

thematic network
for experience
beekeepers



ÚTMUTATÓ

**MÉHEK ÉS TECHNOLÓGIA MEMÓRIAJÁTÉK ÉS
MÉHSEJT MAKETT**



**Co-funded by
the European Union**

TUDOMÁNY ÉS TECHNIKA – AVAGY HOGYAN ADJUNK ÁT TUDÁST JÁTÉKOSAN

A **bionika** a természetből merít olyan ötleteket, inspirációt, amit felhasználva az ember a technológiába. A biológia és a kibernetika, a műszaki tudományok olyan metszéspontja, amely az élőlények szerkezeti és működési elveit tanulmányozza annak érdekében, hogy **hatékonyabb technikai rendszereket és eszközöket** hozzanak létre a fejlesztők. A természetben, a növény és állatvilágban előforduló fizikai-kémiai törvényszerűségeket az emberiség több területen is alkalmazza pl. az építőiparban, vagy technológiai, orvosi eszközök, szenzorok fejlesztése során.

Az élményméhészetek programjai között érdekes színfoltja lehet ezeknek az összefüggéseknek a bemutatása. Még a természettől elszakadt, a technika vívmányainak élő vásárlók is érzékenyíthetők a természet védelme, a sokféleség megőrzésének fontossága iránt.

Az állati találmányok kiváló forrásai méhes-mézes kvízeknek, játékoknak (pl. kártyák). A **méhek világa** számos gyakorlati példát nyújt, amely nemcsak technológiai, hanem **turisztikai és oktatási célra is könnyen átültethető**.

- **Kártyapárosító játék:** természet – technológia párok
 - Méh összetett szeme – mikrokamera
 - Méh lép sejtek- gabonasiló,
 - Méh lép sejtek – méhsejt szendvicspanel lemezek, falak, burkolatok (könnyű, hatékony, nagy szilárdságú) mennyezet kialakítás
 - Fullánk – injekció
 - Méh csápjai - drón
 - Méhviasz – gyertya
 - Tájékozódás - GPS
 - Rajintelligencia – AI fejlesztések



1. Kép Méhek és technológia memóriajáték kártyái. Forrás: Készítette Szabadkai Andrea

- **Kézműves foglalkozás:** méhsejt sablon, építőverseny, űrmérték mérés méhsejttel és más térbeli alakzattal.
- **Kvíz:** „Találd ki, mi inspirálta ezt az eszközt!”
- **Tematikus túra:** Bionika az erdőben / méhesben – technológiai kapcsolat keresése

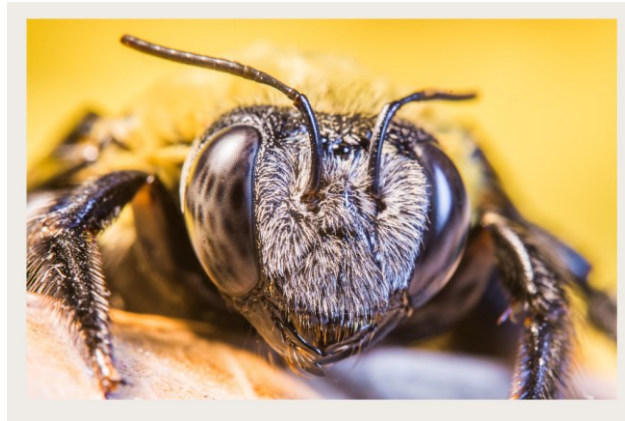
Bemutatunk pár olyan témát, amelyeket az élményméhészetekben egyszerűen be lehet mutatni, akár tematikus tanösvényeken, vagy játékos feladatokkal, kvíz kérdésekkel.

