



C é l t u d a t o s

v á n d o r o k





Céltudatos vándorok

Az azonos fajú élőlénycsoportok periodikus, rendszeres helyváltoztatását migrációnak, azaz vándorlásnak nevezzük. Az egyéves ciklusokban vándorló állatok – rovarok, rákok, halak, madarak, emlősök – gyakran meglepően pontosan tudják, mikor és merre kell elindulniuk, tájékozódó képességük pedig egyenesen bámulatra méltó.

80

A tengeritekhnősök több ezer kilométert tesznek meg különös vándorlásuk során

Az állatokban egy belső irányérzékelési mechanizmus működik, melynek révén képesek a tér három irányát (le-fel, előre-hátra, jobbra-balra) felfogni és feldolgozni. Ez azonban önmagában még kevés lenne a boldogulásukhoz. Arra is szükség van, hogy a tér külső vonatkozási pontjainak segítségével meg tudják határozni a pontos helyüket és mozgásuk irányát.

A tájékozódási képesség létfontosságú a

vándorláshoz, ugyanakkor ahhoz is elengedhetetlen, hogy az állat a lakóhelyén belül hatékonyan és gyorsan tudjon mozogni. A nem vándorlók között is szép számmal akadnak olyan fajok, amelyeknél ez a képesség igen fejlett – elég, ha pl. a méhek vagy a hangyák családjára gondolunk.

E képesség eredetét kutatva, a következőkben jó néhány különleges rejtéllyel fogunk közelebbről is megismerkedni.



Mikor eljön az ideje,
szaporodásuk érdekében sok
rákfaj tagjai is vándorútra
indulnak. Rejtélyes az élőlények
belső órájának eredete



Hangyatérkép

A sivatagi hangya (*Cataglyphis bicolor*) a tájékozódás valóságos nagymestere. A Szaharában – a többi rovartól eltérően – még a déli órákban is a szabadban portyázik, holott a talajfelszín ilyenkor akár 70 °C-ra is felmelegszik. Ha a rovarok vagy más apró állatok huzamosabb ideig tartózkodnának ezen a hőmérsékleten, az a biztos halált jelentené a számukra. A sivatagi hangyák ezért a föld alá építik fészkeiket, és csak időnként, naponta 10–15 alkalommal jönnek a felszínre, hogy élelmet szerezzenek maguknak.

A fészket elhagyó hangya akár kétszáz méteres körzetet is bejár, miközben eleség – többnyire rovartetemek – után kutatva, összevissza, cikcakkvonalon futkos a forró homokon. Abban a pillanatban azonban, hogy rálel a

táplálékra, *nyílegyenesen*, a legrövidebb úton tér vissza föld alatti lakhelyére. Más hangyafajok saját szagnyomaikat követik, s ugyanazon az úton mennek vissza, amelyiken jöttek. A sivatagi hangyák azonban pontosan meg tudják állapítani a két pont közötti legrövidebb utat, függetlenül attól, hogy időközben hány cikket, cakkot, kanyart és görbét írtak le. Aki valaha is próbált már egy ismeretlen nagyvárosban négy-öt kanyarodás után rájönni, merre van a kiindulási pont, az tudja, mekkora teljesítmény ez a rovartól. Ráadásul a hangyát nem sok te-reptárgy segíti a tájékozódásban, hiszen mindenfelé csak homokot lát. Hogyan képes hát megtalálni a helyes útirányt?

Manapság már a városi közlekedés megkönnyítésére is alkalmaznak műholdakat és számítógépeket. Egy műhold érzékeli az autó helyzetét, a koordinátákat pedig továbbítja az autóban lévő számítógépnek. A vezetőnek csak az a dolga, hogy meghatározza az úti célt, s egy monitoron azonnal megjelenik az oda vezető legrövidebb út. A kis hangya egy köbmilliméternél jóval kisebb agyában egy éppen ilyen bonyolult mechanizmus játszódik le. Hogyan?

A tájékozódásban a tűző nap segíti, összetett szemével ugyanis képes érzékelni a polarizált fényt (amelyben a napsugarak egyazon síkban, a nap helyzetétől függő szögben rezegnek). Az élelemkereső hangya szabályos időközönként megáll, fejét jobbra-balra forgatja, s szemügyre veszi az égbolt speciális, polarizált fénytérképét. Beméri a saját helyzetét, és ebből következtet a visszafelé vezető út aktuális irányára.

Erre a bravúrra mindegyik sivatagi hangya képes. De vajon mi képesek vagyunk-e megmagyarázni ennek a képességnek az eredetét? Miképpen tudott volna „fokozatosan”, „évezredek alatt” kialakulni a polarizált fény alapján való tájékozódás?

Felmerülhet az a lehetőség, hogy a sivatagi hangya esetleg egy másik, nem sivatagban élő, hagyományosan tájékozódó hangyafajból alakult ki: eleinte még szagnyomokat hagyott, s csak fokozatosan „szokott át” a fény alapján történő tájékozódásra és a sivatagi életmódra. Egy ilyen váltás megmagyarázásához azonban arra is választ kellene adni, hogy a polarizált fény érzékelésére, illetve irányának kiértékelésére vonatkozó képesség *hogyan* jelent meg a hangyában. Ez a tudás sokkal összetettebb annál, semhogy egy véletlen genetikai mutáció létrehozhatta volna. E viselkedésre vagy alkalmas a rovar, annak minden apró részletével együtt, vagy nem. Ha nem, akkor „a hosszú évezredek alatt” minden egyes sivatagi hangya elpusztult volna az első élelemszerző út alkalmával – ahogy az a valóságban is előfordul olykor azzal a hangyával, amelyik elszámítja magát, és eltéved. Azonban ha korábban csak „tévlegő” hangyák léteztek volna – akkor a második generáció már meg sem született volna.

Lazacok – vissza a feladóhoz

A lazacok (*Oncorhynchus sp.*) édesvízben – folyókban, patakokban – születnek meg, teljes kifejlődésük azonban nem ott megy végbe. A kifejlett példányok a tengerekben élnek, ám szaporodás előtt elhagyják a sós vizet, mert ikráik csak a kristálytisza édesvízben tudnak kikelni. A lazacok tehát az ivás idejére visszatérnek a folyók felső szakaszának sekély, oxigéndús vizeibe, és ott – például egy tiszta vízű hegyi patakban – rakják le ikráikat. Sok lazacfaj létezik, egyik fő csoportjuk az Atlanti-óceánban, másikkuk a Csendes-óceánban él. Ez utóbbiak közül most a kékhátú lazacokat (*Oncorhynchus nerka*) vesszük szemügyre.

Az e halfajhoz tartozó ivadékok az észak-amerikai folyók felső szakaszán születnek meg, majd később, a folyók sodrát követve leúsznak a tengerig. A tengerben valódi tengeri ragadozók módjára élnek, és hatalmas területet bejárva, kisebb halakra vadásznak. Rajaik akár 5–600 kilométerre is eltávolodhatnak a parttól. Hatéves korukig tehát úgy élnek az óceánban, mintha teljesen elfelejtkeztek volna szülőhelyükről.

