

UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI
FACULTATEA DE MECANICĂ
Departamentul de Inginerie Mecanică, Mecatronică și Robotică
Specializarea: Mecatronică Avansată

BIONICĂ

- *Soluții ingineresti inspirate din natură* -



Ș.I.dr.bioing. Vlad CÂRLESCU

Obiectivul cursului

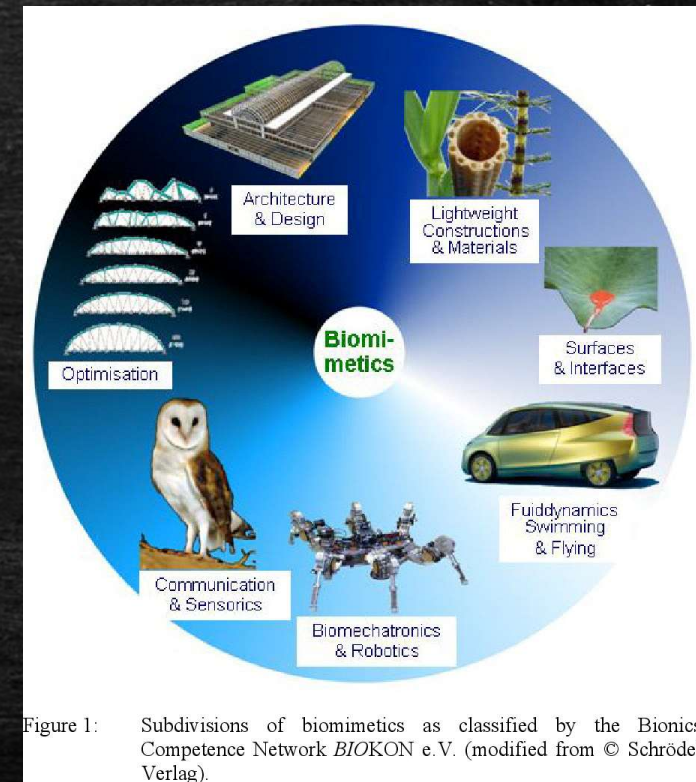
- Cursul prezintă o colecție de "povești de succes" din sfera Bionicii, produse care există deja în multe arii tehnologice ce oferă soluții noi, inovative și durabile. Sunt prezentate detalii despre numeroase invenții ale omului inspirate din modele naturale ce au contribuit decisiv la evoluția și dezvoltarea tehnologică a societății.
- Cursul se adresează nu numai studenților de la ciclul universitar de învățământ superior de masterat, specializarea Mecatronică Avansată, ci și inginerilor care împărtășesc cercetări în domenii ce se află la granița dintre biologie și inginerie.

Generalități

- Dacă istoria planetei Pământ ar fi comprimată într-un 1 an, oamenii ar apărea în ultimele 15 minute ale acesteia. Din cele 15 minute, progresul industrial recent ar avea loc în decurs de 1 minut. În ciuda acestei mici proporții, industrializarea care a avut loc în ultimul secol este mult mai mare decât cea de la începutul omenirii. Deși ritmul rapid de industrializare a ajutat la prelungirea vieții și depășirea bolilor, aceasta a adus după sine poluare și distrugerea mediului care afectează însăși supraviețuirea omenirii. În această derivă către industrializare, oamenii au depus eforturi continue pentru a crea produse care ne pot îmbunătăți viața.
- Cu toate acestea, ne confruntăm cu dilema reală de a trăi din resurse limitate. Soluțiile pentru lipsa resurselor și problemele de supraviețuire nu ne-au fost întotdeauna clare, deși răspunsul poate fi găsit întotdeauna în natură.
- Încă de la începutul vieții pe pământ și de-a lungul evoluției, natura a acționat în mod constant asemenea unui inginer în rezolvarea problemelor tehnice.

Generalități

- Natura este cel mai complex sistem și a reprezentat drept model de inspirație pentru om încă din cele mai vechi timpuri. De-a lungul evoluției, natura a acționat în mod constant ca un "inginer" în rezolvarea problemelor găsiind soluții eficiente ce au fost perfecționate în timp, ajungând la un grad ridicat de optimizare din punct de vedere structural și funcțional. Fie că sunt mai simple sau mai complexe, mai robuste sau mai fragile, viețuitoarele s-au adaptat la diferite medii și factori externi, dobândind abilități din cele mai diverse. Aceste abilități au la bază soluții ingenioase iar înțelegerea acestora ne poate oferi informații despre cum a funcționat și s-a dezvoltat natura în procesul de evoluție. Mai mult, putem descoperi materiale noi, structuri și funcții ce pot fi de ajutor în dezvoltarea de produse inovative în domenii precum arhitectură, construcții, medicină, aviație, telecomunicații, ingineria suprafetelor, textile, automobile, robotică ș.a



Terminologie. Definiții

Biology + Technics = Bionics
Bionică

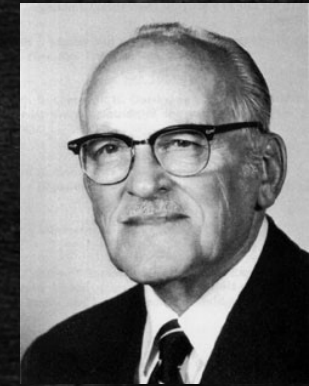
Jack E. Steele, psiholog și neurolog cu grad de colonel de armată în cadrul Aeronautics Division House la Wright-Patterson Air Force Base din Dayton, Ohio, folosește oficial termenul în 1960 în cadrul unui simpozion.



(1924 - 2009)

Biology + mimesis = Biomimetics
Biomimetică

Otto H. Schmitt, biofizician, a propus termenul în 1957, pe când lucra la doctorat unde a dezvoltat un circuit comparator / amplificator diferențial inspirându-se din modalitatea de propagare a semnalelor nervoase la calamari.



(1913 - 1998)

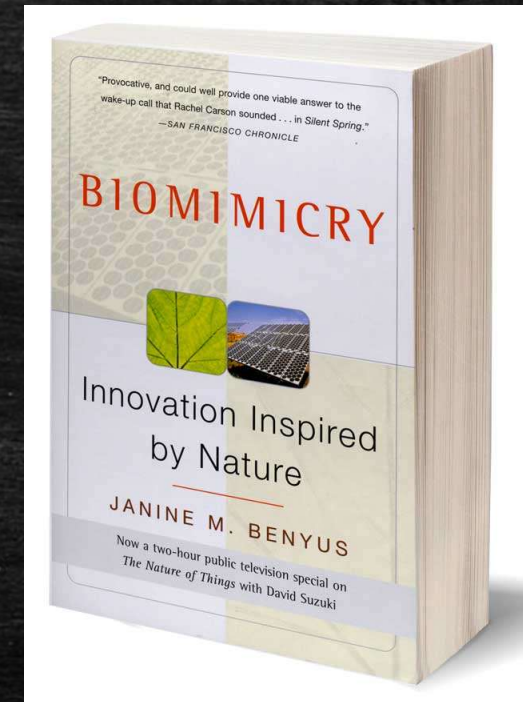
Terminologie. Definiții

Biomimicry - Biomimetism

Janine M. Benyus, biolog și scriitor, a introdus termenul odată cu lansarea cărții sale în 1997, reeditată în 2002.



(n. 1958)

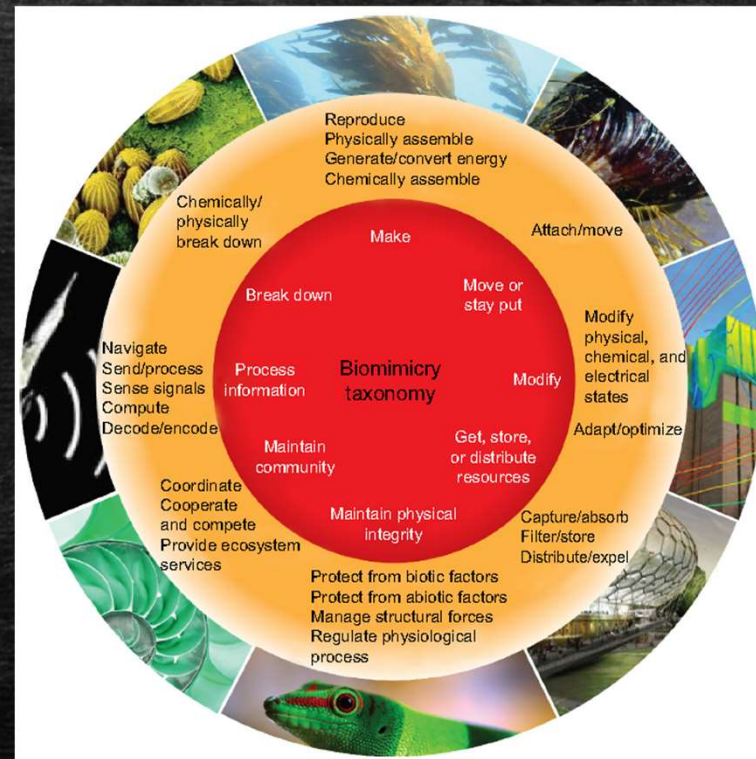


Terminologie. Definiții

- ❖ Știință cu caracter interdisciplinar care se ocupă cu studiul proceselor biologice și al structurilor organismelor vii prin copiere, imitare și învățare, pentru rezolvarea prin similitudine, a unor probleme tehnice ce pot îmbunătăți viața oamenilor (Starețu, 2016).
- ❖ Disciplină aplicativă a biologiei care se inspiră din cunoștințele asupra structurilor, funcțiilor și proceselor organismelor vii în vederea transpunerii acestora în practică ca soluții tehnice sau tehnologice (Mihail, 1984).
- ❖ Studiul și transferul invențiilor naturii spre aplicații tehnice (BIOKON, Bionics Competence Network).
- ❖ Studiul sistemelor și metodelor biologice din natură în vederea proiectării și dezvoltării de sisteme ingineresti pentru tehnologia modernă (McCarty, 2009).

Conceptul de Bionică

Metodica cercetării în Bionică constă mai întâi în studierea funcției sau structurii unui organism și apoi a principiilor în baza cărora se realizează acea funcție, dar și a relației dintre acestea două.



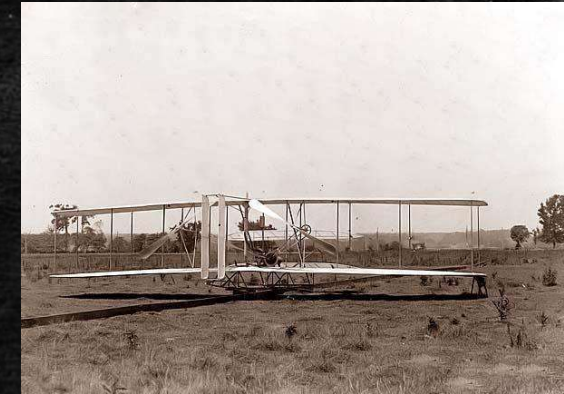
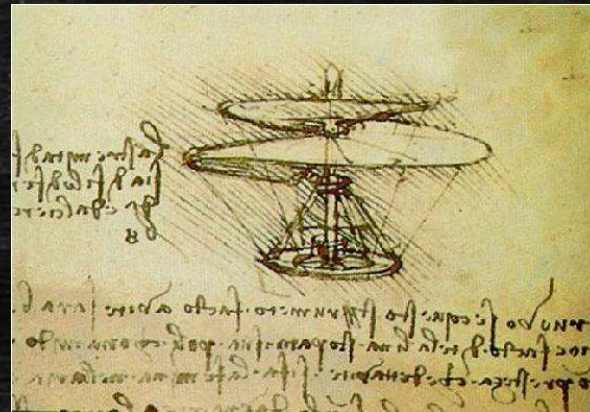
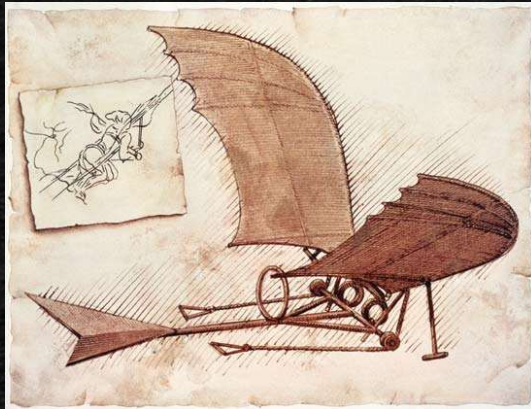
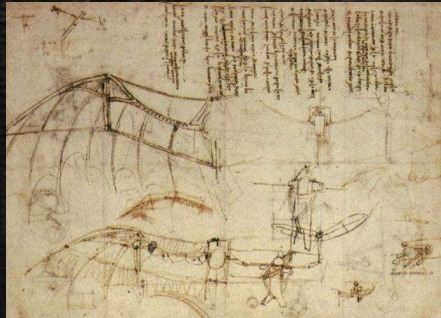
Începuturile bionicii

- ❖ Omul s-a inspirat din natură încă din cele mai vechi timpuri.
- ❖ De exemplu, și-a confecționat arme de vânătoare privind la colții și ghearele ascuțite ale animalelor prădătoare de la acea vreme.