A) Összetett szem – mozgásérzékelés, képalkotás csúcstechnológiával

- A méheknek egyszerű szemekből álló összetett szemei vannak. A here (hím) lát a legjobban, neki kb. 9000 egyszerű szeme van, a bepárlás miatt neki van a legjobb látásra szüksége.
- A látott képek mozaikszerűen összeadódnak → ez kiváló mozgásérzékelést tesz lehetővé.
- Alkalmazás:
 - robotika (irányítás)
 - orvostudomány (pl. endoszkópos mikrokamera-fejek)

- dróntechnológia (tájékozódás, leszállás)

A rovarok összetett szeme, így a méhecskéké is, sok, egymáshoz kapcsolódó optikai egységből, hatszögletű lencséből épül fel. Ezek mindegyike más-más pontra irányul. A lencsék által készített képrészletek összeadódnak, és egy nagy mozaikképpé állnak össze. Ezzel egyedülálló módon lehet érzékelni a mozgást. Az ilyen összetett lencsét a tudományban mozgásérzékelőként, és ultravékony, többirányú kamerák készítéséhez használnak pl. a robotikában, az orvostudományban, például a belsőszervi vizsgálatokhoz használt kamera fejekben¹.



2. Kép Méh összetett szeme. Forrás: CANVA, 2025

b) A méhsejt mint építészeti minta

A méhsejt **szabályos hatszögletű** cellákból álló két rétegű szerkezet. Jellemzői:

- **Energiahatékony** (kisebb anyag, nagyobb hasznos tér)
- **Stabil és erős** (izotróp szerkezet), minden szög pontosan 120°, a legnagyobb feszültséget elnyelő forma.



3. Kép Méhsejt. Forrás: CANVA, 202

🧠 Hasznosulás:

- **méhsejtpanel** az építőiparban, könnyű, de erős szerkezet,

¹ <https://ipon.hu/magazin/cikk/rovarszem-ihlette-minikamera>

- **gabonátároló elevátorok, zsilipek, gátak**

A természet mindig a legalacsonyabb energiaszintre törekszik. A méhsejtek esetében a legkisebb kerülethez a legnagyobb terület tartozik, mert így tudják a legkisebb anyag (viasz) felhasználása mellett a legkevesebb munkával a legnagyobb helyet kihasználni raktározásra, utódnevelésre. A hatszög alapú szerkezet nagyon erős, és igen szilárd, ugyanakkor rendkívül könnyű a minimális anyaghasználat miatt.

1 gramm viasz készítéséhez a méhek 8 gramm mézet használnak fel. A méhek számára így szó szerint életbevágó kérdés az, hogy a legkisebb kerület mellett melyik forma rendelkezik a legnagyobb felülettel, mert így lehet a legtöbb helyet a legkevesebb anyagfelhasználással megépíteni és kihasználni – abban a legtöbb mézet tárolni.

A méhsejtek alakja egységes; szabályos hatszög alapú egyenes hasáb, melynek egyik alapja a hatszög alakú bejárat, a másik alap három egybevágó rombusz (hexagon). A sejteket egymás alá, fölé, mellé építik, hézagmentesen, két rétegben. A rétegek szélén a szabályos hatszög alakú nyílások vannak, és a két réteg sejtjei a zárósejt rombuszoknál érintkeznek. Az egymás mellett elhelyezkedő méhsejtek pedig az oldallapjaiknál találkoznak.

Szabályos hatszög belső szögeinek összege 720° ($6 \times 120^\circ$). A legnagyobb feszültséget felszabadító szög 120° fok. A hatszögek fala mindenhol azonos vastagságú (0,05 mm). A hatszögek rés mentesen, hézagok nélkül összekapcsolhatóak, nem marad közöttük hely. Így több szempontból a hatszögletű cella a méhek számára a leghatékonyabb forma, hiszen a felépítése a legenergiahatékonyabb.

A hatszög alapú hasáb a legoptimálisabb energiafelhasználást teszi lehetővé. Ha kör alapú hengereket teszünk egymás mellé, nagy a hézag közöttük, teret veszünk. Ha négyszeteket teszünk egymás mellé, ott nincsenek hézagok, de több anyagfelhasználást igényel, mint a hatszög alapú tartályok.

