

Carla Langella

Architetto, ricercatore confermato nel settore Disegno Industriale presso il Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale (DADI) della Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" dove insegna "Bio-innovation Design" e "Design per la Visualizzazione Scientifica" nel Corso di Laurea magistrale in Design per l'Innovazione e "Laboratorio di Industrial Design III" nel Corso di Laurea triennale in "Design e Comunicazione". Insegna, inoltre, "Laboratorio di design del prodotto e della comunicazione 1" nel Corso di Laurea magistrale in "Design del prodotto e della comunicazione visiva" dell'Università IUAV di Venezia. Nel 2001 ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Tecnologia dell'Architettura con una tesi sperimentale sul tema "Verso nuove qualità della materia: scenari evolutivi nel campo dei materiali per l'architettura e per il design", presso il Dipartimento di "Configurazione e Attuazione dell'Architettura" dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Dal 2006 ha fondato, e da allora coordina, l'Hybrid Design Lab (www.hybriddesignlab.org), laboratorio progettuale dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", dedicato alle relazioni di collaborazione mutuale tra design e scienze con particolare attenzione alla sperimentazione della biomimetica nel design e all'integrazione dei designer nei processi di sviluppo di nuovi materiali bioispirati sostenibili. Coordina attività culturali, di ricerca e sperimentazione progettuale sui temi del design biomimetico, del design ambientalmente sostenibile e del design della materia, diffuse attraverso convegni, seminari, mostre, corsi e workshop internazionali di cui è responsabile scientifico. È stata responsabile scientifico per l'unità di ricerca di design del Dipartimento DICDEA della SUN (oggi Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli") del progetto FIRB - Futuro in Ricerca 2007 dal titolo "Proprietà fotoniche e micromeccaniche delle diatomee" e responsabile scientifico per l'intero progetto "C.H.E.E.S.E. Cultural Heritage Emotional Experience See-through Eyewear" finanziato dal programma PON, Bando START UP Linea 2 - Cultura ad Impatto Aumentato Ambito - Spazi della Cultura 2.0. Nel 2009 è stata premiata, insieme a Mario De Stefano e Antonia Auletta, con una Menzione d'Onore nell'ambito del premio "International Science & Engineering Visualization Challenge", promosso dalla rivista *Science* e dalla National Science Foundation (NSF), nella categoria illustrazioni con l'immagine *Back to the Future*, per l'anno 2009. È tra i fondatori del network nazionale *Design4Materials* costituito da docenti e ricercatori di università italiane che conducono ricerche nell'ambito del design della materia. Ha curato numerose esposizioni di progetti sia di ricerca sia di didattica, che hanno coinvolto anche designer professionisti, artisti, aziende e scienziati, in ambito nazionale e internazionale (Diatom De-Science, San Francisco, Shenzen).



Complicità bioniche

Carla Langella | carla.langella@unicampania.it



“I'm not trying to imitate nature, I'm trying to find the principles she's using.”

————— R. Buckminster Fuller —————

Ho avuto modo di conoscere Carmelo Di Bartolo a Napoli, molti anni fa, attraverso la nostra comune amica Francesca Nicolais. Conoscevo già molti dei suoi progetti che avevo approfondito come casi studio nella mia ricerca di dottorato sui temi del design biomimetico e della innovazione sostenibile dei materiali. Nel corso di quel primo incontro ho avuto la possibilità di apprezzare la sconfinata cultura di Di Bartolo, la sua profonda conoscenza del potenziale progettuale della natura e anche le sue doti umane, come l'entusiasmo e la capacità empatica. In seguito, ho avuto la fortuna di incontrarlo di frequente, soprattutto negli ultimi anni, e di confrontarmi con lui sulle questioni culturali, didattiche e metodologiche del design bionico.

Dal 2017 ho l'onore di collaborare con Di Bartolo alla scrittura di un libro sui suoi quarant'anni di attività, un'occasione preziosissima e formativa che mi ha consentito di approfondire la conoscenza di molti dei suoi progetti. Progetti da cui emerge la sua grande capacità di prefigurare scenari di ricerca e soluzioni progettuali, anticipando approcci che si sono diffusi molti anni dopo, come l'attenzione alla qualità multi-sensoriale degli oggetti o l'impiego del design nei processi di interazione utente-dispositivo e nel progetto di sistemi adattivi. Nell'ambito della bionica, Di Bartolo è uno dei pochi progettisti al mondo che ha saputo implementare gli insegnamenti della natura coniugando innovazione, funzionalità e rigore scientifico. Un maestro e un riferimento anche da un punto di vista metodologico e relazionale, come ho avuto la fortuna di constatare personalmente. Ogni occasione di dialogo con Carmelo si traduce in nuovi spunti di riflessione e ricerca. Il confronto con le sue visioni apre spesso interrogativi delineando, allo stesso tempo, i contorni del discorso culturale in modo più limpido e definito. Da grande maestro, Carmelo è sempre generoso con i giovani, con cui si relaziona in modo empatico e coinvolgente, regalando idee e ispirazioni sempre preziosissime, che si traducono in germogli di design intelligente.

[INTRODUZIONE]

In questo contributo saranno illustrati gli strumenti metodologici e i risultati dell'Hybrid Design Lab (HDL) [1], laboratorio interdisciplinare di ricerca, sperimentazione progettuale e didattica dell'Università degli Studi della Campania “Luigi Vanvitelli” [2] dedicato alle diverse forme di collaborazione mutuale tra design e scienze, con particolare attenzione alla biologia. Nel laboratorio il concetto di ibridazione assume una accezione duplice: di ibridazione disciplinare, poiché coinvolge diversi saperi, e di ibridazione tra natura e artificio (Langella, 2007).

Nell'era definita Antropocene (Crutzen, 2006) gli artefatti convergono verso entità ibride in cui il confine tra biologico e sintetico appare sempre più labile (Myers, 2012). Gli organi biotecnologici da impianto, i sistemi di intelligenza artificiale e gli organismi digitali sono solo alcuni esempi di questo paesaggio intermedio in espansione. L'Hybrid Design Lab è nato nel 2006 [3] con l'obiettivo di sperimentare la possibilità di integrare la ricerca scientifica avanzata dei settori delle bioscienze (l'insieme delle conoscenze scientifiche riguardanti gli esseri viventi) con il design di prodotti e servizi innovativi e sostenibili. Le attività condotte nell'HDL si fondano su un paradigma biomimetico [4] in cui logiche, principi, strutture e strategie osservati in natura vengono trasferiti al progetto di artefatti.

[1] www.hybriddesignlab.org

[2] Il laboratorio ha una sede istituzionale ad Aversa in provincia di Caserta nel Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale dell'Università degli Studi della Campania “Luigi Vanvitelli” e una sede per workshop ed esposizioni nell'Incubatore del Museo di Città della Scienza di Napoli, in Italia.

[3] L'Hybrid Design Lab è stato fondato nel 2006 ed è coordinato da Carla Langella.

[4] Nel testo si è scelto di utilizzare il termine biomimetica, inteso come sinonimo di bionica, biomimicry e design bioispirato.



Mediante questo approccio la dimensione della ricerca biologica si avvicina alla vita delle persone, rendendole partecipi delle visioni e delle conquiste scientifiche ottenute.

Nel capitolo verranno descritti gli approcci metodologici adottati, le esperienze di collaborazione tra designer e scienziati, e alcuni progetti elaborati, cercando di mettere in luce le innovazioni apportate alla cultura del progetto ma anche le difficoltà incontrate e le soluzioni sviluppate.



[L'ATTIVITÀ DELL'HYBRID DESIGN LAB]

Fin dalla sua fondazione l'Hybrid Design Lab è stato caratterizzato da una forte connotazione interdisciplinare che ha richiesto la presenza, accanto ai designer, di scienziati (tra cui biologi, fisici e chimici), coinvolti direttamente nei processi di ricerca progettuale. La partecipazione di diverse competenze – spesso distanti tra loro per approcci, obiettivi e tempistiche – ha sollecitato un impegno congiunto nella definizione e sperimentazione di nuovi strumenti metodologici di facilitazione del dialogo e dell'integrazione tra discipline. Le attività di ricerca del laboratorio sono finanziate con fondi pubblici e privati e divulgate mediante la realizzazione di convegni, seminari, mostre e workshop svolti in collaborazione con centri di ricerca scientifica, aziende e musei del territorio [5], selezionati sulla base di criteri di qualità e reputazione internazionale.

La scelta di privilegiare le relazioni con il contesto di ricerca e produzione locale, ossia integrando le culture produttive campane con le eccellenze della scienza (in ambiti come la biologia marina, i nuovi materiali o le neuroscienze), è mirata alla costituzione di un sistema di innovazione, centrato sul design, che svolga azioni di sostegno ai paesaggi produttivi e culturali del territorio. Particolare attenzione viene dedicata alle potenziali eccellenze produttive, promettenti ma fragili, caratterizzate da qualità emergenti come un know how insolito, una elevata reputazione internazionale o un profondo radicamento nella storia del territorio e nella cultura materiale locale, che richiedono azioni di valorizzazione e supporto per gli aspetti legati al design, alla comunicazione e alle strategie di *value proposition* (Osterwalder et al., 2014). Realtà produttive che, coadiuvate da azioni innovative fondate sulla cultura del progetto e sulle bioscienze, possono tradursi in vettori propulsivi per una ripesa economica del comparto manifatturiero campano.

