ATTI DELLA CONFERENZA ANNUALE **SID** SOCIETÀ ITALIANA DI DESIGN

DESIGN AND RE-SEARCH: SOURCES& RE-SOURCES

DESIGN E RICERCA: FONTI E RISORSE

4—5 luglio 2024
Università Iuav di Venezia

a cura di
Alessandra Bosco
Lucilla Calogero
Luca Casarotto
Saul Marcadent

SID Società Italiana di Design
Italian Design Society

Atti della Conferenza annuale
della Società Italiana di Design
Venezia, 4-5 luglio 2024
Università Iuav di Venezia

Design and Research:
Sources and Resources
Design e ricerca:
Fonti e Risorse

a cura di
Alessandra Bosco
Lucilla Calogero
Luca Casarotto
Saul Marcadent

Progetto grafico ed editoriale
Lucrezia Teghil – tolook

Identità visiva SID 2024
Gianni Sinni

Documentazione fotografica
Luca Pilot
con
Maddalena Celin
Filippo Susana
Eleonora Zambelli

Con il sostegno di
Fondazione Universitaria Iuav

Copyrights
CC BY-NC-ND 5.0 IT
È possibile scaricare e condividere i contenuti originali a condizione che non vengano modificati né utilizzati a scopi commerciali, attribuendo sempre la paternità dell'opera all'autore.
Gli autori dei contributi si rendono disponibili a riconoscere eventuali diritti per le immagini pubblicate.

Novembre 2025
Società Italiana di Design
societaitalianadesign.it

ISBN 9788894338034

Indice

Benno Albrecht I
Rettore dell'Università Iuav di Venezia

Raimonda Riccini II
Presidentessa Società Italiana di Design (2021-2024)

I soci onorari SID 2024
Elda Danese per Nanni Strada V
Maurizio Rossi per Clino Trini Castelli X

Design e Ricerca: Fonti e Risorse
Il contesto e le prospettive di *Design e ricerca: Fonti e Risorse* 1
Alessandra Bosco, Lucilla Calogero, Luca Casarotto, Saul Marcadent

Affondi sul tema *Fonti e Risorse*
Conoscere i dati: metafore e metodi per il design 14
Paola Pierri

Individuare fonti e rigenerare risorse per la ricerca in design: sfide contemporanee 18
Priscila Lena Farias

Idee di ricerca. *Fonti e Risorse*: Orizzonti per la ricerca

● **Seminario Materiali**
Verso l'ipermateria. I materiali come risultato di una complessità intra-azioni 27
Chiara Battistoni, Carmen Rotondi

WE TASTE WATER: un dispositivo per catturare dati sulla qualità dell'acqua e aumentarne il consumo consapevole 32
Ilaria Fabbri

Ottimizzazione delle risorse nel sistema sanitario: design partecipativo per un sistema di gestione dei consumabili ospedalieri 40
Gabriele Maria Cito

***More-Than Light Design*: il progetto interspecifico della luce** 47
Giovanni Inglese

Nuovi materiali da risorse seconde: un framework per lo sviluppo e progettazione di materiali circolari 54
Noemi Emidi

● **Seminario Territori, Aziende, Gestione**
Saperi locali e fonti disconnesse: il digitale come risorsa inter-generazionale 63
Davide Paciotti, Annapaola Vacanti

Impronte: un percorso *onlife* per la valorizzazione del patrimonio storico e artigianale locale 68
Camilla Giulia Barale, Daniele Rossi, Luca Parodi, Chiara Garofalo

Pratiche culturali collaborative basate su *open data*. Eredità tecnica territoriale per un patrimonio culturale più tangibile 75
Rosa Lorusso, Arianna Mazza

"FIVE MINUTES Tool". Il ruolo del designer, tra progetto e mediazione, per potenziare la comunicazione negli ecosistemi aziendali territoriali attraverso uno strumento *open source design* 83
Bianca Chiti, Denise de Spirito

● **Seminario Innovazione sociale** 92

Designer e progettazione sociale: conoscenze, urgenze e opportunità di intervento
Martina Frausin, Luca D'Elia 97

Urban design per il benessere delle persone: analisi *field based* nella città di Genova
Boyu Chen, Federica Maria Lorusso 105

Verso una comunità di pratica: proposta di ricerca partecipata sul service design per il settore pubblico
Luca Baldini, Sonia Belhaj, Lorenzo Brunello, Aureliano Capri, Mariia Ershova, Rachele Gracci, Miriam Saviano, Efren Trevisan 114

Design per nuovi stili di mobilità attivi e sostenibili. Processo di ricerca-azione per scenari progettuali che orientino l'intenzione comportamentale verso una mobilità urbana attiva e sostenibile
Sara Viviani

● **Seminario Pedagogie** 122

Sinergie. Contaminazioni multilivello tra fonti e risorse per la pedagogia del design
Giulia Ciliberto, Ami Licaj 127

Design failure: la disseminazione del fallimento come strumento di apprendimento generativo nel design
Francesca Ambrogio, Maria Manfroni, Carmen Digiorgio Giannitto, Calogero Mattia Priola 133

Progettazione design oriented di un assistente virtuale AI per il supporto alla ricerca: condivisione della conoscenza e doppia transizione
Salvatore Carleo, Arrigo Bertacchini 143

Design educativo per una società sostenibile: un approccio multidisciplinare e partecipativo
Giulia Farace 150

Formazione dei designer nell'era tecnologica. Apprendimento pratico e multidisciplinare per le sfide lavorative emergenti
Enrica Cunico 157

Design per l'educazione: ricucire teorie, metodi ed esperienze per una rinnovata ricerca nel design di prodotto
Carlotta Belluzzi Mus

● **Seminario Well-being** 165

Design per la salute e il benessere. Quattro principi fondamentali
Alessia Buffagni, Silvia Imbesi 170

***Home Virtualands*. Esperienze immersive per il benessere delle persone con malattia di Parkinson**
Ester Iacono, Mattia Pistolesi 177

Dietro ogni scemo c'è un villaggio. Un percorso di co-design per la riabilitazione psichiatrica
Xavier Ferrari Tumay 184

La sessualità femminile in terza età: design di un modello inclusivo per la dignità sessuale consapevole
Lara Pulcina, Sarah jane Cipressi, Simone Giancaspero 192

Ricerca e innovazione dei linguaggi della comunicazione visiva attraverso le *brain computer interface*
Antonella Rosmino