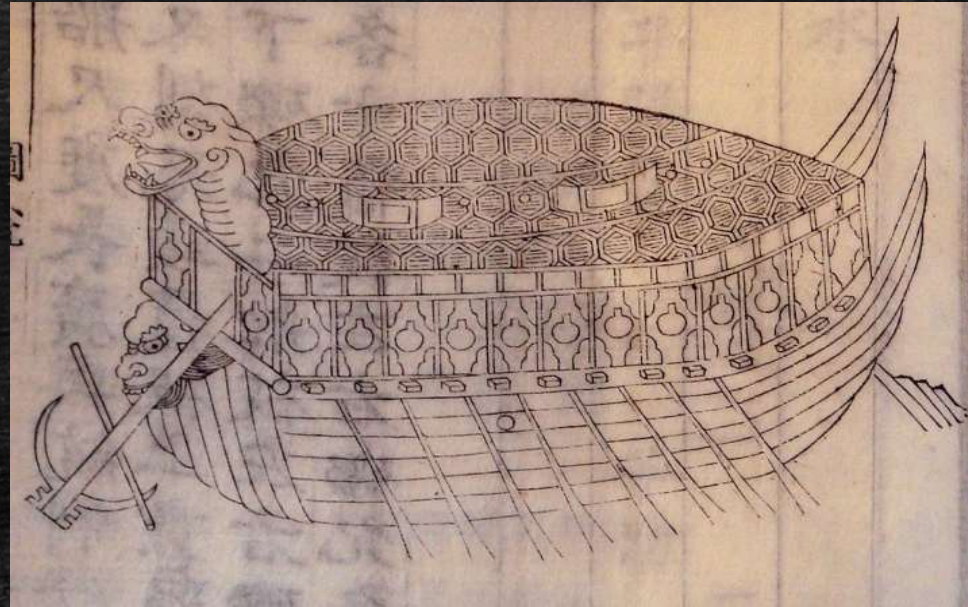
Începuturile bionicii

- ❖ Leonardo da Vinci (1452 – 1519) a studiat în detaliu zborul și a propus mai multe variante de aripi care aveau la bază structura aripilor de liliac, pe care el o considera mai eficientă datorită greutateii reduse și naturii impenetrabile a membranei. Astfel, a proiectat aparate de zbor care puteau fi ridicate de la sol folosind forța umană dar și o parașută și un deltaplan.



Începuturile bionicii

- ❖ În estul îndepărtat, generalul corean Yi Sun-Sin a îmbunătățit modelul unui vas de luptă inspirat din forma carapacei broaștei țestoase, modelul fiind adoptat anterior în timpul domniei regelui Taejong, pentru a se lupta cu japonezii în timpul invaziilor (1592 - 1598).



Începuturile bionicii



❖ Armura, folosită în antichitate pentru protecția corpului luptătorilor este inspirată din carapacea sau cochilia unor animale.

Bionica în prezent

- ❖ Societatea modernă este guvernată de o economie și un stil de viață ne-sustenabil față de planetă, drept dovadă stau efectele negative produse de industrializarea galopantă din ultimele decenii. Prin urmare, este necesară o transformare substanțială în toate planurile societății pentru a proteja mediul înconjurător și resursele pământului. Aria tehnologică și inovarea sunt domenii esențiale prin intermediul cărora putem lua măsuri împotriva acestor provocări.
- ❖ Biomimetica este un domeniu de graniță cu valențe multidisciplinare care în ultimele două decenii a arătat soluții inovatoare remarcabile ce încurajează sustenabilitatea. Studiile și proiectele de cercetare au devenit numeroase în diverse domenii precum medicină, materiale și tehnologia suprafețelor, robotică, arhitectură ș.a. La fel cum natura a găsit soluții și strategii pentru a eficientiza consumul de material și energie, putem învăța de la aceste modele biologice să găsim soluții sustenabile la provocările din societate.

Bionica în prezent

- ❖ Între anii 2019 - 2022, asociația germană de cercetare **BayBionik** a avut ca scop dezvoltarea de produse și procese biomimetice destinate protecției mediului. Astfel, cele 8 proiecte desfășurate la universități din Germania s-au axat pe modificarea caracteristicilor bunurilor și serviciilor, modificarea tehnicilor de producție sau de reciclare.
- ❖ Scopul a fost implementarea cu succes a principiilor biologice în tehnologie care să conducă la produse și procese mai ecologice sau mai puțin dăunătoare pentru mediu.

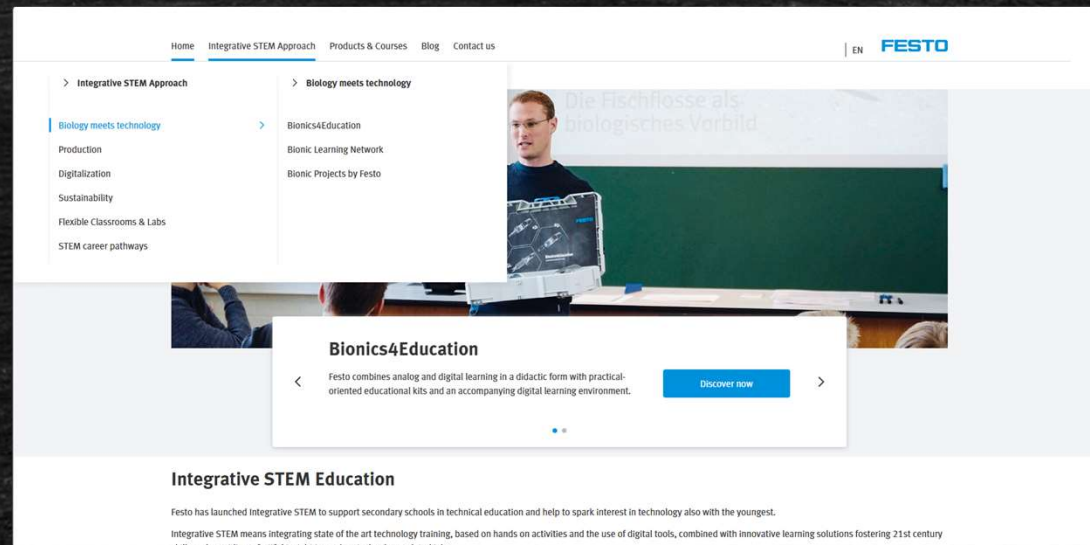


BayBionik's project focuses on "Self-cleaning, sustainable surfaces" and "Intelligent, resource-efficient systems".

Bionica în prezent

- ❖ Compania FESTO a dezvoltat o abordare integratoare a educației STEM pentru a ajuta școlile în educația tehnologică a tinerilor.
- ❖ Această abordare se referă la integrarea tehnologiilor actuale ce au la bază activități practice și folosirea de instrumente digitale, cu soluții inovatoare de învățare care promovează competențele secolului 21 și oferă o perspectivă bogată a locurilor de muncă moderne în aria tehnologică.

Integrative STEM Approach



The screenshot displays the Festo website's 'Integrative STEM Approach' page. The navigation bar includes 'Home', 'Integrative STEM Approach', 'Products & Courses', 'Blog', and 'Contact us'. The main content area features a sidebar with 'Integrative STEM Approach' and 'Biology meets technology' sections. The 'Biology meets technology' section lists 'Production', 'Digitalization', 'Sustainability', 'Flexible Classrooms & Labs', and 'STEM career pathways'. The 'Biology meets technology' section also lists 'Bionics4Education', 'Bionic Learning Network', and 'Bionic Projects by Festo'. A large image shows a man in a classroom setting with a greenboard and a presentation slide titled 'Die Fischflosse als biologisches Vorbild'. Below the image is a 'Bionics4Education' card with the text 'Festo combines analog and digital learning in a didactic form with practical-oriented educational kits and an accompanying digital learning environment.' and a 'Discover now' button. The footer section is titled 'Integrative STEM Education' and contains the text: 'Festo has launched Integrative STEM to support secondary schools in technical education and help to spark interest in technology also with the youngest. Integrative STEM means integrating state of the art technology training, based on hands on activities and the use of digital tools, combined with innovative learning solutions fostering 21st century skills and providing a fruitful insight in modern professions related jobs.'

<https://stem.festo.com/>

Bionica în prezent

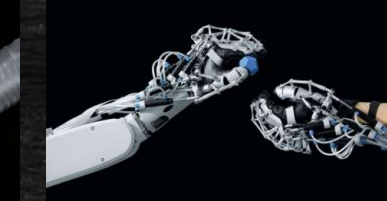
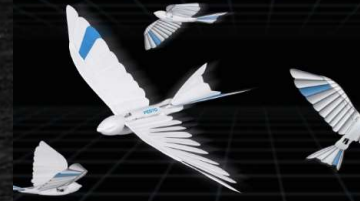
- ❖ *Bionics4Education* prin care compania FESTO se implică major și în promovarea Bionicii în rândul tinerilor prin pachete educaționale orientate pe exemple practice și combinate cu metodele digitale de predare-învățare.



<https://stem.festo.com/>

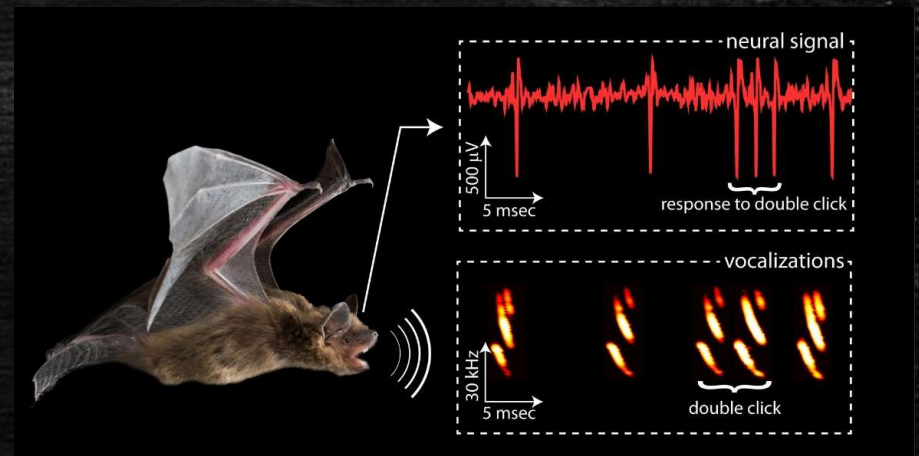
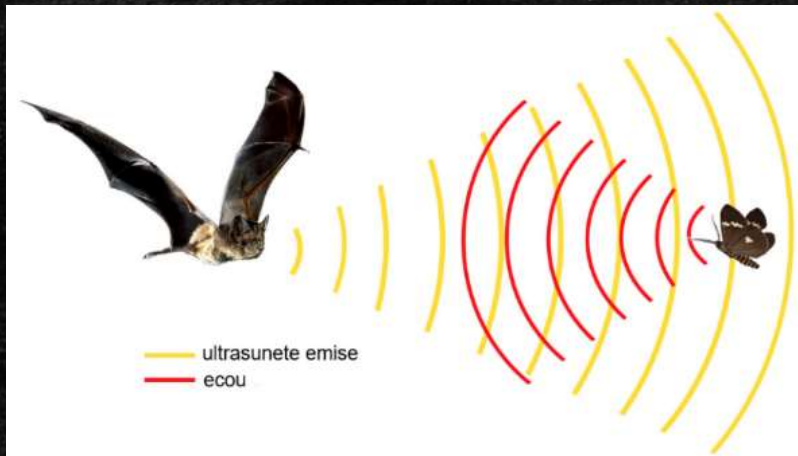
Bionica în prezent

- ❖ *Bionic Learning Network* fondată de compania FESTO în 2006 după ce au depus eforturi și au făcut investiții considerabile în cercetarea modelelor bionice încă din anii 1990.
- ❖ *Bionic Projects by FESTO*



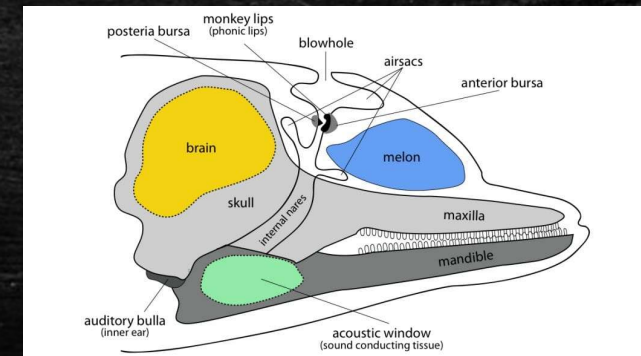
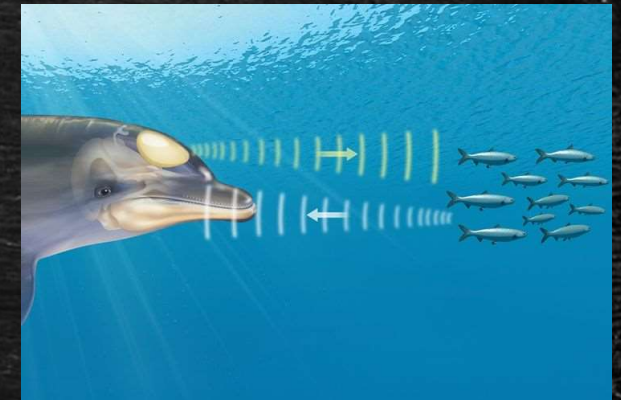
Modele bionice – Ecolocația

- ❖ Cetaceele (delfinii și balenele), liliicii, unele mamifere mici și unele păsări folosesc ecolocația pentru a se deplasa, orienta și găsi hrana dar și pentru a comunica. Animalul emite o serie de sunete cu frecvență înaltă care ricoșează de obiecte sau obstacole și revin sub formă de ecou, fiind detectate de urechi sau alți receptori senzoriali. Obiectul este localizat cu mare precizie datorită direcției ecoului și timpului scurs între emisia și recepția sunetului.
- ❖ Liliacul este un mamifer mic ce posedă un faringe cu mușchi puternici care permit o tensionare foarte mare a corzilor vocale subțiri și dure. Astfel, rezultă vibrații de înaltă frecvență de până la 70 000 Hz, care nu pot fi auzite de om (spectrul auditiv la om este între 16 și 20 000 Hz), dar pot fi percepute de urechile liliacului prin intermediul unei structuri numite melc, care amplifică și transformă undele acustice în semnale electrochimice nivelul creierului.



