



**Politecnico
di Torino**

Corso di Laurea Triennale in
DESIGN E COMUNICAZIONE VISIVA

TESI DI LAUREA

I materiali per il design e la biofabbricazione

Come la "vita" sta ispirando
i processi produttivi del futuro

Candidato:

Giacomo Mangione

Relatrice:

Doriana Dal Palù

A.A. 2021/2022

Sessione di laurea **Settembre 2022**

Ad Ada, Gino, Maria e Ornella

Indice

Introduzione

Capitolo 1 La biofabbricazione	8
1.1 Che cos'è la biofabbricazione?	9
1.2 Cenni storici	10
1.2.1 Dalla I alla IV rivoluzione industriale	11
1.2.2 Biofabbricazione premoderna	13
1.2.3 Biofabbricazione 1.0	14
1.2.4 Biofabbricazione 2.0	14
1.2.5 Biofabbricazione 3.0	15
1.2.6 Biofabbricazione emergente 4.0	15
Capitolo 2 Sviluppo sostenibile (sogno o realtà?)	18
2.1 Eredità industriale	19
2.1.1 MIT per il Club di Roma	20
2.1.2 Overshoot Day	21
2.2 Sviluppo manifatturiero sostenibile	22
2.3 Il ruolo del Design	22
2.3.1 Un cambiamento culturale necessario	24
2.3.2 Nuove figure emergenti nel mondo dei materiali: il designer biologo	25
Capitolo 3 La biofabbricazione nei regni del vivente	30
3.1 Monere	32
3.2 Funghi	33
3.3 Piante	34
3.4 Animali	36
3.5 Considerazioni	37
Capitolo 4 Principali centri di ricerca nel mondo	40
4.1 MIT Media Lab - Massachusetts Institute of Technology (USA)	42
4.2 Biodesign Institute - Arizona State University (USA)	44
4.3 Central Saint Martin College - University of the Arts London (Gran Bretagna)	45
4.4 Material Incubator Lab (Paesi Bassi)	46
4.5 ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (Italia)	47
4.6 Japan Science and Technology Agency (Giappone)	49
4.7 Bio-Based Materials Design Lab - University of Western Australia (Australia)	51

Capitolo 5 Biofabbricazione e grandi marchi: alcuni esempi	54
5.1 La "seta di ragno" che volerà con Airbus	54
5.2 Puma e le pratiche di personalizzazione attraverso i batteri	58
5.3 L'introduzione del micelio all'interno delle produzioni Hermès	60
5.4 La rivoluzione verde di Yeezy	63
5.5 Kartell e le bioplastiche a base di barbabietola da zucchero	68
Capitolo 6 Casi studio	72
6.1 Selezione dei materiali	72
6.2 Schedatura e criteri di lettura	72
6.3 Ambiti applicativi e legenda icone	73
#1 BioCouture	
#2 Ponto	
#3 Biomason	
#4 Adidas Biofabric	
#5 Second Skin	
#6 Mogu acoustics	
#7 Loop Living Cocoon	
#8 Mylo	
#9 Korvaa	
#10 MycoTree	
#11 BioLace	
#12 Bloom Foam	
#13 Biogarmetry	
#14 Dogless Hotdog	
#15 DS Conscious Collection	
#16 Silk Pavilion	
#17 Eternity	
#18 Apis caementicium	
Capitolo 7 Lettura critica	114
7.1 Considerazioni e lettura del grafico	115
7.1.1 Monomatericità	116
7.1.2 Rinnovabilità	116
7.1.3 Proprietà fisiche e meccaniche	117
7.1.4 Flessibilità di applicazione	118
7.2 Implicazioni etiche politiche e comportamentali	120
7.2.1 Considerazioni sull'esplorazione dei regni del vivente	120
7.2.2 Una risposta sostenibile ai ritmi del consumismo	121
7.2.3 La 'moda' della sostenibilità	122
7.2.4 Attuabilità e fattibilità economica della transizione tecnologica	124
7.3 Linee guida per il designer del futuro	125
Capitolo 8 Conclusioni	128
Capitolo 9 Fonti consultate	132
Bibliografia	132
Sitografia	133

Introduzione



Questo progetto di tesi si sviluppa intorno al tema della biofabbricazione. L'obiettivo principale del lavoro svolto è l'analisi dello stato attuale delle tecnologie a base biologica, ed un'indagine critica su quelle che potrebbero essere le pratiche e gli approcci più promettenti per uno sviluppo manifatturiero sostenibile.

Nella prima parte dell'elaborato si analizzeranno le fasi dell'evoluzione storica di questa tecnologia, ed si indagheranno i fattori in gioco all'interno del dibattito sulla sostenibilità ambientale. Attraverso un focus sul ruolo del design, verranno approfondite le nuove necessità del mondo dei materiali e le nuove figure professionali nate dall'intersezione di arte, design ed architettura, con le scienze naturali.

In secondo luogo, verrà presentata una selezione di centri di ricerca, best practices e casi studio. Le prime due voci verranno analizzate e "raccontate" per fornire un quadro generale sui centri o laboratori che promuovono l'esplorazione di queste tecnologie ed i grandi marchi che già hanno iniziato ad utilizzarle. La successiva sezione sui casi studio verrà presentata tramite una schedatura, volta ad aprire un dibattito su quei progetti - ed i loro processi produttivi - promettono di rivoluzionare in maniera sostenibile il mondo del prodotto, e della sua produzione.

In conclusione, verrà condotta una lettura ed un'analisi critica di tutta la casistica, indagandone gli approcci e le pratiche che meglio integrano la fabbricazione a base biotecnologica con i requisiti del prodotto sostenibile, analizzando i possibili risvolti futuri e la fattibilità di questo sistema di tecnologie a livello sia ambientale sia economico.

The background features a complex, abstract design. On the left side, there are several overlapping, dark blue, angular shapes that resemble stylized leaves or branches. These shapes are set against a solid, warm gold background. The overall composition is modern and graphic.

Capitolo 1

1 La biofabbricazione

"Biofabbricazione.

Letteralmente, produrre con la biologia.

Invece di trattare e lavorare le piante, gli animali o il carburante per la produzione di materiali di consumo, potremmo essere in grado di coltivare materiali direttamente da organismi viventi. In quella che molti chiamano la "quarta rivoluzione industriale", stiamo ripensando alle nuove fabbriche come fossero cellule vive. Batteri, alghe, funghi e lieviti, gli ultimi strumenti per il design includono anche quelli della biotecnologia." [1]



[1] Lee, Suzanne, *Why "biofabrication" is the next industrial revolution* [risorsa online], TED Conferences, 2019.
Sito web: https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_why_biofabrication_is_the_next_industrial_revolution

1.1 Che cos'è la biofabbricazione?

La biofabbricazione può essere definita come la produzione di **complessi biologici** viventi e non viventi, prodotti da materie prime come cellule viventi, molecole, matrici extracellulari e biomateriali. Biologia cellulare e dello sviluppo, scienza dei materiali e ingegneria meccanica, sono le discipline principali che contribuiscono all'emergere della tecnologia della biofabbricazione. Questa tecnologia si propone come potenziale **leader** nel **paradigma manifatturiero del XXI secolo**. Non solo si possono individuare le sue applicazioni nei tradizionali settori come quello ingegneristico **tissutale** e quello della stampa di organi a orientamento **medico**, ma anche in settori come quello agricolo, quello farmaceutico, alimentare, dei **materiali** e delle energie rinnovabili. [2]



[2] Karana, Elvin, *STILL ALIVE: Livingness as a material quality in design*, Breda, [pubblicato da] Caradt and Avans University of Applied Science, Maggio 2020.

Nell'ambito del **design** il termine biofabbricazione è spesso fonte di confusione, perché è un'espressione che è stata conosciuta e utilizzata in primo luogo in ambito medico, dove con materiali biofabbricati si intende una sostanza adatta a interagire con sistemi biologici a scopo medico. Nel design la loro caratterizzazione è, ancora ad oggi, un po' vaga: tendenzialmente si intendono quei **materiali prodotti** da cellule viventi e **microrganismi** come batteri, lieviti, micelio e alghe. [3]

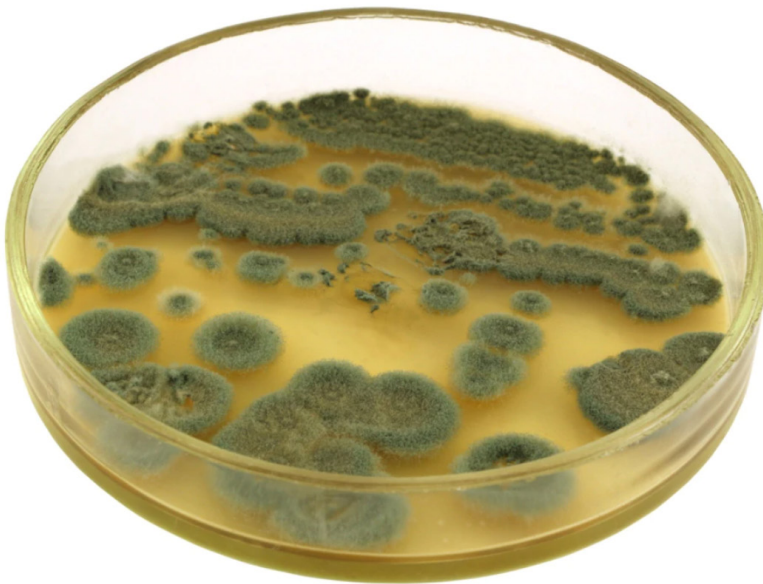


1.2 Cenni storici

La storia della biofabbricazione potrebbe essere classificata nelle tre rivoluzioni in termini di rispettivi tipi di prodotto, piattaforme di produzione e tecnologie di ricerca. Da sempre sviluppo ed innovazione viaggiano di pari passo alle **esigenze del mercato**, così come accadde per l'avvento della Biofabbricazione 1.0, che deve la propria fortuna ai primi anni Dieci del '900, in piena Guerra Mondiale, dove la fermentazione di acetone divenne fondamentale in Gran Bretagna nella produzione degli esplosivi. La biofabbricazione 2.0 non fu da meno, negli anni Quaranta infatti durante la II Guerra Mondiale, iniziò la **fermentazione della penicillina**, un antibiotico

[3] Intervista: DIY Materials e innovazione esperienziale: *I biomateriali che cambiano i processi produttivi del design*, Valentina Rognoli, Nuovo Rinascimento, 2022.
Sito web: <https://nuovorinascimentomag.it/articolo/diy-materials-e-innovazione-esperienziale>

antibatterico che rivoluzionò il mondo della medicina [4]. La biofabbricazione 3.0 invece, inizia negli anni '80 sempre "spinta" dal mercato farmaceutico, con la produzione di biomolecole di grandi dimensioni, proteine ed enzimi, utilizzando la tecnologia del **DNA ricombinante** e colture cellulari avanzate. [5] La biofabbricazione 4.0 potrebbe dare il via ad una **nuova era**, concentrarsi su nuovi prodotti, come la stampa di organi o tessuti umani, e microrganismi sintetici guidati dalla biologia; oltre che prodotti esistenti, fabbricati con un approccio di gran lunga migliore, come ad esempio la pelle "priva di animali" (ottenuta da colture batteriche o spore fungine), o **alternative** in plastica e schiuma oil-free (sfruttando le alghe verdi). [6]



1.2.1 Dalla I alla IV rivoluzione industriale

Sebbene la biofabbricazione abbia svolto un ruolo relativamente importante nelle ultime tre rivoluzioni industriali, la **biofabbricazione 4.0** (o biofabbricazione avanzata) diventerà una delle pietre miliari più importanti della rivoluzione della sostenibilità in atto nel ventunesimo secolo. Le ultime tre rivoluzioni industriali (tecnologiche) sono, la prima rivoluzione industriale iniziata in Gran Bretagna alla fine del diciottesimo secolo, con esempi rappresentativi come la meccanizzazione

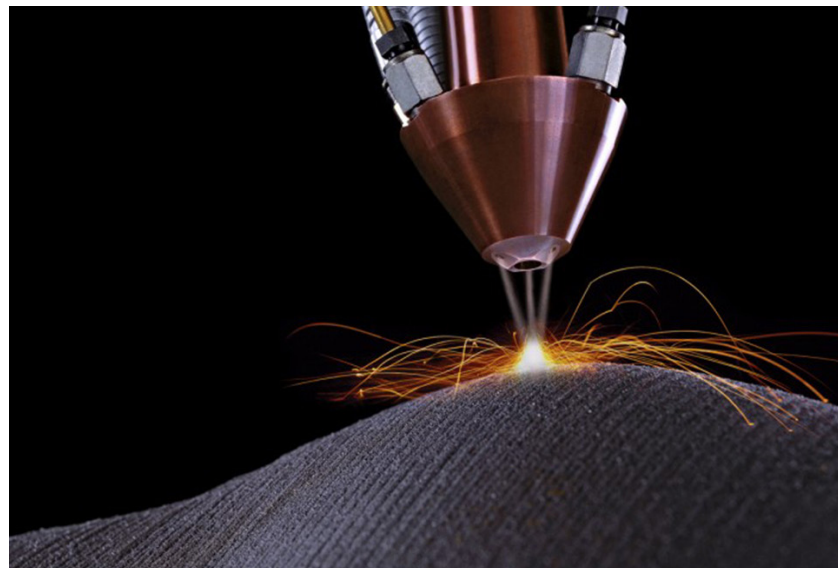
[4] Sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Penicillina>

[5] Yi-Heng Percival Zhang, Jibin Sun, Yanhe Ma, *Biomanufacturing: history and perspective*, Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, Volume 44, Numero 4-5, Pagine 773-784, 01 maggio 2017.

[6] Mironov V., ... [et al.], *Biofabrication: A 21st century manufacturing paradigm*, Biofabrication, 10 giugno 2009.

dell'industria tessile alimentata da motori a vapore e estrazione del carbone; la seconda rivoluzione industriale avvenuta all'inizio del XX secolo negli USA, con l'ampio uso di motori a combustione interna, combustibili liquidi (fossili), elettrificazione, produzione in serie basata su catene di montaggio mobili; e la terza rivoluzione industriale, con l'avvento dei computer e di Internet. [7]

Rispetto all'Industria 4.0, la biofabbricazione 4.0 diventerebbe una piattaforma abilitante per produrre **nuovi prodotti** o **prodotti esistenti** in modi di gran lunga migliori decisamente più efficienti rispetto alle tecnologie attuali. La maggior parte delle innovazioni tecnologiche sono di natura incrementale, ovvero migliorano le tecnologie esistenti (tecnologie estese) per soddisfare le attuali esigenze del mercato o mercati estesi, ma le innovazioni 'disruptive' possono guidare un cambiamento rapido e adattivo in termini di nuovo mercato e rete di valore e alla fine sconvolgere un mercato esistente e sostituire i leader di mercato e le alleanze consolidate. In questo contesto, l'introduzione di tecnologie disruptive per la biofabbricazione spesso fornisce ad alcune aziende un enorme vantaggio competitivo, consentendo ai primi adattatori di concentrarsi sull'**efficienza** dei processi, sulla **flessibilità**, sulla **convenienza** di produzione e sulla drastica riduzione dei costi di produzione. [8]



[7] Articolo, *Rivoluzione Industriale* [risorsa on line], Medana, Karim, Industrial-Innovation.it, 21 settembre 2021
Sito web: <https://industrial-innovation.it/evoluzione-industriale/>

[8] Costa, Pedro, *Tradurre la biofabbricazione nel mercato*, Trends in Biotechnology, Volume 37, Numero 10, Pagine 1032-1036, 01 ottobre 2019

1.2.2 Biofabbricazione premoderna

Gli esseri umani hanno utilizzato **processi microbici** spontanei (colture miste) per convertire una fonte di cibo in un'altra forma migliaia di anni fa, sebbene non avessero la più pallida idea della natura della fermentazione. Tali microbi viventi sono facilmente accessibili (anzi, essenzialmente inevitabili), spesso facili da coltivare e possiedono capacità "misteriose" per generare in modo efficiente i prodotti desiderati da semplici materie prime, come **soluzioni** di zucchero, frutta, purè di verdure o melassa.



Ad esempio, gli antichi cinesi producevano vino da una miscela di riso, miele e frutta già 9000 anni fa, i Sumeri e i Babilonesi praticavano la produzione della birra prima del 6000 a.C. e gli egizi usavano il lievito per cuocere il pane, come riportato nella Bibbia. Queste **fermentazioni spontanee** possono essere considerate come la biofabbricazione premoderna, che prevede la fermentazione allo stato solido (anaerobico) (la maggior parte delle volte) e colture di microrganismi misti naturali. [5]

[5] Yi-Heng Percival Zhang,
Jibin Sun, Yanhe Ma,
*Biomanufacturing: history and
perspective*, cit.

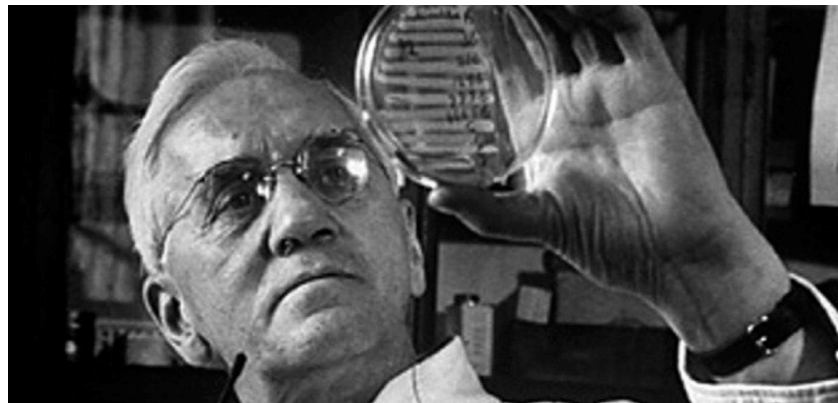
1.2.3 Biofabbricazione 1.0

La **biofabbricazione 1.0** inizia dalla fermentazione di acetone, butanolo ed etanolo di Chaim Weizmann negli anni '10. Questa piattaforma di bioproduzione ha due nuove caratteristiche: l'uso del microorganismo purificato in monocultura invece di colture miste e **fermentazione liquida anaerobica** su larga scala. I prodotti tipici sono metaboliti primari prodotti da microrganismi, dove i metaboliti primari sono direttamente coinvolti nella normale crescita, sviluppo e riproduzione cellulare. [5]



1.2.4 Biofabbricazione 2.0

La **biofabbricazione 2.0** è iniziata dalla fermentazione della penicillina nella Seconda guerra mondiale. La sua caratteristica più distintiva è la produzione di un **metabolita secondario** invece di un metabolita primario. [4] Gli esseri umani di solito usano metaboliti secondari come medicinali, aromi e fragranze. La bioproduzione 2.0 ha inoltre adottato due nuove tecnologie: l'uso dei mutanti dedicati e la **fermentazione sommersa aerobica**. [6]

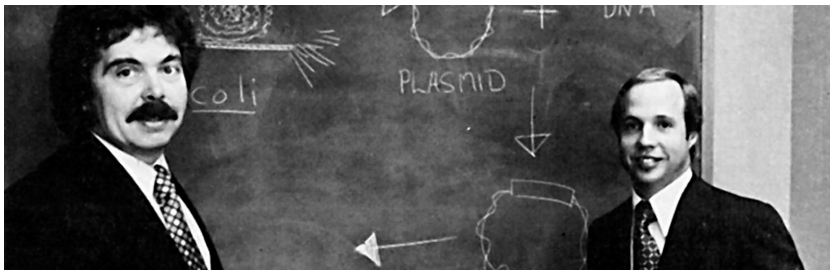


[4] Sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Penicillina>

[6] Mironov V., ... [et al.], *Biofabrication: A 21st century manufacturing paradigm*, cit.

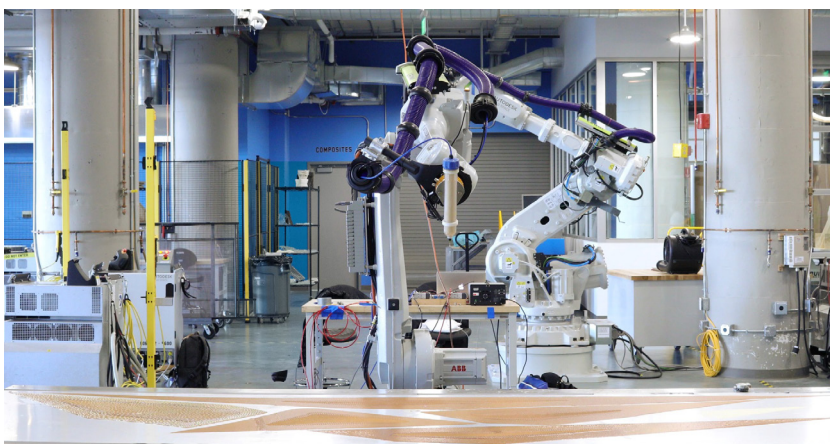
1.2.5 Biofabbricazione 3.0

La **biofabbricazione 3.0** è iniziata negli anni '80 con la produzione di **proteine** di grandi dimensioni, al posto di metaboliti primari o secondari. Lo sviluppo di questa piattaforma di bioproduzione è stato guidato da due innovazioni: l'introduzione della tecnologia del **DNA ricombinante** e **culture cellulari avanzate**. Nel 1973, i due medici Stanley Cohen e Herbert Boyer hanno creato il primo plasmide di DNA ricombinante in vitro. [9]



1.2.6 Biofabbricazione emergente 4.0

All'inizio di questo secolo, nuove **esigenze di prodotti** (ad es. energia rinnovabile, cibo artificiale e medicinali rigenerativi) e nuovi strumenti di ricerca (come cellule staminali pluripotenti indotte, ingegneria metabolica, biologia sintetica, ecc.) porterebbero ad una nuova rivoluzione della biofabbricazione, che produrrà nuovi prodotti (cioè nuovi tessuti funzionali, nuovi farmaci) o produrrà prodotti esistenti con mezzi molto più efficaci rispetto alle piattaforme esistenti in termini di resa del prodotto, produttività volumetrica, titolo del prodotto, fattibilità dello scale-up e **sostenibilità**. [6]



[9] Bandyopadhyay Arpan, Khetan Anurag, Malmberg Li-Hong, Weichang Zhou, Wei-Shou Hu, *Advancement in bioprocess technology: parallels between microbial natural products and cell culture organics*, Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, Volume 44, Numero 4-5, 1 maggio 2017, pagine 785-797

The background features a large, abstract, dark blue shape on the left side, resembling a stylized tree or a cluster of branches. The rest of the background is a solid olive green color.

