprio dalla trasparenza, regola il ritmo circadiano, migliora la qualità del sonno, favorisce la salute ossea, sostiene l'umore e influenza positivamente l'equilibrio ormonale<sup>6</sup>. La trasparenza, in questo senso, non è solo una qualità ottica o materica ma è anche uno strumento di cura e una forma



Glaspavillon (in italiano Padiglione di vetro), 1914, Bruno Taut, Esposizione del Deutscher Werkbund di Colonia.

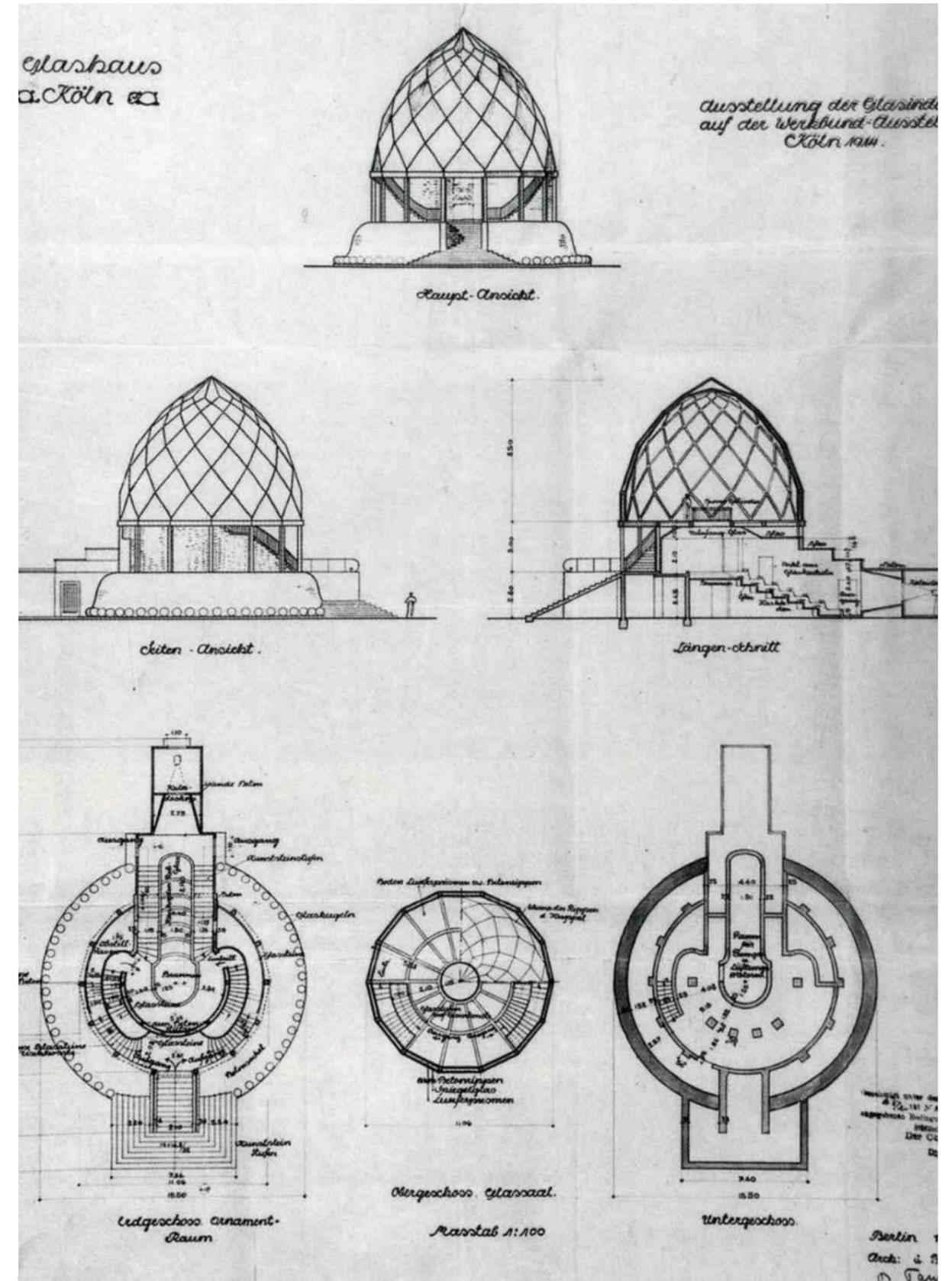
sottile di progettazione del quotidiano. L'utopia architettonica immaginata a suo tempo da Paul Scheerbart, in cui la città del futuro si costruisce interamente in vetro, può essere letta come una nuova forma di aspirazione spirituale e morale, non dissimile, per tensione simbolica e valoriale, da quella espressa nell'architettura gotica (von Simson, 1956; Panofsky, 1957). Se quest'ultima tendeva all'altezza per avvicinarsi a Dio, proiettando le cattedrali verso il cielo, Scheerbart insegue un ideale di elevazione sociale, immaginando una società più pacifica e illuminata, proprio attraverso la trasparenza. Il vetro diventa così il materiale di un'utopia non teologica, ma umana, capace di filtrare la violenza e purificare i costumi.



Copertina Glasarchitektur und Glashausbrieve, 1914, Paul Scheerbart

5. L'associazione tra luce e verità ha radici filosofiche e religiose antiche. Nella tradizione platonica la luce rappresenta la conoscenza e il disvelamento dell'essere.

6. Numerosi studi contemporanei dimostrano che l'esposizione alla luce naturale regola i ritmi circadiani, influisce sull'umore e migliora la produttività, motivo per cui l'architettura contemporanea valorizza l'uso della luce diurna.



## **1.4 LA GENEALOGIA DELLA TRASPARENZA**



Stazione Centrale a New York, 1929  
Fotografia di Louis Fauer

#### 1.4.1 Antichità e civiltà classiche: Le prime trasparenze

Nelle epoche più remote, prima ancora che la trasparenza fosse una qualità progettuale, l'idea di vedere attraverso un materiale non era legata alla funzionalità, bensì alla magia. Pietre naturali come l'ambra, il cristallo di rocca, l'ossidiana traslucida, il gesso selenitico o frammenti di quarzo ialino, erano ritenute materie speciali, spesso impiegate in contesti sacri, per amuleti o in offerte votive (British Museum, s.d.; Metropolitan Museum of Art, s.d.).

L'ambra, ad esempio, ha da sempre colpito per la sua capacità di lasciar passare la luce dorata al suo interno, talvolta inglobando bolle d'aria, detriti o addirittura insetti: elementi che trasformavano l'oggetto in una sorta di capsula temporale, amplificando il senso di mistero (American Journal of Archaeology, vari numeri). Il cristallo di rocca, varietà purissima di quarzo, veniva associato nella Grecia antica al ghiaccio eterno, tanto che il termine "kristallos" (cristallo)<sup>7</sup> significa letteralmente "ghiaccio solidificato".

In questi materiali, la trasparenza o la traslucenza erano solamente proprietà liminali, che mettevano in contatto il mondo umano con dimensioni invisibili.

Tali qualità hanno alimentato, nei secoli, un immaginario arcaico della trasparenza, fatto più di suggestione che di funzione. In molte culture, queste pietre luminose erano considerate veri e propri veicoli di energia, dotati di un potere che oggi potremmo definire "auratico"<sup>8</sup> (Waugh, 1939).

Questo primo contatto tra l'umano e la trasparenza segna l'inizio di un lungo percorso in cui il desiderio di "vedere attraverso" si trasformerà gradualmente in una strategia progettuale, fino a diventare un codice estetico, etico e tecnico della modernità.

<sup>7</sup> Gli antichi Greci credevano che il cristallo di rocca fosse acqua ghiacciata per sempre dagli dèi; per questo lo associavano al mondo divino e all'incorruttibilità.

<sup>8</sup> L'"aura" richiama la definizione di Walter Benjamin, cioè l'alone di unicità e sacralità che circonda un oggetto e che lo rende irripetibile agli occhi di chi lo osserva.



Gemma di Ambra, fotografia di Cora Corey (in alto)  
Quarzo ialino o cristallo di rocca, fotografia di Jill X (sopra)

### 1.4.2 Dal III millennio a.C. al Medioevo: il Vetro antico

Le prime tracce di produzione vetrosa si fanno risalire al III millennio a.C., in Mesopotamia ed Egitto, anche se in forme ben lontane da ciò che oggi consideriamo vetro trasparente (Waugh, 1939; British Museum, s.d.). In origine si trattava di paste vetrose opache, usate come rivestimenti decorativi o per piccoli oggetti rituali, come perline, sigilli cilindrici, amuleti e vasetti per olii e profumi (Metropolitan Museum of Art, s.d.). Il vetro non aveva ancora funzione ottica: era una materia colorata, luminosa, ma non trasparente, più simile a una gemma artificiale che a un materiale da costruzione.

Nel Nuovo Regno egizio (XVI-XI sec. a.C.), il vetro inizia a essere prodotto con maggiore raffinatezza, probabilmente come sottoprodotto della metallurgia del rame<sup>9</sup>, usando sabbia silicea, natron<sup>10</sup> (una miscela di carbonati) e ossidi metallici per la colorazione (American Journal of Archaeology, vari numeri). I manufatti religiosi, spesso blu o verdi, venivano soffiati, modellati o colati in stampi.

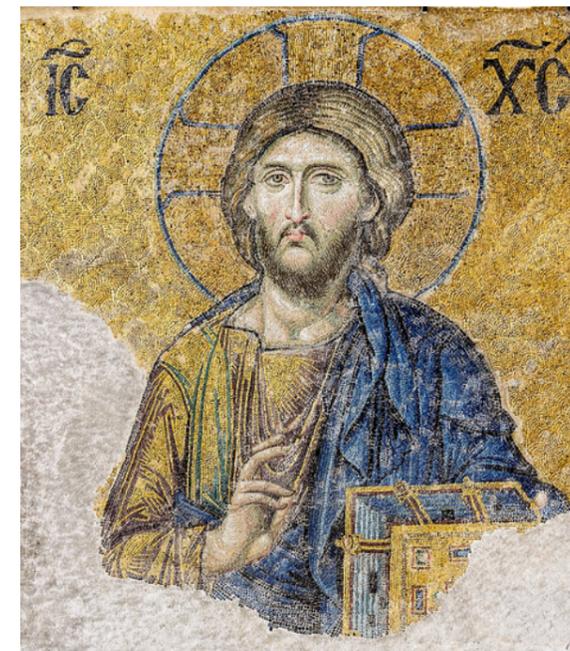
Con il tempo, la tecnologia vetraia si diffonde in Siria, Anatolia e Persia, fino al I secolo a.C. in area siro-palestinese dove viene inventata la tecnica del vetro soffiato che a differenza delle precedenti, non richiedeva stampi e oggetti massicci, permettendo una lavorazione più rapida, economica e variegata (Waugh, 1939). Questa innovazione consentì, per la prima volta, la produzione di vetri parzialmente trasparenti, con un impatto duraturo su tutta la regione del Mediterraneo nei secoli a venire (Fleming, 1999).

Nel mondo greco-romano, il vetro assume così un ruolo sempre più centrale nella vita quotidiana, grazie alla crescita delle fornaci e alla relativa accessibilità della materia prima. A partire dal I secolo d.C., in epoca imperiale, le città romane vedono una fiorente diffusione di bottiglie, bicchieri, brocche, ma anche vetri piani destinati alle prime rudimentali finestre, soprattutto nelle domus più agiate. Sono stati rinvenuti vetri da finestra a Pompei ed Ercolano, segno che la trasparenza, o quantomeno la traslucenza, iniziava a trovare impiego anche nell'architettura civile, seppur in forma ancora fragile, costosa e opacizzata.

Nel tardo antico e in epoca bizantina, la produzione vetraia si specializza ulteriormente, con la creazione di mosaici vetrosi, vetri dorati<sup>11</sup> e l'impiego di vetro colorato in contesti religiosi (Metropolitan Museum of Art, s.d.). La trasparenza, ancora incerta, è progressivamente sacrificata a favore della rifrazione e della luce colorata: una scelta che prepara il terreno per il successivo sviluppo delle vetrate nel medioevo. È nel contesto delle cattedrali gotiche, tra XII e XIII secolo, che il vetro ritrova un nuovo ruolo centrale, stavolta caricato di un profondo valore spirituale e narrativo. Le vetrate istoriate non sono più semplici aperture per la luce, ma veri e propri strumenti di mediazione teologica. I vetri colorati agiscono come filtri di luce divina, trasformando lo spazio in un organismo simbolico. In questo nuovo contesto, la trasparenza smette di essere legata all'idea moderna di chiarezza o controllo, e si carica invece di valenze mistiche. Come sottolineato da Otto von Simson e da Erwin Panofsky<sup>12</sup>, la luce filtrata dalle vetrate gotiche allude al mistero della fede (von Simson, 1956; Panofsky, 1957). Il vetro non mostra ciò che sta fuori, ma rivela ciò che sta oltre. La trasparenza medievale, dunque, è rituale, didattica e spirituale. Non appartiene ancora al mondo della razionalità, della funzione o della tecnica moderna, ma getta le basi per una poetica della luce filtrata, che sarà rielaborata nei secoli successivi dal pensiero rinascimentale.



Bicchiere di vetro, trovato in Varpelev, Danimarca, Nationalmuseet

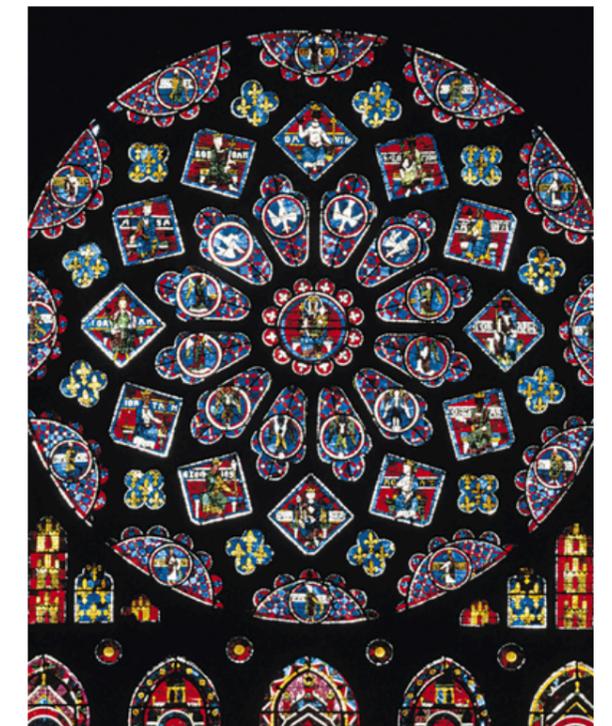


9. Gli scarti delle fornaci metallurgiche contenevano silicati vetrosi; la loro osservazione casuale avrebbe condotto allo sviluppo della tecnologia vetraia.

10. Il natron, estratto soprattutto dai deserti egiziani, serviva come fondente per abbassare la temperatura di fusione della sabbia silicea.

11. Il vetro colorato bizantino era ottenuto con ossidi metallici; le tessere d'oro erano realizzate applicando una sottilissima lamina aurea tra due strati di vetro.

12. Entrambi gli studiosi hanno interpretato le cattedrali gotiche come sintesi di teologia e arte, in cui la luce filtrata rappresenta il riflesso terreno della luce divina.



Mosaico del Cristo Pantocratore nell'Hagia Sophia è realizzato con tessere di vetro, molte delle quali contengono foglie d'oro o d'argento all'interno. (a sinistra)

Allard Pierson, "Documenting Physical Evidence of Roman Glass". (in alto)

Cattedrale di Notre-Dame, prima metà del XIII sec., rosone e vetrate del transetto nord. Chartres (Francia). (sopra)

### 1.4.3 Rinascimento e Illuminismo (XV–XVIII sec.): La trasparenza al servizio della ragione

Con il Rinascimento, la trasparenza inizia a perdere parte del suo simbolismo religioso per acquisire un nuovo valore legato all'osservazione razionale del mondo. Il vetro, da supporto metafisico, diventa strumento epistemologico: ciò che permette di analizzare, misurare e verificare, frutto di un crescente interesse per la conoscenza empirica e scientifica (Waugh, 1939). Già nel 1280, Ruggero Bacone descrive gli effetti delle lenti d'ingrandimento, ma è durante il Rinascimento che queste iniziano ad avere applicazioni pratiche più estese, come gli occhiali da vista<sup>13</sup>, che si affermano stabilmente a partire dal XV secolo in Italia, soprattutto nelle città di Firenze e Venezia (British Museum, s.d.). A questi seguono invenzioni rivoluzionarie: nel 1608 Hans Lippershey, ottico olandese, brevetta il primo telescopio rudimentale e solo un anno dopo, Galileo Galilei ne migliora la costruzione per l'osservazione astronomica, aprendo una nuova era nella comprensione del cosmo. Parallelamente, l'architettura comincia a utilizzare il vetro anche come dispositivo funzionale per la luce naturale. È il caso delle prime serre, nate tra il XVII e XVIII secolo. Un esempio emblematico è l'Orangerie del Castello di Versailles<sup>14</sup>, costruita da Jules Hardouin-Mansart tra il 1684 e il 1686, nella quale, sebbene la facciata principale fosse in muratura, l'edificio era pensato per ottimizzare l'irraggiamento solare, sfruttando la trasparenza delle grandi finestre per mantenere una temperatura costante (Giedion, 1941).

Anche le lanterne architettoniche, usate per portare luce zenitale negli edifici, mostrano come il vetro inizi progressivamente a modellare gli spazi in relazione alla visibilità. Un caso fu la lanterna della Halle aux Blés (oggi Bourse de Commerce) a Parigi, ricostruita nel 1782 con una cupola vetrata in ferro e vetro progettata da François-Joseph Bélanger e Jean-François Blondel per lasciare filtrare la luce sull'intero spazio del mercato.

Nel periodo Barocco invece, il vetro entra in ambito domestico in modo sempre più diffuso in seguito alla crescente richiesta, da parte dell'aristocrazia, di specchi murali con cornici

riccamente dettagliate, bicchieri e calici da vino in cristallo con decorazioni incise o molate e lampadari in vetro di Murano, veri oggetti-scultura trasparenti sospesi negli spazi più nobili delle dimore dei più abbienti (Metropolitan Museum of Art, s.d.).

Con l'Illuminismo, l'uso della trasparenza assume un valore ancora più dichiarato: si fa metafora della ragione e della chiarezza. Le finestre, fino a quel momento considerate come elemento secondario, diventano simboli visivi di apertura, controllo e ordine. Non è un caso che in questo periodo si inizino a standardizzare proporzioni e tipologie di aperture negli edifici, favorendo la luce naturale come elemento essenziale per la salubrità e la leggibilità dello spazio domestico e urbano (Sparke, 1986).

Il tema attraversa dunque anche il campo della letteratura e della filosofia, dove la retorica della trasparenza si lega alla moralità e alla responsabilità pubblica. Pensatori come John Locke e Immanuel Kant esaltano la chiarezza delle idee, l'accessibilità del sapere, la necessità che la ragione sia luminosa, verificabile e intellegibile, trasformando la questione in uno strumento etico e politico (von Simson, 1956; Panofsky, 1957).

<sup>13</sup> L'invenzione degli occhiali ebbe un impatto sociale enorme, prolungando la vita attiva degli studiosi, dei copisti e degli artigiani, e contribuendo alla diffusione della cultura scritta.

<sup>14</sup> Le orangerie erano edifici destinati a custodire agrumi e piante rare durante l'inverno infatti la loro funzione era tanto agricola quanto rappresentativa del potere e del lusso della corte.



Orangerie della Reggia di Versailles, Jules Hardouin-Mansart 1684-1686. (in alto)

Lampadario sala da ballo, Palazzo Colonna, Roma. (sopra)  
Cupola della borsa di commercio, Parigi, 1782, Bélanger e Blondel (a destra)



#### 1.4.4 Età industriale (XIX sec.): Il Crystal Palace e il vetro manifatturiero

Durante la metà del XIX secolo il vetro cessa di essere una rarità e diventa un materiale industriale ed economico grazie alla rivoluzione tecnologica introdotta dai nuovi processi produttivi (Waugh, 1939). L'introduzione dei forni continui, del carbone come fonte energetica stabile e delle prime macchine per la laminazione e la soffiatura meccanizzata permette infatti di passare da una produzione artigianale, lenta e costosa, a una produzione seriale. Per la prima volta il vetro può essere fabbricato in grandi quantità, con qualità più omogenea e costi molto ridotti. Questo cambiamento prende forma in modo simbolico e spettacolare nel Crystal Palace, progettato da Joseph Paxton per l'Esposizione Universale di Londra del 1851<sup>15</sup> (Giedion, 1941).

L'edificio era sostanzialmente un gigantesco padiglione temporaneo, composto da più di 300.000 pannelli di vetro prefabbricati realizzati grazie all'introduzione del processo di colata cilindrica<sup>16</sup> sviluppato dalla British Plate Glass Company che permetteva la produzione di grandi superfici vetrate a costi relativamente contenuti.

La costruzione, compiuta in soli nove mesi, si guadagnò il titolo non solo di trionfo ingegneristico, ma soprattutto di manifesto culturale perché la struttura di Paxton era la celebrazione della produzione seriale e di una nuova estetica della leggerezza, dell'ordine e della visibilità totale.

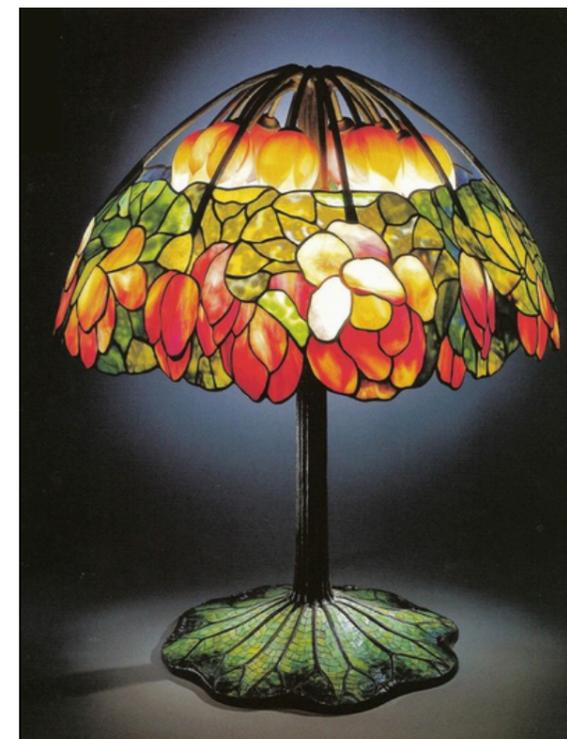
"Il grande palazzo vetrato di Paxton, così come i ponti e i capannoni a struttura reticolare, degli ingegneri della sua epoca, diede agli europei un profondo shock visivo: la costruzione, da sempre pensata come oggetto massiccio e ben radicato al suolo con le sue pesanti pareti, assumeva improvvisamente un aspetto trasparente e leggero. Accanto a questo momento di rottura si sviluppa un intero ecosistema di prodotti che sfruttano il vetro e le sue proprietà per rispondere a nuovi interessi e promuovere nuove sperimentazioni. Si inizia a produrre in larga scala lampade a petrolio in vetro opalino, pensate per la casa borghese e spesso ispirate a motivi floreali come le lampade Tiffany di fine '800

(Metropolitan Museum of Art, s.d.; Sparke, 1986), ma non solo, anche sotto la sfera industriale, ha un enorme successo l'iconica A.E.G. Intensiv Flammenbogenlampe di Peter Behrens<sup>17</sup> (Wingler, 1969). Vengono inventati i primi contenitori da farmacia in vetro soffiato o pressato che lievemente colorati, permettevano di mostrare il contenuto e garantire l'igiene. O ancora, venivano prodotte vetrine da esposizione e armadietti con ante in vetro, utilizzati nei salotti e nei negozi per esporre oggetti decorativi, porcellane e collezioni (Metropolitan Museum of Art, s.d.). Pure il mondo della moda fu influenzato, bottoni in vetro pressato e cupole trasparenti di protezione per gli orologi trovarono un grande richiesta produttiva (British Museum, s.d.).

<sup>15</sup> L'Esposizione Universale del 1851 fu la prima grande fiera internazionale dedicata all'industria e al progresso tecnologico. Il Crystal Palace divenne il simbolo visibile dell'età vittoriana e della fiducia nel progresso.

<sup>16</sup> La tecnica della colata cilindrica consisteva nel far colare il vetro in un cilindro metallico che, una volta aperto e spianato, forniva lastre ampie e regolari scaturendo il salto di scala rispetto alle piccole lastre soffiate del passato.

<sup>17</sup> Behrens, architetto e designer tedesco, fu tra i primi a concepire il design industriale come disciplina unitaria e le lampade per AEG testimoniano l'unione di funzionalità tecnica ed estetica moderna.



Crystal Palace, Londra, Hyde Park, 1851. J. Paxton. (in alto)  
Lampada Tiffany da tavolo (sopra)  
AEG Intensive flame arclamp, 1907, Peter Behrens. (a destra)



#### 1.4.5 Movimento Moderno e Bauhaus (1900-1945): La trasparenza come etica progettuale

A cavallo tra la fine del XIX secolo e l'inizio del XX, mentre l'industrializzazione accelera la produzione del vetro su larga scala, la trasparenza si carica di nuove valenze immaginifiche promosse dal provocatorio e già citato pensiero scheerbartiano.<sup>18</sup>

L'idea di un mondo trasparente si diffonde anche nel credo di altri architetti dell'epoca, come Adolf Behne<sup>19</sup>, che intravedeva nel vetro il superamento della pesantezza borghese, e nel gruppo espressionista Die Gläserne Kette<sup>20</sup> (La Catena di Vetro), che attraverso lettere e disegni immaginava architetture visionarie, fluttuanti, sottili.

Queste visioni, benché fortemente idealizzate, aprono un filone che trova maturità in epoca moderna quando la trasparenza subisce un'ulteriore trasformazione: da simbolo industriale e spettacolare, diventa linguaggio del rigore, dell'ordine e della verità progettuale.

Un esempio precoce di modernismo trasparente, sono le Turbine della AEG a Berlino, progettate da Peter Behrens nel 1909 (Giedion, 1941). Per l'epoca, l'uso estensivo di grandi superfici vetrate su di un edificio produttivo, era una scelta audace che andava ribaltando l'immaginario della fabbrica come spazio oscuro e opprimente, per sostituirlo con un ambiente luminoso, arioso e visibile.

Con il movimento moderno, e in particolare con il Bauhaus, il vetro entra a pieno titolo nel vocabolario del design come materiale che incarna l'onestà formale e funzionale (Wingler, 1969). Il motto "form follows function"<sup>21</sup> si traduce nella ricerca di una chiarezza spaziale e strutturale, in cui ciò che si vede corrisponde a ciò che è. In questo senso, la trasparenza assume un valore etico: non nasconde, non decora, non finge, dimostrandosi il materiale ideale per una nuova architettura razionale.

Una posizione che risuona con la lettura proposta da Manzini, per il quale la trasparenza non è soltanto un carattere materico, ma un portatore di valori: essa diventa linguaggio etico e culturale, strumento per esprimere un'idea di onestà e coerenza progettuale, e al tempo stesso dispositivo che modella il rapporto tra

individuo, società e spazio costruito (Manzini, 1986). Walter Gropius, fondatore del Bauhaus, ne fa uno dei protagonisti della scuola, sia nell'insegnamento che nella pratica, come dimostra la facciata vetrata della sede del Bauhaus a Dessau (1926): una superficie continua che dissolve i confini tra interno ed esterno. Questa logica di sincerità costruttiva e leggibilità visiva si traduce anche negli oggetti progettati all'interno della scuola. Emblematica è la lampada MT8 di Wilhelm Wagenfeld e Carl Jakob Jucker (1924), un'icona del Bauhaus in cui il vetro opalino e i dettagli metallici esprimono un rigore tecnico e funzionale (Wingler, 1969).



<sup>18</sup>. Scheerbart vedeva nel vetro un mezzo per trasformare non solo l'architettura ma la società stessa.

<sup>19</sup>. Behne, critico e teorico tedesco, interpretava la trasparenza come liberazione dai simboli di potere e monumentalità della borghesia, proponendo un'estetica più leggera e democratica.

<sup>20</sup>. gruppo di architetti espressionisti (1919-1920), guidati da Bruno Taut, immaginavano in modo visionario edifici in vetro che incarnassero purezza spirituale e rinnovamento dopo la Prima guerra mondiale.

<sup>21</sup>. Il principio afferma che la forma di un edificio o di un oggetto deve derivare direttamente dalla sua funzione, eliminando ornamenti e decorazioni non necessarie.



AEG Turbinenfabrik, Peter Behrens, 1909, Berlino. (sopra)  
Facciata del Bauhaus, scuola di arte e design, 1925, Walter Gropius. (a sinistra)  
Lampada da tavolo MT8, Carl Jakob Jucker e Wilhelm Wagenfeld, Weimar, Germania. (in alto a destra)



Ma è soprattutto Ludwig Mies van der Rohe a portare la trasparenza modernista alla sua espressione più radicale e poetica. Prima, con l'elaborazione, rimasta solo su carta, dei due progetti per grattacieli in vetro con struttura metallica (Berlino, 1922)<sup>22</sup> e poi, nei suoi edifici, come il Padiglione di Barcellona (1929) o casa Tugendhat (1930), dove lo spazio si apre, si svuota e si lascia attraversare dalla luce (Stach, 2018; Blaser, 1997). L'architettura diventa uno scheletro visibile, la struttura è leggibile, le giunzioni sono esposte e in questa visione, la trasparenza è chiarezza di funzione, quindi un rifiuto dell'opacità storicista e del decoro borghese.

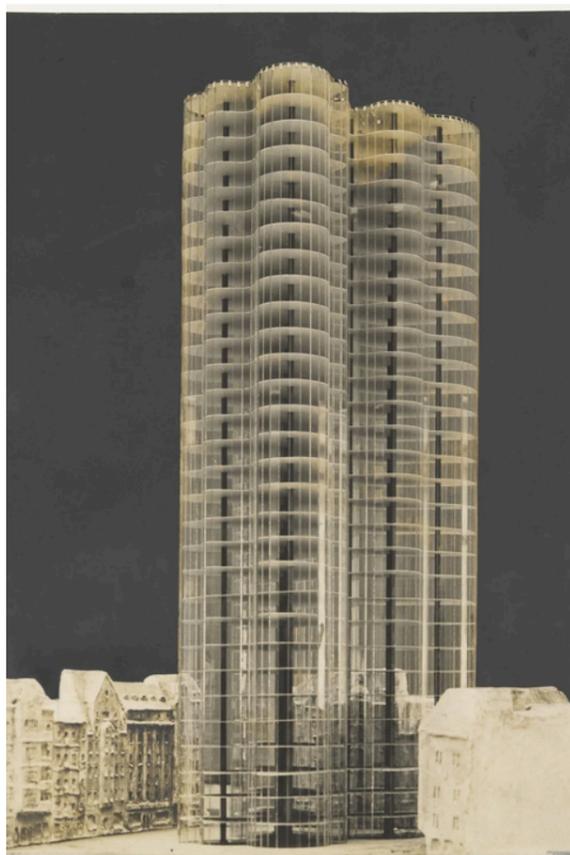
Non a caso, Mies parla spesso di "pelle e ossa" ("Skin and bones") per definire i suoi edifici: il vetro è la pelle più sottile, quella che non nasconde ma rivela, che protegge senza separare.

Questa etica della trasparenza trova la sua espressione massima nella Farnsworth House<sup>23</sup> (1945-1951), forse l'opera più iconica di Mies van der Rohe. Una casa completamente vetrata, sollevata dal suolo, composta da pochi elementi essenziali: una struttura in acciaio verniciato di bianco, due solai sospesi in travertino e una scatola trasparente che li unisce.

Qui la trasparenza è un atto radicale, la casa si apre totalmente sul paesaggio circostante, annulla ogni barriera tra interno ed esterno e la trasparenza attraversa anche la coscienza dell'abitare. In un certo senso, si può leggere come il primo segnale estremo di quella tensione ideale che già Paul Scheerbart auspicava nelle sue visioni letterarie.

Parallelamente, la poetica della trasparenza si riflette anche nel design degli oggetti.

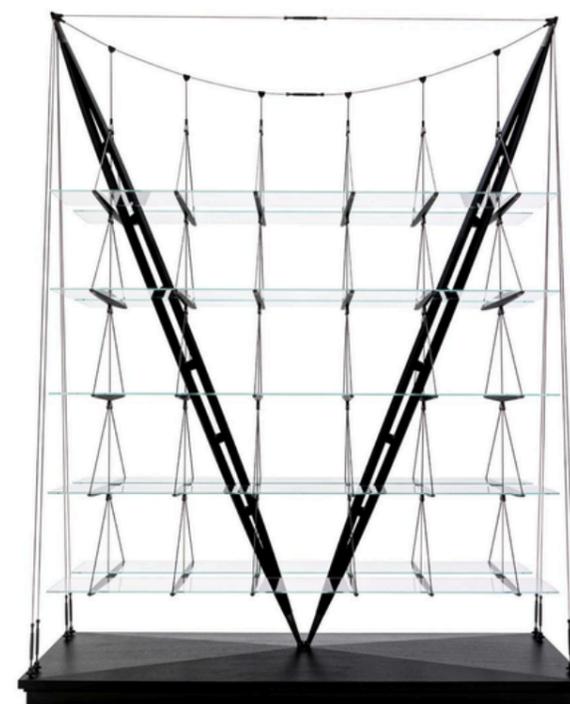
Negli stessi decenni, materiali come il vetro e le prime plastiche trasparenti, ad esempio la celluloida e l'acetato, iniziano a essere sperimentati nella produzione di accessori, contenitori, lampade da laboratorio, arredi in vetro tubolare e altri oggetti d'uso quotidiano. Questi oggetti portano nel microcosmo domestico lo stesso spirito del progetto architettonico modernista: essenzialità, razionalità, esposizione della struttura. In entrambi i casi, la trasparenza non è decorazione, ma rivelazione.



**22.** Questi progetti, mai realizzati, sono considerati pionieristici: per la prima volta un grattacielo veniva concepito come volume quasi interamente trasparente, prefigurando l'estetica dei curtain wall del dopoguerra.

**23.** La trasparenza assoluta ha reso l'abitazione un manifesto teorico, ma ha suscitato anche aspre critiche per la mancanza di privacy e la difficoltà di abitabilità quotidiana.

Progetto grattacieli di Berlino (Friedrichstraße Skyscraper), Ludwig Mies van der Rohe, 1921 (a sinistra)  
Padiglione di Barcellona (Barcelona Pavilion), Ludwig Mies van der Rohe e Lilly Reich, Barcellona, 1929 (sopra)  
Farnsworth House, L. Mies van der Rohe, Illinois, USA, 1946-51 (sotto)



Vaso Savoy, Alvar Aalto, Iittala, 1936 (in alto a sinistra)  
 Tavolino Barcelona, Ludwig Mies van der Rohe, 1929 (in alto a destra)  
 Tavolino E-1027, E. Gray, ClassiCon, 1927 (in basso a sinistra)  
 Libreria Veliero, Franco Albini, Cassina, 1940 (in basso a destra)

A questi si affiancano, nel tempo, oggetti che rafforzano la relazione tra trasparenza, struttura e leggerezza come il celebre vaso Savoy di Alvar Aalto (1936), che pur essendo realizzato in vetro soffiato trasparente rompe la simmetria razionale e introduce un'idea di fluido organicismo.

Il tavolino Barcellona<sup>24</sup> di Mies van der Rohe (1929) o il tavolino E-1027 di Eileen Gray (1927) che con il suo piano in vetro e struttura metallica regolabile, incarna quella volontà modernista di visibilità funzionale (Sparke, 1986), flessibilità e leggerezza visiva. O ancora, la libreria Veliero di Franco Albini (1940), in cui la tensione tra corde e mensole in vetro sospeso regalano allo sguardo di chi la osserva, una sensazione di libertà e trasparenza visiva, potendo portare l'occhio oltre la struttura. Un'altra risposta materica che si configura nel XX secolo è il vetrocemento, un materiale né completamente opaco, né pienamente trasparente, costituito da blocchi di vetro incastonati in una matrice cementizia. Tra i primi a intuirne le potenzialità espressive vi è

Pierre Chareau, che nella Maison de Verre (Parigi, 1928-1932), ne fa un elemento cardine del progetto. La facciata muta con il variare della luce esterna, restituendo un interno protetto e mutevole.

Tant'è che per Sigfried Giedion, storico dell'architettura e autore del fondamentale *Space, Time and Architecture* (1941), l'uso del vetro e la dissoluzione delle pareti tradizionali non rappresentano solo una svolta tecnica, ma incarnano una nuova visione del mondo e dello spazio: più aperto, dinamico e continuo. La trasparenza diventa così metafora di un'architettura che si fa strumento di connessione tra i linguaggi del tempo moderno (Giedion, 1941).

<sup>24</sup> Disegnato per il Padiglione di Barcellona



Maison de Verre, Pierre Chareau con Bernard Bijvoet, Parigi, 1928-1932

#### 1.4.6 Dal dopoguerra agli anni Settanta: Dal vetro al boom delle plastiche

A partire dagli anni Trenta del Novecento, la trasparenza si emancipa definitivamente dal solo dominio del vetro, per espandersi verso materiali innovativi che ne imitano, estendono o reinventano le proprietà. L'invenzione e la diffusione di polimeri sintetici, come il polimetilmetacrilato (meglio noto come Plexiglas)<sup>25</sup> e il policarbonato, segna un punto di svolta nella produzione industriale (Meikle, 1995; Mossman, 1997). Questi nuovi materiali, derivati da processi chimici, si inseriscono rapidamente nei settori più disparati: dall'arredamento al design di prodotto, dall'automotive all'architettura, fino alla comunicazione visiva. La trasparenza non è più un privilegio elitario, ma diventa accessibile e democratica.

Nel Secondo dopoguerra, il boom della plastica accompagna la crescita economica e l'affermarsi di una nuova società dei consumi. La produzione è spinta da una modernità domestica, si inizia a produrre su grande scala diversi oggetti d'uso quotidiano come caraffe, contenitori, lampade o si gioca a sperimentare con arredi trasparenti, come le sedute in acrilico e le superfici lucide dei mobili modulari.

Designer come Eero Aarnio o Gae Aulenti esplorano nei loro progetti le possibilità ludiche ed espressive di questi nuovi materiali, sfruttandone, le curvature fluide e la possibilità di cromatismi interni (Sparke, 1986).

Ne sono esempi la Bubble Chair (1968), una seduta sospesa in acrilico trasparente che gioca con la luce e lo spazio in modo immateriale e la celebre Lampada Pipistrello (1965) con diffusore in metacrilato.

Parallelamente, l'uso di materiali trasparenti negli strumenti scientifici e tecnologici come microscopi, beute, visiere, involucri elettronici, conferisce alla trasparenza un'aura di precisione, controllo e leggibilità.

E negli stessi anni si sviluppano alcuni dei pezzi di design più iconici del panorama italiano come la lampada Taccia (1962) dei fratelli Castiglioni, caratterizzata dal famoso riflettore in vetro soffiato o le collezioni di lampade e stoviglie in vetro di Murano disegnate per la vetreria Venini sia da Carlo Scarpa sia da Gio Ponti.

Bubble Chair, Eero Aarnio, Adelta 1968

<sup>25</sup> Il Plexiglas, brevettato negli anni '30 e impiegato inizialmente in ambito militare come per oblò di aerei e periscopio, si diffuse nel dopoguerra in oggetti quotidiani e arredi grazie alla sua leggerezza e resistenza agli urti.





Lampada Pipistrello, Gae Aulenti, Martinelli Luce, 1965 (sopra)  
Lampada Taccia, Achille e Pier Giacomo Castiglioni, Flos,  
1962 (a sinistra)



Stoviglie in vetro di Murano, Carlo Scarpa, Vetreria Venini, anni '60 (sopra)  
Lampadario in vetro, Gio Ponti, Vetreria Venini, anni '60 (a sinistra)



**26.** Il "Pirellone", alto 127 metri, fu per anni il simbolo della Milano moderna con la sua struttura in calcestruzzo armato e le facciate vetrate che rappresentavano il connubio tra innovazione tecnologica e immagine di una nazione in crescita economica.

**27.** L'edificio, noto anche come Beaubourg, è concepito come una "macchina culturale". La struttura portante e gli impianti sono portati all'esterno, liberando spazi interni flessibili e riconfigurabili.

A quest'ultimo si deve anche la progettazione del Grattacielo Pirelli di Milano<sup>26</sup> (1956–1960), in collaborazione con Pier Luigi Nervi: un'operamanifesto in cui le superfici vetrate diventano espressione di trasparenza strutturale e culturale, incarnando l'idea di un'Italia moderna e verticale (Johnson & Hitchcock, 1932; Sparke, 1986).

Ponti porta gli stessi principi anche su piccola scala, e come risultato ne esce la Pirellina (1967) una lampada da tavolo in vetro curvato e metallo. È questo periodo di fermento e innovazione che la trasparenza diventa sempre più una questione progettuale.

Tuttavia, a partire dagli anni Settanta, l'ideale modernista di una trasparenza portatrice di chiarezza, razionalità e sincerità costruttiva inizia a mostrare i suoi limiti. La crescente complessità delle città contemporanee, unita a un nuovo clima culturale più critico e disilluso, mette in discussione l'equivalenza tra trasparenza materiale e trasparenza di significato. È in questo contesto che emergono architetture radicali, capaci di problematizzare il concetto stesso di trasparenza, spostandolo dal piano visivo a quello concettuale.

Un esempio eclatante si manifesta a Parigi con la realizzazione del Centre Pompidou<sup>27</sup> (1977), progettato da Renzo Piano e Richard Rogers. Oggi celebrato come uno dei musei più iconici e frequentati al mondo, l'edificio fu inizialmente oggetto di forti polemiche e resistenze, accusato di generare confusione visiva e di rompere bruscamente con l'estetica urbana tradizionale (Sparke, 1986). Infatti, la radicalità dell'intervento non risiede tanto nella trasparenza materica, quanto nella scelta di rendere trasparente il funzionamento stesso dell'architettura. Tutti gli elementi tecnici e impiantistici, normalmente nascosti, vengono deliberatamente esposti all'esterno, aprendo ad un nuovo tipo di trasparenza, quella concettuale. L'intelaiatura logica del progetto viene messa a nudo, rendendo leggibile e accessibile ciò che di norma resta opaco, una dichiarazione esplicita che ribalta la convenzione tra interno e involucro.



Grattacielo Pirelli, Gio Ponti con Pier Luigi Nervi e Arturo Danusso, Milano, 1956–1960. (in alto)  
Lampada Pirelli & Pirellina, Gio Ponti, FontanaArte, 1967 (in basso)



Centre Pompidou. Renzo Piano e Richard Rogers. Parigi.  
1971-1977.

#### 1.4.7 Postmodernità (anni '80-'90): pluralità di linguaggi e materiali trasparenti

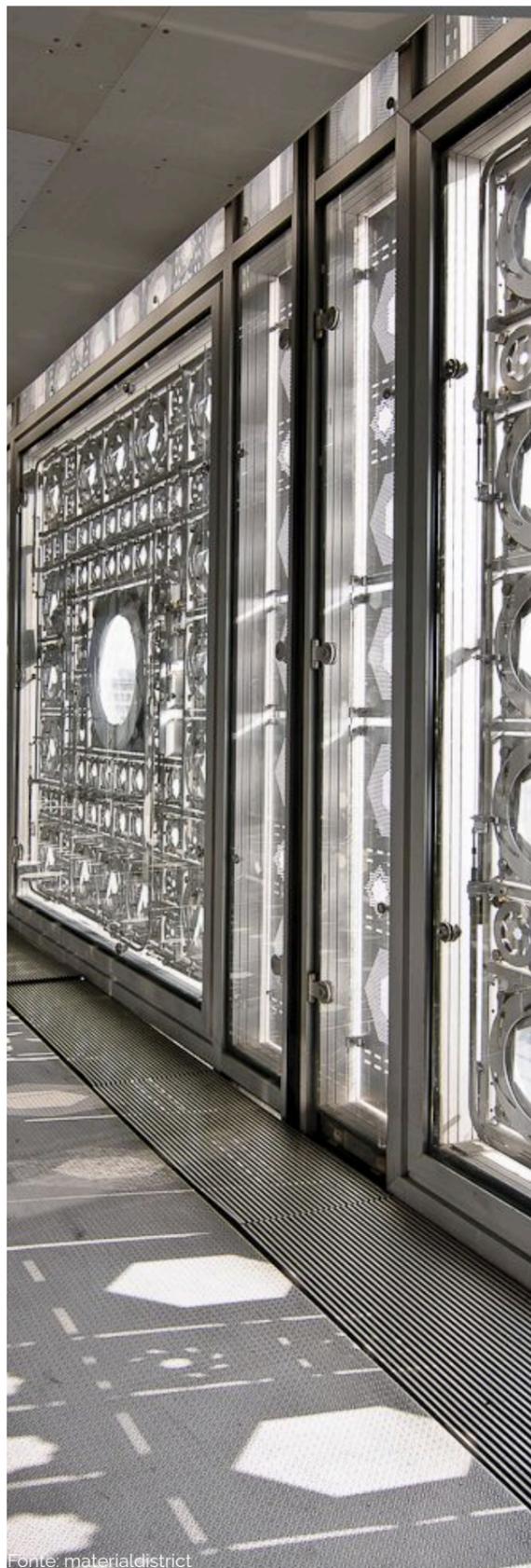
Segnati da questo passaggio, negli anni '80 e '90, la trasparenza nel design assume connotati nuovi e spesso ambigui<sup>28</sup>, distaccandosi dalla visione modernista che la collegava a valori di sincerità costruttiva, razionalità e progresso. Nella stagione postmoderna, la trasparenza si carica di significati più complessi, talvolta contraddittori, divenendo un linguaggio per smascherare le illusioni del funzionalismo e per indagare i limiti della percezione. Nel campo del design, questo periodo segna l'ingresso di una trasparenza giocata per ironia e decorazione, che mette in discussione le certezze del progetto lineare e oggettivo. Nel 1981 nasce il gruppo Memphis<sup>29</sup>, fondato da Ettore Sottsass, che propone un design radicale, narrativo, pop e volutamente anti-funzionale (Sottsass, 1981; Branzi, 1984). Alcuni oggetti simbolo di quegli anni come i set di vasi in vetro soffiato policromo,



disegnati anche per Venini, introducono una trasparenza tecnica e fortemente espressiva, partecipando ad una grammatica visiva che mescola citazioni, ironia e stratificazioni di senso. Nel 1987, Cini Boeri disegna per Fiam la poltrona Ghost<sup>30</sup>, un'icona assoluta della trasparenza scolpita nel vetro curvato. L'oggetto sorprende per la sua monolitica impalpabilità: una seduta interamente realizzata in lastra di vetro dallo spessore imponente, piegata in un unico gesto tecnico ed estetico. Nel 1991, Shiro Kuramata realizza il lavabo freestanding, un oggetto emblematico, quasi scultoreo ma comunque funzionale, che combina trasparenza e un'estetica eterea ottenendo quell'effetto contraddittorio di cui si parlava in precedenza. Qualche anno dopo, nel 2002, Philippe Starck rielabora la nozione di trasparenza in chiave più pop e accessibile con la sua Louis Ghost per Kartell. Realizzata in policarbonato trasparente stampato a iniezione, la sedia riproduce ironicamente le linee neobarocche delle



Vasi in vetro di Murano, E. Sottsass, Venini, anni '80. (sinistra)  
Lavabo Freestanding, S. Kuramata, Cappellini, 1991. (sinistra)  
Poltrona Ghost, Cini Boeri, Fiam Italia, 1987. (destra)



Fonte: materialdistrict

sedute Luigi XV, ma le svuota di ogni gravità storica, rendendole immateriali, replicabili e industriali (Starck, 1993). Anche il lavoro dell'architetto Jean Nouvel, in particolare con l'Institut du Monde Arabe (1987), mostra un uso sofisticato della trasparenza: le facciate<sup>31</sup> si aprono e si chiudono come diaframmi, creando un'architettura cinematografica, dove il rapporto tra luce e superficie è mutevole e attivo (Nouvel, 2002). In sintesi, la trasparenza negli anni '80 e '90 si emancipa dal suo statuto "funzionale" per diventare libera espressione. Un modo per riflettere non solo sulla luce o sui materiali, ma sulla complessità del vedere<sup>32</sup>, sul ruolo del design come veicolo di narrazione e sul progetto come costruzione consapevole di ambiguità.



Louis Ghost Chair, Philippe Starck, Kartell, 2002 (a destra)  
Institut du Monde Arabe, Jean Nouvel con Architecture-Studio, Parigi, 1981-1987 (a sinistra)



**28.** In contrapposizione al Modernismo, il Postmodernismo usa la trasparenza come un linguaggio ambiguo e stratificato, capace di ironizzare sulle certezze razionaliste.  
**29.** Il collettivo Memphis (1981-1987) rivoluzionò il design con oggetti colorati, irriverenti e narrativi, sfidando il concetto fondante di "funzione" come unico criterio progettuale.  
**30.** La Ghost, realizzata con un'unica lastra da 12 mm, è la prima poltrona al mondo interamente in vetro curvato.  
**31.** La facciata riprende i "moucharabieh" arabi.  
**32.** Il design postmoderno invita a interrogarsi sul "che cosa" si vede, ma ancor di più sul "come" lo si vede. In questo senso la trasparenza si fa metafora critica della percezione e della cultura visiva.

#### 1.4.8 – La trasparenza dopo il postmoderno: fluidità, ibridazione, tecnologia

Dalla fine degli anni Novanta, la trasparenza nel design si rinnova abbracciando una dimensione più fluida e stratificata. Lontana sia dalla severità modernista che dall'ironia postmoderna, si fa materia ambivalente, capace di evocare immaterialità, leggerezza e trasformazione, ma anche precisione, controllo e interattività.

I materiali trasparenti tradizionali, come il vetro e il metacrilato, vengono affiancati o reinterpretati attraverso tecnologie di lavorazione avanzate, come l'estrusione a strati, la termoformatura spinta, la fotoincisione e l'uso di additivi ottici. Emergono superfici traslucide, filtranti, cangianti, che non si limitano a mostrare ma modulano la luce e la visione. Accanto ai polimeri consolidati come il policarbonato o il PMMA, si affermano materiali innovativi come resine epossidiche trasparenti, poliuretani traslucidi, vetri stratificati a bassa riflettanza, film adesivi tecnici, compositi vetro-acrilico e materiali intelligenti capaci di reagire alla luce, al calore o alla pressione. Numerosi progetti contemporanei dimostrano un uso consapevole e poetico di queste possibilità. Un esempio sono i cristalli acrilici "Water Bodies" prodotti da Luxface (Luxface, 2010) che rappresentano paesaggi liquidi e stratificati, scolpiti in Lucite trasparente, con un'elevata resa luminosa e sensoriale. In ambito domestico, le valigie rigide di Crash Baggage reinterpretano il policarbonato trasparente antiurto con un'estetica "danneggiata" e autoironica (Crash Baggage, 2013), che espone il contenuto in modo diretto e disinvolto. Le resine epossidiche trovano invece impiego nella produzione di superfici ibride, come nei lavori del collettivo Alcarol, dove elementi naturali (legni di recupero, minerali, lava) vengono inglobati in colate trasparenti, valorizzandone texture e imperfezioni (Alcarol, 2015).

Un'altra declinazione della trasparenza è offerta dalle sculture in acrilico colato di Frederick Hart, nelle quali forme figurative sembrano emergere come sospese in un fluido solido (Hart, 2001). Parallelamente, l'artista giapponese Tokujin Yoshioka, con la serie Water Block (2002), esplora il vetro massiccio come metafora dell'acqua solidificata, dando forma a superfici

traslucide che catturano luce e movimento (Yoshioka, 2013). Poi ci sono i film adesivi intelligenti che trovano applicazione non solo nel packaging o nella grafica su vetro, ma anche in progetti interattivi, dove l'informazione visiva viene stratificata direttamente nel materiale, aprendo a nuovi scenari di design comunicativo. Infine, anche il mondo della tecnologia di consumo ha adottato la trasparenza come cifra estetica e progettuale. Dai primi iMac G3 del 1998 (Apple Inc., 1998) ai più recenti speaker smart, lampade LED e accessori hi-tech nei quali i dispositivi rivelano volutamente i circuiti interni, trasformando la struttura tecnica in parte integrante dell'identità visiva.

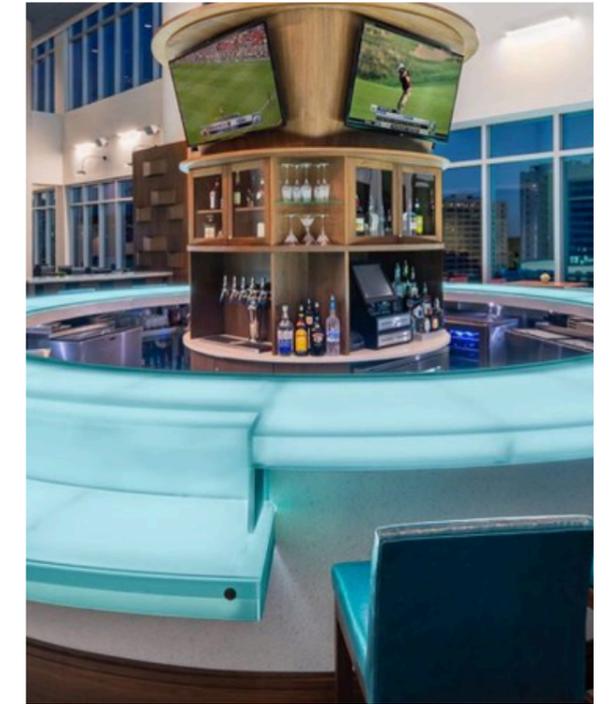
Questa nuova stagione della trasparenza si distanzia dalla funzione meramente decorativa o simbolica del passato: i materiali trasparenti diventano strumenti espressivi e tecnici per progettare l'interfaccia tra oggetto, ambiente e utente.



Trolley Lunar. Crash Baggage, dal 2013.



Tavolo in resina e legno. Collettivo Alcarol, ca. 2010 (in alto a sinistra)  
Water Bodies, Luxface, ca. 2010. (in alto a destra)  
Water Block, Tokujin Yoshioka, 2002. (in basso a sinistra)  
iMac G3, Apple, 1998. (in basso a destra)



Nel contesto contemporaneo, la trasparenza non è più soltanto una qualità dei materiali, ma diventa un fenomeno interattivo, immateriale e digitale, in cui la luce, l'informazione e l'interfaccia diventano i nuovi vettori dell'esperienza visiva. Si parla di interfaccia utente (UI), ma anche di schermi OLED, di realtà aumentata (AR), realtà mista (MR) e "schemorfismo invertito"<sup>33</sup> (Apple Inc., 2025). In questi ambienti, la trasparenza è dematerializzata, è un filtro che consente di sovrapporre dati digitali al mondo fisico, ridefinendo la nozione di "visibilità".

Nel campo dell'architettura e del product design, i materiali fotocromatici, termocromatici e OLED flessibili permettono superfici mutevoli, che si oscurano, si illuminano o diventano trasparenti in risposta a stimoli esterni.

Ne sono d'esempio i vetri elettrocromatici<sup>34</sup> impiegati da Jean Nouvel nell'edificio Fondation Cartier (Nouvel, 2002) o per la Casa H di Wiel Arets Architects (Arets, 2012), dove l'uso innovativo di questi materiali consente all'architettura di adattarsi dinamicamente all'ambiente circostante, variando le tonalità delle vetrate dal trasparente all'opaco (Chromogenics AB, 2011).

Allo stesso modo, gli occhiali fotocromatici, come i modelli Transitions® di Essilor, che si scuriscono o si schiariscono automaticamente in risposta alla luce solare, costituiscono un esempio di trasparenza adattiva nel design ottico (Essilor International, 2010). Parallelamente, la ricerca industriale ha portato allo sviluppo di vetri ultraleggeri e ultrasensibili ottenuti tramite processi avanzati di tempra chimica. Materiali come Gorilla glass fanno parte delle nuove generazioni di vetri sottili ad alta durabilità, utilizzati oggi in dispositivi elettronici, pannelli touch, applicazioni architettoniche e sistemi ottici. Si presentano con superfici limpide, elastiche e sorprendentemente robuste, capaci di coniugare purezza ottica, protezione e interattività.