Il potenziamento della componente di ricerca e di innovazione progettuale può aiutare a facilitare l'evoluzione delle piccole e medie imprese campane dalla posizione di subfornitura a una condizione di brand autonomi fondati sui valori dell'innovazione, dell'originalità e della sostenibilità sempre più apprezzati dal mercato e competitivi, soprattutto alla scala internazionale (Ranzo et al., 2016). Il design biomimetico, fondato sulla ricerca di soluzioni progettuali originali, adattive e rigenerative tratte dalla natura, può favorire processi di innovazione in settori tradizionalmente resistenti al cambiamento come il ceramico, la pelletteria, la lavorazione del vetro, oppure facilitare la riconversione *design driven* di aziende dotate di elevate capacità manifatturiere, come quelle specializzate in meccanica di precisione, che rischiano di estinguersi a causa delle mutazioni geo-economiche indotte dalla delocalizzazione di filiere trainanti come quelle aerospaziale e automobilistica (Conti, 2017).

[6] Festival della scienza di Bergamo.

[7] Esposizione, "Biomimetic Design and 3D printing" a cura di Carla Langella nell'ambito del SU 3D PRINTEX, incluso nell'International Technology Transfer Convention 2015, tenutasi presso il Shenzhen Convention and Exhibition Centre, Shenzhen, Cina dal 17 al 19 aprile.

[8] Esposizioni "Hybrid-ism and Multi-Ethnicity II", inaugurata il 23 febbraio 2016 e "Hybrid-ism and Multi-Ethnicity" inaugurata il 9 febbraio 2015 entrambe presso il Campus Center Galleries, California College of the Arts 1111 Eighth Street, San Francisco, CA 94107.

[9] Esposizione "Hybrid Design" a cura di Carla Langella, tenuta a Roma presso l'Università La Sapienza di Roma, nell'ambito della Maker Faire Rome, all'interno dello spazio espositivo della Regione Campania dal 16 al 18 ottobre 2015.

[10] Mostra "Design for material science" a cura di Carla Langella, sviluppata in collaborazione dall'Hybrid Design Lab del Dipartimento IDEAS della SUN e dall'ICTP del CNR nell'ambito della manifestazione Internazionale IPACK-IMA 2009-Processing, Packaging and Material Handling, Fieramilano, Fiera Milano, 24-28 marzo 2009. Nella mostra sono stati esposti progetti, video e prototipi relativi al packaging design con materiali rinnovabili sviluppati nell'ambito della ricerca.



L'intervento del design ispirato alla natura ha, quindi, la possibilità di incidere in maniera mirata sulla crescita di settori produttivi significativi per il rilancio economico di una porzione particolarmente preziosa, ma fragile, del *made in Italy* attraverso processi di bio-innovazione e rigenerazione fondati su principi biologici, guidati congiuntamente dalla scienza e dal design. I risultati delle ricerche condotte in questa direzione sono stati esposti in diverse mostre nazionali e internazionali allestite in contesti come Città della Scienza di Napoli, il Festival della Scienza di Bergamo [6], lo Shenzhen Convention and Exhibition Centre in Cina [7], il Campus Center Galleries del California College of the Arts a San Francisco [8], la Maker Faire di Roma [9], la Fiera Milano [10].

[MUTUALISMI]

Nel laboratorio HDL la collaborazione tra scienziati e designer segue una logica biunivoca (Antonelli, 2008) in cui le diverse competenze si intrecciano (Oxman, 2014), alimentandosi reciprocamente, fino

Vantaggi che possono essere ottenuti dalle bioscienze attraverso la collaborazione con il design	Vantaggi che possono essere ottenuti dal design attraverso la collaborazione con le bioscienze
Aumento delle possibilità di trasferimento tecnologico dei risultati scientifici	Acquisizione di ispirazioni per nuovi concept e prodotti originali bioispirati
Implementazione di nuovi punti di vista nell'interpretazione dei dati scientifici strumentali e sperimentali	Trasferimento di principi e logiche di circolarità e ottimizzazione tratte dalla natura nel design sostenibile
Ampliamento degli ambiti di applicazione dei risultati della ricerca	Possibilità di innestare elementi biologici viventi nei processi e nei prodotti di design (batteri, miceli, alghe)
Implementazione di nuove logiche interpretative relative alla correlazione tra forme, strutture e funzioni	Implementazione di qualità biologiche in prodotti e servizi
Aumento delle possibilità di valorizzazione dei risultati scientifici e trasferimento tecnologico attraverso la creazione di startup innovative	Traduzione di logiche generative e di crescita naturali in algoritmi da impiegare nel design parametrico
Ausilio alla modellazione di processi, logiche e strutture biologiche mediante tecnologie di rappresentazione digitale (nature model bidimensionali e tridimensionali, video dinamici)	Trasferimento di principi costruttivi e generativi in processi di produzione digitale additivi
Miglioramento della qualità visiva dei dispositivi comunicativi e delle pubblicazioni	Aumento della reputazione sui media legato al contenuto di conoscenze scientifiche nei prodotti
Facilitazione della comunicazione interna tra ricercatori	Possibilità di catturare l'interesse di aziende e potenziali committenti sensibili al contenuto scientifico dei prodotti
Miglioramento dell'impatto mediatico, dei risultati della ricerca biologica attraverso la diffusione di prodotti bioispirati nei canali mediatici tradizionali, nei social network e nelle esposizioni in musei e mostre	Opportunità di veicolare attraverso contenuti scientifici la comunicazione dei prodotti rivolta al mercato
Opportunità di sviluppare brevetti congiunti aderenti alle esigenze del mercato e della produzione	Opportunità di sviluppare brevetti e pubblicazioni interdisciplinari congiunti di elevato impatto scientifico
Opportunità di sensibilizzare la politica e l'opinione pubblica su problematiche ambientali e specie fragili attraverso la diffusione di progetti di design che mettono in luce tali tematiche	Accesso a nuovi mercati legati alla scienza come arredi e accessori per laboratori o strumentazioni

Tabella 1. Vantaggi e opportunità di sviluppo generati dalla mutua collaborazione tra design e bioscienze



Figura 1: Render del modello digitale 3D di una diatomea *Actinoptochus_senarius* elaborato da Antonia Auletta e Giacomo Cesaro



a ibridarsi per convergere in risultati comuni e guadagnare avanzamenti condivisi (Langella, 2019). Design e scienze, dunque, si avvicinano riducendo inerzie e diffidenze e imparano a conoscersi condividendo prospettive, intuizioni e punti di vista che generano cortocircuiti creativi (Botella et al., 2016) in grado di produrre nuove conoscenze biologiche e artefatti innovativi.

Dalla mutua collaborazione tra design e biologia emergono reciproche opportunità di sviluppo (tab. 1). Il designer trova, negli avanzamenti della scienza, ispirazioni e principi innovativi che gli consentono di proporre nuove visioni del futuro e di tradurle in prodotti innovativi che avvicinano la vita delle persone ai progressi della scienza. Il design biomimetico, in particolare, può trarre dalle scienze biologiche ispirazioni e supporto per elaborare concept di artefatti originali e adattivi, utili a rispondere alle esigenze complesse e mutevoli della vita contemporanea. L'indagine biologica integrata nel processo biomimetico aiuta i designer nella progettazione di prodotti innovativi bioispirati, con un atteggiamento rigoroso, approfondito e funzionale, spingendoli ad andare oltre i



Figura 2: stampa 3D del modello digitale 3D di una diatomea *Actinopterychus_senarius* elaborato da Antonia Auletta e Giacomo Cesaro

caratteri meramente formali ed estetici, per esprimere pienamente il potenziale di innovazione che i modelli naturali sono in grado di offrire.



Figura 3: *Blow lamp*, lampada parametrica ispirata alla struttura del *cactus* che si accende e spegne soffiando nelle intercapedini, design: Gabriele Pontillo, Teresa Iavarone, Martina Panico, Emilia Carbone, coordinamento: Carla Langella.



Figura 4: *Auxetic Chair*, seduta auxetica dinamica, design: Martina Panico, coordinamento design: Carla Langella, coordinamento materiali: Carlo Santulli.

Allo stesso tempo, i biologi, facendo riferimento alle capacità di *envisioning*, interpretazione funzionale e modellazione, possono valorizzare le loro indagini e i loro dati strumentali attraverso filtri interpretativi alternativi e inconsueti, che aiutano a comprendere il significato funzionale dei dettagli dei sistemi naturali e a mettere in analogia le strutture e i processi naturali con le loro funzioni biologiche. Il design può, inoltre, aiutare le bioscienze a riprogrammare le loro rotte in relazione alle esigenze e alle questioni etiche che emergono dalla società, come la sostenibilità ambientale e sociale, il benessere psico-fisico, la trasparenza (Langella, 2019).

[PROCESSI PROGETTUALI ADATTIVI]

Nell'HDL i ricercatori che operano negli ambiti del design e delle bioscienze avviano insieme il percorso progettuale stabilendo, fin dal principio, obiettivi (pubblicazioni, brevetti, nuovi prodotti, nuovi processi) e strategie comuni, programmando le attività di studio, di ricerca e di sperimentazione in modo che risultino complementari e sinergiche (Farrel, Hooker, 2014). Questi processi collaborativi non sono mai lineari, ma hanno un andamento che procede per diramazioni, ritorni e ciclicità.