Capitolo 2

2 Sviluppo sostenibile (sogno o realtà?)

*"Il **cambiamento climatico** è la **sfida** più grande che dobbiamo affrontare come esseri umani. Esercita un'enorme pressione sui nostri modelli economici, sulle strutture politiche e sui risultati culturali. Continuare a pensare dall'interno delle strutture esistenti non ci porterà le giuste soluzioni a questo malvagio problema. Per fare davvero la differenza, dobbiamo **sfidare** l'ordine naturale delle cose: **cambiare** i nostri stili di vita e comportamenti, **trasformarci** da un'economia lineare a un'economia circolare e sviluppare produzione di energia, processi produttivi e filiere sostenibili. Ciò richiede **idee, conoscenza, innovazione e immaginazione**" [1]*



[1] Karana, Elvin, STILL ALIVE: *Livingness as a material quality in design*, cit.

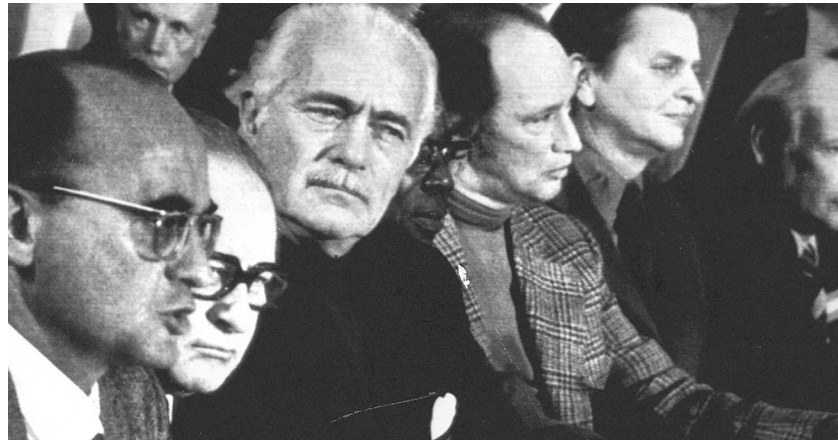
2.1 Eredità industriale

Recenti studi condotti dall' Australian National University, hanno scoperto che il fenomeno del **riscaldamento del globo terrestre** è iniziato a metà del XIX secolo, intorno al 1830. Lo studio ha quindi rilevato che il riscaldamento globale ha avuto inizio durante le prime fasi della **rivoluzione industriale**, molto prima di quanto convenzionalmente si pensi, ed evidenzia quanto le scelte dell'uomo possano influire drasticamente e rapidamente sull'ecosistema. [2]



[2] Sito web: <https://www.regionieambiente.it/riscaldamento-globale-2/>

2.1.1 Il rapporto dell' MIT per il Club di Roma



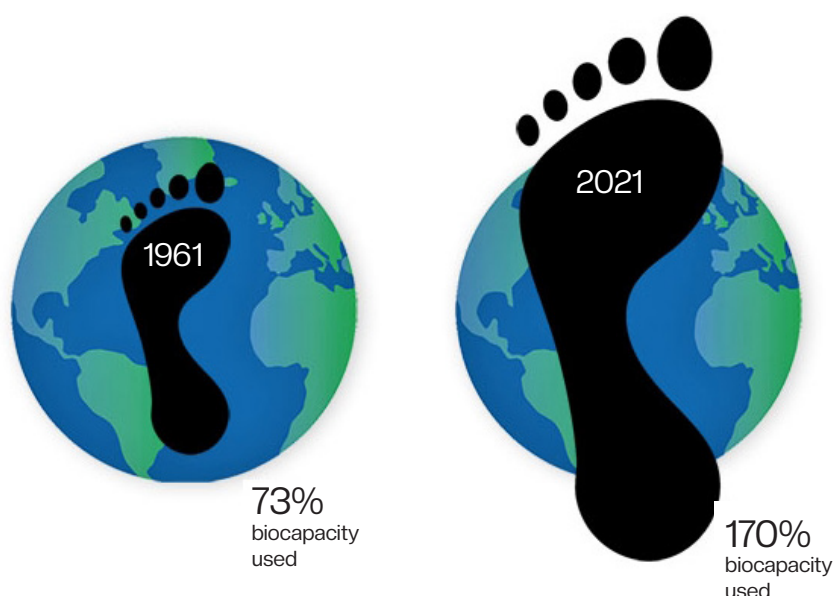
L'enorme **crisi ambientale** che sta colpendo il nostro pianeta è ormai sotto gli occhi di tutti; già nel 1972 il "**Rapporto sui limiti dello sviluppo**" [3] che il Club di Roma commissionò al MIT, per predire le conseguenze della continua crescita della popolazione sull'**ecosistema terrestre** e sulla stessa **sopravvivenza** della specie umana, concludeva che: *"Se l'attuale tasso di crescita della popolazione, dell'industrializzazione, dell'inquinamento, della produzione di cibo e dello sfruttamento delle risorse continuerà inalterato, i limiti dello sviluppo su questo pianeta saranno raggiunti in un momento imprecisato entro i prossimi cento anni. Il risultato più probabile sarà un declino improvviso ed incontrollabile della popolazione e della capacità industriale."*; ma anche *"È possibile modificare i tassi di sviluppo e giungere ad una condizione di stabilità ecologica ed economica, sostenibile anche nel lontano futuro. Lo stato di equilibrio globale dovrebbe essere progettato in modo che le necessità di ciascuna persona sulla terra siano soddisfatte, e ciascuno abbia uguali opportunità di realizzare il proprio potenziale umano."* [4]

[3] Meadows Donatella, Meadows Dennis, Rander J., Behrens W., *I limiti dello sviluppo*, Boston, Systems Dynamics Group Massachusetts Institute of Technology, 1972

[4] Sito web: https://it.wikipedia.org/wiki/Rapporto_sui_limiti_dello_sviluppo#

21.2 Overshoot Day

Ad oggi, a 50 anni dalla pubblicazione del rapporto, la situazione non sembra assai cambiata, come confermato dall' **Overshoot Day** [5] di quest'anno, ovvero il "giorno del debito con la Terra", che nel 2022 è occorso il 28 luglio. Per Overshoot Day si intende la data in cui l'umanità esaurisce tutte le **risorse terrestri** disponibili nell'anno in corso, portando il pianeta in deficit. Anno dopo anno, questa deadline tende sempre più ad essere anticipata, a testimonianza di come deforestazione, utilizzo di combustibili fossili e relative emissioni di gas serra, pratiche agricole, di allevamento e di pesca eccessive, ecc. esauriscono le risorse che la Terra è in grado di rigenerare nell'intero anno solare. [6]



Nonostante le possibilità di **"invertire la rotta"** stiano via via diminuendo, siamo ancora in tempo e siamo soprattutto in dovere di fare tutto ciò che è in nostro potere per portare il pianeta e chi lo abita verso uno **sviluppo sostenibile** ed equilibrato.

[5] Sito web: https://it.wikipedia.org/wiki/Earth_Overshoot_Day

[6] Articolo, *I dati Overshoot day 2022* [risorsa online], Palmisano, Letizia, EconomiaCircolare.com, 2022. Sito web: <https://economiecircolare.com/overshoot-day-2022-italia-mondo/>

2.2 Sviluppo manifatturiero sostenibile

La sfida per la **sostenibilità** è un tema più che mai attuale e cruciale per il nostro **futuro** e quello delle generazioni a venire; componente fondamentale dell'argomento è la necessaria "rivoluzione" nel settore manifatturiero. Questo comporta l'identificazione di **nuovi paradigmi produttivi** e di materiali integralmente nuovi e più sicuri nella loro fabbricazione. Riguardo alle **materie prime**, è essenziale diminuire gli sprechi, sostituirli talvolta con altri materiali correnti che hanno minore impatto ambientale e richiedono meno energia in fase di produzione, di logistica e di utilizzo. [7]



2.3 Il ruolo del Design

In questo momento di grande incertezza, il mondo del **Design** rappresenta un'occasione per rinnovare, rilanciare e far dialogare diversi **campi di ricerca**, anche apparentemente opposti fra loro. Ovviamente il Design non può risolvere da solo la questione quantitativa derivata da scelte industriali miopi e dall'assenza di politiche di recupero e riciclo, se è vero che sugli oltre 90 miliardi di tonnellate di materie prime (minerali, combustibili fossili, metalli e biomassa) consumate ogni anno nel mondo solamente il 9% viene **riutilizzato**. [8]

[7] Sito web: [Sito web: https://dmsolution.eu/it/il-futuro-della-produzione-manifatturiera-e-sostenibile/](https://dmsolution.eu/it/il-futuro-della-produzione-manifatturiera-e-sostenibile/)

[8] Articolo: *Plastiche, rifiuto o risorsa? Il design scende in campo a favore di un (ri)utilizzo intelligente* [risorsa online], Dovesi, Frida, Lifegate, 28 maggio 2019.
Sito web: <https://www.lifegate.it/plastiche-design-intelligente>



Ma il Design può fare molto sul piano della qualità, dando vita a progetti innovativi che privilegino materiali eco-consapevoli, si interrogano sul loro **valore ambientale**, e favoriscano nuovi atteggiamenti d'uso quotidiano. Negli ultimi anni si è parlato molto di **biodesign**, un approccio alla sostenibilità ambientale che pone il designer al centro di un team eterogeneo di professionisti, con bagagli culturali che spaziano dall'Architettura alla Biologia, dalla Scienza dei Materiali alla Scienza della Vita e altre ancora. [9]



[9] De Giorgi C., Lerma B., Dal Palù d., *The material side of design: The future material design cultures*, Torino, Umberto Allemandi, 2020

2.3.1 Un cambiamento “culturale” necessario



Nei primi anni 2000, i due scienziati Paul Creutzen e Eugene Stoermer, coniarono il termine “**Antropocene**”; lo scopo era quello di segnalare l’uomo e le sue pratiche, come il più grande **nemico** del nostro ecosistema. Il rapporto tra uomo e pianeta è stato caratterizzato da un approccio miope ed unilaterale da parte del genere umano, che ha utilizzato, estratto e modificato la natura e tutte le sue ricchezze in maniera aggressiva ed **incontrollata**. Urge quindi un radicale cambio di paradigma, dall’Antropocene all’**Ecocene**, in cui la Natura viene vista non più come un organismo ostile da dominare, bensì come un sistema da curare, crescere, da cui prendere ispirazione e da “fondere” all’interno di nuovi processi produttivi. [10]

In quest’ottica, il mondo del design guarda con forte interesse a quei nuovi **materiali** chiamati “**vivi**”, ottenuti cioè, a partire dai cicli di vita degli organismi appartenenti ai regni del vivente e che generano processi virtuosi di costruzione, sviluppo e crescita della materia. [9]

[9] Ibid.

[10] Articolo, *Antropocene e Ecocene: due ere ecologiche a confronto*, [risorsa on line] Boff, Leonardo, 2017.

Sito web: <https://leonardoboff.org/2017/10/02/antropocene-e-ecocene-due-ere-geologiche-a-confronto/>

2.3.2 Nuove figure emergenti nel mondo dei materiali: il designer biologo

*“Siamo giunti ad una **nuova era** del design, una nuova era della **creazione**, che ci porta da un design ispirato alla natura, ad una natura ispirata dal design, e siamo chiamati per la prima volta a fare da **madre** alla natura” [11]*



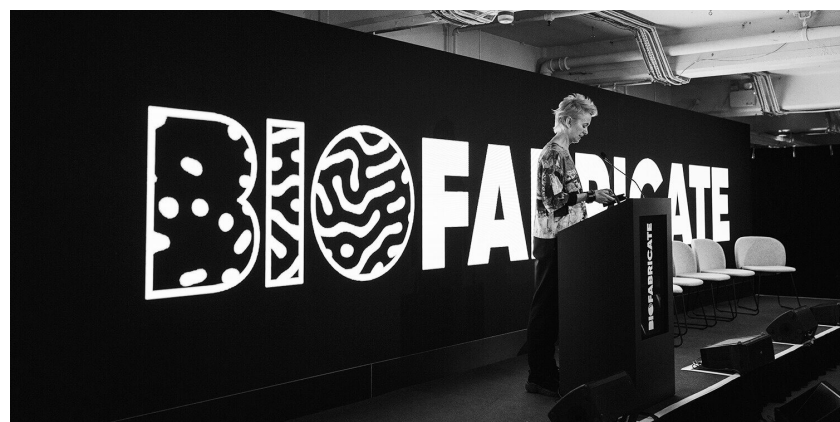
Nell'ultimo ventennio la figura del **designer** ha allargato i confini delle sue aree di **competenza** e collaborazione. Superata la visione post-industriale che incatenava i progettisti in un mondo fatto di parti e assemblaggi di componenti, gli addetti ai lavori operano oggi in squadre multidisciplinari e transdisciplinari, sempre più liberi di sperimentare, ricercare, lasciarsi incuriosire e contaminare da approcci e competenze apparentemente estranei alla loro figura. Da questo processo di **ibridazione della ricerca** si possono individuare varie figure emergenti nel mondo del design, tra queste, quella del **“designer biologo”**; questo rappresenta la giunzione tra il mondo dei **materiali** ed il mondo della **natura**, e si presta a fare da tramite tra manifattura, biologia, botanica, zoologia, ecc.

[11] Oxman, Neri, *Design at the intersection of technology and biology*, [risorsa online], TED Conferences, 2015.
Sito web: https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology



Il designer biologo punta quindi a comprendere ed assimilare i cicli di vita presenti in natura per la creazione dei materiali del futuro, “collaborando” con i **regni del vivente** per proporre nuovi processi produttivi che siano compatibili con la vita, in un’ottica di **transizione ecologica**. [9]

Tra gli esempi più celebri di questo nuovo movimento a cavallo tra design e biotecnologie, possiamo citare “BioCouture”, il progetto della designer londinese **Suzanne Lee**, la quale ha sperimentato l’utilizzo delle colture batteriche per la biofabbricazione di tessuti simili a pelle e cotone; il lavoro svolto da **Neri Oxman** in collaborazione con il MIT, il “Silk Pavilion”, nel quale 65000 bachi da seta hanno filato un’intera cupola larga circa tre metri; o ancora, le produzioni in micelio di **Mogu** [*], società italiana con sede a Varese che utilizza il micelio per ottenere un materiale “spugnoso” adatto alle applicazioni acustiche e di interior design.



[9] De Giorgi C., Lerma B., Dal Palù d., *The material side of design: The future material design cultures*, Torino, cit.



* JUST TO KNOW

Tra i fondatori di Mogu svetta il nome del designer ed imprenditore **Maurizio Montalti**. Oltre ad essere parte attiva nelle attività dell'azienda varesina, Maurizio ha creato nel 2010 **"Officina Corpuscoli"**, studio multidisciplinare che offre consulenza creativa e (co)sviluppa progetti di ricerca sia commissionati che auto-iniziati, spesso ispirati e in collaborazione con i sistemi abitativi e organismi, con una profonda attenzione ai **funghi**. Con base ad Amsterdam, Officina Corpuscoli *"cerca di rivelare relazioni non ortodosse tra paradigmi esistenti, con l'obiettivo di promuovere la crescita del pensiero critico, attraverso lo sviluppo e la materializzazione di alternative tangibili"*[12].



[12] Sito web: <https://www.corpuscoli.com/projects/mogu/>

The background features a complex, abstract composition of overlapping geometric shapes. A large, solid yellow area occupies the right and bottom portions of the frame. On the left side, there are several dark blue, angular shapes that appear to be layered or cut out, creating a sense of depth and movement. The overall aesthetic is modern and graphic.

Capitolo 3

3 La Biofabbricazione nei regni del vivente

*"I processi che regolano il **ciclo di vita** di tutti gli esseri viventi dei regni del vivente generano progetti virtuosi di **costruzione**, di **trasformazione** della materia prima, di sviluppo di nuove funzioni, tanto da poter affermare che «di fronte a una Natura vista come fragile, il nostro modello è diventato ben presto di **cooperazione**. Ora ci vediamo come partecipanti a modelli naturali" [1]*



[1] Kula D., Ternaux E., Hirsinger Q., *Materiology: The Creatives Guide to Materials and Technologies*, Frame Publishers, 2014

Una definizione di "**vita**" ampiamente accettata dalla biologia suggerisce gli organismi viventi come sistemi aperti, come le macchine, che sopravvivono trasformando l'energia e diminuendola loro entropia locale per mantenere una condizione stabile e vitale definita come omeostasi. Di conseguenza, tutti gli esseri viventi assorbono i nutrienti dall'ambiente circostante, allo scopo di crescere o fornire energia. Distruggono il cibo all'interno delle loro cellule per rilasciare energia per l'esecuzione di processi come il movimento. Questi espellono, crescono, percepiscono e rispondono agli stimoli che li circondano (come luce, temperatura, acqua, gravità e sostanze chimiche), si riproducono e si adattano al loro ambiente. [2]

La biofabbricazione si basa dunque su quei meccanismi di movimento, crescita e sviluppo comuni a tutti gli esseri viventi. Di seguito una breve scansione ed un'analisi sulla base dei **regni del vivente**; monere, funghi, animali e piante.



[2] Karana, Elvin, *STILL ALIVE: Livingness as a material quality in design*, cit.

3.1 Monere

Il primo regno è quello delle **Monere**, organismi microscopici, unicellulari, procarioti (privi cioè di un nucleo), e comprendono quindi tutti i tipi di batteri. Alcuni di questi sono in grado di colonizzare gli ambienti più estremi, in condizioni come temperature elevatissime, salinità, acidità, alcalinità estreme o assenza di ossigeno. Altri sono autotrofi, sono in grado di sintetizzare molecole organiche a partire da materia inorganica, e possono sfruttare l'energia luminosa o utilizzare reazioni chimiche per estrarre energia da sostanze inorganiche presenti nell'ambiente (come le piante). Altri ancora sono invece eterotrofi e producono l'energia necessaria per la sopravvivenza dalla decomposizione di sostanza organica morta, dai tessuti o dai liquidi del corpo di altri organismi viventi. [3]



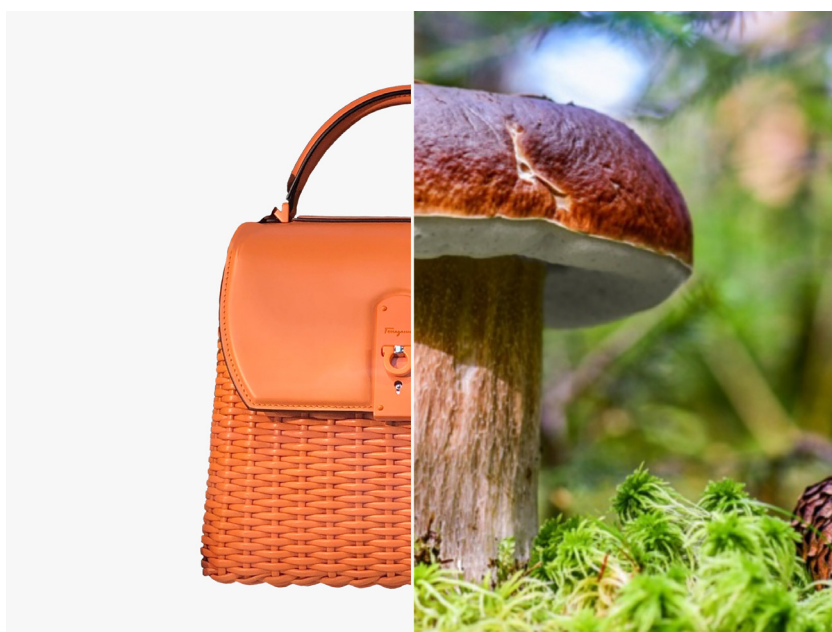
Il mondo di microbi e batteri rappresenta il passato e il futuro della biofabbricazione, attraverso la **biofermentazione**, il mondo dei materiali ha "scoperto" di poter far produrre ai batteri **applicativi** che vanno dal mondo della moda, all'industria cosmetica/farmaceutica fino al settore aerospaziale. A seconda della "ricetta" utilizzata, i biofabbricati ottenuti dalle colture batteriche sono una validissima alternativa a prodotti di uso comune come pelle, seta, carta e plastica. [4]

[3] Gatto M, Casagrandi R, *Dispense del corso di Ecologia*, Milano, PoliMI, 2003

[4] Bandyopadhyay A, ... [et al.], *Advancement in bioprocess technology: parallels between microbial natural products and cell culture organics*, cit.