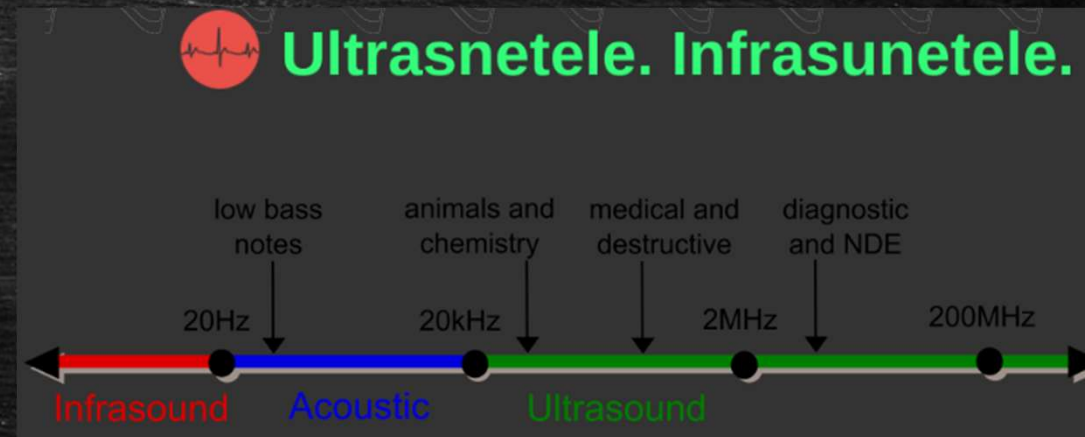
Modele bionice – Ecolocația

- ❖ **Delfinii** se folosesc de propagarea undelor ultrasonice în apă pentru a calcula forma și mărimea unui obiect, distanța și direcția acestuia pentru a găsi hrană sau pentru a comunica chiar și în ape turburi.
- ❖ În partea frontală a capului se află melon-ul, un țesut gras cu lichid, care funcționează ca o lentilă prin care sunetul este focalizat. Sunetele de diferite frecvențe sunt create în sacii nazali și canalizate prin melon iar apoi sunt transmise prin apă către obiectul de interes. Undele reflectate de obiect se întorc către delfin care le preia cu ajutorul maxilarului și apoi cu urechea internă ce transmite semnalul la creier care traduce sunetul într-o imagine.
- ❖ Prin intermediul ultrasunetelor, delfinii pot distinge și materialul din care este făcut un obiect. De exemplu, dacă localizează o persoană, aceștia îi pot vedea țesutul muscular, osos, eventuale tije metalice din corp și multe alte detalii subtile care să îi permită să facă diferența cu o altă persoană. Ecolocația la delfini este mult mai eficientă deoarece propagarea sunetului în apă se face cu viteză mai mare (aproximativ 1500 m/s) decât în aer (aproximativ 340 m/s).



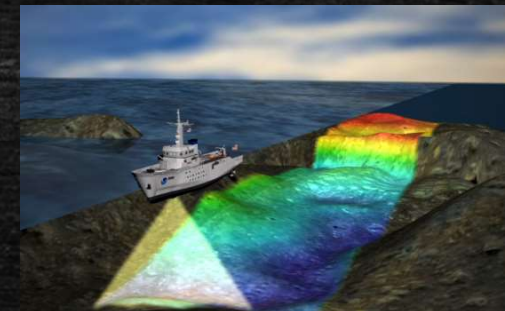
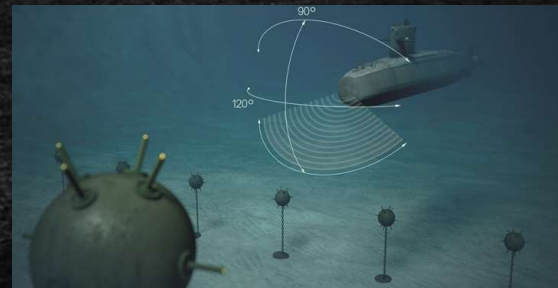
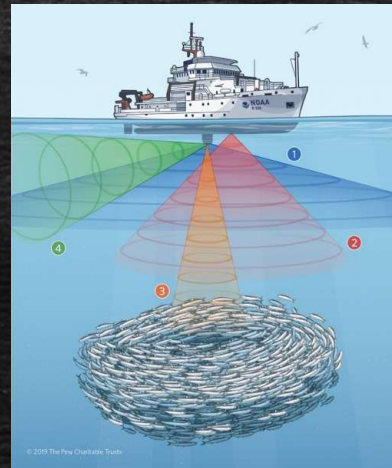
Modele bionice – Ecolocația în medicină

- ❖ Ecografia sau ultrasonografia, este o procedură de diagnostic rapid și de examinare imagistică a corpului care folosește ultrasunetele emise de o sondă specială a unui aparat.
- ❖ Această tehnică este non-invazivă, nu este dureroasă și nu dăunează organismului deoarece sunetul este o radiație neionizantă (nu iradiază) și din acest motiv ea se poate repeta ori de câte ori este nevoie.
- ❖ Ultrasunetele sunt absorbite și apoi reflectate de structurile anatomice și organele interne, recepționate și transformate într-o scară de tonuri alb-negru.
- ❖ Ea este limitată la nivelul plămânilor, oaselor și creierului.
- ❖ Se utilizează în mai multe ramuri ale medicinei, precum cardiologie, medicină de urgență, bloc operator, ginecologie, urologie, gastroenterologie, ecografie intervențională.



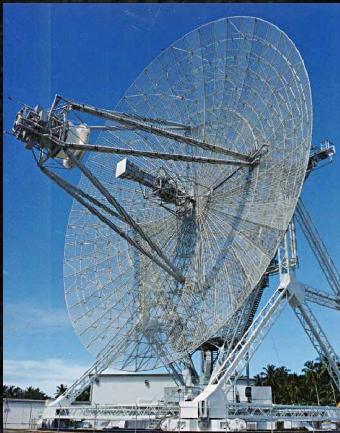
Modele bionice – Sonar

- ❖ Ecolocația la animale a fost o sursă de inspirație și pentru dezvoltarea radarelor și sonarelor care sunt astăzi folosite în ocean sau pe uscat pentru a naviga și găsi obiecte.
- ❖ Ambarcațiunile navale pot folosi ecolocația pentru a comunica, pentru a detecta bancurile de pești, adâncimea apei, pentru a cartografia fundul mărilor și oceanelor, pentru a detecta conducte, epave, mine sau torpile.



Modele bionice – Radar

- ❖ **RADAR** (Radio Detection and Ranging) reprezintă detectarea și determinarea poziției obiectelor prin transmiterea și reflexia microundelor.
- ❖ Se compune, de obicei, dintr-un emițător de microunde, un receptor și un sistem de antene (care se pot roti). Receptorul analizează diferența de timp dintre emisia și recepția undei reflectate de un obiect, apreciind astfel distanța acestuia față de sursa microundelor.
- ❖ Nikola Tesla a enunțat principiile radarului la sfârșitul sec. XIX. A fost utilizat în timpul celui de-Al Doilea Război Mondial pentru detectarea bombardierelor.



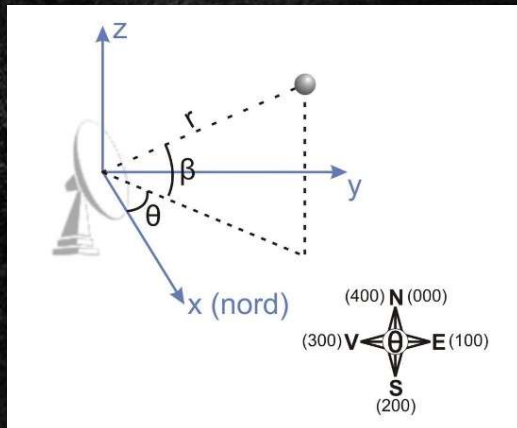
Antenă cu rază lungă, utilizată pentru urmărirea obiectelor spațiale și a rachetelor balistice.



Radar de tipul utilizat pentru detectarea aeronavelor. Se rotește constant, mătură spațiul aerian cu un fascicul îngust.

Modele bionice – Radar

- ❖ Pentru obiectele în zbor, poziția este caracterizată de trei coordonate. În practică nu se folosește sistemul tridimensional (cartezian) ci se lucrează cu coordonate polare. Azimutul θ și unghiul de înălțare β nu pot fi deduse prin procedeul radar. Ele sunt stabilite la sol, cu ajutorul mecanismului de orientare al antenei. Poziția curentă a acesteia se compară cu cea de referință: orientarea către nord ($\theta=0$) pe o traiectorie paralelă cu solul ($\beta=0$).
- ❖ În mediile militare, unghiul θ nu se exprimă în grade sau radiani, ci în sutimi. Acestea sunt unități fixe, corespunzătoare principalelor puncte cardinale, în sens antitrigonometric (N=000 sutimi, E=100 sutimi, S=200 sutimi, V=300 sutimi și iarăși N=400 sutimi). Spre exemplu, unghiul corespunzător direcției NNE va avea 25 sutimi, iar cel corespunzător direcției SVV – 275 sutimi.

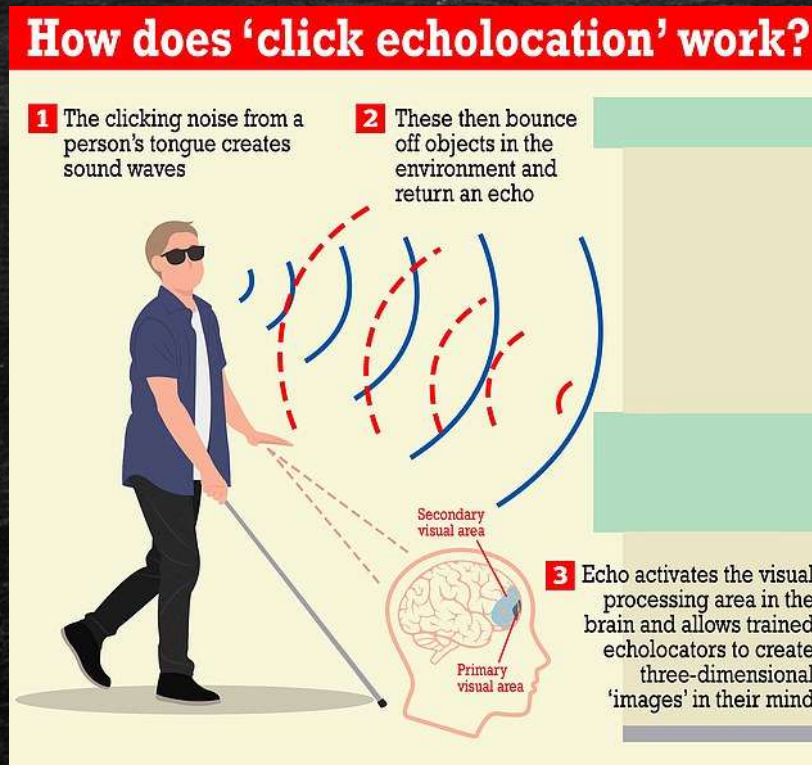


Distanța maximă r_{max} până la care un radar poate detecta corpurile zburătoare depinde de puterea de emisie a antenei:

$$r_{max} = \sqrt[4]{\frac{\sigma}{4\pi} \cdot \frac{P_e}{P_{r_{min}}} \cdot \sqrt{\frac{G \cdot \lambda}{4\pi}}}$$

σ reprezintă suprafața de reflexie eficace (ori secțiunea transversală), P_e – puterea emisă de antenă, $P_{r_{min}}$ – puterea reflectată minimă, încă detectabilă, G – câștigul antenei (gain), iar λ – lungimea de undă a radiației emise.

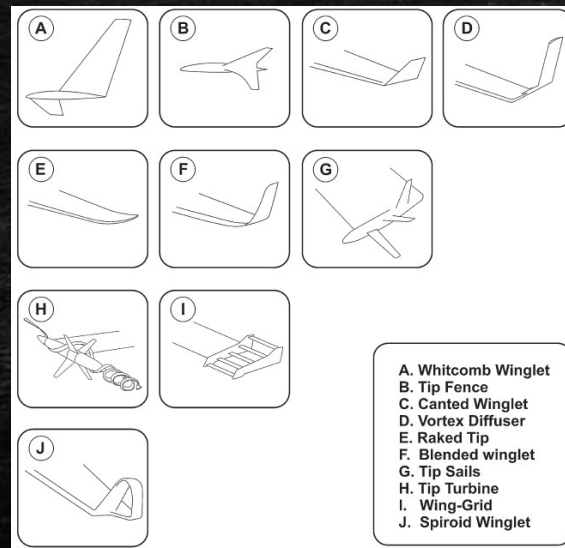
Modele bionice – Ecolocația la om



- ❖ Pentru om, pierderea vederii reprezintă un adevărat handicap. Este bine știut că nevăzătorilor li se dezvoltă alte simțuri, de pildă cel tactil, dobândind calități care îi ajută să perceapă lumea înconjurătoare.
- ❖ Ecolocația la om este capacitate ce trebuie învățată, și odată dobândită, poate fi perfecționată prin exercițiu.
- ❖ Acest mod de orientare, radarul în variantă umană, a început recent să fie studiat cu mijloace moderne de investigare, rezultatele fiind uimitoare. Cercetările arată că, în cazul persoanelor care își pierd vederea, creierul trece printr-un proces de reorganizare, în urma căruia anumite regiuni ale scoarței cerebrale pot căpăta funcții noi. După studiile realizate, s-a demonstrat că aria cerebrală care a manifestat cea mai intensă activitate în ecolocație a fost cea vizuală.
- ❖ Daniel Kish, care și-a pierdut vederea la vârsta de 1 an, este denumit "omul-liliac" deoarece a dobândit capacitatea de a-și imagina împrejurimile folosind sunete emise cu gura.

