

bik upa

Telaio da MBK bioispirato



Scuola di Ateneo
Architettura e Design "Eduardo Vittoria"
Università di Camerino

Relatore	Prof.ssa Lucia Pietroni
Correlatori	Jacopo Mascitti - Daniele Galloppo
Laureando	Angelo Vannicola
Anno accademico	2018 / 2019

Sviluppo sperimentale di un telaio da mountain bike attraverso
l'integrazione di strategie progettuali bioispirate,
della modellazione parametrica generativa
e dei processi di produzione rapida di stampaggio 3D.

Abstract

Il progetto di tesi proposto è un lavoro che aspira ad apportare migliorie tecnologiche ad un'oggetto (nello specifico il telaio di una bicicletta) tramite l'applicazione di strutture ricorrenti in natura.

Questa esigenza prende avvio da una serie di riflessioni progettuali legate al tema della bioispirazione nel campo del design. La ricerca ha inizio studiando i principi progettuali biomimetici, gli approcci da seguire per l'implementazione della biomimesi nei processi di design e quale è stato il contributo di questa disciplina per un design sostenibile.

Per la classificazione di strutture interessanti da cui prendere ispirazione, la ricerca si è concentrata sulla formazione di pattern. Grazie all'auto-organizzazione, ossia lo

sviluppo del sistema attraverso influenze provenienti dagli elementi stessi che lo compongono, sono evidenti le formazioni di pattern ricorrenti in natura anche tra specie completamente differenti. Di particolare interesse sono le organizzazioni spaziali che adottano le celle dei nidi d'ape e gli agglomerati di bolle di sapone. Queste composizioni hanno già suscitato interesse in passato sia in architettura che in design. Già alla fine dell'800 ingegneri strutturisti come Morandi, Musmeci, Nervi ecc.. adottarono un approccio metodologico volto al perfezionamento di tipi strutturali partendo dall'osservazione e sintetizzazione di principi naturali. Non si procede quindi dal dimensionamento di morfologie astratte ma, al contrario, dalla ricerca

della forma migliore per la trasmissione delle forze. Oggi, grazie all'implementazione di software generativi, questo approccio alla progettazione è stato definito form-finding: un metodo progettuale che esplora la tendenza del materiale ad auto-organizzarsi in relazione all'azione di particolari influenze esterne e alle caratteristiche intrinseche della materia stessa.

La seconda parte della mia tesi affronta infatti le nuove metodologie progettuali per il design come strumenti di evoluzione del progetto: software di modellazione generativa e nuovi processi di produzione. Grasshopper (plugin del software di modellazione Rhinoceros) è sicuramente il calcolatore più utilizzato nel mondo della modellazione generativa. Nella sua area di lavoro, la modellazione non avviene partendo da entità geometriche, ma dallo sviluppo di algoritmi, ossia schemi, procedimenti sistematici di calcolo validi per la soluzione di una certa classe di problemi. Questo è sicuramente un efficace strumento di esplorazione della forma che forza i limiti della ricerca di quest'ultima e ne definisce delle nuove. Le potenzialità sono quindi molte e ancora da esplorare, ma conseguentemente a ciò ci sono dei limiti. Spesso infatti le soluzioni estratte dall'algoritmo, sono impossibili da inserire in un processo di produzione industriale classico. Ad oggi la limitazione è risolvibile attraverso i processi di modellazione rapida 3D. È infatti questo il processo produttivo da me scelto, in quanto è

l'unico che mi consente di ottenere diverse prestazioni puntuali, nelle diverse parti del telaio in un processo produttivo realizzabile oggi, anche se non industrialmente. La scelta di focalizzare queste riflessioni ricade sul telaio di una biciletta in quanto è un prodotto che racchiude diverse esigenze prestazionali. Le prestazioni primarie che colpiscono subito sono quelle fisiche: Leggerezza, Resistenza e Flessibilità. Imponendo quindi determinate condizioni fisiche di vincoli e carichi e adottando l'organizzazione strutturale dei pattern analizzati, si possono far convivere queste prestazioni in un unico prodotto monomaterico e monoblocco. Conseguentemente a queste condizioni, si ottengono prestazioni in chiave di sostenibilità ambientale, in quanto esigenza primaria della tesi. Il prodotto finale con le caratteristiche già espresse, rispetto ai prodotti già presenti sul mercato, ha una notevole riduzione delle componentistiche che ha come conseguenza un notevole taglio delle fasi di assemblaggio e quindi anche un risparmio in termini di energia. L'utilizzo dell'organizzazione strutturale ispirata alle bolle di sapone per la parte ammortizzante del telaio, caratterizzata quindi da molti nodi, fa sì che ci sia una ridondanza funzionale rispetto ai competitor. Questo fornisce una maggiore durata della vita del prodotto in quanto si garantisce il funzionamento continuo del telaio fino ad una certa percentuale di rottura, sicuramente maggiore rispetto all'ammortizzatore singolo utilizzato oggi.

CAPITOLO 1

- 06** _ Biomimesi
- 16** _ Principi Progettuali Biomimetici
- 25** _ Approcci all'implementazione della biomimesi nei processi di design
 - biology to design
 - challenge to biology
 - bioTRIZ
- 36** _ Livelli analogici biomimetici
 - organism level
 - behaviour level
 - ecosystem level

CAPITOLO 2

- 42** _ Ordine in natura
- 46** _ Pettern in natura
 - simmetria
 - spirali
 - frattali
 - nidi e schiuma
 - pistrellatura
- 96** _ Superfici minime
 - definizione
 - esempi applicativi

CAPITOLO 3

106 _ Nuove metodologie progettuali per il design

108 _ Modellazione parametrica e generativa

potenzialità e limiti

grasshopper

altair 3D

116 _ Processi di prototipazione rapida

CAPITOLO 4

122 _ Caso studio telaio mountain bike

128 _ Geometria del telaio

134 _ Sospensioni

tipologia sospensione posteriore

sospensioni non tradizionali

Capitolo 5

146 _ Sviluppo sperimentale di un telaio bioispirato autogenerato di mountain bike

148 _ Linee guida concept

150 _ Setting e sviluppo modello Grasshopper

158 _ Sketch e evoluzione telaio

163 _ Caratteristiche telaio

funzioni

materiali

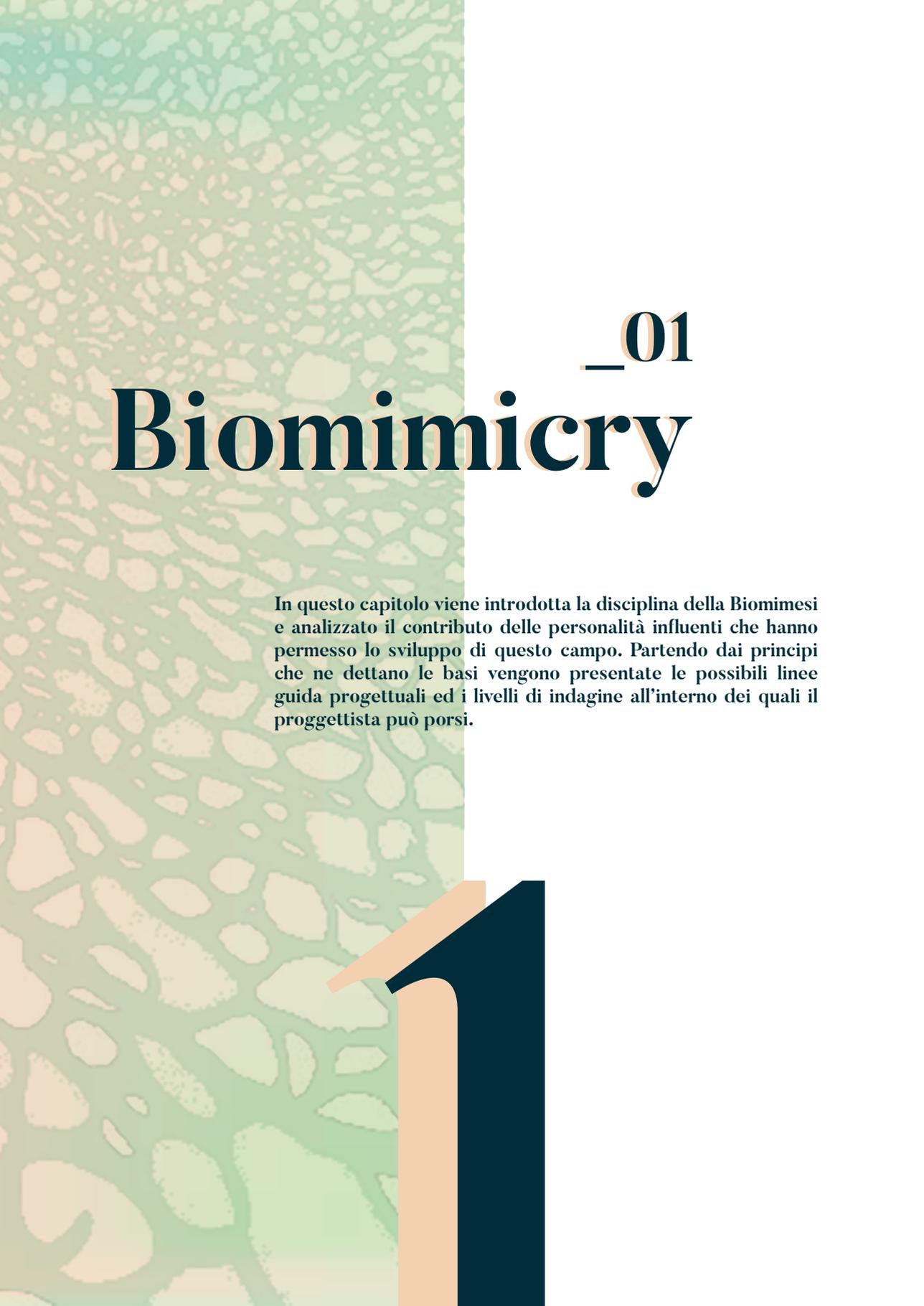
analisi FEM

render prodotto finale

bibliografia
sitografia



01.01	Definizione	06
01.02	Principi progettuali biomimetici	16
	Life's Principles	
01.03	Approcci all'implementazione della biomimesi nei processi di design	25
	Challenge to Biology	
	Biology to Design	
	BioTRIZ	
01.04	Livelli analogici biomimetici	36
	Organism Level	
	Behaviour Level	
	Ecosystem Level	



_01 Biomimicry

In questo capitolo viene introdotta la disciplina della Biomimesi e analizzato il contributo delle personalità influenti che hanno permesso lo sviluppo di questo campo. Partendo dai principi che ne dettano le basi vengono presentate le possibili linee guida progettuali ed i livelli di indagine all'interno dei quali il progettista può porsi.



La natura ha molto da insegnarci. Il mondo naturale è uno dei migliori esempi di qualcosa che è sempre in cambiamento.

Il cambiamento continuo dell'ambiente ha permesso sia a piante che ad animali di evolversi ed adattarsi per la sopravvivenza. I sistemi del pianeta Terra hanno attraversato miliardi di anni di ricerca e sviluppo, raffinandosi nelle perfette e adatte soluzioni che oggi osserviamo tutt'intorno a noi.

Quindi nella nostra ricerca per costruire un mondo più sostenibile, ha senso prendere spunto dagli stessi concetti utilizzati dal sistema natura.

L'attuale situazione di bassa sostenibilità ambientale in cui ci troviamo, è il risultato del nostro modo sbagliato di rapportarci con la natura. Invece di lasciarci ispirare dai complessi sistemi strutturali e funzionali di cui essa dispone, abbiamo cercato di controllarla, imponendo con forza i nostri sistemi. In questo modo abbiamo allontanato noi stessi dalla Terra, anche se la nostra esistenza dipende completamente da essa. La priorità attuale deve essere quella di risanare questa connessione.

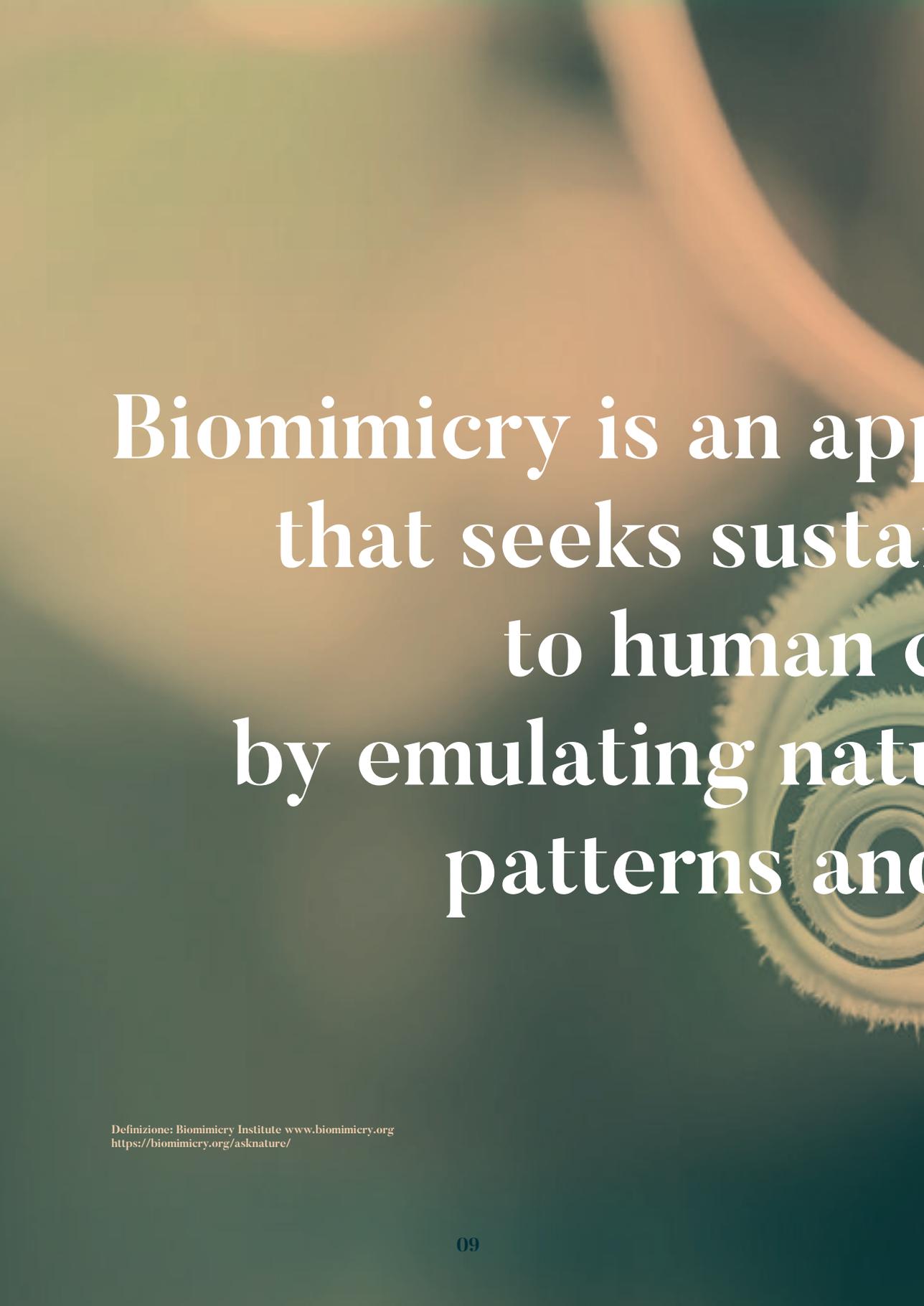
L'idea di base è che la natura ha già risolto molti dei problemi con cui ci confrontiamo ogni giorno: energia, produzione alimentare, controllo climatico, prodotti chimici non tossici e molti altri. Prendendo ispirazione dalle soluzioni naturali che ci circondano, arriveremo ad un nuovo livello di progettazione e visione sistemica, chiamata oggi Biomimesi.

Il termine è stato coniato da Otto H. Schmitt nel 1969 ed è lo studio della natura e i suoi principi di sviluppo allo scopo di ricavarne nuovi strumenti per il progetto di artefatti avanzati.

Per via dell'evoluzione della biomimetica oggi il termine viene utilizzato principalmente nel campo della scienza e dell'ingegneria, mentre con il termine bionica ci si riferisce al mondo della medicina, dove si utilizzano i principi naturali per agevolare la produzione di organi artificiali.

/bi•o•mi•me•si/

**Disciplina che studia la natura
(i suoi processi, modelli ed
elementi) come fonte di
ispirazione per l'innovazione
tecnologica e il miglioramento
delle attività umane.**



**Biomimicry is an approach
that seeks sustainable solutions
to human challenges
by emulating natural systems,
patterns and processes.**

Definizione: Biomimicry Institute www.biomimicry.org
<https://biomimicry.org/asknature/>



approach to innovation
sustainable solutions
challenges
our time-tested
strategies.

_bios _vita

L'origine del termine è proveniente da una combinazione delle parole greche bios (vita) e mīmēsis (imitazione), significa letteralmente "imitazione della vita". È definito come il processo di creazione di progetti e soluzioni sostenibili attraverso lo studio e l'emulazione consapevole di forme, processi ed ecosistemi naturali.

Il concetto di Biomimesi, nei suoi principi, non è nulla di così nuovo. L'uomo nel corso della storia, soprattutto nel campo della progettazione, ha preso spunto dalla natura.

I primi rifugi non sono altro che dei grandi nidi di uccello capovolti. Infatti c'è chi definisce la biomimesi non come un nuovo movimento, ma come un ritorno alle prime ispirazioni. Grazie alle nuove tecnologie però, siamo in grado di analizzare e replicare sistemi come mai nella storia.

Tra le personalità più influenti in questo campo c'è sicuramente Janine Benyus, co-fondatrice di Biomimicry 3.8. È biologa, consulente per l'innovazione e autrice di sei libri, tra cui Biomimicry: Innovation Inspired by Nature.

Dalla pubblicazione del libro del 1997, il lavoro di Janine come leader globale del pensiero ha evoluto la pratica della biomimetica in un movimento, ispirando clienti e innovatori in tutto il mondo per imparare dal genio della natura.

Come sostiene la Benyus, la Biomimesi è la scienza che studia i sistemi biologici naturali emulandone forme, processi, meccanismi d'azione, strategie, per risolvere le sfide che incontriamo ogni giorno, per trovare le soluzioni più sostenibili ai problemi progettuali e tecnologici dell'uomo, per replicarne disegni e processi in

nuove soluzioni tecnologiche per l'industria e la ricerca.

_mimēsis

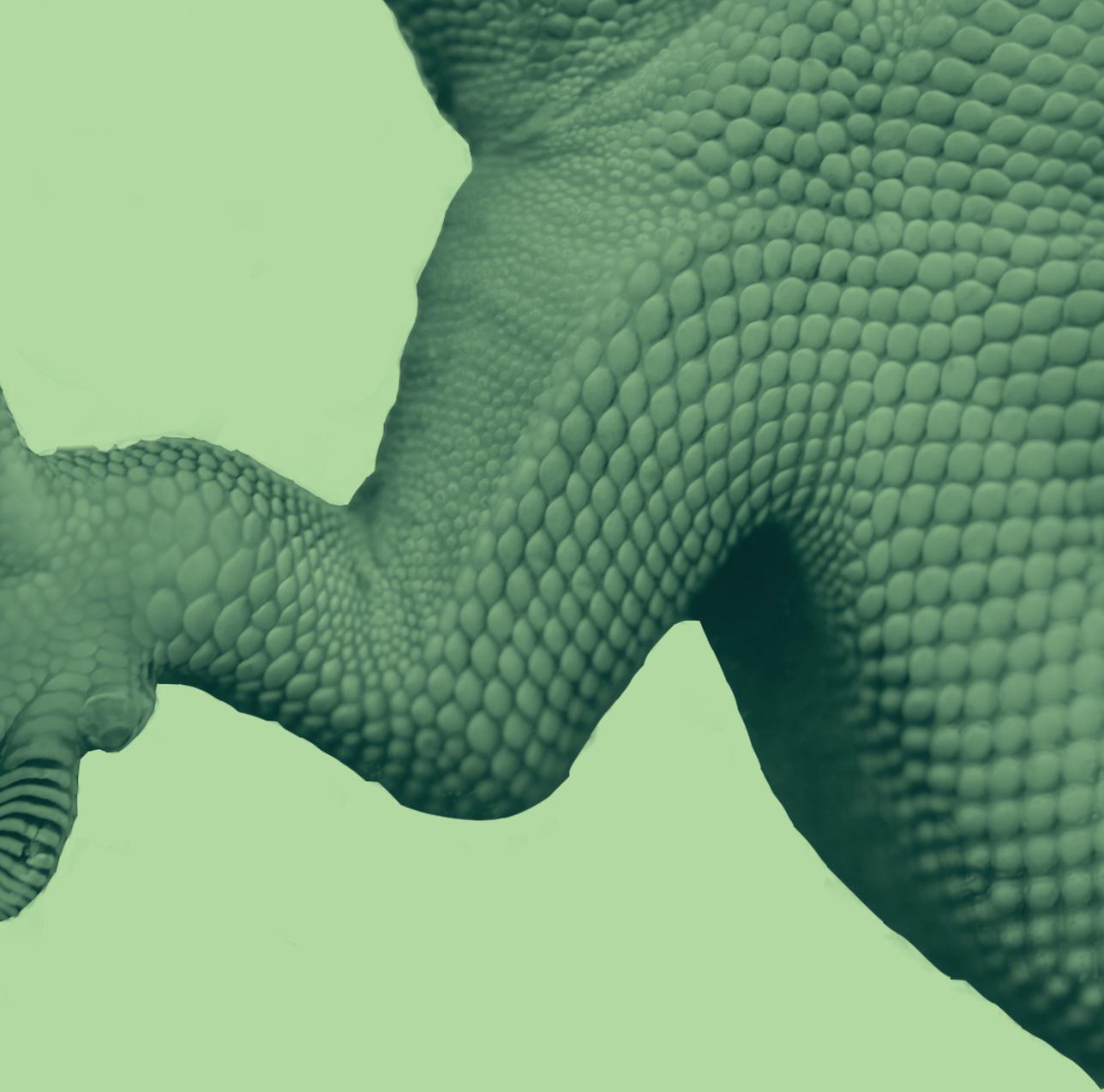
_imitazione

Per Benyus la biomimicry vede nella natura: **Modello, Misura e Mentore.**

“If we want to consciously emulate nature’s genius, we need to look at nature differently. In biomimicry, we look at nature as model, measure, and mentor.”

La natura è un modello in quando la scienze emula le sue strategie, per esempio dal processo di fotosintesi di una foglia sono stati “sviluppati” i sistemi fotovoltaici. La natura è una “misura” in quando la scienza ne trova un riferimento per dimensionare, per esempio stabilendo che la seta di ragno è più resistente dell’acciaio. Ed è invece un mentore, quando la accettiamo come insegnante di principi di vita e progettazione.

Benyus definisce una serie di principi alla base della vita che un progetto biomimetico deve seguire. È un modo di osservare la natura in azione e usare queste conoscenze per ispirare nuove idee.



È una progettazione ispirata dalla natura, non la semplice imitazione, ma ispirazione per trasformare i principi che essa adotta in soluzioni di progettazione con successo.

Janine M. Benyus (born 1958 in New Jersey) is an American natural sciences writer, innovation consultant, and author. Benyus has authored six books on biomimicry, including *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. In this book she develops the basic thesis that human beings should consciously emulate nature's genius in their designs.

In 1998, Benyus co-founded the Biomimicry Guild with Dr. Dayna Baumeister, the Innovation Consultancy, which helps innovators learn from and emulate natural models in order to design sustainable products, processes, and policies that create conditions conducive to life. She is also President of The Biomimicry Institute, a non-profit organization whose mission is to naturalize biomimicry in the culture by promoting the transfer of ideas, designs, and strategies from biology to sustainable human systems design.

In 2006, Benyus co-founded a non-profit organization which launched AskNature.org in 2008. In 2010, Benyus, Dayna Baumeister, Chris Allen, Bryony Schwan and their team combined the non-profit and profit parts into Biomimicry 3.8.



_01.2 principi biomimetica

Una volta accettato il fatto che la natura rappresenta una banca dati dalla quale possiamo estrapolare informazioni per nuove visioni di progettazione, occorre identificare come tale sistema funzioni, così da poter ottenere un modello dal quale imparare.

Janine Benyus si è impegnata nello studio del sistema natura cercando di identificare i principi che rendono la vita un meccanismo di successo. La biologa statunitense cercò di capire quali sono i principi grazie ai quali la vita riesce a garantire la propria continuità nelle più disparate condizioni.

Nel suo libro **"Biomimicry: Innovation Inspired by Nature"** del 1997, definisce i 9 **"Life's Principles"** che nel 2010 vengono sintetizzati in 6 e raffigurati in un diagramma ben preciso di riferimento. Per integrare il genio della natura in un progetto ed ottenere la riconnessione fra l'uomo e la natura occorre allora seguire i principi della vita. Questi ultimi sono stati definiti basandosi sulle caratteristiche della vita e interpretati in modo da fornirci uno strumento di riferimento per la progettazione con il chiaro obiettivo di integrare i nostri progetti in tale sistema e garantirne la continuità.

“Life’s Principles”

Di seguito una dettagliata spiegazione del diagramma intitolato “Life’s Principles - Biomimicry Design Lens”. Il diagramma unisce i principi della vita in una guida che permette di applicarli nel mondo degli artefatti. Il diagramma è una rappresentazione sintetica del sistema interconnesso dei principi della vita. È diviso in 3 livelli (rappresentati da 3 cerchi; l’uno dentro l’altro).

Al livello più interno appare la scritta; “Life creates condition for life” ed è l’obiettivo aspirazionale e la proprietà emergente dai principi della vita.

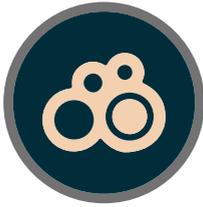
Al livello più esterno sono scritti i 6 principi della vita:

- Evolve to survive
- Adapt to changing conditions
- Be locally attuned and responsive
- Use life-friendly chemistry
- Be resource efficient (material and energy)
- Integrated development with growth

Nel livello intermedio invece, vi è una spiegazione di come la vita mette in pratica tali principi.

Principles”





EVOLVE TO SURVIVE

Evolvere per dare continuità alla vita.

Continually incorporate and embody information to ensure enduring performance.

Replicate Strategies that Work

Repeat successful approaches.

Integrate the Unexpected

Incorporate mistakes in ways that can lead to new forms and functions.

Reshuffle Information

Exchange and alter information to create new options.



ADAPT TO CHANGING CONDITIONS

Rispondere appropriatamente ad un contesto in mutamento.

Appropriately respond to dynamic contexts.

Incorporate Diversity

Include multiple forms, processes, or systems to meet a functional need.

Maintain Integrity through Self-Renewal

Persist by constantly adding energy and matter to heal and improve the system.

Embody Resilience through Variation, Redundancy, and Decentralization

Maintain function following disturbance by incorporating a variety of duplicate forms, processes, or systems that are not located exclusively together.



BE LOCALLY ATTUNED AND RESPONSIVE

Adattarsi all'ambiente circostante.

Fit into and integrate with the surrounding environment.

Leverage Cyclic Processes

Take advantage of phenomena that repeat themselves.

Use Readily Available Materials and Energy

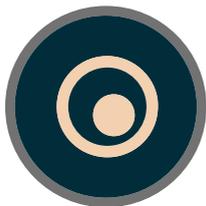
Build with abundant, accessible materials while harnessing freely available energy.

Use Feedback Loops

Engage in cyclic information flows to modify a reaction appropriately.

Cultivate Cooperative Relationships

Find value through win-win interactions.



**INTEGRATE
DEVELOPMENT
WITH GROWTH**

*Integrare sviluppo e
crescita.*

Invest optimally in
strategies that promote
both development and
growth.

Self-Organize

Create conditions to allow
components to interact in
concert to move toward
an enriched system.

**Build from
the Bottom Up**

Assemble components
one unit at a time.

**Combine Modular and
Nested Components**

Fit multiple units within
each other progressively
from simple to complex.



**BE RESOURCE
EFFICIENT
(MATERIAL & ENERGY)**

*Approfittare abilmente e
conservativamente delle
risorse e delle opportunità.*

Skillfully and
conservatively take
advantage of resources
and opportunities.

**Use Low Energy
Processes**

Minimize energy
consumption by reducing
requisite temperatures,
pressures, and/or time
for reactions.

**Use Multi-Functional
Design**

Meet multiple needs with
one elegant solution.

Recycle All Materials

Keep all materials in a
closed loop.

Fit Form to Function

Select for shape or
pattern based on need.



**USE
LIFE-FRIENDLY
CHEMISTRY**

*Usare la chimica che
supporta i processi della
vita.*

Use chemistry that
supports life processes.

**Break Down Products
into Benign Constituents**

Use chemistry in which
decomposition results in
no harmful by-products.

**Build Selectively with a
Small Subset of Elements**

Assemble relatively few
elements in elegant ways.

Do Chemistry in Water

Use water as solvent.



La vita, nella sua continua evoluzione, incorpora informazioni allo scopo di garantire durevoli prestazioni e quindi la sopravvivenza di una specie sulla Terra. Non si tratta di un adattamento locale a delle condizioni mutevoli, ma una risposta a livello genetico, strutturale, ad un cambiamento globale. La dove l'evoluzione non accade con successo la vita non passa la "selezione naturale" e si interrompe.

Come accade l'evoluzione?

"Replicate Strategies that Work" - Ripetendo strategie ed approcci di successo. Le informazioni e le strategie di successo vengono tramandate alla generazione successiva. Così ad esempio alcuni predatori per generazione insegnarono i loro figli come cacciare, diventando un loro istinto naturale per via genetica.

"Integrate the Unexpected" - Inserimento di "errori". La mutazione genetica genera una diversità nelle specie, in modo che un ex errore potrebbe diventare una chiave alla sopravvivenza in un contesto evoluto.

"Reshuffle Information" - Alterazione di informazioni per creare nuove opportunità. Tramite il processo di meiosi, da una cellula madre si formano quattro cellule figlie, tutte diverse fra loro. La ricombinazione delle informazioni genetiche da organismi differenti, maschio/femmina, produce ogni volta risultati diversi.



Gli esseri viventi molte volte si aggiornano allo scopo di ottenere una costante confortevole relazione con l'ambiente. Si adattano quindi al contesto.

Come accade l'adattamento ai mutamenti?

"Incorporate Diversity" - Incorporando la diversità. In quanto essa è una caratteristica naturale dovuta alla variazione del DNA. Quando la diversità è incorporata in una singola creatura come molteplici forme, sistemi o processi quest'ultima ne estrae dei vantaggi (Ex. effetto camouflage).

"Maintain Integrity through Self-Renewal" - Aggiungendo continuamente energia e materia per curare e migliorare un sistema. Gli organismi viventi senza un sistema di costante rifornimento di energia e materia tendono ad indebolirsi e viceversa; il costante mantenimento da forza.

"Embody Resilience through Variation, Redundancy and Decentralization" - Mantenendo le funzioni anche in seguito ad un disturbo ovvero recuperando. La capacità di recupero spesso dipende dai componenti del sistema e all'interconnessione fra di loro; se una parte di un sistema fallisce, un'altra parte può sostituirlo a breve o lungo termine. Così per esempio quando i batteri attaccano il nostro corpo, il sistema immunitario diventa un sistema di recupero.

Le possibilità di sopravvivere crescono quando si analizza e si sfrutta al meglio le risorse locali. Un buon esempio sono i coleotteri del deserto i quali, visto l'assenza dell'acqua, sfruttano l'umidità mattiniera. Mettendosi nel punto più alto delle dune, dove è maggiore la densità dell'acqua in aria, si posizionano in modo da scontrare più acqua possibile sul proprio corpo. Grazie alle zone idrofobe sul suo corpo l'acqua gli scivola direttamente in bocca.



Come accade l'adattamento all'ambiente circostante?

“Leverage cyclic processes” - Estrae i vantaggi da fenomeni che si ripetono.

“Use Readily Available Materials and Energy” - Usando i materiali e le energie disponibili negli introni. Un buon esempio è quello dell'infruttescenza del Tarassaco che diffonde i suoi semi e si riproduce sfruttando il vento.

“Use Feedback Loops” - Ricevendo dei feedback per le proprie azioni si analizzano i risultati e si adattano i comportamenti. Un esempio può essere la percezione di un pericolo e la conseguente reazione.

“Cultivate Cooperative Relationships” - Creando delle collaborazioni che traggono dei benefici per tutti coloro che ne fanno parte. Così ad esempio la nidificazione a colonie di alcuni uccelli li rende più forti e più sicuri.



La crescita può fornire nuove o migliori risorse, e dare maggiore stabilità ad un'entità. La crescita è una necessità che richiede un buon equilibrio con lo sviluppo. Lo sviluppo è l'investimento in infrastrutture specifiche al contesto e alle necessità funzionali, creando una base sulla quale la crescita può avvenire. L'esempio più evidente è il passaggio dall'ovulo all'essere umano.

Come riesce la natura ad integrare i due processi?

“Self Organize” - Creando delle condizioni che permettono ai componenti di interagire con il contesto attraverso un sistema “arricchito”.

“Build From the Bottom Up” - Assemblando i componenti uno alla volta.

Partendo dalle soluzioni semplici dei problemi di base fino ad arrivare allo sviluppo complessivo. Come nell'evoluzione di singole cellule in organismi multi cellulari. Il processo “Bottom Up” permette alle parti di un nuovo sistema di evolvere a loro volta in relazione ad un contesto locale.

“Combine Modular and Nested Components” - Assemblando piccole unità in grandi unità, andando dal semplice al complesso in modo organizzato. Le comunità cellulari sono il risultato dei nostri antenati unicellulari. Ma anche all'interno di una cellula, si ripetono unità di DNA.. Questa ripetizione di ciò che si è dimostrato funzionale risparmia tempo ed energia.

Le risorse utilizzate per la creazione di entità viventi e non, sono sia materiche che energetiche e di informazione. La vita utilizza queste risorse in modo efficiente vuole dire che la vita è in grado di eseguire e di funzionare con la minore perdita di tempo, sforzo e risorse. Vediamo per esempio che gli uccelli hanno le ossa cave. Questa struttura alleggerita, permette agli uccelli di volare. Pinguini e struzzi che non sono in grado di volare, hanno le ossa solide.



Come fa la vita a sfruttare al massimo le risorse?

“Use Multi-Functional Design” - Unendo diversi bisogni in una soluzione. Osservando le anatre che si puliscono possiamo vedere un esempio di una strategia con tante funzioni. Pulendosi mantengono la loro igiene e rilasciano un olio che impermeabilizza le piume e inumidisce il becco, inoltre con la presenza del sole si trasforma in vitamina D e aiuta a mantenere la salute dell’anatra.

“Recycle All Materials” - Incorporando tutti i materiali da qualche parte nel sistema. Le foglie che cadono dagli alberi vanno a finire in due sistemi chiusi.

“Fit Form to Function” - Creando e selezionando forme e modelli appropriati ai bisogni, adatte alle funzioni e ai contesti. Così le diverse forme delle ali degli uccelli sono adatte a diversi tipi di volo.

La biochimica è il processo d’assemblaggio di molecole allo scopo di ottenere determinate funzioni. È la spina dorsale della vita. Questa si verifica quasi sempre nella zona vicino agli organismi o sui loro propri corpi. Non li danneggia. Quando la vita si trova a creare delle tossine, queste ultime sono prodotti selettivi, che non danneggiano ma funzionano a livello locale, e si creano solo nelle quantità necessarie.



Come si usa la chimica favorevole alla vita?

“Break Down Products Into Benign Constituents” - Scomponendo i prodotti in sostanze benigne. Delle volte, la dove è necessario, la vita crea delle sostanze tossiche. A differenza dalle nostre sostanze chimiche, esse una volta compiuta la missione si scompongono in sostanze benigne.

“Build Selectively With a Small Subset of Elements” - Assemblando relativamente pochi elementi. La natura utilizza gli elementi che trova localmente.

“Do Chemistry in Water” - utilizzando l’acqua come solvente. Visto che essa è il solvente più economico, sicuro e meno tossico. L’acqua risulta un ottimo solvente perché si lega con qualsiasi molecola che ha una carica elettrica.