● **Seminario Prospettive teoriche** 199

Teorie al plurale. Verso un manifesto delle fonti teoriche nel design e nella moda
Saul Marcadent, Chiara Scarpitti

204

Il Novacene come nuovo orizzonte: coesistenza tra umanità e intelligenza artificiale
Carmen Trischitta

212

Zoé-centered artificial intelligence: realtà immersive per un'empatia multispecie
Annarita Bianco, Raffaele La Marca

220

Etologia e design: intersezioni e traiettorie per possibili alleanze disciplinari
Michela Mattei

227

Osservatorio contemporaneo sulle tecnologie appropriate
Carmelo Leonardi, Eugenia Morpurgo

234

BIOFLO *Bioreceptive Florence*: un progetto per la valorizzazione del patrimonio natural-culturale della città di Firenze
Francesco Cantini

● **Seminario Design per i patrimoni** 242

Design per e con i patrimoni. La necessità di un agire plurale
Lucilla Calogero, Ivo Caruso,

247

***Digital Fashion Heritage*: modello di visualizzazione, fruizione e gestione del patrimonio tessile**
Simona Colitti, Ludovica Rosato

255

***Error 404: page not found.* Nuove prospettive per la ricerca storica nell'era delle fonti digitali, fra obsolescenza e accessibilità**
Ludovica Polo

263

Esplorare nuove fonti: il ruolo delle biblioteche professionali nel Graphic Design History
Valentina Nitti

270

Prove di dialogo tra fonti e risorse in chiave analogica e digitale: l'artigianato grafico di Araca
Alessandra Clemente

278

SID Research Award 2024

Progetti di ricerca. *Fonti e Risorse*: lo stato della ricerca

● **Tavolo Materiali** 284

L'innovazione al centro
Stefania Camplone, Davide Crippa, Sabrina Lucibello

290

Vitali ed effimere: fonti e risorse per una *moda interspecie*
Clizia Moradei

296

***Data-driven food interfaces*: esplorazioni gusto-computazionali per un consumo consapevole del cibo**
Patrizia Marti, Sebastiano Mastrodonato

305

Design di nuovi materiali realizzati attraverso processi di bio-fabbricazione indotta da microorganismi fotostatici
Natascia Biondi, Edoardo Brunelli, Francesco Cantini, Tommaso Celli, Marco Marseglia, Lorenzo Reali, Giacomo Sampietro

Design e acqua: un progetto sull'uso sostenibile della risorsa idrica nella ristorazione 315
Laura Badalucco, Chiara Battistoni

l dualismo del progetto R3Pack: nuove fonti materiche versus l'impiego di consolidate risorse in sistemi di riuso per la progettazione di imballaggi sostenibili 323
Barbara Del Curto, Stefano Ferraresi, Carlo Proserpio, Romina Santi

Da eccedenza a eccellenza. Il ruolo trasformativo del design nel riuso dei sottoprodotti alimentari 330
Raffaele Passaro

La seconda vita dell'esporre: riflessioni ed esperimenti sul riuso di parti espositive lignee 339
Massimiliano Cason Villa, Davide Crippa, Lucilla Grossi

● **Tavolo Strumenti**

Strumenti: Fonti, risorse e direzioni della ricerca nel design 348
Alberto Bassi, Cinzia Ferrara, Gianni Sinni

Biomimicry Wunderkammer: un laboratorio di bio-ispirazione per il design 352
Mariangela Francesca Balsamo, Giuliana Flavia Cangelosi, Lucia Pietroni

Designer-AI Alignment. Workshop sulla trasmissione dei riferimenti progettuali all'AI per la generazione consapevole di concept 360
Filippo Maria Disperati, Leonardo Giliberti, Andrea Quartu, Margherita Tufarelli

Proximity Machinery through eXtended Reality: design per la formazione dell'operatore resiliente 5.0 365
Margherita Peruzzini, Alessandro Pollini, Diego Pucci, Michele Zannoni

***Fashion Alive*. Un progetto europeo tra *upcycling* e re-design delle risorse tessili** 373
Roberto Liberti, Chiara Scarpitti

Design circolare: fonti e risorse della conoscenza nei processi di educazione alla sostenibilità 380
Alberto Calleo, Vera Fabbretti, Massimiliano Fantini, Elena Maria Formia, Silvia Mercuriali

Strumenti di ricerca per le Digital Humanities: riconfigurare lo spazio dell'informazione 388
Marcello Costa, Cinzia Ferrara, Chiara Palillo

Mobilità attiva e leggera: sostenibilità, materiali e risorse per l'innovazione e il design di veicoli leggeri 396
Jonathan Lagrimino, Alessandra Rinaldi

● **Tavolo Territori, Aziende, Gestione**

Esplorazioni semantiche dei contributi: visualizzare complessità e connessioni nelle ricerche su territori, aziende e gestione 405
Giovanni Borga, Luca Casarotto, Maria Antonietta Sbordone

Il manuale digitale nell'Industria 4.0: progettare modelli di training aperti per nuovi sistemi produttivi collaborativi 411
Silvia Imbesi, Gian Andrea Giacobone, Giuseppe Mincolelli

Design e bilancio di sostenibilità: L'impatto del bilancio di sostenibilità nella progettazione e nei processi produttivi 418
Luca Casarotto, Laura Cavasin, Anna Zandanel

Sistema Prodotto-Servizio per l'arredo: un'analisi della letteratura per definire la relazione con la sostenibilità 427
Mattia Italia, Xue Pei, Francesco Zurlo

Evoluzione sostenibile nel design di piccoli elettrodomestici: un'innovativa metodologia NPD orientata all'uso consapevole di fonti e risorse 436
Venanzio Arquilla, Benedetta Rotondo

World-making dei sistemi agro-industriali e rurali: progettare e valutare gli impatti 442
Silvia Barbero, Fabiana Rovera

Eco-Design360: trasformazione circolare e digitale nell'ecosistema tessile italiano 451
Matteo Bertelli, Letizia Giannelli, Claudia Morea, Chiara Rutigliano

Food Atlas. Una piattaforma digitale per il sistema cibo della Laguna di Venezia 459
Francesca Ambrogio, Amerigo Alberto Ambrosi, Marta De Marchi, Alessandra Marcon

Design per la decarbonizzazione: *living labs* per le isole minori del Mediterraneo 468
Francesco Armato, Riccardo Maria Pulselli

● **Tavolo Innovazione sociale**

Storie di innovazione sociale 477
Cristian Campagnaro, Pietro Costa, Raffaella Fagnoni