A lépek relatív szilárdsága nagyobb, mint egy téglafalé. A méhsejt izotróp (erősségük minden irányban azonos).²

2

https://www.researchgate.net/publication/304192755_The_hexagonal_shape_of_the_honeycomb_cells_depends_on_the_construction_behavior_of_bees

<https://www.youtube.com/watch?v=QEzlsjAqADA>

https://www.youtube.com/watch?v=Pypd_yKGYpA

Feladat:

A/4-es méretben készítettünk egy nyomtatható és kivágható sablont. Tetszés szerint a kép nagyobb lapra is nyomtatható. Érdekes műszaki kartonból nyomtatni a sablonokat, mert így jobb lesz a méhsejtek formája, és könnyebb lesz építeni belőle.

Vágjuk ki ollóval a sablont. A megrajzolt vonalak mentén hajtogassuk be az éleket. A fülecskékre kent ragasztó segítségével hajtogassuk össze a méhsejtet.

Ilyen méhsejtből a csoport készítsen többet is, és illessze egymásba, ahogy a lépeknél látható. Építsetek két emeletes, minimum 8 méhsejtből álló makettet 2 sejt alul elöl x 2 sejt alul mögötte x 2 sejt felül. Minden sejt, minden szomszédos sejttel összeér.

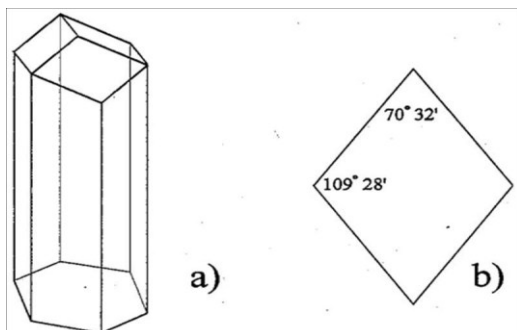
Ezt úgy lehet megépíteni, ha a hátsó sort kissé eltoljuk valamerre, hogy az oldalak egymásba érjenek.



A felső sor a csúcsokkal egymás felé kell forgatni, azaz a hatszög alakú lapok az emeletes lép alját és a tetejét fogják alkotni. Az alsó méhsejtek csúcsaihoz képest eltoljuk a felső méhsejtek csúcsait, a csúcsos részek lapjai egymásra feküdhessenek.

Letölthető, kivágható és hajtogatható sablon a www.kisleptek.hu weboldalon, illetve a www.honeyexperience.eu weboldalon érhető el.

A méheknek sikerült megtalálniuk a leggazdaságosabb és legterjedelmesebb edényt a méz tárolására. A viaszcella egyes hatszögeinek alapját képező három rombusz összes hegyesszöge egyenlő $70^{\circ} 32'$. A matematikusok bebizonyították, hogy a hatszögletű alaknál pontosan ez a szögérték biztosítja a méhsejt cella legnagyobb kapacitását minimális építési költséggel.



Forrás: lábjegyzetben ³

³ <https://sin.sensomedia.hu/torveny/show/mehsejt-szerkezet>

Mindezen előnyöknek köszönhetően

- a méhsejt kialakítás képezte a lakóépületek építésére szolgáló „méhsejtpanel” gyártásának alapját.
- A mérnökök kihasználták a méhek tapasztalatait, és kidolgozták a gabonátároló vasbeton elevátort.
- Egy modern, méhsejt szerkezetű, tökéletes lift megépítéséhez 30%-kal kevesebb betonra van szükség.
- Nagyon sikeresen használják gátak, zsilipek építésénél is a méhek tudását.
- A mikroszkopikus propoliszcsíkokat az építésszek az épületek nagyméretű betonelemeibe is beleszövik a rezgéscsillapítóként. A propolisz a méhsejtek szélein a perem megfelelő rezgési tulajdonságait segíti fenntartani. A viasz és a propolisz keverésével a méhsejthálózat mindig az optimális tartományban működtethető.⁴

d) Injekció – természet ihlette orvosi innováció⁵

- A rovarok **csípésmechanizmusa** inspirálta az injekció technikáját.
- Lényege: hatóanyag a bőr alatti szövetekbe, izomba, illetve közvetlenül a vérkeringésbe juttatása.
- Alkalmazás: gyógyszerészet, vadászat (nyílméreg), gyógyászat.