3.2 Funghi

Il regno dei **Funghi** è composto da organismi eucarioti, unicellulari, come i **lieviti**, o più frequentemente pluricellulari, formati da filamenti (ife) più o meno strettamente ammassati in una struttura complessivamente chiamata **micelio**, che comprende tutto l'apparato vegetativo. Tutti i funghi sono eterotrofi e si nutrono mediante l'assorbimento di molecole organiche disciolte. Alcuni funghi sono decompositori, e sono in grado di digerire macromolecole complesse e di trasformarle in molecole più piccole. Altri formano relazioni simbiotiche con alghe (licheni) o con le radici delle piante (funghi micorrizici). Altri, infine, sono parassiti e sono responsabili di numerose malattie delle piante, degli animali e degli esseri umani. (I funghi ricavano il loro nutrimento dall'assorbimento di sostanze provenienti da resti di organismi viventi.) [3]



I lieviti sono stati tra i primi organismi viventi utilizzati dall'uomo in un processo di biofabbricazione (in maniera forse del tutto inconsapevole), lieviti e batteri erano infatti utilizzati già dagli antichi nella produzione di pane e birra. Ad oggi, questi organismi vengono impiegati come leganti all'interno delle colture batteriche citate in precedenza. Il micelio, inoltre, rappresenta una **risorsa** ampiamente esplorata nel campo

dell'arte e del design, già a partire da inizio secolo; ma è in **continuo sviluppo** sia in termini tecnologici che applicativi, con produzioni che spaziano dai prodotti di uso comune, ai tessuti, ai packaging, fino alle pannellature fonoassorbenti. [5]

3.3 Piante

Il regno delle **Piante**, comprende tutti gli organismi pluricellulari che compiono la **fotosintesi**. Fanno parte di questo regno i muschi, le erbe, gli alberi e tutti i vegetali che formano prati, boschi e foreste. Inoltre, appartengono a questo regno anche le alghe verdi, organismi unicellulari eucarioti, tradizionalmente confinati in un ulteriore regno del vivente, i protisti [*]. Le piante sono organismi autotrofi, riescono cioè, a produrre il loro nutrimento direttamente da sostanze inerti (l'aria, l'acqua, il terreno), attraverso un processo chiamato fotosintesi clorofilliana, che permette di catturare l'energia solare, trasformando l'anidride carbonica in zuccheri ed altre sostanze. Le pareti cellulari sono ricche di cellulosa e le cellule stesse di amido. [3]



[3] Ibid

[5] Articolo: *Il futuro è dei biomateriali. Come i designer stanno affrontando questa sfida* [risorsa on line], Doveil, Frida, Lifegate, 5 marzo 2020. Sito web: <https://www.lifegate.it/biomateriali-futuro>

Per migliaia di anni, le piante sono state (coltivate e) utilizzate come fonti materiali dall'uomo, risultando in un consolidato repertorio di tecniche e strumenti. Tuttavia, quando si tratta di biodesign, la trasformazione della pianta o parti di piante nei prodotti possono essere molto lunghe. Pertanto, nonostante la familiarità dell'organismo per l'uomo, piante e parti di piante sono state meno esplorate nel biodesign rispetto ad altri organismi. Gli utilizzi alternativi dei vegetali hanno origini secolari, basti pensare a come da più di 500 anni, le tribù indiane del Meghalaya intreccino le radici degli alberi per dare vita a dei veri e propri "ponti viventi". Recentemente, all'interno del mondo del design è stato testato l'utilizzo di piante ed **alghe verdi** nella produzione di tessuti e bioplastiche e biocarburanti, oltre che nuovi prodotti alimentari. [6]

* JUST TO KNOW

Quello dei Protisti era un gruppo eterogeneo di eucarioti, storicamente utilizzato come "contenitore" per tutti gli organismi che non erano chiaramente considerati come Animali, Piante o Funghi; a questa categoria, ormai ritenuta obsoleta dalla comunità scientifica, appartenevano i Protisti e le Alghe (alghe verdi, alghe rosse e alghe brune) [7]. Le **alghe verdi** e quelle rosse sono state recentemente rivalutate come strettamente imparentate con le piante terrestri e sono quindi classificate (nonostante la loro struttura assai semplice) nel regno delle piante, in quanto hanno cellule con le pareti di cellulosa, contengono lo stesso tipo di clorofilla delle piante terrestri e producono amido con la **fotosintesi**. [8]



[6] Zhou J, Barati B, Wu J, Scherer D, Karana E, *Digital biofabrication to realize the potentials of plant roots for product design*, Delft, TUDelft, 2021

[7] Sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Protista>

[8] Sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Plantae>

3.4 Animali

Gli **animali** sono organismi eucarioti, pluricellulari, eterotrofi. La nutrizione avviene principalmente per ingerimento. A differenza delle piante, che ricevono l'energia del sole in maniera passiva, gli animali devono cercarsi il cibo o elaborare strategie per assicurarsene l'assunzione. La maggior parte degli animali è costituita da invertebrati, cioè animali privi di colonna vertebrale, tra cui ad esempio spugne, meduse, vermi, artropodi (insetti, ragni, crostacei). I vertebrati comprendono invece pesci, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi (tra cui l'uomo). [9]



Storicamente l'uomo attinge al mondo animale per assicurarsi materie prime destinate alla produzione alimentare e tessile; negli ultimi secoli però, l'approccio intensivo ed indisciplinato all'approvvigionamento di questi prodotti, ha rappresentato una delle maggiori cause della crisi ambientale in atto sul nostro pianeta. Recentemente alcuni designer si stanno interrogando sul possibile **utilizzo "attivo"** degli animali (ad es. api o bachi da seta) nella fabbricazione di tessuti e manufatti. [10]

[9] Saraceni, Strumia, Osservare e capire la vita, Bologna, Zanichelli Spa, 2010.

[10] Articolo: *Architecture-by-Bee and Other Animal Printheads* [risorsa on line], Manaugh, Geoff, BLDGBLOG, 16 giugno 2014. Sito web: <https://bldgblog.com/2014/07/architecture-by-bee-and-other-animal-printheads/>

3.5 Considerazioni

La biologia non è intrinsecamente buona, sicura o gentile. Immaginando che la biotecnologia aiuterà a risolvere i problemi sociopolitici, rischiamo di perdere l'opportunità di identificare grandi cambiamenti sistemici che potrebbero essere una soluzione più appropriata. Fare cose con i sistemi biologici semplicemente per il gusto di fare cose porterà probabilmente a un futuro simile al presente, con le stesse problematiche ecologiche e sociali. Questo approccio espone un limite all'immaginazione di ciò per cui potrebbe essere utilizzato il biodesign. [...] Come immaginiamo altri futuri biologici? Quale relazione con altri umani consentirebbero quei futuri? A chi dobbiamo chiedere? Chi può chiederlo? La biologia può mostrarci altri modi di immaginare? -Alexandra Daisy Ginsberg e Natsai Chieza, 2018 [2]

Se si ragiona pensando che l'applicazione della biotecnologia e l'utilizzo della biologia, possano solo portare solo vantaggi, come sempre si rischia di cadere in errore: infatti con i presupposti posti fin ora potrebbe sembrare che questa tecnologia non abbia assolutamente risvolti negativi. Tuttavia, come ogni cosa, se male interpretata e utilizzata, può solo portare a uno stato delle cose non molto diverso da quello attuale, che non si propone quindi di riuscire a risolvere i problemi di tipo sociale o ecologico in futuro. Ragionando in questi termini però è evidente che ci siano dei limiti all'innovazione e allo sviluppo del biodesign, seppur fatto con intenzioni positive. Ci sono molte domande da porsi prima di intraprendere un percorso del genere e ad approcciarsi a tecnologie simili, in parte se vogliamo anche "esistenziali": purtroppo infatti per quanto si voglia e si provi affidarsi alla scienza e alla natura, queste possono pur sempre nascondere dei lati che se non esplorati adeguatamente possono rivelarsi pericolosi su vari livelli.

[2] Karana, Elvin, *STILL ALIVE: Livingness as a material quality in design*, cit.

The background features a large, abstract, dark blue shape on the left side, resembling a stylized tree or a cluster of branches. The rest of the background is a solid olive green color.

Capitolo 4

4 Principali centri di ricerca nel mondo

*"Negli ultimi anni, il numero di **biolaboratori** che invitano artisti e designer per residenze o **progetti di collaborazione** è notevolmente aumentato. Inoltre, osserviamo un numero crescente di "wet-lab" che forniscono **attrezzature** e **know-how** per bioartisti e designer."^[1]*

La seguente selezione punta a dare una visione d'insieme su quelli che sono i **centri di ricerca** più interessanti ed innovativi al mondo, raccontando la loro storia, i loro approcci e la loro visione, con un focus su alcuni dei loro progetti più rivoluzionari in ambito di biofabbricazione. La selezione di questi centri punta, oltre che ad informare sulle nuove realtà che stanno sviluppando i materiali del futuro, a coprire in maniera eterogenea (anche dal punto di vista geografico), i diversi "tipi" di **laboratori creativi**. Questi spaziano da centri di ricerca universitari, a centri autonomi, a centri legati alle istituzioni; da realtà con origini secolari a realtà che non hanno superato la decade; da laboratori di formazione tecnico-scientifica, a quelli d'arte e design.

Legenda

- 1 MIT Media Lab - Massachusetts Institute of Technology (USA)
- 2 Biodesign Institute - Arizona State University (USA)
- 3 Central Saint Martin College - University of the Arts London (Gran Bretagna)



^[1] Karana, Elvin, *STILL ALIVE: Livingness as a material quality in design*, cit.



- 4 Material Incubator Lab (Paesi Bassi)
- 5 ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (Italia)
- 6 Japan Science and Technology Agency (Giappone)
- 7 Bio-Based Materials Design Lab - University of Western Australia (Australia)

4.1 MIT Media Lab - Massachusetts Institute of Technology



Il **MIT Media Lab** è una fervente fucina di artisti, designer, architetti e scienziati, nata all'interno di una delle università più famose e importanti del mondo, il **Massachusetts Institute of Technology**. Fondato all'interno del dipartimento di Architettura e

Pianificazione nel 1985 da Nicholas Negroponte, il Media Lab nasce dalla spinta innovativa ed orientata al futuro che da sempre caratterizza il MIT, e dalla necessità dell'allora presidente universitario, Jerome Wiesner, di avere "un laboratorio che fondesse arte, scienza e ingegneria in modo profondo". Dagli anni 80 ad oggi, i ricercatori passati da questo centro, hanno lavorato e sviluppato progetti considerati quasi folli per le epoche in cui venivano presentati; il fatto che succeda ancora oggi dimostra la capacità di questo gruppo di ricerca di anticipare i tempi e le necessità del futuro. [1]



[1] Documentario: *Neri Oxman: Bioarchitettura*, Abstract: The Art of Design, Stagione 2, Episodio 2, Netflix, 2017

All'interno del MIT Media Lab, dal 2010 al 2021 ha operato uno dei team più affascinanti e promettenti del dipartimento, il gruppo interdisciplinare "**Mediated Matter**". Con una formazione a metà tra medicina e architettura, la designer **Neri Oxman**, ha fondato questo gruppo di ricerca incentrato "sul design ispirato alla natura e sulla natura ispirata al design". Il laboratorio intendeva ricercare **nuove modalità produttive** e di progettazione nate dall'intersezione tra informatica, ingegneria dei materiali, design ed ecologia. Nell'ultimo decennio, i progetti del Mediated Matter Group hanno fatto il giro del mondo, passando con disinvoltura dalle mostre d'arte ai musei delle scienze. [2]



Tra le proposte più famose e sorprendenti, oltre al già citato "**Silk Pavilion**" (che rappresenta una valida alternativa alla bollitura dei bachi per la filatura della seta), Neri Oxman ed i suoi collaboratori hanno stupito il mondo con progetti come il "**Synthetic Apiary**", uno spazio controllato in cui le api stagionali possono prosperare tutto l'anno e contribuire alla creazione di un ambiente artificiale; oppure la futuristica collezione "**Wanderers**", ispirata all'esplorazione interplanetaria, che comprende il "Living Mushtari chestpiece", una specie di tubo digerente indossabile, contenente una colonia di microrganismi in grado di sostenere la vita in ambienti ostili. [3]

[2] Sito web: <https://www.media.mit.edu/groups/mediated-matter/overview/>

[3] Sito web: <https://oxman.com/projects/silk-pavilion-i>

4.2 Biodesign Institute - Arizona State University



Il “**BioDesign Institute**” nasce all'interno di uno dei quattro campus che formano l'**Arizona State University** (ASU), più precisamente il campus di Tempe, a pochi chilometri da Phoenix, dalla capitale dello stato. Grazie agli immensi spazi a disposizione dell'Università, l'istituto ospita numerosissimi laboratori di **ricerca interdisciplinare**, dove ci si occupa di indagare temi quali la salute e la sostenibilità ambientale con approcci ispirati alla natura. Gran parte dei progetti sono focalizzati sulla produzione di biomateriali o biomasse a partire dalle alghe verdi. Inoltre, dal 2007 con l'istituzione della “School of Sustainability”, l'ASU è diventata la prima Università degli Stati Uniti ad ospitare dei corsi di laurea sul tema della sostenibilità. [4]

Questi due istituti lavorano a stretto contatto, sotto lo stesso “tetto” del campus di Tempe; ed è proprio da questa **intersezione** che, all'inizio del 2022, un gruppo di ricerca guidato da **Christine Lewis** ha brevettato un rivoluzionario dispositivo ibrido che utilizza i cianobatteri modificati per immagazzinare energia fotosintetica. Questo sistema, a metà tra organismo vivente e batteria biologica, è quindi in grado di produrre energia immagazzinata aumentando il flusso di energia, anche in condizioni di luce in cui la fotosintesi naturale è normalmente inibita. I ricercatori si aspettano che questa tecnologia possa **rivoluzionare** il settore del fotovoltaico, oltre influenzare la produzione “green” di un'ampia gamma di prodotti utili, come carburanti, prodotti chimici per l'agricoltura, terapeutici, cosmetici e plastica. [5]



[4] Sito web: https://en.wikipedia.org/wiki/Arizona_State_University

[5] Sito web: <https://news.asu.edu/20220221-new-technology-fused-photosynthetic-life-offers-path-green-energy>

4.3 Central Saint Martin College - University of the Arts London

Il **Central Saint Martins College of Art and Design** è uno dei sei college londinesi che compone la “**University of the Arts London**” (UAL), l'università più grande d'Europa, fondata nel 1986. Spesso sfrontati e provocatori, i progetti della Central Saint Martin, intersecano arte, design e scienza con l'intenzione di “plasmare il mondo attraverso l'azione creativa”. Le discipline e gli approcci di questo college si sono adattati ed evoluti con lo sviluppo della nostra comunità; non a caso il Central Saint Martin è una tra le prime università al mondo ad offrire corsi di “Biodesign” e “Materiali del futuro”. [6]



Nell'albo d'oro dell'Università svettano i nomi di **Suzanne Lee** e **Carole Collet**, entrambe designer ed entrambe decise a sviluppare nuovi materiali e nuovi processi sostenibili per il futuro; La prima, fondatrice del progetto BioCouture, è stata la prima al mondo ad ottenere una **pelle sintetica** utilizzando il thè di kombucha zuccherato. [7] Collet invece, che tuttora continua le sue attività di ricerca ed insegnamento all'interno della Saint Martin, è stata una tra le prime ad interessarsi alle applicazioni alternative del **micelio**, e nel 2017 ha presentato “Biolace”, un sistema di **crescita controllata** e programmata delle piante. [8]



[6] Sito web: <https://www.arts.ac.uk/colleges/central-saint-martins/about-us>

[7] Contenuto video: <https://www.youtube.com/watch?v=J6lfnX62Pq8>

[8] Sito web: <https://www.biotopia.net/en/9-english/310-carole-collet-interview-en>

4.4 Material Incubator Lab



Inaugurato nel 2019 nella città di Den Bosh (Paesi Bassi), il "**Material Incubator Lab**" (MI Lab) riunisce studiosi e professionisti della Avans University of Applied Sciences e della Delft University of Technology (TUDelft), offrendo un ambiente stimolante per i ricercatori, ed un ampio spazio per la prototipazione di manufatti su larga scala.

Il Lab sfrutta il ruolo della **pratica artistica** per utilizzare il potere unico degli organismi viventi, all'interno di materiali di uso quotidiano; e punta ad assicurare uno spazio creativo in cui, designer e biologi si ritrovino a lavorare e collaborare senza che l'approccio di uno prevarichi l'altro. [9]

Di centrale importanza, nelle fasi di esplorazione e sviluppo, è l'aspetto legato alla **comunicazione mediale** dei nuovi materiali, e dell'**esperienza** che questi possono offrire all'utente; il MI Lab, infatti, condivide una parte delle sue attività e figure professionali, con un altro laboratorio nato in collaborazione con TUDelft, il "**Material Experience Lab**". Fondato nel 2015 da **Valentina Rognoli** e **Elvin Karana**, questo centro esplora la realtà fisica dei materiali viventi, come parte integrante delle esperienze e delle pratiche legate agli artefatti. [10]



[9] Sito web: <https://www.materialincubator.com/projects>

[10] Sito web: <https://materialexperiencelab.com/>

Negli ultimi anni, una delle proposte più interessanti e significative uscite da questi laboratori creativi, è sicuramente il progetto **“Biogarmentry”** della designer **Roya Aghighi**, il primo tessuto non tessuto al mondo vivente e fotosintetico. I tessuti “Biogarmentry” sono realizzati da **alghe verdi** unicellulari, che trasformano l'anidride carbonica in ossigeno attraverso la fotosintesi e si presentano come dei veri e propri organismi viventi che respirano e rispondono agli input di chi li indossa; spingendo quest'ultimo verso un nuovo approccio in cui i capi devono essere “cresciuti e coltivati”, invece che deteriorati e dismessi. Gli abiti in biotessuto, aprono quindi una nuova **sfida** al mondo del fast fashion, oltre che una nuova prospettiva sulle nostre attuali relazioni con l'abbigliamento e l'industria tessile. [11]



4.5 ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

“L'ENEA è l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, ente di diritto



pubblico finalizzato alla ricerca, all'innovazione tecnologica e alla prestazione di servizi avanzati alle imprese, alla pubblica amministrazione e ai cittadini nei settori dell'energia, dell'ambiente e dello sviluppo economico sostenibile (art. 4 Legge 28 dicembre 2015, n. 221).” [12]

[11] Karana, Elvin, *STILL ALIVE: Livingness as a material quality in design*, cit.

[12] Sito web: <https://www.enea.it/it/enea/chi-siamo>

Nata nel 1952 come comitato di ricerca sull'energia nucleare, **ENEA** ottenne la sua odierna conformazione negli anni Novanta, con il nuovo scopo di indirizzare vari (diversi) settori del Paese verso uno sviluppo sostenibile. Ad oggi dispone di un folto organico di professionisti sparsi per tutta la penisola in laboratori e centri di ricerca assegnati a vari dipartimenti (come, ad esempio, il "Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili" o il "Dipartimento Sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali"), focalizzati sulla ricerca applicata. Tra le sue **collaborazioni** più importanti, svettano i nomi di università internazionali quali la Texas Tech University, Stanford Research Institute, e l'Accademia delle Scienze cinese, per citarne alcuni. [12]



In quanto ente pubblico (supervisionato dal Ministero dello Sviluppo Economico), ENEA deve assicurare il **trasferimento tecnologico** e l'**assistenza tecnico-scientifica** a imprese, associazioni, amministrazioni centrali e locali, per contribuire allo sviluppo e alla competitività del "Sistema Paese". Proprio in quest'ottica è stata inaugurata nel 2019, la "**Collezione microbica ENEA**", presso il centro ricerche "Casaccia" in provincia di Roma; una raccolta di circa 1500 tra batteri, alghe, funghi e virus a completa disposizione di ricercatori interni ed esterni all'agenzia. [13]

[12] Ibid.

[13] Sito Web: <https://www.enea.it/it/Stampa/comunicati/ambiente-il-grande-archivio-enea-di-microorganismi-tra-le-eccellenze-della-ricerca-europea>

4.6 Japan Science and Technology Agency



Il caso del **Giappone** è abbastanza singolare tra quelli presentati. In un paese in cui istruzione e ricerca sono storicamente radicati e apprezzati, sono numerosissime le università ed i laboratori fondati nell'ultimo secolo; non vi è però un'organizzazione di ricerca a livello statale (come avviene in Europa), né una gestione consolidata

delle risorse, che favorisca un ottimale **networking** sia nazionale che internazionale. Le università, comunque, mantengono da tempo ottimi rapporti con l'industria, nonché con aziende nazionali di ricerca non universitaria. [14]



Il Giappone è uno stato altamente **industrializzato** e da sempre considerato tra i principali attori nel campo delle **biotecnologie** ma, raggiunto il suo picco nel 2013, ha poi registrato una forte decrescita nel settore. Per ovviare a questo problema e promuovere nuovi approcci e collaborazioni all'interno della ricerca nazionale, **il governo** ha pubblicato nel 2019 una "**strategia di bioeconomia**"; una delle più radicali nel panorama mondiale per l'aggiornamento tecnologico, punta a rendere il paese la società

[14] Sito web: <https://biooekonomie.de/en/topics/in-depth-reports-worldwide/japan>

bioeconomica più avanzata del mondo entro il 2030. I temi della strategia variano dall'economia circolare ai compiti sociopolitici e collega strettamente la bioeconomia con obiettivi ecologici, sociali e sanitari. [14]

Per affrontare questa transizione, il governo utilizza **aziende semi-governative** come la **"Japan Science and Technology Agency"** (JST), che hanno il compito di individuare nuove aree di ricerca e sviluppare nuove collaborazioni con università, istituti di ricerca ed industrie. [15]



Uno dei concept più promettenti degli ultimi anni è nato proprio dalla collaborazione tra JST e l'**Università di Tokyo**; sviluppato a partire dal 2018 dal gruppo di ricerca guidato dal professor **Takeuchi Shoji**. Il progetto promette di rivoluzionare il futuro della produzione alimentare alternativa, per rispondere ai problemi ambientali legati alla crescita della popolazione. Shoji ed i suoi colleghi sono riusciti nell'impresa di produrre tessuto muscolare tridimensionale di grandi dimensioni, una **"carne coltivata"** unica nel suo genere; la prima al mondo ad essere così strutturalmente stabile, oltre che essere ottenuta dalla **coltivazione delle cellule muscolari** in vitro. [16]

[14] Ibid.