***Living Labs* ed ecosistemi partecipativi: il "luogo vivente" come fonte e risorsa per il design** 483
Diletta Damiano, Massari Sonia

Mappe e partecipazione. Natura ibrida degli strumenti di cartografia collettiva critica 495
Laura Bortoloni

Abitare Poeticamente Qui: avverbi del fare 503
Silvana Kühtz

Il co-design e le sue fonti. Le persone come risorse per il progetto e progetto come risorsa per le persone 511
Sara Ceraolo

L'artefatto come materia in-formata. I contesti multiculturali come risorsa per la definizione di strategie *design-oriented* 519
Michela Carlomagno, Alessandra Clemente, Ibtissam Jayed, Stefano Salzillo

***Empowerment* attraverso il design: circolarità di fonti e risorse nella progettazione di processi educativi per quartieri popolari napoletani** 526
Susanna Parlato, Iole Sarno

***Re-orienting design*: fonti, risorse e pratiche di progettazione eco-sociale** 535
Paria Bagheri Moghaddam, Fabio Ballerini, Giulia Pistoresi, Jing Ruan, Margherita Vacca

Il design per gli atteggiamenti inclusivi: fonti e risorse per esplorare un nuovo approccio 543
Daniele Busciantella-Ricci, Alessandra Rinaldi

● **Tavolo Well-being**

Lo stato della ricerca Well-being 552
Raffaella Massacesi, Claudia Porfirione, Maximiliano Romero

Dispositivi *autism-friendly* per spazi museali: prototipi sperimentali inclusivi per l'osservazione e la percezione dell'opera d'arte 559
Roberto Bianchi, Morena Barilà, Marco Elia

Testimonianze, esperienze, storie, e ricordi personali: un approccio relazionale nei processi partecipativi con anziani con demenza 567
Silvia Maria Gramegna

Design for AIRC. Il design che traduce la ricerca medico-scientifica in cultura della prevenzione 574
Erminia Attaianese, Ivo Caruso, Carla Langella

DEMETRA: un approccio sistemico e integrato fondato sull'acquaponica e sulla valorizzazione degli scarti per la creazione di un sistema alimentare pilota 582
Edoardo Amoroso, Ivo Caruso, Silvana Donatiello, Mariarita Gagliardi, Alfonso Morone

Inclusione è partecipazione. Esperienze di co-progettazione per una segnaletica accessibile all'IST - Lisbona 589
Giulia Beltramino, Daniela Bosia, Claudia De Giorgi, Silvia Di Salvatore

Design e formazione professionale per la transizione sostenibile del *MedTech* europeo 597
Amina Pereno, Mariapaola Puglielli

Emergenza e innovazione: il ruolo strategico del design 605
Laura Giraldi, Marta Maini, Francesca Morelli

● **Tavolo Design per i patrimoni**

Patrimoni come risorse generative. Processi e prospettive nella ricerca di design 614
Alessandra Bosco, Emanuela Bonini Lessing, Marina Parente

Archivi d'impresa, memoria storica e dialogo culturale. Scenari di sopravvivenza degli artefatti comunicativi attraverso la mediazione culturale-educativa del designer 621
Alessio Caccamo, Fabiana Candida, Gianluca Carella, Anna Turco

***Immaterial Observatory*: mappare il capitale intangibile d'impresa e il contributo del design all'innovazione** 631
Alberto Bassi, Francesco Bergamo, Alessandra Bosco, Lucilla Calogero, Giulia Ciliberto

Il patrimonio tessile in Veneto: fonti, design e risorse 638
Sandra Coppola

***Connecting Communities.* Co-design per la valorizzazione di patrimoni culturali nel centro storico di San Marino** 645
Silvia Gasparotto, Anna Guerra, Margo Lengua

***Design Driven Capacity Building*. Sviluppo di capacità e responsabilità sociale: risorse per il design** 653
Emanuela Bonini Lessing, Silvia Maria Carolo, Mario Ciaramitaro

La *Nuova Libbaneria Mediterranea*: lavorazioni tradizionali per lo sviluppo socio-economico delle comunità locali 661
Rosanna Cianniello

Dal racconto alla rigenerazione territoriale: design partecipativo per tutelare e riattivare luoghi e comunità 669
Federica Delprino, Omar Tonella

Storie di materiali: interazioni e riusi nei sistemi produttivi locali 678
Pietro Costa, Michele De Chirico, Raffaella Fagnoni, Annapaola Vacanti

● **Tavolo Fonti e patrimoni del design**

Fonti e patrimoni del design e per la cultura del design 686
Fiorella Bulegato, Rosa Chiesa, Elena Fava

***Design philology*: fonti e storie della formazione e ricerca in design in Italia** 691
Paola Bertola, Eleonora Lupo, Clorinda Sissi Galasso, Marco Quaggiotto, Agnese Rebaglio

Fonti e metodi della ricerca tipografica nei musei: i primi passi della catalogazione e diffusione della collezione Tércio Gaudêncio al Museo Paulista 700
Fernanda Duarte Bruneli, Rodrigo Mantoan Cavalcante Muniz, Fabio Mariano Cruz Pereira, Solange Ferraz de Lima, Camila Kurianski Freitas Santos, Fabiola Margoth Zambrano Figueroa de Miranda, Yukie Camila Ohashi

La crisi delle fonti. Questioni critiche nella mappatura di trenta anni di storia del web design italiano 709
Letizia Bollini, Francesco E. Guida

Costellazioni tipografiche, galassia Italia. Ricognizione su fonti e risorse della tipografia in Italia 717
Veronica Dal Buono, Monica Pastore, Federico Rita

Archivio Fiorella Mancini. Metodi e criticità nel conservare e valorizzare il patrimonio materiale della moda 726
Alessandra Varisco

Dal tessuto alla carta: materiali per la ricerca nel progetto di Seth Siegelaub 734
Saul Marcadent

Dalle fonti ai trend della ricerca: una prospettiva *data driven* applicata alle pubblicazioni su rivista del settore ICAR/13 741
Ester Iacono, Cristina Marino, Paolo Tamborrini, Francesca Tosi

● **Tavolo Manifattura e imprese italiane**

Design e manifattura italiana nei processi trasformativi del made in Italy 749
Vincenzo Cristallo, Maddalena Dalla Mura, Gabriele Monti

Le Grand Tour d'Italie: viaggio esplorativo dei *savoir-faire* italiani per Dior 754
Nicholas Bortolotti

***Framing the values*: costruire l'atlante dei valori del Made in Italy circolare e sostenibile** 761
Eleonora D'Ascenzi, Irene Fiesoli, Ami Licaj, Giuseppe Lotti, Elisa Matteucci