Possono partire da un obiettivo nato nella sfera del design, cercare soluzioni nella biologia per poi migrare, seguendo nuove scoperte, contaminazioni e sollecitazioni concatenate, verso altre discipline come la fisica o l'ingegneria che, a loro volta, possono offrire ulteriori spunti progettuali nel design o in altri ambiti. Ad esempio, la ricerca di soluzioni di illuminazione interattiva può richiedere alla biologia un'indagine sull'universo della bioluminescenza che, a sua volta, può stimolare nuove ricerche di fisica ottica. Queste, approdando a nuove conoscenze congiunte, possono tradursi in innovazioni in altri settori come la sensoristica.

Percorsi di questo tipo implicano, inevitabilmente, difficoltà relazionali e procedurali dovute alla distanza culturale tra discipline progettuali e scientifiche. La complessità delle tematiche coinvolte richiede dinamiche di collaborazione aperte, bilanciate e multi-nodali che contrastano con la consuetudine dei designer di attribuirsi un ruolo di coordinamento nei processi di innovazione progettuale. Il design, piuttosto che coordinare, interpreta e facilita le relazioni tra i nodi costituiti dalle diverse competenze affinché possano coagulare intorno a obiettivi condivisi, collaborare in modo dialettico e pervenire a risultati biunivoci. Per assicurare un impegno condiviso e biunivoco, e favorire così l'integrazione tra design e biologia, è necessario utilizzare metodi di progetto specificamente studiati per l'ambito biomimetico, che aiutano a orientare e pianificare i percorsi di collaborazione mutuale fin dall'inizio.

Per queste ragioni nell'HDL è stato configurato un metodo progettuale ibrido volto ad agevolare la convergenza degli intenti, il dialogo e l'integrazione tra le diverse competenze coinvolte, per fare emergere linguaggi e finalità comuni, ma anche affinità ed empatie che facilitino la traduzione della ricerca scientifica in innovazione di prodotto e di processo. Il supporto di un metodo e di un approccio orientati all'interdisciplinarietà si rivela prezioso per coadiuvare i designer nella cooperazione con gli scienziati (Kokturk, Altun, 2018). Il metodo agisce da riferimento comune nel quale soggetti che provengono da contesti differenti, caratterizzati da linguaggi e approcci anche molto distanti tra loro, possano far confluire i loro contributi. Di conseguenza, il metodo non può essere statico, ma deve essere necessariamente elastico per potersi modificarsi dinamicamente, alimentato continuamente dall'esperienza. Allo stesso tempo deve essere scandito da fasi e strumenti rigorosi, solidi e invariati affinché tutti i ricercatori possano riconoscersi senza sentirsi disorientati.

Destabilizzazione e curiosità sono aspetti ricorrenti in questo tipo di collaborazioni che devono agire da spinta alla ricerca di soluzioni innovative e condivise, piuttosto che da freno alla creatività. Il metodo aiuta a far confluire questi aspetti in un processo fertile e coerente. Nel laboratorio HDL sono coinvolti designer, scienziati e aziende. Nell'ambito del design emerge il contributo di Gabriele Pontillo, dottorando di ricerca esperto di design parametrico e processi di fabbricazione digitale, di Nicola Esposito e di Matilde Merciai per il design engineering, e di Antonia Auletta per il design di exhibit museali. La biologia è rappresentata prevalentemente dalla biologa naturalista Valentina Perricone, dottoranda di ricerca specializzata in biomimetica, e dal gruppo di ricerca coordinato da Mario De Stefano dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli". La competenza sui materiali sostenibili è rappresentata dal gruppo di ricerca coordinato da Carlo Santulli dell'Università di Camerino e dai gruppi coordinati da Mario Malinconico, Maurizio Avella e Salvatore Iannace del CNR. Per la medicina ortopedica e l'ergonomia posturale il riferimento dell'HDL è Antonio Bove dell'Ospedale del Mare di Napoli. La fisica è rappresentata dal gruppo di ricerca di fotonica coordinato da Ivo Rendina del CNR. Nel campo delle neuroscienze, che svolgono un ruolo importante per gli aspetti neuropercettivi e neuropsicologici, i ricercatori collaborano con il gruppo di ricerca coordinato da Marina Melone, del Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche Avanzate (DAMSS) dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli".

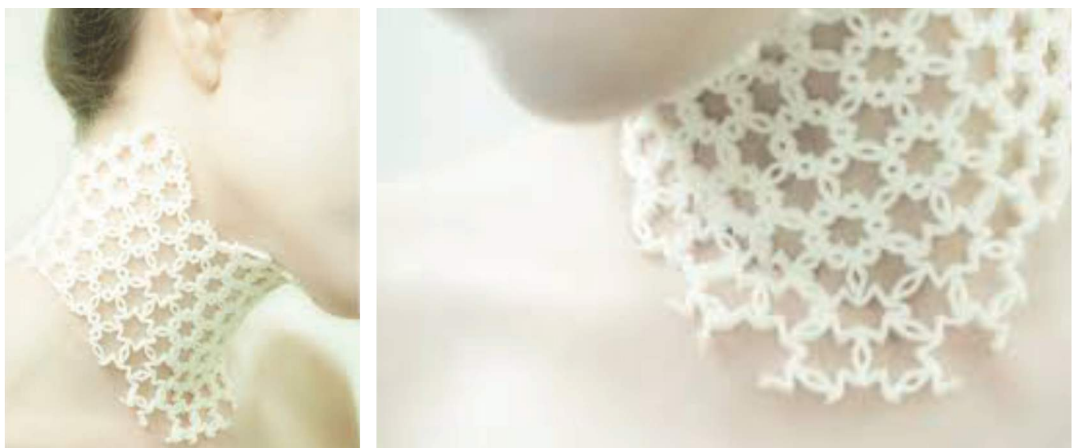


Figura 5: *Auxetic Neckbrace*, collare auxetico per la prevenzione della patologia definita tech neck, design: Martina Panico, coordinamento design: Carla Langella, coordinamento materiali: Carlo Santulli.

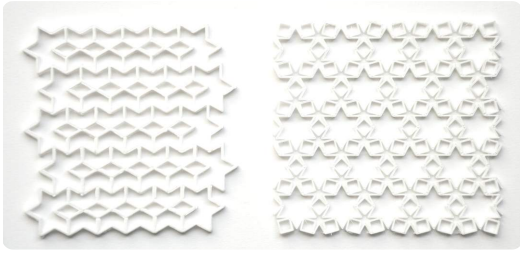


Figura 6: *Strutture auxetiche*, design: Martina Panico, coordinamento design: Carla Langella, coordinamento materiali: Carlo Santulli.

Accanto a tali competenze partecipano anche quelle di ingegneria delle strutture, di impiantistica, di energetica, di botanica, di matematica e di altre relative alle problematiche progettuali affrontate. Il sistema di ricerca HDL è stato configurato progressivamente sulla base di affinità scientifiche, etiche e culturali tra ricercatori ed esperti provenienti da diversi contesti intorno a interessi comuni quali: la salvaguardia dell'ecosistema; lo sviluppo ambientalmente e socialmente sostenibile; il riferimento alla natura sia come fonte di materie prime sia di ispirazione progettuale; la considerazione di aspetti sociali, capitale umano e territoriale nei processi di innovazione. Questi caratteri di affinità hanno favorito la sinergia e la contaminazione tra i gruppi di ricerca e il raggiungimento di risultati originali e condivisi.

Dal 2006 a oggi, il laboratorio ha maturato esperienze che hanno portato il gruppo di lavoro a elaborare un insieme di principi peculiari e approcci che, per diversi aspetti, si differenziano da altri metodi di design bioispirato. Generalmente i progetti biomimetici traggono spunto da un unico riferimento biologico che viene mutuato integralmente nella definizione dei caratteri estetici e funzionali negli artefatti sviluppati. Nell'HDL si è scelto, invece, di non limitarsi a un riferimento biologico univoco, ma di interrogare la natura ciclicamente durante lo sviluppo del progetto, in funzione delle problematiche progettuali evidenziate alle varie scale, dal concept ai dettagli, e di selezionare molteplici riferimenti correlandoli ai diversi aspetti e particolari affrontati. L'approccio e il metodo impiegati nell'HDL sono continuamente aggiornati in funzione dell'evoluzione della letteratura internazionale di settore e delle norme specificamente dedicate, come la ISO TC/266 dal titolo Biomimetics [11] che propone diverse definizioni per i termini biomimetics, biomimicry, bioinspired design e bionic. Nel laboratorio tali termini vengono considerati sinonimi e confluiscono nella seguente definizione: *il design biomimetico trasferisce conoscenze, principi, logiche e strutture dall'ambito scientifico della biologia a quello del progetto per generare artefatti innovativi, sostenibili, adattabili e più aderenti alle nuove esigenze del vivere contemporaneo.*

Il metodo applicato nell'HDL per i progetti biomimetici è flessibile e adattabile alle specificità delle applicazioni in funzione delle quali viene sottoposto a continue e progressive verifiche. Il processo progettuale può svilupparsi secondo due approcci che procedono in due direzioni opposte. Nel primo approccio, partendo da un problema specifico di design, vengono ricercate soluzioni progettuali nella biologia. In letteratura questa modalità è definita *problem-driven* (Fayemi, 2017), *problem-based* (Helms, Vattam, Goel, Yen, Weissburg, 2008; Gebeshuber, Drack, 2008; Badarnah, Kadri, 2015), *challenge to biology* (Baumeister, Tocke, Dwyer, Ritter, Benyus, 2014), *technology pull* (ISO TC, 2015) e *biomimetics by analogy* (Gebeshuber, Drack, 2008). Il secondo approccio, invece, muove dalla biologia che propone al design la ricerca di possibili applicazioni per principi, logiche e strutture osservate in specifici sistemi biologici, interpretati come fonti di soluzioni progettuali. In letteratura viene definito *solution-based* (Helms, Vattam, Goel, Yen, Weissburg, 2008; Gebeshuber, Drack, 2008; Badarnah, Kadri, 2015), *solution-driven* (Helms, Vattam, Goel, Yen, Weissburg, 2008), *biology push* (ISO TC, 2015), *biomimetics by induction* e *biology to design* (Baumeister, Tocke, Dwyer, Ritter, Benyus, 2014). Mentre il primo approccio è più frequente nell'attività professionale di designer, ingegneri e aziende, il secondo è più usato nella ricerca e nella didattica. Di seguito vengono illustrati alcuni degli strumenti metodologici impiegati nell'HDL.



