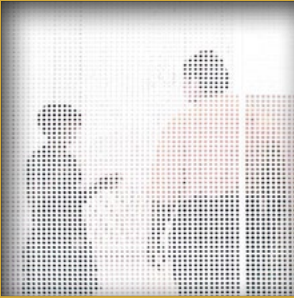


MD Journal
[1] 2016



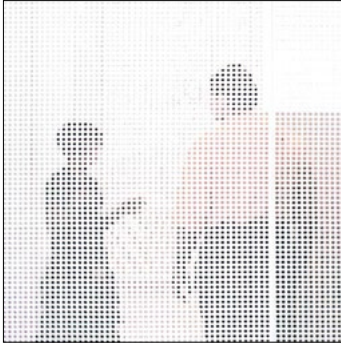
INVOLUCRI SENSIBILI

INTEGUMENTARY DESIGN

MEDIA MD

MD Journal

[1] 2016



INVOLUCRI SENSIBILI
INTEGUMENTARY DESIGN

Presentazione MD Journal

Alfonso Acocella

Editoriale

Veronica Dal Buono, Dario Scodeller

Essays

**Ramona Aiello, Maurizio Barberio,
Francesco Bergamo, Valeria Bucchetti,
Rossana Carullo, Elisabetta Cianfanelli,
Vanessa De Luca, Giuseppe Fallacara,
Gabriele Goretti, Matina Kousidi,
Jacopo Mascitti, Rosa Pagliarulo,
Stefano Parisi, Lucia Pietroni,
Valentina Rognoli, Michela Toni,
Eleonora Trivellin, Margherita Tuffarelli,
Davide Turrini, Michele Zannoni**



Le immagini utilizzate nella rivista rispondono alla pratica del fair use (Copyright Act 17 U.S.C. 107) recepita per l'Italia dall'articolo 70 della Legge sul Diritto d'autore che ne consente l'uso a fini di critica, insegnamento e ricerca scientifica a scopi non commerciali.

MD Journal

Rivista scientifica di design in Open Access

Numero 1, Luglio 2016 Anno I

Periodicità semestrale

Direzione scientifica

Alfonso Acocella *Direttore*

Veronica Dal Buono *Vicedirettore*

Dario Scodeller *Vicedirettore*

Comitato scientifico

Alberto Campo Baeza, **Flaviano Celaschi**, **Matali Crasset**,
Claudio D'Amato, **Alessandro Deserti**, **Max Dudler**, **Hugo Dworzak**,
Claudio Germak, **Fabio Gramazio**, **Massimo Iosa Ghini**, **Hans Kollhoff**,
Kengo Kuma, **Manuel Aires Mateus**, **Caterina Napoleone**,
Werner Oechslin, **José Carlos Palacios Gonzalo**, **Tonino Paris**,
Vincenzo Pavan, **Gilles Perraudin**, **Christian Pongratz**, **Kuno Prey**,
Patrizia Ranzo, **Marlies Rohmer**, **Cristina Tonelli**, **Michela Toni**,
Benedetta Spadolini, **Maria Chiara Torricelli**

Comitato editoriale

Alessandra Acocella, **Chiara Alessi**, **Luigi Alini**, **Angelo Bertolazzi**,
Valeria Bucchetti, **Rossana Carullo**, **Vincenzo Cristallo**,
Federica Dal Falco, **Vanessa De Luca**, **Barbara Del Curto**,
Giuseppe Fallacara, **Anna Maria Ferrari**, **Emanuela Ferretti**,
Lorenzo Imbesi, **Alessandro Ippoliti**, **Carla Langella**, **Alex Lobos**,
Giuseppe Lotti, **Carlo Martino**, **Giuseppe Mincoielli**, **Kelly M. Murdoch-**
Kitt, **Pier Paolo Peruccio**, **Lucia Pietroni**, **Domenico Potenza**,
Gianni Sinni, **Sarah Thompson**, **Vita Maria Trapani**, **Eleonora Trivellin**,
Gulname Turan, **Davide Turrini**, **Carlo Vannicola**, **Rosana Vasquèz**,
Alessandro Vicari, **Stefano Zagnoni**, **Michele Zannoni**, **Stefano Zerbi**

Procedura di revisione

Double blind peer review

Redazione

Giulia Pellegrini *Art direction*

Federica Capoduri

Fabrizio Galli *Webmaster*

Promotore

Laboratorio Material Design, Media MD

Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara

Via della Ghiara 36, 44121 Ferrara

www.materialdesign.it

Rivista fondata da **Alfonso Acocella**, 2016

ISBN 978-88-940517-3-5

ISSN in corso di registrazione



In copertina

Kazuyo Sejima, Ryue Nishizawa,
SKIN, Extension of the Institut
Valencia d'Art Modern, 2005, in
*Kazuyo Sejima, Ryue Nishizawa,
Kazuyo Sejima and Ryue Nishizawa/
SANAA. Works 1995-2003*, Tokyo,
TOTO, 2003

