

# Új tudományok a XX. századból: Nanotechnológia és bionika

## New Scientists of the 20th Century: Nanotechnology and Bionics

## Noi direcții științifice din secolul XX: Nanotehnologie și biotehnologie

LECZOVICS Péter, BENCZE Dániel

Szent István Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi kar  
Építőmérnöki Intézet  
Institute of Construction Management, Szent Istvan University, Budapest, Hungary  
Leczovics.Peter@ybl.szie.hu  
Bencze.Daniel.3@hallgato.szie.hu

### ABSTRACT

*Two new disciplines were created in the previous century: Nanotechnology and Bionics/Biomimicry. The origin of these new disciplines – their inspiration source – is a good example for the level of development of respective eras. The nanotechnology opened a new perspective and created the possibility of nano-sized investigation. The Bionics/Biomimicry existed before, however, was considered as a supplementary field for classic disciplines. The presentation is giving a short oversight of the origin and methods of these new disciplines, as well as their impact on related fields. Whereas the field is interdisciplinary, our presentation is focusing on the construction technology and structural engineering aspects of Bionics.*

**Keywords:** Nanotechnology, Bionics, Biomimicry, Construction Technologies

### ÖSSZEFOGLALÓ

*A múlt században két új tudományág jött létre: a nanotechnológia és a bionika/biomimikri. A két tudományág eredete – „ihlete” jó példa az adott korok fejlettségi szintjére. A nanotechnológia új ablakot nyitott a világra, és megteremtette a „nano” mérettartománybeli vizsgálatok lehetőségét. A bionika/biomimikri korábban is létezett, azonban mintegy kiegészítőjeként a „klasszikus”-nak tekintett tudományokon belül. A cikkben áttekintést adunk a két tudományág kialakulásáról, módszereiről, egymásra és a társtudományokra gyakorolt hatásokról. Mivel a tudomány interdiszciplináris, így írásunkban elsősorban az építéstudomány, építéstechnika vonatkozásában igyekszünk felvázolni a bionika/biomimikri alapjait, illetve igyekszünk felvázolni korunk eddigi megvalósításait.*

**Kulcsszavak:** nanotechnika, bionika, biomimikri, építéstechnika

### A TUDOMÁNYÁGAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A nanotechnológia alapjait a XX. században megalkotott pásztázó alagúteffektus elektromikroszóp megalkotása jelentette, és eredményei alapján jöhetett létre.

A bionika/biomimikri korábban is létezett – az ember évezredek óta tanul a természettől -, azonban mint önálló tudományág – legalábbis a vizsgálható mérettartomány kiterjesztésével, az evolúciós ismeretek összegyűjtésével, rendszerezésével – szintén a XX. század terméke.

A két tudományág összevetését az 1.sz. táblázat mutatja be. Jól látható a történelmi múlt és a mérettartományok közötti különbség.

A történelmi eltérés a különböző társadalmi korok technikai fejlettségi szintjével, illetve annak alkalmazhatóságával van szoros összefüggésben.

Jó példa erre a nagy polihisztor, Leonardo da Vinci munkássága, aki korát messze megelőzve megálmodta a „repülőgépet”, egyéb harcászati eszközöket vagy Borelli munkássága (mozgáselemzések, tengeralattjáró, stb.). Azonban elképzeléseiket, terveiket megvalósítani nem tudták, sőt a megvalósulásukra évszázadokat kellett várni. (1. ábra)

1. táblázat

	<i>Bionika/Biomimikri</i>	<i>Nanotechnológia</i>
<i>Eredete</i>	Természeti	Technikai
<i>Lényege</i>	Evolúciós értékek felismerése, adaptálása	Az eredeti cél a miniaturizálás
<i>Időpontja</i>	1960/1982	1959
<i>Jellege</i>	multidiszciplináris	
<i>Tartomány</i>	makrótól a nanoig	10 <sup>-9</sup>
<i>Alkalmazott módszer</i>	azonos analóg/absztrakt	
<i>Alapeszköze</i>		páztázó alagúteffektus mikroszkóp
<i>Célja</i>	Az evolúciós értékek, eredmények hasznosítása	Anyagszerkezet megismerése, lebontása, újraépítése

## A KÉT TUDOMÁNYÁG ÖSSZEVETÉSE

A két tudományág eredete – „ihlete” is jó példa az adott korok technikai fejlettségi szintjére. Az evolúciós fejlődés több ezer, tízezer éves „fejlesztés” során jött létre. A természet megfigyelése, eredményeinek másolása, adaptálása eleinte makró, majd mikroszinten valósult meg. A nanotechnológia új ablakot nyitott a világra, és megteremtette a „nano” mérettartománybeli vizsgálatok lehetőségét.