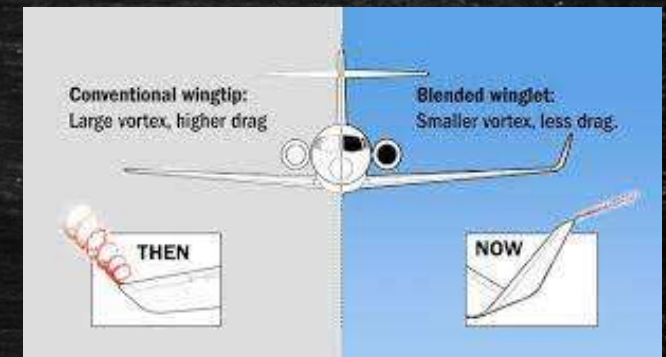
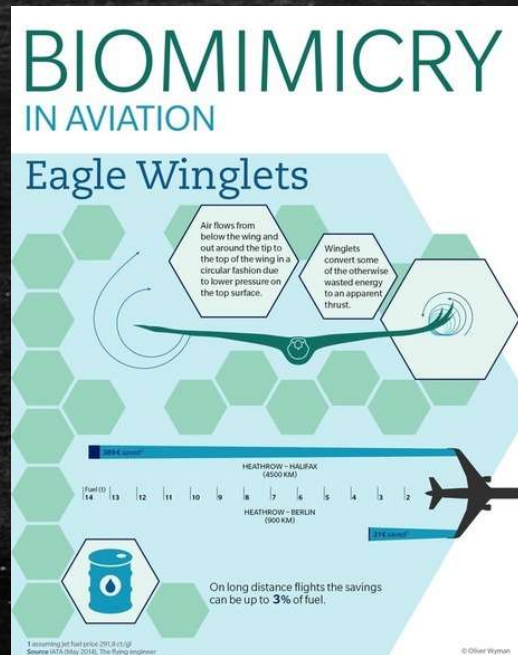
Modele bionice – Aparate de zbor

- ❖ Aparatele de zbor inspirate de la păsări au fost o preocupare încă de la Leonardo da Vinci care a propus câteva modele/prototipuri. Însă, odată cu acumularea de cunoștințe s-a observat că forma aerodinamică a acestora le permite să se ridice de la sol datorită presiunii de dedesubtul lor.
- ❖ Atât frații Wright (1867 - 1948) cât și F.W. Lanchester (1868 - 1946), au studiat forma aripilor și modul de zbor al păsărilor propunând diferite variante constructive.



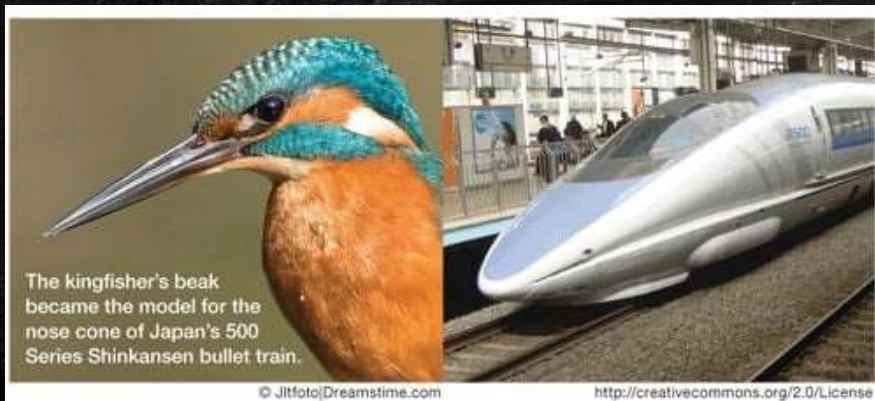
Modele bionice – Aparate de zbor

- ❖ La sfârșitul anilor 1970, R.T. Whitcomb, inginer la Centrul de Cercetare Langley NASA, a fost inspirat de un articol din revista Science Magazine despre modul de zbor al păsărilor care planează și rolul penelor din vârful aripilor în controlul zborului.



Modele bionice – Trenul de mare viteză

- ❖ Trenul de mare viteză din Shinkansen, Japonia, introdus în 1964, este cel mai rapid tren din lume și poate atinge o viteză de 320 km/h. Una din problemele asociate trenurilor de mare viteză este zgomotul pe care îl produc la ieșirea din tuneluri datorită variației de presiune. Acest zgomot poate fi foarte deranjant mai ales în zonele urbane unde există locuințe în vecinătatea liniei de transport.
- ❖ Inspirat de pasărea *Kingfisher*, Eiji Nakatsu a propus modificarea formei locomotivei trenului. Pasărea *Kingfisher* are dimensiuni relativ mici, capul mare și ciocul lung și ascuțit. S-a observat că, atunci când ea plonjează din aer în apă, rezultă o cantitate neglijabilă de stropi de apă. Care este secretul? Răspunsul este: ciocul lung.
- ❖ Astfel, noul model de tren inspirat de modelul de cioc al păsării *Kingfisher* a arătat că este mai puțin zgomotos, consumă mai puțină energie, echilibrează mai bine presiunea aerului, este mai rapid și mai confortabil.



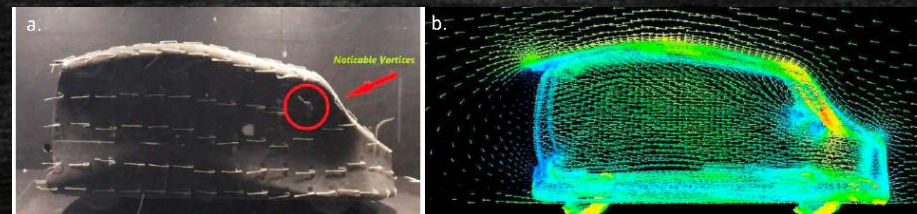
Modele bionice – Eoliene

- ❖ Combustibilii fosili reprezintă o sursă importantă pentru producerea de energie însă efectele negative asupra mediului au condus la necesitatea utilizării unor surse de energii alternative regenerabile cu un impact minim asupra mediului. Energia eoliană este una dintre acestea și presupune producerea de energie cu ajutorul unei surse inepuizabile, și anume, vântul.
- ❖ Palele turbinelor în rotație ating viteze mari care la vârf pot ajunge la circa 144 – 289 km/h. Forma palelor a suferit anumite modificări astfel încât aceasta să asigure o eficiență cât mai bună a eolienei.
- ❖ Portanța aerodinamică a palei a fost adaptată după forma înotătoarei balenei cu cocoașă, care prezintă ca niște tuberculi pe marginea frontală.

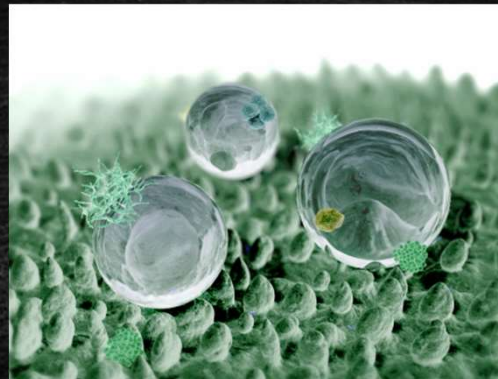
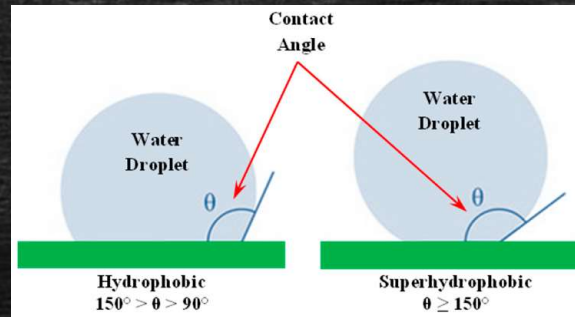


Modele bionice – Automobil bionic

- ❖ În prezent, problema eficienței consumului de combustibil la automobile este preocuparea companiilor care încearcă să proiecteze mașini nu numai din punct de vedere estetic ci și al aerodinamicii care contribuie într-un procent de aproape 80% la rezistența totală la înaintare a unui automobil în timpul deplasării.
- ❖ Inspirându-se după forma peștelui cufăr care îi oferă o aerodinamică deosebită în apă, deși el este un pește lent cu un schelet rigid care nu permite undulări prea mari ca alți pești, Daimler Chrysler au dezvoltat în 2005 un prototip de automobil bionic care prezintă eficiență ridicată datorită optimizării caroseriei în vederea reducerii rezistenței la înaintare.



Modele bionice – Efectul Lotus



- ❖ Frunza de Lotus prezintă un puternic efect hidrofob (unghiul de contact θ_c ajunge la 170°), conduce la un efect puternic de auto-curățare.
- ❖ Fenomenul a fost observat de către profesorul Wilhelm Barthlott în 1977, doctorand și asistent de cercetare la acea vreme în cadrul Universității Bonn, pe când analiza la microscopul electronic diferite frunze.
- ❖ Suprafața frunzei de lotus prezintă un strat cu papile ce au înălțimea de 10-20 μm și lățimea de 10-15 μm acoperite de cuticule de ceară care se regenerează.
- ❖ Acest efect a fost observat și la alte plante (petalele de trandafir) fiind ca o protecție împotriva agenților patogeni precum ciuperci sau alge, dar și pentru insecte, ca de exemplu aripile fluturilor și libelulelor, care nu își pot curăța toate părțile corpului.
- ❖ Un alt beneficiu al auto-curățării este acela că previne contaminarea suprafeței plantelor expuse luminii ceea ce ar reduce fotosinteza.

Modele bionice – Efectul Lotus

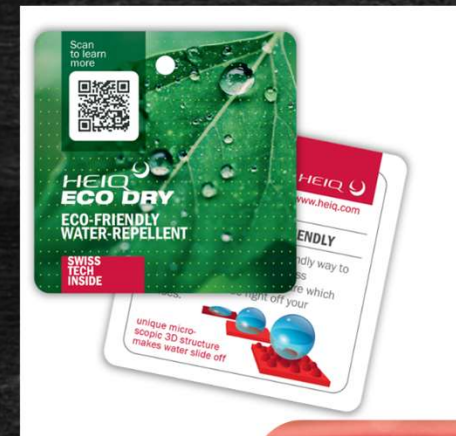
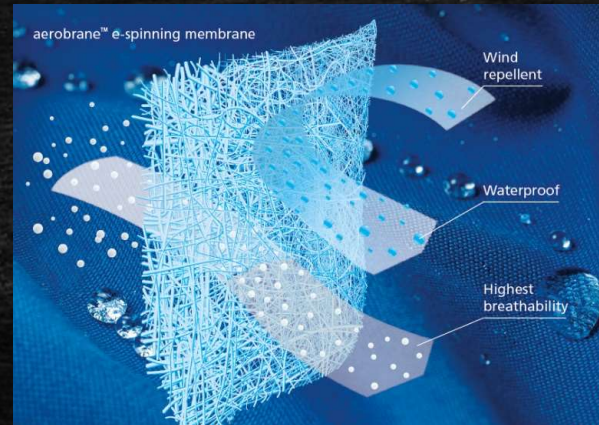
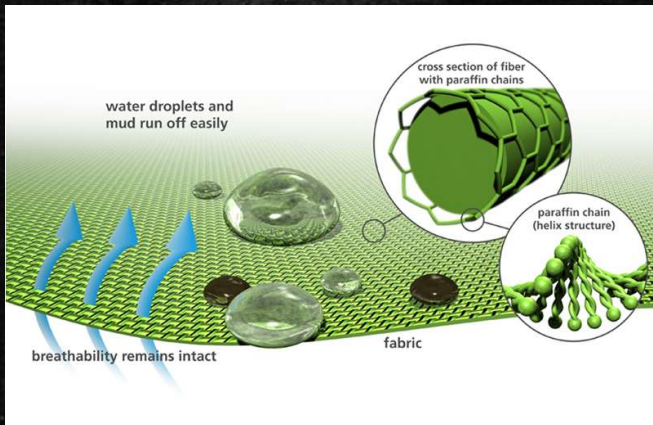
- ❖ Chiar dacă la început W. Barthlott a întâmpinat probleme în a promova descoperirea lui, mai apoi, numeroase companii s-au arătat interesate și au fost dezvoltate produse precum:
 - ✓ vopsele decorative de exterior pentru fațade: Lotusan®, compania Sto



Modele bionice – Efectul Lotus

❖ Chiar dacă la început W. Barthlott a întâmpinat probleme în a promova descoperirea lui, mai apoi, numeroase companii s-au arătat interesate și au fost dezvoltate produse precum:

✓ articole de îmbrăcăminte



Modele bionice – Efectul Lotus

- ❖ Chiar dacă la început W. Barthlott a întâmpinat probleme în a promova descoperirea lui, mai apoi, numeroase companii s-au arătat interesate și au fost dezvoltate produse precum:
 - ✓ textile tehnice: corturi, umbrele, copertine, prelate, pânze, vele, parasolare, bannere publicitare, steaguri ș.a.