Il progetto *Crafting Europe*. Design e artigianalità supportati dalle tecnologie digitali 768
Gabriele Goretti

Design per il Made in Italy sostenibile: tecnologie, processi e strumenti per la produzione circolare nell'ecosistema manifatturiero italiano 776
Luca D'Elia, Lorenzo Imbesi, Sabrina Lucibello, Viktor Malakuczi, Carmen Rotondi

***Shopping experience* del Made in Italy: nuovi paradigmi di *user engagement* nei contesti di vendita ed esposizione** 784
Carlotta Belluzzi Mus

Bamboo Made in Italy: progettare con la “straniera” verde 793
Nicolò Di Prima

Re-Think. Re-Design. Re-Start. 802
Ripensare lo scarto tessile nella filiera moda
Elisabetta Cianfanelli, Paolo Franzo, Elena Pucci, Maria Antonia Salomè

***Alive and kicking*: 30 anni di Iuav design** 816
Alberto Bassi, Davide Crippa, Gianni Sinni

Venezia 4-5 luglio 2024. Design e ricerca: fonti e risorse 823

Biomimicry Wunderkammer: un laboratorio di bio-ispirazione per il design

Mariangela Francesca Balsamo
Università di Camerino
Giuliana Flavia Cangelosi
Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli e Università di Camerino
Lucia Pietroni
Università di Camerino

Abstract

Il design bio-ispirato è oggi considerato un driver di innovazione per la progettazione di prodotti sostenibili che traggono ispirazione dalle regole, criteri e strategie della natura. In questi anni, l'Unità di ricerca in Design dell'Università di Camerino ha condotto ricerche per approfondire tale approccio, sia dal punto di vista teorico che pratico, utilizzando fonti e risorse indirette, quali articoli e volumi scientifici e database digitali. Per avere accesso a fonti dirette, nasce la *Biomimicry Wunderkammer*, un *laboratorio di bio-ispirazione per il design* ideato per offrire ai progettisti la possibilità di osservare fenomeni a diverse scale, grazie alle risorse messe a disposizione dai Laboratori di Fisica e Biologia di Unicam. L'interazione interdisciplinare tra biologi, fisici e designer permette aggiornamenti continui e una condivisione di idee, creando un ambiente favorevole all'innovazione e ottenere risultati ad alto impatto scientifico, sociale e culturale.

Parole chiave

- BIOMIMESI
- DESIGN BIO-ISPIRATO
- SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE
- LABORATORIO DI BIO-ISPIRAZIONE
- INTERDISCIPLINARITÀ

1. Il design bio-ispirato: fonti scientifiche e risorse digitali per la progettazione di prodotti sostenibili

Il design bio-ispirato è un approccio innovativo alla progettazione che si basa sui processi, le strutture e le strategie evolutive della natura. I sistemi naturali, sviluppati nel corso di milioni di anni, offrono modelli che ottimizzano l'uso delle risorse, riducono gli sprechi e minimizzano l'impatto ambientale (Mitra et al., 2024). Questo rende il design bio-ispirato un tema di grande interesse nell'ambito del Design per la Sostenibilità Ambientale. In particolare, la biomimesi, un'area di ricerca interdisciplinare relativamente recente, promuove l'emulazione consapevole delle strategie efficienti della natura per trovare soluzioni progettuali innovative (Benyus, 2002) e invita a comprendere e replicare non solo forme, funzioni e strutture, ma anche processi e contesti naturali. L'obiettivo è superare un approccio puramente emulativo di tipo formale o biomorfico (Pietroni & Mascitti, 2019). La bio-ispirazione favorisce l'innovazione nel design del prodotto, grazie anche agli importanti contributi della nanoscienza e della nanotecnologia: la prima consente di comprendere i fenomeni naturali osservati a scala nanometrica rilevando strutture complesse capaci di generare prestazioni inedite alle scale macro e micro; la seconda permette di replicare tali fenomeni attraverso la manipolazione della materia su scala nanometrica, producendo materiali con nuove proprietà fisiche, chimiche e biologiche, permettendo così lo sviluppo di nuove applicazioni in vari settori come la medicina, l'elettronica, l'energia e i materiali avanzati (Garg et al., 2017). Grazie quindi alle nuove scoperte scientifiche e agli strumenti tecnologici, l'area del design del prodotto industriale ha rinnovato il suo interesse nell'esplorare la natura. Una comprensione più approfondita dei meccanismi naturali rivela principi, criteri e regole su cui essa si basa, offrendo linee guida per progettare prodotti più sostenibili (Barman & Das, 2024; Helms et al., 2009).

L'unità di ricerca in Design della Scuola di Architettura e Design "Eduardo Vittoria" dell'Università di Camerino (Unicam Saad), che da anni si occupa di eco-design ed eco-innovazione, ha intrapreso studi sull'approccio biomimetico, indagando come i principi e le strategie della natura possano integrare le linee guida dell'ecodesign ed incrementare la sostenibilità ambientale dei prodotti industriali (Pietroni, 2011). Sono state approfondite le basi teoriche e sviluppati progetti di pro-