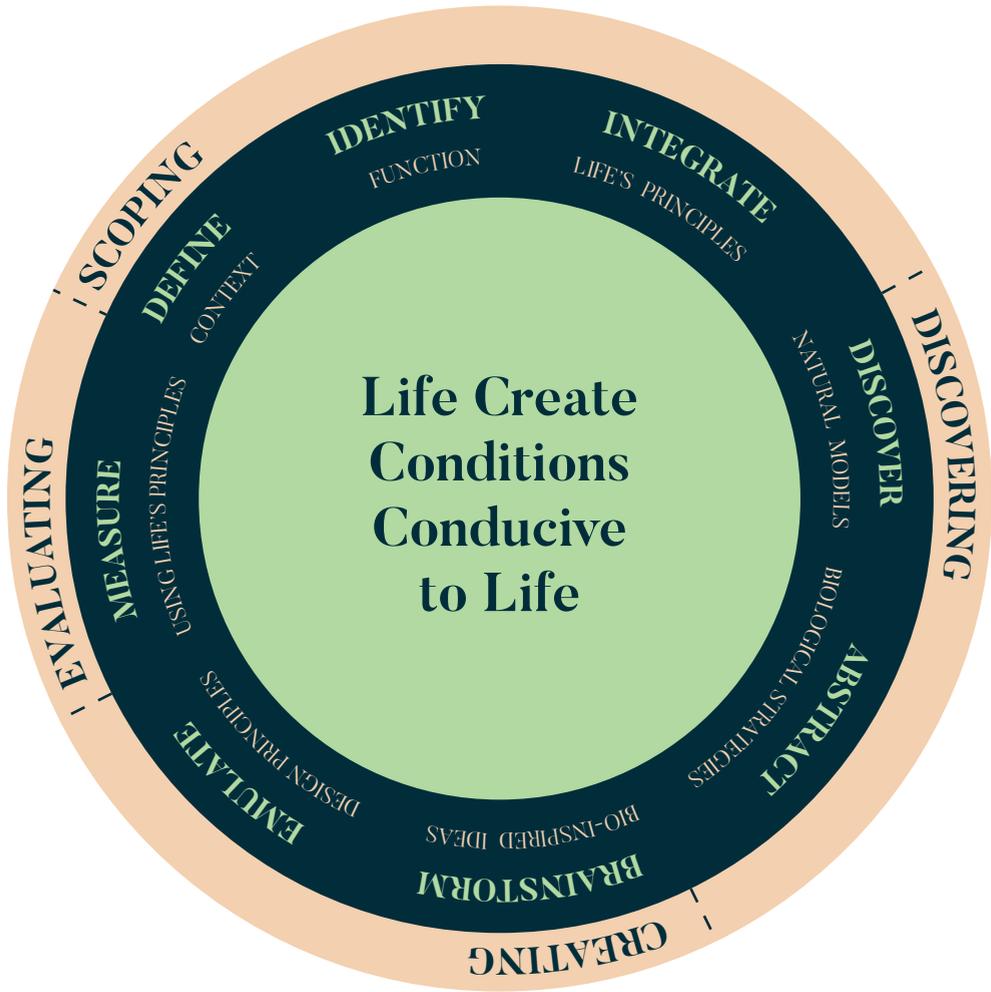
_01.3 approccio alla progettazione

Per capire come integrare il pensiero biomimetico al progetto è necessaria una metodologia chiara.

È necessario quindi che il processo di integrazione del pensiero biomimetico intervenga in tutte le fasi della progettazione. Nel manuale della Biomimicry 3.8 viene presentata una metodologia che guida il progettista all'integrazione di azioni in ogni fase della biomimesi.

- **Scoping (definizione dell'ambito);**
un esercizio che coinvolge l'identificazione preliminare del problema e contesto prima di progettare una soluzione; vengono definiti gli obiettivi, il brief e il piano di progetto, il contesto, i criteri e i vincoli.
- **Creating (creazione);**
● un esercizio per perseguire soluzioni creative come risposta ad una sfida. Un processo che porta all'invenzione di un nuovo prodotto, una fase nella quale si mettono assieme le diverse informazioni in un nuovo modo, in nuove soluzioni. Si idealizzano concept, si fanno schizzi, prototipi, disegni ecc.
- **Discovering (scoperta);**
● il processo di ricerca esplorativa di ispirazione per il design. Si abbozzano idee e pensieri spesso attraverso brain-storming, che potrebbero servire in una fase di creazione.
- **Evaluating (valutazione);**
● il prodotto viene messo alla prova nel tempo e in un contesto specifico. Questa è l'opportunità di rivalutare il progetto e vedere i suoi limiti e punti deboli, ripensarlo in relazione agli obiettivi.

Nella pagina affianco: spiegazione del metodo presentato nel capitolo "Practice of Biomimicry" del manuale pubblicato nel 2013 dal biomimicry 3.8.

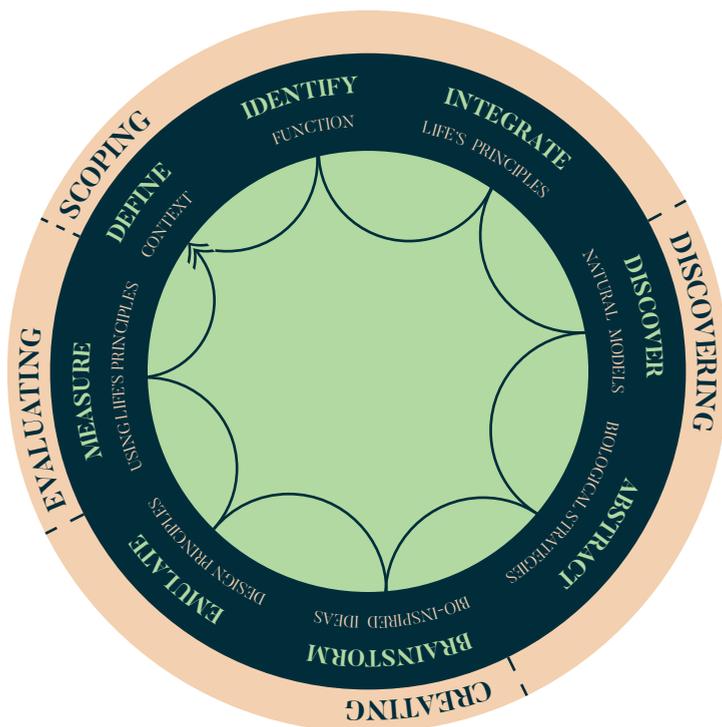


© 2013 Biomimicry 3.8
 Licensed under Creative Commons BY-NC-ND.
 Life's Principles g6

Nell'utilizzo della biomimesi, i progettisti possono utilizzare due strategie di progettazione principali. Queste sono "due direzioni opposte": nella prima la natura viene indagata conseguentemente aver individuato il problema di progettazione, nel secondo caso la natura ispira il progettista che successivamente sceglierà un possibile campo di applicazione.

Top-Down "Challenge to Biology";
ovvero ricerca di modelli biologici adeguati alla risoluzione di problemi specifici e prefissati.

Challenge to Biology



© 2013 Biomimicry 3.8

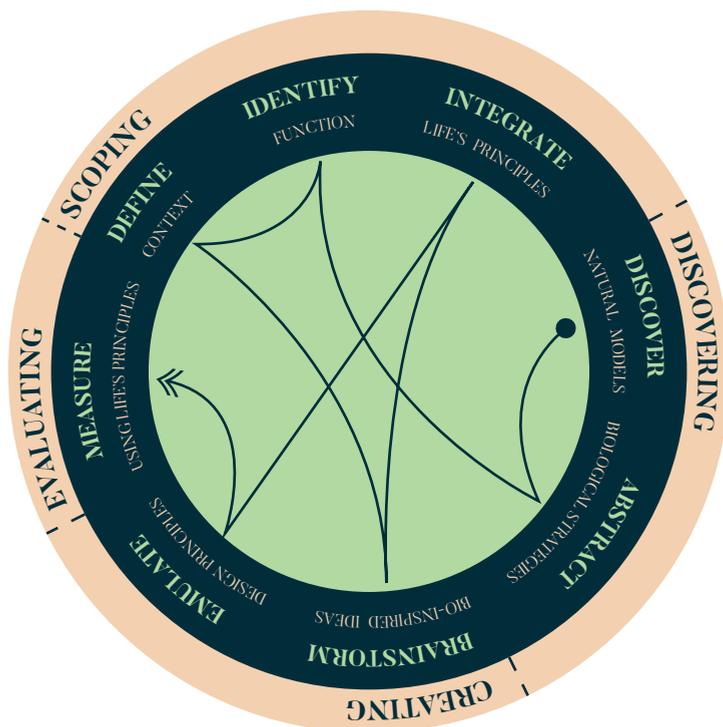
Licensed under Creative Commons BY-NC-ND.

Life's Principles g6

Entrambe le strategie si basano sul diagramma del Life's Principles precedentemente analizzato, ma seguono un andamento diverso a seconda della metodologia scelta per la progettazione.

Bottom-Up, “ Biology to Design”
ovvero partire da una ricerca biologica basilare e in seguito rendere disponibili le intuizioni ai campi tecnologici per ulteriori approfondimenti e sviluppi.

Biology to Design



© 2013 Biomimicry 3.8
Licensed under Creative Commons BY-NC-ND.
Life's Principles g6

Challenge to Biology

I diagrammi illustrati nella pagina precedente sono il risultato di uno schema che inizialmente nasce a forma di spirale. La Biomimicry Design Spiral è un processo passo-passo per trasformare le strategie della natura in soluzioni progettuali innovative e sostenibili. Questa metodologia è stata sviluppata nel 2005 da Carl Hastrich, un designer industriale che era uno dei tanti individui devoti che possiamo ringraziare per aver costruito le basi per la biomimetica come la conosciamo oggi. Hastrich ha adottato un processo di progettazione standard, aggiunto i passaggi unici necessari per la biomimetica e, quindi, emulando uno dei modelli pervasivi della natura, ha trasformato il processo in una spirale. La spirale di progettazione biomimetica qui mostrata viene utilizzata quando sai quale problema stai cercando di risolvere.

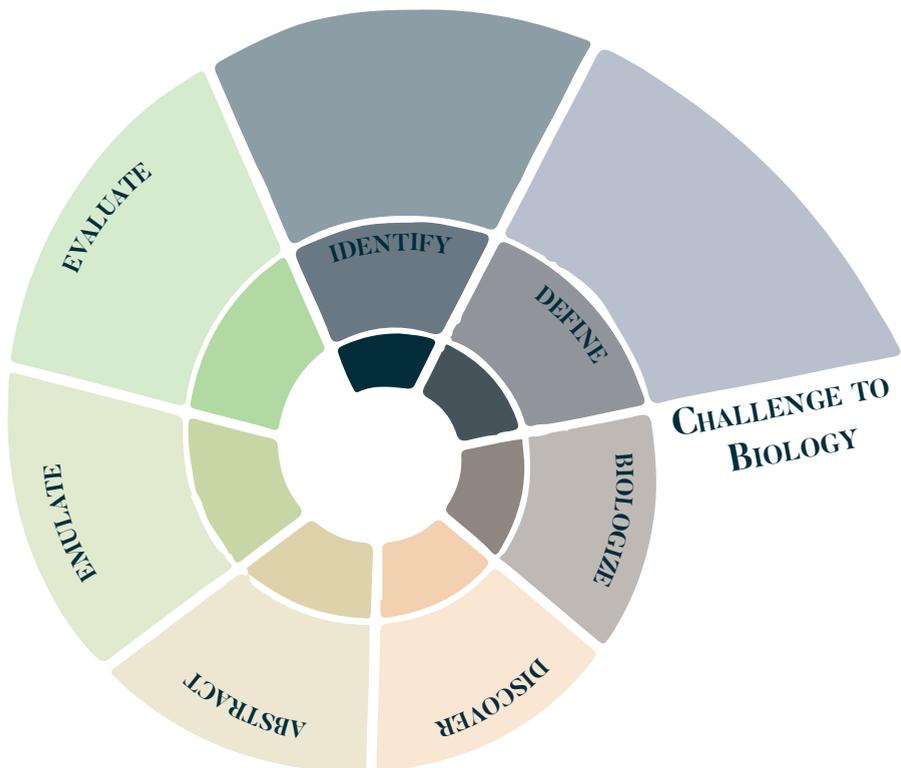
Per utilizzare questo metodo, si inizia con la fase di **Identificazione**, in cui l'obiettivo è identificare le funzioni che il progetto deve eseguire: ciò che si desidera che il disegno sia in grado di eseguire.

Una volta creato un elenco di funzioni, puoi **Tradurre** tali funzioni in parole o termini che hanno senso nel mondo **Biologico**. Successivamente, **Scopri** le strategie che la natura utilizza per svolgere queste funzioni. (Questo è il passo più esclusivo della biomimetica.) Nel passaggio **Astratto**, "decodifichi" le strategie che hai scoperto e descrivi come funzionano in termini che hanno senso per la tua professione di designer.

Il passo **Emula** è dove usi le tue abilità professionali per creare una soluzione di design basata sull'emulazione di una o più strategie che hai scoperto e estratto. Infine, nel passaggio **Valutazione**, fai tre cose. Uno è quello di valutare la soluzione di design contro il brief di progettazione originale. Un altro è quello di valutare il design contro Nature's Unifying Patterns (o "Life's Principles"), le regole della natura per la sostenibilità. Il terzo è quello di riflettere sulle molte idee e lezioni che sono emerse nei passaggi precedenti e individuare una strategia a seconda di come si desidera utilizzare il prossimo giro o giri attorno alla spirale.

Quindi, in un "giro" attorno alla Biomimicry Design Spiral:

- Identifica una o più funzioni che vuoi che il tuo disegno esegua,
- Traduci quelle funzioni in termini biologici,
- Scopri le strategie che la natura usa per svolgere quelle funzioni,
- Riassumi quelle strategie in termini tecnici,
- Emula quelle strategie nella tua soluzione di design,
- Valuta il tuo design rispetto al tuo brief di progettazione e ai Principi della vita, quindi decidi come vuoi usare il tuo prossimo giro.



Biology to Design

Con il metodo "Biology o Design" ci si avvicina all'ambito progettuale trovando ispirazione dalla natura. Una volta trovata la fonte d'ispirazione, viene la fase di sviluppo del design. Ogni metodo di progettazione ispirato alla natura si avvicina alle direzioni in modo diverso, ma tutti hanno punti di partenza comuni; in questo caso, prima la natura.

Ci sono 5 fasi per sviluppare un prodotto che è imitato in modo organico:

1. "Bio-based", per entrare nel campo della ricerca biologica.
2. Fase "Immersion", che implica lo scrutare, osservare e sperimentare le ispirazioni biologiche.
3. "Integrare" combinando insieme il relativo campo biologico e design.
4. "Trasforma" e diversifica l'applicazione.
5. "Produzione", è quello di raggiungere un design verde finale.

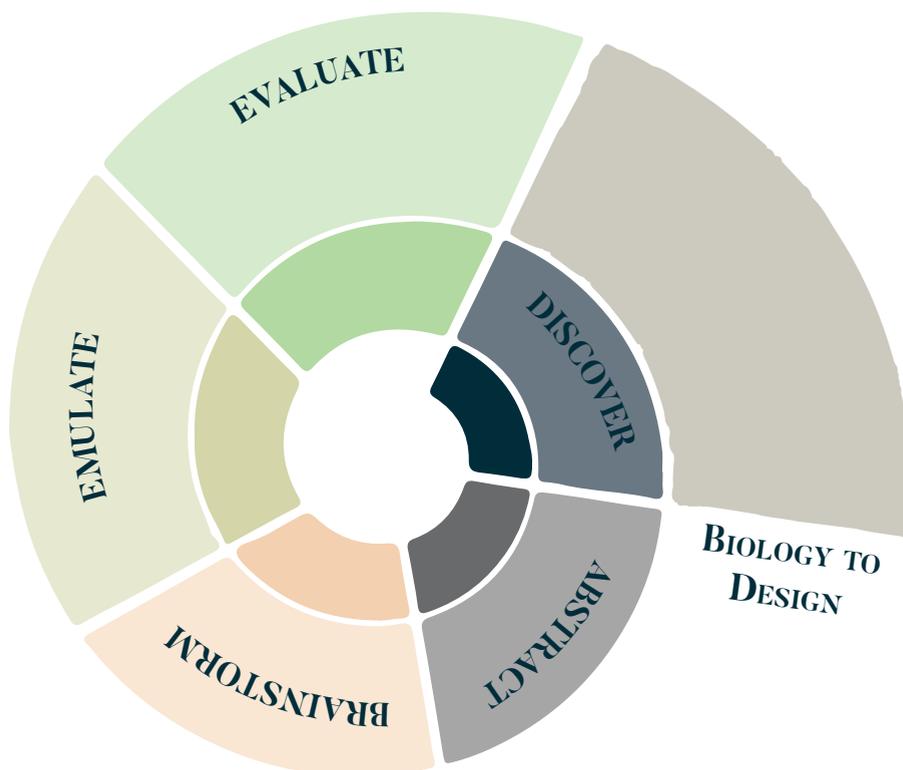
Il processo inizia anche con l'analisi e la scelta di un sistema naturale e la sua comprensione, basata sulla sua forma, struttura e principi funzionali. Il secondo passo consiste nel trasformare i principi in termini tecnici e meccanici, per astrarre e semplificare il sistema naturale, rendendolo applicabile al design. I principi semplificati della forma, delle funzioni e delle strutture del sistema naturale vengono analizzati, sviluppati e applicati per progettare nuove idee di prodotto. Infine, vengono creati e valutati nuovi prodotti, prendendo in considerazione "fattori ambientali ed economici" (Coelho & Carlos, 2010, 42).

Nella spirale di progettazione identifichiamo queste 5 fasi, descritte per il metodo di progettazione della biologia:

1. Scopri i modelli naturali **Discover**
2. **Abstract** Estrai i Principi di progettazione
3. **Brainstorm**: individua potenziali applicazioni
4. Emula le strategie della natura **Emulate**
5. Valuta contro i principi della vita. **Evaluate**

Questo particolare processo (la biology to design spiral) è importante considerarlo come una spirale e non come un processo lineare. Questo perché può implicare nel suo processo di sviluppo il ritorno ad alcuni punti precedenti. È anche importante considerare che la parte finale della spirale, "valutare i principi della vita", deve essere presente in qualche modo durante l'intero sviluppo del progetto, poiché sarà difficile aggiungere questi principi dopo che il progetto è stato sviluppato e finalizzato.

Questo approccio consente ai progettisti la libertà di essere ispirati dall'inizio del processo di progettazione e quindi di applicarlo in possibili problematiche ambientali, sociali e culturali già esistenti che stiamo affrontando e che devono essere affrontate. Consente inoltre al progettista di essere coinvolto in modo sostenibile fin dall'inizio del processo di progettazione, rendendo sicuramente il prodotto più eco-friendly.



TOP - DOWN

NATURE DESIGN PRODUCT

CHALLENGE TO BIOLOGY

- 1 **Identify**
Function
 - 2 **Define**
Context
 - 3 **Biologize**
Challenge
 - 4 **Discover**
Natural Models
 - 5 **Abstract**
Design Principles
 - 6 **Emulate**
Nature's Strategies
 - 7 **Evaluate**
Against Life's Principles
- 



Evaluate
Against Life's Principles

5

Emulate
Nature's Strategies

4

Brainstorm
Potential Applications

3

Abstract
Design Principles

2

Discover
Natural Models

1

BIOLOGY TO DESIGN

DESIGN NATURE PRODUCT

BOTTOM - UP

Un altro metodo che inevitabilmente ha molti punti in comune con il metodo precedentemente illustrato, fu sviluppato a partire da 2001 dal gruppo di ricerca del Center for Biomimetic and Natural Technologies dell'università di Bath, coordinato da Julian Vincent.

È stato realizzato uno strumento metodologico per il progetto biomimetico che consiste nel trasferimento del metodo TRIZ “Teoriya Resheniya Izobretatilsikh Zadach” che in russo vuole dire: metodo per la soluzione di compiti creativi.

Questo metodo è stato messo in pratica per favorire il trasferimento di informazioni dall'ingegneria ad altre discipline. Il sistema sviluppato a Bath è stato denominato Bio-TRIZ. Lo strumento è in pratica un data base che consente di accedere attraverso una ricerca tematica a delle soluzioni trovate in natura. L'obiettivo dello strumento Bio-TRIZ è di consentire ad un pubblico non specializzato di riscontrare, con un certa disinvoltura fenomeni naturali che coniugano proprietà meccaniche, fisiche, sociali, ecc.

Bio TRIZ

Il data base prevede l'integrazione di 5 dimensioni:

- l'oggetto e le sue componenti
- lo scopo ultimo dell'azione
- l'ambiente in cui l'oggetto opera
- i limiti e le cause dell'azione
- le risorse ed i sistemi ausiliari coinvolti

Nel 2008 è nato il Bio-TRIZ Ltd, fondato da ricercatori del Center for Biomimetic and Natural Technologies dell'Università di Bath; Nikolay Bogatyrev, Olga Bogatyreva e Mike Bogatyrev.

Il Biotriz Ltd offre lezioni, corsi e workshop per progettisti e aziende esplorando una metodologia di innovazione bioispirata, che ha origini nel metodo sviluppato nell'Università di Bath.

_01.4 livelli biomimesi

Oltre i due approcci appena discussi, ci sono tre livelli di biomimetica che possono essere utilizzati per la soluzione a problemi di progettazione. Questi livelli sono presentati come forma, processo e ecosistema.

Nello studio di un organismo o di un ecosistema, forma e processo sono aspetti che possono essere imitati. D'altro canto l'ecosistema può essere studiato per cercare determinati aspetti da imitare.

Organism Level Organism Level

Alcune specie di organismi viventi si sono evolute per milioni di anni. Questi organismi hanno acquisito nel corso degli anni i meccanismi per la sopravvivenza che gli hanno permesso di resistere ed adattarsi ai continui cambiamenti ambientali. Pertanto l'uomo ha un'ampia vasca di esempi da poter adottare per risolvere problemi affrontati quotidianamente dalla società, che gli organismi hanno già indirizzato, in special modo per quanto riguarda l'utilizzo di energia e materiali.



Behaviour Level Behaviour Level

Un gran numero di organismi sono sottoposti alle stesse condizioni ambientali dell'uomo e, proprio come l'uomo, hanno bisogno di risolvere simili problemi. Questi organismi tendono ad operare le capacità di sopportazione dell'ambiente di un specifico luogo e entro i limiti di disponibilità di materia ed energia. Questi limiti come la pressione che creano nicchie ecologiche adattive negli ecosistemi significano che non solo gli organismi meglio adattati continuano ad evolvere, ma anche comportamenti e relazioni adattive migliori tra organismi o specie differenti.



Ecosystem Level Ecosystem Level

L'imitazione degli ecosistemi è una parte integrante della biomimesi che comporta una forma sostenibile dove l'obbiettivo è il benessere di un ecosistema e di un popolo, piuttosto che il potere, il prestigio o il profitto. I sostenitori dell'industria, costruzione e edilizia ecologica, esortano l'imitazione degli ecosistemi e l'importanza di





02.01 Ordine in Natura	42
02.02 Pattern Ricorrenti	46
Simmetria	
Frattali	
Spirali	
Nidi & Schiuma	
Piastratura	
02.03 Superfici minime	96
Esempi applicativi	



_02

Pattern

In questo capitolo si cerca di dare una classificazione di quei pattern che sono ricorrenti in natura, del perché vengono utilizzati dai sistemi naturali e in che modo viene sfruttato il loro utilizzo.



Prima di andare a rappresentare i comportamenti di ispirazione biologica presentati come design pattern è necessario introdurre il concetto di "auto-organizzazione".

L'auto-organizzazione è un approccio molto interessante per l'ingegneria dei sistemi complessi e dei sistemi distribuiti. Generalmente, viene intesa come una forma di sviluppo del sistema attraverso influenze ordinanti e limitative provenienti dagli stessi elementi che costituiscono il sistema oggetto di studio e che permettono di raggiungere un maggior livello di

complessità. Questo concetto lo riscontriamo inizialmente in natura quando andiamo ad osservare i sistemi biologici. Questi sistemi mostrano caratteristiche interessanti, sono in grado di adattarsi al contesto ambientale e all'evoluzione degli eventi che si verificano nel sistema attraverso dei comportamenti conseguenti.

L'auto-organizzazione sembra essere il prerequisito per la capacità di evoluzione, poiché genera i tipi di struttura che possono trarre vantaggio dalla selezione naturale.

Soltanto quei sistemi che sono capaci

Philip Ball è uno scrittore di scienze freelance. Ha lavorato in precedenza in Nature per oltre 20 anni, prima come redattore per le scienze fisiche e poi come consulente editoriale. Ha scritto ampiamente sulle interazioni tra arte e scienza, e ha tenuto conferenze al pubblico scientifico e generale in sedi che vanno dal Victoria and Albert Museum (Londra) al NASA Ames Research Center, al London National Theatre e alla London School of Economics. Ha contribuito a pubblicazioni che vanno dal New Scientist al New York Times, al Guardian, al Financial Times e al New Statesman. È un redattore collaboratore della rivista Prospect (per la quale scrive un blog scientifico), e anche un editorialista per Chemistry World, Nature Materials, e la rivista scientifica italiana Sapere. Philip ha conseguito una laurea in chimica presso l'Università di Oxford e un dottorato in fisica presso l'Università di Bristol.

<https://www.philipball.co.uk/bio>

di auto-organizzarsi spontaneamente possono essere in grado di evolvere ulteriormente. La selezione utilizza principalmente proprio ciò che è auto-organizzato perché le caratteristiche auto-organizzate sono quelle che possono venire modellate più rapidamente.

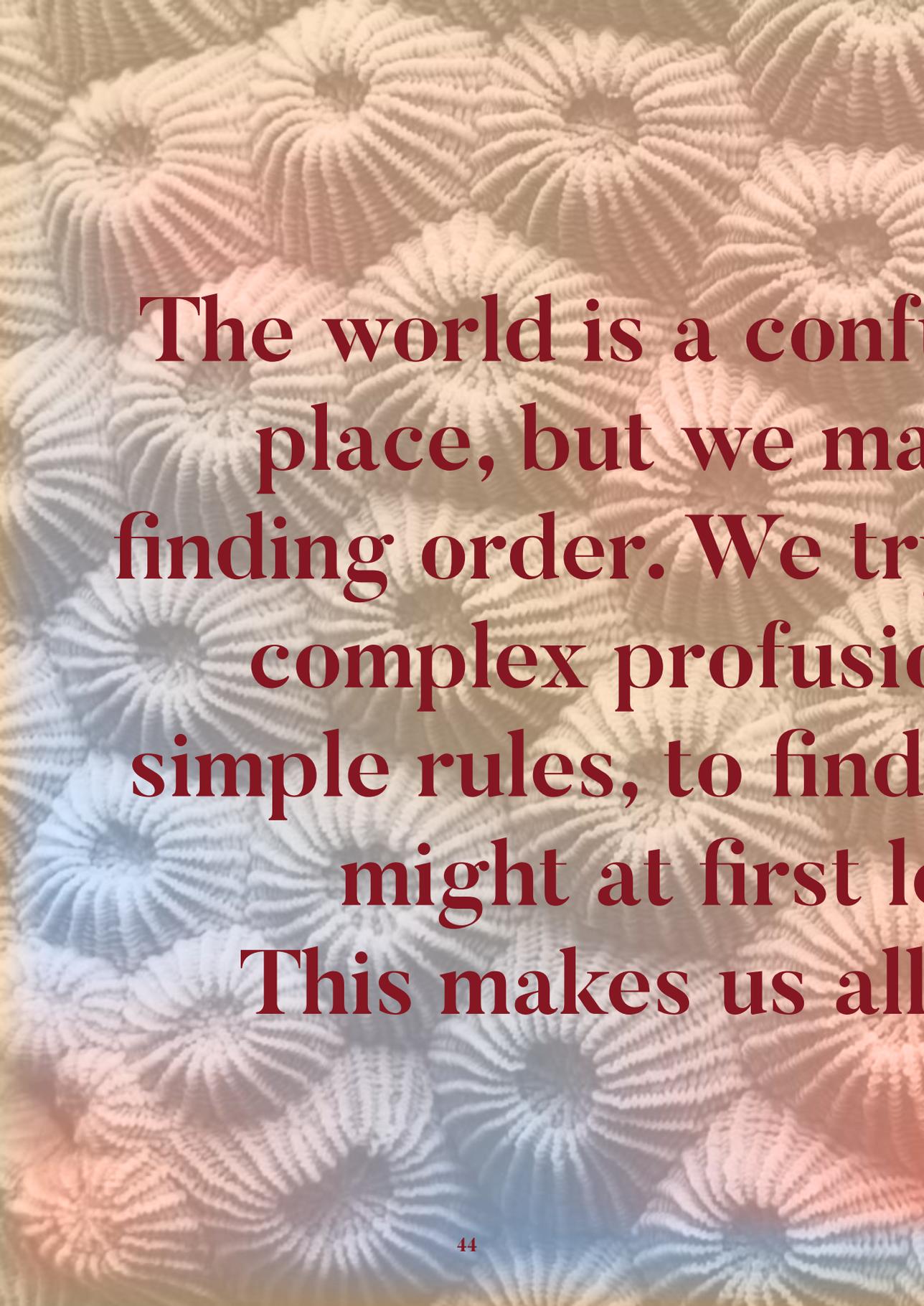
Le specie viventi sono esempi classici di auto-organizzazione: possono essere organizzate in milioni di generi di animali e piante attraverso gli stadi dell'evoluzione biologica, a partire dal molto semplice fino ad arrivare al complesso. Formazioni di pattern sono evidenti nei sistemi naturali che

vanno da nubi ai segni degli animali, e dalle dune di sabbia ai gusci di organismi microscopici marini. Nonostante la sorprendente gamma e varietà di tali strutture, molte hanno caratteristiche comparabili. Lo scrittore scientifico britannico Philip Ball, esamina alcuni dei modelli più comuni trovati in natura.

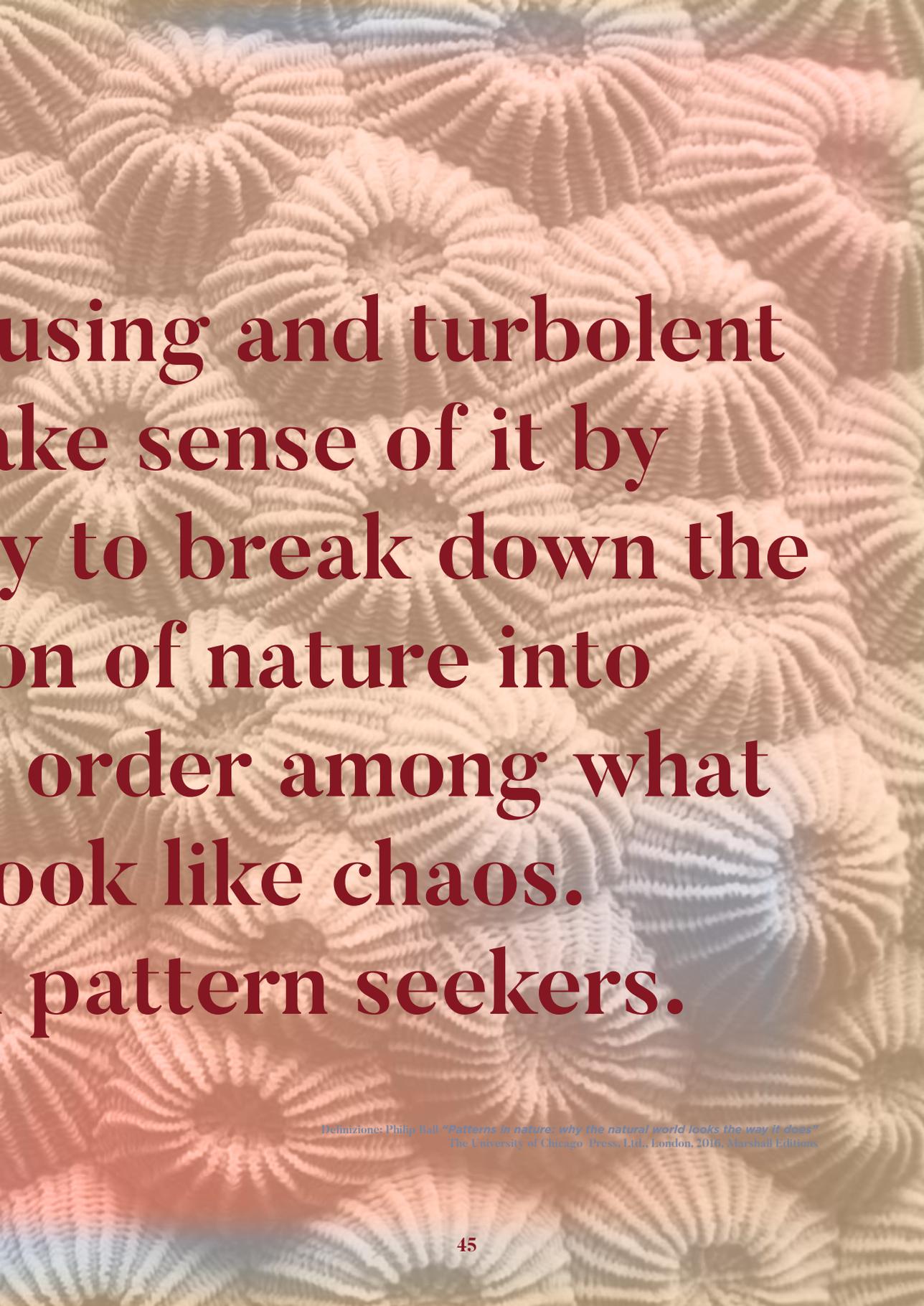
Spiega come queste geometrie sono in genere formate attraverso semplici interazioni locali tra molti componenti di un sistema, una forma di calcolo fisico, che dà origine all'auto-organizzazione ed a strutture e comportamenti emergenti.

pattern <pä'tën>

**Modello, schema, configurazione.
Regolarità che si riscontra all'interno
di un insieme di oggetti osservati.
La composizione è data dal moltiplicare
e affiancare tra loro,
tanti moduli base identici tra loro**



The world is a conf
place, but we ma
finding order. We tr
complex profusio
simple rules, to find
might at first lo
This makes us all



using and turbulent
take sense of it by
y to break down the
on of nature into
order among what
look like chaos.
pattern seekers.

Definizione: Philip Ball *"Patterns in nature: why the natural world looks the way it does"*
The University of Chicago Press, Ltd., London, 2016, Marshall Editions

_02.2 pattern ricorrenti

simmetria? Simmetria

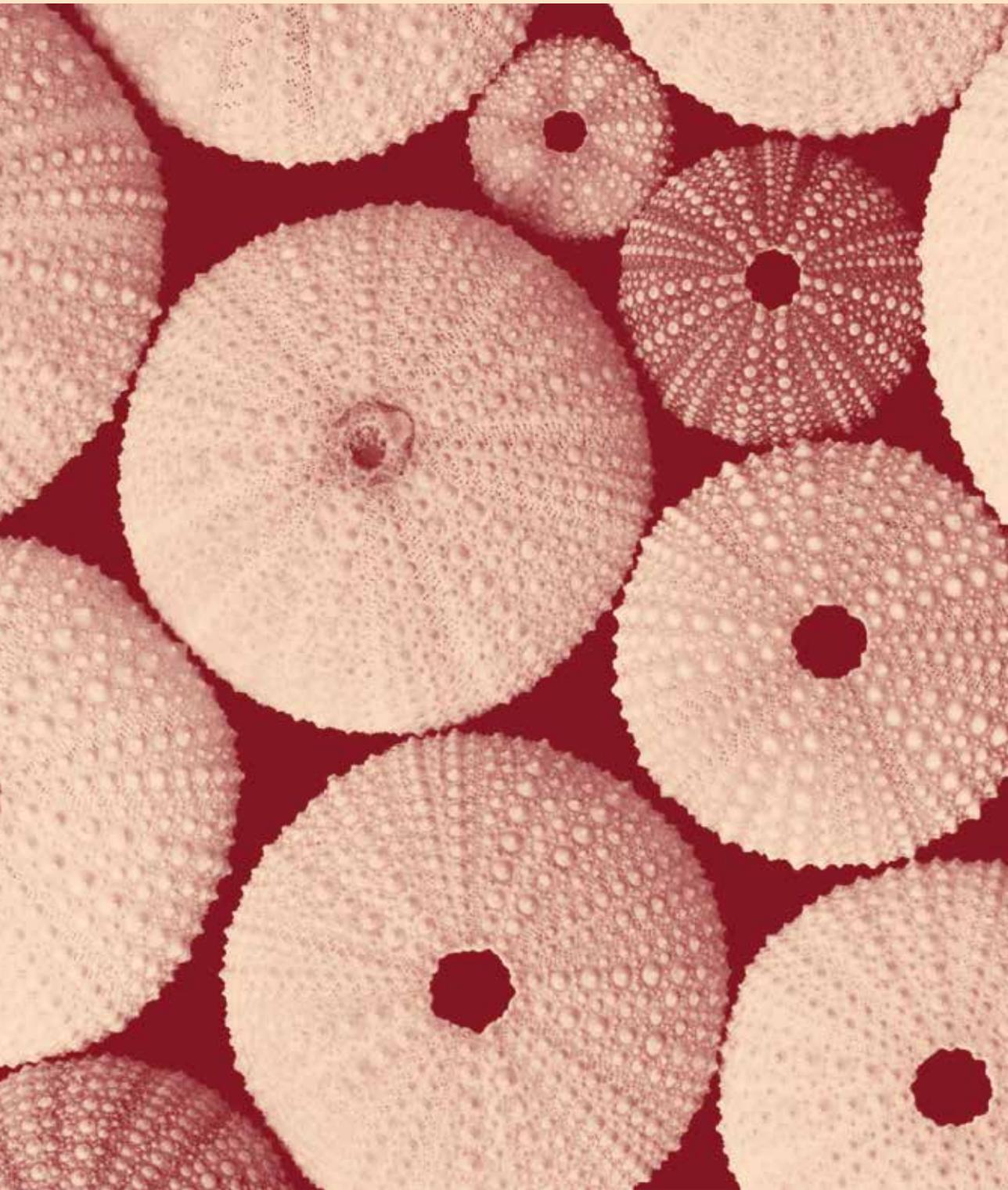
Che cos'è un modello? Di solito lo pensiamo come qualcosa che si ripete ancora e ancora. La simmetria può descrivere il perché alcune forme appaiono più ordinate e organizzate di altre. Ecco perché la simmetria è il "linguaggio" scientifico fondamentale di modello e forma.