Riciclabili e oggetto di continui aggiornamenti generazionali, spesso il loro utilizzo non viene nemmeno dichiarato, come accaduto per anni in molte aziende prima di renderlo pubblico, un esempio è Apple, che ha ufficializzato l'adozione di questi vetri solo nel 2012 e ne ha poi derivato

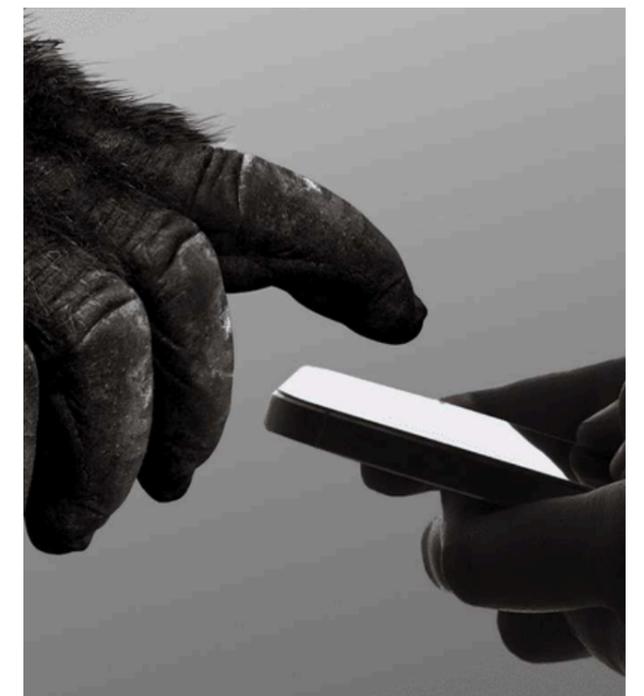
versioni evolute come il Ceramic Shield (Corning, citato in più fonti industriali).

Sempre Apple, nel Giugno 2025, introduce Liquid Glass, il nuovo 'materiale' di cui sono composti gli elementi dell'interfaccia grafica (Apple Inc., 2025). L'idea alla base del Liquid Glass deriva da quello che visivamente viene chiamato "Lensing"<sup>35</sup>, o effetto lente: quando una goccia d'acqua cade su una superficie liscia, lo spessore e la dimensione di questa goccia vengono definiti dal modo in cui la luce si deforma attraverso il liquido. Per fare ciò, un sofisticato sistema di rendering in tempo reale ridefinisce l'esperienza visiva delle interfacce grafiche sui dispositivi, creando una superficie digitale dinamica, tridimensionale e reattiva che agisce come una "pelle traslucida" dove pulsanti, icone e contenuti galleggiano su diversi layers grazie a stratificazioni, ombre, riflessi e animazioni fluide, al fine di creare un'estetica che richiama tanto la leggerezza del vetro quanto la fluidità dei liquidi. In continuità con il design esperienziale contemporaneo, il Liquid Glass ridefinisce la trasparenza non più come mera estetica o come semplice metafora della leggibilità, ma come materia progettuale autonoma, capace di generare emozione, narrazione e profondità percettiva, aprendo nuovi scenari per l'interazione tra esseri umani e interfacce digitali. Queste nuove forme di trasparenza mutevoli e reattive, raccontano l'entusiasmo della ricerca e la complessità di un periodo storico sospeso tra il visibile e l'invisibile, tra il fisico e il digitale, che spinge la nostra civiltà oltre i limiti dei nostri tempi.

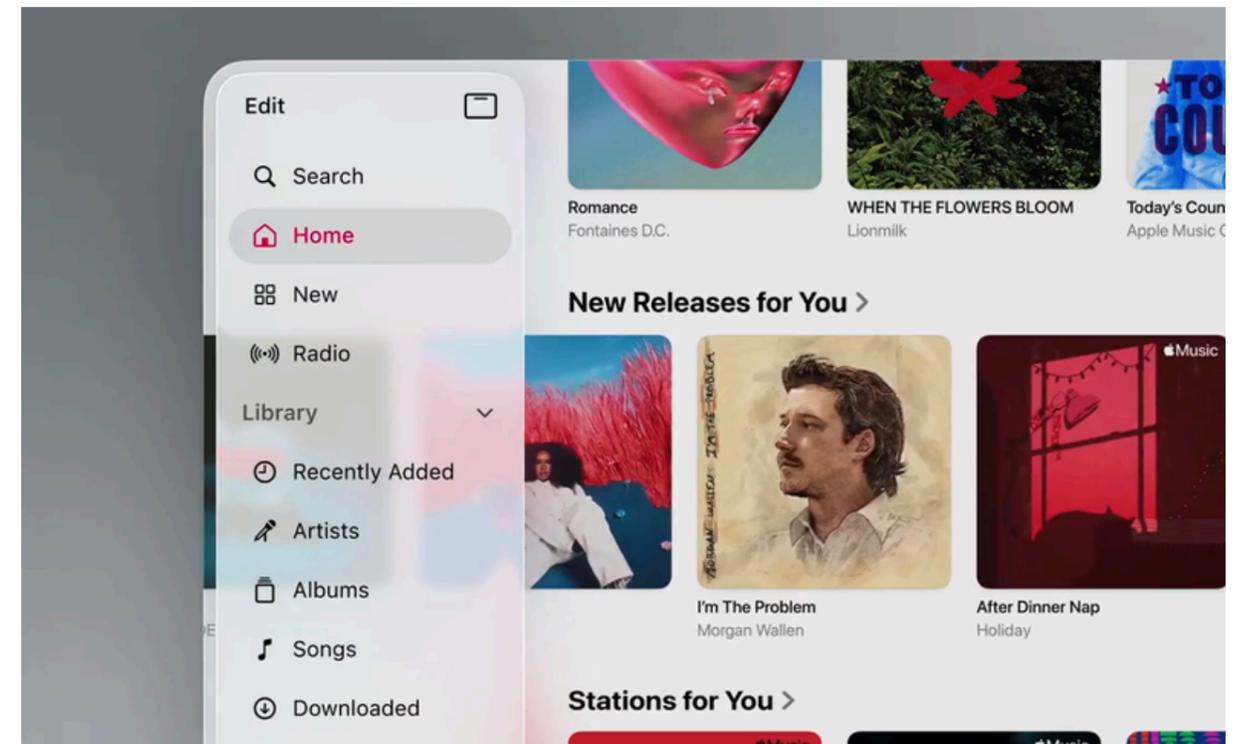
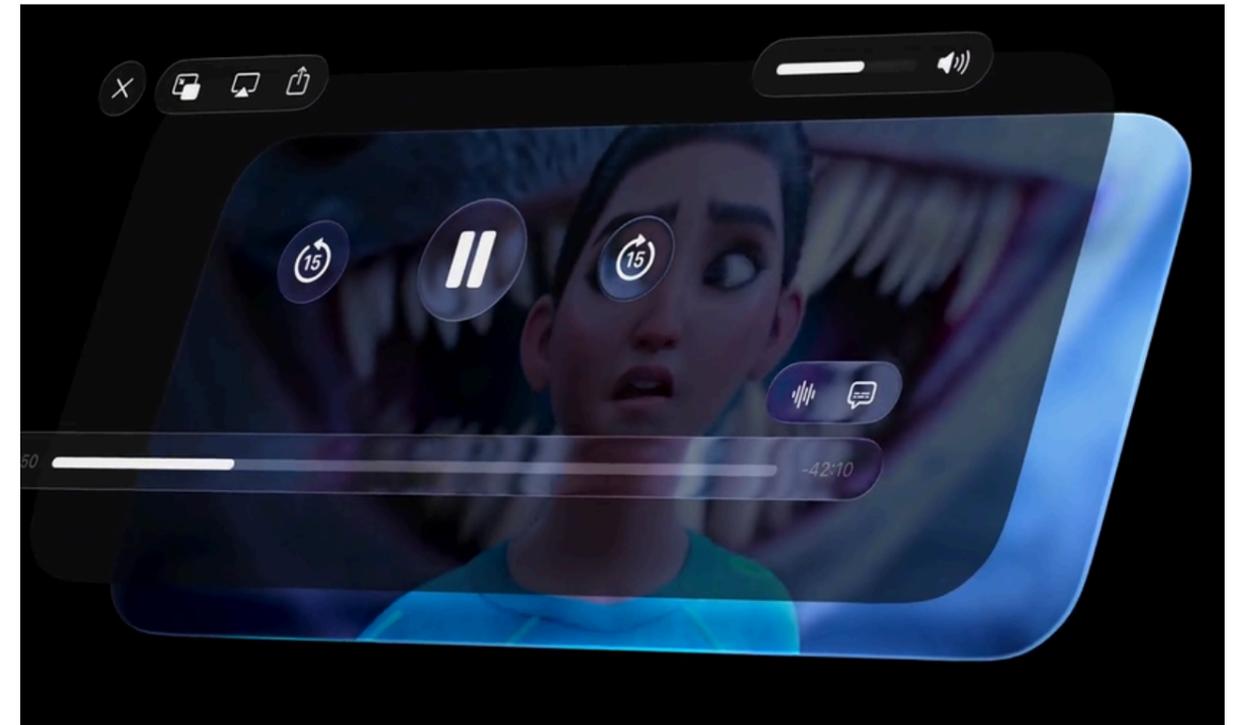
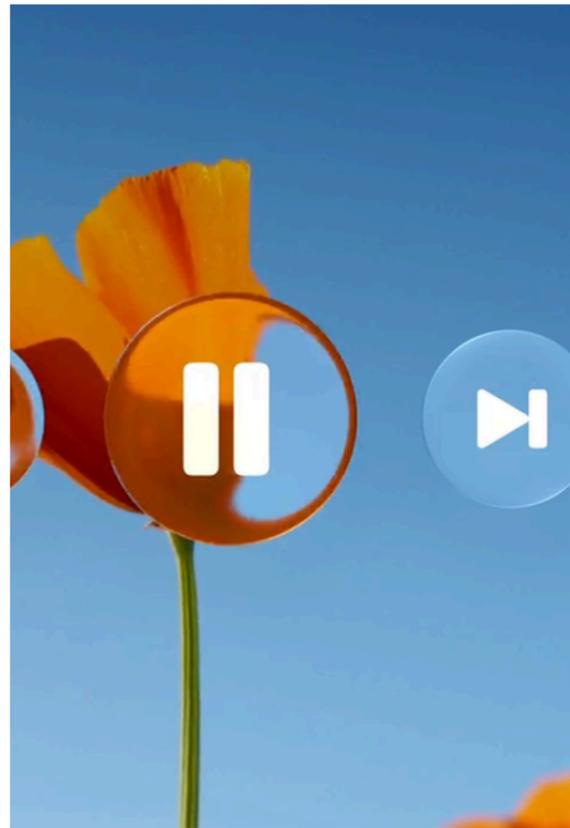
<sup>33</sup> Lo *schemorfismo invertito* sovverte l'idea tradizionale di imitazione e invece di far sembrare digitale ciò che è fisico, fa apparire immateriali e trasparenti gli oggetti digitali.

<sup>34</sup> I vetri elettrocromatici cambiano grado di trasparenza grazie a impulsi elettrici che permettono di modulare l'ingresso della luce senza ricorrere a schermature fisiche.

<sup>35</sup> Deviazione dei raggi luminosi attraverso una superficie curva che tradotto in grafica computazionale genera profondità e dinamismo.



Casa H, Wiel Arets Architects, Maastricht, Paesi Bassi. (in alto)  
Vetro protettivo Gorilla glass per smartphone, ca. 2012-2025. (a destra)  
Occhiali fotocromatici, modello Transitions®, Essilor. (sopra)



Interfaccia Liquid Glass, Apple, 2025.

# CAPITOLO 2.

## COMPRENDERE LA TRASPARENZA

Il seguente capitolo esplora la natura fisica della trasparenza ottica, analizzando i meccanismi attraverso cui la luce interagisce con i materiali e le condizioni che ne permettono o limitano la trasmissione. Dopo una panoramica sul comportamento della luce e sullo spettro elettromagnetico, vengono approfonditi i principali fattori che determinano la trasparenza: assorbimento, riflessione, scattering, indice di rifrazione, spessore e struttura interna del materiale.

Viene proposta una classificazione in tre tipologie fondamentali: trasparenza, traslucenza e opalescenza. Ciascuna legata a specifici comportamenti ottici e microstrutturali. La volontà è quella di evidenziare come la trasparenza non sia una proprietà assoluta, ma dipenda dalla lunghezza d'onda della radiazione, trovando applicazione in secondo quelle che sono le sue caratteristiche.

## 2.1 Natura della luce e interazione con la materia

La trasparenza ottica dipende dalla luce: senza luce non esiste visione, e dunque nemmeno trasparenza. Tuttavia, la luce non è un'entità semplice, ma un fenomeno elettromagnetico che si comporta in modi diversi a seconda dei materiali che incontra.

Nel campo del visibile, la luce comprende radiazioni tra circa 400 e 700 nanometri. Quando incide su un materiale, può:

- Trasmettersi, se lo attraversa;
- Essere assorbita, se l'energia viene trattenuta;
- Essere riflessa, se rimbalza sulla superficie;
- Essere diffusa, se si disperde per irregolarità o disomogeneità<sup>1</sup>.

Un materiale è detto trasparente quando la trasmissione prevale sugli altri fenomeni. Tuttavia, anche nei materiali più limpidi, una parte della luce viene assorbita o riflessa. La trasparenza è quindi sempre parziale e condizionata dalle caratteristiche ottiche e fisiche della materia (Saleh & Teich, 2007).

Comprendere la natura della luce e le sue interazioni è il primo passo per affrontare il concetto di trasparenza in modo critico e consapevole.

<sup>1</sup> La diffusione si verifica quando la luce cambia direzione a causa di irregolarità nel materiale, senza perdere necessariamente energia.

### 2.1.1 Lo spettro elettromagnetico

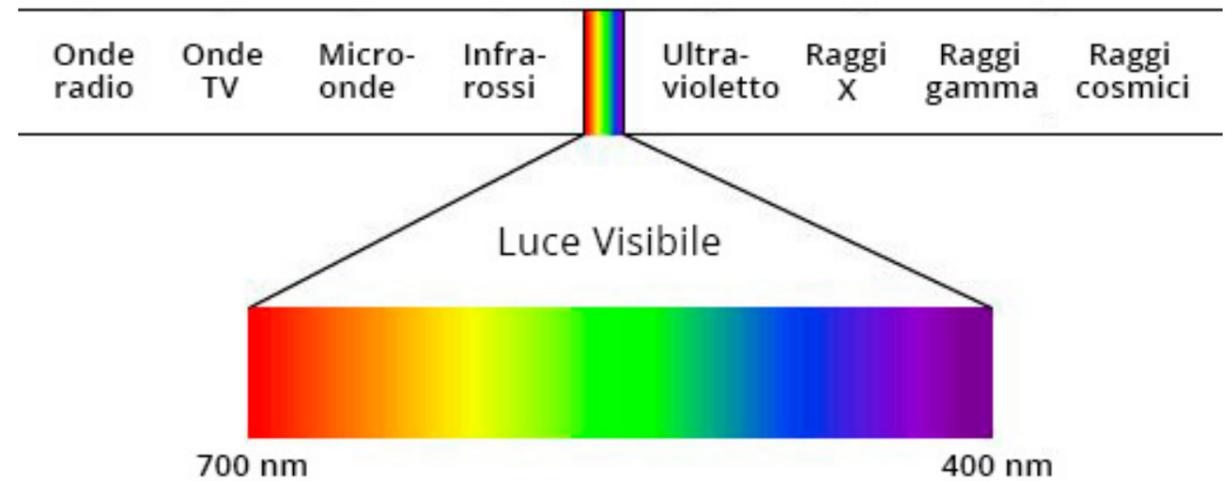
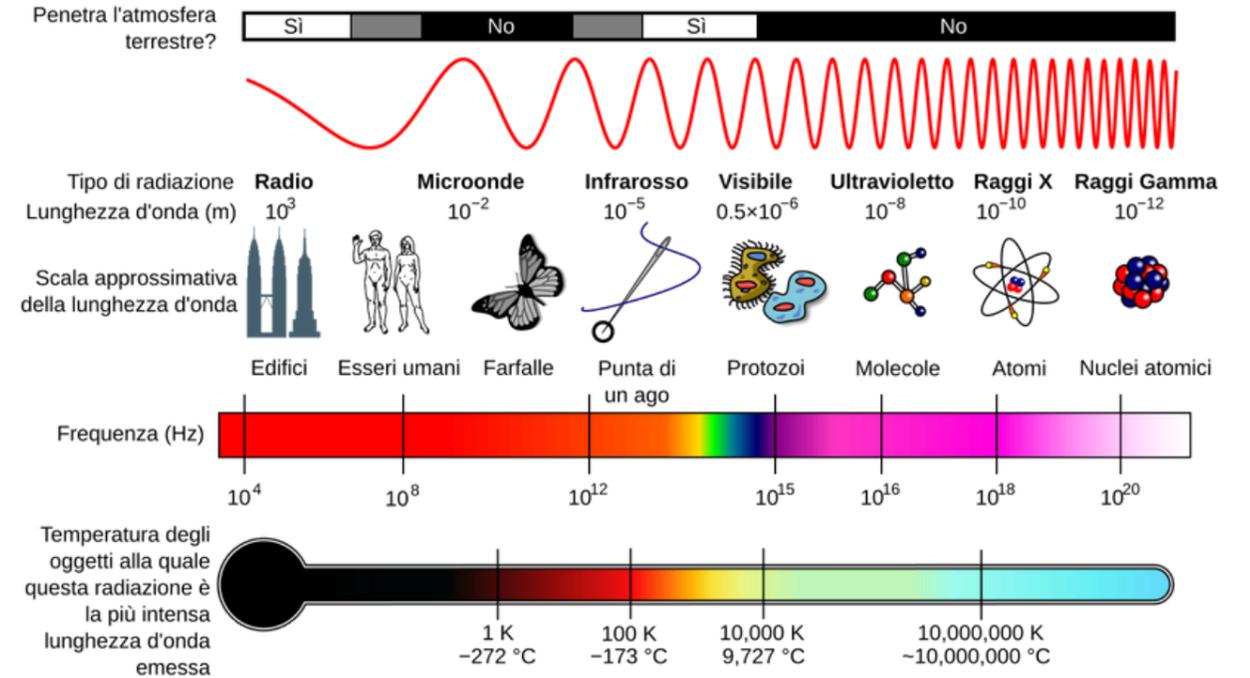
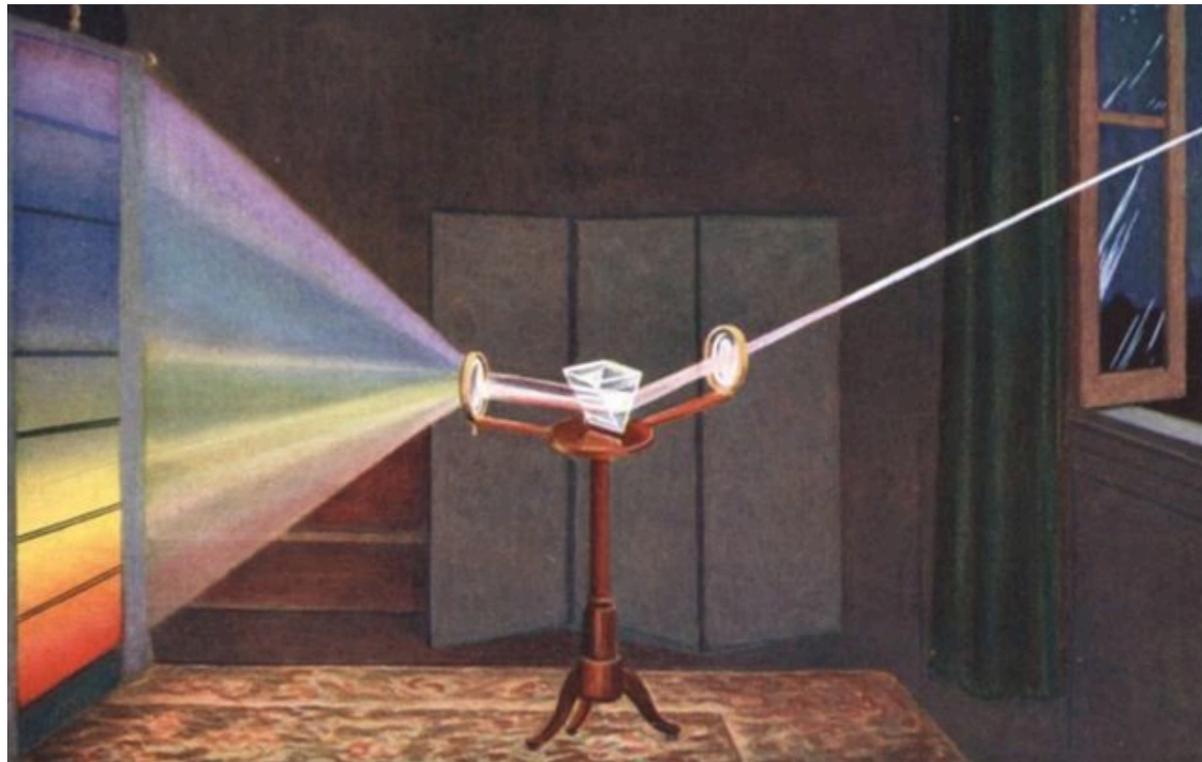
Comprendere la trasparenza richiede innanzitutto uno sguardo d'insieme sullo spettro elettromagnetico, cioè l'insieme delle radiazioni caratterizzate da natura ondulatoria e definite da due parametri fondamentali: frequenza e lunghezza d'onda (Born & Wolf, 1999). A seconda di questi valori, le radiazioni interagiscono in modi differenti con la materia, dando origine a fenomeni di assorbimento, trasmissione o riflessione.

Lo spettro si estende da onde lunghissime, come quelle radio (lunghezza d'onda dell'ordine di chilometri), fino a radiazioni ad altissima frequenza come i raggi gamma (con lunghezza d'onda inferiore a un milionesimo di millimetro). Tra queste estremità si collocano: microonde, infrarossi, luce visibile, ultravioletti, raggi X.

La luce visibile rappresenta solo una piccola porzione dello spettro, compresa tra circa 400 nm (violetto) e 700 nm (rosso). È l'unica parte che possiamo percepire direttamente, ed è quella con cui interagiscono i materiali comunemente considerati trasparenti.

Ogni regione dello spettro ha un'interazione specifica con la materia. Ad esempio, l'infrarosso è associato al calore (vibrazioni molecolari), mentre l'ultravioletto può causare ionizzazione. I materiali trasparenti alla luce visibile possono essere opachi ad altre frequenze, come nel caso del vetro che assorbe gran parte degli UV. Questo perché ogni materiale possiede una finestra di trasparenza dipendente dalla sua struttura elettronica e molecolare<sup>2</sup>.

Di conseguenza, la trasparenza non è una qualità assoluta, ma dipende dalla lunghezza d'onda della radiazione. Un materiale può essere trasparente nel visibile e opaco agli infrarossi o agli ultravioletti. Questa selettività è sfruttata anche in architettura o per prodotti quali vetri schermanti, filtri solari, pellicole selettive.



<sup>2</sup> La finestra di trasparenza è l'intervallo di lunghezze d'onda per cui un materiale risulta trasparente alla radiazione incidente.

Illustrazione (a sinistra) e schemi esplicativi dello spettro elettromagnetico (sopra).

### 2.1.2 Fotoni ed energia

La luce è un fenomeno complesso che può essere descritto sia come onda sia come particella. Nel modello quantistico, infatti, essa si comporta come un flusso di fotoni, ossia pacchetti discreti di energia. A seconda della frequenza della radiazione elettromagnetica, ogni fotone trasporta una determinata quantità di energia: maggiore è la frequenza, più corta è la lunghezza d'onda, e maggiore è l'energia associata.

Questo aspetto è centrale per comprendere la trasparenza: un materiale appare trasparente a una certa radiazione solo se non assorbe l'energia dei fotoni che lo colpiscono (Hecht, 2017).

L'assorbimento avviene quando l'energia dei fotoni corrisponde esattamente a una transizione possibile all'interno del materiale, ad esempio una transizione elettronica o vibrazionale<sup>3</sup>. Quando invece questa corrispondenza non c'è, la radiazione può attraversare il materiale senza essere modificata in modo significativo.

Per questo motivo, la trasparenza dipende dal tipo di radiazione incidente. La maggior parte dei materiali trasparenti nel visibile non lo è, ad esempio, nell'ultravioletto o nell'infrarosso, dove i fotoni hanno energie diverse e possono attivare meccanismi di assorbimento differenti. Questo spiega perché un vetro perfettamente trasparente alla luce solare può risultare opaco a una termocamera o essere efficace nel bloccare i raggi UV.

## Legge di Planck

$$E = h \nu$$

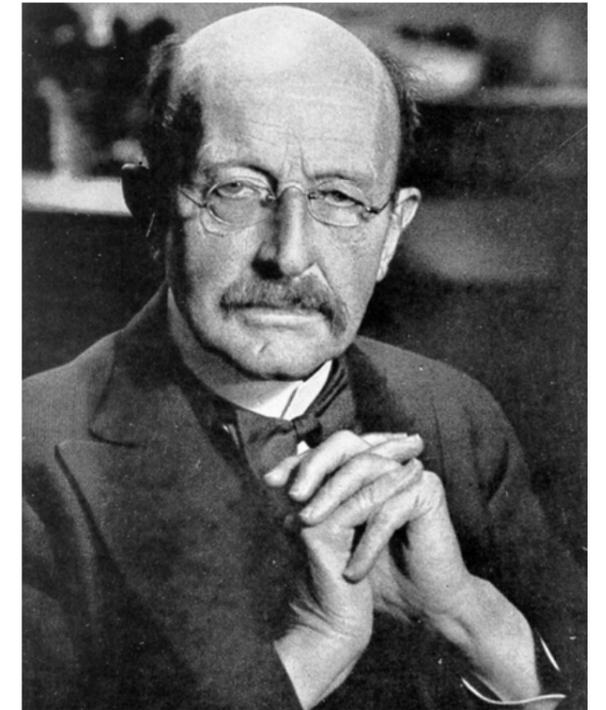
- E è l'energia del fotone (in joule)
- h è la costante di Planck (circa  $6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ )
- $\nu$  ( $\nu$ ) è la frequenza della radiazione elettromagnetica (in hertz, Hz).

*"Maggiore è la frequenza della luce (cioè più "velocemente" oscilla l'onda), maggiore sarà l'energia di ciascun fotone.*

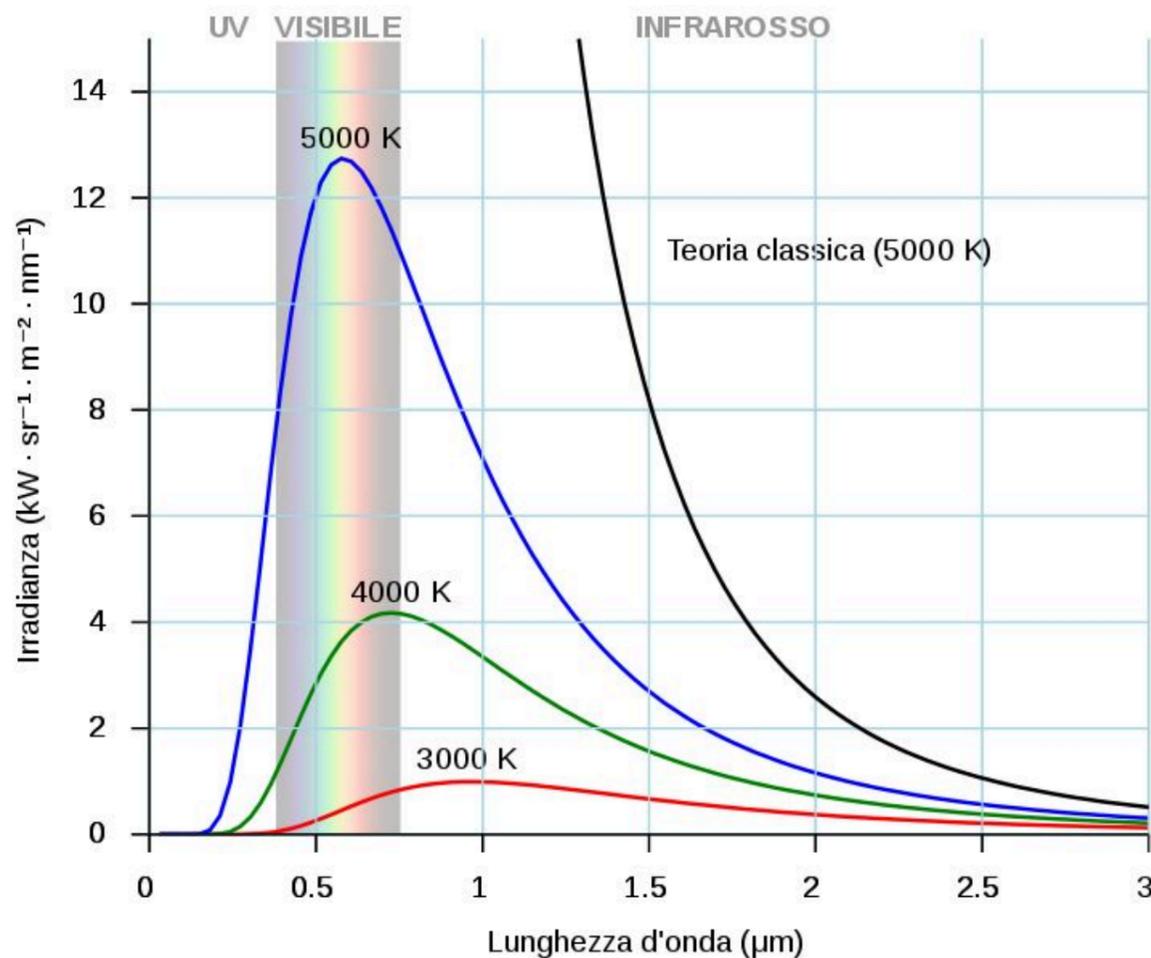
*Ad esempio, la luce ultravioletta, con alta frequenza, ha fotoni più energetici → può attivare transizioni elettroniche nei materiali → quindi viene assorbita più facilmente.*

*Mentre la luce rossa o infrarossa, a frequenza più bassa, ha fotoni meno energetici → può attraversare certi materiali senza essere assorbita → quindi i materiali possono essere trasparenti in queste bande."*

Questa relazione è fondamentale per comprendere quando e perché un materiale risulta trasparente o opaco in base alla radiazione incidente.



Marx Karl Ernst Ludwig Planck, fisico tedesco e premio Nobel nel 1918 (1858 - 1947)



<sup>3</sup> La transizione elettronica è il salto di un elettrone da un livello energetico a un altro, possibile solo con fotoni di energia ben precisa.

### 2.1.3 Assorbimento, riflessione e trasmissione

Nel momento in cui un'onda elettromagnetica e in particolare un fascio di luce visibile incontra un materiale, diversi tipi di fenomeno possono accadere, anche contemporaneamente, che determinano il destino dell'energia incidente.

I tre principali processi sono: assorbimento, riflessione e trasmissione.

La trasparenza si manifesta proprio quando la trasmissione risulta predominante rispetto agli altri due meccanismi<sup>4</sup>.

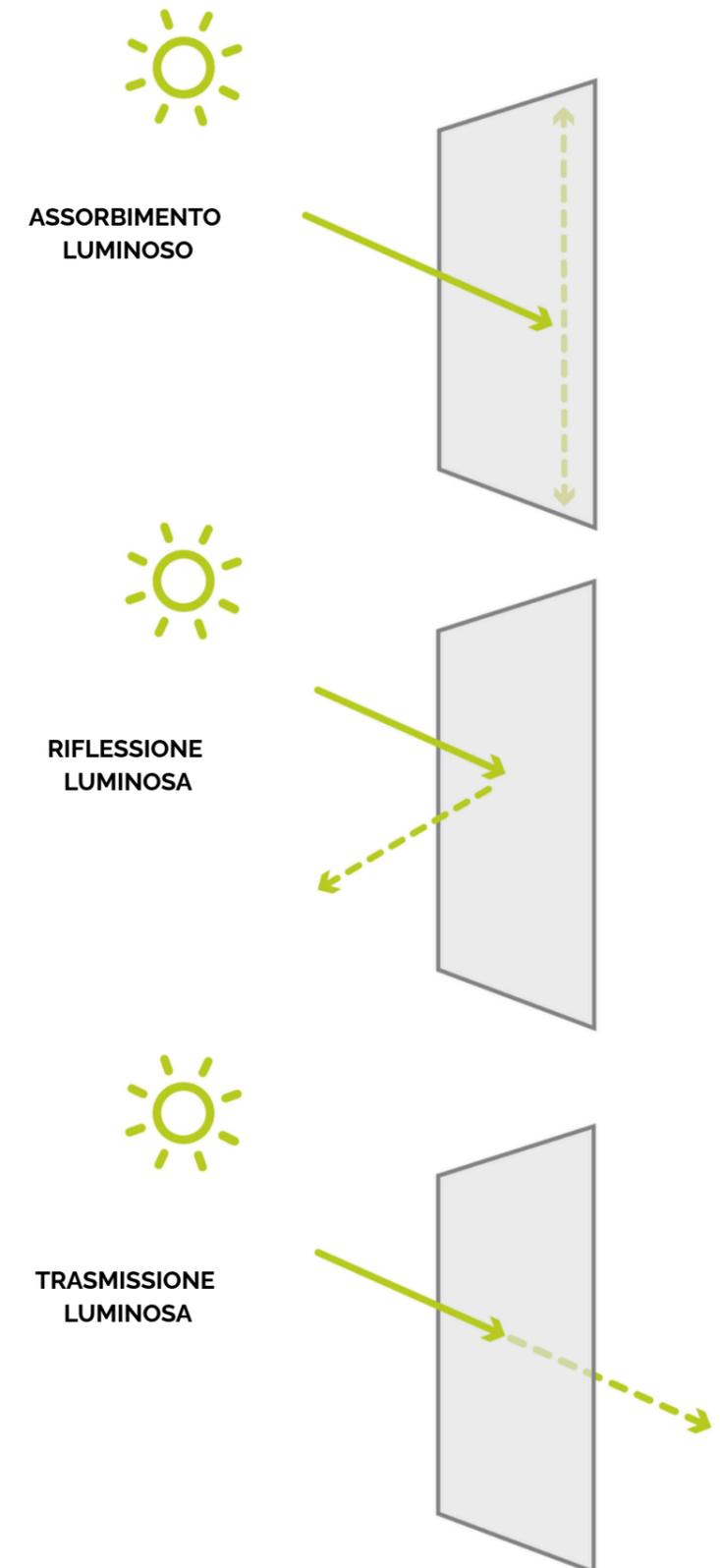
Comprendere il bilancio tra questi fenomeni è quindi cruciale per analizzare in termini fisici il concetto di trasparenza (Saleh & Teich, 2007).

L'assorbimento avviene quando l'energia della radiazione viene trattenuta dal materiale, ad esempio trasformandosi in calore. Questo accade solo se nel materiale esistono stati energetici che possono essere attivati dai fotoni in arrivo. Nei materiali trasparenti alla luce visibile, queste transizioni non sono presenti o sono molto poco probabili, quindi l'assorbimento è ridotto. Tuttavia, anche nei materiali più limpidi, una piccola parte della luce viene sempre assorbita, e lo spessore del materiale può amplificare questo effetto, facendo apparire ad esempio una lastra di vetro spessa leggermente colorata.

La riflessione è il processo per cui una parte dell'onda luminosa incidente viene respinta dalla superficie del materiale, senza penetrare nel suo interno. Si verifica in superficie, soprattutto quando c'è un salto nell'indice di rifrazione, come tra aria e vetro. Una superficie perfettamente liscia riflette in modo speculare, mentre una superficie irregolare genera riflessione diffusa<sup>4</sup>. Anche nei materiali trasparenti, una piccola parte della luce viene riflessa (tipicamente il 4-5% per ogni superficie), ma trattamenti specifici possono ridurre questa percentuale in applicazioni ottiche e tecnologiche.

La trasmissione, infine, è il passaggio della luce attraverso il materiale. È il fenomeno alla base della trasparenza, e dipende non solo dalla struttura elettronica, ma anche dalla purezza ottica e dall'assenza di difetti (Callister, 2007). Un materiale perfettamente trasparente trasmette la luce mantenendo intatta direzione e intensità; uno materiale solo parzialmente trasparente può invece alterare la luce in uscita, rendendola più debole o meno coerente.

<sup>4</sup> L'indice di trasparenza si valuta in base alla percentuale di luce trasmessa rispetto a quella incidente.



Schema illustrativo dell'interazione della luce con superfici assorbenti, riflettenti e trasmettenti

### 2.1.4 Scattering e dispersione della luce

Oltre all'assorbimento e alla riflessione, che agiscono direttamente sull'intensità della luce, esistono fenomeni più sottili che influenzano la qualità della trasparenza. Tra questi, scattering e dispersione giocano un ruolo fondamentale, modificando la direzione, la coerenza e la composizione cromatica della luce trasmessa.

#### Scattering

Lo scattering è la deviazione della luce in più direzioni durante la sua propagazione in un materiale. A livello microscopico, è provocato da disomogeneità interne: piccole irregolarità come bolle d'aria, inclusioni, microfratture o differenze locali nell'indice di rifrazione<sup>5</sup> (Pedrotti et al., 2007). Non implica necessariamente una perdita di energia luminosa, ma comporta una redistribuzione spaziale della luce. Quando tale diffusione è significativa, la luce trasmessa perde la sua direzionalità originaria e risulta sparpagliata: il materiale può apparire torbido, lattiginoso o velato, anche in assenza di assorbimento effettivo. Anche una lieve presenza di questi elementi può causare la diffusione della luce, riducendo la nitidezza dell'immagine osservata attraverso il materiale.

Esistono diverse forme di scattering:

- Lo scattering Rayleigh si verifica con particelle molto più piccole della lunghezza d'onda della luce. È più intenso per le frequenze più alte (come il blu), ed è il motivo per cui il cielo appare azzurro<sup>6</sup> (Wikipedia, 2025).
- Lo scattering Mie riguarda invece particelle di dimensioni simili o superiori alla lunghezza d'onda. È meno selettivo rispetto al colore e più intenso nella direzione in avanti, come avviene nella nebbia<sup>7</sup>.

Questo è il principio alla base della traslucenza, distinta dalla trasparenza per la perdita di direzionalità del fascio luminoso. Materiali come il vetro sabbato o le pellicole opache fanno leva su questo effetto per generare privacy o diffusione luminosa.

#### Dispersione

La dispersione riguarda il comportamento della luce in funzione della sua composizione cromatica. In molti materiali, la velocità della luce cambia con la lunghezza d'onda, quindi ogni colore si propaga con un'inclinazione leggermente diversa<sup>8</sup> (Born & Wolf, 1999). Questo porta alla scomposizione della luce bianca nei suoi componenti spettrali, come accade in un prisma.

Anche se la dispersione non riduce l'intensità della luce né la devia in modo casuale, può alterarne la resa visiva. In applicazioni ottiche, una dispersione eccessiva può causare aberrazioni cromatiche, sfocature e colorazioni spurie (Jenkins & White, 2001). È per questo che materiali destinati alla costruzione di lenti, vetrate tecniche o fibre ottiche devono avere dispersioni contenute.

Un parametro tecnico utile per valutare la dispersione è il numero di Abbe, che quantifica quanto l'indice di rifrazione varia tra colori diversi. Più questo numero è alto, più il materiale è "fedele" nella trasmissione della luce bianca<sup>9</sup>.

Anche se nascono da principi differenti, scattering e dispersione possono agire congiuntamente nel modificare la trasparenza visiva. Un materiale può essere tecnicamente trasparente, nel senso che non assorbe né riflette in modo significativo, ma risultare comunque non limpido, se la luce viene eccessivamente diffusa o cromaticamente scomposta.

<sup>5</sup> Le disomogeneità ottiche sono piccole imperfezioni nel materiale che alterano l'indice di rifrazione in zone locali.

<sup>6</sup> Il blu viene diffuso più efficacemente dell'arancione o del rosso nell'atmosfera terrestre.

<sup>7</sup> Le goccioline d'acqua nella nebbia hanno dimensioni simili alla lunghezza d'onda della luce visibile.

<sup>8</sup> Variazione della velocità della luce: nei materiali dispersivi, la luce rossa e quella blu viaggiano a velocità diverse.

<sup>9</sup> Il numero di Abbe è valore numerico che indica la dispersione di un materiale ottico; più è alto, migliore è la qualità ottica.



Scomposizione della luce attraverso un prisma



Per ottenere un alto grado di trasparenza funzionale<sup>10</sup>, è essenziale limitare entrambi i fenomeni (Wikipedia, 2025).

Ciò si ottiene attraverso la purezza chimica del materiale, la regolarità microstrutturale e l'eliminazione di inclusioni, difetti e transizioni di fase.

In sintesi, un materiale veramente trasparente non solo trasmette la luce, ma lo fa in modo coerente, uniforme e neutro, senza diffonderla né modificarne la composizione spettrale. Solo attraverso il contenimento simultaneo di scattering e dispersione, oltre che dell'assorbimento e della riflessione, si può ottenere una trasparenza che sia non solo fisica ma anche percettiva, ovvero corrispondente alla chiarezza e fedeltà visiva attesa.

Mayday, Konstantin Grcic, Flos, 1999. Lampada in Polipropilene (PP) stampato a iniezione. (a sinistra)

<sup>10</sup>. La trasparenza funzionale è la capacità di un materiale di mantenere prestazioni ottiche ottimali nelle condizioni d'uso previste.



## 2.2 I fattori fisici che determinano la trasparenza

La trasparenza ottica di un materiale non dipende unicamente dalla sua natura chimica, ma è il risultato di una combinazione di fattori fisici che influenzano il comportamento della luce durante l'interazione con la materia (Hecht, 2017).

Anche materiali dello stesso tipo possono presentare gradi di trasparenza diversi in funzione della loro struttura interna, del loro stato di aggregazione o della presenza di impurità<sup>11</sup>.

Fra i principali parametri coinvolti rientrano:

1. l'indice di rifrazione
2. lo spessore
3. l'omogeneità microstrutturale

Ciascuno di questi elementi contribuisce, in modo diretto o indiretto, a determinare quanto e come la luce viene trasmessa, se viene riflessa o assorbita, e in quale misura mantiene la propria coerenza spaziale e cromatica<sup>12</sup> (Pedrotti et al., 2007).

Comprendere questi parametri è fondamentale per progettare e selezionare materiali in grado di gestire la luce in funzione delle necessità di visibilità, illuminazione o schermatura selettiva, sia in ambito tecnico che architettonico.

Prism Glass Chair, Tokujin Yoshioka, Glas Italia, 2011. Seduta realizzata in lastre di vetro extra-chiaro a spessore, lavorate con taglio e molatura prismatici. (a sinistra)

<sup>11</sup>. I materiali amorfi o cristallini influenzano la trasparenza in base alle loro strutture interne differenti, questo si intende con stato di aggregazione.

<sup>12</sup>. La coerenza spaziale e cromatica si riferisce alla stabilità della direzione e del colore della luce trasmessa.

### 2.2.1 Indice di rifrazione

L'indice di rifrazione è una proprietà ottica che descrive la velocità con cui la luce si propaga in un materiale rispetto al vuoto. Più alto è l'indice, più la luce rallenta al suo interno<sup>13</sup>. Questo rallentamento provoca una deviazione del percorso della luce quando essa entra obliquamente in un materiale, fenomeno noto come rifrazione.

Oltre a determinare la direzione della luce, l'indice influenza anche la quantità di luce riflessa alla superficie di separazione tra due materiali. Una differenza elevata tra l'indice del materiale e quello dell'aria, ad esempio, aumenta la riflessione superficiale, riducendo la luce trasmessa. È per questo che le lenti ottiche, pur essendo trasparenti, vengono trattate con rivestimenti antiriflesso (Jenkins & White, 2001). L'indice di rifrazione varia inoltre con la lunghezza d'onda della luce, un fenomeno che dà origine alla dispersione cromatica<sup>14</sup>. Materiali con bassa variazione dell'indice rispetto al colore sono preferiti quando si desidera trasparenza neutra e fedele, ad esempio nei vetri per architettura o nei supporti museali.



Schema del funzionamento del fenomeno della rifrazione

### 2.2.2 Spessore del materiale

Lo spessore di un materiale incide in modo diretto sulla trasparenza apparente del materiale stesso, ad esempio anche un materiale intrinsecamente trasparente, quindi caratterizzato da una bassa capacità di assorbire o diffondere la luce, con uno spessore elevato può diventare opaco. Questo avviene perché, aumentando la distanza che la luce deve percorrere al suo interno, crescono anche le probabilità che venga parzialmente assorbita o deviata. Questo semplice principio, fisicamente parlando, è descritto dalla legge Lambert Beer, che in poche parole dice che man mano che la luce si addentra in un materiale, questa diminuisce. Se si volesse fare un' esempio pratico, si potrebbe dire che questo fenomeno è evidente quando si mettono a confronto due lastre di spessore differente di uno stesso materiale trasparente, quello di spessore sottile apparirà più limpido e chiaro mentre quello più spesso apparirà con una tonalità più opaca e scura. In definitiva è quindi chiaro che la trasparenza dipende non solo dalla qualità ottica del materiale, ma anche dalla sua configurazione geometrica (Saleh & Teich, 2007).

Per questo motivo in applicazioni ottiche avanzate o di design, il controllo dello spessore è fondamentale per garantire la coerenza della luce trasmessa, evitare riflessioni interne e mantenere il colore desiderato.

<sup>13</sup> Indice di rifrazione: indicato con  $n$ , è definito come  $n = c/v$ , dove  $c$  è la velocità della luce nel vuoto e  $v$  nel materiale.

<sup>14</sup> La dispersione cromatica è l'indice cambia in base alla lunghezza d'onda; ciò spiega perché la luce bianca si separa nei suoi colori attraversando un prisma.





### 2.2.3 Struttura del materiale: amorfa o cristallina, disomogeneità, impurità

La struttura interna di un materiale gioca un ruolo chiave nella determinazione della sua trasparenza. A parità di composizione chimica, infatti, due materiali con diversa organizzazione molecolare possono comportarsi in modo molto diverso nei confronti della luce (Callister, 2007).

Una prima distinzione fondamentale è tra materiali cristallini e materiali amorfi. I primi sono caratterizzati da un ordine regolare e ripetitivo degli atomi, che può generare fenomeni ottici come la diffrazione o lo scattering, soprattutto in presenza di imperfezioni<sup>15</sup>. I secondi, come il vetro, non hanno un ordine a lungo raggio e risultano spesso più trasparenti, proprio perché l'assenza di una struttura periodica riduce le possibilità di deviazione o interferenza con la luce.

Tuttavia, anche i materiali amorfi non sono automaticamente trasparenti: la presenza di disomogeneità strutturali, come inclusioni, microfratture o variazioni locali di densità, può diffondere la luce in modo irregolare, generando un effetto lattiginoso o opaco<sup>16</sup>. Questo tipo di diffusione è alla base della differenza tra un materiale trasparente e uno traslucido.

Un altro fattore rilevante è la presenza di impurità chimiche, anche in tracce. Atomi o molecole estranee alla struttura principale possono introdurre livelli energetici che assorbono selettivamente alcune lunghezze d'onda della luce<sup>17</sup>, alterando la trasparenza o conferendo una colorazione indesiderata. È il caso, ad esempio, del ferro nel vetro, che può causare una tinta verdastra (Born & Wolf, 1999).

Infine, anche il processo di produzione può influire sulla trasparenza finale. Difetti introdotti durante la fabbricazione, come tensioni interne, cristallizzazioni parziali o bolle d'aria, possono compromettere la trasmissione della luce, rendendo opaco un materiale che, in teoria, sarebbe perfettamente trasparente<sup>18</sup>.

557 Series. Omer Arbel, Bocci, 2013. Installazione luminosa composta da elementi in vetro soffiato (a sinistra)

In sintesi, la trasparenza di un materiale è il risultato complesso di fattori strutturali e chimici: l'ordine molecolare, la purezza e l'omogeneità interna sono tutti elementi decisivi per garantire un passaggio della luce il più possibile lineare, coerente e privo di alterazioni percettive<sup>19</sup>.

<sup>15</sup>. I materiali cristallini, come il quarzo o i sali, gli atomi seguono uno schema regolare tridimensionale.

<sup>16</sup>. Effetto lattiginoso: la luce viene dispersa da imperfezioni interne, producendo un aspetto opaco simile al vetro smerigliato.

<sup>17</sup>. I livelli energetici introdotti da impurità facilitano l'assorbimento selettivo di specifiche lunghezze d'onda.

<sup>18</sup>. Cristallizzazione parziale: in materiali come vetri semicristallini, piccole aree cristalline possono rifrangere o diffondere la luce.

<sup>19</sup>. La trasparenza percettiva non è solo trasmissione ottica, ma anche qualità visiva percepita dall'occhio umano.

## 2.3 Le tipologie di trasparenza



La trasparenza, intesa come trasmissione della luce attraverso la materia, non si manifesta in un'unica forma. A seconda delle caratteristiche fisiche e strutturali del materiale, e del modo in cui la luce vi interagisce, è possibile osservare modalità differenti di passaggio della radiazione luminosa. Alcune permettono una visione nitida e fedele degli oggetti retrostanti, altre, invece, generano effetti di diffusione, sfocatura o colorazione, che modificano la percezione visiva<sup>20</sup> (Transparency and translucency, Wikipedia, 2025). Per affrontare in modo sistematico questa varietà di comportamenti, si distinguono tre tipologie principali:

- la trasparenza, in cui la luce attraversa il materiale mantenendo direzione e coerenza.
- la traslucenza, in cui la luce si diffonde, impedendo la visione distinta degli oggetti.
- l'opalescenza, in cui la trasmissione è accompagnata da effetti cromatici e angolari più complessi (Hecht, 2017).

Ciascuna tipologia nasce da specifiche interazioni tra luce e materia, legate a parametri come indice di rifrazione, assorbimento, scattering, purezza ottica e microstruttura interna (Nanjing University, 2018). Comprendere queste differenze è essenziale per analizzare i fenomeni ottici in chiave progettuale, e per selezionare in modo consapevole i materiali da utilizzare in contesti architettonici, tecnologici e industriali. Questa sezione si concentra dunque sull'analisi delle tre categorie, chiarendo i meccanismi fisici alla base di ciascuna e discutendo le implicazioni pratiche e applicative che ne derivano.

Per comprendere pienamente queste tipologie di comportamento ottico, è utile allargare lo sguardo alla dimensione culturale e progettuale che accompagna la trasparenza nel design contemporaneo. In questo senso, un contributo particolarmente rilevante è quello di Ezio Manzini. Nel capitolo dedicato al *fare trasparente* de "La materia dell'invenzione", l'autore interpreta la trasparenza come un vero e proprio modo di fare materia, più che come caratteristica ottica. Secondo Manzini, ogni qualità materica esprime una relazione tra tecnica e percezione, e il cosiddetto "fare trasparente" consiste nella volontà di rendere leggibile la struttura interna degli oggetti, mostrando, anziché nascondendo, il comportamento della materia. In questa prospettiva, la trasparenza diventa una forma di sincerità progettuale: la materia non simula, non maschera, ma lascia emergere la logica costruttiva che la genera. È un linguaggio che opera su due livelli: da un lato quello fisico, legato alla capacità della luce di attraversare un materiale; dall'altro quello simbolico, in cui la trasparenza comunica apertura, leggerezza e chiarezza. Questa visione risulta particolarmente attuale nel design dei materiali contemporanei, dove la trasparenza non è più solo un effetto visivo ma un valore culturale. Le ricerche attuali sui materiali innovativi e sostenibili, infatti, recuperano il senso del "fare trasparente" come gesto etico oltre che estetico: la chiarezza ottica diventa metafora della trasparenza di processo, della tracciabilità e della responsabilità ambientale. La materia, ancora una volta, racconta qualcosa che va oltre la sua fenomenologia ottica. (Manzini, 1986).

Immagine di solidi semplici in diverse accezioni di trasparenza creata con Intelligenza Artificiale. (a sinistra)

<sup>20</sup> La diffusione e la sfocatura sono causate da scattering o microstrutture che modificano il percorso della luce.

### 2.3.1 Trasparenza

La trasparenza è la condizione ottica in cui un materiale consente il passaggio della luce in modo tale da permettere una visione chiara, fedele e continua degli oggetti retrostanti. Si tratta della forma più diretta e "pura" di trasmissione luminosa, in cui la radiazione attraversa il materiale senza subire alterazioni significative nella direzione, nell'intensità o nello spettro<sup>21</sup> (Wikipedia, 2025). Perché ciò avvenga, devono essere soddisfatte alcune condizioni fisiche fondamentali. Il materiale deve innanzitutto presentare un basso assorbimento: solo una minima parte dell'energia luminosa può essere trattenuta, altrimenti la visibilità risulta compromessa. A questo si accompagna la necessità di una riflessione ridotta alle superfici e l'assenza di scattering interno, cioè quei fenomeni di diffusione causati da disomogeneità, difetti o impurità microscopiche<sup>22</sup>. L'indice di rifrazione deve essere relativamente stabile nella banda del visibile e presentare transizioni ottiche morbide, per evitare rifrazioni multiple o aberrazioni<sup>23</sup>. Anche lo spessore gioca un ruolo decisivo: un materiale trasparente può risultare attenuato o perfino colorato se troppo spesso, poiché l'assorbimento cresce con la distanza percorsa dalla luce. Un'altra condizione fondamentale è l'omogeneità strutturale. Se la microstruttura del materiale è irregolare su scala comparabile o superiore alla lunghezza d'onda della luce, si attivano meccanismi di scattering che degradano la trasparenza, portando a effetti di velatura o perdita di nitidezza. Per questo, è essenziale che le dimensioni caratteristiche interne del materiale siano molto inferiori a quelle della luce visibile. A livello microscopico, un materiale trasparente si comporta come un mezzo neutro: non devia, non assorbe e non trasforma la radiazione luminosa. Eventuali fenomeni secondari come fluorescenza o luminescenza, che potrebbero alterare direzione o spettro della luce trasmessa<sup>24</sup> (Teoria dei quanti, Wikipedia, 2025), devono anch'essi essere assenti. Dal punto di vista applicativo, la trasparenza è una qualità cruciale in numerosi

settori. In ambito architettonico, essa consente di generare continuità visiva e di sfruttare la luce naturale in modo efficiente. In ambito ottico, è alla base del funzionamento di lenti, visiere e dispositivi di precisione. Nelle telecomunicazioni, le fibre ottiche sfruttano la trasparenza per trasmettere segnali luminosi su lunghe distanze con minime perdite. Anche l'industria tecnologica ne fa largo uso, ad esempio nella realizzazione di schermi, vetri tecnici e pannelli fotovoltaici. Non meno importante è la purezza chimica del materiale: anche quantità minime di impurità possono introdurre livelli energetici in grado di assorbire selettivamente alcune frequenze dello spettro visibile (Einstein, 1905), alterando la trasparenza o causando colorazioni indesiderate. Per questo motivo, i materiali destinati ad applicazioni ottiche vengono sottoposti a controlli estremamente rigorosi e a processi di raffinazione accurati. In sintesi, la trasparenza non è una qualità spontanea o scontata, ma il risultato di un insieme complesso e delicato di condizioni ottiche, strutturali e chimiche che devono coesistere in equilibrio. È una proprietà fisica che unisce rigore scientifico ed espressività visiva, e che svolge un ruolo chiave in moltissimi ambiti del progetto contemporaneo. I materiali più emblematici sono il vetro sodico-calcico e il vetro borosilicato, ampiamente impiegati in architettura e design per la loro stabilità ottica e la possibilità di lavorazioni superficiali controllate. Accanto a questi, la famiglia delle materie plastiche trasparenti, in particolare PMMA (polimetilmetacrilato), policarbonato (PC) e PETG (polietilentereftalato glicolato), ha ampliato le possibilità formali e produttive, consentendo la creazione di superfici trasparenti leggere, resistenti e modellabili.

<sup>21</sup> Anche piccole variazioni nello spettro possono modificare la resa visiva.

<sup>22</sup> Con impurità ottiche si intendono bolle, microfratture o inclusioni alterano localmente l'indice di rifrazione.

<sup>23</sup> Le transizioni ottiche morbide riducono i fenomeni di riflessione interna o dispersione nei bordi del materiale.

<sup>24</sup> La fluorescenza emette luce a lunghezza d'onda diversa, alterando colore e intensità.



La lampada Taraxacum 88 di Achille Castiglioni per Flos è un esempio significativo, mostrata nell'immagine sopra: la struttura modulare in alluminio lucidato e le lampadine a vista

trasformano la trasparenza in linguaggio espressivo, rendendo la luce stessa parte integrante della materia.

Taraxacum 88 Suspension 1. Achille Castiglioni, Flos, 1988.



Allo stesso modo, la Invisible Table di Tokujin Yoshioka per Kartell utilizza il PMMA trasparente per ottenere l'effetto di una superficie immateriale, che scompare nello spazio e riflette la purezza ottica del materiale plastico.

Invisible Table, PMMA, Tokujin Yoshioka, Kartell, 2012.



Anche il Transparent Speaker - Black disegnato da Per Brickstad per Transparent mostra un uso tecnologico della trasparenza: la struttura in vetro temperato e alluminio anodizzato rivela i

componenti interni, trasformando la chiarezza visiva in simbolo di onestà progettuale e precisione costruttiva.

Transparent Speaker - Black, Vetro, Per Brickstad, Transparent, 2014.



Tavolo realizzato in acrilico (PMMA) e resina epossidica con sfumature cromatiche integrate nel volume. La luce non attraversa il materiale in modo netto, ma viene diffusa e modulata dalle

variazioni di densità e pigmento, generando un alone morbido e una percezione attenuata dei contorni. È un esempio di traslucenza materico-cromatica, in cui la luce diventa parte della sostanza stessa dell'oggetto.