INVOLUCRI SENSIBILI

INTEGUMENTARY DESIGN

Presentazione MD Journal

- 06 MD Journal. Rivista scientifica di design in Open Access
Alfonso Acocella
- Editoriale
- 14 Integumentary design
Veronica Dal Buono, Dario Scodeller
- Essays
- 20 Abiti grafici
Valeria Bucchetti
- 32 Tassonomie a fior di pelle
Rossana Carullo, Rosa Pagliarulo
- 42 Tessuto: matrice di superfici evolute
Eleonora Trivellin
- 54 Sinestesie litiche
Davide Turrini
- 66 Superfici biomimetiche
Lucia Pietroni, Jacopo Mascitti
- 78 Superfici imperfette
Stefano Parisi, Valentina Rognoli
- 92 Un'approccio materico all'interazione tattile per il design delle interfacce
Michele Zannoni
- 106 Oltre l'interfaccia: emozioni e design dell'interazione per il benessere
Vanessa De Luca
- 120 L'interfaccia come tegumento
Francesco Bergamo
- 130 Involucri digitali del Patrimonio Culturale
Elisabetta Cianfanelli, Margherita Tuffarelli, Gabriele Goretti,
Ramona Aiello
- 142 Breathing wall skins
Matina Kousidi
- 154 Interazioni dinamiche
Michela Toni
- 166 Stone Skin
Giuseppe Fallacara, Maurizio Barberio

Superfici biomimetiche

I materiali bioispirati per un design
sostenibile e rigenerativo

Lucia Pietroni Università di Camerino, Scuola di Ateneo di Architettura e Design “E. Vittoria”
lucia.pietroni@unicam.it

Jacopo Mascitti Università di Camerino, Scuola di Ateneo di Architettura e Design “E. Vittoria”
jacopo.mascitti@unicam.it

La biomimesi è la scienza che studia la natura con l'obiettivo di applicare le strategie di sviluppo e adattamento dei sistemi biologici alla generazione di nuovi prodotti industriali. Lo studio dei materiali biologici è uno degli ambiti più promettenti della biomimesi. Le superfici biomimetiche nanostrutturate esprimono qualità peculiari quali colore strutturale, auto-pulizia, adesione senza colla, super-idrofobicità, antiattrito, termoregolazione e auto-riparazione, che aprono al mondo del design un set di prestazioni completamente nuovo. Il testo intende analizzare le nuove “super prestazioni” di materiali e superfici bio-ispirate per evidenziarne il contributo allo sviluppo di un “design sostenibile e rigenerativo”.

Design sostenibile, Materiali bioispirati, Superfici biomimetiche, Auto-riparazione, Rigenerazione

Biomimicry is the science that studies nature in order to apply the development and adaptation strategies of biological systems to the generation of new industrial products. The study of biological materials is one of the most promising areas of biomimicry. Structural color, self-cleaning, adhesion without glue, super-hydrophobicity, anti-adherence, termoregulation, self-cleaning and self-healing will be some of the characteristics of new materials and surfaces available to designers. The paper aims to describe the “super features” of bio-inspired materials and surfaces and prospects the development of a “sustainable regenerative design”.

Sustainable design, Bioinspired materials, Biomimetic surfaces, Self-healing, Regeneration

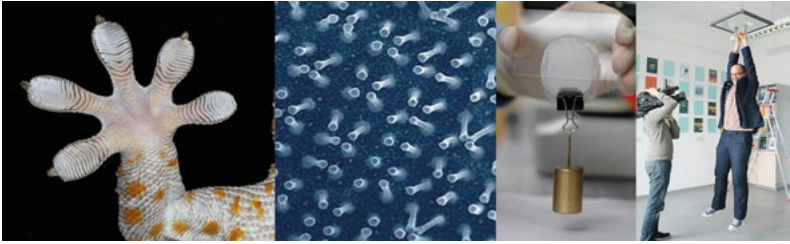
Oggi siamo ormai consapevoli che «l'impatto ambientale dei prodotti, dei servizi e delle infrastrutture che ci circondano si determina, fino all'ottanta per cento, in fase di progetto. Le scelte operate in questa fase modellano i processi che sono alla base dei prodotti che usiamo, dei materiali e dell'energia necessari a realizzarli, delle diverse modalità del loro utilizzo quotidiano e di ciò che accade loro nel momento in cui non ci servono più», come sostiene John Thackara ([2005], 2008, p. 11) nel libro *In The Bubble*.

Il design, quindi, può dare un contributo rilevante per orientare, con responsabilità, i processi di innovazione e sviluppo e gli stili di vita in una direzione più sostenibile. I designer possono fare molto, «possono contribuire a rallentare il degrado dell'ambiente più degli economisti, dei politici, delle imprese e anche degli ambientalisti», come afferma Alastair Fuad-Luke ([2002] 2003, p. 15), realizzando soluzioni progettuali innovative ma sostenibili, ovvero «capaci di futuro», che sappiano coniugare, con equilibrio e visione, la dimensione ambientale, socio-culturale ed economica della sostenibilità.