Hat év elteltével azonban, kora nyáron, mintegy varázsütésre, mind visszatérnek annak a folyónak a torkolatához, amelyből maguk is az óceánba kerültek... Három-négy napig gyülekeznek, majd végeláthatatlan menetük megindul a folyó sodrásával szemben, vissza az északi folyók felső folyása felé. Nincs semmi, ami feltartóztatná őket: hihetetlen energiával méteres homokpadokon, sziklákon, vagy a sekélyebb szakaszokon megfeneklett fatörzseken is átküzdik magukat. Keresztülvergődnek a zúgókon, sőt, még a vízesésektől sem riadnak vissza: erőteljes farokuszonyáikkal csapkodva akár egy méter magasra is felugranak, újra meg újra, fáradhatatlanul, míg tovább nem tudnak haladni.

A folyók, patakok elágazásánál csalahatlan biztonsággal választják ki azt az irányt, amely a születési helyük felé vezet, ahol hat évvel korábban kikeltek az ikrából. A temérdek mellékág közül mindig pontosan azt választják, amelyiken annak idején, kishal korukban, leúsztak a tengerbe. Hogyan találják meg a megfelelő utat? A kísérletek tanúsága szerint a lazacok szaglászuk-ízlelésük segítségével tájékozódnak (náluk nehéz e kettőt különválasztani). A víz „szaga” alapján navigálnak, ami eléggé megdöbbentő, hiszen kristálytisza hegyvidéki vizekről lévén szó, alig lehet köztük kémiai különbséget kimutatni. A lazacok azonban a szaglászervükkel mégis meg tudják különböztetni őket egymástól, és semmi pénzért nem



hagynák el az egykor megtett, járt utat – a járatlanért. Vagyis fiatalkorukban pontosan megjegyezték azoknak a vizeknek a szagmintáit, amelyek a tenger felé vezető vándorútjuk során áthaladtak! Ennek emlékét a sós víz hat év alatt sem tudta kimosni belőlük. Szagmemóriájuk irányításával akár kétezer kilométert is megtesznek így, felfelé vándorolva a folyók és patakok megfelelő ösvényein.

Útközben a hímek és a nőstények egyaránt jelentős anatómiai változásokon mennek át, amelyek a szaporodást segítik elő: belső szerveik összezsugorodnak, ivarszerveik viszont megnagyobbodnak. Mire elérik ívóhelyüket, a nőstények csak úgy feszülnek az ikrától. Végül pontosan abba a patakba érkeznek meg, ahol évekkorábban a világra jöttek – és most ők adnak életet egy újabb nemzedéknek. A párválasztás után a hímek sekély kis medencét vájnak a kavicsordalékba, hogy a nőstények abba rakhassák több ezer ikrájukat. Az ikrák megtermékenyítése után a kékhátú lazacok legtöbbször a végkimerüléstől elpusztul. Utódaik azonban hat év múlva megismétlik a túrát.

Titkok a víz alatt

A lazacok viselkedése szintén meglehetősen kiszámítottnak, időzítettnek tűnik. Az evolúciós elképzelés szerint a lazacok ősei pisztrángszerű halak voltak, amelyek kizárólag folyókban éltek. Arról azonban nem szól a fáma, hogyan tehetett volna szert egy ilyen édesvízi hal a kékhátú lazacokra jellemző tulajdonságokra: már fiatal korukban memorizálják vízi útvonaluk illatát, majd, miután hat évet eltöltöttek a sós óceánban, a kellő pillanatban visszafordulnak, és a sok ezer kilométeres óceáni csatangolás ellenére csalhatatlanul megtalálják annak a folyónak a torkolatát, amelyből eredetileg származtak. Visszaverekszik magukat – akár több ezer kilométeren keresztül is – a születési helyükre, pontosan azon az útvonalon, amelyen annak idején érkeztek. (Mindehhez *fordított sorrendben* idézik fel magukban az útvonal szagmintáit.) Testük éppen ebben az időben alakul át a szaporodáshoz szükséges módon, majd a megérkezést követően: párzának és elpusztulnak.

A lazacok erejüket megfeszítve küzdenek, hogy visszatérjenek a szülőhelyükre, ugyanazon az útvonalon, amelyen elhagyták. Hat éven keresztül nem felejtik el az útvonal illatait



Hat év elteltével a kékhátú lazacok az óceán különböző részeiről visszatérnek annak a folyónak a torkolatához, amelyen át érkeztek.

Senki sem érti, honnan szereznek tudomást a gyülekezőről

A történet túlságosan jól van kitalálva ahhoz, hogy létrejöttét meg lehessen magyarázni véletlen átalakulásokkal. Persze bárki megkísérelheti, aki kedvet érez ehhez, és úgy gondolja, hogy próbálkozása sikerrel járhat.

Első osztályú rejtély

A navigáció a célba érés művészetete. Ennek sikeréhez az állatnak nemcsak azt kell pontosan tudnia, hogy milyen irányban haladjon, hanem azt is, hogy éppen hol tart. A helyes irány megtalálását és megtartását sokféle informá-

ció rögzítése, feldolgozása és helyes alkalmazása teszi lehetővé. A madarak esetében legalább három, egymástól független rendszer („iránytű”) segít a pontos helymeghatározásban: a Nap-iránytű, a csillagtérkép és a földmágnesesség.

Nappal, ha a Nap látható, a madarak ezt használják iránytűnek. A Nap helyzete percről percre változik, de ezt beleszámítják a tájékozódásukba. Ha felhők takarják el, akkor ők is az általunk nem érzékelhető, polarizált fény mintázatát használják az égitest helyzetének beméréséhez.

Az éjszaka vonuló madarak a csillagok ál-

lásából is meg tudják határozni a helyzetüket. Ez nem kis teljesítmény, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a csillagos égbolt földrajzi hosszúságonként és évszakonként más-más képet mutat. Ezenkívül a csillagok fénye nem olyan intenzív, mint a Napé, alaposan szemügyre kell tehát venni őket ahhoz, hogy a csillagképek felismerhetőek legyenek.

A Föld mágneses tere olyan erővonalak sora, amelyek meghatározott szöveget zárnak be a Föld felszínével (a sarkok mentén majdnem merőlegesek rá, míg az egyenlítőnél párhuzamosak). A madarak a Föld és a mágneses erővonalak által bezárt szög alapján is képesek érzékelni saját helyzetüket.

Ezek mellett számos egyéb, nem kevésbé fontos tényező is szerepet játszik a navigáció sikerességében, többek között a domborzati alakzatok (például a szigetek, az öblök, a partszakaszok) formájának memorizálása, a szagok, a hangok (például az infrahangok), a légnyomásváltozás, sőt, a gravitációs erő eltéréseinek érzékelése is! Keveset tudunk azonban arról, hogy a madarak egészen pontosan hogyan tájékozódnak, miképpen is dolgozzák fel az információkat vándorútjuk során (melyik tájékozódási módra milyen mértékben támaszkodnak, miként kapcsolják ezeket össze stb.). És ez még csak a rejtélyek kezdete...

Akkor is visszatálnak a galambdúchoz, ha nem látják, milyen útvonalon szállítják el őket



A megbízható postás

Egyes állatok kivételes navigációs képességekkel rendelkeznek. A postagalambok (*Columba livia domestica*) ebbéli képességét például mind a mai napig csodálat övezi. Ma is rejtély, hogyan tudnak úgy tájékozódni, hogy szinte bárhol (bármilyen irányból, s nagy távolságból is) visszatálnak saját galambdúckukhoz, még akkor is, ha onnan csukott ládában szállították el őket.