Rahee Yoon, Horizon Table, OWN Ateliers, Seoul, 2021.

### 2.3.2 Traslucenza

La traslucenza è una condizione ottica in cui un materiale consente il passaggio della luce, ma senza permettere una visione chiara degli oggetti posti al di là della sua superficie. A differenza della trasparenza, dove la luce attraversa il materiale in modo diretto, nella traslucenza essa viene diffusa, rendendo l'immagine percepita sfocata o irriconoscibile (Hecht, 2017). Questo comportamento è legato a fenomeni di scattering interno, ossia alla deviazione della luce causata da irregolarità microscopiche nella struttura del materiale<sup>26</sup>. Tali irregolarità possono essere pori, micro-inclusioni, fibre, particelle o variazioni di densità<sup>27</sup>; tutti elementi che interrompono la propagazione lineare della radiazione e la disperdono in più direzioni. Il risultato è una trasmissione luminosa ampia e uniforme, ma senza coerenza spaziale<sup>28</sup>, che annulla la possibilità di una visione definita. Si mantiene però la percezione della luce, del colore diffuso e, in alcuni casi, della sagoma degli oggetti retrostanti (Born & Wolf, 1999). Dal punto di vista fisico, un materiale traslucido può presentare anche un certo grado di assorbimento, ma non sufficiente a bloccare la luce. La componente dominante resta la diffusione, che determina l'aspetto visivo del materiale. Questa proprietà è particolarmente utile quando si vuole illuminare senza esporre. È infatti molto impiegata in architettura per garantire privacy e comfort luminoso (es. vetri satinati, policarbonati opachi), in product design per coperture semitrasparenti, e nell'illuminotecnica per schermature e diffusori di luce artificiale<sup>29</sup>. Anche in natura esistono esempi di materiali o fenomeni traslucidi: la nebbia, alcune pelli animali sottili, oppure certi tipi di minerali. In tutti i casi, il principio rimane lo stesso: passaggio della luce senza passaggio dell'immagine<sup>30</sup> (Jenkins & White, 2001). Dal punto di vista tecnico, la traslucenza può essere descritta da parametri che misurano la quantità di luce trasmessa direttamente rispetto a quella diffusa, o dalla distribuzione angolare dell'intensità luminosa<sup>31</sup>. Questi dati sono importanti per ottimizzare il comportamento ottico di materiali progettati per illuminazione, comfort visivo o effetto atmosferico.

La traslucenza rappresenta un compromesso funzionale<sup>11</sup> tra trasparenza e opacità, ed è una qualità ottica progettualmente molto versatile. Consente di regolare la luce senza rinunciare completamente alla luminosità, offrendo soluzioni pratiche, visive e percettive adatte a molteplici contesti.

Per quanto riguarda i materiali, la traslucenza si ottiene attraverso superfici o volumi che lasciano passare la luce ma ne diffondono il percorso, generando un effetto di luminosità morbida e uniforme. I materiali più rappresentativi sono il vetro satinato o sabbato, in cui la micro-ruvidità superficiale disperde i raggi luminosi; il policarbonato opalino, il PMMA (metacrilato) semitrasparente e i polipropileni microstrutturati, ampiamente usati in product e lighting design per la loro capacità di diffondere la luce in modo controllato. Tra i materiali naturali si ritrovano esempi come l'alabastro, la porcellana sottile, la pelle animale trattata o alcune bioplastiche a base di cellulosa e PLA (acido polilattico), che mostrano un comportamento ottico simile grazie alla loro microstruttura disomogenea.

Nei progetti di design contemporaneo, la traslucenza assume un valore funzionale e percettivo insieme: consente di filtrare e modulare la luce, creando ambienti in cui la luminosità si diffonde come una sostanza, più che come un fascio diretto.

<sup>26</sup>. Scattering interno: la deviazione della luce avviene a causa di discontinuità microscopiche distribuite nel volume del materiale.

<sup>27</sup>. Le micro-inclusioni sono piccole particelle solide o gassose presenti nel materiale che alterano localmente il percorso della luce.

<sup>28</sup>. Coerenza spaziale: la capacità della luce di mantenere una direzione uniforme; la perdita di coerenza causa sfocatura.

<sup>29</sup>. Il comfort luminoso è il concetto dell'illuminotecnica che equilibra quantità di luce, distribuzione e abbagliamento.

<sup>30</sup>. Materiali traslucidi naturali: come la pergamena, le squame di pesce, o il ghiaccio sottile.

<sup>31</sup>. La distribuzione angolare della luce misura di come l'intensità della luce diffusa varia con l'angolo di emissione.



Lampada Taccia di Achille e Pier Giacomo Castiglioni per Flos è un'icona del design italiano che utilizza una coppa in vetro traslucido per diffondere la luce prodotta dalla sorgente posta

alla base. La superficie satinata e il riflesso controllato del paraboloide creano un effetto luminoso morbido e avvolgente, tipico della traslucenza.

Lampada Taccia, Achille e Pier Giacomo Castiglioni, Flos, 1962



Lampampe di Ingo Maurer è realizzata in carta giapponese Shoji, materiale fibroso e semitrasparente che filtra la luce con una qualità calda e diffusa. In questo caso la traslucenza

diventa un linguaggio poetico: il materiale fragile e leggero trasforma la sorgente luminosa in una presenza delicata e immateriale.

Lampada da tavolo Lampampe in carta / Ingo Maurer, 1980

### 2.3.3 Opalescenza

L'opalescenza è un fenomeno ottico che si colloca tra la trasparenza e la traslucenza, ma con caratteristiche distintive. Un materiale opalescente trasmette la luce, ma al tempo stesso ne diffonde selettivamente alcune componenti spettrali, generando riflessi cangianti e una luminosità iridescente che cambia in base all'angolo di osservazione (Pedrotti et al., 2017). È proprio da questo effetto che prende il nome, ispirato all'aspetto dell'opale naturale.

A differenza della traslucenza, dove la luce si disperde in modo uniforme, nell'opalescenza la diffusione è direzionale e spettralmente selettiva<sup>32</sup> (Born & Wolf, 1999). Questo effetto è causato da microstrutture ordinate o semi-ordinate presenti all'interno del materiale, con dimensioni simili alla lunghezza d'onda della luce visibile. Tali strutture agiscono come reticoli di diffrazione, separando le diverse lunghezze d'onda attraverso fenomeni di interferenza.

Dal punto di vista microscopico, l'opalescenza nasce da una disposizione regolare o parzialmente regolare di particelle, sfere o inclusioni, che genera una variazione dell'indice di rifrazione su scala nanometrica. Questa organizzazione selettiva devia la luce in modo dipendente dalla frequenza e dalla direzione, creando l'effetto visivo iridescente tipico (Jenkins & White, 2001). Un esempio naturale è proprio l'opale prezioso, dove sfere di silice perfettamente impacchettate generano giochi di colore grazie all'interferenza tra onde luminose. In ambito tecnologico, l'opalescenza viene sfruttata in vetri decorativi, pellicole ottiche, vernici speciali e rivestimenti riflettenti, per ottenere superfici che variano tonalità e luminosità al variare della luce o del punto di vista. Dal punto di vista progettuale, l'opalescenza può essere considerata un valore estetico o un'interferenza funzionale, a seconda del contesto: nei dispositivi ottici di precisione è spesso da evitare, mentre in applicazioni di design può offrire risultati visivi sofisticati e dinamici.

In sintesi, l'opalescenza si distingue per la sua componente interferometrica e direzionale, derivante da microstrutture periodiche che modulano la luce. È una manifestazione complessa della trasmissione luminosa, che dimostra come l'interazione tra luce e materia possa produrre effetti ricchi e variabili ben oltre la semplice trasparenza o diffusione (Nanjing University, 2018).

In ambito materico l'opalescenza nasce da strutture periodiche o semi-periodiche su scala nanometrica che interagiscono con la luce attraverso interferenza e diffrazione. Queste microstrutture, spesso costituite da variazioni locali dell'indice di rifrazione, sono alla base di molti materiali fotonici e di film interferenziali impiegati oggi nel design e nella tecnologia dei materiali. Tra i materiali artificiali più noti si trovano i vetri dichroici, i rivestimenti interferenziali a ossidi metallici e i polimeri con reticoli fotonici integrati, che producono iridescenze mutevoli al variare della luce e dell'angolo di osservazione.

In ambito più sperimentale, anche alcune bioplastiche e materiali a base di cellulosa nanostrutturata sono in grado di generare effetti opalescenti naturali, simulando le colorazioni strutturali presenti in ali di farfalla o gusci di scarabeo.

<sup>32</sup> La diffusione spettrale selettiva si verifica quando solo certe frequenze della luce vengono deviate e amplificate.



La Stellar Nebula è una lampada in vetro soffiato con trattamento iridescente che sfrutta l'interferenza tra sottili strati superficiali. La luce interna viene parzialmente trasmessa e riflessa,

producendo riflessi cangianti e variazioni cromatiche a seconda dell'angolo di osservazione. È un esempio di opalescenza controllata, in cui il materiale diventa parte attiva della resa luminosa e dell'effetto percettivo.

Stellar Nebula, lampada da tavolo, BIG – Bjarke Ingels Group, Artemide, 2020.



La linea Shimmer (2015) è una serie di arredi in vetro extrachiaro con finitura multistrato iridescente che genera sfumature di colore mutevoli sotto diverse illuminazioni. La superficie agisce come un film interferenziale, riflettendo e

filtrando selettivamente la luce. L'opalescenza qui assume un carattere decorativo e atmosferico, trasformando la trasparenza del vetro in vibrazione cromatica.



Linea Shimmer, Patricia Urquiola, Glas Italia, 2015.

### Verso il capitolo 3

Arrivati a questo punto del percorso, la trasparenza non può più essere intesa soltanto come una proprietà ottica né come un fatto meramente tecnico. Le riflessioni affrontate finora mostrano come il comportamento della luce nella materia sia solo una delle dimensioni attraverso cui questo tema si manifesta. Attorno alla trasparenza si intrecciano infatti questioni fisiche, percettive, culturali e simboliche, che determinano non solo che cosa vediamo, ma anche come lo interpretiamo.

Se il "fare trasparente alla luce", per richiamare la lettura proposta da Manzini, è un modo di trattare la materia che coinvolge tecnica, percezione e significato, allora oggi, esso richiede un'ulteriore considerazione sul destino della materia stessa. La trasparenza contemporanea non può esaurirsi nell'attraversamento della luce, ma deve tener conto dell'attraversamento del tempo, della durata, del consumo e del ritorno della materia all'ambiente.

Se nel passato l'innovazione ha riguardato la capacità di rendere la materia più limpida, più lavorabile, più performante, oggi l'urgenza è comprendere come questi materiali si comportano "dopo", quando la loro funzione si esaurisce. La questione non riguarda solo la tecnologia, ma il modo in cui il progetto viene pensato a monte e a come si relaziona con il mondo.

Ora che disponiamo degli essenziali elementi tecnici forniti dal capitolo due, possiamo meglio comprendere il tema della trasparenza e gli obiettivi del capitolo successivo.

Il passaggio dai fenomeni ottici all'unione con i materiali biodegradabili non è una deviazione, ma un'evoluzione naturale del discorso che assottiglia lo sguardo della ricerca.

I materiali che verranno analizzati rappresentano una nuova frontiera. Sono trasparenti alla luce, ma soprattutto sono capaci di rendere più trasparente il rapporto tra progetto e ambiente. Essi incarnano un modo diverso di innovare, in cui le prestazioni ottiche integrano la questione ecologica, generando un repertorio materico che non si limita a estendere ciò che già conosciamo, ma aprendo un territorio inedito da esplorare criticamente.

**SECONDA PARTE**  
***NUOVE FRONTIERE DELLA MATERIA***  
***TRASPARENTE***

# CAPITOLO 3.

## I MATERIALI TRASPARENTI INNOVATIVI BIODEGRADABILI

### INTRODUZIONE AL CAPITOLO

Dopo aver tracciato nei capitoli precedenti l'evoluzione storica e percettiva della trasparenza, questa sezione segna il passaggio dalla riflessione teorica all'indagine concreta sui materiali. Il percorso fin qui costruito, dalla genealogia del concetto alle sue implicazioni ottiche e sensoriali, trova ora una nuova forma nella sperimentazione materica contemporanea. Se nel primo capitolo la trasparenza è emersa come valore simbolico e culturale in costante trasformazione, e nel secondo come fenomeno fisico capace di influenzare la percezione e il rapporto tra luce, spazio e oggetto, il presente approfondimento si concentra su come tali principi vengano oggi tradotti nella pratica progettuale.

L'attenzione si sposta quindi sulla ricerca scientifica e tecnologica più recente, che negli ultimi anni ha introdotto una generazione di materiali trasparenti innovativi, in grado di ampliare le possibilità espressive e funzionali della progettazione. Studiare queste sperimentazioni significa osservare come la trasparenza stia progressivamente superando la sua accezione puramente ottica, trasformandosi in un linguaggio materiale complesso, dove estetica, tecnica e sostenibilità convergono.

Attraverso l'analisi di una selezione di casi studio, il capitolo propone una lettura critica e aggiornata delle direzioni che la materia trasparente sta assumendo nel panorama contemporaneo, proseguendo così la continuità logica del percorso: dalle origini concettuali alla sua più attuale espressione progettuale.

La "ricerca desk" intrapresa, si è focalizzata sui materiali innovativi biodegradabili. Questa scelta è stata dettata dalla volontà di concentrarsi su materiali che, oltre a stupire, potessero essere dei veri portatori di significati e valori intrinseci a livello sostenibile.

Infatti, un materiale biodegradabile, a differenza di un materiale bio-based che può provenire da risorse rinnovabili senza garantire un ritorno alla natura, o di un materiale riciclabile che resta comunque dipendente da infrastrutture tecniche di recupero, è una materia che completa autonomamente il proprio ciclo degradandosi, reintegrandosi e scomparendo senza richiedere processi esterni.

Per questo motivo la biodegradabilità è stata assunta come criterio guida della ricerca, orientando l'analisi verso materiali che non solo rispondono a esigenze funzionali e ottiche, ma propongono un diverso modo di pensare il rapporto tra progettazione, tempo e ambiente.

### CRITERI DI SELEZIONE DEI MATERIALI

La selezione dei materiali analizzati in questo capitolo è stata guidata da tre criteri fondamentali e inderogabili. L'assenza anche di uno solo di essi ha comportato l'esclusione di un ampio numero di materiali individuati nel corso della ricerca. Ne consegue che gli esempi presentati non costituiscono un elenco esaustivo, ma una scelta critica e mirata, in cui ciascun materiale possiede un valore intrinseco rafforzato dall'aver superato una valutazione selettiva e coerente con gli obiettivi della tesi. I criteri di scelta sono quindi:

#### 1. Trasparenza

Il primo e imprescindibile criterio è la trasparenza stessa, intesa nel suo significato più ampio. Nel corso della ricerca si è scelto di includere materiali che presentano gradi diversi di trasparenza, dalla piena visibilità ottica alla traslucenza ed opalescenza, riconoscendo come tutte queste sfumature contribuiscano a generare effetti di filtraggio, diffusione o deformazione della luce. Tale approccio consente di mantenere un legame diretto con le riflessioni dei capitoli precedenti.

#### 2. Innovatività

Il secondo criterio riguarda il grado di innovazione dei materiali. Sono stati presi in esame esclusivamente materiali sviluppati, introdotti o giunti a una fase di sperimentazione tra il 2015 e il 2025. L'innovatività non è stata valutata soltanto in termini cronologici, ma anche qualitativi: un materiale è considerato innovativo quando propone un nuovo modo di intendere la trasparenza, attraverso processi produttivi inediti, applicazioni non convenzionali o un'evoluzione delle sue prestazioni ottiche e strutturali.

Questo criterio consente di restituire una visione aggiornata e prospettica della materia, in linea con l'obiettivo del capitolo di osservare le frontiere contemporanee del progetto.

#### 3. Biodegradabilità

Il terzo e ultimo criterio, complementare ai precedenti, riguarda la biodegradabilità dei materiali, scelta in risposta alla crescente attenzione verso pratiche progettuali sostenibili e responsabili. Tale parametro, preferito alla semplice riciclabilità o all'origine bio-based materica, implica la capacità del materiale di ritornare ai cicli naturali senza generare residui nocivi, introducendo un livello ulteriore di consapevolezza ecologica. La biodegradabilità è stata quindi considerata non come vincolo tecnico, ma come valore progettuale, capace di dialogare con il concetto stesso di trasparenza: così come la trasparenza lascia passare la luce, la biodegradabilità lascia "passare" la materia nel suo ciclo vitale, in un processo di continuità e rigenerazione.

Questi tre criteri si legano e delineano un quadro coerente in cui la trasparenza si manifesta non solo come effetto visivo, ma come linguaggio materico e simbolico in grado di coniugare estetica, innovazione e sostenibilità dei tempi odierni.

## METODO DI RICERCA

La fase di ricerca è stata condotta attraverso un approccio comparativo e interdisciplinare, che ha previsto la consultazione di diverse fonti e strumenti di indagine. Il lavoro si è articolato principalmente su tre livelli di approfondimento: la ricerca online, lo studio di fonti bibliografiche e scientifiche e l'analisi di archivi e banche dati materiali.

In una prima fase esplorativa, la raccolta dei casi è avvenuta prevalentemente tramite ricerche web mirate, consultando siti ufficiali di aziende produttrici, piattaforme dedicate ai nuovi materiali, riviste di settore e portali di innovazione. A ciò si è affiancata la lettura e l'analisi di articoli accademici, pubblicazioni scientifiche, tesi di ricerca e manuali di design dei materiali, utili a verificare la solidità tecnica e la tracciabilità delle fonti. Parallelamente, sono state prese in considerazione alcune principali materiotecche internazionali digitali, come Material Archiv (Svizzera), Material District (Paesi Bassi), Future Materials Bank (Paesi Bassi) e Materials Design Map (Italia), punti di riferimento per l'identificazione di materiali emergenti e per l'approfondimento delle loro proprietà fisiche e ottiche.

Ogni materiale individuato è stato successivamente sottoposto a una verifica di corrispondenza con i criteri definiti in precedenza. Questa procedura ha permesso di costruire un corpus selezionato di casi studio coerenti con gli obiettivi della ricerca e rappresentativi delle più recenti direzioni nel campo dei materiali trasparenti.

## STRUTTURA DEL CAPITOLO

I materiali analizzati sono stati poi organizzati secondo un criterio progressivo di trasparenza, dal meno al più trasparente, sulla base di dati quantitativi. Va sottolineato che la trasparenza di un materiale può variare significativamente in funzione dello spessore, del grado di trattamento o della formulazione; quindi, nei casi in cui non erano disponibili valori numerici, la catalogazione è stata effettuata mediante comparazione qualitativa di immagini e descrizioni reperite dalle fonti consultate, sempre con attenzione alla coerenza e alla verifica incrociata delle informazioni.

Oltre a questa progressione, ogni materiale è presentato seguendo una struttura coerente, articolata in tre punti principali:

### Introduzione del materiale

descrizione dell'origine e del contesto di sviluppo (inventore o azienda, anno di nascita, base materiale e scopo progettuale o necessità a cui risponde).

### Processo produttivo e sostenibilità

analisi delle fasi di produzione e delle caratteristiche legate alla biodegradabilità, in modo da evidenziare il potenziale impatto ambientale e la compatibilità con approcci sostenibili.

### Proprietà e prestazioni del materiale

esposizione delle caratteristiche rilevanti per il design e la produzione, accompagnata, dove possibile, da brevi riferimenti di applicazioni già esistenti o sperimentazioni concrete.

Questa impostazione consente di offrire al lettore una panoramica completa e comparabile dei materiali, mostrando come ciascuno di essi contribuisca, in modi differenti, all'interpretazione contemporanea della trasparenza e alla sua applicazione nella pratica della progettazione.



## 3.1 Pelle di Kombucha

### 3.1.1 Introduzione

La pelle di kombucha<sup>1</sup> è un biomateriale derivato dalla fermentazione di tè zuccherato tramite uno SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast). Dal processo si ottiene un biofilm di cellulosa batterica che dopo l'essiccazione assume l'aspetto di un foglio flessibile e resistente, simile alla pelle animale ma privo di componenti di origine animale. Questo lo rende biodegradabile, vegano e a basso impatto ambientale. Proprio per questi motivi negli ultimi anni la pelle di kombucha è emersa come materiale di interesse nel design e nella moda sostenibile specialmente grazie al suo aspetto organico e alla facilità di produzione locale.

### Origine e sviluppo

Le prime ricerche su questo materiale risalgono ai primi anni 2000, ma è dal 2013 che si è diffuso grazie a sperimentazioni di designer e ricercatori. La crescita del biofilm avviene in vasche di fermentazione, dove lo SCOBY produce cellulosa nanostrutturata. Una volta raccolto ed essiccato, il foglio può risultare più rigido o flessibile a seconda dei trattamenti superficiali<sup>2</sup> (Mokashi et al., 2017). L'interesse è cresciuto con l'uso in piccole collezioni di moda e ricerche accademiche, fino a progetti pilota industriali anche grazie alla semplicità del processo, che non richiede tecnologie complesse né input energetici elevati, ne ha favorito la diffusione tra laboratori e designer emergenti.

### Perché è innovativo

L'innovazione della pelle di kombucha risiede nella capacità di unire sostenibilità e valore estetico. A differenza di molte bioplastiche, si degrada in ambiente domestico senza lasciare residui tossici. È inoltre una delle poche alternative alla pelle animale che non richiede allevamenti intensivi né concia chimica con cromo. Oltre agli aspetti ambientali, rappresenta un materiale "coltivabile" che apre nuove prospettive progettuali. La possibilità di far crescere fogli direttamente in stampi riduce sprechi e stimola approcci basati sull'economia circolare. In questo senso, non è solo una soluzione tecnica, ma un simbolo di un nuovo paradigma in cui la materia viva diventa parte integrante del design<sup>3</sup> (Wood et al., 2023).

Immagine Pelle di kombucha con spessore sottile

<sup>1</sup> È spesso indicata come "vegan leather" o "microbial cellulose leather".  
<sup>2</sup> Proprietà finali variabili in base al tempo di crescita e ai trattamenti post-raccolta.

<sup>3</sup> Esposta in festival di design come esempio emblematico di biodesign.

### 3.1.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

La pelle di kombucha nasce grazie a un processo biologico naturale in cui una coltura di batteri e lieviti, conosciuta come SCOBY, trasforma una semplice miscela di acqua, tè e zucchero in un materiale completamente nuovo. Durante la fermentazione, i microrganismi producono una sostanza fibrosa che si accumula in superficie e dà origine a un film spesso e gelatinoso. Questo film, una volta essiccato, diventa solido e compatto, assumendo un aspetto simile alla pelle animale. Il cuore del materiale è quindi la cellulosa prodotta dai batteri, che si distingue da quella delle piante perché è molto più pura e priva di componenti come lignina o pectina. Questo la rende più regolare nella struttura e facilmente trasformabile in fogli sottili (Woods et al., 2023). Accanto alla cellulosa, nel materiale rimangono piccole tracce di sostanze naturali derivate dalla fermentazione, come zuccheri non metabolizzati o proteine, che contribuiscono a definire le caratteristiche finali della superficie. Uno degli aspetti interessanti è la possibilità di arricchire la pelle di kombucha già in fase di crescita. Aggiungendo ingredienti come glicerina o oli naturali, è possibile rendere il film più morbido e flessibile, evitando che con il tempo diventi fragile o troppo rigido. In altri casi, invece, vengono introdotti pigmenti di origine vegetale o minerale, che permettono di ottenere diverse tonalità cromatiche senza ricorrere a coloranti sintetici. In sintesi, la composizione della pelle di kombucha è sorprendentemente semplice: acqua, zucchero, tè e una coltura viva di microrganismi. Ma da questa combinazione elementare nasce un materiale complesso, che unisce la purezza della cellulosa batterica con la possibilità di personalizzazioni naturali, aprendo scenari molto ampi per il design e la ricerca di alternative sostenibili<sup>4</sup> (Absharina et al., 2025).

#### Processo produttivo

La produzione della pelle di kombucha si basa su un processo di biofabbricazione a bassa tecnologia. Il punto di partenza è la preparazione di un substrato nutritivo a base di tè, zucchero e acqua, acidificato con aceto per favorire l'avvio della fermentazione. In questo ambiente viene introdotta la coltura SCOBY, che dà inizio al processo di trasformazione. Durante la fermentazione aerobica, i lieviti convertono gli zuccheri in etanolo e anidride carbonica, mentre i batteri ossidano l'etanolo producendo cellulosa extracellulare. Quest'ultima si deposita in superficie sotto forma di membrana gelatinosa, che cresce giorno dopo giorno fino a raggiungere lo spessore desiderato<sup>5</sup> (Nguyen et al., 2022). La pellicola viene quindi raccolta, accuratamente lavata per eliminare residui organici e poi lasciata essiccare a temperatura ambiente o in condizioni controllate. L'essiccazione è un passaggio fondamentale, poiché la velocità e l'omogeneità del processo influenzano la compattezza e l'aspetto finale del materiale. Da un film umido e translucido si ottiene così un foglio compatto e opaco, con caratteristiche visive e tattili simili alla pelle animale. Il ciclo produttivo dura in media da 2 a 4 settimane, ma può essere adattato in funzione delle condizioni ambientali e dell'uso finale. Inoltre, il materiale può essere sottoposto a trattamenti post-produzione, come plasticizzazione, colorazione o rivestimenti idrofobici, che ne migliorano la durabilità e ampliano il ventaglio delle applicazioni nel design e nella moda<sup>6</sup> (Radadiya & Maitreya, 2022).

<sup>4</sup> La semplicità della composizione rende il materiale coltivabile anche in piccola scala, persino in ambienti domestici.

<sup>5</sup> Il biofilm cresce in ambiente aerobico: la presenza di ossigeno è indispensabile per la formazione della pellicola.

<sup>6</sup> I trattamenti post-produzione possono modificare sensibilmente la resistenza all'umidità e l'estetica del materiale.



Processo di fermentazione e stesura del materiale



Verifica di trasparenza del materiale

### 3.1.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Questo materiale è caratterizzato da una trasparenza naturale, perchè i fogli, soprattutto se sottili, permettono alla luce di attraversarli parzialmente, donandogli un effetto che ricorda quello di pergamena antica o alcune tipologie di carta giapponese. La qualità della trasparenza varia in base allo spessore e al processo di essiccazione. Uno degli aspetti su cui basare i progetti che scelgono di utilizzare questo materiale è che i fogli più spessi tendono a essere opachi e compatti, quelli più sottili risultano quasi limpidi. Molti designer scelgono di servirsi di questo materiale proprio per la sua capacità di filtrare la luce in maniera calda e organica, rendendolo adatto a rivestimenti interni, accessori luminosi o dettagli decorativi in cui la componente visiva diventa parte integrante della funzione che si vuole dare al progetto.

#### Proprietà

La pelle di kombucha è un materiale sorprendentemente versatile, perchè nonostante la sua leggerezza e la composizione da fibre naturali, dimostra una resistenza alla trazione superiore a quella di molti biopolimeri vegetali comunemente impiegati nel packaging. È flessibile e facilmente adattabile a superfici curve, ma al tempo stesso può essere irrigidita attraverso trattamenti naturali, stratificazioni o impregnazioni a base di cere e oli. Questo permette di modulare le sue prestazioni in base al tipo di applicazione. La superficie liscia, leggermente fibrosa, possiede una qualità tattile particolare, diversa sia dalla pelle animale sia dalla plastica, e più vicina alla sensazione di una membrana organica, quindi rende anche l'esperienza tattile unica.

Inoltre, una delle qualità più innovative è la possibilità di personalizzare il materiale durante la coltivazione stessa: pigmenti naturali, polveri minerali o fibre vegetali possono essere integrati direttamente nella matrice<sup>7</sup> (Radadiya & Maitreya, 2022). Ciò lo rende molto apprezzato nel design sostenibile, non solo come sostituto ecologico, ma anche come materiale con un linguaggio formale autonomo e distintivo.

#### Biodegradabilità

A differenza di molti materiali che, pur essendo definiti "bioplastici", necessitano di impianti industriali per decomporsi correttamente, questo biomateriale si degrada in maniera spontanea in ambiente naturale. La sua composizione, fatta quasi esclusivamente di cellulosa batterica e nutrienti organici residui, consente una decomposizione completa in poche settimane o al massimo in alcuni mesi, senza lasciare microplastiche o residui tossici (Gagliardi et al., 2025). In un contesto di design sostenibile, ciò significa che ogni prodotto realizzato in pelle di kombucha è in grado di chiudere il proprio ciclo vitale reinserendosi direttamente nell'ecosistema, contribuendo ad arricchire il suolo e a ridurre drasticamente l'impatto ambientale. Questa caratteristica non è solo tecnica, ma rende il materiale la rappresentazione concreta di un modello circolare in cui la materia nasce, viene usata e ritorna all'ambiente senza lasciare tracce dannose.

<sup>7</sup> La fase di coltivazione permette l'integrazione di pigmenti o fibre che diventano parte della struttura.

## 3.2 ALGAE LAB

### Alghe per la stampa 3D

#### 3.2.1 Introduzione

Gli Algae Lab rappresentano un progetto pionieristico nel campo dei biomateriali, nato con l'obiettivo di trasformare le alghe in una risorsa concreta per la produzione di biopolimeri sostenibili. L'iniziativa si colloca all'interno di una ricerca più ampia che mira a ridurre la dipendenza dalle plastiche di origine fossile e a esplorare nuove possibilità progettuali fondate sulla biologia e sull'economia circolare<sup>1</sup> (Zia et al., 2017). Fin dall'inizio, il progetto non è stato pensato solo come sperimentazione tecnica, ma come una piattaforma capace di generare consapevolezza culturale attorno ai materiali biologici e alla loro integrazione nei processi produttivi.

#### Origine e sviluppo

Il progetto è stato avviato nel 2016 dai designer olandesi Eric Klarenbeek e Maartje Dros, figure già attive nel campo del design sperimentale e della ricerca sui biomateriali. Collaborando con l'Università di Wageningen, uno dei centri più avanzati in Europa per lo studio delle biotecnologie agricole, e con l'Atelier Luma di Arles, i due designer hanno sviluppato una piattaforma di ricerca in cui la biomassa algale veniva trasformata in biopolimeri stampabili in 3D<sup>2</sup> (New Material Award, 2018). La fase iniziale è stata caratterizzata dalla produzione di piccole quantità di filamenti, ricavati a partire da alghe coltivate o raccolte in ambiente marino. Questi filamenti sono stati successivamente testati in applicazioni sperimentali, come

Algae Vessels, 2018, Erik Klarenbeek e Maartje Dros. Studio Klarenbeek & Dros, prodotto da Atelier LUMA (Arles, France), microalghe e biopolimeri a base di zuccheri. (a sinistra)

prototipi di packaging, oggetti d'uso quotidiano e componenti per il design. In parallelo, il progetto ha avuto una forte dimensione comunicativa: è stato presentato in eventi internazionali quali la Dutch Design Week e il Salone del Mobile di Milano, diventando un caso di studio emblematico per comprendere il potenziale del design biologico.

#### Perché è innovativo

Il motivo principale per cui questo materiale è stato considerato come innovativo è per la sua adattabilità a tecnologie avanzate come la stampa 3D<sup>3</sup>. I biopolimeri algali hanno il vantaggio di crescere rapidamente, non competere con le colture alimentari e assorbire CO<sub>2</sub> durante il loro ciclo vitale, e proprio questo rende il processo produttivo potenzialmente rigenerativo per l'ambiente. Un ulteriore aspetto innovativo riguarda la possibilità di produzione ed utilizzo, infatti la compatibilità con la stampa 3D apre scenari di produzione distribuita, in cui comunità locali possono trasformare alghe disponibili in loco in oggetti e manufatti in modo tale da ridurre i costi dei trasporti e la dipendenza da infrastrutture centralizzate. Allo stesso tempo, la trasparenza visiva e la leggerezza tattile dei materiali ottenuti offrono nuove possibilità estetiche, collocandosi a metà tra ricerca scientifica e linguaggio progettuale.

<sup>1</sup> Le alghe sono una delle biomasse a più rapida crescita al mondo, con cicli produttivi di poche settimane.

<sup>2</sup> L'Università di Wageningen è tra i principali centri di ricerca europei in biotecnologie vegetali.

<sup>3</sup> I biopolimeri a base di alghe presentano proprietà ottiche e meccaniche paragonabili ad alcune plastiche fossili.

### 3.2.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

I materiali sviluppati all'interno del progetto Algae Lab trovano la loro base nei polisaccaridi estratti dalle alghe brune e verdi, come alginati, carragenine e agar-agar, sostanze conosciute da tempo per la loro capacità di formare gel e pellicole flessibili. Questi polimeri naturali rappresentano l'ossatura della matrice biopolimerica, garantendo coesione, flessibilità e un caratteristico effetto traslucido che li distingue dalle plastiche convenzionali. La loro origine marina li rende particolarmente interessanti, poiché provengono da una biomassa rigenerativa, in grado di crescere velocemente senza richiedere suolo coltivabile o grandi quantità d'acqua dolce. Accanto ai polisaccaridi, il materiale può includere pigmenti naturali derivati dalle alghe stesse, che conferiscono sfumature variabili dal verde scuro al marrone dorato. Questi elementi cromatici non solo caratterizzano esteticamente il materiale, ma evitano l'uso di additivi coloranti sintetici, rafforzando la coerenza con un approccio di eco-design. In alcune formulazioni vengono introdotti plasticizzanti bio-based o altri composti vegetali che ne modulano la resistenza e la flessibilità, rendendolo più stabile e facilmente lavorabile. La combinazione di queste sostanze porta alla formazione di una rete polimerica semi-cristallina, responsabile della brillantezza visiva e della solidità del materiale una volta essiccato.

#### Processo produttivo

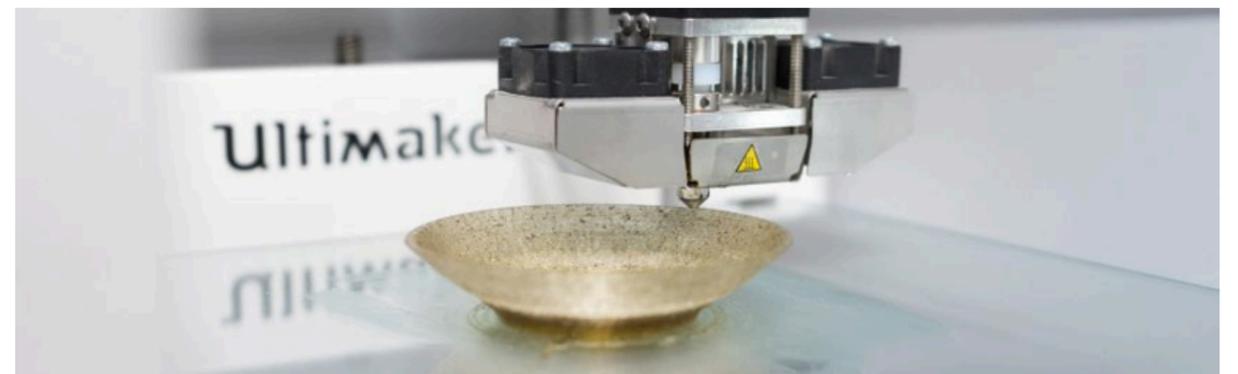
Il processo produttivo messo a punto negli Algae Lab unisce metodologie tradizionali di estrazione con tecniche di fabbricazione digitale<sup>4</sup> (Moreno-Rodriguez et al., 2024). Le alghe vengono raccolte e sottoposte a una fase di essiccazione che ne preserva le caratteristiche, per poi essere trasformate in polvere o in una pasta densa e malleabile.

<sup>4</sup> La combinazione di colata e stampa 3D amplia il ventaglio delle possibili applicazioni, dal packaging ai prototipi complessi.

<sup>5</sup> Il progetto ha unito competenze di biologia marina, scienza dei materiali e design sperimentale.

Attraverso una successiva lavorazione in acqua, si ottiene una miscela viscosa e uniforme che può essere modellata in base alle esigenze progettuali. A seconda della destinazione d'uso, questa sostanza viene adattata in diverse forme: può essere compressa fino a diventare lastre sottili e semitrasparenti, può essere trasformata in granuli compatibili con i macchinari di estrusione, oppure può essere resa fluida e utilizzata per la stampa additiva. Uno degli aspetti più significativi del progetto risiede proprio nella possibilità di sfruttare la stampa 3D come strumento di fabbricazione, poiché consente di produrre oggetti su misura con geometrie complesse e di ridurre drasticamente gli scarti. In questo modo, il materiale non solo sostituisce le plastiche fossili ma propone un nuovo paradigma produttivo basato sulla precisione digitale e sulla minimizzazione degli sprechi. Anche la colata in stampi piani costituisce una fase centrale, in quanto permette di ottenere membrane sottili e flessibili, simili a film plastici ma interamente biodegradabili<sup>5</sup> (Klarenbeek & Dros, 2020). Il processo è stato concepito per avere un basso impatto energetico: le fasi di asciugatura avvengono spesso a temperatura ambiente o con sistemi a ridotto consumo, evitando l'impiego di forni industriali o macchinari complessi. In pratica ciò consente non solo di ridurre l'impronta di carbonio, ma anche di immaginare una produzione decentralizzata, replicabile in piccoli laboratori locali che possono utilizzare le alghe disponibili sul territorio. Questo approccio favorisce la creazione di filiere corte, dove la materia prima viene trasformata e reimmessa nel ciclo economico in modo sostenibile e circolare. In poche parole gli Algae Lab non intendono limitarsi alla sperimentazione, ma puntano a integrare il loro sistema produttivo su scala più ampia, collegando ricerca scientifica, manifattura digitale e design.

Fasi del processo  
Fotografie di Victor Picon, Florent Gardin & Antoine Raab  
prodotto da Atelier Luma





### 3.2.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

I materiali sviluppati negli Algae Lab si distinguono per una traslucenza naturale che deriva direttamente dalla struttura dei polisaccaridi marini, infatti a differenza dei polimeri fossili che possono raggiungere una trasparenza cristallina, come in questi materiali i biopolimeri a base di alghe offrono un effetto visivo più morbido e caldo, con una diffusione della luce che richiama la qualità di membrane biologiche<sup>6</sup>. Questa peculiarità estetica si traduce in un valore progettuale che permette di creare superfici che comunicano immediatamente la loro natura organica e sostenibile. In molte applicazioni, come packaging o elementi di design, questa particolare traslucenza diventa un tratto distintivo.

#### Proprietà

I materiali algali mostrano una buona resistenza alla trazione e una flessibilità paragonabile a quella delle bioplastiche più diffuse, come ad esempio l'amido termoplastico o il PLA. Queste caratteristiche sono rese possibili dalla rete semi-cristallina che si forma durante l'essiccazione, infatti questa caratteristica garantisce stabilità dimensionale e una discreta durabilità anche in condizioni di umidità moderata e sebbene non raggiungano le performance dei polimeri fossili in termini di robustezza assoluta, i film ottenuti dagli Algae Lab risultano adatti a usi quotidiani come rivestimenti, pellicole sottili e prototipi stampati in 3D. Un ulteriore aspetto di interesse riguarda la loro lavorabilità del materiale, visto che può essere sottoposto a processi come la saldatura, la laminazione o la stampa additiva senza però perdere le qualità ottiche e tattili, come la sua superficie ruvida che restituisce un'esperienza sensoriale differente da quella delle plastiche tradizionali, risultando più calda e naturale al tatto.

Algae Vessels, 2018, Erik Klarenbeek e Maartje Dros, Studio Klarenbeek & Dros, prodotto da Atelier LUMA (Arles, France), microalghe e biopolimeri a base di zuccheri. (a sinistra)

#### Biodegradabilità

Essendo composti esclusivamente da polisaccaridi e additivi naturali, i film si degradano in tempi rapidi, sia in ambiente terrestre che marino, senza lasciare microplastiche o residui tossici<sup>7</sup> (Pandian et al., 2025). Questo li differenzia da molte bioplastiche di nuova generazione, che spesso necessitano di impianti industriali di compostaggio. La decomposizione avviene nell'arco di poche settimane, restituendo nutrienti all'ambiente e contribuendo a un ciclo ecologico rigenerativo. In questo senso, la trasparenza dei materiali non è soltanto un attributo visivo, ma diventa anche una metafora della loro "trasparenza ecologica": ciò che entra nel ciclo produttivo può tornare alla natura senza danni. Questo aspetto rende gli Algae Lab un caso esemplare di economia circolare applicata al design dei materiali, dove estetica, performance e sostenibilità si intrecciano in modo coerente.

<sup>6</sup> La traslucenza dei polisaccaridi algali è legata alla disposizione semi-cristallina delle loro catene molecolari.

<sup>7</sup> La degradazione marina delle alghe è stata confermata da test condotti in progetti europei di biofabbricazione.

## 3.3 PEELSPHERE materials

### 3.3.1 Introduzione

Peelsphere è un biomateriale innovativo sviluppato come alternativa sostenibile alla pelle animale e ai materiali sintetici derivati dal petrolio. Nasce dall'idea di utilizzare scarti organici, in particolare bucce di frutta e residui agricoli, trasformandoli in un materiale flessibile, resistente e biodegradabile. La sua estetica si distingue per una superficie uniforme e versatile, che richiama l'aspetto della pelle tradizionale ma con una componente etica e circolare profondamente radicata nella sua identità. Il progetto si inserisce nel più ampio panorama della ricerca contemporanea sui materiali bio-based, dimostrando come gli scarti possano essere trasformati in risorse di alto valore per il design e l'industria della moda<sup>1</sup> (Tagliabue, 2022).

### Origine e sviluppo

Peelsphere è stato sviluppato nel 2020 dalla designer Zijia (Cici) Zhang, durante il suo percorso accademico al Central Saint Martins College of Art and Design di Londra. Il progetto è nato da un'indagine sui cicli di vita dei materiali e sul problema ambientale legato agli scarti agricoli e alla produzione di rifiuti organici<sup>2</sup>, e dopo una lunga fase di sperimentazione la designer del progetto ha elaborato un processo capace di unire fibre vegetali e biopolimeri naturali in un materiale coerente, con proprietà estetiche e funzionali simili a quelle della pelle.

In contemporanea poi il materiale è stato perfezionato attraverso collaborazioni con laboratori interdisciplinari e centri di ricerca focalizzati sulla biofabbricazione<sup>3</sup> (Peelsphere®, 2023), e queste esperienze hanno permesso di migliorare la durabilità, la flessibilità e la scalabilità del processo produttivo, avvicinando il progetto Peelsphere a una dimensione industriale. La ricerca infatti non si è limitata al prototipo, ma ha posto le basi per un modello di produzione che valorizza le risorse locali, con l'obiettivo di ridurre la dipendenza da risorse fossili e promuovere una nuova cultura del materiale.

### Perché è innovativo

L'innovazione di Peelsphere risiede nella capacità di integrare tre aspetti solitamente difficili da ottenere in un unico materiale: la biodegradabilità, l'estetica comparabile ai materiali tradizionali e la scalabilità del processo. A differenza di altri biomateriali sperimentali, che spesso rimangono confinati alla fase di ricerca, Peelsphere è stato concepito fin dall'inizio per essere replicabile e adattabile alle esigenze di settori come la moda, la pelletteria e il product design (Redress Design Award, 2024). Come vedremo più avanti la sua trasparenza contribuisce a ridefinire il rapporto tra designer, materiali e ambiente, proponendo un nuovo modello di economia circolare fondato sull'uso creativo degli scarti agricoli.

<sup>1</sup> La trasformazione dei rifiuti organici in materiali per il design è un ottimo esempio di upcycling.

<sup>2</sup> Le bucce di frutta contengono fibre naturali e pectine che sono ideali come base per biomateriali flessibili.

<sup>3</sup> Central Saint Martins è uno dei centri di ricerca e sperimentazione più attivi nel campo dei materiali innovativi applicati al design.

Gamma di materiali Peelsphere



### 3.3.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

Peelsphere è un biomateriale che unisce scarti agricoli e biopolimeri naturali in un unico composito innovativo. La sua base è costituita da bucce e residui organici di frutta, in particolare banana e arancia, che vengono recuperati come sottoprodotti di filiere locali (Peelsphere®, 2023). Questi scarti, spesso trattati come rifiuti, sono invece una fonte ricchissima di cellulosa, lignina e pectine, sostanze che determinano la struttura e la coesione del materiale. La cellulosa fornisce resistenza e stabilità, la lignina contribuisce alla rigidità e la pectina, già nota in campo alimentare, agisce come un gelificante naturale che permette di consolidare la matrice.

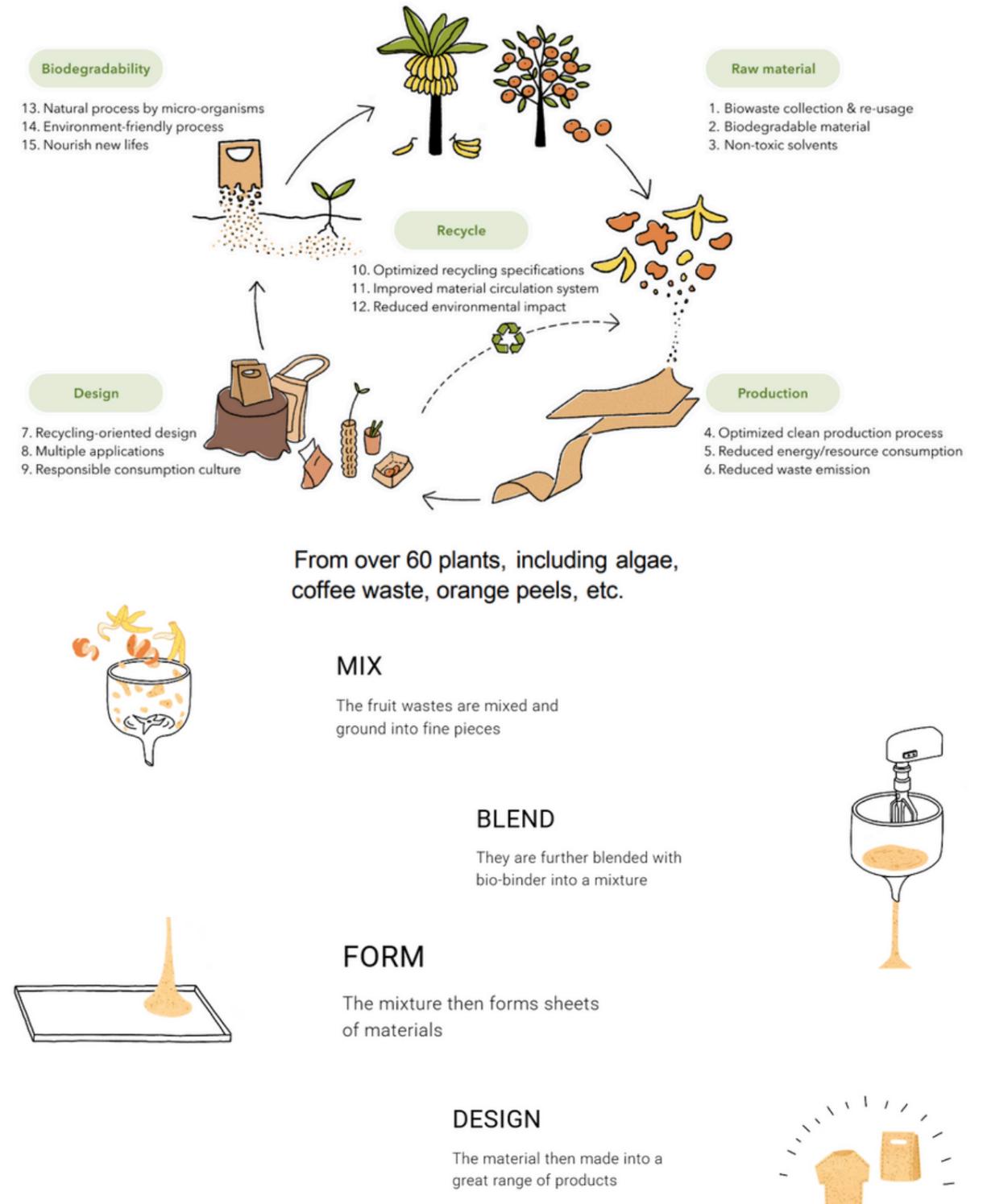
A queste componenti naturali vengono integrati biopolimeri bio-based e plasticizzanti vegetali che agiscono come leganti, migliorando la flessibilità e rendendo il materiale più facile da lavorare. La formulazione non prevede additivi sintetici o derivati fossili, mantenendo così un profilo totalmente biodegradabile ed ecocompatibile. Un aspetto peculiare è la variabilità cromatica del materiale: ogni lotto può presentare sfumature diverse a seconda della stagione, della tipologia di frutta e delle condizioni di raccolta, introducendo una dimensione estetica irripetibile che diventa parte integrante del suo valore per il design.

La struttura di Peelsphere può essere definita come un sistema di fibre vegetali inglobate in una matrice biopolimerica naturale. Questa configurazione consente di ottenere lastre o fogli con un equilibrio ottimale tra resistenza, elasticità e aspetto visivo, rendendolo idoneo a sostituire materiali sintetici in settori come moda, accessori e interior design.

#### Processo produttivo

Il processo produttivo di Peelsphere si sviluppa attraverso una serie di passaggi mirati a preservare il più possibile le proprietà naturali degli scarti agricoli. Dopo la raccolta, le bucce e gli altri residui vengono puliti, disidratati e macinati fino a ottenere una polvere fine, che diventa la base della miscela. A questa si aggiungono biopolimeri vegetali e plasticizzanti naturali, creando un impasto omogeneo con consistenza modulabile. Una volta preparata, la miscela viene stesa in fogli sottili o colata in stampi, per poi solidificare e assumere la forma di lastre compatte (Future Materials Bank, 2024). Lo spessore e la densità possono essere regolati durante la lavorazione, consentendo di produrre sia materiali flessibili e sottili sia pannelli più rigidi. Il colore, invece, deriva direttamente dalla materia prima, senza alcun pigmento artificiale: questo approccio valorizza le tonalità naturali e riduce ulteriormente l'impatto ambientale. Dal punto di vista energetico, l'intero processo è a basso impatto: non richiede temperature elevate né l'impiego di solventi chimici, riducendo così emissioni e consumo di risorse. Inoltre, eventuali scarti di lavorazione possono essere reintrodotti nella produzione, alimentando un ciclo circolare che evita sprechi. Il materiale finale risulta compatibile con processi di trasformazione tradizionali come il taglio, la cucitura o la termoformatura, facilitando il suo utilizzo in contesti già consolidati. Questa compatibilità è un elemento strategico per il passaggio dal laboratorio alla produzione su scala industriale, rendendo Peelsphere non soltanto un prototipo sperimentale, ma una proposta concreta per il futuro dei biomateriali sostenibili.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> L'integrazione nei processi esistenti rappresenta una condizione fondamentale per la diffusione su larga scala dei biomateriali.



Ciclo di vita del materiale e Schema del processo produttivo [peelsphere.com/material](https://peelsphere.com/material)



PEELSPHERE X STARBUCKS Souvenirs e accessori regalo (sopra); altri prodotti Peelsphere

### 3.3.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

I materiali Peelsphere presentano una trasparenza parziale, cioè che può variare a seconda dello spessore e della densità del materiale, ad esempio nei fogli più sottili il passaggio della luce è diffuso e morbido, con un effetto semi-traslucido che ricorda quello della pergamena. Questa qualità ottica lo rende particolarmente interessante in applicazioni come inserti, rivestimenti decorativi o accessori moda che sfruttano la luce come elemento progettuale (Tagliabue, 2022). La traslucenza non è perfettamente omogenea perché la presenza di fibre vegetali e pigmentazioni naturali crea leggere variazioni cromatiche che vengono percepite come segno distintivo della sua origine organica. Questo aspetto rispecchia l'estetica contemporanea legata ai biomateriali, in cui le imperfezioni diventano espressione di autenticità.

#### Proprietà

Peelsphere unisce resistenza e flessibilità, pur non raggiungendo i valori di performance della pelle animale o dei polimeri sintetici. La combinazione di fibre vegetali e biopolimeri naturali garantisce una coesione sufficiente a resistere a trazioni moderate, piegature e manipolazioni quotidiane (Peelsphere®, 2023). La superficie risulta liscia e compatta, con un tatto caldo e naturale che lo differenzia dai materiali plastici tradizionali. Un punto di forza significativo è la sua adattabilità ai processi artigianali e industriali, infatti i materiali Peelsphere possono essere tagliati, cuciti, termoformati o persino utilizzati in combinazione con altre superfici rigide, ampliandone il potenziale applicativo. In ambito moda e accessori è apprezzato per la leggerezza e la duttilità, mentre nel design d'interni viene sfruttato per la possibilità di realizzare superfici flessibili e personalizzabili.

La variabilità cromatica e tattile costituisce un altro elemento progettuale di rilievo. Poiché il colore dipende dalla tipologia di scarti impiegati, ogni lotto di Peelsphere presenta sfumature uniche, rendendo ogni prodotto diverso dall'altro. Questo introduce un valore estetico e narrativo che arricchisce l'oggetto finale, in linea con l'approccio slow design.

#### Biodegradabilità

Uno degli aspetti più rilevanti di Peelsphere è la sua biodegradabilità completa. Essendo composto da residui vegetali e biopolimeri bio-based, il materiale può decomporsi naturalmente in tempi brevi, restituendo nutrienti al suolo e chiudendo il ciclo produttivo senza lasciare tracce inquinanti (Tagliabue, 2022). A differenza di molte bioplastiche che richiedono impianti industriali di compostaggio, Peelsphere è progettato per degradarsi anche in condizioni domestiche, rafforzando il suo ruolo come materiale realmente circolare. La biodegradabilità non influisce negativamente sulla fase d'uso. Durante la sua vita utile, il materiale mantiene buone proprietà strutturali e resiste all'umidità moderata, senza degradarsi prematuramente, e solo una volta dismesso e riportato in un ambiente favorevole alla decomposizione, inizia a degradarsi gradualmente, chiudendo il ciclo in maniera coerente con i principi dell'economia circolare.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> La degradazione graduale consente un corretto bilanciamento tra durabilità d'uso e ritorno all'ambiente.

## 3.4 Sericyne® Silk Sheets

### 3.4.1. Introduzione

Sericyne® Silk Sheets è un materiale tessile innovativo ottenuto dalla seta pura, prodotto attraverso un processo brevettato che consente di trasformare direttamente i filamenti serici secreti dal baco da seta in fogli tridimensionali senza la necessità di filatura o tessitura. Si tratta di un materiale unico, che coniuga trasparenza, leggerezza e resistenza meccanica<sup>1</sup>, aprendo nuove possibilità nel design, nella moda e nell'interior design (Davis, 2017). Grazie alla sua natura bio-based e biodegradabile, rappresenta un'alternativa sostenibile rispetto ai tessuti sintetici derivati dal petrolio, collocandosi nel panorama dei biomateriali contemporanei.

### Quando è stato sviluppato

Il materiale è stato sviluppato nel 2016 in Francia dalla startup Sericyne, fondata dalla designer Clara Hardy insieme a un team multidisciplinare di scienziati e artigiani. L'idea nasce dall'intento di valorizzare la seta come risorsa naturale, eliminando le fasi intermedie della lavorazione tradizionale. Attraverso una tecnica innovativa<sup>2</sup>, i bachi da seta sono guidati a depositare i propri filamenti direttamente su stampi e telai, producendo fogli e superfici di seta pura già nella forma finale (Hardy, 2016). Questo approccio riduce i tempi e i costi di produzione, oltre a consentire la creazione di superfici continue, prive di cuciture e con una trasparenza naturale che amplifica la dimensione estetica del materiale. Negli anni successivi, Sericyne ha collaborato con maison di lusso e istituti di ricerca, consolidando l'applicazione del materiale in collezioni di moda, accessori e installazioni artistiche.

Dettaglio sulla texture del materiale

### Perché è innovativo

L'innovazione dei Sericyne® Silk Sheets risiede nella possibilità di ottenere fogli continui e traslucidi di seta senza processi di filatura<sup>3</sup>, tessitura o intreccio, trasformando un materiale tradizionale in una nuova categoria di biomateriale (Dezeen, 2016). Oltre all'unicità estetica, il materiale è resistente, elastico e biodegradabile, mantenendo le qualità intrinseche della seta naturale. La sua trasparenza morbida e vellutata lo rende adatto a usi che vanno oltre il tessile classico, come pannelli decorativi, elementi di illuminazione o packaging di lusso, contribuendo a ridefinire l'identità della seta come materiale contemporaneo. In altri termini Sericyne® rappresenta un esempio di eco-innovazione capace di unire tradizione artigianale e ricerca tecnologica, offrendo nuove opportunità applicative al design sostenibile.

<sup>1</sup>. A parità di peso, il filo serico è più resistente dell'acciaio, pur mantenendo un aspetto leggero e traslucido.

<sup>2</sup>. Questa tecnica è definita serigrafia naturale o direct silk forming e riduce sprechi e tempi produttivi.

<sup>3</sup>. Con Sericyne® il baco diventa un co-progettista perché è lui stesso che tesse direttamente il prodotto finale.