[15] Sito web: <https://www.jst.go.jp/EN/about/overview.html>

[16] Sito web: <https://www.jst.go.jp/EN/achievements/research/bt2021-05.html>

4.7 Bio-Based Materials Design Lab - University of Western Australia



La **University of Western Australia** (UWA) è un'università pubblica di ricerca dello stato australiano dell'Australia Occidentale. Nata nel centro di Perth (1911) e poi sviluppatasi, negli anni, con un campus e altre strutture in varie parti dello stato, quest'università rientra tra le più antiche e rinomate d'Australia. [17]

Al suo interno sono nati negli ultimi decenni notevoli gruppi di ricerca interdisciplinare, come nel caso di **"SymbioticA"**, laboratorio di ricerca nato sotto il dipartimento di scienze biologiche, primo nel suo genere, che consente ad artisti e ricercatori di impegnarsi in pratiche di "Wet Biology". Questo Lab offre un nuovo mezzo di **indagine artistica** in cui gli artisti utilizzano attivamente gli strumenti e le tecnologie della scienza, non solo per commentarli ma anche per esplorarne le possibilità. [18]

Molto legata ai valori dell'interdisciplinarietà nell' esplorazione artistica è anche la sezione della "School of Design" dell'Arizona State, focalizzata in uno sviluppo tecnologico che rispetti le nostre comunità e l'ambiente che abitiamo. Da questa visione nasce il **"Bio-Based Materials Design Lab"** (BBMLab), fondato dalla professoressa ed architetto **Rosangela Tenorio**, che promuove l'uso di materiali sostenibili a base biologica come bambù, micelio, canapa, alghe, tra gli altri, per supportare la transizione verso un'economia biocircolare. [19]

Il BBMLab ha portato avanti la sua ricerca sui **biomateriali** e la biofabbricazione, in particolare l'uso ibrido di micelio e bambù, per sviluppare prodotti come **mattoni** e **pannellature** che possono essere flessibili nelle loro applicazioni, durevoli e con una buona resistenza a trazione e compressione. [20]

[17] Sito web: https://en.wikipedia.org/wiki/University_of_Western_Australia#Academia

[18] Sito web: <https://www.symbiotica.uwa.edu.au/>

[19] Sito web: <https://www.uwa.edu.au/Research/Bio-Based-Materials-Design-Lab>

[20] Sito web: <https://www.uwa.edu.au/profile/able/rosangela-tenorio>

The image features a background of overlapping geometric shapes in shades of orange and dark blue. The shapes are irregular and layered, creating a sense of depth and movement. The text 'Capitolo 5' is positioned in the lower right corner, set against a solid orange background.

Capitolo 5

5 Biofabbricazione e grandi marchi: alcuni esempi

Per quanto il tema delle biotecnologie all'interno della produzione industriale sia ancora in piena fase di ricerca e sviluppo, alcuni grandi marchi del mondo del design e non solo hanno iniziato a testare, prototipare, o addirittura produrre e mettere in commercio prodotti risultanti dalla biofabbricazione.

Di seguito sono state selezionate **cinque good practices** in cui cinque brand riconosciuti a livello mondiale hanno integrato - o pianificano di farlo - **materiali biofabbricati** all'interno delle loro **produzioni**.

Questa selezione non è frutto di una scelta casuale. Le storie raccontate di seguito, raccolgono le cinque iniziative più celebri rappresentative che negli ultimi anni hanno guidato la manifattura mondiale verso uno sviluppo sostenibile.

5.1 La “seta di ragno” che volerà con Airbus

Airbus ed un'interessante azienda tedesca di nome AMSilk, stanno “tessendo” una sorprendente ragnatela sintetica che promette di entrare a breve all'interno delle produzioni aerospaziali della multinazionale francese.

Proprio così **AMSilk**, attualmente primo fornitore industriale al mondo di quelli che chiama biopolimeri di seta sintetica, ha messo a punto negli anni un materiale rivoluzionario a partire



dal DNA dei **ragni tessitori**, il **BioSteel**, una fibra sintetica con caratteristiche molto simili alla tela del ragno. [1]

[1] Sito web: <https://www.amsilk.com/>

Da tempo la seta di ragno è oggetto di studio e forte interesse nel mondo dei materiali, per la sua combinazione unica di proprietà ad alte prestazioni: tenacità, resistenza, leggerezza e biodegradabilità. Lo sviluppo della fibra BioSteel ha però origini ben più lontane di quelle dell'azienda tedesca; nel 1999 infatti, l'ormai fallita società canadese "Nexia Biotechnologies" iniziò a collaborare con il "Soldier Biological Chemical Command" (SBCCOM) dell'esercito degli

professor **Randy Lewis** presso l'Università del Wyoming, il quale era riuscito nei suoi laboratori ad isolare i geni responsabili della produzione della seta del ragno, dapprima usati per creare una "chimera" del batterio Escherichia Coli, e successivamente combinati con il DNA di alcuni mammiferi, in particolare capre e criceti. Ebbene, nel 2002, la SBCCOM e Nexia annunciarono come, ottenendo una nuova specie di **capra transgenica**, fossero in grado di estrarre con successo le proteine



Stati Uniti, con l'intento di produrre un nuovo materiale che potesse imitare le proprietà della seta di ragno. Da qui, l'idea di approfondire gli studi iniziati dal

della seta direttamente dal latte delle capre. Così, battezzando "BioSteel" questo miracoloso materiale, promettevano un forte incremento della tecnologia in

termini di numeri di produzione ed ambiti applicativi (medico, militare ed industriale) negli anni immediatamente successivi. [2] Nel 2004 però, Nexia chiuderà i battenti[*], ma tutto il mondo dei materiali rimarrà positivamente colpito da questa fibra sintetica totalmente **biodegradabile** e paragonabile, per **prestazioni**, ad una fibra d'acciaio di qualità (avendo tuttavia una densità di molto inferiore).

* JUST TO KNOW

Dopo il fallimento di Nexia Biotechnologies nel 2004, la ricerca è passata nuovamente nelle mani del professor Randy Lewis che, prima presso l'**Università del Wyoming** e successivamente presso la **Utah State University**, è riuscito a sintetizzare con successo la seta del ragno utilizzando un allevamento di circa 30 capre all'interno di una fattoria gestita dall'università. Nel 2009, due capi del bestiame sono stati acquistati dal "**Canada Agriculture Museum**" per poi essere esposti all'interno del museo; a questa decisione non sono mancate le **critiche** di chi, considerando la modificazione genetica immorale, ha trovato di cattivo gusto l'iniziativa del museo. Il curatore Franz Klingender, ha tuttavia risposto ai detrattori facendo sapere che il museo non sostiene l'ingegneria genetica e che non allevierà gli animali, ma che al contrario, informa i visitatori sul fatto che queste realtà esistono; e li lascia liberi di farsi una propria idea a riguardo. [3]



[2] Sito web: <https://www.eurekaalert.org/news-releases/731752>

[3] Sito web: <https://www.cbc.ca/news/canada/ottawa/spider-goats-display-angers-ottawa-professor-11137229>

Questo fino a quando nel 2015, l'azienda nata nelle immediate vicinanze di Monaco di Baviera, AMSilk, è diventata la prima produttrice di questa fibra sintetica a **fini commerciali**. Padroneggiando la tecnologia BioSteel, l'azienda bavarese ne ha affinato il processo produttivo abbandonando del tutto gli animali

e conveniente rispetto alla fibra di carbonio, potrebbe permettere la costruzione di aerei molto più leggeri ma allo stesso tempo molto più **resistenti e flessibili**; questo permetterebbe sia un **risparmio di carburante**, nonché un minor tempo di manutenzione dei velivoli. La seta ha anche notevoli **proprietà antibatteriche**,



e concentrandosi esclusivamente sulla **biofermentazione** delle proteine del ragno a partire dalle **culture batteriche**. Partendo da piccole produzioni di idrogel destinati all'industria cosmetica, dopo solo un anno AMSilk ha ottenuto il riconoscimento per la sicurezza del prodotto, e nel 2018 ha ufficializzato la partnership con Airbus. [4] Dai comunicati ufficiali di entrambe le aziende è chiaro come l'obiettivo del loro lavoro sia quello di sviluppare nuovi compositi da utilizzare nell'industria aerospaziale. La fibra BioSteel si presta ad essere un'alternativa molto più prestante

quindi potrebbe essere utilizzata, oltre che nelle parti strutturali dell'aereo, anche all'interno della cabina come materiale asettico. Nel novembre 2019, durante l'evento del "SynBio Markets" a Berlino, vi è stato l'ultimo aggiornamento da parte delle due aziende sulla loro collaborazione; [5] da allora, anche per via della crisi sanitaria dovuta al Covid-19, il mondo della mobilità, dei materiali e dell'industria in generale è in attesa della presentazione dei progressi ottenuti e magari anche di qualche interessante prototipo. Speriamo di non dover aspettare troppo!

[4] Sito web: <https://www.amsilk.com/2018/09/12/amsilk-announces-partnership-with-airbus/>

[5] Sito web: <https://www.amsilk.com/2019/11/18/amsilk-to-present-onstage-with-airbus-at-synbio-markets-2019/>

5.2 Puma e le pratiche di personalizzazione attraverso i batteri

Ogni essere umano, così come tutti gli altri esseri viventi in natura, è di per sé **unico** ed irripetibile, pur rispondendo a determinate caratteristiche di regno o specie, ogni organismo può differenziarsi dagli altri in base a diverse caratteristiche fisiche o di comportamento.

E se anche i nostri vestiti potessero essere unici, formati e adattati per ogni singolo indossatore? Potrebbe essere la nuova frontiera delle **personalizzazioni** nel mondo dell'abbigliamento. Ed è proprio quello a cui sta lavorando già da qualche anno il reparto innovazione di Puma, in collaborazione con **"Innovation by Design"** (uno studio fondato nel 2014 come spin-off del MIT Design Lab). Dal 2017 infatti, Puma e IbD lavorano per portare il footwear ad un livello, con dei nuovi materiali "vivi" in grado di adattare la calzatura alle esigenze ed alla conformazione di chi le possiede. L'obiettivo di questa partnership non è tanto la



personalizzazione "stilistica", bensì di **prestazioni** e **vestibilità**. [6]

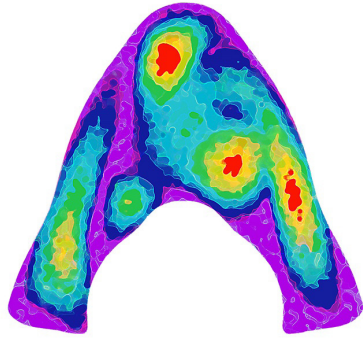
Ma come potrebbe Puma, colosso mondiale dell'abbigliamento sportivo, rigorosamente prêt-à-porter, offrire una calzatura che supererebbe di gran lunga l'accuratezza di una manifattura "su misura"?

È qui che la biotecnologia è arrivata in aiuto dell'azienda tedesca, incorporando degli organismi viventi all'interno del processo di fabbricazione, infatti, è stato ipotizzato come i batteri potessero interagire con l'indossatore ed alterare la composizione della scarpa per adattarne la vestibilità.

[6] Sito web: <https://about.puma.com/en/newsroom/corporate-news/2019/2019-04-10-puma-bioevolution-shoe>

the unique
expression
of your
body





Dopo due anni di lavoro, Puma ha dunque presentato "**BioEvolution**", una calzatura caratterizzata da una **tomaia biologicamente attiva**, costituita da una fitta rete di nanosensori che mappano il piede di chi le indossa in base alle zone di calore e sudorazione; i microrganismi viventi, quindi, rimuovono il materiale in maniera selettiva, creando dei **canali di ventilazione** che permettono la perfetta **traspirabilità** del piede. La scarpa

si presenta come una tela bianca, uguale per tutti, per poi evolvere e adattarsi gradualmente a chi le indossa, diventando quasi un'espressione del suo corpo. Il processo di deterioramento localizzato ha anche un effetto "estetico" sulla tomaia, rendendo ancora più personale ed unico l'utilizzo; e può essere arrestato (utilizzando un gas per uccidere i batteri) una volta che la scarpa ha raggiunto la composizione desiderata. [7]

"BioEvolution" è attualmente solo un **prototipo** della casa tedesca, in piena fase di sperimentazione, di cui al momento non è prevista alcuna versione commerciale; tuttavia, questa nuova tecnologia sembra aver dato un assaggio sul futuro dell'abbigliamento sportivo.

5.3 L'introduzione del micelio all'interno delle produzioni Hermès

E se vi dicessero che Hermès ha aggiunto al proprio catalogo una borsa fatta in **pelle vegetale** a base di **funghi**? Assurdo vero? E invece, è proprio il risultato nato da quattro anni di collaborazione tra la celebre casa di moda e una nascente startup californiana, **MycoWorks**. [8]



[7] Sito web: <https://www.puma-catchup.com/charles-johnson-on-how-puma-creates-a-breathing-shoe-with-the-help-of-bacteria/>

[8] Sito web: <https://www.mycoworks.com/>



inedita alle sue amatissime produzioni in pelle, che Hermès si è imbattuta nelle biotecnologie e, più precisamente, nel laboratorio creativo di **Philip Ross**.

Questo artista-inventore ha iniziato le sue sperimentazioni col

californiana si è messa in mostra tra le imprenditorialità emergenti spiccando come una tra le più promettenti ed innovative. Tuttavia poteva contare su un organico di sole tre persone ed un fatturato praticamente pari a zero. Questo



micelio già all'inizio degli **anni '90**, attraverso creazioni scultoree ed architettoniche, ha affinato le sue tecniche di produzione ed intuito come questa sostanza totalmente organica potesse avere una più ampia gamma di applicazioni. Così, anche grazie all'aiuto della sua compagna ed artista, **Sophia Wang**, MycoWorks ha visto la luce nel 2013; da allora la startup

fino all'incontro con Hermes, che ha da subito apprezzato il loro approccio a metà strada tra arte e scienza e creato i presupposti perché questa piccola startup potesse progredire da una fase di sperimentazione e prototipazione, alla produzione di **"una materia originale e bella"**. Il colosso francese sin dall'inizio della sua collaborazione con MycoWorks

nel 2017, ha istituito una piccola *équipe* interna di dottori in chimica e scienze. Questo in modo tale da poter trovare il giusto equilibrio tra le due realtà: da un lato **capire la materia** e di trovare la chiave per un materiale sostenibile e funzionale; dall'altro anche mantenersi in linea con gli alti **standard d'eccellenza** che Hermès ha sempre atteso da tutti i suoi prodotti. [9]

Dopo quattro anni di ricerca, sviluppo, tentativi, test qualitativi e soprattutto un continuo lavoro di scambio tra i laboratori francesi ed americani, le due organizzazioni

hanno dato alla luce **Sylvania**, un materiale versatile caratterizzato "dalla morbidezza della pelle e la leggerezza di un tessuto"; il quale, insieme a parti di tela e cuoio, andrà a comporre (a partire dal 2021) "il nuovo volto" della "**Victoria Bag**", e sembra essere solo l'inizio. [10] Hermès inaugura così una nuova era per le alternative "green" alla pelletteria tradizionale e, anche se ad oggi non promette ancora di sostituirla del tutto, rappresenta un primo traguardo etico e sostenibile per se e per tutta l'industria dell'alta moda.

5.4 La rivoluzione verde di Yeezy

Lo hanno chiamato genio, lo hanno chiamato pazzo. Qualsiasi cosa si possa pensare di lui, **Kanye West** è una delle personalità più chiacchierate e discusse degli ultimi vent'anni; si è sempre dimostrato un artista poliedrico dal grande talento e dalla grande visione, oltre che contraddistinto per la sua capacità di **anticipare i tempi**, aggiornare



[9] Articolo: *Sylvania, materia avveniristica*, Bayle, Nadine, Le Monde d'Hermès, Numero 79, Pagine 21-22, Hermès, 2021

[10] Sito web: <https://www.lifegate.it/victoria-borsa-hermes-funghi>



e aggiornarsi, ma soprattutto influenzare il mondo con le sue opere - che si tratti di produzioni musicali, cinematografiche o di abbigliamento -. A dimostrazione della sua spiccata propensione al progresso troviamo l'ultimo paio di scarpe presentato nel 2019 da **Yeezy**, brand di cui è proprietario. Si tratta delle "**Yeezy Foam Runner**" una scarpa monomaterica in spugna, ottenuta a partire dalle **alghe marine**, il che ne fa un prodotto eco-sostenibile e facile da smaltire. Inoltre si pone come un potenziale apripista nel mondo dell'abbigliamento, più nello specifico quello delle sneakers, che potrebbe prendere coscienza del suo impatto sul pianeta e puntare ad una produzione sempre più consapevole. [11]

Rapper dalle insolite origini borghesi, debuttante nei primi anni duemila, rimane ad oggi uno degli artisti più famosi e amati del panorama musicale mondiale. Cantante e producer di successo, può vantare numerosissimi premi, riconoscimenti, record e collaborazioni importanti nel campo musicale ma non solo; West infatti ha sempre avuto un suo modo molto personale di vedere ed impersonare la moda, cosa che all'inizio della sua carriera lo distaccava non poco dal resto dei suoi colleghi e che lo ha portato negli anni ad importanti collaborazioni con marchi come Nike, Bape, GAP e Adidas. Proprio con **Adidas**, West ha iniziato nel 2014 una delle collaborazioni più celebri e redditizie della storia



[11] Sito web: <https://www.outpump.com/le-yeezy-foam-runner-sono-il-futuro-delle-sneakers-lo-dice-kanye-west/>

della moda, nel 2015 infatti verrà presentata la **"Yeezy season 1"**, una vera rivoluzione all'interno del mondo dello streetwear, con milioni di sneakers vendute in pochissimi minuti e la nascente cultura dell'"hype" a consacrarne il successo. La definitiva esplosione creativa ed innovativa però, arriverà nel 2016, anno in cui Kanye assolda nel team di Yeezy un designer che ha fatto la storia e la fortuna di grandi marchi come New Balance, Adidas, Rebook e Nike, **Steven Smith**, vero e proprio fanatico cultore e precursore della cultura delle sneakers per come le conosciamo oggi. [12]

Il sodalizio del duo è cresciuto negli anni spinto dalla volontà di bilanciare una totale libertà creativa alla ricerca delle migliori soluzioni di **comfort** e **qualità dei materiali**; a questo si è aggiunta negli ultimi anni, la necessità di prevedere una produzione sostenibile e competitiva in termini di tempi di produzione e costi.

Da qui, il team di Yeezy è arrivato a presentare nel 2019 - e commercializzare nel 2020 - le "Yeezy Foam Runner", capo dalla futuristica silhouette. Questo viene prodotto interamente a Cody, nel Wyoming, all'interno del Ranch da oltre 300 acri di



[12] Sito web: <https://blog.laced.co.uk/steven-smith-design-guru-career-timeline/>

proprietà della star. Smith e West hanno spiegato, in occasione dell'annuale **"Fast Company Innovation Festival"**, come la scarpa sia stata progettata per essere la sneakers più ergonomica di sempre, totalmente sostenibile e prodotta in un totale di 25 minuti. Il tutto ha origine dalla raccolta delle alghe cresciute nella fattoria idroponica creata da West all'interno della sua proprietà; facili da reperire e coltivare, queste alghe marine si prestano ad essere una materia prima molto interessante e promettente nella produzione di questa speciale schiuma. Si sono, inoltre, scoperte molto utili, assorbendo anidride carbonica, alla **depurazione delle acque**. La scarpa presentata dal rapper afroamericano non è stata comunque risparmiata alle critiche

di chi ne trova troppo audace la forma, o chi si lamenta dei colori troppo "slavati"; anche in questo caso West ha dato una lettura ambientale, dato che la maggior parte dei processi di **colorazione dei tessuti**, sono spesso fortemente inquinanti.

West ha inoltre promesso che si impegnerà affinché le prossime collezioni di Yeezy siano, come le Foam Runner, **totalmente sostenibili**, possibilmente prive di lacci e prodotte interamente all'interno degli Stati Uniti; insomma, un significativo primo passo mosso da una personalità tanto influente come Kanye West, che si spera possa trainare tutto il mondo del footwear verso un approccio eco-consapevole e bio-orientato. [13]

[13] Contenuto video: <https://www.youtube.com/watch?v=ihfG8qjhW04>

5.5 Kartell e le bioplastiche a base di barbabietola da zucchero

Una tra le aziende italiane più famose nel panorama del design mondiale, che ha rivoluzionato e fatto della **plastica** il suo cavallo di battaglia, è pronta a dare una svolta eco-friendly alle sue produzioni.

Kartell ha regalato negli anni, collezioni che hanno fatto la storia del design Made in Italy. All'inizio del secolo, la celebre e minimale sedia "La Marie", primo arredo al mondo prodotto in policarbonato, inaugurerà una collaborazione storica tra Kartell ed il designer Philippe Stark, oltre che un periodo d'oro per la pionieristica azienda bolognese.

Da sempre spinta dalla voglia di **innovare** e **rivoluzionare** il mondo del prodotto, ora che la sostenibilità deve diventare un focus imprescindibile all'interno delle produzioni industriali, Kartell è pronta ad abbracciare il mondo delle bioplastiche. Anzi, lo ha già fatto: nel 2017 ha sancito un'importante collaborazione con la "nascente" impresa italiana **Bio-On**, acquistandone il 2% delle quote, per un investimento pari a 10 milioni di euro. [14]

Bio-On è una realtà bolognese che dal 2007 opera nel campo delle biotecnologie. Negli anni ha messo a punto una **plastica organica** totalmente biodegradabile, ottenuta dalla fermentazione batterica dei residui della **barbabietola da zucchero** e della canna da zucchero; registrata come "**MINERV PHAs**", è stata inizialmente commercializzata solo nell'industria cosmetica. Proprio a partire da questa rivoluzionaria bioplastica si è sviluppata la partnership tra le due aziende, intente ad ampliarne la gamma di applicazioni. [15]

I primi risultati non si sono fatti attendere, nel 2019 Kartell ha presentato all'annuale "Salone del Mobile" di Milano, il primo mobile realizzato utilizzando la plastica MINERV PHAs. Per farlo, ha scelto uno dei pezzi più rappresentativi della sua storia, il mobile **contenitore componibile** disegnato nel 1967 da **Anna Castelli Ferrari**. Questo sarà, oltre che al 100% naturale, disponibile in quattro colorazioni: verde, rosa, crema e giallo (nella versione a tre moduli). [16]

[14] Sito web: <https://www.polimerica.it/articolo.asp?id=19151>

[15] Sito web: <http://www.bio-on.it/what.php>

[16] Sito web: https://www.polimerica.it/articolo.asp?id=21641&from_rss=yes



The background features a dynamic composition of overlapping geometric shapes. A large, solid yellow area occupies the right and bottom portions of the frame. On the left side, several dark blue, angular shapes overlap each other and the yellow area, creating a sense of depth and movement. The overall aesthetic is modern and minimalist.