[11] <https://www.iso.org/committee/652577.html>



[UNA METODOLOGIA IBRIDA PER IL DESIGN BIOMIMETICO]

Nell'HDL si prediligono progetti che abbiano uno stretto legame con il fabbisogno di innovazione delle aziende e dei territori. Nell'approccio problem-based i designer elaborano un brief in funzione di uno scenario esigenziale basato su bisogni, attitudini e desideri di utenti, produttori e stakeholder che risultano insoddisfatti dai prodotti disponibili sul mercato. Dopo aver delineato il quadro esigenziale, si effettua una ricerca a largo spettro utilizzando banche dati, piattaforme online o motori di ricerca, orientata a individuare prodotti che rispondono parzialmente alle esigenze proposte o a esigenze analoghe. A questo scopo vengono indagati anche ambiti produttivi diversi da quello affrontato e analizzati limiti e opportunità di ogni soluzione identificata, mettendo in evidenza i motivi per cui nessuna di esse soddisfa pienamente il sistema esigenziale individuato. Nella compilazione dello stato dell'arte è utile partire da una ricerca di immagini attraverso parole chiave per poi approfondire le informazioni su produttori, costi, ambiti di applicazione, materiali e tecnologie utilizzati. In questa fase è importante verificare lo stadio di sviluppo dei prodotti, dunque se sono concept, prototipi o prodotti in commercio. Per ogni prodotto viene compilata una scheda che include il nome del designer, dell'azienda, l'anno e il luogo di accesso al mercato, le strategie e modalità con cui il problema progettuale è stato affrontato, le tecnologie e i materiali impiegati, lo stato di sviluppo e, eventualmente, il costo e la collocazione sul mercato.

Arriva poi il momento di interrogare la natura: in questa fase non si può prescindere dalla consultazione dei biologi con cui, in funzione della linea progettuale che si intende perseguire, vengono selezionati quei riferimenti naturali che contengano nelle loro logiche, strutture e funzionamenti, le chiavi risolutive di problemi adattivi del mondo biologico, analoghi a quelli progettuali riscontrati. Questa fase è una delle più delicate del percorso di design biomimetico: se il designer non è in grado di comunicare ai biologi in modo chiaro il suo orientamento e le sue intuizioni progettuali per indicare la ricerca dei riferimenti naturali, rischia di rallentare il processo o di compromettere la qualità progettuale e l'originalità del risultato finale. I designer devono porre quesiti specifici cercando di decodificarli in chiave biologica e di partecipare personalmente alla ricerca. Per indirizzare le ricerche biologiche in una direzione fruttuosa e ottimizzare i tempi di sviluppo del progetto è necessario che i designer, dopo aver analizzato il problema progettuale con attenzione e averlo scomposto in ordine gerarchico in esigenze primarie e secondarie, definiscano i quesiti nello stesso ordine (quesiti primari e secondari).

Se il problema progettuale fosse, per esempio, la riduzione del rischio di ribaltamento di un'automobile in moto, il designer dovrebbe astrarre il problema, decodificarlo in un linguaggio biologico indirizzarlo progettualmente in funzione della sua visione, richiedendo indicazioni su organismi dotati di un involucro rigido che nella locomozione si mantengono ben saldi al suolo (quesito primario). Ma anche una richiesta di questo genere potrebbe non essere sufficiente, e risultare ancora troppo generica perché i biologi possano trovare delle soluzioni nell'infinito bagaglio di riferimenti della natura. Il designer deve spingersi oltre, e iniziare a prefigurare le possibili soluzioni secondo la sua sensibilità e la sua idea progettuale. Può immaginare, dunque, un abbassamento del baricentro verso il basso o l'uso di zavorre (quesiti secondari), inducendo i biologi a cercare modelli naturali con un funzionamento analogo, come ad esempio, le tartarughe.



Figura 7: *Adapting*, lampada ispirata ai virus della famiglia *Adenoviridae*, design: Andrea Gallozzi, Shuang Wuang.



I biologi, indotti dai designer a cercare in specifiche direzioni impiegano, così, molto meno tempo a identificare i riferimenti biologici più appropriati e a trasferire le informazioni scientifiche utili al progetto come articoli scientifici, grafici e dati. Dopo aver scelto i riferimenti biologici da trasferire è necessario che i designer approfondiscano la conoscenza scientifica relativa a tali riferimenti. Nell'HDL l'acquisizione di questi contenuti avviene mediante uno strumento innovativo, definito *intersection meeting*, un format che prevede l'incontro tra designer e biologi in centri di ricerca scientifici, per consentire ai designer di conoscere personalmente gli ambienti, i contesti, i protocolli e gli approcci della ricerca biologica. Questa modalità permette loro di avvicinarsi maggiormente alla complessità della ricerca scientifica e di conoscere da vicino anche quegli aspetti umani come gli entusiasmi, le empatie, le relazioni che arricchiscono le informazioni e i dati scientifici. Gli *intersection meeting* sono orientati a individuare obiettivi e linguaggi condivisi e a sviluppare i contenuti della ricerca in maniera esperienziale.

Nel corso di questi incontri i biologi propongono ai designer una selezione della letteratura scientifica di maggiore rilevanza sui sistemi biologici selezionati come riferimenti naturali, indicando gli aspetti a cui dare maggiore rilievo. È importante che in questa fase i biologi si impegnino nel facilitare la comprensione delle informazioni più importanti fondandosi sul linguaggio comune stabilito e sulla capacità di sintetizzare e decodificare le informazioni, in modo che risultino comprensibili anche ai non esperti. Può essere utile impiegare, ad esempio, il disegno o la rappresentazione visiva (immagini al microscopio, modelli digitali) come sistema di rappresentazione condiviso, o la simulazione fisica mediante stampa 3D o modelli analogici. Durante questi incontri i biologi possono provare a produrre in modo estemporaneo degli *sketch* o schemi per rappresentare i concetti che intendono veicolare. Tali *sketch* vengono reinterpretati subito dopo dai designer, che, avendo una maggiore propensione alla rappresentazione visiva di concetti astratti, propongono una propria versione grafica delle rappresentazioni. In questo modo i designer, oltre a ridisegnare e a schematizzare i modelli naturali, sono indotti a modellizzare i fenomeni e i processi della natura in modo più realistico e concreto possibile, per comprenderne i principi mediante esperienza diretta. La rappresentazione visiva, bidimensionale o tridimensionale, grafica o fisica, serve a verificare che i principi scientifici vengano trasferiti in modo comprensibile ma corretto, a generare nuovi input progettuali condivisi e come prefigurazioni delle caratteristiche funzionali del prodotto finale.

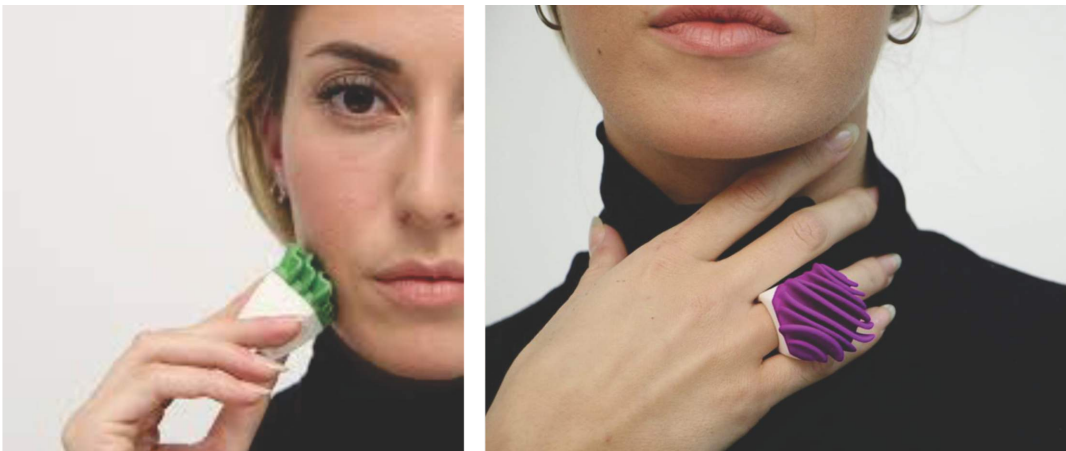


Figura 8: CYR, Care in Your Ring, Dispositivo indossabile per l'auto-massaggio del viso con finalità terapeutiche, rilassanti e linfodrenanti. Le strutture morfologiche sono ispirate a lamelle e rilievi funzionali di organismi biologici, design: Giuliana Di Taranto, coordinamento design: Carla Langella, Coordinamento digital design e fabbricazione digitale: Gabriele Pontillo, Coordinamento biologia: Valentina Perricone.