### 3.4.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

Il fogli di seta Sericyne® sono costituiti principalmente da fibroina<sup>4</sup>, la proteina strutturale prodotta dai bachi da seta (*Bombyx mori*) durante la formazione del bozzolo (MaterialDistrict, 2018). La fibroina è composta per circa il 75% da glicina, alanina e serina, amminoacidi che permettono la formazione di regioni cristalline e amorfe, garantendo al materiale un equilibrio unico tra resistenza meccanica e flessibilità. Ciò che differenzia Sericyne® dalla seta convenzionale è l'assenza del processo di filatura tradizionale: invece di ricavare fibre continue dal bozzolo, la proteina viene depositata direttamente in fogli o in forme predefinite dai bachi vivi, senza che questi vengano sacrificati. Accanto alla fibroina, i fogli possono contenere percentuali residue di sericina<sup>5</sup>, proteina collante che normalmente viene rimossa nei processi tessili convenzionali. In questo caso, la sericina contribuisce a migliorare la coesione tra gli strati e la lucentezza superficiale, accentuando l'effetto ottico di trasparenza e brillantezza naturale. L'interazione naturale tra fibroina e sericina, priva di additivi sintetici, conferisce al materiale non solo un'estetica distintiva ma anche un comportamento più vicino a quello dei biopolimeri avanzati destinati al design contemporaneo.

#### Processo produttivo

Il metodo Sericyne® si basa su un processo brevettato di biofabbricazione in cui i bachi vengono indotti a secernere direttamente la seta in superfici piane o stampi tridimensionali.<sup>6</sup> Questo approccio elimina le fasi di filatura, tessitura o intreccio tipiche della sericoltura convenzionale, riducendo drasticamente gli scarti e i consumi energetici. I fili secreti si stratificano progressivamente, dando origine a membrane compatte che possono variare in spessore e densità a seconda del tempo di secrezione e del numero di bachi coinvolti.

Una volta completata la crescita del foglio, il materiale viene rimosso dai supporti e sottoposto a trattamenti delicati come lavaggi in acqua, essiccazione a temperatura controllata e, in alcuni casi, applicazione di rivestimenti protettivi biodegradabili. Queste fasi non solo consolidano la struttura proteica, ma permettono di preservare la trasparenza e la lucentezza tipiche della fibroina. A differenza dei processi chimici aggressivi impiegati nella produzione tessile tradizionale, Sericyne® impiega procedure a basso impatto ambientale, prive di solventi tossici o sostanze inquinanti.

Un aspetto innovativo risiede nella possibilità di "stampare" naturalmente forme bidimensionali e tridimensionali già pronte per l'uso<sup>7</sup>, senza ricorrere a ulteriori fasi di taglio o assemblaggio. Ciò apre a numerose applicazioni: fogli trasparenti per il design e l'arredo, rivestimenti lucenti per il settore moda e persino supporti flessibili in ambito cosmetico e packaging di lusso. Il materiale dunque rappresenta un esempio emblematico di come la biofabbricazione possa ridefinire l'industria dei materiali unendo innovazione estetica, sostenibilità e rispetto del ciclo vitale degli organismi.

<sup>4</sup>. Le catene polipeptidiche della fibroina si organizzano in strutture cristalline  $\beta$ -foglietto, responsabili della resistenza, e in zone amorfe, che conferiscono flessibilità.

<sup>5</sup>. Nei processi tessili classici viene eliminata la sericina con la sgommatura per ottenere un filo più morbido, mentre in Sericyne® contribuisce alla brillantezza e alla coesione del foglio.

<sup>6</sup>. I bachi vengono "orientati" con telai e sagome, che funzionano come matrici naturali per la deposizione della seta.

<sup>7</sup>. Non viene prodotto un filo da intrecciare, ma direttamente una superficie finita, riducendo sprechi, cuciture e consumo energetico.

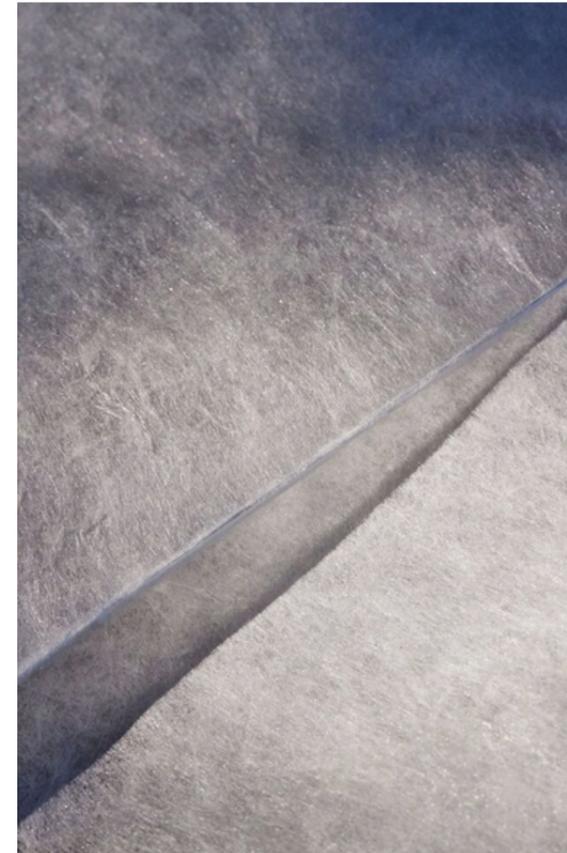
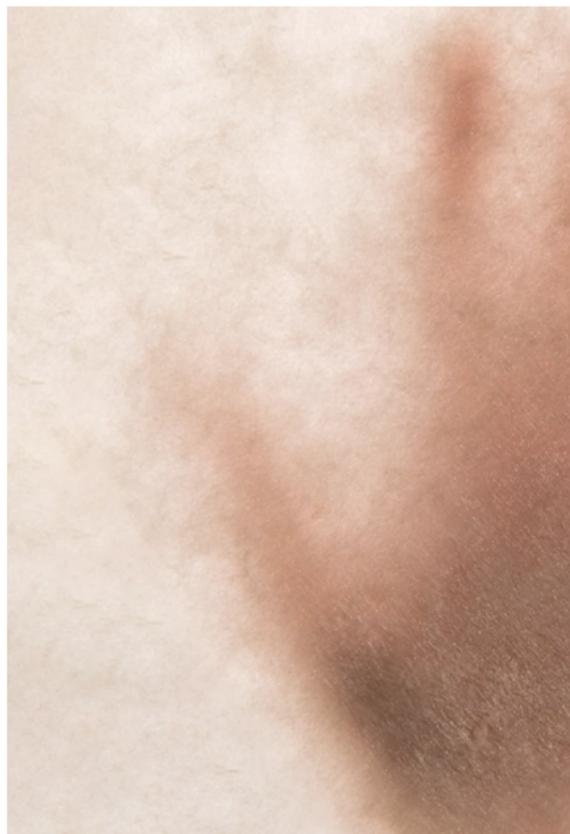


Immagine di applicazioni del materiale (sopra); Immagine dei bachi da seta durante la produzione del materiale



Diversi spessori del materiale, con differenti gradi di trasparenza

### 3.4.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

I fogli Sericyne® si distinguono per una trasparenza naturale e setosa, diversa da quella dei polimeri sintetici. La loro traslucenza è dovuta alla microstruttura della fibroina, che alterna regioni cristalline e amorfe, capaci di diffondere la luce in modo omogeneo senza annullarne il passaggio<sup>8</sup> (MaterialDistrict, 2018). Questo conferisce al materiale un aspetto caldo e vibrante, lontano dalla rigidità visiva dei film plastici convenzionali<sup>1</sup>. La superficie riflette la luce con una brillantezza simile alla madreperla, mantenendo al contempo una morbidezza visiva che lo rende adatto a impieghi estetici di pregio. Dal punto di vista del design, la trasparenza di Sericyne® non ha soltanto una funzione ottica, ma rappresenta un linguaggio progettuale che richiama l'origine naturale e biologica del materiale. In applicazioni come rivestimenti, pannelli o elementi decorativi, la qualità setosa della luce che attraversa i fogli conferisce un carattere distintivo, collocando Sericyne® in una categoria a metà strada tra biopolimero e tessuto prezioso.

#### Proprietà

Oltre alla trasparenza, i fogli di seta Sericyne® presentano prestazioni fisiche e meccaniche rilevanti. La fibroina è nota per la sua resistenza alla trazione<sup>9</sup>, paragonabile a quella di alcune leghe leggere, e per la sua flessibilità superiore a quella di molte bioplastiche biodegradabili (Davis, 2017). Queste caratteristiche permettono di ottenere superfici sottili e leggere ma al contempo stabili, capaci di resistere a manipolazioni ripetute senza perdere integrità.

Dal punto di vista tattile, il materiale si distingue per la morbidezza e la sensazione calda al contatto, lontana dalla percezione fredda e artificiale della plastica. La fibroina possiede anche una naturale biocompatibilità e una capacità intrinseca di resistere all'umidità in misura moderata, rendendo i fogli idonei a rivestimenti, packaging di lusso e persino applicazioni cosmetiche.

L'assenza di additivi sintetici e la conservazione della sericina contribuiscono a mantenere la superficie liscia, omogenea e luminosa. Un ulteriore aspetto innovativo riguarda la stabilità cromatica perchè Sericyne® conserva la sua brillantezza e traslucenza nel tempo, senza ingiallire facilmente come avviene per altre bioplastiche.

#### Biodegradabilità

Essendo composti interamente da fibroina e sericina, entrambi di origine proteica, i fogli di Sericyne® si degradano naturalmente senza rilasciare sostanze tossiche o microplastiche nell'ambiente. In condizioni controllate di compostaggio il materiale può essere completamente riassorbito nell'arco di poche settimane, mentre in ambienti naturali i tempi variano a seconda di fattori come umidità, temperatura e presenza di microrganismi. A differenza di molte bioplastiche che necessitano di impianti industriali per attivare il processo di degradazione, Sericyne® si inserisce in un ciclo biologico più diretto e circolare, e questo aspetto lo colloca non solo come materiale sostenibile, ma anche come paradigma di un nuovo modello produttivo che riduce gli sprechi e reintegra i residui organici nell'ecosistema.

<sup>8</sup>. Le regioni cristalline della fibroina rifrangono la luce, mentre quelle amorfe la diffondono: questa combinazione produce una traslucenza calda e morbida, differente dalla limpidezza "fredda" del vetro o dei polimeri sintetici.

<sup>9</sup>. La fibroina della seta presenta un carico di rottura fino a ~600 MPa



## 3.5 THE SEAWEED ARCHIVES

### 3.5.1 Introduzione

Seaweed Archives è un progetto di ricerca e sviluppo sui biomateriali condotto dallo Studio Tång, un collettivo di designer con sede in Svezia che lavora sulla trasformazione delle alghe in materiali sostenibili per il design e l'architettura (Studio Tång, 2021). Il materiale nasce dall'idea di utilizzare la straordinaria abbondanza di alghe marine del Mar Baltico e delle coste scandinave<sup>1</sup>, una risorsa naturale che cresce rapidamente e non necessita di fertilizzanti o acqua dolce. L'approccio di Studio Tång si colloca all'incrocio tra design sperimentale e scienza dei materiali, con l'obiettivo di creare superfici trasparenti e semitrasparenti a partire da biomasse marine, capaci di sostituire plastiche e laminati di origine fossile.

### Origine e sviluppo

Il progetto Seaweed Archives prende forma intorno al 2019, quando i designer dello Studio Tång avviano una ricerca sistematica sulla valorizzazione delle alghe brune raccolte lungo le coste svedesi.<sup>2</sup> L'idea nasce dall'urgenza di affrontare i problemi ambientali legati sia all'inquinamento da plastiche sia alla sottoutilizzazione delle alghe come risorsa industriale. Attraverso sperimentazioni con tecniche di essiccazione, pressatura e trasformazione della biomassa, il team dello Studio Tång ha sviluppato diversi prototipi di fogli e film semitrasparenti, che sono poi successivamente presentati in mostre e fiere internazionali dedicate al design sostenibile. Seaweed Archives non è concepito come un singolo materiale statico, ma come un

Frammento della tesi magistrale "Gli archivi delle alghe", Chalmers Open Digital Repository, J. Schikan e B. Gwózdź

archivio in continua evoluzione, in cui diverse tipologie di alghe e diversi processi produttivi vengono catalogati e sperimentati per generare varianti con proprietà estetiche e meccaniche differenti. Questa impostazione permette al progetto di mantenere una dimensione aperta e sperimentale (Thomsen & Studio Tång, 2020).

### Perché è innovativo

L'innovazione di Seaweed Archives risiede nella capacità di trasformare una materia prima naturale abbondante e spesso sottovalutata in una gamma di biomateriali con proprietà funzionali e visive uniche (Dezeen, 2021). A differenza di molte bioplastiche che necessitano di processi industriali complessi, i materiali sviluppati da Studio Tång derivano da trattamenti a basso impatto energetico, basati principalmente su essiccazione, compressione e formatura. Ciò rende il progetto non solo ecologicamente sostenibile, ma anche scalabile in contesti locali dove le alghe possono essere raccolte e trasformate in maniera decentralizzata. Esteticamente parlando i fogli e i film ottenuti mostrano una trasparenza organica e variazioni cromatiche che dipendono dal tipo di alga impiegata, e questa qualità li rende non solo sostituti funzionali delle plastiche, ma anche materiali con un valore narrativo e identitario, capaci di comunicare visivamente il legame con l'ambiente marino.<sup>6</sup> Seaweed Archives si presenta dunque come un progetto che unisce sostenibilità, ricerca materica e cultura del design contemporaneo.

<sup>1</sup> Le alghe brune sono particolarmente abbondanti in queste aree e svolgono anche un ruolo ecologico fondamentale come habitat per molte specie marine.

<sup>2</sup> Il progetto nasce in un contesto culturale di crescente attenzione ai biomateriali e alla "blue economy", cioè l'economia basata sull'uso sostenibile delle risorse marine.

### 3.5.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

Il progetto si fonda sulla trasformazione delle alghe brune in materiali visivi e tattili di nuova generazione, sfruttando in particolare i polisaccaridi e le fibre che costituiscono la struttura naturale di questi organismi marini. Le componenti principali sono gli alginati, polisaccaridi che, a contatto con l'acqua, formano gel omogenei capaci di solidificarsi in pellicole sottili e semi-trasparenti. Accanto a essi, la cellulosa marina contribuisce alla coesione strutturale, mentre i fucoidani,<sup>3</sup> polisaccaridi solforati, aggiungono proprietà viscoelastiche che influenzano la resistenza del materiale (Kraan, 2012). Un altro aspetto importante della composizione è legato alla presenza naturale di pigmenti e sali minerali tipici delle alghe brune, che conferiscono ai fogli cromie<sup>4</sup> che variano dal verde scuro al marrone dorato. Queste variazioni cromatiche, anziché essere eliminate, sono valorizzate come parte integrante dell'estetica del materiale, trasformandolo in una sorta di archivio vivente della biodiversità marina. Non vengono aggiunti pigmenti artificiali né plasticizzanti sintetici: la lavorazione si limita a enfatizzare le qualità già presenti nelle materie prime. La peculiarità dei materiali Seaweed Archives risiede quindi nella loro composizione totalmente naturale, che non fa ricorso a derivati fossili o additivi chimici. Le proprietà meccaniche ed estetiche derivano esclusivamente dalle combinazioni delle sostanze organiche contenute nelle alghe, modulando la percentuale tra polisaccaridi e fibre secondo l'effetto desiderato, e questo approccio si inserisce pienamente nella filosofia del progetto, che vede nelle alghe non solo una risorsa biologica, ma anche culturale ed estetica.

<sup>3</sup> I fucoidani, oltre a qualità meccaniche, hanno anche proprietà bioattive (antiossidanti, antivirali), ma in questo contesto il loro interesse è soprattutto per la flessibilità del materiale.

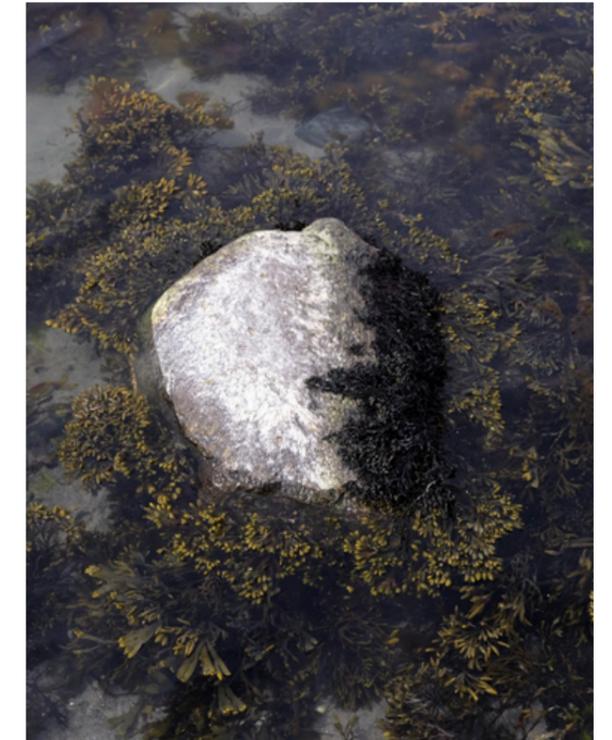
<sup>4</sup> Le tonalità dipendono dai pigmenti naturali delle alghe brune: clorofilla, carotenoidi e soprattutto fucoxantina, responsabile del colore bruno-dorato.

<sup>5</sup> Questo passaggio consente di uniformare la biomassa e rende modulabile la composizione: variando il rapporto tra fibre e polisaccaridi si ottengono fogli più rigidi o più flessibili.

#### Processo produttivo

Il processo produttivo dei materiali Seaweed Archives si distingue per l'attenzione alla semplicità e alla sostenibilità ambientale. Dopo la raccolta, le alghe vengono accuratamente pulite ed essiccate, un passaggio fondamentale per rimuovere l'eccesso di umidità e preservare i composti bioattivi. Una volta essiccate, vengono ridotte in polvere fine<sup>5</sup>, che diventa la base per la creazione dei materiali. Questa polvere, mescolata con acqua, genera una pasta viscosa e omogenea, ricca di polisaccaridi, pronta per essere trasformata in film e lastre.

La miscela così ottenuta viene colata in strati sottili su supporti piani o all'interno di stampi, a seconda dell'effetto ricercato. L'essiccazione può avvenire lentamente all'aria, per ottenere texture più organiche e delicate, oppure con un leggero apporto di calore, che accelera il processo mantenendo comunque un basso consumo energetico. Il risultato è un materiale semi-trasparente, che conserva le caratteristiche naturali dell'alga, sia dal punto di vista cromatico che tattile. A differenza di molte bioplastiche moderne, la produzione non prevede estrusione industriale o processi complessi di polimerizzazione, ma si basa su tecniche artigianali a basso impatto. Questo conferisce al materiale un valore aggiunto: ogni foglio prodotto è leggermente diverso, un unicum che racconta la sua origine naturale. Il progetto prevede inoltre la possibilità di catalogare e archiviare le diverse varianti ottenute, trasformando i fogli in veri e propri "documenti materiali" che testimoniano la diversità delle alghe utilizzate. Dal punto di vista applicativo, la metodologia è facilmente replicabile in contesti locali: ciò consente di creare produzioni decentralizzate che si adattino alle specie algali presenti nei diversi territori, riducendo i trasporti e promuovendo una filiera circolare. In questo senso, Seaweed Archives non è solo un progetto di materiali, ma anche un modello di produzione responsabile che integra design, ecologia e cultura.



Alghe marine tipiche della costa svedese. (in alto a destra)  
Processo produttivo di Studio Tang.  
[instagram.com/the.seaweed.archives](https://www.instagram.com/the.seaweed.archives). (a sinistra)



### 3.5.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Uno degli aspetti più affascinanti dei materiali prodotti dallo Seaweed Archives è la loro particolare trasparenza organica, cioè non si tratta della limpidezza fredda e cristallina tipica delle plastiche fossili, bensì di una translucenza morbida e calda che lascia filtrare la luce in modo diffuso e irregolare. Questa qualità visiva deriva direttamente dalla struttura dei polisaccaridi e delle fibre contenute nelle alghe che creano un reticolo semi-cristallino che modula la luce in maniera naturale. La percezione visiva varia a seconda dello spessore del film, come spiegazione infatti si può dire che i fogli più sottili appaiono quasi vellutati e permettono una maggiore diffusione luminosa, mentre quelli più spessi assumono tonalità più intense e materiche, inoltre anche la presenza di pigmenti naturali e residui minerali contribuisce a generare sfumature uniche, trasformando ogni foglio in un campione irripetibile.

#### Proprietà

I fogli di Seaweed Archives presentano una resistenza moderata, sono flessibili, pieghevoli e leggeri, ma non raggiungono le prestazioni dei polimeri sintetici come il PET, si potrebbe dire che la loro forza risiede nella combinazione tra elasticità naturale e texture materica, che li rende adatti a usi artistici, decorativi e sperimentali. La superficie è liscia ma conserva micro-irregolarità tipiche dei materiali naturali, che diventano parte integrante del loro fascino visivo e tattile.

"The Seaweed Archives", mostra "Materialized" curata da isoladesigndistrict, Milano Design Week, Milano 2022. (a sinistra)

Questo aspetto li differenzia radicalmente dalle plastiche industriali, spesso caratterizzate da uniformità e omogeneità. Inoltre, la lavorazione a bassa temperatura mantiene intatti molti dei composti bioattivi delle alghe, permettendo al materiale di conservare una certa permeabilità al vapore acqueo, utile in alcune applicazioni di packaging sostenibile.<sup>6</sup> Dal punto di vista sensoriale, i materiali Seaweed Archives restituiscono una tattilità morbida e calda, molto distante dalla freddezza delle pellicole sintetiche. La loro fragilità relativa diventa, paradossalmente, un valore aggiunto, perché invita a una fruizione consapevole, sottolineando il legame tra materia ed ecosistema e suggerendo una progettualità meno orientata all'usa e getta.

#### Biodegradabilità

Essendo costituiti unicamente da alghe essiccate e trattate con acqua, i fogli si degradano in tempi rapidi, senza bisogno di impianti di compostaggio industriale, infatti in condizioni naturali il materiale si frammenta progressivamente sotto l'azione di umidità, microbi e radiazioni solari, reintegrando i nutrienti contenuti nell'alga nell'ambiente circostante. La possibilità di produrre localmente e smaltire in loco rende il ciclo di vita del materiale completamente circolare, un esempio concreto di design sostenibile che non lascia scorie permanenti.

Quindi per finire il discorso si può dire che dal punto di vista simbolico, la biodegradabilità dei materiali Seaweed Archives diventa anche un messaggio culturale perché fa nascere nella testa delle persone l'idea che la materia non sia destinata a rimanere come rifiuto, ma a ritornare all'ecosistema chiudendo un ciclo naturale e responsabile.

<sup>6</sup> Questa caratteristica ricorda la funzione di membrane naturali: il materiale può traspirare e quindi adattarsi ad applicazioni in cui serve scambio con l'ambiente, come imballaggi alimentari biodegradabili.



## 3.6 NUATAN

### 3.6.1 Introduzione

Nuatan è un biopolimero trasparente e completamente bio-based, nato come alternativa concreta ai polimeri fossili tradizionali (Kubuřová & Král, 2019). Combina leggerezza, resistenza e biodegradabilità, offrendo una soluzione adatta a packaging, accessori moda e prodotti di design sperimentale, non a caso fin dalle prime fasi progettuali è stato concepito per garantire compatibilità con i processi industriali già esistenti, rendendolo uno dei pochi biomateriali in grado di superare la fase prototipale e collocarsi come risorsa effettiva nell'economia circolare. La sua estetica minimale e la trasparenza modulabile lo distinguono non solo come materiale tecnico, ma come linguaggio visivo legato a un nuovo paradigma di sostenibilità.

### Origine e sviluppo

Il materiale è stato sviluppato nel 2016 dal duo di designer Vlasta Kubuřová e Miroslav Král, fondatori di Crafting Plastics! Studio, in collaborazione con il Polymer Institute<sup>1</sup> della Slovak Academy of Sciences a Bratislava (Crafting Plastics! Studio & SAS, 2018). L'idea nacque dalla volontà di tradurre la ricerca scientifica sui biopolimeri in applicazioni concrete per il design, valorizzando la miscela di PLA (acido polilattico) e PHA (poliidrossialcanoati), entrambi derivati da fonti rinnovabili.

Gamma di prodotti Nuatan in diversi spessori e finiture. (a sinistra)

Dopo oltre tre anni di sperimentazione in laboratorio, sono stati definiti parametri ottimali di trasparenza, resistenza e stabilità, garantendo prestazioni vicine a quelle delle plastiche tradizionali ma senza il loro impatto ambientale<sup>1</sup>, e la presentazione ufficiale avvenne in fiere e mostre internazionali tra il 2018 e il 2020, attirando l'attenzione del mondo del design sostenibile e aprendo collaborazioni con aziende orientate alla circolarità.<sup>2</sup>

### Perché è innovativo

A differenza di molte bioplastiche trasparenti, che risultano fragili o hanno bisogno di impianti specializzati per la degradazione, Nuatan mantiene performance meccaniche stabili durante l'uso quotidiano ma si degrada in tempi relativamente brevi senza lasciare microplastiche residue (European Bioplastics, 2020). Questo lo rende una scelta particolarmente interessante per il design del packaging alimentare e per accessori di moda, dove leggerezza visiva e responsabilità ambientale sono entrambe richieste, unito anche alla possibilità di ottenere varianti di colore e livelli di traslucenza che ne amplia ulteriormente l'impiego, trasformando un biomateriale sperimentale in uno strumento versatile a disposizione dei progettisti.

<sup>1</sup>. La combinazione di PLA e PHA consente di ottenere resistenze meccaniche e stabilità termica comparabili ai polimeri convenzionali.

<sup>2</sup>. Presentato in eventi internazionali come la Dutch Design Week e la Milan Design Week, affermandosi come caso studio di biomateriale capace di dialogare con la produzione industriale.

### 3.6.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

Nuatan è costituito principalmente da biopolimeri naturali trasparenti, derivati da fonti vegetali rinnovabili<sup>3</sup>, che formano la matrice principale del materiale (Vitková et al., 2017). Questi polimeri essendo combinati tra loro, creano una rete tridimensionale flessibile, responsabile della trasparenza, della leggerezza e della resistenza meccanica del foglio, e la loro struttura molecolare consente inoltre un'elevata coesione interna, mantenendo al contempo una capacità di biodegradazione controllata.

L'aggiunta di additivi naturali possono migliorarne le proprietà funzionali e la lavorabilità, come plasticizzanti di origine vegetale, oli naturali o composti antimicrobici bio-based<sup>4</sup>, e tali componenti contribuiscono a rendere Nuatan più flessibile, resistente all'usura e durevole nel tempo, senza compromettere la sua composizione completamente bio-based.

Dal punto di vista chimico la matrice polimerica di Nuatan è caratterizzata da legami lineari e ramificati che conferiscono al materiale un equilibrio ottimale tra resistenza e flessibilità, permettendo di ottenere fogli uniformi e modellabili.

La combinazione dei polimeri naturali e degli additivi bio-based rende Nuatan un materiale unico nel panorama dei biomateriali trasparenti, con caratteristiche ottiche e meccaniche che lo rendono adatto a diverse applicazioni nel design industriale.

<sup>3</sup> Nuatan è uno dei pochi materiali bio-based che coniuga trasparenza ottica e biodegradabilità.

<sup>4</sup> Lo sviluppo del materiale si inserisce nel più ampio panorama della biofabbricazione, un approccio emergente che mira a "coltivare" i materiali anziché produrli industrialmente.

<sup>5</sup> L'intero processo produttivo integra ricerca scientifica e know-how progettuale.

#### Processo produttivo

Il processo produttivo di Nuatan si sviluppa attraverso una filiera controllata che coniuga biotecnologia, ricerca sui polimeri e design applicato<sup>5</sup>.

La materia prima viene inizialmente trasformata in una miscela termoplastica capace di fondere e solidificare in modo analogo alle plastiche convenzionali. Questa miscela viene raffinata fino a ottenere un materiale puro e stabile, la cui formula bilancia le proporzioni tra PLA e PHA per assicurare prestazioni tecniche elevate e una completa compostabilità industriale.

Una volta preparato il composto base, esso viene convertito in diversi formati intermedi, tra cui granuli, lastre e filamenti, che rappresentano la base per la successiva trasformazione. In questa fase entrano in gioco tecniche differenti: estrusione per ottenere fogli continui, pressatura termica per produrre superfici piane con spessori controllati, o estrusione fine per la produzione di filamenti destinati alla stampa 3D. L'obiettivo è ottenere un materiale versatile, compatibile con le tecnologie produttive già esistenti, ma completamente privo di componenti fossili.

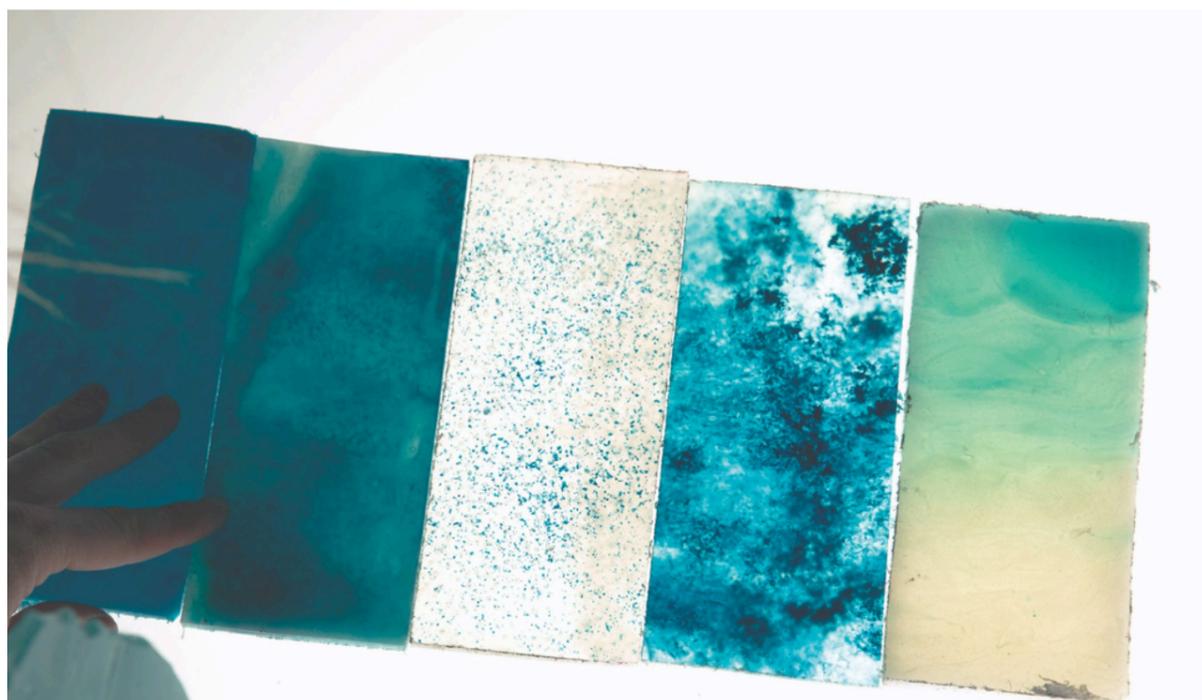
A partire da questi semilavorati, Nuatan può essere modellato attraverso vari processi: stampaggio a iniezione per oggetti complessi, termoformatura per elementi sottili o curvi, e stampa additiva per produzioni sperimentali o personalizzate. Ogni metodo conserva le qualità estetiche e tattili del materiale, che si distingue per la sua capacità di mantenere stabilità dimensionale e colore anche dopo la formatura.

Le fasi finali comprendono la stabilizzazione e l'essiccazione del materiale, volte a migliorare la resistenza nel tempo e a eliminare eventuali residui di umidità. Segue un controllo qualitativo rigoroso, che garantisce uniformità cromatica, trasparenza e coerenza strutturale.

L'intero ciclo produttivo, pur essendo tecnicamente sofisticato, è concepito per rimanere sostenibile e replicabile, con la possibilità di recuperare gli scarti di lavorazione e reimmetterli nel processo, rafforzando l'approccio circolare che costituisce il cuore del progetto Nuatan.



Nuatan in formato granulato, in lastra, ed in filamento per stampante 3d



Immagini di lastre di Nuatan con diverse colorazioni e spessori

### 3.6.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Una delle caratteristiche che rendono Nuatan particolarmente interessante è la sua trasparenza uniforme che lo porta ad essere differente dalla maggior parte delle bioplastiche oggi disponibili (Crafting Plastics! Studio, 2019). Il materiale permette alla luce di attraversare i fogli in modo morbido e diffuso, senza presentare irregolarità ottiche o variazioni di colore, e questa qualità visiva deriva dalla matrice molecolare del PLA, che garantisce un'elevata chiarezza, mentre il PHA bilancia eventuali rigidità, evitando che i film diventino fragili. La resa estetica è quindi paragonabile a quella delle plastiche fossili tradizionali, come il PET o il polipropilene trasparente, ma con il vantaggio di una composizione interamente bio-based.

Nuatan dunque si presta in maniera perfetta ad applicazioni nel packaging trasparente, in accessori di moda e in elementi di design in cui la leggerezza visiva diventa parte integrante del progetto.

#### Proprietà

Nuatan si distingue per un equilibrio tra rigidità e flessibilità, grazie alla sinergia tra PLA e PHA, non a caso i test fatti dimostrano che il materiale possiede una resistenza meccanica paragonabile a quella delle plastiche fossili comunemente usate nel packaging, mantenendo al contempo una buona lavorabilità, nello specifico il PLA garantisce resistenza e stabilità dimensionale, mentre il PHA contribuisce a migliorare la resilienza agli urti e la capacità di sopportare piegature senza rotture.

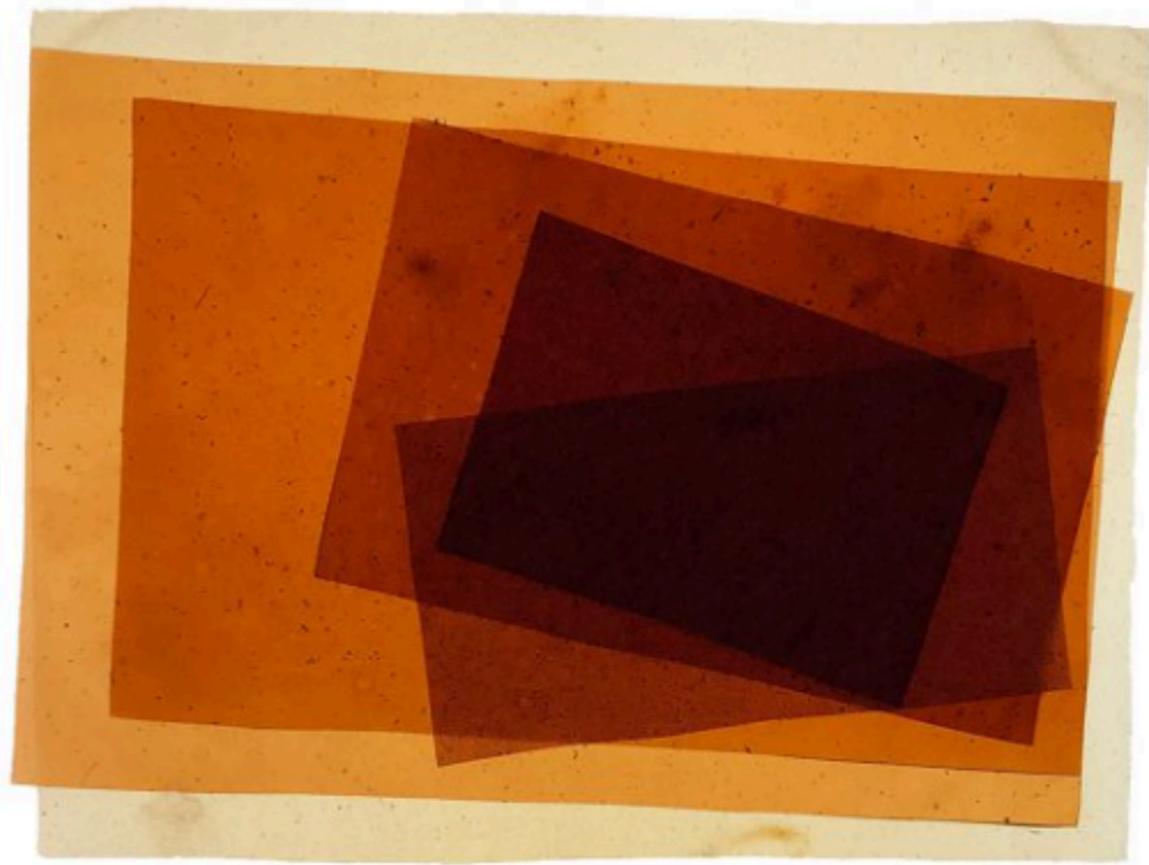
Un'altro aspetto rilevante è la compatibilità con le tecnologie di trasformazione industriali, infatti Nuatan può essere termoformato, estruso, stampato a iniezione o utilizzato in stampa 3D senza perdita significativa di prestazioni, e questa sua propensione versatile ne amplia gli scenari applicativi, dal settore alimentare al product design. La sua superficie liscia e regolare consente di ottenere finiture di alta qualità, sia trasparenti che colorate con pigmenti naturali, e dal punto di vista sensoriale, il materiale presenta una tattilità morbida e una leggerezza che lo distinguono dalle plastiche sintetiche.

#### Biodegradabilità

Al termine del ciclo d'uso il materiale può decomporsi in un arco temporale relativamente breve, restituendo nutrienti all'ambiente senza lasciare microplastiche o residui tossici.<sup>6</sup> La presenza del PHA in particolare accelera i processi di degradazione, rendendo il materiale più facilmente assimilabile dai microrganismi rispetto al solo PLA, che da solo avrebbe tempi più lunghi di compostaggio. Questo equilibrio tra durabilità in fase d'uso e biodegradabilità a fine vita consente a Nuatan di inserirsi pienamente nei modelli di economia circolare; Inoltre il processo produttivo stesso è pensato per reintegrare gli scarti, perchè i residui di lavorazione possono essere recuperati e riutilizzati, riducendo al minimo le perdite di materia. Dal punto di vista progettuale, la biodegradabilità di Nuatan apre una riflessione più ampia: non si tratta solo di sostituire la plastica con un materiale più "verde", ma di ripensare il ciclo di vita degli oggetti, progettandoli sin dall'inizio per reintegrarsi naturalmente nell'ecosistema.

<sup>6</sup> "The Seaweed Archives", mostra "Materialized" curata da isoladesigndistrict, Milano Design Week, Milano 2022. (a sinistra)

<sup>6</sup> La biodegradabilità industriale di Nuatan si completa in tempi molto più rapidi rispetto a PLA puro, che può impiegare anni a degradarsi in natura.



## 3.7 JAPANESE KNOTWEED

### 3.7.1 Introduzione

Il Japanese Knotweed Project nasce come risposta critica all'impatto ecologico e sociale della Fallopia japonica, pianta originaria dell'Asia orientale e oggi considerata una delle specie più invasive d'Europa<sup>1</sup> (Bailey & Conolly, 2000). L'iniziativa del progetto è stata sviluppata da Marina Belintani all'interno del Sustain Lab, che esplora la possibilità di trasformare un elemento percepito come problema ambientale in una risorsa concreta per il design sostenibile. Ogni parte della pianta, dal rizoma fino alle foglie, viene reinterpretata come potenziale materia prima, con l'obiettivo primo di generare materiali locali e di ridurre la dipendenza da risorse industriali tradizionali.

### Origine e sviluppo

Il progetto prende avvio nel 2021, con un'indagine sperimentale condotta da Belintani presso il Sustain Lab, laboratorio interdisciplinare dedicato a ricerca, ecologia e design. La ricerca si concentra su ogni parte della pianta<sup>2</sup>, dal rizoma ai fusti, fino alle foglie e ai peduncoli, valutando come ciascun elemento possa essere impiegato come risorsa utile per applicazioni materiali. Le fibre vegetali, ad esempio, possono essere trasformate in composti simili alla carta o a fogli laminati, mentre dalle foglie si ottengono pigmenti naturali per applicazioni artistiche e decorative.

<sup>1</sup> La Fallopia japonica è classificata tra le "100 worst invasive alien species" dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN), poiché cresce rapidamente, colonizza suoli urbani e naturali, e danneggia infrastrutture grazie alla forza del suo apparato radicale.

<sup>2</sup> Le fibre ricavate dai fusti presentano caratteristiche simili a quelle delle fibre di canapa o lino, mentre i pigmenti ottenuti dalle foglie variano dal verde scuro al marrone, a seconda dei trattamenti termici.

"Japanese Knotweed Project" Fotografia di Marina Belintani

L'approccio seguito non si limita a individuare possibili usi, ma mette in evidenza il valore di un ciclo produttivo completamente locale e artigianale, che riduce al minimo il trasporto e valorizza un materiale abbondante e a costo quasi nullo. In questo senso, il Japanese Knotweed Project si configura non solo come ricerca sui biomateriali, ma anche come riflessione critica sulla gestione delle risorse e sull'economia circolare, trasformando un "problema ambientale" in opportunità per nuovi scenari progettuali.

### Perché è innovativo

L'aspetto innovativo del progetto non risiede soltanto nella sperimentazione con la materia vegetale, ma soprattutto nell'approccio culturale e metodologico adottato. Mentre la maggior parte delle strategie di contenimento del Japanese Knotweed punta alla sua eradicazione, questa ricerca propone una via alternativa, fondata sull'uso creativo e responsabile della pianta. L'idea di sviluppare nuove filiere locali basate su ciò che normalmente viene scartato apre infatti un orizzonte inedito per il design sostenibile, avvicinandolo alla gestione del paesaggio e alle pratiche di rigenerazione ecologica. Il progetto contribuisce ad ampliare il dibattito sul ruolo del design contemporaneo, che non si limita più alla creazione di oggetti o materiali, ma assume una funzione sociale ed ecologica, capace di ripensare i rapporti tra uomo, natura e produzione ed in un certo senso il Japanese Knotweed Project si configura come un esempio virtuoso di design critico e rigenerativo, in grado di ridefinire lo statuto stesso delle "specie invasive" e di restituire loro un valore positivo nel contesto delle comunità locali.

### 3.7.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

Il Japanese Knotweed (*Fallopia japonica*) è una pianta erbacea perenne caratterizzata da una composizione chimica ricca e sorprendentemente variegata. I suoi rizomi e fusti presentano un'alta concentrazione di cellulosa ed emicellulosa, polisaccaridi che costituiscono la parte strutturale della pianta e che rappresentano una risorsa fondamentale per la produzione di fibre naturali, bioplastiche e biocompositi (Samuels et al., 2016). Rispetto a colture tradizionali come canapa o lino, questa pianta offre una quantità significativa di fibre in tempi ridotti, poiché cresce rapidamente e in maniera invasiva. Le foglie e i peduncoli contengono pigmenti naturali (clorofilla, carotenoidi e antociani), che possono essere utilizzati per ottenere colorazioni ecologiche e tessuti bio-pigmentati. Oltre ai pigmenti, le foglie possiedono polifenoli e flavonoidi, molecole che conferiscono proprietà antiossidanti e antibatteriche. Un elemento particolarmente interessante è il resveratrolo<sup>3</sup>, abbondante nei rizomi della pianta: questa molecola, conosciuta per le sue applicazioni in campo nutraceutico, rappresenta una potenziale risorsa anche per la funzionalizzazione dei biomateriali, aggiungendo caratteristiche protettive o migliorando la stabilità del materiale stesso (Bridges et al., 2019).

<sup>3</sup> Il resveratrolo è una molecola fenolica con proprietà antiossidanti, antifungine e antibatteriche, che conferisce una maggiore resistenza al deterioramento biologico.

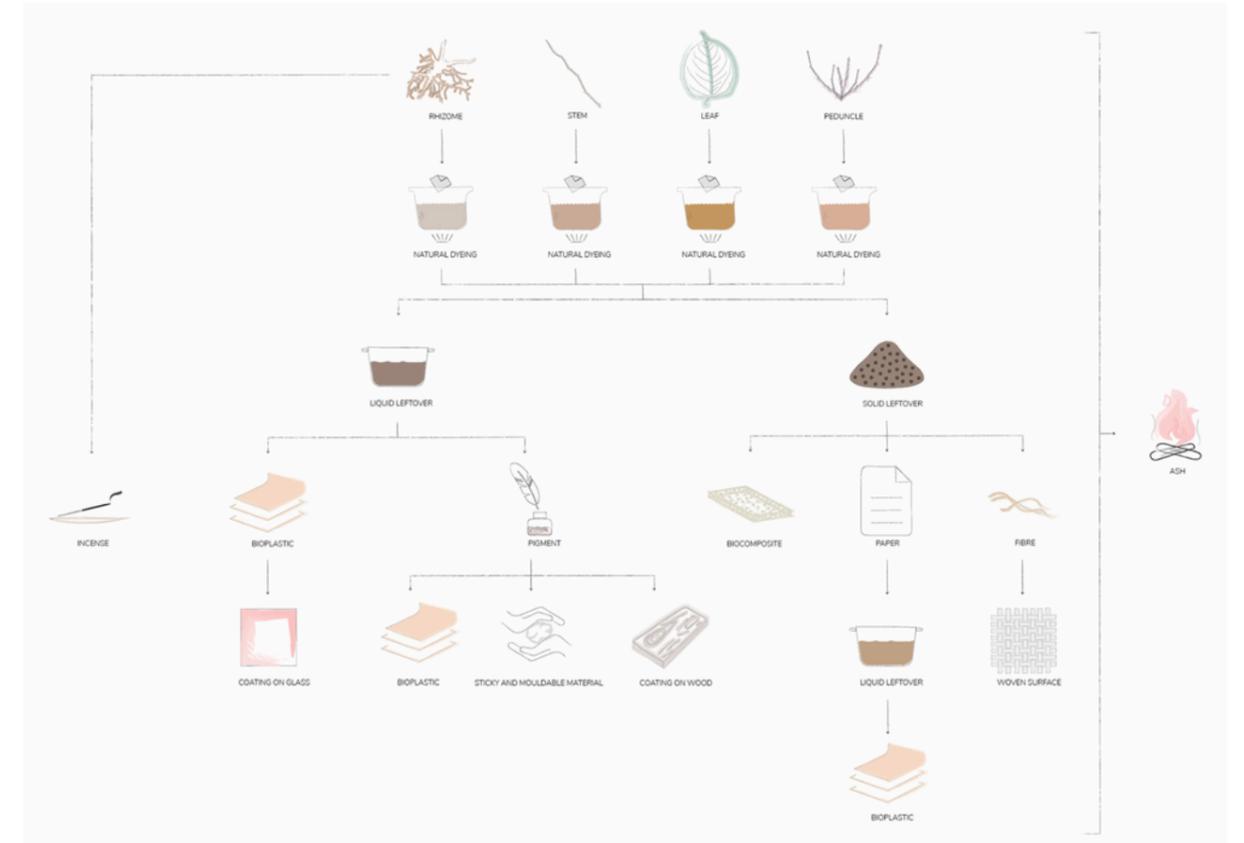
<sup>4</sup> L'essiccazione viene effettuata in genere al sole o a basse temperature, e ciò impedisce la proliferazione microbica e facilita la successiva macinazione.

<sup>5</sup> Dai fusti si ottengono materiali laminati simili a pannelli cartacei o composti legnosi.

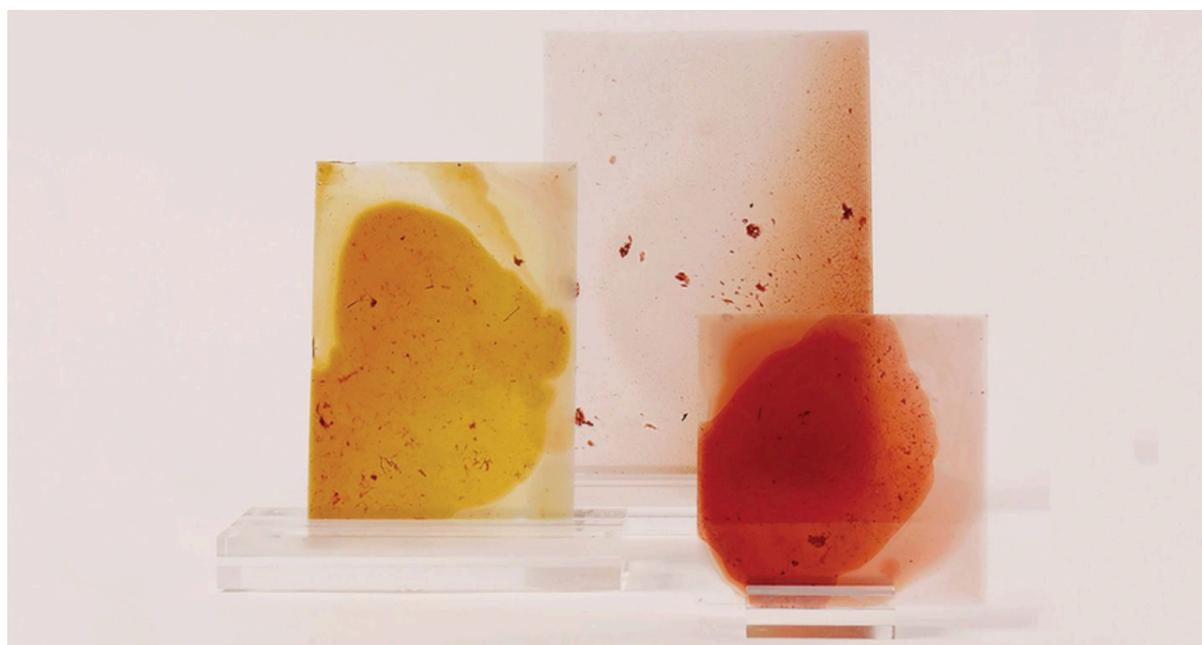
#### Processo produttivo

Il Japanese Knotweed Project adotta un processo produttivo volutamente semplice e replicabile, pensato per favorire un approccio sostenibile e locale alla trasformazione della pianta.

La lavorazione inizia con la raccolta e selezione delle piante, generalmente effettuata nei periodi di crescita intensa, quando la biomassa disponibile è maggiore. Successivamente, rizomi e fusti vengono puliti ed essiccati<sup>4</sup>; questa fase è cruciale non solo per stabilizzare la materia prima, ma anche per ridurre la presenza di umidità, elemento che potrebbe compromettere la qualità dei materiali ottenuti. I rizomi essiccati vengono trattati per estrarre cellulosa e fibre: queste possono essere impiegate come rinforzo in biocompositi, o come base per fogli sottili e pellicole biodegradabili, capaci di mantenere un certo grado di trasparenza. I fusti, dotati di una struttura cava<sup>5</sup>, vengono macinati e trasformati in paste fibrose o polveri, utilizzabili in processi di stampaggio a caldo o pressatura, da cui si ricavano oggetti rigidi, rivestimenti o pannelli leggeri. Allo stesso tempo le foglie e i peduncoli vengono ridotti in polvere per produrre pigmenti naturali o additivi funzionali, capaci di conferire colorazioni variabili dal verde al bruno. Alcuni estratti polifenolici ottenuti da foglie e rizomi sono inoltre testati come agenti protettivi naturali, capaci di aumentare la resistenza dei materiali all'attacco microbico e all'ossidazione. Il processo produttivo nel suo complesso si distingue per un impatto ambientale ridotto: non richiede solventi chimici, sfrutta basse temperature e genera scarti interamente riutilizzabili o compostabili. La natura decentralizzata del modello consente inoltre di immaginare micro-filieri locali, in cui il Japanese Knotweed, generalmente considerato infestante e dannoso, diventa risorsa progettuale e culturale, in grado di generare nuove economie circolari.



Schema esplicativo del processo produttivo (sopra);  
Alcune delle fasi di lavorazione del materiale



### 3.7.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Uno degli aspetti peculiari dei materiali sviluppati a partire dal Japanese Knotweed è la possibilità di ottenere fogli e pellicole sottili con un grado di traslucenza naturale, infatti la sua trasparenza non è mai cristallina come quella dei polimeri fossili, ma assume una qualità morbida, lattiginosa e organica che richiama la provenienza naturale della materia prima. Il livello di chiarezza dipende in gran parte dalla parte della pianta utilizzata, soprattutto perchè le fibre derivate dai rizomi, pur mantenendo una buona compattezza, permettono alla luce di filtrare in modo diffuso, generando un effetto estetico paragonabile alla carta vegetale. D'altro canto le foglie conferiscono sfumature cromatiche che variano dal verde chiaro al bruno, arricchendo il materiale di una valenza estetica che unisce trasparenza e pigmentazione naturale. Questa caratteristica lo rende adatto a rivestimenti, inserti decorativi o packaging innovativi, dove la traslucenza è un linguaggio coerente con la filosofia ecologica del progetto.

#### Proprietà

Oltre all'aspetto estetico, il Japanese Knotweed offre interessanti proprietà meccaniche<sup>6</sup>. I film sottili ottenuti dalla cellulosa estratta dai rizomi presentano una discreta resistenza alla trazione e una buona flessibilità, caratteristiche che li rendono idonei a usi di piccola scala, come imballaggi o oggetti di design leggeri. Le paste fibrose ricavate dai fusti hanno invece mostrato un comportamento più rigido e compatto, con proprietà meccaniche simili a quelle dei pannelli a base vegetale.

Diverse colorazioni del materiale, fotografia di Marina Belintani

Un altro elemento di interesse è la stabilità dimensionale del materiale; sebbene sia soggetto a variazioni con l'umidità, la struttura fibrosa trattata mantiene una coesione sufficiente per garantire un ciclo di vita utile nelle applicazioni quotidiane. Inoltre, i composti polifenolici naturalmente presenti nella pianta sembrano contribuire a una certa resistenza all'attacco microbico e all'invecchiamento superficiale, fattore che incrementa la durabilità del materiale senza ricorrere ad additivi sintetici. In questo senso, il knotweed dimostra come un'infestante possa trasformarsi in un materiale con prestazioni interessanti, capace di coniugare sostenibilità e funzionalità.

#### Biodegradabilità

Essendo costituiti esclusivamente da fibre vegetali, pigmenti e composti organici naturali, i materiali a base di knotweed si degradano rapidamente in condizioni ambientali normali, restituendo nutrienti al terreno. I test condotti da Sustain Lab hanno mostrato tempi di decomposizione compresi tra 4 e 8 settimane<sup>7</sup> per fogli sottili e pellicole, con tempi leggermente più lunghi per i materiali compatti ricavati dai fusti. Questa rapidità di degradazione, unita all'assenza di residui tossici o microplastiche, differenzia nettamente il Japanese Knotweed sia dalle plastiche convenzionali sia da molte bioplastiche industriali, che necessitano di impianti di compostaggio specifici. Inoltre, l'idea di restituire al suolo un materiale che proviene da una pianta invasiva crea un ciclo di vita fortemente simbolico: il problema ecologico diventa risorsa e ritorna all'ambiente senza produrre impatti negativi.<sup>8</sup>

<sup>6</sup>. comportamento legato alla presenza di lignina, che agisce come collante naturale tra le fibre, conferendo maggiore rigidità e compattezza, analogamente ai pannelli lignei pressati.

<sup>7</sup>. Ritmo di degradazione è paragonabile a quello di materiali organici come carta e cartone non trattati.

<sup>8</sup>. Logica del design rigenerativo



## 3.8 SEAMPATHY

### 3.8.1 Introduzione

SEAmPathy è un biomateriale sperimentale sviluppato a partire dalle alghe marine, concepito come alternativa ai materiali sintetici di origine fossile (Designboom, 2019). Si presenta come una pellicola sottile, traslucida e flessibile, che unisce qualità estetiche e proprietà biodegradabili. L'intento alla base del progetto non è soltanto quello di proporre un sostituto alla plastica, ma di avviare una riflessione critica sul rapporto tra materia e ambiente: il materiale, infatti, trasmette attraverso la sua stessa consistenza e visibilità l'idea di una sostanza viva, organica e fragile, in netto contrasto con la neutralità delle plastiche convenzionali.

### Origine e sviluppo

Il progetto nasce nel 2019 grazie al lavoro del designer israeliano Daniel Elkayam in collaborazione con il Weizmann Institute of Science, all'interno della sua ricerca sui materiali sostenibili e sul potenziale delle alghe come risorsa rinnovabile (Materiability, 2019). Il designer Elkayam ha studiato le caratteristiche chimiche e ottiche di diverse specie marine, elaborando una matrice capace di mantenere trasparenza, elasticità e stabilità senza ricorrere a componenti sintetiche. Lo sviluppo si è articolato in più fasi sperimentali, partendo dalle prime pellicole fragili e difficili da maneggiare, fino a fogli più resistenti e stabili, ottenuti variando composizione, tempi di essiccazione e spessori.

SEAmPathy by daniel elkayam  
photography: oded antman

L'approccio del designer non si è limitato agli aspetti funzionali, ma il materiale è stato concepito anche come strumento narrativo, capace di evocare con le sue variazioni cromatiche e la texture organica l'origine marina<sup>1</sup> da cui proviene (Future Materials Bank, 2020).