Sok kísérlet irányult a postagalambok tájékozódásának vizsgálatára, a kapott eredmények mégsem egyértelműek. Egyes feltevések szerint a galambok térkép- és iránytű-stratégiát használnak. Iránytűnek a Napot tekintik, és belső órájuk segítségével kompenzálják a Nap mozgását. Ez annyit jelent, hogy a galamb egy széksztáns pontosságával ki tudja számítani, hogy ha mondjuk délelőtt 10 órakor az északi szélesség 45. és a keleti hosszúság 19. fokán lévő helyről figyelni a Napot, akkor az milyen

85



A házigalamb őse a szirti galamb

A gólyák is rendelkeznek azzal a képességgel, hogy ha bezárva szállítják őket, rövid helyztfelmérés után akkor is a helyes irányba repülnek

sebességgel, milyen irányban fog elmozdulni. A tudósok szerint mindezt a galambok (és más, szintén Nap-iránytűt használó állatok) tapasztalat útján tanulják meg, úgy, hogy fiatal korukban többször megfigyelik a Nap mozgását. A feltételezések szerint így lesznek képesek arra, hogy bármikor összefüggésbe hozzák a Nap pozícióját az idővel és a földrajzi iránynyal. Ám – még ha ez valóban így is lenne –

A postagalambok ráadásul olyan kísérletekben is hazataláltak, amikor látásukat – homályos kontaktlencsékkel – korlátozták, így adott helyzetüket sem a Naphoz, sem útvonaluk tereptárgyaihoz nem viszonyíthatták. Többféle elméletet is gyártottak a postagalambok tájékozódásának egyéb mechanizmusaira vonatkozóan, pontos hazatalálási módszerük azonban máig tisztázatlan. Különösen szokatlan „abszolút helymeghatározási és tájékozdási” képességük, vagyis az, hogy a postagalambok (és egyéb madárfajok) akkor is fel tudják mérni, hogy hol vannak, ha nem látták, hogyan vitték oda őket – és a legrövidebb úton visszatérnek lakhelyükre. Egy Wodiczky nevű lengyel kutató kísérlete során felnőtt gólyákat szedett ki a fészükből, és Izraelbe szállította őket. Amikor szabadon engedte őket, a gólyák higgadtan leírtak néhány kört, majd toronyiránt elindultak a fészük felé. A leggyorsabb példány 196 óra alatt tette meg a 2260 kilométeres utat. Ez olyan, mintha valaki bekötné a szemünket, és több ezer kilométeres távolságra elszállítana. Ott aztán az ismeretlen helyen levénne a szemünkről a kendőt, mi pedig magától értetődő módon elindulnánk a megfelelő irányba, és a legrövidebb úton hazasétálnánk. E képesség birtokában, amely sok madárfajban automatikusan működik, bármelyikünkől világhírű parafenomén válhatna.

Nyilvánvaló, hogy a látásukon kívül más különleges érzékszervekre is támaszkodnak a madarak tájékozódásuk és vándorlásuk során. A postagalambok például kivételes érzékelésvilággal is rendelkeznek: érzékelik az ultraibolya fényt, a polarizált fényt, rendkívül érzékenyek a talajrezgésekre, sőt, meghallják a 0,1 Hz-es frekvenciát is. De nem is az a legfőbb kérdés, hogy ezek közül melyik az elsődleges támaszuk a navigáció során. Annak a megfejtése sokkal nagyobb problémát jelent, hogy *honnan ered* különleges tájékozdási képesség-



Honnan ered különleges tájékozdási képességük?

akkor is csodálatos, hogy a madarak azzal a képességgel születnek, hogy ezt a bonyolult, több tényező érzékelését és összehangolását igénylő feladatot elsajátítsák és alkalmazzák.



Pihenő útközben. A galambok – titokzatos őstőneik révén – természetes egyszerűséggel oldják meg a bonyolult navigációs feladatokat

Egy űrrepülőgép irányításához és célba juttatásához rengeteg ember és műszer összehangolt működése szükséges. A képen jobbról érkező szürke gém számára mindez nem okoz ilyen nagy gondot



gük. Valóban el kellene hinnünk, hogy csak genetikai véletlenek megmagyarázatlan sorozata hozta létre a tájékozódást szolgáló teljes érzékelési és irányharmonizálási rendszert? (Ne nézzenek már minket madárnak!)

Képzelnék el, hogy létre kell hoznunk egy olyan repülőgépet, amely képes a Nap és a csillagok helyzetét érzékelni, s ezek alapján betájolni a saját helyzetét, miközben az égitestek napi és évi mozgásával is kalkulál. Emellett képes még érzékelni és feldolgozni a szagokat és a környezet hangjait, a földmágnesség változásait, valamint az ultrabolya és a polarizált fényt, s ezek bármelyikének segítségével meg tudja állapítani a helyes irányt, s végül felismeri, ha célba ért. Ha mindezt meg akaránk valósítani, ahhoz bonyolult és sok helyet elfoglaló érzékelő műszerekre, valamint nagy teljesítményű számítógépekre lenne szükség. Mondanunk sem kell, hogy a mai, mégoly bonyolult repülőgépek irányítását is sokkal egyszerűbb módon végzik. De még ezekben a repülőgépekben is hatalmas műszerfallok és bonyolult műszerezettség találkozzunk. A madarak „elektronikája” ezzel szemben a vég-



letekig miniatürizált, különlegesen megbízható, a karbantartása pedig ingyenes. Ezen kívül hosszadalmas oktatásra sincs szükségük, mint a pilótáknak. A „tyúkeszű” madarak játszva elvégzik a navigációs feladatokat. Így lettek összerakva... Ha a repülő műszereinek kialakí-

csak egy vaskos atlasz lapjain lehetne pontos térképekkel szolgálni. Változatos a megtett távolságok hossza is: ez alapján beszélünk rövid, közép- és hosszú távra költöző madarokról. Az égbolt szárnyas vándorai több ezer, néha több tízezer kilométert utaznak. Nézzünk meg egy-két világjárót közelebről is, majd tegyünk fel velük kapcsolatban néhány lényeges, esetenként zavarba ejtő kérdést.

A fényesség madara

A sarki csér (*Sterna paradiseae*) távolsági rekorder a vándorló állatok között. Ez a 80–120 gramm testtömegű, 75–85 centiméteres szárnyfeszítávolságú sirályfaj maratonja során nem kevesebb, mint 35 000 kilométert tesz meg évente az Északi-sarkvidéktől a Déli-sarkvidékig, majd vissza. Ez nagyjából annyi, mintha évente körülrepülné a Földet.

Költőterülete az északi félteke *legészakibb* szárazulatainál található: Grönlandon, Kanada és Szibéria sarki területein, néha a sarkkörön is túl. Telelőhelye viszont a földgolyó *legdélibb* részén, az antarktisi jégmezők szélén húzódik.

A sarki csérek az északi sarkvidéken költik ki fiókáikat májustól novemberig. Ha egy sarkicsér-pár biztonságos, bő táplálékforrású fészkelőhelyet talál, minden évben ugyanide tér vissza. A szaporodási időszak végén (nagyjából az augusztustól decemberig tartó időszakban) vonulnak délre. Az északi nyár végére valamennyi sarki csér elindul, hogy elkerülje a hideg és sötét téli hónapokat. A Kelet-Kanada sarki területein és Grönlandon költő csérek fészkelőhelyeiket elhagyva, a nyugati szelek szárnyán átkelnek az Atlanti-óceánon, ahol csatlakoznak Európában költő fajtársaik dél felé igyekvő csapatához. Ezután Európa és Afrika nyugati partjai mentén, együttesen dél felé szárnyalnak. Kevesen közülük Dél-Afrikában



Fehérszárnyú szerkők. Az égbolt vándorai olykor sok ezer kilométert tesznek meg vándorlásaik során, tévedhetetlenül megtalálva céljukat

tásához sok-sok terv elkészítésére és fejlett intelligenciára volt szükség, akkor hogyan fejlődhetett volna ki saját magától egy ennél jóval tökéletesebb „berendezés”?