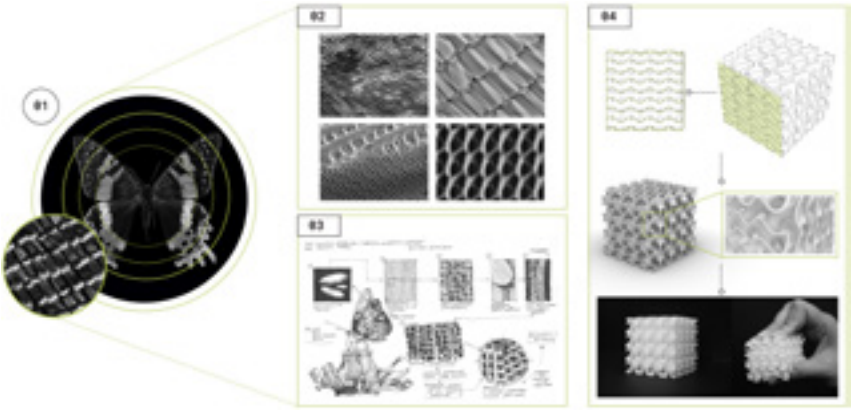
dotti bio-ispirati, applicando principalmente la metodologia Top-Down. Questo approccio, in sintesi, prevede l'identificazione di un problema, la ricerca di soluzioni attraverso analogie con il mondo naturale, l'astrazione di modelli biologici rilevanti e la loro applicazione al progetto (Fayemi, 2017). Si evince che il processo di progettazione bio-ispirata risulta interdisciplinare e sistemico, il cui elemento cruciale è la collaborazione con esperti del mondo naturale, una risorsa chiave per analizzare le fonti biologiche e tradurre i modelli naturali in applicazioni concrete (Pietroni et al., 2024a). I progressi finora raggiunti nell'approccio biomimetico hanno incontrato diverse difficoltà operative, mettendo in luce la necessità di ampliare le fonti e le risorse disponibili per supportare ulteriori ricerche e applicazioni pratiche. Una delle principali sfide riguarda la collaborazione continua con esperti del mondo naturale. Spesso, la mancanza di una cooperazione stabile e di lunga durata, unita a difficoltà legate al linguaggio tecnico e disciplinare, ha limitato l'efficacia di questo scambio interdisciplinare (Farzaneh, 2020). Quando la collaborazione diretta con biologi e altri esperti è venuta meno, i ricercatori e i progettisti si sono affidati principalmente alle fonti biologiche disponibili nella letteratura scientifica accademica. Quest'ultime sono risultate fondamentali poiché il processo biomimetico si basa sulla comprensione, l'interpretazione e l'emulazione delle soluzioni sviluppate dalla natura. In particolar modo, sono stati analizzati articoli in riviste scientifiche peer-reviewed, come *Biomimetics, Nature* e *Science,* nella quale sono raccolti articoli e studi su ricerche originali in biologia, design, ingegneria e scienze dei materiali. Tali articoli descrivono meccanismi biologici, adattamenti evolutivi e soluzioni strutturali individuate in natura e che possono essere applicate alla progettazione di prodotti. Altre fonti autorevoli che sono state studiate riguardano i testi specialistici che trattano di design bio-ispirato, biomimesi o biomimetica, che forniscono una visione dettagliata su temi progettuali significativi, ad esempio, strategie adottate dalla natura per sopravvivere – ed evolvere – a condizioni critiche e traumatiche, che suggeriscono criteri di adattività, reversibilità, autoriparazione e resilienza, utili per integrare le strategie del design sostenibile. In questo contesto non può non essere citato il libro della biologa statunitense Janine M. Benyus *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* (2002), considerato uno dei principali prodotti scientifici a cui far riferimento per la concezione contemporanea del design bio-ispirato e della biomimesi. Per garantire risultati più concreti, sono state utilizzate risorse accessibili e ben strutturate, ovvero strumenti e piattaforme specializzate progettate specificamente per aiutare i progettisti a tradurre le soluzioni biologiche in applicazioni pratiche (Aguilar-Planet & Peralta, 2024). Tra questi troviamo ad esempio *AskNature* (asknature.com), un database che raccoglie soluzioni naturali suddivise per funzione biologica. Questo strumento, progettato da Biomimicry Institute, facilita la ricerca di meccanismi naturali che risolvono problemi specifici, offrendo una guida visiva e funzionale per imitare le performance e i processi biologici, nonché indicazioni sui vantaggi ambientali di ogni progetto in relazione agli obiettivi dell'Agenda ONU 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

2. L'approccio bio-ispirato e computazionale nelle ricerche sul design per la sostenibilità: dalla teoria alla fabbricazione digitale

Grazie alle fonti individuate nella letteratura scientifica e all'utilizzo di risorse accessibili, le ricerche di dottorato svolte all'interno dell'Unità di ricerca in Design di Unicam Saad hanno poi approfondito il potenziale dell'approccio bio-ispirato, sia dal punto di vista teorico che pratico. In particolare, sono state condotte ricerche dottorali che avevano l'obiettivo:

in primo luogo, di individuare i progressi teorici riguardanti i vantaggi di tale approccio e le relative metodologie utili per la progettazione di artefatti caratterizzati da un'idea di "sostenibilità forte" (Stoppa, 2013); in seguito di analizzare il contributo dei nuovi materiali bio-ispirati al design sostenibile, evidenziando la loro capacità di replicare funzioni naturali complesse come l'adesione, l'anti-adesione, il colore strutturale, la termoregolazione e l'autoriparazione (Mascitti, 2016); e ancora, di applicare l'approccio bio-ispirato *top-down* al re-design di un prodotto sostenibile, dimostrando l'efficacia della biomimesi nel migliorarne le prestazioni ambientali, come poi confermato da una valutazione quantitativa degli impatti ambientali, condotta secondo la metodologia Life Cycle Assessment - LCA (Balsamo, 2023). Attualmente è in corso un'altra ricerca dottorale che indaga le relazioni tra l'approccio bio-ispirato e la progettazione computazionale. Questa ricerca si concentra sull'analisi di diversi casi studio di organismi viventi al fine di identificare strategie di resistenza, leggerezza e utilizzo minimo dei materiali nel settore dell'arredamento, con particolare attenzione a soluzioni bio-ispirate sostenibili e circolari (Cangelosi, in corso).

1. Schema di sintesi del processo di ricerca e progettazione bio-ispirata. Immagine elaborata dagli autori, 2024.



2. Processo di ricerca, progettazione e prototipazione di una struttura modulare giroidea ispirata alle ali della farfalla *Rhopalocera*. Immagine elaborata dagli autori, 2024.

Come illustrato nell'immagine(FIG. 01), il processo metodologico-progettuale bio-ispirato si articola in diverse fasi. La prima fase è incentrata sulla ricerca e sulle strategie del design bio-ispirato, basato su una comprensione profonda della natura come "modello, misura e mentore" (Benyus, 2022), con un focus su soluzioni innovative e sostenibili. Nella seconda fase si esplora l'ambito della nanoscienza, dove l'osservazione su scala nanometrica è cruciale per comprendere i meccanismi di funzionamento non visibili alle scale micro e macro. La terza fase riguarda l'analisi geometrica modulare, con particolare attenzione alla geometria di base, alle texture visive e alle strutture stratificate. Infine, la quarta fase introduce il design computazionale, che utilizza tecniche di modellazione parametrica e fabbricazione digitale (du Plessis et al., 2019) per realizzare concretamente le strutture bio-ispirate. Un caso studio significativo individuato è quello della farfalla *Rhopalocera*, le cui squame, nonostante la leggerezza, sono estremamente resistenti e presentano una complessa disposizione di nanofibre e micro-scaglie che formano moduli interconnessi (Zhao et al., 2022). Il processo di design bio-ispirato si articola in diverse fasi collegate tra loro: inizialmente, è stato individuato un problema nel settore dell'arredamento, per il quale è necessario trovare una soluzione strategica in grado di affrontare le sfide relative a resistenza, flessibilità e leggerezza, minimizzando l'uso dei materiali, affinché i sistemi d'arredo siano più durevoli e sostenibili. Sono state analizzate, grazie alle fonti ricercate in letteratura, le strategie esistenti in natura, individuando nella farfalla *Rhopalocera* soluzioni che rispondono adeguatamente a queste problematiche. Successivamente, è stata analizzata la struttura biologica a livello nanometrico, utilizzando tecniche avanzate come la microscopia elettronica a scansione (SEM). Le informazioni raccolte sono state interpretate in chiave geometrica e modulare, consentendo la creazione di schemi che riproducono le strutture naturali. In questo contesto, il disegno manuale si è rivelato un prezioso strumento analitico, capace di cogliere dettagli che le tecnologie digitali tendono a trascurare, favorendo una comprensione più approfondita delle strutture natu-