Per sviluppare e promuovere una cultura del design e modelli di progettazione realmente sostenibili, che possano incidere efficacemente e moltiplicare i propri effetti positivi, è necessario il supporto continuo della ricerca, della sperimentazione, dello scambio e della condivisione interdisciplinare delle conoscenze. Nell'attuale fase di maturità della sfida ambientale, c'è bisogno di valutare tutti gli sviluppi più significativi della scienza e della ricerca applicata per il raggiungimento degli obiettivi della sostenibilità ambientale sempre più impegnativi da conseguire.

La necessità di un cambiamento sostenibile dei nostri modelli di produzione e consumo (Hawken et al., 1999; McDonough e Braungart 2002; Gunter, 2010) sta spingendo scienziati e progettisti a cercare nuovamente nella natura le risposte ai problemi progettuali e tecnologici dell'uomo, supportati dalle nanoscienze e nanotecnologie che ne permettono un diverso grado di comprensione e imitazione (Pietroni, 2011; Cavazzini 2014).

Lo studio della natura ha rappresentato da sempre un percorso di conoscenza privilegiato per la soluzione dei molteplici problemi che si pongono in un processo progettuale (Thompson 1917; Steadman, 1979) ma è innegabile la portata innovativa dei più recenti strumenti scientifici di analisi e di trasformazione della materia alla scala nanometrica, che permettono di amplificare enormemente la nostra capacità di osservare e replicare le dinamiche naturali.



In prospettiva l'approccio biomimetico al design potrà rappresentare per i progettisti una strada promettente verso la sostenibilità ambientale, attraverso una proficua collaborazione con ricercatori e scienziati in grado di trasferire uno straordinario bagaglio di conoscenze per la generazione di nuovi prodotti e servizi sostenibili (Bar-Cohen, 2005; 2011; Salvia et al. 2009; Ranzo, 2011). La biomimesi è la scienza che studia la natura con l'obiettivo di applicare le strategie di sviluppo e adattamento dei sistemi biologici alla generazione di nuovi prodotti industriali. Questa è intesa come un contesto progettuale efficiente ed evoluto, in cui gli esseri viventi giunti fino ad oggi, attraverso un processo selettivo di "trial and error", possono essere ritenuti a buon diritto modelli virtuosi da imitare (Benyus, 1997).

Lo studio dei materiali biologici è uno degli ambiti più promettenti della biomimesi, che ha rivolto il proprio interesse a ossa, legamenti, pelle, foglie, squame e scaglie per replicare prestazioni peculiari da trasferire in materiali artificiali disponibili al mondo del design e della produzione industriale (Vincent, 2006; Fratzl 2007; Pugno, 2012).

Molte di queste prestazioni trovano espressione al livello superficiale della materia, divenendo lo strumento d'innovazione per il design di nuovi prodotti a ridotto impatto ambientale.

Di seguito indagheremo alcune delle iper-prestazioni ispirate dalla natura quali adesione senza colla, super-idrofobicità, auto-pulizia, antifouling, omnifobia, idrodinamicità, colore strutturale, termoregolazione e autoriparazione attraverso esempi di superfici biomimetiche e loro applicazioni.

Superfici super-aderenti

La capacità del gecko di aderire a qualsiasi superficie e in qualunque condizione d'inclinazione, sfruttando le forze d'interazione debole di Van der Waals [1], è una delle prestazioni più studiate e replicate. L'adesione è la tendenza

01
La super-aderenza del gecko ha permesso lo sviluppo di superfici in grado di attaccarsi a qualunque superficie senza l'utilizzo di colla

di particelle o superfici dissimili a unirsi l'una a l'altra e le forze che la causano possono avere natura molto diversa (chimica, meccanica, elettrica, dispersiva o diffusiva).

La capacità di adesione della zampa gecko [fig. 01] è un fenomeno che può essere riprodotto solo nanostrutturando gerarchicamente la superficie di un materiale (Autumn et al. 2000; Forbes 2005).

Oggi sono disponibili diverse tipologie di superfici, chiamate genericamente "gecko tape", in grado di aderire a qualunque altro materiale in modo unidirezionale e reversibile senza l'uso di sostanze tossiche e che non lasciano residui una volta staccate [2].