Légi vándorok

Az állatvilág legbámulatosabb vándorai a madarak. A lenyűgöző és misztikus teljesítményekre képes vonuló madaraknak köszönhetően tovább növekszik a tájékozódással kapcsolatos rejtélyek száma.

A világ madárfajainak fele az év egy bizonyos szakában elköltözik, majd visszatér költőhelyére. E vonulásnak az a haszna, hogy a helyszínváltásnak köszönhetően a madarak általában táplálékban gazdag, melegebb telelőhelyre jutnak. A vonulási útvonalak fajonként meglehetősen eltérőek, amelyek részleteiről



maradnak, a többiek pedig – elhagyva a Jóréménység fokát – még tovább repülnek az Antarktisz övező szigetekig. Ez a globális túra kilencven napjukat veszi igénybe.

Déli „telelőhelyükön”, ott tartózkodásuk során szintén nyár van. Februárban aztán az ivarérett egyedek (a csérek általában három éves korukra válnak ivaréretté) ismét felkerekednek, és az egész utat megteszik visszafelé. Így május-júniusra ismét elérik költőhelyeiket.

(A fiatalabb csérek az első évben nem térnek vissza északra, hanem az óramutató járásával ellentétes irányban haladva megkerülik a déli sarkkört, és a nyarat a Csendes-óceán táplálékban bő partjainál töltik. Csak a harmadik tavaszukon indulnak útnak a felnőttekkel együtt a távoli, északi költőhelyekre.)

A csérek költő- és telelőhelye közötti távolság még légvonalban mérve is legalább 15 000 kilométer. Telelésre alkalmas vidéket bőségesen találnának közelebb is, életfeltételeik máshol is biztosítva lennének, ezért nem kellene az Atlanti-óceán kockázatos átszelésére vállalkozniuk. Akkor miért választják a Föld két legtávolabbi régióját életük színteréül? Mi készíteti őket arra, hogy szinte megállás nélkül, egész életük során csak repüljenek? Nyilvánvalóan az ösztöneik. Ez azonban nem válasz a kérdésre, csupán a kérdés továbbgondolásához vezet: honnan származik az ösztönük, amely a hosszú utazásra készíteti, és a megfelelő helyre vezérli őket?

A világosság
madarait
vándorlási
ösztönük szinte
állandó repülésre
készíti



A vándorlásról szóló sok-sok információhoz a madarak gyűrűzésével jutottak – mint a képen látható kanadai lile esetén

Más madarak esetében ugyanígy kérdés, hogy miért éppen egy bizonyos területre vonulnak, amikor eljön az ideje. Már-már érthetetlen, hogy miért választanak igen távoli telelőhelyeket – miközben gyakran számukra alkalmas életteret kínáló tájak fölött is átrepülnek. Az új-zélandi hosszúfarkú koel (*Urodynamys taitensis*) és a fénylő bronzkakukk (*Chalcites lucidus*) például hatezer kilométer távolságra, Közép- és Dél-Polinéziába utazik, pedig jóval közelebb is telelhetne, ha Ausztráliára esne a választása.

sem. Sem a múltban, sem a jelenben nem látunk olyan kényszerítő körülményt, ami ezt a rendkívüli kiterjedésű vándorlást lépcsőzetesen kialakíthatta volna. Az pedig végképp elképzelhetetlen, hogy egy genetikai mutáció hirtelen azt súgta volna nekik, hogy hipp-hopp, költözzenek a megfelelő időben 15 000 kilométerrel arrébb, néhány hónap múlva pedig vissza.

A sarki csérek életük legnagyobb részét nappali világosságban töltik, mivel az Északi-sarkkörön túl ottlétük alatt nem megy le a nap, és ugyanez a helyzet az Antarktisz környékén is. Több fényben fürdenek egy év alatt, mint bármely más madár, sőt bármely más élőlény a Földön. Elképzelhető, hogy a sarki csér csak azért vándorol, hogy ezáltal örök nappali világosságban élhessen? Vagy inkább bennünket szeretne ezzel felvilágosítani? Talán el szeretné oszlatni tudatlanságunk sötétségét, és arra szeretne rávilágítani, hogy a madárvilág útvonalait nem véletlenek sora hozta létre. Hogy az égbolt szárnyas pilótái felsőbb szinten kapták kiképzésüket...



A szárnyas rekorderek, a sarki csérek több mint 15 000 kilométert tesznek meg költőhelyük és telelőhelyük között. Mi készíteti őket a hosszú utazásra?

Egyesek földtörténeti okokkal, a kontinensek mozgásával, illetve a jégkorszakkal próbálják érthetővé tenni az első látásra „illogikusnak” tűnő vonulási útvonalakat. Az útvonalak sokfélesége miatt azonban sokszor ez sem elégtő magyarázat, így a sarki csér esetében

Lehetetlen utazások

Igen ám, de a csér hosszú útszakaszokon át partok mentén repül, s ha kifárad, vízimadár lévén, akár a hullámokra is leszállhat! – kicsinyelhetné le valaki az iménti rekordot. A madárvonulás titkait vizsgálva azonban további

Vannak madarak, amelyek meg tudnak pihenni a hullámokon. Mások azonban nem, így csak nagy mennyiségű energia raktározásával vállalkozhatnak nagyobb utazásokra



A parányi tüzestorkú kolibri hatmillió szárnycsapással szeli át a Mexikói-öblöt. Intenzív hízókúrával készül fel az utazásra

91



kérdések merülnek fel, például éppen az, hogy miként tehetnek meg apró madarak óriási távolságokat anélkül, hogy útközben teljesen kimerülnének és elpusztulnának. Sokan közülük *leszállás nélkül* repülnek a végcélig, és ez ren-



geteg energiát igényel. A repülés hatékonyságát sok tényező befolyásolja. A megtehető távolság az elraktározott energia mennyiségétől és felhasználásának ütemétől függ.

A tüzestorkú kolibri (*Archilochus colubris*) súlya mindössze 3–3,5 gramm! Ez az egyetlen

kolibrifaj, amely Észak-Amerika keleti részén költ. A telet pedig Mexikó és Panama között tölti. Ehhez persze át kell vágnia a Mexikói-öbölön, ami majdnem 1000 kilométer, a tél végén pedig vissza is kell jönnie. Szép kihívás egy háromgrammos madárnak, táplálkozás és pihenő nélkül... A madárka az öböl átrepülése közben másodpercenként 75-ször csap a szárnyaival, 25 órán keresztül, megszakítás nélkül. Ez több mint hatmillió szárnycsapás folyamatosan! (Emlékezzünk rá: fekvőtámaszból már hatvan is elég fárasztó tud lenni.)