Közös a két tudományágban a multidiszciplinaritás, valamint az alkalmazott vizsgálati, elemzési módszerek metodikája. A multidiszciplinaritás – több tudományág közti átjárhatóság – egyértelmű, az alkalmazott eljárások, elemzési módszerek – elvonatkoztatva az általános kutatási módszerektől – azonos, analóg és absztrakt megközelítés.



1. ábra  
da Vinci és Borelli munkássága

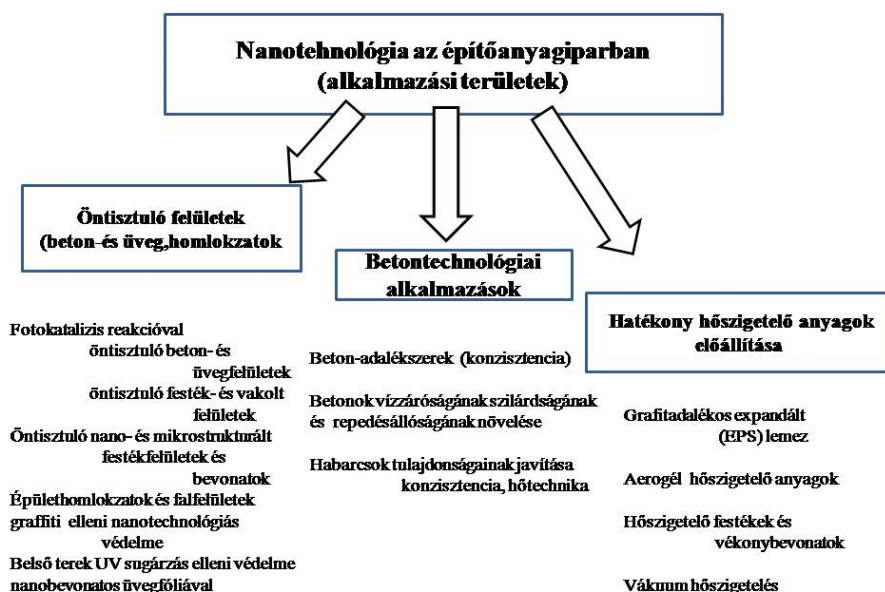
## RÖVIDEN A NANOTECHNOLÓGIÁRÓL

1959-ben Richard P. Feynman, amerikai fizikus vetítette előre (*There's Plenty of Room at the Bottom* című előadásában) a nanovilágban rejlő nagy lehetőségeket. Konkrétan a nanotechnológia kifejezést 1974-ben Norio Taniguchi használta először. A áttörést a G. Binning és H. Rohrer által megalkotott pásztázó alagúteffektus mikroszkóp jelentette. Ettől kezdve az események felgyorsultak, és újabb és újabb kutatási eredmények (fullerén, grafén, stb.) láttak napvilágot. Ugyanakkor a régmúlt idők titkaira is fényt derített, mint pl. a damaszkuszi acél, az egyiptomi hajfestés titka,[1,2] stb. Sorozatosan jelennek meg az anyagkutatásra vonatkozó szakcikkek.

A nanotechnológia megfogalmazására számos definíció lehetséges, a szerzők az alábbi megfogalmazással értenek egyet:

*A nanotechnológia mindazon tudományágak, technikák, szakterületek (pl.: fizika, anyagtudomány, kolloidika, szupramolekuláris kémia, elektronika, bionika, stb.) összessége, amely  $10^{-7}$  és  $10^{-9}$  m tartományban dolgozik.*

A nanotechnológiás eljárások fontosabb alkalmazási területeit az építőanyag iparban a 2.sz. ábra mutatja be.