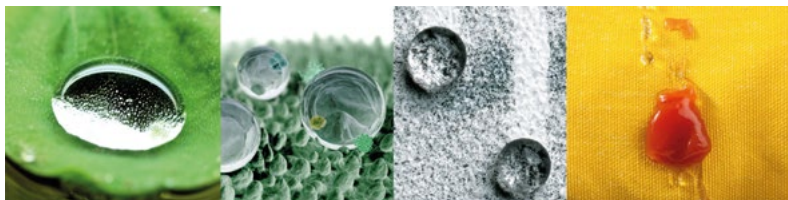
In natura sono diversi gli esempi, vecchi e nuovi, di adesione a secco a cui gli esperti di scienza dei materiali si stanno ispirando: semi, gechi, insetti, ragni e altri ancora. Per la cultura del design l'adesione, intesa come la possibilità di giunzione superficiale di due componenti materialmente, formalmente e funzionalmente discordanti, ha sempre rappresentato un importante fattore di innovazione. Facilitare le operazioni di assemblaggio e, ancor di più, di disassemblaggio è una sfida quotidiana per il designer al fine di ridurre, da un lato, i costi di trasporto e stoccaggio e programmare, dall'altro, in modo sostenibile il fine vita di un prodotto attraverso il riciclo di tutte le sue componenti.

Superfici anti-aderenti

L'anti-adesione o "omnifobia" identifica, invece, la capacità di impedire che un solido o un liquido si attacchi ad una superficie. Sono molteplici gli esempi naturali di anti-adesione, specialmente nei confronti dell'acqua (idrofobicità).

La capacità super-idrofobica della foglia di loto [fig. 02], ottenuta anche in questo caso attraverso un'organizzazione gerarchica della superficie [3], comunemente nota come "effetto loto" (Marmur, 2004) permette di ridurre la manutenibilità di un prodotto allungando la sua vita utile, grazie alle intrinseche capacità di auto-pulizia e antifouling [4]. Quest'ultima desta particolare interesse, oltre che in campo sanitario, in ambito nautico per impedire la for-

02
La super-idrofobicità della foglia di loto può essere replicata per rendere idrorepellente ed auto-pulente qualunque tipo di superficie



mazione di incrostazioni sulla parte immersa dello scafo che, limitandone la capacità di scivolamento in acqua, riducono l'efficienza dell'imbarcazione e aumentano i costi energetici per la propulsione (Bixler e Bhushan, 2012).

Lo studio dell'antiaderenza della superficie interna della lamina della pianta carnivora *Nepenthes* ha portato allo sviluppo di una superficie super-omnifobica chiamata SLIPS in grado respingere qualunque elemento solido o liquido tenti di aggrapparsi, compreso il ghiaccio a temperature sotto lo zero termico e i batteri, che stentano a proliferare [5]. L'effetto è ottenuto nanostrutturando una superficie polimerica o metallica di base e unendola stabilmente a un lubrificante liquido che la ricopre completamente (Wong et al., 2011).

Gli esempi fin qui esposti consentono di comprendere l'estrema varietà di prestazioni ottenibili dalla materia gerarchizzata variando uno dei suoi parametri di sviluppo. Infatti, la strutturazione nanometrica che nella zampa del gecko permette l'adesione può essere utilizzata, modificandola, per intrappolare in modo permanente un microfilm liquido in grado di determinare l'effetto omnifobico opposto. Prestazioni a richiesta, sovrapponibili e programmabili sulla base di parametri progettuali, potranno nel prossimo futuro essere definite da un design consapevole delle potenzialità offerte dal mondo delle nuove superfici bio-ispirate e nanostrutturate.

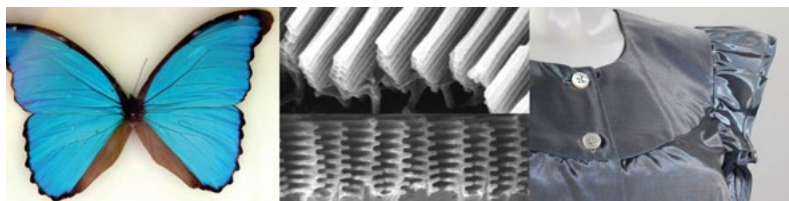
Superfici idrodinamiche

Altra prestazione potenziata dalla bioispirazione è quella della idrodinamicità, ovvero la capacità di un corpo di attraversare efficacemente un liquido. L'esempio più noto è quello della linea d'indumenti per nuotatori ispirati alla pelle dello squalo "Fastskin" di Speedo che nel 2008 [6] ha consentito di stabilire ventitré nuovi record mondiali ai Giochi Olimpici di Pechino. Il tessuto con il quale sono realizzati i costumi mostra delle microscopiche creste superficiali che ricordano i "dentelli" dermici [fig. 03] presenti sulla pelle dell'animale e che gli consentono un rapido spostamento in acqua riducendo le turbolenze che si formano intorno al suo corpo (Ball, 1999).