Számítógépes modellek és beható anyagcsere-tanulmányok segítségével a kutatók arra a következtetésre



A kolibrik
– a rovarok közé
tartozó szenderhez
hasonlóan – virágok
nektárjával
táplálkoznak



jutottak, hogy a kolibri erre egyszerűen nem lehetne képes. A három gramm súlyú madárkába „nem fér” elegendő energia az úthoz: menet közben el kellene fogynia az üzemanyagának. Hogy mégis átér a túlsó partra, azt annak köszönheti, hogy a vonulás előtti időszakban zsírkészletet halmoz magára (mintegy duplájára növeli a testsúlyát), s kihasználja a kedvező hátszelet is. Ez azonban nem hogy könnyebben érhetővé, hanem még elképesztőbbé teszi a dolgot: honnan tudja a madár, hogy hízókúrát kell tartania? Minden tényezőt összevetve, a távolság megtétele szenzációs

csúcsteljesítmény a kolibri részéről. Nyilvánvalónak tűnik, hogy ehhez először a költözés módját kellett valakinek bravúrosan megkomponálnia.

A tökéletes erőbeosztás

Hasonló a helyzet az alaszakai pettyeslile (*Pluvialis dominica*) esetében is. Ez a szintén apró madárka Alaszkától repül Hawaiiiba, s útja során 3600 kilométert tesz meg egyhuzamban a *nyílt óceán felett*. Hogyan képes energia (táplálék) felvétele nélkül megtenni ezt az utat, amely jóval több energiát igényel, mint amennyivel a madár rendelkezik?

A madarak energiataraléka zsír formájában raktározódik a testükön. A pár hónapos pettyeslile szülei röviddel azután elhagyják a kicsiket, hogy azok megtanultak repülni, és „szabadságra mennek” – elrepülnek Hawaiiira. A kis lilék ezután rövid idő alatt 70 grammot híznak – testsúlyuk több mint felét magukra szedik. Ez lesz az üzemanyag-tartalék a nagy utazás során. Egy átlagos termetű pettyeslile alaszakai indulásakor kb. 200 gramm súlyú, melyből az említett 70 gramm a tartalék zsír. A szárnyas bajnok súlya nem csökkenhet 130 grammnál kevesebbre, mert ha minden tartalék kimerül, menthetetlenül elpusztul.

Egy óra repülés során a madár mindenkori testsúlya 0,6 %-át éli fel – így az út megtételéhez 82,3 gramm zsírra lenne szüksége. Vagyis 117,7 grammra fogyna, ami egyet jelentene a halállal: már 72 óra repülés után, 800 kilométerrel a cél előtt az óceánba zuhanna. A végzetes súlyvesztés miatt nem érhetne célba.

Mi történik mégis, hogy ez nem következik be, és a pettyeslile eléri a Hawaii-szigeteket? A pettyeslile gazdaságos *sebességválasztása* és a csapat *kötelétkben való repülése* segít túlélni ezt a lehetetlen utazást.

Minden madár rendelkezik egy *optimális repülési sebességgel*. Ha ennél lassabban repül, akkor nehezen tud a levegőben maradni, ha pedig ennél gyorsabban, akkor a levegő sűrűlődésének legyőzéséhez túl sok energiát kell felhasználnia. Ugyanúgy, ahogy egy bizonyos sebesség felett az autó is több benzint „eszik” ugyanazon az útszakaszon. Míg azonban mi megállhatunk tankolni, a pettyeslile számára ez a lehetőség nem áll fenn. Az óceán végtelenjében nincs egyetlen sziget, félsziget vagy száraz folt, ahová leszállhatna, úszni pedig nem tud. Az optimális, energiatakarékos repülési sebesség madárfajonként változó (függ a testfelépítéstől és a tollazattól is), az amerikai pettyeslile esetében ez 51 km/óra. A pettyeslile pontosan betartja ezt a sebességkorlátozást. Ennek a tempónak a betartása azonban még csak azt eredményezi, hogy feleslegesen nem veszít energiát. De hogyan sikerül lefaragnia az energiaszükségletből, hogy ne érje utol a halál a nyílt tenger felett?

A csoport „V” alakzatban repül, ennek segítségével takarítja meg az energiát. Repülés közben a madarak szárnya mögött légörvények keletkeznek, amelyek a mögöttük haladókat segítik a repülésben. Az élen haladó madarat társai időnként leváltják, így a csapat összes tagjának módja van arra, hogy a légörvények segítségével repülés közben akár 23% energiát is megspóroljon. Így lehetséges, hogy a pettyeslile a számított 82,3 gramm zsír helyett csak 63,4 grammot fogyaszt el tartalékából. Így pár gramm vésztartalékkal érkezik célba, ami még egy esetleges ellenszél esetén is kisegíti.

A természet mérnökének abszolút precíz számításai repülőmérnököket megszágyenítően pontosak. Van olyan ember, aki azt állítaná,

93



Az alaszakai pettyeslile saját környezetében szinte jelentéktelennek tűnik. Vándorlási teljesítménye azonban nagyon is feltűnő. Bár nem ismeri a célt, tökéletes erőbeosztással pontosan a Hawaii-szigetekre repül



Nem egyszerű feljutni a csúcsra. A költöző madarak vonulása azonban ennél jóval összetettebb feladat

hogyan a pettyeslele vándorlása evolúció útján alakult ki, és erre épkezláb magyarázatot is tudna adni? Tegyük fel, hogy a lilék eleinte csak 1000 kilométert vándoroltak, aztán a vízbe fulladtak. A következő generáció tagjai már 1200 kilométert tettek meg, és ott hullottak a mélybe. A rá következő nemzedék már 1500 kilométerig jutott, a következő pedig... Pardon, álljunk meg egy pillanatra! Ha már az első generáció a vízbe fulladt, akkor hogy beszélhetnénk utódokról, s bármiféle fejlődésről...?

Ha valaki mégis fejlődéstörténeti magyarázatot kívánna kidolgozni e jelenségre, néhány megválaszolható kérdést ajánlunk szíves figyelmébe. Honnan tudják a pettyeslilék, hogy éppen Hawaiiiba kell repülniük? Honnan tudják – vagy honnan találták volna ki az őseik –, hogy milyen irányba kell ehhez indulniuk? Mi készítette arra a madarakat, hogy a végeláthatatlan óceán irányába induljanak? Hogy találták meg a parányi szigeteket a Csendes-óceánban? Honnan származik a navigációs rendszerük, melynek segítségével tartani és korrigálni tudják az irányt – mindenféle látható tájékozódási pont nélkül –, még olyan esetekben is, amikor vihar téríti el őket? Honnan tudják, hogy indulásuk előtt meghatározott idővel intenzívebben kell táplálkozniuk, hogy elegendő zsírt építsenek be a testükbe?

Természetesen legyinthejük, hogy ezek csak az ösztönök és a hormonok hatásai. De azazal, hogy tudományos nevet adtunk a csodának, egyáltalán nem magyaráztuk meg az eredetét.

Egy expedíció kellékei

Képzeletben határozzuk el, hogy megmásszuk a Himalája egyik csúcsát. Nézzük meg, mi mindenre lenne ehhez szükségünk. Biztos, hogy tudnunk kellene, pontosan *hova* akarunk eljutni, és milyen útvonalon érhető el ez a cél.

Készítenünk kellene egy időbeosztást, hogy mikor fogunk elindulni, s milyen ütemben érjük el a kiválasztott csúcsot. Fel kellene szerelnünk magunkat egy térképpel és egy iránytűvel, amelyek a tájékozódásban segítenek majd bennünket. Elegendő tartalékélelemről, valamint megfelelő mennyiségű és minőségű ruházatról kellene gondoskodnunk. Szükségünk lenne kötelekre, csákányokra, kempókra, karabinerekre (és még sok minden másra, amivel gyakorlottabb hegymászók kiegészíthetik a listát). Láthatjuk, hogy egy expedíció megszervezése meglehetősen összetett feladat. Biztosíthatjuk a kedves olvasót, hogy a madarak vándorlása ennél semmivel sem egyszerűbb.