2. ábra  
Nanotechnológia az építőiparban

## BIONIKA/BIOMIMETIKA/BIOMIMIKRI\*

(a természet evolúciós eredményei)

Nem véletlen, hogy az alcímben is három fogalom szerepel. Ennek megértéséhez a tudományág kialakulása, a kutatási területek megközelítése, majd szelektálása (2. sz. táblázat) ad választ.

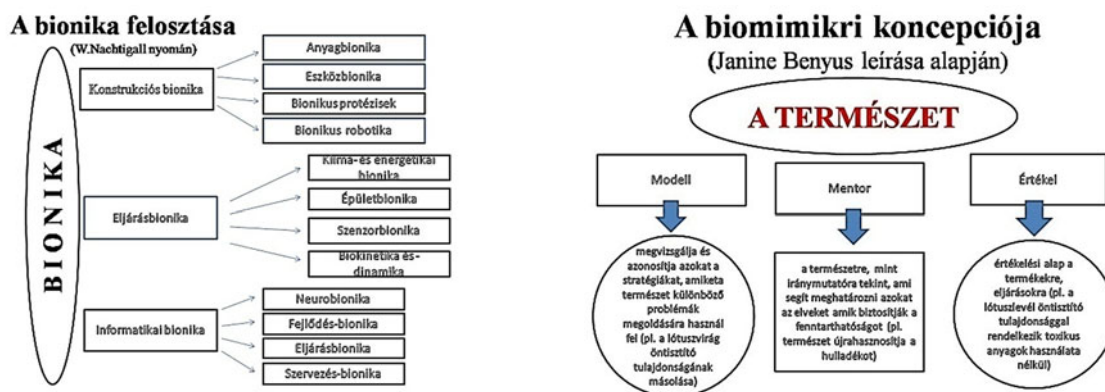
2. táblázat

Elnevezés megalkotója	Bionika[3] Jack E. Steele	Biomimetika[4] Otto Herbert Schmitt	Biomimikri[5] Janine M. Benyus
Elve	biológiai minták (prototípusok) alkalmazása emberi készítésű mesterséges rendszerek megtervezésére	a működő biológiai rendszerekből származó adatok/szabályszerűségek //szerkezetek/funkciók felhasználása mérnöki problémák megoldására – elsősorban hasonló/analóg szerkezetek létrehozása révén	a természet modelljeit vizsgálja, majd utánozza (vagy kiinduló pontul használja) azok szerkezetét, folyamatait emberi problémák megoldása során

## A SZINONIMÁK ÉRTELMEZÉSE

\*A közölt szinonimákat a szerteágazó irányzatok megkülönböztetésére alkalmazzák, a biomimikri, biomimetika kifejezés a műszaki tudományokban, míg a bionika kifejezés az orvosi szaknyelvben terjedt el, de érdekesség, hogy a bionika megnevezést a német nyelvterületen a teljes tudományágra vonatkozóan alkalmazzák, míg az angolszász nyelvterületen az orvostudomány sajátította ki.

A bionika és a biomimikri lényegében azonos tudomány, a különbség csak a természeti jelenségek, folyamatok szemléleti megközelítéséből adódik, ezt mutatja be az 3. ábra.



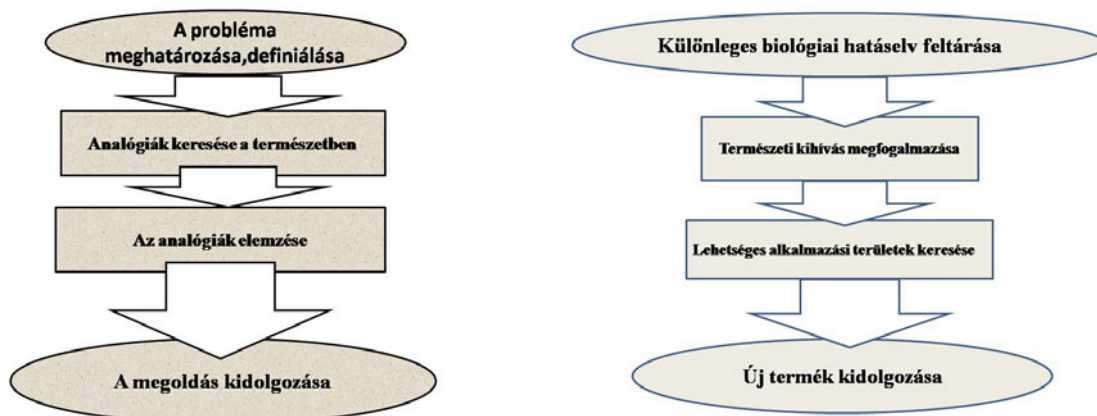
3. ábra  
A bionika és biomimikri összevetése