La simmetria descrive come le cose possono sembrare invariate quando sono riflesse in uno specchio, ruotate o spostate. Ma le nostre intuizioni sulla simmetria possono essere ingannevoli. In generale, forma e forma sorgono in natura non dalla "costruzione" della simmetria, ma

dalla rottura della stessa, cioè dalla disintegrazione di un'uniformità completa e noiosa, dove tutto sembra uguale, ovunque.

La domanda chiave è quindi: perché non è tutto uniforme? Come e perché si rompe la simmetria?





La simmetria è uno dei concetti chiave che i fisici moderni usano per capire il mondo. Quali sono esattamente queste proprietà di simmetria e schematizzazione che troviamo in natura e come si generano? Possiamo vedere la simmetria come la proprietà di un oggetto o struttura che, modificandolo in qualche modo sembra lo stesso di prima. Consideriamo una sfera: puoi ruotarla in qualsiasi modo e non noteresti mai la differenza, sembra immutata. Oppure una griglia di linee su un pezzo di carta millimetrata. Se si sposta il foglio esattamente della larghezza del quadrato in direzione parallela alle linee, la griglia appare come vista all'inizio. Queste sono entrambe simmetrie, ma di differenti i tipi. La sfera ha la cosiddetta **simmetria rotazionale**, il che significa che il suo aspetto rimane invariato per rotazione.

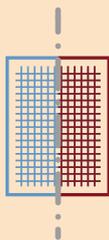


SIMMETRIA ROTAZIONALE

simmetria s. f. [dal gr. συμμετρία, comp. di σύν «con» e μέτρον «misura»]. – 1. Ordinata distribuzione delle parti di un oggetto (di un edificio, di una struttura, di un'opera d'arte, ecc.) tale che si possa individuare un elemento geometrico (un punto, una linea, una superficie) in modo che a ogni punto dell'oggetto posto da una parte di esso corrisponda, a uguale distanza, un punto dall'altra parte

<http://www.treccani.it/vocabolario/simmetria/>

La carta millimetrata ha invece **simmetria traslazionale**. Un altro tipo di simmetria è la **riflessione**. Se metti uno specchio in verticale sulla carta millimetrata, la riflessione nello specchio sarà proprio come il pezzo di carta che si trova davanti ad esso. Questo è vero solo se viene posizionato lungo una delle linee della griglia o esattamente a metà di un quadrato, così da far apparire i mezzi quadrati e le altre metà nel riflesso un quadrato pieno. Lo specchio può essere posizionato anche lungo le diagonali dei quadrati, con un angolo di 45° rispetto alle linee della griglia. Quindi questo è un altro dei "piani di simmetria" del modello. Se l'angolo è diverso da 45° , la riflessione non si sovrapporrebbe esattamente sulla griglia: non è un vero piano di simmetria.



SIMMETRIA TRASLAZIONALE

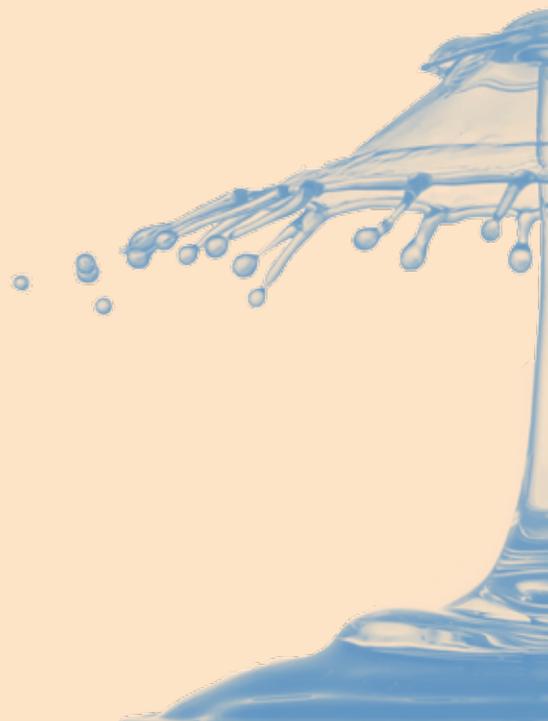
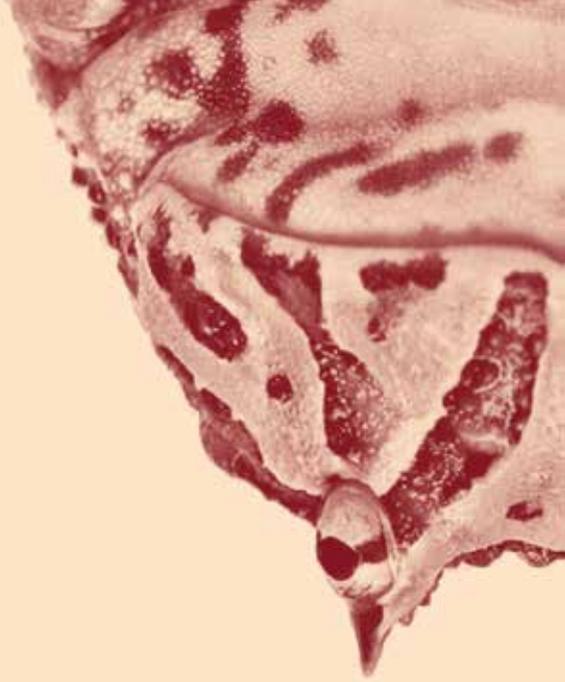


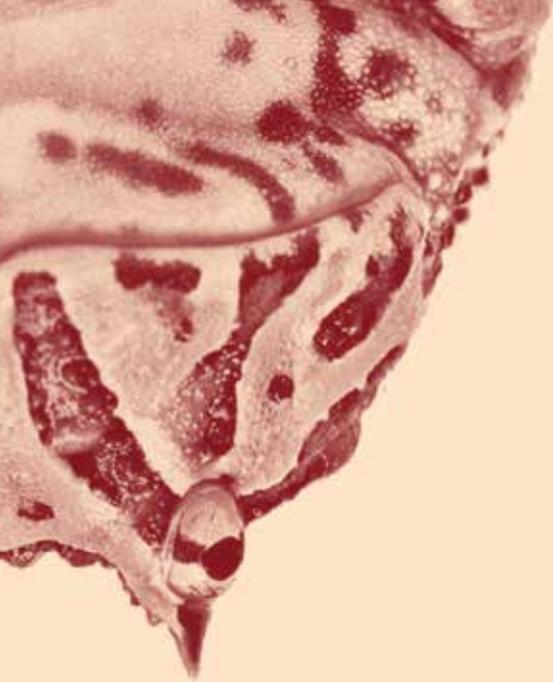
SIMMETRIA DI RIFLESSIONE

Uno dei tipi più comuni di simmetria che vediamo nel mondo naturale è chiamata **simmetria bilaterale**. Un corpo con questa simmetria sembra invariato se uno specchio passa attraverso la sua metà. L'oggetto ha quindi lato sinistro e lato destro che sono immagini speculari l'uno dell'altro. Questa, ovviamente, è una caratteristica del corpo umano. La simmetria bilaterale sembra quasi essere la forma di default per gli animali. Pesci, mammiferi, insetti, e gli uccelli condividono questo attributo. Perché? Una possibilità è che la simmetria bilaterale faciliti il movimento in una direzione specifica. Corpi con simmetria bilaterale sviluppano una colonna vertebrale e un sistema nervoso centrale, che ha vantaggi in termini di organizzazione dei nervi in un cervello.

Tutti i tipi di sistemi e processi, che coinvolgono sia oggetti viventi che non viventi, possono spontaneamente trovare la via più o meno ordinata per modellarsi: possono auto-organizzarsi. Senza alcun progetto o guida, molecole, particelle, grani, rocce, liquidi e tessuti viventi possono organizzarsi in modo regolare, a volte generando motivi geometrici. Le leggi della natura sembrano in grado di fornire "ordine gratuitamente".

I pattern appaiono nei sistemi anche se non troviamo queste caratteristiche nei loro singoli componenti. In questo caso, i modelli e l'ordine si dice che siano emergenti: sono una proprietà dell'intero sistema, non deducibile guardando in modo riduttivo nelle parti separate. La simmetria è alla base della comprensione di come appaiono tali schemi. In natura però accade ciò che viene chiamato processo di rottura della simmetria, che è la via che adotta la natura per trasformare le cose che sono

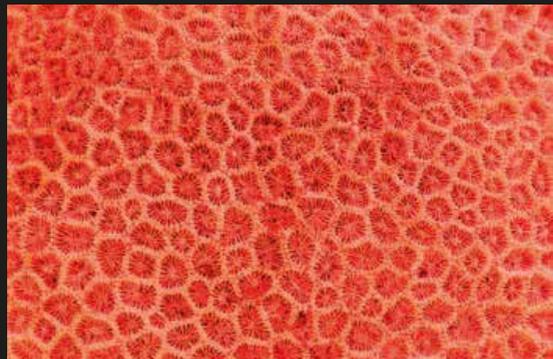
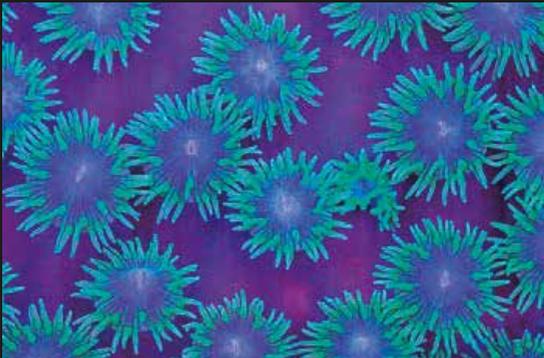


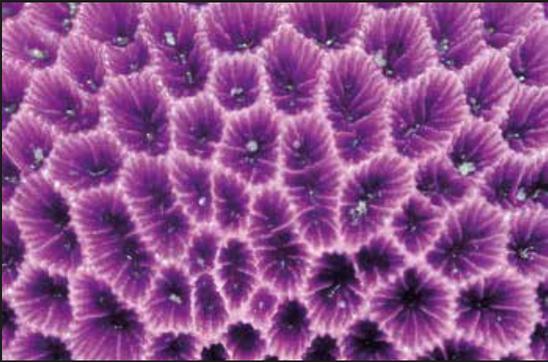
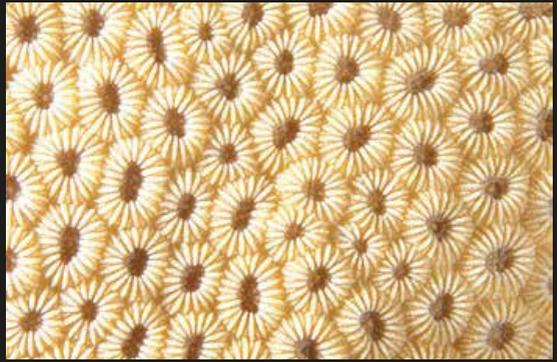
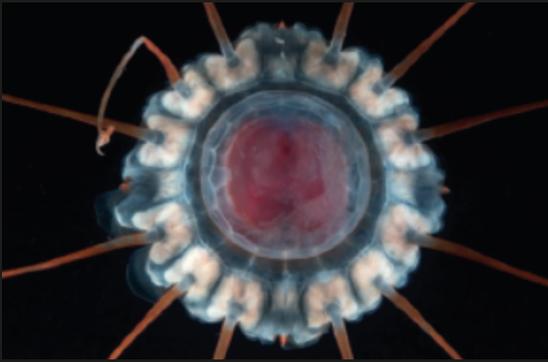


inizialmente le stesse in cose che sono diverse. Più simmetria si spezza, più sottile ed elaborato sarà il modello. Nel mondo naturale la simmetria viene interrotta da alcune forze. Esempio può essere una goccia che cade sulla superficie d'acqua. All'inizio è perfettamente simmetrica circolare: sembra uguale in qualsiasi direzione parallela alla superficie. Ma poi lo splash sviluppa un bordo che si rompe in una serie di piccoli punti, una corona che sputa gocce dalle sue punte. Il cerchio non ha più la sua simmetria circolare, ma ha acquisito un grado inferiore di simmetria radiale, come una stella, in cui alcune direzioni sono distinte dalle altre. La simmetria offre un modo utile di pensare a modello e forma, ma apparentemente anche oggetti irregolari, totalmente asimmetrici, possono avere un ordine nascosto che la matematica può rivelare. Se ad esempio consideriamo un sasso, esso è arrotondato, come una sfera ma non del tutto.

Una sfera perfetta è facile da definire matematicamente: ha la stessa quantità di curvatura ovunque sulla sua superficie, ma per un ciottolo, la curvatura differisce leggermente in ogni punto. C'è una gamma di curvature, e la sua forma generale può essere descritta da un grafico che mostra le quantità relative di diversi gradi di curvatura. A differenza di una sfera, i ciotti hanno spesso parti che sono concave anziché convesse: fossette, non rigonfiamenti. Matematicamente, si dice che queste parti hanno una curvatura negativa. Quindi il grafico della curvatura di un ciottolo raggiunge sia valori negativi che positivi. Ma per qualsiasi raccolta di ciottoli, i grafici complessivi della curvatura hanno lo stesso andamento! La matematica rivela le forme comuni sottolineando l'apparente diversità.



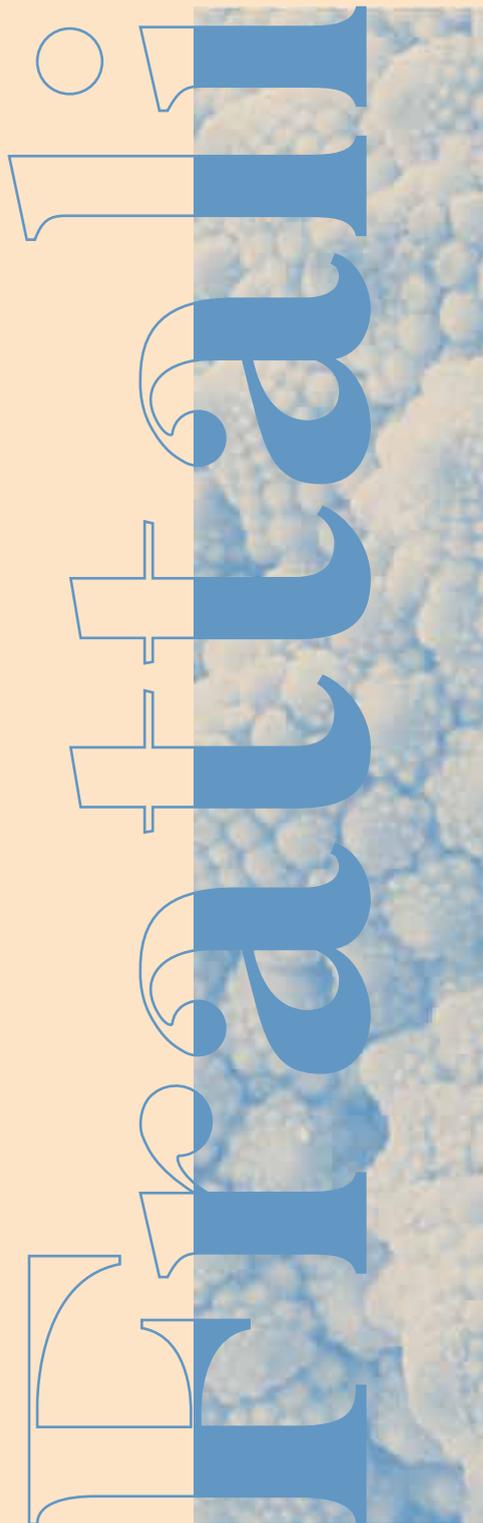




Se guardiamo una fotografia aerea di una costa frastagliata, senza una scala di comparazione, non possiamo assicurarci di vedere un tratto lungo un miglio, dieci miglia o anche cento. Questo aspetto indistinguibile a diverse scale di ingrandimento è una proprietà chiamata **frattale**. È una caratteristica straordinariamente comune in natura: il modo in cui un ramoscello imita la forma dell'intero albero, o la ramificazione ripetuta degli alveoli polmonari. In effetti, i frattali sono stati persino chiamati la geometria della natura. Molti frattali naturali appaiono disordinati: non c'è una simmetria esatta in un albero o in un profilo di montagna. Ma la proprietà frattale rivela una sorta di "logica nascosta" al modello: c'è una gerarchia ripetizione della stessa forma generale a scale decrescenti. Quali sono i processi che creano questa logica? E perché è utile per gli organismi viventi?

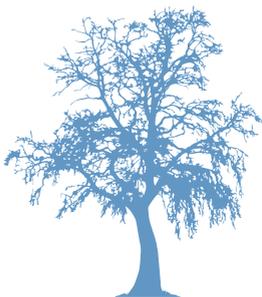
In matematica, termine coniato nel 1975 dal matematico francese B. Mandelbrot per indicare un particolare ente geometrico la cui forma è invariante nel cambiamento della scala delle lunghezze: ingrandimenti di piccole regioni dell'oggetto mostrano sempre la stessa struttura, spesso assai complessa. Non si presenta quindi regolare come nelle figure della geometria euclidea, bensì estremamente frastagliata.

<http://www.treccani.it/enciclopedia/frattale/>





La natura non mostra spesso regolarità e ordine. Eppure queste strutture hanno un tipo di modello nascosto. La logica della forma diventa pienamente evidente solo quando proviamo a descriverla matematicamente. C'è sicuramente qualcosa di piacevole nella forma ramificata di un albero. Questa struttura è però complicata e non possiamo descriverla facilmente nello stesso modo in cui potremmo descrivere un quadrato o un esagono. Ma possiamo dare una descrizione accettabile se ci concentriamo invece sul processo che produce la forma. Considerando l'albero come "un tronco che continua a ramificarsi", questa descrizione è ciò che verrebbe definita un **algoritmo**: un'istruzione per creare una struttura o, più in generale, un processo che deve essere eseguito per ottenere il risultato cercato. Effettuando modifiche all'algoritmo si andrebbero a produrre una vasta gamma di diverse forme simili a tre alberi. Ad esempio, se l'angolo di ramificazione è piccolo e i rami sono dritti, otterremmo un pioppo. Se l'angolo di ramificazione è più largo e il i rami possono piegarsi e torcersi, il risultato sarebbe più come una quercia. Guardato in questo modo, un oggetto che sembra prima di essere geometricamente molto complesso, confrontato a un cono o un cubo, si



QUERCIA

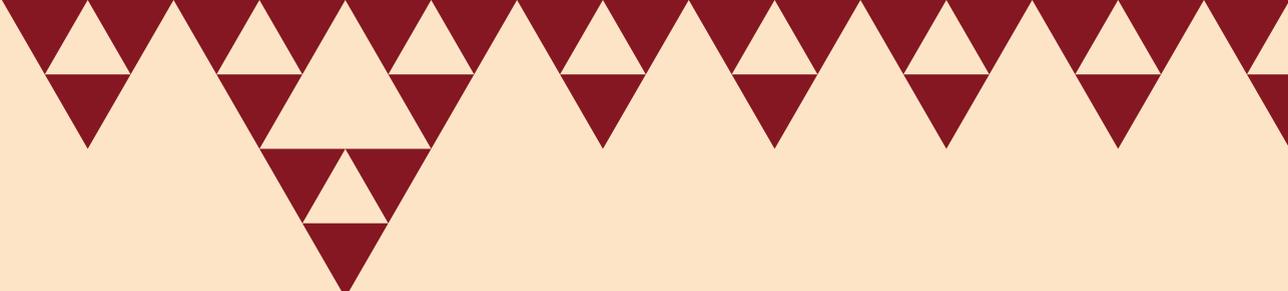


PIOPPA

Termine, derivato dall'appellativo al-Khūwārīzī («originario della Corasmia») del matematico Muhammad ibn Mūsā del 9° sec., che designa qualunque schema o procedimento sistematico di calcolo (per es. l'a. euclideo, delle divisioni successive, l'a. algebrico, insieme delle regole del calcolo algebrico ecc.). Con un a. si tende a esprimere in termini matematicamente precisi il concetto di procedura generale, di metodo sistematico valido per la soluzione di una certa classe di problemi

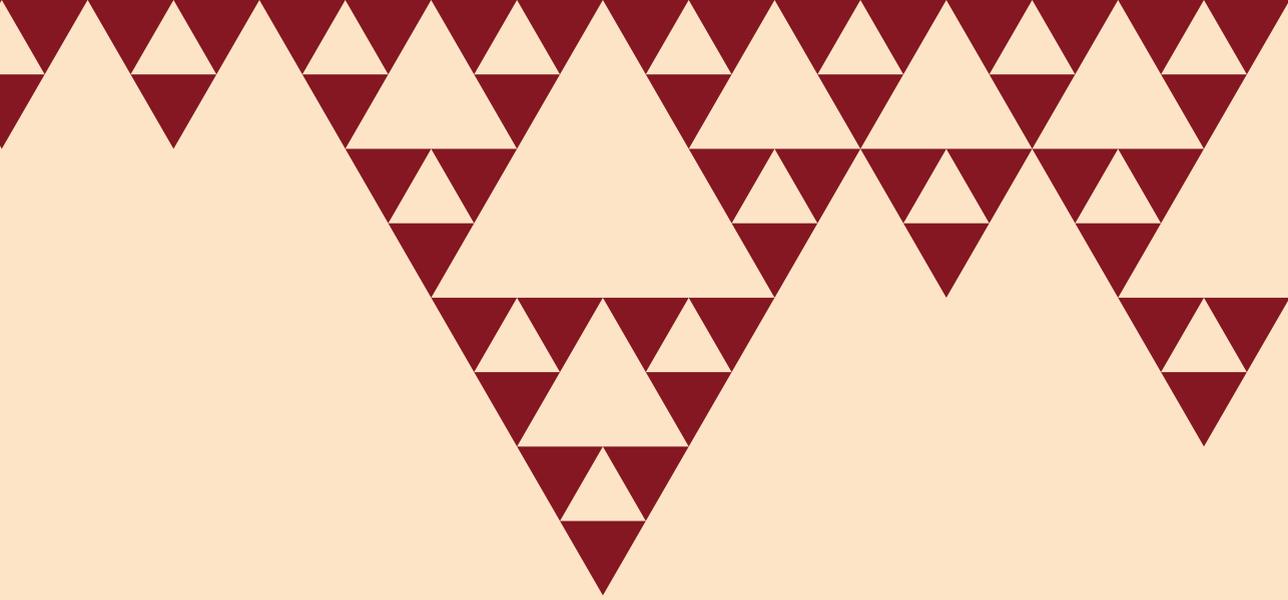
<http://www.treccani.it/enciclopedia/algoritmo/>

rivela avere un semplicità di base. Come possiamo descriverlo geometricamente? Un albero non ha simmetria nel senso spiegato nel capitolo precedente: non è possibile ruotarlo o rifletterlo etc.. in qualsiasi modo per produrre una forma che sembra identica. Potremmo essere tentati di concludere che la geometria non ha, in effetti, nulla da dire su questo modello. Ma lo fa. Abbiamo solo bisogno di un diverso tipo di geometria. Si chiama geometria frattale, ed è stata definita "la geometria della natura". La chiave della geometria frattale risiede nel approccio algoritmico alle forme che produce. Ciò che l'"algoritmo ad albero" sta realmente dicendo è: continua a creare lo stesso tipo di struttura (in questo caso, una giunzione di ramificazione) ancora e ancora a scale sempre più piccole. A causa di questa ripetizione a diverse scale, una piccola parte di un albero può assomigliare all'intero stesso albero. Se rompi la fine di un ramo e ottieni qualcosa che assomiglia ad un albero in miniatura. Questo tipo di struttura che si ripete di nuovo e di nuovo a scale più piccole si dice che sia "simile a se stesso". I frattali sono sempre auto-simili.



La loro struttura è "Gerarchica", che significa che è modellato su una successione di scale di diverse dimensioni: il tronco di un albero rappresenta un livello della gerarchia, i rami principali costituiscono il livello successivo, e così via. In alcuni frattali naturali, l'auto-somiglianza della struttura si estende su una vasta gamma di scale. Senza punti di riferimento per darci degli indizi circa la scala, potremmo non essere in grado di distinguere (ad esempio) se una fotografia aerea che stiamo guardando si riferisca ad una baia di un centinaio di metri o tutta la costa di un paese.

La natura può creare anche frattali più ordinati. Alcune piante si ramificano in una progressione, in modo che ogni livello della gerarchia offre una visione piuttosto precisa dell'ultimo, ridotto in scala. Nelle felci, ad ogni gambo spunta una fila di sotto-steli, la cui dimensione diminuisce costantemente verso la punta anche se rimangono quasi repliche perfette dell'intero gambo stesso. Ancora di più accattivante è la testa del Cavolo Romano, il suo profilo conico abbellito con versioni più piccole di se stesso genera, più o meno, tre livelli gerarchici.

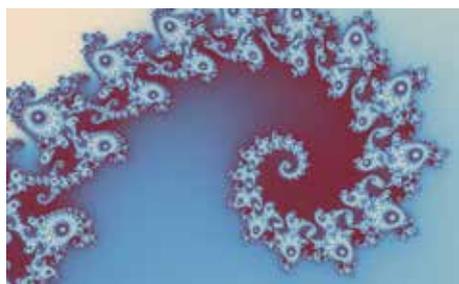


Altrettanto impressionante è a suo modo l'albero *Dracaena Cinnabari*, nell'arcipelago di Socotra nell'Oceano Indiano, con rami che ripetutamente si dividono ordinatamente in due.

C'è un limite alla ramificazione frattale. Le oscillazioni e le flessioni non possono diventare più piccole degli atomi da cui è fatta la cosa. Quindi in natura i frattali esistono solo su una gamma particolare di scale. Ma alcuni frattali matematici, essendo numeri, ripetono la loro auto-somiglianza all'infinito.

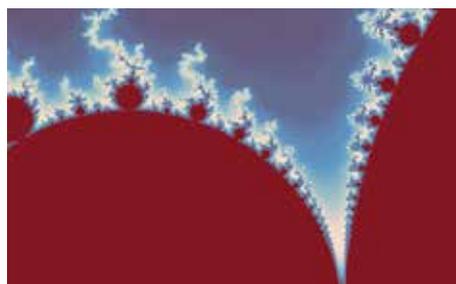
«Bottomless wonders spring from simple rules which are repeated without end.»

Negli anni '70 il matematico **Benoit Mandelbrot** ha scoperto un'equazione che può generare un confine frattale in "spazio numero", ora noto come il set di Mandelbrot. I bordi di questi, si distinguono dalla caratteristica forma di "pupazzo di neve". Non importa quanto ingrandisci la forma, lo stesso strano pupazzo di neve continua a mostrarsi. E 'stato uno shock per i matematici, abituati al decoro tranquillo di forme geometriche, scoprire che i numeri puri possono generare qualcosa di così elaborato, sospeso al confine tra regolarità e caos.



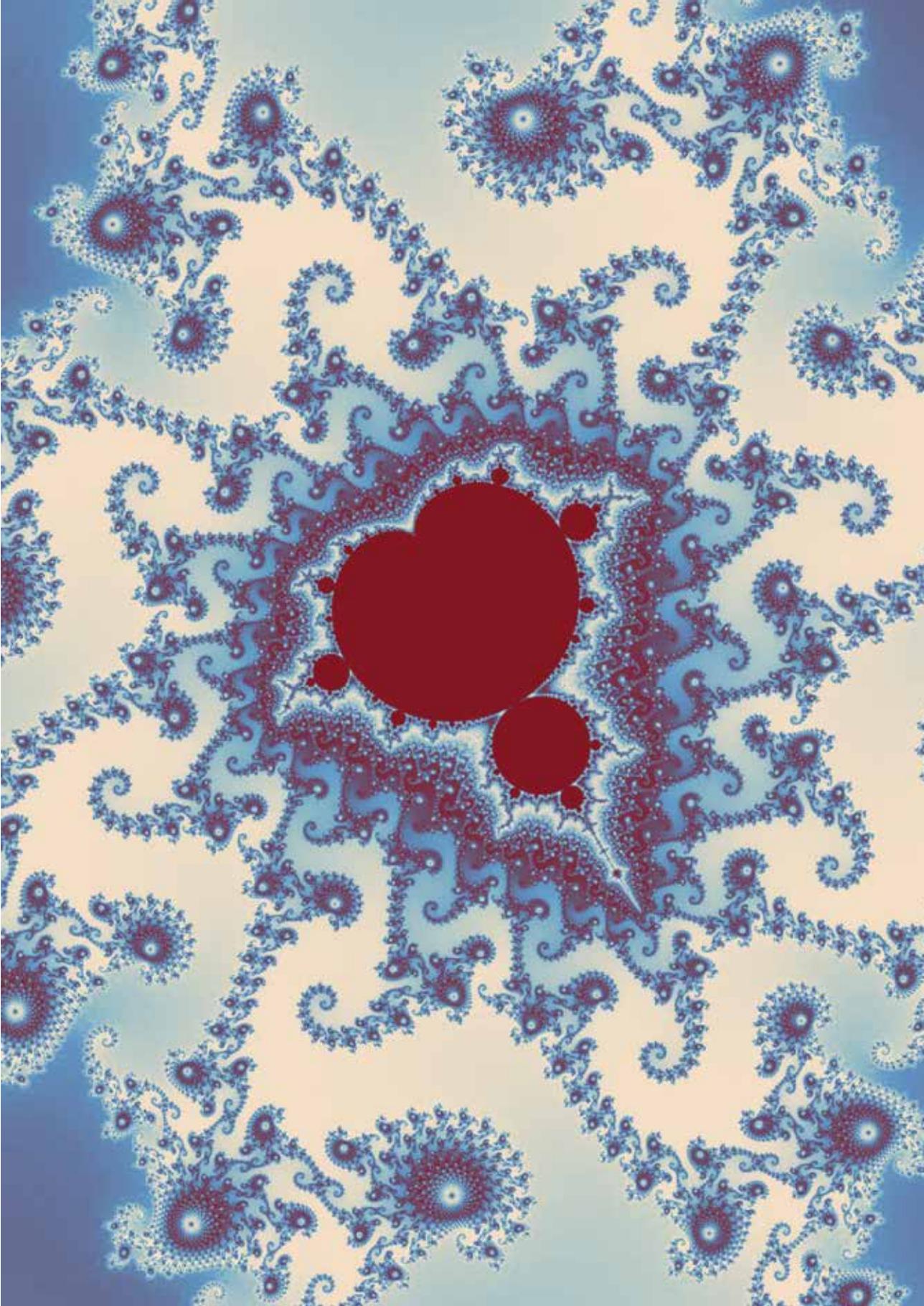
Frattali naturali come le coste e le montagne sono generati da un processo di graduale erosione e rimozione del materiale. Può anche verificarsi l'opposto, ossia un fenomeno di accumulo stabile che genera forme imprevedibili.

L'esempio più classico sono le vene all'interno di alcune rocce, con forme così irregolari e organiche che inizialmente venivano scambiate per fossili di piante primitive. Queste "vene" sono cristalli, che si formano quando i liquidi ricchi di minerali percolano attraverso la roccia e depositano piccoli granuli di sali.



Benoit Mandelbrot (Varsavia, 20 novembre 1924 – Cambridge, 14 ottobre 2010) è stato un matematico polacco naturalizzato francese, noto per i suoi lavori sulla geometria frattale. «Il concetto di base che unisce lo studio dei frattali alle discipline come la biologia e quindi anatomia e fisiologia parte dalla convinzione di un necessario superamento della geometria euclidea nella descrizione della realtà naturale. Volendo essere molto sintetici, i frattali servono a trovare una nuova rappresentazione che parta dall'idea di base che il piccolo in natura non è nient'altro che una copia del grande. La mia convinzione è che i frattali saranno presto impiegati nella comprensione dei processi neurali, la mente umana sarà la loro nuova frontiera.»

<http://www.treccani.it/vocabolario/simmetria/>





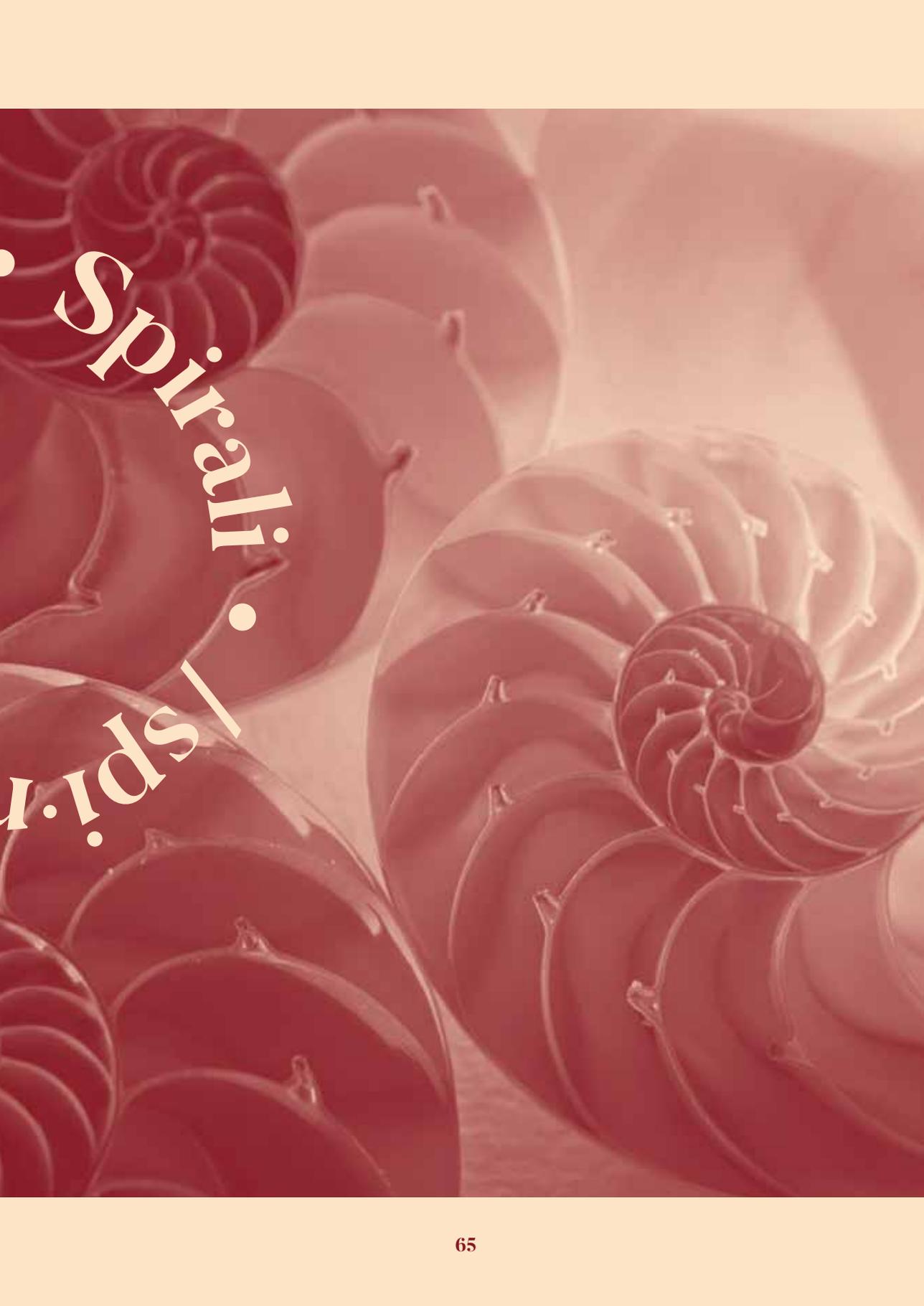


Vediamo **spirali** ovunque nella natura, dal guscio della lumaca di mare al gas vorticoso fino alle stelle di una galassia a spirale. Ma condividono qualcosa in comune? Nel complesso, lo fanno. La maggior parte delle spirali naturali hanno una forma chiamata logaritmica, il che significa che la più piccola parte appare uguale ad una parte più grande. Un guscio di lumaca cresciuto in una tale forma può mantenere la stessa forma a mano a mano che diventa sempre più grande. Tali spirali possono anche apparire in posti meno ovvi; la disposizione dei semi nella testa di un girasole è costituita da due serie di spirali logaritmiche che ruotano in direzioni opposte. E i vortici a spirale si formano nei fluidi, nelle tempeste cicloniche sulla Terra e Giove. Questo è uno dei disegni universali della natura.

spirale agg. [der. di spira]. – 1. Che si avvolge a spire: linea s. (lo stesso e meno com. di che spirale s. f.); andamento spirale.