Mert mi mindenre is van szükség a sikeres költözéshez? Nos, sok állatfaj rendelkezik egy belső biológiai órával, ami meglehetősen pontosan jelzi a számukra, hogy napi, illetve éves ciklusukban éppen mely teendőjüknek jött el az ideje. Így azok a madárfajok, amelyek a vonulás közben nem tudnak táplálkozni, a megfelelő időpontban kezdenek el hízni, hogy a vonulás idejére jó állóképességgel – azaz repülőképesseggel – rendelkezzenek. A megfelelő időpontban indulnak el, és belső órájuk jelzi nekik a visszatérés idejének eljövételét is.

Ennek a belső órának a működése már önmagában is egyfajta biológiai rejtély. Titokzatos teljesítményének pontos menetéről keveset, eredetéről semmit sem tudunk. Bizonyos, hogy hormonális szabályozás alatt áll, ám éppen az a meglepő, hogy a szükséges időpontban éppen azok a hormonok termelődnek, amelyek a kívánt viselkedést segítik elő. A hormonok működését összességében befolyásolhatja a napfényes órák számának csökkenése, ez azonban korántsem magyarázza meg az élőlények szervezetében lejátszódó biokémiai változásoknak a környezeti változásokkal való, ennyire precíz összehangoltságát.

Ne felejtjük el, hogy expedíciókhoz jókora mennyiségű élelemre is szükségünk volna. A madarak ezt a testükön felhalmozott zsír formájában szállítják. Különös, hogy minden faj éppen az általa megtett úthoz szükséges mennyiségű energiát halmozza fel, és ezt az üzemanyagot „égeti el” útja során. Vannak fajok, amelyek csak pár grammot szednek magukra, de mértek már olyan madarat is, amelyik 100%-kal növelte meg a testtömegét a vonulás előtti időszakban, s ezzel a készlettel öt nap alatt 4000 kilométert tudott megtenni.

Ahogy számunkra a Himalája megmászásához fontos lenne a megfelelő ruházat és eszközkészlet, legalább olyan fontos a repülő vándorok számára az erős, szívós tollruha. Sok madár evezőtollainak cseréjével, vedléssel készül az évszakos vándorlásra – merő véletlenségből éppen jókor! Néhány faj, amely számára ez elengedhetetlen, a telelőhelyről is új tolazattal indul hazafelé.

Sok faj tagjai már akkor megkezdik vonulásukat, amikor eredeti otthonukban még elegendő táplálék és megfelelő életkörülmények állnak a rendelkezésükre. Mintha valaki súgna nekik, vagy beléjük építette volna azt az utasítást, hogy az évnél ebben az időszakában távozniuk kell. Különös az is, hogy sok faj „elsőéves diákjai” magányosan repülve is eljutnak vándorlásuk céljához, akkor is, ha korábban senki nem mutatta meg nekik az utat. A kakukk (*Cuculus canorus*) például nem ismeri a szüleit, hiszen a kakukkmama más madár fészkébe tojja tojását, majd elegánsan távozik. A fiatal kakukkok ennek ellenére egyedül – minden szerzett ismeret és segítség nélkül – vér szerinti szüleik vonulási útvonalát követik! Mintha a követendő útvonal már születésükkor beléjük lenne táplálva.

Más madárfajoknál pedig, amellet, hogy fiatal egyedeik a megfelelő irányzékkel rendelkeznek, a tapasztaltabb madarak arra is képesek, hogy ezt a belső útmutatást szükség esetén felülbírálják. Ezt például seregélyekkel végzett kísérletek igazolták. Vonulásra készülő csapatukat Hollandiában fogták be, majd miután Svájcba szállították, szabadon engedték őket. A fiatalok, első útjuk lévén, a „beprogramozott”, délnyugati irányba repültek, és így Spanyolországban kötöttek ki. Az idősebb, dörzsölt seregélyek eszén azonban nem lehetett túljárni, ők nyugat-északnyugati irányba indultak – korrigálva az eltérést –, és a szokásos telelőhelyükre, Franciaországba, Nagy Britanniába és Írországba érkeztek meg. Ebből az következik, hogy a madarakban működő belső program nem teljesen vak és kizárólagos, hanem tapasztalataiknak (és a korábban részletezett „abszolút tájékozódási képességüknek”) köszönhetően képesek azt módosítani, s így eljutni a számukra kijelölt területre. Az is érdekes, hogy megteendő távolságuk is programozva van: ha mesterséges beavatkozással (szállítással) megrövidítik a fiatal madarak útját, akkor az eredeti végcélon túlhaladva is teljesítik a számukra kiszabott kilométer-egzeteket.

A vándorlás során a madaraknak maximálisan támaszkodniuk kell navigációs képességeikre is, amely már önmagában is meglehetősen bonyolult, ahogy azt korábban láthattuk. Még „a fenekükön van a tojásbéj”, de már megvan bennük a képesség, hogy megállapítsák a csillagok látszólagos forgási középpontját, és ahhoz igazítsák röptük irányát. Ha egy „hamis” planetáriumot készítünk számukra, és ott elforgatjuk az égboltozatot, akkor annak megfelelően módosítják tervezett útirányukat.

Az is köztudott, hogy a vándormadarak ragaszkodnak telelőterületükhöz, és minden évben ugyanoda térnek vissza, hacsak valamilyen külső körülmény meg nem akadályozza

Az amerikai apró partfutók sok más madárhoz hasonlóan csapatban vonulnak. Ez nagyobb védelmet jelent számukra a ragadozókkal szemben. Vannak azonban olyan fajok, amelyeknek egyedei egyedül, mindenféle tanulás nélkül is odatalálnak a megfelelő helyre...





őket ebben. Elképzelhető tehát, hogy vándorlásuk iránya és célja ősidők óta meghatározott – akár a tyúk volt előbb, akár a tojás.

A madarak vándorlásának tanulmányozása szintén abban erősít meg bennünket, hogy az élővilág lényeinek viselkedését egy felsőbb intelligencia alakította ki. Korántsem soroltunk fel minden anatómiai és viselkedésbeli tényezőt, amellyel a madaraknak rendelkezniük kell ahhoz, hogy vándorlásuk sikeres legyen. De a felsoroltak alapján is láthattuk, hogy meglehetősen sok képesség *egyidejű* jelenléte szükséges a költözés összetett műveletének lebonyolításához, s e képességeknek és ismereteknek tökéletes összhangban kell működniük.

Ha a Himalája legmagasabb csúcsára, a Csomolungmára szeretnénk feljutni, aprólékos tervet kellene kidolgoznunk ahhoz, hogy elérhessük célunkat. Ostobaság lenne abban bízni, hogy pusztán a véletlenek összjátékának köszönhetően idővel egyszer csak ott találjuk magunkat. Nem csupán egy minden részletre kiterjedő tervet kell készítenünk, de azt pontosan

A madarak vonulási rendszere is csak teljességében működőképes, az ennek „fokozatos kialakulásáról” szóló, elnagyolt feltételezések pedig fennakadnak a következetes gondolkodás szűrőjén.

Mióta költöznek a madarak?