Nel corso delle attività congiunte i designer affiancano gli scienziati nelle operazioni di laboratorio (analisi strumentali per immagini, sperimentali o simulazioni) per comprendere a fondo le procedure impiegate, le fasi e i processi di indagine, i tipi di prove, tecniche, scale di osservazione ed esperimenti, le modalità di settaggio degli strumenti e le condizioni ambientali, al fine di poter fornire un contributo consapevole e utile anche su questi aspetti. La differenza di approccio e punti di vista che caratterizzano designer e ricercatori consente a entrambi di cogliere stimoli reciproci, di formulare ipotesi e concepire intuizioni a cui difficilmente sarebbero approdati lavorando singolarmente e secondo le metodiche consuete. In occasione di questi incontri possono essere definiti strumenti di facilitazione che rendono più semplice il dialogo e la convergenza verso interessi comuni.

Gli *intersection meeting* includono momenti in cui i designer affiancano i biologi nelle analisi strumentali per immagini (microscopia o scansione), sperimentali come le nanoindentazioni e altri test meccanici o simulazioni. La presenza dei designer durante l'elaborazione di queste indagini, che devono essere realizzate dai biologi, consente di integrare l'attitudine analitica dei biologi con la capacità dei designer di interpretare gli oggetti tridimensionali in relazione alle loro funzionalità. Tale capacità può essere utile ad apportare alle indagini biologiche punti di vista alternativi o più ampi in



base ai quali definire insieme le parti e i dettagli su cui approfondire le analisi, le modalità di acquisizione e le tecniche di rappresentazione dei risultati. Dopo aver analizzato i riferimenti naturali, è necessario che i biologi li interpretino dal loro punto di vista, guidando anche questa volta il processo, ma con la partecipazione dei designer. Questi ultimi coadiuvano l'interpretazione e iniziano a prefigurare il modo in cui si tradurranno i risultati nell'esito progettuale, chiedendo, eventualmente, ulteriori analisi (SEM che riprendano uno specifico dettaglio, misurazioni specifiche, scansioni interne), che possano aiutare a configurarlo con maggiore precisione. La ricerca biologica deve essere documentata mediante supporti *design based* (come video, audio interviste, fotografie e raccolta di materiali iconografici, filmati delle sperimentazioni, narrazioni degli ambienti, delle storie, delle relazioni e materiali di letteratura) che facilitano la transizione dei contenuti scientifici esposti dai ricercatori scienziati in forma meta-progettuale e l'interpretazione da parte dei designer.

Nel corso degli intersection meeting si avviano diverse e inconsuete forme di dialogo e di relazione tra designer e scienziati che, dopo avere individuato punti di contatto e di affinità iniziano a scambiarsi idee e informazioni. Per meglio esplicitare e osservare questi processi si possono usare strumenti innovativi come i *sociometric badge* che consentono di mappare le relazioni tra persone, tra persone e ambiente e i dati biometrici connessi con le emozioni e le percezioni relative alle interazioni in modo da ottenere mappe relazionali e emozionali delle visite in laboratorio. Questi dati sono acquisiti e decodificati con un approccio integrato e meta-progettuale per poi essere restituiti subito dopo i meeting e le attività congiunte, attraverso diverse tipologie di elaborazione/rappresentazione prodotte attraverso linguaggi e strumenti del design come *story telling* testuali, taccuini, protocolli, modelli 3D digital, video e mappe empatiche e relazionali.

La rappresentazione e la decodifica della scienza costituiscono un passaggio importante perché suggeriscono già le direzioni progettuali e devono, quindi, essere condotte con un approccio critico e consapevole del tipo di risultato che si intende raggiungere. A conclusione di questa fase i caratteri biologici da trasferire vengono illustrati con un altro strumento metodologico definito *nature model*: dispositivi comunicativi visivi che traducono in chiave meta-progettuale le informazioni scientifiche ricavate su principi, fenomeni, funzioni, processi, strutture da trasferire. La rappresentazione del *nature model* è una forma di astrazione perché mira a rendere comprensibile e replicabile un carattere biologico allo scopo di riproporlo nella dimensione artificiale. I *nature model* possono essere grafici bidimensionali (schemi, illustrazioni dettagliate o infografiche) oppure tridimensionali (modelli CAD o fisici, stampati in 3D o artigianali). Possono, inoltre, essere statici oppure restituire in forma di video o animazioni processi e dinamiche dei sistemi naturali analizzati.

In tutte le fasi del processo progettuale, quindi, è richiesto un impegno da parte di progettisti e ricercatori in termini di decodifica e restituzione di dati e informazioni dal piano scientifico a quello progettuale e viceversa. Questo obbliga non solo a stabilire un linguaggio comune e ibrido che possa consentire il dialogo, ma anche a raggiungere un livello profondo di conoscenza reciproca delle terminologie specifiche, delle finalità e delle metodiche.

[NATURE DETAILS]

Per favorire l'acquisizione di linguaggi e strumenti scientifici della biologia da parte dei designer nell'Hybrid Design Lab, con la collaborazione di Valentina Perricone, è stato elaborato un format di workshop chiamato *Nature Details* in cui un biologo e un designer illustrano a una platea di designer "oggetti" naturali, come conchiglie, fiori, foglie, carapaci, scheletri o ali di insetti, invitandoli a osservarne i dettagli a diverse scale: a occhio nudo, con lenti di ingrandimento (da 5X a 12X) e con un microscopio digitale portatile (da 40X a 400X). Le morfologie e le strutture degli organismi e dei sistemi naturali vengono illustrate, analizzate e confrontate dal designer e dal biologo, in forma di dialogo, attraverso i rispettivi filtri culturali. I dettagli vengono esaminati a fondo in relazione alle loro motivazioni funzionali biologiche ed evolutive e, sulla base di queste, analizzati in termini di trasferibilità al progetto.

Durante l'illustrazione di stratificazioni, porosità, connessioni, innesti e articolazioni, gli allievi possono intervenire nella discussione, apportando i loro personali punti di vista con domande, osservazioni o interpretazioni, allo scopo di comprendere i processi generativi e le motivazioni funzionali di tali dettagli da cui desumere possibili affinità con il mondo degli artefatti. Al termine del workshop, i partecipanti sono invitati a scegliere i reperti osservati che hanno stimolato maggiormente il loro interesse e a compilare una scheda in cui inserire: il nome del sistema biologico; la descrizione dei dettagli osservati; i commenti e i grafici relativi all'osservazione a occhio nudo; i commenti e i grafici relativi all'osservazione con la lente di ingrandimento; i commenti e i grafici relativi all'osservazione al microscopio; i caratteri biologici trasferibili al progetto di artefatti; una interpretazione grafica schematica dei *nature model*; un concept testuale e i relativi sketch di prefigurazione.



Figura 9: immagini di dettagli naturali realizzate con microscopio digitale.

Attraverso il format *Nature Details* è possibile sperimentare e confrontare le peculiarità di approccio di designer e biologi alla conoscenza e all'interpretazione dei sistemi biologici, favorendo il dialogo e la condivisione di idee e di intuizioni, fondamentali necessari per la costruzione di una solida collaborazione proattiva.



Figura 10 : workshop Nature Details

[DIATOM DE-SCIENCE]

Uno dei progetti di ricerca sviluppati nell'HDL più complessi e articolati è *Diatom De-Science*, risultato di un'esperienza di collaborazione biunivoca tra tre unità di ricerca di biologia, design e fisica. Lo studio, in cui sono confluite attività di ricerca scientifica, sperimentazione progettuale, innovazione tecnologica es espositiva, è stata avviata nel 2009 con il progetto *Proprietà fotoniche e micromeccaniche delle diatomee*, finanziato dal programma FIRB, bando Futuro in Ricerca promosso dal MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca Scientifica). L'obiettivo principale della ricerca era indagare la relazione tra caratteri ottici, strutturali e morfologici delle diatomee, microalghe monocellulari che producono ossigeno attraverso la fotosintesi [12]. La collaborazione tra i ricercatori coinvolti è proseguita anche dopo la chiusura del progetto finanziato, è ancora in corso e ha coinvolto anche giovani ricercatori come Valentina Perricone e Gabriele Pontillo.

[12] Il progetto è stato svolto da un'unità di ricerca di biologia coordinata da Mario De Stefano, responsabile scientifico dell'intero progetto, del Dipartimento di Scienze e Tecnologie ambientali biologiche e farmaceutiche (DISTABIF) dell'Università degli Studi delle Campania "Luigi Vanvitelli", da un'unità di ricerca di fisica ottica dell'Istituto di Microelettronica e Microsistemi (IMM) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) guidata da Edoardo De Tommasi, e da una unità di ricerca del laboratorio Hybrid Design Lab (oggi incluso nel Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale) dell'Università degli Studi delle Campania "Luigi Vanvitelli" con il coordinamento di Carla Langella.