### Perché è innovativo

SEAmPathy pone al centro le qualità intrinseche delle alghe come le variazioni naturali di colore e la completa biodegradabilità, trasformandole in valori progettuali e non in limiti, in questa maniera il materiale diventa così un medium culturale che apre a nuove narrazioni. La fragilità visiva del film rimanda direttamente al ciclo vitale del mare e alla sua capacità rigenerativa, suggerendo un diverso modo di concepire i materiali, cioè che non sono più eterni e artificiali, ma temporanei, organici e in dialogo con l'ambiente. SEAmPathy dunque rappresenta solo un prototipo funzionale ed un manifesto progettuale che invita a ripensare il ruolo del design all'interno delle sfide ecologiche contemporanee.

<sup>1</sup> Le variazioni cromatiche derivano dai pigmenti residui delle alghe (clorofilla, fucoxantina, carotenoidi), che rimangono visibili nei film e contribuiscono a un'estetica autenticamente naturale.

### 3.8.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

SEAmphy è un biomateriale che si fonda sull'impiego delle alghe marine come risorsa primaria, trasformandole in un film trasparente e biodegradabile dalle qualità tecniche e visive sorprendenti. Alla base della sua formulazione si trovano principalmente polisaccaridi naturali estratti da specie di alghe brune e rosse, come alginati e carragenine, che costituiscono una matrice polimerica stabile e uniforme. Questi componenti sono noti per la loro capacità di formare gel e pellicole elastiche, qualità che vengono esaltate nel processo di SEAmphy grazie a un'attenta ricerca sul controllo delle proporzioni e dei parametri di lavorazione (Sedayu et al., 2019).

Un altro elemento importante è rappresentato dalle proteine algali, che conferiscono al materiale una particolare compattezza e una finitura superficiale morbida e cerosa<sup>2</sup>. Questa caratteristica distingue SEAmphy da molte altre bioplastiche, spesso opache o fragili, e lo rende più versatile in applicazioni di design in cui l'estetica gioca un ruolo essenziale. Alla matrice polisaccaridica e proteica possono essere aggiunti, in piccole dosi, plasticizzanti e oli naturali di origine vegetale, che migliorano la flessibilità<sup>3</sup> del materiale, impedendone la rottura o l'irrigidimento nel tempo. L'aspetto innovativo sta nel fatto che questi additivi non alterano la biodegradabilità complessiva e permettono al materiale di mantenere una coerenza ecologica. Dal punto di vista chimico, SEAmphy si distingue anche per l'assenza totale di derivati petrolchimici o solventi sintetici, un aspetto che ne rafforza la collocazione nel panorama della chimica verde. La sua composizione, completamente bio-based, lo rende un esempio di come sia possibile coniugare performance tecniche e responsabilità ambientale in un unico materiale, aprendo nuove possibilità progettuali per packaging, interior design e moda sperimentale.

<sup>2</sup> Le proteine presenti nelle alghe contribuiscono alla formazione di film coesi e donano una tattilità peculiare.

<sup>3</sup> I plasticizzanti vegetali (come glicerina o oli essenziali) riducono la fragilità tipica delle matrici polisaccaridiche, permettendo la lavorazione di fogli sottili senza comprometterne la biodegradabilità.

#### Processo produttivo

Il processo produttivo di SEAmphy riflette la stessa filosofia che ne guida la composizione: unire sostenibilità e sperimentazione con un approccio a basso impatto. Tutto parte dalla raccolta delle alghe marine, che vengono selezionate in base alla specie e alla loro concentrazione di polisaccaridi. Dopo una fase di pulizia, le alghe vengono sottoposte a un trattamento di essiccazione e macinazione<sup>4</sup>, utile a ridurre il volume e a stabilizzare i principi attivi. Gli estratti algali vengono quindi sciolti in acqua e trasformati in una soluzione viscosa che può essere modulata a seconda della densità desiderata. La miscela è arricchita con additivi naturali e successivamente colata in stampi o distribuita su superfici piane. A differenza di molte bioplastiche, la fase di essiccazione non richiede forni industriali né consumi energetici elevati: il materiale asciuga lentamente a temperatura ambiente o in condizioni controllate di umidità, riducendo sensibilmente l'impronta di carbonio. Durante questa fase le molecole si auto-organizzano in una rete compatta e ordinata, che garantisce uniformità visiva e resistenza meccanica. Uno dei punti più interessanti del processo produttivo è la sua modularità: variando i parametri di concentrazione della soluzione o i tempi di essiccazione, è possibile ottenere pellicole sottili, simili a membrane flessibili, oppure fogli più spessi e resistenti, adatti a contesti applicativi più complessi. Questo significa che SEAmphy non è un materiale statico, ma un sistema aperto, capace di adattarsi a diverse esigenze produttive e creative. Inoltre, la quasi totale assenza di scarti e la possibilità di reimmettere i residui nel processo o nel compost ne fanno un esempio coerente di economia circolare. Il coinvolgimento del Weizmann Institute of Science ha permesso di testare e ottimizzare i parametri di produzione, garantendo stabilità meccanica e prestazioni ottiche di livello industriale.

<sup>4</sup> La doppia fase di essiccazione + macinazione riduce l'umidità e stabilizza i principi attivi.



Filo di alghe vive intrecciate

I fili di alghe contengono microalghe vive

Alghe vive liquide. Iniettate in un habitat stampato in 3D.



Campioni di MAYMA, photography: oded antman



Campioni di YAMA  
photography: oded antman



Mascherina realizzata per una mostra virtuale delle reazioni creative primordiali da Covid durante il primo lockdown in Israele, Di Kayamstudio.

### 3.8.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Una delle caratteristiche più riconoscibili di SEAmathy è la sua trasparenza morbida e organica, che lo distingue nettamente dai materiali plastici convenzionali. Il film a base di alghe non presenta una trasparenza cristallina e artificiale, ma piuttosto una qualità visiva calda, capace di diffondere la luce in maniera omogenea e delicata. Questa peculiarità deriva dalla struttura molecolare dei polisaccaridi e delle proteine algali, che generano una rete semi-cristallina<sup>5</sup> con proprietà ottiche intermedie tra quelle di una bioplastica opaca e di un polimero sintetico trasparente. Dal punto di vista estetico, questa traslucenza diventa un linguaggio progettuale: il materiale appare vivo e richiama la sua origine marina. Questa qualità non è soltanto un valore visivo, ma anche un messaggio etico, perché comunica immediatamente il legame del materiale con la natura e la sua appartenenza a un ciclo di vita rigenerativo.

#### Proprietà

Oltre al valore estetico, SEAmathy presenta prestazioni meccaniche che ne ampliano le possibilità applicative, infatti film risultano flessibili e resistenti alla trazione, con una stabilità dimensionale superiore rispetto a molte bioplastiche a base di amido o derivati vegetali. Questa robustezza si deve alla combinazione di polisaccaridi gelificanti e proteine fibrose, che creano una rete polimerica compatta in grado di resistere a sollecitazioni senza rompersi facilmente (Future Materials Bank, 2020).

La superficie del materiale è liscia e leggermente cerosa, caratteristica che lo rende adatto a essere manipolato e impiegato in packaging o rivestimenti. Inoltre, la resistenza all'umidità risulta sorprendente: grazie a un bilanciamento mirato della composizione, SEAmathy mantiene una buona stabilità anche in ambienti moderatamente umidi. Questo lo rende competitivo con alcune plastiche leggere tradizionali, pur rimanendo biodegradabile.

Un ulteriore vantaggio è la sua processabilità a basse temperature, che riduce notevolmente i consumi energetici. Nei test sperimentali è emerso che il materiale mantiene la propria flessibilità anche dopo cicli di piegatura e manipolazione ripetuti, qualità essenziale per l'impiego quotidiano.

#### Biodegradabilità

Essendo composto esclusivamente da alghe marine e additivi naturali, si decompone spontaneamente in condizioni ambientali comuni, senza la necessità di impianti industriali di compostaggio. In tempi relativamente brevi, alcune settimane in ambienti controllati, il film si disgrega restituendo al suolo sostanze nutritive non tossiche, senza lasciare microplastiche o residui dannosi.<sup>6</sup> Questa qualità lo rende non solo una soluzione tecnica, ma anche un simbolo di economia circolare autentica: gli scarti marini diventano materia prima, trasformata in un materiale funzionale, che al termine del suo ciclo vitale torna a integrarsi nell'ambiente. Nel design sostenibile, la biodegradabilità di SEAmathy non è soltanto un requisito tecnico, ma un vero e proprio valore narrativo, che rafforza la sua dimensione etica e comunicativa.

<sup>5</sup> Le regioni amorfe e cristalline presenti nei polisaccaridi determinano la diffusione luminosa.

<sup>6</sup> I residui di decomposizione come polisaccaridi e proteine vengono assimilati facilmente dai microrganismi del suolo, arricchendo così il ciclo biologico.



## 3.9 SWAY materials

### 3.9.1. Introduzione

I materiali Sway trasparenti sono bioplastiche di nuova generazione sviluppate a partire da alghe marine rigenerative, concepite per sostituire i film plastici convenzionali impiegati soprattutto nel packaging monouso e nel design dei prodotti. Compostabili e interamente bio-based, uniscono trasparenza, flessibilità e resistenza mantenendo un impatto ambientale ridotto rispetto alle plastiche fossili. La loro peculiarità risiede nella capacità di trasformare una risorsa naturale ampiamente disponibile come le alghe<sup>1</sup> in un materiale performante, in grado di garantire al contempo estetica e funzionalità (Marsh, 2021).

### Quando è stato sviluppato

Il progetto Sway<sup>2</sup> è stato avviato nel 2020 dall'azienda californiana omonima, fondata dalla designer Julia Marsh con l'obiettivo di creare bioplastiche realmente compostabili come alternativa concreta ai polimeri derivati dal petrolio. La ricerca è nata all'incrocio tra biodesign e scienza dei materiali, con un focus particolare sull'impiego delle alghe marine come risorsa rigenerativa. Tra il 2021 e il 2023 i materiali sono stati perfezionati attraverso lo studio e la selezione di diverse specie di alghe brune, come il kelp, individuate come le più adatte a fornire biopolimeri dotati di proprietà meccaniche e ottiche paragonabili ai film plastici tradizionali. Questo percorso di sviluppo è stato supportato da cicli di sperimentazione e da collaborazioni con laboratori specializzati in biopolimeri, che hanno permesso di ottenere un materiale trasparente, flessibile e stabile in condizioni ambientali comuni (Sway, 2023).

Die Cut Handle di Sway, TPSea Flex™ (a sinistra)

### Perché è innovativo

L'innovazione di Sway risiede nell'impiego delle alghe marine come risorsa rigenerativa, una materia prima che cresce velocemente senza richiedere acqua dolce, pesticidi o suolo coltivabile, riducendo in modo significativo l'impatto ambientale rispetto ad altre colture vegetali. Inoltre, le alghe svolgono un ruolo attivo nel sequestro della CO<sub>2</sub> atmosferica<sup>3</sup>, migliorando ulteriormente il bilancio ecologico del materiale. Un altro aspetto distintivo riguarda la biodegradabilità in condizioni naturali, che distingue Sway dalla maggior parte delle bioplastiche oggi in commercio, spesso legate a processi di compostaggio industriale. I film si decompongono in modo sicuro, restituendo nutrienti all'ambiente senza lasciare microplastiche o residui nocivi (Peters, 2021). Si può dunque affermare che il materiale combina performance tecniche e valore estetico, offrendo trasparenza e flessibilità paragonabili ai film plastici tradizionali, ma con una componente etica che ne accresce la portata, la sua leggerezza visiva diventa infatti una metafora del ridotto impatto ambientale<sup>4</sup>, riflettendo un approccio culturale che integra funzionalità, responsabilità ecologica e nuovi linguaggi per il design.

<sup>1</sup> Le alghe rigenerative, come il kelp, crescono velocemente senza competere con l'agricoltura terrestre, rappresentando una delle fonti più promettenti per la bioeconomia.

<sup>2</sup> La fondazione di Sway nasce dal biodesign, un approccio che integra estetica e scienza dei materiali per sviluppare soluzioni sostenibili.

<sup>3</sup> Le alghe marine possono assorbire quantità significative di carbonio, motivo per cui sono considerate parte delle soluzioni nature-based per contrastare il cambiamento climatico.

<sup>4</sup> In linea con i principi del design critico e del material storytelling.

### 3.9.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

Il materiali Sway trasparenti sono costituiti principalmente da polisaccaridi estratti da alghe marine, come alginati e carragenine<sup>5</sup>, che costituiscono la matrice fondamentale del film (EcoEnclose, 2023). Questi biopolimeri sono responsabili della trasparenza, della coesione interna e della flessibilità del materiale, permettendo di ottenere fogli sottili, uniformi e modellabili senza l'utilizzo di derivati fossili.

Per migliorarne le prestazioni funzionali e la lavorabilità, alla matrice possono essere aggiunti plasticizzanti naturali, oli vegetali e agenti umettanti bio-based<sup>6</sup>, i quali aumentano la resistenza meccanica, la durabilità e la malleabilità del materiale, senza comprometterne la biodegradabilità.

La combinazione dei polisaccaridi con questi additivi è studiata per garantire stabilità dimensionale, trasparenza uniforme e adattabilità a diversi processi produttivi<sup>7</sup>, assicurando al contempo un profilo ecologico coerente con l'approccio sostenibile del progetto. Inoltre, la struttura chimica dei polisaccaridi marini permette di mantenere le proprietà ottiche e meccaniche anche durante la trasformazione in lastre, fogli sottili o granulati, conferendo al materiale una versatilità applicativa che lo rende adatto sia al design funzionale sia a soluzioni creative e sperimentali.

#### Processo produttivo

La produzione dei materiali Sway trasparenti combina sostenibilità, versatilità e prestazioni meccaniche ed estetiche, rendendoli adatti a molteplici applicazioni nel design, nel packaging e negli oggetti di uso quotidiano<sup>8</sup>. Il processo inizia con la raccolta e purificazione dei polisaccaridi estratti dalle alghe marine, principalmente alginati e carragenine, che costituiscono la matrice principale.

Questi polisaccaridi vengono trattati con metodi delicati per preservarne le proprietà naturali e miscelati con additivi naturali, come plasticizzanti vegetali e agenti stabilizzanti bio-based, al fine di ottenere un materiale flessibile, trasparente,

resistente e completamente biodegradabile.

A partire dalla matrice così ottenuta, è possibile produrre diversi formati in base all'applicazione finale. La linea TPSea Flex™ consente di realizzare film sottili e modellabili, adatti a soluzioni creative o personalizzate, mentre Sway Polybags e Die Cut Handle Bags sono destinati al packaging flessibile, offrendo resistenza e trasparenza comparabili ai film sintetici<sup>21</sup>. Per applicazioni che richiedono superfici più rigide o inserti decorativi, come finestre nei packaging, si utilizzano i fogli o lastre Seaweed Windows, capaci di mantenere stabilità dimensionale e uniformità ottica.

Le fasi finali del processo comprendono stabilizzazione e condizionamento, volte a consolidare la struttura polimerica e a ridurre l'umidità residua, seguite da un rigoroso controllo qualità per verificare coerenza ottica, integrità meccanica e uniformità dei semilavorati. L'approccio modulare e circolare del processo permette inoltre di recuperare gli scarti di produzione, reimmettendoli nel ciclo produttivo e riducendo sprechi.

Grazie a questa organizzazione, i materiali Sway offrono grande versatilità, compatibilità con diverse tecniche di trasformazione, dalla laminazione alla termoformatura, fino alla stampa 3D e un profilo completamente sostenibile, integrando estetica, funzionalità e responsabilità ambientale in un unico materiale innovativo.

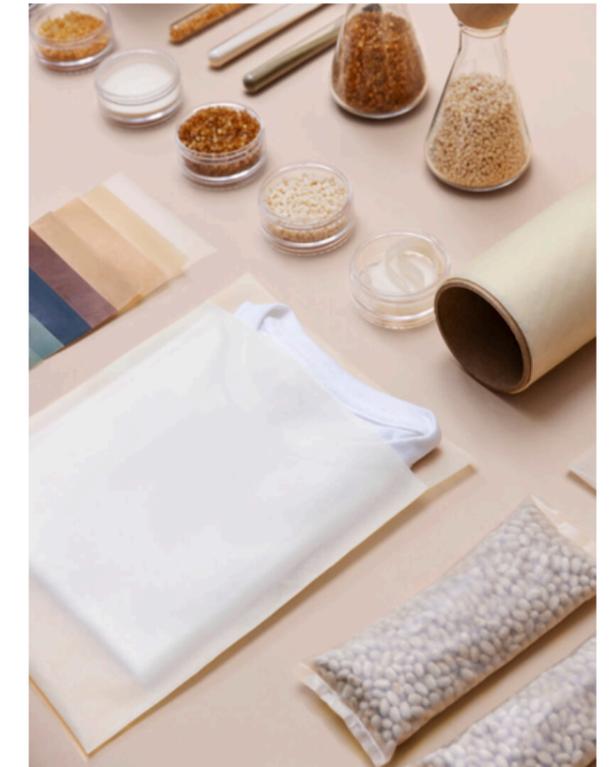
<sup>5</sup> Gli alginati e le carragenine sono polisaccaridi naturali estratti principalmente da alghe brune e rosse, con eccellenti proprietà filmogene.

<sup>6</sup> I plasticizzanti vegetali (come la glicerina naturale) migliorano la flessibilità e riducono la fragilità dei film biopolimerici.

<sup>7</sup> Le formulazioni di Sway vengono calibrate per garantire compatibilità con tecniche industriali già esistenti.

<sup>8</sup> L'azienda promuove una produzione a basso impatto ambientale, basata su risorse marine rigenerative.

<sup>9</sup> Le linee TPSea Flex™ e Sway Polybags rappresentano la declinazione commerciale dei diversi formati del materiale.



Sway Polybag e altri prodotti Sway



Collaborazione ALES GREY x Sway Polybag

### 3.9.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

I materiali trasparenti Sway si distinguono per una trasparenza naturale e morbida, che consente alla luce di attraversare il materiale in modo diffuso, creando un effetto visivo caldo e organico. A differenza delle plastiche convenzionali, la loro trasparenza non è fredda o perfettamente cristallina, ma presenta una qualità visiva più delicata, simile a quella di un film ceroso o di una sottile membrana vegetale. Questa caratteristica deriva dalla struttura omogenea dei biopolimeri a base di alghe, che formano una rete compatta e uniforme capace di riflettere e diffondere la luce in maniera equilibrata<sup>10</sup>. Lo spessore del materiale e la quantità di additivi naturali impiegati nel processo di formulazione influenzano in parte la trasmissione luminosa, ma in generale i film Sway mantengono un buon livello di chiarezza e brillantezza, ideale per applicazioni in cui la visibilità del contenuto o la resa estetica sono importanti, come nel packaging trasparente o negli elementi decorativi. Dal punto di vista estetico, questa trasparenza non è solo una qualità visiva, ma anche un elemento progettuale che richiama la natura organica del materiale e ne enfatizza la sostenibilità. La luce che filtra attraverso i fogli o le pellicole di Sway contribuisce infatti a sottolineare la matericità naturale delle alghe marine, evocando un linguaggio visivo coerente con l'etica ecologica del brand e con i principi del design sostenibile.

#### Proprietà

I materiali trasparenti Sway presentano un equilibrio notevole tra resistenza, flessibilità e leggerezza, grazie alla struttura molecolare dei biopolimeri a base di alghe e alla loro capacità di formare legami elastici stabili, i quali conferiscono ai film una buona resistenza alla trazione e alla lacerazione, rendendoli adatti all'uso quotidiano.

Durante la produzione, la miscela bio-based viene raffinata per ottenere una rete compatta e omogenea, in grado di mantenere stabilità dimensionale anche in condizioni di umidità variabile. A differenza di molti materiali compostabili, i film Sway non diventano facilmente fragili o opachi nel tempo, questo avviene perchè la loro elasticità naturale permette di resistere a piegature e manipolazioni frequenti, garantendo in questo modo una durata d'uso sufficiente senza compromettere la compostabilità finale<sup>11</sup>.

La morbidezza al tatto e la capacità di adattarsi a diverse tecniche di trasformazione, come la saldatura a caldo o la stampa diretta, senza deformazioni significative rendono i materiali Sway particolarmente adatti per packaging flessibile, borse e rivestimenti sottili, dove è richiesta una combinazione di trasparenza, resistenza e comportamento elastico. Nel complesso, le proprietà meccaniche di Sway rappresentano un compromesso efficace tra performance tecnica e sostenibilità, dimostrando come un materiale derivato da fonti marine possa competere con le plastiche convenzionali.

#### Biodegradabilità

I materiali trasparenti Sway sono completamente biodegradabili e compostabili, progettati per decomporsi naturalmente senza lasciare residui tossici<sup>12</sup>, il quale è possibile grazie alla loro struttura a base di biopolimeri d'alga che si degrada in ambiente marino e terrestre in poche settimane, restituendo nutrienti all'ecosistema (Peters, 2021). Questa biodegradabilità controllata garantisce un ciclo di vita pienamente coerente con i principi dell'economia circolare e del design rigenerativo.

<sup>10</sup>. Gli alginati marini creano strutture uniformi che diffondono la luce in modo controllato.

<sup>11</sup>. I film Sway mantengono stabilità e flessibilità anche in ambienti umidi, contrariamente a molti materiali compostabili.



## 3.10 MarinaTex

### 3.10.1 Introduzione

MarinaTex è un biopolimero innovativo sviluppato come alternativa sostenibile alla plastica monouso derivata dal petrolio. Si tratta di un materiale traslucido, flessibile e resistente, composto principalmente da scarti organici di origine marina e vegetale.

La sua ideazione nasce dal desiderio di affrontare due problemi ambientali urgenti: l'inquinamento da plastica e la gestione inefficiente dei rifiuti ittici<sup>1</sup> (Hughes, 2019). Il materiale si distingue per la capacità di unire estetica, biodegradabilità e funzionalità tecnica, diventando un esempio significativo di come la ricerca nel campo del design dei materiali possa generare soluzioni realmente circolari e rigenerative.

### Origine e sviluppo

MarinaTex è stato sviluppato nel 2019 dalla designer britannica Lucy Hughes, durante il suo percorso accademico presso l'University of Sussex. L'idea nasce dall'osservazione diretta della quantità di rifiuti prodotti dall'industria ittica del Regno Unito, in particolare scaglie e pelli di pesce, materiali ricchi di collagene e proteine strutturali ma privi di un valore economico reale<sup>4</sup>. Hughes intuisce la possibilità di trasformare questi scarti in un nuovo materiale grazie all'integrazione con polisaccaridi derivati da alghe rosse, che agiscono da leganti naturali.

Il progetto è stato sviluppato con il supporto dei laboratori universitari di ingegneria dei materiali e ha richiesto oltre cento tentativi sperimentali per ottenere una formulazione stabile

e performante<sup>2</sup> (James Dyson Award, 2019). Il risultato è un materiale completamente biobased e compostabile a temperatura ambiente, capace di sostituire il film plastico tradizionale nei settori dell'imballaggio alimentare e monouso. MarinaTex ha ricevuto il James Dyson Award 2019, riconoscimento internazionale al design innovativo, entrando così nel panorama dei materiali emergenti come uno dei casi più emblematici di eco-innovazione contemporanea.

### Perché è innovativo

MarinaTex si degrada in condizioni ambientali normali in meno di due mesi, senza lasciare microplastiche residue. La formulazione è interamente bio-organica e non impiega solventi, additivi sintetici o plasticizzanti derivati dal petrolio. Il materiale offre una resistenza alla trazione paragonabile al polietilene a bassa densità (LDPE) e introduce un nuovo linguaggio estetico nella progettazione: la sua traslucenza morbida, unita alla texture organica, comunica visivamente la sua natura "viva" e sostenibile (Pauli, 2020). In questo senso, si inserisce perfettamente nel discorso contemporaneo sulla trasparenza come valore etico e percettivo, dove la leggerezza visiva diventa metafora di una nuova leggerezza ambientale.

Lucy Hughes con sample di tessuto Marinatex. (a sinistra)

<sup>1</sup> Gli scarti ittici contengono collagene e proteine strutturali utili per la resistenza del materiale.

<sup>2</sup> La sperimentazione ha incluso oltre cento formulazioni diverse per ottimizzare stabilità, flessibilità e traslucenza.

### 3.10.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

MarinaTex è un biocomposito polimerico interamente derivato da fonti rinnovabili e la sua formulazione si basa principalmente su proteine strutturali estratte dagli scarti dell'industria ittica (in particolare pelle e scaglie di pesce), combinate con polisaccaridi naturali provenienti da alghe rosse, tra cui agar e carragenina<sup>3</sup> (University of Sussex, 2019).

Le proteine di pesce essendo ricche di collagene e gelatina fungono da matrice polimerica flessibile, conferendo coesione e resistenza meccanica; i polisaccaridi marini, invece, agiscono da agente legante e filmogeno, migliorando la stabilità termica e la coesione del materiale<sup>4</sup>.

L'interazione molecolare tra questi componenti consente di ottenere una pellicola compatta, semi-trasparente e intrinsecamente biodegradabile, senza l'aggiunta di plastificanti o additivi sintetici, la cui composizione finale, composta esclusivamente da risorse rinnovabili e scarti organici, rende MarinaTex completamente biobased (100%) e conforme ai principi di eco-design e chimica verde, eliminando la dipendenza da risorse fossili.

#### Processo produttivo

Il processo produttivo di MarinaTex è concepito per essere a basso impatto energetico e privo di sostanze tossiche<sup>5</sup>. La produzione inizia con la raccolta e la pulizia degli scarti ittici, da cui vengono estratte le proteine strutturali attraverso un processo di idrolisi controllata, che non richiede l'impiego di solventi chimici. Parallelamente, le alghe rosse vengono essiccate e polverizzate per ottenere un estratto polisaccaridico.

Le due componenti vengono successivamente miscelate in acqua a temperatura moderata (circa 60-70°C), dando origine a una soluzione viscosa omogenea. Questa miscela viene poi colata in stampi piani e lasciata essiccare naturalmente a temperatura ambiente, senza bisogno di forni industriali o sistemi di essiccazione ad alta energia.

Il risultato finale è una pellicola traslucida e flessibile, la cui consistenza può essere modulata variando le proporzioni tra proteine e polisaccaridi o modificando il tempo di essiccazione. L'intero ciclo produttivo dura pochi giorni e genera scarti minimi e completamente compostabili, garantendo una neutralità quasi totale dal punto di vista delle emissioni di carbonio (Hughes, 2019).

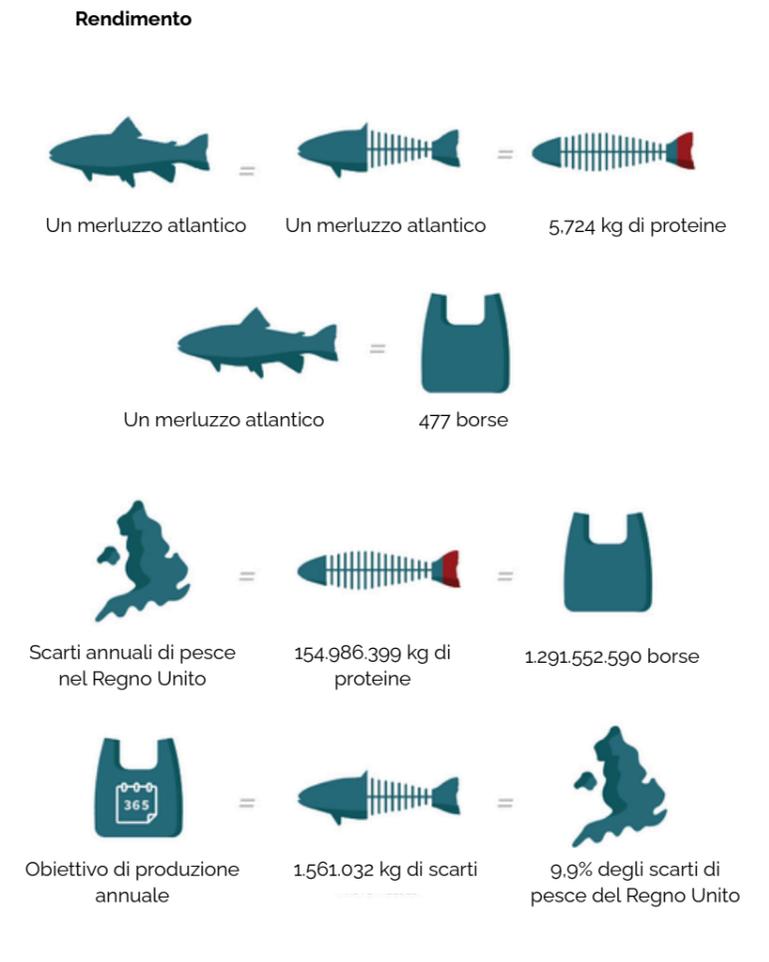
In prospettiva industriale, il processo è facilmente scalabile e potrebbe essere implementato in piccole produzioni locali, favorendo un modello di produzione decentralizzata e coerente con i principi dell'economia circolare.

<sup>3</sup> Il collagene conferisce resistenza meccanica simile ai film plastici tradizionali caratterizzati da basso spessore.

<sup>4</sup> I polisaccaridi naturali migliorano la stabilità termica e riducono le deformazioni durante il processo di essiccazione.

<sup>5</sup> L'idrolisi controllata e l'essiccazione a temperatura ambiente eliminano la necessità di solventi chimici e forni ad alta energia.

Dati sugli scarti ittici del Regno Unito forniti da Marinatex. (a destra)





Busta trasparente e sample di tessuto realizzati con Marinatex

### 3.10.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

MarinaTex si distingue per una trasparenza delicata e organica<sup>6</sup>, che riflette la sua origine naturale e la sua composizione a base di biomassa marina, e pur non essendo completamente trasparente come un film plastico convenzionale, il materiale presenta una traslucenza morbida e lattiginosa capace di lasciar filtrare la luce in modo diffuso e omogeneo. Questa sua qualità visiva deriva dalla struttura semi-cristallina delle proteine e dei polisaccaridi che lo compongono, i quali determinano un comportamento ottico intermedio tra l'opacità delle bioplastiche tradizionali e la trasparenza dei materiali polimerici di origine fossile. Nel contesto del design, questa forma di trasparenza assume un valore simbolico che comunica l'idea di un materiale "vivo", la cui leggerezza visiva è coerente con la sua natura biodegradabile e la provenienza da scarti organici. La traslucenza di MarinaTex è dunque un'espressione della sua identità sostenibile e del legame diretto tra materia e ambiente marino.

#### Proprietà

Il materiale presenta una notevole flessibilità e resistenza alla trazione<sup>40</sup>, con prestazioni superiori a quelle di molte bioplastiche a base di amido comunemente utilizzate per imballaggi. Nonostante la sua composizione interamente naturale, il materiale mostra una buona stabilità dimensionale e una consistenza simile a quella del polietilene a bassa densità (LDPE), pur essendo significativamente più leggero e sottile. La sua superficie liscia e leggermente lucida lo rende adatto ad applicazioni nel packaging alimentare, poiché è in grado di costituire una barriera moderata contro l'umidità e l'ossigeno. MarinaTex non richiede additivi sintetici per migliorare le prestazioni, poiché la struttura reticolata delle proteine ittiche ne garantisce una naturale coesione e resistenza<sup>7</sup>. Un ulteriore vantaggio risiede nella temperatura di

lavorazione: la produzione avviene a basse temperature, riducendo i consumi energetici e minimizzando l'impronta di carbonio del processo. MarinaTex restituisce un'esperienza tattile morbida e calda, distante dalla percezione artificiale delle plastiche convenzionali, e più vicina a quella di una membrana biologica o di una pellicola naturale.

#### Biodegradabilità

È un materiale composto esclusivamente da scarti organici di pesce e da alghe rosse, il materiale è completamente biodegradabile in condizioni domestiche, senza la necessità di processi industriali di compostaggio. In ambiente naturale, il processo di decomposizione avviene in circa 4-6 settimane, restituendo al suolo elementi nutritivi senza lasciare microplastiche o residui tossici (Pauli, 2020). Questa caratteristica colloca MarinaTex in netta discontinuità rispetto ai polimeri convenzionali e persino rispetto a molte bioplastiche di nuova generazione, che spesso necessitano di impianti di compostaggio industriale per decomporsi correttamente. La biodegradabilità immediata e sicura di MarinaTex contribuisce non solo alla riduzione dell'inquinamento marino ma anche a una riflessione più ampia sul ciclo vitale dei materiali e sul loro ritorno all'ambiente. Il materiale incarna così un modello di economia circolare autentica, in cui gli scarti biologici diventano risorsa e la trasparenza non è soltanto ottica, ma anche etica e produttiva: un simbolo di un nuovo modo di concepire la materia come parte integrante e responsabile dell'ecosistema.

<sup>6</sup> La trasparenza morbida è conseguenza della composizione semi-cristallina di proteine e polisaccaridi marini.

<sup>7</sup> La coesione naturale riduce la necessità di additivi chimici, preservando biodegradabilità e purezza del materiale.



## 3.11 BIOTIC

### 3.11.1 Introduzione

BIOTIC è un biomateriale sperimentale sviluppato a partire da alghe marine e biopolimeri naturali, e grazie alla sua origine interamente bio-based rappresenta un esempio concreto di come ricerca materica e design possano incontrarsi per generare soluzioni innovative. Le sue potenzialità lo rendono adatto a diverse applicazioni, dal packaging al design di prodotto, fino ai rivestimenti sperimentali, aprendo nuove prospettive per il design sostenibile (Van Deursen, 2019).

### Origine e sviluppo

Il progetto BIOTIC è stato avviato nel 2019 dalla designer olandese Lionne Van Deursen<sup>1</sup>, che ha deciso di indagare le proprietà delle alghe come risorsa rinnovabile e abbondante (Isola Design District, 2021). L'obiettivo era trasformare questa biomassa marina in una pellicola flessibile e resistente, capace di sostituire i polimeri fossili senza ricorrere a processi chimici complessi o additivi sintetici. Il materiale ha ottenuto visibilità internazionale già nei primi anni di sperimentazione, grazie alla sua presentazione in mostre dedicate al design sostenibile, tra cui eventi organizzati da Isola Design District<sup>2</sup>, piattaforma che ha contribuito a promuoverlo nel panorama internazionale.

Campioni di BIOTIC, Studio Lionne Van Deursen.

Con il tempo, BIOTIC è diventato un vero e proprio laboratorio di ricerca aperto, dove ogni iterazione ha portato a miglioramenti<sup>3</sup> nella trasparenza, nella resistenza e nella flessibilità e col passare del tempo Lionne Van Deursen ha condotto prove su texture, spessori e processi di essiccazione, affinando le qualità ottiche e tattili del materiale (Dezeen, 2020). Ad oggi, BIOTIC viene riconosciuto non solo come un materiale sperimentale, ma anche come un contributo importante al dibattito contemporaneo sul ruolo dei biomateriali e del design circolare.

### Perché è innovativo

L'innovazione di BIOTIC si fonda sulla capacità di trasformare un materiale naturale come le alghe in film sottili, trasparenti e completamente biodegradabili, utilizzabili in diversi contesti progettuali. Più precisamente in questo caso l'uso delle alghe, che crescono rapidamente senza richiedere grandi risorse agricole o acqua dolce, rende questo biomateriale particolarmente rigenerativo e sostenibile (Van Deursen, 2019), e dal punto di vista ecologico, si distingue da molte bioplastiche contemporanee perché non richiede impianti di compostaggio industriale per degradarsi, ma si inserisce in un ciclo naturale di ritorno all'ambiente. Allo stesso tempo, la sua estetica caratterizzata da trasparenze morbide e variazioni cromatiche dovute alla materia organica offre ai designer un linguaggio visivo nuovo, strettamente legato alla natura.

<sup>1</sup> Van Deursen appartiene a una nuova generazione di designer-materiologi, figure che sviluppano direttamente nuovi materiali.

<sup>2</sup> Isola Design District (Milano) è una piattaforma internazionale che promuove progetti sperimentali di design indipendente e sostenibile.

<sup>3</sup> L'approccio iterativo è tipico della material driven design research.

### 3.11.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

BIOTIC è costituito principalmente da polisaccaridi estratti da alghe marine<sup>4</sup>, che rappresentano la base polimerica del materiale. Le alghe, in quanto risorsa rinnovabile, offrono una matrice naturale e abbondante, capace di sostituire i polimeri fossili con una struttura completamente biodegradabile. La loro composizione chimica, ricca di catene polisaccaridiche lineari e ramificate<sup>5</sup>, permette la formazione di un reticolo compatto che garantisce coesione interna e stabilità dimensionale. Accanto ai polisaccaridi, vengono integrati plasticizzanti di origine vegetale, oli bio-based e talvolta additivi antimicrobici naturali che migliorano la resistenza del materiale nel tempo. La combinazione di questi elementi non solo rende il biomateriale flessibile e più durevole, ma gli conferisce anche qualità estetiche come trasparenza e brillantezza superficiale. L'assenza di componenti sintetici e derivati del petrolio è un aspetto cruciale: BIOTIC rientra pienamente nella categoria dei materiali 100% bio-based e compostabili, coerenti con i principi di chimica verde e design sostenibile (Materiom, 2022). Inoltre, la composizione consente di modulare il materiale a seconda delle necessità progettuali, ad esempio variando la concentrazione di polisaccaridi per ottenere film più sottili e trasparenti o più spessi e resistenti.

<sup>4</sup> I polisaccaridi più utilizzati nelle bioplastiche da alghe sono alginati, carragenine e agar e formano reticoli tridimensionali ideali alla produzione di pellicole.

<sup>5</sup> La combinazione di strutture lineari, che sono più cristalline e resistenti, e ramificate, che sono più flessibili, consente di modulare il bilanciamento tra rigidità e duttilità del materiale.

<sup>6</sup> Queste fasi riducono l'umidità, stabilizzano la materia prima e rendono più facile l'estrazione dei polisaccaridi solubili.

<sup>7</sup> L'essiccazione lenta consente alle catene polimeriche di auto-organizzarsi, migliorando trasparenza e uniformità.

<sup>8</sup> La termoformabilità è un requisito raro nei biomateriali sperimentali perché li rende compatibili con tecniche industriali già consolidate.

#### Processo produttivo

Il processo di produzione di BIOTIC è stato concepito come a basso impatto ambientale e altamente replicabile perché le alghe marine vengono raccolte e sottoposte a un processo di essiccazione e macinazione<sup>6</sup> fino ad ottenere una polvere fine ricca di polisaccaridi. Questa viene poi disciolta in acqua, dando origine a una miscela viscosa che costituisce la base del materiale.

Alla soluzione vengono aggiunti plasticizzanti e oli naturali, che ne aumentano la flessibilità e la stabilità. Successivamente, la miscela viene colata in stampi o stesa su superfici piane, dove inizia un processo di essiccazione lenta<sup>7</sup> a temperatura ambiente o con l'ausilio di sistemi a basso consumo energetico. Questa fase è determinante, poiché la velocità e le condizioni di asciugatura influenzano in modo diretto lo spessore, la trasparenza e la texture finale del materiale. Il risultato è un film sottile e semi-trasparente, caratterizzato da una texture organica e variabile. Le variazioni cromatiche, che spaziano da tonalità ambrate a sfumature più neutre, dipendono dalla tipologia di alga utilizzata e dalle condizioni di lavorazione. Questa imprevedibilità estetica, lungi dall'essere un limite, rappresenta un valore aggiunto per il design, poiché ogni pezzo risulta unico e irripetibile. In termini applicativi, BIOTIC è pensato per essere versatile: può essere termoformato<sup>8</sup> per creare superfici tridimensionali, laminato per incrementare resistenza e spessore, oppure utilizzato come membrana decorativa e protettiva. In ambito sperimentale, sono stati testati anche processi di stampa diretta e modellazione artigianale, che hanno dimostrato la capacità del materiale di adattarsi a tecniche produttive sia tradizionali sia innovative. Un aspetto importante del progetto è la scalabilità: la semplicità dei processi e l'uso di materie prime accessibili permettono di immaginare una produzione sia locale e artigianale, legata a piccole comunità, sia industriale, con una potenziale standardizzazione che non compromette i principi di economia circolare e sostenibilità che guidano il progetto (Dezeen, 2020).



BIOTIC sample box  
Shop online dello Studio Lionne Van Deursen



Lampade ATMO e LUNA, BIOTIC.  
Shop online dello Studio Lionne Van Deursen

### 3.11.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

La traslucenza del materiale è una qualità visiva che deriva dalla composizione a base di polisaccaridi algali, i quali, una volta essiccati, danno vita a un film sottile capace di diffondere la luce in modo morbido ed equilibrato, e a differenza delle plastiche convenzionali, la trasparenza di BIOTIC non appare artificiale o fredda, ma comunica un senso di organicità e autenticità che è anche ciò che lo rende particolarmente interessante per applicazioni nel design, dove l'aspetto estetico si intreccia con il valore simbolico, perchè così apre alla possibilità di intravedere il contenuto o lasciar filtrare la luce attraverso una superficie che richiama direttamente l'ambiente naturale da cui proviene.

#### Proprietà

Nonostante sia costituito unicamente da componenti bio-based, il materiale raggiunge prestazioni paragonabili a quelle delle plastiche leggere come il LDPE<sup>9</sup>, garantendo una sufficiente resistenza alla trazione e alla manipolazione quotidiana. Il materiale presenta inoltre una buona stabilità dimensionale, grazie all'interazione tra polisaccaridi e plasticizzanti naturali, che ne impediscono la rottura o la fragilità precoce. La sua superficie liscia e leggermente brillante lo rende adatto a contesti applicativi legati al packaging alimentare, alla creazione di rivestimenti protettivi o come membrana per prodotti di design.

Un ulteriore vantaggio risiede nel processo produttivo a bassa temperatura, che riduce i consumi energetici e rafforza l'impronta sostenibile del materiale. A livello sensoriale, il contatto con BIOTIC restituisce un'esperienza tattile calda e naturale, distante dalla rigidità delle plastiche convenzionali, evocando piuttosto la sensazione di una membrana vegetale o di una pellicola biologica.

#### Biodegradabilità

La struttura del materiale, interamente composta da polisaccaridi marini e additivi vegetali, si decompone facilmente in ambiente naturale, senza necessità di impianti di compostaggio industriale. In condizioni controllate, la degradazione completa avviene in poche settimane o mesi, restituendo al terreno nutrienti organici e senza lasciare residui tossici o microplastiche. Questa caratteristica colloca BIOTIC in una posizione di netto vantaggio rispetto a molte bioplastiche di nuova generazione, che pur essendo definite compostabili richiedono processi industriali specifici per disgregarsi. L'immediata compatibilità con i cicli naturali non solo contribuisce alla riduzione dell'inquinamento, ma sottolinea la coerenza del progetto con i principi dell'economia circolare. BIOTIC, infatti, dimostra come un materiale possa nascere da risorse rinnovabili e tornare all'ambiente senza generare impatti negativi, completando un ciclo di vita realmente sostenibile<sup>10</sup> (Materiom, 2022).

<sup>9</sup>. Il paragone con il LDPE (polietilene a bassa densità) indica che BIOTIC raggiunge un livello funzionale competitivo.

<sup>10</sup>. Principi del cradle-to-cradle design, in cui il materiale torna alla biosfera senza residui, chiudendo il ciclo ecologico.

## 3.12 Traceless materials

### 3.12.1 Introduzione

Traceless è un biopolimero avanzato concepito come alternativa sostenibile alla plastica monouso tradizionale, è un materiale trasparente, flessibile e compostabile, sviluppato principalmente da fonti vegetali rinnovabili e fibre naturali, senza derivati fossili. La sua ideazione nasce dalla crescente necessità di ridurre l'impatto ambientale dei materiali plastici, garantendo al contempo prestazioni tecniche comparabili a quelle dei film polimerici convenzionali, ed è per questo motivo che Traceless si distingue per la capacità di combinare estetica, funzionalità e biodegradabilità, rappresentando un esempio concreto di come la ricerca nel design dei materiali possa supportare pratiche circolari e sostenibili (Traceless Materials, 2021).

### Origine e sviluppo

Traceless è stato sviluppato a partire dal 2021 da un team internazionale di designer e scienziati dei materiali, il tutto è nato dall'esigenza e la volontà di ridurre drasticamente l'impatto ambientale dei film plastici monouso e dal crescente interesse per materiali completamente compostabili, e per ottenere le proprietà desiderate, il materiale combina fibre naturali selezionate con biopolimeri vegetali derivati da amido, cellulosa e pectina<sup>1</sup>, garantendo trasparenza, flessibilità e resistenza meccanica.

Il processo di ricerca ha incluso numerosi cicli di sperimentazione per bilanciare la composizione vegetale e migliorare la coesione della matrice polimerica, così la fase di sviluppo ha coinvolto laboratori universitari e centri di innovazione sostenibile in Europa, dove sono stati testati i parametri ottici e meccanici del materiale per applicazioni nel packaging e nei prodotti di consumo (European Bioplastics, 2022).

### Perché è innovativo

L'innovazione principale risiede nella capacità del materiale di combinare trasparenza, resistenza meccanica e flessibilità, senza l'uso di additivi sintetici o derivati petrolchimici, inoltre la produzione richiede basse temperature e consumi energetici ridotti, e il ciclo di vita del prodotto è coerente con i principi dell'economia circolare, degradandosi rapidamente senza lasciare microplastiche. Questa coniugazione di sostenibilità, funzionalità e compatibilità industriale rende Traceless un esempio avanzato di biopolimero per il design contemporaneo (Klumpp, 2021).

Fogli di Traceless con logo

<sup>1</sup> L'amido e la cellulosa sono tra i biopolimeri più diffusi per pellicole biodegradabili, mentre la pectina (presente nelle pareti cellulari della frutta) conferisce proprietà adesive e flessibilità alla matrice polimerica.



**Traceless**  
MATERIALS DESIGNED FOR NATURE

### 3.12.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

Traceless è un biopolimero interamente derivato da risorse naturali, costituito principalmente da proteine vegetali e polisaccaridi estratti da alghe rosse, arricchiti con fibre di cellulosa. Questa combinazione conferisce al materiale una struttura versatile che unisce trasparenza, flessibilità e resistenza meccanica, pur mantenendo un profilo completamente biodegradabile, in cui le proteine vegetali<sup>2</sup> forniscono coesione e stabilità strutturale, mentre i polisaccaridi marini svolgono il ruolo di leganti naturali e filmogeni. L'integrazione delle fibre di cellulosa aumenta la resistenza e la stabilità dimensionale senza ricorrere ad additivi chimici, permettendo al materiale di rimanere completamente compostabile.

La matrice così ottenuta si basa su interazioni molecolari naturali, come legami idrogeno e forze intermolecolari, che creano fogli semi-trasparenti uniformi e intrinsecamente stabili, così che Traceless possa essere adattato a diverse esigenze applicative semplicemente variando le proporzioni tra proteine, polisaccaridi e fibre di cellulosa, offrendo così una notevole versatilità per applicazioni che spaziano dal packaging alimentare a inserti di design sostenibile (Fraunhofer UMSICHT, 2022).

#### Processo produttivo

Il processo produttivo è pensato per ridurre al minimo l'impatto ambientale, combinando sostenibilità, efficienza e semplicità. Gli ingredienti naturali vengono idratati e miscelati a temperatura moderata per ottenere una soluzione viscosa omogenea<sup>3</sup>, che viene successivamente colata su stampi piani o superfici preparate e lasciata essiccare a temperatura ambiente, senza l'uso di forni industriali o solventi chimici.

Durante l'essiccazione, la formazione dei legami intermolecolari assicura coesione, uniformità e stabilità ottica della pellicola. Il tempo e la temperatura di essiccazione possono essere modulati<sup>4</sup> per ottenere materiali con differenti gradi di flessibilità, trasparenza e resistenza, adattando così il biopolimero a diversi contesti d'uso. Il processo genera scarti minimi e completamente biodegradabili, che possono essere riutilizzati o reimmessi nel ciclo produttivo, in piena coerenza con i principi dell'economia circolare.

La produzione modulare rende Traceless adatto sia a piccole produzioni locali sia a implementazioni industriali su larga scala, consentendo di mantenere elevati standard estetici e funzionali senza compromettere la sostenibilità. In questo modo, il materiale coniuga prestazioni tecniche affidabili e responsabilità ambientale, configurandosi come un esempio concreto di biopolimero realmente circolare e versatile (European Bioplastics, 2022).

<sup>2</sup> Le proteine, grazie alla loro capacità di formare legami idrogeno e reti tridimensionali, migliorano l'integrità meccanica del materiale.

<sup>3</sup> Traceless si serve di processi a bassa energia come ad esempio la preparazione di gel alimentari.

<sup>4</sup> I tempi lunghi di essiccazione producono film più densi e resistenti, mentre un'essiccazione rapida favorisce maggiore flessibilità ma minore stabilità meccanica.



Applicazioni del materiale ed alcune condizioni del materiale prima del risultato finale



Applicazioni di Traceless per posate biodegradabili e packaging alimentare.

### 3.12.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Nei prototipi dei prodotti realizzati in Traceless la luce attraversa il materiale in maniera soffusa, generando un effetto visivo che non mira alla chiarezza assoluta ma piuttosto a una qualità percettiva calda e naturale. La traslucenza deriva dalla struttura interna dei polisaccaridi e delle proteine, e diffonde uniformemente la radiazione luminosa senza produrre riflessi netti<sup>5</sup>, inoltre l'assenza di coloranti e additivi sintetici rende l'effetto visivo del materiale ancora più autentico, visto che la trasparenza varia leggermente a seconda delle proporzioni di cellulosa e della densità del film. Questa "particolarità" viene valorizzata come parte integrante del linguaggio progettuale dato che ogni foglio o elemento conserva un carattere unico che richiama la sua origine naturale. In contesti di design ciò si traduce in soluzioni vive che uniscono leggerezza materica ed espressività.

#### Proprietà

La gamma di prestazioni offerte da Traceless lo rende competitivo visto che mostra una resistenza alla trazione che lo avvicina a polimeri leggeri come LDPE nonostante abbia una notevole elasticità che evita fratture o rigidità precoce, questo è dovuto anche alla presenza delle fibre di cellulosa che garantiscono stabilità dimensionale anche in condizioni di stress meccanico<sup>6</sup>, rendendo il materiale adatto a processi produttivi che prevedono piegature, saldature o termoformatura.

<sup>5</sup> Questo effetto di traslucenza deriva dallo scattering microscopico della luce attraverso la rete di polisaccaridi e fibre, simile a quanto accade nella carta giapponese washi o nelle membrane organiche naturali.

<sup>6</sup> Le fibre di cellulosa agiscono come rinforzo naturale, analogamente a un composito: distribuiscono lo stress e limitano deformazioni permanenti.

Oltre alle performance tecniche, va sottolineata la qualità sensoriale della superficie che è liscia e leggermente satinata, e restituisce al tatto una sensazione calda e organica, il che lo rende un materiale interessante per applicazioni in cui la componente percettiva gioca un ruolo decisivo, come accessori o packaging premium. Inoltre, la sua naturale capacità di costituire una barriera moderata a ossigeno e umidità amplia le possibilità di impiego in ambito alimentare, il tutto senza ricorrere a rivestimenti o additivi chimici, ma sfruttando solo ed esclusivamente la sinergia tra proteine, polisaccaridi e cellulosa.

#### Biodegradabilità

Questo materiale si degrada in poche settimane anche in condizioni domestiche o ambientali non controllate, e durante la degradazione non si generano microplastiche, ma soltanto residui organici che possono nutrire il suolo, garantendo un ritorno sicuro e virtuoso alla biosfera. Questa caratteristica non solo lo rende competitivo in termini ecologici, ma lo posiziona anche come soluzione concreta per ridurre l'inquinamento marino e terrestre, due delle problematiche ambientali più urgenti, ed inoltre, dal punto di vista culturale, la biodegradabilità immediata contribuisce a rafforzare il messaggio di responsabilità insito nel progetto: il materiale non ha soltanto una funzione tecnica, ma incarna un modello di economia circolare autentica, in cui gli scarti naturali vengono trasformati in risorsa e restituiti all'ambiente senza comprometterne l'equilibrio. In questo senso, Traceless non è soltanto un'alternativa ai polimeri fossili, ma un esempio di come il design dei materiali possa agire da catalizzatore per un cambiamento sistemico (Traceless Materials, 2021).

## 3.13 Scoby packaging material



### 3.13.1 Introduzione

SPM® (Scoby Packaging Material) è un biomateriale sviluppato dall'azienda polacca MakeGrowLab come alternativa alla plastica monouso derivata dal petrolio. Si tratta di un materiale flessibile, resistente e completamente compostabile, ottenuto attraverso la coltivazione di microrganismi che producono nanocellulosa batterica a partire da scarti organici<sup>1</sup>. La sua texture, che ricorda visivamente la carta o il cuoio sottile, lo rende adatto a molteplici applicazioni, dal packaging alimentare agli accessori di design sostenibile. Oltre a sostituire i polimeri fossili, SPM® mira a promuovere un nuovo modello di produzione circolare basato sulla biofabbricazione (Rutkowska, 2020).

### Origine e sviluppo

Il progetto nasce in Polonia nel 2016 per iniziativa di Róża Rutkowska, designer e fondatrice di MakeGrowLab, con l'obiettivo di creare un materiale che fosse al tempo stesso funzionale, biodegradabile e derivato interamente da scarti agricoli. L'idea prende forma nell'ambito di programmi di ricerca e startup legati al design dei materiali, fino a consolidarsi nel 2019 con i primi prototipi industriali. A differenza di altre bioplastiche che richiedono processi complessi di estrazione chimica, SPM® sfrutta la fermentazione naturale di microrganismi, che trasformano substrati organici in nanocellulosa pura.<sup>2</sup>

Questo approccio riduce significativamente l'impatto ambientale e consente di produrre il materiale in diversi spessori e formati, rendendolo versatile e adatto a più settori. La diffusione del progetto è stata favorita da reti internazionali di ricerca e innovazione nel campo dei biomateriali, che hanno permesso a MakeGrowLab di testare il materiale in contesti reali e avviarne la scalabilità (MakeGrowLab, 2021).

### Perché è innovativo

L'innovazione principale di SPM® risiede nella sua capacità di integrare biofabbricazione, funzionalità e sostenibilità ambientale, unito alla caratteristica di essere totalmente privo di derivati fossili, il che rende il materiale compostabile in ambiente domestico senza la necessità di impianti industriali di smaltimento (European Bioplastics, 2022).

Dal punto di vista applicativo il materiale studiato offre una combinazione rara di leggerezza, resistenza e traspirabilità che lo rende idoneo non solo al packaging alimentare ma anche ad ambiti più sperimentali, come la moda sostenibile e il design dei prodotti, ed inoltre la sua produzione basata sulla fermentazione consente una scalabilità locale e decentralizzata, favorendo modelli produttivi vicini all'economia circolare.

<sup>1</sup>. La nanocellulosa batterica è un biopolimero naturale prodotto da specifici ceppi di batteri (come *Komagataeibacter xylinus*), in grado di generare fibre ultrasottili di cellulosa con proprietà meccaniche superiori alla cellulosa vegetale.

<sup>2</sup>. Questo processo è simile a quello utilizzato per la produzione del kombucha: durante la fermentazione, i batteri depositano strati di nanocellulosa sulla superficie del liquido nutritivo.

Sacchetto SPM per packaging

### 3.13.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

SPM® è un biomateriale costituito principalmente da nanocellulosa batterica (BNC), un polimero naturale ottenuto da microrganismi come *Komagataeibacter xylinus*, capaci di trasformare zuccheri e nutrienti in fibre di cellulosa pura. A differenza della cellulosa vegetale, che contiene lignina ed emicellulose, la nanocellulosa batterica è priva di impurità, risultando più uniforme, trasparente e resistente<sup>3</sup>. La sua struttura molecolare si compone di catene di glucosio legate da legami  $\beta(1\rightarrow4)$  glicosidici, organizzate in microfibrille compatte che conferiscono al materiale stabilità meccanica e leggerezza. Per incrementare le prestazioni funzionali, la matrice può essere combinata con plasticizzanti bio-based<sup>4</sup>, oli naturali o additivi antimicrobici, che aumentano la flessibilità, la resistenza all'umidità e la durata nel tempo. Questi componenti, pur presenti in piccola percentuale, hanno un ruolo fondamentale nell'adattare il materiale alle diverse applicazioni senza alterarne la biodegradabilità. La presenza di proteine extracellulari e polisaccaridi residui, prodotti durante la fermentazione, aggiunge una particolare lucentezza e una texture morbida, caratteristiche che distinguono SPM® da altri biomateriali più opachi o rigidi. Nel complesso, la composizione di SPM® si caratterizza per essere interamente bio-based, derivata da colture microbiche alimentate con scarti organici. Questo lo rende non solo un materiale tecnicamente valido, ma anche un esempio concreto di chimica verde e di valorizzazione degli scarti agricoli come risorsa per l'innovazione nel design (Shoda & Sugano, 2020).

