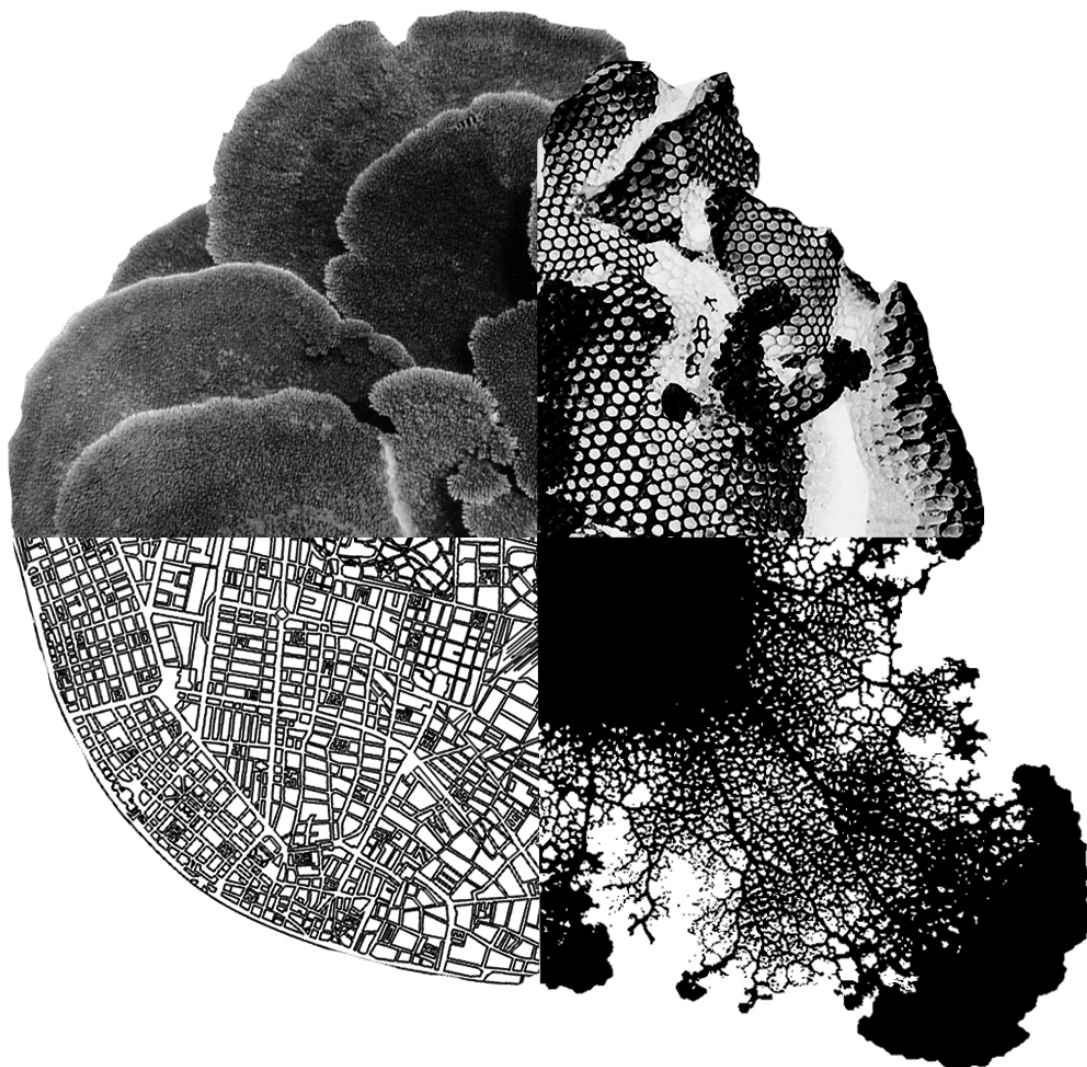




P R O // P O L I S Z

Szerzők: Dombai Dániel // Kristófesák Tamás Nhatquang // Szűcs Petra
Konzulens: Fonyódi Mariann

TARTALOMJEGYZÉK

01 Bevezető

Bevezető.....	3
---------------	---

02 Módszertan

Biomimikri.....	5
-----------------	---

03 Kontextus

Városi kihívások.....	10
-----------------------	----

04 Természet tanai

Élő útvesztő.....	13
-------------------	----

Erőd a föld alatt.....	20
------------------------	----

Viaszváros.....	26
-----------------	----

Metropolisz a tengeren.....	33
-----------------------------	----

05 Eszköztár

Konklúzió.....	39
----------------	----

Ábrajegyzék.....	41
------------------	----

Tanulásmátrix.....	42
--------------------	----

Alkalmazási területek.....	43
----------------------------	----

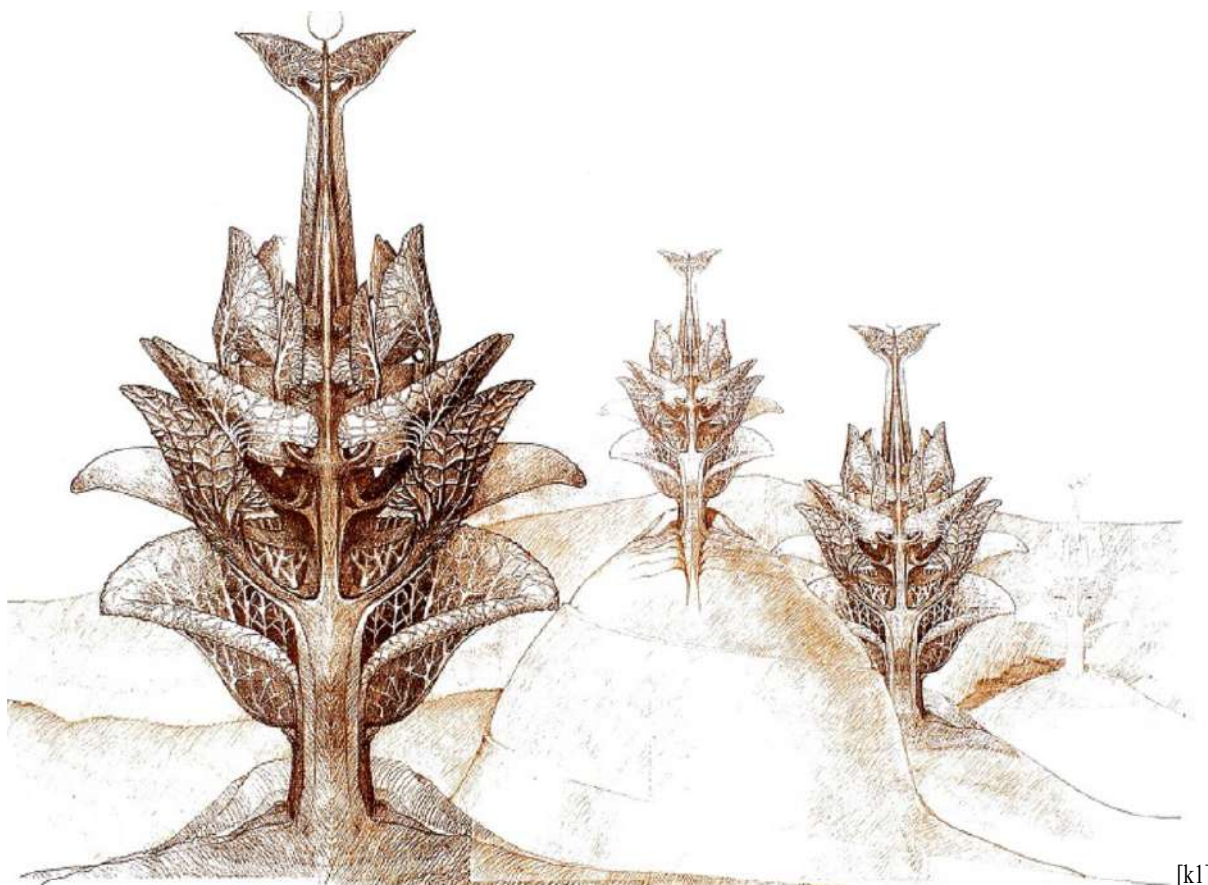
06 Hivatkozásjegyzék.....47

BEVEZETŐ

Az építészek megfigyelnek és átültetik mindazt a tudást, amit így megszereztek művészetbe és mérnöki megoldásokba. A tervezési folyamatnak egy fontos lépése az absztrahálás, amelynek veszélye, hogy kihagyhatunk az adaptáció közben egy fontos lépést, amitől a rendszer logikája és működőképessége megrogyhat.

Mi a természetet választottuk megfigyelésünk alapjául. Úgy tekintünk a természetre, mint egy tervezőeszközre, termékkatalógusra, melyben a produktum 3,8 milliárd éves kutatási és fejlesztési folyamat eredménye. Az idő sürget, mivel azok a természeti jelenségek, amelyeket tanulmányozni akarunk, az idő előrehaladtával kikopnak a “katalógusból”. Az emberi tevékenységek felgyorsítják ezt a folyamatot, ami végső soron a bolygó élhetőségét veszélyezteti.

Dolgozatunkban rá szeretnénk mutatni, hogy szerintünk a változáshoz szükséges módszerek a természetben keresendők; ennek módszertanául a biomimikrit választottuk. A természetet mint élő laboratóriumot használva tanulunk az evolúció során kifejlődött, működő és maximálisan “költséghatékony” természeti megoldásokról, majd ezeket a mérnöki gyakorlatban is alkalmazzuk. Célunk azt a pillanatot megragadni, ami számunkra is a legbonyolultabb: a tanulságok levonása és a tervezés megkezdése közötti átmenetet. Receptkönyvet készítünk tehát a természet tanaiból.



[k1]

Dolgozatunkban először a biomimikri módszertani jellemzőit ismertetjük, illetve annak okát, hogy miért ezt a tervezési szemléletmódot hívtuk segítségül válaszok kereséséhez. Ezután kitérünk azokra a kihívásokra, melyek véleményünk szerint meghatározóak lesznek az emberiség jövőjében. Bemutatunk pár jelenleg köztudatban jelen levő fogalmat, koncepciót és meghatározzuk, hogy ezek kapcsán milyen potenciál rejlik a biomimikri módszertanban.

Következőként bemutatunk négy, nem szokványos várost:

- élő útvesztőt, ahol a labirintus a város “lakóiból” épül
- földből épült várost, ahol modern szellőzőrendszer biztosít egész évben tökéletes komfortot
- viaszból épült várost, ahol a világ tótágast állt és minden lakó repül
- metropoliszt a tengeren, ahol a legkülönbözőbb lakók élnek együtt

A négy nem emberi város mindegyikéhez társítunk négy emberek által épített várost. A múltban az ember sokat tanult a természettől és sokkal szorosabb kapcsolatban élt környezetével. Ezen a példákon keresztül már absztrahált formában tanulmányozhatjuk a nem ember által épített városokat. A gombákról, természetekről, méhekről és korallokról szóló szövegek formailag markánsan eltérnek a többi fejezet tördelésétől. Az olvashatóság és értelmezhetőség érdekében egy jegyzet sávval láttuk el, ahol a szövegből kiemelt fontosabb gondolatokat soroltuk fel, illetve illusztrációt helyeztünk el. A tanulságok levonása után azokat egy tanulásmátrixba rendeztük és kezdetleges vázlatokat készítettünk a továbbhaladás irányához. A vázlatok a fenntartható épületgépészetet és a klímaváltozáshoz való városi, társadalmi alkalmazkodást mutatják be.

BIOMIMIKRI

Az építészetben, bár minden témába illő szakdolgozat és publikáció ellenkezőjét állítja, a huszadik század közepe óta nem volt markáns paradigmaváltás. Újra és újra felmerül néhány olyan ötlet, újítás, ami változást idézhet elő, ezek azonban távlati viszonyból nézve gyors és lokális hatásúak. Mindazonáltal az emberiség eljutott arra a szintre, hogy az energiafelhasználása és további fejlődése veszélyezteti a civilizációnk jövőjét, hosszútávon fenntarthatatlanná növekedtünk. Fennmaradásunk érdekében sürgősen változtatnunk kell!

A kortárs építészet, léptéktől függetlenül, mindig próbál újat mutatni, de be kell látnunk, hogy kisebb-nagyobb elvi és térhasználati változtatásokat kivéve ugyanazon elvek mentén építünk házakat és fejlesztjük, rendezzük a városainkat mint elődeink. Mint az egyetlen történelmi múltját kutató és megörökítő földi faj az újításhoz nem biztos, hogy újat kell alkotnunk. A múltban, az ipari és technológiai forradalom korszaka előtt is leleményesnek kellett lennünk. Régen, sok esetben a természetet figyelve tanultunk és terveztünk. A kiindulópont tehát megvan, olyan rétegre kell visszavezetni a tudásunkat, amely az első, állatvilágból kiemelkedő emberek tudása is volt. Korai elődeink teljes mértékben a természetre támaszkodtak, hiszen az mindent biztosított számukra, még a fejlődéshez nélkülözhetetlen inspirációkat és ideákat is. Felmerül tehát a kérdés, hogy tehetnénk-e napjainkban ugyanezt, lehet-e a természetből inspirálódva fejlődni?

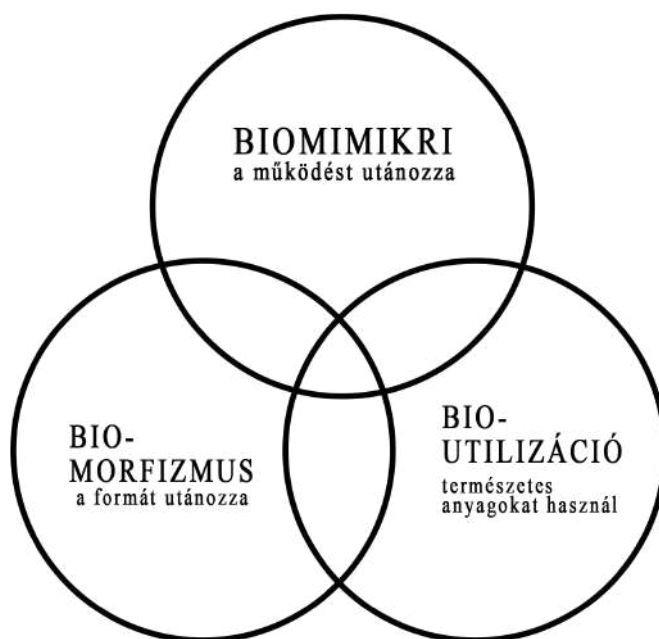
Szerintünk a válasz az, hogy elengedhetetlen. Az ökoszisztéma ellenálló képessége és rugalmassága példaértékű. A természet ezen képességének az elsajátítása pedig továbblendítheti az emberiséget a jövő kihívásain. Ugyanis a Földön fenntarthatósági válság és egyben forradalom zajlik, melyben való előrehaladás kulcsfontosságú szerepet tölt be bolygónk lakhatóságának és élhetőségének megőrzésében. Michael Pawlyn brit építész szerint három fő változáson kell ehhez átesnünk:

- nagyban javítanunk kell a nyersanyag felhasználás hatékonyságát, tehát kevesebből többet kell kigazdálkodnunk
- a pazarló és felettébb szennyező lineáris erőforrás használatról egy zárt hurok modellre kell váltanunk
- le kell cserélni a fosszilis energiahordozók felhasználását a megújuló energiaforrások javára^[1]

Ezek a kihívások, amikre a válaszokat keressük; tekintsünk a természetre, mint egy tervezőeszközzé, termékkatalógussá, melyben a produktum 3,8 milliárd éves kutatási és fejlesztési folyamat eredménye.

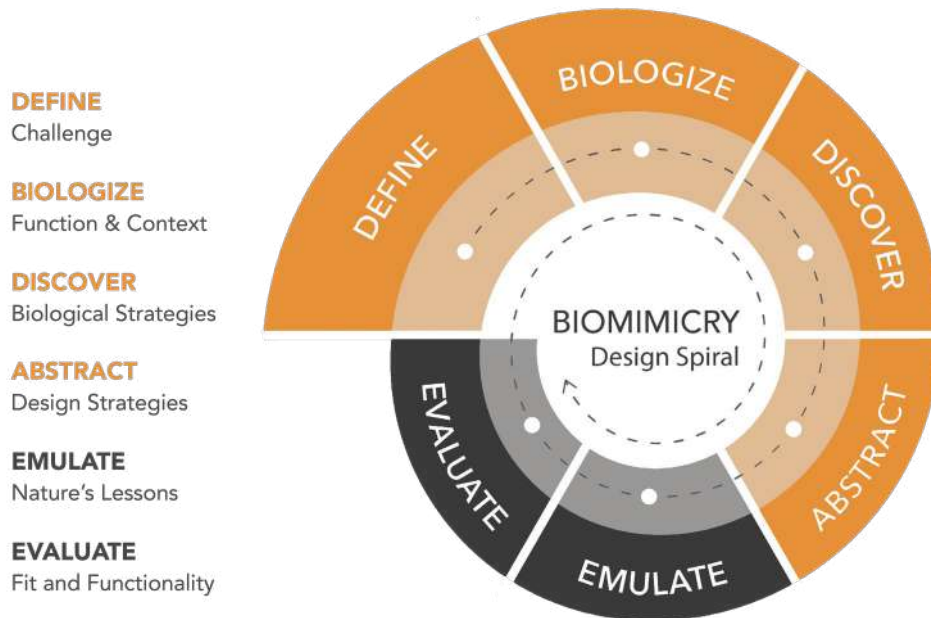
A bioinspirált tervezési megközelítés magába foglal több módszertant is. A biomorfizmus és a biomimikri nagyon hasonlóak, mivel mindkettő inspirációnak használja a természetben látotta-

kat, azonban megfigyelésük fő területe eltérő. A biomorfizmus a formát vizsgálja, míg a biomimikri a funkcióra helyez nagy hangsúlyt. A bioutilizáció az előbbieknél sokkal anyagközpontúbb megközelítés, a természetes anyagokat használja megoldásként. Ez a három nézőpont nem különül el élesen, sőt, sok esetben hasznos lehet, ha mindhárom közrejátszik a tervezés során. Ha bioinspirált tervezésbe fogunk és találunk egy anyagot a természetben, nézzük meg mire használja a természet, használjuk funkciója szerint és olyan szerkezeteket készítsünk belőle, amelyre alkalmas.^{[2] [3]}



Mi a biomimikri szemszögéből szeretnénk vizsgálni a négy általunk kiválasztott élőlényt, családot, rendszert. Azonban feltehetően bizonyos aspektusokban ez keveredhet biomorfizmussal és bioutilizációval is. A biomimikri, vagyis a természet funkció központú utánzása, olyan innovatív megközelítés, amely a természetben megfigyelhető folyamatokat, struktúrákat és rendszereket alkalmazza emberi technológiák és megoldások fejlesztésében. Az elv lényege, hogy a természetet mint élő laboratóriumot használva tanulunk az evolúció során kifejlődött, működő és maximálisan “költséghatékony” természeti megoldásokról, praktikákból, majd ezeket a tudományban és a mérnöki gyakorlatban is kipróbáljuk, inspirálódunk belőlük.

Ez az interdiszciplináris terület lehetőséget kínál a fenntartható és hatékony technológiák kifejlesztésére, amelyek csökkentik az emberi tevékenység ökológiai lábnyomát, miközben újfajta megoldásokkal gazdagítják az innovációs teret. Az építészet már a kezdetektől fogva inspirálódott a természetből anyaghasználat és formák terén, emiatt nincs alkalmasabb tudományterület a természet mélyebb értelmezésén alapuló újfajta megközelítés alkalmazására.



[k2]

A lépések:

MEGHATÁROZÁS: Először a megoldandó kihívást szükséges kijelölni, valamint a sikert meghatározó kritériumokat.

BIOLÓGIÁRA FORDÍTÁS: A feladat definiálása után azokat a funkciókat és összefüggéseket kell elemezni, amelyekre megoldást keresünk. Ezt át kell formálni a biológia nyelvére, hogy “tanácsot lehessen kérni a természettől”.