Capitolo 6

6 Casi Studio



Nel seguente capitolo verranno analizzati una serie di casi studio riguardanti prodotti, prototipi, concept o semplicemente alcune provocazioni legate al mondo della biofabbricazione. Questa raccolta mira a fornire una visione d'insieme su quelli che sono i nuovi materiali del design ed i nuovi processi produttivi, ottenuti a partire dai cicli di vita della natura.

6.1 Selezione dei materiali

Il mondo dei materiali è ormai sempre più indirizzato verso una transizione ecosostenibile della produzione. Tra le tecnologie emerse negli ultimi anni, all'interno del mondo del biodesign, si porta all'attenzione una selezione di casi studio con differenti materie prime e processi produttivi, dei quali, fanno ovviamente parte gli organismi viventi.

L'individuazione dei casi è avvenuta conseguentemente ad un'approfondita ricerca nel campo dei materiali biofabbricati. Questi sono poi stati selezionati per poter rappresentare al meglio le loro **differenti tecnologie** ed applicazioni, oltre che le diverse **potenzialità** di ogni regno del vivente.

L'analisi seguente non pretende di rappresentare totalmente la categoria dei materiali biofabbricati; ma, al contrario, punta ad essere un'**ispirazione** per tutti i progettisti, designer o scienziati che intendano sviluppare il loro lavoro a partire da un approccio consapevole e sostenibile.

6.2 Schedatura e Criteri di lettura

Per facilitare la comprensione della ricerca e la conseguente analisi, si è provveduto a redigere una scheda per ogni caso studio selezionato.

I materiali sono stati raggruppati ed esposti in base alla diversa appartenenza ai regni del vivente delle loro materie prime, ed elencati seguendo il criterio d'ordine del III capitolo.

La schedatura riporta le informazioni generali riferite al caso studio (nome, anno, designer, regno di appartenenza, un breve racconto sulla storia del materiale, nome dell'azienda

ed un rapido identikit di quest'ultima); ma anche informazioni di carattere più tecnico (come le materie prime, il processo produttivo e la comunicazione del prodotto). Si è provveduto inoltre alla categorizzazione delle tecnologie tramite la metodologia **TRL** (Technology Readiness Level) [1], un sistema di classificazione dei materiali in base alla fase di sviluppo in cui si trovano.

Il tutto è accompagnato da immagini rappresentative e di riferimento; con una sezione dedicata all'identità del materiale (texture e colorazioni disponibili).

Livello di TRL	Descrizione
TRL 1	Osservati i principi fondamentali
TRL 2	Formulato il concetto della tecnologia
TRL 3	Prova di concetto sperimentale
TRL 4	Tecnologia convalidata in laboratorio
TRL 5	Tecnologia convalidata in ambiente (industrialmente) rilevante
TRL 6	Tecnologia dimostrata in ambiente (industrialmente) rilevante
TRL 7	Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo
TRL 8	Sistema completo e qualificato
TRL 9	Sistema reale provato in ambiente operativo (produzione competitiva, commercializzazione)

Tabella esplicativa dei diversi livelli di TRL (Technology Readiness Level)

6.3 Ambiti applicativi e legenda icone

Come ampiamente trattato nei capitoli precedenti, i materiali biofabbricati, possono - e potranno sempre più - essere impiegati in vari **ambiti progettuali**.

Per aiutare ed alleggerire la lettura delle schede, gli ambiti applicativi sono stati rappresentati tramite **icone**, classificando i materiali schedati in diversi insiemi che identificano gli ambiti di maggiore - o potenziale - applicazione dei materiali.

La categorizzazione degli ambiti e la conseguente scelta di rappresentarli tramite icone all'interno della scedatura, nasce dallo spunto preso dal libro **Materiology** [2].



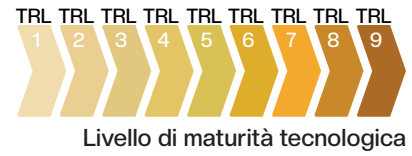
[1] Sito web: https://it.wikipedia.org/wiki/Technology_Readiness_Level

[2] D. Kula, É. Ternaux, Q. Hiersinger, *Materiology. The creative's guide to materials and technologies*, Frame Publishers, Amsterdam 2009.

Layout schedatura

#N Nome

Anno
Azienda
Designer
Regno di appartenenza



Storia del materiale

Placeholder for the material history content.




Materie Prime

Placeholder for the raw materials content.

Processo Produttivo

Placeholder for the production process content.

Azienda

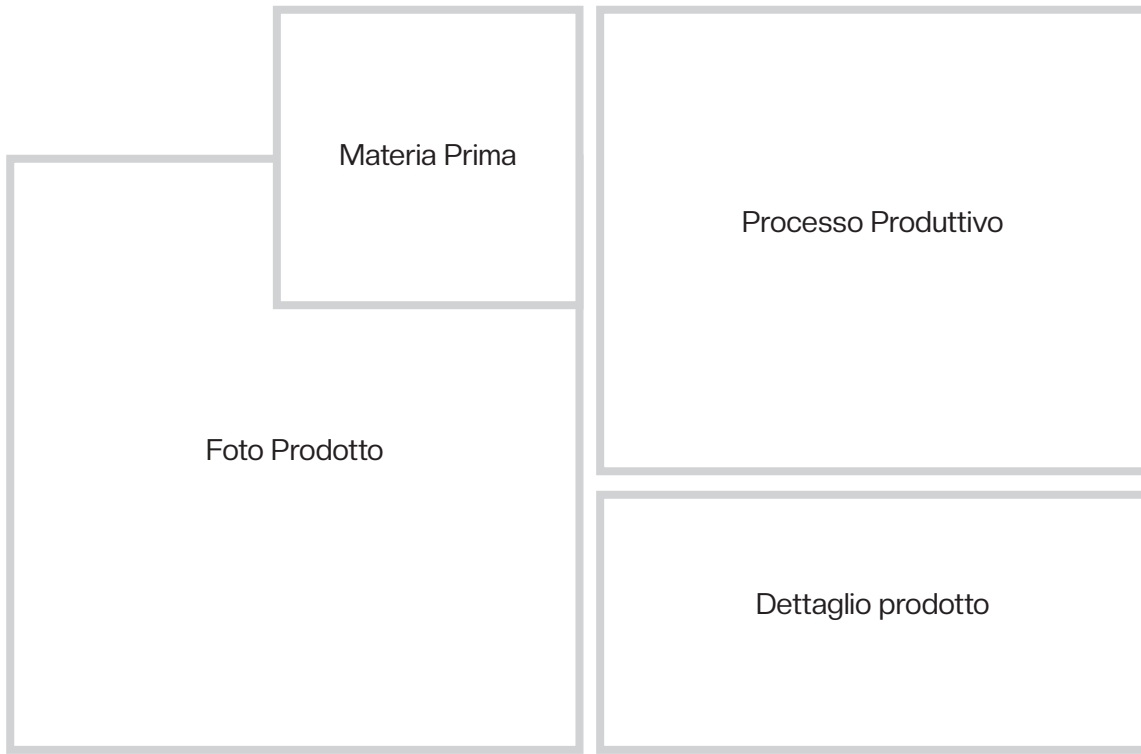
-  Anno di fondazione
-  Località
-  Sito Web

Fonti

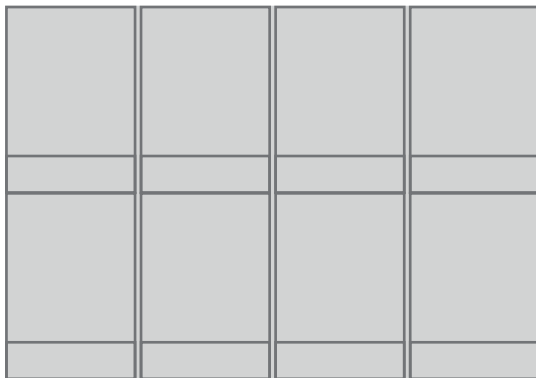
Placeholder for the sources content.

Comunicazione Prodotto

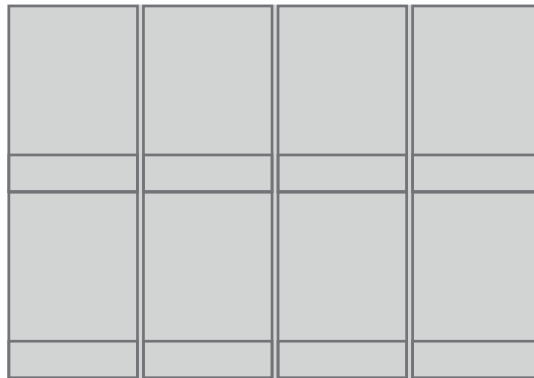
Placeholder for the product communication content.



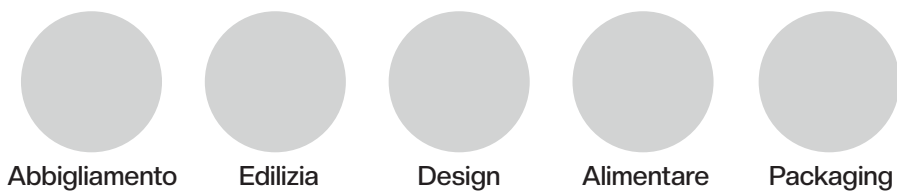
Colorazioni



Texture



Ambiti Applicativi



#1 BioCouture

Anno: 2010

Designer: Suzanne Lee

Regno di appartenenza: Monere



Sistema completo e qualificato

Storia del materiale

"Biocouture è nato come un progetto di ricerca accademica, il risultato di una conversazione che ho avuto con un biologo durante la ricerca del mio libro. La mia domanda iniziale era "In quale altro modo possiamo creare materiali per un futuro sostenibile?" – Suzanne Lee

Sin dai primi anni del 2000, Suzanne Lee si impegna nel ricercare e fornire un' **alternativa** ai materiali tradizionalmente usati nel mondo della moda ed abbattere danni e consumi legati ad essi. Da qui l'idea di utilizzare microrganismi viventi, da **far crescere, fermentare e trattare** fino ad ottenere questo materiale, simile alla pelle, e totalmente sostenibile per il pianeta.

Azienda



2010



Gran Bretagna



<https://www.biofabricate.co/>

Fonti

<https://www.launch.org/innovators/suzanne-lee/>

https://www.ted.com/speakers/suzanne_lee

<http://xsead.cmu.edu/works/85>

Materie Prime

Coltura di batteri e lieviti, lasciati proliferare in una soluzione di tè verde di kombucha e zucchero.

Processo Produttivo

Il processo prevede l'utilizzo di un paio di vasche da bagno, del **thè verde zuccherato** e del lievito; da questo composto batterico cominceranno a germogliare e a propagarsi delle **fibre**, formando dei **fogli** sottili di **cellulosa batterica**. Mentre sono ancora umidi questi vengono modellati per ottenere gli abiti e, una volta asciugati, i fogli possono essere messi uno sopra l'altro ed essere colorati con particolari tinture vegetali come per esempio la curcuma, l'indaco o le barbabietole.

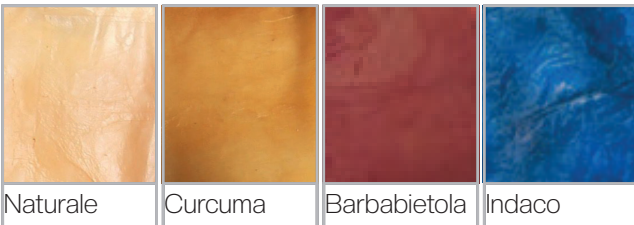
Comunicazione Prodotto

BioCouture ha creato una **comunità open source** di innovatori materiali, al fine di far avanzare rapidamente innovazioni mai immaginate prima, in questo settore.

Dal sito ufficiale di BioCouture (fino al 2019), era possibile scaricare una scheda con le istruzioni per produrre il proprio materiale organico direttamente a casa.



Colorazioni



Texture



Ambiti Applicativi



Abbigliamento



Design



Packaging

#2 Ponto

Anno: 2019

Azienda: Ponto Biodesign

Designer: Elena Amato

Regno di appartenenza: Monere



Sistema completo e qualificato

Storia del materiale

La designer guatemalteca Elena Amato ha fondato nel 2019 Ponto Biodesign, laboratorio di biofabbricazione e studio di design, dove ha creato **fogli di cellulosa batterica** con qualità simili alla carta come alternativa sostenibile agli imballaggi in plastica utilizzati nei prodotti per la cura della persona. Ha progettato il suo concetto di imballaggio in modo che avesse **tre strati** e imitasse il sistema di imballaggio naturale di un frutto.

"Disimballare e utilizzare il prodotto replica l'atto di sbucciare e consumare un frutto e conferisce una sensazione naturale; Questa idea è stata ispirata dal concetto 'disimballare di meno, sbucciare di più'." E. Amato

Azienda



2019



Brasile



<https://www.picuki.com/profile/ponto-biodesign>

Fonti

https://omuus.com/when_biology_and_design_meet

<https://www.buzzsprout.com/1387489/7078294>

<https://www.dezeen.com/2019/02/28/elena-amato-bacteria-packaging-design/#>

Materie Prime

Coltura batterica, lievito e acqua.

Processo Produttivo

I fogli di cellulosa batterica sono stati sviluppati utilizzando una miscela di **acqua** e una coltura di **batteri** e **lievito**, che viene miscelata insieme prima di essere stesa su una superficie piana e liscia e lasciata asciugare. I fogli risultanti sono un materiale con caratteristiche a metà tra carta e plastica. **Pigmenti naturali** come spirulina, ibisco, zafferano e carbone vengono aggiunti alla miscela durante il processo di miscelazione per ottenere colori diversi.

Comunicazione Prodotto

L'imballaggio è progettato in modo da avere tre strati d'imiti il sistema di imballaggio naturale che si trova su un **frutto**, composto da succo, polpa e una buccia esterna. Lo strato interno del design di Amato è il prodotto per la cura della persona; il secondo strato è un contenitore naturale solido, utilizzato per conservare il prodotto all'interno. Il terzo strato esterno è il foglio di cellulosa batterica e serve a proteggere il contenitore del sapone sottostante, visualizzando anche le informazioni di marca del prodotto.



Colorazioni



Texture

Texture naturale del materiale

Ambiti Applicativi



Abbigliamento



Packaging

#3 Biomason

Anno: 2017

Azienda: Biomason

Designer: Ginger Krieg Dosier

Regno di appartenenza: Monere



Sistema reale provato in ambiente operativo

Storia del materiale

A differenza dei tradizionali materiali di costruzione, per produrre i quali è necessario un processo fortemente energivoro a causa della cottura ad altissime temperature, BioMason è un mattone che cresce da solo, così come fanno i coralli. Un altro aspetto interessante dell'innovazione è che, trattandosi di un prodotto organico, BioMason ha la capacità di **'respirare'** e di assorbire le particelle inquinanti presenti in atmosfera. Questa caratteristica lo rende molto attrattivo per il settore del **greenbuilding**, ideale per le cosiddette facciate mangia-smog che sono sempre più in voga in architettura.

Materie Prime

Soluzione batterica, sabbia.

Processo Produttivo

Il mattone si compone di **sabbia** che viene versata in appositi stampi a cui vengono aggiunti dei batteri che, nutriti con una speciale soluzione, formano dei cristalli di carbonato di calcio; In circa 48-72 ore, il mattone raggiunge le dimensioni adeguate ed è pronto per essere utilizzato.

I prodotti di Biomason disponibili in commercio superano le proprietà fisiche dei materiali standard per resistenza alla compressione, assorbimento, gelo-disgelo, adesione e tolleranza dimensionale, oltre ad essere più sicuri per l'uomo e per il pianeta.

Azienda



2012



USA



<https://biomason.com/>

Fonti

<https://www.green.it/biomateriali/>

<https://www.rinnovabili.it/featured/bioedilizia-ecomattone-cresce-come-corallo-222/>

Comunicazione Prodotto

Biomason è l'**unica** azienda al mondo che utilizza la biologia per produrre e vendere il cemento. La maggior parte della comunicazione dell'azienda passa dai suoi canali social.



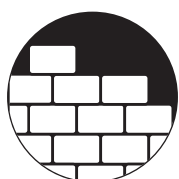
Colorazioni

Colore naturale del materiale

Texture

Texture naturale del materiale

Ambiti Applicativi



Edilizia



Design

#4 Adidas Biofabric

Anno: 2016

Azienda: AM Silk | Adidas

Regno di appartenenza: Monere / Animali



Sistema reale provato in ambiente operativo

Storia del materiale

Nel 2016 il colosso di abbigliamento sportivo Adidas ha realizzato Futurecraft Biofabric: una scarpa realizzata in **biosteel**, una fibra ad alte prestazioni che replica la seta. L'azienda tedesca di biomateriali Amsilk, ha cominciato a produrre questa fibra ad alte prestazioni nel 2015, a base naturale e completamente biodegradabile a partire da **lieviti e batteri**. La **fibra** utilizzata per la scarpa, presenta ottime caratteristiche dal punto di vista della **performance**: infatti pesa il 15% in meno rispetto a una fibra sintetica tradizionale e ha il potenziale per diventare il materiale più resistente a matrice naturale.

Nel 2016, alla Biofabricate Conference di New York, Amsilk e Adidas hanno annunciato una collaborazione al fine di esplorare il panorama di possibilità nel settore del performance-wear che una fibra come Biosteel può aprire.

Azienda

 2008

 Germania

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

Fonti

<https://www.textiletechnology.net/fibers/news/amsilk-production-of-bio-fabricated-silk-up-to-6-million-tons-31931>

<https://news.adidas.com/running/adidas-unveils-futurecraft-biofabric---world-s-first-performance-shoe-made-from-biosteel-fiber/s/1c2ea0f1-abcf-4f88-a528-ef82e6ea348c>

Materie Prime

batteri, DNA del ragno tessitore; (biopolimeri)

Processo Produttivo

Il biosteel, considerabile una **seta vegana**, viene creato attraverso un processo, totalmente naturale, che prevede il trasferimento del codice genetico di un filo di ragno ad una coltura di batteri in un bioreattore. Questo ambiente permette la creazione di **proteine della seta** che vedono appunto diverse applicazioni, come ad esempio, quella delle fibre tessili. Lo scopo è quello di creare un prodotto sostenibile di origine naturale e 100% biodegradabile.

Comunicazione Prodotto

Attualmente Amsilk risulta il leader a livello industriale per la produzione di queste fibre. Con questa scarpa Adidas ha aperto nuove porte ai processi di innovazione delle sneakers, riaffermando il suo impegno nell'esplorazione di materiali sostenibili.



Ambiti Applicativi



Abbigliamento



Design

#5 Second Skin

Anno: 2015

Azienda: Tangible Media | MIT Media Lab

Designer: Lining Yao

Regno di appartenenza: Monere



Sistema completo e qualificato

Storia del materiale

La designer cinese Lining Yao ha messo appunto nel 2015, un tessuto **bio-reattivo** che reagisce e si adatta alle condizioni corporee di chi lo indossa.

All'interno del progetto "bioLogic" del Tangible Media Lab dell'MIT, Yao ed i suoi collaboratori hanno creato "Second Skin" una T-Shirt in bio-pelle sintetica che reagisce al sudore, regolando l'apertura di lembi posizionati intorno alle zone di calore. A rendere possibile il processo è la presenza di un **batterio vivo** comunemente usato all'interno della cucina giapponese, che **reagisce** all'**umidità** atmosferica.

Materie Prime

La parte 'meccanica' del tessuto viene attivata da un batterio assemblato ad uno strato inferiore di *bio-film*.

Processo Produttivo

Lo stato bio-attivo contenente le cellule vive che andranno ad "animare" questo speciale indumento tecnico, vengono impresse su delle alette specificamente sagomate, attraverso un sistema di **bio-stampa** a risoluzione micron. Il batterio **Bacillus Subtilis Natto** reagisce all'aumentare ed al diminuire di sudore e calore e, in un processo del tutto retroattivo, si espande e si restringe per permettere l'apertura o la chiusura delle fessure applicate al tessuto.

Azienda



1985



USA



<https://www.media.mit.edu/>

Fonti

<https://arts.mit.edu/biologics-living-textile/>

<https://www.thefashionatlas.com/atlas-the-fashion-atlas/trends/second-skin-labito-che-si-tras-forma-quando-sudi.php>

<https://www.textilecomo.com/news/BioLogic-Living-Materials-il-caso-Second-Skin>

Comunicazione Prodotto

Second Skin è il risultato di una significativa collaborazione tra il Media Lab dell'MIT e **New Balance**; questa futuristica T-Shirt si è guadagnata una serie di riconoscimenti, tra cui il **Red Dot Award** 2016. Lining Yao ha presentato il risultato della sua ricerca in tutto il mondo tramite **convegni** ed **interviste**. In Italia, in particolare, ha partecipato al "Meet the Media Guru" del 2017, presso il Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia di Milano.



Ambiti Applicativi



Abbigliamento



Design

#6 MOGU Acoustics

Anno: 2019

Azienda: MOGU

Designer: Montalti, Rabbini, Grati, Piatti

Regno di appartenenza: Funghi



Sistema reale provato in ambiente operativo

Storia del materiale

Mogu ha messo a punto dei **pannelli acustici** e pavimentazioni ad alta resilienza a impatto zero, completamente biodegradabili, basati esclusivamente su sostanze biologiche. Risultato di cinque anni di ricerca e sviluppo della tecnologia del micelio, i materiali sono stati ottenuti facendo crescere il micelio su fibre organiche di scarti agricoli o alimentari a freddo, dopo la loro depurazione da microrganismi nocivi al fungo per la sua crescita. Il materiale biocomposito finale non contiene spore, sostenendo **ambienti sani e sicuri**.