Le diatomee sono microalghe monocellulari antichissime, note dal Cretaceo inferiore, di dimensioni comprese tra 10 e 200 μm , che ricoprono un importantissimo ruolo ecologico poiché, attraverso il processo fotosintetico, contribuiscono all'assorbimento dell'anidride carbonica e alla produzione di ossigeno. Costituiscono un importante esempio di biodiversità, poiché sono presenti in natura in oltre 200.000 specie diverse. Compaiono in tutti gli ambienti acquatici, sia dolci sia salati e partecipano in modo significativo alla catena alimentare. Sono costituite da gusci, chiamati frustuli, generati prelevando il silicio dalle acque, caratterizzati da ornamentazioni porose morfologicamente molto complesse che sembrano avere funzionalità ottiche, micromeccaniche e idrauliche (De Tommasi et al., 2017). L'evoluzione della microscopia e degli altri strumenti di indagine per immagini consentono oggi di visualizzare in modo sempre più definito i dettagli delle strutture forate, nervate e stratificate dei frustuli, consentendone di intuirne le motivazioni funzionali (Ferrara et al., 2016). Nel corso del progetto questi microorganismi, così piccoli ma così preziosi per l'ambiente, si sono rivelati dei modelli ideali per descrivere le potenzialità dell'approccio biomimetico. Stratificazioni, porosità gerarchiche, interlocking, autoorganizzazione e capacità di autoadattamento al variare delle condizioni sono il risultato di una lunghissima storia evolutiva alla quale il design può attingere mediante la collaborazione con i biologi per dedurre strategie e soluzioni progettuali innovative.

La ricerca *Proprietà fotoniche e micromeccaniche delle diatomee* ha costituito una occasione preziosa per sperimentare la metodologia biomimetica elaborata nell'HDL e per testarla in differenti campi di applicazione. Può essere definita biunivoca, multicentrica e ciclica poiché i designer, attraverso la loro capacità di modellazione e interpretazione, hanno assistito gli scienziati nell'approdare a nuove conoscenze, mentre gli scienziati hanno aiutato i designer a trarre ispirazione da queste conoscenze, per progettare prodotti innovativi e sostenibili in grado di tradurre la ricerca biologica in artefatti utili per la vita delle persone. Nella prima fase della ricerca, partendo dai dati dimensionali e geometrici ricavati dalle immagini ottenute in Microscopia Elettronica a Scansione (SEM) dai biologi coordinati da Mario De Stefano, i designer hanno elaborato modelli digitali tridimensionali di alcune specie di diatomee impiegando software parametrici per restituire la complessità delle morfologie e dei particolari delle ornamentazioni. I modelli 3D sono stati poi utilizzati nelle simulazioni digitali fotoniche e meccaniche per comprendere le modalità con cui le morfologie dei frustuli e la disposizione delle porosità intervengono nei processi di focalizzazione e propagazione delle radiazioni luminose per effettuare la fotosintesi (De Tommasi et al., 2014), nel funzionamento meccanico-strutturale e in quello idrodinamico. I designer hanno affiancato fisici e biologi anche in queste attività di simulazione e interpretazione dei dati, impiegando le loro capacità di modellazione e la loro conoscenza degli oggetti da un punto di vista funzionale nel dedurre dalle analisi morfologiche strumentali le motivazioni funzionali delle forme stesse.

I modelli digitali sono stati utilizzati anche per realizzare modelli fisici, ottenuti mediante processi di stampa 3D additiva, con i quali è stato possibile osservare, a una scala visibile, dettagli e qualità morfologiche e strutturali di microrganismi invisibili a occhio nudo. Le stampe tridimensionali sono risultate particolarmente utili nelle attività didattiche per illustrare caratteri e dettagli delle diatomee agli allievi biologi, fisici, ingegneri e designer. Le conoscenze dedotte attraverso questo processo di collaborazione interdisciplinare sulle corrispondenze tra morfologie e funzioni biologiche sono state, infine, tradotte, con un approccio biomimetico, nell'elaborazione di concept, progetti e prototipi di design. Per favorire la collaborazione tra biologi, designer, fisici e ingegneri sono stati impiegati strumenti metodologici come la matrice del trasferimento ibrido, che ha messo in relazione i caratteri biologici delle diverse specie di diatomee (*interlocking, porous structure, colony organization, frustule morphology*) con le corrispondenti funzionalità (connection, modularity, light focusing, filtering, locomotion, structural optimization, reproduction) e con alcune esigenze progettuali di prodotti di design, per individuare analogie tra diatomee e artefatti sulle quali costruire concept innovativi. Nelle sperimentazioni progettuali, condotte in diversi campi di applicazione come l'arredo urbano, il food design, il light design e il furniture, sono state scelte le specie di diatomee più appropriate ad essere impiegate come nature model sulla base delle correlazioni emerse dalla matrice.

Uno dei primi progetti sviluppati nel corso della ricerca è stato Edo, una pensilina fotovoltaica ispirata ai processi con cui la diatomea *Licmophora flabellata* ricava energia dal sole per effettuare la fotosintesi. Questa diatomea pennata si aggrega in colonie dalla particolare forma a ventaglio per assicurare che tutti gli individui assorbano il massimo della luce solare possibile evitando di farsi ombra tra loro. L'analogia funzionale tra le diatomee e i pannelli solari ha condotto al progetto di una pensilina solare, costituita da elementi fotovoltaici disposti a ventaglio, che fornisce ombra di giorno, illuminazione di notte, energia per caricare dispositivi portatili e informazioni sui dati ambientali del sito in cui il sistema è installato per sensibilizzare le persone sul possibile contributo di ognuno alla riduzione dell'inquinamento atmosferico.

L'immagine *Back to the future* che illustra Edo posto a confronto con una immagine al SEM del suo riferimento biomimetico, prodotta da De Stefano, è stata premiata con una menzione d'onore alla competizione *The best image of the year 2009*, nella categoria Illustration, promossa dalla rivista *Science* e dalla *National Science Foundation* (De Stefano et al., 2010). Al termine della ricerca FIRB,



dopo aver sviluppato i prototipi dei prodotti di design ispirati alle caratteristiche delle diatomee indagate dal progetto, si è scelto di estendere i risultati della ricerca relativi alle nuove conoscenze ricavate su questi preziosissimi organismi e sul loro potenziale biomimetico al di fuori del contesto accademico, per amplificarne il raggio di azione attraverso il coinvolgimento di altri artisti, designer, architetti, grafici, musicisti, scienziati e comunicatori italiani e stranieri. A tale scopo è stata organizzata una mostra esposta dall'11 al 29 luglio del 2014 a Città della Scienza, museo della scienza di Napoli, dal titolo *Diatom De-Science. Intersection between Design and Science*, a cura di Carla Langella, Francesco dell'Aglio e Giulia Scalerà. La selezione dei partecipanti all'esposizione è avvenuta mediante una call che includeva una presentazione in cui le nuove conoscenze scientifiche acquisite nel corso della ricerca erano state filtrate mediante un linguaggio metaprogettuale e una rappresentazione visiva adeguata ai contesti creativi a cui si rivolgevano, con lo scopo di illustrare le principali proprietà delle diatomee trasferibili al progetto.

All'esposizione hanno partecipato circa 50 designer, artisti e scienziati italiani e internazionali, seguiti nello sviluppo dei loro progetti dai curatori della mostra che si sono impegnati nel verificare la coerenza con le conoscenze scientifiche interpretate e di favorire gli incontri interdisciplinari intorno ai singoli concept. Gran parte dei prodotti esposti sono stati realizzati con il sostegno e la collaborazione di aziende partner, interessate al potenziale di innovazione della ricerca sulle diatomee per le loro produzioni. La selezione dei produttori ha privilegiato aziende caratterizzate da un know how di alta qualità, da una connotazione di made in Italy, e da impellenti esigenze di innovazione.

Diversi prodotti sono entrati nei cataloghi delle aziende e degli artigiani che hanno contribuito a svilupparli. I progetti esposti sono stati catalogati in funzione dei caratteri biologici e delle funzionalità delle diatomee da cui i progettisti hanno tratto ispirazione: riproduzione; organizzazione in colonie; bioluminescenza; porosità e filtraggio; ottimizzazione strutturale; morfologia e texture; interlocking e connessioni. La mostra è stata concepita come una esperienza ricca di sollecitazioni estetiche e sensoriali per mostrare ai visitatori di apprezzare, in maniera esperienziale, le molteplici qualità delle diatomee, comprendendone il valore ambientale e le potenzialità biomimetiche per lo sviluppo di nuovi prodotti e innovazioni tecnologiche.



Figura 11: Esposizione *Diatom De-Science*. Intersezioni tra Design e Scienza.

Nella categoria dei progetti ispirati alle modalità di riproduzione rientra il sistema *Level* costituito da stampi per ceramica in *slip casting* e vasi in ceramica progettato dal collettivo Gradosei (Chiara Pellicano, Edoardo Giammarioli, Fabrizio Mistretta Gisone, Daniele Barbiero, Renzo Carriero) in collaborazione con Francesco Dell'Aglio e l'azienda Lithho Ceramic Italy. Il concept del progetto trae ispirazione dalla riproduzione asessuata per fissione binaria delle diatomee, che impiegano generalmente questo tipo di riproduzione per ridurre l'impegno energetico rispetto alla riproduzione sessuata (Sabbe et al., 2004).

Questa forma di ottimizzazione è stata tradotta in un modello di stampaggio in grado di ridurre il numero di stampi da realizzare e, quindi, il costo totale. La spesa dedicata alla realizzazione degli stampi generalmente costituisce la voce di più consistente nella produzione ceramica e, di conseguenza, il fattore di maggiore resistenza all'innovazione di prodotto. L'ispirazione al processo riproduttivo delle diatomee ha indotto a concepire un sistema di diverse metà stampo (che evocano le valve), caratterizzate da texture differenti, ispirate a quelle delle diverse specie di diatomee, che possono essere associate tra loro creando molteplici combinazioni.

Con un numero limitato di stampi l'azienda ha, così, la possibilità, di proporre un repertorio molto ampio di vasi asimmetrici ottenuti da differenti accostamenti combinatori, risparmiando sui costi di realizzazione degli stampi. Un ulteriore elemento di innovazione e riduzione dei costi è stato apportato impiegando la stampa 3D nella realizzazione dello stampo, con il risultato di poter realizzare infinite varianti con dettagli anche molto complessi.