<http://www.treccani.it/vocabolario/spirale/>

Spirali • /spi·rà·le/



Spirali

Molte spirali naturali, come quella di un guscio di lumaca, non sono solo una forma di scorrimento. Iniziano con curve aggraziate, ma diventano sempre più strettamente attorcigliate mentre si avvicinano al centro. E' un diverso tipo di spirale rispetto a quella che si ottiene arrotolando un tubo da giardino. In quel caso, la larghezza delle bobine rimane la stessa su tutti gli avvolgimenti. Questa è una distinzione fondamentale. La spirale del tubo è chiamata spirale Archimedeica, perché Archimede la descrisse nel terzo secolo aC nel suo libro *On Spirals*.

Il guscio di lumaca, invece, ha una forma chiamata spirale logaritmica, perché l'equazione matematica che la descrive comporta logaritmi. Questa spirale ha un aspetto molto speciale: la sua forma rimane la stessa, non importa quanto piccola o grande sia. È un altro esempio di a modello auto-simile.

Cosa significa autosomiglianza qui? E' sempre una spirale ma, rispetto a quella Archimedeica, ci sono distinzioni. Per prima cosa, la spirale di Archimede può diventare piccola fino ad un certo limite.

SPIRALE LOGARITMICA

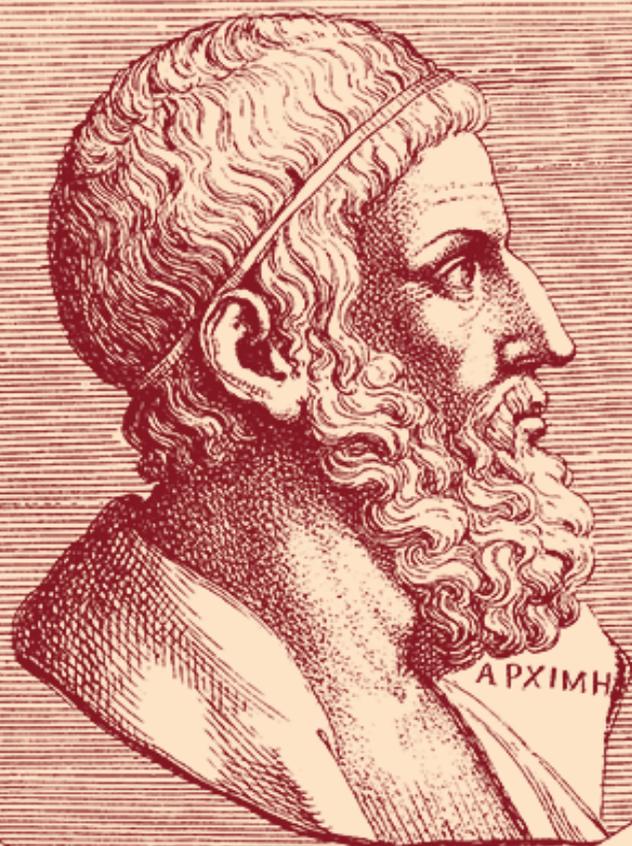


SPIRALE ARCHIMEDEICA



Nella pagina affianco: Copertina di *On Spirals*, un trattato di Archimede scritto intorno al 225 aC. Il matematico greco, impiegò la matematica delle spirali archimedeiche per lo studio di quadrati e angoli. Grazie a questo fu in grado di trovare varie tangenti alla spirale. Definisce la spirale come: "Se una retta di cui un'estremità rimane fissa viene fatta ruotare ad una velocità uniforme in un piano finché non ritorna nella posizione da cui è iniziata, e se, nello stesso momento in cui la retta sta girando, si muove un punto a una velocità uniforme lungo la linea retta, a partire dall'estremità fissa, il punto descriverà una spirale nel piano."

<https://www.philipball.co.uk/bio>



2
Α



ARCHIMEDES

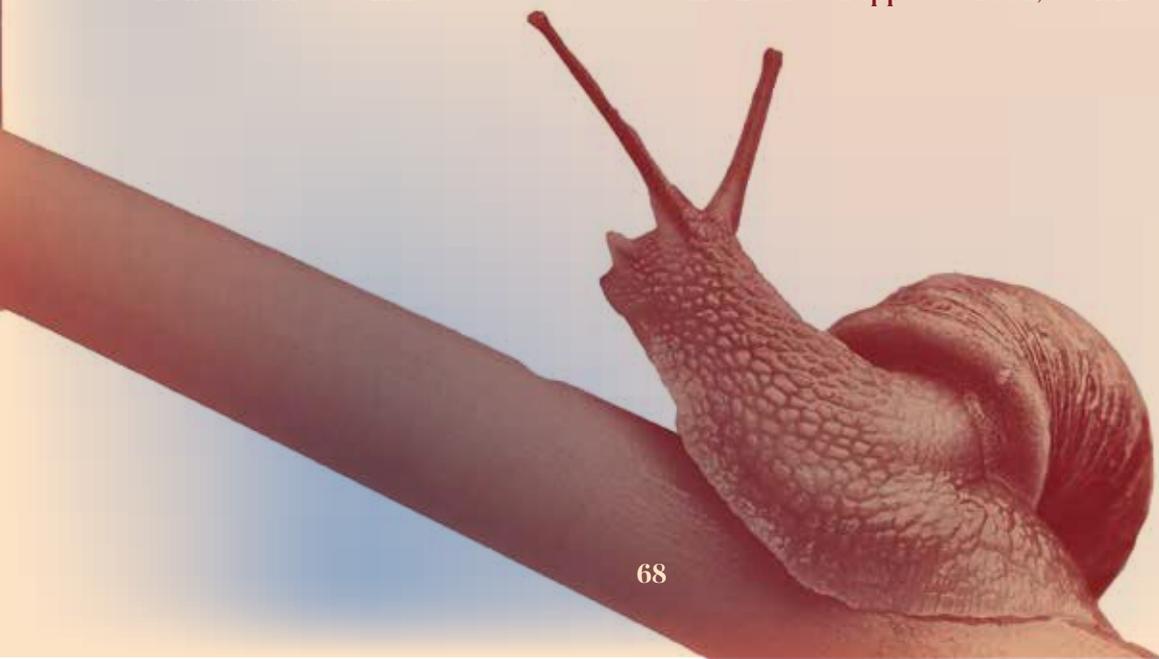
1. Archimedis Effigies marmorea in veteri anaglypho Romę aſervato
Ejusdem que nomine inſignito.
2. Eadem in antiquo numiſmate gręco. Obüt Archim. Olym. 142 anno ante Aſtram Chr. an. 212.

Quando il raggio della bobina è lo stesso della larghezza, si è al limite: non si può arrotolare ulteriormente la corda. Nella spirale logaritmica, le curve proseguono diventando sempre più strette.

La larghezza decrescente mantiene il ritmo perfetto di curvatura, in modo che la spirale, matematicamente, non conosce limiti. Inoltre la spirale sembra sempre la stessa, non importa su quale scala la vedi. In linea di principio, una spirale logaritmica può curvarsi verso l'interno o verso l'esterno per sempre e la sua forma non cambierebbe mai.

Questa proprietà di auto-somiglianza è proprio ciò di cui un mollusco gasteropode come la lumaca ha bisogno. Mentre l'organismo cresce, ha bisogno di un guscio più grande. Ma il guscio è una conchiglia dura composta da carbonato di calcio, lo stesso minerale del gesso e marmo. Non può espandersi, all'animale risiedente converrebbe costruirne uno nuovo.

I molluschi aggiungono un'estensione, depositando materiale sul bordo del livello precedente. La parte iniziale del guscio, che nel frattempo è diventata troppo stretta, viene



semplicemente abbandonata. Questo allargamento graduale del bordo potrebbe produrre un cono, e infatti alcuni molluschi adottano questa soluzione, ma per evitare di portare un carico allungato, il cono, nella maggior parte delle specie, è rannicchiato in modo compatto in una spirale, ottenendo un guscio a spirale logaritmica. Per far sì che il cono si pieghi ordinatamente in una spirale logaritmica, basta aggiungere la condizione che il tasso di crescita sia più veloce su un lato del cerchio rispetto all'altro: il cono creerà quindi una spirale automaticamente. Questo

semplice principio è sufficiente per costruire una vasta gamma di differenti forme a conchiglia, come quelle viste in diverse specie di gasteropodi marini, semplicemente variando il perimetro della bocca della conchiglia. La crescita logaritmica a spirale, è una soluzione adottata non solo dai molluschi. Queste forme piacevoli si trovano anche nelle corna e artigli di animali, anche se lì a volte le spirali potrebbero non completare una singola rivoluzione completa. Galassie a spirale come la Via Lattea spesso (ma non sempre) hanno una forma logaritmica.

Stessa cosa per i cicloni, i tornado, i mulinelli, e vortici d'aria. Basti vedere quotidianamente come l'acqua scorre nel lavandino. Di tutti i modelli e le forme della natura, la spirale ha probabilmente suscitato il maggiore interesse. È venerata col nome di "geometria sacra".

L'apparente mistero della spirale logaritmica si manifesta anche sulle teste di vari fiori. I semi della testa del girasole sono allineati in file che formano non una singola spirale logaritmica ma ben due che ruotano in direzioni opposte. Il modello risultante ha una profonda bellezza matematica.

La stessa forma a doppia spirale può essere vista in altre piante: nelle foglie di una pigna, nei segmenti della buccia di un ananas, e nei fiori del cavolfiore romanesco. Tutte queste disposizioni sono esempi dei cosiddetti **fillotassi**, che letteralmente significa "movimento fogliare".

Se si contano i giri di spirale in queste strutture, si scopre che racchiudono solo determinati valori. Per le pigne, questi accoppiamenti speciali sono generalmente $3/5$, $5/8$ o $8/13$. Per i fiori di girasole ci possono essere 21 spirali in una direzione e 34 nell'altra. Per teste molto grandi aumentano con

0, 1, 1, 2, 3

Fillotassi è un termine che deriva dal greco phyllon=foglia + taxis=ordine. È una branca della botanica preposta allo studio ed alla determinazione dell'ordine con cui le varie entità botaniche (foglie, fiori, etc.) vengono distribuite nello spazio, conferendo una struttura geometrica alle piante.

<https://it.wikipedia.org/wiki/Fillotassi>

coppie fino 144 e 233. Comunque si individuano sempre e solo queste coppie di numeri - mai, per esempio, 22 e 35. Ciascuna di queste coppie corrisponde a due numeri adiacenti in una sequenza in cui ciascun numero è la somma dei due precedenti. Se iniziamo la sequenza dal più piccolo accoppiamento possibile (0 e 1), otteniamo: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, ... Questa sequenza è chiamata **serie di Fibonacci**, in quanto è stata per la prima volta descritta nel 1202 dal matematico italiano Leonardo Pisano, conosciuto come Fibonacci. Il rapporto di due termini successivi

nella serie si avvicina sempre ad un valore costante: un numero chiamato Numero Aureo, circa 1,618. La soluzione più probabile del perchè i semi di girasole adottino questa soluzione è che sia la disposizione più efficace dei germogli.

E' un semplice problema geometrico: se si vogliono organizzare degli oggetti in un array che parte da una fonte centrale, l'imballaggio più efficiente, che genera il modello di Fibonacci a doppia spirale, è quella per cui si crea un angolo di $137,5^\circ$ - noto come l'Angolo d'oro.

3, 5, 8, 13, 21, 34, 55...

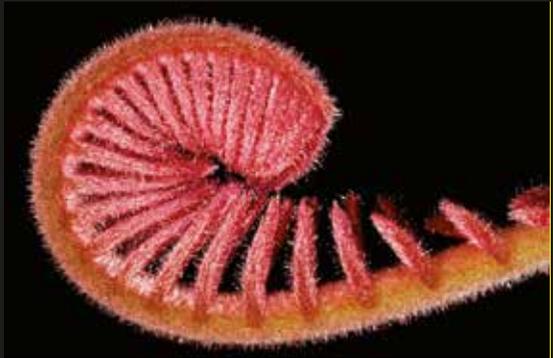
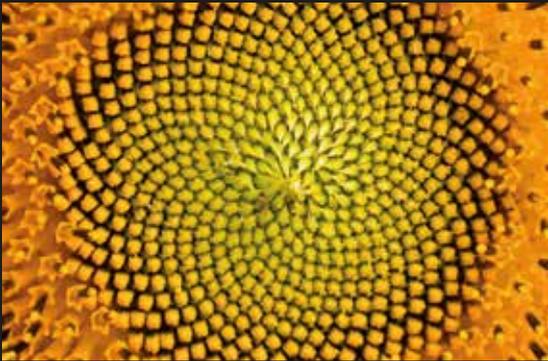
La successione di Fibonacci (detta anche successione aurea) in matematica indica una successione di numeri interi in cui ciascun numero è la somma dei due precedenti, eccetto i primi due che sono, per definizione: $F_0=0$, $F_1=1$. Questa successione è definita ricorsivamente secondo la seguente regola:

$F_0=0$, $F_1=1$, $F_n=F_{n-1}+F_{n-2}$ per ogni $n>1$

Gli elementi F_n sono anche detti numeri di Fibonacci. I primi termini della successione di Fibonacci, che prende il nome dal matematico pisano del XIII secolo Leonardo Fibonacci, sono: {0,1,1,2,3,5,8,13,21,34,55,89,144,...

<http://www.treccani.it/vocabolario/simmetria/>





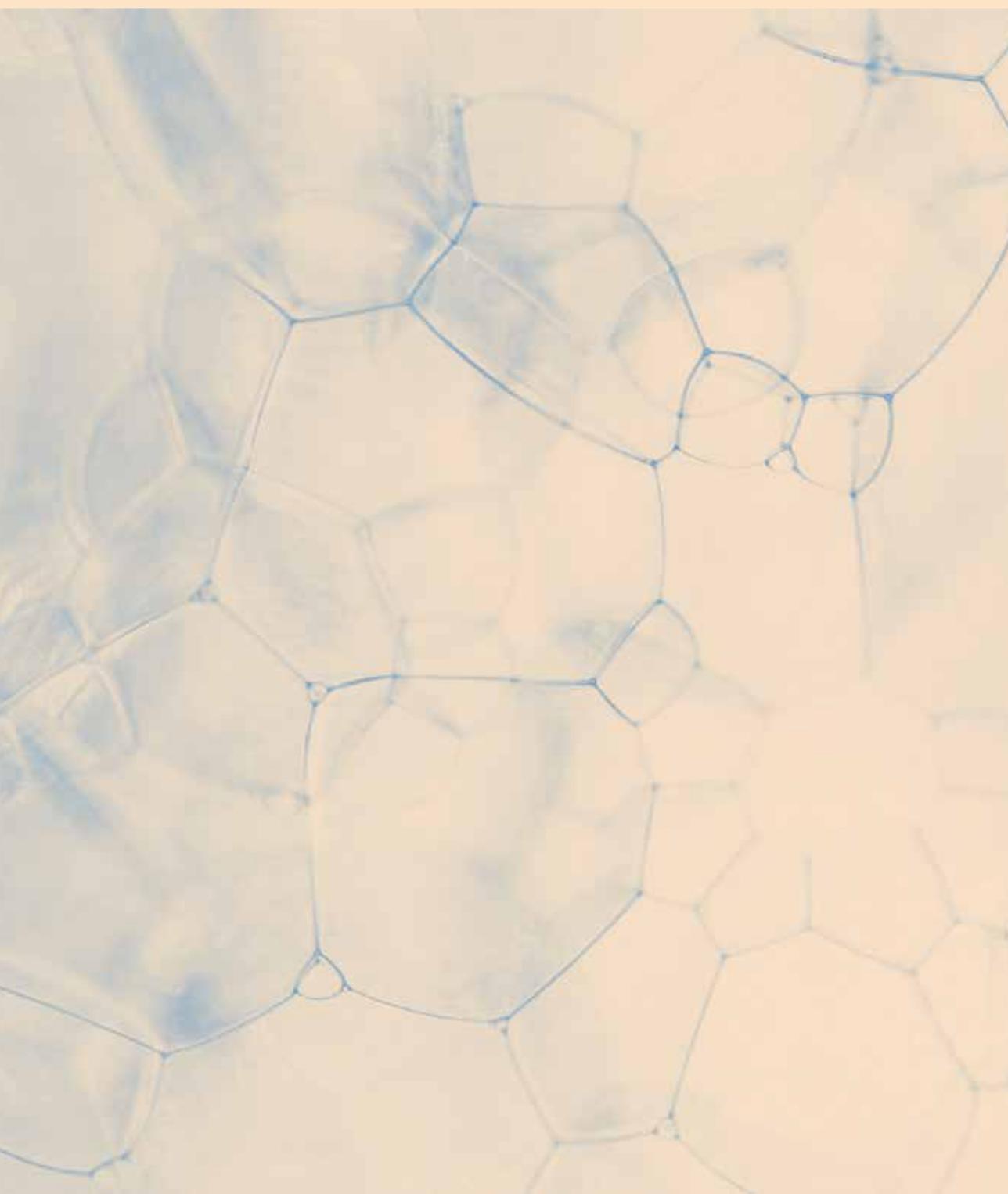
Nidi

&

Schiuma

Le bolle di sapone potrebbero sembrare solo un gioco per bambini, ma alcune delle migliori menti della scienza sono state catturate dal loro fascino e bellezza, oltre che dalle loro forme. Le pellicole e le schiume di sapone osservano un'economia particolare, un equilibrio preciso che le plasma e le spinge verso curve aggraziate. La natura a volte fa un uso ingegnoso di questi modelli per costruire architetture che sono sia utili che stravaganti.





I favi dentro i quali le api conservano il loro nettare e nutrono le larve, sono meraviglie di precisione ingegneristica, una serie di celle a forma di prisma con sezione perfettamente esagonale. Le pareti di cera sono fatte con uno spessore molto preciso, le celle sono delicatamente inclinate dall'asse orizzontale per

impedire che il miele scivoli via, e il tutto è allineato con il campo magnetico terrestre. Eppure questa struttura è realizzata senza alcun progetto o previsione, da molte api che lavorano contemporaneamente e in qualche modo coordinando i loro sforzi per evitare cellule non corrispondenti. Charles Darwin ha condotto

**“To the natural philosopher
there is no natural object
unimportant or trifling”**

John Herschel in 1830.

John Frederick William Herschel (Slough, 7 marzo 1792 – Collingwood, 11 maggio 1871) è stato un astronomo, matematico e chimico inglese. John Herschel fu il primo a utilizzare il calendario giuliano nell'astronomia, portò importanti contributi al miglioramento dei procedimenti fotografici del periodo (dagherrotipia, calotipia e antotipia), scoprendo la proprietà del tiosolfato di sodio, al tempo iposolfito di sodio, nel fissaggio dell'immagine. Coniò inoltre i termini fotografia, negativo e positivo.

https://it.wikipedia.org/wiki/John_Herschel

esperimenti per stabilire se le api sono in grado di costruire perfetti favi grazie all'esperienza evolutiva, come implicherebbe la sua teoria. Perché esagoni, però? È una semplice questione di geometria. Se vuoi raggruppare celle che sono identiche per forma e dimensioni in modo da riempire tutto il piano, solo tre forme regolari (con tutti i lati e gli angoli identici) funzionerà: triangoli equilateri, quadrati ed esagoni. Di queste, le celle esagonali richiedono la lunghezza minima di superficie, rispetto ai triangoli o ai quadrati della stessa area.

Quindi ha senso che le api adottino gli esagoni, dal momento che la cera costa energia, e vorranno consumarne meno possibile, proprio come i costruttori risparmierebbero il costo dei mattoni. Il nido d'ape esagonale è perfetto nell'economizzare lavoro e materia. Ma anche se le api sembrano possedere abilità specializzate per misurare angoli e spessori, non sono loro a definire queste forme, ma sono conseguenti a semplici interazioni fisiche. Infatti matrici esagonali di cellule è qualcosa che la natura fa in molti campi.

北京國家

Se si genera uno strato di bolle sulla superficie d'acqua, le bolle diventano esagonali, o quasi. Non si formeranno mai bolle quadrate: se quattro bolle si accostano tra loro, si riorganizzano all'istante in tre pareti con angoli più o meno uguali di 120° tra loro, come il simbolo della Mercedes-Benz. Tutto ciò che guida questi modelli sono le leggi della fisica. Considerando lo spazio 3D le bolle tra di loro formeranno sempre un'unione a quattro vie con angoli tra i film che si intersecano a circa 109° -un angolo relativo al quadrilatero tetraedro geometrico.

La trazione superficiale del liquido ne consente la disposizione nello spazio utilizzando la più piccola superficie possibile. Ecco perché le gocce di pioggia sono sferiche mentre cadono: una sfera ha meno superficie di qualsiasi altra forma con lo stesso volume. Sopra una foglia di cera, le gocce d'acqua si ritraggono in piccole sfere per lo stesso motivo. La schiuma cercherà di trovare la struttura che ha la superficie totale con più bassa tensione, che implica la minima area di sapone.

**La fisica agisce
l'economia di sp**



游泳中心

ce sempre per
spazio e materia.

Una tipica schiuma contiene cellule poliedriche di molte diverse forme e dimensioni. Raramente i bordi sono perfettamente diritti; sono un po' curvi. Questo perché la pressione del gas all'interno di una cellula o bolla aumenta come la bolla diventa più piccola, quindi la superficie della bolla piccola accanto a quella più grande si gonfierà verso l'esterno leggermente. Inoltre, alcune sfaccettature hanno

cinque lati alcune sei e alcune solo quattro o addirittura tre. Qual è quindi la forma cellulare ideale che rende l'area della parete della bolla il più piccola possibile soddisfacendo gli angoli nelle giunzioni?

Questo è stato dibattuto per molti anni, e per

lungo tempo si è pensato che la forma ideale era un poliedro di 14 lati con facce quadrate ed esagonali. Ma nel 1993 è stata scoperta una struttura economica, sebbene meno ordinata, composta da un gruppo ripetuto di otto diverse forme di celle. Questo motivo è stato usato come ispirazione per la progettazione dello stadio di nuoto dei Giochi olimpici a Pechino del 2008.

Le stesse regole sono state osservate nelle cellule viventi di alcuni modelli naturali. L'occhio di una libellula mostra lo stesso imballaggio esagonale di sfaccettature, ma non solo, le cellule fotosensibili sono raggruppate in gruppi di quattro che sembrano proprio bolle di sapone.

Il centro acquatico nazionale di Pechino, conosciuto anche come Water Cube (水立方) o abbreviato in [H₂O]₃, è un centro acquatico costruito nei pressi dello stadio nazionale di Pechino, nell'Olympic Green, in occasione dei Giochi olimpici di Pechino 2008. Il Water Cube è stato progettato dalla PTW Architects, assieme alla CSEEC International Design e con il supporto degli ingegneri strutturali della Arup per quanto riguardava le strutture. Costruito sulla base di un telaio in acciaio, il Centro è la più grande struttura mai realizzata ricoperta di ETFE, con oltre 100.000 m² di rivestimento. La copertura in ETFE consente un maggiore passaggio di luce e calore del vetro tradizionale, consentendo una riduzione del 30% dei costi energetici. Il rivestimento esterno si basa sulle strutture di Weaire-Phelan, una sorta di schiuma formata da bolle di sapone, tagliata ad ottenere la caratteristica conformazione irregolare delle superfici.

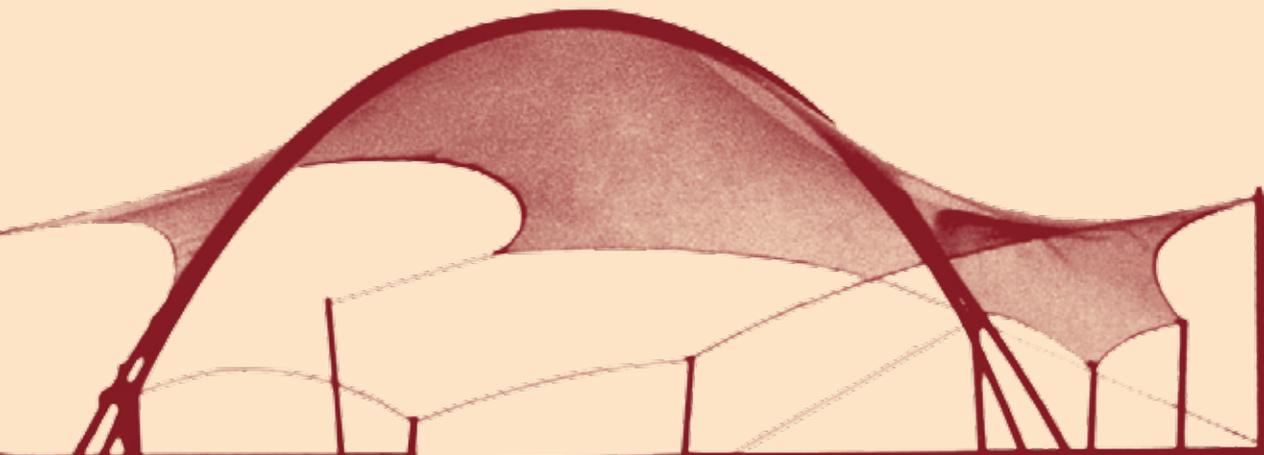
<https://www.philipball.co.uk/bio>

L'economia delle superfici

A causa della tensione superficiale, un film di sapone viene tirato come attraverso un filo. Se la trama del filo è piegata, il film si piega con un contorno elegante e copre automaticamente nel modo più economico, in termini di materiale, lo spazio racchiuso dalla cornice. Questa tecnica è stata utilizzata in architettura per capire come realizzare un tetto per una struttura complicata utilizzando la minor quantità di materiale. E' per la bellezza e l'eleganza di queste cosiddette "superfici minimali" e per la loro economia di materiale che architetti come Frei Otto le hanno

utilizzate nella realizzazione dei loro edifici. Queste superfici minimizzano non solo la loro superficie area, ma anche la loro curvatura totale.

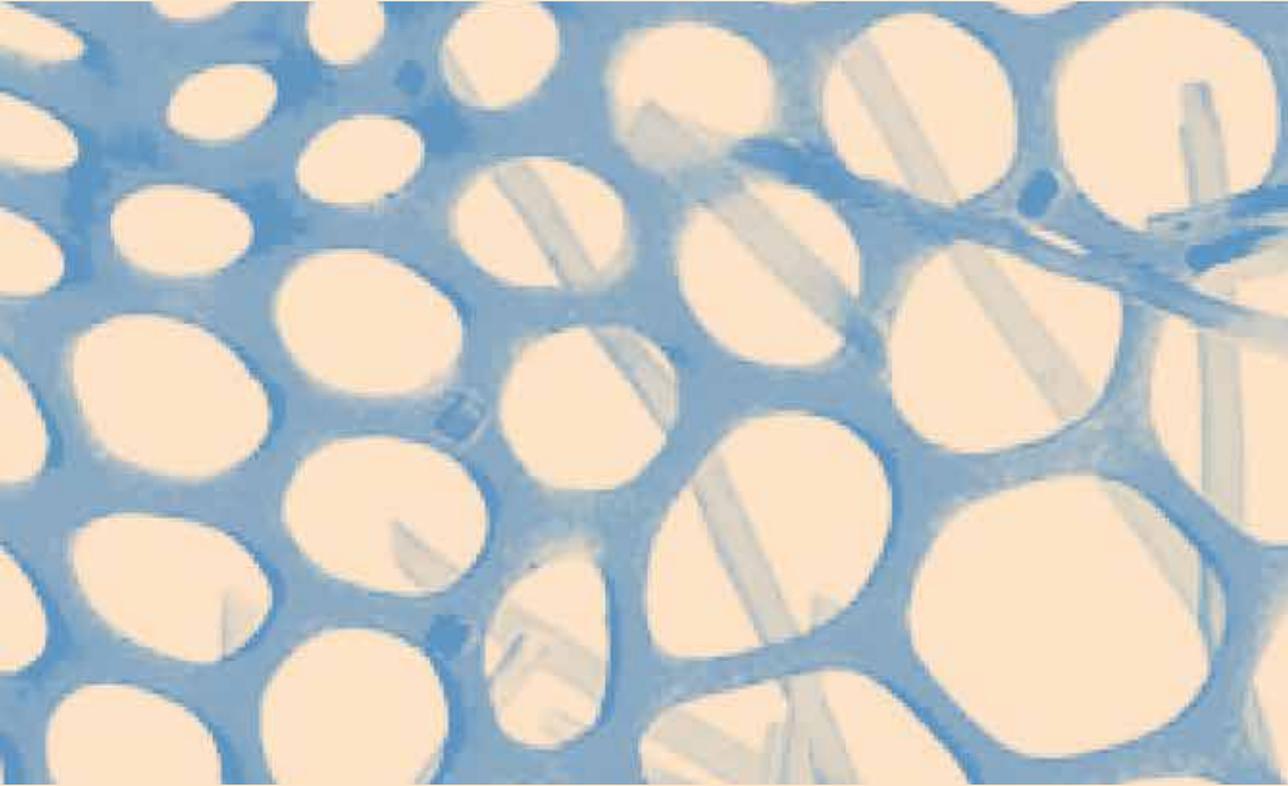
Come abbiamo visto precedentemente, la curvatura può essere positiva (rigonfiamenti) o negativa (avvallamenti, depressioni e selle). La curvatura di una superficie può quindi avere una curvatura media pari a zero fintanto che i lati positivi e negativi si annullano tra loro. Una superficie minimamente curva può dividere lo spazio in un labirinto ordinato di passaggi e canali: una rete.



Queste superfici sono chiamate Superfici Periodiche Minime. (Periodico significa che la struttura si ripete identicamente ancora e ancora in uno schema regolare). Quando tali modelli furono scoperti si pensava fossero solo una curiosità matematica. Ma ora sappiamo che la natura li usa. Le cellule di molti diversi tipi di organismi, dalle piante alle lamprede ai ratti, contengono membrane con strutture microscopiche come questa. Queste superfici sono chiamate Superfici Periodiche Minime. (Periodico significa che la struttura si ripete identicamente ancora e ancora

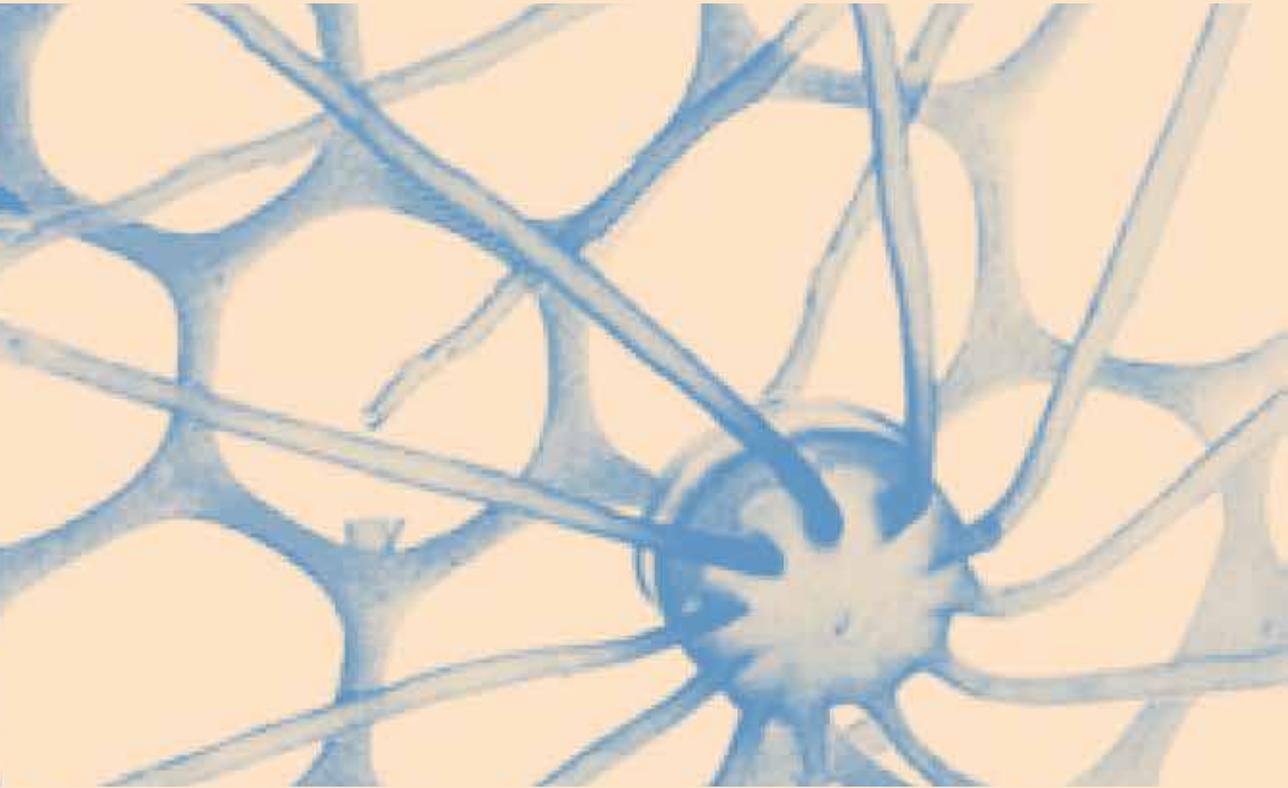
in uno schema regolare). Quando tali modelli furono scoperti si pensava fossero solo una curiosità matematica. Ma ora sappiamo che la natura li usa. Le cellule di molti diversi tipi di organismi, dalle piante alle lamprede ai ratti, contengono membrane con strutture microscopiche come questa. Anche in questo caso sono le forze fisiche che generano queste particolari strutture. Alcune farfalle hanno le squame delle ali contenenti un labirinto ordinato di materiale duro chiamato chitina, a formare una particolare superficie periodica minima chiamata gyroid.

L'interferenza tra le onde luminose che rimbalzano su questa struttura regolare causano la variazione di alcune lunghezze d'onda causando la riflessione solo di alcuni colori. Si viene a generare quindi il colore strutturale, ossia colore generato non da pigmenti ma da interferenza, riflessione e diffrazione delle onde luminose. Lo scheletro del riccio di mare *Cidaris* è un maglia porosa con la forma di un altro tipo di superficie minima periodica. E' un esoscheletro, all'esterno del tessuto molle dell'organismo, che ha la funzione di involucro protettivo fatto dallo stesso minerale di gesso e marmo.

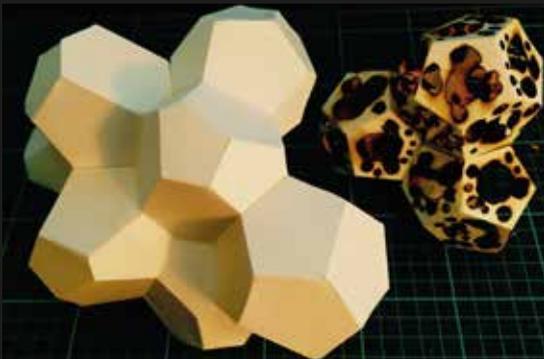
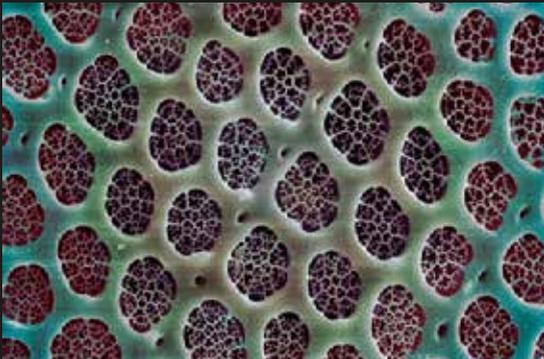
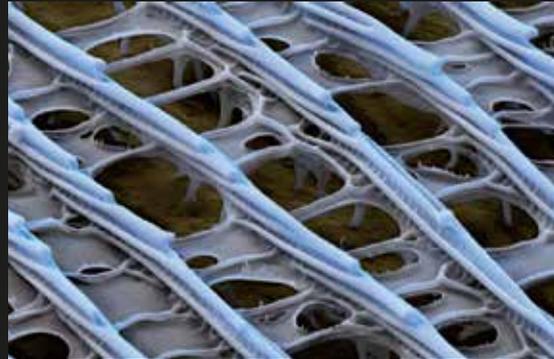
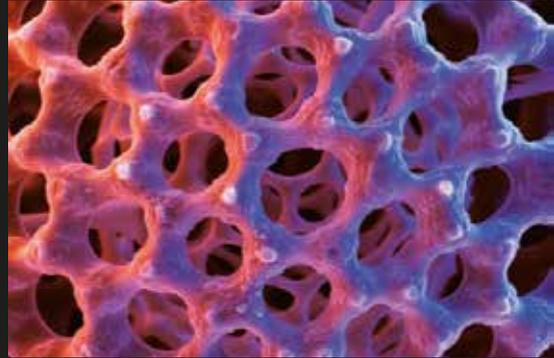
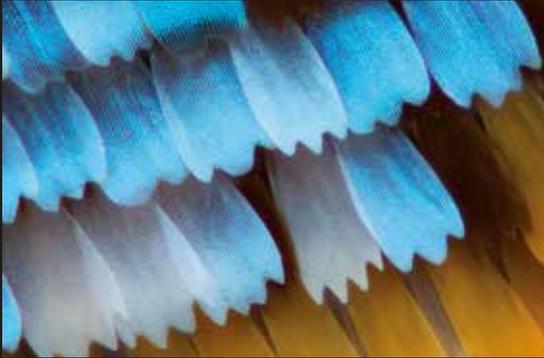


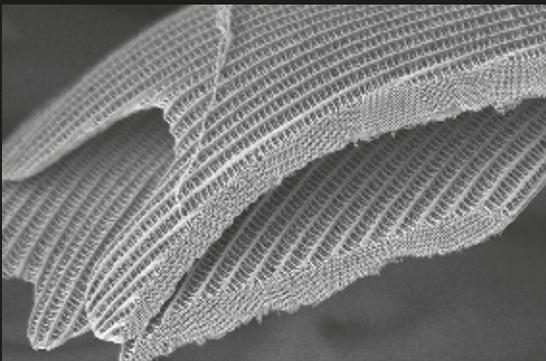
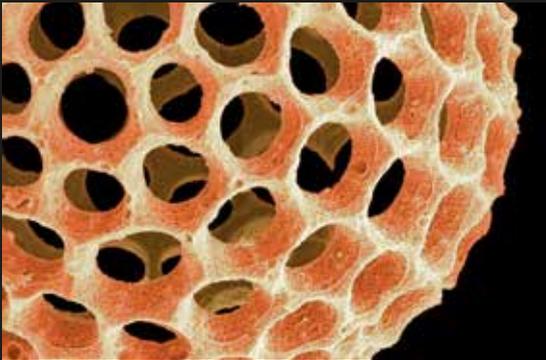
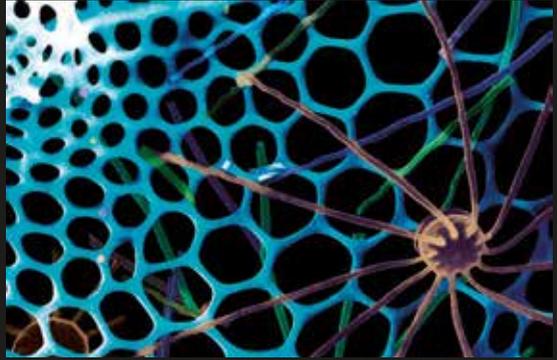
Lo scheletro del riccio di mare *Cidaris* è un maglia porosa con la forma di un altro tipo di superficie minima periodica. E' un esoscheletro, all'esterno del tessuto molle dell'organismo, che ha la funzione di involucro protettivo fatto dallo stesso minerale di gesso e marmo. La struttura a reticolo conferisce al materiale resistenza senza essere troppo pesante, al contrario per esempio delle schiume metalliche utilizzate per la costruzione di aerei. Per creare reti ordinate così complicate, in minerale rigido, questi organismi fanno inizialmente uno stampo da

membrane morbide e flessibili. Successivamente cristallizzano il materiale duro. Analizzando al microscopio i canali all'interno delle spine di chitina di un particolare verme marino noto come il topo marino si scopre che la disposizione è a nido d'ape che genera colore strutturale. Questo cambiamento di colore serve a scoraggiare i predatori. Il principio dell'utilizzo di tessuti molli e membrane come stampi per modellare gli esoscheletri minerali è ampiamente usato nel mare. La formazione di tessuto duro, noto come biomineralizzazione, genera risultati spettacolari negli organismi marini chiamati radiolari e diatomee.