Materie Prime

Il micelio fungino è alimentato da una miscela di scarti agro-industriali.

Processo Produttivo

I residui agro-industriali, sterilizzati con il vapore, vengono chiusi in un apposito sacco che permette lo scambio controllato di gas con l'esterno. All'interno vengono inserite le spore di ceppi fungini selezionati, che inizieranno a crescere nutrendosi degli zuccheri complessi contenuti nella biomassa. Il materiale così ottenuto viene tritato e stampato nella forma desiderata, quindi essiccato a 90 gradi per devitalizzare il fungo. Si ottiene così un materiale leggero come il polistirene espanso e **biodegradabile, impermeabile e resistente alla fiamma**.

Azienda



2015



Italia



<https://mogu.bio/>

Fonti

<https://www.area-arch.it/foresta-pannelli-acustici-composti-da-funghi/>

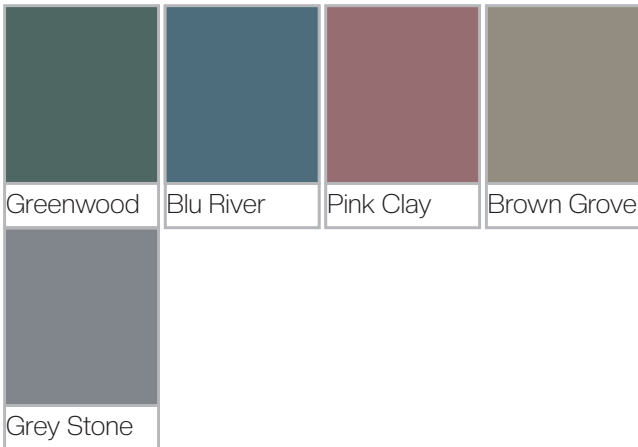
<https://www.plastix.it/mogu-polistirene-bio-dai-funghi/>

Comunicazione Prodotto

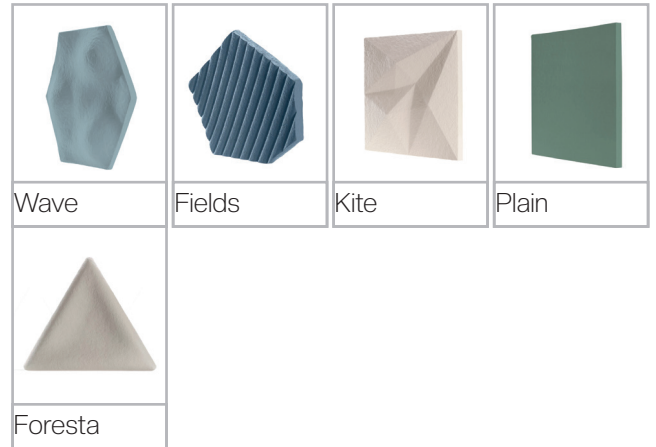
Oltre ad avere caratteristiche che li rendono ecologici e rispettosi dell'ambiente, i prodotti di Mogu sono progettati con un occhio di riguardo all'aspetto estetico: **bello e naturale** è possibile, e queste soluzioni di interior design che riassumono la piacevolezza delle linee, con la qualità dei materiali sono sempre più utilizzate per ambienti abitativi di lusso. Dal sito ufficiale Mogu, è possibile scaricare oltre a catalogo e specifiche tecniche, anche cad, modelli 3D e disegni dei prodotti.



Colorazioni



Texture



Ambiti Applicativi



Design



Packaging

#7 Loop Living Cocoon

Anno: 2020

Azienda: Loop Bio Tech

Designer: Bob Hendrixx

Regno di appartenenza: Funghi



Sistema reale provato in ambiente operativo

Storia del materiale

Il ricercatore olandese Bob Hendrixx ha fondato, all'interno del campus dell'Università Tecnologica di Delf, la startup "Loop Bio Tech" con una visione: dare una "nuova vita" alla morte, rendendo i defunti e le loro **bare** un nutriente per la terra più che un elemento inquinante.

Ispirato sull'utilizzo del **micelio** durante la design week olandese del 2019, Hendrixx ed il suo team hanno recentemente presentato sul mercato il 'Loop Living Cocoon', una bara "viva" che una volta posizionata nel terreno si decompone insieme al corpo al suo interno. Questo speciale "bozzolo", oltre a favorire il **compostaggio** del defunto, rimuove contemporaneamente le sostanze tossiche dalla terra, creando **condizioni più ricche** per la crescita di nuove piante.

Azienda

 2020

 Paesi Bassi

 <https://www.loop-of-life.com/>

Fonti

<https://www.youtube.com/watch?v=9hT09E-4M0s>

<https://www.dezeen.com/2020/09/16/bob-hendrixx-living-cocoon-mycelium-coffin/>

<https://www.tudelftcampus.nl/blog/2021/11/24/bob-hendrixx-innovates-living-mycelium-as-a-raw-material-for-loop-living-cocoon/>

Materie Prime

Micelio, truciolati legnosi e muschio.

Processo Produttivo

Le bare **cregono** letteralmente nei laboratori della startup, il micelio viene alimentato da scarti e truciolati legnosi all'interno di stampi a temperatura controllata. Dopo circa una settimana, il prodotto è pronto e viene **essiccato** per bloccare il processo del micelio, che riprenderà la sua azione una volta esposto all'acqua ed alle temperature del suolo. Mentre la bara impiegherà quattro/sei settimane, il corpo umano si decomporrà in circa tre anni all'interno del 'Loop'; uno strato di **muschio morbido** posizionato alla base contribuisce alla decomposizione del corpo.

Comunicazione Prodotto

La comunicazione di questo progetto passa per lo più attraverso i **canali social** dell'azienda. Loop Bio Tech si sta facendo conoscere all'interno del mondo delle startup e soprattutto in quello del mercato funebre come una delle più innovative e promettenti realtà a livello mondiale.



Colorazioni

Colore naturale del materiale

Texture

Texture naturale del materiale

Ambiti Applicativi



Design



Packaging

#8 Mylo

Anno: 2021

Azienda: Bolt Threads | Stella McCartney

Designer: Dan Widmaier, David Breslauer

Regno di appartenenza: Funghi



Sistema reale provato in ambiente operativo

Storia del materiale

Da oltre vent'anni la fashion designer Stella McCartney ha deciso di non utilizzare pelli, piume o pellicce nelle sue **collezioni d'abbigliamento**. Spinta dal suo amore per gli animali e dal rispetto dell'ambiente Stella ha, fino a qualche anno fa, usato esclusivamente una pelle sintetica a base di poliestere riciclato.

Ma non era abbastanza; nel 2016 la designer è entrata per la prima volta in contatto con 'Bolt Threads', un'azienda americana di **biomateriali**. Da allora le due realtà hanno lavorato a stretto contatto nel perfezionare "Mylo": una biofabbricata ottenuta dal micelio, messa ufficialmente in commercio dalla casa di moda nel 2021. Stella McCartney ha presentato al pubblico un bustino e dei pratici pantaloni corvino, composti da una pelle naturale che non ha nulla da invidiare alle tradizionali pelli animali.

Azienda

 2009

 USA

 <https://boltthreads.com/>

Fonti

https://www.ted.com/talks/dan_widmaier_the_future_of_fashion_made_from_mushrooms

<https://www.mylo-unleather.com/>

<https://www.vogue.com/article/stella-mccartney-first-mylo-mushroom-leather-alternative-ready-to-wear>

Materie Prime

Steli di mais ed altre sostanze nutritive alimentano le cellule di micelio.

Processo Produttivo

All'interno dei laboratori 'Bolt' le cellule di micelio vengono posizionate su letti di **steli di mais** ed arricchite da altre sostanze nutritive per far sì che, a condizioni di temperatura ed umidità controllate, il micelio si assembli in maniera autonoma in un reticolo tridimensionale elastico e resistente. Questo materiale verrà poi **essiccato**, **pressato** e **conciato** (ed eventualmente tinto) per ottenere una eco-pelle naturale, biodegradabile ed atossica.

Comunicazione Prodotto

Da sempre la **sostenibilità** dei suoi prodotti rappresenta il punto forte della comunicazione di Stella McCartney. La collezione di capi in pelle 'Mylo' si è arricchita nel 2022 della borsetta Frayme Mylo, presentata durante la **settimana della moda** di Parigi. Tutta la campagna estiva del marchio, intitolata "Fashion Funghi" ruota intorno al mondo dei funghi e della natura.



Colorazioni



Texture



Ambiti Applicativi



Abbigliamento



Design

#9 Korvaa

Anno: 2019

Azienda: Aivan

Designer: Nina Pulkkis

Regno di appartenenza: Funghi



Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo

Storia del materiale

Lo studio di design finlandese Aivan ha intrapreso, in collaborazione con "Aalto University", un progetto sperimentale multidisciplinare che ha portato alla realizzazione di 'Korvaa', le prime cuffie al mondo prodotte **interamente** tramite biofabbricazione.

Il risultato risponde brillantemente alle necessità di un **prodotto non semplice** da comporre, richiedendo materiali rigidi e solidi, simili alla schiuma o flessibili, nonché materiali in tessuto a rete.

Il nome del prodotto deriva dalla lingua finlandese, dove "Korva" è il termine anatomico per "orecchio" e "Korvaa" è un verbo, che significa "compensare o sostituire".

Azienda

 2007

 Finlandia

 <https://aivan.fi/>

Fonti

<https://aivan.fi/case/korvaa-the-worlds-first-microbe-grown-headset/>

<https://www.dezeen.com/2019/05/24/korvaa-headphones-bioplastic-fungus-yeast-materials-aivan/>

<https://vimeo.com/337679526>

Materie Prime

Il telaio è formato da una bioplastica di acido polilattico; la copertura a rete per gli altoparlanti è una fibra a base di seta di ragno prodotta microbicamente; mentre l'imbottitura delle cuffie ed il loro rivestimento sono entrambe a base fungina.

Processo Produttivo

La parte del telaio è stampato in 3D con una plastica (PLA) **coltivata** utilizzando l'acido lattico nel **lievito** di birra. Per l'imbottitura gli scienziati hanno unito alla cellulosa una proteina schiumosa (idrofobina) prodotta dal **fungo** *Trichoderma reesei*; per coprire la 'schiuma' è stato invece utilizzato il micelio, coltivato e compresso per ottenere una simil-pelle.

Comunicazione Prodotto

"Korvaa" nasce come **progetto esplorativo** non destinato alla commercializzazione. Il lavoro dei ricercatori è stato presentato ed esposto alla biennale "Fiskars Village Art & Design" in Finlandia ed alla "Helsinki Design Week" del 2019, accompagnato da un documentario. Sulle proprie piattaforme web, il progetto ha registrato **oltre 350 milioni di visualizzazioni**.



Colorazioni

Colore naturale del materiale

Texture

Texture naturale del materiale

Ambiti Applicativi



Abbigliamento



Design



Packaging

#10 MycoTree

Anno: 2017

Azienda: Block Research Group

Designer: Dirk Hebel, Philippe Block

Regno di appartenenza: Funghi



Tecnologia dimostrata in ambiente rilevante

Storia del materiale

"Vogliamo dimostrare che potrebbero esserci materiali da costruzione alternativi che non ci mettono nei guai con il nostro mondo, ma che devono andare insieme a una sorta di progettazione." – Philippe Block

L'architetto Dirk Hebel e l'ingegnere Philippe Block hanno utilizzato i funghi per costruire delle **strutture autoportanti**: hanno creato una struttura a forma di albero composta quasi interamente da micelio.

La loro installazione, denominata "MycoTree", consiste in dozzine di componenti di micelio che si **supportano a vicenda in compressione**. Questi componenti sono fissati l'uno all'altro con un sistema di piastre terminali in bambù e tasselli di metallo, ma è il micelio a sostenere tutto il carico.

Azienda

 2009

 Svizzera

 <https://block.arch.ethz.ch/brg/>

Fonti

<https://block.arch.ethz.ch/brg/project/mycotree-seoul-architecture-biennale-2017>

<https://www.dezeen.com/2017/09/04/mycotree-dirk-hebel-philippe-block-mushroom-mycelium-building-structure-seoul-biennale/>

Materie Prime

Bambù, micelio e scarti alimentari (segatura e canna da zucchero)

Processo Produttivo

Per creare i blocchi, le **spore dei funghi** vengono combinate con un mix alimentare che include segatura e canna da zucchero; il micelio consuma i nutrienti ed entro un paio di giorni inizia a trasformarsi in una massa **densa e spugnosa**. Viene quindi trasferito negli **stampi**, dove continua a addensare. Dopo circa due settimane, a processo completato, il materiale viene **disidratato** per uccidere l'organismo e fermare il processo di crescita. Può quindi essere utilizzato come elemento costitutivo.

Comunicazione Prodotto

La costruzione 'MycoTree' è un'**installazione** quasi provocatoria sui possibili utilizzi dei materiali alternativi nell'edilizia. È stata esposta, registrando molto successo, presso della **Biennale di Seoul** del 2017.



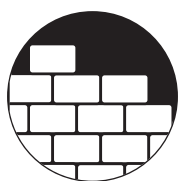
Colorazioni

Colore naturale del materiale

Texture

Texture naturale del materiale

Ambiti Applicativi



Edilizia



Design

#11 Biolace

Anno: 2012

Designer: Carole Collet

Regno di appartenenza: Piante



Tecnologia convalidata in laboratorio

Storia del materiale

"Biolace propone di utilizzare la biologia sintetica come tecnologia ingegneristica per riprogrammare le piante in fabbriche multiuso" - Carole Collet

L'ingegneria biologica potrebbe promuovere un nuovo tipo di **produzione tessile** sostenibile, meno dipendente dai prodotti chimici e meno energivora rispetto ai nostri attuali modelli di produzione. Con questa visione la designer Carole Collet propone, attraverso il progetto 'Biolace', una serie di quattro nuove specie di **piante**, geneticamente modificate, che produrrebbero **cibo** "aumentato" contemporaneamente alla crescita di **tessuti** dalle loro radici.

Il concetto di Biolace risponde alla necessità di produrre cibo e tessuti a sufficienza per la popolazione mondiale in rapida espansione.

Azienda

 Gran Bretagna

 <http://www.carolecollet.com/>

Fonti

<https://www.dezeen.com/2013/11/30/genetically-engineered-plants-that-produce-edible-textiles-by-carole-collet/>

<http://thisisalive.com/biolace/>

Materie Prime

Piante bio-ingegnerizzate di pomodoro, fragola, spinaci e basilico.

Processo Produttivo

Le piante sono soggette a **modificazioni genetiche**, in modo tale che i loro valori nutrizionali siano migliorati e le loro radici crescano a **motivo di pizzo**, il che significa che ogni parte della pianta è utilizzabile in contesti molto diversi. La pianta denominata "Factor 60 Tomato" presenta un pizzo commestibile **ricco di proteine** che cresce dalle sue radici, oltre che alti livelli di un **nutriente** (chiamato licopene) che potrebbe aiutare a migliorare la resistenza della pelle alle scottature solari. La "Basil N° 5" è una pianta di basilico che potrebbe produrre **antivirali medicinali** e **pizzi profumati** da utilizzare in applicazioni di moda decorative.

Comunicazione Prodotto

Lo scopo di questo progetto è portare alla luce il **potenziale** delle tecnologie viventi emergenti e mettere in discussione i pro e contro di un'ingegneria genetica così estrema. 'Biolace' è un prodotto **provocatorio** che punta a far riflettere sul futuro delle produzioni tessili ed alimentari; le sue creazioni sono state esposte con successo nelle **mostre** e nei **musei** di tutto il mondo.



Colorazioni

Colore naturale del materiale

Ambiti Applicativi



Abbigliamento



Design



Alimentare

#12 Bloom Foam

Anno: 2016

Azienda: BLOOM | Vivobarefoot

Designer: Rob Falken, Ryan Hunt

Regn di appartenenza: Piante



Sistema reale provato in ambiente operativo

Storia del materiale

BLOOM è un marchio Algix, azienda fondata nel 2010 da Ryan Hunt e Mike Van Drunen, con l'idea di ripulire l'ambiente fornendo al mondo materiali sostenibili a base di **alghe**. Algix ha trascorso 2 anni sviluppando e perfezionando il **processo di estrusione**, oltre a sviluppare una tecnologia di raccolta ed essiccazione, creando così un'operazione commercialmente valida. Algix si è collegata con governi, università e società private che stavano ricercando la biotecnologia delle alghe, costruendo una rete di fornitori di alghe.

Il primo lancio di calzature è stata la scarpa da acqua "Vivobarefoot Bloom Ultra III"; presenta una **schiuma di alghe** come tomaia stampata a iniezione per mostrare il materiale Bloom in modo altamente visibile.

Azienda



2014



USA



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

Fonti

<https://www.bloommaterials.com/the-bloom-story/>

<https://www.asicentral.com/news/web-exclusive/november-2017/qa-using-algae-to-create-sustainable-footwear/>

<https://www.vivobarefoot.com/eu/ultra-iii-bloom-mens>

Materie Prime

Biomassa di alghe verdi, unita alla plastica polimerica 'EVA'.

Processo Produttivo

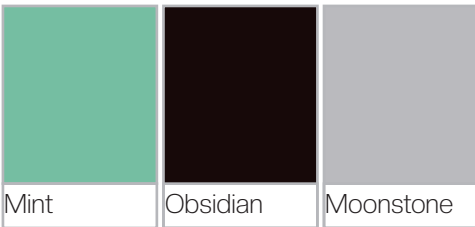
Le schiume BLOOM possono contenere fino al 60% di **biomassa di alghe**, la restante parte è composta da plastica EVA. Oltre alla composizione del prodotto, il fattore sostenibilità deriva dal processo di raccolta delle alghe: vengono **raccolte** solo alghe selvatiche da fonti d'acqua dolce ad alto rischio di fioritura algale, restituendo acqua pulita e filtrata all'habitat. Per la realizzazione delle calzature 'Vivobarefoot', la schiuma di alghe è stata **stampata ad iniezione** con un design a nido d'ape.

Comunicazione Prodotto

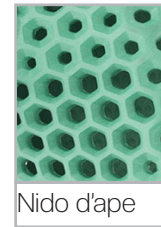
Vivobarefoot ha, negli anni, fatto del rapporto uomo-natura la sua 'mission'. La maggior parte della comunicazione passa attraverso i suoi **canali social**; e dal proprio **sito web**, dove è possibile trovare le calzature in spugna Bloom, in una sezione "Vegan" dedicata.



Colorazioni



Texture



Ambiti Applicativi



Abbigliamento



Design



Packaging

#13 Biogarmetry

Anno: 2019

Anno: Material Incubator | TU Delft

Designer: Roya Aghighi

Regno di appartenenza: Piante



Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo

Storia del materiale

Biogarmetry è il primo 'tessuto-non-tessuto' al mondo creato con **cellule viventi** e **fotosintetiche**.

Un progetto curato dalla ricercatrice della TU Delft, Roya Aghighi e nato dai laboratori del Material Incubator in Olanda, con l'obiettivo di investigare nuove possibilità per il futuro della moda.

I **tessuti** 'Biogarmetry' si presentano come dei veri e propri **organismi viventi**, ottenuti a partire dalle alghe verdi, sono capaci di respirare (trasformando l'anidride carbonica in ossigeno), crescere ed anche morire.

Materie Prime

Alghe verdi unicellulari, filate insieme a dei nano-polimeri.

Processo Produttivo

Per realizzare il tessuto per Biogarmetry un'**alga verde unicellulare**, chiamata '*chlamydomonas reinhardtii*', viene **filata** insieme a dei **nano polimeri**. Il risultato, che sembra lino, è un tessuto vivo che trasforma l'anidride carbonica in ossigeno, tramite la fotosintesi. Il bioindumento viene attivato dall'**esposizione alla luce solare**; che lo indossa dovrebbe "mantenerlo in vita" spruzzandolo con dell'acqua una volta alla settimana.

Azienda



2019



Paesi Bassi



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

Fonti

<https://www.dezeen.com/2019/10/02/biogarmentry-roya-aghighi-living-clothes-photosynthesis/>

<https://www.materialincubator.com/biogarmentry>

<https://www.elledecor.com/it/lifestyle/a34024997/tessuto-vivente-biogarmentry/>

Comunicazione Prodotto

Questo sorprendente prodotto è nato dal **progetto esplorativo** dell'Università tecnologica di Delft, in collaborazione con il produttore canadese di abbigliamento sportivo 'Lululemon Athletica Inc.', da sempre impegnato nella sostenibilità dei suoi materiali. Il risultato si presenta come una delle alternative più sostenibile alla piaga del fast fashion.



Colorazioni

Colore naturale del materiale

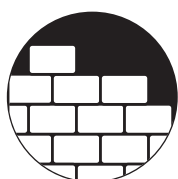
Texture

Texture naturale del materiale

Ambiti Applicativi



Abbigliamento



Edilizia



Design

#14 Dogless Hotdog

Anno: 2017

Azienda: SPACE10

Designer: Simon Perez

Regno di appartenenza: Piante



Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo

Storia del materiale

Il laboratorio di ricerca e design 'SPACE10' sta esplorando le possibili applicazioni delle **alghe**, uno tra gli organismi a più rapida crescita al mondo, come una delle possibili materie prime del futuro. Le alghe contengono il doppio delle **proteine** rispetto alla carne. Sono anche ricche di vitamine e minerali, tra cui più **beta-carotene** delle carote e più **ferro** degli spinaci; ciò significa che hanno il potenziale per diventare il "super-cibo" del futuro. Spinto da questa visione, il team di SPACE10 in collaborazione con lo chef Simon Perez, ha sperimentato l'utilizzo delle alghe come **alternativa alimentare** nella creazione di un hot-dog "green": il 'Dogless Hotdog'.

Materie Prime

Pane a base di spirulina (alga verde) farcito con verdure e derivati.

