

GYENIS GYULA

Varietas delectat?

MÁSODIK RÉSZ

A XX. század közepén egyre többen kezdtek kételkedni *Boule* Neander-völgyiek primitívségéről, brutalitásáról és az állatias megjelenéséről alkotott véleményében. *Boule* elképzelését elsőként 1955-ben, a szintén francia antropológus *C. Arambourg* cáfolta meg. Kimutatta, hogy a La Chapelle-i „öreg” (több mint 40 éves) férfi csontvázát ízületi betegségek torzították el, tehát a csontváz nem majomjellegeket viselő tipikus Neander-völgyi egyedé, hanem egy súlyos betegé.

1957-ben két amerikai anatómus, *W. Straus* és *A. J. Cave* is foglalkozott a La-Chapelle-aux-Saints-i lelettel, és ők is úgy vélték, hogy a gerincoszlopa súlyos arthritis jeleit mutatja, ami a testtartását is befolyásolta. Úgy vélték, hogy a barlangi életmód, a szegényes táplálkozás, a csekély napsugárzás és a jégkori hideg éghajlat könnyen vezethetett angolkórhoz. Elvetették *Boule* megállapítását az „öreg” elálló, majomszerű öregujjáról és a medencecsontnak a majmokéhoz hasonló voltáról. Úgy vélték, hogy „...ha ő (a Neander-völgyi ember) feltámadna és megmosakodva, megborotválkozva és mai ruhában felöltözve jelenne meg a New York-i metróban, nem keltene nagyobb figyelmet, mint a többi helyi lakos” (*Straus – Cave, 1957*).

J. Dawson és *E. Trinkaus* 1997-ben megjelent tanulmánya még részletesebben írta le a La Chapelle-i lelet csontvázán megjelent elváltozásokat. Az alsó nyakcsigolyákon és a felső hátcsigolyákon osteoarthritis (ízületi gyulladás) jelei, osteophyták (csontkinövések), Schmorl-gyöngyök (meszes csomók a csigolyákon) és porcfejszíni elcsontosodás figyelhető meg. Ezeket az Egyesült Államok mai európai eredetű férfi népességében előforduló ízületi elváltozásokkal (amelyeknek az előfordulását korábban hasonlóan találtak a mai eszkimó és indián népességeivel) összevetve jelentős különbségeket találtak. Bár a La Chapelle-i Neander-völgyi férfi csontelváltozásai létrejöhetnek nagy terheknek a rendszeresen hátán való hordozásától is, véleményük szerint azonban ebben az esetben a kórok inkább valami trauma lehetett.

A Neander-völgyiek alkata azonban valóban jelentősen különbözött a *Homo sapiens*étől: természetük átlagosan alacsonyabb volt, mert a végtagjaik rövidebbek voltak, de robusztusabb, izmosabb, erősebb felépítésűek voltak. A rövid végtagok alkati adaptációt jelentenek, mert kisebb testfelülettel járnak együtt, ami a hideg,

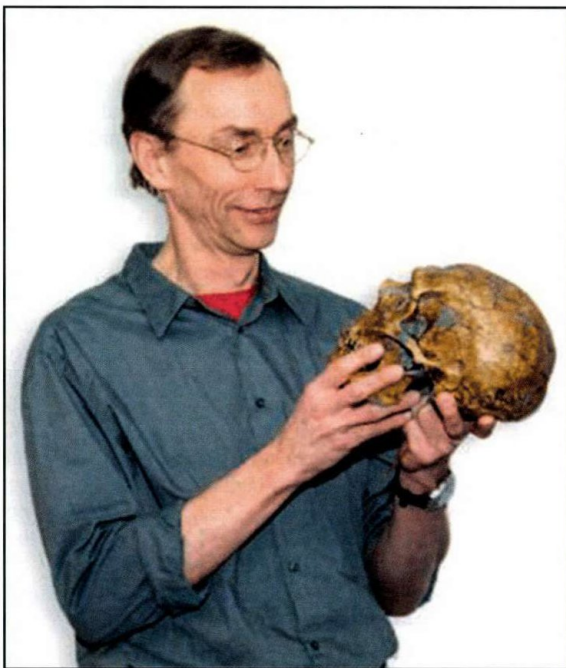
pleisztocén klímában előnyös volt a kisebb hőleadás miatt. Koponyájuk formája is eltérő volt: homlokuk alacsonyabb, rézsútosan hátrafutó, agykoponyájuk alacsonyabb, de szélesebb és hosszabb volt, és nagyobb méretei következtében az átlagos agytérfogatuk is nagyobb volt, mint a mienk: 1600 cm³. Valószínűleg az egész kinézetük sem felelne meg a mai „szépségideál”-nak, noha azt is tudjuk, hogy legalább egy részüknek világos bőre és vörös haja volt, amit egy nemzetközi kutatócsoport (*Lalueza-Fox* és munkatársai) mutatott ki 2007-ben. Az