e) Méhcsáp és dróntechnológia⁶

- A méhek csápjaival **érezkelik a távolságot és térbeli pozíciókat**, így bárhol biztonságosan le tudnak szállni.
- Ennek alapján fejlesztettek:
 - **önstabilizáló drónokat**
 - **precíziós landolást segítő rendszereket**

f) Méhraj és rajintelligencia - Mesterséges intelligencia (AI)

A szakirodalmi források⁷ alapján a raj viselkedési mintázatai több mesterséges intelligencia fejlesztésnek lehettek ihletői:

⁴ <https://hu.hwhoneycomb-panels.com/news/what-s-the-advantages-of-honeycomb-structures-14618463.html>

⁵ <https://gyogyszertechnologia.hu/az-injekciok-rovid-tortenete/>

⁶ https://biolearn.eu/media/pages/future/teacher-support/biomimicry-card-game/0af56142c3-1719825908/biolearn-cards-final_hu_forweb.pdf

⁷ <https://academic.oup.com/book/40811>

https://www.researchgate.net/publication/31729435_Swarm_Intelligence_From_Natural_to_Artificial_Systems_E_Bonabeau_M_Dorigo_G_Theraulaz

https://abc.erciyes.edu.tr/pub/tr06_2005.pdf

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978008045157250081X>

https://www.researchgate.net/publication/263171713_Nature-

 Méhviselkedési elem	 AI/Algoritmus-terület	Rövid magyarázat
Felderítő méhek	<i>Heurisztikus keresés, ABC-algoritmus</i>	A „scout bees” véletlenszerűen kutatják a terepet – ez az algoritmusoknál a keresési tér feltérképezésének felel meg.
Nektárforrás megosztása tánccal	<i>Decentralizált adatmegosztás, swarm communication</i>	A tánc (waggle dance) a kommunikáció módja – hasonló az adatok peer-to-peer megosztásához robotok között.
Többszöri visszajárás a jó forráshoz	<i>Fitness értékelés és finomhangolás</i>	A legjobb megoldások többszörös próbálgatása, finomítása – ez az AI tanulás-alapú optimalizációja.
Kolónia döntéshozatala új kaptár kereséskor	<i>Multi-agent system voting, consensus-based decision making</i>	A kollektív döntéshozatal modellje
Tartalék kapacitás fenntartása	<i>Redundancia, hibatűrés (fault tolerance)</i>	A méhcsalád mindig tart „tartalékokat”, ez az AI-nál a biztonsági másolat, több úton való megközelítés.
Szerepmegosztás (őrző, dajka, gyűjtögető)	<i>Specializált ágensek, feladatoptimalizálás</i>	Az AI rendszerek is „feladatot osztanak” ágensekre vagy robotokra, aszerint ki miben a leghatékonyabb.
Önszerveződés irányítás nélkül	<i>Swarm Intelligence, self-organizing systems</i>	Nincs központi irányítás, mégis rendezett viselkedés alakul ki – ez az egyik alapelv például drónrajoknál.
Dinamikus alkalmazkodás (pl. hőszabályozás)	<i>Adaptív algoritmusok, evolúciós számítás</i>	A méhek dinamikusan változtatják viselkedésüket (pl. szellőztetés) – ezt utánozza a környezetfüggő tanulás.

Inspired_Optimization_Algorithms

https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_bee_colony_algorithm

<https://abc.erciyes.edu.tr/>

<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/artificial-bee-colony>