Alcuni di questi hanno delicatamente modellato esoscheletri fatti da una rete di minerali esagonali e pentagonali: sono chiamati Favi del Mare. Il biologo tedesco Ernst Haeckel analizzò queste forme al microscopio nella fine del diciannovesimo secolo, riportando queste strutture in un portfolio di disegni chiamato Art Forme In Nature.







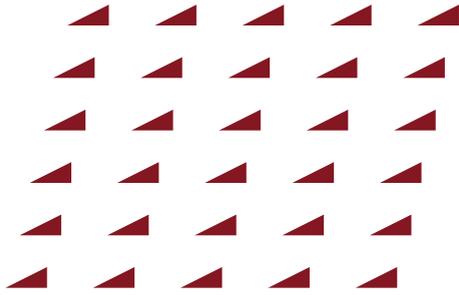
Piastrella

Alcuni dei primi filosofi sospettavano che il mondo fosse, alla radice, geometrico: costruito da Dio secondo semplici regole matematiche. Era un'ipotesi comprensibile se si pensa ai cristalli. Nelle caverne sotterranee c'è un universo geometrico, dove tutta la natura è organizzata in una perfezione matematica scintillante.

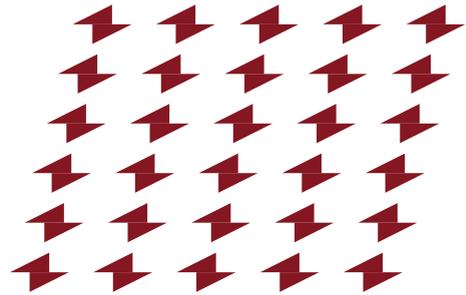
All'inizio del diciassettesimo secolo, l'astronomo tedesco Johannes Kepler si chiedeva perché i fiocchi di neve hanno sempre sei punte. Sapeva che se le palle di cannone sono accatastate in modo compatto, ogni palla è circondata da altre sei agli angoli di un esagono.

atura





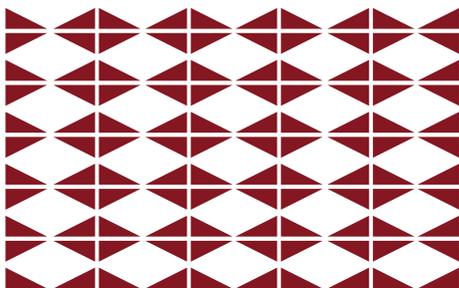
Gruppo 1 (p1)



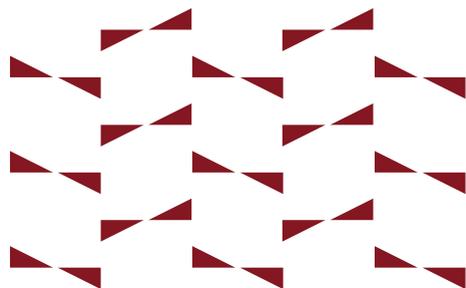
Gruppo 2 (p2)

La simmetria della neve ghiacciata potrebbe quindi derivare dalla disposizione delle molecole di acqua ghiacciata? **Keplero** non arrivò mai in fondo al problema ma la sua intuizione sulla causa della regolarità dei cristalli era giusta. Il sacerdote e botanico francese del XVIII secolo, René Just Haüy, ha dimostrato che le forme cristalline sono dettate dalle disposizioni dei loro atomi. Grazie a questa struttura a scala atomica, le forme dei cristalli sono il risultato della disposizione degli atomi nel reticolo cristallino. Per il cloruro di sodio questo ammasso è a forma di

cubo, e così sono i cristalli che si possono osservare guardando il sale da tavola al microscopio. La calcite, un composto del carbonato di calcio, ha sfaccettature a forma di rombo. Tutte queste strutture cristalline possono essere classificate dalle loro proprietà di simmetria. Esistono solo un numero fisso di modi di disporre gli oggetti in modo che si ripetano di nuovo e di nuovo in perfetto allineamento. Ognuno di questi distinti schemi ripetuti è chiamato un gruppo, perché esso ha un gruppo associato di operazioni di simmetria. In due dimensioni, ad esempio, possiamo



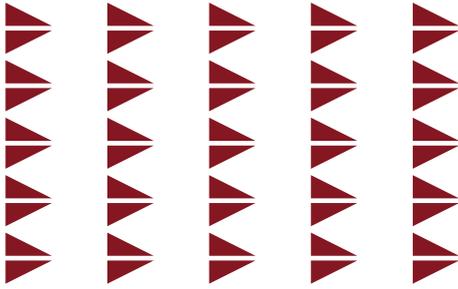
Gruppo 3 (p2mm)



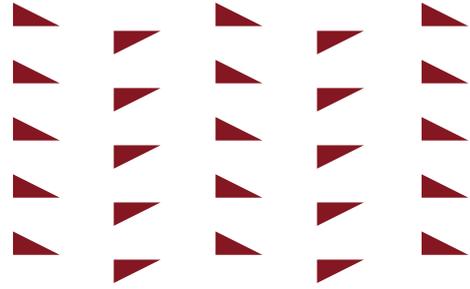
Gruppo 4 (pgg2)

Johannes Kepler è stato un astronomo, astrologo, matematico, cosmologo, teorico musicale, filosofo della natura e teologo luterano tedesco, che scoprì empiricamente le omonime leggi che regolano il movimento dei pianeti. Professore di materie scientifiche in diverse università della Germania e dell'Austria e protetto dell'Imperatore Rodolfo II, Keplero fu un convinto sostenitore del sistema copernicano e contemporaneo di Galileo Galilei.

https://it.wikipedia.org/wiki/Giovanni_Keplero



Gruppo 5 (pm11)

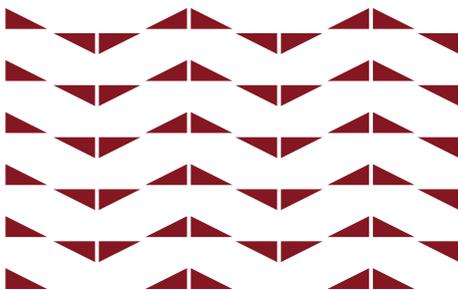


Gruppo 6 (pg11)

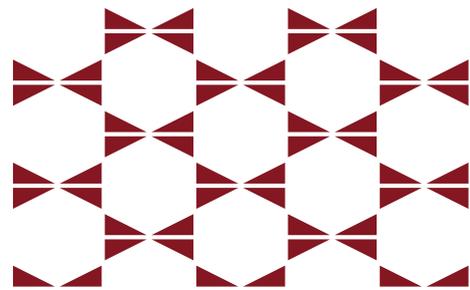
assemblare insieme quadrati, esagoni e triangoli equilateri in modelli di "piastrellatura".

Ci sono precisamente 17 gruppi bidimensionali, molti dei quali sono stati utilizzati negli schemi decorativi per pareti e pavimenti di varie culture fin dai tempi antichi. I cristalli sono fatti impilando gli atomi in tre dimensioni. In questo caso, ci sono 230 gruppi di simmetria (chiamati gruppi spaziali): 230 modi diversi di disporre gli oggetti nello spazio 3-D. Tutti i cristalli devono appartenere a uno di questi gruppi, altrimenti non potrebbero essere veri cristalli,

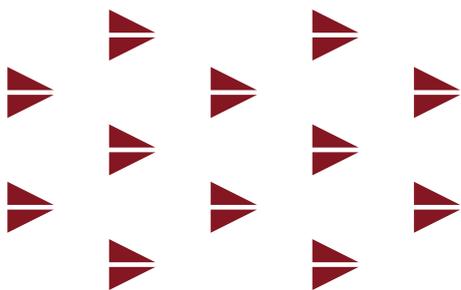
perché non sarebbero fatti di elementi la cui disposizione si ripete ancora e ancora. I più semplici cristalli, come i metalli, sono fatti di atomi identici. Dal momento che tutti gli atomi sono delle stesse dimensioni, possono essere imballati in modo efficiente in matrici esagonali, come le pile di palle di cannone notato da Keplero. Questo è il modo più denso possibile per impilare le sfere e si chiama chiusura ravvicinata esagonale. Esso ha solo circa il 25% di spazio vuoto tra le sfere. Alcuni metalli, come ferro, cromo, e tungsteno, invece, adottano un cosiddetto "reticolo cubico", in cui



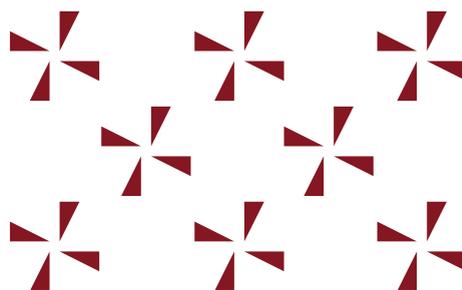
Gruppo 7 (p2gm)



Gruppo 8 (c2mm)



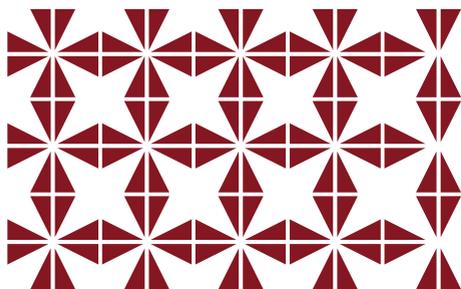
Gruppo 9 (cm11)



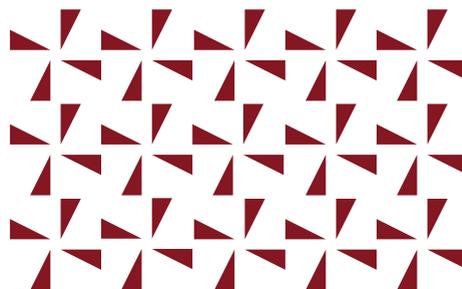
Gruppo 10 (p4gm)

L'unità ripetitiva consiste di otto atomi agli angoli di un cubo e uno nel mezzo. Questo ha il 32% di spazio vuoto. Nei diamanti, gli atomi di carbonio sono impacchettati in schemi ripetitivi di otto atomi, di nuovo con una forma cubica, che però lascia fino al 66% di spazio vuoto. Per cristalli contenenti diversi tipi di atomi, nella scala atomica le strutture possono diventare piuttosto complicate, ma i pattern formati devono ancora corrispondere a uno dei 230 gruppi spaziali. L'interferenza tra i raggi X e le matrici regolari di atomi permettono di dedurre la posizione

degli atomi. Questa tecnica, chiamata **cristallografia** a raggi X, era usata all'inizio del XX secolo per dedurre le strutture cristalline di minerali semplici, ma dà verso la metà del secolo cominciò a rivelare il strutture atomiche di molecole biologiche complesse come le proteine, permettendo agli scienziati di capire come funziona la vita su scala molecolare. Nel 1953 la cristallografia a raggi X fu usata per studiare i cristalli formati dal DNA, e quindi per dimostrare che questa bio-molecola vitale ha la sua famosa struttura a doppia elica.



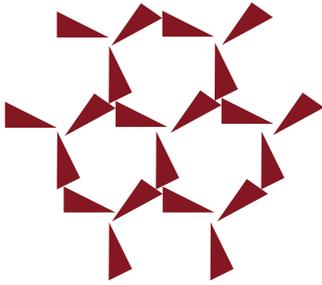
Gruppo 11 (p4mm)



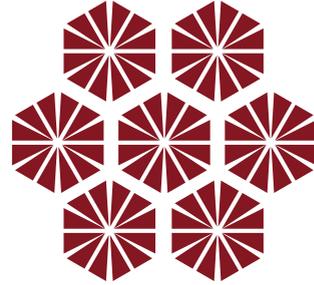
Gruppo 12 (p4)

cristallografia s. f. [comp. di cristallo e -grafia]. – Scienza, il cui svolgimento storico è direttamente collegato a quello della mineralogia, che ha per oggetto lo studio della materia allo stato cristallino, sia nelle sue forme esterne e proprietà geometriche (c. morfologica), sia nelle sue proprietà fisiche e chimiche (c. fisica, c. chimica), sia, infine, nella sua struttura intima (c. strutturale).

<http://www.treccani.it/vocabolario/cristallografia/>



Gruppo 13 (p3)

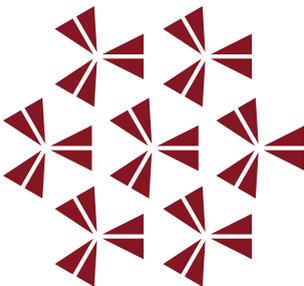


Gruppo 14 (p6mm)

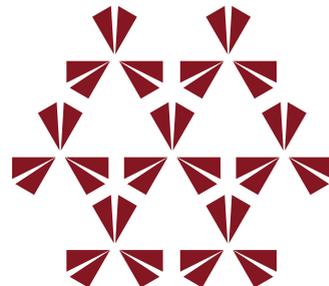
Quando un cristallo si scioglie in un liquido, perde il suo ordine su scala atomica; non c'è più alcuna matrice che si ripete regolarmente. Tuttavia, alcune sostanze possono fondersi in una direzione pur restando ordinate in altre. Questi sono cristalli liquidi.

La legge della piastrellatura e come romperla. Gli schemi dei reticoli cristallini sono governati da rigide regole geometriche che "vietano" certi tipi di simmetria. Per i 17 modelli di piastrellatura bidimensionale, ad esempio, le tessere possono avere la stessa simmetria di quadrati, rettangoli, esagoni, rombi o triangoli.

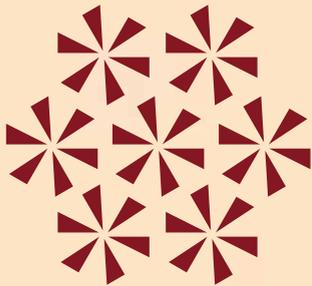
È possibile ruotare il motivo simmetricamente di mezzo giro completo (per tessere romboidali o rettangolari), o un quarto, un terzo o un sesto, ma non un quinto: non puoi affiancare perfettamente i pentagoni. Lo stesso è vero per tutte le tessere con più di sei volte simmetria (sette volte, otto volte e così via). Questo vale anche per gruppi spaziali 3-D: non si può creare un ordine quadro in tre dimensioni da unità con una perfetta simmetria, è questione di geometria di base. Sono però stati individuati dei metalli che rompono questa simmetria. Nel 1984, è stata scoperta una lega di



Gruppo 15 (p31m)



Gruppo 16 (p3m1)



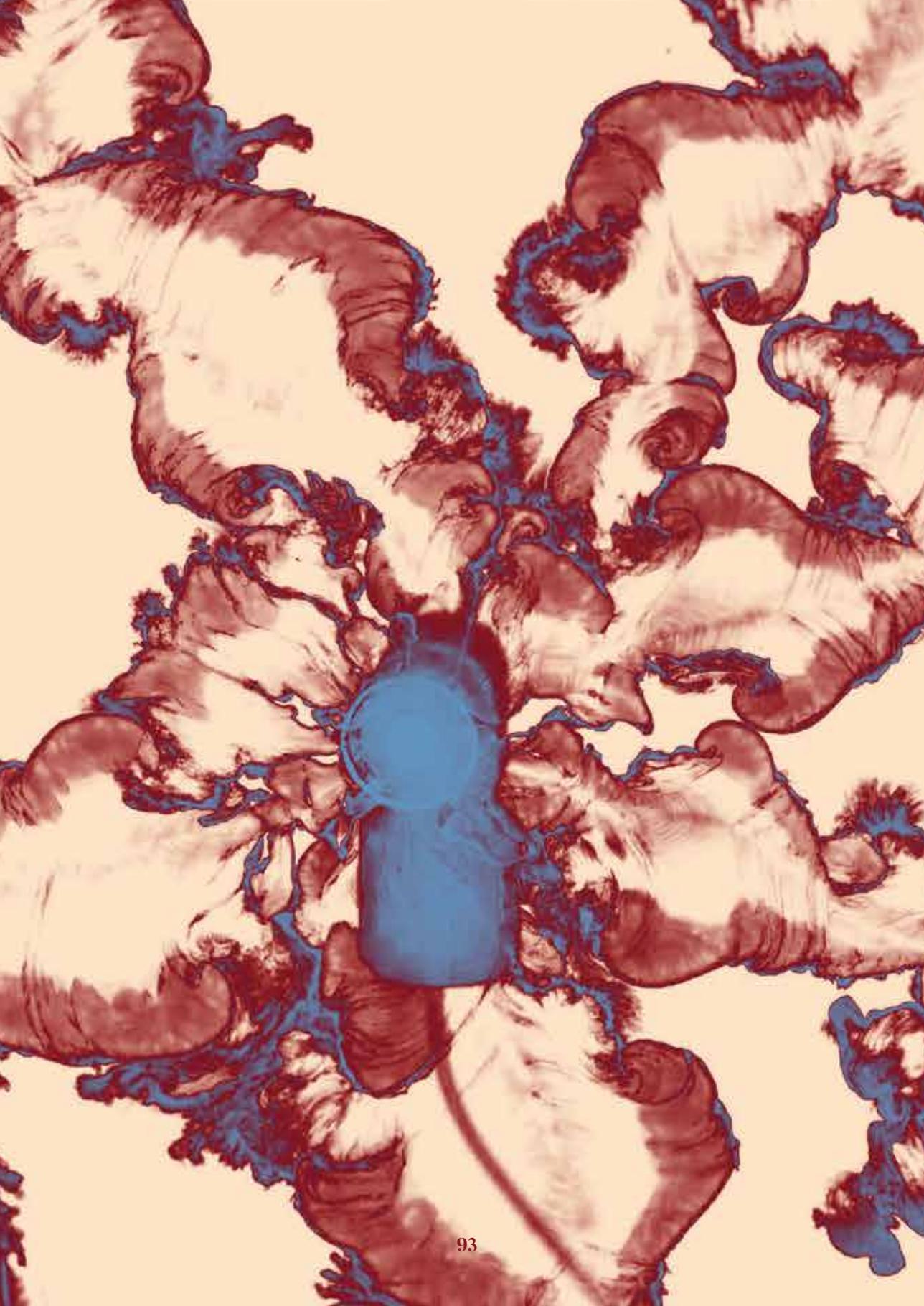
Gruppo 17 (p6)

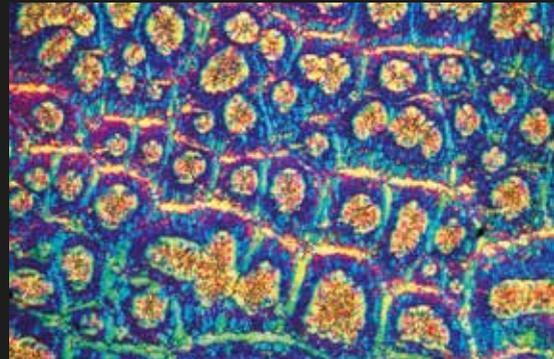
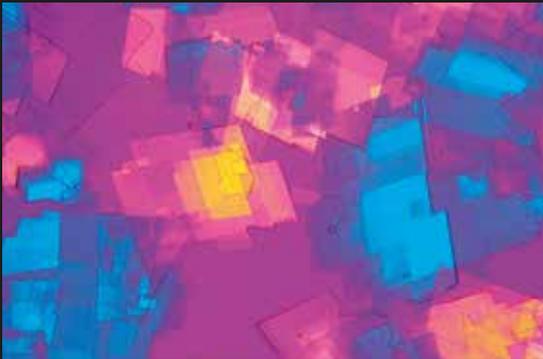
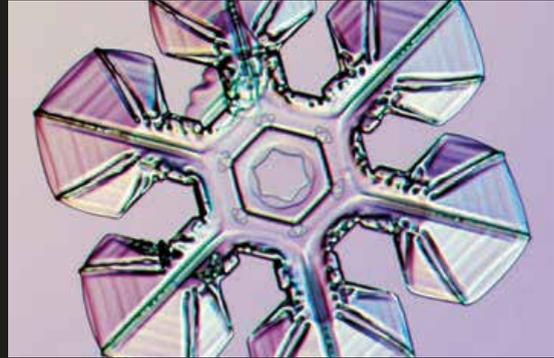
alluminio e il manganese di metallo che, secondo la cristallografia ha una simmetria decima: i raggi X rimbalzando su questo materiale producono anelli di dieci punti equidistanti. Questo materiale è stato il primo cosiddetto "Quasicristallo". Nel decennio successivo o così, gli scienziati hanno capito che è possibile organizzare atomi in modelli con cinque parti (e otto volte, simmetria di dieci volte e dodici volte) che non si ripetono esattamente, come per i comuni cristalli. Nonostante questa mancanza di perfetta regolarità e ordine, il modello è abbastanza

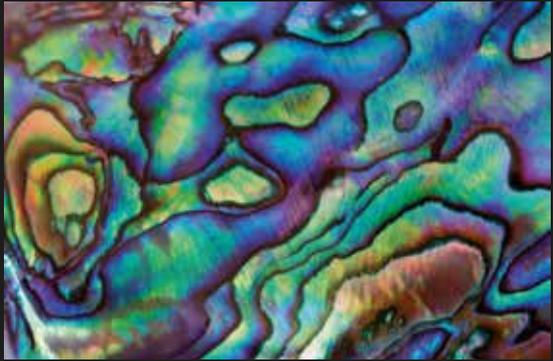
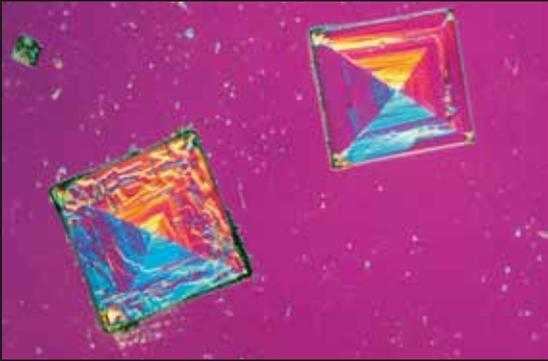
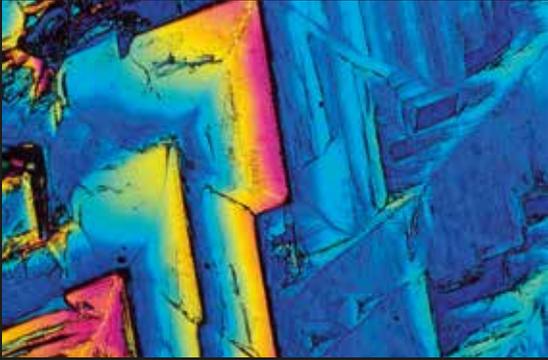
ordinato da produrre punti luminosi nei raggi X riflessi. Tali modelli, che sembrano piegare le regole di geometria, erano già noti agli artisti islamici centinaia di anni fa, i quali li riprodussero nelle complesse tassellazioni dei mosaici.

quasicristallo (o quasi-cristallo) Struttura con caratteristiche intermedie tra quelle di un cristallo e quelle di un solido amorfo, ma più vicine a quelle del cristallo. Il primo q. fu scoperto nel 1984 da D. Shechtman e collaboratori esaminando mediante la diffrazione elettronica una lega Al-Mn (ottenuta per raffreddamento ultrarapido dello stato fuso), nella quale era riscontrabile una simmetria corrispondente a quella di un icosaedro (cioè con assi di simmetria quinquaria). Numerose strutture analoghe sono state in seguito individuate in leghe di diversa composizione, binarie e ternarie.

<http://www.treccani.it/enciclopedia/quasicristallo>







_02.3 superfici minime

Un numero crescente di designer e architetti è consapevole del fatto che la conoscenza della forma è un aspetto molto importante nella progettazione delle strutture.

Il motivo principale per l'applicazione di superfici minime in architettura risiede nella definizione.

In geometria differenziale, si definisce superficie minima una superficie che ha curvatura media uguale a zero in ogni punto.

La teoria delle superfici minime è strettamente correlata ai problemi di area minima: date una o più curve chiuse nello spazio, trovare, tra tutte le superfici aventi le curve date come bordo, quella che ha area minima.

La superficie soluzione del problema, oltre a minimizzare l'area, avrà anche curvatura media nulla ovunque, quindi sarà una superficie minima. In natura esempi di superfici minime si possono ottenere immergendo nell'acqua saponata un telaio di ferro di una qualunque forma chiusa: all'estrazione del telaio, la lamina di sapone che rimane attaccata ad esso rappresenta una superficie che ha curvatura media nulla ovunque. Numerosi sono i progettisti che partendo da queste proprietà hanno realizzato opere volte alla ricerca di una forma innovativa e dell'optimum strutturale.

Frei Otto



Frei Otto è considerato un pioniere della costruzione leggera. Nel suo lavoro, Otto si è concentrato sulla luce, sulle costruzioni naturali e sulla ricerca di processi di ricerca di forme e di formazione organica al fine di creare un'architettura leggera, mobile e adattabile. Era particolarmente interessato a comprendere la natura e costruire con gli elementi disponibili: terra, acqua, aria. Le sue idee di fama internazionale, che sono state adottate e implementate in tutto il

mondo, si basano sullo sviluppo di membrane, reti a fune, tetti a scomparsa, tende, archi, coperture a griglia, pneumatica e ramificazione.

Tra le sue opere più importanti ci sono le strutture dello Stadio Olimpico di Monaco, il Multihalle di Mannheim e il Padiglione tedesco all'Expo di Montreal nel 1967.



Deutscher Pavillon in Montreal, 1967

Tensostruttura



Sergio Musmeci



Come può il progettista avvicinarsi a quanto la natura fa di meglio? È l'interrogativo al quale Musmeci cerca di rispondere.

Semplice: evitandogli di inventare le forme, invertendo il processo di calcolo. Gli ingegneri, prima di Musmeci, partivano da una forma che costituiva il dato di partenza da verificare. Data questa, le incognite da calcolare sarebbero state le tensioni. Se le tensioni trovate fossero state ritenute accettabili, la forma lo

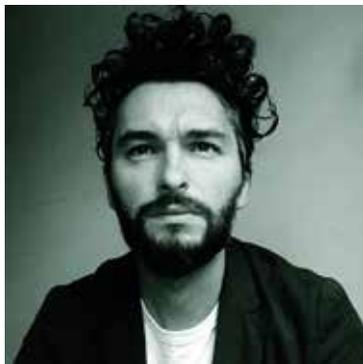
sarebbe stata, viceversa la si sarebbe dovuta dimensionare in modo diverso o cambiarla con un'altra più efficiente. Musmeci inverte il processo. A essere imposte sono le tensioni, mentre la forma diventa la incognita da ricavare. Esattamente come opera la Natura, che difatti tende al minimo strutturale e cioè alla efficienza. Il minimo di materia, quindi, non è un esercizio di pura eleganza, ma è assumersi la responsabilità di perseguire il disegno del cosmo.



Viadotto dell'industria sul fiume Basento, Potenza (1967-1976)

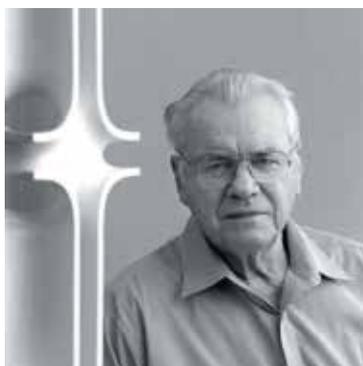


Vlad Tenu



Vlad Tenu è un architetto/designer con sede a Londra. La sua continua ricerca si concentra sull'integrazione del calcolo, della scienza e della tecnologia nel processo di progettazione, coinvolgendo metodi di calcolo generativi, tecniche di fabbricazione digitale e progettazione interattiva.

Erwin Hauer



Erwin Hauer (18 gennaio 1926, Vienna, Austria - 22 dicembre 2017, Branford, Connecticut) era uno scultore americano. Fu uno dei primi sostenitori del costruttivismo modulare ed era particolarmente noto per i suoi pezzi minimalisti e ripetitivi.

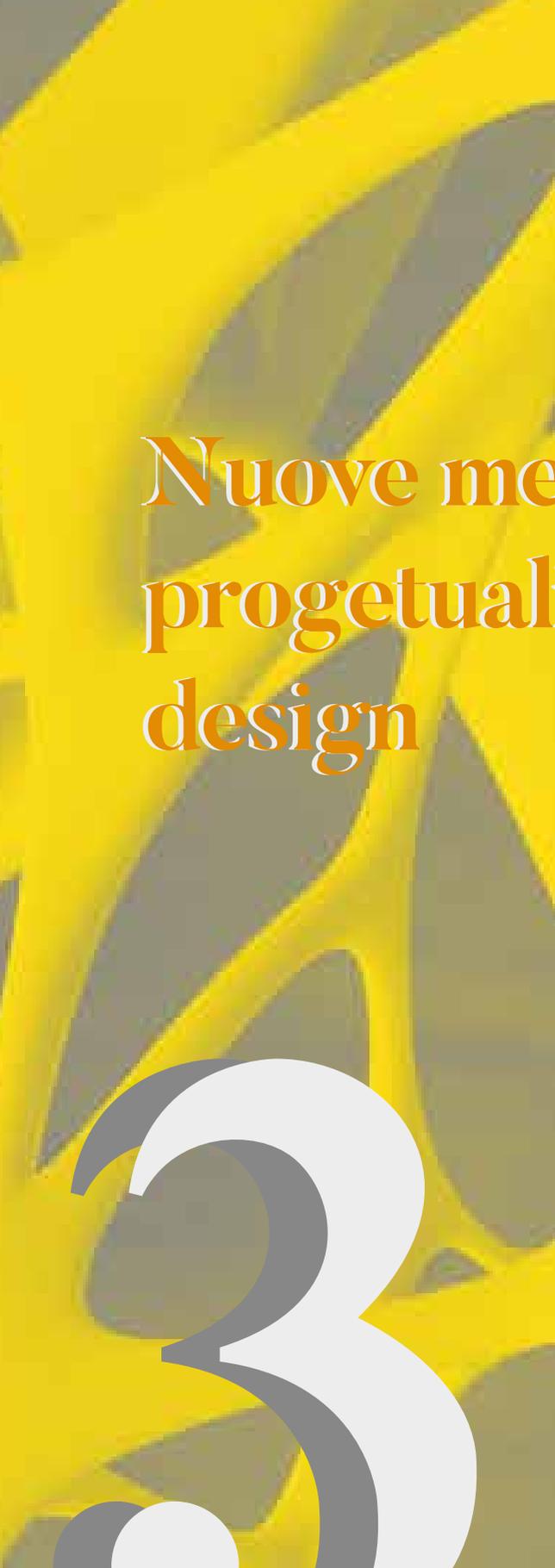


Mini-Plex_Workshop per giovani studenti sulla creazione modulare

Parete divisoria modulare le cui forme sono ispirate da superfici tripliche periodiche minime



03.01 Nuove metodologie progettuali per il design	106
03.02 Modellazione parametrica generativa	108
Potenzialità e limiti	
Grasshopper	
Altair 3D	
03.03 Processi di prototipazione rapida	116



_03

Nuove metodologie progettuali per il design

In questo capitolo della tesi si affrontano le nuove metodologie progettuali per il design, come strumenti di evoluzione del progetto: software di modellazione parametrica generativa e nuovi processi di produzione rapida.



Il ruolo del designer è in costante evoluzione. Negli ultimi anni si sono diffuse tecnologie di prototipazione e produzione sempre più accessibili, grazie molto spesso alla filosofia di condivisione che li accompagna.

Come molte altre volte in passato siamo agli albori di una trasformazione non solo della progettazione in sé, ma anche delle conseguenze sociali e culturali che questa ha.

Poco alla volta sia la progettazione che la produzione cambiano faccia, diventando agili, flessibili, personalizzate e collaborative.

I limiti della progettazione si sono ulteriormente ampliati con l'introduzione di software che permettono al progettista di indagare e gestire complessità prima inimmaginabili, ampliando il bacino di possibili soluzioni ad un problema posto.

Questo nuovo modo di progettare, porta alla generazione di prodotti nuovi, dalle geometrie complesse che prima difficilmente potevano essere ideate causa la limitazione degli strumenti. Come conseguenza della nascita di queste nuove esigenze progettuali, cambia anche il modo di

produrre questi prodotti. Le tecniche di produzione classica industriale non possono più essere utilizzate in quanto limitati. Questa esigenza ha portato alla nascita dei processi di prototipazione rapida, o stampa 3D.

/fo•rm/
/fi•ndi•ng/

Approccio alla progettazione
che indaga strutture nuove
e ottimizzate ricavate da complesse
relazioni tra materiali, forma e strutture.

_03.2

modellazione parametrica generativa

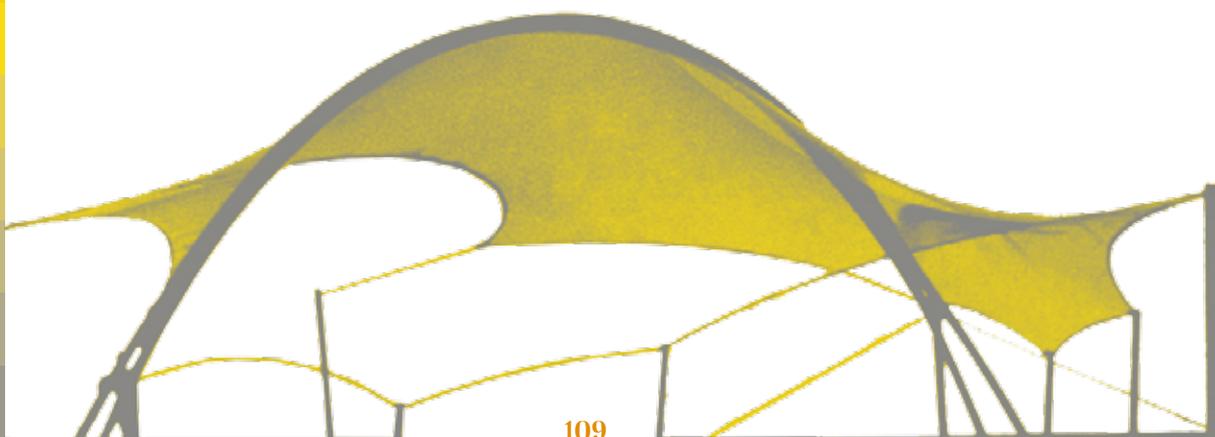
Proprio come si sono evoluti metodi di rappresentazione nel corso della storia, anche nel campo della progettazione sono emersi nuovi stili. Il designer sta attraversando una fase di passaggio, di evoluzione dei suoi strumenti. Nel caso del disegno, con l'avvento del digitale i limiti della progettazione si sono ulteriormente ampliati. Questo passaggio, non è stato netto, ma appunto un'evoluzione partita dalle tecniche e approcci del disegno tradizionale. Il disegno tradizionale, il cui approccio è definito FORM-MAKING è basato sulla sovrapposizione di segni indipendenti

su carta, i quali non hanno nessuna relazione associativa tra di loro.