#### Processo produttivo

La produzione di SPM® si sviluppa attraverso un processo di biofabbricazione a ciclo chiuso, che unisce biotecnologia e design sostenibile. Tutto inizia con la preparazione di un substrato nutritivo a base di scarti agricoli e residui organici, ricchi di zuccheri<sup>5</sup>, che costituiscono l'alimento per i batteri. Una volta inoculata la coltura microbica, i microrganismi avviano un processo di fermentazione aerobica che porta alla formazione di uno strato gelatinoso di nanocellulosa sulla superficie del liquido. Questa membrana, che cresce naturalmente in pochi giorni, viene successivamente raccolta, lavata e purificata per eliminare residui organici e ottenere una base pulita e stabile. La fase di essiccazione è cruciale: a seconda delle condizioni di asciugatura, il materiale può diventare più rigido o più flessibile, assumendo proprietà ottiche e tattili differenti. In seguito, il materiale viene modellato e rifinito: può essere pressato in fogli sottili, stratificato per creare lastre più spesse o trasformato in film trasparenti. Alcune versioni di SPM® vengono laminate o termoformate, permettendo di produrre packaging alimentare, rivestimenti o accessori. L'intero ciclo non prevede l'uso di solventi chimici né temperature elevate, limitando l'impatto energetico e ambientale. Un ulteriore elemento di innovazione è la scalabilità del processo: grazie alla sua semplicità, la produzione può essere realizzata non solo in impianti industriali, ma anche in laboratori di piccola scala o contesti locali, promuovendo un modello decentralizzato di produzione. Inoltre, gli scarti della lavorazione possono essere facilmente reinseriti nel ciclo produttivo o compostati, rafforzando la coerenza con i principi dell'economia circolare.

<sup>3</sup> A differenza della cellulosa vegetale, non necessita di processi chimici aggressivi di rimozione della lignina, il che rende la BNC più pura e con proprietà meccaniche superiori.

<sup>4</sup> I plasticizzanti bio-based possono derivare da glicerina vegetale o oli essenziali, mentre gli additivi antimicrobici sfruttano spesso molecole naturali come i polifenoli.

<sup>5</sup> Solitamente vengono utilizzati scarti di frutta, verdura o cereali: fonti abbondanti di zuccheri semplici necessari al metabolismo dei batteri.



Packaging realizzato con Scooby packaging Material per il "Green product award 2025"



### 3.13.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Quando la luce attraversa il materiale in maniera diffusa, genera un'estetica simile a quella di una pelle vegetale o di una membrana biologica, che rimanda direttamente alla sua origine microbica, viene percepito come segno di autenticità e sostenibilità.

Lo spessore e il grado di umidità residua giocano un ruolo importante nella resa ottica, anche perchè i fogli più sottili risultano più chiari e brillanti, mentre campioni più spessi assumono tonalità lattiginose o leggermente ambrate e questa variabilità cromatica costituisce un elemento distintivo che diventa utile in applicazioni di packaging e design.

#### Proprietà

Dal punto di vista tecnico, SPM® mostra un buon equilibrio tra leggerezza, resistenza e flessibilità, grazie alla sua struttura di nanocellulosa batterica, e la sua rete fibrosa conferisce coesione e permette al materiale di resistere a trazioni e piegature ripetute, mantenendo al contempo una consistenza sottile e morbida al tatto. SPM® è inoltre altamente lavorabile visti i metodi di lavorazione che gli si può applicare, infatti può essere laminato, tagliato, cucito o termoformato con strumenti standard dell'industria, senza bisogno di processi ad alta energia.

Questa compatibilità tecnica rappresenta un fattore chiave per la sua adozione, in quanto permette di integrare il materiale in filiere già esistenti. Oltre alle performance meccaniche, anche la sua superficie liscia e leggermente lucida aggiunge valore in termini estetici, rendendolo adatto a packaging, prodotti di moda e accessori sostenibili.

#### Biodegradabilità

Il materiale si decompone naturalmente in poche settimane, sia in compost domestico che in ambiente naturale, senza rilasciare microplastiche o sostanze tossiche e soprattutto senza il bisogno di impianti di degradazione. La rapidità del processo di degradazione lo rende ideale per applicazioni monouso a breve ciclo di vita, come per esempio packaging alimentare e involucri temporanei. Questo approccio cambia il paradigma tradizionale del design dei materiali, perchè sposta il focus sul progettare un fine vita responsabile e compatibile con i cicli naturali, rendendo il materiale tecnico e simbolo culturale visto che incarna la logica dell'economia circolare e rafforza la riflessione etica sul ruolo del design nella gestione delle risorse ambientali (MakeGrowLab, 2021).



Packaging realizzati da MakeGrowLab

*6. I materiali a base di amido tendono ad assorbire umidità e a deformarsi, mentre la nanocellulosa batterica mantiene una stabilità dimensionale superiore.*



## 3.14 CAFBLO

### 3.14.1 Introduzione

CAFBLO® è una bioplastica innovativa sviluppata dall'azienda giapponese Daicel Corporation<sup>1</sup> come risposta all'inquinamento da plastica e alla crescente richiesta di materiali sostenibili. Si tratta di un polimero biodegradabile in ambiente marino<sup>2</sup> e terrestre, ottenuto attraverso processi di sintesi proprietari che lo rendono adatto a una vasta gamma di applicazioni, dalla stampa 3D al packaging e ai beni di consumo quotidiano. Grazie alla sua versatilità e alla capacità di degradarsi in tempi relativamente rapidi, CAFBLO® si pone come una delle soluzioni emergenti più significative nel panorama delle bioplastiche trasparenti e compostabili (Daicel, 2024).

### Origine e sviluppo

Il progetto CAFBLO® è stato portato avanti da Daicel Corporation nell'ambito delle sue ricerche dedicate ai materiali eco-innovativi, con l'obiettivo di creare una plastica capace di mantenere prestazioni meccaniche e lavorabilità simili alle plastiche fossili<sup>3</sup>, ma senza lasciare residui dannosi per l'ambiente.

L'azienda ha presentato il materiale a livello internazionale tra il 2023 e il 2024, periodo in cui CAFBLO® è stato applicato a progetti di design e architettura sostenibile, come la struttura in bioplastica stampata in 3D "Foresting Architecture"<sup>4</sup>, realizzata a Tokyo nel 2024.

Questo tipo di applicazioni ha dimostrato non solo la scalabilità industriale del materiale, ma anche la sua capacità di adattarsi a contesti progettuali innovativi e sperimentali.

Tavolo e sgabello realizzati in Cafblo

Nel 2025 CAFBLO® ha ricevuto il Cool Japan Award<sup>5</sup>, un riconoscimento conferito a materiali e progetti che rappresentano valori di eccellenza e innovazione del Giappone a livello globale<sup>4</sup> (Cool Japan Awards, 2025).

### Perché è innovativo

CAFBLO® rappresenta un'innovazione per tre motivi principali: in primo luogo la sua biodegradabilità marina certificata lo distingue da molte altre bioplastiche che richiedono impianti industriali di compostaggio per decomporsi correttamente, in secondo luogo il materiale è stato progettato per essere compatibile con tecniche di produzione già esistenti, come estrusione, stampaggio e stampa 3D, facendo così è stata eliminata la necessità di infrastrutture nuove e costose, e come terzo punto, la trasparenza e la leggerezza del materiale aprono scenari estetici e funzionali che lo rendono ideale per applicazioni nel design, dove la percezione visiva e la sostenibilità sono entrambe priorità progettuali, unite alle sue prestazioni tecniche, alla sua biodegradabilità rapida e alle sue applicazioni creative lo fanno diventare uno dei materiali più promettenti per il futuro del packaging e del design industriale (Nakashima, 2024).

<sup>1</sup> Daicel è una multinazionale giapponese specializzata in chimica e materiali avanzati, nota per aver introdotto biopolimeri e soluzioni eco-friendly nel settore industriale.

<sup>2</sup> CAFBLO® si disintegra naturalmente in acqua salata

<sup>3</sup> L'obiettivo è replicare le proprietà del PET o del PP, per garantire un passaggio fluido dalle plastiche tradizionali a quelle bio-based senza sacrificare funzionalità.

<sup>4</sup> Si tratta di una delle prime strutture architettoniche stampate interamente in 3D con bioplastica trasparente, esempio di come CAFBLO® possa essere applicato su scala architettonica oltre che industriale.

<sup>5</sup> Premio promosso dal governo giapponese e da istituzioni culturali per valorizzare progetti che incarnano innovazione e identità nazionale nel panorama globale.

### 3.14.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

CAFBL0® è un biocomposito polimerico innovativo basato su acetato di cellulosa, ottenuto da fonti rinnovabili come legno e cotone non commestibile, così da non entrare in competizione con le colture destinate all'alimentazione. L'acetilazione<sup>6</sup> della cellulosa trasforma le fibre naturali in un materiale termoplastico capace di essere fuso e modellato, mantenendo al contempo un'elevata biodegradabilità.

La struttura chimica di CAFBL0® è formata da catene polimeriche modificate con legami esterei, che conferiscono resistenza e flessibilità ma permettono al materiale di degradarsi naturalmente una volta dismesso. A seconda della percentuale di acetilazione e della presenza di additivi, è possibile modulare caratteristiche come trasparenza, tempo di compostaggio e stabilità meccanica. Per incrementare le prestazioni funzionali vengono utilizzati plasticizzanti bio-based e additivi naturali, che assicurano la lavorabilità del materiale senza compromettere la sua natura interamente bio-based.

Questa composizione rende CAFBL0® un materiale versatile, idoneo sia per applicazioni industriali ad alte prestazioni, sia per progetti sperimentali nel campo del design. L'assenza di derivati fossili e di solventi tossici colloca il materiale all'interno dei principi della chimica verde, orientata a ridurre l'impatto ecologico lungo tutto il ciclo di vita (Ito & Yamamoto, 2023).

#### Processo produttivo

Il processo produttivo di CAFBL0® è pensato per bilanciare scalabilità industriale e sostenibilità ambientale. Inizia con la preparazione delle fibre di cellulosa, che vengono acetilate e poi miscelate con additivi biodegradabili per ottenere un composto termoplastico stabile e versatile.

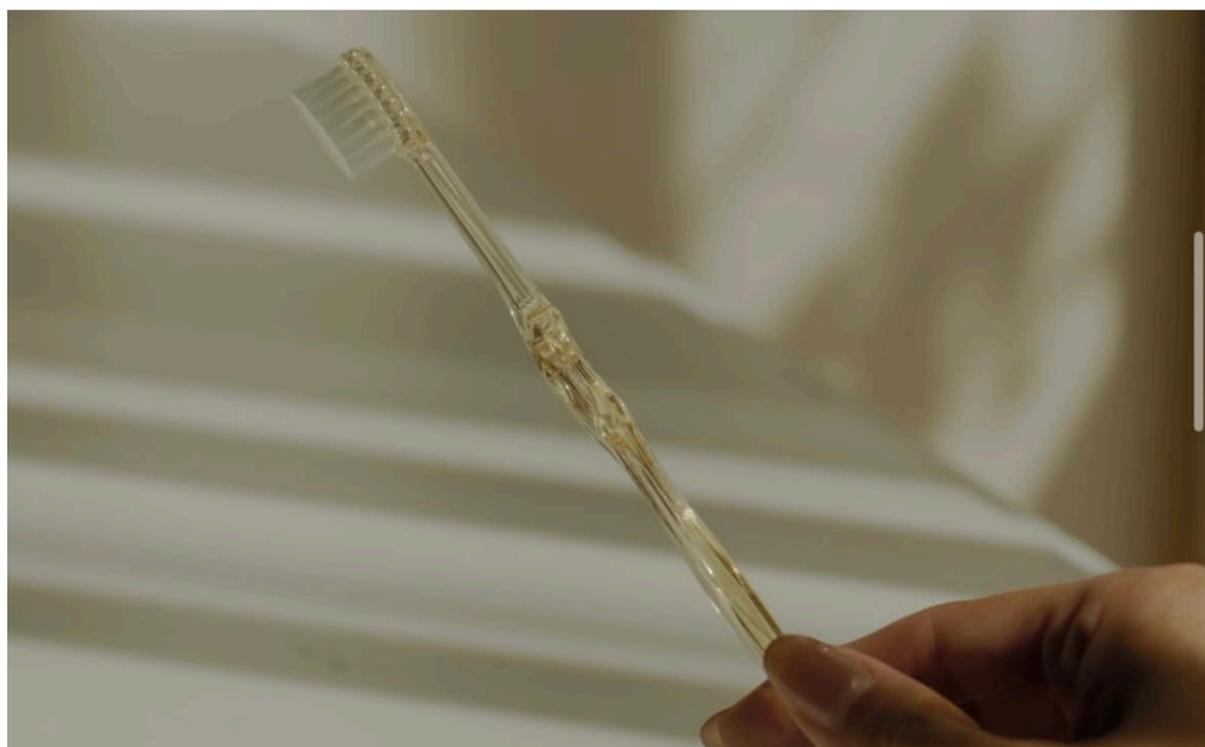
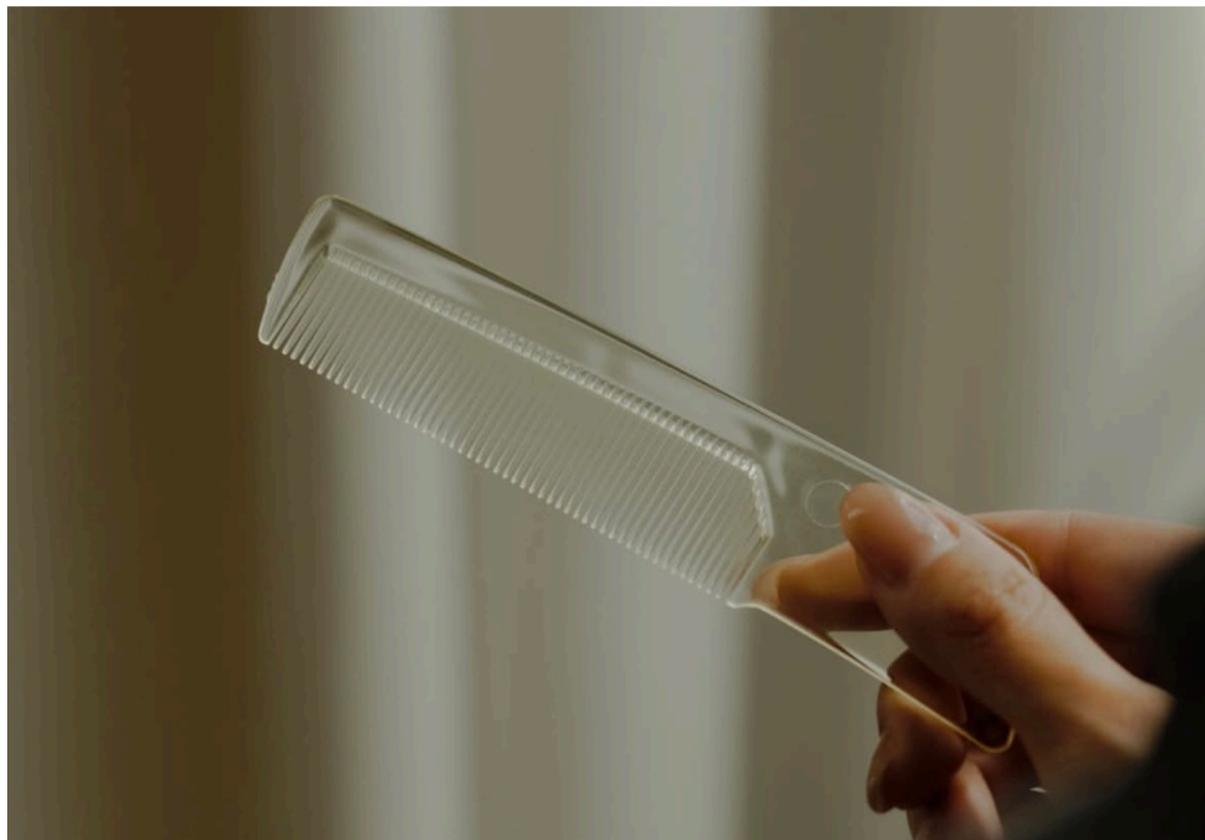
Successivamente, il materiale può essere lavorato tramite estrusione, stampaggio a iniezione, termoformatura o anche stampa 3D a pellet, tecnologia che ha permesso la creazione di elementi architettonici complessi nel progetto sperimentale *Foresting Architecture* a Tokyo nel 2024. Un aspetto tecnico rilevante riguarda la gestione dell'umidità: la cellulosa acetata è fortemente igroscopica<sup>7</sup> e, se non trattata adeguatamente, può perdere stabilità. Per questo motivo, prima della lavorazione viene sottoposta a un accurato processo di essiccazione controllata, che consente di mantenere costanti le proprietà meccaniche e ottiche. Dopo la modellazione, possono essere eseguiti trattamenti superficiali che esaltano la trasparenza e migliorano la resistenza ai graffi o all'usura. Un ulteriore punto di forza del processo riguarda la possibilità di recuperare e reimmettere gli scarti di produzione, trasformandoli nuovamente in granuli utilizzabili. Questo approccio riduce drasticamente gli sprechi e rafforza la logica di economia circolare che guida il progetto CAFBL0®. Le applicazioni vanno dal packaging trasparente a soluzioni per l'arredo e il design, fino alle sperimentazioni in campo architettonico, mostrando come un materiale bio-based possa non solo sostituire la plastica convenzionale, ma anche aprire nuove prospettive progettuali.

<sup>6</sup> L'acetilazione consiste nella sostituzione di gruppi ossidrilici (-OH) con gruppi acetile (-COCH<sub>3</sub>).

<sup>7</sup> La sua capacità di assorbire acqua può compromettere le prestazioni meccaniche, perché rende necessarie le fasi di essiccazione e di stabilizzazione prima dell'inizio delle lavorazioni.



Prodotti in Cafblo, prodotti dalla daicel corporation



Ultimi prodotti realizzati in Cafblo

### 3.14.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Uno degli aspetti che rendono CAFBLO® interessante nel panorama dei biomateriali è la sua traslucenza modulabile in base al grado di acetilazione e allo spessore dei manufatti, il che permette il passaggio diffuso della luce che attraversa il materiale. La trasparenza non raggiunge mai la limpidezza del vetro, ma restituisce un effetto visivo caldo e organico, particolarmente apprezzato nel design contemporaneo, anche grazie al carattere visivo di CAFBLO® che assume anche un valore simbolico visto che la capacità di lasciar filtrare la luce diventa un richiamo diretto alla sua origine naturale e rinnovabile.

#### Proprietà

CAFBLO® mostra una combinazione equilibrata di flessibilità e resistenza alla trazione, che lo rende adatto ad applicazioni pratiche come packaging, accessori e prototipazione di elementi architettonici leggeri.

La presenza di legami esterei nella matrice polimerica conferisce compattezza e stabilità, pur mantenendo un comportamento elastico in condizioni di uso quotidiano. Il materiale presenta anche una discreta resistenza all'umidità, sebbene la natura idrofila della cellulosa acetata lo renda sensibile a lunghi periodi di esposizione in ambienti molto umidi, e proprio per questo motivo vengono spesso impiegati trattamenti superficiali protettivi<sup>8</sup>, che migliorano la resistenza all'acqua e ai graffi senza alterare la biodegradabilità.

Un altro punto di forza è la possibilità di adattarsi a diverse tecniche di lavorazione, dalla termoformatura allo stampaggio a iniezione, fino alla stampa 3D, permettendo così un'ampia gamma di applicazioni creative e industriali. Sul piano sensoriale, CAFBLO® restituisce una tattilità morbida e calda, distante dalla percezione artificiale delle plastiche convenzionali.

#### Biodegradabilità

Essendo interamente derivato da fonti naturali e privo di componenti fossili, il materiale è compostabile in condizioni controllate e tende a degradarsi in tempi relativamente brevi anche in ambiente naturale, ed inoltre il processo di decomposizione non rilascia microplastiche né sostanze tossiche, ma si traduce in un ritorno sicuro all'ambiente sotto forma di composti organici assimilabili dal suolo, il che lo colloca tra i materiali che meglio incarnano i principi dell'economia circolare, poiché non solo nasce da risorse rinnovabili, ma si reinserisce nel ciclo ecologico dopo l'uso. A livello sperimentale, CAFBLO® ha mostrato un degrado completo entro poche settimane in condizioni di compostaggio domestico, distinguendosi così dalle bioplastiche convenzionali che spesso richiedono impianti industriali ad alta temperatura per decomporsi correttamente (Daicel, 2024).

<sup>8</sup> Questi includono coating trasparenti a base di cere vegetali o resine naturali che limitano l'assorbimento di acqua.



## 3.15 Eco lucent

### 3.15.1. Introduzione

Eco Lucent Membrane è un film trasparente a base cellulosica<sup>1</sup> interamente bio-based e certificato compostabile, pensato per applicazioni nel packaging in cui la trasparenza e la sicurezza alimentare sono fondamentali. A differenza dei classici inserti plastici, Eco Lucent consente di realizzare imballaggi, semplificando lo smaltimento e rafforzando l'approccio circolare nel design del packaging (YUTOECO, 2023).

### Quando è stato sviluppato

La membrana è stata introdotta nel 2023 dall'azienda YUTOECO, divisione sostenibile del gruppo cinese YUTO, tra i principali produttori mondiali di packaging (PackagingInsights, 2023). Il progetto nasce dalla volontà di sostituire le tradizionali "finestre" in plastica usate negli imballaggi in carta o fibra, mantenendo però la trasparenza richiesta dal mercato.

Il percorso di sviluppo ha coinvolto laboratori specializzati in biomateriali e istituti di certificazione, portando alla validazione del materiale secondo gli standard internazionali di compostabilità domestica e industriale, tra cui le certificazioni Seedling e DIN CERTCO<sup>2</sup>.

Oltre a ridurre l'uso di risorse fossili, è stato concepito per integrarsi facilmente con le filiere produttive esistenti, garantendo compatibilità con tecniche come termoformatura e laminazione.

Grazie a tutte queste caratteristiche appena citate, la membrana è stata rapidamente adottata in progetti pilota per il packaging alimentare e cosmetico, diventando un esempio concreto di eco-innovazione applicata al design dei materiali con tempi lampo d'applicazione.

### Perché è innovativo

Interessanti sono le funzionalità tecniche integrate come la resistenza all'umidità, l'anti-appannamento e la sigillabilità termica, proprietà che di norma richiedono trattamenti chimici aggiuntivi nei film cellulosici tradizionali. La possibilità di degradarsi naturalmente nel suolo o in impianti di compostaggio in poche settimane senza lasciare residui tossici consolida il suo ruolo come uno dei materiali più avanzati nel panorama del packaging sostenibile (European Bioplastics, 2023).

Packaging realizzati da Yutoeco con Ecolucent

<sup>1</sup> I film cellulosici derivano dalla cellulosa rigenerata, ottenuta da fibre vegetali (legno, cotone, ecc.), lavorate senza derivati fossili.

<sup>2</sup> Il marchio Seedling è lo standard europeo per la compostabilità (EN 13432), mentre DIN CERTCO è un ente tedesco che certifica materiali biodegradabili sia in compostaggio domestico sia industriale.

### 3.15.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

Eco Lucent Membrane è un materiale trasparente e bio-based ottenuto quasi interamente da cellulosa vegetale<sup>3</sup>, la biopolimero naturale più abbondante sul pianeta. La sua formulazione si basa su cellulosa microfibrillata<sup>4</sup> e derivati polisaccaridici che, opportunamente trattati, formano una matrice compatta e resistente che conferisce al materiale la capacità di unire trasparenza, resistenza meccanica e sicurezza alimentare. Alla matrice cellulosica vengono integrati additivi funzionali<sup>5</sup> di origine naturale, selezionati per potenziare alcune proprietà chiave come la resistenza all'umidità e l'effetto anti-appannamento, infatti questi elementi contribuiscono a garantire prestazioni ottimali nel settore del packaging alimentare, dove il controllo della condensa e la protezione dei prodotti sono aspetti essenziali.

Da sottolineare l'assenza totale di derivati fossili o plasticizzanti sintetici tant'è che la stabilità del materiale dipende interamente dalla struttura reticolare della cellulosa e dalla sua naturale capacità filmogena rafforzando il concetto che un materiale completamente naturale e biodegradabile non sia per forza meno prestante dei suoi competitor più commercializzati al giorno d'oggi (Siracusa, 2022).

#### Processo produttivo

Il processo produttivo di Eco Lucent è stato progettato per combinare efficienza industriale e sostenibilità ambientale, la produzione infatti inizia con la raffinazione delle fibre vegetali, che vengono trattate meccanicamente fino a ottenere una sospensione acquosa di cellulosa microfibrillata, base necessaria per conferire trasparenza uniforme al film.

Successivamente, alla miscela vengono aggiunti gli agenti funzionali naturali, i quali consentono di modulare caratteristiche come flessibilità, idrorepellenza e resistenza termica.

La massa viscosa così ottenuta viene distribuita in strati sottili e sottoposta a essiccazione in condizioni controllate, generalmente a basse temperature, per mantenere costante la brillantezza ottica e ridurre il consumo energetico cos' da arrivare al processo di essiccazione lenta, unita al controllo dell'umidità che permettono di minimizzare difetti come opacità o microfessurazioni, al fine di migliorare l'uniformità del prodotto. Il risultato è un film trasparente disponibile in rotoli o fogli, compatibile con le principali tecnologie di trasformazione come laminazione, termoformatura e sigillatura a caldo, dimostrando di integrarsi facilmente nei processi produttivi esistenti, evitando modifiche costose alle linee industriali. Non passa in secondo luogo la qualità di un processo che si può definire "zero-waste" siccome gli scarti della lavorazione possono essere reimmessi nel ciclo produttivo o avviati al compostaggio, riducendo ulteriormente l'impatto ambientale. La combinazione tra efficienza energetica, uso esclusivo di materie prime vegetali e possibilità di riciclo degli scarti fa di Eco Lucent un esempio concreto di produzione orientata ai principi dell'economia circolare.

<sup>3</sup> La cellulosa è il principale costituente delle pareti cellulari delle piante e rappresenta circa il 33% della biomassa vegetale terrestre.

<sup>4</sup> La cellulosa microfibrillata (MFC) è un materiale ottenuto dalla disgregazione meccanica delle fibre di cellulosa in nanostrutture, che migliorano trasparenza e resistenza del film.

<sup>5</sup> sostanze come cere vegetali, derivati amidacei o proteici, che aumentano la resistenza all'umidità o introducono effetti anti-appannamento senza compromettere la compostabilità.



Packaging realizzati da Yutoeco con Ecolucent



Packaging realizzati da Yutoeco con Ecolucent

### 3.15.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Eco Lucent Membrane è stato sviluppato con l'obiettivo di garantire un livello di trasparenza elevato, caratteristica rara tra i materiali cellulosici tradizionali. Il film permette alla luce di attraversarlo in modo uniforme e privo di distorsioni, assicurando una visibilità ottimale del contenuto del packaging, mantiene una brillantezza stabile nel tempo e risulta adatto anche a prodotti in cui l'aspetto estetico e la leggibilità visiva sono essenziali, come alimenti freschi o confezioni da banche frigoriferi.<sup>6</sup>

La trasparenza non è soltanto un tratto estetico, ma anche un valore simbolico che riflette l'idea di una filiera chiara e tracciabile, in cui l'origine vegetale e la biodegradabilità del materiale si traducono in un linguaggio visivo coerente con i principi della sostenibilità.

#### Proprietà

Pur essendo più sottile di molti film plastici convenzionali, riesce a mantenere integrità strutturale anche sotto sollecitazioni frequenti. La sua superficie liscia e resistente ai graffi permette un utilizzo pratico nel confezionamento e riduce i rischi di danneggiamento estetico durante la manipolazione. Moderata invece la protezione contro l'umidità e l'ossigeno, ma comunque sufficiente per estendere la freschezza degli alimenti confezionati, pur non raggiungendo le prestazioni dei polimeri sintetici ad alta densità, tuttavia, l'equilibrio tra traspirabilità e protezione risulta utile per prodotti freschi che necessitano di scambi minimi con l'esterno.

La membrana può essere facilmente lavorata con tecniche di laminazione, termoformatura o saldatura, mostrando compatibilità con processi industriali già consolidati e questo fattore consente di ridurre drasticamente i costi di transizione per le aziende e di integrare il materiale in diversi settori, dal food packaging agli articoli di design.

#### Biodegradabilità

Vista la sua composizione, esclusivamente da cellulosa e additivi naturali, il materiale si degrada in modo rapido e sicuro sia in ambienti domestici sia industriali, senza lasciare microplastiche o residui tossici. In condizioni ambientali normali, il processo di decomposizione si completa nell'arco di poche settimane, restituendo al terreno sostanze organiche nutrienti. Questo ciclo naturale riduce drasticamente il rischio di inquinamento marino o terrestre, collocando Eco Lucent come valida alternativa alle pellicole fossili e anche ad alcune bioplastiche di nuova generazione che necessitano di impianti specifici di compostaggio. La possibilità di reimmettere nel ciclo naturale sia gli scarti di produzione sia il prodotto finito dopo l'uso lo rende un esempio di economia circolare.

<sup>6</sup> I film cellulosici, opachi e lattiginosi per via della microstruttura delle fibre che disperde la luce. Sono richiesti microfibrillazione e raffinazione per ottenere una trasparenza più credibile.

## 3.16 CHITOTINKERING

### 3.16.1. Introduzione

ChitoTinkering è un progetto di ricerca e design sui materiali bio-based e biodegradabili che esplora le potenzialità del chitosano, un biopolimero derivato dalla chitina, nonché il secondo polimero naturale più abbondante al mondo dopo la cellulosa. Si tratta di un materiale traslucido e resistente, ricavato da scarti organici come gusci di crostacei, esoscheletri di insetti o pareti cellulari di funghi, che possiede proprietà strutturali e protettive già ampiamente riconosciute in ambito naturale (Jin, 2024). L'obiettivo del progetto è stato quello di reinterpretare queste caratteristiche in chiave contemporanea, trasformandole in nuove possibilità applicative per il design sostenibile.

### Quando è stato sviluppato

Il progetto nasce nel 2022 ad opera di un gruppo di designer tedeschi, Benjamin Kaltenbach, Lilith Stumpf, Felix Harr e Julia Ihls, che hanno unito competenze tra design, materiali e sostenibilità (Future Materials Bank, 2022) per indagare fino a dove potessero spingersi nella ricerca sulle capacità del chitosano, se potesse diventare non solo rivestimento, ma anche supporto strutturale, magari, capace di sostituire in alcune applicazioni i derivati plastici più comuni. La fase di sperimentazione ha visto la realizzazione di numerosi prototipi, tra cui paralumi, penne, cartelline e custodie trasparenti, con l'intento di dimostrare la versatilità del materiale nella vita quotidiana.

Fotografie di Benjamin Kaltenbach, Lilith Stumpf  
Bio Design Lab e HfG Karlsruhe

Durante il processo di sviluppo sono state testate differenti tecniche di lavorazione che vedremo di seguito, mostrando come il materiale possa adattarsi a pratiche sia artigianali che digitali. Questa sperimentazione ha permesso di ottenere risultati convincenti in termini di trasparenza parziale, resistenza meccanica e compatibilità con processi produttivi a basso impatto ambientale.

### Perché è innovativo

A differenza di altri materiali di origine naturale che richiedono processi complessi di trasformazione, il chitosano mantiene le sue proprietà originarie di flessibilità, resistenza e parziale trasparenza, anche dopo essere stato lavorato, il che lo rende facilmente adattabile a tecniche di produzione sia analogiche che digitali<sup>1</sup>, dal taglio laser all'assemblaggio manuale (Kaltenbach et al., 2022). Inoltre, l'approccio progettuale dei designer non si è limitato a sviluppare un singolo prodotto, ma ha creato un vero e proprio sistema aperto di sperimentazione<sup>2</sup>, in cui il materiale viene testato in scenari differenti, generando applicazioni che spaziano dall'illuminazione al packaging documentale. Tale flessibilità apre la strada a nuove possibilità per il design sostenibile, dimostrando come un polimero di origine naturale possa offrire prestazioni vicine a quelle delle plastiche convenzionali, senza dividerne l'impatto ambientale.

<sup>1</sup> Questa doppia compatibilità amplia le possibilità di utilizzo, dal maker movement al design industriale.

<sup>2</sup> L'approccio "open system" si rifà alle logiche del design research che mira a generare scenari piuttosto che prodotti finiti.



### 3.16.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

Alla base del progetto ChitoTinkering vi è il chitosano, un biopolimero naturale ottenuto dalla chitina, secondo polimero più diffuso al mondo dopo la cellulosa. La chitina è abbondantemente presente in natura<sup>3</sup> si trova ovunque attorno a noi, nei gusci di crostacei come granchi e gamberi, negli esoscheletri degli insetti e nelle pareti cellulari di alcuni funghi (Olugbenga, 2025). Da questa materia prima si ottiene il chitosano attraverso un processo di deacetilazione<sup>4</sup>, che consiste nella rimozione dei gruppi acetile dalla molecola di chitina. Tale trasformazione non solo rende il polimero più versatile e solubile in ambienti acidi, ma gli conferisce anche la capacità di formare film sottili e resistenti, mantenendo al contempo leggerezza e flessibilità. Nel progetto, il chitosano viene combinato con additivi naturali e plasticizzanti bio-based, che migliorano elasticità e resistenza, consentendo al materiale di adattarsi a diversi tipi di applicazione. Questo mix porta alla formazione di superfici semitrasparenti, lisce e uniformi, capaci di richiamare visivamente membrane biologiche. Inoltre, la completa assenza di solventi tossici o componenti sintetiche evidenzia l'approccio coerente con la chimica verde.

<sup>3</sup> Oltre 100 miliardi di tonnellate prodotti annualmente da crostacei, insetti e funghi.

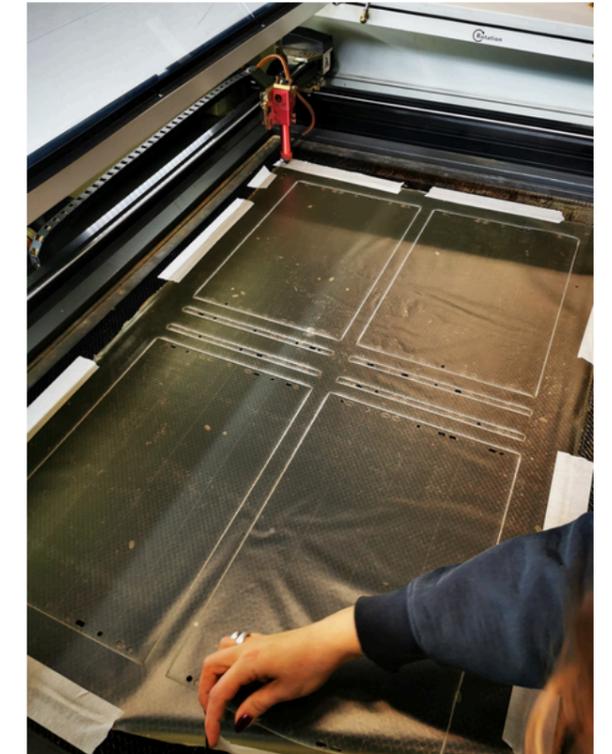
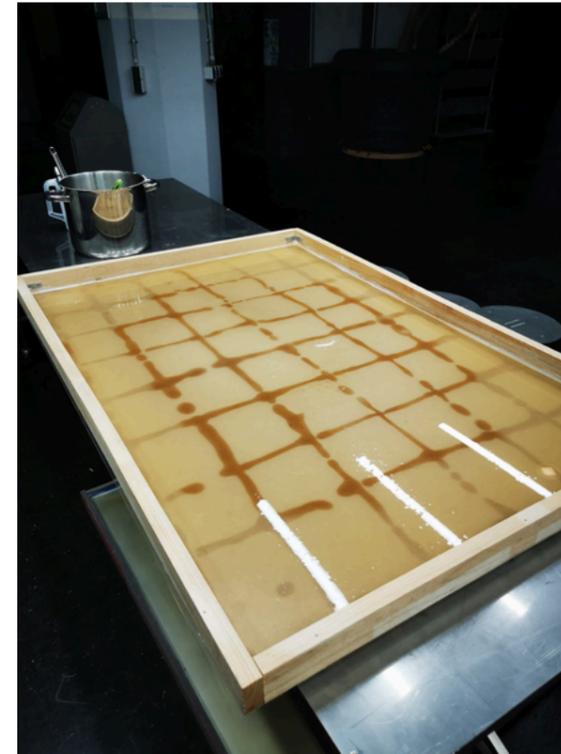
<sup>4</sup> è una reazione chimica che rimuove gruppi acetile dalla chitina, rendendo il chitosano solubile in acidi deboli.

<sup>5</sup> Solitamente si impiegano acidi deboli che permettono di solubilizzare il chitosano senza ricorrere a solventi tossici.

#### Processo produttivo

Il processo di produzione di ChitoTinkering è concepito per essere semplice, a basso impatto energetico e altamente sperimentale, così da risultare accessibile sia in contesti artigianali che in laboratori di ricerca. In una prima fase, il chitosano viene estratto dagli scarti organici e disciolto in una soluzione acida<sup>5</sup>, fino a ottenere una base fluida e lavorabile.

Fino a quando poi vengono introdotti plasticizzanti e altri additivi naturali che ne stabilizzano la miscela, conferendo maggiore flessibilità e resistenza al prodotto finale. La soluzione viene quindi colata su superfici piane o all'interno di stampi e lasciata essiccare naturalmente a temperatura ambiente, senza necessità di forni industriali o processi energivori. Il tempo di asciugatura e la proporzione tra i componenti influenzano direttamente la consistenza finale del materiale, che può assumere la forma di un film sottile e trasparente o di un foglio più spesso e resistente. Una volta consolidato, il materiale mostra una notevole versatilità di lavorazione. Può essere tagliato, cucito, piegato, rivettato, e persino sottoposto a tecniche digitali come taglio laser o incisione CNC, dimostrando la sua compatibilità con metodi produttivi sia tradizionali sia ad alta tecnologia. Durante le fasi di sperimentazione sono stati realizzati oggetti come paralumi, penne, cartelline e custodie trasparenti per documenti, dimostrando la potenzialità di ChitoTinkering come materiale adatto non solo al design sperimentale, ma anche a un uso funzionale quotidiano. L'intero processo, che si completa in pochi giorni, genera scarti ridotti e totalmente biodegradabili, confermando la vocazione sostenibile del progetto e la sua natura scalabile e replicabile che lo rendono adatto a modelli produttivi locali e decentralizzati, promuovendo una visione alternativa all'industria centralizzata e aprendo scenari in cui le comunità possono produrre i propri materiali a partire da risorse organiche disponibili sul territorio e in grandi quantità.



Fotografie di Benjamin Kaltenbach, Lilith Stumpf Bio Design Lab e HfG Karlsruhe, Processo di produzione e prodotto finale (buste per fogli).



Fotografie di Benjamin Kaltenbach, Lilith Stumpf  
Bio Design Lab e HfG Karlsruhe

### 3.16.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Uno degli aspetti più significativi di ChitoTinkering è la sua parziale trasparenza, che varia in base allo spessore del film e alle condizioni di essiccazione, basti pensare che i fogli sottili lasciano filtrare la luce con un effetto morbido e lattiginoso, richiamando la consistenza di una membrana naturale, mentre quelli più spessi tendono a intensificare la resistenza al passaggio di luce fino quasi all'opacità. La qualità ottica non è dunque paragonabile alla trasparenza cristallina del vetro ma offre una resa visiva più calda e organica, apprezzata nel design come valore materico per la sua capacità di evocare immediate associazioni con materiali biologici. La traslucenza conferisce inoltre un valore simbolico al materiale, comunicando un'idea di sostenibilità e "autenticità naturale" che diventa parte integrante del suo linguaggio estetico.

#### Proprietà

I fogli di chitosano possiedono una buona resistenza alla trazione e mantengono integrità strutturale anche quando sottoposti a piegature ripetute<sup>6</sup> o a manipolazioni frequenti (Liu, 2012). Tuttavia, la resistenza effettiva dipende molto dal grado di deacetilazione della chitina e dalla quantità di additivi introdotti, infatti senza plasticizzanti naturali, il materiale tende infatti a diventare fragile e poco flessibile.<sup>7</sup> Il comportamento sensoriale è interessante al tatto perché il materiale appare morbido e vellutato, ben distante dalla rigidità delle plastiche convenzionali, e più vicino alla sensazione di una pelle sottile o di una membrana biologica, il che lo rende adatto ad applicazioni nel campo della moda, dove la percezione tattile ha un ruolo centrale nell'esperienza dell'oggetto.

Dal punto di vista della lavorabilità, ChitoTinkering si distingue per la sua versatilità produttiva essendo cucibile, tagliabile e incisibile con macchinari CNC o piegabile senza subire rotture significative, garantendo un'ampia libertà di sperimentazione che ha già prodotto prototipi come paralumi e accessori, che sfruttano sia la qualità estetica del materiale sia la sua compatibilità con diversi processi di trasformazione.

#### Biodegradabilità

Data la composizione a base di chitosano puro e additivi naturali, il materiale si degrada completamente in ambiente naturale in tempi relativamente rapidi, restituendo nutrienti al suolo senza lasciare residui tossici o microplastiche. L'aspetto interessante risiede nella circolarità del ciclo di vita, la chitina, da cui il chitosano è estratto, proviene spesso da scarti organici dell'industria alimentare, come gusci di crostacei o di insetti o ancora da residui della lavorazione dei funghi, il materiale prodotto può quindi ritornare all'ambiente senza impatti negativi, chiudendo un ciclo virtuoso che si colloca pienamente all'interno dei principi dell'economia circolare. Inoltre, la possibilità di produrre ChitoTinkering in piccoli lotti locali consente di ridurre le emissioni derivanti dal trasporto e di promuovere un modello di produzione sostenibile e distribuito.

<sup>6</sup> Il chitosano forma legami idrogeno tra le sue catene polimeriche che ne migliorano la resistenza meccanica e senza che siano necessari dei rinforzi sintetici.

<sup>7</sup> Un grado di deacetilazione elevato (>70%) aumenta solubilità e flessibilità.

<sup>5</sup> Solitamente si impiegano acidi deboli tipo l'acido acetico, che permettono di solubilizzare il chitosano senza ricorrere a solventi tossici.

## 3.17 LEGNO TRASPARENTE

### 3.17.1. Introduzione

Il legno trasparente è un materiale composito innovativo che trasforma una risorsa naturale, rinnovabile e tradizionalmente opaca come il legno in un supporto capace di lasciar passare la luce mantenendo buone proprietà meccaniche. Detto in modo semplificato, il risultato è ottenibile tramite un processo di delignificazione e di successivo riempimento della matrice cellulare con polimeri o biopolimeri trasparenti. Il materiale così ottenuto combina sostenibilità e funzionalità, conservando la grana caratteristica del legno seppur reinterpretata visivamente. Ne deriva un supporto leggero, resistente e con un forte valore simbolico, adatto a campi che spaziano dal design all'edilizia.

### Quando è stato sviluppato

Il concetto ha trovato una prima concreta applicazione nel 2016 grazie al team guidato da Lars Berglund<sup>1</sup> presso il KTH Royal Institute of Technology di Stoccolma (Li et al., 2016). I ricercatori hanno rimosso selettivamente la lignina, responsabile del colore e dell'opacità, sostituendola con resine trasparenti, in grado di mantenere intatta la struttura cellulare<sup>2</sup> e quindi la resistenza meccanica. Negli anni successivi, gruppi di ricerca in Cina e negli Stati Uniti hanno perfezionato la tecnica usando specie legnose differenti e polimeri alternativi, anche bio-based, come il PVA e resine acriliche vegetali (Zhu et al., 2016), aprendo la strada a numerose applicazioni come i pannelli edilizi isolanti, le superfici per display, fino a prototipi per l'illuminazione e l'arredo.

[Dhttps://www.fla-plus.it/legno-trasparente/](https://www.fla-plus.it/legno-trasparente/)

### Perché è innovativo

A differenza del vetro, che richiede processi produttivi ad alto consumo energetico e presenta una fragilità intrinseca, o delle plastiche trasparenti, che derivano da fonti fossili, il legno trasparente si fonda su una materia prima rinnovabile, disponibile "localmente" e biodegradabile. La sua leggerezza e la sua elevata resistenza agli urti<sup>3</sup> lo rendono una soluzione competitiva rispetto ai materiali convenzionali, con il vantaggio aggiuntivo di possedere una conduttività termica ridotta, utile in edilizia per il miglioramento dell'isolamento (Yu et al., 2021). Dal punto di vista estetico e simbolico, questo materiale permette di mantenere visibile la texture naturale del legno, trasformandola in un pattern interno che diventa parte integrante dell'effetto ottico. La traslucenza, infatti, non cancella l'origine naturale del materiale, ma la reinterpreta in chiave contemporanea, offrendo ai designer un linguaggio nuovo che dialoga tra memoria e innovazione, infatti questo, è uno dei materiali che ha creato in noi più stupore perché non rappresenta soltanto un'alternativa funzionale al vetro o alla plastica, ma anche un manifesto di come le risorse naturali possano essere reimmaginate in maniera radicale attraverso la ricerca scientifica e il design.

<sup>1</sup> Berglund è considerato uno dei pionieri della ricerca sul legno trasparente: il suo laboratorio ha pubblicato i primi articoli scientifici sul tema nel 2016.

<sup>2</sup> La scelta del polimero è fondamentale: deve infiltrarsi nelle cellule svuotate dalla lignina senza comprometterne l'impalcatura, così da garantire trasparenza e resistenza.

<sup>3</sup> Il legno trasparente ha una resistenza agli urti superiore al vetro

### 3.17.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

Il legno trasparente nasce da una trasformazione della struttura naturale del legno, che viene mantenuta come matrice portante. Il componente principale rimane la cellulosa, organizzata in fibre allineate che forniscono resistenza meccanica e leggerezza. Ciò che viene modificato è la lignina, il polimero naturale che dà al legno la sua colorazione bruna e che assorbe gran parte della luce, limitandone la trasparenza. Attraverso processi chimici delicati, la lignina viene parzialmente o completamente rimossa, lasciando una rete porosa di cellulosa. Questa struttura, di per sé fragile e opaca, viene poi impregnata con resine polimeriche trasparenti, spesso a base di polimetilmetacrilato (PMMA)<sup>4</sup> o di biopolimeri più sostenibili di nuova generazione (Li et al., 2018). La resina da un lato riempie i vuoti lasciati dalla lignina, aumentando la coesione interna, dall'altro uniforma la rifrazione della luce, rendendo il materiale traslucido o persino quasi completamente trasparente.<sup>5</sup>

Ne risulta un materiale ibrido, in cui la cellulosa naturale e la matrice polimerica artificiale si integrano, combinando proprietà meccaniche ed estetiche ed in cui il grado di trasparenza può variare in base al livello di rimozione della lignina e alla tipologia di polimero utilizzato, permettendo così diverse soluzioni progettuali.

#### Processo produttivo

Il processo di produzione del legno trasparente si articola in più fasi complementari, concepite per preservare la struttura naturale del legno pur modificandone le caratteristiche ottiche. La prima fase consiste nella delignificazione, durante la quale la lignina viene rimossa tramite trattamenti chimici a base di soluzioni ossidanti o solventi selettivi.<sup>6</sup>

Il passaggio dev'essere accuratamente calibrato perché una rimozione troppo aggressiva indebolirebbe la struttura, mentre una parziale delignificazione permette di ottenere un materiale che conserva maggiore resistenza. Dopo la delignificazione, il legno viene sbiancato per eliminare eventuali colorazioni residue e ottenere una base chiara, successivamente, la matrice di cellulosa, divenuta leggera e porosa, viene immersa o infiltrata con una resina polimerica trasparente. L'infiltrazione in genere avviene sotto vuoto<sup>7</sup> per garantire che il polimero penetri in profondità e uniforme. Solidificata, la resina fissa la forma del materiale e gli conferisce le caratteristiche ottiche e meccaniche desiderate, punto dal quale si può finalmente passare ai trattamenti di finitura, come la lucidatura superficiale, che migliora la trasparenza e la resa estetica, e test di resistenza per verificarne prestazioni meccaniche e termiche.

In definitiva, è chiaro che il processo produttivo non solo consente di trasformare il legno in un materiale trasparente, ma apre anche la possibilità di personalizzarlo a seconda delle applicazioni finali, che possono andare da pannelli edilizi traslucidi a superfici per il design d'interni, fino a substrati innovativi per dispositivi tecnologici.

<sup>4</sup> Il PMMA ha un indice di rifrazione simile alla cellulosa (~1.5), il che permette la riduzione di dispersione della luce ai confini delle fibre.

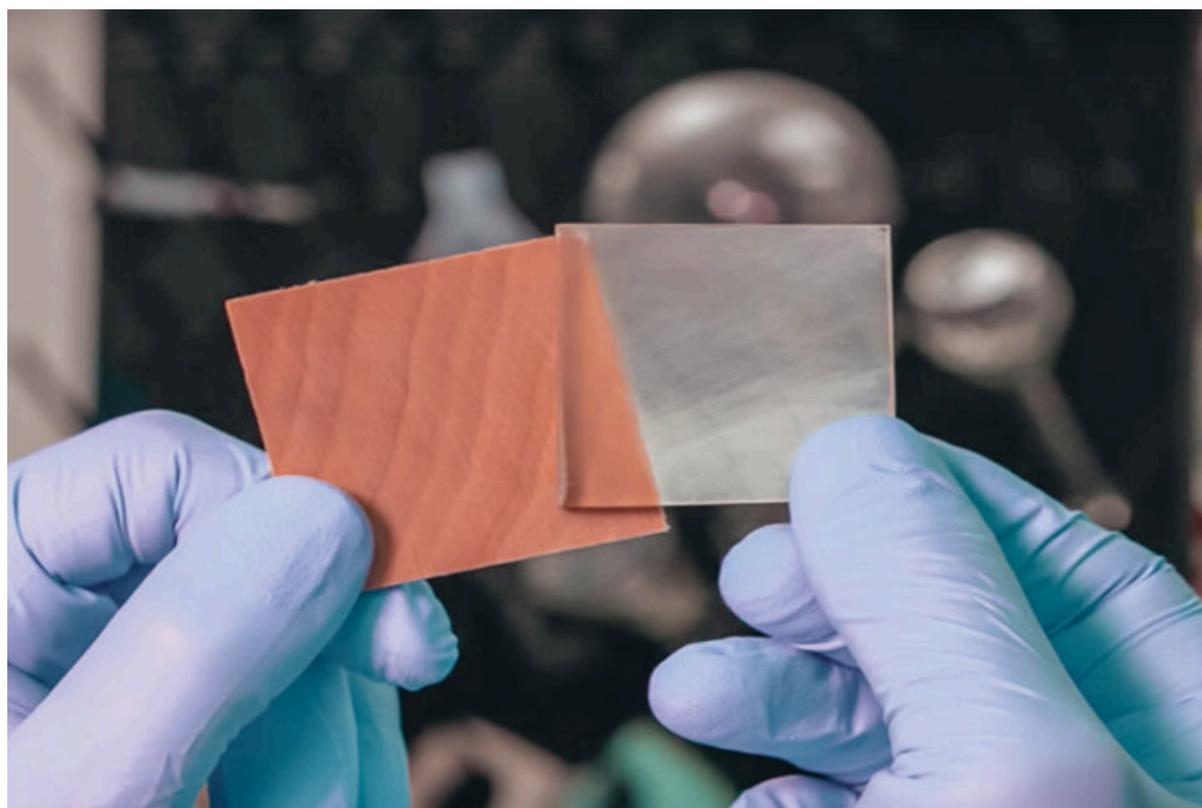
<sup>5</sup> In laboratorio sono stati raggiunti valori di trasmittanza fino al 90%.

<sup>6</sup> I processi più comuni utilizzano perossido di idrogeno o soluzioni a base di sodio clorito che degradano selettivamente la lignina senza intaccare sulla cellulosa.

<sup>7</sup> Fondamentale l'uso del vuoto per eliminare le bolle d'aria che altrimenti comprometterebbero la trasparenza ottica e la coesione meccanica del composito.



Samples di laboratorio di legno trasparente con diversi gradi di trasparenza. KTH University, Stoccolma, Svezia.



### 3.17.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

La trasparenza è l'elemento che più caratterizza il legno trasparente e ne determina l'originalità rispetto ai legni tradizionali. Si tratta di una trasparenza particolare, che non ha ancora raggiunto la nitidezza assoluta del vetro, ma che si distingue per un effetto visivo caldo e diffuso. La luce attraversa il materiale in modo morbido, senza abbagliare, creando un'atmosfera luminosa più naturale e accogliente rispetto a quella offerta dai materiali sintetici o minerali. Questo risultato è reso possibile dall'eliminazione selettiva della lignina, che normalmente conferisce al legno il suo colore opaco, e dall'infiltrazione del polimero trasparente che uniforma l'indice di rifrazione tra le fibre cellulose. Il grado di trasparenza può essere regolato in base al processo produttivo, ottenendo versioni più lattiginose, ideali per schermi o superfici che devono diffondere la luce, oppure varianti quasi completamente trasparenti, in grado di sostituire superfici vetrate. L'effetto non è quindi solo tecnico, ma anche estetico: il legno trasparente offre una nuova modalità di interazione con la luce, introducendo un linguaggio visivo che comunica naturalezza e sostenibilità.

#### Proprietà

Il legno trasparente mantiene molte delle qualità intrinseche del legno naturale, pur essendo trasformato in materiale composito, infatti la cellulosa, che costituisce l'impalcatura del materiale, garantisce una resistenza elevata alla trazione e alla compressione, mentre l'aggiunta della resina trasparente incrementa la stabilità e riduce la fragilità. È molto sorprendente ma a parità di spessore, il materiale risulta più leggero del vetro offrendo pure una maggiore resistenza agli urti e una minore tendenza a rompersi in frammenti taglienti, aspetto che lo rende più sicuro in molte applicazioni.

Altri samples di laboratorio di legno trasparente con diversi gradi di trasparenza. KTH University, Stoccolma, Svezia.

Un ulteriore vantaggio è la possibilità di controllare spessore, densità e composizione durante la produzione, adattando così le caratteristiche meccaniche alle diverse destinazioni d'uso (Li et al., 2021). Diversi studi che abbiamo analizzato, dimostrano che il legno trasparente possiede anche un buon livello di isolamento termico, superiore a quello del vetro tradizionale<sup>8</sup>, contribuendo così all'efficienza energetica degli edifici. Il fatto di abbinare leggerezza, resistenza e proprietà termiche lo rende un candidato ideale per il settore edilizio e per il design sostenibile, aprendo nuove possibilità progettuali appena se ne aprirà il commercio mondiale.

#### Biodegradabilità

Un altro aspetto fondamentale del legno trasparente riguarda la sua compatibilità con i principi della sostenibilità. Sebbene sia un materiale composito che integra componenti polimeriche, la sua base rimane il legno, una risorsa rinnovabile e potenzialmente biodegradabile. La ricerca attuale sta esplorando l'uso di resine bio-based per sostituire completamente quelle sintetiche, con l'obiettivo di ottenere un materiale non solo trasparente e resistente, ma anche pienamente compostabile. Rispetto al vetro, la cui produzione richiede grandi quantità di energia<sup>9</sup> e di risorse minerali come la sabbia silicea, il legno trasparente permette di ridurre in modo significativo l'impronta ecologica. I processi produttivi, infatti, possono avvenire a temperature più basse e con un consumo energetico inferiore, rafforzando ulteriormente il suo profilo "green". Inoltre, essendo basato su una risorsa naturale, si presta a essere integrato in strategie di economia circolare che valorizzano sia la rinnovabilità delle materie prime sia la riduzione degli scarti. Il legno trasparente è a tutti gli effetti il simbolo di una nuova generazione di materiali che integrano performance tecniche, valori estetici e responsabilità ambientale.

<sup>8</sup>. La bassa conduttività termica della cellulosa (0,04–0,05 W/mK) conferisce al materiale proprietà isolanti che riducono le dispersioni energetiche negli edifici.

<sup>9</sup>. La produzione del legno trasparente richiede temperature molto più basse rispetto alla fusione del vetro (~1500 °C).

Let's make waste

disappear



## 3.18 Ohoo

### 3.18.1. Introduzione

Ohoo è una capsula commestibile e biodegradabile progettata come alternativa sostenibile ai contenitori monouso per liquidi. Si presenta come una sfera gelatinosa trasparente o semitrasparente, composta da un doppio strato di membrana naturale capace di racchiudere acqua o altre bevande (Notpla, 2023). L'obiettivo principale è ridurre drasticamente l'uso della plastica monouso, proponendo un imballaggio che, una volta consumato, non lascia alcun rifiuto.

### Quando è stato sviluppato

Il progetto è stato ideato nel 2015 da Rodrigo García González e Pierre Paslier, durante il loro percorso accademico presso il Royal College of Art e l'Imperial College di Londra.

I due designer si sono ispirati al processo di sferificazione, già noto nella gastronomia molecolare, che permette di ottenere una membrana sottile intorno a un liquido attraverso l'interazione tra alginato di sodio e cloruro di calcio. L'iniziativa si è concretizzata nello studio Skipping Rocks Lab, oggi divenuto Notpla, che ha perfezionato il materiale utilizzando polisaccaridi estratti da alghe marine, con l'intento di ottenere una membrana resistente, flessibile e completamente biodegradabile (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

Dopo numerose presentazioni internazionali, Ohoo ha ricevuto nel 2019 il EU Horizon Prize for Materials for the Future, un riconoscimento che ha consolidato il progetto come uno dei casi più rappresentativi di innovazione sostenibile.