Figura 12: Sistema Level costituito da stampi per ceramica in slip casting e vasi in ceramica, progettato dal collettivo Gradosei (Chiara Pellicano, Edoardo Giammarioli, Fabrizio Giuseppe Mistretta Gisone, Daniele Barbiero, Renzo Carriero) in collaborazione con Francesco Dell'Aglio e l'azienda Lithho Ceramic Italy.

Il sistema di tavolini diatomic tables, progettato da Laru, è ispirato, invece, alla modalità con cui le diatomee si associano in colonie (Ussing et al., 2005). I piani, concepiti in diverse forme radiali e longitudinali, come le diatomee centriche e pennate, sono realizzati con lastre di plexiglass, sulle quali sono state stampate in digitale grafiche che ripropongono le ornamentazioni delle diatomee tratte da immagini al microscopio. Molti artisti e designer sono stati ispirati dalla fotoluminescenza osservata da biologi e fisici nelle diatomee con particolari microscopi in specifiche condizioni ambientali (De Tommasi et al., 2009). Ne sono un esempio i gioielli luminescenti come la gorgiera Joyas del mar, gorgiera progettata e realizzata dall'artista Silvia Beccaria, con gomma PVC fotoluminescente, tessuta a mano con nylon, che al buio emette una luce di colore verde. La porosità è stata osservata da diversi punti di vista: come qualità utile nel filtrare la luce, l'acqua o l'aria o come strategia di alleggerimento e di ottimizzazione strutturale. Tra i progetti ispirati alle porosità gerarchiche delle diatomee rientra lo sviluppo di nuovi materiali espansi, realizzati in un laboratorio di chimica dell'azienda Hypucem, spin off del CNR, dalla designer Enza Migliore nel corso del suo dottorato di ricerca [13].

Con uno dei nuovi materiali sviluppati, una schiuma ceramica a base di silicio, la designer ha realizzato la lampada Diaphanea attraverso una deposizione all'interno di diffusori sferici in vetro di strati differenziati di schiuma, con porosità organizzate gerarchicamente in modo da filtrare la luce proveniente da una fonte LED per ridurne l'effetto abbagliante e conferirvi qualità estetiche e percettive differenziate. Come avviene in natura, in questo progetto il designer progetta gli oggetti e le loro qualità in maniera integrata, dalla scala della materia fino a quella dell'interazione con la luce e con l'ambiente.

Un altro progetto focalizzato sullo studio del materiale è DIA_Paper Experiment, packaging per un singolo frutto, progettato da Mara Rossi con l'obiettivo di proporre una soluzione per salvaguardare l'integrità e la freschezza del frutto quando viene trasportato in borsa per essere consumato fuori casa. Il portafrutto è stato realizzato con una carta ottenuta in modo sperimentale dalla designer che include diatomite, residuo fossile delle diatomee, che attribuisce alla carta capacità di assorbire le sostanze deputate al processo di degrado della frutta, mantenendola integra anche per alcuni giorni (Al-Ghouti et al., 2009). La forma del packaging è stata ottenuta con una tecnica di piegatura origami che fornisce rigidità alla carta per proteggere meccanicamente il frutto durante il trasporto. Tra i progetti ispirati alla porosità è stato proposto anche Coscinodiscus Filter, un tappo universale, progettato da Angela Giambattista, da applicare alle comuni bottiglie per l'acqua in PET per favorirne il riuso con acqua potabile. Il tappo contiene diatomite, in grado di depurare l'acqua ed è ispirato alla capacità delle diatomee di filtrare selettivamente le acque in cui vivono.

[13] Tesi di dottorato di ricerca internazionale in Design e Innovazione, presso la Seconda Università degli Studi di Napoli, oggi Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", coordinato da Mario Buono. Tutor Carla Langella., co-tutor Sabrina Lucibello, tutor aziendale Salvatore Iannace, co-tutor aziendale Letizia Verdolotti.



Figura 13: *Coscinodiscus Filter*, tappo universale, progettato da Angela Giambattista

La caramella *GlòSSA*, progettata da Serena Fedele, è caratterizzata da una microstruttura porosa ispirata alle porosità gerarchiche delle diatomee, e contiene ingredienti nutraceutici che sostituiscono gli integratori alimentari (Bernal et al., 2011). *GlòSSA* può essere consumata in una duplice modalità: come caramella che durante la masticazione, grazie alla porosità controllata, rilascia i principi benefici gradualmente, oppure come tisana-pocket facilmente trasportabile, da poter sciogliere in acqua fredda o calda. La caramella è realizzata con un materiale composito costituito da una matrice di chitosano, xantano, fruttosio e malto e da un innesto di petali, pollini, semi e frammenti di radici naturali con particolari proprietà antiossidanti, immunostimolanti, antinfiammatorie e depurative.



Figura 14: *Diatom Helmet*, casco per bicicletta diatom helmet progettato da Paula Studio (Valerio Ciampicacigli e Simone Bartolucci), modellazione algoritmica 3d curata da Antonio Gagliardi del fablab Makeinbo di Bologna.

La porosità è stata interpretata anche come strategia di ottimizzazione strutturale. Il casco per bicicletta *Diatom Helmet* è stato progettato per la mostra da Paula Studio (Valerio Ciampicacigli e Simone Bartolucci) con l'obiettivo di aumentare le prestazioni di un casco sportivo imitando la struttura stratificata e alveolare della parete cellulare delle diatomee per ridurre il peso, migliorarne la traspirabilità e assorbire l'energia di un eventuale impatto. Il casco è formato da tre strati in materiali differenti stampati in 3D, uniti tra loro da una nervatura di bordo che integra strutturalmente gli strati, proprio come avviene nella cinta mediana delle diatomee. La modellazione algoritmica 3D è stata curata da Antonio Gagliardi del FabLab Makeinbo di Bologna. I bracciali *Scraps* progettati da B/verse (Giacomo Cesaro, Antonia Auletta) e realizzati in stampa 3D, propongono una visione di gioielli contemporanei di dimensioni considerevoli ma leggeri e confortevoli. Sono ispirati alla complessità morfologica delle colonie di diatomee e alla loro ottimizzazione strutturale.

I piatti *Palato* progettati da Giulia Scalera e Antonio Iodice, realizzati in porcellana con la collaborazione del laboratorio Anna Maglio, sono caratterizzati da texture incise, ispirate alle ornamentazioni delle diatomee, che accolgono le parti liquide dei cibi drenandole e, allo stesso tempo, disegnando geometrie mutevoli di sfondo ai cibi stessi. Anche le connessioni, che nelle diatomee congiungono le valve o gli individui per formare le colonie, costituiscono un prezioso bagaglio di ispirazioni biomimetiche. Gli occhiali *APEX* progettati da Antonio Iadarola, Nicola Di Costanzo e Theresa Williams, stampati in 3D, si adattano alle morfologie del viso mediante incastri mobili ispirati agli *interlocking* delle diatomee (Gebeshuber, Crawford, 2006). L'esposizione ha incluso anche un'area dedicata ai video e agli exhibit interattivi. Il video realizzato da Marialuisa Firpo, *DiaSoundText-Trame Visionore* connette i suoni e i colori alle ritmicità e alle armonie delle forme e degli



ornamenti delle diatomee. Analizzando le diverse tipologie di texture delle diatomee nelle loro strutture morfologiche, ne sono state selezionate cinque, differenti per segni, frequenze e ripetizioni. A ogni texture scelta sono stati associati un suono (una vocale), un ritmo e una frequenza.

I suoni prodotti dalla voce dell'autrice sono stati registrati singolarmente e poi mixati in un'unica traccia, una composizione armonica, e integrati a un'animazione di segni vettoriali che evocano le forme di partenza. L'installazione interattiva *Brainzoom*, realizzata da Francesco Sacerdoti ed Enrico Esposito per gli aspetti relativi alle tecnologie e all'interazione, con il contributo di Nicola Esposito e Matilde Merciai per il design, consente di visualizzare una diatomea a diverse scale dimensionali mediante un sistema di *brain interaction* fondato su un caschetto che include sensori in grado di leggere alcune onde cerebrali. Attraverso la concentrazione mentale, l'utente ha la possibilità di aumentare la scala fino a osservare i dettagli nanometrici della stessa diatomea. L'ingrandimento o la riduzione sono ottenuti con una transizione progressiva di immagini, fornite dalla ricercatrice del CNR Principia Dardano, elaborate con microscopi con diverse capacità di risoluzione. Anche il caschetto è stato progettato con particolare attenzione all'ergonomia imitando le modalità di aggancio delle diatomee per assicurare la corretta e rapida collocazione dei sensori e la disposizione funzionale di vuoti e delle nervature dei frustuli per alleggerirlo.

L'installazione interattiva dal titolo *Semotility*, progettata e realizzata da Antonio Grillo e Filippo Sessa del FabLab Napoli, consente di manipolare, spostare, ingrandire e ridurre, con un sistema di *gesture control* che impiega una tecnologia *leap motion*, i modelli 3D delle diatomee elaborati dai designer Antonia Auletta e Giacomo Cesaro a partire dai SEM prodotti dai biologi nel corso della ricerca FIRB per le simulazioni scientifiche. Persino la traccia sonora che ha accompagnato l'esposizione è il risultato di un processo di design ibrido, poiché è stata composta sulla base delle caratteristiche ottiche delle diatomee dal coordinatore dell'unità di ricerca di fisica ottica Edoardo De Tommasi. L'obiettivo di diffondere il più possibile i risultati del progetto ha condotto a esportare alcuni frammenti della mostra in diverse esposizioni internazionali.