Questa logica additiva implica due grandi limiti:

_ impossibilità di creare interrelazioni tra le parti progettuali limitando quindi il processo creativo

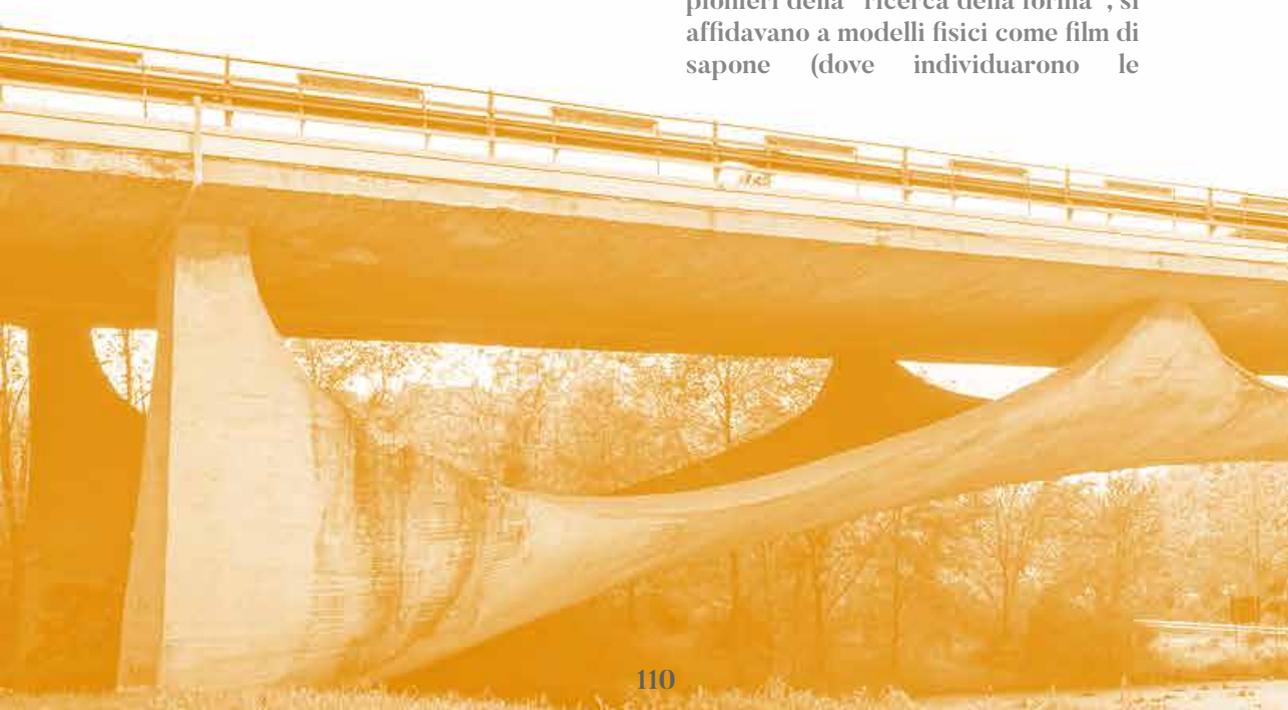
_ esclusione totale di aspetti fisicamente rilevanti che guidano la generazione di forme nel mondo reale. (Ad esempio non posso gestire forze come la gravità e vincoli che influenzano e limitano le deformazioni e gli spostamenti.



Questi limiti li ritroviamo ovviamente nella progettazione in quanto i progettisti sono costretti a reiterare sistemi definiti piuttosto che innovativi.

Queste barriere vennero superate inizialmente dall'introduzione dei software CAD nei computer. L'approccio di base è lo stesso del disegno tradizionale, ossia l'aggiunta di segni digitali, primitive geometriche su uno spazio digitale.

Nel XIX secolo inizia a farsi strada un nuovo approccio, FORM-FINDING, che mirava ad indagare strutture nuove e ottimizzate ricavate da complesse relazioni tra materiali, forma e strutture. Pionieri di questo campo sono stati Gaudi (1852-1926), Isler (1926-2009), Otto (1925-) e Musmeci (1926-1981) i quali hanno indagati processi di autoformazioni di strutture in natura come fonte di ispirazione. Per questo motivo i pionieri della "ricerca della forma", si affidavano a modelli fisici come film di sapone (dove individuarono le



superfici minime), tessuti sospesi ecc... Indagavano le forme fisiche attraverso modelli reali dimostrando come forze dinamiche plasmano forme e strutture auto-ottimizzate. Questo era un approccio mono-parametrico in quanto basato sulla sola forza di gravità, ma ha segnato la direzione verso la ricerca di forme multiparametriche. Il termine Architettura Parametrica venne coniato dall'architetto italiano Luigi Moretti nel 1939. Moretti intuì subito la potenzialità del computer applicata alla progettazione. La prima applicazione per il design che utilizzava il computer fu Sketchpad il

quale testava l'interazione uomo-computer e ha permesso ai progettisti di disegnare primitive di base come: punti, linee e archi, usando una penna luminosa per l'input. Il salto successivo si ebbe con PRO/ENGINEER il quale permetteva di relazionare componenti del disegno in un sistema appunto parametrico. L'ultimo gap si è avuto con l'introduzione della programmazione nella modellazione. Questo tipo di modellazione si basa su linguaggi che esprimono istruzioni che la macchina deve eseguire passo dopo passo; in altre parole l'algoritmo.



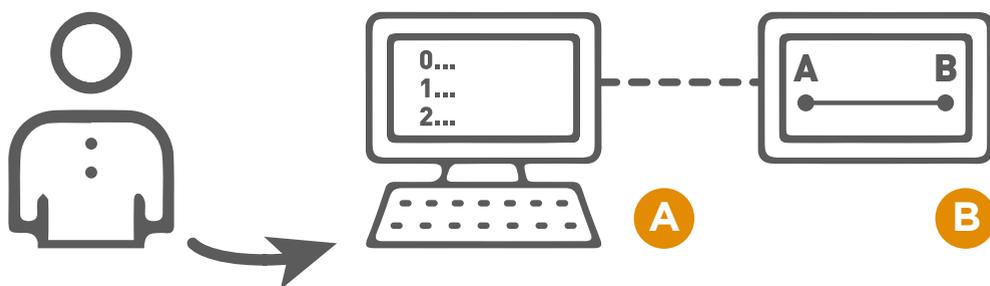
L'algoritmo è una procedura utilizzata per restituire una soluzione a una domanda attraverso un elenco limitato di istruzioni ben definite; la suddivisione di un problema in una serie di semplici passaggi che possono essere facilmente calcolati.



Le proprietà di un algoritmo sono:

- Un algoritmo è un insieme non ambiguo di istruzioni correttamente definite.
- Un algoritmo prevede un set definito di input
- Un algoritmo genera un output ben definito
- Un algoritmo può generare messaggi di errore e avvisi all'interno dell'editor specifico.

Se i calcoli dell'algoritmo vengono eseguiti dal computer, le istruzioni di quest'ultimo, sono digitate da un utente attraverso un editor specifico. Un tale approccio, solitamente chiamato scripting, è completamente nuovo per i designer.



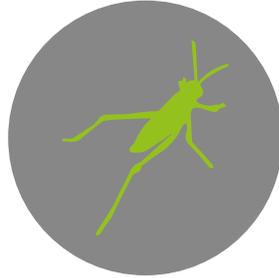
Lo scripting consiste di due ambienti di lavoro:

- l'editor (A)
- l'ambiente di modellazione 3D (B)

Inoltre produce due uscite:

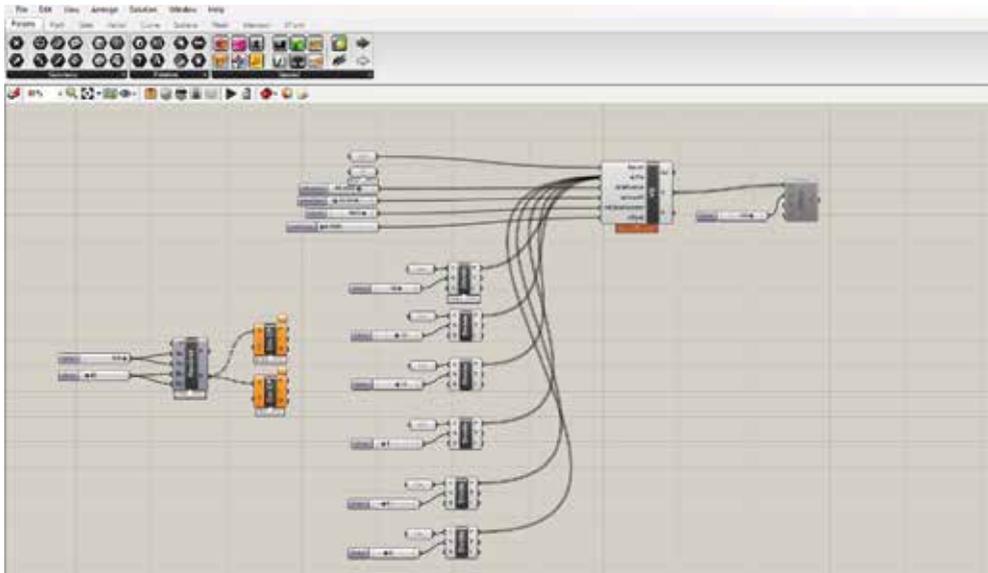
- l'algoritmo;
- l'output dell'algoritmo, costituito da una geometria associativa 3D o 2D.

L'output finale non è un "segnale digitale" ma può essere considerato un modello digitale interattivo che risponde alle variazioni dell'input adattando l'intero sistema. **La progettazione algoritmica consente agli utenti di progettare un processo piuttosto che semplicemente un singolo oggetto.**



Grasshopper

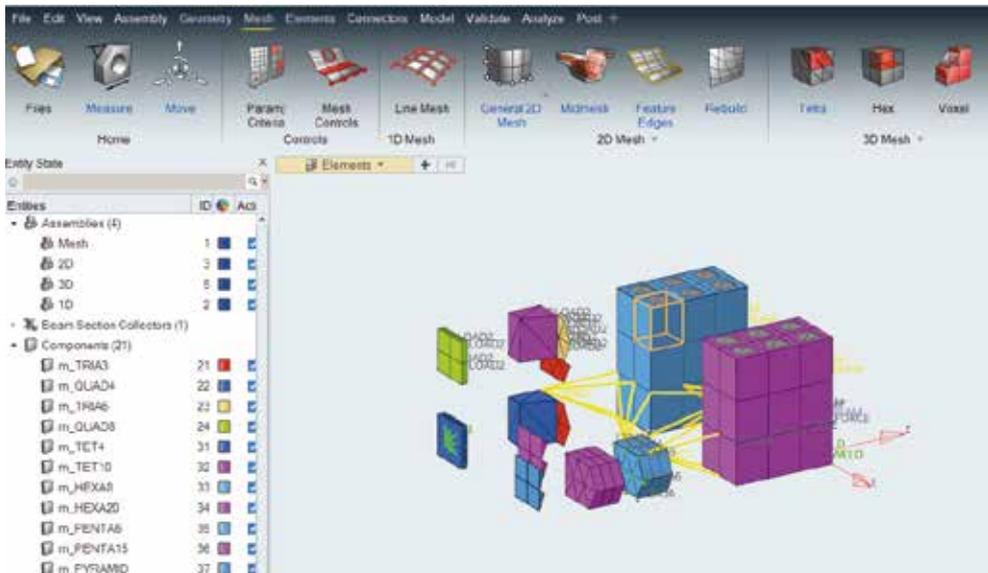
Grasshopper è un editor di programmazione visiva sviluppato da David Rutten presso Robert McNeel & Associates. Come plug-in per Rhino3D, Grasshopper è integrato con l'ambiente di modellazione robusto e versatile utilizzato dai professionisti creativi in una vasta gamma di settori, tra cui architettura, ingegneria, progettazione del prodotto e altro ancora. In tandem, Grasshopper e Rhino ci offrono l'opportunità di definire un controllo parametrico preciso sui modelli, la capacità di esplorare i flussi di lavoro di progettazione generativa e una piattaforma per sviluppare logiche di programmazione di livello superiore, il tutto all'interno di un'interfaccia grafica intuitiva.





Altair HyperWorks

Altair HyperWorks offre soluzioni per tutti i progettisti, dalla progettazione di sistemi basati su modelli, all'ideazione della geometria generativa, fino alla simulazione e all'ottimizzazione dettagliata dei multifisici. HyperWorks consente la progettazione guidata dalla simulazione, con le soluzioni di progettazione basate sulla fisica per fornire soluzioni complesse.



_03.3

processi di modellazione rapida

La stampa 3D è un processo produttivo industriale, chiamato anche manifattura additiva, in cui un oggetto viene realizzato aggiungendo strato su strato di materiale, seguendo le istruzioni di un modello digitale.

La produzione di oggetti solidi tridimensionali può avvenire sia attraverso tecniche “sottrattive” sia “additive”. Nella manifattura i metodi sottrattivi sono etichettati come “tradizionali”. Con la produzione sottrattiva gli oggetti si ottengono tagliando o scavando il materiale da una forma più grande. Le tecnologie più diffuse di questo tipo sono le frese

a controllo numerico e il laser cutter. La produzione additiva invece, prevede di creare un oggetto attraverso la sovrapposizione di strati multipli e sottili di materiale.

Le tecniche additive esistenti differiscono secondo il modo in cui gli strati sono depositati e del materiale che può essere usato.

I vantaggi principali della produzione additiva sono:

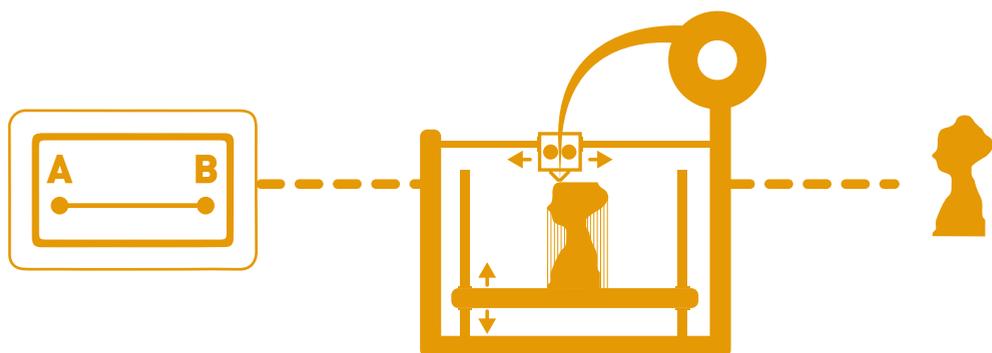
1. è possibile realizzare forme veramente complesse e dettagliate senza l'ausilio di stampi o attrezzature

(con la produzione sottrattiva non è possibile);

2. lo scarto del materiale è minimo, vi è minore spreco e i costi sono inferiori;

3. i materiali che possono essere usati sono moltissimi: dal metallo alla ceramica, alla plastica e alla sabbia;

4. la produzione additiva è principalmente utilizzata nella prototipazione rapida per produrre modelli e avere un'idea realistica dell'oggetto che si sta progettando prima della sua produzione in serie.





- Superamento dei classici metodi di produzione



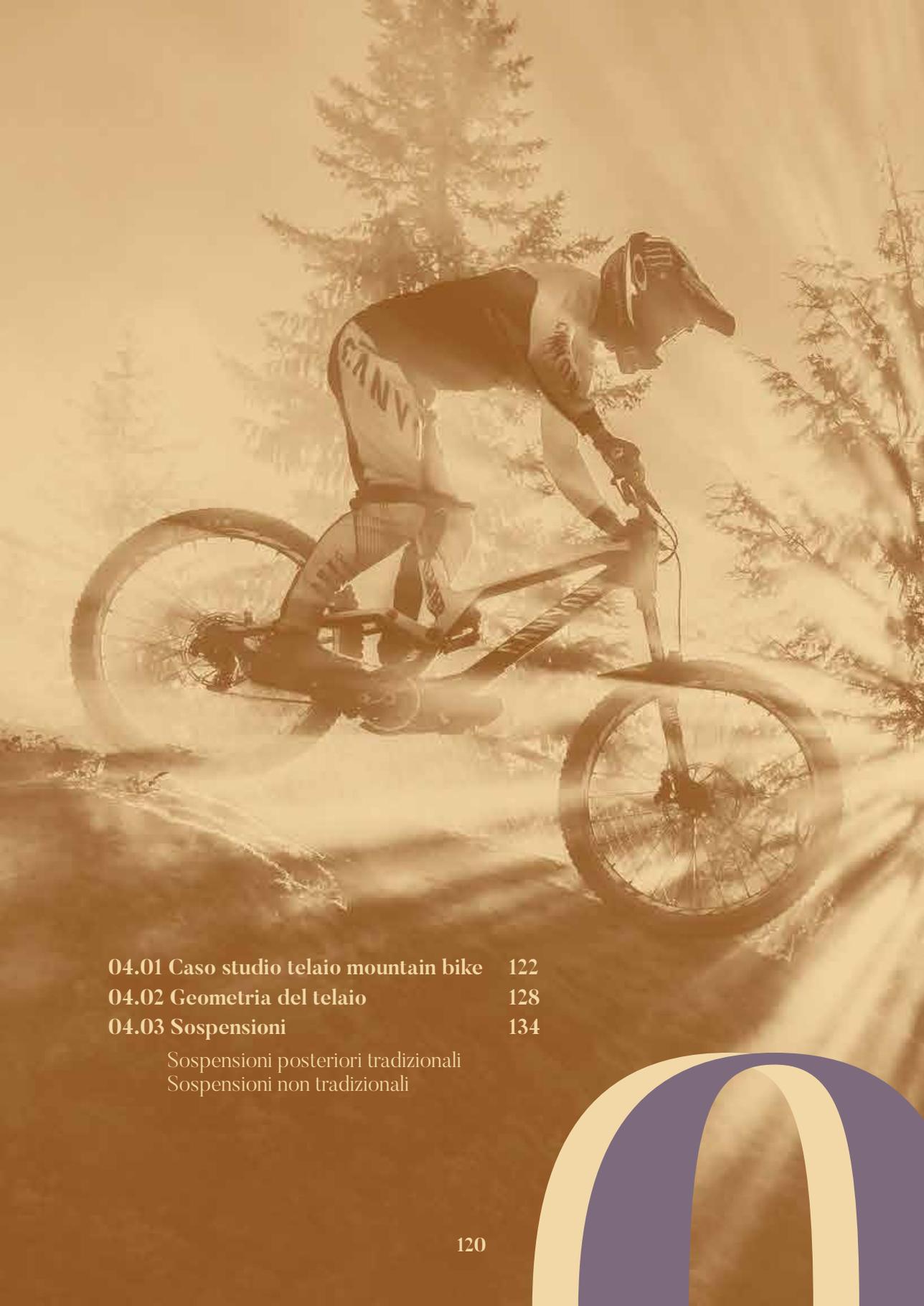
- Possibilità di prototipare forme altrimenti non realizzabili



- Quasi totale assenza di scarti di produzione



- Assenza di stampi



04.01 Caso studio telaio mountain bike	122
04.02 Geometria del telaio	128
04.03 Sospensioni	134

Sospensioni posteriori tradizionali
Sospensioni non tradizionali



_04

Caso studio: telaio mountain bike

L'obiettivo del seguente capitolo è esaminare il campo di intervento, che si evidenzia nel mondo delle Mountain Bike. Verranno illustrate le diverse tipologie di MTB soffermandosi principalmente sulle caratteristiche degli ammortizzatori posteriori, analizzandone il meccanismo di funzionamento.



La scelta di focalizzare le riflessioni presentate nei capitoli precedenti, ricade sul telaio di una bicicletta in quanto è un prodotto che racchiude diverse esigenze prestazionali. Nello specifico, la categoria di biciclette scelte per la sperimentazione, è la tipologia di Mountain Bike (MTB). La mountain bike è una bicicletta strutturata in maniera da potersi muovere anche fuori da strade asfaltate, sia in salita che in discesa. Generalmente si distingue da altri tipi di biciclette, grazie alle sospensioni (quasi sempre ammortizzate).

È proprio per questo ruolo fondamentale ricoperto dall'elemento ammortizzante che si è scelto di analizzare questa categoria.

La mountain bike monta gomme molto più larghe e tassellate rispetto a una bicicletta da corsa. Esistono vari materiali di cui è composto il telaio di una mountain bike ad esempio alluminio, carbonio, ferro ecc. La differenza consiste nel peso altra caratteristica fondamentale per aumentare le prestazioni del mezzo e facilitarne il controllo da parte dell'utente. Esistono vari tipi di mezzi in base ai sentieri che si vogliono

percorrere e all'uso generale che se ne vuol fare. In generale, una "front" è una bicicletta che in genere monta solo la forcella ammortizzata, mentre una bicicletta che monta oltre alla forcella anche un mono ammortizzatore posteriore è detta "full" (generalmente utilizzata in categorie come downhill e enduro). Esiste una eccezione per le mountain bike che non sempre possiedono sospensioni e sono dette fatbike: esse montano un tipo di copertone molto ampio perché questa bicicletta è spesso utilizzata in terreni estremi (neve, sabbia ecc.) dove una semplice mountain bike limiterebbe l'accesso.

/mo•un•ta•in/

/bi•ke/

Bicicletta con telaio resistente, rapporti molto bassi e grossi pneumatici tacchettati, concepita per pedalare su percorsi fuoristrada o per affrontare pendenze particolarmente ripide

“ Finchè uomini e donne
ad avere le gambe
esistere le

David Hertlihy, storico di Harvard, autore di un monumentale volume sulla storia delle due ruote a pedali.
https://www.nonsprecare.it/la-difficile-vita-delle-bici-nelle-citta-italiane?refresh_cens



onne continueranno
e, continueranno a
biciclette.”

David Hertlihy



Rigide



Front Suspendend



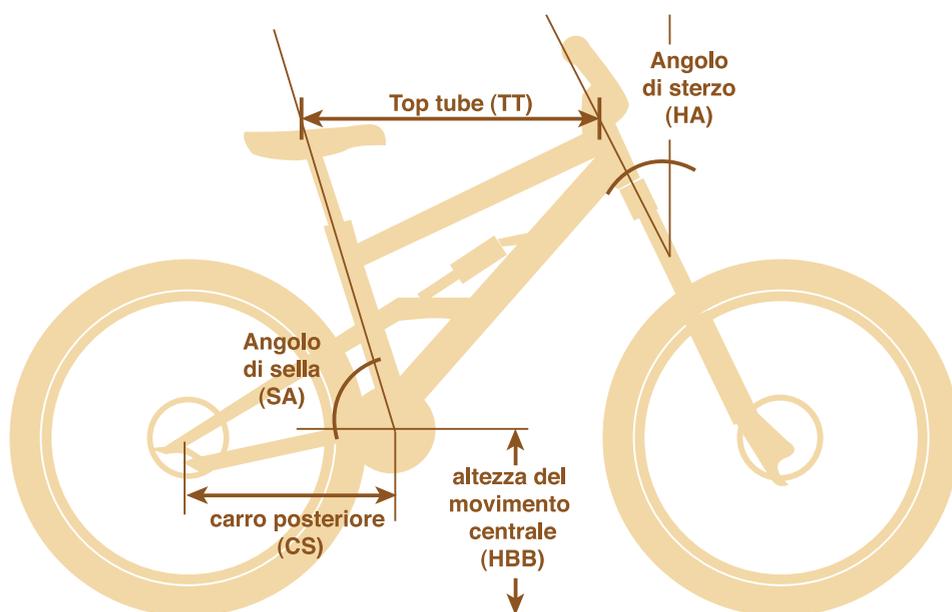
Full Suspendend



_04.2 geometria del telaio

Di seguito le 6 misure del telaio che hanno la maggiore influenza sul comportamento della bicicletta da Mountain Bike.

- Interasse (Passo)
- Lunghezza del top tube (TT)
- Angolo di sterzo (HA)
- Angolo di sella
- Lunghezza del carro posteriore (CS)
- Altezza del movimento centrale (HBB)



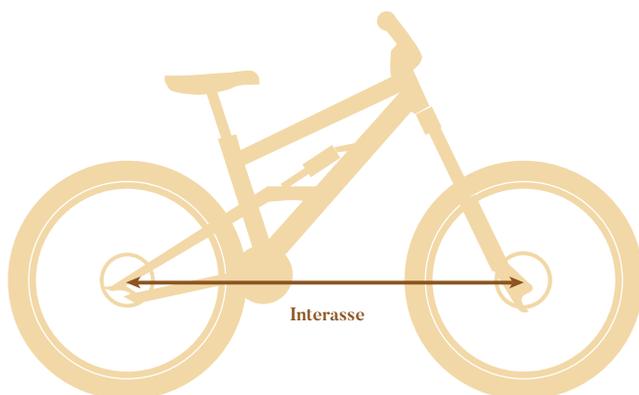
L'Interasse

L'interasse è definito come la distanza fra il centro (asse) della ruota anteriore e il centro della ruota posteriore. Più questo è lungo più rende la bicicletta stabile. Mentre interasse più corto rende la bicicletta più maneggevole.

L'interasse più lungo è uno dei modi principali per ottenere il centro di gravità del sistema bicicletta; in questo modo il rider avrà una posizione più centrale e di conseguenza una maggiore aderenza di entrambe le ruote sul terreno, ovvero meno

possibilità di ribaltamento.

Il passo varia a seconda della lunghezza del tubo orizzontale, dall'angolo di sterzo, dalla lunghezza del carro e dal diametro delle ruote. Infatti aumentando il diametro delle ruote aumenta la lunghezza del carro il quale determina necessariamente un aumento del passo.



Top Tube

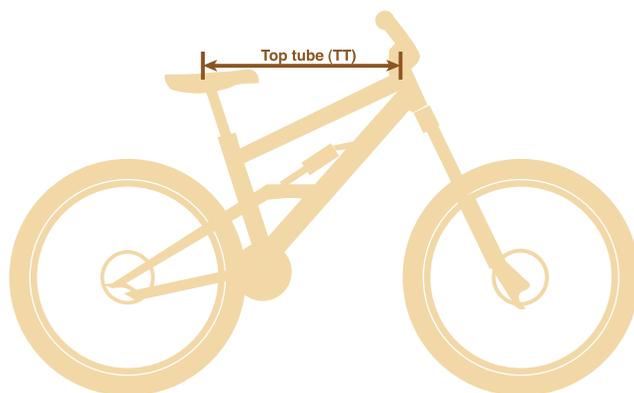
A parità di taglia la distanza sella-manubrio della bici, varia in base alla disciplina, più lunghe per cross-country e più corte per enduro o DH.

Il top-tube (ossia la distanza sella-manubrio) è l'elemento che va a definire la posizione del ciclista: nelle fasi di discesa sulla mountain bike il rider avrà una posizione eretta, notevolmente diversa da quella assunta durante la pedala in piano.

Ovviamente questa misura incide anche la distribuzione dei pesi che con top tube lungo potranno essere più centrali sia in salita che in discesa.

Riassumendo, un top tube più lungo comporta ad una bicicletta maggiore stabilità e una postura del rider più centrale, avendo meno bisogno di fuorisella e spostamenti di carico repentini.

Un top tube più corto invece comporta ad una bicicletta più maneggevolezza, richiedendo una guida più attiva e più mobile al fine di regolare il baricentro.

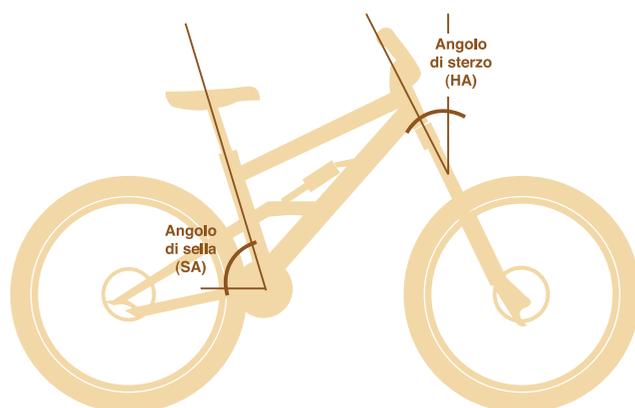


Angolo di sterzo

Sulle bici da discesa vi sono angoli molto aperti rispetto ad altre discipline perché risulta che un angolo più disteso fornisca maggiore stabilità e assorbimento delle asperità. Per il DH sono diffusi angoli nel range di 63° - 65° . L'introduzione di nuovi standard di ruote ha rivoluzionato le quote in gioco. Al crescere del raggio della ruota dovrà diminuire l'angolo di sterzo. Un angolo di sterzo più chiuso invece comporta ad una maggiore maneggevolezza nelle zone strette e sul ripido ed è più vantaggioso in salita.

Angolo di sella

Un angolo sella più verticale permette una posizione del corpo più avanzata in pedalata. La bici risulterà quindi con una distribuzione dei pesi più votata alla salita. Chiudendo questo angolo la sella tende ad arretrare, permettendo così al corpo più libertà di movimento sulla bicicletta. Ci sarà quindi una distribuzione dei pesi più arretrata e maggiore mobilità sulla bici.



Carro posteriore

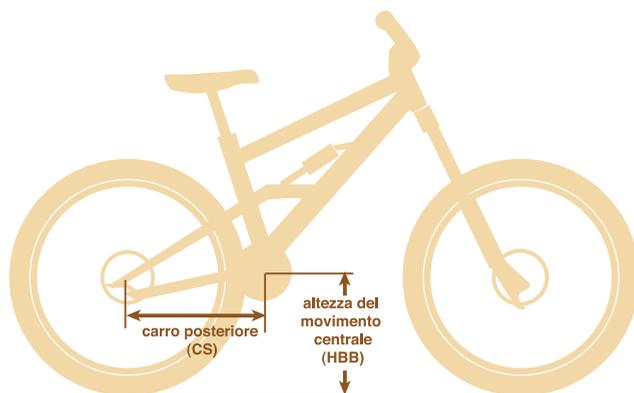
I carri delle biciclette biammortizzate si attestano intorno ai 430-450 mm (dal centro di movimento centrale al centro del perno della ruota posteriore). Un carro più lungo permette al baricentro di spostarsi più indietro senza che la bicicletta inizi ad alzare la ruota anteriore. Un carro corto permetterà invece un più facile cambio di direzione.

Spesso i carri delle bici di oggi sono modificabili in lunghezza tramite frollini o sistemi con boccole.

HBB

Questo parametro agisce fortemente sulla distribuzione dei pesi e in particolare sul baricentro del sistema bici-rider.

Un baricentro basso comporterà una stabilità e sensibilità maggiore rispetto al terreno, quindi permette una guida migliore e donerà allo stesso tempo stabilità e maneggevolezza; rimane però un problema: ossia la probabilità di toccare su rocce o radici o si strusciare per terra in caso di atterraggi violenti o grandi escursioni della bici.





Le sospensioni sono una parte indispensabile per le bicicletta da fuori strada, esse danno vita a questo tipo di sport. Allo stesso tempo però, in quanto sistemi complessi, causano diverse problematiche che devono essere prese in considerazione nella fase di progettazione.



_04.3 sospensioni



L'escursione alla ruota è la lunghezza che la ruota è in grado di coprire quando la sospensione arriva a fine corsa. Quanto più la ruota è in grado di muoversi verso l'alto, quanti più saranno i millimetri di escursione. Nel caso della sospensione posteriore, la ruota non è fissata direttamente all'ammortizzatore; tra di loro c'è un sistema di aste e bielle che moltiplica il movimento. Solitamente il movimento della ruota è maggiore rispetto a quello dell'ammortizzatore di 2-3,5 volte. Questo permette agli ammortizzatori di essere più piccoli e più leggeri.

Si distinguono quindi due parametri: l'escursione posteriore (misurata alla ruota) e la corsa dell'ammortizzatore. Facendo il rapporto tra il primo ed il secondo si ottiene il rapporto medio di compressione del carro, caratteristica importante per capire quanto è "stressato" l'ammortizzatore.

Risulta a questo punto piuttosto scontato che una sospensione con più corsa è in grado di assorbire meglio gli ostacoli. Non a caso le bici di questo tipo hanno escursioni anche al di sopra dei 200mm. Se per la discesa pura, avere anche 220mm comporta molti vantaggi, quando si pedala l'escursione gioca invece un ruolo negativo: durante la pedalata con una bicicletta biammortizzata ci sono alcuni fastidiosi fenomeni di dissipazione di energia quali il **bobbing e lo squat**; quando spingiamo sui pedali, una parte dell'energia che noi forniamo viene dissipata tramite movimenti indesiderati della sospensione che limitano l'efficienza della pedalata.

Vediamo allora che minore è l'escursione della sospensione, minori saranno i movimenti indesiderati e minore di conseguenza sarà l'energia dissipata.

• **Bobbing**: si tratta di un movimento oscillatorio a frequenza costante, causato dal movimento verticale delle gambe. La forza che applichiamo sui pedali non è infatti costante su tutta la circonferenza descritta dal pedale, ma ha dei picchi (quando il pedale è ad ore 3 e 9) e dei punti morti (quando il pedale è ad ore 6 e 12). Questa continua variazione della forza crea una "pulsazione" che mette in movimento le sospensioni causando dispersione di energia. Il bobbing esiste sia sulla forcella che sul carro posteriore.

www.mtb-mag.com/

• **Squat**: quando aumentiamo la nostra velocità, il nostro corpo è soggetto ad un "trasferimento di carico" verso il posteriore. Questo trasferimento di carico fa comprimere la sospensione posteriore con un fenomeno chiamato squat. La sospensione, comprimendosi, assorbe parte dell'energia che forniamo alla bicicletta, riducendo l'efficienza di pedalata. Lo squat è caratteristico del solo carro posteriore.

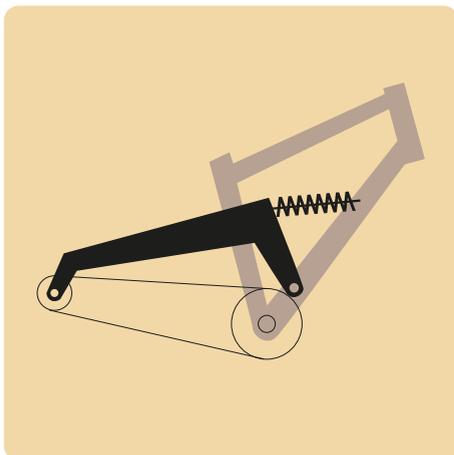
www.mtb-mag.com/

Sospensioni Tradizionali

Monoshock/ Monopivot

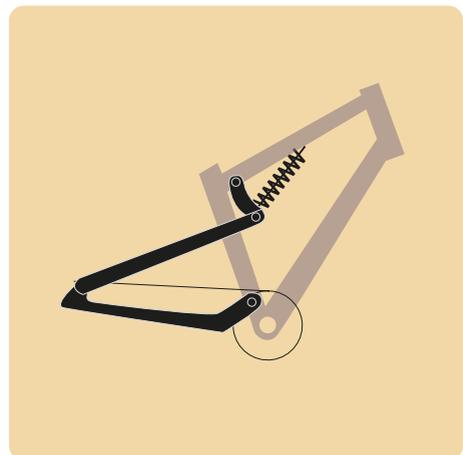
Il carro è collegato al telaio tramite un solo punto di articolazione. È uno schema semplice, affidabile, ed economico.

Per contro ha un livello di funzionalità non molto alto, in pratica pedalando, la sospensione tende ad oscillare con il movimento dei pedali, cosa che spreca energie del ciclista e riduce il comfort.



Quadrilatero Deformabile con Rocker Link

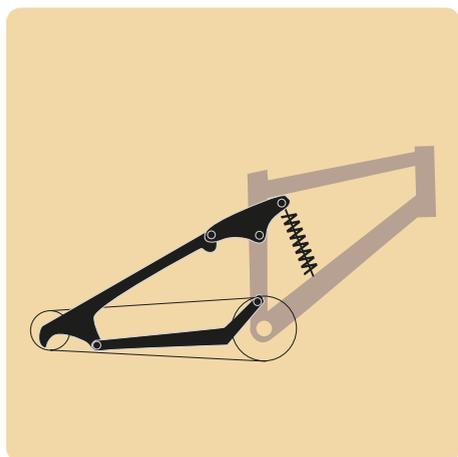
La sospensione è a forma di quadrilatero, con quattro punti di articolazione, di cui uno sui foderi in alto.



Quadrilatero con giunto Horst (FSR)

Evoluzione del quadrilatero deformabile, di cui riprende lo schema, ponendo però un punto di articolazione sui foderi bassi (anziché sugli obliqui). Rende la sospensione poco sensibile alla pedalata, cioè non crea ondeggiamenti della bici pedalando, cosa presente sul monoshock o sui quadrilateri deformabili.