KUTATÁS: Ennél a lépésnél olyan természeti modelleket (organizmusokat, ökoszisztémát) kell keresni, amelyeknek hasonló funkciókkal és összefüggésekkel kell foglalkozniuk, mint a megoldandó kihívásunknak. Azonosítani kell azokat az alkalmazott stratégiákat, amelyek támogatják az élőlény túlélését és sikerét.

ABSZTRAHÁLÁS: A korábbi szakaszban azonosított jellemzőket, mechanizmusokat először tervezési stratégiára kell átváltani, majd a mérnöki gyakorlatba kell átültetni.

EMULÁCIÓ: A stratégiákból a legfontosabb tanulságok meghatározása, majd ezen elemek alapján tervezési koncepciók készítése kulcsfontosságú a kezdeti kihívás megoldásához.

ÉRTÉKELÉS: A ciklus végső pontjaként össze kell hasonlítani a koncepciókat az elején meghatározott kritériumokkal és megvalósíthatóságukkal - műszaki és üzleti szempontból is. A koncepció további finomítását a spirálon tovább haladva, a lépések megismétlésével lehet elérni.^[4]

A dolgozat első négy fejezetében az absztrahálásig jutunk el, majd az ötödik fejezetben érünk a spirál utolsó lépéséig, az értékelésig. A természet bármely elemét lehet vizsgálni biomimikri alapú tervezési folyamattal, hiszen a környezetünknek rendkívül sok válasza van minden egyes - akár jelenkori - kihívásra. Az eljárás folytatása és a természet további vizsgálata számtalan kutatásnak és tanulmánynak képezheti a témáját.^[5]

„Although towns are inanimate, they assume the characteristics of their creators. Men create and destroy values with equal intensity. As the only creature with a historical memory, man reveres the past, yet he ignores or denies it in the name of an utterly unknowable future. He thrives equally on intraspecific cooperation and internecine competition.

[...]

Most decisive of all, cities, like mankind, renew themselves unit by unit in a slow, time-bound metabolic process.”

„Bár a városok élettelenek, mégis felveszik alkotóik tulajdonságait. Az emberek ugyanolyan intenzitással teremtenek és rombolnak értékeket. Az ember, mint az egyetlen történelmi emlékezettel rendelkező teremtmény, tiszteli a múltat, ugyanakkor egy teljesen kiismerhetetlen jövő nevében figyelmen kívül hagyja vagy megtagadja azt. Egyaránt él a fajon belüli együttműködésből és a belső versengésből.

[...]

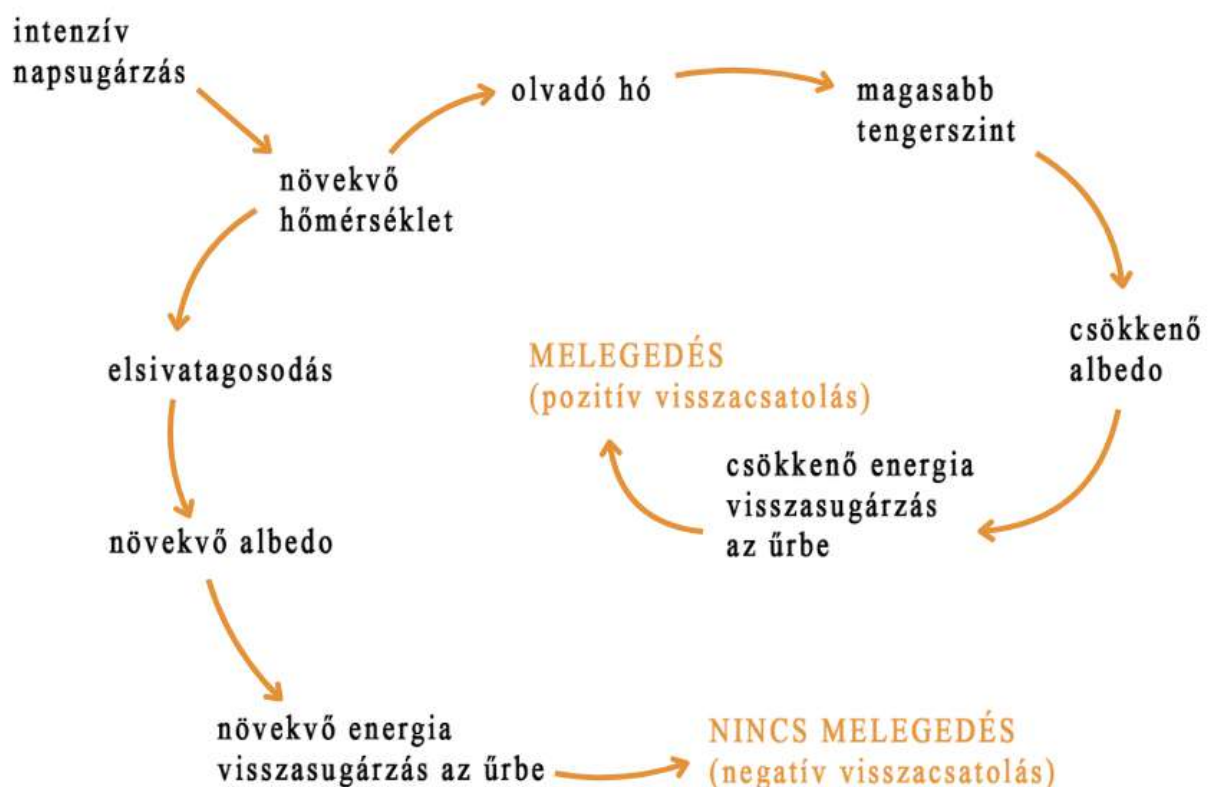
A legdöntőbb, hogy a városok, akár csak az emberiség, egységről egységre megújulnak egy lassú, időhöz kötött anyagcsere-folyamatban.”

Sibyl Moholy-Nagy: *Matrix of Man:
An Illustrated History of Urban Environment.* 1968, (11. oldal)

VÁROSI KIHÍVÁSOK

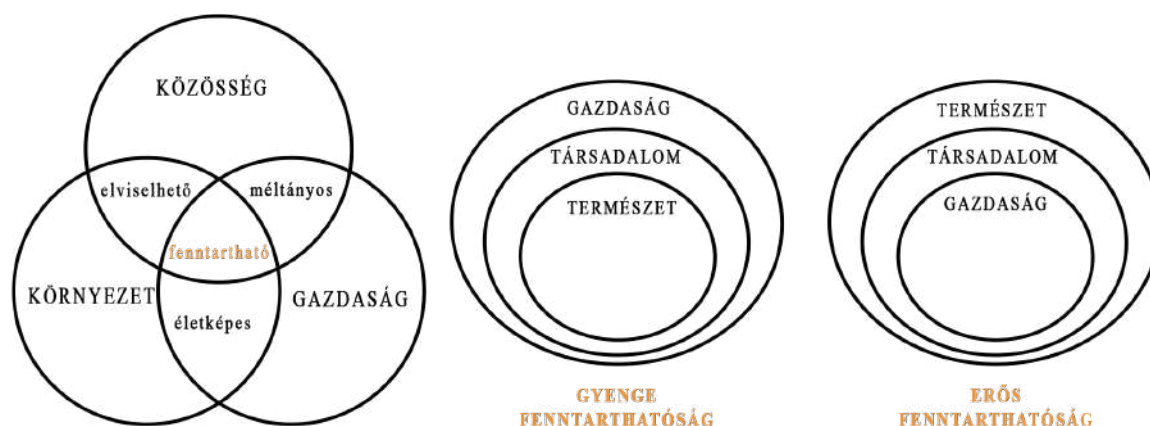
Az emberi faj minden más élőlényénél leleményesebb és könnyebben boldogul új helyzetekben. Több milliárd különböző egyén kollektív tudása a történelem során már számtalan krízisre talált megoldást. Azonban - a Föld többi lakójával ellentétben - az ember legtöbb esetben technológiai módszerekkel válaszol a felmerülő kihívásokra. Az emberi technológiákhoz szükséges nyersanyagok végelessége kiszolgáltatottá teszi fajunkat.

A 21. század legnagyobb kihívása a klímaváltozás és az ezzel összefüggő felmelegedés. Az éghajlat változása természetes jelenség, folyamatosan változik, ciklikus jelleget követ. Az antropogén tevékenységek - úgy mint környezetszennyezés, természetes élőhelyek és biodiverzitás csökkentése, nitrogén ciklusba való beavatkozás - felgyorsítják a változás folyamatát. Ennek az a legnagyobb veszélye, hogy nem tudunk pontos számítást végezni arról, hogy a bolygónk különösen komplex ökoszisztémájában mikor jön el egy olyan töréspont, amely után az ember már képtelen a klímaváltozást erősítő pozitív visszacsatolások mérséklésére. Jelenlegi tudásunkkal a felmelegedést megállítani nem lehet, csupán lassítani a káros emberi tevékenységek redukálásával. Így a jövőben minden bizonnyal próbára lesz téve az ember alkalmazkodóképessége.



Egy másik égető probléma, mely szoros összefüggésben áll az ember környezetkárosító magatartásával, a túlnépesedés. Ezen a téren civilizációnk igencsak differenciált. Míg sok európai és pár ázsiai ország is demográfiaiilag előregedik, a fejlődő országok a túlnépesedés hatásaitól szenvednek. Az orvostechnológia fejlődésének köszönhetően, jóléti társadalmakban a 2007 után született gyermekek potenciálisan 100 évnél is tovább élhetnek majd. Ez egyszerre jelenti azt, hogy még tovább nőhet a társadalom összetételében az idősök száma; illetve, hogy szükségessé válhat az emberi életciklus hosszú életre való optimalizálása^[6]. Ha az idősök tovább élnek majd és a csecsemő halálozás is minimális marad, továbbá a jelenleg egészségügyi lemaradásban lévő országok elkezdnek felzárkózni, a túlnépesedés problémája a mi életünk alatt nem fog megoldódni. A vidéki élet klímaváltozás okozta nehézségei a városba tömörítheti a megnövekedett népességet. Jelenleg bolygónk szárazföldjeinek csupán 3%-át foglalják el városok, mégis az emberek 50%-a él városokban; melyek az energiafelhasználás 60-80%-áért és az üvegházhatású gázok kibocsátásának 70%-áért felelősek^[7]. Hosszú távon a városok fenntarthatóvá, jövőállóvá alakítása az emberiség kulcsfontosságú feladata lesz.

A fenntarthatóság azonban egy nehezen megfogható téma. Kerekes Sándor, közgazdász szerint: „A legismertebb, de legkevésbé kézzelfogható fogalom a köztudatban.” Ezt az is bizonyítja, hogy több releváns definíciót is megfogalmaztak már a meghatározására. Az 1987. évi Brundtland-jelentés szerint: “A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket”.^[8] Herman Daly, amerikai közgazdász pedig így definiálta a fenntarthatóságot: “a folyamatos szociális jólét elérése a környezetökológiai kapacitásának meghaladása nélkül”.^[9] Az embernek ez egy nehezen tanulható lecke, de hosszú távon a fennmaradáshoz meg kell tanulnunk, hogy annyit fogyasszunk, amennyi rendelkezésre áll, de annak tudatában, hogy mennyi idő amíg újratermelődik.



Négy különböző megközelítés ismert a városok jövőbeli kihívásainak megoldására: fenntartható város, lassú város, okos város és ellenálló város. Szemléletük fókuszja különböző, azonban mindegyiknek a célja azonos: a dinamikus változásokhoz történő adaptáció.

Fenntartható város:

Ez a koncepció a 90-es években jött létre és központjában a szociális, gazdasági és környezeti fenntarthatóság állnak. Mindezt a stabil gazdasági növekedés és ezzel együtt az anyagi jólét hozhatja el, de csakis olyan módon, hogy a gazdasági emelkedés már nem jár további környezetkárosító hatással.^[10]

Okos város:

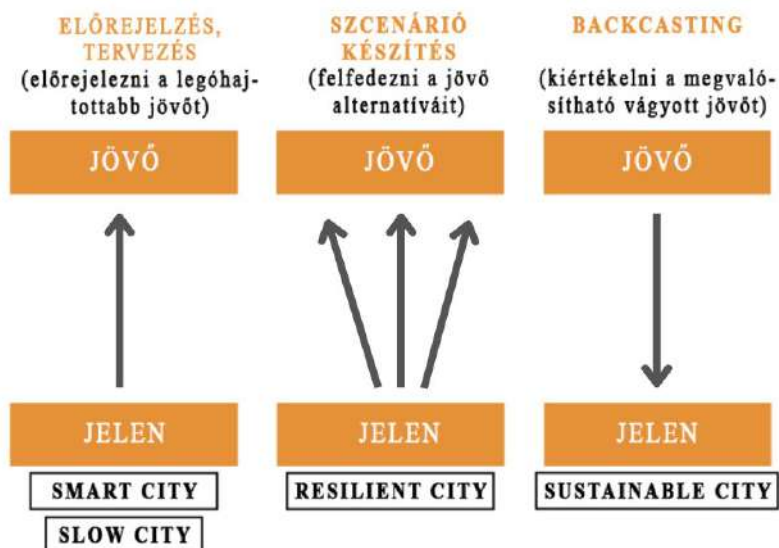
A 2000-es években a digitalizáció és az infokommunikációs eszközök fejlődése, valamint elterjedése lehetőséget adott arra, hogy a jövő városát a keletkező mérési adatokból az okos eszközök tervezzék, működtessék és optimalizálják. Az okos városban a természeti és épített környezetet, infrastruktúrát, szolgáltatások minőségét és gazdasági hatékonyságot korszerű és innovatív technológiák alkalmazásával fejlesztik.^{[12] [13]}

Lassú város:

A 20. század végén alakult ki ez a gondolkodásmód, Olaszországban. A felgyorsult világra és társadalomra egyfajta válaszként a város fejlődésének lassításában, az emberi kapcsolatok és az életminőség javításában, valamint a kulturális értékek megőrzésében látják a lehetőséget. A gazdasági növekedés helyett inkább az életminőség javítása a hangsúlyos.^[11]

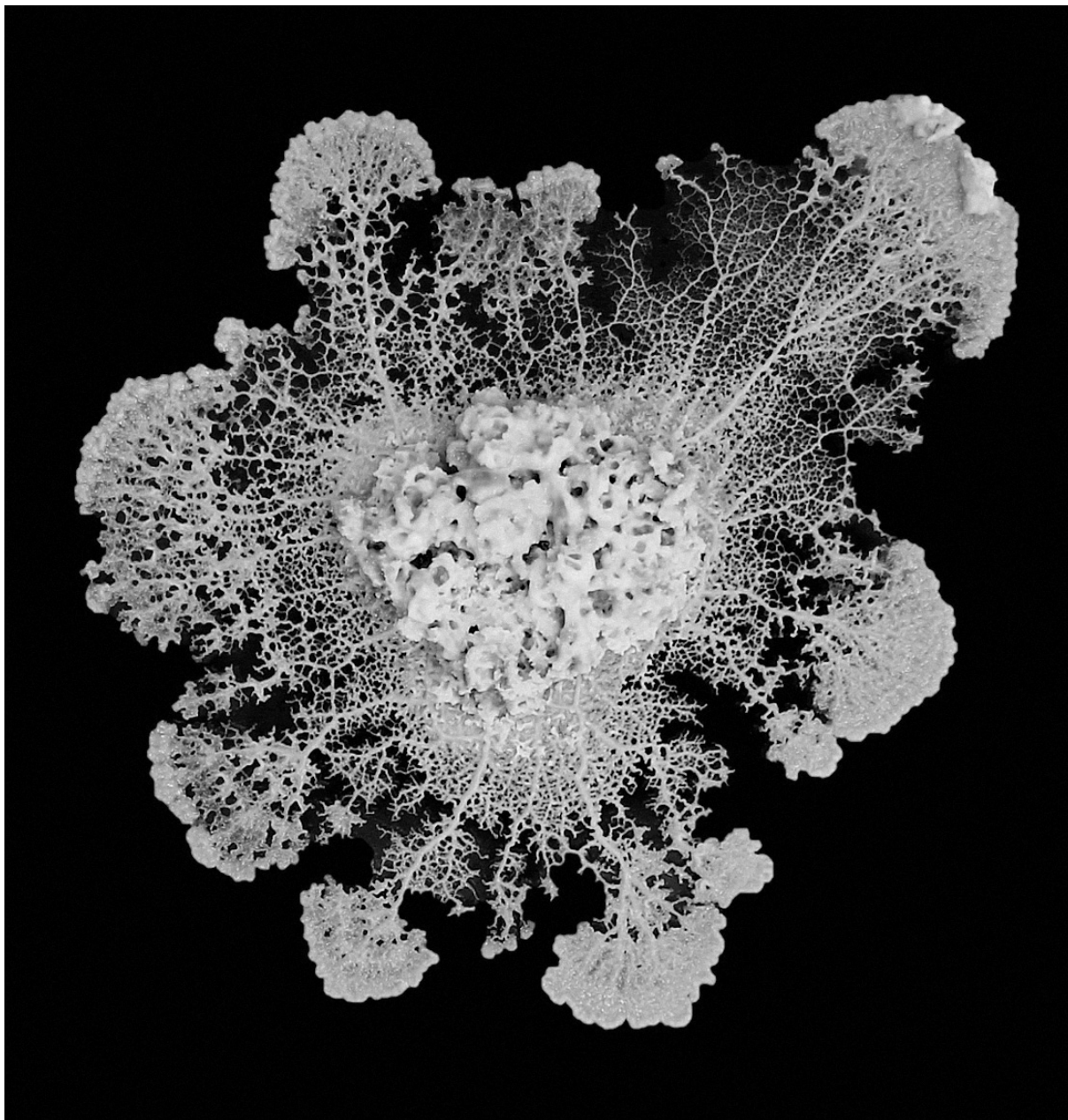
Ellenálló város:

A 2010-es években egyre gyakoribbá váló időjárási anomáliákra válaszul született meg ez a szemléletmód. A reziliens város vizsgál, tervez és cselekszik a veszélyekre való felkészülés és reakció érdekében. A klímaváltozás következményeihez történő rugalmas adaptáció nemcsak azt jelenti, hogy a város és lakói túlélnek az éghajlati stresszeket, hanem azok ellenére is képesek legyenek boldogulni.^[14]



A biomimikri egy olyan megközelítési mód, amely kiegészítő elemként beépíthető lehet valamennyi jövőálló város koncepciójába. A természet - mint egybefüggő élő szervezet - rendkívüli ellenállóképességgel és alkalmazkodási potenciállal rendelkezik; a természettől tanult praktikákat tervezéseink szemléletmódjába is be lehetne illeszteni.

É L Ő Ú T V E S Z T Ő



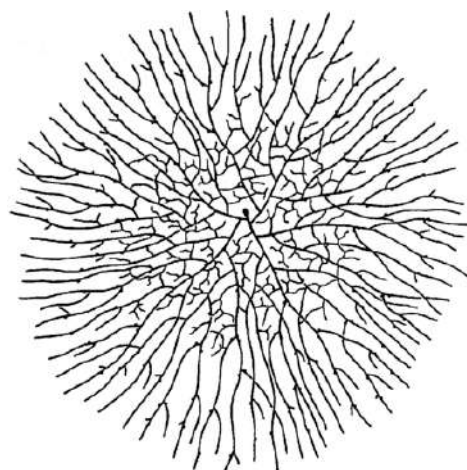
[k3]

Az első város, ahova utunk vezet, valóságos útvesztő. A micélium labirintus méretét tekintve olyan kicsi, hogy az ember képtelen lenne benne eltévedni, csak felülről gyönyörködhet benne. Maguk a lakók városonként egyformák és szó szerint ők építik fel a várost. Ők a micéliumok. A micéliumok társadalma szegénylős népség, földbe, fába, szerves anyagokba építik a városukat. Csak akkor jönnek a felszínre, ha új várost akarnak létrehozni. Ekkor kis tornyot építenek, melynek neve is van: gomba. A városlakók életében minden az élelem körül forog és azon, miként lehet azt a leghatékonyabban elérni és szállítani. A város olyan, mint egy nagy élő organizmus; ha élelmet talál érte nyúl, ha fény éri összehúzza magát.