Bionikai megközelítésben egyértelműen látható az építőiparral kapcsolatos irányzatok megléte, a biomimikri esetében – elsősorban a szemléleti megközelítés miatt – nem teljesen egyértelmű, ennek ellenére jól alkalmazható.

## ELEMZÉSI MÓDSZEREK

A két elemzési módszer alapvető eltérése a megközelítésben van, nem véletlen, hogy a nemzetközi irodalomban „top-down”, azaz letről felfelé, illetve „bottom-up”, azaz fentről lefelé elnevezést különbözteti meg. Az egyes eljárások metodikáját a 4. ábra mutatja be.

Az absztrakt eljárás keretében az első lépés az alapkutatás, majd a kutatási eredmény alapján egy elv, törvényszerűség felismerése. Ezután következik az absztrahálás, azaz az elvonatkoztatás, ami lényegében a kutatási elv általánosítása, illetve kiterjesztése, közérthetővé tétele. Az eredmények alapján kerülhet sor a technikai-technológiai fejlettségi szintnek megfelelő alkalmazási lehetőségek megkeresésére és megvalósítására.



4. ábra  
Az elemzési módszerek (analóg/absztrakt) folyamata

Az analóg eljárásra a ma már „klasszikus” példa a közegellenállás csökkentése különböző területeken (5. ábra), az absztrakt eljárásra pedig a lótoszlevél öntisztulási jelensége, folyamata (6. ábra).

<i>Cél</i>	<i>Közegellenállás csökkentése</i>			
<i>A probléma definiálása</i>	Repülőgépek szárnyvégén erős turbulencia lép fel, ez növeli a légellenállást	Úszók teljesítményének fokozása	Kerékpárversenyzők teljesítményének fokozása	Vonatok sebességének növelése, a hangrobbanás elkerülése
<i>Analógia keresése</i>	Repülés közben a madarak szárnyvége felfelé hajlik	Különböző közegekben gyorsan mozgó állatok alakja, és testformák felülete cápa bőre, cseppforma fejformája		
<i>Analógia elemzése</i>	Konstrukciós következtetések megállapítása			
<i>Megoldás kidolgozása</i>	Wing-let, szárnyvégi fül kifejlesztése, csökken a légellenállás	Speciális úszódresszek kialakítása	Áramvonalas (cseppformájú) bukósisak kialakítása	Motorvonatok orrformájának átalakítása