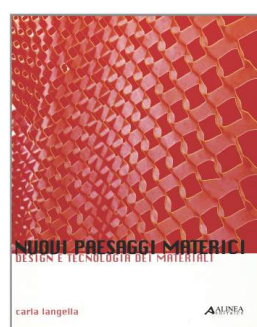


Figura 15: Brainzoom installazione interattiva, realizzata da Francesco Sacerdoti e Enrico Esposito per gli aspetti relativi alle tecnologie e all'interazione, con il contributo di Nicola Esposito e Matilde Merciai per il design.



Figura 16 : Semotility, installazione interattiva, progettata e realizzata da Antonio Grillo e Filippo Sessa del FabLab Napoli, consente di manipolare, spostare, ingrandire e ridurre, con un sistema di gesture control che impiega una tecnologia leap motion, i modelli 3D delle diatomee elaborati dai designer Antonia Auletta e Giacomo Cesaro a partire dai SEM prodotti dai biologi nel corso della ricerca FIRB per le simulazioni scientifiche.

Attualmente una selezione dei prodotti sviluppati è in mostra permanente nell'Incubatore di Città della Scienza. L'esperienza descritta dimostra come un progetto di ricerca interdisciplinare finanziato dal Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca possa coinvolgere non solo la ristretta comunità scientifica raggiunta dalle pubblicazioni di settore ma anche un pubblico molto più ampio e variegato amplificando l'impatto della ricerca sulla società e rendendola patrimonio diffuso di conoscenza.





[NUOVI PROFILI PROFESSIONALI IBRIDI]

Alla luce di questi scenari evolutivi e della complessità delle problematiche progettuali affrontate dalla biomimetica, il designer deve essere in grado di gestire l'estensione del suo ambito di intervento con competenze tecnico-scientifiche più ampie, con maggiore elasticità, conoscenza del metodo scientifico, spirito di sperimentazione e capacità di prefigurazione (Yen et al., 2014). Le scuole e le università devono adeguarsi alle nuove esigenze formative e mirare a costruire nuovi profili professionali ibridi dotati di strumenti e competenze adeguati a gestire processi di intersezione disciplinare, a intuire futuri possibili indotti dalla scienza e a tradurli in innovazioni possibili.

A questo scopo, nell'ambito del Corso di Laurea in Design per l'Innovazione erogato dal Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale dell'Università della Campania "Luigi Vanvitelli", è nato uno specifico insegnamento dal titolo "Bioinnovation Design" volto a fornire agli allievi competenze e approcci metodologici che consentano loro di integrare conoscenze di design con conoscenze scientifiche legate alla biologia, e di giungere all'elaborazione di progetti di artefatti biomimetici, dalla fase di scenario fino a quella di prototipazione. Il corso è nato con l'obiettivo di offrire agli studenti gli strumenti critici e metodologici per delineare strategie e forme di innovazione di prodotto ispirate alle scienze bio, facendo riferimento alla intelligenza dei sistemi biologici per definire nuove generazioni di artefatti più evoluti in termini di sostenibilità (Vezzoli et al., 2017), ottimizzazione, adattabilità e flessibilità al variare delle esigenze, delle tecnologie e degli stili di vita contemporanei.

Durante il corso gli allievi imparano a consultare la natura con un approccio scientifico, superando il confine dell'imitazione formale e attingendo alla letteratura specializzata di settore più attendibile e aggiornata, e ad interrogare le banche dati e i motori di ricerca specifici cercando di appropriarsi di terminologie e metodi degli scienziati. La didattica è il veicolo più efficace per favorire l'evoluzione della biomimetica e per garantire la traduzione di una tendenza progettuale in nuove modalità produttive utili nel migliorare la qualità della vita delle persone. Saranno i futuri designer formati in questi anni a veicolare la transizione e a ridurre il divario che ancora oggi sussiste tra progetto dell'uomo e progetto della natura (Santulli, 2012).

[RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI]

- AL-GHOUTI, Mohammad A., et al. Adsorption behaviour of methylene blue onto Jordanian diatomite: a kinetic study. *Journal of hazardous materials*, 2009, 165.1-3: 589-598.
- ANTONELLI, Paola; ALDERSEY-WILLIAMS, Hugh; SARGENT, Ted. *Design and the elastic mind*. The Museum of Modern Art, 2008.
- BADARNAH, Lidia; KADRI, Usama. A methodology for the generation of biomimetic design concepts. *Architectural Science Review*, 2015, 58.2: 120-133.
- BAUMEISTER, Dayna, et al. *Biomimicry resource handbook: a seed bank of best practices*. Missoula, Montana: Biomimicry 3.8, 2014.
- BERNAL, José, et al. Advanced analysis of nutraceuticals. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 2011, 55.4: 758-774.
- BOTELLA, Marion; LUBART, Todd. Creative processes: Art, design and science. In: *Multidisciplinary contributions to the science of creative thinking*. Springer, Singapore, 2016. p. 53-65.
- CONTI, Sergio. The Dynamic of the Industrial System in a Backward Region. Crisis and Industrial Innovation in the Italian Mezzogiorno. In: *Industrialization in Developing and Peripheral Regions*. Routledge, 2017. p. 149-174.
- CRUTZEN, Paul J. The "Anthropocene" (pp. 13 -18). *Earth system science in the anthropocene*. Springer Berlin Germany, 2006.
- DE STEFANO, Mario; LANGELLA, Carla; AULETTA, Antonia. Back to the future, in *Illustration*. Science, 2010, 327.5968: 946-948.
- DE TOMMASI, Edoardo, et al. Biologically enabled sub-diffractive focusing. *Optics express*, 2014, 22.22: 27214-27227.
- DE TOMMASI, E., et al. Intrinsic photoluminescence of diatom shells in sensing applications. In: *Optical Sensors 2009*. International Society for Optics and Photonics, 2009. p. 735615.
- DE TOMMASI, Edoardo; GIELIS, Johan; ROGATO, Alessandra. Diatom frustule morphogenesis and function: a multidisciplinary survey. *Marine genomics*, 2017, 35: 1-18.
- FARRELL, Robert; HOOKER, Cliff. Values and norms between design and science. *Design Issues*, 2014, 30.3: 29-38.
- FAYEMI, Pierre-Emmanuel, et al. Biomimetics: process, tools and practice. *Bioinspiration & biomimetics*, 2017, 12.1: 011002.



- FERRARA, Maria, et al. Diatom valve three-dimensional representation: a new imaging method based on combined microscopies. *International journal of molecular sciences*, 2016, 17.10: 1645.
- GEBESHUBER, Ilse C.; DRACK, Manfred. An attempt to reveal synergies between biology and mechanical engineering. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 2008, 222.7: 1281-1287.
- GEBESHUBER, Ilse-Christine; CRAWFORD, R. M. Micromechanics in biogenic hydrated silica: hinges and interlocking devices in diatoms. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 2006, 220.8: 787-796.
- HELMS, Michael E., et al. *Problem-driven and solution-based design: twin processes of biologically inspired design*. 2008.
- ISO/TC 266 (2015) *Biomimetics-Terminology, Concept and Methodology*.
- ITO, Joichi. *Design and science*. *Journal of Design and Science*, 2016.
- KOKTURK, Gulden; ALTUN, Tutku Didem (ed.). *Interdisciplinary Expansions in Engineering and Design With the Power of Biomimicry*. BoD-Books on Demand, 2018.
- LANGELLA, Carla. a dissoluzione del confine tra biologico e sintetico"/"The blurry edge between biological and synthetic. *DIGIMAG*, 2017, 12-18.
- LANGELLA, Carla. Collaborative intersections. *Confluenze creative*, in LANGELLA, C.; RANZO, P. *Design Intersections*. Roma, FrancoAngeli, 2007.2012.
- LANGELLA, Carla. *Design e scienza*. ListLab, 2019.
- LANGELLA, Carla. *Hybrid design. Progettare tra tecnologia e natura*. Franco Angeli, 2007.
- MYERS, William. *Bio design*. Museum of Modern Art, 2012.
- OSTERWALDER, Alexander, et al. *Value proposition design: How to create products and services customers want*. John Wiley & Sons, 2014.
- OXMAN, Neri. Age of entanglement. *Journal of Design and Science*, 2016.
- RANZO, Patrizia, et al. Italian fashion network between companies, university, research and educational system. In: CIMODE, 3° International Fashion and Design Congress. Escola de Engenharia Universidade do Minho Guimarães 2016, 2016. p. 2889-2896.
- SABBE, Koen, et al. Apomixis in *Achnanthes* (Bacillariophyceae); development of a model system for diatom reproductive biology. *European Journal of Phycology*, 2004, 39.3: 327-341.
- SANTULLI, Carlo. *Biomimetica: la lezione della Natura*. CIESSE Edizioni, Padova, 2012, 112.
- USSING, Anne P., et al. The Colonial Diatom *Bacillaria Paradoxa*": Chaotic Gliding Motility, Lindenmeyer Model of Colonial Morphogenesis, and Bibliography, with Translation of OF Müller (1783), "About a Peculiar Being in the Beach-water". Gantner, 2005.
- VEZZOLI, Carlo, et al. *Product-service system design for sustainability*. Routledge, 2017.
- YEN, Jeannette, et al. *Adaptive evolution of teaching practices in biologically inspired design*.