ezt létrehozó melanocortin 1 receptor (*mclr*) allélját a spanyolországi El-Sidron és az olaszországi Monti Lessini lelőhelyeken talált Neander-völgyi csontokban mutatták ki. A kutatók szerint a *Homo sapiens*ben és a *Homo neanderthalensis*ben ezek az allélok egymástól függetlenül jelentek meg. Az El-Sidron-barlangban talált Neander-völgyi esetben pedig azt is kimutatták, hogy 0-ás vércsoportú volt.

A Neander-völgyiek is csoportokban éltek, mint a *Homo sapiens*, barlangokban temetkeztek, használták a tüzet, és több barlangban rituális szokásokra és szimbólumok használatára utaló jeleket is hagytak. Empátiájukat bizonyíthatja a Shanidar-barlangban eltemetett egyik felnőtt férfi csontváza, aki a jobb felső végtagja nagy részét elvesztette – feltehetően egy vadászon szerzett sérülés következtében –, de ezt az amputációt gyógyultan túlélte. Ez csak úgy következhetett be, hogy a társai segítették az életben maradását.

A Neander-völgyiek általában a nagy testű növényevőkre (mamut, őstulok, jávorszarvas, szarvas) vadásztak. A kőeszközeiket is finoman megmunkálták (középső paleolit, vagy moustérien kultúra), azonban nem volt olyan sokféle szerszámuk, mint a *Homo sapiens*nek. Csonteszközt sem használtak, így a tűt, vagy a szigonyt sem ismerték. Ugyanakkor a szlovéniai Divje Babe lelőhelyen talált, barlangi medve combcsontjából készült furulya azt bizonyíthatja, hogy a *Homo neanderthalensis* „muzikális” volt.

Ma már az is ismert, hogy bizonyos élettani jellegű tulajdonságokban is volt egyezés a Neander-völgyiekkel, például ők is érezték a feniltiokarbamid (PTC) keserűségét. Ez a kellemetlen ízű vegyület főleg leveles zöldségfélékben és mérgező növényekben fordul elő. A mai emberek mintegy negyede nem tudja érzékelni a PTC-



Svante Pääbo (Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig) egy Neander-völgyi koponyájával (*Science* February 13, 2009)

t, még pedig azok, akiknél hiányzik a TAS2R38 gén. Az El-Sidron-nál talált egyik Neander-völgyi DNS-éből is kimutatták ezt a gént. A kutatásból részt vevő *Lalueza-Fox* és munkatársai szerint ez a mutáció már akkor létezhetett, mielőtt a *Homo neanderthalensis* és a *Homo sapiens* elváltak volna a közös őstől. Szerintük a TAS2R38 gén működését megakadályozó recesszív gén is jelen van a vizsgált csontmintában, tehát a Neander-völgyiek között is voltak „nem érzők”. A PTC ízének az érzékelése megóvjá az embereket attól, hogy túl sokat fogyasszanak a mérgező növényekből. Viszont az a tény, hogy az érzékelést megakadályozó recesszív gén a mai emberben is jelen van, arra utal, hogy mégis csak lehetett valami genetikai előnye annak, ha valaki nem volt képes a keserű ízt érezni.

A beszéd az ember talán legfontosabb attribútuma, a megjelenésének az időpontját azonban az emberfélék evolúciójában a koponya anatómiai képletei alapján nem lehet kimutatni.

Egy, a beszéddel kapcsolatos gént, illetve az által kódolt fehérjét (FOXP2) az 1980-as években fedezték fel egy angol családnál, ahol több tagnál is beszédzavarok jelentkeztek és a szájuk mozgásával is gondok voltak. A mutáció a 7. kromoszómán található hosszú gén egy pontján történt, és megállapították, hogy mendeli módon recesszíven öröklődik. Az is kiderült, hogy nemcsak az embernél, hanem a gerinceseknél is megtalálható. A zebrapintyeknél például ennek a génnek a működése akkor a legintenzívebb, amikor a kis pintyek énekelni tanulnak. A génnek a denevérek tájékozódását lehetővé tevő ultrahang kibocsátásában is szerepe van.