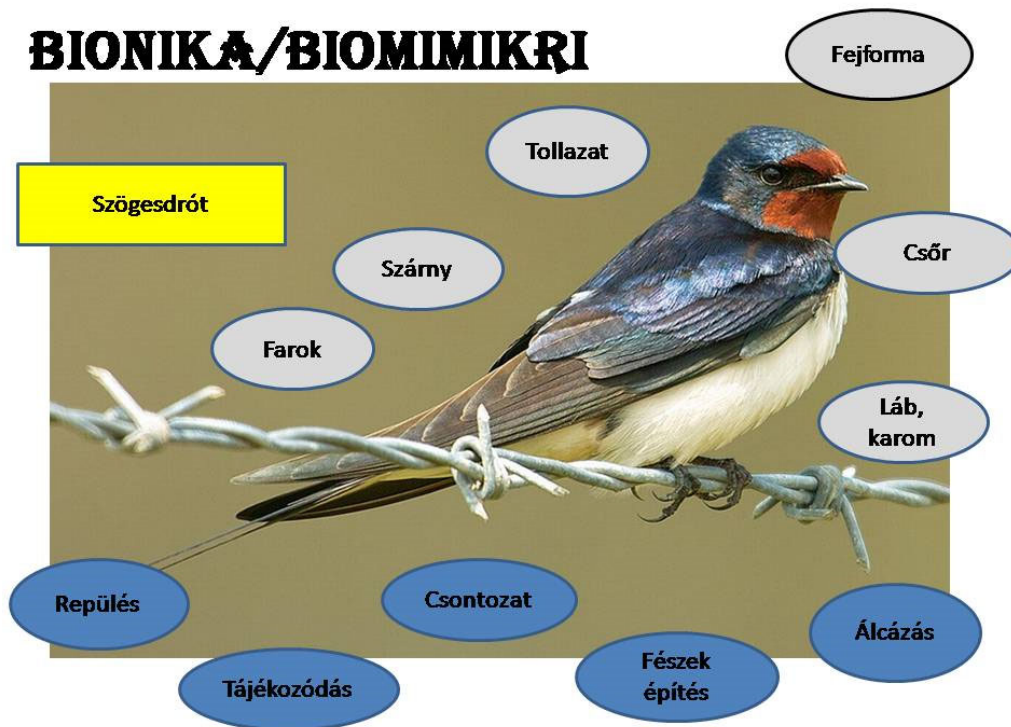
5. ábra  
*Analóg eljárási megoldások*

<i>Különleges biológiai hatáselv feltárása</i>	<i>Állatok szőrzetébe ragadó bogáncs „körmei”</i>	<i>A lótosz növény levelei mindig szárazak és tiszták</i>		
<i>Természeti kihívás megfogalmazása</i>	A növények érett magjai az elhaladó élőlényekre kapaszkodnak, később leválnak, ezáltal biztosítva populációjuk terjeszkedését. Ideiglenes rögzítési funkció	A lótosz növény leveleiről a víz leperreg, a víz magával sodorja a ráakódott szennyeződések (lótosz-effektus)		
<i>Lehetséges alkalmazási területek keresése</i>	Minden olyan terület, ahol elvárás a gyors kötés és oldás	Öntisztuló felületek kialakítása, víztaszító felületek kialakítása		
<i>Új termék kidolgozása</i>	Tépőzár Vectron	homlokzati festékek, vízlepergető bevonatok	autók szélvédője, ablakok üvege	textil készítési eljárások

6. ábra  
*Absztrakt eljárás példái*

A multidiszciplinaritást mutatja be az 1. kép, amelyen a madarak kapcsán igyekszünk bemutatni a bionika/biomimikri széleskörű eredményeit. Jól látható, hogy mindkét szemléleti megközelítés értékei, eredményei, megvalósítása visszavezethetők a természet nagyszerű teremtményére: a madarakra, és ez csak egy példa az „új” tudományág sokoldalúságára.

# BIONIKA/BIOMIMIKRI



1. kép  
*Madarak és a bionika főbb kapcsolata*

## TERMÉSZETI MEGOLDÁSOK ÁTÜLTETÉSE AZ ÉPÍTŐIPARBA

Az 1. képen ismertetett „madártani” lehetőségek közül igyekszünk kiemelni – a számos megoldás közül – az építőipari megoldásokat.

### Madárfészek bionikai vonatkozásai

Madárfészek – pl.: fecskéfészek – tanulmányozásának eredménye – talán a legrégebbi, legegyszerűbb, kézenfekvőbb megoldása a szálerősítés alkalmazása. A természeti minta pl.: a fecskéfészek (2. kép), ahol a madarak fészeképítés közben állati, és növényi szálakat is „beépítenek”. E módszer adaptálásának legegyszerűbb változata a vályogtégla, de ide tartozik a vasbeton, illetve napjainkban a különböző anyagú szálerősítések alkalmazása (3. kép).

A szálerősítés célja az építőanyagok – későbbiekben elsősorban a beton – szívósságának, hajlító-, húzószilárdságának, fáradási szilárdságának növelése, a repedés áthidalás fokozása.



2. kép  
*Fecskéfészek, mint a szálerősítés alapja[6]*



3. kép

*Természetes szálerősítés lehetőségei*

A fecskéfészek „építési technológiája” megjelenik a népi építészetben (patics- csömpölyegfal) is. Hazánkban manapság a betontechnológiában elsősorban a mesterséges szálerősítéses megoldások dominálnak.