Textile Chemicals

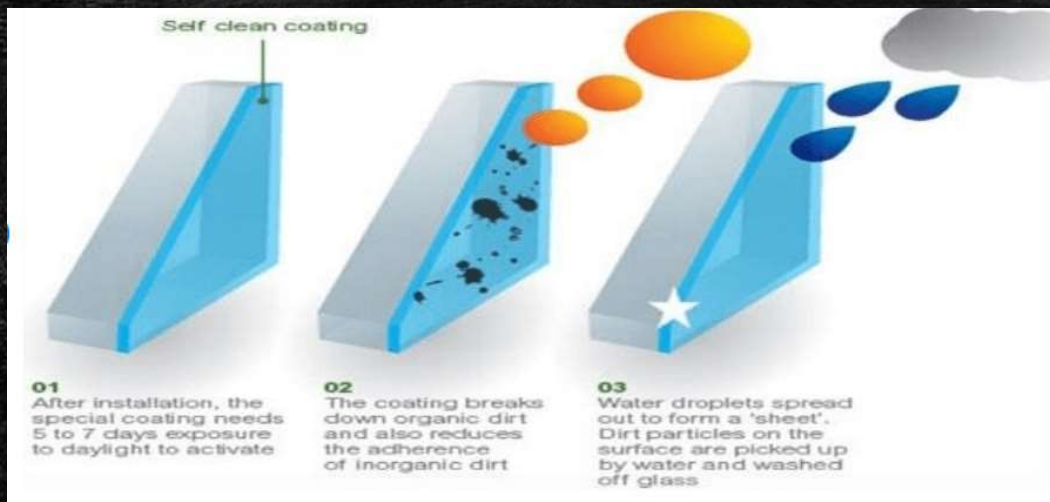
Self-cleaning Technical Textiles
Dirt on a textile? – Relax!

BASF
The Chemical Company



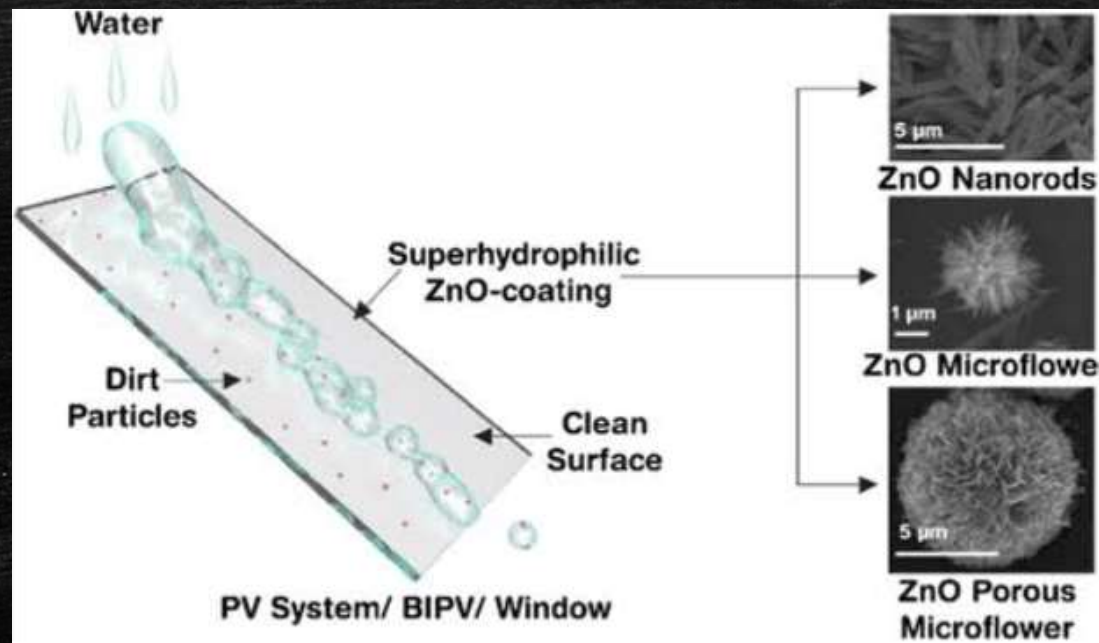
Modele bionice – Efectul Lotus

- ❖ Chiar dacă la început W. Barthlott a întâmpinat probleme în a promova descoperirea lui, mai apoi, numeroase companii s-au arătat interesate și au fost dezvoltate produse precum:
 - ✓ strat de auto-curățare pentru geamuri/ferestre și panouri solare



Modele bionice – Efectul Lotus

- ❖ Chiar dacă la început W. Barthlott a întâmpinat probleme în a promova descoperirea lui, mai apoi, numeroase companii s-au arătat interesate și au fost dezvoltate produse precum:
 - ✓ strat de acoperire rezistent la coroziune



Modele bionice – ”Apă din ceață”

- ❖ Astăzi, aproape două persoane din zece nu au nicio sursă de apă potabilă sigură, conform ONU. Milioane de oameni, majoritatea copiilor, mor în fiecare an din cauza bolilor asociate cu alimentarea inadecvată cu apă, salubritate și igienă.
- ❖ Soluția la această problemă a venit tot din natură, mai exact de la gândacul de deșert (*Stenocara gracilipes*), care trăiește pe țărmul arid al Namibiei. Acesta își extrage apa din ceața care se creează ca urmare a interacțiunii dintre aerul fierbinte al deșertului și briza mai rece venită dinspre ocean.
- ❖ El se poziționează în bătaia brizei cu corpul înclinat cu capul în jos astfel încât, datorită zonelor hidrofile care captează picăturile mici de apă și celor hidrofobe care ajută la transport, apa va ajunge la nivelul gurii.



Modele bionice – ”Apă din ceață”

- ❖ FogQuest este o organizație canadiană non-profit fondată în 2000 de Sherry Bennett și Robert Schemenauer, care folosește colectoare de ceață moderne pentru a aduce apă potabilă și pentru irigare comunităților rurale din țările în curs de dezvoltare din lume.
- ❖ Organizația este formată exclusiv din voluntari, primește finanțare din granturi, donații și taxe de membru. Atunci când este propus un proiect de colectare a ceții, FogQuest evaluează mai întâi condițiile locației pentru a se asigura că este suficientă ceață. Deoarece munca de construire și întreținere a colectoarelor de ceață depinde de localnici înșiși, FogQuest are nevoie de un partener local și de o comunitate dispusă să colaboreze. Dacă aceste condiții sunt îndeplinite și există finanțare disponibilă, organizația construiește mai întâi un mic colector de ceață, care costă de la 75 \$ până la 200 \$, pentru a vedea câtă apă poate fi recoltată. Dacă totul merge bine, pot fi instalate colectoare de ceață mai mari de aproximativ 40 de metri pătrați, care pot produce 200 de litri pe zi, pentru 1000-1500 \$ fiecare. Sistemul este complet pasiv, nu necesită aport de energie și poate dura zece ani cu condiția să fie îngrijit.
- ❖ În satul Chungungo, Chile, unde precipitațiile anuale sunt mai mici de 6 centimetri, 100 de colectoare de ceață au produs 15.000 de litri de apă pe an timp de zece ani. Apa de ceață recoltată îndeplinește standardele de apă potabilă ale Organizației Mondiale a Sănătății.

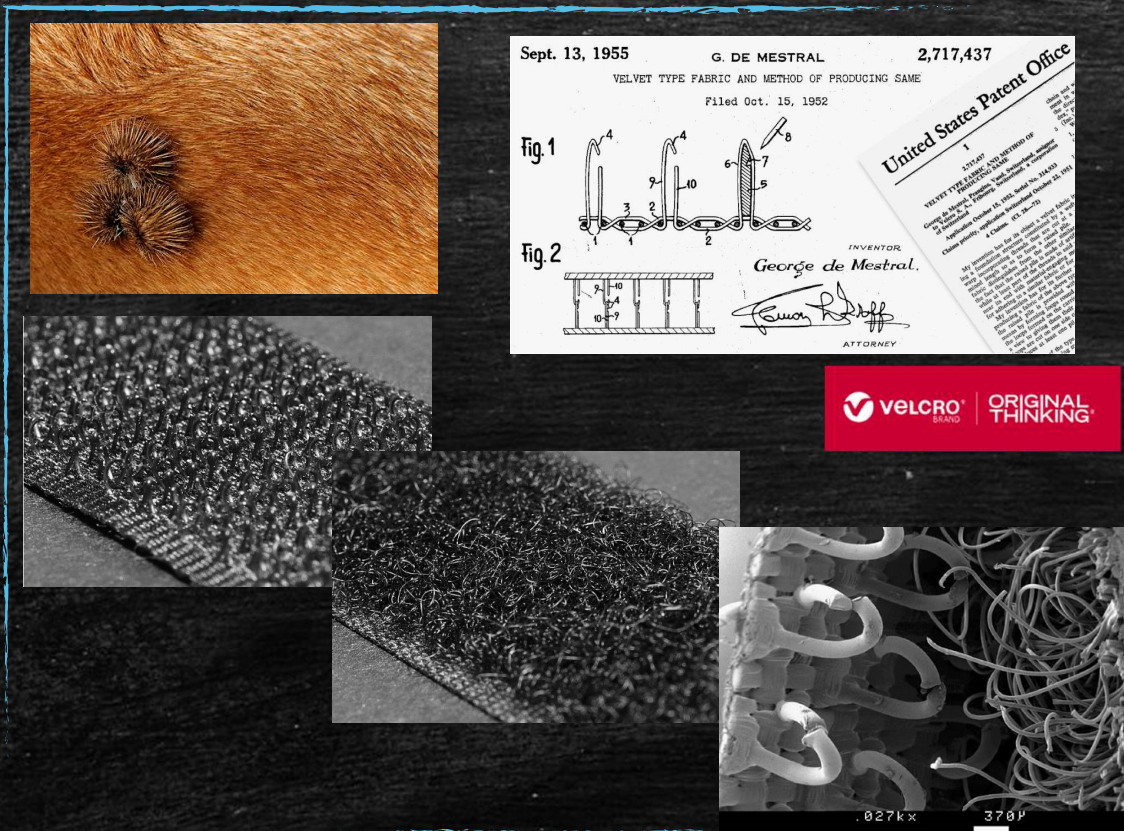


Modele bionice – Protecție solară



- ❖ Deși hipopotamul petrece nenumărate ore în soare, pielea lui nu este afectată de această expunere constantă la radiații ultraviolete. De ce?
- ❖ Cercetătorii de la Kyoto Pharmaceutical University of Japan au descoperit că acesta este protejat de o secreție glandulară, ca un mucus, produsă sub piele și eliminată pe toată suprafața corpului prin pori.
- ❖ Secreția de culoare roșie este un dispersor de lumină, având rol atât de blocare a razelor solare cât și de protecție împotriva lor.
- ❖ Totodată, transpirația hipopotamului este o substanță antibiotică și are un efect de respingere a insectelor.

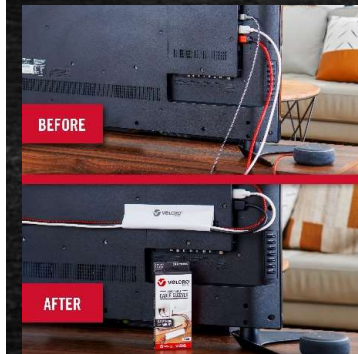
Modele bionice – Banda VELCRO®



- ❖ Ideea ia venit inginerului elvețian *Georges de Mestral* în 1941, fiind inspirat de scaietii/ghimpii care se prindeau de pantalonii lui sau de blana cânelui său, după o partidă de vânătoare.
- ❖ **VEL** – "velours" – velură, catifea
- ❖ **CRO** – "crochet" – cârlig
- ❖ Brevetul a fost acordat în 1954 în Elveția, în 1955 a fost recunoscut și în SUA, Germania, Marea Britanie, Suedia, Italia, Olanda, Belgia, Franța și Canada.
- ❖ Produsul a devenit mai popular atunci când NASA a beneficiat de durabilitatea, fiabilitatea, rezistența și versatilitatea elementelor de fixare ale mărcii VELCRO® pentru a rezolva unele provocări venite odată cu călătoria în spațiu în cadrul misiunii Apollo, și anume mediu extrem, lipsa gravitației, dexteritate limitată în costumele de astronaut și multe altele.
- ❖ 50 mm² ≈ 80 kg

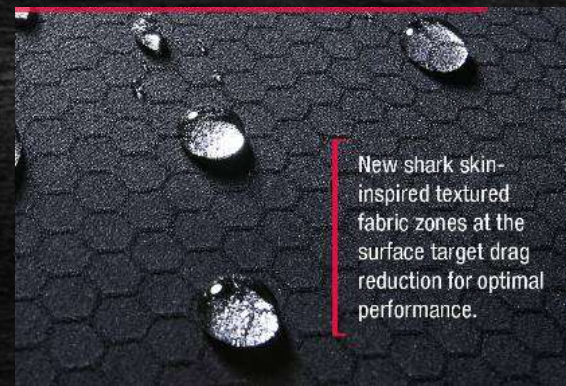
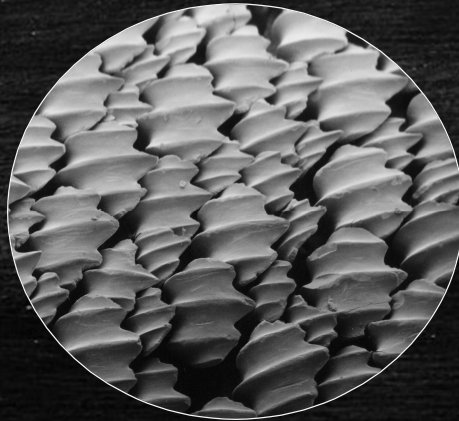
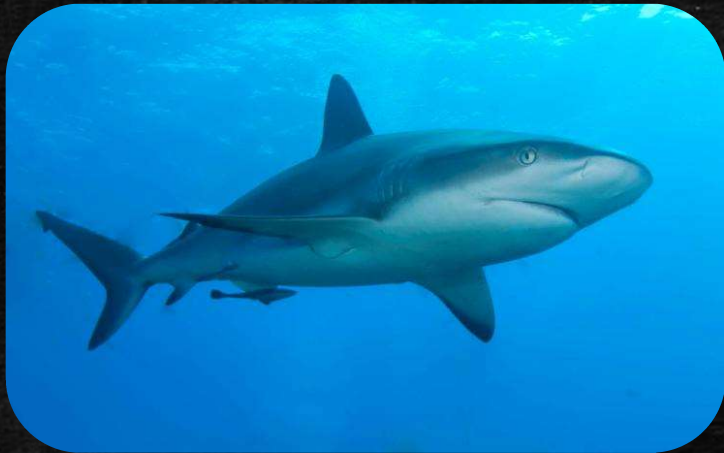
Modele bionice - Banda VELCRO®

- ❖ În prezent, datorită tehnologiilor avansate de fabricație, compania produce elemente de fixare într-o gamă largă de produse ce pot fi adaptate nevoilor fiecărui client.
- ❖ Domenii de utilizare: bunuri de consum, încălțăminte și îmbrăcăminte, industrie și construcții, medicină, ambalare/mărfuri, produse de îngrijire personală și transporturi.