Korunk tudósai többféle módon magyarázzák a madárvonulás kialakulásának okait. Nézzünk meg néhányat ezek közül, és állapítsuk meg, hogy a tények ismeretében mennyire tarthatóak.

Az európai madárvonulással kapcsolatos egyik feltevés szerint a legutóbbi jégkorszak ideje előtt csupán a mai Dél-Európa és Szahara környékén éltek madarak. Ezekben a területeken akkor még rendszeres esőzések voltak, így az ott élő madarak bővelkedtek élelemben. Ezután, ahogy egyre több területet vett birtokába a szárazság, életfeltételeik is egyre romlottak, s a madarak arra kényszerültek, hogy egyre északabbra menjenek költeni. Költőhelyükről telente visszatértek délre, s ezután évente ingáztak. Ahogy a sivatag mindjobban kiterjedt, egyre nagyobb lett a távolság a költő- és a telelőhely között.

Ennek az elméletnek ellentmondanak azok a paleontológiai leletek, amelyek azt mutatják, hogy olyan korokban is vándoroltak a madarak, amikor a földi klíma egyenesen meleg volt. Megkövült madárleletekben vizsgálták a régen élt madarak szárnyindexét. (A szárnyindex az első evezőtoll hossza a szárny teljes hosszához viszonyítva.) Minél nagyobb ez a szám, annál valószínűbb, hogy az adott madárfaj költözni szokott (pl. ez az index egy telelő madárnál 16, egy középtávú költözőnél 25–35, míg egy hosszú távra költözőnél akár 72 is lehet). A régmúlt megkövesedett madár-



san végre is kell hajtanunk, hiszen ha csak néhány tényezőt is figyelmen kívül hagyunk (például elfelejtünk cipőt húzni), a vállalkozás, minden erőfeszítésünk ellenére, máris kudarcot vall.

A Hollandiában befogott és Svájcba szállított vándorló seregélyek közül elengedésük után a fiatalok a beléjük kódolt irányt követték, és Spanyolországba jutottak. A több éves, tapasztaltabb madarak felismerték, hogy „eltérítették” őket, és szokásos telelőhelyükre, északnyugati irányba repültek



Repülő kócsagok és két szürke gém. Az evezőtollak és a szárny teljes hosszának aránya elárulja, hogy egy adott madár valószínűleg költöző vagy nem. Az ősi madarak tollának lenyomata arról árulkodik, hogy ők is vándoroltak...

97

leletei azt mutatták, hogy egyes fajok kétmillió évvel ezelőtt is tipikus költözőmadárszárnyakkal rendelkeztek. Vagyis a madarak a földtörténeti harmadkorban is költöztek, amikor a klíma állítólag nem kényszerítette volna őket erre.

Egy másik fontos szempont pedig az, hogy a madarak vándorlása egyáltalán nem korlátozódik az észak-déli irányra. A vándorlási mintázatok változatosak. Az Oroszországban és Észak-Európában költő szőlőrigó (*Turdus iliacus*) kelet-nyugati vonuló – Nyugat- és Dél-Európában telet. A Dél-Afrikában élő flamingók a monszun támogatásával jutnak el Indiába, vagyis nyugatról keletre vonulnak, majd januárban visszatérnek. Az albatroszok pedig, miután elhagyták a déli óceánok szigetein lévő költőhelyüket, jóformán körbeperegnek a földgolyót, az *Egyenlítővel párhuzamosan*. Ezekre a vándorlásokra semmiféle jégkorszak nem ad magyarázatot. Sőt, sok észak-déli vonuló is olyan hatalmas távolságokat tesz meg, amelyeknek hosszát szintén nem indokolná a jég-takaró korábbi kiterjedése.

Vannak, akik a kontinensek vándorlását, illetve más tényezőket, például a hőmérsékletváltozásokat, a nappalok hosszának változását, a táplálékgondokat stb. szeretnék a madárvonulás okozójának tekinteni. Azonban e feltételezések sem külön-külön, sem együttesen

nem képesek valódi magyarázatot adni a vonulás jelenségének eredetére. A szakkönyvek elismerik, hogy „a vonulási képesség származása megrekedt a feltételezések útvesztőjében”. A tudomány nyelvén ez annyit jelent, hogy halvány lila gőzünk sincs, honnan származnak a bonyolult vonulási mintázatok.

Ugyanis minden magyarázat közös problémákkal küzd. Az evolúciós teória a fokozatosságra épít, és arra, hogy az állatok viselkedése is a génjeikben van rögzítve. A madarak vonulásának megjelenését azonban sokszor még elméletileg is lehetetlen úgy levezetni, hogy közben egy lépésről lépésre való kialakulást feltételezünk. A pettyeslile halálos pontossággal megtalálja a számára fontos, messzi szigetet a Csendes-óceánban. Erre nem létezik

A dél-afrikai flamingók Indiába vonulnak, majd visszatérnek. A különböző madárfajok úgy közlekednek, mintha jól szabályozott légiforgalmi irányításnak engedelmesskednének



A rózsás gödények Észak-Afrikában, a Közel-Keleten és a Perzsa-öböl környékén telelnek



lépcsőzetes magyarázat: vagy tudja, hová kell mennie, és fizikailag is alkalmas az utazásra, vagy nem. Nincsenek köztes fokozatok.

Egy népszerű elképzelés szerint a hosszú vándorutak rövidebbekből alakultak ki, a rövideket pedig a környezeti tényezők vagy a hőmérséklet változása kényszerítette ki. Való igaz, hogy ma is tudunk olyan ún. állandó madarokról, amelyek nem költöznek, és olyanokról is, amelyek (mint például a fácán) céltalanul kóborolnak, hogy élelemben gazdagabb, jobb időjárású helyeket találjanak. Emellett léteznek rövid, közép- és hosszú távú költözők. Megala-

poztlan lenne azonban ebből azt a következtetést levonni, hogy egyik típus a másikból alakult volna ki. Láthattuk, hogy a költözés jelensége nem csupán egy bizonyos távolság megtételét jelenti, hanem bonyolult anatómiát és tudást is feltételez, s e tényezők az eltérő vonulási típusú madaraknál nagymértékben különböznek. Elfogadhatóbb tehát az a nézet, amely szerint olyan konstrukciók ezek, melyek egymással párhuzamosan, mindig is léteztek: mindig voltak helyben telelő, kóborló, valamint rövidebb, közepes és hosszabb távolságra költöző szárnyas vándorok. A fajokra jellemző vonulási módokat éppen úgy megszabhatta egy felsőbb intelligencia, amiként az életmódjukhoz alkalmas testfelépítésüket, táplálkozási és szaporodási szokásaikat is kialakította.

Mióta költöznek hát a madarak? Amióta világ a világ...

Vitapontok

Genetikai oldalról súlyos ellenvetések merülnek fel a fokozatos kialakulás elképzelésével szemben. A költözéssel kapcsolatos testi és tudásbeli jellegzetességeket a madarak génjeit alkotó DNS-molekulák láncában sok ezer, olykor egymástól elszigetelt „láncszem” kódolhatja. Mivel a tanult tudás nem jelenik meg a genetikai állományban, így azt kellene feltételeznünk, hogy ez a vándorlást irányító bonyolult genetikai rendszer csodás véletlenek (mutációk) sorozatának hatására alakult ki – ami sok ezer különböző faj esetén még inkább elképzelhetetlen. A „csodával határos véletlenek láncolata” helyett kézenfekvőbb, ha elfogadjuk, hogy létezik egy csodálatos tudatosság, amely az élőlények létrejöttével egy időben az

A fácánok célkitűzés nélkül kóborolnak, hogy véletlenszerűen élelemben gazdagabb területre bukkanjanak



egyed madárfajok költözési ösztönének fő jellegzetességeit is meghatározta.