VÁROSSZÖVET

A sokfejű nyálkagomba (*Physarum polycephalum*) olyan egysejtű, amőbafélék törzsébe tartozó organizmus, amely figyelemre méltó tervezési képességgel rendelkezik. A hálózat alakulását a táplálék befolyásolja. Először terjeszkedni kezd a hálózatával, majd mikor eléri a tápanyagot, az előzetes hálóból egy kifinomult hálózattá alakul, melyben a táplálékhoz optimalizált út vezet, a felderítő hálózat nem optimalizált ágait a táplálék megtalálása után a nyálkagomba leépíti. Ezzel az adottságával a sokfejű nyálkagomba képes minimális útvonalhosszal navigálni a labirintusokban, arányos kapcsolatokat kialakítani az egyedi táplálékforrások között az optimális táplálkozás érdekében, matematikai minimális feszítőfaként (minimum spanning tree) növekedni^[15], emlékezni arra, hogy hol járt, előre látni a rendszeres eseményeket, és még a tokiói vasúti rendszer és az autópálya nyomvonalát is lenyűgöző pontossággal utánozza. Egy japán kutató megkísérelte a tokiói vasútszisztem modellezését nyálkagombával. Egy Tokiót és környékét ábrázoló térképen helyezte el a gombát, a táplálékot az állomások helyére tette. Néhány nap múlva a nyálkagomba által alkotott hálózat egy az egyben leképezte a számítógépekkel optimalizált vonathálózatot.^{[16] [17]}

A gombák nem építenek külső anyagból struktúrát, az egész hálózat micélium fonalaiból áll. A talált anyagokat enzimeikkel lebontják és táplálékként, a hálózat építéséhez használják fel; így átalakítva még a legtoxikusabb anyagokból is “építőanyag” lehet. Ilyen például a cigaretta csikk és a poliuretán műanyag, amelyet bizonyos gombák (pl.: *Pleurotus ostreatus*) tréneléssel le tudják bontani. Továbbá a gyapjas tintagomba (*Coprinus comatus*), bár anyaga nem olyan erős, micélium fonalai segítségével képes átnőni az aszfalton vagy megemelni nehéz burkolólapokat is.^[16]



Egyetlen spórától kifelé növekedő micéliumok

Dr. A.H.R. Buller, 1931.

- **felderítés közben komplex hálózat építése, majd cél elérése után a nem optimalizált kapcsolatok megszüntetése**
- **anyagok kémiai lebontása, az energia kinyeréséhez**

LAKOSSÁG ÖSSZETÉTELE

A gombafonalaknak micéliumhálózatához két fontos képességre van szükségük úgy, mint az elágazás és az összeolvadás. Ahhoz, hogy a hálózatot építeni tudják, a gombafonalaknak meg kell találnia a másikat. A keresés közben találkozhatnak más gomba micéliumágával, ilyenkor az is fontos kérdés, hogy a másik gomba kompatibilis vagy ellenséges faj; ezen múlik, hogy összeolvad-e vele a gomba. Az elágazás és összeolvadás jelenségét emberi szempontból nagyon nehéz felfogni. A gombák világa teljesen más, mint a miénk. Összeolvadáskor bár a gombák “öna-zonossága” számít, de világuk nem bináris. Az “én” át tud menni fokozatosan a “másikba”. Az elágazás jellemzően akkor történik meg, mikor akadályba ütköznek. Ilyenkor a gombáknak nem kell eldönteniük melyik irányba menjenek, csak kettéágaznak és két irányba haladnak tovább. Ez olyan, mintha egy ember egyszerre két ajtón lépne be. Ehhez elengedhetetlen, hogy ne egy helyen összpontosuljon a gombák “vezérlőegysége”, agya.^[16]

A sokfejű nyálkagombának nincs centralizált agya, mégis képes a tanulásra. Míg sok biológiai szervezet kifinomult idegrendszereket hozott létre az érzékszervi információk feldolgozására, a sokfejű nyálkagomba ehelyett decentralizált és fluidikus formáját használja ki. A szervezet csöves és gélszerű citoskeletonja térben változatos molekuláris motorként működik, amely sok különböző, a sejtben elosztott oszcillátoregységből áll. Minden egység hullámszerű összehúzódást generál, amelynek frekvenciája függ a szomszédos összehúzódási frekvenciától, valamint a közvetlen környezetében lévő vonzó (pl. táplálék) és taszító (pl. fény) anyagok jelenlététől. A vonzó anyagok molekuláris receptorkötést okoznak a szervezet felszíni membránján. Ez az oka annak, hogy a nyálkagomba ága a táplálék felé mozdul.^[15]

- **hálózatépítés: elágazással és összeolvadással**

- **komplex mozgás: nincs centralizált agy**

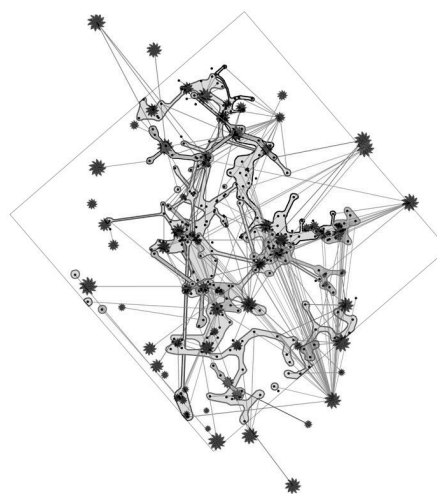
SZOLGÁLTATÁSOK

A gombák életszükségleteit viszonylag egyszerű ki-elégíteni. Táplálkozás és szaporodás az alapigények.

A gombák ritkán társulnak az országukhoz tartozó életformákkal. Élősködőként telepednek meg gazdatestekben (pl.: *Ophiocordyceps unilateralis*) vagy leggyakrabban algákkal (zuzmó) és növényekkel élnek szimbiózisban. Az élősködő gombák is elképesztőek (és rémisztőek), azonban az igazán lenyűgöző az a szimbióta gombák fákkal alkotott kapcsolata. Az ugyanis azt mutatja, hogy a gombák kifejezetten jó kereskedők; ennek reprezentatív példája az erdőháló. Sok esetben úgy tekintünk a fák közötti anyagáramlatásra, mintha a gombahálózat egy csőrendszer lenne. Azonban van arra utaló jel, hogy a gomba valójában ásványi anyagot “vesz”, “halmoz fel” és “ad el”. Sokszor előnyben részesíti a nagyobb partnereit, mivel azok több szénrel tudnak nekik fizetni. Azonban van, hogy “hitelt ad”, hogy a partnere előbb “vegyen” tőle és csak később “fizessen” érte (pl.: orchideák). Ha egy terület ásványokban szegény, ott több szénért “ad el”, de mivel könnyen és gyorsan szállít ásványokat, az “árut” ásványokban gazdag területről hozza el. A csere tárgyát képezheti a fák részéről szén, nehézfémek, cukor és más szénhidrátok; cserébe a gombáktól pedig nitrogént, foszfort és vizet is kaphatnak.^{[16] [18]}

A szaporodás alapvető biológiai szükséglet, a spórák széthordásában a gombák is nagyon kreatívak. A “zombigombák” hangyákban telepednek meg, átveszik az irányítást idegrendszeri szinten és felhajtják a hangyát egy magasabb fára, hogy a belőlük kinövő gombatestből így szórják minél nagyobb területen szét a spóráikat. De vannak olyan gombafajok is, melyek spóráit az a légáramlás emeli a magasba, amit a termőtest lemezeiről elpárolgó víz hoz létre.^[16]

- szimbiózis, cserekereskedelem



Duglászfenyő erdő közös gombahálózata

Kevin Beiler, 2009.

KÖRNYEZET

“A gombák mindenütt ott vannak, de könnyű nem észrevenni őket. Ott vannak bennünk és körülöttünk. Fenntartanak bennünket, és minden egyebet is, ami nélkülözhetetlen a számunkra. Miközben ezeket a szavakat olvassuk, a gombák folyamatosan hatással vannak magára az életre is úgy, ahogyan azt évmilliárdok óta teszik. Köveket esznek, talajt teremtenek, szennyező anyagokat emésztene meg, táplálják és megölik a növényeket, életben maradnak a világűrben, látomásokat váltanak ki, táplálékot termelnek, gyógyszereket állítanak elő, állatok viselkedését befolyásolják, s hatással vannak a Föld légkörének összetételére. Kulcsfontosságúak ahhoz, hogy megértsük a bolygót, amelyen élünk, és azt, ahogyan gondolkozunk, érzünk és viselkedünk. Életüket mégis javarészt a szemünk elől elrejtve töltik, és fajaik több mint 90%-át még le sem írták. Minél többet tudunk meg róluk, annál kevesebb dolgot tudunk nélkülük értelmezni. [...]

A Föld legdrámaibb eseményei közül jó néhány a gombák tevékenységének eredménye volt - és ma is az. A növények úgy ötszáz millió évvel ezelőtt csak a gombákkal való együttműködésüknek köszönhetően voltak képesek a vízből a szárazföldre lépni, mivel a gyökerek feladatát több tízmillió éven át - amíg a növények ki nem fejlesztették a saját gyökérrendszerüket - a gombák látták el. A mai növények több mint 90%-a mikorrhizaképző gombáktól függ[...], amelyek a fákat nagy, közös hálózatokba kapcsolják össze (ezeket „wood wide web”, azaz erdőháló néven is emlegetik). Ezen ősi kapcsolatnak köszönheti a létét az összes ma ismert szárazföldi életforma, amelyeknek a jövője is attól függ, fennmarad-e a növények és gombák egészséges kapcsolatok kialakítására való képessége.” (Merlin Sheldrake: *Az élet szövedéke*, 2022, 9-10. oldal)

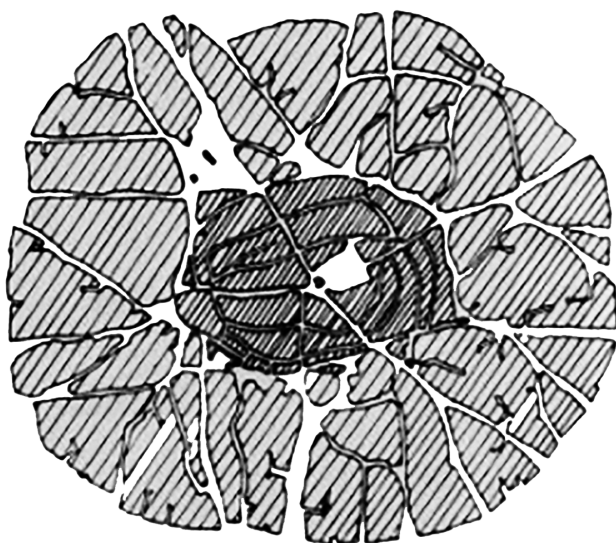
- **más fajok altruista támogatása**

HAJDÚBÖSZÖRMÉNY

Hajdúböszörmény a magyar Alföldre jellemző kétbeltelkes (ólaskertes, szállaskertes) települések legklasszikusabb példája.^[19] Központjában, akár csak védelmi szerepű erődítmény, templomerőd áll. E köré szerveződik a település belső magja, mely ennél az alföldi település típusnál jellemzően sűrűn beépített és apró telkek, szűk utcák jellemzik. Ezzel szemben az ólaskertes övezetet nagyméretű, szabálytalan alakú telkekre osztották fel. Az ólaskert funkciója a haszonállatok éjszakai hajlékaként és takarmányuk raktározása volt. Ez eltér a szláv és más európai népek haszonállat tartási hagyományaitól (ők egy telken, egy hajlékban éltek a haszonállataikkal). Györffy István, aki áthatóan tanulmányozta az alföldi halmazvárosokat, ezt a felépítést a magyarság nomád múltjához kötötte és úgy vélte, ez a település az egykori sátoztábor helyén jött létre. A belső mag biztonságot nyújtott, árokrendszer és palánk vette körbe. A belső telteken a lakók nem végeztek gazdasági tevékenységet; napközben a férfiak az ólaskertben dolgoztak és csak a nők, gyerekek tartózkodtak otthon. Bár úgy tűnhet, hogy az utcák hálózatában nincs rendszer, sok közöttük az átkötés és zsákutca; bizonyos szempontból mégis a funkcionalitást tükrözik. A bevezető utak tölcse-szerűen szűkülnek befelé, mivel ezeken hajtották be az állatokat a legelőről az akókertbe.^{[20] [21] [22]} Bizonyos szempontokból a város szerkezete emlékeztet a gomba hálózatának terjedési módjára. A mag (spóra) körüli sűrűsödés, illetve a táplálékszerzés útvonalának erősítése és ott a hálózat kiszélesedése is a gomba táplálékszerzésére jellemző viselkedés.

Ez a várost kettétagoló szervezőmód végül hasznosnak bizonyult, mikor az Alföld a Török Hódoltság részévé vált. A lakók a külső kertben végezheték a családot fenntartó munkájukat, azonban a török portyázás elől be tudtak menekülni a belső mag védelmébe.^{[22] [24]}

Napjainkban ezek a települések jelentős változásokon mennek keresztül, de utcahálózatukban őrzik múltjukat.^[20]



Böszörmény, egy tipikus magyar alföldi település alaprajza

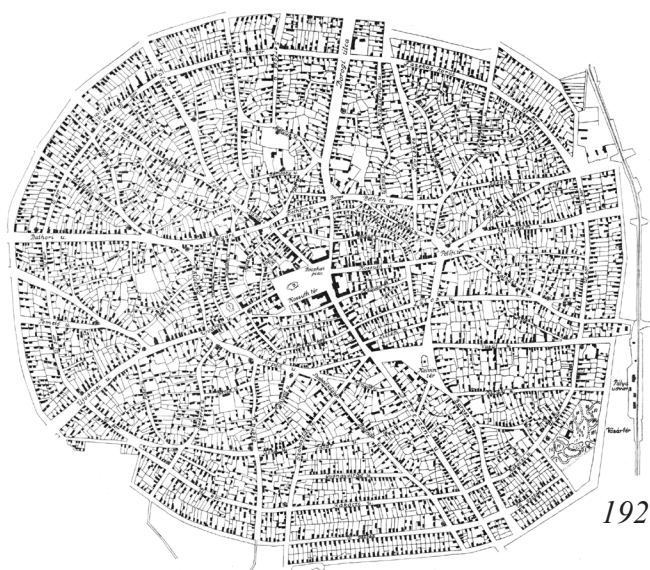
Sibyl Moholy-Nagy: *Matrix of Man*, 1968.



1782



1842



1926

Hajdúböszörmény településmorfológiai változásai

Dr. Györffy István: *Hajdúböszörmény települése,*
1927.

ERŐD A FÖLD ALATT



[k4]

A pusztaságban egy hatalmas erődítmény tárul a szemünk elé, egy királyság fővárosa. A vár áthatolhatatlannak tűnő fala védelmet nyújt, és egyben egy önműködő szellőzőrendszer alapját is képezi. A mélyen a föld alatt élő egymillió lakos számára a metropoliszt körülölelő légtechnikai rendszer teremt áram nélkül optimális hőmérsékletet, páratartalmat és légcserét. Fáradhatatlan munkájával mindenki a közösség érdekében cselekszik. A lakók teljes sötétségben élnek, így tartják rendben a környezetüket, természetnek élelmet és építik fel az állatvilág legnagyobb struktúráit. Ők a természetes és erődítményük a természetvár.

VÁROSSZÖVET

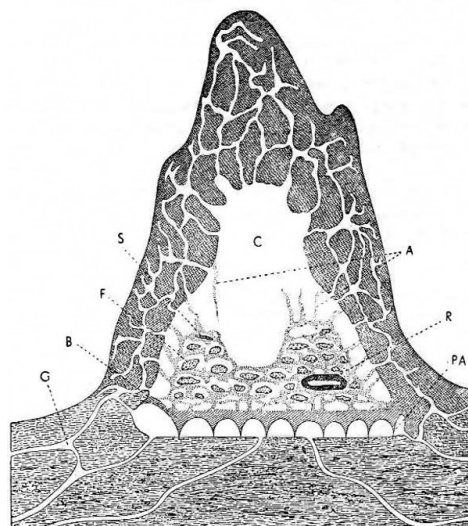
A gombatenyésztő termeszek (Macrotermitinae) trópusi, szubtrópusi környezetben terjedtek el. Kastélyszerű, akár több méter magas építményeik nyújtanak védelmet a kolóniának. Az erődítményrendszer legföltettebb, védtelen részei közepén - a fészeknek nevezett föld alatti metropoliszban - kapnak helyet. Itt koncentrálódik minden funkció és szolgáltatás; nyüzsg az élet.

A fészekből különböző méretű járatok teremtik meg az összeköttetést a felszín feletti várral. Fent már jóval kisebb az aktivitás, néhány dolgozó és katona jelzi csak, hogy az erőd nem lakatlan. Az egyre szűkebb alagutak a felszín közelében végződnek, apró bejáratok formájában. Hatalmas rágó szájszervű katonák állnak az erődítmény határán és átvizsgálják minden egyes belépőt, legyen az barát vagy ellenség. Az erőd kialakításának minden része a kolónia biztonságát szolgálja.

A dolgozók a helyben kitermelt föld és saját nyáluk keverékéből alkotnak kis galacsinokat, amiket egymáshoz tapasztva építik folyamatosan a várat. Száradás után megszilárdul és kő keménységűvé válik az anyag, de közben a galacsinok tökéletlensége miatt porózus is marad. Külső hatásoktól védelmezi a rovarokat, de biztosítja a levegő átáramlását. A várban lévő járatok látszólag struktúra nélkül kanyarognak, szűkülnek és tágulnak vissza, azonban a több száz üregből és tárnából álló, útvesztőre hajazó járatrendszeren keresztül lehet eljutni a centrumba.^[25]

Az akár egymillió lakost is számláló termeszkolónia teljes sötétségben, másfél méterrel a felszín alatt, a fészekben tölti életét túlnyomó részét. A tér mindhárom irányába terjeszkedő termeszvárosban a funkciók össze vannak sűrűsödve, hogy a lehető legkevesebb helyet foglalják el. A fészek alsó szintjei lakófunkciót

- helyi építőanyagok használata



Termeszvár metszeti ábrázolása

Grassi B. és Sandias A.: *Costituzione e sviluppo della società dei termitidi*, 1893

látnak el; itt élnek és végeznek munkát a dolgozók. A lakónegyed legfelső szintjén a királyi terem és keltető található. A királynő naponta több ezer petét is lerak, ezeket a dolgozók azonnal el is viszik a keltetőbe, ahol gondjukat viselik, míg fel nem nőnek. A fészek felső részén a gombafarm és az élelemraktár kap helyet, így a város legfontosabb elemei sűrűn beépített egységekben, egymás szomszédságába vannak rendezve.

LAKOSSÁG ÖSSZETÉTELE

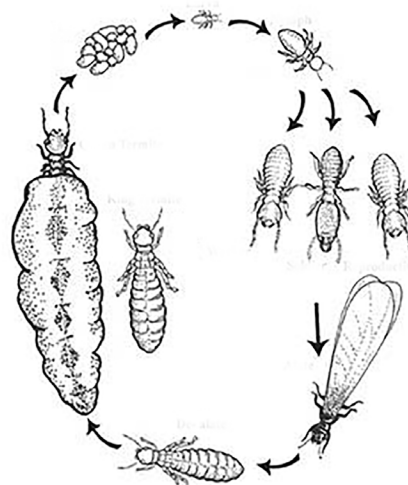
A termeszek olyan társadalomban élnek, amelyben minden egyes állatnak megvan a maga feladatköre; mindannyian a közösség érdekében, annak fennmaradásáért dolgoznak.