Immagine copertina di presentazione di Ohoo da parte dell'azienda Notpla

### Perché è innovativo

Ohoo è un prodotto che crea stupore, oltre a come si presenta, riesce a fondere in un unico prodotto funzione e consumo, il contenitore non è separato dal contenuto e può essere ingerito insieme ad esso o lasciato degradare naturalmente in poche settimane, senza lasciare residui inquinanti (IPO, 2024). Questa caratteristica lo distingue da molti imballaggi biodegradabili che necessitano di processi industriali di compostaggio, tanto da rappresentare una piccola svolta culturale perché ridefinisce la relazione tra packaging e prodotto, aprendo un dibattito su come il design possa contribuire a ridurre l'impatto ambientale ripensando radicalmente il concetto stesso di imballaggio.

### 3.18.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

La capsula Ohoo è composta principalmente da alginato di sodio, un polisaccaride estratto dalle alghe brune, e da cloruro di calcio che insieme danno origine a una membrana di idrogel attraverso un processo di gelificazione ionotropica<sup>1</sup> (Notpla, 2023).

L'alginato, grazie alla sua capacità di formare reticoli tridimensionali stabili, costituisce la base strutturale della capsula, mentre il calcio agisce da reticolante, legando le catene polimeriche e generando una superficie compatta e resistente. Oltre a fornire coesione meccanica, questa combinazione garantisce anche la commestibilità del materiale nel rispetto degli standard di sicurezza alimentare<sup>2</sup> (Ellen MacArthur Foundation, 2020). La composizione non include derivati fossili, solventi tossici o additivi sintetici, il che consente di classificarla come interamente bio-based e biodegradabile. Ohoo si differenzia nettamente da molte bioplastiche "compostabili", che necessitano di impianti industriali per degradarsi, offrendo invece un ciclo vitale realmente circolare e immediatamente compatibile con l'ambiente. La versatilità di questo materiale è un'ulteriore aspetto da considerare in quanto la membrana può essere arricchita con aromi naturali o coloranti alimentari che ne permettono applicazioni personalizzate amplificando le potenzialità d'uso oltre il semplice contenitore di acqua.

<sup>1</sup> capacità degli ioni calcio ( $Ca^{2+}$ ) di legarsi ai gruppi carbossilici presenti nelle catene dell'alginato, creando un reticolo tridimensionale stabile e insolubile in acqua.

<sup>2</sup> Sia l'alginato di sodio sia il cloruro di calcio sono comunemente utilizzati come additivi alimentari (E401 ed E509), impiegati in gastronomia, nell'industria casearia e in quella dolciaria.

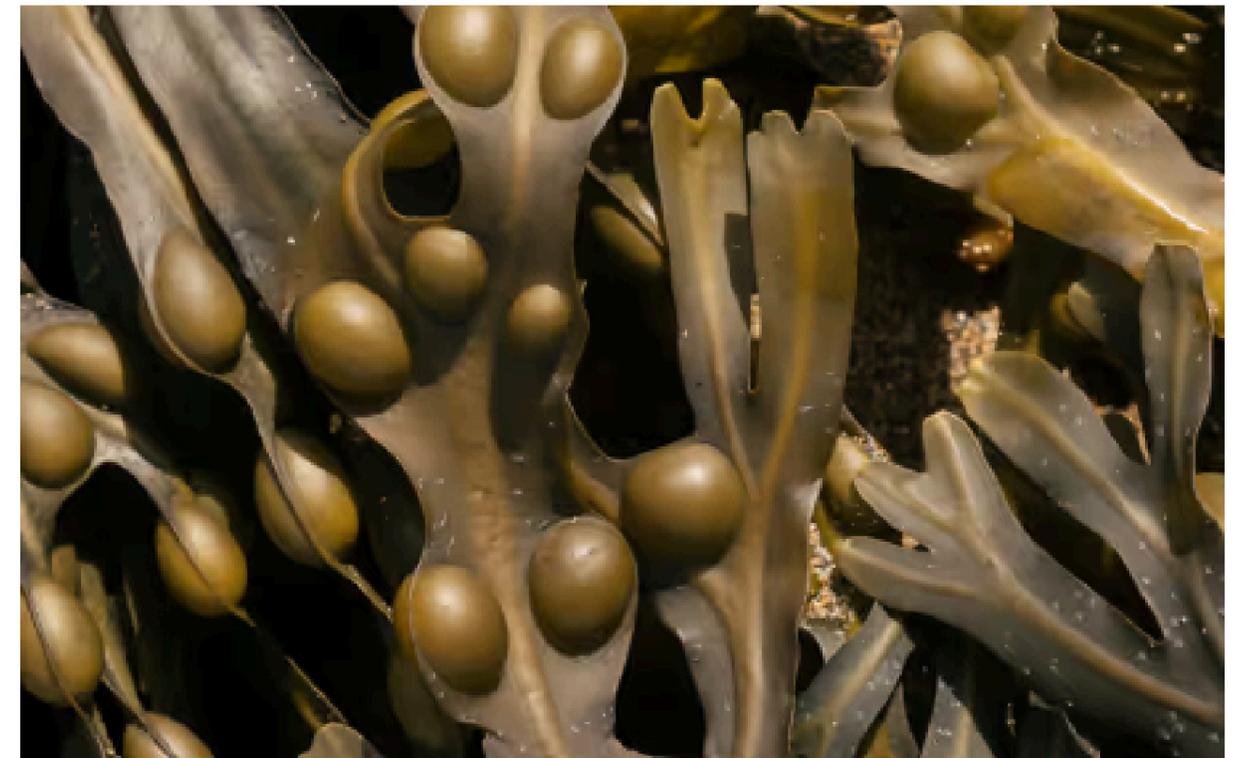
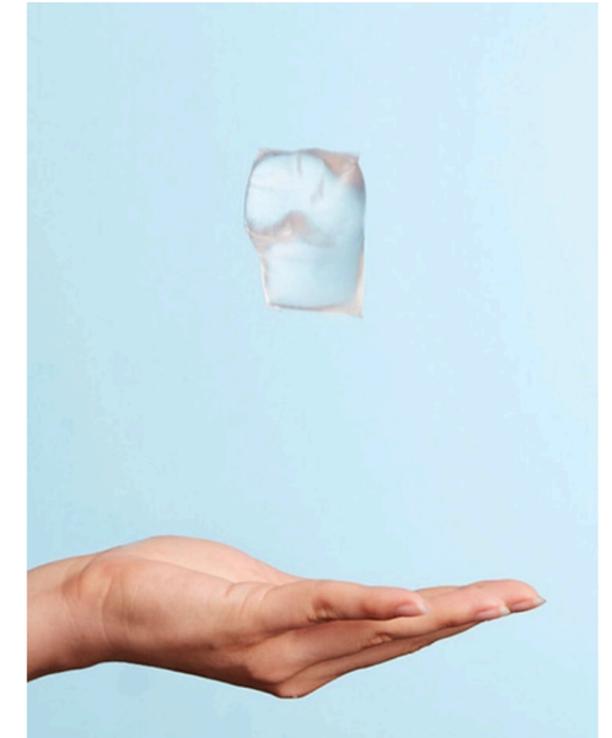
<sup>3</sup> L'intero processo non richiede input energetici elevati né sostanze chimiche complesse, ponendosi come esempio di low-tech sustainable manufacturing.

#### Processo produttivo

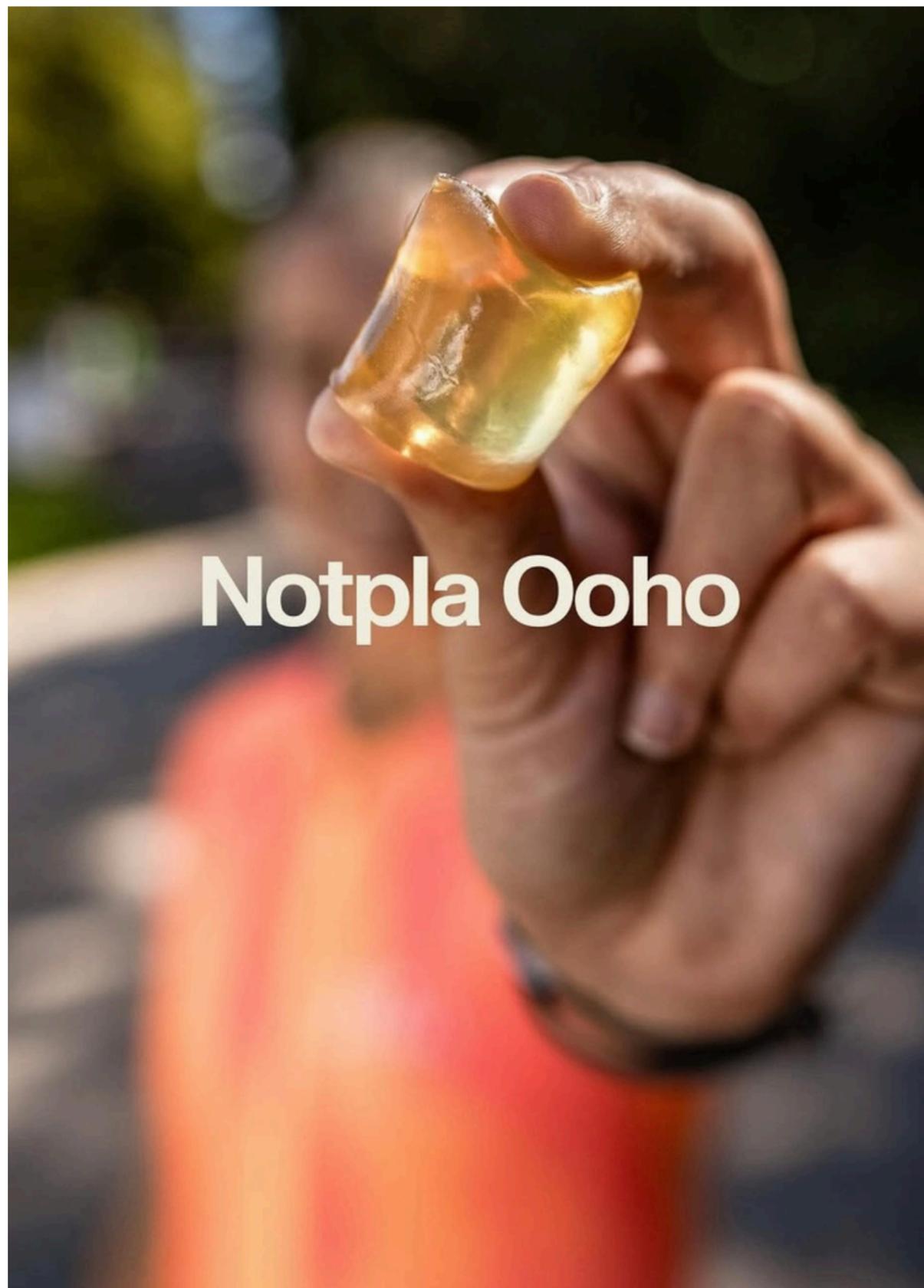
Il processo produttivo di Ohoo si basa sul principio della sferificazione, una tecnica nata in ambito gastronomico molecolare e successivamente adattata al design dei materiali. Il metodo prevede la preparazione di una soluzione a base di alginato di sodio, che viene poi gocciolata all'interno di un bagno contenente cloruro di calcio.

L'interazione immediata tra le due sostanze genera un film gelatinoso che avvolge il liquido, trasformandolo in una capsula morbida e autosufficiente. Questo meccanismo, apparentemente semplice, rappresenta in realtà un esempio virtuoso di biofabbricazione a basso impatto<sup>3</sup> (Bioplastics Magazine, 2019).

La durata dell'immersione e la concentrazione delle soluzioni determinano lo spessore e la resistenza della membrana, consentendo un controllo preciso sulle prestazioni finali. La produzione avviene a temperatura ambiente o a basse temperature, eliminando la necessità di energia termica significativa e riducendo ulteriormente l'impronta ambientale. In fase sperimentale, le capsule erano realizzate manualmente, una ad una; oggi, grazie allo sviluppo industriale da parte di Notpla, il sistema è stato reso scalabile, con macchine capaci di produrre centinaia di unità al minuto (IPO, 2024). Questo passaggio ha reso Ohoo adatta a eventi di massa come maratone, festival o fiere, dove ha già sostituito migliaia di bottigliette in plastica. Un ulteriore elemento di innovazione è rappresentato dalla possibilità di adattare il processo per contenere liquidi diversi dall'acqua, aprendo scenari d'uso in ambito alimentare, farmaceutico e cosmetico, anche perché la membrana mantiene la sua biodegradabilità e commestibilità indipendentemente dal contenuto, rendendo Ohoo un materiale realmente polifunzionale.



Immagini delle alghe brune da cui è derivato il materiale



# Notpla Ohoo

### 3.18.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Ohoo si caratterizza per una trasparenza parziale e morbida, più simile a quella di una membrana biologica che non al vetro o ai film plastici convenzionali. La membrana di alginato e calcio non è perfettamente cristallina, ma presenta un aspetto semi-traslucido e lattiginoso comunque tendente al trasparente, che consente alla luce di attraversarla in modo diffuso e organico. Questa qualità visiva è apparentemente semplice ma fondamentale dal punto di vista progettuale perché permette di intravedere il contenuto della capsula, creando un'esperienza d'uso diretta, diversa da quella dei tradizionali imballaggi monouso come ad esempio le bustine di olio o ketchup e maionese. L'estetica visiva di Ohoo è quindi legata alla sua identità sostenibile e comunica immediatamente la sua diversità rispetto alle plastiche convenzionali.

#### Proprietà

Ohoo mostra una resistenza alla trazione sorprendente per un idrogel naturale, dovuta alla combinazione tra la matrice polisaccaridica dell'alginato e la reticolazione ionica con il calcio (Notpla, 2023). Pur essendo sottile e fragile al tatto se confrontata con bottigliette in PET, la membrana risulta sufficientemente robusta per contenere liquidi fino al momento dell'utilizzo, senza rompersi facilmente<sup>4</sup>.

Il materiale mantiene flessibilità e integrità anche sotto manipolazione diretta, purché l'uso avvenga entro un arco temporale breve. La resistenza varia in funzione dello spessore della membrana e della concentrazione delle soluzioni impiegate, fattori che possono essere calibrati in fase produttiva per ottenere capsule più sottili o più robuste.

Un'altra caratteristica distintiva è la totale commestibilità: l'alginato è già impiegato come additivo alimentare in diverse industrie e non comporta rischi per la salute umana. Questo permette a Ohoo di superare il concetto di "contenitore da smaltire" e di diventare parte integrante del consumo stesso.

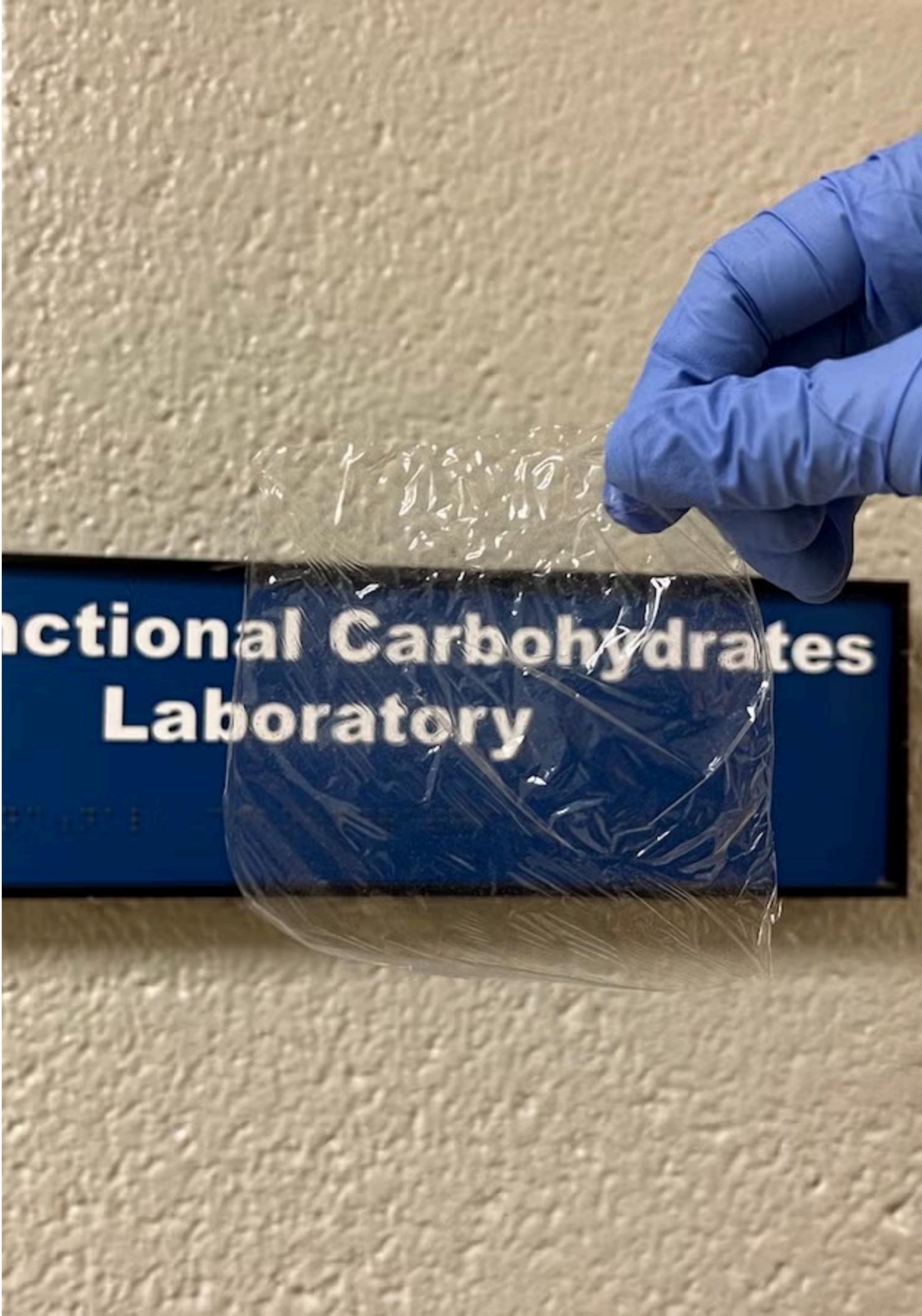
Dal punto di vista della lavorabilità, il materiale può essere prodotto in formati differenti e colorato o aromatizzato con additivi naturali, rendendolo versatile anche in ambiti non strettamente legati all'acqua, come packaging alimentare innovativo o capsule per integratori.

#### Biodegradabilità

La decomposizione del materiale avviene per azione enzimatica e microbiologica, con il rilascio di nutrienti semplici che vengono rapidamente assimilati dall'ecosistema circostante (IPO, 2024). Questa biodegradabilità "domestica" rende Ohoo un materiale a ciclo chiuso: ciò che nasce da risorse naturali ritorna all'ambiente senza trasformarsi in inquinante. La possibilità di ingerire direttamente la capsula rappresenta inoltre un ulteriore livello di eliminazione dei rifiuti, poiché in questo caso il materiale non entra nemmeno nel ciclo dello smaltimento, e per questo motivo, Ohoo incarna una nuova idea di trasparenza non solo ottica, ma anche etica: un imballaggio che non lascia tracce, né fisiche né ambientali, e che ridefinisce il concetto stesso di packaging sostenibile.

<sup>4</sup> Studi comparativi mostrano che membrane di alginato reticolate con calcio hanno una resistenza alla trazione che varia da 0,1 a 0,5 MPa, sufficiente a trattenere l'acqua in condizioni di manipolazione.

Immagine di una capsula Ohoo dell'azienda Notpla



## 3.19 Materiale da tralci di vite

### 3.19.1. Introduzione

Il film biodegradabile ottenuto da scarti di vite è un materiale innovativo sviluppato dai ricercatori della South Dakota State University (SDSU).

Si tratta di un biopolimero trasparente e resistente, progettato come alternativa sostenibile alle plastiche convenzionali per applicazioni nel packaging. La matrice materica fondante sono i tralci di vite, nonché residui agricoli prodotti in grande quantità tutti gli anni durante le vendemmie dei vigneti<sup>1</sup>, che tendenzialmente vengono scartati o bruciati. Alla fine, il risultato si manifesta sotto forma di un film sottile, uniforme e biodegradabile, con proprietà ottiche di trasparenza (Zhou, 2025).

### Quando è stato sviluppato

Il materiale è stato sviluppato nel 2025 da un gruppo di ricerca multidisciplinare della South Dakota State University, guidato dalla professoressa Lingqian Zhou<sup>2</sup> e con il supporto di colleghi esperti in scienza dei polimeri e ingegneria ambientale (SDSU, 2025).

L'idea è nata grazie ad un workshop in cui l'obiettivo era quello di valorizzazione i rifiuti agricoli, e qui l'intuizione del gruppo di ricerca che ha provato a ridurre l'impatto ambientale della plastica monouso offrendo una seconda vita a sottoprodotti agricoli abbondanti come i tralci di vite<sup>3</sup> (FoodNavigator, 2025). Il processo di sviluppo ha richiesto diversi anni di sperimentazioni passando dai primi test di estrazione della cellulosa fino alla definizione di un protocollo che consentisse di ottenere fogli trasparenti dalle buone proprietà meccaniche.

Sample del materiale sperimentale nella South Dakota University

Lo studio, poi pubblicato nel 2025 sulla rivista Sustainable Food Technology, rappresenta il primo caso documentato di utilizzo sistematico dei tralci di vite per la produzione di film biodegradabili destinati al packaging.

### Perché è innovativo

L'innovazione del film da scarti di vite risiede in tre aspetti principali che sono: 1. la materia prima, i tralci di vite costituiscono un rifiuto agricolo disponibile in grandi quantità a livello globale, ma fino ad oggi scarsamente valorizzato.

2. la biodegradabilità, il film si degrada completamente nel suolo in circa 17 giorni, senza lasciare microplastiche o residui tossici, un risultato nettamente superiore rispetto a molte bioplastiche attuali che necessitano di compostaggio industriale (Phys.org, 2025). Infine, 3. la trasparenza e la resistenza meccanica, i test hanno dimostrato che il materiale possiede proprietà di trazione paragonabili e talvolta superiori alle buste in plastica convenzionali.

Queste caratteristiche lo rendono un esempio concreto di come la ricerca accademica possa aprire nuove strade verso materiali circolari e realmente sostenibili. In prospettiva, l'applicazione del film non si limita al packaging alimentare ma ad orizzonti più ampi che guardano alla sostituzione di prodotti monouso e soluzioni non più in linea con i valori ecologici dei nostri tempi.

<sup>1</sup> Ogni ettaro di vigneto produce in media da 1,5 a 3 tonnellate di tralci secchi l'anno.

<sup>2</sup> Zhou è specialista in Food and Bioproducts Science e coordina ricerche su packaging sostenibile e valorizzazione di sottoprodotti agricoli.

<sup>3</sup> La sfida principale era ottenere una cellulosa sufficientemente purificata dai composti fenolici del legno di vite, che tendono a rendere i materiali scuri o fragili.

### 3.19.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

Il film biodegradabile sviluppato a partire dagli scarti di vite è un biocomposito polimerico fondato soprattutto sulla cellulosa e sulla lignina, due costituenti principali dei tralci residui derivanti dalle potature annuali delle viti. La cellulosa rappresenta la matrice portante del materiale e conferisce al film sia trasparenza che resistenza meccanica, mentre la lignina, naturalmente presente nella biomassa, agisce da elemento stabilizzante, incrementando la coesione della struttura e migliorando la tolleranza all'umidità.

A questa base si aggiungono emicellulose e composti fenolici<sup>4</sup> che, pur presenti in quantità minore, contribuiscono alla formazione del reticolo tridimensionale che rende la pellicola compatta e omogenea. Ciò che rende questo materiale particolarmente interessante è la totale assenza di derivati petrolchimici o additivi sintetici: i ricercatori hanno scelto di valorizzare solo ciò che è già disponibile nella biomassa della vite, integrando eventualmente plasticizzanti naturali come la glicerina<sup>5</sup> (SDSU News, 2025). Quest'ultima, derivata da fonti vegetali, ha il compito di ridurre la rigidità tipica della cellulosa pura, aumentando così la flessibilità e rendendo il materiale adatto ad applicazioni dove è richiesta manipolazione frequente o piegabilità. In definitiva, la composizione chimica del film dimostra come sia possibile trasformare un rifiuto agricolo a basso valore in un materiale trasparente, resistente e biodegradabile, capace di inserirsi sia nel settore del packaging alimentare che in ambiti più sperimentali del design dei materiali. La combinazione di componenti fibrose naturali e additivi bio-based consente infatti di ottenere un equilibrio non comune tra prestazioni funzionali ed eco-compatibilità.

#### Processo produttivo

Il processo produttivo di questo film è stato progettato dai ricercatori della SDSU per essere semplice, replicabile e a basso impatto ambientale. Tutto parte dalla raccolta dei tralci di vite generati dalle operazioni di potatura stagionale, un materiale che spesso viene scartato o bruciato senza alcuna valorizzazione. Questi residui vengono prima essiccati e tritati<sup>6</sup> fino a ottenere una polvere fibrosa omogenea, che costituisce la materia prima del processo.

La fase successiva riguarda l'estrazione della cellulosa mediante trattamenti in acqua a temperatura controllata, un metodo volutamente privo di solventi tossici o reagenti chimici aggressivi. In parallelo, la lignina e le altre componenti naturali non vengono del tutto rimosse, ma mantenute in parte nella matrice per rafforzarne la stabilità complessiva e per ridurre i passaggi di purificazione, aumentando così l'efficienza del processo<sup>7</sup> (FoodNavigator, 2025). Una volta ottenuta la miscela fibrosa, questa viene combinata con acqua e glicerina fino a creare una soluzione viscosa e flessibile, che viene poi colata in stampi piatti. L'essiccazione avviene a temperatura ambiente e dura alcuni giorni, senza ricorrere a forni industriali o sistemi energivori. Con questo metodo si ottengono fogli traslucidi e sottili, il cui spessore può essere calibrato modificando i tempi di asciugatura o la quantità di soluzione colata. Il processo permette di realizzare sia film sottili e flessibili, adatti al confezionamento alimentare, sia lastre leggermente più rigide, ideali per packaging secondario o per oggetti di design sostenibile. Inoltre, gli scarti di lavorazione sono a loro volta compostabili o riutilizzabili all'interno dello stesso processo, garantendo una circolarità reale e una riduzione quasi totale dei rifiuti.

<sup>4</sup> I composti fenolici, normalmente considerati sottoprodotti indesiderati, rafforzano i legami intermolecolari e conferiscono al film una resistenza meccanica aggiuntiva.

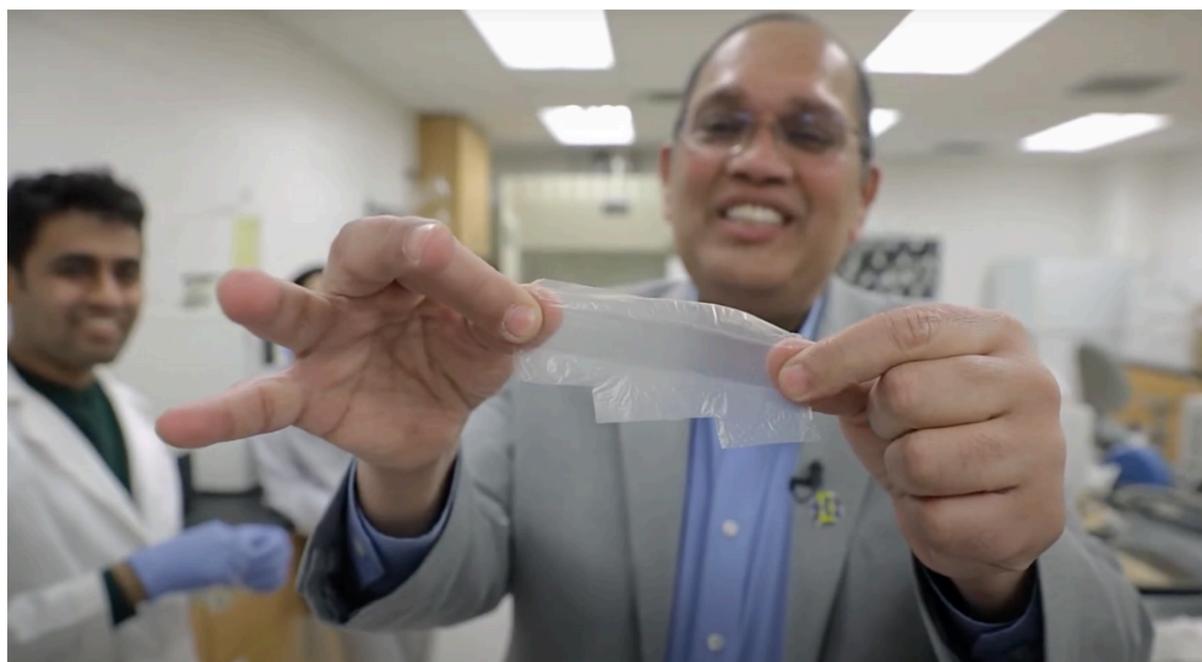
<sup>5</sup> La glicerina è una molecola polialcolica igroscopica che aumenta la flessibilità dei biopolimeri e che previene fenomeni di fragilità del film durante la manipolazione.

<sup>6</sup> La triturazione fine permette di aumentare la superficie di contatto delle fibre in modo da facilitare l'estrazione della cellulosa e l'omogeneità del film.

<sup>7</sup> La decisione di non eliminare del tutto la lignina riduce i costi energetici e valorizza la complessità chimica naturale della biomassa.



Fasi del processo produttivo del materiale



Test di resistenza e fase produttiva del materiale

### 3.19.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Il film ottenuto dai tralci di vite ha trasparenza uniforme e delicata, distinguibile da molte altre bioplastiche agricole che spesso sono caratterizzate da finiture più opache o granulose. La luce infatti riesce a filtrare in modo diffuso e omogeneo grazie alla purificazione della cellulosa e alla formazione di una matrice continua, così da generare un effetto visivo chiaro e leggermente setoso.

Bisogna comunque ribadire che la qualità della trasparenza varia a seconda dello spessore, ad esempio fogli molto sottili risultano quasi cristallini, mentre spessori maggiori mostrano tonalità più lattiginose. In più, la presenza residua di lignina contribuisce a conferire leggere sfumature cromatiche che ne sottolineano l'origine naturale.

#### Proprietà

In diversi test comparativi il film da scarti di vite ha mostrato risultati sorprendenti, dimostrando una resistenza alla trazione superiore<sup>8</sup> a quella delle comuni buste di plastica monouso, pur mantenendo uno spessore inferiore e una notevole leggerezza. La combinazione è frutto della struttura fibrosa della cellulosa, che crea un reticolo compatto e della lignina che contribuisce alla coesione. Inoltre, il film resiste bene alle sollecitazioni di piegatura e manipolazione, si lacera difficilmente e conserva stabilità dimensionale anche in ambienti di umidità moderata. Tuttavia, come molti materiali bio-based, può risultare sensibile a condizioni estreme, in presenza di forte umidità tende a indebolirsi mentre esposizioni prolungate a temperature elevate possono ridurre la stabilità. Sensorialmente il materiale si presenta morbido al tatto e leggermente elastico con una superficie liscia che ricorda i polimeri plastici convenzionali, queste caratteristiche, insieme al comportamento ottico, lo rendono apprezzabile per applicazioni di packaging e per progetti in cui è richiesto alta trasparenza e qualità meccaniche e di resistenza un pelo più accentuate rispetto ai film plastici che già conosciamo.

#### Biodegradabilità

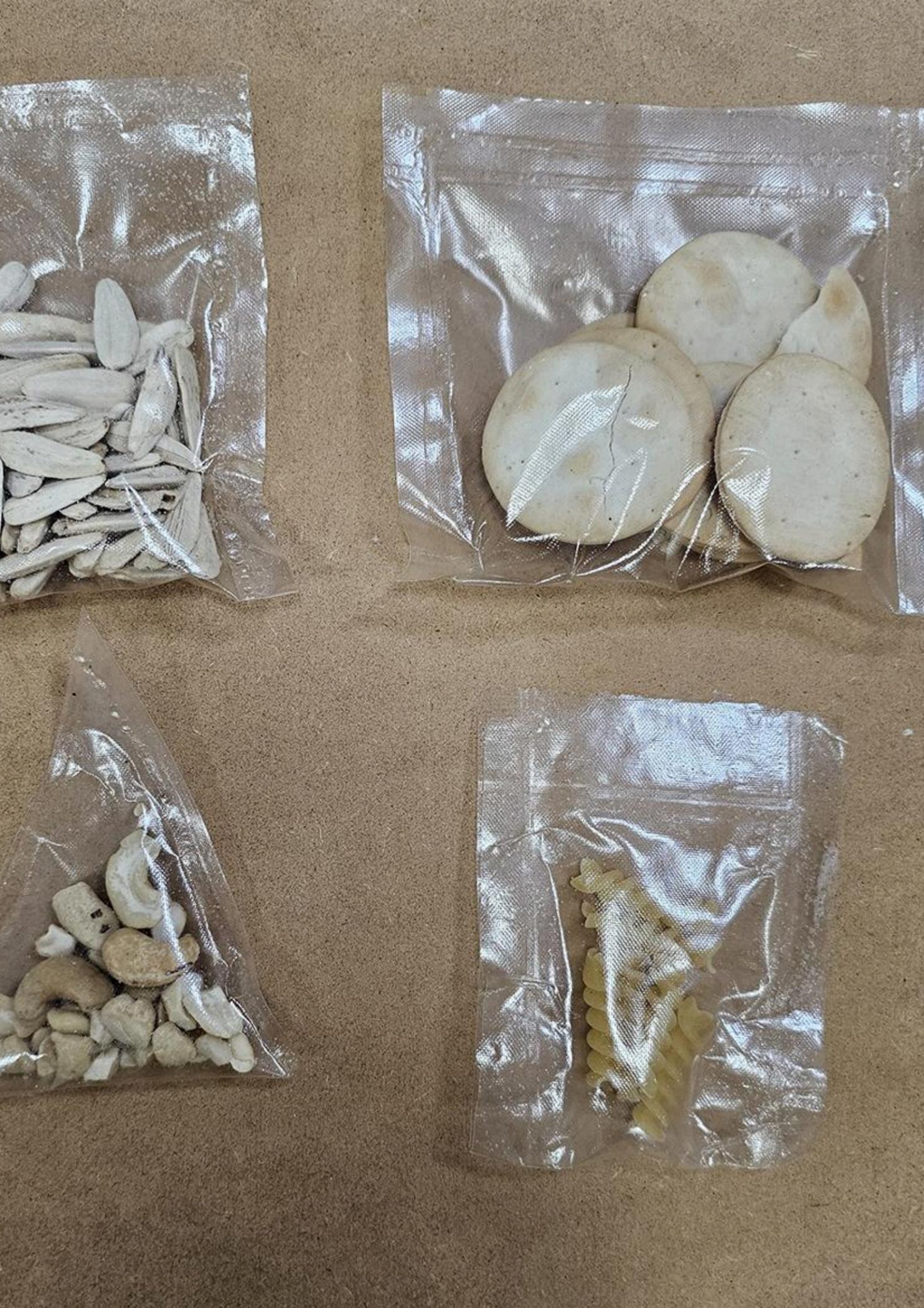
Il materiale sviluppato dalla SDSU si degrada naturalmente nel suolo in circa 17 giorni, restituendo al terreno composti organici completamente innocui (Zhou, 2025).

Questo ciclo di decomposizione, così rapido e privo di residui tossici o microplastiche, lo rende uno dei materiali più promettenti nell'ambito della riduzione dei rifiuti plastici. Dal punto di vista ecologico, la biodegradabilità immediata offre un duplice vantaggio perché da un lato elimina i problemi legati allo smaltimento e dall'altro consente un ritorno diretto delle sostanze nutritive all'ecosistema agricolo, chiudendo il suo percorso di vita in maniera circolare.

Nel dettaglio, i nutrienti derivanti dalla decomposizione possono arricchire i suoli dei vigneti stessi<sup>9</sup>, aprendo scenari di autonomia locale in cui lo scarto di potatura diventa materia prima e ritorna come fertilizzante naturale dopo l'uso (SDSU News, 2025).

<sup>8</sup>. Questo risultato sorprendente deriva dal reticolo ordinato delle microfibrille cellulose, capace di distribuire uniformemente le sollecitazioni meccaniche.

<sup>9</sup>. Si tratta di un esempio di "nutrient loop", ovvero di ciclo chiuso in cui il rifiuto agricolo diventa materia prima e poi fertilizzante, riducendo input esterni nella coltivazione.



## 3.20 SUSTAlnpack

### 3.20.1. Introduzione

SUSTAlnPack è un biomateriale trasparente sviluppato nel 2024 a Malta dalla startup Natural Edge Ltd., in risposta al crescente bisogno di alternative sostenibili alle plastiche monouso (Natural Edge Ltd., 2024). Il materiale si ottiene principalmente da alghe marine, risorsa rinnovabile che cresce abbondante senza necessitare di fertilizzanti, pesticidi o acqua dolce (MaterialDistrict, 2025).

La combinazione di trasparenza, resistenza e degradabilità lo rende adatto per il settore del packaging alimentare e non solo, distinguendosi nel panorama dei biomateriali emergenti come una delle soluzioni più promettenti anche per via della applicabilità industriale e dell'impatto ecologico di basso livello che si porta appresso.

### Quando è stato sviluppato

Il progetto nasce nel 2024 a Malta, in un contesto caratterizzato da un crescente interesse verso la bioeconomia e l'innovazione verde (Times of Malta, 2025).

Fin dalla fase iniziale, Natural Edge ha collaborato con istituzioni accademiche e laboratori locali per sviluppare un film che fosse non soltanto biodegradabile, ma anche facilmente integrabile nei processi produttivi esistenti. La ricerca si è concentrata sugli alginati e fucoidi presenti nelle alghe brune, molecole naturali che garantiscono coesione, stabilità e trasparenza.

Durante i primi test pilota, i ricercatori hanno osservato come il materiale mantenesse le sue prestazioni meccaniche anche in ambienti ad alta umidità, una condizione che rappresenta una delle principali sfide per molte bioplastiche (BiofuelsDigest, 2025). Parallelamente, l'azienda ha progettato un sistema produttivo scalabile, in grado di riutilizzare parte degli scarti generati, rendendo il ciclo industriale più efficiente.

### Perché è innovativo

L'innovazione di SUSTAlnPack sta nella capacità di coniugare l'origine marina rigenerativa con la funzionalità industriale. Il film maltese inoltre, può essere prodotto e utilizzato sulle stesse linee industriali già adottate per i polimeri convenzionali, questo approccio drop-in abbassa dunque le barriere all'adozione, rendendolo appetibile per aziende che cercano una transizione sostenibile senza costi eccessivi. Dal punto di vista ecologico, il materiale gode del vantaggio di potersi biodegradare in compost domestico in tempi rapidi, senza rilasciare alcun tipo di residuo tossico, rappresentando un passo avanti rispetto a molte bioplastiche che necessitano di impianti industriali per decomporsi correttamente. Un ulteriore elemento degno di attenzione riguarda la circolarità degli scarti di produzione che vengono reinseriti nel processo, riducendo sostanzialmente a zero i rifiuti generati durante il processo (Natural Edge Ltd., 2024).

Immagine di applicazione di packaging del materiale SUSTAlnpack

### 3.20.2. Composizione e processo di produzione

#### Composizione chimica

SUSTAlnPack è un biopolimero trasparente a base di alghe marine, con una formulazione centrata su polisaccaridi naturali come alginati, fucoidani e carragenine. Questi composti costituiscono la matrice principale del film e sono responsabili della trasparenza, della flessibilità e della coesione interna.

A essi si affiancano piccole quantità di plasticizzanti e agenti umettanti bio-based, impiegati per modulare l'elasticità e prevenire la fragilità del materiale in condizioni di essiccazione.

Un elemento chiave della sua composizione è la totale assenza di derivati petrolchimici o additivi tossici, rendendo il materiale 100% bio-based e compostabile. Inoltre, le molecole polisaccaridiche estratte dalle alghe hanno proprietà filmogene naturali che consentono di ottenere superfici lisce e omogenee senza ricorrere a processi di sintesi chimica complessi. Questo approccio non solo semplifica la produzione, ma riduce anche il rischio di rilascio di sostanze nocive durante la degradazione del materiale.

Grazie alla ricchezza nutrizionale delle alghe, la composizione chimica di SUSTAlnPack presenta anche potenziali applicazioni biomediche e nutraceutiche, poiché il materiale risulta commestibile<sup>1</sup> in determinate formulazioni sperimentali. Tuttavia, il focus principale resta l'impiego nel packaging, dove trasparenza e resistenza rappresentano i tratti distintivi (BiofuelsDigest, 2025).

#### Processo produttivo

Il processo produttivo di SUSTAlnPack è stato progettato per coniugare basso impatto energetico, scalabilità e compatibilità industriale. La prima fase riguarda la raccolta e la lavorazione delle alghe, che vengono sottoposte a un processo di estrazione delicato per isolare i polisaccaridi principali, preservandone le proprietà filmogene<sup>2</sup> (MaterialDistrict, 2025).

Una volta ottenuti gli estratti, questi vengono miscelati con additivi naturali e disciolti in acqua, dando origine a una soluzione viscosa. La miscela viene quindi colata in stampi o passata attraverso sistemi di estrusione per la formazione di film sottili. La fase di essiccazione avviene a basse temperature, spesso in condizioni controllate di umidità, per garantire uniformità ottica e stabilità meccanica. Parallelamente, il processo integra sistemi di recupero degli scarti: gli sfridi vengono rilavorati e reintrodotti nel ciclo produttivo, rendendo l'intero processo quasi a rifiuti zero<sup>3</sup>. Questo approccio rientra pienamente nella logica dell'economia circolare, contribuendo a ridurre l'impatto ambientale. Dal punto di vista industriale, uno dei principali vantaggi di SUSTAlnPack è la sua compatibilità con le macchine di confezionamento esistenti, sia per il packaging flessibile sia per la creazione di finestre trasparenti su imballaggi in carta o cartone.

Ciò consente di introdurre il materiale senza dover modificare radicalmente le linee produttive, un fattore decisivo per le aziende che vogliono adottare soluzioni sostenibili in tempi rapidi<sup>4</sup>, ed inoltre il processo è stato concepito per essere replicabile anche su scala locale, con unità produttive di piccole e medie dimensioni che possono operare vicino alle aree di raccolta delle alghe. Così facendo, il modello produttivo contribuisce non solo alla sostenibilità ambientale, ma anche allo sviluppo economico delle comunità costiere, trasformando una risorsa naturale rigenerativa in un materiale ad alto valore aggiunto.

<sup>1</sup> L'impiego alimentare non è ancora standardizzato: i test si concentrano sulla sicurezza microbiologica e sulla possibilità di usare il film come rivestimento edibile per alimenti freschi.

<sup>2</sup> Le tecniche di estrazione adottate privilegiano metodi meccanici e acquosi a bassa temperatura, che mantengono intatte le caratteristiche strutturali degli alginati e delle carragenine.

<sup>3</sup> Modello di "closed-loop manufacturing"

<sup>4</sup> Caratteristica "drop-in" che consente di sostituire gradualmente i polimeri fossili senza modifiche costose alle linee di produzione.



Immagine che mostra la trasparenza del materiale



### 3.20.3. Proprietà e prestazioni

#### Trasparenza

Una delle caratteristiche più apprezzate di SUSTAINPack è la sua trasparenza naturale e uniforme, che permette alla luce di attraversare il materiale in modo diffuso e bilanciato.

A differenza di molte bioplastiche a base vegetale che tendono a opacizzarsi, i film derivati da alghe marine mantengono un aspetto limpido e stabile, anche dopo cicli di essiccazione e lavorazione. Lo spessore del film e la percentuale di plasticizzanti naturali utilizzati influenzano la qualità ottica: fogli sottili risultano quasi cristallini, mentre quelli più spessi assumono una tonalità lattiginosa, simile alla pergamena. Questa traslucenza controllata consente di impiegare SUSTAINPack in applicazioni estetiche, come finestre trasparenti per packaging cartaceo o rivestimenti decorativi<sup>1</sup>. Oltre alla dimensione estetica, la trasparenza assume un valore simbolico, poiché riflette la tracciabilità della filiera produttiva e la volontà di comunicare la sostenibilità del materiale anche attraverso le sue qualità visive (Natural Edge Ltd., 2024).

#### Proprietà

SUSTAINPack presenta una buona resistenza alla trazione e alla lacerazione, grazie alla struttura reticolata degli alginati e delle carragenine che ne costituiscono la matrice polimerica.

Pur non raggiungendo le prestazioni dei polimeri fossili ad alta densità, il materiale si colloca in una fascia competitiva per il packaging flessibile e per applicazioni che richiedono leggerezza e duttilità. Dal punto di vista funzionale, il film offre una barriera moderata contro ossigeno e umidità, sufficiente per estendere la shelf-life di alcuni alimenti confezionati. La sua superficie liscia e leggermente lucida favorisce la stampa diretta e la saldatura a caldo, rendendolo compatibile con le principali tecniche di lavorazione industriale.

Sustalnpack applicato come packaging per liquidi

Un ulteriore vantaggio riguarda la stabilità in ambienti umidi, dove molte bioplastiche tendono a perdere consistenza. I test hanno dimostrato che SUSTAINPack mantiene integrità e flessibilità anche in condizioni di elevata umidità relativa<sup>5</sup>, e che il materiale presenta una buona morbidezza al tatto, che lo distingue dalle plastiche tradizionali più rigide e fredde, avvicinandolo alla percezione sensoriale dei materiali naturali (MaterialDistrict, 2025).

#### Biodegradabilità

Il materiale maltese è stato progettato per decomporsi anche in compost domestico, in tempi compresi tra 4 e 6 settimane. Durante la degradazione, il film non rilascia microplastiche né residui tossici, ma si trasforma in composti organici che possono arricchire il suolo.

La biodegradabilità si estende anche ad ambienti marini, condizione particolarmente rilevante per un'isola come Malta, dove l'inquinamento da plastica rappresenta una sfida ecologica diretta (BiofuelsDigest, 2025). In questo senso, SUSTAINPack non si limita a essere una soluzione tecnica, ma assume il ruolo di strumento etico e territoriale, collegando la ricerca sui materiali alla salvaguardia degli ecosistemi marini.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> La stabilità ottenuta arriva grazie alla combinazione bilanciata di alginati e fucoidi che sono noti per la capacità di trattenere acqua senza perdere coesione strutturale.

**TERZA PARTE**  
***RISULTATO E CONSIDERAZIONI***  
***DELLA RICERCA***

# CAPITOLO 4.

## IL MANUALE-GUIDA DEI “NUOVI” MATERIALI TRASPARENTI E BIODEGRADABILI

### 4.1 Perché un manuale-guida

La trasparenza è una qualità che riconosciamo nei materiali che ci circondano: nel vetro, nelle plastiche, nei supporti che filtrano e modellano la luce nel nostro quotidiano.

Eppure, al di là di queste presenze familiari, esistono pochi materiali capaci di unire la chiarezza visiva alla responsabilità ambientale, di raccontare un futuro trasparente anche nel senso etico del termine.

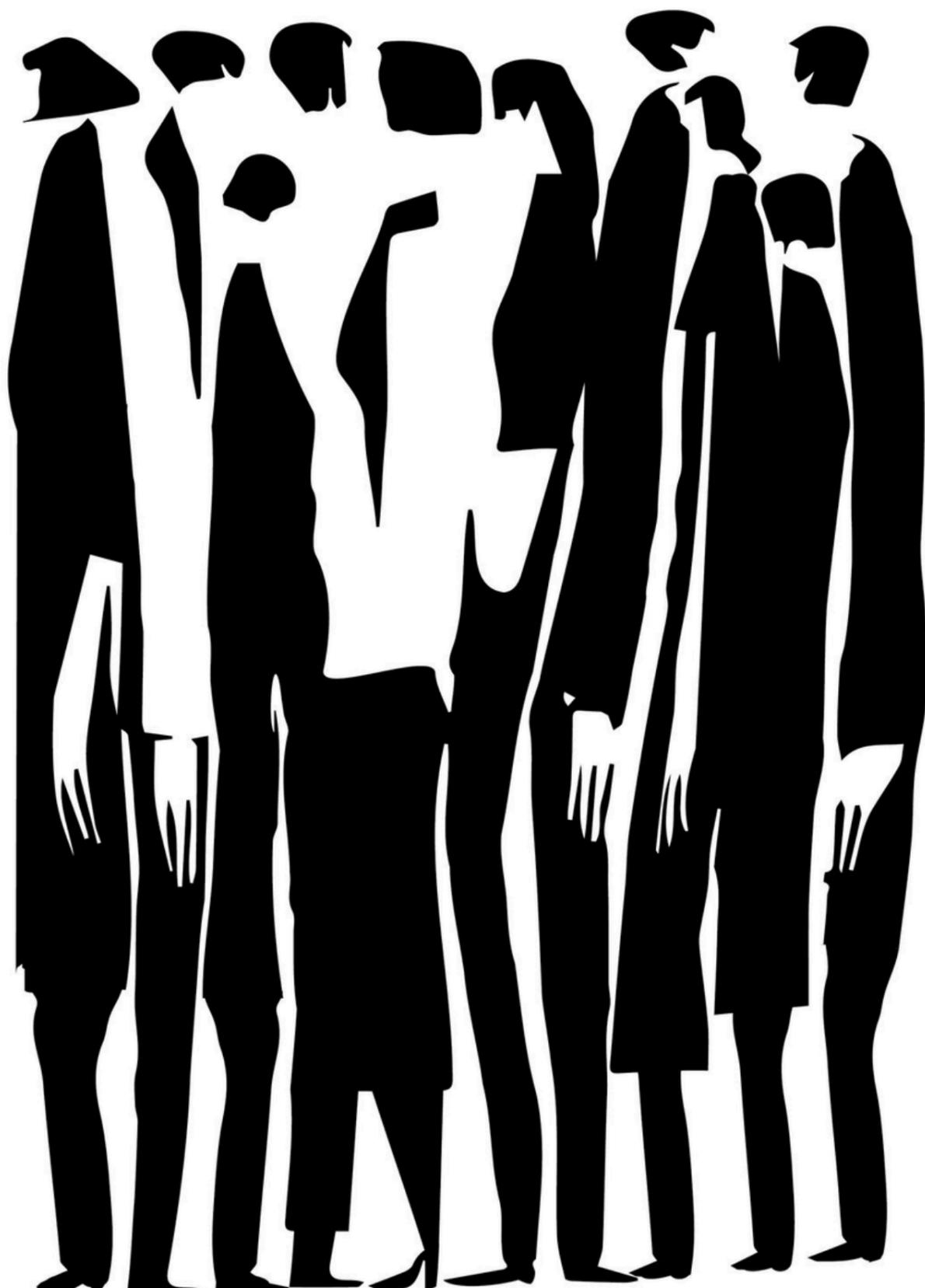
Da questa constatazione nasce l'idea di esplorare i “nuovi” materiali trasparenti e biodegradabili, capaci di coniugare l'estetica della luce con l'etica del tempo.

A fronte di quanto emerso nei tre capitoli precedenti, è maturata la necessità di dare forma a un strumento pratico e comunicativo come conclusione di questa ricerca, un piccolo manuale-guida che si propone come aiuto e consiglio al progettista, un compagno di lavoro leggero e accessibile, ma ricco di contenuti e spunti di riflessione.

A dire il vero, più che un manuale tecnico, l'idea era quella di realizzare una guida interpretativa, pensata per orientare, stimolare e ispirare il lettore, fornendo un supporto al progetto ma che al tempo stesso lasciasse spazio alla curiosità della scoperta e dell'innovazione.

Copertina dell'elaborato "Trasparenza. Innovazione. Biodegradabilità. Il Manuale-Guida dei nuovi materiali Trasparenti e Biodegradabili", Prima Edizione 2025, Guido Zaccheroni, Giorgio Padula.





#### A chi è rivolto?

Questa guida si rivolge a chi progetta, osserva, sperimenta.

A chi, nel mondo del design, dell'industria o dell'artigianato, cerca nella materia non solo un mezzo, ma un linguaggio.

È pensata per progettisti, designer, artigiani, studenti e curiosi, per chi lavora nei campi della moda, del packaging, del design d'interni, del prodotto o della manifattura, ma anche per chi si avvicina per la prima volta al mondo dei materiali con spirito di scoperta.

È dedicata a chi è affascinato dalla trasparenza e dal modo in cui essa trasforma la luce, a chi desidera comprendere come le materie del nostro tempo stiano cambiando, diventando più consapevoli, temporanee e restituibili alla natura. Ma è rivolta anche a chi conserva uno sguardo curioso e infantile, a chi non smette di chiedersi "come è fatto" e "cosa potrebbe diventare".

Non c'è un'età o un ruolo per leggere questa guida.

Serve solo la curiosità, come scriveva Ugo Ojetti<sup>1</sup>, «Soltanto chi non ha più curiosità d'imparare, è vecchio.»

Riproduzione di Tony Waisey di "How To Bow", 2010, opera di Aoki Tetsuo, appartenente alla corrente giapponese del sōsaku-hanga - "stampa creativa". (a sinistra)

<sup>1</sup> Ugo Ojetti (Firenze, 1871 - Firenze, 1946), giornalista, scrittore e critico d'arte italiano. Figura di rilievo nella cultura del primo Novecento, collaborò con il Corriere della Sera e fu membro dell'Accademia d'Italia. È autore di numerosi saggi e raccolte di aforismi, tra cui *Cose viste* (1934) e *Sessanta* (1937), in cui si ritrovano molte delle sue riflessioni sul valore della curiosità, della conoscenza e del rinnovamento intellettuale.

## Perché un manuale-guida?

Dopo aver attraversato il percorso storico, fisico e simbolico della trasparenza nei capitoli precedenti, e dopo aver analizzato i nuovi materiali che ne incarnano il futuro, era necessario trovare una forma capace di restituire sintesi e immediatezza.

Il manuale-guida nasce così come elaborato conclusivo ma anche strumento autonomo, un modo per rendere accessibile una ricerca complessa e trasformarla in oggetto di consultazione.

A differenza della tesi, che si sviluppa come percorso analitico e argomentativo, il manuale si propone come strumento operativo, agile e diretto, che permette di concentrarsi esclusivamente sui materiali selezionati.

Più che un trattato, è una mappa che offre un linguaggio visivo e sintetico, pensato per il progettista che vuole orientarsi rapidamente e lasciarsi ispirare.

Un altro valore del manuale è la sua versatilità, trattandosi non di un formato pensato espandibile, può accogliere aggiornamenti, nuovi materiali, ed evolvere in una serie di raccolte tematiche dedicate alla trasparenza che potranno spaziare nei vari ambiti dei materiali innovativi trasparenti.

In questo senso, il manuale diventa una piattaforma di continuità della ricerca, pronta a crescere insieme alle innovazioni che verranno. Con la sua postura progettuale più giocosa, e meno rigida, il manuale-guida vuole essere uno strumento di lavoro e uno stimolatore di immaginazione.