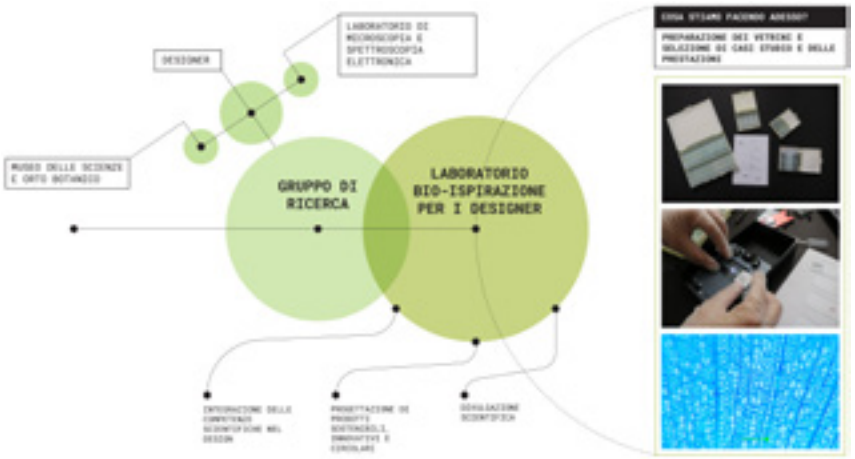
rali e delle loro applicazioni nel design. L'analisi ha rivelato che la *Rhopalocera* possiede una complessa struttura geometrica nota come giroide, una superficie tridimensionale che si ripete periodicamente in tre direzioni nello spazio, ognuna con un proprio periodo specifico (Pouya et al., 2015). Questa fase di interpretazione geometrica modulare è risultato fondamentale per l'applicazione computazionale della strategia naturale identificata, utilizzando software di modellazione parametrica per sviluppare stampe 3D in resina flessibile. Il risultato di questo processo è un modulo resistente e flessibile, ottimizzato per un utilizzo minimo di materiale, adattabile e replicabile nei sistemi di arredo. Il caso studio della *Rhopalocera* dimostra così come l'integrazione delle strategie naturali, unite a un approccio modulare, rappresenti una metodologia avanzata per un design sostenibile(FIG. 2). Questa strategia promuove l'efficienza dei materiali e la riduzione degli sprechi, favorendo un uso più responsabile delle risorse e offrendo soluzioni sostenibili (Pietroni et al., 2024b).

3. Fonti e Risorse per il processo di progettazione bio-ispirata: da indirette a dirette

Sebbene le fonti della letteratura scientifica siano state fondamentali per lo sviluppo di ricerche e sperimentazioni progettuali bio-ispirate, l'assenza di un dialogo continuo con esperti di biologia rallenta il processo. Ciò richiede più tempo per la creazione di analogie tra le strategie naturali e i requisiti progettuali da integrare nel design del prodotto. Si è inoltre constatato che l'accesso a fonti scientifiche e biologiche pertinenti per lo sviluppo di progetti bio-ispirati è limitato, poiché i problemi progettuali identificati non sempre trovano riscontro nella letteratura disponibile.

Per superare questa impasse e stimolare un'ulteriore crescita della ricerca nel settore, è essenziale creare nuove opportunità di collaborazione e sfruttare le risorse disponibili a livello locale, passando dallo studio su fonti e risorse indirette a fonti e risorse dirette. Pertanto, l'Unità di ricerca in Design ha proposto l'istituzione di una partnership strategica ad alcuni ricercatori di biologia dell'Università di Camerino che dispongono di una vasta conoscenza della biodiversità locale. In particolare, si è avviato un progetto di ricerca che coinvolge l'Orto Botanico dell'Università che offre un vasto patrimonio di specie vegetali, risorsa preziosa per il design bio-ispirato e la creazione di soluzioni sostenibili nel campo del design industriale. Infatti, l'interazione diretta con biologi, fisici e specialisti in discipline affini permette di integrare in maniera più efficace le strategie naturali all'interno del processo di progettazione, migliorando la capacità di tradurre le soluzioni osservate in natura in progetti innovativi e sostenibili. Questo metodo, che unisce l'osservazione empirica con un approccio teorico solido, si è dimostrato fondamentale per affrontare le sfide progettuali più complesse (Letouze, 2011).

Il progetto, che durerà 36 mesi, propone la realizzazione di un laboratorio di bio-ispirazione per designer, che si configura come un ambiente interdisciplinare dove designer, biologi e fisici dell'Università di Camerino collaborano insieme. Ciò permette di coniugare il design con le scienze naturali e fisiche con un forte rigore scientifico. Il progetto, quindi, vede la partecipazione del Museo Scientifico dell'Università di Camerino, di cui l'Orto Botanico fa parte, e del Laboratorio di Microscopia e Spettroscopia Elettronica della