A kolónia két alapítója - a király és a királynő - sosem hagyják el termüket; egyetlen feladatuk a folyamatos utódnemzés és ezzel a kolónia fenntartása. A királynő különleges kémiai anyagokat (feromonokat) választ ki, amelyek a lárvák fejlődését szabályozzák, és egyben kasztbeli hovatartozásukat is meghatározzák. Kasztjuk alapján más és más feladatot fognak végezni életük végéig.

A kolónia túlnyomó többsége dolgozó, ezek a termeszek képezik a munkásosztályt. Az építés, karbantartás, élelemszerzés és gondozás mind az ő feladatkörükbe tartozik. A gombatenyésztés szintén rájuk hárul, ehhez először a beérkezett növényi anyagokat megrágják és megemésztik. A gyomrukban lévő baktériumok lebontják a cellulózt, majd az így kapott végterméket halmokba rendezik és átadják a gombának; maguk a termeszek pedig a micéliumot fogyasztják.

Az ivaros alakok a kolónia egyetlen nemzőképes egyedei a királyi páron kívül. Szárnyakkal rendelkeznek és az esős évszak során rajzanak ki a várból új kolóniát létrehozni.

- **funkciók logikusan kapcsolódnak egymáshoz: alul lakókörzetek, fölötté gombafarm és élelemraktár**



Termesz életciklus

Pat Lowe: *Our Friends the Termites*, 2015

- **szimbiózis gomba és termesz között**

A katonák testfelépítése radikálisan eltér a dolgozótól; nagyobb a testük és fejük, hatalmas rágó száj-szervük pedig fegyverként való használatra fejlődött. Ennek a kasztnak az egyedei védelmezik életük árán is a kolóniát minden behatolótól.^[25]

SZOLGÁLTATÁSOK

A termeszek teste puha, nem védi őket semmi sem a kiszáradástól. Emiatt csak éjszaka mennek élelemszerző körútra; a meleg nappalokat az erődjükben töltik, annak folyamatos karbantartásával és növelésével. A zárt termeszvárban élő egymillió rovar hamar elhasználná a levegőt, azonban a termeszeknek erre is van egy megoldásuk. A fészekben az év során közel állandó a hőmérséklet (30 ± 4 °C) és a páratartalom is (70-99%)^[25]; ideális körülményeket teremtve rovar és gomba számára egyaránt. A fészket körülölelő grandiózus építmény nem csak védelmi funkciókat lát el, hanem egy szellőzőrendszert is alkot. A légcserére és hőmérsékletszabályozásra komplex hálózatot hoztak létre a termeszek. Forró vidékeken élő termszefajok előszeretettel építenek nyitott várakat, ahol a kéményhatás idézi elő a hatékony légcserét; a szavannák termeszei viszont nem alakítanak ki egyértelmű nyílást építményeiken. Ezekben a zárt létesítményekben a felszín feletti erőd egy középső kéményt és a falak mentén lefutó kisebb légcsatornákat tartalmaz, ezek biztosítják a levegő szabad vertikális áramlását az építményen belül. Ahogy a nap során más irányokból érkezik a napsugárzás és eltérő hőmérsékletűek lesznek a vár oldalai, kialakul egy természetes légáramlás a melegebb hely felől az alacsonyabb hőmérsékletű felé.^{[26] [27]}

A hűtésről a két méter mélyen található pincerendszer gondoskodik. A fészek alatti terem vékony agyag lemezekkel van telezsúfolva, némelyiken a levegőből lecsapódott vízcseppek díszelnek. A zárt termeszvárakban a talaj alacsonyabb hőmérsékletét felhasználják a hűtésre.

- **önműködő, önszabályozó légtechnikai rendszer egész évben magas komfortszintet biztosít**

nálják fel, mikor a természetes szellőzés már nem nyújt elég hűtést. A fészekben keletkező hőt a bordás hőcserélőként funkcionáló pince adja le a terem levegőjének és a talajnak, miközben a fészek párásítását is elvégzi.^[28]

KÖRNYEZET

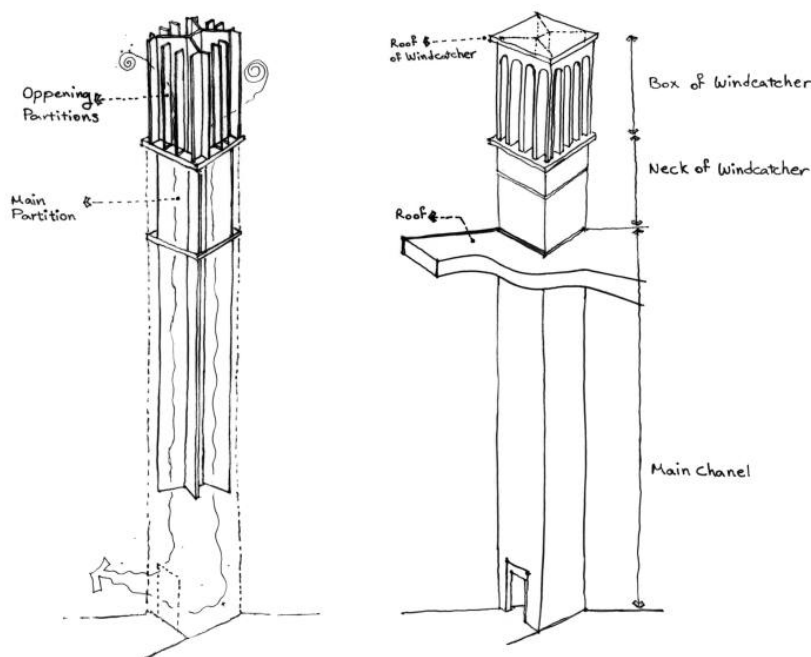
Váraik építése során a természet évmilliók alatt tökéletesített tervekét követnek. A természet adottságait kihasználva olyan HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning) rendszert építettek ki, ami egész évben a rovarok és gombatelepük számára ideális körülményeket biztosít. Az ehhez hasonló megoldások tehetők lehetővé, hogy ezek az apró lények elterjedjenek a trópusi és szubtrópusi vidékeken. Természetes, helyi anyagokból építkeznek és a környéken megtalálható elhalt növényi részeket gyűjtik be. A természet a természettel együtt élnek, fenntartható módon, mivel a kolónia túlélése a folyamatos élelemszertéstől függ, vagyis a túlfogyasztásnak akár végzetes következménye is lehet.

- **természettel együtt élnek, fenntartható módon**

Már 6000 évvel ezelőtt az ókori Perzsia (mai Irán) területén előszeretettel alkalmaztak olyan építészeti megoldásokat, amelyek passzív hűtőrendszerként funkcionálva elviselhetőbbé tették a száraz, sivatagi éghajlat nyári, forró napjait. A természetes szellőzés lehetőségeinek hasznosítása nem kerül se munkába, se energiába, ráadásul nem igényel gépeket sem.^[32]

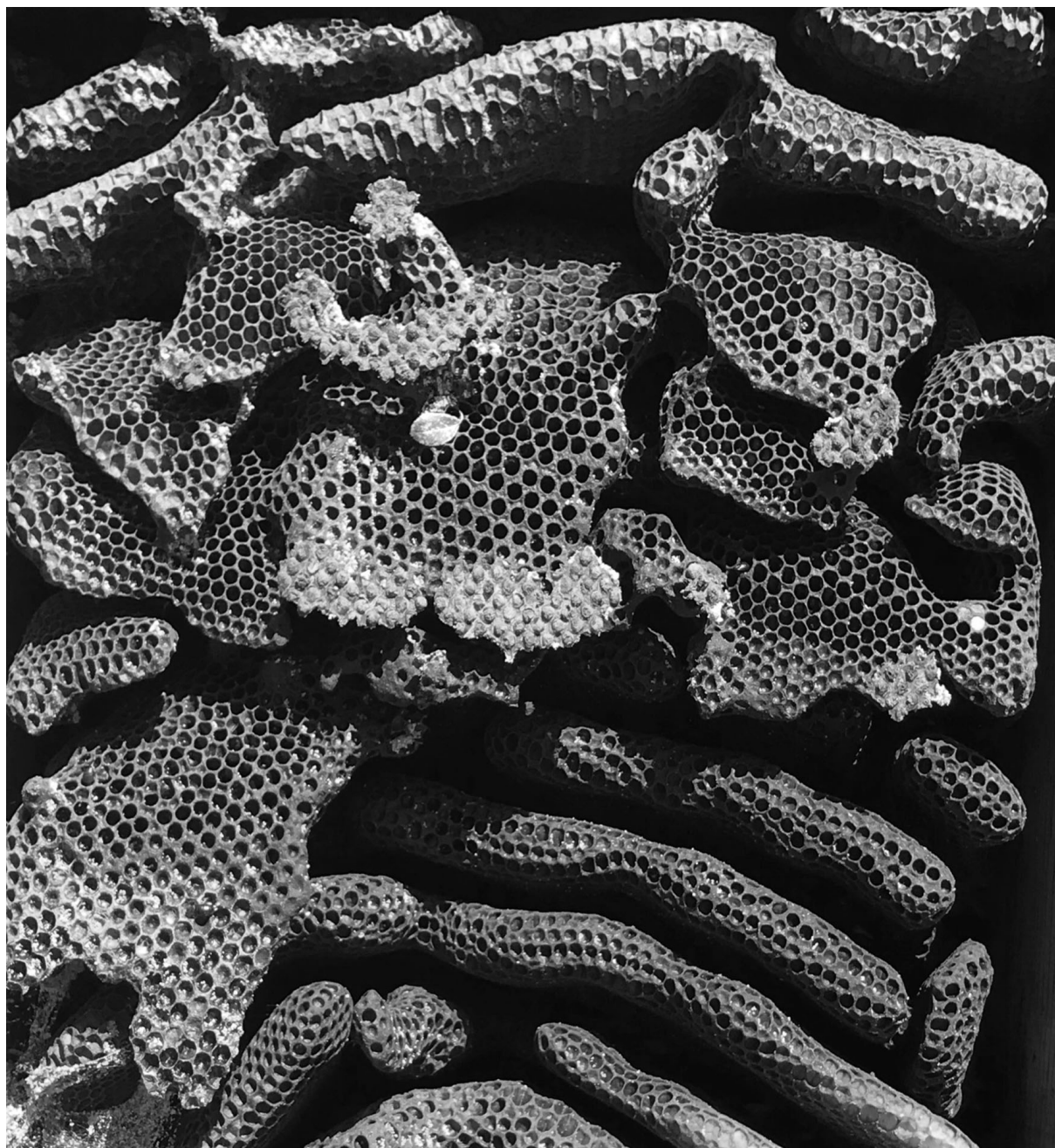
Közép-Irán területe száraz, sivatagos éghajlatú; gyakoriak a forró napok és homokviharak, emiatt gyakran befelé forduló, földbe süllyesztett épületeket alakítottak ki. Helyi iszaptéglából építkeztek és kihasználták a talaj hőtehetetlenségét, így nyáron hűsítő, télen melegítő hatását élvezhették. Az épületek tetején különböző méretű és formájú szélatornyok találhatók, amelyek felül nyitottak, alul pedig az épület belső tereihez csatlakoznak. Nappal a torony széllel terhelt oldalán beáramlik a levegő, amelyet jellemzően hűvös pincébe vezetnek, vagy vízfelszín közelében vezetve evaporatív módon hűtenek. Az immár lehűtött friss légáramlat a szélatorny átellenes oldalán kinyomja az épületben felgyűlt meleg, elhasznált levegőt. Szélcsendben pedig egyszerű kéményként funkcionál; a kisebb sűrűségű, felmelegedett levegő a felső nyílásokon távozik, ezzel normalizálva a benti hőmérsékletet.^[29] ^[30] Ezeknek a technológiáknak a megfelelő alkalmazásával voltak képesek – és képesek még ma is – télen-nyáron 24 °C körüli klímát fenntartani házaikban pusztán a környezeti adottságokat kihasználva.

Sok párhuzamot lehet találni az ókori perzsa építészet és a termoszvárak között. Helyben található anyagokból építkeztek és egyszerű fizikai jelenségeket használtak a légcseré és a megfelelő hőmérséklet biztosítására.^[31] ^[32]



A szélatorny részei
Aida Zare, 2024

V I A S Z V Á R O S



[k5]

Egy szokatlan városba vezet most az utunk. A szűk utcák mentén 50 emeletes magasházak sorakoznak, de az épületek nem lentől felfelé épülnek. A világ tótágast állt, és itt az égből nyúlnak lefelé a felhőkarcolók. A moduláris építkezési módnak köszönhetően sorra épülnek a toronymagas építmények. Lift sehol sincs, mindenki repül. Annak ellenére, hogy a városlakók teljes sötétségben mozognak, a tisztaság ebben a városban semmihez sem fogható, sehol egy szemét és állandó a fertőtlenítés. Ez egy 40-80 ezer lakost számláló kisváros, mégis minden rendezett. Az utcákban csak úgy nyüzsögnek a méhek, mindenki siet valahova. Üdvözlünk Viaszvárosban!

VÁROSSZÖVET

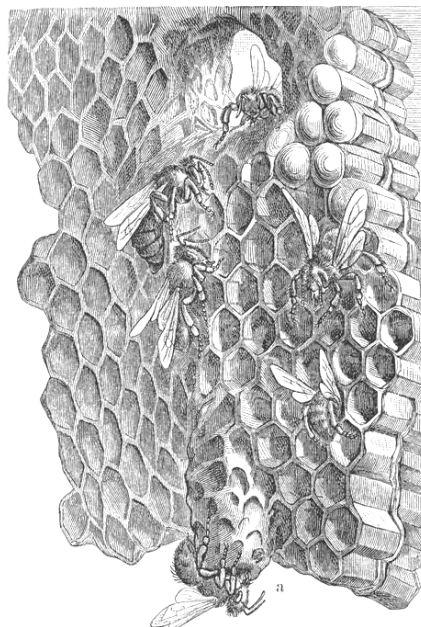
A házi méhek (*Apis mellifera*) értékes tápanyagot gyűjtenek és raktároznak, azonban vannak olyan élőlények, melyeknek a kemény munkával felhalmozott mézre és virágporra fáj a foguk. Ilyen például számos darázs, a halálfejes lepke és az ember is. A “kincs” raktározása és védelme a méhcsalád fennmaradásának alapfeltétele. A méhkas felépítése is ezen célt szolgálja; egy bejárata van, melyben őrk állnak, akik csak a heréket és a méhkas lakóit engedik be. A kusza léputcákban nehéz eligazodnia a betolakodónak, az illetéktelen behatolót hamarabb kapják el a dolgozók, mint hogy zsákmányával távozhatna.

A viaszfüggöny, - amely kijelöli a léputcákat, és lakhatást biztosít a kaptárban lakó méhcsaládnak - egy nagyon következetes építmény. Készítéskor a méhek két dologra fokozottan odafigyelnek: a lépeket függőlegesre és azok alapjait párhuzamosra építik. A méhek a viaszfüggönyt a természetben fent rögzítik, onnan csüngenek le a viaszból épített, függőleges lépek.^[33] 2018-ban Vince Gallo és Lars Chittka azzal kísérletezett, hogy a méhek képesek-e alkalmazkodni ahhoz a nehézséghez, hogy üveghez nem képesek rögzíteni a méhviaszt. Bebizonyították, hogy a méhek képesek letről felfelé is építeni, akár az ember, illetve függeszteni a szerkezetet, ha a kaptár alja és teteje is üveg. Sőt, azt is megvizsgálták, képesek-e változtatni építkezés közben, amennyiben a rögzítés lehetősége megszűnik. A méhek minden akadályt sikeresen megugrottak.^[34] Ez felveti azt a kérdést, hogy a méhek csupán ismétlődő rutin szerint építenek, vagy terveznek is?

A méhsejt szerkezet méreteit és anyagát tekintve hatalmas teherbírású. A felhasznált viasznál negyvenszer nagyobb súlyú méz befogadását teszi lehetővé, ugyanakkor alakváltozás nélkül elbírja több ezer álca, báb (a méheknek bölcsőben fejlődő utódai), valamint

- **kaptár fő funkciói: védelem és raktározás**

- **építkezés a gravitáció irányába, de alkalmazkodás, ha nem állnak rendelkezésre megfelelő feltételek**



Méhsejt struktúra

Meyers Großes Konversations-Lexikon (2. kötet),
1905.

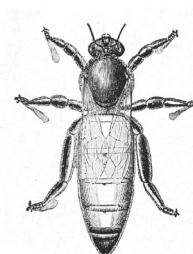
méh súlyát. A szemet gyönyörködtető hexagonális struktúrát is logikus szempontok miatt építik a házi méhek. Ugyanis ennek köszönhetően a lehető legkevesebb viasszal a lehető legtöbb tárolót tudják létrehozni a méz, virágpor és a lárvák számára. Három lépsejt (hatszögű hasáb) 1 g méz eltárolására alkalmas. A lépsejtek készítéséhez szükséges viaszt azonban a méhek viaszmirigye készíti, amihez a méh meg kell emelje a testhőmérsékletét, ehhez pedig energiára, vagyis táplálékra van szüksége. 1 db viaszpikkely súlya 0,25 mg, tehát 1 kg viasz előállításához 4 millió viaszpikkely szükséges. 1 kg viasz kitermeléséhez 3,035 kg méz kell.^[33] Ez “háromszoros ár”, ezért a méhek próbálják optimalizálni a szerkezetet, sejtek falai csupán 0,12 mm vastagak és gyakran használnak fel régi anyagot, léptörmelékét.

LAKOSSÁG ÖSSZETÉTELE

A méhek élete nagyon rövid, és pusztán a faj fenntartásához szükséges funkciók kielégítéséből - munkából, táplálkozásból és szaporodásból - áll. A házi méh euszociális faj, mivel a méhkirálynő jelenlétében a dolgozók mind olyan nőstények, akik nem raknak petét, helyette a királynőt segítik a peterakásban. Tehát egészséges működésében a kaptár társadalom egy nők uralta világ. A méhcsalád férfi egyedei, a herék pusztán kitartottjai családnak és belehalnak az utódnemzésbe.

A hierarchia tetején álló méhkirálynőnek a szaporodás az egyetlen feladata, naponta akár 1500 petét is rakhat. A kaptár társadalmában kulcsszerepet tölt be, mivel csak ő szaporodik és petézésével pedig ő irányítja a méhcsalád ivarösszetételét. A kaptár lakói közül ő él a legtovább, akár 3-5 évig is élélhet. Ha már nem képes ellátni királynői feladatát, az új méhkirálynők csatával taszítják le a trónról.^[33]

- **méhsejt szerkezet: nagy teherbírás, tárolás maximalizálása, felhasznált építőanyag minimalizálása**



KIRÁLYNŐ



DOLGOZÓ



HERE

Méhcsalád tagjai

Ernest Rob: *Facts about bees*, 1907, 38. oldal

- **euszociális viselkedés**
- **méhcsalád tagjai: királynő, herék, dolgozók, utódok (lárva, álca)**

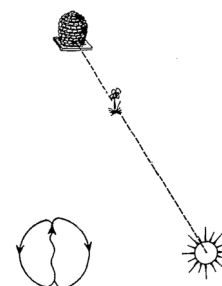
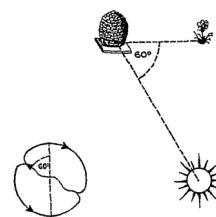
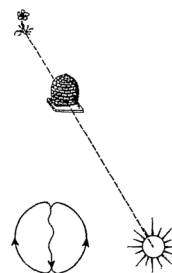
A dolgozó méhek, amint kikelnek, már takarítanak is maguk körül, majd 3 naposan dajkává válnak. Mikor elérik a 12 napos kort, akkor termeli a szervezetük a legtöbb viaszpelyhet, ezért lépépítésben segítenek. 18 naposan a kaptár kapuőrei, majd életük hátralévő részét gyűjtéssel töltik. 22 naposan a dolgozó méhek napjai meg vannak számlálva, az átlag élettartam szerint 30-60 naposan éri utol őket a halál.^[33]

A herék 30-45 napig élnek csupán, azonban ezalatt az idő alatt nem vállalnak aktív szerepet a kaptár társadalomban. A saját kaptárukból, a királynővel való biológiai összeférhetlenségük miatt elűzik őket, így vendégként érkeznek más családokhoz, hogy megtermékenyítsék a királynőt. Ezen feladatuk beteljesítésével az életük véget is ér.^[33]

A házi méhek elképesztő hatékonysággal végzik munkájukat, a por és nektár gyűjtést. Hatékonyságuk kulcsa, hogy a hasznos információkat átadják egymásnak különös kommunikációs formájukkal, táncal. A tánc nektárt adó virággal kapcsolatban minden fontos adatot tartalmaz: távolságot, irányt, nektárbőséget. A pontosság kiemelten fontos, mivel a méhek magukkal viszik a repüléshez szükséges élelmet és annyit visznek csak, ami épp elég az útra. A sikerrel járt dolgozó általában 40-60 mg nektárral tér haza a gyűjtésből, amely mennyiség a méh testsúlyának körülbelül a fele.^[33] Minden megszerzett nektár és virágpor közös, a kaptaré.