Prende il nome dal suo ideatore, Horst Leitner. Il brevetto del “quadrilatero horst” è attualmente di proprietà della Specialized.



Floating Pivot Point (Vpp, DW Link e Maestro)

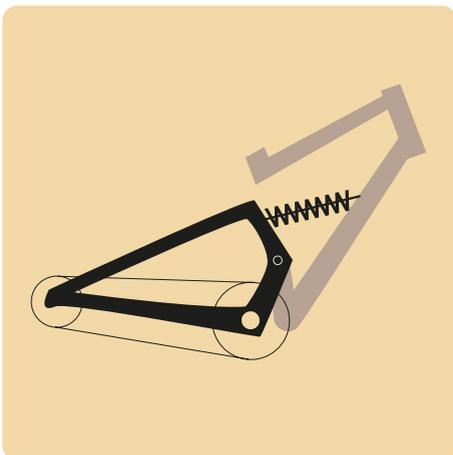
È una sospensione equiparabile ad un quadrilatero articolato, con l'infucro flottante collegato al carro posteriore e al triangolo principale tramite due link corti. Il carro posteriore in sostanza si muove intorno alla zona del perno principale, molto di più rispetto ad altri schemi, ognuno dei quali è saldamente vincolato al pivot su cui s'infucra.



U.r.t (Unified Rear Triangle)

È una sospensione in cui il movimento centrale (cioè l'asse su cui ruotano le pedivelle) è collegato al carro posteriore e non alla parte anteriore del telaio.

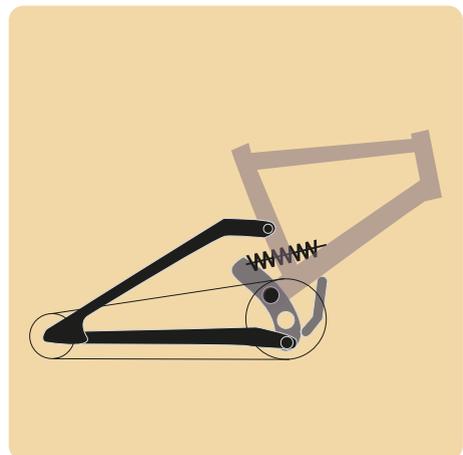
È in disuso, per la sue scarse prestazioni, e viene usato solo più su bici di bassissima gamma.



i-Drive & AOS (independent drive system)

La scatola del movimento centrale è svincolata sia dal triangolo anteriore sia dal carro posteriore. È un'elaborazione del carro URT (Unified Rear Triangle) in cui il movimento centrale era vincolato al carro ammortizzato.

L'ultima interpretazione AOS è più moderna, con un basso centro di gravità, un rendimento più neutro, una maggiore sensibilità iniziale e una curva più controllata e sostenuta.



Sospensioni NON Tradizionali

AFAV

(anni 50)

Ammortizzatori, sia anteriori che posteriori, composti da anelli di vetroresina.



Vèlastic

(1925)

Per ottenere l'ammortizzamento la sedia è stata montata sull'estremità di una serie di lastre flessibili anziché sull'estremità di un tubo rigido.



Beamer

Mike e Jim Allsop, (1989)

Versione rivisitata della bicicletta “Vélastic”.

Una tipologia diversa di sospensione è stata commercializzata con il nome “Softride Suspension Systems”, dove la sella viene sospesa su un braccio allungato e non collegata in modo rigido al telaio.



Slingshot

Mark Groendal per Slingshot
(1991)

L'idea è quella di creare una struttura più flessibile eliminando la parte bassa della struttura e la sospensione posteriore rendendo flessibile la parte superiore con l'inserimento di una parte di vetroresina e mettendo tutta la struttura insieme in tensione con un cavo di acciaio e una molla.



ATB

Alex Molton (1991)

In questa bicicletta con ruote piccole e peso ridotto troviamo una sospensione di gomma.



Super Tech

BMW (1997)

Una bicicletta pieghevole biammortizzata con un'ulteriore doppia ammortizzazione anteriore per prevenire immersioni della forcella in frenata, impedendo il ribaltamento del ciclista in avanti.

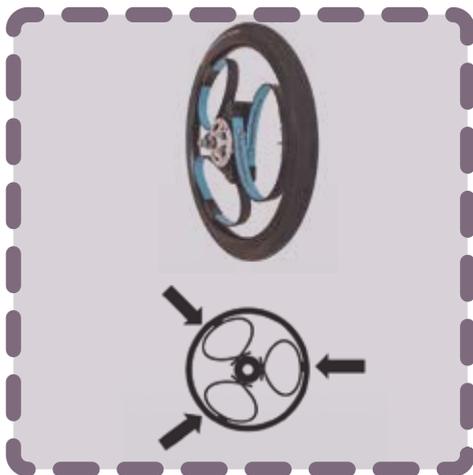
Questo sistema però porta ad una minore ammortizzazione rispetto alle soluzioni tradizionali.



Loop Wheel

Sam Pearce (2009)

Una sospensione incorporata nella ruota, composta da 3 molle ad anello di un composito di carbonio. A differenza della sospensione della forcelle che si muove su un singolo piano, questa sospensione tangenziale funziona in tutte le direzioni.



Soft Wheel

Amichay Gross (2011)

Una sospensione simmetrica e selettiva che permette alla ruota di rimanere rigida la maggior parte del tempo e ammortizzare quando è necessario in più direzioni.





_05

Caso studio: telaio mountain bike

L'obiettivo del seguente capitolo è esaminare il campo di intervento, che si evidenzia nel mondo delle Mountain Bike. Verranno illustrate le diverse tipologie di MTB soffermandosi principalmente sulle caratteristiche degli ammortizzatori posteriori, analizzandone il meccanismo di funzionamento.

05.01 Sviluppo sperimentale di un telaio bioispirato autogenerato di mountain bike	146
05.02 Linee guida concept	148
05.03 Setting e sviluppo modello Grasshopper	150
05.04 Sketch e evoluzione telaio	158
05.05 Caratteristiche telaio	163
Funzioni	
Materiali	
Analisi FEM	
Render prodotto finale	



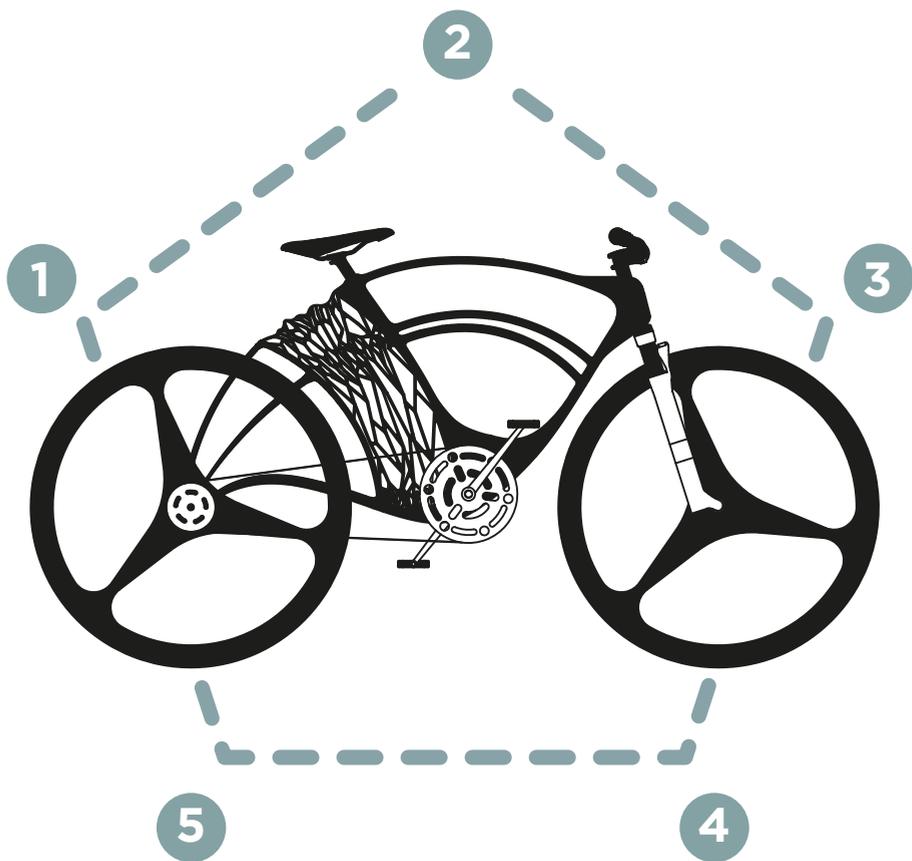


_05.1
sviluppo sperimentale di un
telaio bioispirato
autogenerato
di mountain bike

La scelta di focalizzare le riflessioni presentate nei capitoli precedenti, ricade sul telaio di una bicicletta in quanto è un prodotto che racchiude diverse esigenze prestazionali. Nello specifico, la categoria di biciclette scelte per la sperimentazione, è la tipologia di Mountain Bike (MTB). La mountain bike è una bicicletta strutturata in maniera da potersi muovere anche fuori da strade asfaltate, sia in salita che in discesa. Generalmente si distingue da altri tipi di biciclette, grazie alle sospensioni (quasi sempre ammortizzate).

È proprio per questo ruolo fondamentale ricoperto dall'elemento ammortizzante che si è scelto di analizzare questa categoria.

La mountain bike monta gomme molto più larghe e tassellate rispetto a una bicicletta da corsa. Esistono vari materiali di cui è composto il telaio di una mountain bike ad esempio alluminio, carbonio, ferro ecc. La differenza consiste nel peso altra caratteristica fondamentale per aumentare le prestazioni del mezzo e facilitarne il controllo da parte dell'utente. Esistono vari tipi di mezzi in base ai sentieri che si vogliono



05.02 Linee guida concept

1

Resistenza

2

Flessibilità

3

Leggerezza

4

Monoblocco

5

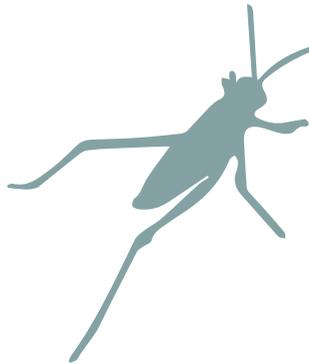
Ridondanza

La biciletta è un prodotto che racchiunde diverse esigenze prestazionali. Le prestazioni primarie imposte nel concept sono: Leggerezza, Resistenza e Flessibilità. Queste devono convivere in un unico prodotto bioispirato, monomaterico e monoblocco.

05.03

Setting e sviluppo modello Grasshopper

VEDERE ALLEGATO 1



Di seguito verranno fornire passo passo le informazioni utili per comprendere l'evoluzione della definizione generata nell'ambito di lavoro di Grasshopper. Nella pagina affianco breve descrizione di due plugin fondamentali per la generazione di informazioni indispensabili per la realizzazione del prodotto finale.



Millipede

Millipede è un componente di Grasshopper™ che si concentra sull'analisi e l'ottimizzazione delle strutture. Inoltre espone funzionalità che sono rilevanti per la soluzione di molti problemi numerici e geometrici. Al centro di questo componente c'è una libreria di algoritmi di analisi strutturale molto veloci per sistemi elastici lineari. La libreria contiene i propri algoritmi di ottimizzazione basati sull'ottimizzazione della topologia, ma grazie alla sua velocità può essere utilizzata in combinazione con Galapagos per risolvere problemi di ricerca di forme generiche.



Galapagos

Risolutore genetico che esplora lo spazio delle possibili soluzioni del problema facendo evolvere, in maniera iterativa, una popolazione costituita da un certo numero di soluzioni verso quella ottimale.

VEDERE ALLEGATO 1

1

Associando un punto qualsiasi a questo comando, la definizione prende avvio e inizia il calcolo.

2

Slider che vanno a definire i parametri del telaio.
A seconda delle dimensioni richieste o dei rapporti tra le varie geometrie del telaio, si possono far scorrere gli slider ottenendo il risultato desiderato.

3

Definizione delle geometrie che andranno ad influenzare le proprietà fisiche del telaio. Sono rapportate tra di loro, in questo modo al variare del valore di qualunque geometria le altre si adatteranno di conseguenza.

_Telaio
_Sellino
_Asse Anteriore
_Manubrio
_Pedali
_Asse Posteriore

4

Elementi di carico supportati dal telaio. In questo caso è stato impostato un carico di 800 N equidistribuito sugli elementi che nella realtà supportano il peso.

- _Sellino
- _Manubrio (sx & dx)
- _Pedale (sx & dx)

5

Allo stesso modo eseguito per i carichi, vengono impostate le entità che fungono da vincolo nella struttura di un telaio. Sia i carichi che i vincoli sono stati definiti con il plugin Millipede.

- _Asse anteriore
- _Asse posteriore
- _Telaio stesso

6

Le situazioni di carico e vincoli impostate vengono calcolate dal solver di Millipede. Il solver costituisce il passo più lento del processo che comporta l'analisi del sistema di elementi finiti e il recupero dei risultati.

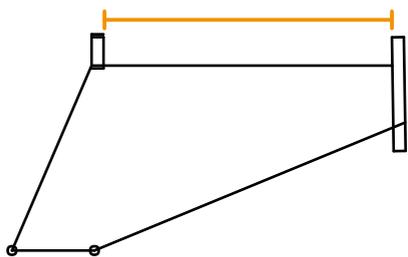
7

Tra i vari output del solver, possono essere visualizzate le linee di forza generate dalle condizioni fisiche impostate in precedenza.

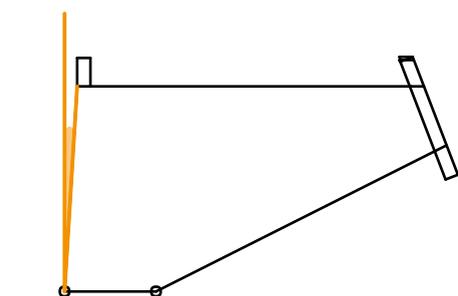
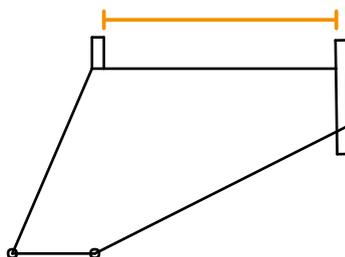
8

Grazie al risolutore genetico Galapagos si può procedere all'ottimizzazione. Questo esplora lo spazio delle possibili soluzioni del problema facendo evolvere, in maniera iterativa, una popolazione costituita da un certo numero di soluzioni verso quella ottimale

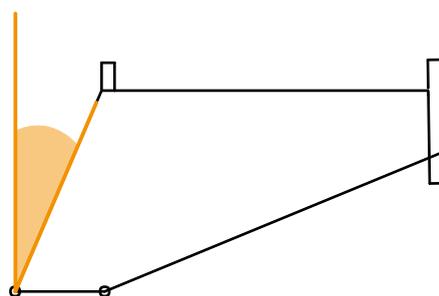
Esempi gestione parametri telaio

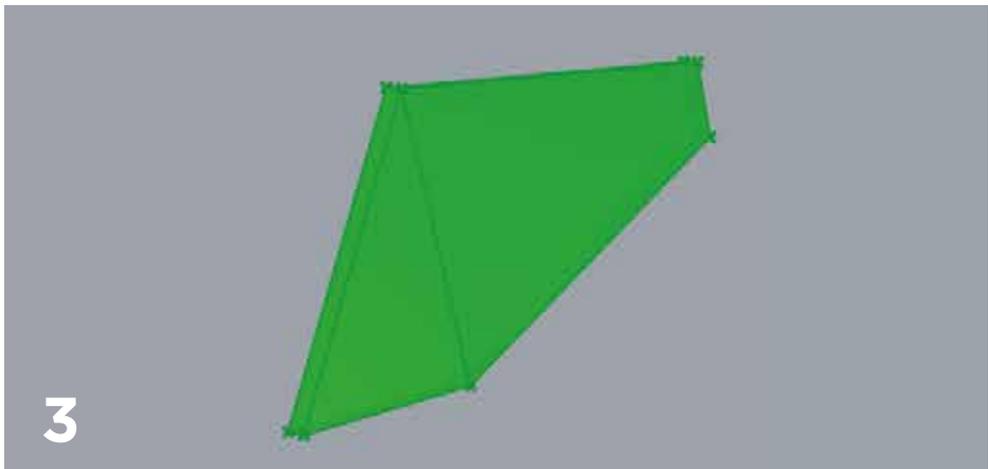
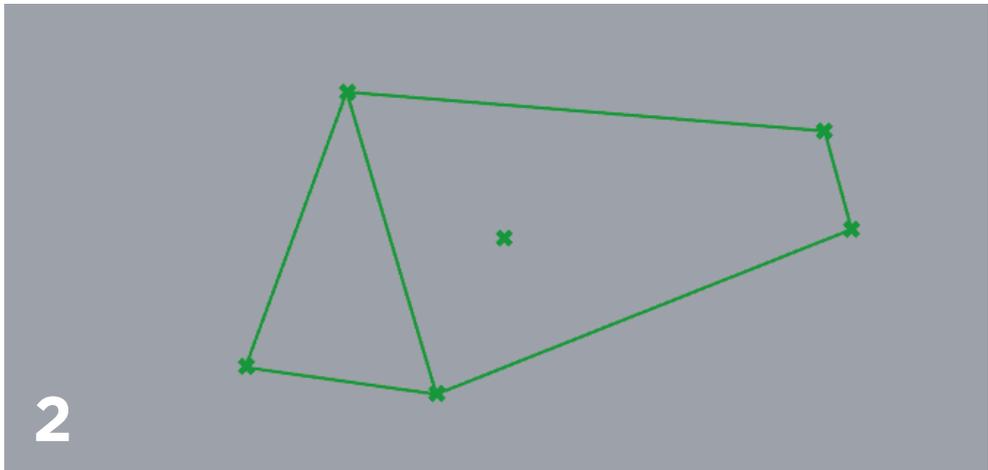
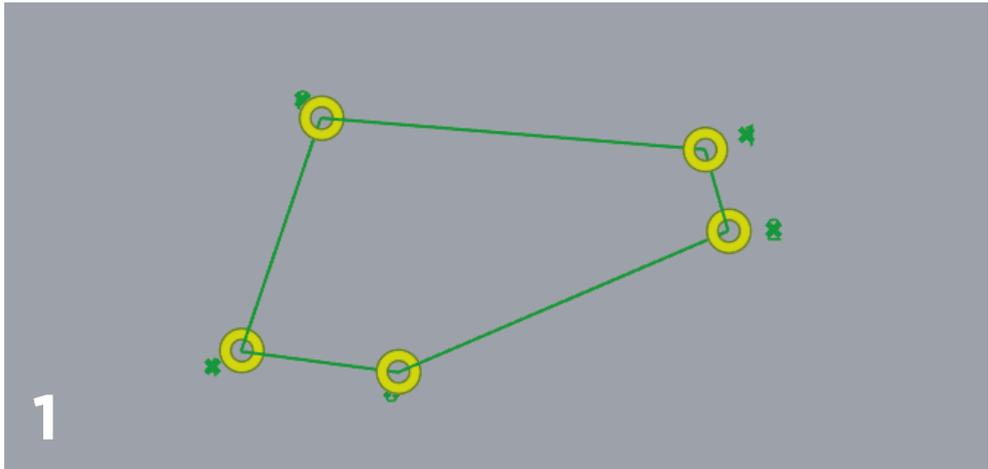


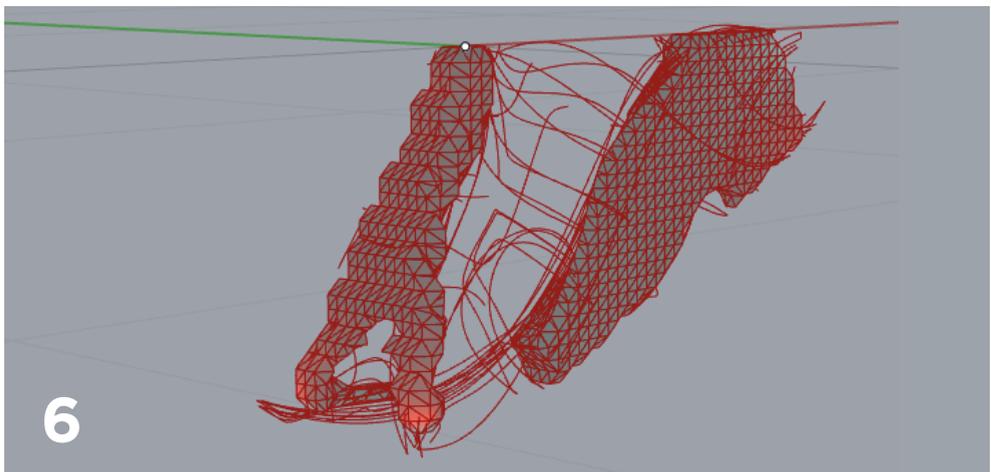
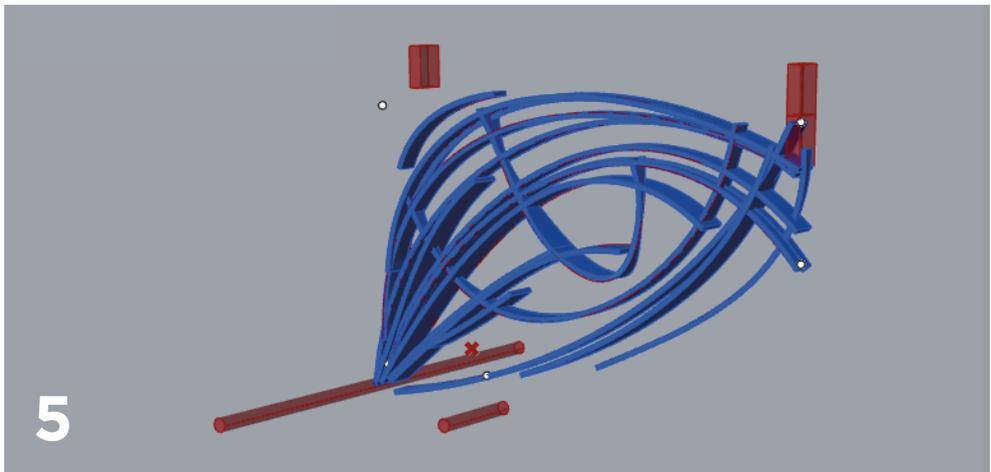
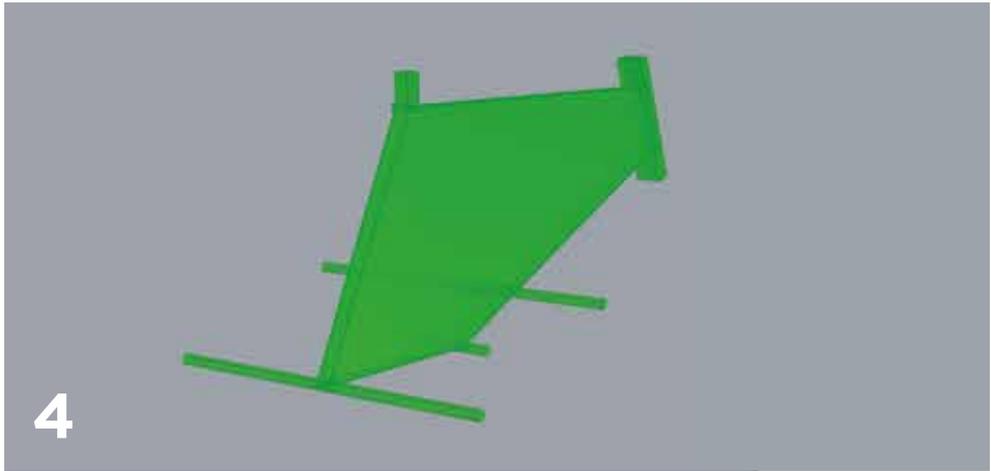
Lunghezza Top Tube



Distanza centro ruota post. - pedale



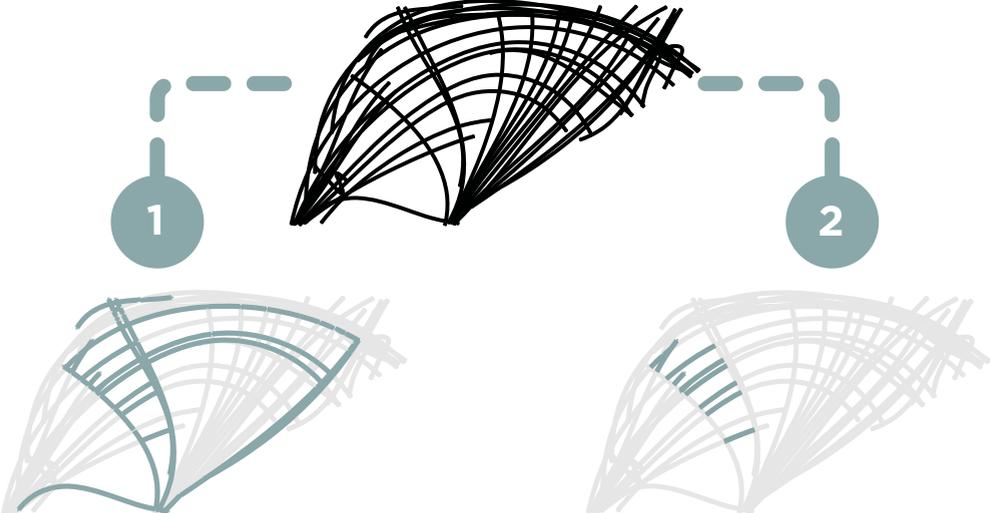


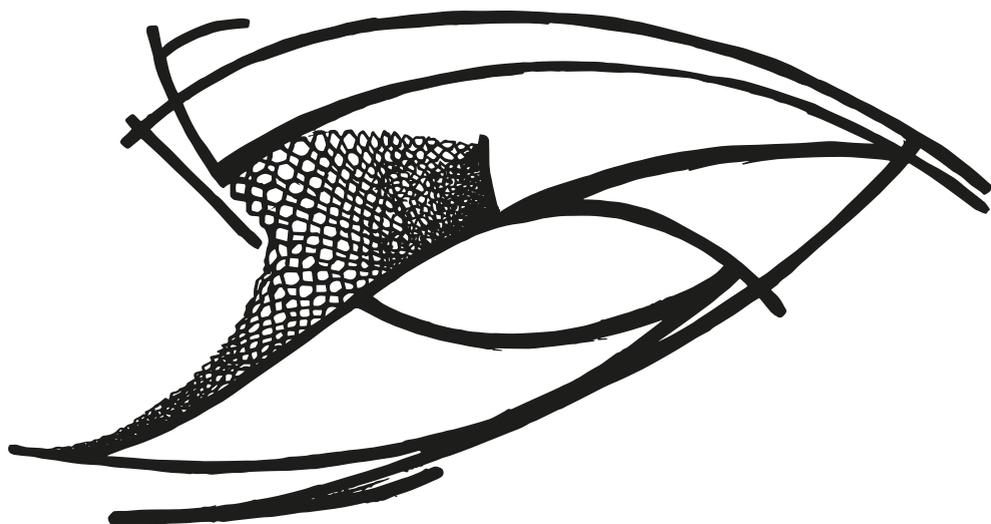


05.04

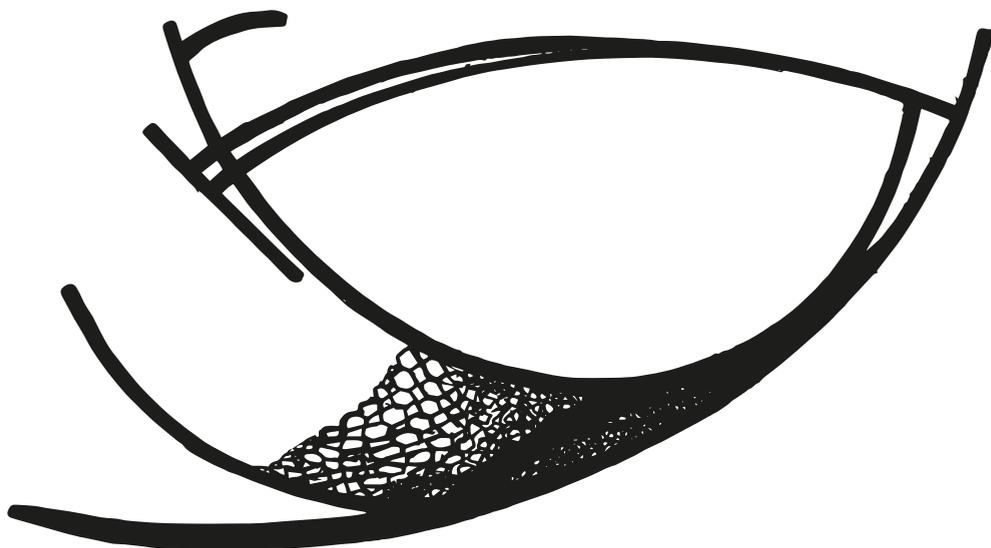
Sketch e evoluzione telaio

Partendo dalle linee di forza generate dalla definizione, si evidenziano le zone di influenza che caratterizzeranno la struttura portante del telaio e la densità del pattern nell'area ammortizzante.



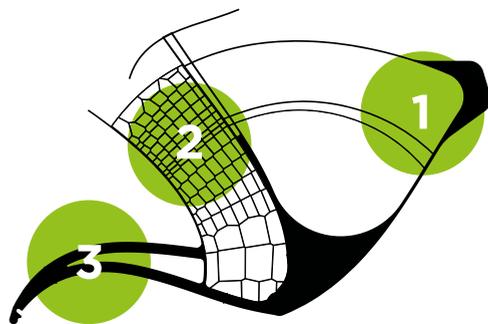


Con i primi sketch si cerca di estrapolare le curve portanti del telaio e le zone dove poter applicare il pattern per la struttura ammortizzante

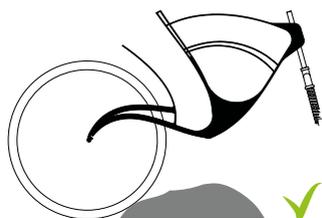


Definizione funzioni e struttura

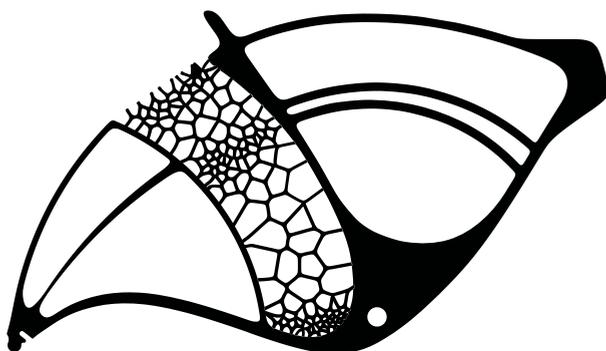
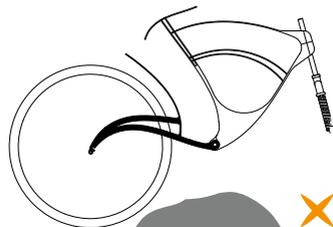
Il telaio dovrà essere costituito essenzialmente di tre parti: (1) parte strutturale anteriore (rigida), parte ammortizzante centrale (flessibile), parte di connessione tra ruota, sistema ammortizzante e telaio (rigido e flessibile).



Blocco unico



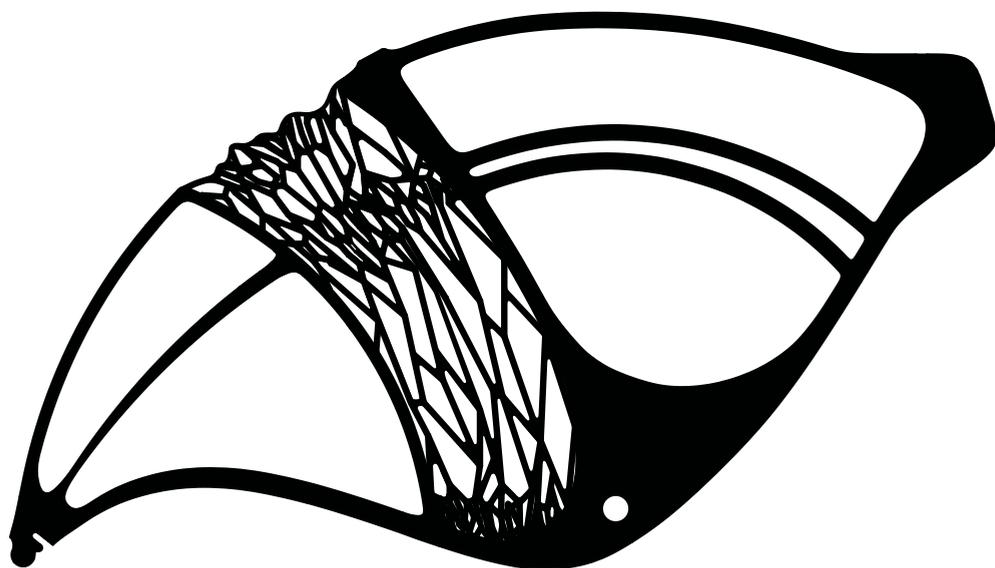
Due parti con giunto



Per una maggiore stabilità si è scelto di progettare il telaio per un unico stampaggio, anche per escludere fasi di montaggio. Rispetto ad i primi concept è stato aggiunto un ulteriore elemento di connessione alla ruota posteriore per meglio distribuire il carico. Il pattern scelto è quello ricavato dall'aggregazione di bolle di sapone.

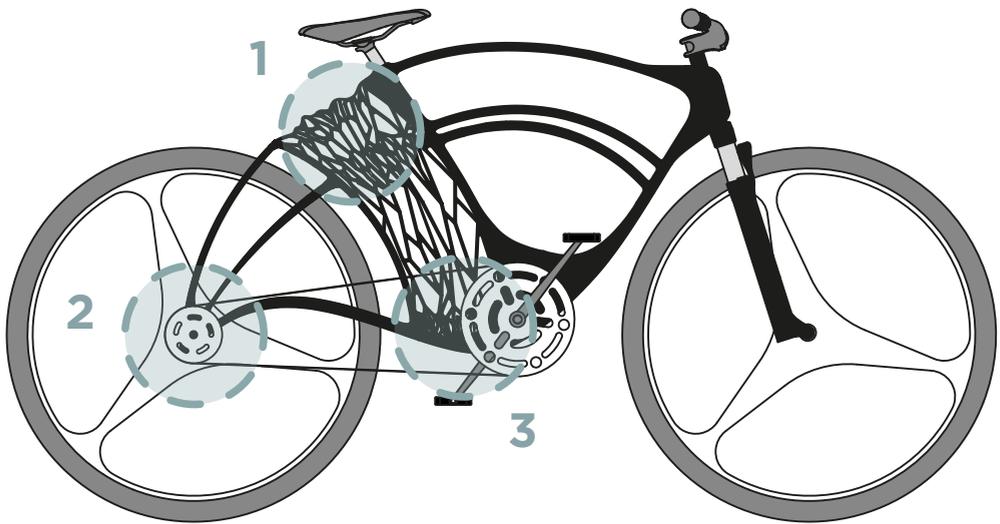
Telaio definito

Nell'ultima fase è stata ottimizzata l'aggregazione del pattern andando ad eliminare i ponti orizzontali i quali ostacolavano la fase ammortizzante.

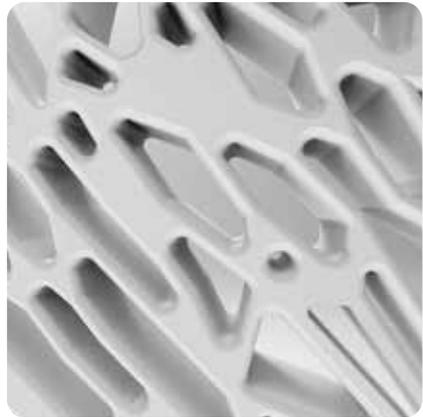
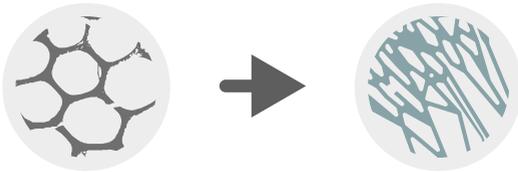


05.05

Caratteristiche telaio

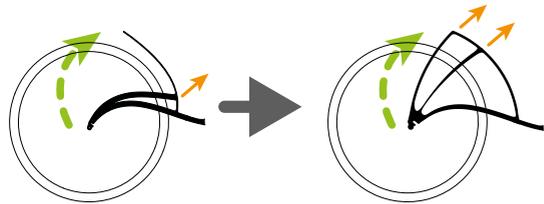


1



Il pattern inizialmente scelto è quello ricavato dall'aggregazione di bolle di sapone. Successivamente è stato ottimizzato andando ad eliminare i ponti orizzontali i quali ostacolavano la fase ammortizzante.

2



Alloggio per albero della ruota posteriore. L'elemento si ramifica in tre parti per una distribuzione ottimale del carico sulla fascia ammortizzante.

3

A differenza dei telai classici, le parti anteriore e posteriore sono connesse in un unico blocco, riducendo le fasi di montaggio e il numero di componenti.