A FOXP2 gén igen „konzervatív” jellegű: a madaraknál és a hüllőknél a fehérje szerkezete 98 százalékból megegyezik az egérével. Az ember és a csimpánz fehérjei között csupán két aminosavnyi különbség van, a csimpánz és az egér között viszont csak egy. Ez azt jelenti, hogy az emberfélékben és a csimpánzokban a közös őstől való elválása óta eltelt mintegy hét millió év alatt kétszer annyi mutáció történt, mint az egér és a főemlősök (majmok) őseinek a



Steve Churchill egy hajítódárda és egy „közönséges” dárda rekonstrukciójával
(<http://blogs.discovermagazine.com/80beats/2009/07/23/did-spear-chucking-humans-kill-neanderthals/>)

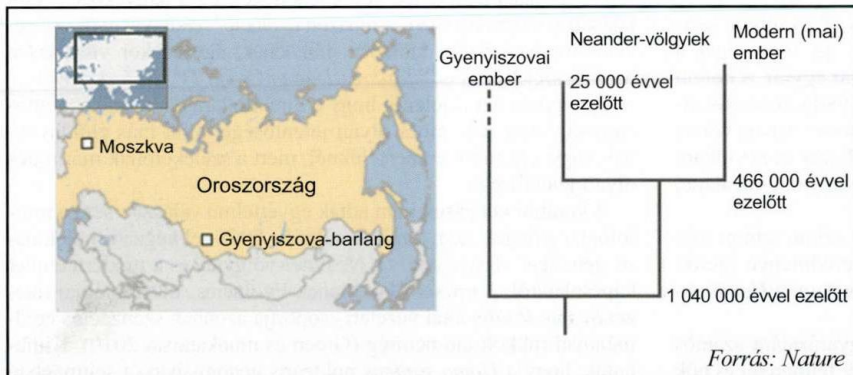
vők szerint azonban az inkább egy birka, vagy kecske hangjához hasonlított.

Továbbra is nyitott kérdés, hogy milyen kapcsolat volt a Neander-völgyiek és az Euráziába érkezett *Homo sapiens*ek között az alatt a 15–20 ezer év alatt, amit „együtt” töltöttek.

A Neander-völgyiek eszközei a középső-paleolitikum moustérien kultúrájába tartoznak. Jól kidolgozottak voltak, de kevesebb fajtájuk volt, mint a modern *Homo sapiens* által készített eszközöknek. Ugyanakkor két franciaországi lelőhelyükön (Chattelperron és d’Arcy-sur-Cure) talált eszközök a *Homo sapiens* felső-paleolitik kultúrája eszközeivel mutat megegyezést, ami a két faj bizonyos csoportjai közötti érintkezést, legalábbis kulturális átvételt feltételez.

Valószínű azonban, hogy nem csak békés viszony volt a két emberféle között, mert előkerültek olyan leletek is, amelyekeken olyan sérülésnyomokat találtak, amelyek véres konfliktusokat sejtetnek. A Shanidar 3 jelölésű 40–50 év körüli férfi csontvázán – aki szintén ízületi gyulladásban szenvedett – a bal oldali kilencedik bordán találtak ilyen nyomot, egy éles szélű, mély sebhelyet, amelyen a gyulladás jelei látszanak, a férfi azonban mégis belehalt a sérülésbe, valószínűleg azért, mert a sebesülésekor a tüdeje is megsérülhetett, és ennek következtében gyulladás-vérmergezés lépett fel. *Steve Churchill*, a Duke Egyetem (Egyesült Államok) antropológusa és munkatársai szerint egy hajítódárda okozhatta a sérülést és így a halálát (*Churchill és munkatársai 2009*). A Neander-völgyiek azonban nem rendelkeztek hajítódárdával, csak „közönséges”, szúrásra-dőfésre alkalmas dárdával. Hajítódárdát csak a *Ho-*

A Gyenyiszova- (Denisova) barlang Dél-Szibériában és Gyenyiszova hominin feltételezett helye a késői homininák evolúciós vonalán. A Gyenyiszova hominin, valamint a *Homo neanderthalensis* és a *Homo sapiens* közös őse mintegy 1 millió évvel ezelőtt váltak el egymástól (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/8583254.stm>)



Forrás: Nature

mo sapiens használt ebben az időben, és ez a sérülés az egyik bizonyítéka lehet annak, hogy a Neander-völgyi és a sapiens csoportok találkozása nem mindig zajlott le békés úton.