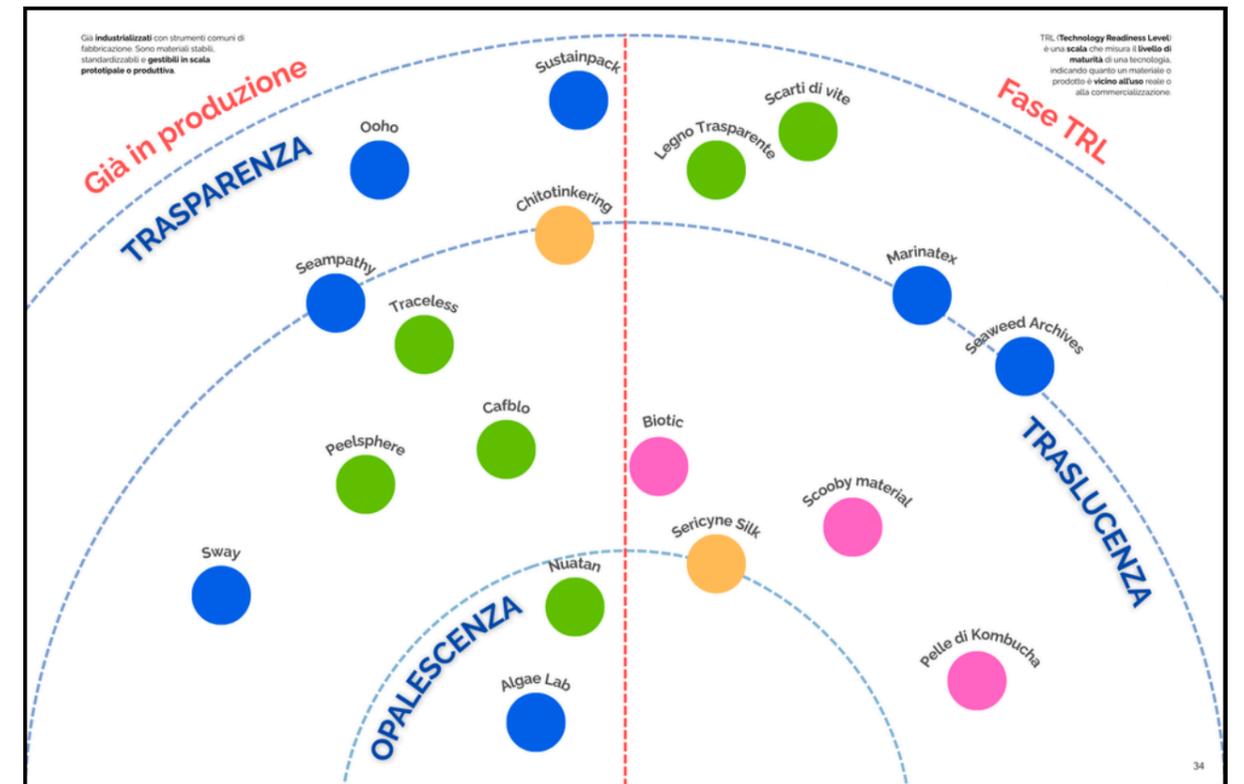
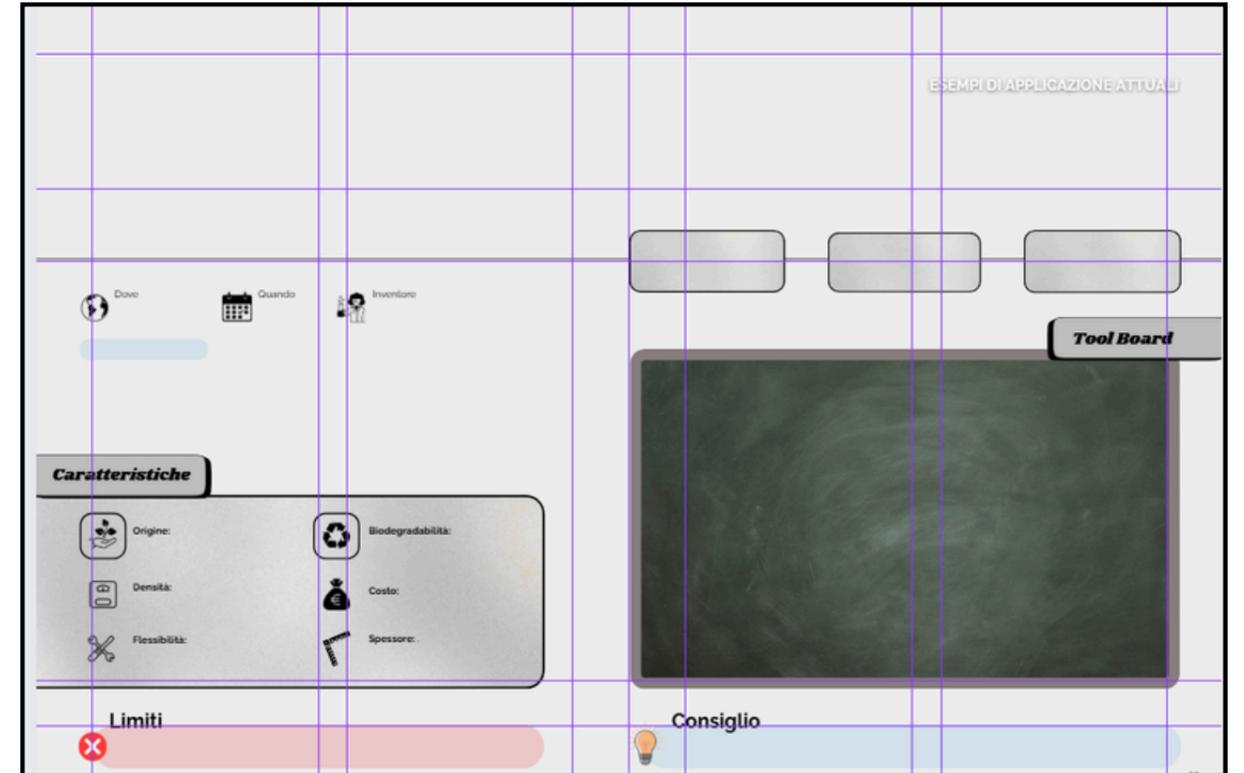
## Il formato

L'idea iniziale era quindi quella di creare una brochure pieghevole e tascabile, capace di accompagnare il progettista nel quotidiano.

Ma l'elaborato si è poi evoluto in una forma più accademica, disponibile in formato A4 orizzontale, per garantire una maggiore leggibilità e permettere una facile consultazione. In bianco è stata lasciata appositamente una pagina delle schede materiale così che il lettore possa andare a compilarla qualora volesse aggiungere il confronto con uno o più materiali che conosce o che ritiene opportuno aggregare alla sua personale guida, cucita su misura da sé stesso, per sé stesso.

In questo modo, il manuale non rimane solo un archivio, ma una piattaforma viva, aperta al dialogo e all'aggiornamento costante.

Il concept dei "pallini" dedicati a ciascuna famiglia materica d'appartenenza permette la facile replicabilità degli stessi e quindi l'inserimento nei grafici di riepilogo degli eventuali materiali aggiunti dal lettore.



Estratti di manuale-guida. Scheda "bianca" materiale da compilare (in alto). Uno dei vari grafici-schemi presenti nel Manuale (sopra).

## 4.2 Struttura e contenuti del manuale

### Come è organizzato il manuale

Il manuale è concepito come uno strumento di consultazione chiaro, sintetico e progressivo, in cui ogni sezione accompagna il lettore in un percorso di comprensione e scoperta dei materiali.

Si apre con una pagina introduttiva che presenta il tema generale della guida e introduce il lettore alla ricerca che ne è all'origine.

Segue una breve sezione che racconta come e perché nasce il manuale, illustrando il passaggio dalla ricerca accademica alla sua traduzione in uno strumento pratico, accessibile e aperto.

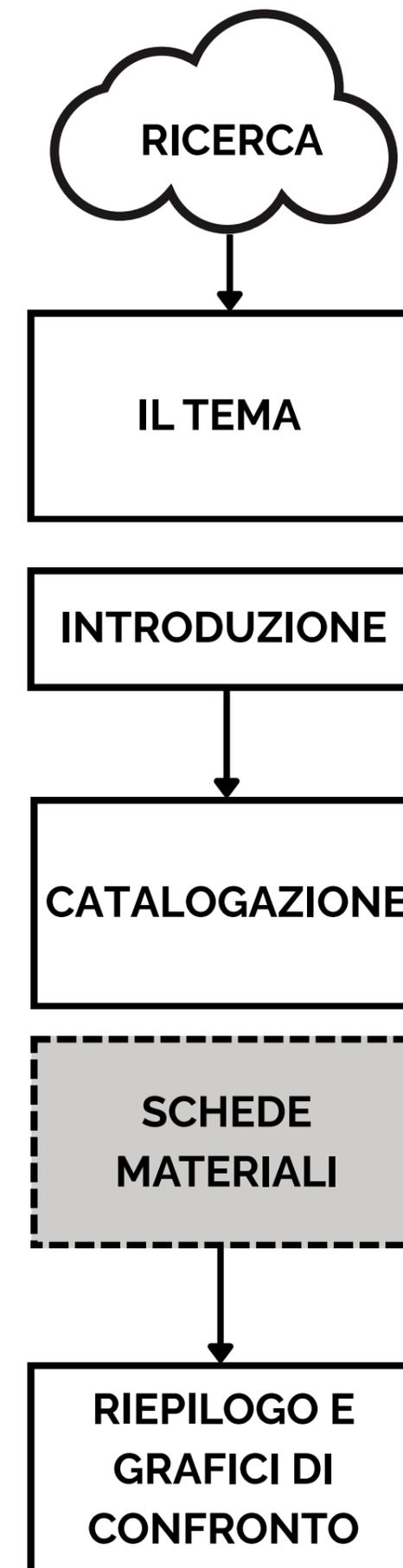
Successivamente vengono presentati i due macro-concetti fondanti della ricerca: trasparenza e biodegradabilità che si incontrano idealmente nella pagina successiva, dedicata alla bolla dell'innovazione che incrocia i due temi nella ricerca e sperimentazione degli ultimi dieci anni.

Da qui si passa alla spiegazione del criterio di catalogazione dei materiali, basato sulla famiglia d'appartenenza (vegetale, marina, animale o micotica) e su un ordine visivo di trasparenza, che li dispone dal più opalescente al più trasparente.

Questa scelta vuole offrire una lettura fluida e intuitiva, che prosegue nella parte centrale del manuale, costituita dalle schede materiali, ciascuna dedicata a uno dei venti casi analizzati.

Ogni scheda, accompagnata da brevi note progettuali e spunti di riflessione, riporta in modo sintetico le informazioni principali che distinguono il materiale in oggetto fino ad arrivare alle conclusioni, composte da una serie di schemi e grafici riepilogativi, che mettono a confronto i materiali in base a parametri comuni come trasparenza e biodegradabilità, stato produttivo o sperimentale, origine geografica e

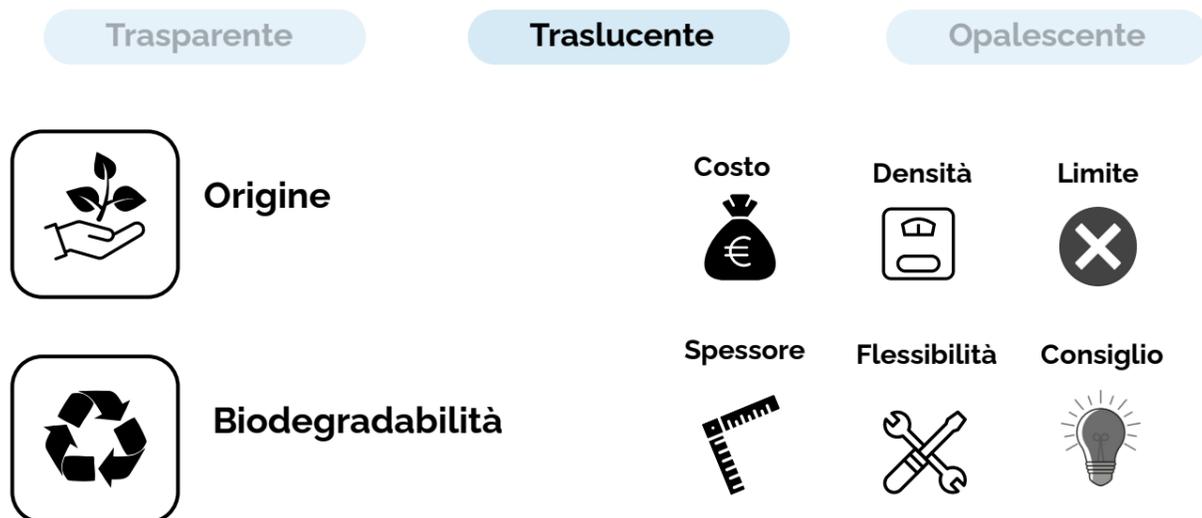
settori applicativi. Oltre alla struttura dei contenuti, grande attenzione è stata dedicata anche alla forma visiva del manuale, pensato per essere piacevole da sfogliare, leggibile e giocoso, capace di trasmettere la complessità della ricerca attraverso una comunicazione chiara e visiva, calibrando ogni elemento grafico entro i limiti della sinteticità e dell'immediatezza. Il manuale, infatti, è stato progettato per essere di consultazione rapida secondo un equilibrio tra numero di pagine, densità informativa e chiarezza, con lo scopo di offrire una visione sintetica e comparativa, utile a orientarsi nella materia, non a esaurirla.



Il sistema delle sfere colorate identifica le famiglie d'origine dei materiali (vegetale, marina, micotica-fermentativa e animale)

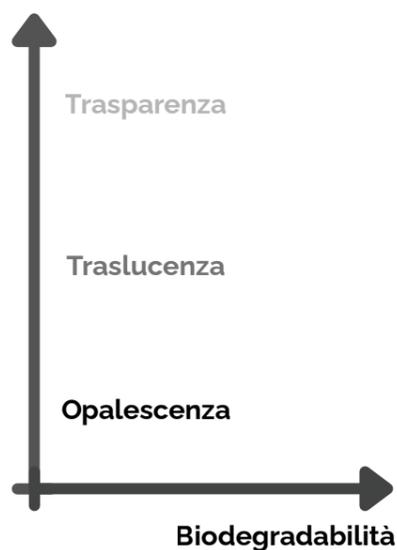
- 
**VEGETALE**  
 Legno Trasparente, Peelsphere Japanese Knotweed, Caffo, EcoLucent, Nuatan, Traceless, Film da scarti di vite
- 
**MICOTICO  
FERMENTATIVO**  
 Scooby Packaging Material, Pelle di Kombucha, Biotic
- 
**ANIMALE**  
 Sericyne® Silk Sheets, Chitotinkering
- 
**MARINO (alghe)**  
 Algae Lab, The Seaweed Archives, Seampathy, Sway, Marinatex, Ooho, Sustainpack

Le icone sintetiche accompagnano le schede e aiutano a riconoscere rapidamente le caratteristiche tecniche e funzionali, sostituendo lunghe descrizioni con segni chiari e intuitivi.



FONT **Raleway**  
Raleway  
Raleway

Il gradiente azzurro introduce la scala di trasparenza, dal materiale più opalescente a quello più trasparente, rendendo immediato il confronto visivo.



### Scelte grafiche e narrative

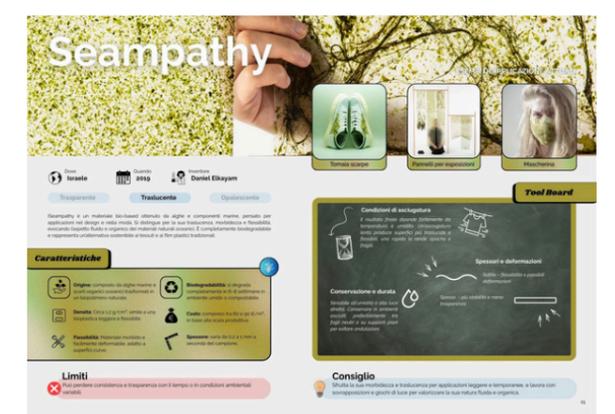
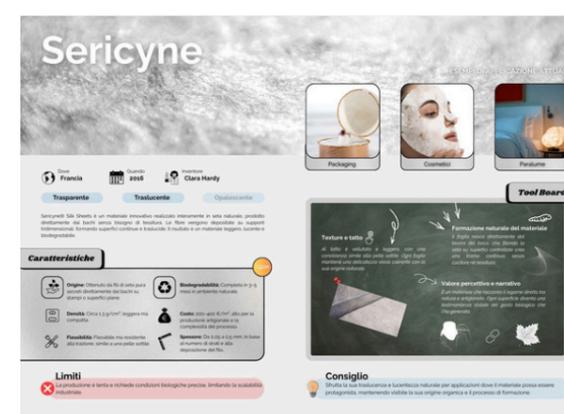
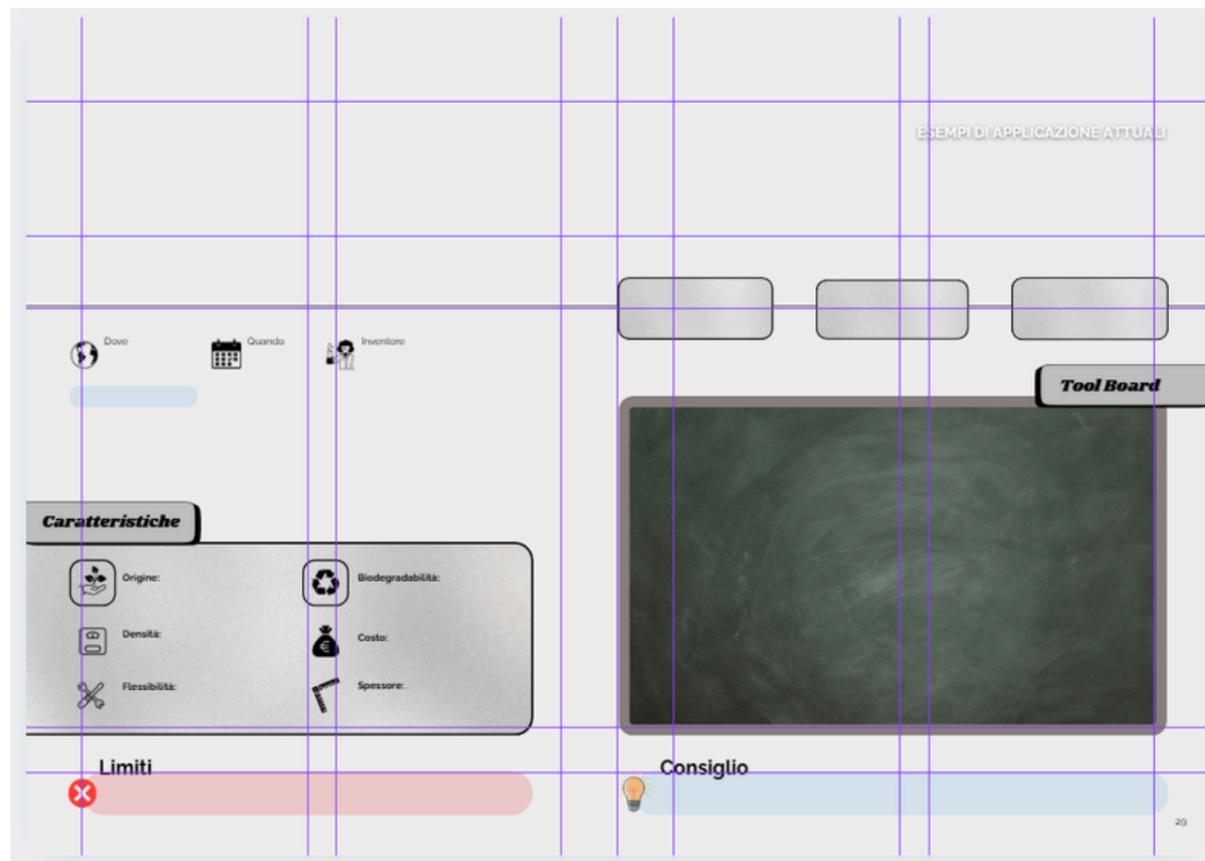
Gli elementi visivi sono stati progettati per guidare il lettore attraverso la lettura dei materiali senza appesantire la consultazione, mantenendo un equilibrio tra informazione e suggestione. Dal punto di vista grafico, il manuale utilizza un linguaggio visivo coerente e modulare, dal punto di vista narrativo, invece, il tono scelto è volutamente sintetico e diretto. Ogni scheda è costruita come una piccola storia di materiale, con la propria descrizione tecnica che convive con una dimensione più sensoriale e progettuale dove sono presenti frasi, consigli d'uso e suggerimenti di applicazione, così da rendere "pratico" lo strumento manuale. Il linguaggio evita eccessi di tecnicismo per restare inclusivo ma comunque interessante tanto ai progettisti quanto ai curiosi. Il tono insieme alle scelte grafiche e narrative definiscono il carattere e l'anima del manuale, un oggetto editoriale chiaro, sintetico e leggero, espressione di quella trasparenza che il manuale racconta.

Icone ed elementi visivi ricavati dal manuale (a sinistra)

# 4.3 Come si legge il manuale

L'impaginazione è ritmata e ariosa: testi brevi, blocchi visivi bilanciati e spazi bianchi favoriscono una lettura fluida e intuitiva. Il layout delle schede materiali è stato pensato come il vero strumento pratico del manuale. Organizzato concettualmente in due emisferi complementari, presenta nella parte sinistra la presentazione tecnica, con le informazioni essenziali sul materiale (descrizione, origine, composizione, caratteristiche fisiche e dati di base) che

costituiscono l'identità oggettiva e narrativa del campione, invece, nella parte destra si sviscera l'identità creativa e progettuale dove trovano spazio gli aspetti sensoriali, le applicazioni attuali, i suggerimenti d'uso e le note di approfondimento, offrendo una lettura più ispirazionale. La disposizione da sinistra verso destra segue una logica di continuità visiva e cognitiva, in cui il lettore passa naturalmente dall'informazione alla riflessione e dal dato al progetto.



**La scheda materiale**

Pagina di Sinistra  
Informazioni conoscitive, dati tecnici di supporto,  
identità del materiale.

**Nome del materiale**

# The seaweed archives

**Indicatore tipologico di trasparenza**

**Carta d'identità del materiale**

Dove **Svezia** Quando **2019** Inventore **Studio Tàng**

**Trasparente** **Traslucente** **Opalescente**

The Seaweed Archives è un progetto di ricerca che esplora le potenzialità delle alghe marine come materiale da design, sviluppato da Julia Lohmann e dal suo collettivo. Le alghe vengono trattate, essiccate e modellate per creare superfici semitrasparenti, flessibili e completamente biodegradabili. Il materiale mantiene l'estetica organica dell'alga, valorizzandone colori e texture naturali.

**Breve testo descrittivo**

**Caratteristiche**

- Origine:** ottenuto da foglie di alghe brune (kelp) lavorate e trattate manualmente con tecniche di essiccazione e pressatura.
- Densità:** 1.2 g/cm<sup>3</sup> circa, variabile in base allo spessore e al grado di essiccazione.
- Flessibilità:** E' un materiale semi-rigido, flessibile da sottile ma fragile negli spessori più spessi.
- Biodegradabilità:** Circa 8-10 settimane in ambiente naturale umido.
- Costo:** 60-100 €/m<sup>2</sup>, produzione artigianale e in piccole quantità.
- Spessore:** Da 0,2 mm a 1,5 mm, a seconda del tipo di alga e del metodo di asciugatura.

**Punti critici del materiale**

**Limiti**  
Le superfici di alga tendono a contrarsi e deformarsi nel tempo, soprattutto in ambienti secchi o con sbalzi di temperatura

Pagina di destra  
Applicazioni attuali, consigli & suggestioni,  
qualità materiche e note per il progetto.

**Immagine del materiale**

**Icona della famiglia d'origine materica**

**ESEMPI DI APPLICAZIONE ATTUALI**

Esposizioni d'arte

**Esempi di attuali applicazioni con relative immagini**

**Tool Board**

**Trasparenze e profondità visiva**  
Le variazioni di spessore e densità creano effetti di luce unici. Ogni campione presenta sfumature e riflessi differenti, impossibili da riprodurre in serie.

**Colore e variazioni naturali**  
Tonalità che vanno dal verde chiaro al bruno, con variazioni dettate dal tipo di alga e dal tempo di essiccazione. Ogni lotto è visivamente unico.

**Fragilità e resistenza**  
Il materiale è delicato nelle fasi di lavorazione: può creparsi o deformarsi se piegato. Una volta stabilizzato, mantiene una buona coesione interna.

**Sensazioni tattili e olfattive**  
Tatto ceroso e naturale, con un odore marino leggero che svanisce nel tempo. L'esperienza sensoriale è parte integrante della sua identità.

**Consiglio**  
Non aspettarti precisione industriale: trattalo come un materiale sperimentale, da conoscere attraverso prove pratiche e piccoli test prima di passare a un progetto più complesso.

**Lavagna con appunti, idee, qualità, aspetti sensoriali e informazioni peculiari del materiale che non emergono nella sezione "caratteristiche"**

**Suggerimento d'impiego**

## Traceless

**Aspetto e finitura superficiale**  
Superficie opaca e leggermente ruvida, con un aspetto naturale e uniforme. Può essere avvitata o pigmentata per ottenere effetti più raffinati.

**Analogia di comportamento**  
Il comportamento di Traceless ricorda quello di bioplastiche come PLA e PHA, sono leggermente flessibile e stabile sotto stress moderato.

**Odore e sensazioni al tatto**  
Il materiale è praticamente inodore, ma al tatto trasmette una sensazione asciutta e naturale, simile a una bioplastica secca.

## Sericyne

**Texture e tatto**  
Al tatto è vellutato e leggero con una consistenza simile alla pelle sottile. Ogni foglio mantiene una colorazione viva coerente con la sua origine naturale.

**Formazione naturale del materiale**  
Il foglio nasce direttamente dal lavoro del baco che filando la seta su superfici controllate crea una trama continua senza cuciture né tessitura.

**Valore percettivo e narrativo**  
È un materiale che racconta il legame diretto tra natura e artigianato. Ogni superficie diventa una testimonianza visuale del gesto biologico che l'ha generato.

## Marinatex

**Lavorazioni**  
Si taglia e si modella facilmente, ma teme il calore diretto. Le forme semplici e i bordi netti ne preservano l'uniformità e la resistenza nel tempo.

**Approccio progettuale**  
È un materiale che va compreso più che controllato. Accettazione di variazioni e la sensibilità ambientale significa valorizzazione la natura organica.

**Odore e percezione sensoriale**  
All'inizio presenta un odore marino lieve, che scompare dopo l'asciugatura. Il tatto è morbido e ceroso, simile a una pelle sottile.

**Accoppiamenti e combinazioni materiche**  
Marinatex si unisce bene a carta, fibre vegetali e bioplastiche, creando superfici composte più stabili e resistenti. Gli accoppiamenti mantengono la trasparenza e riducono la deformazione nel tempo.

## Ooho

**Interazione con l'utente**  
Non si apre al consumo. La membrana si rompe a si ingerisce, trasformando il gesto quotidiano del bere in un'azione diretta e consapevole.

**Esperienze sensoriale e simbolica**  
Ooho estende la distanza tra oggetto e corpo e coesistono e convivono allo stesso tempo. Un design che prepara un nuovo rapporto tra natura e consumo.

**Temporalità e durata d'uso**  
Esiste solo finché serve: si degrada in poche ore, dissolvendosi senza residui. È un materiale che accetta la propria fine come parte del progetto.

**Tatto e consistenza**  
La superficie è liscia, elastica e leggermente umida. Il contatto è parte dell'esperienza. Fragile ma morbida, come una membrana vivente.

## Nuatan

**Accoppiamenti e applicazioni**  
Compatibile con legno, metallo e altre bioplastiche. Le combinazioni aumentano la rigidità o valorizzano la trasparenza del materiale.

**Stabilità termica e ambientale**  
Resiste al calore e ai raggi UV, mantenendo la forma e la trasparenza nel tempo ideale per oggetti esposti alla luce o all'aria condizionata.

**Lavorazioni e processabilità**  
Stampaggio 3D, Termoformatura, Estrusione.

Logno, Metalli, Plastiche

## Cafblo

**Resistenza ai graffi**  
Superficie compatta e resistente, difficilmente segnata dall'uso o dai contatti ripetuti. Può essere ulteriormente rinforzata con finiture superficiali.

**Precisione dimensionale**  
Mantiene forme e spessori costanti anche in lavorazioni complesse. Le lavorazioni estreme lo rendono adatto a componenti attici e dettagli all'incasso.

**Sensazione visiva e profondità**  
La trasparenza genera un effetto di profondità simile al vetro, ma con riflessi più morbidi e caldi. La luce attraversa il materiale creando un senso di purezza controllata.

**Compatibilità con tecniche di finitura**  
Si presta bene a lucidatura, incisione o stampa a caldo senza perdere trasparenza. La superficie può essere lavorata per effetti satinati o speculari.

## Biotic

**Interazione con l'acqua**  
Assorbe facilmente l'umidità, diventando morbido e flessibile. Una volta asciutto, torna rigido ma mai esattamente come prima.

**Memoria di forma**  
Le piccole pieghe o curvature acquisite durante la produzione restano impresse. Queste tracce conferiscono al materiale una dimensione più organica e naturale.

**Resa cromatica naturale**  
Il colore varia in base al tipo di alghe e alla durata di cottura. Dal verde pastello all'ambra, ogni tonalità racconta un diverso equilibrio di natura e tempo.

## The Seaweed Archives

**Trasparenze e profondità visiva**  
Le variazioni di spessore e densità creano effetti di luce unici. Ogni campione presenta sfumature e riflessi differenti, impossibili da riprodurre in serie.

**Colore e variazioni naturali**  
Tonalità che vanno dal verde chiaro al bruno con variazioni dettate dal tipo di alghe e dal tempo di essiccazione. Ogni lotto è visivamente unico.

**Fragilità e resistenza**  
Il materiale è delicato nelle fasi di lavorazione, può creparsi e deformarsi se piegato. Una volta stabilizzato, mantiene una buona coesione interna.

**Sensazioni tattili e olfattive**  
Tatto ceroso e naturale, con un odore marino leggero che svanisce nel tempo. L'esperienza sensoriale è parte integrante della sua identità.

## La "toolboard"

All'interno di ogni scheda, la "toolboard" rappresenta la parte più significativa. È il punto cardine del manuale, dove le informazioni raccolte diventano strumenti concreti per il progettista: un insieme di indicatori visivi, icone e dati sintetici che traducono la complessità della ricerca in un linguaggio immediato, rendendo ogni scheda un piccolo atlante visivo, utile per orientarsi e per costruire collegamenti.

## Peelsphere

**Colorazioni naturali**  
Le tonalità derivano dai pigmenti della frutta e variano dal beige al rosato o al bruno. Col tempo possono attenuarsi o scaldarsi leggermente.

**Invecchiamento e trasformazione**  
Con il tempo il materiale cambia tonalità e lucentezza, assumendo un aspetto più caldo e opaco. È una caratteristica naturale, non un difetto.

**Esperienza sensoriale**  
Al tatto è morbido e caldo, con un leggero profumo fruttato. Queste qualità rendono il materiale immediatamente riconoscibile e piacevole da manipolare.

**Lavorazioni applicabili**  
Taglio, Cucito, Termoformatura.

## Pelle di Kombucha

**Lavorazioni applicabili**  
Taglio, Cucito.

**Texture**  
Ha una superficie liscia e leggermente cerosa, simile a una pelle sottile o a una carta trattata. L'essiccazione sul vetro crea una finitura lucida, su legno o tessuto una texture più materica.

**Palette colori**

**Come trattarlo**  
Cera d'api, glicerina o oli naturali migliorano flessibilità e impermeabilità. L'accoppiamento con tessuti naturali ne aumenta la resistenza.

**Errori da evitare**  
I tagli netti e le pieghe possono provocare rotture. È importante evitare solventi e trattamenti chimici che danneggiano la cellulosa.

Esempi di toolboard ricavati direttamente dal manuale

#### Possibili usi del manuale

Come già scritto, questo manuale-guida è stato pensato per essere uno strumento di consultazione pratica e non per forza un testo da leggere in modo lineare.

Lo si può utilizzare in diversi modi, a seconda delle esigenze di chi lo sfoglia.

La struttura è stata pensata per permettere una lettura immediata, infatti ogni sezione può essere compresa anche autonomamente, offrendo spunti, informazioni e riferimenti chiari, non obbligatoriamente contestualizzati con le pagine che seguono o procedono, eccezion fatta per i grafici di riepilogo. Può essere impiegato come guida alla scelta dei materiali, utile per orientarsi in fase di progetto o ricerca, oppure come strumento di confronto tra soluzioni diverse in termini di trasparenza, biodegradabilità e applicazioni. Allo stesso tempo, può diventare un mezzo di approfondimento didattico o creativo, adatto a chi si avvicina al tema dei materiali innovativi per curiosità o formazione.

In questo senso, la guida si propone come un supporto universale, capace di adattarsi a più contesti che vanno dal lavoro del progettista all'ambiente accademico, fino alla consultazione personale.

In questo modo, il manuale, può essere uno strumento operativo, un archivio visivo, o un semplice punto di partenza per sviluppare nuove riflessioni.

L'obiettivo dichiarato è che diventi un compagno di lavoro concreto, utile sia in fase di ideazione che di analisi, ma anche un piccolo stimolo per guardare ai materiali e alla trasparenza con uno sguardo più consapevole e aggiornato.



## 4.4 Epilogo del manuale

### Il manuale come "work in progress"

verso futuri aggiornamenti, nuovi materiali e tecnologie.

Questo elaborato vive del principio fondante di espandibilità, la guida presentata può rappresentare l'inizio di una serie di raccolte tematiche dedicate alla trasparenza in chiave sostenibile.

Potrebbero nascere in futuro nuove edizioni dedicate, ad esempio, ai materiali trasparenti riciclati, ai bio-based innovativi, o ancora, ai materiali intelligenti e reattivi capaci di mutare aspetto, colore o luminosità in base all'ambiente.

Ogni nuova raccolta contribuirebbe a costruire un archivio diffuso della trasparenza contemporanea, un osservatorio in continua evoluzione sul modo in cui la materia si reinventa e dialoga con il progetto.

In questo senso, la guida non rappresenta un punto d'arrivo, ma una partenza consapevole: il risultato di un percorso di ricerca che vuole restare aperto, pronto ad accogliere le trasformazioni future della materia e del design.

Un atto di attraversamento, un tentativo di guardare oltre, di dare forma visibile a ciò che, fino a ieri, non si poteva ancora vedere, esattamente come la trasparenza.

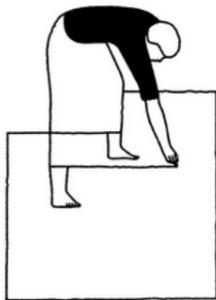


Illustrazione di Pablo Amargo (Spagna, n. 1971), per Per Aspera, 2020.

## ***DISCUSSIONI & CONCLUSIONI***

# Discussioni

Durante gli stadi iniziali del lavoro ci siamo interrogati con una semplice domanda: "se oggi ti chiedessi di elencare dei materiali trasparenti, quanti sapresti citarmene", la risposta sarebbe quasi sempre la stessa: vetro e plastiche. Non nascondiamo sia stata anche la nostra prima reazione e allora, questa limitazione percettiva, più che tecnica, è stata uno dei motori che ha dato origine alla tesi.

La ricerca si colloca in un momento storico in cui il tema dei materiali, e in particolare quello della sostenibilità, sono dibattiti centrali per lo sviluppo di economie più sostenibili e di rigenerazione di processi produttivi obsoleti e dannosi per l'ambiente.

Il contesto in cui ci muoviamo è infatti quello di una crescente pressione, da parte di governi e istituzioni, affinché l'industria si allinei agli obiettivi di sostenibilità. Le restrizioni sui monouso non biodegradabili e alcune direttive recenti, pure quelle più controverse, come il caso dei tappi che rimangono attaccati al collo della bottiglia, indicano comunque un movimento collettivo verso pratiche più responsabili.

La nostra indagine ha voluto spingersi oltre il semplice adeguamento normativo, l'intento era quello di mettere in discussione ciò che consideriamo "materiale trasparente" e ampliare l'immaginario progettuale.

È sorprendente scoprire che elementi come funghi, alghe, residui vegetali o persino esoscheletri animali, opportunamente trasformati, possano diventare materiali trasparenti a tutti gli effetti, integrabili nei cicli industriali esistenti e completamente biodegradabili. Questa possibilità apre scenari inaspettati e suggerisce che ciò che oggi consideriamo non trasparente possa rivelarsi attraversabile dalla luce, è plausibile che molti altri materiali, oggi impensabili, saranno in grado di diventare trasparenti in futuro. Solo le prossime innovazioni potranno mostrarci quanto ancora rimane da scoprire.

Addentrando però nella parte di ricerca, vero è, che già in partenza, si poteva pensare ai limiti esecutivi, trattandosi prettamente di una "ricerca desk" basata quindi su fonti bibliografiche, scientifiche e digitali. Ma la metodologia non ha comunque impedito di entrare in contatto diretto con i materiali come nel caso delle sperimentazioni domestiche con la pelle di kombucha, dei campioni ricevuti da Chitotinkering o degli acquisti di materiali a base di alghe e dei sample di Biotic che ci hanno permesso di toccare con mano alcuni dei materiali sotto esame. La verifica sperimentale sistematica delle proprietà non è quindi stata possibile in tutte le casistiche ma a questo punto ci sono venuti direttamente in aiuto le informazioni fornite da brochure, cataloghi tecnici o comunicazioni dirette dei produttori.

La seconda grossa difficoltà ha riguardato l'eterogeneità delle fonti disponibili. Dei venti materiali selezionati, alcuni disponevano di un buon livello di documentazione tecnica, mentre altri, pur essendo molto promettenti, per via delle poche informazioni attendibili o per l'eccessiva giovinezza del progetto, sono rimasti esclusi. La selezione finale è quindi il risultato di un processo di filtraggio che ha privilegiato la qualità e la verificabilità delle informazioni.

Va inoltre considerato che la ricerca è ancorata a una specifica finestra temporale e si concentra su materiali sviluppati negli ultimi dieci anni, la scelta ha reso possibile individuare soluzioni effettivamente innovative, ma implica pure che il quadro presentato sia necessariamente parziale e destinato a evolvere rapidamente. La definizione stessa di "innovativo" ha rappresentato una sfida, interpretarla non solo in senso cronologico, ma anche progettuale, includendo materiali che introducono processi inediti, applicazioni non convenzionali o qualità ottiche sorprendenti rispetto alla loro forma originaria. In questo senso, la nostra analisi rappresenta una lettura possibile, costruita a partire dalle fonti e dai materiali disponibili, ma non l'unica interpretazione univoca.

## In Futuro

I risultati aprono a diverse possibilità di approfondimento che potrebbero arricchire ulteriormente la comprensione dei materiali trasparenti biodegradabili e del loro ruolo nel design contemporaneo.

Un primo fronte riguarderebbe l'adozione di strumenti più rigorosi per la valutazione ambientale, come le analisi LCA (Life Cycle Assessment) consentendo di misurare in modo oggettivo l'effettivo impatto ecologico dei materiali esaminati, verificandone la biodegradabilità completa.

Sarebbe inoltre utile approfondire il comportamento ottico dei materiali in condizioni applicative reali e non più solo in termini di trasparenza, traslucenza o opalescenza, ma anche rispetto a fattori come l'ingiallimento, la durabilità, la risposta alla luce naturale o artificiale e la percezione visiva in relazione alle diverse lavorazioni superficiali.

La guida realizzata potrebbe infine evolversi in una piattaforma più ampia, ad esempio un database digitale o open-source, aggiornabile nel tempo e consultabile da studenti, designer e aziende. Una struttura di questo tipo renderebbe il lavoro più dinamico, permettendo di aggiungere nuovi materiali, testimonianze, dati tecnici, casi applicativi e comparazioni sempre più puntuali.

# Conclusioni

## Il punto di partenza

Il lavoro di tesi prende avvio da un momento molto preciso, quasi aneddótico, che ha però orientato l'intero percorso di tesi.

L'interesse per il tema dei materiali trasparenti si è palesato quando agli inizi di Marzo 2025 abbiamo avuto il primo incontro con la prof.ssa Lerma che ci ha presentato una sua ricerca sul legno trasparente condotta in collaborazione con la KTH Royal Institute of Technology di Stoccolma. Ci è parsa fin da subito intrigante l'idea che un materiale ordinario, legato all'immaginario del calore domestico e della tradizione come il legno, potesse acquisire qualità ottiche inaspettate. Da quello stupore iniziale è nata la domanda, poi divenuta perpetua, nel chiederci se effettivamente esistevano altrettanti materiali capaci di ricreare quello stupore.

Nei mesi successivi l'interrogativo si è tradotto nell'obiettivo più preciso di ricostruire un panorama aggiornato riguardante dei materiali di nuova concezione ma con l'attenzione rigorosa al tema della sostenibilità e, ovviamente, a quello della componente che stavamo ricercando: la trasparenza. L'intento è poi passato dal non essere più solamente descrittivo, ma anche operativo. Da questa prospettiva, la tesi si è configurata fin dall'inizio come un percorso di esplorazione, attento alla fascinazione per la sperimentazione materica.

## I Takeaways

Il primo risultato che volevamo far emergere da questa ricerca riguarda la comprensione della trasparenza come fenomeno complesso, stratificato e tutt'altro che univoco, attraverso lo sguardo al passato. Cercare nella storia ci ha permesso di ripercorrere le tappe attraverso cui la trasparenza si è manifestata nei millenni, partendo dalle prime pietre semi-trasparenti usate in ambiti rituali, al vetro antico, dalle grandi rivoluzioni ottiche moderne fino all'estetica dell'architettura modernista. La ricostruzione storica ci ha permesso di comprendere quale valore culturale stesse portando la trasparenza nel periodo di riferimento, cambiando dunque di funzione, significato e ruolo a seconda delle epoche e delle sensibilità. Comprendere come venisse interpretata è stato fondamentale per ricostruire un primo percorso di analisi che abbiamo definito genealogico.

Parallelamente, lo studio si è focalizzato sugli aspetti tecnici del fenomeno, analizzando i principi fisici e distinguendo tra ciò che riguarda la trasmissione della luce, ciò che ne attenua la visibilità e ciò che invece la diffonde.

Questa fase ci ha aiutato a chiarire le differenze tra un materiale realmente trasparente e uno che "fa trasparenza" attraverso particolari lavorazioni o configurazioni formali.

Gettate le basi storico-tecnico conoscitive del tema, il lavoro ha avuto modo di concentrarsi su quello che era effettivamente il focus della ricerca, l'incontro tra trasparenza, innovazione e biodegradabilità. L'idea era quella di riprendere lo stupore iniziale avuto a Marzo per portarlo nella ricerca sotto forma di "trasparenza sostenibile", legata a materiali capaci non solo di lasciar passare la luce, ma pure di integrarsi nei cicli naturali. La mappatura dei materiali innovativi biodegradabili ha mostrato un panorama in rapida evoluzione, in cui ricerca scientifica e sperimentazione progettuale procedono di pari passo per definire nuove possibilità applicative.

Infine, il processo di selezione, confronto e sintesi dei materiali individuati ha portato alla realizzazione di un manuale-guida, un paniere di raccolta delle informazioni più significative emerse dalla ricerca con lo scopo di realizzare una vera e propria piattaforma di orientamento, pensata per supportare designer, studenti e ricercatori nell'esplorazione di una tema nuovo e in continua trasformazione.

## L'Output

Il punto di arrivo di questa ricerca, che poi, come già detto, non è altro che un punto di partenza, è il risultato di un percorso costruito per fasi, in cui, nel nostro piccolo, abbiamo cercato di dare un ordine alla grande vivacità sperimentale del panorama contemporaneo nel campo dei materiali sostenibili.

L'output di risposta alla nostra aspirazione, si manifesta sotto forma di un manuale-guida, che raccoglie e organizza in modo chiaro i materiali raccolti, rappresentando quindi il risultato di un metodo e di una ricerca infinita che ci auguriamo possa continuare e ampliarsi sempre con più costanza, per portare valore al nostro impegno sì, ma soprattutto a ciò di cui necessita il nostro pianeta oggi.

### **Invito a osservare criticamente**

Curiosità attiva per la materia del nostro futuro

In un'epoca in cui il progetto rischia di essere dominato dalla velocità e dall'innovazione fine a sé stessa, ricercare e sperimentare criticamente significa fermarsi, osservare e scegliere con consapevolezza.

L'obiettivo non è soltanto individuare nuovi materiali, ma imparare a valutare il loro significato, il loro ciclo di vita e le implicazioni etiche ed estetiche che portano con sé.

Osservare con criterio vuol dire informarsi e riconoscere che ogni scelta materiale è anche una presa di posizione, un modo di raccontare il mondo attraverso ciò che costruiamo.

La tesi e quindi il manuale, in questo senso, non sono un punto d'arrivo ma un punto di partenza, strumenti per chi desidera progettare con maggiore attenzione e curiosità, per chi vede nella materia non solo una risorsa ma una responsabilità odierna e futura.

La sperimentazione deve rimanere aperta e consapevole ma mai ingenua.

È in questo principio di equilibrio che speriamo di esserci addentrati e nel quale crediamo di aver portato un progetto di valore, riconoscibile e soprattutto capace di **"trasparere"** agli occhi di chi pensa con senso critico.

# RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Scheerbart, P. Glasarchitektur. Berlin, Verlag der Sturm, 1914.
- Rowe, C.; Slutzky, R. "Transparency: Literal and Phenomenal", *Perspecta*, vol. 8, 1963, pp. 45-54.
- Manzini, E. La materia dell'invenzione. Milano, Arcadia Edizioni, 1986.
- Ernout, A.; Meillet, A. Dictionnaire étymologique de la langue latine. Paris, Klincksieck, 1932.
- Hecht, E. Optics. 5th edition. Harlow, Pearson Education, 2017.
- Waugh, S. A History of Glassforming. New York, Dodd, Mead & Co., 1939.
- Fleming, S. J. Roman Glass: Reflections on Cultural Change. Philadelphia, University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology, 1999.
- Whitehouse, D. Roman Glass in the Corning Museum of Glass. Volume One. Corning (NY), Corning Museum of Glass / Hudson Hills, 1997.
- American Journal of Archaeology. Studi e articoli sul vetro romano e tardo-antico. Archaeological Institute of America, vari numeri.
- British Museum. Roman and Medieval Glass Collections. London, British Museum Press.
- Metropolitan Museum of Art. Glass Collections. New York, The Met, s.d.
- von Simson, O. G. The Gothic Cathedral: Origins of Gothic Architecture and the Medieval Concept of Order. London, Routledge & Kegan Paul, 1956.
- Panofsky, E. Gothic Architecture and Scholasticism. New York, New American Library, 1957.
- Giedion, S. Space, Time and Architecture: The Growth of a New Tradition. Cambridge (MA), Harvard University Press, 1941.
- Stach, E. "Mies van der Rohe: Space, Material and Detail". ARCC Journal Repository, 2018.
- Wingler, H. M. The Bauhaus: Weimar, Dessau, Berlin, Chicago. Cambridge (MA), MIT Press, 1969.
- Blaser, W. Mies van der Rohe: Farnsworth House. Basel, Birkhäuser, 1997.
- Johnson, P.; Hitchcock, H. R. The International Style. New York, W. W. Norton & Co., 1932.
- Meikle, J. L. American Plastic: A Cultural History. New Brunswick, Rutgers University Press, 1995.
- Mossman, S. Early Plastics: Perspectives, 1850-1950. Leicester, Leicester University Press, 1997.
- Sparke, P. An Introduction to Design and Culture: 1900 to the Present. London, Routledge, 1986.
- Sottsass, E. Memphis. Milano, Electa, 1981.
- Branzi, A. Memphis: Research, Experiences, Results, Failures and Successes of New Design. Milano, Rizzoli, 1984.
- Boeri, C. Cini Boeri Architetto: L'architettura e il design. Milano, Electa, 2004.
- Kuramata, S. Shiro Kuramata: Essays and Projects. Tokyo, Seibu Museum of Art, 1991.
- Starck, P. Philippe Starck: Subverchic Design. Köln, Taschen, 1993.
- Nouvel, J. Jean Nouvel: Architecture. London, Phaidon Press, 2002.
- Yoshioka, T. Tokujin Yoshioka: Crystalized. Tokyo, Museum of Contemporary Art, 2013.
- Hart, F. Sculpting with Light: Acrylic Works. Washington D.C., 2001.
- Luxface. Water Bodies – Acrylic Crystals Collection. Catalogo prodotto, 2010.
- Crash Baggage. Design Collection Catalogue. Venezia, 2013.
- Alcarol. Design Works 2010-2015. Catalogo, Belluno, 2015.
- Nouvel, J. Jean Nouvel: Architecture. London, Phaidon Press, 2002.
- Arets, W. Wiel Arets Architects: Autobiographical References. Basel, Birkhäuser, 2012.
- Essilor International. Transitions® Lenses Technical Report. Paris, 2010.
- Apple Inc. iMac G3 Press Release. Cupertino, 1998.
- Apple Inc. Human Interface Guidelines: Liquid Glass. Cupertino, 2025.
- Chromogenics AB. Electrochromic Glass Technologies White Paper. Uppsala, 2011.
- DefenceTech Reports. ALON Transparent Ceramics in Aerospace Applications. Washington D.C., 2010.
- Saleh, B. E. A.; Teich, M. C. Fundamentals of Photonics. Hoboken (NJ), Wiley-Interscience, 2007.
- Born, M.; Wolf, E. Principles of Optics: Electromagnetic Theory of Propagation, Interference and Diffraction of Light. Cambridge, Cambridge University Press, 1999.
- "Electromagnetic spectrum". In: Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic\\_spectrum](https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum) (consultato nel 2025).
- Hecht, E. Optics. 5th edition. Harlow, Pearson Education, 2017.
- Callister, W. D. Materials Science and Engineering: An Introduction. 7th edition. Hoboken (NJ), Wiley, 2007.
- Einstein, A. Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. Annalen der Physik, 1905.

- "Fundamentals of Optics". Jenkins, F. A.; White, H. E. 4th edition. New York, McGraw-Hill, 2001.
- "Transparency and translucency". In: Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Transparency\\_and\\_translucency](https://en.wikipedia.org/wiki/Transparency_and_translucency) (consultato nel 2025).
- Jenkins, F. A.; White, H. E. Fundamentals of Optics. 4th edition. New York, McGraw-Hill, 2001.
- Interaction of Light and Matter. Nanjing University, 2018.
- Pedrotti, F. L.; Pedrotti, L. M.; Pedrotti, L. S. Introduction to Optics. 3rd edition. Upper Saddle River (NJ), Pearson Prentice Hall, 2007.
- Manzini, E. La materia dell'invenzione. (1986)
- Absharina, D. Padri, M. Veres, C., & Vágvölgyi C., 2025. Bacterial Cellulose. From Biofabrication to Applications in Sustainable Fashion and Vegan Leather.
- Gagliardi T. R., et al., 2025. Kombucha-derived bacterial cellulose. A promising biopolymer for vegan leather and sustainable textiles.
- Mokashi, A., et al. (2017). Vegan Leather from Kombucha Tea and SCOBY.
- Nguyen, H. T., et al. (2022). Kombucha Leather: Preparation and Characterization.

- Radadiya, B., Singh, M., & Maitreya, B. B. (2022). Study of Leather Alternative from Bacterial Cellulose
- Wood, J., et al. (2023). Bacterial Cellulose Grown from Kombucha: Assessment of Fabrication for Design Applications.
- Zia, K. M., et al. (2017). Algae Based Polymers, Blends, and Composites: Chemistry, Biotechnology and Materials Science.
- New Material Award. (2018, October 30). "Algae Lab – Designers Eric Klarenbeek & Maartje Dros and Atelier LUMA". Dutch Design Daily.
- Moreno-Rodriguez, A., et al. (2024). "Algal Biopolymers: Extraction, Properties and Applications".
- Klarenbeek, E., & Dros, M. (2020). "Seaweed Cycle: Local Biopolymer Production". Studio Klarenbeek & Dros.
- Pandian, A., et al. (2025). "Harnessing Marine Macroalgae for Bioplastic Materials". Sustainable Materials Journal.
- Tagliabue, F. (2022, March 28). Peelsphere: biomateriale from earth to earth. Abitare.
- Peelsphere®. (2023). Material – Peelsphere®: from fruit waste and algae.
- Future Materials Bank. (2024). Fruit waste, Banana peel – Peelsphere™.
- Redress Design Award. (2024). Peelsphere: a biomaterial made from fruit waste and algae.

- Davis, N. (2017). A new silk making technique lets silkworms spin 3D shapes.
- Hardy, C. (2016). Sericyne: The Reinvention of Silk. Paris Design Week / Sericyne.
- Dezeen. (2016). Sericyne grows sheets of pure silk using live silkworms.
- MaterialDistrict. (2018). Sericyne Silk.
- Studio Tång. (2021). Seaweed Archives Project Documentation.
- Thomsen S., & Studio Tång, 2020. Seaweed Materials Research.
- Dezeen. (2021). Seaweed-based materials by Studio Tång explore new design potentials.
- Kraan S., 2012. Alginate and fucoidan: Key polysaccharides in brown seaweed.
- Crafting Plastics! Studio & Slovak Academy of Sciences. (2018). NUATAN® Material Research Report.
- Crafting Plastics! Studio. (2019). NUATAN® Product and Material Catalogue.
- European Bioplastics. (2020). Bioplastics: Market and Material Properties Overview.
- Kubušová, V., & Král, M. (2019). Designing with NUATAN: From Biopolymer Research to Material Applications.

- Vítková, M., Křížová, Z., & Jančovičová, V. (2017). PLA/PHA Blends: Properties and Processing.
- Bailey, J. P., & Conolly, A. P. (2000). Prize-winners to pariahs – A history of Japanese Knotweed s.l. (Polygonaceae) in the British Isles.
- Samuels, R. et al. (2016). Chemical composition and structural features of *Fallopia japonica*.
- Bridges, M., Williams, J., & Daayf, F. (2019). Resveratrol content and bioactive compounds in Japanese Knotweed.
- Designboom (2019). SEAmphaty by Daniel Elkayam uses algae to create vegan materials.
- Materiability (2019). SEAmphaty – Bezalel Academy / Weizmann Institute.
- Future Materials Bank (2020). Algae – Daniel Elkayam / SEAmphaty.
- Sedayu B. B., Cran M. J., & Bigger S. W., 2019. A Review of Property Enhancement - Techniques for Carrageenan-based Films.
- Marsh, J. (2021). "Sway: Seaweed-Based Biopolymers."
- Sway (2023). Circular Seaweed Packaging – Technology & Materials.
- Peters, A. (2021). "This startup turns seaweed into compostable plastic film."

- EcoEnclose (2023). "Seaweed Packaging: Benefits and Material Properties."
- Hughes, L. (2019). MarinaTex: A Sustainable Alternative to Single-Use Plastic.
- James Dyson Award (2019). MarinaTex – International Winner.
- University of Sussex (2019). Material Science Notes on Fish-Waste Biopolymers.
- Pauli G., 2020. The Blue Economy - Marine Biomaterials and Circular Design.
- Van Deursen, L. (2019). BIOTIC – Algae-Based Biopolymer Research.
- Isola Design District (2021). Isola Design Festival – Emerging Biomaterials.
- Dezeen (2020). "Biotic: algae-based material by Lionne Van Deursen."
- Materiom (2022). Algae Biopolymers: Open-Source Material Recipes.
- Traceless Materials. 2021. Traceless - Natural Plastic Alternatives.
- European Bioplastics. (2022). Market Insights on Compostable Biopolymers.
- Klumpp, A., 2021. Next-Gen Bio-Based Films from Natural Polymers.
- Fraunhofer UMSICHT. (2022). Bio-Based Polymer Structures for Sustainable Packaging.

- Rutkowska, R. (2020). MakeGrowLab – Bacterial Cellulose Materials.
- MakeGrowLab. (2021). SPM® Material Overview and Technical Sheet.
- European Bioplastics. (2022). Compostable Materials and Market Insights.
- Shoda, M., & Sugano, Y. (2020). Bacterial Cellulose: Production, Properties and Applications.
- Daicel Corporation. (2024). CAFBLO® Biodegradable Bioplastic – Technical Overview.
- Cool Japan Awards. (2025). Award Recipients Catalogue.
- Nakashima, T. (2024). Biodegradable Cellulose-Based Plastics in Japanese Materials Innovation.
- Ito, S., & Yamamoto, K. (2023). Advances in Cellulose Acetate Bioplastics: Chemistry and Applications.
- YUTOECO, 2023. Eco Lucent Membrane Product Overview, YUTOECO Sustainability Division.
- PackagingInsights, 2023. YUTOECO launches cellulose-based transparent membrane for monomaterial packaging.
- European Bioplastics. (2023). Compostable cellulose films: market overview and performance.

- Siracusa, V. (2022). Biodegradable and compostable cellulose-based films for sustainable packaging.
- Future Materials Bank, 2022. Chitosan – Material Research Project by Kaltenbach, Stumpf, Harr & Ihls.
- Jin, J. (2024). Degradable chitosan-based bioplastic packaging.
- Olugbenga, O. S. (2025). Chitosan as a sustainable alternative for fresh food preservation.
- Liu, Z. (2012). Effects of chitosan molecular weight and degree of deacetylation on mechanical properties of films.
- Li, Y., et al. (2016). Transparent wood for functional and structural applications. *Advanced Materials*.
- Zhu, M., et al. (2016). Highly anisotropic and transparent wood composites.
- Yu, Z., et al. (2021). Impact-resistant transparent wood composites. *Composites Science and Technology*.
- Li, Y., et al. (2018). Optically transparent wood toward energy-efficient buildings.
- Notpla (2023). Ooho – Edible Water Pods.
- Ellen MacArthur Foundation (2020). Edible packaging to design out plastic pollution: Ooho.

- IPO, UK Intellectual Property Office, 2024. Sustainable innovation that makes you go Ooho.
- Bioplastics Magazine, 2019, Edible seaweed-based packaging gets boost from Innovate UK.
- Zhou, L. et al., 2025. Biodegradable grapevine-waste film for food packaging, *Sustainable Food Technology*, South Dakota State University.
- SDSU News, 2025. SDSU researchers create transparent biodegradable film from vineyard waste.
- FoodNavigator, 2025. Researchers turn vineyard prunings into biodegradable plastic alternative.
- Phys.org, 2025. New biodegradable film derived from grapevine prunings shows strong mechanical performance.
- Natural Edge Ltd., 2024. Sito ufficiale dell'azienda
- Times of Malta, 2025. Articolo giornalistico sul progetto
- BiofuelsDigest, 2025. Notizia sul progetto e sviluppo
- MaterialDistrict, 2025. Scheda sul film trasparente a base di alghe

**"Good design is obvious.  
Great design is transparent."**  
Joe Sparano