3. Struttura del Laboratorio di Bio-Ispirazione per i Designer. Immagine elaborata dagli autori, 2024.

stessa università, che forniscono accesso a risorse e tecnologie avanzate per l'analisi dei sistemi biologici. Il contributo dei biologi accelera il trasferimento di soluzioni efficaci dalla biologia al design, attraverso l'identificazione e la selezione di organismi biologici e la traduzione delle loro strategie in criteri progettuali (Graeff et al., 2018). Il contributo dei fisici, invece, è essenziale per studiare tali sistemi a livello nanometrico, utilizzando microscopi ad alta risoluzione. Questi strumenti consentono di esplorare la complessità e la strutturazione dei meccanismi naturali con una precisione senza precedenti (Sousa & Kruhlak, 2013), aprendo nuove prospettive per la progettazione bio-ispirata(FIG. 3). Grazie a questa collaborazione sarà possibile applicare l'approccio bio-ispirato bottom-up che si basa sull'osservazione diretta e sull'analisi di organismi viventi e dei loro processi naturali per sviluppare soluzioni progettuali. A differenza dell'approccio Top-Down, che parte da un problema progettuale specifico da risolvere, il Bottom-Up si concentra su dettagli e meccanismi biologici, permettendo di trarre ispirazione da caratteristiche naturali per innovare nel design (Biomimicry Guild, 2007; Berges-Muro & López-Forniés, 2011). Sarà quindi possibile osservare e studiare - in modo diretto e con il supporto dei biologi - gli organismi, le strutture biologiche e i processi naturali per comprenderne, ad esempio, le strategie di adattamento e ottimizzazione. I principi funzionali emersi dall'analisi delle loro prestazioni saranno poi tradotti in criteri e linee guida progettuali, favorendo lo sviluppo di nuovi prodotti e materiali.

4. La *Biomimicry Wunderkammer*: la creazione di un laboratorio di bio-ispirazione per il design

L'intento principale della costituzione di un laboratorio, denominato *Biomimicry Wunderkammer*, è quello di fornire fonti di bio-ispirazione a tutti i progettisti, con particolare attenzione al design del prodotto, attraverso l'osservazione diretta e approfondita delle soluzioni adottate dalla natura (Rakowitz, 2021). Il laboratorio si propone quindi come un centro di ricerca, dove l'osservazione scientifica dei fenomeni naturali viene tradotta in strategie progettuali. Questa struttura ospiterà una collezione di modelli stampati in 3D, tavole analitiche, microscopi, campioni di sistemi biologici, libri, riviste specializzate, progetti bio-ispirati e materiali interattivi. Nella *Biomimicry Wunderkammer* ci sarà anche uno spazio espositivo immersivo, dove sarà possibile esplorare il rapporto tra natura e design, offrendo agli utenti una comprensione tangibile delle potenzialità della biomimesi. Attualmente, il progetto è in una fase preliminare sperimentale, iniziata con un percorso di ricerca e analisi di una serie di semi selezionati in collaborazione con i biologi, in quanto appartenenti a specie vegetali presenti nell'Orto Botanico. In seguito, queste famiglie di semi verranno analizzate attraverso l'utilizzo di un microscopio ottico, per poi compiere ulteriori analisi più dettagliate che verranno condotte con la microscopia elettronica a scansione SEM, che permetterà di ottenere una comprensione più profonda della struttura fisica e del comportamento biologico di questi sistemi naturali (Goldstein et al., 2018), consentendo così di cogliere le strategie evolutive che permetterà a tali semi di sviluppare diverse proprietà e caratteristiche. Per esempio, uno dei semi, sottoposto ad analisi, è il *Fagopyrum esculentum* che ha una forma piramidale-triangolare, con un rivestimento esterno robusto costituito da strati cellulari rigidi che conferisce resistenza meccanica e protezione contro danni fisici e ambientali (Ninfali et al., 2020). La struttura geometrica e la composizione ricca di

polisaccaridi rendono il seme resistente alla frattura e alla compressione, mantenendo l'integrità dell'embrione (Izydorczyk et al., 2014). Questo primo studio rappresenta un esempio di come l'osservazione diretta del mondo naturale, a differenti scale, possa portare a scoperte utili nel campo del design sostenibile. L'importanza di questo progetto non è limitata allo sviluppo di nuove conoscenze scientifiche e all'avanzamento dello stato dell'arte della letteratura sulla biomimesi e design bio-ispirata, ma intende creare una rete di collaborazione tra università, imprese e progettisti. In questo contesto, il *Biomimicry Wunderkammer* si configura come un laboratorio di ricerca scientifica e di innovazione progettuale, orientato allo sviluppo e diffusione della cultura della sostenibilità ambientale, promuovendo una visione del design che sia profondamente radicata nei principi della circolarità e nel rispetto degli Obiettivi dell'Agenda ONU 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

5. Conclusioni

L'idea del laboratorio *Biomimicry Wunderkammer* nasce dall'esigenza di accedere a fonti e risorse di bio-ispirazione dirette e di alta qualità scientifica. Certamente, la disponibilità di database di ricerca, pubblicazioni accademiche, modelli e strumenti tecnologici avanzati è fondamentale per condurre analisi approfondite e sviluppare progetti innovativi, consentendo ai ricercatori e ai designer di integrare le proprie conoscenze, ma le fonti indirette non sono sufficienti per raggiungere rapidamente risultati radicali di sostenibilità. Pertanto, nel progetto *Biomimicry Wunderkammer*, l'interazione con esperti di diversi settori disciplinari, biologi e fisici, consentirà un continuo aggiornamento, una condivisione di idee e un approccio interdisciplinare all'innovazione progettuale, creando un ambiente dinamico e fertile per lo sviluppo di progetti sostenibili. Le collaborazioni interdisciplinari possono portare a nuove prospettive e soluzioni che altrimenti non sarebbero emerse in un contesto isolato. Investire nella qualità delle fonti e delle risorse è essenziale non solo per ottenere avanzamenti delle conoscenze scientifiche, ma anche per raggiungere risultati che abbiamo un elevato impatto sociale e culturale. Un accesso efficiente e strategico a informazioni affidabili favorirà l'innovazione e la sperimentazione nell'ambito del design bio-ispirato, che potrà contribuire positivamente e accelerare la necessaria transizione dal modello socio-economico lineare a quello circolare.

Dati aggiuntivi

Data di inizio e fine del progetto: Febbraio 2024 - in corso
Durata del progetto: 36 mesi

Riferimenti bibliografici

Aguilar-Planet, T., & Peralta, E. (2024). Innovation inspired by nature: Applications of biomimicry in engineering design. *Biomimetics, 9*(9), 523, ↪https://doi.org/10.3390/biomimetics9090523

Balsamo, M.F. (2023). *Biomimetic re-design of sustainable products: Incrementare la sostenibilità ambientale dei prodotti attraverso criteri biomimetici* (Tesi di dottorato, Università di Camerino, Ciclo XXXIV). Università di Camerino.