03
L'idrodinamicità offerta dalla pelle dello squalo è stata applicata ai costumi per il nuoto della linea Fastskin di Speedo



03



04

Superfici con colore strutturale

I trattamenti superficiali di colorazione potrebbero scomparire dal panorama del design soppiantati dai materiali con “colore strutturale” in cui i tradizionali pigmenti responsabili dell'assorbimento selettivo della radiazione elettromagnetica visibile sono sostituiti da riflessioni selettive della luce, solitamente dovute a strutture a stratificazione multipla, in grado di generare un colore visibile sulla base dell'angolo di incidenza (Gu et. al, 2003). Sono tre i fenomeni luminosi che danno origine al colore strutturale: l'interferenza, la diffrazione e la diffusione. I primi due producono colori iridescenti che cambiano secondo l'angolo visuale seguendo un ordine ben definito, detto sequenza di Newton. Le colorazioni iridescenti per interferenza sono visibili nelle ali trasparenti delle mosche e di altri insetti ma sono ampiamente diffuse anche in pesci e crostacei e nelle piume degli uccelli.

L'esempio più noto di colore strutturale è quello delle ali della farfalla *Morpho*, caratterizzate da conformazioni lamellari stratificate in grado di interagire direttamente con la singola onda elettromagnetica [fig. 04].

Nel 2009, la fashion designer Donna Sgro ha presentato la prima collezione di vestiti interamente realizzata con una fibra a struttura multistrato, chiamata Morphotex [7], che può assumere varie colorazioni in base alla luce riflessa, rendendo superflui tinta e pigmento. Tale fibra, caratterizzata dai tipici colori sgargianti e iridescenti, presenta una struttura laminata in film sottili di 70 nanometri di poliestere o nylon, alternati su 61 strati che permettono di ottenere quattro colori di base: rosso, verde, blu e viola. Il “polimer opal” è, invece, un materiale polimerico con colore strutturale in grado di imitare l'iridescenza di conchiglie e opali [8]. Nanosfere elastiche all'interno di una matrice cristallina riflettono la luce che colpisce la superficie, creando un effetto cangiante. La variazione di colore dal rosso al blu si ottiene stirando o comprimendo il materiale, modificando cioè la sua struttura e determinando una variazione nella disposizione e distanza delle sfere. Il colore non è soggetto a sbiadimento e la modifica è temporanea.

04

Il colore strutturale visibile nella ali della farfalla *Morpho* riprodotto nella struttura del filato senza pigmento Morphotex

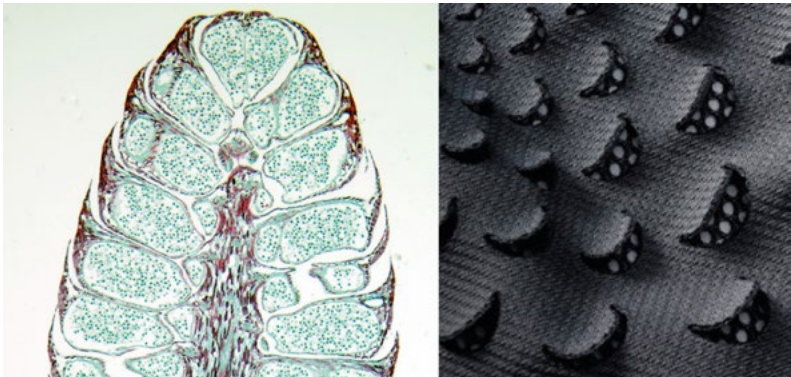
Le superfici con colore strutturale offrono potenzialmente enormi vantaggi progettuali in termini di sostenibilità ambientale permettendo di eliminare i trattamenti superficiali tra cui l'uso di vernici e riducendo l'obsolescenza di prodotti e componenti soggetti a usura.

Superfici termo-regolanti

Una delle prestazioni più indagate dei materiali e delle superfici dei sistemi biologici è la capacità di esprimere comportamenti reattivi agli stimoli esterni, applicando le strategie complesse della natura di adattamento, rigenerazione e resilienza. La termoregolazione è una di queste. Un materiale termoregolante è capace di controllare la temperatura mantenendola entro un campo prefissato, reagendo e adattandosi a variabili condizioni ambientali. In natura sono molte le dinamiche che prendono avvio da variazioni della temperatura e dell'umidità ambientale. Tipicamente le piante, che non possono muoversi e risentono maggiormente dell'effetto di agenti atmosferici, hanno sviluppato interessanti dinamiche di protezione e regolazione delle loro attività vitali. Alcune di queste hanno attratto l'attenzione degli scienziati per l'apparente semplicità ed efficacia.

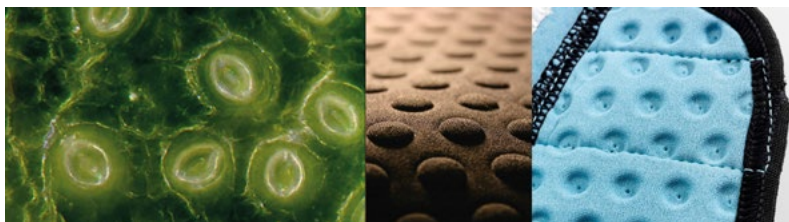
La linea d'indumenti sportivi "Sphere Macro React" di Nike guarda alla dinamica di apertura delle scaglie della pigna [fig. 05] per ricreare un tessuto che reagisce all'umidità e alla temperatura della pelle. All'aumentare di questi due fattori le flange presenti sul tessuto si estroflet-

05



05

La capacità termoregolante degli indumenti Nike Sphere Macro React trae ispirazione dalla dinamica di apertura delle scaglie della pigna



06

tono, aumentando la traspirazione del capo. Ciò è reso possibile dall'utilizzo di uno speciale filato in poliestere che, diversamente dai comuni non bagnabili dall'acqua, reagisce all'umidità della pelle.