Processo Produttivo

Le microalghe come la spirulina vengono coltivate nelle **fattorie idroponiche** dei laboratori sotterranei di SPACE10; queste non occupano grandi quantità di spazio e possono crescere in **acqua non potabile** e su **terreno non coltivabile**. Facile e veloce da coltivare, la spirulina è stata utilizzata dallo chef nella composizione dell'**impasto** del suo panino, poi farcito con una pasta di semi di zucca, carote essiccate e glassate, maionese di senape e curcuma, ketchup di barbabietola e frutti di bosco, insalata di cetrioli e cipolle arrostiti.

Azienda



2015



Danimarca



<https://space10.com/>

Fonti

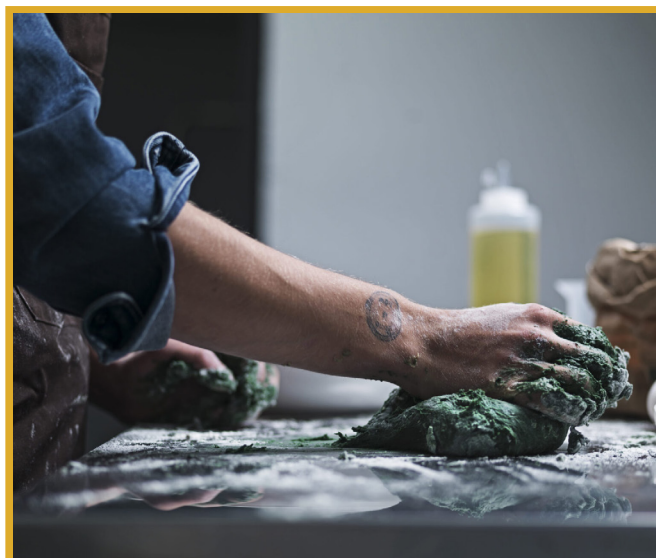
<https://space10.com/project/algae-dome/>

<https://www.dezeen.com/2017/12/06/video-space10-microalgae-pavilion-algae-dome-buildings-movie/>

<https://www.designboom.com/design/space10-algae-dome-chart-art-fair-copenhagen-09-05-2017/>

Comunicazione Prodotto

Il 'Dogless Hotdog' fa parte di una serie di **sperimentazioni** esposte dallo studio SPACE10 all'interno dell'"**Algae Dome**": un padiglione in compensato alto quattro metri che ospita un **foto-bioreattore**, un sistema a circuito chiuso che produce un'enorme quantità di microalghe. Presentato per la prima volta nel 2017, alla **fiera d'arte "CHART"** di Copenaghen, è stato progettato per avviare conversazioni su come si potrebbe sviluppare un modo di vivere migliore, più significativo e più sostenibile.



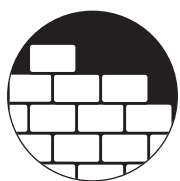
Colorazioni

Colore naturale del materiale

Texture

Texture naturale del materiale

Ambiti Applicativi



Abbigliamento



Edilizia

Design

Alimentare

Packaging

#15 DS Conscious Collection

Anno: 2021

Azienda: Post Carbon Lab | DS Automobiles

Designer: Dian-Jen Lin, Hannes Hulstaert

Regno di appartenenza: Piante

Storia del materiale

La **casa automobilistica** francese d'eccellenza, DS Automobiles, ha creato una capsule collection eco-consapevole che **assorbe attivamente** la CO₂.

La **collezione di abbigliamento** 'DS Conscious Collection', combina il savoir-faire di lusso francese con materiali innovativi e sostenibili. Assorbendo l'anidride carbonica dall'atmosfera, la linea di abbigliamento sottolinea l'impegno di DS per il lusso eco-consapevole che è al centro della gamma elettrificata E-TENSE.

La collezione unisex in quattro pezzi (composti da un bomber con slogan di ispirazione parigina, trench e due t-shirt) è stata creata in collaborazione con il marchio emergente di alta moda EGONlab, e lo studio di ricerca di design con sede a Londra, Post Carbon Lab.

Azienda

 2020

 Gran Bretagna

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

Fonti

<https://www.materially.eu/en/m-news/111-fashion/545-clothes-algae>

<https://www.dezeen.com/2021/03/11/ds-automobiles-post-carbon-lab-egonlab-collaboration/>



Sistema reale provato in ambiente operativo

Materie Prime

Le microalghe verdi, fotosintetiche, ricoprono il tessuto dei capi

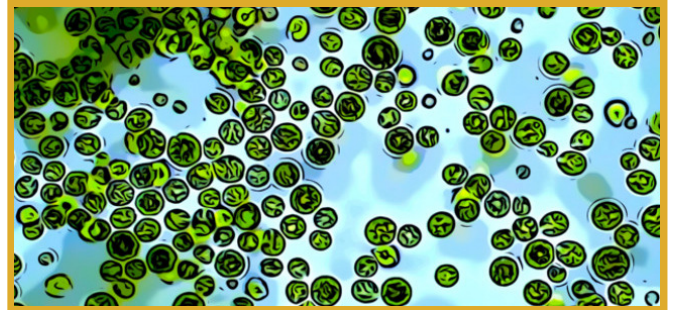
Processo Produttivo

Il **rivestimento fotosintetico** creato da Post Carbon Lab è costituito da uno strato di **alghe viventi** sul tessuto dei capi, che assorbe anidride carbonica ed emette ossigeno, **trasformando il carbonio in glucosio**.

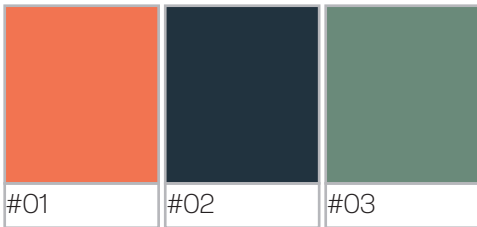
Finora, durante il processo di tintura e rivestimento nel corso di 10 settimane, la capsule collection ha assorbito 1.452 g di CO₂, la stessa quantità di una tipica quercia di sei anni in circa sei mesi.

Comunicazione Prodotto

DS Automobiles ha avviato la **collaborazione** per attirare l'attenzione sulla sua **partnership** con la **Paris Fashion Week** (nel 2021), oltre a mostrare l'impegno dell'azienda a ridurre drasticamente le emissioni e l'ambizione di avere un'intera gamma completamente elettrificata e "plug-in Hybrid" entro il 2025. I capi sono stati stampati con **slogan** in maiuscolo come "Lead the Charge".



Colorazioni



Ambiti Applicativi



#16 Silk Pavilion

Anno: 2013

Azienda: Mediated Matter | MIT Media Lab

Designer: Neri Oxman

Regno di appartenenza: Animali



Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo

Storia del materiale

Il 'Padiglione della Seta', esplora le relazioni tra costruzione **digitale** e **biologica**, proponendo metodi che uniscono il filato biologico e il tessuto robotico. Ispirato dalla capacità del **baco da seta** di generare un bozzolo tridimensionale da un unico filo di seta, Silk Pavilion è stato sviluppato nel 2013 e ha preso la forma di una cupola larga tre metri, costruita in tre settimane con uno stormo di 6.500 bachi da seta vivi assistiti da un braccio robotico. Ogni baco da seta ha filato un singolo filamento di filo di seta lungo circa 1 km. Insieme, i bachi da seta hanno prodotto un filo a forma di cupola lungo quanto la Via della Seta.

Azienda



1985



USA



<https://www.media.mit.edu/>

Fonti

<https://oxman.com/projects/silk-pavilion-i>

<https://www.dezeen.com/2013/06/03/silkworms-and-robot-work-together-to-weave-silk-pavilion/>

<https://bldgblog.com/2014/07/architecture-by-bee-and-other-animal-printheads/>

Materie Prime

Bachi da seta posizionati su fili di seta preposti alla forma.

Processo Produttivo

La struttura di base del padiglione è stata realizzata con 26 **pannelli poligonali** realizzati con fili di seta posati da una **macchina a Controllo Numerico** (CNC). Una volta definito, uno sciame di 6.500 bachi da seta è stato posizionato sul bordo inferiore dell'impalcatura, dove hanno iniziato il loro lavoro, **filando** toppe di seta piatte, rinforzando localmente le lacune tra le fibre di seta depositate dal CNC. La geometria del padiglione è stata creata utilizzando un algoritmo che posiziona un unico filo continuo attraverso patch fornendo vari gradi di densità. La variazione di densità complessiva dei fogli di seta è stata formata dal baco da seta stesso, impiegato come "stampante" biologica nella creazione di questa struttura secondaria.

Comunicazione Prodotto

Il Silk Pavilion è il predecessore del "Silk Pavilion II", messo appunto nel 2020 dal medesimo team del Media Lab. Entrambi i progetti sono stati presentati e sponsorizzati all'interno di mostre e **convegni**; il secondo in particolare, è stato commissionato per la mostra "Material Ecology" all'interno del **MoMA di New York**.



Colorazioni

Colore naturale del materiale

Texture

Texture naturale del materiale

Ambiti Applicativi



#17 Eternity

Anno: 2019

Azienda: Studio Liberty

Designer: Tomas Gabzdil Liberty

Regno di appartenenza: Animali



Tecnologia convalidata in laboratorio

Storia del materiale

La **scultura** 'Eternity' è solo l'ultimo pezzo della serie "made by bees" dell'artista Tomas Liberty. Il designer ha iniziato il suo lavoro con le **api** nel 2005; da allora ha perfezionato ed affinato la sua **collaborazione** con questi animali, utilizzandoli come **stampanti 3D** per vasi, anfore, busti e sculture artistiche. Per la fabbricazione del busto Eternity è stato usato un modello 3D del ritratto originale della regina egiziana Nefertiti, riprodotto in cera da uno sciame di 60000 api mellifere.

Materie Prime

le api mellifere 'lavorano' attorno ad uno scheletro pre-stampato.

Processo Produttivo

Liberty ha 'invitato' circa **60000 api** a colonizzare un modello stampato in 3D, che fungeva da **scheletro** ed **alveare**, attorno cui far costruire loro i favi di cera. In un processo durato quasi **2 anni**, il designer e lo sciame hanno dato alla luce un'ottima riproduzione della regina egiziana (Nefertiti), caratterizzata dai fori esagonali.

Azienda

 2006

 Paesi Bassi

 <http://www.tomasliberty.com/>

Fonti

<http://www.tomasliberty.com/sculpture#/eternity/>

<https://www.dezeen.com/2007/04/19/studio-liberty-at-droog/>

<https://www.designboom.com/art/tomas-liberty-beeswax-nefertiti-bust-honeybees-01-12-2021/>

Comunicazione Prodotto

Il processo di costruzione è stato sviluppato in due fasi: il busto è stato dapprima **installato al museo** Kunsthall di Rotterdam nell'estate del 2019, mostrando **in tempo reale** ai visitatori il **processo** di costruzione delle api; la scultura è stata poi completata del tutto nel 2020 ed è entrata a far parte della **mostra personale** di liberty "Melancholia" alla Rademakers Gallery di Amsterdam.



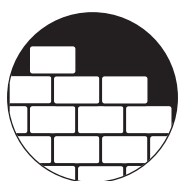
Colorazioni

Colore naturale del materiale

Texture

Texture naturale del materiale

Ambiti Applicativi



#18 Apis Caementicium

Anno: 2014

Designer: Geoff Manaugh, John Becker

Regno di appartenenza: Animali



Osservati i principi fondamentali

Storia del materiale

Lo scrittore Geoff Manaugh e il designer John Becker si sono divertiti ad immaginare uno **scenario** in cui, delle **api geneticamente modificate** – da loro chiamate Apis caementicium, o Cement Bees – potrebbero essere addestrate a stampare dettagliate **strutture di cemento** concreto, piuttosto che produrre miele.

Un po' per gioco e un po' spinti ed ispirati dai rivoluzionari utilizzi che bachi da seta ed api, iniziavano avere nel design in quegli anni, i due collaboratori hanno **simulato**, raccontato ed illustrato una serie di scenari fantascientifici.

Hanno considerato di usare questa nuova specie di **ape urbana** come risorsa a basso costo per riparare statue ed **ornamenti architettonici**, all'interno delle città; o anche per produrre strutture intere e autoportanti, come le cattedrali.

Il duo ha anche pensato alle **conseguenze** della manipolazione della natura e ha previsto che le api **sarebbero inevitabilmente fuggite** in natura e avrebbero iniziato a stampare sporadicamente sulle infrastrutture esistenti.

Fonti

<https://www.dezeen.com/2014/07/27/bees-3d-printing-concrete-geoff-manaugh-john-becker/>

https://www.domusweb.it/it/design/2014/08/21/l_architettura_delleapi.html

Materie Prime

Api geneticamente modificate.

Processo Produttivo

Le api, modificate con la biologia sintetica in modo che le loro **ghiandole** per la produzione del miele producessero cemento, avrebbero agito come "teste di stampa architettoniche", in un processo simile a quello di Tomas Libertiny, precedentemente citato. Alle api sarebbe stata data una forma iniziale all'interno della quale lavorare. Quindi, ronzando all'interno di questo **stampo** o calco e **depositando in modo additivo** gli ingredienti per il **bio-cemento** sulle pareti, sui telai o sulle strutture a cui sono state attaccate, le api potrebbero stampare in 3D nuove forme architettoniche.



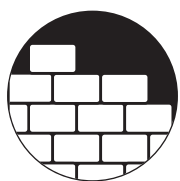
Colorazioni

Colore naturale del materiale

Texture

Texture naturale del materiale

Ambiti Applicativi





Capitolo 7

7 Lettura critica

In un'ottica sostenibile, nei contesti industrializzati, un primo livello su cui hanno lavorato numerosi teorici e accademici è la selezione di risorse a basso impatto ambientale: materiali in una direzione, e fonti energetiche nell'altra. Dalla seconda metà degli anni '90 l'attenzione si è spostata a livello di prodotto, alla progettazione di prodotti a basso impatto ambientale, generalmente indicati come **Product Life Cycle Design** (P-LCD), **Ecodesign** o **Product Design for Environmental Sustainability**.



In quegli anni furono introdotti due concetti principali. Innanzitutto, il concetto di **life cycle thinking**: dalla progettazione del prodotto alla progettazione delle fasi del ciclo di vita del prodotto, ovvero tutte le attività necessarie per produrre i materiali e poi il prodotto stesso, distribuirlo, utilizzarlo e infine smaltirlo, sono considerati come una **singola unità**. In secondo luogo, il concetto di **pensiero funzionale** da un punto di vista **ambientale**, ovvero progettare e valutare la sostenibilità ambientale di un prodotto, a partire dalla sua funzione piuttosto che dal prodotto fisico stesso.

La disciplina che integra i requisiti ambientali all'interno del processo di progettazione è chiamata Product Life Cycle Design, (LCD). L'obiettivo ambientale dell'LCD è ridurre

l'immissione di materiali ed energia, nonché l'impatto di tutte le emissioni e dei rifiuti, sia quantitativamente che qualitativamente, il che significa anche **valutare l'impatto** dei processi in ogni fase del ciclo di vita di un prodotto (in relazione a una determinata unità funzionale). Il presupposto di un approccio di sviluppo del ciclo di vita tenta di intervenire a monte per **prevenire** emissioni pericolose e ridurre il consumo di risorse. È più efficace (ed economico) prevenire danni all'ambiente in fase di progettazione piuttosto che cercare di rimediare una volta che il prodotto è sul mercato. [1]



7.1 Considerazioni e lettura del grafico

A seguito della schedatura dei prodotti selezionati, si è effettuata una lettura critica delle proprietà che meglio riescono a coniugare vantaggi ambientali con vantaggi economici e competitivi.

Per aiutare nella lettura dell'analisi, si è scelto di schematizzare i dati raccolti attraverso un **grafico a colori**. Seguendo le **linee guida del prodotto LCD**, i prodotti verranno marcati se rispondono o meno alle **proprietà** di: monomatericità, rinnovabilità, proprietà fisiche e meccaniche, e flessibilità di applicazione.

[1] Elvin Karana, et al., *Materials Experience : Fundamentals of Materials and Design*, Elsevier Science & Technology, 2013.

7.1.1 Monomatericità

Ridurre al minimo il consumo di materiale denota un design volto a ridurre l'utilizzo dei materiali di un determinato prodotto o, più precisamente, di una determinata unità funzionale offerta da quel tipo di prodotto; si tratta di una riduzione quantitativa dell'impatto. L'utilizzo di meno materiale riduce l'impatto, non solo perché vengono pre-prodotti meno materiali, ma anche perché si evita la loro **trasformazione, trasporto e smaltimento**. La monomatericità di un prodotto, inoltre, favorisce una fabbricazione additiva, che riduce al minimo gli scarti di materiale.

Numerosi casi analizzati rispondono al prerequisito della monomatericità; questo perché lo sviluppo dei prodotti biofabbricati a partire da funghi, batteri o alghe, spesso non necessita di "strutture portanti" o "impalcature" attorno alle quali far sviluppare i materiali. I processi come la **biostampa**, la **biofermentazione** o la crescita degli organismi all'interno degli stampi, diminuiscono i tempi di fabbricazione e favoriscono la progettazione di prodotti **monomaterici**.

7.1.2 Rinnovabilità

La rinnovabilità di un materiale dipende sia dalla specifica **velocità di ricrescita** che dalla **frequenza di estrazione**. Pertanto, in generale, una risorsa è rinnovabile quando il tasso di acquisizione è inferiore al tasso di ricrescita naturale (come nel caso delle alghe verdi). La questione della rinnovabilità è strettamente legata alla **reperibilità** dei materiali; questa, infatti, oltre ad essere influenzata dalle velocità di ricrescita ed estrazione delle materie prime, deve tener conto della loro omogenea **disponibilità** a livello geografico. In caso contrario, al bilancio totale, andrebbero sommati gli impatti economici ed ambientali dei processi di trasporto e stoccaggio dei materiali. È stato inoltre osservato che, quando i materiali sono localmente basati (cioè estratti e pre-prodotti localmente, lasciando il valore aggiunto alle comunità locali), gli attori socioeconomici locali coinvolti nell'estrazione, trasformazione e vendita di materiali

prestano molta più attenzione a preservarne la rinnovabilità. Pertanto, accade che la maggior parte delle volte la selezione di materiale a base locale e rinnovabile sia allo stesso tempo ecologicamente e socioeticamente sostenibile.

La maggior parte delle tecnologie di biofabbricazione analizzate possono vantare delle spiccate qualità di rinnovabilità e reperibilità. Funghi, batteri ed alghe si trovano facilmente a qualsiasi latitudine o longitudine, e la loro velocità nel riprodursi può favorirne un utilizzo sostenibile a livello ambientale ed economico.



7.1.3 Proprietà fisiche e meccaniche

In questa categoria ricadono quei prodotti che hanno registrato proprietà fisiche o meccaniche migliori, rispetto ai medesimi prodotti fabbricati tramite materiali tradizionali.

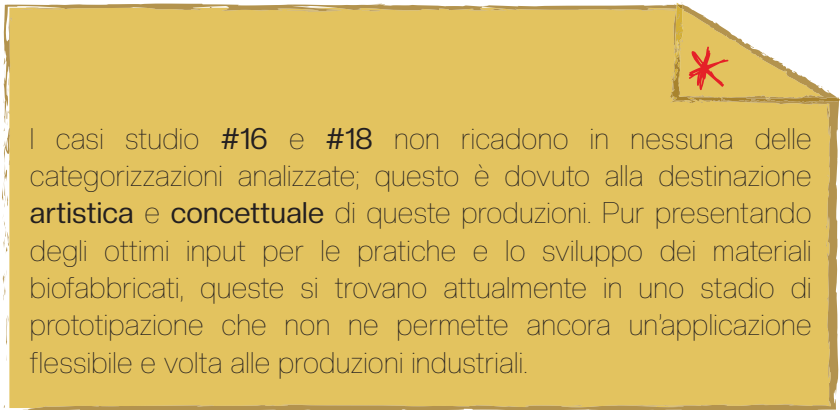
Prendendo, ad esempio, in esame la partnership tra AM Silk ed Airbus, si può facilmente evincere quanto la questione della sostenibilità ambientale sia solo marginale nella transizione che porterà l'azienda aerospaziale dall'utilizzo delle fibre tradizionali come quella di carbonio, a quelle biofabbricate a base di 'seta di ragno'. L'utilizzo di questa tecnologia eco-compatibile risulta vincente soprattutto in termini economici e prestazionali: il BioSteel di AM Silk, gode infatti di proprietà di gran lunga superiori rispetto ai materiali tradizionali. L'azienda non ha mai fatto intendere o pubblicizzato questa rivoluzione

come un'iniziativa d'ispirazione ambientale. Questo approccio – anche se a tratti cinico – allo sfruttamento di questo tipo di innovazioni, se dichiarato come tale, potrà solo giovare a livello globale alla '**scoperta**' di questi nuovi materiali, esaltando le loro qualità prestazionali oltre che eco-compatibili.

7.1.4 Flessibilità di applicazione

Questa categoria riprende la scansione degli ambiti applicativi dei materiali, presente nel capitolo precedente; qui verranno segnalati quei casi studio che potrebbero ricadere in almeno tre dei cinque ambiti identificati.

Da quest'analisi appare da subito evidente come i materiali schedati non risultino godere di un'alta flessibilità di applicazione. La causa potrebbe essere individuata nel fatto che la maggior parte dei casi studio analizzati si trovano ancora in una fase di **sperimentazione**, o sono nati in contesti esplorativi che non dispongono ancora di **adeguate tecnologie** o sufficienti **finanziamenti economici**. Questo non dovrebbe costituire un limite per lo sviluppo di queste tecnologie, al contrario ci si augura che la crescente curiosità sull'argomento e il sempre maggior numero di centri di ricerca e comunità open-source favoriscano uno sviluppo ed un dialogo propositivo sulla materia.



I casi studio **#16** e **#18** non ricadono in nessuna delle categorizzazioni analizzate; questo è dovuto alla destinazione **artistica** e **concettuale** di queste produzioni. Pur presentando degli ottimi input per le pratiche e lo sviluppo dei materiali biofabbricati, queste si trovano attualmente in uno stadio di prototipazione che non ne permette ancora un'applicazione flessibile e volta alle produzioni industriali.