Barman, A., & Das, K., (2024). Bio-Inspired Products and Technology Innovation - The Present and Future. *International Journal of Innovative Research in Engineering and Management*, 11, 25-33, ↪https://doi.org/10.55524/ijirem.2024.11.3.5

Benyus, J. (2002). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature.* Perennial. (Pubblicato originariamente nel 1997).

Berges-Muro, L., & López-Forniés, I. (2011). A top-down biomimetic design process for product concept generation. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, 7*(1), 26-47, ↪https://doi.org/10.2495/DNE-V7-N1-26-47

Biomimicry Guild (2007). *Innovation inspired by nature work book.* Biomimicry Guild.

Cangelosi, G. F. (in corso). *Sustainable & circular design: Un approccio bio-ispirato al design per incrementare la circolarità nel settore arredo del Made in Italy* (Tesi di dottorato, Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli & Università di Camerino, Ciclo XXXVIII).

du Plessis, A., Broeckhoven, C., Yadroitsava, I., Yadroitsev, I., Hands, C. H., Kunju, R., & Bhate, D. (2019). Beautiful and functional: A review of biomimetic design in additive manufacturing. *Additive Manufacturing, 27,* 408-427.

Farzaneh, H. (2020). Bio-inspired design: the impact of collaboration between engineers and biologists on analogical transfer and ideation. *Res Eng Design 31,* 299-322, ↪https://doi.org/10.1007/s00163-020-00333-w

Fayemi, P.E., Wanieck, K., Zollfrank, C., Maranzana, N., & Aoussat, A. (2017). Biomimetics: Process, tools and practice. *Bioinspiration & Biomimetics, 12*(1), 011002, https://doi.org/10.1088/1748-3190/12/1/011002

Garg, P., Ghatmale, P., Tarwadi, K., & Chavan, S. (2017). Influence of Nanotechnology and the Role of Nanostructures in Biomimetic Studies and Their Potential Applications. *Biomimetics, 2*(2), 7, ↪https://doi.org/10.3390/biomimetics2020007

Graeff, E., Maranzana, N., & Aoussat, A. (2018). Role of biologists in Biomimetic Design Processes: Preliminary Results. *Proceedings of the Design 2018 15th International Design Conference*, ↪https://doi.org/10.21278/idc.2018.0426

Goldstein, J., Newbury, D., Michael, J., Ritchie, N., Scott, J., & Joy, D. (2018). *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. Springer. ↪https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6676-9.

Helms, M., Vattam, S., & Goel, A. (2009). Biologically inspired design: process and products. *Design Studies*, *30*(5), ↪https://doi.org/10.1016/j.destud.2009.04.003

Izydorczyk, M.S., McMillan, T., Bazin, S., Kletke, J., Dushnicky, L., & Dexter, J. (2014). Canadian buckwheat: A unique, useful and under-utilized crop. *Canadian Journal of Plant Science*, *94*(3), 509-524, ↪https://doi.org/10.4141/cjps2013-075

Letouze, P. (2011). Interdisciplinary research project management. *International Proceedings of Economic Development and Research*, *14*, 338-342.

Mascitti, J. (2016). *Biomimetic materials for design: Nuovi materiali per un design bio-ispirato, resiliente e rigenerativo* (Tesi di dottorato, Università di Camerino, Ciclo XXVII). Università di Camerino.

Mitra, A., Das, S., & Sisodia, R. (2024). Biomimicry and nature-inspired solutions for environmental sustainability. In R. Bhardwaj, P. K. Dutta, P. Raj, A. Kumar, K. Saini, A. González Briones, M. K. A. Kaabar (a cura di), *Hybrid Information Systems: Non-Linear Optimization Strategies with Artificial Intelligence* (pp. 343-354). De Gruyter. ↪https://doi.org/10.1515/9783111331133-017

Ninfali, P., Panato, A., Bortolotti, F., Valentini, L., & Gobbi, P. (2020). Morphological analysis of the seeds of three pseudocereals by using light microscopy and ESEM-EDS. *European Journal of Histochemistry, 64*(1), ↪https://doi.org/10.4081/ejh.2020.3075

Pietroni, L. (2011). Il contributo della Biomimesi per un design sostenibile, bio-ispirato e rigenerativo. *Op.cit.*, *141*, 15-36.

Pietroni, L., & Mascitti, J. (2019). Oltre il biomorfismo: l'approccio bioispirato. *Op. cit.*, 165, 51-65. Electa.

Pietroni, L., Balsamo, M. F., & Cangelosi, G. F. (2024a). *Bio-inspired design: A systemic and interdisciplinary design approach to increase the sustainability of processes and products*. In M. Bisson (a cura di), *Proceedings (reviewed papers) of the IVth International Conference on Environmental Design, Mediterranean Design Association, 9–11 maggio 2024, Ginosa, Italia* (pp. 37–48). Palermo University Press.

Pietroni, L., Mascitti, J., Paciotti, D., & Di Stefano, A. (2024b). New scenarios for sustainable design toward an integrated approach between bio-inspired design, biomimetic materials, generative parametric modelling, additive manufacturing. In C. Gambardella (a cura di), *For nature/with nature: New sustainable design scenarios* (Springer Series in Design and Innovation, 38). Springer. ↪https://doi.org/10.1007/978-3-031-53122-4_37

Pouya, C., Overvelde, J. T. B., Kolle, M., Aizenberg, J., Bertoldi, K., Weaver, J. C., & Vukusic, P. (2016). Characterization of a mechanically tunable gyroid photonic crystal inspired by the butterfly Parides sesostris. *Advanced Optical Materials, 4*(1), 99-105, ↪https://doi.org/10.1002/adom.201500436

Rakowitz, G. (2021), *Mise-en-abime Sistema Wunderkammer*. LetteraVentidue Edizioni.

Sousa, A., & Kruhlak, M. (2013). Introduction: Nanoimaging techniques in biology. In A. Sousa & M. Kruhlak (a cura di), *Nanoimaging: Methods and protocols* (Methods in Molecular Biology, Vol. 950, pp. 1-10). Humana Press. ↪https://doi.org/10.1007/978-1-62703-137-0_1

Stoppa, M. (2013). *Biomimesi ed eco-design: Le vie per un approccio progettuale bio-ispirato, rigenerativo e sostenibile* (Tesi di dottorato, Università di Camerino, Ciclo XXV). Università di Camerino.

Zhao, X., Wang, W., Zhang, W., Wang, B., Li, J., & Zhang, D. (2022). Optical optimization with microstructure evolution inspired from lepidopteran scales. *Advanced Optical Materials*, *10*(22), 2200710, ↪https://doi.org/10.1002/adom.202200710