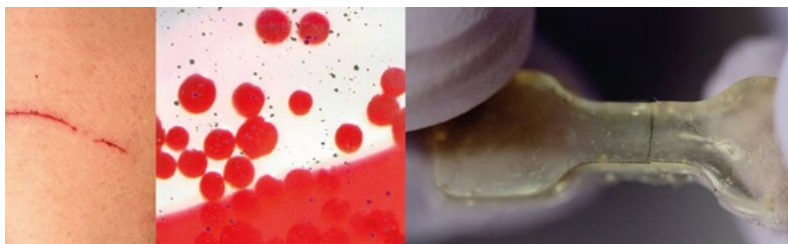
Un altro esempio di superficie biomimetica termoregolante è il tessuto "Stomatex" [fig. 06] che replica dalle piante la dinamica di traspirazione delle foglie. Con un'azione simile a quella svolta dagli stomi, le cupole che ricoprono il tessuto catturano l'eccesso di calore e umidità spingendoli all'esterno grazie al foro presente sulla sommità. Il risultato è un tessuto resistente all'acqua, isolante e traspirante, in grado di regolare la temperatura del corpo reagendo alle condizioni microclimatiche interne.

06
 Alla traspirazione degli stomi delle foglie è ispirato il tessuto Stomatex in grado di mantenere costante temperatura e umidità del corpo

Superfici auto-riparanti

Polimeri, metalli, ceramiche, vernici e conglomerati cementizi in grado di reagire a eventi potenzialmente traumatici rappresentano, infine, l'ultima frontiera dei materiali e delle superfici biomimetiche. Raggruppati sotto il nome di "self-healing materials", traggono ispirazione dalla capacità di "auto-guarigione" della natura [fig. 07], dalla scala macroscopica a quella microscopica (Hager et al., 2010; Blaiszik et al. 2011; Brinkman, 2011). Per la scienza dei materiali, con "rigenerazione" si identifica il procedimento tecnologico attraverso il quale si cerca di ripristinare lo stato e le proprietà iniziali di una sostanza sottoposta a uno stress e danno irreversibile. I materiali e le superfici auto-riparanti possono, quindi, contribuire all'allungamento della vita utile dei prodotti e diventano strumento promettente per le strategie progettuali della sostenibilità ambientale, riuscendo a contrastare la comune pratica industriale dell'obsolescenza accelerata.

Questi nuovi materiali "auto-riparanti" e "auto-rigeneranti" contribuiranno in modo significativo a rendere più sostenibili un gran numero di prodotti, facilitandone la manutenzione, rallentandone l'obsolescenza, allungandone la vita utile e riducendone l'impatto ambientale lungo tutte le fasi del ciclo di vita.



Conclusioni

Per sviluppare e amplificare il contributo della biomimesi al design, gli scienziati e i biologi dovrebbero continuare ad incrementare le banche dati di innovazioni bio-ispirate e renderle il più possibile accessibili a chi può trasferirle e applicarle in soluzioni progettuali e tecnologiche indirizzate alla risoluzione dei problemi dell'uomo; i progettisti, invece, dovrebbero imparare a interrogare la banca dati della natura con metodo e sistematicità, chiedendosi sempre in primo luogo: come ha risolto questo problema la natura? Con quale espediente, con quale processo, con quale strategia?

Secondo Geoff Hollington (2007) le strade a disposizione di un designer per approcciarsi alla biomimesi nello sviluppo di un nuovo prodotto sono sostanzialmente due. La prima è come "fruitore" delle scoperte biomimetiche nel campo dei materiali, dei componenti e delle diverse tecnologie sviluppate dai centri di ricerca universitari o R&D di grandi aziende, per implementarle in prodotti di nuova generazione. La seconda è come "promotore" di processi di sviluppo progettuali rispondenti ad uno o più principi biomimetici.

È in questa seconda opportunità che i designer possono svolgere un ruolo proattivo, sviluppando oggetti che sfruttino le nuove iper-prestazioni offerte dai materiali e dalle superfici bio-ispirate per minimizzare l'uso e le tipologie di materiale, semplificare i processi di assemblaggio, disassemblaggio e riciclo, ottimizzare il consumo energetico ed essere in grado di adattarsi e auto-ripararsi, ovvero di includere processi di modifica ed evoluzione, proprio come accade in natura.