SZOLGÁLTATÁSOK

A kaptár tartalmaz minden, a méhek életéhez szükséges funkciót, ezek logikusan kapcsolódnak egymáshoz. A "víztartály" legfelül helyezkedik el, ez alatt található az éléskamra, melyben felül mézet, alatta pedig virágport raktároznak. A bölcsők – azaz a szülőotthon – a raktárak alatt kapnak helyet, ez a viaszváros közepe. Ez az elrendezés biztosítja a "bölcső-



Nyolcas táncok, amelyek a táplálékforrás irányát jelzik a Nap állásához viszonyítva

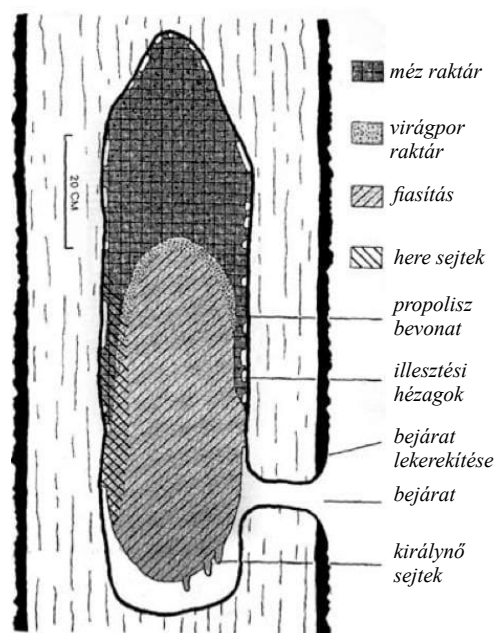
Kilani M.: *Biology of the honeybee*, 1999

- **kommunikáció táncal**
- **funkciók logikusan kapcsolódnak: legfelül van a víztartály, alatta az éléskamra, mely alatt közvetlenül a bölcsők helyezkednek el**

de” folyamatos élelemellátását, továbbá a méhkasnak ez a pontja a legjobban hőszigetelt, így itt a legkisebb a hőmérséklet-ingadozás. Az utódok semmiben sem szenvednek hiányt.^{[33] [36]}

A hatékony fiasítás (utód gondozás) érdekében a méhek +32 °C és +36 °C között tartják egész évben a hőmérsékletet. Ennek érdekében a méheknek fejlett hőmérséklet érzékelésük van, a kaptár belsejében képesek 1 °C hőmérséklet eltéréssel komfortot biztosítani a királynőnek és a fiasításnak. Ha fűteni kell a kaptárt a dajka méhek méhenként és percenként 0,11 kalória hőt kezdenek termelni (a torizom vibrációja termeli a hőt). A méhek azonban nem ész nélkül fűtik a kaptárt; a kutatások azt mutatják, hogy télen fűrtbe húzódnak, ahol a királynő található és a fiasítás zajlik. A +35 °C körüli hőmérsékletet csak itt biztosítják. A lépek jó hőszigetelő képessége miatt az egymással szomszédos léputcák között néha 24 fok hőmérséklet-különbség is előfordulhat.^{[33] [37]}

A méhek hőmérséklet szabályozásához hasonló pontossággal kontrollálják a páratartalmat is; szárnyuk erőteljes csapkodásával intenzív légcserét hoznak létre és vízcseppek párologtatásával biztosítják a megfelelő páratartalmat. A szellőztetéssel az oxigéncserét is megoldják a kaptáron belül. “A méhek oxigénfogyasztása igen magas: a testsúlyra átszámítva két és félszer nagyobb, mint az emberé. 35 fokon 1 kg méh óránként 3,5 l szén-dioxidot lehel ki, és 17-29 l oxigént igényel.” (Józsa György: *Viaszváros*. 1985, 54. oldal) Így könnyen bekövetkezhet oxigénhiány vagy szén-dioxid-fölösleg keletkezik és a szellőztetés is kevésnek bizonyul. Amikor ez bekövetkezik, a méhek megkezdik a tőgyelést. a méhek a kijáráthoz csoportosulnak és kaptárban lévő hőmérsékletnél lényegesen magasabbat hoznak létre. Ez a meleg levegő erőteljes természetes légmozgást indít, és szinte kiszívja a levegőt a kaptárból, hogy helyére a külső levegő áramoljon be.^{[33] [37]}



Fába épített méhkaptár felépítése

Thomas Seeley és R. A. Morse: *The nest of the honey bee*, 1976

- **precíz hőmérséklet érzékelés és szabályozás**
- **légcseré és kritikus esetben tőgyelés**

“Önkéntelenül is felmerül a kérdés, hogy egy ilyen 40-80 ezer „lakost” számláló városban hogyan van megoldva az egészségi ellátás. Nem elég a lépet felépíteni, annak tisztaságáról is gondoskodni kell. [...] Annyit már az első látogatáskor is tapasztalni lehetett, hogy ragyogó tisztaság van mindenütt, és sehol semmi kellemetlen illat. Az 50 emeletet kitevő lépek alatt, a kaptár fenékdesházán nincs hulladék, méhhulla [...]” (Józsa György: *Viaszváros*. 1985, 75. oldal)

“Az ezt a tisztaságot biztosító csodaszer a méhszurok, azaz propolisz. A propolisz igen erős fertőtlenítő hatású anyag. [...] A kaptár falán és a lépeken található több mint 40-féle penész és más gomba pusztítására, fejlődésének megakadályozására is alkalmas.” (Józsa György: *Viaszváros*. 1985, 75. oldal)

KÖRNYEZET

A méhek jól reagálnak a környezet kihívásaira, a biztonságot nyújtó kaptár megvédi őket a külső behatásoktól; ami átjut a védelmi burkon, az ellen fegyelmezetten, egységben lépnek fel. Azonban a 2000-es évek elején elkezdte felütni a fejét az elnéptelenedés szindróma (Colony Collapse Disorder - CCD) és ez ellen még a propoliszos fertőtlenítéssel sem tudnak hatékonyan fellépni. Ennek során a dolgozó méhek eltűnnek a kolóniából és egy kritikus ponton a kolónia összeomlik. Ez bár valóban fogyasztói problémát okoz a méz piacon, ennél drasztikusabb hatás a beporzó fajok csökkenése miatt tapasztalt mezőgazdasági krízis. Az elnéptelenedés szindróma kialakulásának oka máig vitatott. Állhat mögötte parazita vagy kórokozó is, de lehet az éhezés okozta stressz következménye is. Ennél aggasztóbb indokok az olyan emberi beavatkozások, mint a rovarirtó szerek és ezzel összefüggésben a vándorméhészkedés, illetve a rádióállomások keltette elektromágneses sugárzás. Valószínűleg több hatás együttese idézi elő a problémát, de mindenképp lehet benne szerepe az embernek is.^[38]

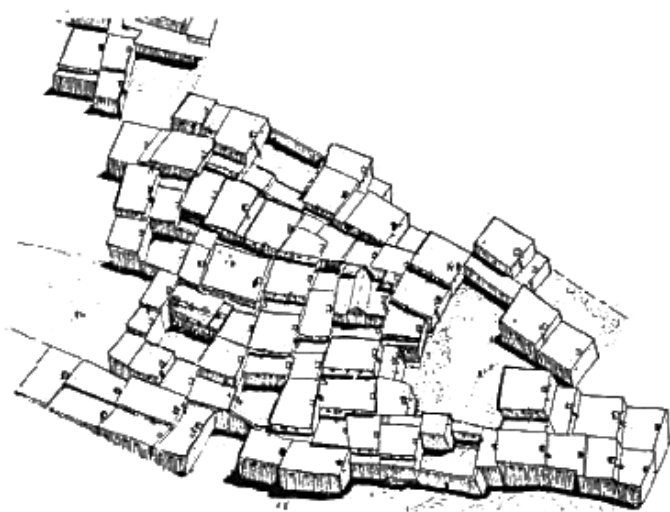
- **fertőtlenítő és csíragátló szer: propolisz (légzárásra is használják)**
- **méhek önellátó munkája járulékos haszonnal jár: beporzás**
- **méhek kulcsszerepet játszanak a mezőgazdaságban, mégis negatív hatással lehet rájuk az emberi tevékenység**

ÇATAL HÜYÜK

Çatal Hüyük egy a korai városok közül, melyet feltehetően a vadászó-gyűjtögető életmódról a földművelésre váltó újkőkorszaki ember alapított. A korábban vándorló életet élő ember röghöz kötötté vált a megművelt föld vonzáskörzetében, így célszerű volt számára maradandó épületeket építeni. Feltehetően a tulajdon ekkor kezdett el igazán fontos lenni az emberek számára, megjelent a személyhez tartozó ingóság és ingatlan. A cserekereskedelem is ekkor nyerhetett nagyobb teret magának. A gyűjtögetés során annyit gyűjtöttek, amennyit ott helyben el tudtak fogyasztani; földműveléssel azonban többletet is termelhettek, ezt pedig elraktározhatták, vagy elcserélhették. Régészeti szemszögből megkérdőjelezhető, hogy ez a társadalom mennyire volt komplex és differenciált, azonban erre egy meggyőző jel, hogy házsám jellegű egyedi mintákat találtak a házakon.^[39]

Az épületek falai vályogtéglákból épültek, a tető anyaga pedig sárral befedett szalma vagy fa volt. A város szerkezetén megfigyelhető, hogy elkezdett kettéválni a magán, belső tér és a nyilvános, külső tér. A lakásokba való bejutást a tetőn található, kéményként is funkcionáló nyílás tette lehetővé. Sok háznak pincéje is volt, ide temették a halottakat. A lakásokon kívül szentélyekként azonosított épületeket is sikerült feltárni a kutatások során. Nyilvános tér és utca mai értelmezésben nem volt, ezeket valójában a lakások teteje jelentette. A lakók a házakat nagyon tisztán tartották és arra utaló jeleket is találtak a régészek, hogy a hulladékkezelés is megoldott volt a városban. A városon kívül találtak olyan leleteket, ami alapján hulladéklerakóra következtetnek.^{[40] [41] [42]}

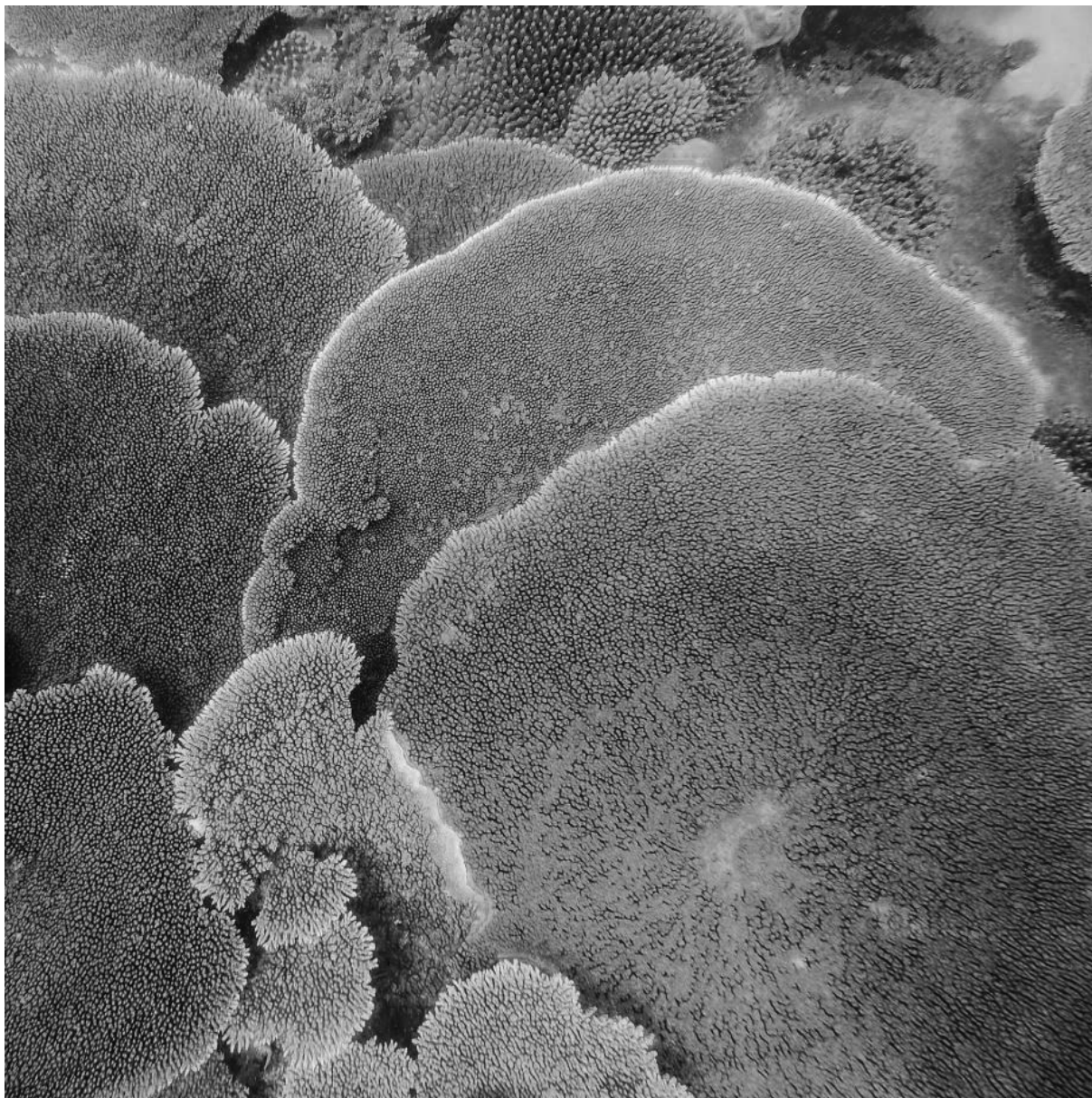
Ami izgalmas hasonlóság a lépsejt struktúrával az az, hogy az egységek, azaz lakások mind egymáshoz nagyon hasonló, 25 m² alapterületű építmények. Faluk sok esetben egymáshoz tapasztott, vagy azonos. A szentélyt a lakásoktól falfestmények különböztették meg, és ha volt bármilyen hierarchia a társadalomban (magasabb rendű uralkodók, papok), akkor létezésüket a város struktúrája nem bizonyítja, nem kaptak kiváltságokat lakhatás tekintetében.^{[40] [41] [42]}



Madártávlatból Çatal Hüyük anatóliai, neolitikus város egyik szektorának részlete, ahogyan James Mellaart feltárta és rekonstruálta.

Sibyl Moholy-Nagy: *Matrix of Man*, 1968, 36. oldal

METROPOLISZ A TENGEREN



[k6]

Utunk most soron következő városa az eddig megismertek közül a legsokszínűbb, legdiverzebb hely, amelyben mészből építkeznek, csodálatosan különböző struktúrákat hozva létre. Újra és újra cserélődő lakói egyszerre építik, alakítják, formálják és pusztítják a környezetüket. Ezáltal egy folyamatosan változó, minden apró történésre reagálni képes település jön létre, mely teljes összhangban és egyensúlyban van a környezetével. A reziliencia alapfogalom ebben a társadalomban. Az erőforrások elosztása maradék és önös érdek nélkül történik. Hulladék nem létezik, hiszen minden folyamat terméke egy következő alapanyaga is egyben. A zátonyok adaptív mechanizmusai inspirálhatják az urbanistákat a tervezés és a város működtetése során, figyelembe véve a környezeti, társadalmi és gazdasági fenntarthatóságot. Bolygónk egyik leginkább sokoldalú városa téged is szívesen lát, de előtte ne felejts el venni egy mély levegőt!

VÁROSSZÖVET

A kortárs városépítészetben a településeket dinamikus, folyamatosan fejlődő és változó rendszerekként - szinte önálló ökoszisztémaként - kezeljük. Ahogyan a zátonyok állandóan alkalmazkodnak és reagálnak a környezeti feltételek változásaira, úgy az emberi városoknak is rugalmasnak kell lenniük, hogy megfeleljenek a jövő kihívásainak.

A korallzátonyok apró korallpolipok által létrehozott szerves struktúrák, amelyek főként az élőlények vázának meszes anyagából, kalcium-karbonátból épülnek fel. Ezek a polipok szimbiózisban élnek mikroszkopikus algákkal, az úgynevezett zooxanthellákkal, amelyek fotoszintézissel energiát és tápanyagot biztosítanak számukra. A korallok ezenkívül egy különleges biológiai folyamat révén képesek a tengervízből felvett ásványi anyagokból kalcium-karbonátot, vagyis mészkövet létrehozni és eközben szén-dioxidot is megkötni. A zátonyok többféle típusú korallból állnak: kőkorallok alkotják az alapot, amelyek kemény, meszes vázat építenek, míg a lágykorallok inkább flexibilisek, és nem képeznek ilyen szilárd vázat.

A korallzátonyok térbeli szerkezete összetett és rétegzett, különböző funkciójú területek jönnek létre, amelyek élőhelyet biztosítanak számtalan tengeri élőlény számára. Ezek olyannyira sokfélék, hogy összehasonlításuk és ismertetésük szinte lehetetlen. Az élőhelyek strukturális sokfélesége hasonlítható a városi funkcionális zónák kialakításához, ahol különböző épületek és közterek harmonikus rendszere jön létre. A sűrűn lakott területek és az átmeneti zónák ugyanúgy szimbiózisban működhetnek egymással, mint ahogyan a korallok és más tengeri élőlények élnek együtt és támaszkodnak egymásra.

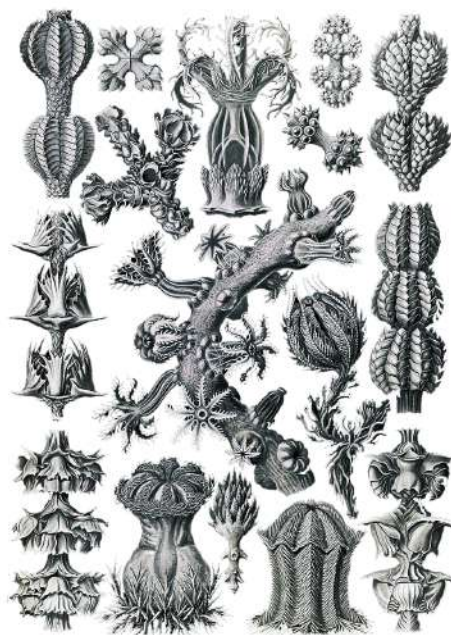
- **korallzátonyok állandóan alkalmazkodnak és reagálnak a környezeti változásokra**



Szarukorallok

Ernst Haeckel: *Art Forms in Nature*, 1904

- **térbeli szerkezete összetett és rétegzett, így létrehozva funkcionális zónákat**



Szarukorallok

Ernst Haeckel: *Art Forms in Nature*, 1904

LAKOSSÁG ÖSSZETÉTELE

A korallzátonyok háromdimenziós struktúrája élőhelyet biztosít különböző tengeri fajok számára, így növelve a biodiverzitást és a biológiai produktivitást. Becslések szerint a tengeri élőlények több mint 25%-a kapcsolódik közvetlenül vagy közvetve a korallzátonyokhoz.