Modele bionice – Pielea de rechin

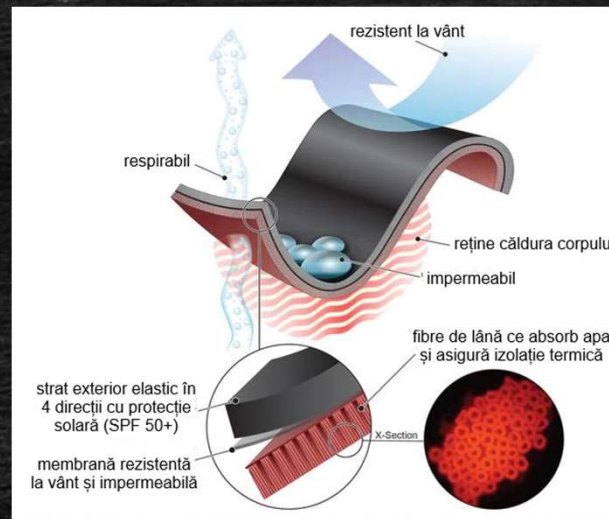
- ❖ Rechinul este un prădător desăvârșit în apă ce poate atinge viteze de peste 72 km/h, și asta datorită microstructurii pielii. Din exterior pielea rechinului pare netedă însă ea este de fapt aspră, mai exact, dacă ar fi să o atingem cu mâna, ea este netedă într-un sens și aspră în celălalt sens. Privită la microscop, pielea de rechin prezintă o multitudine solzi microscopici numiți denticuli dermici care permit apei să curgă "ordonat" prin caneluri (efect Riblet), reducând astfel rezistența la înaintare sau frecarea cu apa.
- ❖ Compania Speedo a dezvoltat costumul de înot LZR Racer care a fost purtat de câțiva înotători la Jocurile Olimpice din 2008 de la Beijing



Modele bionice – Pielea de rechin



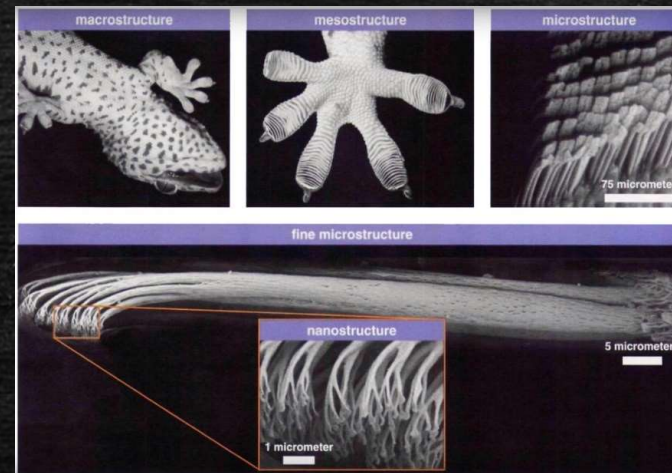
 SHARKSKIN™



- ❖ Sharkskin™ a fost dezvoltat inițial pentru scufundari și mai apoi pentru alte sporturi de apă. Astfel, scufundarii pot să-și păstreze o temperatură normală a corpului în timpul și după scufundări indiferent de temperatura apei sau a mediului.
- ❖ Este confecționat din 3 straturi: un strat interior termic numit ChillProof confecționat din lână care absoarbe și reține apa când este scufundat. Atunci când este scos la suprafață, stratul ChillProof elimină umezeala și se usucă rapid. Al doilea strat este 100% rezistent la vânt dar permite aerisirea pentru a regla temperatura corpului oprind în același timp briza rece a vântului. Al treilea strat este un amestec de nailon cu lycra ce oferă rezistență la abraziune și este elastic în 4 direcții. Acesta din urmă este în plus rezistent la radiații UV pentru protecție împotriva soarelui și impermeabil.

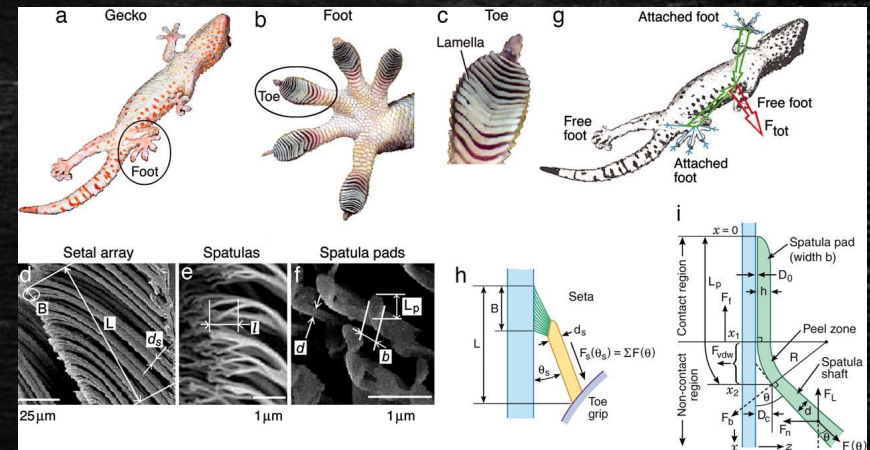
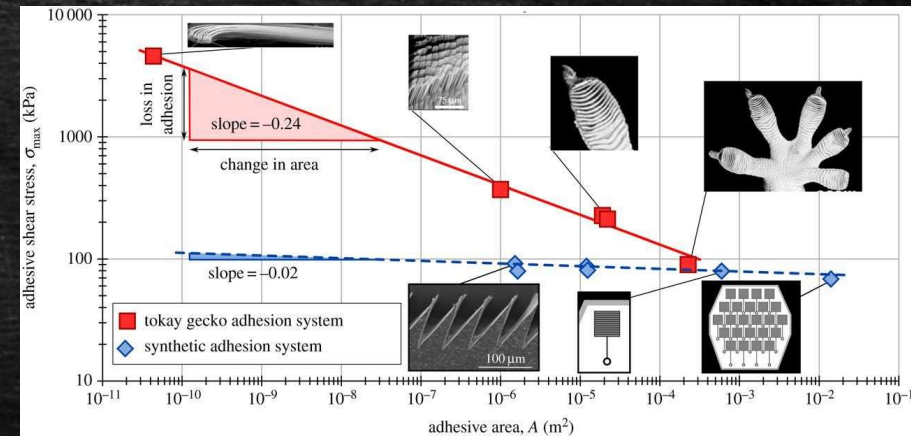
Modele bionice – Șopârla Gecko

- ❖ Oamenii de știință au fost uimiți de abilitatea șopârlei Gecko de a se atașa de diverse suprafețe și de a se deplasa rapid pe acestea fără să cadă sau să alunece, chiar dacă suprafețele sunt la verticală sau șopârla stă cu capul în jos.
- ❖ Mecanismul care le permite șopârlelor Gecko să se lipească și apoi să se desprindă de suprafețe nu este pe deplin înțeles însă se crede că se datorează unor pliuri acoperite cu niște perișori fini înclinați ("setă") de la nivelul tălpilor care funcționează ca niște ventuze. Fiecare mm^2 conține aproximativ 14000 de perișori ce au diametrul de aproximativ $5 \mu\text{m}$ și care la vârf sunt divizați în 100 până la 1000 de perișori și mai fini ("spatule"), de ordinul nanometrilor.



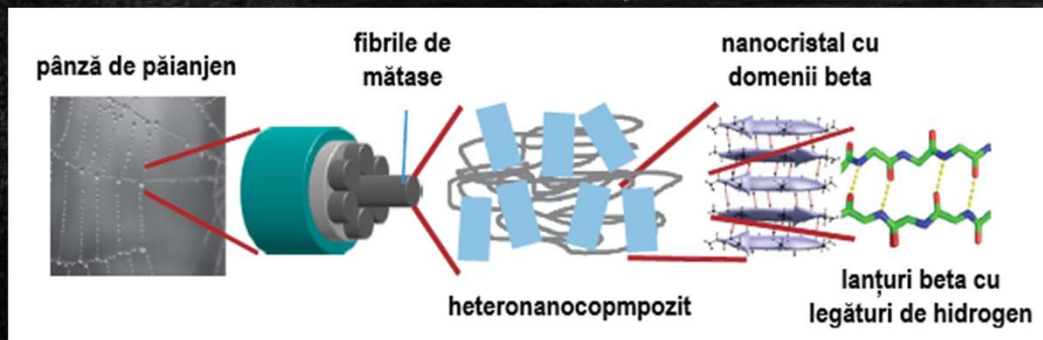
Modele bionice – Șopârta Gecko

- ❖ La nivelul acestor formațiuni din cheratină se dezvoltă forțe de atracție van der Waals și forțe de capilaritate ce determină atașarea fermă pe suprafețe fără o aplicare a unei presiuni normale la suprafață ci mai degrabă datorită tensiunilor tangențiale, de forfecare. Totuși, Izadi et al. (2014) au raportat că fenomenul de aderență se datorează forțelor electrostatice de la nivelul contactului cu suprafețele. Aceste pliuri de la nivelul picioarelor se curăță foarte ușor atunci când există murdărie. Suprafața pe care șopârta Gecko nu se poate fixa la fel ca pe celelalte este politetrafluoretilena (PTFE).
- ❖ Aderența șopârlei Gecko este mai consistentă atunci când umiditatea este crescută dar este puternic redusă atunci când este scufundată în apă. Rolul apei în mecanismul de aderență este încă în discuție, însă anumite experimente au arătat că interpunerea de molecule de apă între pliuri și suprafață cresc energia de suprafață ceea ce duce la o forță de aderență crescută.
- ❖ Atunci când se desprind de suprafață, șopârta gecko face o hiperextensie a degetelor dezlipindu-și mai întâi vârful și apoi progresiv pliu cu pliu, ca un peeling, la fel cum se dezlipește o bandă adezivă de o suprafață.



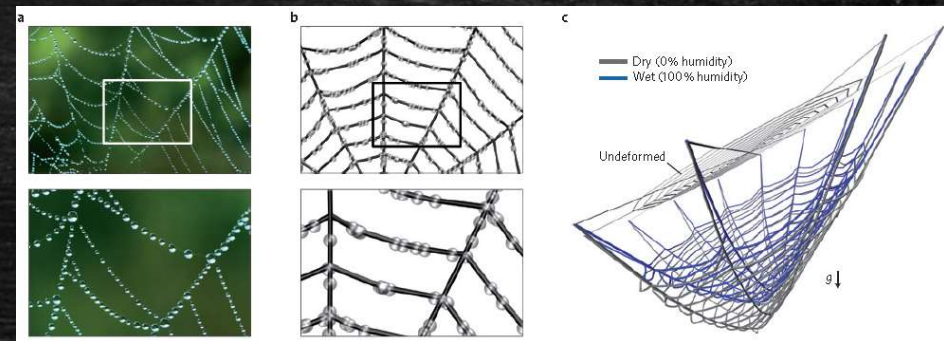
Modele bionice – Pânza de păianjen

- ❖ Toți păianjenii și unele specii de miriapode și insecte, utilizează mătasea în mai multe scopuri, cum ar fi capturarea prăzii, construirea habitatului sau chiar protejarea ouălor.
- ❖ Ca structură, pânza de păianjen este o înșiruire de unități proteice ce prezintă legături de hidrogen. Structura moleculară a proteinelor și modul de aranjare a secvențelor au o influență directă asupra proprietăților mecanice ale pânzei.