Per ottenere, inoltre, risultati veramente apprezzabili in termini di sostenibilità ambientale dalla progettazione bio-ispirata sarebbe auspicabile: formare gruppi interdisciplinari di progetto; guardare e interrogare la natura in modo nuovo e con nuovi strumenti scientifici e culturali; e, soprattutto, integrare efficacemente i principi e gli strumenti della biomimesi con gli strumenti e le strate-

07

L'auto-guarigione tipica di molti materiali biologici sta portando allo sviluppo di diverse tipologie di superfici in grado di ripararsi

gie più consolidate del design per la sostenibilità. In tal modo, la biomimesi potrà in futuro fornire alla cultura del design un contributo non solo promettente, ma realmente strategico per lo sviluppo di soluzioni progettuali sostenibili, innovative e capaci di futuro, o per dirla con Victor Papanek ([1971], 1973, p. 323) «ecologicamente responsabili e socialmente rispondenti, rivoluzionarie e radicali nel senso più vero dei termini».

NOTE

[1] Le forze di Van der Vaal sono forze d'interazione intermolecolari che agiscono tra i cuscinetti della zampa del gecko, rivestiti di micro e nano *setae*, e la superficie. Alla scala macroscopica le *setae* si presentano come una fitta peluria che ricopre la zampa dell'animale; all'estremità di ogni singola *seta* si diramano alcune centinaia di *spatulae* che, entrando in contatto con la superficie, generando forze capaci di contrastare l'azione della gravità.

[2] Attualmente sono disponibili due tipologie di queste superfici aderenti: il "GeckSkin" sviluppato dalla University of Massachusetts Amherst (www.geckskin.umass.edu) e il "Setex" realizzato dall'azienda nanoGripteck Inc., spin off della Carnegie Mellon University di Pittsburgh (www.nanogripteck.com).

[3] La foglia di loto presenta un substrato rugoso su cui si elevano microscopiche strutture cerose simili a bastoncini; queste generano un'area di contatto minima tra la superficie e la goccia d'acqua che, rimanendo sospesa, non è in grado di entrare in contatto con il substrato.

[4] L'antifouling è la capacità di una superficie di impedire la proliferazione dei batteri o di microorganismi.

[5] SLIPS acronimo di "Slippery Liquid-Infused Porous Surface" è attualmente in fase di sviluppo presso l'"Aizenberg Biomineralization and Biomimetics Lab" di Harvard.

[6] Per un approfondimento sugli swimming suit della linea Fastskin di Speedo cfr. www.speedo.co.uk

[7] L'azienda ha deciso nel 2011 di sospendere la sua produzione, per approfondimenti cfr. Nose K., "Structurally colored fiber Morphotex" in *Annals of the High Performance Paper Society* n. 43, 2005, pp. 17-21.

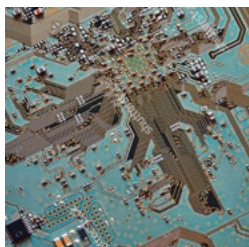
[8] Il materiale è in corso di sviluppo presso l'Università di Cambridge e il Fraunhofer Institute for Structural Durability and System Reliability.

REFERENCES

- Thompson D'Arcy W., *On growth and form*, **1917** (tr. it. *Crescita e forma*, Torino, Bollati Boringhieri, 1969, pp. 376).
- Victor Papanek, *Design for the real world: human ecology and social change*, **1971** (tr. it. *Progettare per il mondo reale. Il design com'è e come potrebbe essere*, Milano, Mondadori, 1973, pp. 353).
- Steadman Philip, *The evolution of designs*, **1979** (tr. it. *L'evoluzione del design. L'analisi biologica in architettura e nelle arti applicate*, Napoli, Liguori Editore, 1988, pp. 313).
- Benyus Janine M., *Biomimicry: innovation inspired by nature*, New York, Perennial, **1997**, pp. 320.
- Ball Philip, "Shark skin and other solutions", *Nature* n. 400, **1999**, pp. 507.
- Hawken Paul, Lovins Amory B. e Lovins Hunter L., *Natural Capitalism. Creating the Next Industrial Revolution*, **1999** (tr. it. *Capitalismo Naturale. La prossima rivoluzione industriale*, Milano, Edizioni Ambiente, 2001, pp. 310).
- Autumn Kellar, Liang Yiching A., Hsieh Tonia S., Zesch Wolfgang, Chan Wai Pang, W. Kenny Thomas, Fearing Ronald e J. Full Robert, "Adhesive force of a single gecko foot-hair", *Nature* n. 405, **2000**, pp. 681-685.
- McDonough William e Braungart Michael, *Cradle to Cradle. Remaking the way we make things*, **2002** (tr. it. *Dalla culla alla culla*, Torino, Blu Edizioni, 2003, pp. 208).
- Alastair Fuad-Luke, *Ecodesign: The Sourcebook*, **2002** (tr. it. *Eco-design. Progetti per un futuro sostenibile*, Modena, Logos, 2003, pp. 352).
- Gu Zhong-Ze, Uetsuka Hiroshi, Takahashi Kazuyuki, Nakajima Rie, Onishi Hiroshi, Fujishima Akira, Sato Osamu, "Structural color and the lotus effect", *Angewandte Chemie International Edition* n. 42, **2003**, pp. 894-897.
- Marmur Abraham, "The lotus effect: superhydrophobicity and metastability", *Langmuir* n. 20.9, **2004**, pp. 3517-3519.
- Bar-Cohen Yoseph, *Biomimetics: Biologically Inspired Technologies*, Boca Raton, CRC Press, **2005**, pp. 552.
- Forbes Peter, *The Gecko's Foot: Bio-inspiration: Engineering New Materials from Nature*, New York, W.W. Norton & Company, **2005**, pp. 356.
- Thackara Jhon, *In the Bubble. Designing in a complex world*, Cambridge, MIT Press, **2005** (tr. it. *In the bubble. Design per un futuro sostenibile*, Torino, Allemandi, 2008, pp. 154).
- Vincent Julian F., "The materials revolution", *Journal of Bionic Engineering* n. 3, **2006**, pp. 217-234.
- AA. VV., *Biomimetics: strategies for product design inspired by nature*, DTI Global Watch Mission report, **2007**, pp. 62.
- Fratzl Peter, "Biomimetic materials research: what can we really learn from nature's structural materials?", *Journal of The Royal Society Interface*, n. 4, **2007**, pp. 637-642.
- Giuseppe Salvia, Valentina Rognoli e Marinella Levi, *Il progetto della natura. Gli strumenti della biomimesi per il design*, Milano, FrancoAngeli, **2009**, pp. 296.