	Monomatericità	Rinnovabilità	Prop. fisiche e meccaniche	Flessibilità di applicazione
1 BioCouture	●	●	●	●
2 Ponto	●	●		
3 Biomason	●	●	●	
4 Adidas Biofabric		●	●	
5 Second Skin		●		
6 Mogu acoustics	●	●	●	
7 Loop Living Cocoon	●	●	●	
8 Mylo	●	●		
9 Korvaa		●		●
10 MycoTree		●		
11 BioLace	●		●	●
12 Bloom Foam	●	●		●
13 Biogarmetry	●	●	●	●
14 Dogless Hotdog		●	●	
15 DS Conscious Collection		●	●	
16 Silk Pavilion				
17 Eternity	●	●		
18 Apis caementicium				

7.2 Implicazioni etiche, politiche e comportamentali

Successivamente alla redazione e lettura del grafico - in base alle principali linee guida del prodotto sostenibile - si è ritenuta necessaria una serie di ulteriori considerazioni sul caso, volte ad un'analisi esaustiva ed omogenea dei fattori in gioco.



7.2.1 Considerazioni sull'esplorazione dei regni del vivente

Nell'analisi di casi studio, aziende e centri di ricerca, spiccano molte altre questioni utili a redigere un quadro completo sulle produzioni biofabbricate. In primo luogo, non tutti i regni del vivente sono stati ugualmente impiegati (o indagati) nella ricerca di nuovi materiali e processi produttivi: il regno dei batteri e quello dei funghi, spiccano sia per numero di prodotti che per esplorazioni progettuali, e questo sembra dovuto alla differente **accessibilità** a livello economico sia in termini di investimenti nelle catene produttive, sia in termini di reperibilità delle materie prime. Il mondo delle piante, fatta eccezione per l'utilizzo delle alghe verdi, è stato negli anni poco considerato all'interno della biofabbricazione, al contrario però, è sempre in primo piano nello sviluppo delle economie circolari quando si parla di produzioni tessili a base vegetale. Il mondo degli animali, oltre ad essere oggettivamente più complicato da gestire ed inserire all'interno dei processi di biofabbricazione, soffre la **questione etica** legata al centenario sfruttamento degli animali, diventato negli anni un 'main topic' all'interno del dibattito sul rispetto dell'ambiente.

Per un omogeneo sviluppo di queste tecnologie è necessario che l'esplorazione scientifica si spinga sempre di più verso il nuovo e l'ignoto. Questioni etiche e morali permettendo, la ricerca dovrebbe puntare a conoscere a fondo la natura ed i suoi cicli; continuando a sviluppare le tecnologie che hanno attualmente riscosso maggior successo, perché siano gli 'aprifila' del nuovo sviluppo sostenibile.



7.2.2 Una risposta sostenibile ai ritmi del consumismo

Nonostante gli approcci ed i comportamenti sostenibili più diffusi negli ultimi anni, vadano nella direzione dell'“utilizzare e non possedere”, e quindi verso un 'progettare per la comunità', le produzioni biofabbricate sembrano contrastare i danni legati al **consumismo**, quasi abbracciandone i **ritmi di produzione e dismissione** dei prodotti. Sebbene la ricerca punti sempre più ad allungare la vita dei materiali, le attuali proposte di biofabbricazione (vedi, tra i casi studio citati, BioCouture, PonTo o il Loop Living Cocoon), nascono con l'idea di essere facilmente e velocemente prodotte, ed allo stesso tempo facilmente e correttamente dismesse. I materiali in questione, essendo **completamente organici** e naturali, potrebbero contrastare gli effetti del fast fashion e più in

generale della cultura del possedere, avendo un impatto pari a zero, sia nel momento della produzione, che nello smaltimento. La loro totale biodegradabilità ne permetterebbe infatti il disfaccimento, anche nel giardino di casa di chi li utilizza, attraverso un processo di decomposizione naturale che potrebbe solo arricchire di nutrienti il terreno in cui viene posto. Questo aspetto delle produzioni biotecnologiche può rappresentare un interessante approccio ai ritmi del consumismo. È da considerare però, che i fenomeni come il fast fashion si basano su produzioni a prezzi stracciati, difficilmente le grandi aziende opterebbero per un aggiornamento tecnologico così dispendioso. Ci si augura quindi che lo sviluppo **futuro** di questi materiali – già molto virtuosi – possa essere **arricchito** da una notevole durabilità.



7.2.3 La ‘moda’ della sostenibilità

Come dichiarato dal designer Philippe Stark: *“l'ambiente è la moda del momento”*[2]. Quando ci si trova ad analizzare pratiche ed approcci “sostenibili”, operati e pubblicizzati dalle **grandi aziende**, bisogna tener conto di quanto il rispetto dell'ambiente sia diventato un vero e proprio **trend** nel panorama industriale moderno. Spesso le grandi multinazionali mondiali realizzano e promuovono campagne e azioni di

[2] P. Stark, *Democratic Ecology*, aprile 2008

comarketing con organizzazioni no-profit, per associare la propria immagine alle cause sociali; oppure, nella peggiore delle ipotesi, millantano iniziative "green" al solo scopo di ottenere un ritorno economico, ingannando i consumatori verso una scelta apparentemente eco-consapevole - questo fenomeno è definito ormai in maniera condivisa **'greenwashing'** -.

Una tra le più grandi realtà analizzate tra casi studio e best practices, è Adidas, colosso mondiale dell'abbigliamento sportivo; oltre all'iniziativa nata con AM Silk per la realizzazione di una scarpa utilizzando la fibra sintetica di seta di ragno, l'azienda spicca in molte altre iniziative e progetti di ricerca presentati in questo scritto: è uno dei fondatori, assieme a Stella McCartney, del consorzio 'Mylo' per la realizzazione della simil-pelle a base di micelio; ha collaborato insieme ad Algix per lo sviluppo della loro schiuma a base di alghe; e continua a promuovere iniziative di sviluppo sostenibile. Negli anni, non sono mancate però le accuse di 'greenwashing' rivolte all'azienda tedesca, colpevole secondo una parte dei consumatori di utilizzare messaggi pubblicitari non chiari o fuorvianti, e di non aver preso veramente coscienza della transizione necessaria ad una produzione sostenibile. Vero è che, guardando nell'insieme l'operato della multinazionale, le sue iniziative 'green' appaiono spesso come **circoscritte** ed **isolate**, o addirittura sterili, nell'ottica di influenzare i processi produttivi e di approvvigionamento delle materie prime su larga scala.



7.2.4 Attuabilità e fattibilità economica della transizione tecnologica

Nonostante sia opinione comune che l'approccio eco-compatibile alla produzione industriale sia difficilmente attuabile su larga scala, in quanto poco **sostenibile economicamente**, è possibile affermare che l'adozione di questi processi produttivi potrebbe solo **giovare**, economicamente e non solo, alla **produzione mondiale**.

La principale motivazione che spinge l'opinione - sia pubblica che delle aziende - a non credere nella **fattibilità** di questa transizione, è data da un bisogno di **ingenti finanziamenti** nell'immediato futuro; un cambio di paradigma tecnologico così profondo porterebbe le aziende ad affrontare un processo di modernizzazione molto dispendioso per permettere sia l'**aggiornamento strutturale** dei propri stabilimenti, sia la **formazione** dei propri dipendenti. Le tecnologie attualmente maggiormente esplorate - come le colture di batteri, lieviti e funghi - una volta superato il processo di transizione, potrebbero portare ad una **riduzione sostanziale dei costi** sia in termini di tempistiche di produzione, sia per il costo ridotto delle materie prime, anche a livello di reperibilità delle stesse. Al fine di una completa e promettente **transizione** verso questi nuovi paradigmi, sarebbe dunque necessario che le grandi aziende investissero in un'ottica di guadagno a lungo termine, piuttosto che di massimizzazione dei profitti su rapida scala, atteggiamento che conduce all'attuale discapito dell'evoluzione tecnologica e del benessere dell'ambiente.



7.3 Linee guida per il designer del futuro

La comunità del design ha, come già ampiamente discusso, un ruolo fondamentale come **promotore** di questo cambio di paradigma. Il designer più evoluto ed informato deve prendere coscienza della sua **rilevanza** ai fini del rispetto dell'ambiente; ogni sua scelta ed approccio progettuale avranno un'impronta sulle trasformazioni dell'ecosistema. L'esplorazione, alimentata da curiosità e necessità di innovazione, dovrà essere guidata verso uno sviluppo che tenga conto di ogni aspetto del ciclo di vita dei prodotti.



Il design ha inoltre la responsabilità di **educare il pubblico** ad un utilizzo critico ed alla diffusione del concetto di benessere come condizione collettiva, ecologica ed economica. La **consapevolezza** del consumatore finale potrebbe spingere l'industria verso produzioni più ecocompatibili e pratiche che rispettino il **comportamento sostenibile**.

La biofabbricazione potrebbe aiutare il mondo del prodotto a valorizzare **processi evolutivi naturali**, che gioverebbero a livello ambientale ed economico, come anche sociale, incentivando nuove realtà locali e ulteriori nuovi campi di ricerca. I designer del futuro, dal canto loro, dovranno continuare ad esplorare e spingere perché le nuove **iniziative di ricerca** e sviluppo siano sempre più orientate alla **produzione su larga scala**. Fondamentali in quest'ottica si sono rivelati in questi anni centri di ricerca, laboratori e comunità open-source che hanno fatto del sapere e del benessere collettivo la loro 'mission'; questi si sono rivelati ottimi contesti per lo sviluppo di innovazioni e del dialogo attorno all'argomento.

Se consideriamo tutti questi presupposti come requisiti per un buon design e un buon designer, è possibile affermare che questa tecnologia possa potenzialmente diventare in futuro, uno **strumento utile** per la creazione dei prodotti.



Capitolo 8

8 Conclusioni

Questo progetto di tesi nasce con l'intenzione di esplorare, all'interno del campo della biofabbricazione, le tecnologie più promettenti del panorama produttivo mondiale, che potrebbero ridurre drasticamente il nostro impatto su questo Pianeta. Attraverso l'analisi dell'evoluzione storica e tecnologica dei processi produttivi biofabbricati, si è giunti ad individuare le pratiche e le tecnologie più promettenti, che permetterebbero dunque una svolta eco-sostenibile alla rivoluzione industriale attualmente in atto. Le realtà analizzate durante la stesura di questo lavoro di ricerca, hanno messo in luce le qualità e le criticità di un campo – oggi in pieno sviluppo – che rappresenta una valida alternativa alle pratiche produttive, ormai spesso valutate obsolete e non più completamente sostenibili per il benessere del pianeta e di chi lo abiterà dopo di noi.

Come emerso dall'analisi condotta, lo stato attuale della biofabbricazione presenta alcune tecnologie ampiamente esplorate e sempre più considerate dalla manifattura mondiale, rispetto ad altre. I campi di utilizzo di materie prime come batteri, lieviti e funghi sono tra i più promettenti e sostenibili a livello economico ed ambientale. Questi dovranno essere negli anni consolidati come i 'capisaldi' della produzione bio- ispirata, che ci auguriamo possa influenzare significativamente quella che viene ormai considerata come la 'quarta rivoluzione industriale'. Parallelamente, si ritiene fondamentale la continua esplorazione di nuovi processi naturali e conseguenti nuovi ambiti applicativi degli stessi.

Alla base di questa transizione ecologica, necessaria all'umanità, si considera fondamentale una presa di coscienza collettiva sui temi della sostenibilità e sui comportamenti ambientalmente significativi da adottare nell'immediato futuro. Oltre alla consapevolezza sul tema ed al senso di responsabilità che dovrebbe caratterizzare ogni singolo cittadino, si ritengono fondamentali profondi interventi di

riforme e finanziamenti a livello industriale ed istituzionale.

Il designer del futuro dovrà sempre più tener conto della sua centralità all'interno del mondo del prodotto, favorendo uno scambio continuo tra il mondo dell'arte e del design e le discipline scientifiche come ingegneria, biologia, zoologia, scienze dei materiali, e molte altre ancora.

Prendendo a modello il caso del Giappone e la sua "strategia di bioeconomia", ci si augura che i governi non solo giapponesi possano prendere ad esempio questo approccio. Dettando in maniera inequivocabile le linee guida per le produzioni industriali del futuro e adeguando i loro sistemi di finanziamento a centri e laboratori di ricerca, questi contribuirebbero a favorire lo sviluppo delle biotecnologie all'interno dei processi produttivi su scala globale.

In conclusione, si ritiene che i processi di biofabbricazione rappresentino una soluzione promettente e fattibile per le produzioni manifatturiere del futuro. Nonostante la necessità di ingenti sforzi economici ed organizzativi per permettere la definitiva "consacrazione" e messa in atto di questa transizione produttivo-culturale, questa rappresenta oggi davvero una possibilità concreta per un nostro sviluppo sostenibile su questo Pianeta.

The background features a large, abstract, dark blue shape on the left side, resembling a stylized tree or a cluster of branches. The rest of the background is a solid olive green color. The text 'Capitolo 9' is positioned in the bottom right corner.

Capitolo 9

9 Fonti consultate

Bibliografia

- Bandyopadhyay Arpan, ... [et al.], Advancement in bioprocess technology: parallels between microbial natural products and cell culture organics, Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 1 maggio 2017
- Costa, Pedro, Tradurre la biofabbricazione nel mercato, Trends in Biotechnology, 01 ottobre 2019
- De Giorgi C., Lerma B., Dal Palù d., The material side of design: The future material design cultures, Torino, Umberto Allemandi, 2020
- Gatto M., Casagrandi R., Dispense del corso di Ecologia, Milano, PoliMI, 2003
- Jürgen Groll, [et al.], Biofabrication: reappraising the definition of an evolving field, Biofabrication, Volume 8, 2016
- Karana, Elvin, STILL ALIVE: Livingness as a material quality in design, Breda, Caradit and Avans University of Applied Science, Maggio 2020.
- Kula D., Ternaux E., Hirsinger Q., Materiology: The Creatives Guide to Materials and Technologies, Frame Publishers, 2014
- Lanzavecchia, Barbero, Tamborrini, Il fare ecologico: il prodotto industriale e i suoi requisiti ambientali, Milano, Edizioni Ambiente, 2012
- Meadows Donatella, Meadows Dennis, Rander J., Behrens W., I limiti dello sviluppo, Boston, Systems Dynamics Group Massachusetts Institute of Technology, 1972
- Mironov V., ... [et al.], Biofabrication: A 21st century manufacturing paradigm, Biofabrication, 10 giugno 2009.
- N. Bayle, Silvana, materia avveniristica, Le Monde d'Hermès, Numero 79, Hermès, 2021
- P. Tamborrini, Design Sostenibile, Milano, Mondadori Electa, 2009
- Pellizzari, Genovesi, Neomateriali nell'economia circolare, Edizioni Ambiente, 2017
- Saraceni, Strumia, Osservare e capire la vita, Bologna, Zanichelli Spa, 2010.
- Sylvia Leydecker, Walter de Gruyter, Designing Interior Architecture: Concept, Typology, Material, Construction, GmbH, 2013.
- U. Kocher, Educare allo sviluppo sostenibile, SUPSI, 2019
- Yi-Heng Percival Zhang, Jibin Sun, Yanhe Ma, Biomanufacturing: history and perspective, Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, Volume 44, 01 maggio 2017.
- Zhou J., Barati B., Wu J., Scherer D., Karana E., Digital biofabrication to realize the potentials of plant roots for product design, Delft, TUDelft, 2021

Sitografia

<http://materialexperiencelab.com/>
<http://thisisalive.com/biolace/>
<http://www.bio-on.it/index.php>
<http://www.biosteel-fiber.com/home/>
<http://www.matto.design/it/home-page/>
<http://www.tomaslibertiny.com/>
<https://abcnews.go.com/Technology/CuttingEdge/spinning-tough-spider-silk-goat-milk/story?id=98095>
<https://abcnews.go.com/Technology/CuttingEdge/spinning-tough-spider-silk-goat-milk/story?id=98095>
<https://about.puma.com/en/newsroom/corporate-news/2019/2019-04-10-puma-bioevolution-shoe>
<https://arts.mit.edu/biologics-living-textile/>
<https://biomason.com/technology>
<https://biooekonomie.de/en/topics/in-depth-reports-worldwide/japan>
<https://bldgblog.com/2014/07/architecture-by-bee-and-other-animal-printheads/>
<https://blog.laced.co.uk/steven-smith-design-guru-career-timeline/>
<https://boltthreads.com/>
<https://designwanted.com/korvaa-biologically-grown-headphones/>
<https://dmsolution.eu/it/il-futuro-della-produzione-manifatturiera-e-sostenibile/>
<https://economiecircolare.com/overshoot-day-2022-italia-mondo/>
<https://forbes.it/2019/10/30/kanye-west-sneaker-patrimonio-yeezy-boost-adidas/>
<https://gessoproject.com/>
https://it.wikipedia.org/wiki/Earth_Overshoot_Day
<https://it.wikipedia.org/wiki/Penicillina>
<https://it.wikipedia.org/wiki/Plantae>
<https://it.wikipedia.org/wiki/Protista>
https://it.wikipedia.org/wiki/Rapporto_sui_limiti_dello_sviluppo#
<https://leonardoboff.org/2017/10/02/antropocene-e-ecocene-due-ere-geologiche-a-confronto/>
<https://nuovorinascimentomag.it/articolo/diy-materials-e-innovazione-esperienziale>
https://omuus.com/when_biology_and_design_meet
<https://open.spotify.com/track/44rkvJd0ooTjet7uKM1q8t?si=7f9e72ff5f3e4dfc>
<https://oxman.com/>
<https://space10.com/project/algae-dome/>

<https://visualatelier8.com/puma-bioevolution-an-experimental-shoe-that-adapts-to-the-body/>
<https://waya.media/ecovative-design-saving-the-planet-with-mushrooms/>
<https://www.airbus.com/en/who-we-are/our-history>
<https://www.amsilk.com/>
<https://www.ansa.it/scienza/notizie/rubriche/biotech/2011/04/21/>
<https://www.area-arch.it/foresta-pannelli-acustici-composti-da-funghi/>
<https://www.arts.ac.uk/colleges/central-saint-martins/>
<https://www.asu.edu/>
<https://www.biofabricate.co/about>
<https://www.biopills.net/seta-del-ragno-e-produzione-del-biosteel/>
<https://www.biotopeia.net/en/9-english/310-carole-collet-interview-en>
<https://www.bloommaterials.com/the-bloom-story/>
<https://www.clotmag.com/digital-couture/biolace-by-carole-collet-at-museum-texture-kortrijk>
<https://www.compositimagazine.it/airbus-e-amsilk-tessono-una-ragnatela-sintetica/>
<https://www.corpuscoli.com/projects/mogu/>
<https://www.designboom.com/art/tomas-libertiny-beeswax-nefertiti-bust-honeybees-01-12-2021/>
<https://www.dezeen.com/tag/biofabrication/>
<https://www.domusweb.it/it/progettisti/neri-oxman.html>
<https://www.ecovative.com/pages/mycocomposite>
<https://www.elledecor.com/it/design/a26721279/design-sperimentale-materiali-del-futuro/>
<https://www.enea.it/it/enea/>
<https://www.eurekalert.org/news-releases/731752>
<https://www.gqitalia.it/moda/article/sneaker-yeezy-kanye-west-alghe-marine>
<https://www.ilgiornale.it/news/coloranti-nel-cibo-e-i-bachi-produrranno-seta-gi-nelle.html>
<https://www.internimagazine.it/design/materiali/i-biomateriali-sono-merito-anche-dei-designer/>
<https://www.jst.go.jp/EN/about/overview.html>
<https://www.kartell.com/IT/it/summer-promo/componibili-bio/>
<https://www.launch.org/innovators/suzanne-lee/>
<https://www.lifegate.it/biomateriali-futuro>
<https://www.lifegate.it/plastiche-design-intelligente>
<https://www.loop-of-life.com/>
<https://www.macchinealimentari.it/2021/05/07/materiali-per-il-packaging-da-biomasse-microbiche/>
<https://www.materialincubator.com/about>

<https://www.materially.eu/it/m-news/111-fashion/544-moda-sostenibile-algh>
<https://www.media.mit.edu/>
<https://www.meetcenter.it/it/lining-yao-fashion-tech-e-bio-design-a-meet-the-media-guru/>
<https://www.mylo-unleather.com/>
<https://www.outdoorrevival.com/news/coffin.html?edg-c=1>
<https://www.outpump.com/le-yeezy-foam-runner-sono-il-futuro-delle-sneakers-lo-dice-kanye-west/>
<https://www.plastix.it/mogu-polistirene-bio-dai-funghi/>
<https://www.polimerica.it/articolo.asp?id=19151>
https://www.polimerica.it/articolo.asp?id=21641&from_rss=yes
<https://www.postcarbonlab.com/post-carbon-fashion>
<https://www.puma-catchup.com/charles-johnson-on-how-puma-creates-a-breathing-shoe-with-the-help-of-bacteria/>
<https://www.regionieambiente.it/riscaldamento-globale-2/>
<https://www.rinnovabili.it/economia-circolare/riciclo/crisi-energetica-imprese-del-riciclo-in-ginocchio-a-rischio-leconomia-circolare/>
<https://www.textiletechnology.net/fibers/interview/interview-with-ulrich-scherbel-amsilk-nature-has-all-the-answers-32173>
<https://www.tudelft.nl/stories/articles/leven-en-laten-leven-ontwerpen-met-biomaterialen>
<https://www.tudelftcampus.nl/blog/2021/11/24/bob-hendrikx-innovates-living-mycelium-as-a-raw-material-for-loop-living-cocoon/>
<https://www.world-architects.com/en/architecture-news/works/mycotree>

Fonti contenuti video

<https://www.ted.com/>
<https://www.youtube.com/premium>
<https://www.netflix.com/it/>
<https://vimeo.com/>

Fonti immagini

<https://unsplash.com/>
<https://it.freepik.com/>
<https://www.dezeen.com/>