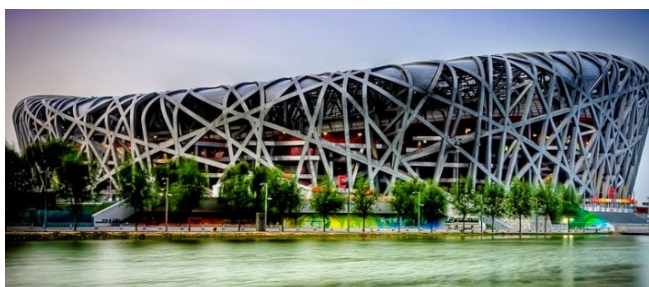
A fecskéfészek „építési technológiája” megjelenik nemcsak a magyarországi népi építészetben (vályog-, patics- csömpölyegfal). Afrikában a törzsi kunyhók építése követi a fecskék fészeképítési technológiáját (4. kép)

Egy másik példa a fészekkialakításra a sasok, gólyák fészke. A száraz gallyakból épített stabil szerkezet megvalósítása ihlette a pekingi Nemzeti Stadion külső megjelenítését. A stadion betonszerkezetét kívülről acélszerkezet veszi körbe, amely kialakításának ihlete egyértelmű (5. kép).



4. kép

*A fecskéfészek „építési technológia” hazánkban és Afrikában [7,8]*



5. kép

*Gólyafészek és a pekingi stadion [9,10]*

Ha már a madaraknál tartunk, érdemes a tollazatukról is szót ejtenünk, természetesen az építéstechnológia, vonatkozásban, hiszen számos egyéb bionikai vonatkozása is van. A legszembetűnőbb a tollazat elhelyezkedésének rendszere (6.sz. kép), amelynek technológiai vonatkozása a magastetők fedési rendszere (zsindelecserépfedés), bár ezeket a megoldásokat elsősorban nem a tollazattal hozzák összefüggésbe, hanem inkább a halakkal (pikkely-fedések).

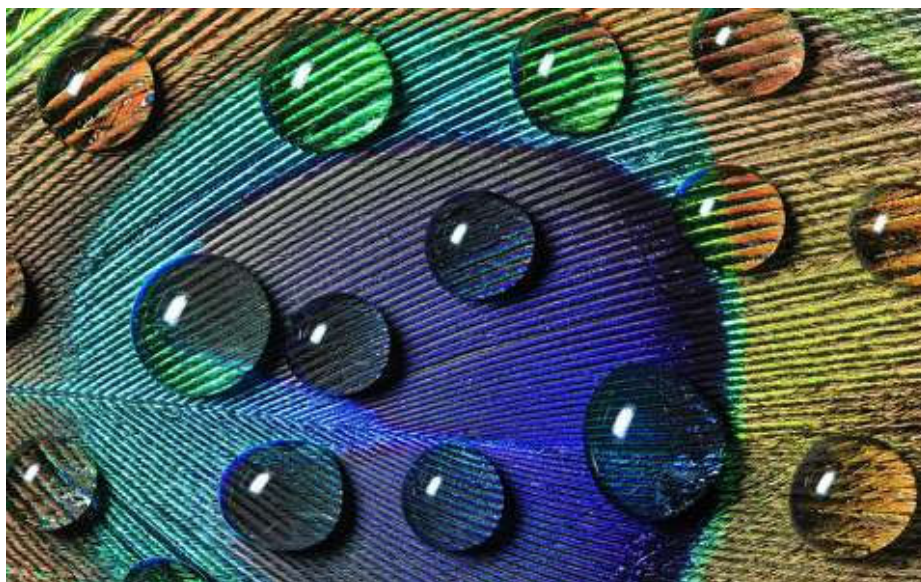


6. kép  
A tollazat rétegződése[11,12]

A madarak tollazatának másik jellegzetessége – különösen a vízimadarak vonatkozásában – a vízállóság, azaz a hidrofobizálás. (7.sz. kép) Az épített felületek védelme fokozottan előtérbe kerül, egyrészt környezetvédelmi szempontból, másrészt esztétikai és állagmegóvási szempontból.