- Blaiszik Benjamin J., Kramer Sharlotte L. B., Olugebefola Solar C., Moore Jeffrey S., Sottos Nancy R. e White Scott R., "Self-healing polymers and composites", *Annual Review of Materials Research* n. 40, **2010**, pp. 179-211.
- Hager Martin D., Greil Peter, Leyens Christoph, van der Zwaag Sybrand e Schubert Ulrich S., "Self-healing materials", *Advanced Materials* n. 22, **2010**, pp. 5424-5430.
- Pauli Gunter, *The Blue Economy – 10 years, 100 innovations, 100 million jobs. Report to the Club of Rome*, **2010** (tr. it. *Blue Economy. Nuovo Rapporto al Club di Roma*, Milano, Edizioni Ambiente, 2010, pp. 342).
- Bar-Cohen Yoseph, *Biomimetics. Nature-based innovation*, Boca Raton, CRC Press, **2011**, pp. 788.
- Brinkman Eddy, *Self healing materials: concept and applications*, NL Agency, AC The Hague, **2011**, pp. 100.
- Pietroni Lucia, "Il contributo della Biomimesi per un design sostenibile, bio-ispirato e rigenerativo" in *Op.cit.* n. 141, **2011**, pp. 15-36.
- Ranzo Patrizia, "La dimensione ibrida", *Scienza & Filosofia* n. 6, **2011**, pp. 46-49.
- Wong Tak-Sing, Kang Sung Hoon, Tang Sindy K. Y., Smythe Elizabeth J., Hatton Benjamin D., Grinthal Alison e Aizenberg Joanna, "Bioinspired self-repairing slippery surfaces with pressure-stable omniphobicity", *Nature*, n. 477, **2011**, pp. 443-447.
- Bixler Gregory D. e Bhusan Bharat, "Biofouling: lessons from nature", *Philosophical Transactions of the Royal Society* n. A 370, **2012**, pp. 2381-2417.
- Pugno Nicola, "Materiali copiati dalla natura", *Le Scienze* n. 530, **2012**, pp. 16-17.
- Cavazzini Marco, *Nanouniverso. Megafuturo. Le nanotecnologie cambieranno il mondo*, Milano, Ulrico Hoepli Editore, **2014**, pp. 144.

Il progetto della rivista scientifica in Open Access di *MD Journal*, indirizzata a disseminare e far circolare i contributi della ricerca sul design, è sostenuto – per l'anno 2016, in relazione ad una visione di responsabilità sociale d'impresa nei confronti della ricerca universitaria intesa quale leva di crescita e di stimolo all'innovazione – da Aretè & Cocchi Technology.



Aretè & Cocchi Technology è un gruppo industriale dedicato a innovazione, tecnologia e crescita.

A&CT è costituito da otto aziende che impiegano una forza lavoro totale di 350 persone di 15 nazionalità, con produzione in Italia, Francia, Stati Uniti e Cina; i centri tecnici sono dislocati in sette paesi e la rete di vendita copre ben novanta nazioni.

La presenza internazionale permette al gruppo di istituire forti relazioni con i mercati globali e con i clienti, pur proseguendo gli investimenti e le acquisizioni per svilupparsi ulteriormente in termini di geografia, prodotti, tecnologie e know-how.



www.aretecocchitechnology.com