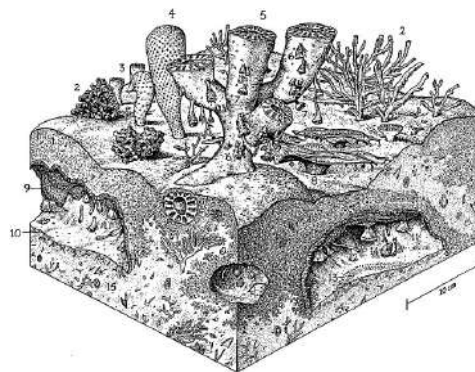
“Az élőlények változatossága és mennyisége az élőhely összetettségével arányosan növekszik. Az indomaláj szigetvilág kb. 2000 halfajnak ad otthont. A Nagy-korallzátonyon 1500, a Karib-tengerben kb. 500, Hawaiiin 450, a Vörös-tengerben majdnem 800 faj él (gerinctelenek nélkül). A fajok ilyen hihetetlen sokasága csodálatosan példázza a sokféleséget, ámulatba ejtve az embert, hogy hogyan élhet 150 faj egy 50 méteres zátonyon, illetve 50 faj egyetlen korallszirt körül.” Angelo Mojetta: *A korallzátonyok* (2005, 102. o.) Tehát rengeteg féle és fajta létforma fér meg egy ilyen helyen egymás mellett, hiszen a halakon kívül részt vesznek az ökoszisztéma fenntartásában tengeri teknősök, tüskésbőrűek, rákok és garnélarákok, cápa- és rájafélék, kagylók, csigák, polipok és még rengeteg olyan élőlény, amely ideiglenesen, menedéket keresve vagy éppen ellenkezőleg, állandó lakója a zátonynak. Mindennek a kereteit a tápláléklánc és a körforgás legkisebb, mégis legjelentősebb tagjai adják, a korallpolipok és algák.

Ez a komplexitás hozzájárul a különböző fajok közötti verseny és együttműködés dinamikájához, amely szintén fontos az erőforrások hatékony elosztásában és szorosan kapcsolódik a víziváros által nyújtott szolgáltatásokhoz.

SZOLGÁLTATÁSOK

A korallzátonyok ökoszisztémája rendkívül komplex, de egyben hatékony és önfenntartó rendszer, amely a természetes erőforrások optimális felhasználására

- **rendkívül magas biodiverzitás és biológiai produktivitás**



Zátonyközösség

Rachel Wood: *The ecological evolution of reefs*

- **erőforrások hatékony elosztása**
- **önfenntartó, zárt, körkörös anyag- és energiaáram**

épül, hiszen rengeteg lakót kell kiszolgálnia. Mint ilyen, nem az ember által kialakított lineáris nyersanyag és energiafelhasználású rendszert alkalmazza, hanem sokkal inkább zárt körfolyamatként értelmezhető. Ebben a napfényből származó energia a zooxanthellák fotoszintetizálásának hatására átalakul szerves tápanyaggá, amelyet a különböző élőlények (elsősorban a korallok, közvetett módon más entitások) felhasználnak, majd a lebontók (baktériumok és szivacsok) visszaforgatják az anyagokat a rendszerbe. Az egész rendszer folyamatos kölcsönhatásokon és visszacsatolásokon alapul, amely fenntartja a zátony ökoszisztémájának stabilitását és hatékonyságát.

A korallzátonyok képesek szabályozni a tápanyagok elosztását, például a korallok, a tengeri fűfélék és a mangrove erdők közötti kölcsönhatások révén optimalisan osztják el a tápanyagokat, ami segít fenntartani az természeti rendszer egészségét.

KÖRNYEZET

A korallzátonyok képesek alkalmazkodni a változó környezeti feltételekhez, mint például a hőmérséklet változáshoz, ami elősegíti a túlélésüket ilyen nehézidőszakokban. A reziliencia kulcsfontosságú ahhoz, hogy a korallzátonyok megőrizzék működőképességüket és erőforrásaik elosztását a jövőben.

Ezek a zátonyok alapvető elemei a tengerparti ökoszisztémák fenntartásában, és kulcsfontosságúak a halászat, valamint a turizmus számára is. Nemcsak élőhelyként, hanem védelmi zónaként is szolgálnak, mivel segítenek megóvni a part menti területeket az árapályok és a viharok eróziós hatásától. A zátonyok ezen kívül szűrőként is működnek, mivel felfogják a vízben lévő üledéket és egyéb részecskéket, ezzel javítva a vízminőséget.

- **magas biodiverzitás és reziliencia elősegíti a korallzátony túlélését**

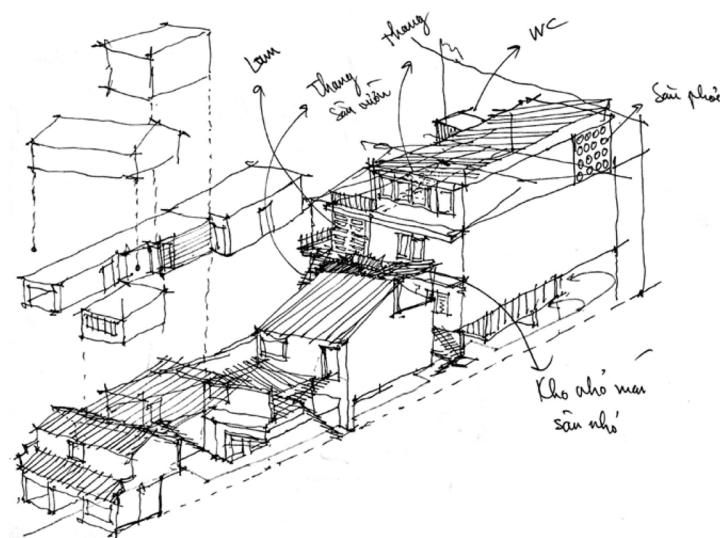
HÀ NỘI

Hanoi Vietnam több mint 8 millió lakost számláló fővárosa. Városmagja sok kisebb kézműves falu összeolvadásával jött létre. Történelmi múltja markáns nyomot hagyott városszerkezetén. Időbeli változásával öt határozottan elkülöníthető városrész alakult ki: citadella és óváros, francia negyed, szocialista lakótelepek, új városrész és a Hanoi felügyelete alá tartozó vidéki területek. Akár csak egy korallzátony esetében, ahol világosan elkülöníthető, melyik telep, melyik korallfaj által lett létrehozva, Hanoiiban is könnyen észlelhető az átmenet a szignifikánsan eltérő utcaszerkezetű és építészetű zónák között.

A vietnami kultúrában négy generáció is élhet egy fedél alatt. A menyasszony költözik a férj családjához, azonban ha hely szűke miatt nem megoldható, akkor családi engedéllyel új házat építhetnek. Ez a helyi építészetben is megjelenik, amelyet a folytonos hozzáépítés és bővítés jellemez. Erre két izgalmas példa az óvárosi "hosszúház" és az átalakított szocialista lakótelepi sávház.

A kereskedelmi központként is szolgáló óváros utcái spontán fejlődtek, azonban mikor a 19. században a francia gyarmatosítók ingatlanadót vetettek ki a lakosságra a házak utcafronti szélességétől függően, a helyiek az adó elkerülése érdekében keskeny utcafronti homlokzattal rendelkező, de hosszú (akár 30-100 m-es) házakat kezdtek el építeni. A keskeny homlokzatra szervezték a ház kereskedelmi funkcióját és hátul kapott helyet a lakófunkció. Az eredetileg 1-2 emeletes házakban egy idő után hátrafelé már nem tudtak terjeszkedni, így sok esetben felfelé kezdték el bővíteni az épületeket, ebből adódnak az eltérő tetősíkok.

A szocialista lakótelep esetében a megépített sávházak nem nyújtottak lehetőséget az odaköltözőknek a többgenerációs háztartás hagyományának gyakorlására, így a lakók illegális bővítésekbe kezdtek. A földszinti lakásokat éttermekké és boltokká bővítették, az emeleten pedig konzolosan nyúlnak ki a hozzáépítések. Akár egy sziklaszirt, melyet ellep a korall, a parazita hozzáépítések alatt csak nagyon ritkán sejlik fel az eredeti panel fala.



Hosszúház vázlat

Giap Thi Minh Trang: *A lakóterek és a tradicionális életforma kölcsönös hatása és változása Hanoiiban,*
2019

“Most pedig vizsgáljuk meg közelebbről azt a cseresznyefát! A fa növekedése elsősorban saját megújulását és a bőséges termést szolgálja, ám e folyamatban egyéb célok is megvalósulnak. Sőt, jótékony hatása nem is kevés területen érvényesül. Táplálékkal lát el különböző állatokat, rovarokat és mikroorganizmusokat, gazdagítja az ökoszisztémát, szénét választ ki, oxigént termel, tisztítja a levegőt és a vizet, gazdagítja és stabilizálja a termőtalajt. Gyökerei, ágai rejtekében és a levelein a flóra és fauna egész sora talál magának életteret: az életet fenntartó funkciók és folyamatok szempontjából ezek az élőlények kölcsönös egymásrautaltságban élnek a fával és egymással. Amikor elpusztul, a fa visszatér a földbe, és a lebomlás folyamata során hasznos ásványok szabadulnak föl, amelyekből újra egészséges élet fakadhat. A cseresznyefa tehát nem a környezetétől elkülönülő, elszigetelt egységként létezik, hanem kibogozhatatlan, termékeny összefonódásban él azzal. S ezzel el is érkeztünk a ma ismert ipari rendszerek és a természet növekedése között megfigyelhető különbség lényegéhez.”

Michael Braungart, William McDonough: *Bölcsőtől bölcsőig*

KONKLÚZIÓ

Munkánk során megbizonyosodtunk arról, hogy a természet sok területen képes inspirációt nyújtani az ember számára. Kutatásunk során a biomimikri megközelítési módra helyeztük a hangsúlyt; vagyis a folyamatok és funkciók összekapcsolódását, egymásra hatását vizsgáltuk. Emellett bioutilizációs koncepciókat is megállapítottunk, természetes anyagok felhasználásában.

Építészeti, épületgépészeti és szociológiai szempontból vizsgálva a gombák társadalmát, a természetek és méhek kolóniáit, valamint a korallzátony életközösségét, a kezdeti feltételezésünk beigazolódott. Meghatároztunk olyan természeti elemeket és mechanizmusokat, amelyeket absztrahálás után a mérnöki gyakorlatban és tervezésben is lehet alkalmazni.

Az épületek és városok fenntarthatósága, valamint adaptációs képessége kapcsán négy koncepciót fejtettünk ki:

1. tábla: A gombatenyésztő, halomépítő termeszek hatékonyan veszik használatba a természeti folyamatokban rejlő energiát. A hőmérséklet-különbségen alapuló légmozgás, a kéményhatás vagy éppen a szél kihasználása a struktúra kialakításától függ. Tehát építészeti tervezés során egy épületben a meghatározott komfort hőmérséklet, légcseré és páratartalom biztosítható csupán ezeknek a természeti folyamatoknak a kihasználásával; további berendezések és külső energia nélkül. A fenntarthatóság és jövőálló koncepciók mindegyikében szerepel az energiafogyasztás mennyiségének redukálása. A meg nem termelt és el nem fogyasztott energiánál többet nem lehet csökkenteni. Irán forró, sivatagos területein a mai napig előszeretettel alkalmaznak olyan külső energia nélkül működő megoldásokat, amelyek elviselhetővé teszik az embert próbáló körülményeket. A földbe süllyesztett épületek, az evaporatív hűtés és a széltornyok használata a természetvárák építészetéhez nagyon hasonló logikai elveket követ.

2. tábla: A házi méhek a természetekhez hasonlóan igen hatékonyak a hőmérséklet, pára és oxigén szabályozásában. Mivel a méhek a kaptár külső burkába sok esetben csak beköltözők, természetes szellőzésének önműködését nem képesek megoldani. Ezért a folyamatot ők maguk szabályozzák testük adottságaival. Ez azt jelenti, hogy bár összehangolt folyamatokkal szellőztetnek, hűtenek és fűtenek, egyedenként szabályozhatják ezek fokát. Ez épület szinten leginkább a termosztátokkal való szabályozásra hasonlít. További tanulság, hogy a méhek télen leszűkítik a kaptár területét egy téli fűrtre és csak azt fűtik. Ez analóg azzal a gondolattal, hogy nem az épületek fáznak, hanem a benne élő emberek. Izgalmas kutatási és fejlesztési téma lehet, hogy miként lehet házon belül a legkisebb kifűtött környezettel maximális hőkomfortot biztosítani az emberek számára télen.

3. tábla: Az olyan biodiverz közösség, mint a korallzátony sokkal kevésbé sérülékeny, mint az euszociális fajok családon alapuló, zárt rendszere. Erre kiváló példa a méheknél előforduló elnéptelenedés szindróma, mely során a királynő, a család kulcsfontosságú tagja megbetegszik, nem látja el rendesen a feladatát és ez a kolónia összeomlásához vezet. Ezzel szemben bár a korallzátonyok pusztulásáról évek óta szólnak hírek, mégis úgy tűnik, hogy a zátonyok rugalmas, regenerálódásra képes rendszerek. Az Ausztrál Tengertudományi Intézet (The Australian Institute of Marine Science) 2022-ben publikált jelentésében a Nagy-korallzátony regenerálódásáról számolt be.^[49] Bizonyos feltételezések szerint a korallok kifehéredett területekre való visszatérése összefüggésben lehet a 2020-as járvánnyal, mivel ebben az időszakban a Nagy-korallzátony ökoszisztémája mentesült az emberi tevékenységektől (búvárturizmus, szennyezés). A halak visszamerészkedtek a kifehéredett korallvázakhoz és leették a szirtekről azokat a moszatokat, amelyek megakadályozták a korallok megtelepedését.^[50]

4. tábla: A halomépítő természetek éghajlati viszonyoktól függően más és más struktúrájú várakat építenek. Befolyásoló tényező lehet a hőmérséklet, a csapadékmennyiség és az árnyékoltság is. Ez nem jelenti azt, hogy azonos klímán csak egyforma alakú várak épülnek, de a környezeti hatáshoz való alkalmazkodás korlátot szab a formai szabadságnak. A vernakuláris építészetben hasonlóképpen jelenik meg a természeti adottságokhoz és éghajlathoz való alkalmazkodás. Ez megnyilvánulhat anyaghasználatban és épület morfológiában is. Az egyik legszembetűnőbb példa erre a tetők dőlésszögének és formájának változása az éghajlat függvényében. Akárcsak a természetnél, a köznapi építészetben sem jelenti a klímához való alkalmazkodás egyforma házak létrejöttét (pl.: északi nias ház^[51] és déli nias ház^[52]). Felmerülhet a kérdés, hogy érdemes-e építészetileg dacolnunk a természettel és megfizetnünk ennek árát?

A négy vizsgált élőlénytől különböző léptékekben eltanulható természetes megoldásokat egy tanulásmátrixban rendszereztük. A fentebb felsorolt négy koncepció és a tanulásmátrix többi eleme is használható egy későbbi tervezési feladat megalapozásaként. Ahogy a mátrixban szűrkével besatírozott rész is mutatja, biomimikri tervezésnél a tanulságok kombinálhatóak, erre jó példa, ahogyan szélturbináknál párhuzamosan lehet használni a baglyok szárnyának felépítését zajcsillapításra, illetve a juharfa magjának kialakítását hatékonyság növelésre.^[53] Szerintünk a mi esetünkben az 1. és 2. tábla kombinálható fenntartható épületgépészeti megoldásokhoz és a 3. és 4. tábla is vegyíthető a diverzitás érdekében.

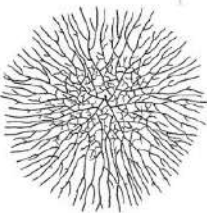
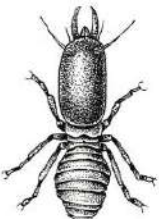
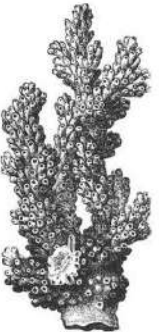
TANULSÁGMÁTRIX

ELSŐ TÁBLA: TERMESZ//ÉPÜLET-GÉPÉSZET

MÁSODIK TÁBLA: MÉH//ÉPÜLET-GÉPÉSZET

HARMADIK TÁBLA: KORALL//VÁROS-VÁROSSZOCIOLÓGIA

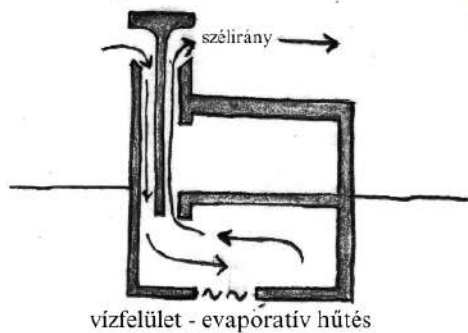
NEGYEDIK TÁBLA: TERMESZ//RÉGIÓ-ÉPÍTÉSZET

	ANYAG	ÉPÜLET	VÁROS	RÉGIÓ	
	BIOUTILIZÁCIÓ ÉPÍTÉSZET micélium fonalak: -bőr helyettesítés - micélium téglá gyorsan újratermelhető		BIOMIMIKRI VÁROSTERVEZÉS felfedezés és optimális útvonal megtalálása pl.: térkövezés kitaposás alapján	BIOMIMIKRI KÖZLEKEDÉS TERVEZÉS optimális útvonal megtalálása pl.: vasútvonal modellezés gombával	más léptékek
	BIOUTILIZÁCIÓ ÉPÍTÉSZET vályog: -építőanyag -burkolat helyi építőanyag, természetes, energia felhasználás nélkül előállítható, újrahasznosítható	BIOMIMIKRI GÉPÉSZET szellőztetés: -önszabályozás -természetes, energiát nem használó folyamat pl.: széltornyok		BIOMIMIKRI ÉPÍTÉSZET alkalmazkodás az éghajlatához: -más éghajlaton más alakú természetes várat építenek pl.: népi építészet	
	BIOUTILIZÁCIÓ ÉPÍTÉSZET BIOMIMIKRI méhviaszból lépejt struktúra: -építőanyag -kitöltés -tároló bútor nagy teherbírás, tárolás maximalizálása és felhasznált építőanyag minimalizálása, jó hőszigetelő képesség, újrahasznosítható	BIOMIMIKRI GÉPÉSZET szellőztetés, fűtélés, téli fűtélés: -nem központilag irányított rendszer, helyette helyi szabályozás evaporatív hűtés	BIOUTILIZÁCIÓ BIOMIMIKRI ÉPÍTÉSZET VÁROSTERVEZÉS propolisz: -tisztaság, fertőtlenítés -tömítés		
	BIOMIMIKRI ÉPÍTÉSZET mész: -mészképződés szén-dioxidot köt meg -öngyógyító anyag -szilárd, mégis könnyű, porózus szerkezet		BIOMIMIKRI VÁROSSZOCIOLÓGIA biodiverzitás: -a sokszínűség teszi a korallzátonyt ellenállóvá	BIOMIMIKRI SZOCIOLÓGIA zátony és ökoszisztéma kapcsolata: -pozitív hatás a környezetre, kulcsszerep -hatékony erőforrás használat	