Az öntisztuló felületekre számos egyéb példa található a természetben pl.: lótusz effektus (fraktált felület), fotokatalitikus jelenségek, de a „legegyszerűbb” megoldás a különböző felületek víztaszítóvá tétele, azaz a hidrofobizálás.

Az öntisztuló vakolatok is ehhez sorolható. Természetesen a fejlődő nanotechnológia legújabb eredményeit is felhasználva manapság igen széles kínálat áll rendelkezésre az öntisztuló vakolatokból.



7. kép  
A tollazat vízállósága[13]

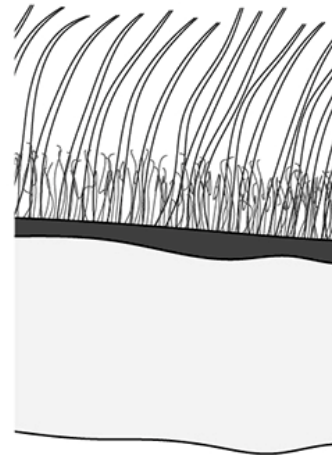
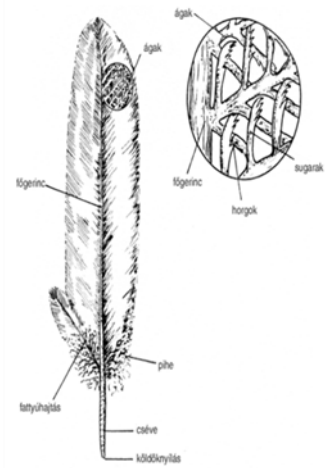
### Bionika és hőszigetelés

Még mindig a madarak tollazatánál maradva megemlíthetjük a tollazat szerkezeti felépítését, de ebben a témakörben meg kell említeni az emlősök (juhok, jegesmedve, stb) szőrzetének mintapéldáit. Ami közös bennük, az „integrált” szerkezeti felépítés (8. kép), valamint a felépítésből eredő hőszigetelő képesség.

A jegesmedve sárgásfehér, áttetsző üreges szőrszálakból álló bundája (9. kép) jó hőszigetelő képességű. Az üreges szőrszálak optikai szálakként működve a napsugarakat bevezetik a sötét színű bőrbe, amely elnyeli azokat, és hővé alakítja. A bőr és az alatta elhelyezkedő vastag zsírréteg, valamint a sok levegőt tartalmazó bunda és az üreges szálakban megszorult levegő együttesen látja el a hőszigetelés feladatát.

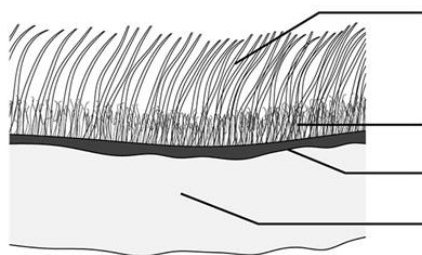
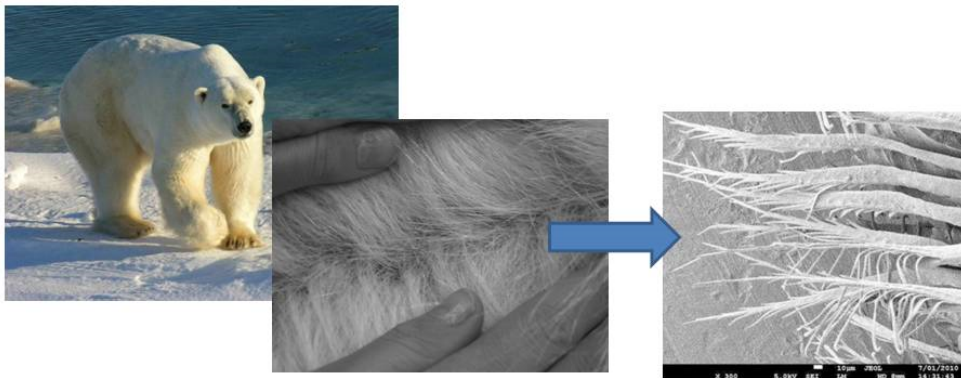
Mindkét esetben az üreges szerkezetek adaptálása elsősorban a textiliparban történő alkalmazás (pelypaplan, tollkabát, polár ruházati cikkek, stb.), de sikeresen alkalmazzák pl. membránszűrők, optikai szálak, kompozitok esetében is.