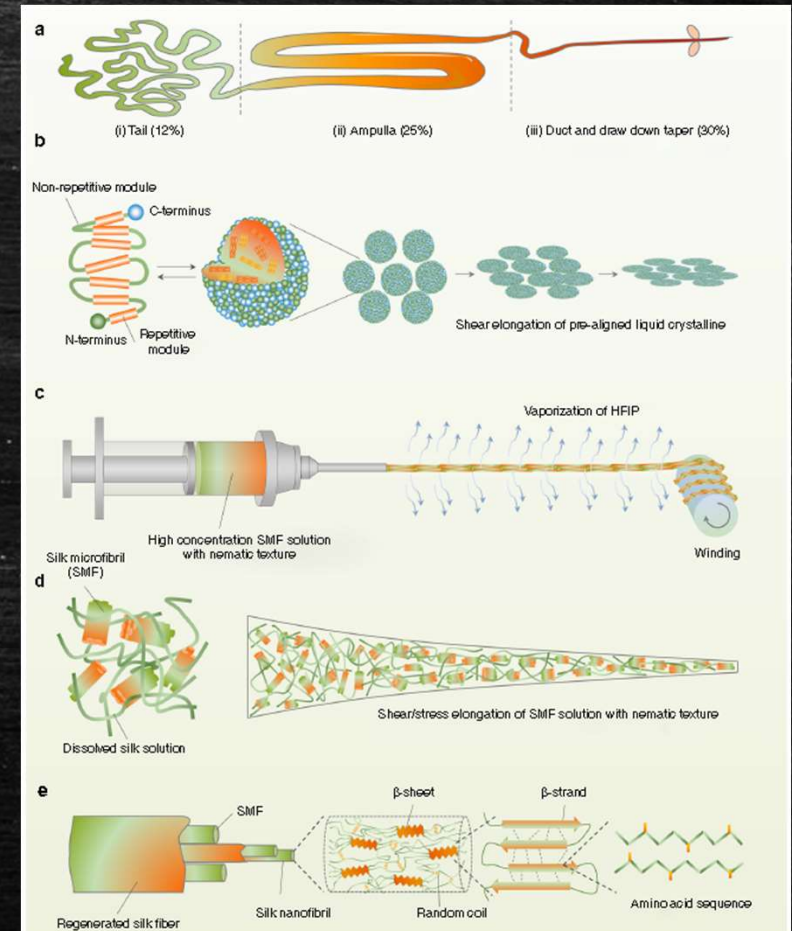
Modele bionice – Pânza de păianjen

- ❖ În urma unor teste de rezistență a firelor de mătase naturale s-a observat că aceasta posedă proprietăți mecanice extraordinare raportate la dimensiunile ei.
- ❖ Mătasea de păianjen este predispusă la supracontractare în apă, suferă detensionare și prezintă fluaj semnificativ (capacitate scăzută de a suporta sarcini pe termen lung), toate acestea fiind accentuate de umiditate.
- ❖ Geometria plasei de păianjen poate avea forme diferite iar în cadrul lor se pot deosebi fire cu diferite grosimi distribuite fie radial, fie concentric față de centrul plasei, dar și joncțiuni dintre fibre sau zona de ancorare a plasei pe suportul natural al mediului înconjurător .
- ❖ Transmiterea vibrațiilor de-a lungul firelor este deosebit de importantă pentru păianjen deoarece acesta are o vedere slabă și se bazează pe vibrațiile produse de prada prinsă în plasă. Prezența picăturilor de apă duce la deformarea pânzei datorită forței gravitaționale (Figura 42), dar duce și la supracontractare care crește rigiditatea cu firelor cu peste 40%.

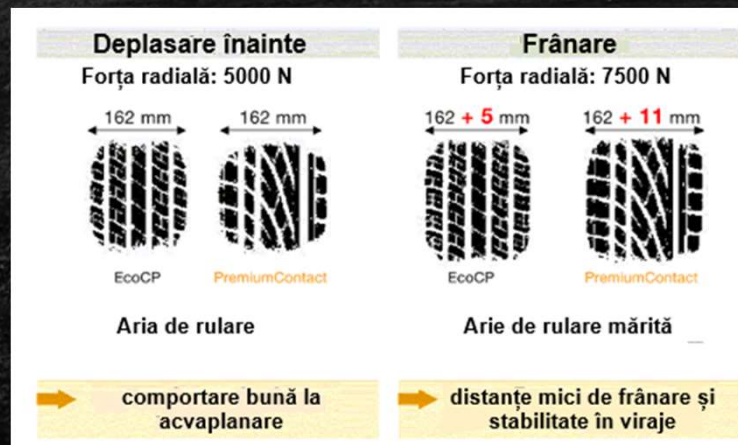
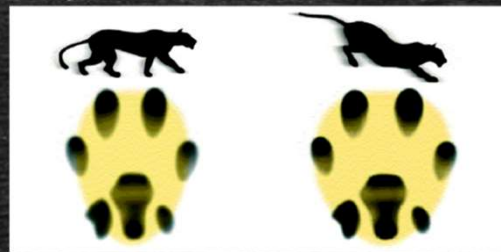


Modele bionice – Pânza de păianjen

- ❖ În ciuda limitărilor arătate de mătase, cercetătorii au continuat să producă fire de mătase sau materiale sintetice asemănătoare.
- ❖ O caracteristică a mătăsii naturale care a persistat în urma biomimetismului este aceea că fibrele de mătase sunt filate din soluție apoasă în material insolubil în apă, însoțite de modificări ale stării fizice (conformație), dar nu și natura chimică a proteinei.
- ❖ În mod similar, prelucrarea artificială a soluțiilor apoase de fibrină a viermilor de mătase a condus la materiale care imită proprietățile mătăsii naturale.



Modele bionice – Anvelope bionice

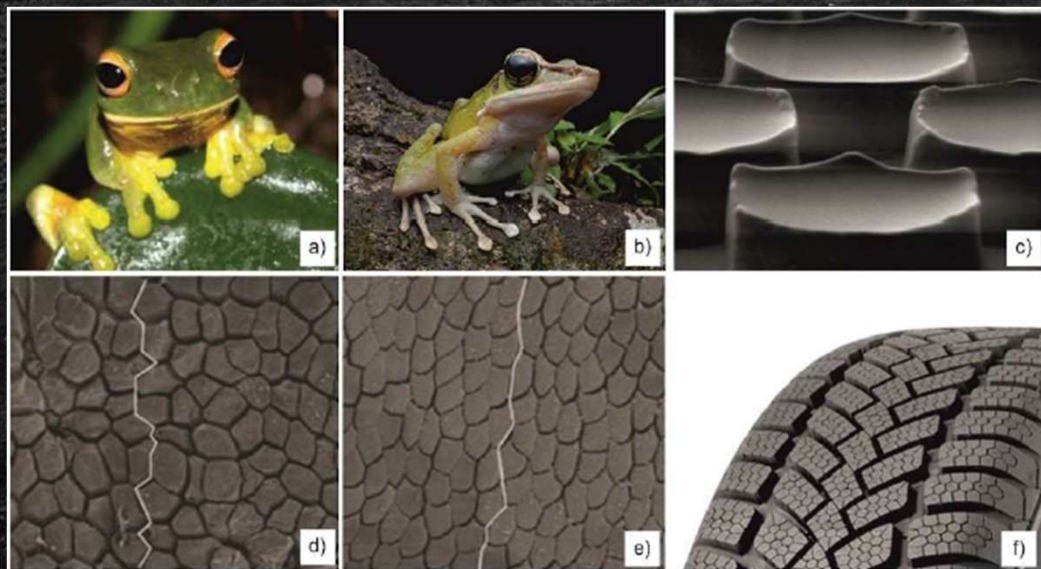


ContiPremiumContact™

❖ Anvelopele reprezintă elementele care fac ca mașina să vină în contact cu solul și îndeplinesc mai multe roluri simultan, cum ar fi: rezistență scăzută la rostogolire în mers pentru a reduce consumul de combustibil, rezistență mare la alunecare în timpul frânării pentru a micșora distanța de frânare și trebuie să fie durabile și să ruleze silențios.

❖ În timpul alergării, labele ghepardului sunt mai înguste pentru a minimiza frecarea cu solul și a economisi energie, însă atunci când încetinește sau își schimbă brusc direcția de alergare, labele se desfac mărand suprafața de contact cu pământul și asigurând astfel o stabilitate mai mare.

Modele bionice – Anvelope bionice

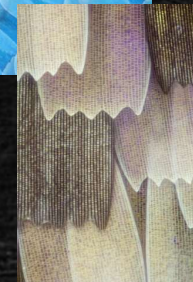
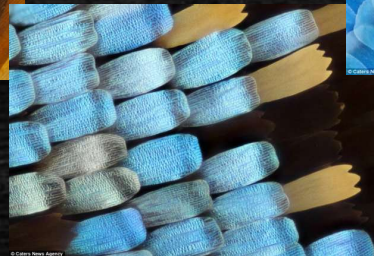
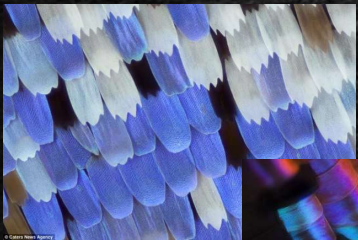


ContiWinterContact™ TS780

- ❖ Anvelopele pentru condiții umede de rulare au fost inspirate din structura tălpilor unor specii de broaște, cum sunt broasca de copac și broasca de apă dulce care posedă abilități de a se cățăra chiar și pe suprafețe umede.
- ❖ Privite la microscopul electronic, degetele broaștelor prezintă un mozaic de pernuțe ce conțin celule epiteliale cu formă aproximativ hexagonală (Figura 46-c, d și e) care le oferă aderență în timp ce se urcă pe copac sau pe stâncile umede. Printre aceste celule sunt dispersați porii glandelor mucoase care produc o secreție apoasă ce ajută la mecanismul de adeziune de la nivelul fiecărui deget.

Modele bionice – Culori electrizante

- ❖ Există în natură aproximativ 165000 specii de fluturi (nimfalide) a căror colorit viu este foarte divers și cu care formează diverse modele pentru a se camufla. Culorile din aripile lor, cum este de exemplu albastrul electrizant al speciei *Morpho Melenaus* sau nuanțele portocalii cu nervuri negre ale speciei *Monarch*, nu provine de la vreun pigment chimic ci din "culoarea structurală". Aripile adăpostesc un ansamblu de solzi (adesea cu dimensiunea sub o zecime de milimetru, chiar nanometru), a căror formă și distanță dintre ei urmărește un model, astfel încât reflectă lumina sub diverse lungimi de undă creând desenul și nuanțele de culoare specifice fiecărei specii. Nu întotdeauna solzii acoperă întreaga aripă, în cazul unor specii, ei pot fi dispuși rar, la o oarecare distanță unii față de alții, lăsând să se întrevadă membrana subțire și transparentă din care este formată aripa propriu-zisă.





Futurele depune ouăle pe frunza sau tulpina plantelor



Omida își poate schimba pielea de 4 – 5 ori pe măsură ce crește



După ce omida a crescut suficient, ea scapă și de ultima piele, înconjurându-se într-o crisalidă.

❖ În stadiul de omidă, larvele sunt viu colorate în violet și roșu – o metodă de avertisment în lumea animală, ce înștiințează prădătorii că nu sunt tocmai bune de mâncat. Larvele se hrănesc cu o specie de plante toxice, din genul *Cestrum*, care are efecte halucinogene pentru om. Aceste substanțe toxice sunt metabolizate, astfel încât se vor regăsi în corpul lor și în viața adultă. De aceea, se pare că nu este indicată atingerea fluturelui cu mâinile goale, fără mănuși.



În interiorul crisalidei omida se transformă în fluture. Fluturile nu zboară imediat ce iese din crisalidă deoarece are aripile moi, umede și încrețite și trebuie să aștepte să se usuce.



Futurele Ulise



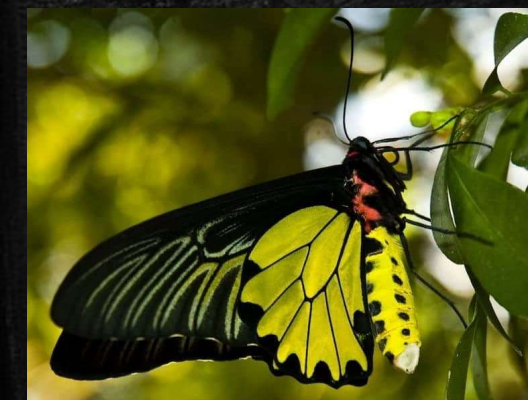
Futurele zebra cu coadă de rândunică



Futurele ochi de păun



Futurele 88 – *Diathria clymena*



Futurele Goliat



Futurele Greta oto - cu aripi de sticlă



Futurele Morpho

❖ Mark Miles, un absolvent de inginerie electrică al MIT, s-a întrebat: Unde ți-ai dori culori așa de vii într-un pachet subțire? Desigur, într-un afișaj electronic. Qualcomm a cumpărat în 2004 compania lui Miles care dezvoltase tehnologia și a produs afișajul Mirasol. "Exploatăm fenomenul de interferență optică" a spus Brian Gally, director senior management de produs la Qualcomm. Sub suprafața sticlei se găsește o rețea de modulatori interferometrici, în esență oglinzi microscopice (10 până la 50 μm^2) care se mișcă în sus și în jos, cu viteze de microsecunde, pentru a crea culoarea potrivită. La fel ca aripile fluturelui, "afișajul preia lumina ambientală din jurul nostru, lumina albă sau razele soarelui și, prin interferență ne trimite înapoi o imagine color", spune Gally. Spre deosebire de ecranele LCD și OLED convenționale, Mirasol nu trebuie să genereze propria lumină. Luminozitatea afișajului crește automat în funcție de lumina ambientală. Ca rezultat, Mirasol consumă o zecime din puterea unui cititor LCD. Qualcomm a folosit afișajul într-un e-reader, smartwatch și smartphone. În 2013, Qualcomm a renunțat la producția Mirasol, după ce au pierdut 300 milioane de dolari iar în 2015 au vrut să vândă licența Mirasol pentru 142 milioane de dolari dar nimeni nu s-a arătat interesat, piața smartphone-urilor și tabletelor fiind ferm axată pe ecranele LCD și OLED.