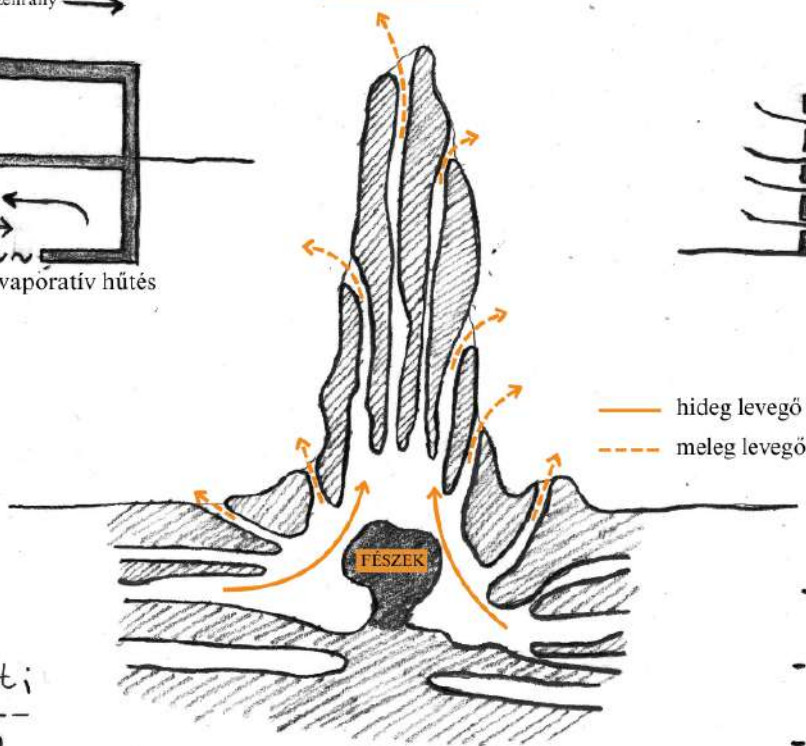
↓ más fajok

1. TÁBLA

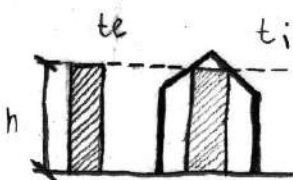
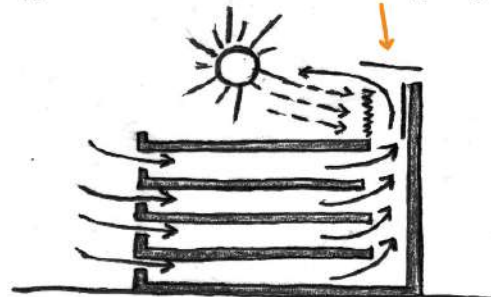
pl.: SZÉLTORONY



NYITOTT TERMESZVÁR SZELLŐZÉSE

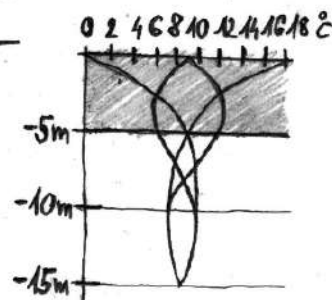


pl.: NAPKÉMÉNY
felmelegített levegő
által intenzív légmozgás



KÜRTŐHATÁS

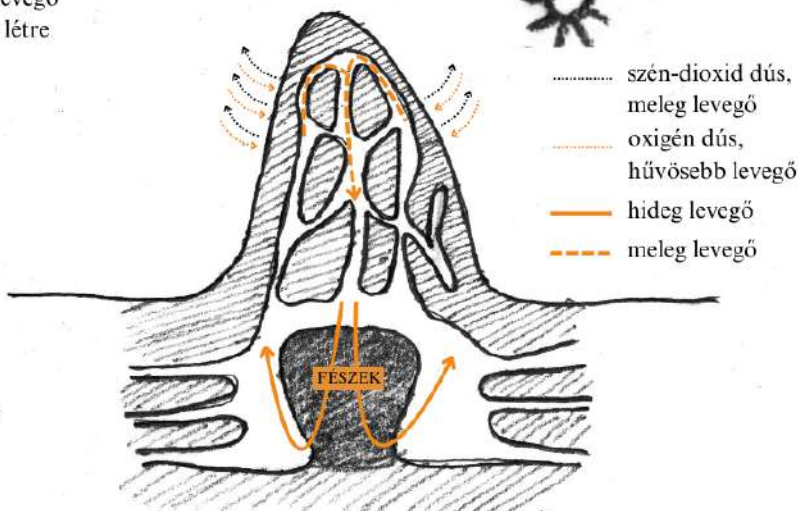
az alacsonyabb sűrűségű meleg levegő
fölfelé irányuló légmozgást hoz létre



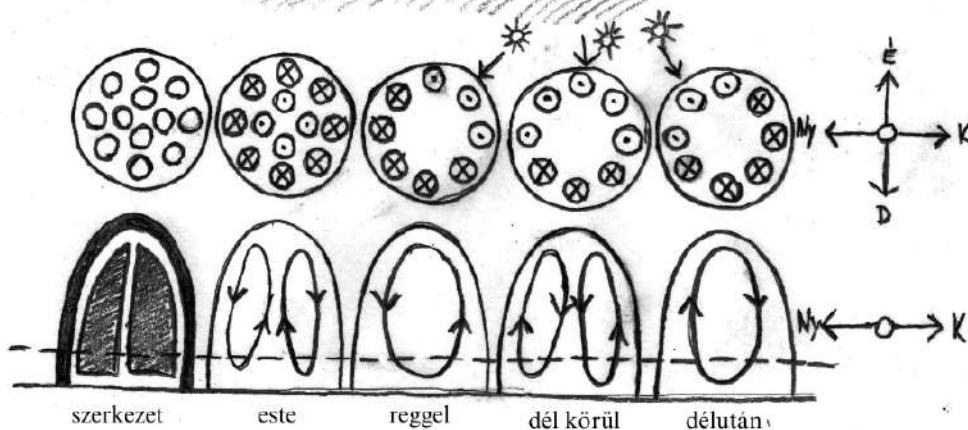
TALAJHŐ

a talaj hőtehetetlenségének köszönhetően
mélyebben egész évben konzisztensebb a
hőmérséklet

ZÁRT TERMESZVÁR SZELLŐZÉSE

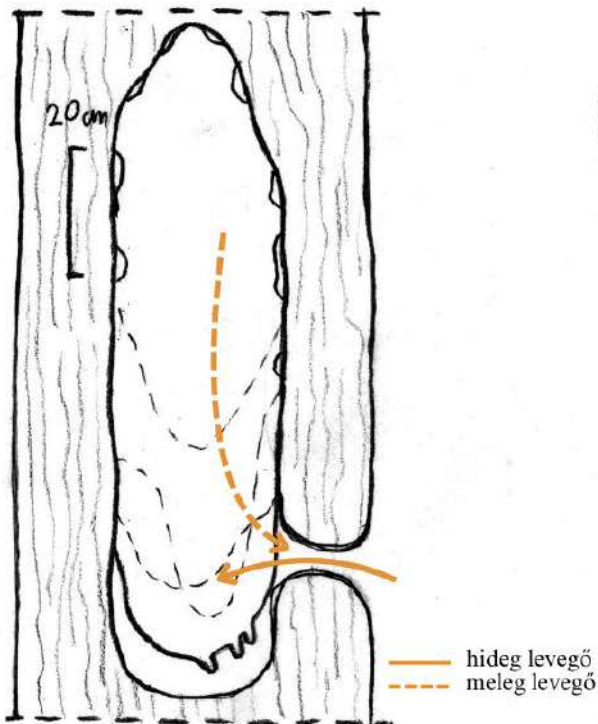


porózus felületen
létrejövő diffúzió

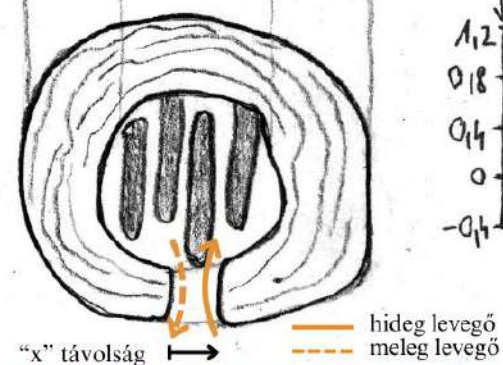
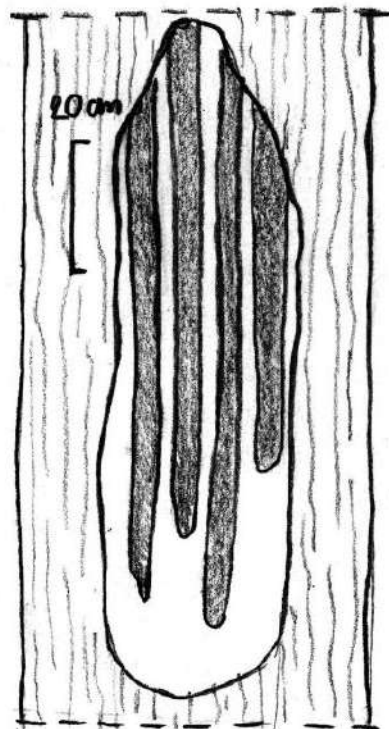


ZÁRT TERMESZVÁR SZELLŐZÉSE NAPSZAKOKRA BONTVA

MÉHLAKÁS (ODÚBAN) FÜGGŐLEGES METSZETE
LÉPUTÁKKAL PÁRHUZAMOSAN



MÉHLAKÁS (ODÚBAN) FÜGGŐLEGES METSZETE
LÉPUTÁKRA MÉRŐLEGESEN



MÉHLAKÁS (ODÚBAN) VÍZSZINTES METSZETE

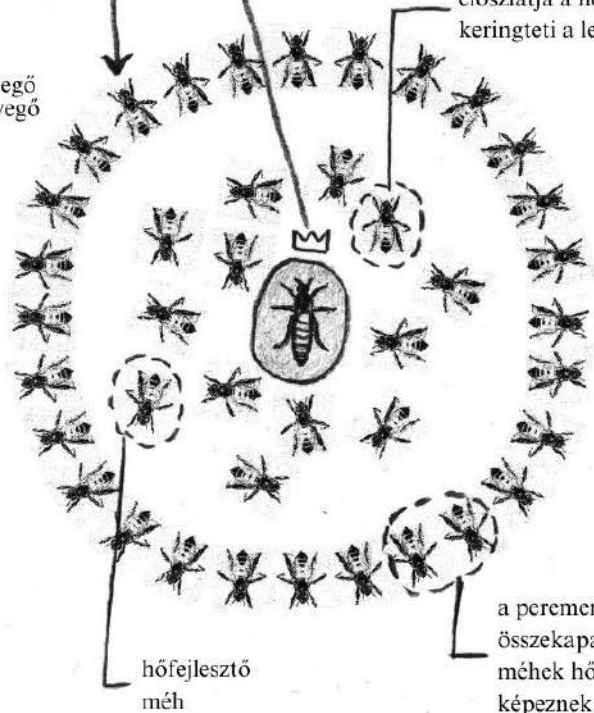
TÉLI FÜRT



légzáró tömítés propoliszból
(ősszel kezdik építeni)

királynő és fiasítás
(körülöttük állandó 35 °C)

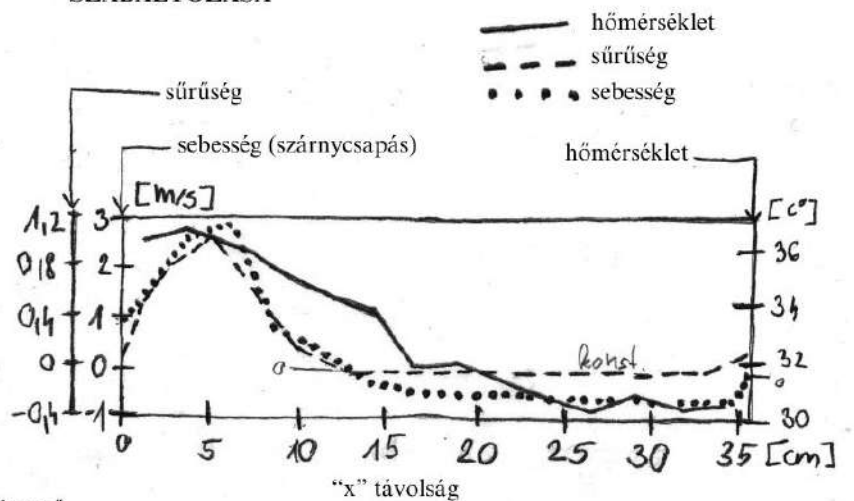
néhány méh legyezéssel
elosztatja a hőt és
keringteti a levegőt



hőfejlesztő
méh

a peremen lábukkal
összekapaszkodó
méchek hőpajzsot
képeznek

pl.: OKOS OTTHON
TERMOSTÁTOKKAL
SZABÁLYOZÁSA

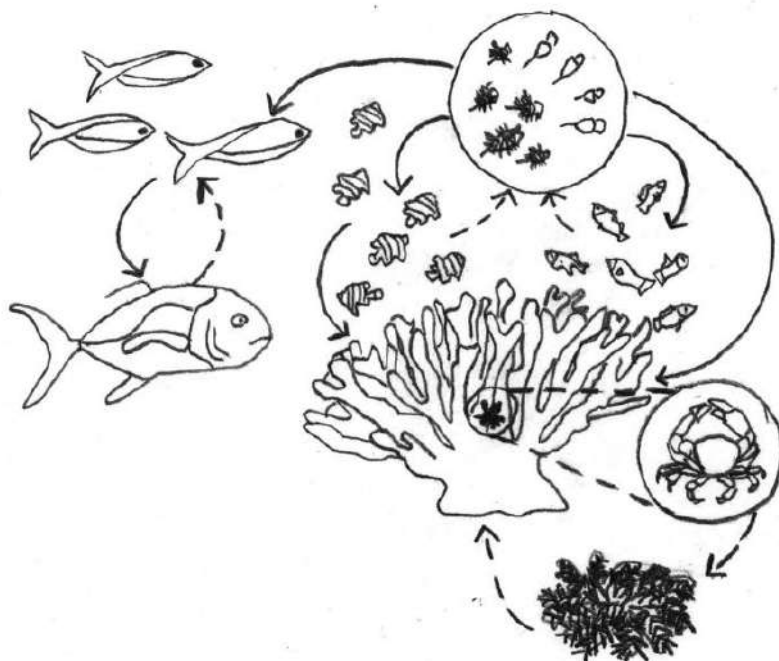
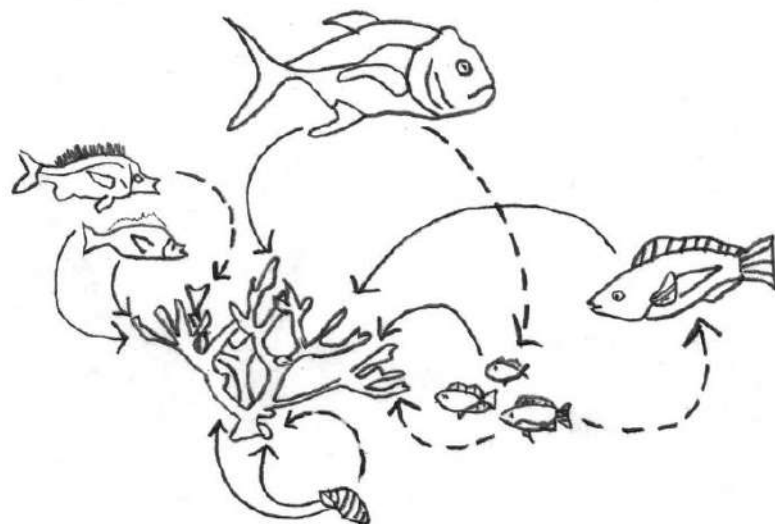