Összehasonlították a hajítódárda által okozott sérülést olyan sebekkel, amelyet lándzsával okozhatnak párharcokban. Ez utóbbi esetben a dárda nagyobb erővel fűrődik a testbe, így nagyobb sérülést okoz, mint amit a Neander-völgyi férfi bordáján fedeztek fel. A sérülés szöge is a hajítódárda mellett szól. Ugyanis a sebesülést okozó tárgy 45 fokos szögben fentről lefelé hatolt be a testbe, ami egy hajítófegyver röppályájára utal. Churchill szerint az elhunyt Neander-völgyi 167–168 centiméter magas lehetett, és állt, amikor eltalálta a hajítódárda.

Churchillék megvizsgálták a Neander-völgyi felkarcsontját is és annak morfológiai jellegeit összevetették mai dobóatléták és más, nem sportolók humerusával. A Neander-völgyieké a nem sportolókéhoz hasonlít, míg a Neander-völgyiekkel egy időben a felső-paleolitikumban élt *Homo sapiens*eké viszont inkább a mai sportolókéhoz. Ebből arra a következtetésre jutottak, hogy a hajítódárda rendszeres használata hasonló elváltozást okoz a felkarcsonton, mint amit a dobóatlétákon találtak. A Neander-völgyieknél ilyen elváltozás nincs, tehát nem használtak hajítódárdát, vagyis a Neander-völgyi férfi sérülését csak egy *Homo sapiens* hajítódárdája okozhatta.

F. Rozzi, a párizsi Centre National de la Recherche Scientifique antropológusa szerint egy délnyugat-franciaországi barlangból előkerült Neander-völgyi állkapcsón olyan vágás-sérülés nyomok találhatók, mint amilyenek az ebben az időszakban elejtett és feldarabolt szarvasok csontjain találhatók. A 2009-ben megjelent közleményében azt írta, hogy a modern emberek kivágták és megették a Neander-völgyi nyelvé is, a fogait pedig kiszédték és nyakláncot készítettek belőle.

C. Stringer, a londoni Natural History Museum neves antropológusa szerint Rozzi lelete igen fontos, mert szintén azt bizonyítja, hogy a két faj egy időben élt Európában, és hogy kapcsolat volt közöttük, noha ez ellenséges is lehetett. Ez azonban nem azt jelenti, hogy a *Homo sapiens* rendszeresen fogyasztotta a *Homo neanderthalensis* húsát, azt viszont igen, hogy volt harc közöttük, illetve, hogy a modern ember részt vett a Neander-völgyi ember kipusztításában.

Miért a *Homo sapiens* lett az egyetlen túlélő, avagy mégsem pusztult ki a *Homo neanderthalensis*?

Azzal kapcsolatban, hogy miért tűnt el az evolúció színpadáról a Neander-völgyi ember, számos elmélet ismert, szemben a másik két faj egy időben élt Európában, és hogy kapcsolat volt közöttük, noha ez ellenséges is lehetett. Ez azonban nem azt jelenti, hogy a *Homo sapiens* rendszeresen fogyasztotta a *Homo neanderthalensis* húsát, azt viszont igen, hogy volt harc közöttük, illetve, hogy a modern ember részt vett a Neander-völgyi ember kipusztításában.

A pleisztocén végén a modern emberrel együtt élt két másik emberféle közül a *Homo floresiensis* testméretei és a kis populáció nagysága miatt semmi veszélyt sem jelentett volna a mai emberre, annak ellenére, hogy meglepően jó evolúciós stratégiát alkalmazott a fennmaradása érdekében: a testméretek csökkentését. Ez egyúttal magyarázatot is ad a *Homo floresiensis* rendkívül kicsi, csimpánz méretű, 400 cm³-es agytömegére is. Ugyanis a szervezet legnagyobb energiafelhasználója az agy, így tömegének a csökkentése jelentős energia megtakarítással jár együtt. A hobbit azonban valószínűleg azelőtt elpusztult egy vulkánkitörés következtében, mielőtt a *Homo sapiens* Flores szigetére lépett volna, amit az is bizonyít, hogy a szigeten található 12 ezer éves vulkáni hamuréteg felett már nem kerültek elő a maradványai, csak alatta, szemben a *Homo sapiens*ével.

A Gyenyiszova-i lelet homininájáról viszont szinte semmi sem tudható – azon kívül, hogy a DNS-vizsgálat eredménye szerint eredetét tekintve idősebb, mint a *Homo sapiens* vagy a *Homo neanderthalensis*.