Materiale

Il PA66 GF30 è un Nylon caricato al 30% con fibre di vetro. Ha eccezionali proprietà meccaniche quali rigidità e resistenza. Rispetto al PA 66 non caricato, le proprietà lo rendono adatto all'utilizzo per la realizzazione di particolari che resteranno esposti a lungo a elevati carichi statici ed alte temperature.

Materiale: PA66GF

Proprietà meccaniche

Modulo di tensione: 9800/7200 MPa

Stress a rottura: 195/130 MPa

Sforzo a rottura: 3.5/5 MPa

Proprietà termiche

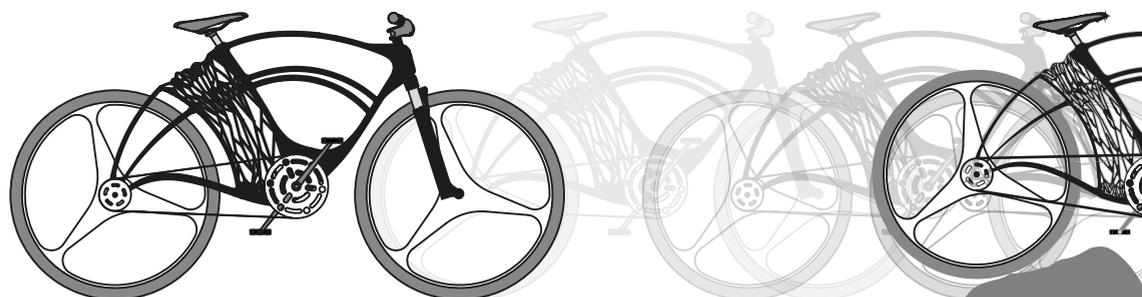
Temp. di fusione, 10°C/min: 262 °C

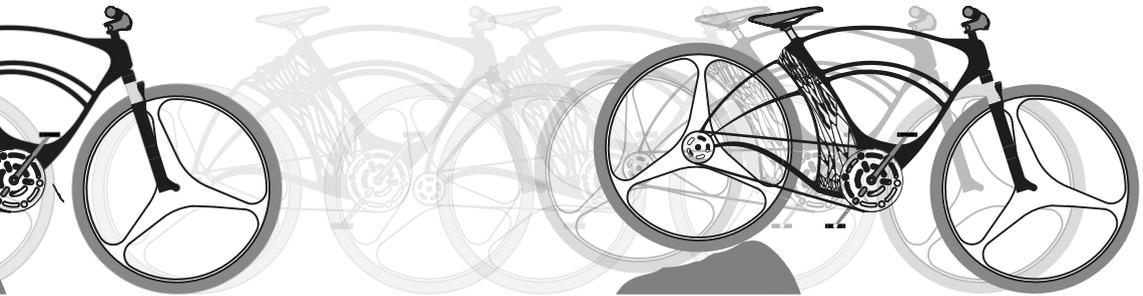
Temp. di transizione vetro: 80 °C

Temp. di deflessione sotto carico:

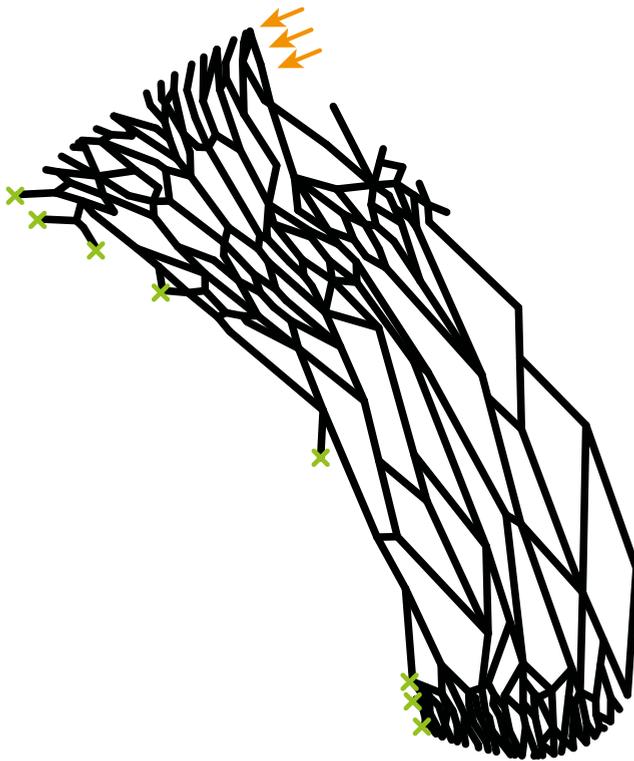
1.8 MPa 253 °C

0.45 MPa 260 °C

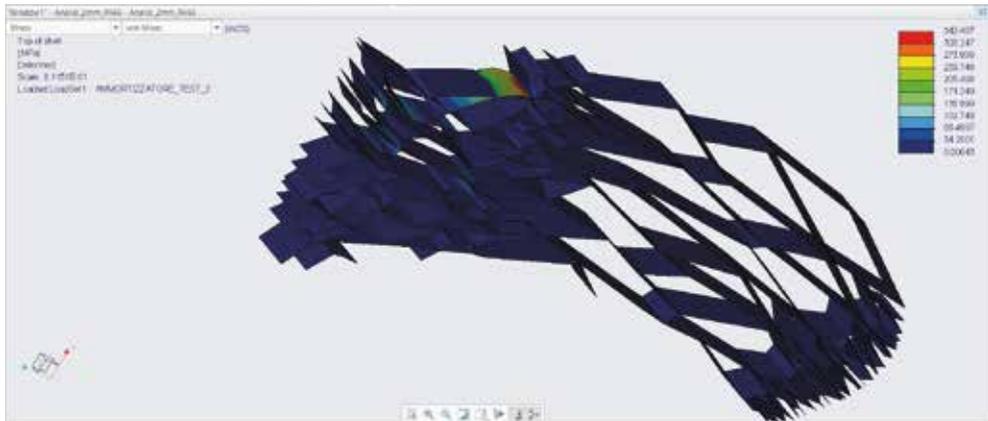




Analisi FEM

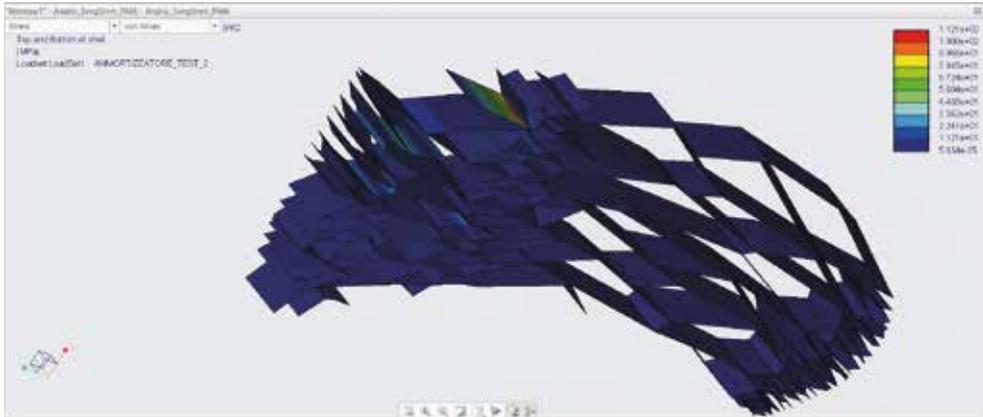


Test 1



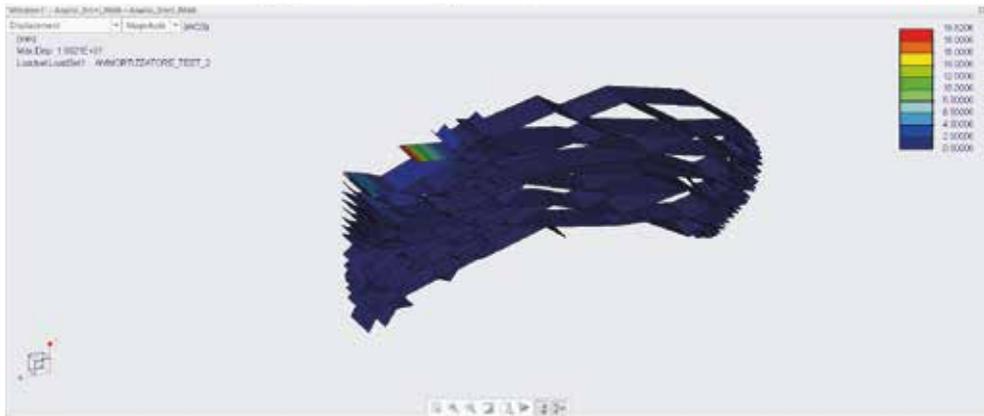
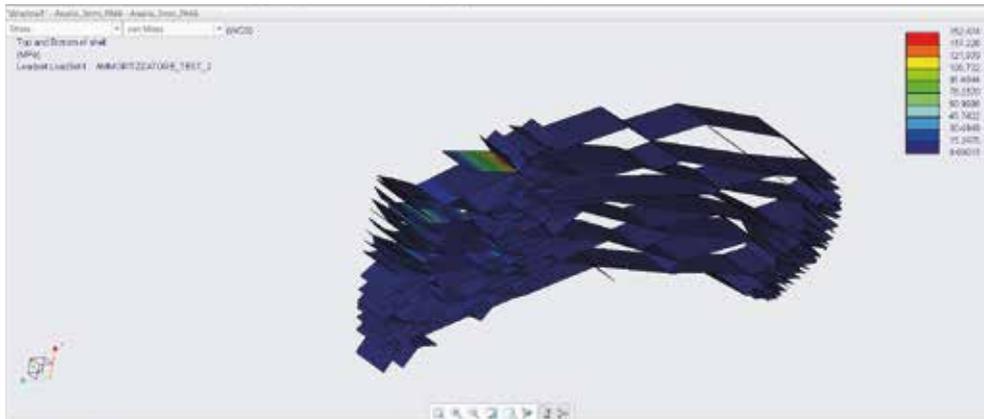
Materiale: PA66GF
Spessore: 2 mm
Carico: 800 N
Stress: 342 MPa
Scostamento: 65 mm

Test 2



Materiale: PA66GF
Spessore: 3,5 mm
Carico: 800 N
Stress: 112 MPa
Scostamento: 12 mm

Test 3



Materiale: PA66GF
Spessore: 3 mm
Carico: 800 N
Stress: 152 MPa
Scostamento: 20 mm













bik  upa

Telaio da MBK bioispirato

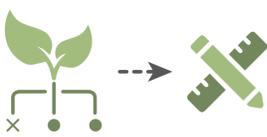
sitografia

<https://biomimicry.org/asknature/>
<https://www.philipball.co.uk/bio>
<http://www.treccani.it/vocabolario/simmetria/>
<http://www.treccani.it/enciclopedia/frattale/>
<https://www.philipball.co.uk/bio>
<https://it.wikipedia.org/wiki/Filottassi>
<https://amslaurea.unibo.it/16400/>
https://wewanttolearn.wordpress.com/2016/03/17/triply-periodic-minimal-surfaces_topology/
https://www.researchgate.net/publication/47393592_Minimal_surfaces_for_architectural_constructions
<https://smartech.gatech.edu/handle/1853/53942>
<https://www.designboom.com/art/synthetic-nature-by-vlad-tenu-09-27-2013/>
<https://www.oatext.com/mechanical-and-shape-memory-properties-of-triply-periodic-minimal-surface-tpms-niti-structures-fabricated-by-selective-laser-melting.php>
<https://www.nature.com/articles/314604a0>
<https://www.nanowerk.com/news2/gadget/newsid=45649.php>
<https://www.dama.academy/computational-design-algoritmi-generativi-e-progettazione-parametrica/>
<http://nautil.us/issue/35/boundaries/why-nature-prefers-hexagons>
<https://www.sculpteo.com/blog/2018/07/11/nature-inspired-3d-printing-introducing-biomimicry/>
<https://www.instructables.com/id/How-to-Design-a-Bike-Stem-in-Dreamcatcher/>
<https://www.bikeitalia.it/sospensioni-mtb-funzionamento-e-regolazione/>
<https://www.mtbcult.it/domande/ammortizzatore-verticale-o-orizzontale-cosa-cambia/>
<http://mountainbike.bicilive.it/wiki-bike/tecnica/gli-schemi-di-sospensione-prima-parte/>
<https://www.mtb-mag.com/forum/threads/come-funziona-e-cos%C3%A8-un-giunto-horst.34101/>
<https://biomimicry.org/>
<https://asknature.org/>
https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_in_action

bibliografia

- “Layered infill area generation from triply periodic minimal surfaces for additive manufacturing”, Computer Aided Design, Jiawei Feng Jianzhong Fu, Zhiwei Lin, Ce Shang, Xiaomiao Niu, December 2017
- “Porous scaffold design using the distance field and triply periodic minimal surface models”, Computer Aided Design, Dong J. Yoo, June 2011
- “Biomimetica degli spazi_Sperimentazioni digitali di processi biologici in architettura”, Sapienza, Università di Roma Dottorando_Matteo Baldissara,Gennaio 2018
- “The Synthetic Sublime notes on physical/digital space and form” University of South Florida, Santiago R. Perez, 2017
- “Form is matter”, Politecnico di Milano, Michela Rossi, Giorgio Buratti
- “Model-Based form-finding process: free forms in structural and architectural design”, Universität Stuttgart David Wendland
- “Form-Finding of Thin Shell Structures”, University of the Witwatersrand Zaahir Asmaljee, 2013
- “Sergio Musmeci_Strutture fuori dal coro”, Roma Fausto Giovannardi, Gennaio 2010
- “Patterns in nature: why the natural world looks the way it does”,The University of Chicago Press, Philipp Ball, 2016 by Marshall Editions
- “Biomimicry: architecture learnt from the nature” Hateb Ussein, 2016
- Janine M. Benyus, Biomimicry: Innovation Inspired by Nature, Harper Perennial, New York, 1997
- Lucia Pietroni, Il Contributo della Biomimesi per un Design Sostenibile, Bioispirato e Rigenerativo, Op.Cit, n.141, Electa Napoli, 2011, pag. 15-36
- Lucia Pietroni, Jacopo Mascitti, Superfici Biomimetiche: I materiali bioispirati per un design sostenibile e rigenerativo, MD Journal, 2016, pag. 66-77

/biomimesi/



Disciplina che studia la natura (i suoi processi, modelli ed elementi) come fonte di ispirazione per l'innovazione tecnologica e il miglioramento delle attività umane.



Ideazione



Ridondanza Spazio Materia Energia

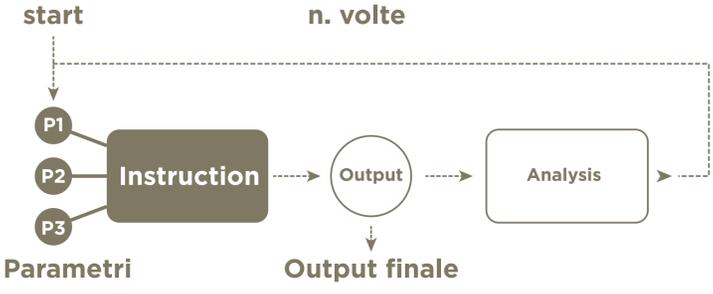


Progettazione

/modellazione generativa/



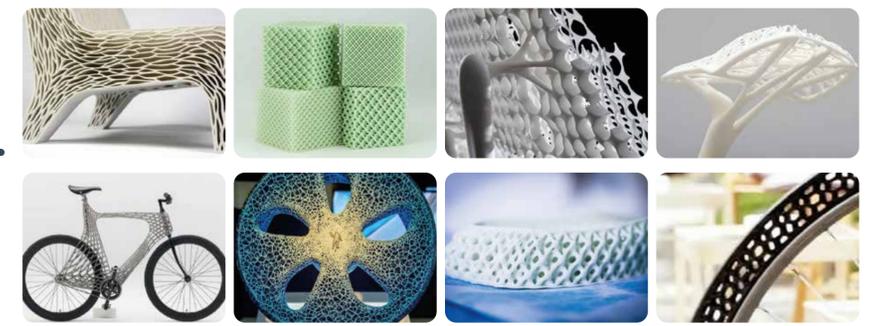
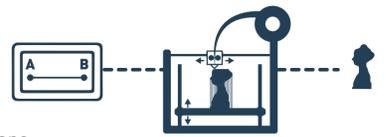
Investigare nuove forme
Ottimizzare strutture attraverso l'associazione tra materiali, forme e influenze fisiche
Gestire la complessità attraverso procedure che la macchina deve seguire



Produzione

- Superamento dei classici metodi di produzione
- Possibilità di prototipare forme altrimenti non realizzabili
- Quasi totale assenza di scarti di produzione
- Assenza di stampi

/stampa 3D/



Produzione Nuove forme Scarti Stampi



Caso Studio_Telaio Bicicletta da Mountain Bike

Bicicletta con telaio resistente, rapporti molto bassi e grossi pneumatici tacchettati, concepita per pedalare su percorsi fuoristrada o per affrontare pendenze particolarmente ripide.

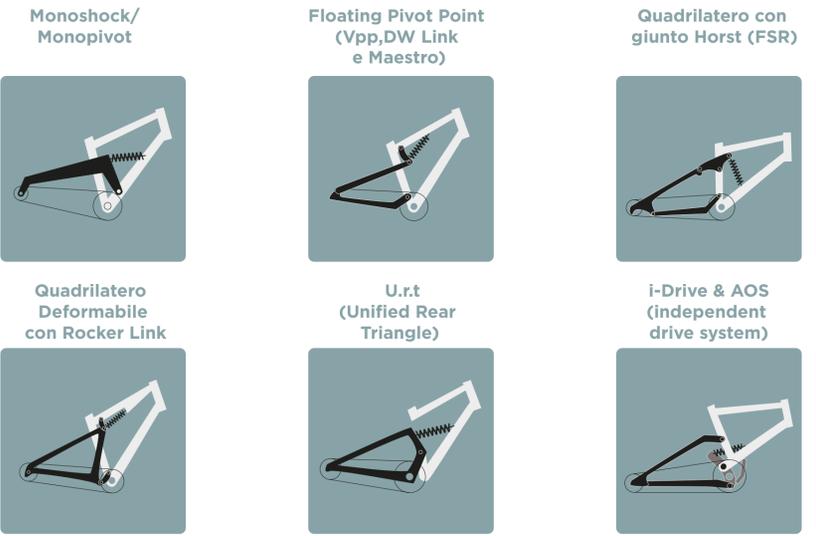


Rigide Front Suspendend Full Suspendend

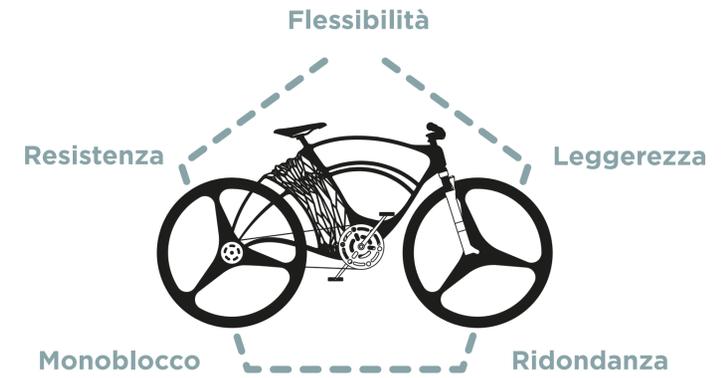
Rigide
Bicicletta da mountain-bike formato base, nella quale vi è la totale assenza di sistemi ammortizzanti. Vengono utilizzate soprattutto per fuoristrada poco sconnessi e montano ruote molto spesse.

Front Suspendend
Le biciclette front vengono di solito definite hardtail e sono composte da un telaio unico e da una forcella ammortizzata all'anteriore. Le geometrie e gli angoli sono compatti e la trasmissione della potenza muscolare è più diretta.

Full Suspendend
Le mtb full o biammortizzate sono composte da un telaio con snodi e leveraggi, una forcella ammortizzata anteriore e uno shock posteriore. Ha geometrie meno nervose e angoli più rilassati, per permettere un miglior confort in discesa.

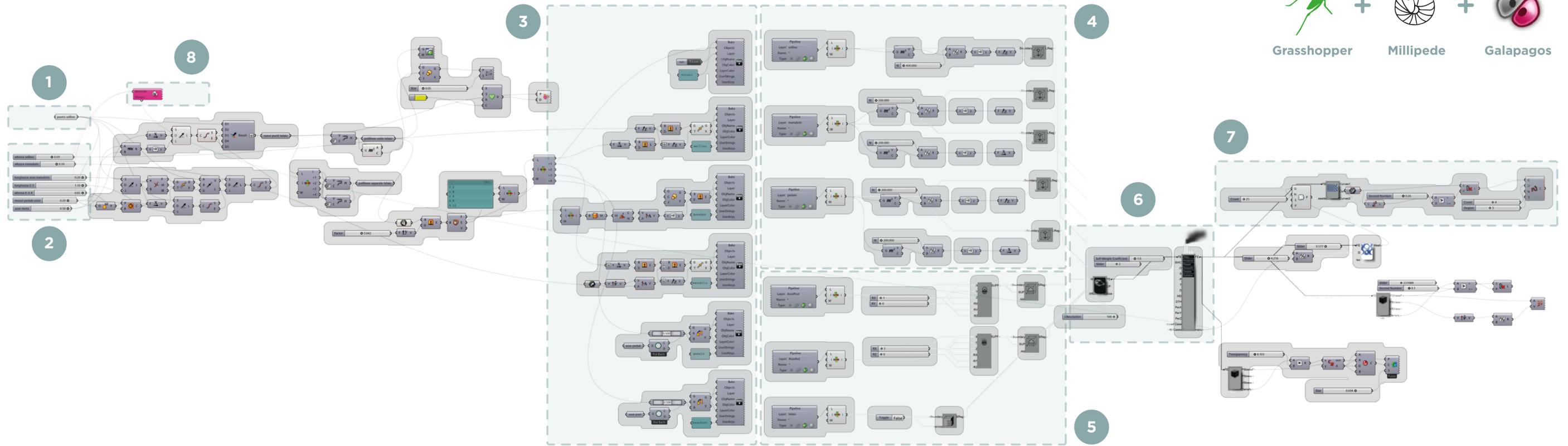


Linee guida Concept



La bicicletta è un prodotto che racchiude diverse esigenze prestazionali. Le prestazioni primarie imposte nel concept sono: Leggerezza, Resistenza e Flessibilità. Queste devono convivere in un unico prodotto bioispirato, monomaterico e monoblocco.

Definizione Grasshopper



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

1 Associando un punto qualsiasi a questo comando, la definizione prende avvio e inizia il calcolo.

2 Slider che vanno a definire i parametri del telaio. A seconda delle dimensioni richieste o dei rapporti tra le varie geometrie del telaio, si possono far scorrere gli slider ottenendo il risultato desiderato.

3 Definizione delle geometrie che andranno ad influenzare le proprietà fisiche del telaio. Sono rapportate tra di loro, in questo modo al variare del valore di qualunque geometria le altre si adatteranno di conseguenza.

- _Telaio
- _Sellino
- _Asse Anteriore
- _Manubrio
- _Pedali
- _Asse Posteriore

4 Elementi di carico supportati dal telaio. In questo caso è stato impostato un carico di 800 N equidistribuito sugli elementi che nella realtà supportano il peso.

- _Sellino
- _Manubrio (sx & dx)
- _Pedale (sx & dx)

5 Allo stesso modo eseguito per i carichi, vengono impostate le entità che fungono da vincolo nella struttura di un telaio. Sia i carichi che i vincoli sono stati definiti con il plugin Millipede.

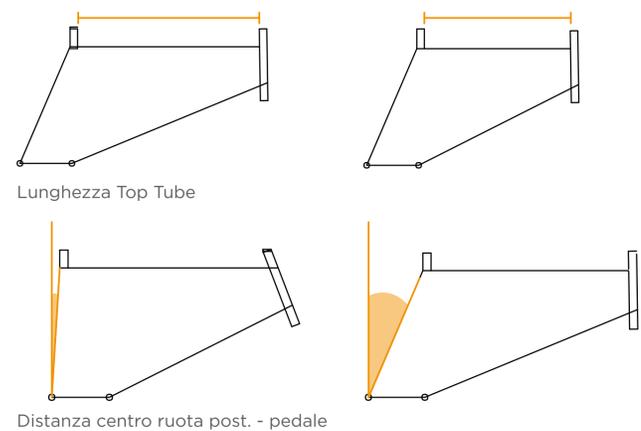
- _Asse anteriore
- _Asse posteriore
- _Telaio stesso

6 Le situazioni di carico e vincoli impostate vengono calcolate dal solver di Millipede. Il solver costituisce il passo più lento del processo che comporta l'analisi del sistema di elementi finiti e il recupero dei risultati.

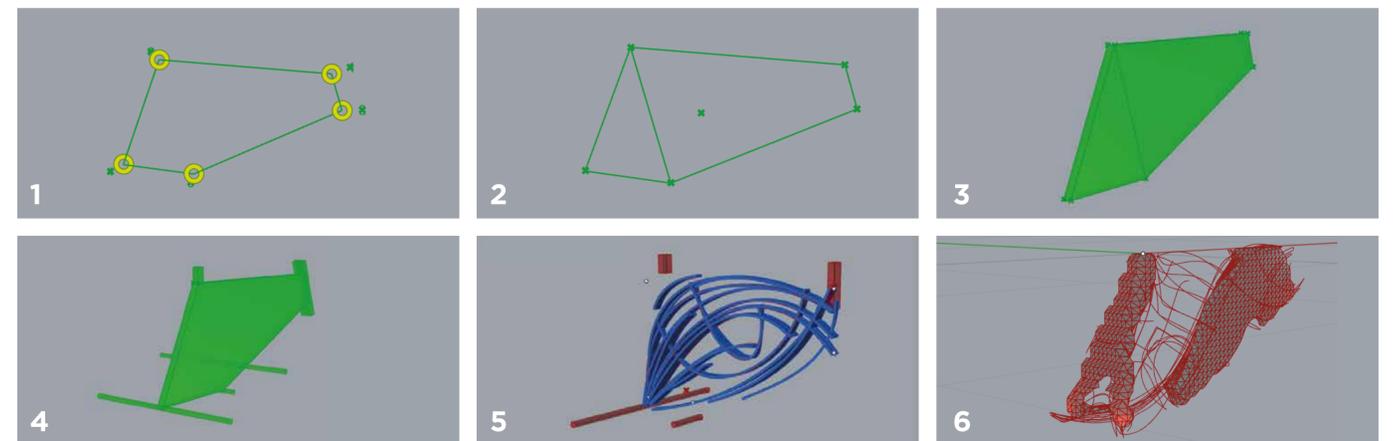
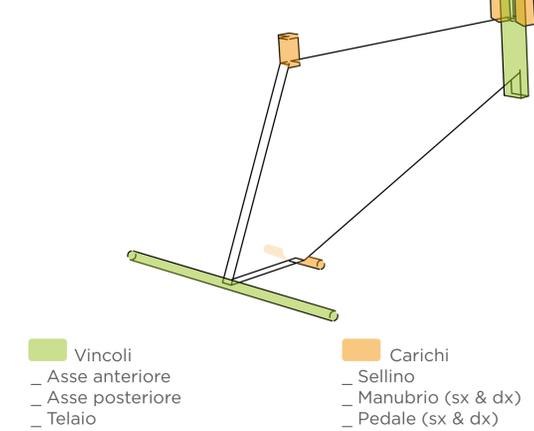
7 Tra i vari output del solver, possono essere visualizzate le linee di forza generate dalle condizioni fisiche impostate in precedenza.

8 Grazie al risolutore genetico Galapagos si può procedere all'ottimizzazione. Questo esplora lo spazio delle possibili soluzioni del problema facendo evolvere, in maniera iterativa, una popolazione costituita da un certo numero di soluzioni verso quella ottimale.

Esempi gestione parametri telaio



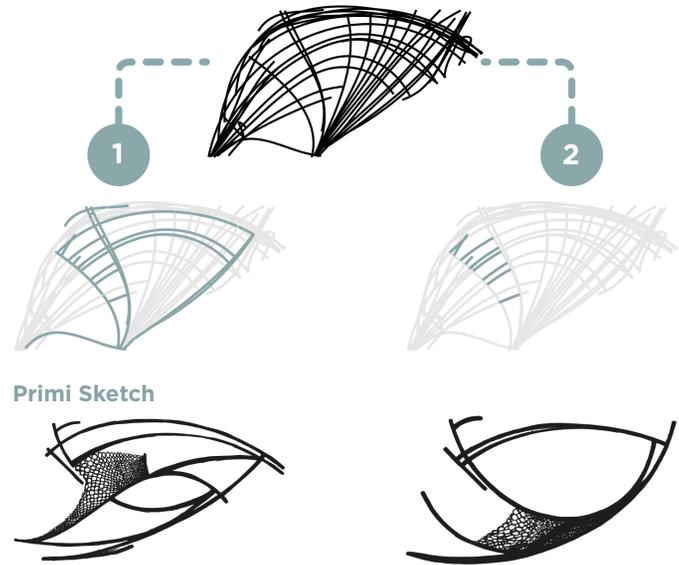
Distribuzione carichi e vincoli



Evoluzione telaio

Output Grasshopper

Partendo dalle linee di forza generate dalla definizione, si evidenziano le zone di influenza che caratterizzeranno la struttura portante del telaio e la densità del pattern nell'area ammortizzante.

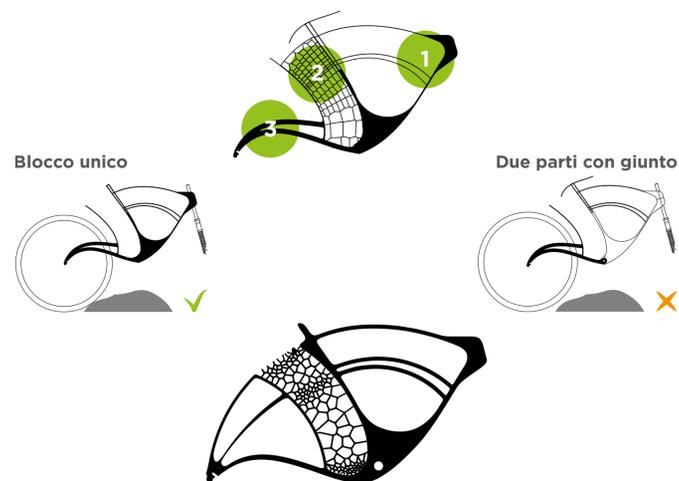


Primi Sketch



Definizione funzioni e struttura

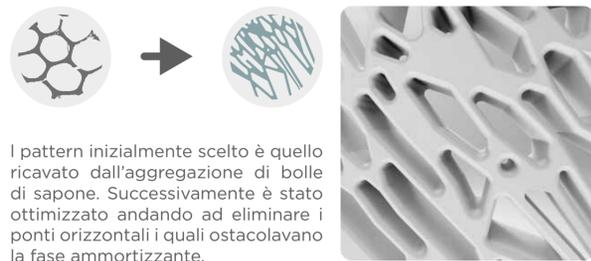
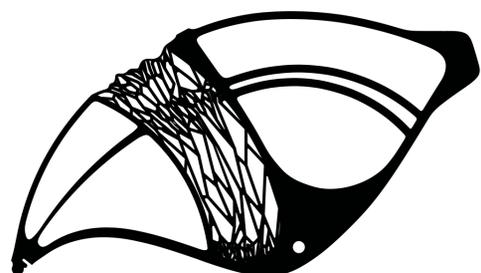
Il telaio dovrà essere costituito essenzialmente di tre parti: (1) parte strutturale anteriore (rigida), parte ammortizzante centrale (flessibile), parte di connessione tra ruota, sistema ammortizzante e telaio (rigido e flessibile).



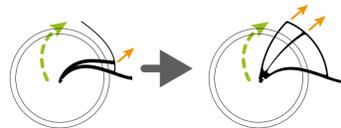
Per una maggiore stabilità si è scelto di progettare il telaio per un unico stampaggio, anche per escludere fasi di montaggio. Rispetto ad i primi concept è stato aggiunto un ulteriore elemento di connessione alla ruota posteriore per meglio distribuire il carico. Il pattern scelto è quello ricavato dall'aggregazione di bolle di sapone.

Telaio definito

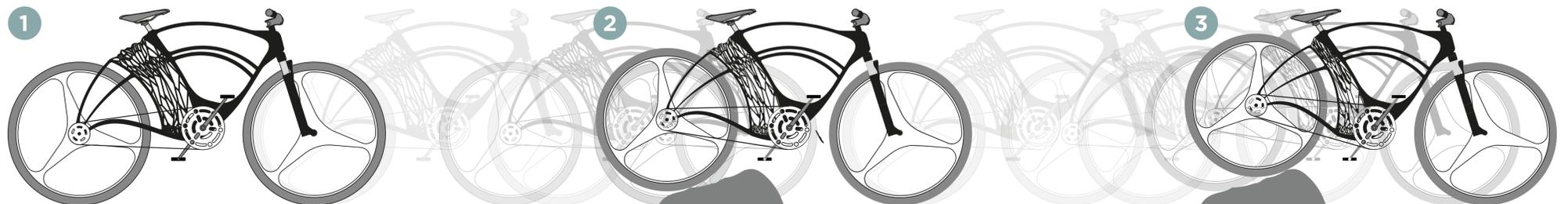
Nell'ultima fase è stata ottimizzata l'aggregazione del pattern andando ad eliminare i ponti orizzontali i quali ostacolavano la fase ammortizzante.



Il pattern inizialmente scelto è quello ricavato dall'aggregazione di bolle di sapone. Successivamente è stato ottimizzato andando ad eliminare i ponti orizzontali i quali ostacolavano la fase ammortizzante.



Alloggio per albero della ruota posteriore. L'elemento si ramifica in tre parti per una distribuzione ottimale del carico sulla fascia ammortizzante.



bik=upa

Telaio da MBK bioispirato

A differenza dei telai classici, le parti anteriore e posteriore sono connesse in un unico blocco, riducendo le fasi di montaggio e il numero di componenti.



Materiale & Analisi Finite Element Method

Il PA66 GF30 è un Nylon caricato al 30% con fibre di vetro. Ha eccezionali proprietà meccaniche quali rigidità e resistenza. Rispetto al PA 66 non caricato, le proprietà lo rendono adatto all'utilizzo per la realizzazione di particolari che resteranno esposti a lungo a elevati carichi statici ed alte temperature.

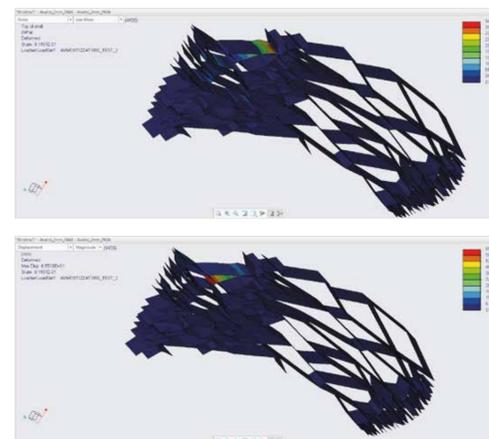
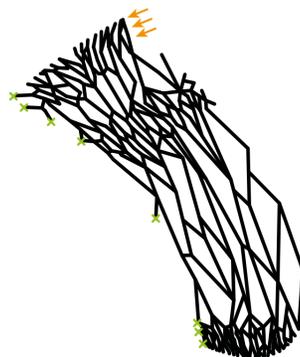
Materiale: PA66GF

Proprietà meccaniche

Modulo di tensione: 9800/7200 MPa
Stress a rottura: 195/130 MPa
Sforzo a rottura: 3.5/5 MPa

Proprietà termiche

Temp. di fusione, 10°C/min: 262 °C
Temp. di transizione vetro: 80 °C
Temp. di deflessione sotto carico:
1.8 MPa 253 °C
0.45 MPa 260 °C

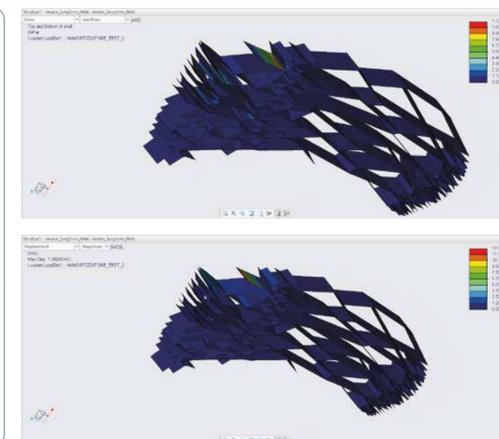


Test 1

Materiale: PA66GF
Spessore: 2 mm
Carico: 800 N
Stress: 342 MPa
Scostamento: 65 mm

Verifica di resistenza

Coff. di sicurezza: 1,5
Stress a rottura \approx 190
 $\frac{190}{1,5} \approx 345$



Test 2

Materiale: PA66GF
Spessore: 2 mm
Carico: 800 N
Stress: 112 MPa
Scostamento: 12 mm

Verifica di resistenza

Coff. di sicurezza: 1,5
Stress a rottura \approx 180
 $\frac{180}{1,5} \approx 112$



bik=upa

Telaio da MBK bioispirato