Érdekes, de állításainknak nem ellentmondó az a megfigyelés, hogy egyes fajok különböző helyeken élő csoportjai más irányba, és más helyre költöznek. Például a Nyugat-Európában költő barátposzáták (*Sylvia atricapilla*) délnyugatra, a kelet-európaiak délkeletre vonulnak. Ez arra utalhat, hogy a költözési rendszereket összerendező felsőbb intelligencia nemcsak fajokban, hanem a fajok együtt élő közösségeiben (populációkban) is gondolkodik, s ennek megfelelően mutat számukra irányt.

A vonulás részleteit jól ismerők felvethetik, hogy a madarak utazása korántsem olyan pontosan behatárolt, mint a vonatok menetrendje és sínek által rögzített útvonala. Valóban, az élőlények költözési programja ennél rugalmasabb – de nem korlátlanul alakítható. A madarak például képesek felmérni, hogy az adott időszakon belül az időjárás szempontjából éppen melyik a legkedvezőbb időpont az indulásra. Nem úgy indulnak el, mint a felhúzott óra, ami egy adott pillanatban csörögni kezd. Ez azonban csak azt mutatja, hogy a bennük működő, költözésre készítő ösztön nem vak, hanem az adott körülményekhez igazítható, finomítható – de a madár alapvetően nem tud



attól eltérően, azzal ellentétesen cselekedni.

Más választási lehetőségük is van a költözőknek: előfordul, hogy ugyanazon faj tagjai közül egyesek költöznek, míg mások – amelyek számára élőhelyük télen is megfelelő – helyben maradnak. Ez sem mond ellent azonban annak, hogy az állatokban eredendően meghatározott „programok” működnek. Csupán azt láthatjuk, hogy ezeknek a programoknak a lefutása függ a külső körülményektől – ugyanúgy, ahogy a számítástechnikában is ismerünk olyan programrészleteket (szubrutinokat), amelyek csak bizonyos feltételek teljesülése esetén futnak le. Ugyanígy tekinthetünk arra a jelenségre is, hogy egyes fajoknál csak a fiatalok vándorolnak, míg az idősebbek helyben maradnak (ezek a részlegesen vonuló fajok).

Összegzésképpen elmondhatjuk, hogy a vándorlási programok nem teljesen merevek, hanem bizonyos mértékig rugalmasak, s a körülményektől függően többféleképpen valósulhatnak meg. Alapjaikban, főbb vonalaikban azonban adottak, s ezek az adottságok eleve meghatározott módon léteznek, és nem változtathatók. A költözés részleteiben szerepet játszhatnak tanult tényezők is, amelyeket a fiatalok az idősebbektől sajátítanak el, ám a vonulási mechanizmus alapvető elemei megváltoztathatatlanul be vannak írva a madárkák szívébe.

Minden jel arra mutat tehát, hogy a legtöbb költöző fajban rögzített formában létezik az a tudás, hogy mikor, hová és milyen úton kell távoznia, s mikor kell visszatérnie, s ez a múltban is így lehetett. Ha a célpont pontos kinézetét nem is, de annak irányát és távolságát bizonyosan magukban hordozzák.

A Kanadában, az Egyesült Államokban és Eurázsia északi részén költő csonttollú ínségcsap időkben megjelenik a városokban is

A fecskék belső órája jelzi, hogy elérkezett a gyülekezés, majd az indulás ideje. Ugyanígy „megérzik” a visszatérés helyes időpontját. Rejtély, hogy mindezt honnan tudják



A jégmadár Eurázsiaiában, Észak-Afrikában és a Távols-Keleten él. Északi populációi délre vonulnak telelni

Madarat tolláról

Madarat tolláról, embert barátjáról lehet megismerni. A jó tudományos magyarázatot pedig arról, hogy néhány alapvető feltétellezzel a jelenségek sokaságát képes megmagyarázni.

A madárvonulások jelenségének összességére egy igen egyszerű magyarázat kínálkozik. Az évszakok váltakozásával sok helyütt megváltoznak az időjárási körülmények, amelyek egyes fajok számára már nem teszik lehetővé az életben maradást. Ha egy körültekintő, megfontolt, mindenk fölé álló lény hozta létre a világot (az évszakok változatosságával együtt), akkor nyilván arról is gondoskodott, hogy a Föld minden időszakban alkalmas lakhely maradjon az élőlények számára. Ezért a téli időszakra sok élőlényt olyan belső programmal látott el, amely egy megfelelő „alkalmi szállás” felé irányítja őket. Az állatok ennek a belső parancsnak engedelmessé válnak, amikor vándorútra kelnek, s ugyanez a belső hang készíti őket – akár hormonok közvetítésével – a visszaindulásra is.

Ez esetben viszont miért van az, hogy olykor látszólag indokolatlanul távolinak tűnő helyre vonulnak az égi karavánok? A válasz az, hogy egy összetett koordinációs program valósulhatott meg ezen a módon. Az érintett fajok útvonalai és telelőhelyei úgy lettek meghatározva, hogy



az egyes fajok ne találkozzanak képességeiket meghaladó akadályokkal, például túl magas hegyekkel vagy átröpülhetetlenül hosszú tengeri utakkal, sivatagokkal (bár némelyik madárfaj ezen a téren is különleges teljesítményekre képes). Ily módon minden faj a számára megfelelő, ideiglenes élőhelyre kerül, sőt a figyelmes vezénylés révén az is megoldódik, hogy az egymással konkuráló fajok ne tegyék tönkre egymás életfeltételeit. Ily módon valószínűleg a téli hónapok idejére a világ „újrafelosztása”, amelynek során mindenki biztonságos helyre kerül.

Ez a magyarázat első hallásra talán naivnak és szokatlannak tűnik, mivel változatlanul és statikusnak tűnő felvilágunkat, ami azonban nyilvánvalóan folyton változó. Való igaz, hogy a Föld általunk megfigyelt történetéből is származnak olyan megfigyelések, amelyek szerint egyes madárfajok megváltoztatják, kiterjesztik előfordulási helyeiket. Ez igaz, azonban *telelési* területeik meglehetősen stabilak. Csupán az evolúciós mesében hallhatunk arról, hogy „a vándorló állatok célpontjai évmilliók alatt alakultak ki”. Ezt semmiféle megfigyelés nem támasztja alá. Arra viszont annál több megfigyelés utal, hogy a vonuló madarak öröklötten *ragaszkodnak* és *ragaszkodtak* mindig is kijelölt útvonalaikhoz és telelőterületeikhez. Mintha egy magasabb légiforgalmi irányítás utasításainak engedelmessé válnának, amely minden állatcsoportot megfelelő belső késztetéssel (ösztönökkel) látott el, hogy a megfelelő időben útra keljenek. Ugyanakkor arra is ügyelt, hogy olyan sajátos időzéssel és navigációs rendszerrel lássa el őket, amelyek segítségével elérhetik céljukat.

Ezek után már csak az a kérdés, hogy egy intelligens világtervező miért hozott volna létre ilyen mozgalmas élővilágot? Könyvünk utolsó fejezetében ezt a problémát is tisztázzuk majd.