MÉHEK KOLLEKTÍV SZELLŐZTETÉSI MÓDSZERE

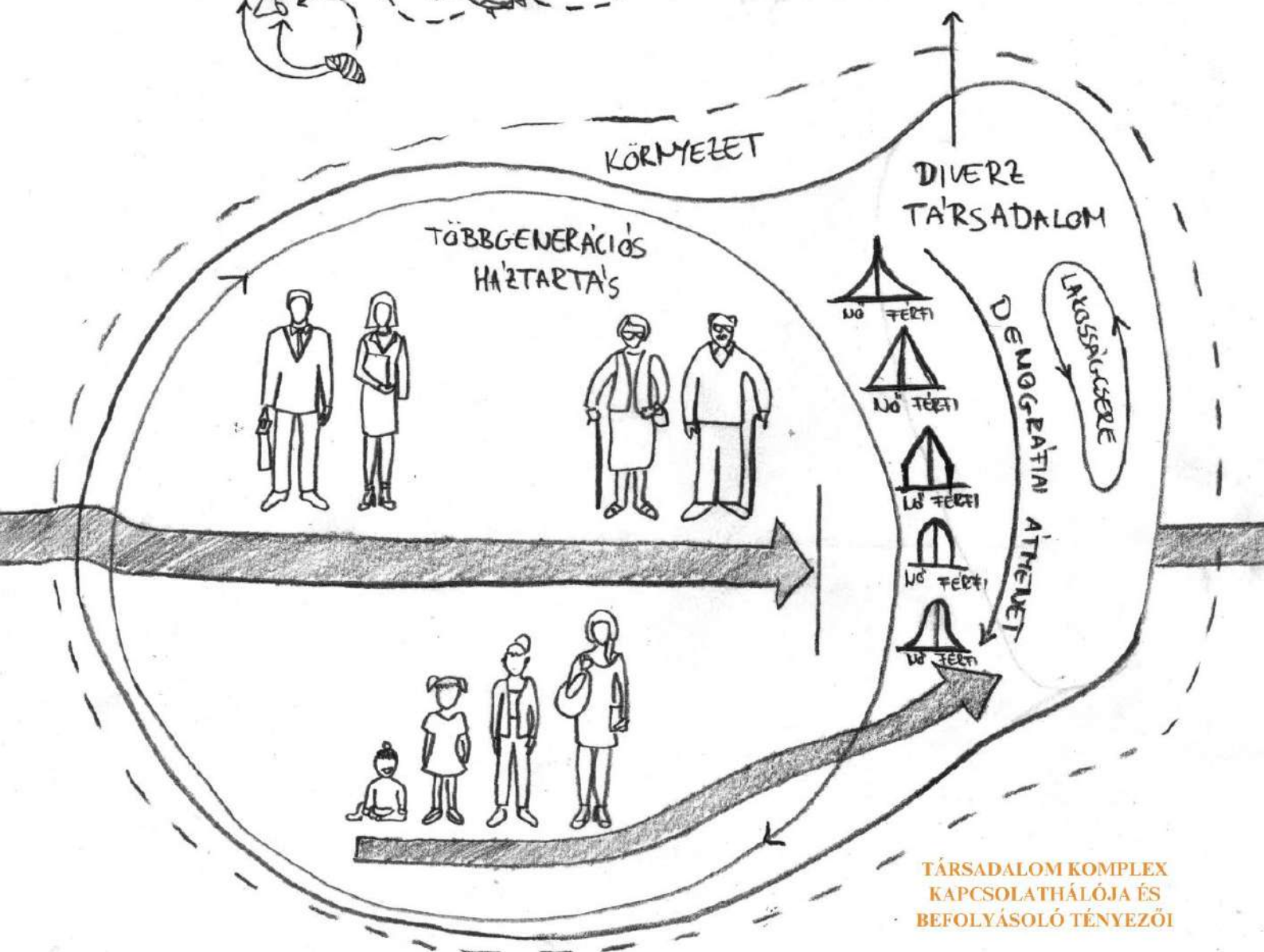
3. TÁBLA

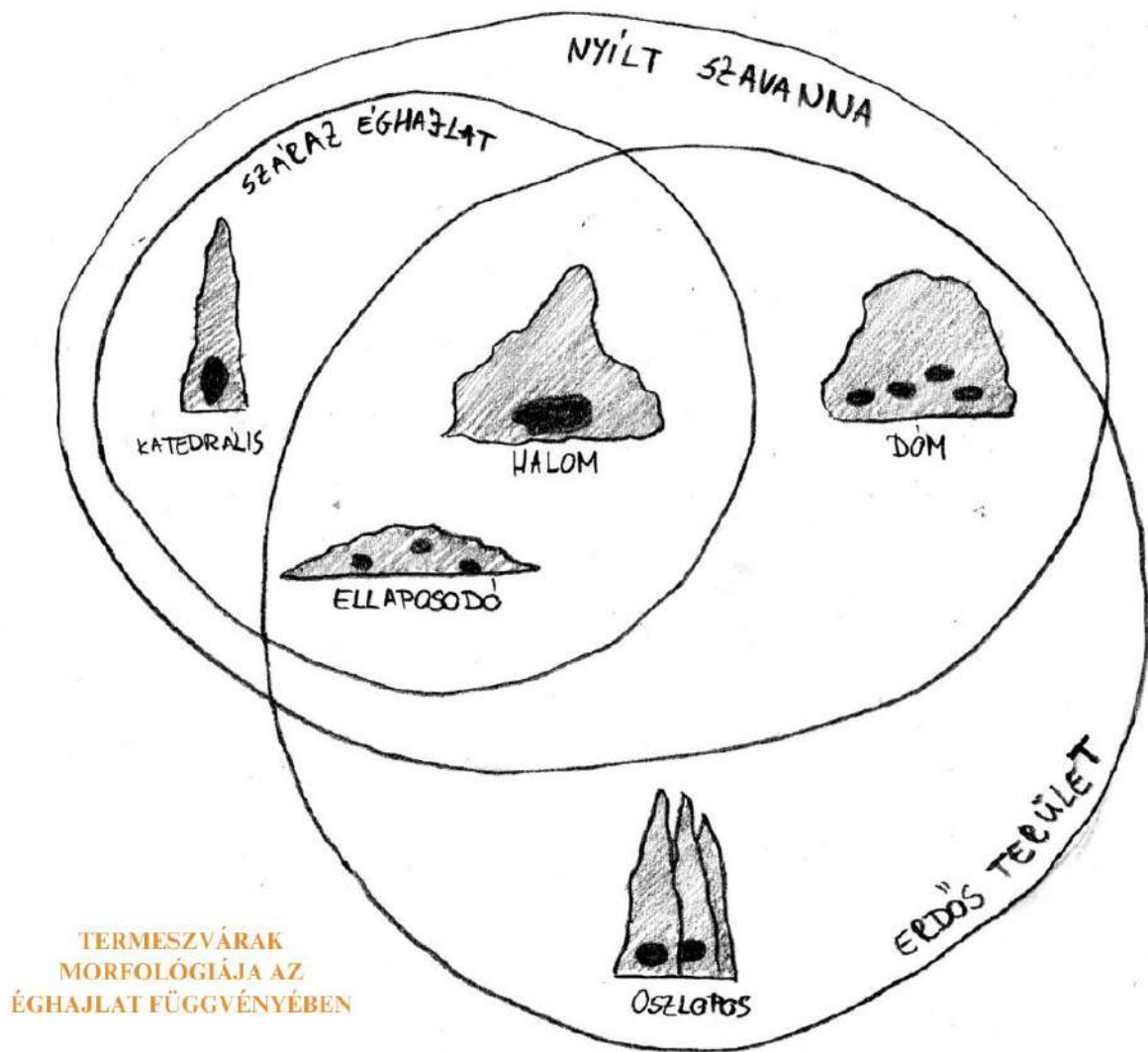
— pozitív hatás
- - - negatív hatás

KORALLZÁTONY KOMPLEX KAPCSOLATHÁLÓJA

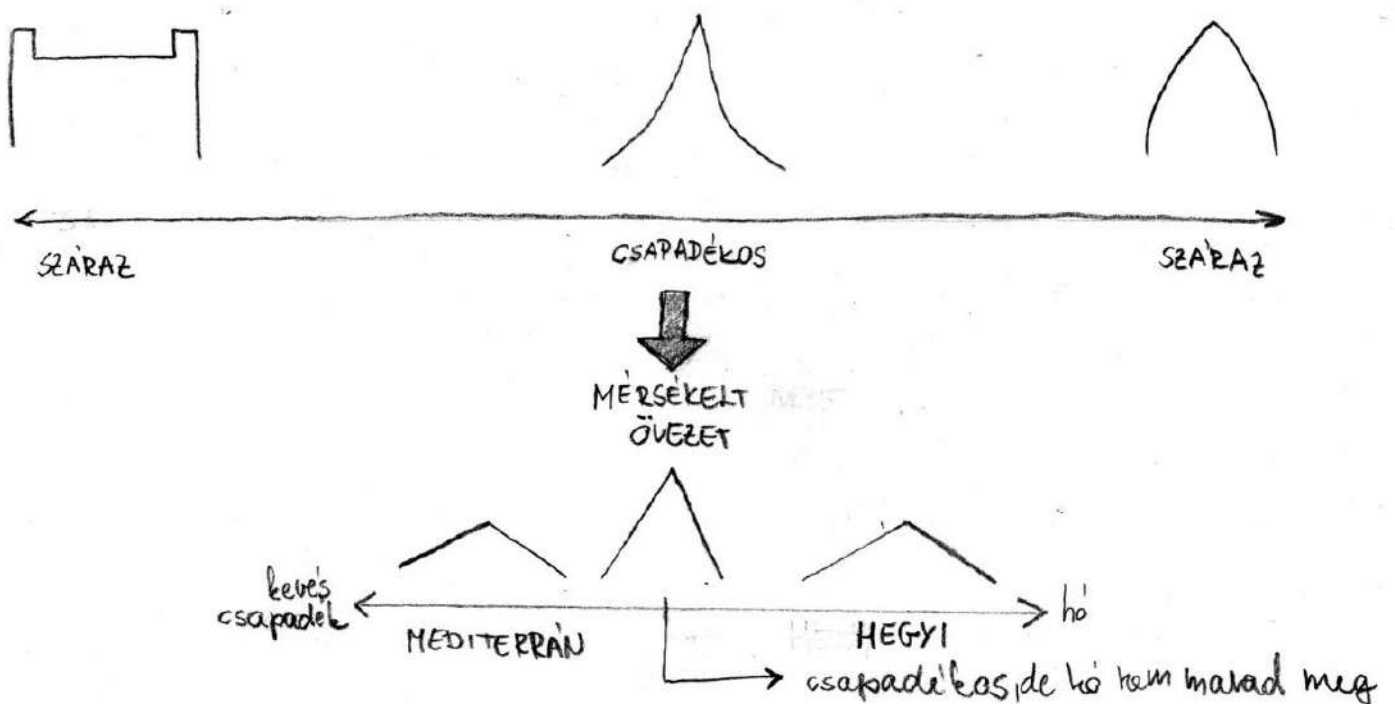


PÉLDAKERESÉS HELYETT SZOCIOLÓGIAI
KUTATÁSOK VÉGZÉSE
(NAGYOBB FOKÚ ELMÉLYÜLÉS SZÜKSÉGES)





(NAGYOBB FOKÚ ELMÉLYÜLÉS SZÜKSÉGES)



IDŐJÁRÁS HATÁSA A VERNAKULÁRIS ÉPÍTÉSZET TETŐSZERKEZETEIRE

HIVATKOZÁSJEGYZÉK

- [1] TED: “Michael Pawlyn: Using nature’s genius in architecture.” YouTube videó, 16:55. 2011.02.10. <https://www.youtube.com/watch?v=3QZp6smeSQA>
- [2] Santander: “Biomimetics: sustainable and regenerative innovation inspired by nature.” 2023.01. <https://www.santander.com/content/dam/santander-com/es/contenido-paginas/landing-pages/santander-x-xperts/do-xperts-Whitepaper-Biomimesis-en.pdf>
- [3] L.H. Shu, K. Ueda, I. Chiu, H. Cheong: “Biologically inspired design.” ScienceDirect, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2011.06.001>
- [4] <https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/>
- [5] Pavan Tejaswi Velivela, Yaoyao Fiona Zhao: “Supporting Multifunctional Bio-Inspired Design Concept Generation through Case-Based Expandable Domain Integrated Design (xDID) Model.” MDPI, 2023.07.03. <https://doi.org/10.3390/designs7040086> [utoljára megtekintve: 2024.10.29.]
- [6] Lynda Gratton, Andrew Scott: *The 100-Year Life: Living and Working in an Age of Longevity*. London: Bloomsbury Information, 2016.
- [7] Chikako Takase: “Implementing SDG 11 – key elements, challenges and opportunities.” Sustainabledevelopment, 2018.04.24. https://sustainabledevelopment.un.org/content/unosd/documents/4057Module%204%20SDG%2011_Chicako%20Takase.pdf
- [8] <https://eur-lex.europa.eu/HU/legal-content/glossary/sustainable-development.html> [utoljára megtekintve: 2024.10.17.]
- [9] <https://eionet.kormany.hu/a-fenntarthato-fejlodes-fogalma> [utoljára megtekintve: 2024.10.17.]
- [10] Európai Környezeti Információs és Megfigyelő Hálózat: “A fenntartható fejlődés fogalma.” 2018.12.18. <https://www.unep.org/regions/asia-and-pacific/regional-initiatives/supporting-resource-efficiency/sustainable-cities> [utoljára megtekintve: 2024.10.25.]
- [11] <https://www.cittaslow.org/> [utoljára megtekintve: 2024.10.25.]
- [12] <http://okosvaros.lechnerkozpont.hu/hu> [utoljára megtekintve: 2024.10.25.]
- [13] <https://www.smartcitiesworld.net/> [utoljára megtekintve: 2024.10.25.]
- [14] Lea Busch, Dania Petrik: “Cities Race to Resilience: driving action for locally-led adaptation and resilience building.” UNFCCC, 2022.11.01. https://climatechampions.unfccc.int/cities-race-to-resilience-driving-locally-led-adaptation-and-resilience-building-action/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwyfe4BhAWEiwAkIL8sBl4J89tqrSwQ8CFzyDUwxv2dT5Gci-UDQxM_Q0p6wyrn4cGC78grAhoCQaMQAvD_BwE [utoljára megtekintve: 2024.10.25.]

- [15] Raphael Kay, Anthony Mattacchione, Charlie Katrycz, Benjamin D. Hatton: “Stepwise slime mould growth as a template for urban design.” *Nature*, 2022.01.25. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05439-w> [utoljára megtekintve: 2024.10.20.]
- [16] Merlin Sheldrake: *Entangled Life*. Fordította: Sóskuthy György. Budapest: Park Kiadó, 2022.
- [17] James Bridle: *Ways of Being*. Fordította: Lévai Márta. Budapest: Libri, 2022.
- [18] Peter Wohlleben: *Das geheime Leben der Bäume*. Fordította: Balázs István. Budapest: Libri, 2023.
- [19] Sibyl Moholy-Nagy: *Matrix of Man: An Illustrated History of Urban Environment*. New York: Frederick A. Praeger, Publishers, 1968.
- [20] Tóth Antal: “Hajdúböszörmény településmorfológiai képződményeinek változásai a XIX-XX. században.” *Tér és Társadalom*, 10. évfolyam 2-3. szám, 1996.
- [21] Dr. Györffy István: *Hajdúböszörmény települése*. Szeged: Szeged Városi Nyomda és Könyvkiadó R.-T., 1927.
- [22] Dr. A. N. J. Den Hollander: *Az Alföld települései és lakói*. Budapest: Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, 1980.
- [23] Kathy Imre, Sz. Kürti Katalin: *Hajdúböszörmény építésze - képzőművészete*. Hajdúböszörmény: Hajdúböszörmény Város Tanácsa, 1979.
- [24] Máté Gábor: “A kertesség, a török uralom és a telkesítés összefüggései a mecseki szálláskertes települések példáján.” *Honismeret*, 44. évfolyam 5. szám, 2016.
- [25] Nengi et. al.: “Climate control in termite mounds: A review and new insights from X-ray tomography and flow field simulations.” *arXiv*, 2024.06.19. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.13400> [utoljára megtekintve: 2024.10.15.]
- [26] King et al.: “Termite mounds harness diurnal temperature oscillations for ventilation.” *PNAS*, 2015.08.27. <https://doi.org/10.1073/pnas.1423242112> [utoljára megtekintve: 2024.10.15.]
- [27] Ocko et al.: “Solar-powered ventilation of African termite mounds.” *Journal of Experimental Biology*, 2017.09.15. <https://doi.org/10.1242/jeb.160895> [utoljára megtekintve: 2024.10.15.]
- [28] Michael Gunton rendező: “Homemaking.” *The Trials of Life*, 1. évad 6. rész, BBC, 1990
- [29] Szűcs Petra, Budai Boglárka, Mihály Léna: “Irán - föld alá mélyített házak.” *Habitatio*, 2022.08.13. <https://hbt-lako.blogspot.com/2022/08/iran-fold-ala-melyitett-hazak.html> [utoljára megtekintve: 2024.10.23.]
- [30] “The Windcatchers.” *ShareYourGreenDesign*, 2024.01.11. <https://www.shareyourgreendesign.com/the-windcatchers/> [utoljára megtekintve: 2024.10.23.]

- [31] Dima Stouhi: “What is a Traditional Windcatcher?” ArchDaily, 2021.11.03. <https://www.archdaily.com/971216/what-is-a-traditional-windcatcher> [utoljára megtekintve: 2024.10.23.]
- [32] Zöld András, Szalay Zsuzsa, Csoknyai Tamás: *Energiatudatos építészet 2.0.* Budapest: TERC, 2016
- [33] Józsa György: *Viaszváros.* Budapest: Gondolat, 1984.
- [34] Vince Gallo és Lars Chittka: “Stigmergy versus behavioral flexibility and planning in honeybee comb construction.” PNAS, 2021.08.12. <https://doi.org/10.1073/pnas.211131011> [utoljára megtekintve: 2024.10.19]
- [35] Anne Sverdrup-Thygeson: *Terra Insecta.* Fordította: Merkl Ottó. Budapest: HVG Könyvek, 2020.
- [36] Thomas Seeley és R. A. Morse: “The nest of the honey bee (*Apis mellifera* L.).” Springer Nature, 1976.12. <https://doi.org/10.1007/BF02223477> [utoljára megtekintve: 2024.10.12]
- [37] Hasila Jarimi Emmanuel Tapia-Brito Saffa Riffat: “A Review on Thermoregulation Techniques in Honey Bees’ (*Apis Mellifera*) Beehive Microclimate and Its Similarities to the Heating and Cooling Management in Buildings.” Future Cities and Environment, 2020.08.07. <https://doi.org/10.5334/fce.81> [utoljára megtekintve: 2024.10.22]
- [38] Clint J. Perry, Eirik Søvik, Mary R. Myerscough, és Andrew B. Barron: “Rapid behavioral maturation accelerates failure of stressed honey bee colonies.” PNAS, 2015.02.9. <https://doi.org/10.1073/pnas.1422089112> [utoljára megtekintve: 2024.10.22]
- [39] Sibyl Moholy-Nagy: *Matrix of Man: An Illustrated History of Urban Environment.* New York: Frederick A. Praeger, Publishers, 1968.
- [40] <https://www.catalhoyuk.com> [utoljára megtekintve: 2024.10.20]
- [41] <https://whc.unesco.org/en/list/1405> [utoljára megtekintve: 2024.10.20]
- [42] James Mellaart: *Catal-huyuk. A Neolithic Town In Anatolia.* New York: McGraw-Hill Book Company, 2013.
- [43] Sophia Cabral: “A Comparison of cities and Reefs: A new case study for city planning.” Knowledge Commons, 2020.10. <https://doi.org/10.17613/kq5n-n664> [utoljára megtekintve: 2024.10.30.]
- [44] Angelo Mojetta: *The Coral Reef.* Fordította: Badár Balázs. Pécs: Alexandra, 2005.
- [45] Appel Rebeka, Pécsi Richárd István, Réthelyi Gergely: “Hanoi - szocialista lakótelepek átváltozásai.” Habitatio, 2022.08.13. https://hbt-lako.blogspot.com/2022/08/hanoi-szocialista-lakotepek.html?fbclid=IwY2xjawGPY85leHRuA2FlbQIxMAABHbCD0Lj-JSAUZg3VJDxv-lAX6WxwJOu50cHXR3hLm0PXabevvkIOv25Ecrw_aem_vgPm9gxUwzKx-N--DIMADA [utoljára megtekintve: 2024.10.23.]

- [46] Bertalan Alexandra, Héder Júlia, Molnár Eszter: “Hanoi - hosszú, keskeny lakóházak az óvárosban.” *Habitatio*, 2022.08.13. https://hbt-lako.blogspot.com/2022/08/hanoi-hosszu-keskeny-lakohazak-az.html?fbclid=IwY2xjawGPYyJleHRuA2FlbQIxMAABHXPE2fFY-Br0Qp6Sfuvc9PDxap7mfEc37mfhp2fMun3XKrv3TXoQcHlf6g_aem_DHDG4CKJ_uDwm-VUwg1rz9w [utoljára megtekintve: 2024.10.23.]
- [47] Giap Thi Minh Trang: “életterek: a lakóterek és a tradicionális életforma kölcsönös hatása és változása Hanoiban.” *DLA értekezés*, 2019. https://dla.epitesz.bme.hu/wp-content/uploads/2024/05/1688-trang_dissz.pdf
- [48] Giap Thi Minh Trang: “életterek: a lakóterek és a tradicionális életforma kölcsönös hatása és változása Hanoiban.” *tézis füzet*, 2019. https://dla.epitesz.bme.hu/wp-content/uploads/2024/05/1689-trang_tezis_hun.pdf
- [49] Australian Institute of Marine Science: “Annual Summary Report of Coral Reef Condition 2021/22.” <https://www.aims.gov.au/monitoring-great-barrier-reef/gbr-condition-summary-2021-22> [utoljára megtekintve: 2024.10.29.]
- [50] Enric Sala: “Csendes gyógyulás.” *National Geographic* 2023. évfolyam 1. szám, <https://ng.24.hu/magazin/2023/01/12/csendes-gyogylas/>
- [51] Jancsó Miklós DLA, Máthé Dóra: “Niha öri (északi nias ház).” *Habitatio*, <https://habitatio.epitesz.bme.hu/portfolio/eszaki-nias-haz-niha-ori/> [utoljára megtekintve: 2024.10.29.]
- [52] Jancsó Miklós DLA, Máthé Dóra: “Niha ewali (déli nias ház).” *Habitatio*, <https://habitatio.epitesz.bme.hu/portfolio/deli-nias-haz-niha-ewali/> [utoljára megtekintve: 2024.10.29.]
- [53] Biomimicry Institute: “Powering Wind Turbines (Inspired by Nature): How Owls & Maple Seeds Are Transforming Green Energy.” YouTube videó, 4:19. 2023.03.19.
- [k1] Makovecz Imre: *Atlantisz*: <https://eloepiteszet.hu/hu/epuletek/epiteszek/kos-karoly-egyesules-tagok/makona-epitesz-tervezo-es-vallalkozo-kft/makovecz-imre/velence-bien-nale>
- [k2] Biomimicry Design Spiral: <https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/>
- [k3] Élő útvesztő borítókép: <https://ipon.hu/magazin/cikk/tanulni-es-tanitani-is-kepesek-a-nyalakombak>
- [k4] Erőd a föld alatt borítókép: <https://www.davidwallphoto.com/detail/17614-Inside-of-broken-cathedral-termite-mound,-Kakadu-National-Park,-Northern-Territory,-Australia.html>
- [k5] Viaszváros borítókép: <https://wayward-bee.com/2019/09/14/hive-autopsy-and-spiders/>
- [k6] Metropolisz a tengeren borítókép: <https://phys.org/news/2021-06-tableshow-table-corals-regenerating-reefs.html>