8. kép

*Integrált szerkezet tollazat, illetve jegesmedve esetében*



**Védő szőrzet:** hosszú, átlátszó, üres (üreges) szőr, mely a napfényt szórja hogy álcázást biztosítson, miközben a bőr pigmentjeinek lehetővé teszi a hő felvételét.  
**Sűrű aljszőrzet:** Megakadályozza a testmeleg megszökését  
**Sötét pigmentált bőr:** A testhőmérséklet számára megtarja a felvett hő.  
**Zsír:** 1-4,5" vastag, szigeteli a testet a hővesztés megakadályozására a tél folyamán.

9. kép

*A jegesmedve bundája, a szőrzet funkciói.*

## ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünkben a XX. század két új tudományát mutattuk be. A bionika/biomimikri már mondhatni a kezdetektől az építéstudomány/építéstechnika része. A bemutatott példák által jól érzékelhető, hogy az építéstechnika egyik alappillérenek is tekinthető, mind szerkezeti, mind anyagbeli, mindpedig építészeti megjelenésben. A technikai fejlődés ellenére is vissza-vissza köszönnek egyes természetben fellelhető elemek. Ez nem is baj, sőt a mai világban, lásd a globális felmelegedés vagy környezetszennyezés, fontos, hogy a természettel összhangban dolgozzunk, mind anyag előállítás, mind építéstechnika valamint környezetbe való illeszkedés (építészeti) szempontjából is.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] [http://www.ng.hu/Civilizacio/2006/09/Mivel\\_festettek\\_hajukat\\_az\\_okorban\\_a\\_nok](http://www.ng.hu/Civilizacio/2006/09/Mivel_festettek_hajukat_az_okorban_a_nok)
- [2] <http://mult-kor.hu/cikk.php?id=15535>
- [3] Steele, J. E.(1960) "HowDoWeGetThere?", *BionicsSymposium: LivingPrototypes--The Key to New Technology*, September 13-15, 1960, WADD TechnicalReport 60-600, Wright Air DevelopmentDivision, Wright-Patterson Air ForceBase, OH, pp. 488-489. Reprinted in*TheCyborgHandbook*, Edited by Chris Hables Gray, New York, NY: Routledge, 1995: 55-60.
- [4] [fi.hu/sites/default/files/.../bionika\\_osszefoglalo\\_hatter\\_7\\_10.evf\\_1.doc](fi.hu/sites/default/files/.../bionika_osszefoglalo_hatter_7_10.evf_1.doc)
- [5] JanineBenyus: *Biomimicry Is InnovationInspiredByNature* (angol nyelven). (Hozzáférés: 2012. február 24.)
- [6] <https://karolynagy.wordpress.com/2009/08/22/fusti-fecskek-a-muzeumfaluban-egy-fecskefeszkek-erdekes-pillanatai>
- [7] <http://uh.ro/kepriort/723-sarbol-rakta-feszket/detail>, 2017-04-16
- [8] <http://www.kihagy6atlan.hu/temak/epiteszeticsoda/timbuktutudaseshitvalyogbol/> 2017-04-17
- [9] <http://www.allatvedok.hu/golyafeszkek-eltavolitasa/> 2017-04-17
- [10] <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszetudomanyok/foldrajz/tarsadalomfoldrajz/a-globalis-gazdasag-uj-vezetoje-kina/a-kinai-tarsadalom-es-politika> 2017-04-17
- [10] <http://cms.sulinet.hu/get/d/77a76e3d-eedf-45ab-bbdf-f568fe3aeae/1/8/b/Normal/k1283.jpg> 2017-04-18
- [11] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sidensvans\\_Bombycilla\\_garrulus\\_01.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sidensvans_Bombycilla_garrulus_01.jpg)
- [12] <http://kepguru.hu/previews/20/208394.jpg> 2017-04-18
- [13] <https://hu.pinterest.com/pin/224687468886659984/>, 2017-04-16