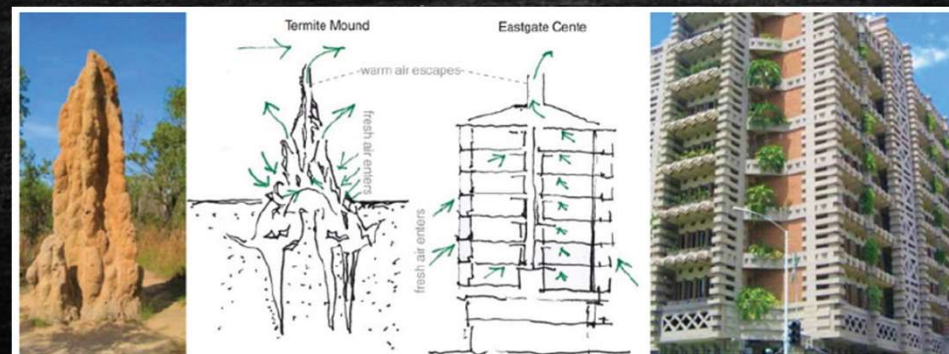
❖ Oamenii de știință ar putea să folosească acest efect optic pentru securitatea bancară, pentru criptarea informației cuprinse de semnături optice, pentru sistemul de tipărire a bancnotelor, cardurilor sau alte obiecte/ documente de valoare (de ex. pașaportul), împiedicând falsificarea.

❖ Folosind aripile fluturelui drept model, cercetători din Japonia și China au proiectat baterii solare care au absorbit mai multă lumină decât celulele fotosensibile convenționale.

❖ Culoarea stridentă a fluturelui Morpho a inspirat și pe creatorii de modă, cum este designerul Donna Sgro din Sydney care s-a autodescriș "lepidopterist ocazional", a creat trei rochii dintr-o țesătură numită Morphotex, un material albastru electrizant fără pigmenți de culoare, care formează culoarea prin interferență optică.

Modele bionice – Sistem de ventilație

- ❖ Termitele trăiesc în cuiburi înalte (movile) de 6 m alcătuite din pământ, scoarță de copac, nisip și salivă de termite care face structura să fie foarte dură, asemeni betonului.
- ❖ Sistemul de ventilație a aerului realizat de către termite se poate asemăna cu un plămân care inspiră și expiră aerul. Suprafața exterioară a movilei este poroasă iar fluxul de aer care pătrunde, preia bulele de gaz cu aer cald venit de jos și le elimină prin vârf. În subteran, cuibul are săpate canale prin care pătrunde aerul mai rece.
- ❖ Mick Pearce a construit în 1996 în capitala Harare, Zimbabwe, prima clădire cu sistem natural de răcire, numită Eastgate Center. La etajele inferioare există ventilatoare care trag aerul răcoros de afară pe timpul nopții și îl direcționează la etajele superioare până la acoperiș unde este eliminat prin hornuri. Astfel, consumul de energie al acestei clădiri este cu 35% mai mic față de alte clădiri din Zimbabwe iar temperatura interioară pe timpul zilei este menținută la aproximativ 27°C iar pe timpul nopții la aproximativ 15°C.



Modele bionice în arhitectură

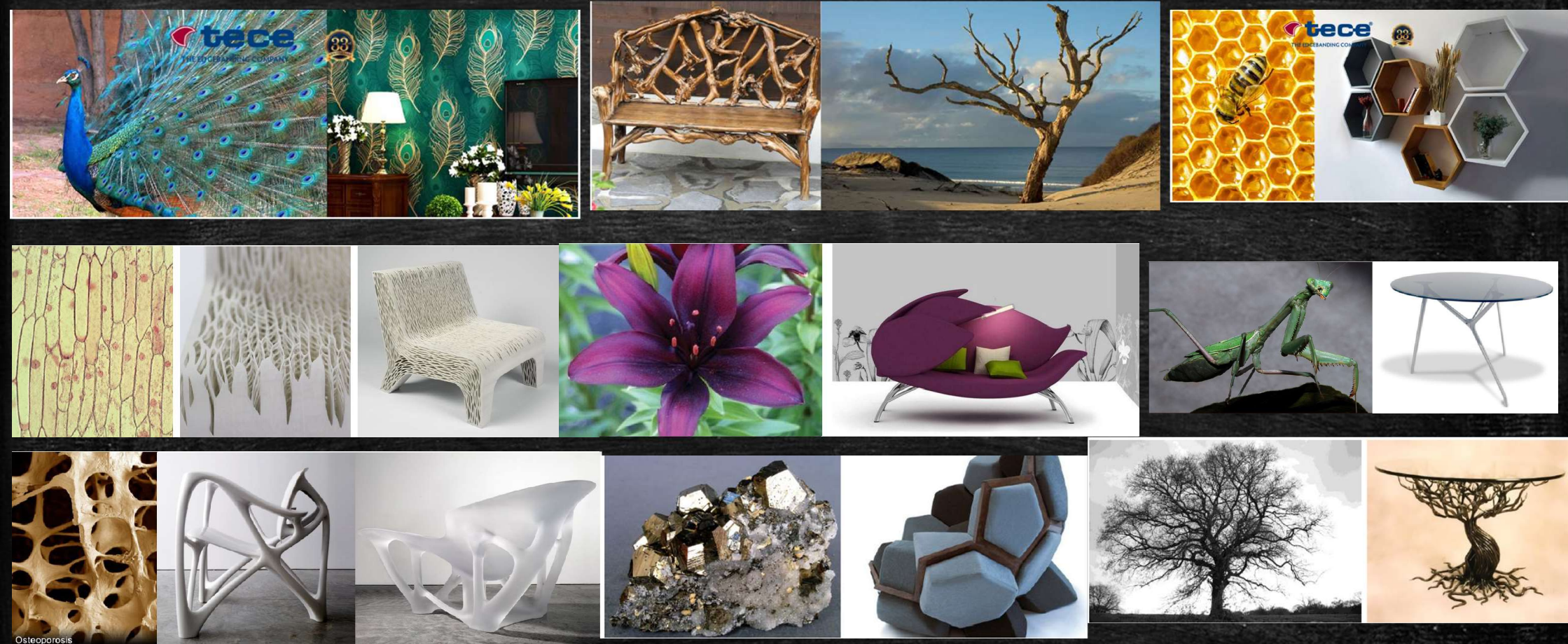
"If nature is the work of God, and if architectural forms are derived from nature, then the best way to honor God is to design buildings based on His work."

Antoni Gaudi, arhitect spaniol

- ✓ Gaudi a folosit modele pe care le-a văzut în natură, în special forme geometrice regulate, precum paraboloidul hiperbolic, hiperboloidul, helicoidul și conul.
- ✓ Gaudi s-a inspirat din natură și în ceea ce privește structura internă, remarcând stuful, papura și chiar structura osului uman.
- ✓ Aceste forme și structuri sunt în același timp și funcționale și estetice, iar Gaudi a transpus limbajul naturii în arhitectură.



Basilica Sagrada Familia
Barcelona, 1882



Obiecte decorative bionice inspirate din forme naturale: (a) tapet inspirat din penele din coada de fazan; (b) bancă din Lemn inspirată din crengile de copac; (c) rafturi decorative inspirate din forma hexagonală a fagurelui de miere; (d) scaun inspirat din structura celulelor vegetale, realizat prin imprimare 3D (creat de Lilian van Daal); (e) fotoliu inspirat din petalele florii de Lotus (creat de Albina Basharova); (f) masă inspirată din forma picioarelor insectei Mantis Religiosa (Călugăriță); (g) "scaunul os" inspirat din structura osului (creat de Joris Laarman); (h) scaunul "Quartț" cu aspect de cristaloid (creat de Davide Barzaghi); (i) masă inspirată din forma unui arbore (creat de Scott Cawood)

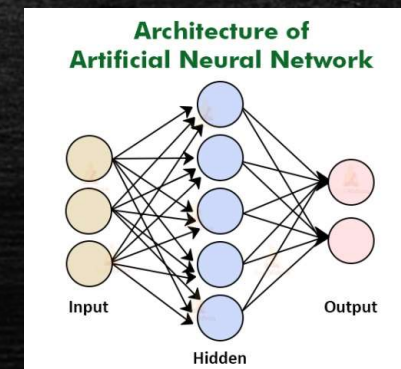
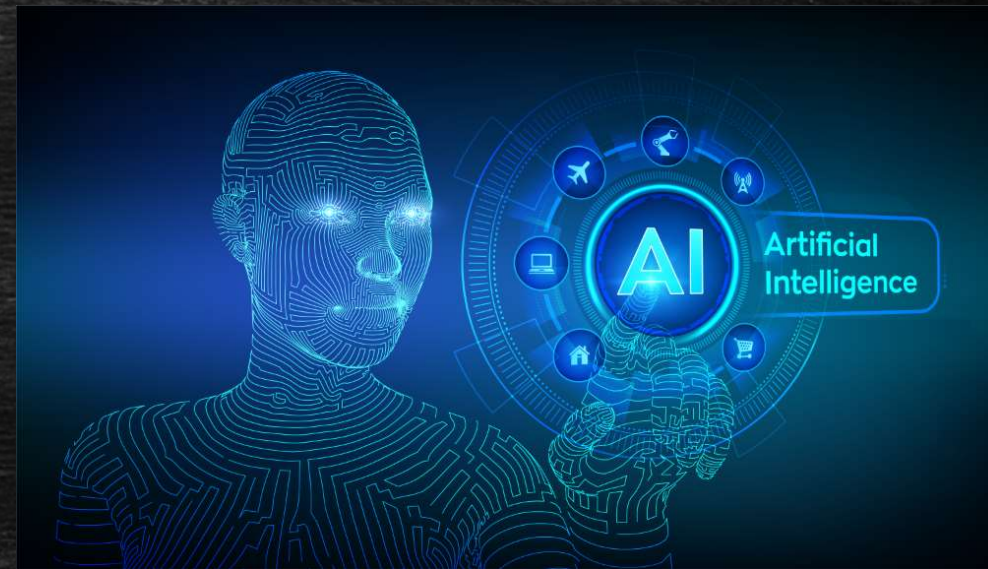
Modele bionice în arhitectură

Un alt monument dedicat naturii este teatrul Esplanade din Singapore realizat de Michael Wilford și arhitectii DP care are o înfățișare spectaculoasă ce imită fructul durian (Figura 49). Acest fruct are coaja plină cu spini pentru a proteja semințele din interior și prin similitudine clădirea protejează vizitatorii de razele soarelui. Pe pereții din sticlă sunt acoperiți cu niște lambriuri triunghiulare de aluminiu care umbresc clădirea și permit adaptarea lor la poziția și direcția soarelui.

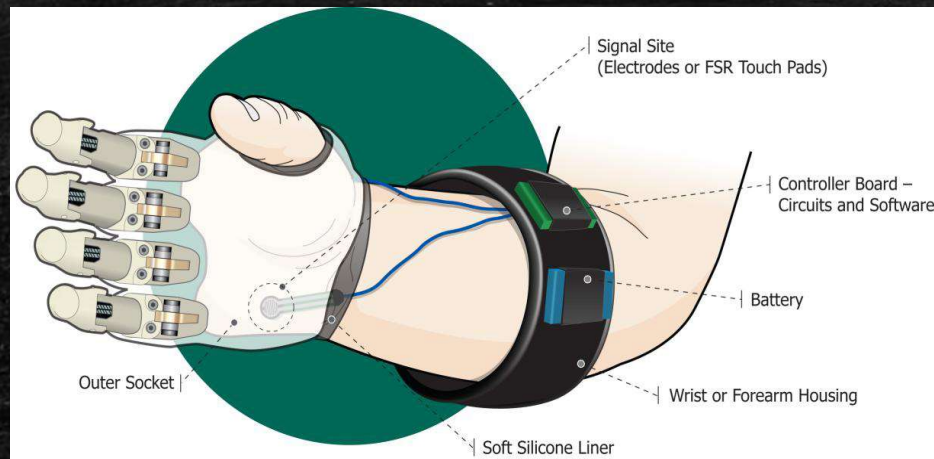


Modele biomimetice

- ✓ Inteligența artificială (**Artificial Intelligence - AI**) imită funcționarea creierului uman.
- ✓ Necesită înțelegerea din punct de vedere științific a mecanismelor care stau la baza gândirii și comportamentului inteligent.
- ✓ Rețelele neuronale artificiale (**Artificial Neural Networks**) au la bază un model matematic inspirat de structura sau aspectele funcționale ale rețelelor neuronale biologice.



Modele biomimetice



Cu ajutorul **degetelor bionice**, pacienții pot scrie, pot ține un pahar cu apă, pot manui tacamurile și îndeplini alte sarcini obișnuite în viața de zi cu zi, dar care deveniseră imposibile în urma pierderii degetelor.

Componentele Protezei parțiale de mână - Prodigits

Modele biomimetice

- Software-ul de proiectare creat de cercetătorul german Claus Mattheck și folosit la mașinile Opel și Mercedes, reflectă modul în care copacii și oasele distribuie tensiunile.
- Un ventilator creat de Pax Scientific împrumută din modelele de alge învolburate, nautilus și bucăți pentru a mișca aerul mai eficient.
- O seră irigată cu apă sărată din deșertul Qatar va folosi procese de condensare și evaporare asemeni celor din nasul unei cămile.
- Pornind de la faptul că, cămila care trăiește în deșert de sute de ani, își cară rezerva de apă în spate, mai exact în cocoașă, un designer a copiat acest model și a dezvoltat un rucsac pentru hidratare (Camelbak Hydropack) folosit de alergători, bicicliști sau alpiniști.

▪

Bionics