A Neander-völgyiek kipusztulásának a magyarázatára számos elmélet született. Így például az újszülöttek nagy fejméretei és nők

ennek nem megfelelő medencecsont méretei; a würm nagy hidege, mert a pleisztocén leghidegebb szakasza würm jégkorszak vége volt, aminek az elviseléséhez az alkati adaptációjuk már nem volt elegendő; vagy hogy a kis létszámú csoportjaik miatt gyakran fordulhatott elő, hogy a felnőtt, szaporodásra képes egyedek száma nagyon lecsökkent; és hogy a Gibraltártól az Altáj-hegységig megjelenő csoportjaik nagyon távol voltak egymástól.

Valószínű, hogy a felsorolt okok mind közrejátszhattak a *Homo neanderthalensis* eltűnésében, azonban a legfontosabbnak mégis két másik tényező tekinthető. Az egyik az, hogy a Nean-



Világos bőrű, vörös hajú Neander-völgyi nő, rekonstrukció
(<http://www.femininebeauty.info/neanderthal-woman>)

der-völgyiek tárgyi kultúrája szegényesebb volt, mint a modern emberé. A *Homo sapiens* „korszerűbb” vadászfegyverekkel rendelkezett, és a vadászata hatékonyabb együttműködésben történt és sikeresebb lehetett, mint a Neander-völgyieké. Ez a modern embernél alacsonyabb halálozási és magasabb születési arányt eredményezett és mintegy tíz évvel hosszabb élettartamot. Ez utóbbinak az is köszönhető, hogy az idősebb korúak tovább segíthették tapasztalataikkal a fiatalabb generációkat.

A másik ok a fejlettebb beszéd és a jobb kognitív képességekben keresendő, amelyek révén szüntelenül egyre több és újabb „találmány” és magasabb fokú együttműködés jelent meg. Csaba György szerint: „Ugyanakkor az ember átruházta, és folyamatosan átruházza evolúcióját a tárgyra, amelyek használatával a képességei óriási mértékben megnöttek és rövid idő alatt olyan tulajdonságokra tett szert, amelyek eléréséhez biológiai úton évezredekre lett volna szükség, vagy talán nem is lett volna lehetséges. Ez a tárgyakban – eszközökben megmutatkozó „átruházott evolúció” rendkívül gyors, szelekciós mechanizmusai kitűnően működnek, ugyanakkor visszahat a darwini szelekcióra is.” (lásd részletesen Csaba TV 2007, a szerk.)

Ez egyben azt is jelenti, hogy a mai modern embernél a „változatosság”-nak már nincs olyan jelentősége, mint más élőlényeknél, vagy a korábbi emberféleknél, mert a szelekciónak már nincs olyan jelentősége.

A korábbi kutatások nem adtak egyértelmű választ – sem a morfológiai jellegek, sem a mitokondriális DNS-sel végzett molekuláris genetikai vizsgálatok – a Neander-völgyiek és a modern ember kapcsolatáról. A lipcei Max Planck Evolúciós Antropológiai Intézet Svante Pääbo által vezetett csoportja azonban szenzációs eredménnyel rukkolt elő nemrég (Green és munkatársai 2010). Kimutatták, hogy a *Homo sapiens* nukleáris genomjában (a sejtmagban

található génekben) mégis előfordulnak Neander-völgyi gének. Az összehasonlításnál használt francia, nyugat-afrikai, kínai, pápua és dél-afrikai (busman) emberek közül – a busman kivételével – mindegyikben előfordultak Neander-völgyi gének. Ez pedig azt jelenti, hogy a korai *Homo sapiens*ek közül az Afrikából kivándorlók a Közel-Kelet (Nyugat-Ázsia) felé mentek és ott történhetett keveredés a két csoport között. Ezért ezek a Neander-völgyi gének a Szaharától délre élő negridek között már nem fordulnak elő.

Egy másik érdekes eredménye is volt a vizsgálatnak: a génáramlás a két emberféle között egyirányúnak tűnik, a Neander-völgyi-

Barlangi medve csontjából készített furulya, 43100 éves, Divje Babe barlang (Szlovénia)
(http://www.flutopedia.com/dev_flutes_euroasia.htm)

ekből a modern emberekbe, annak ellenére, hogy génáramlás ilyen esetekben általában kétirányú szokott lenni. Azonban amikor a hódító népesség jóval nagyobb létszámú, mint az, amelyre rátelepedett, és a keveredés így csak csekély mértékű, akkor fordul elő az a jelenség, hogy lényegesen nagyobb arányban jelennek meg a meghódítottak génjei a hódítóknak, mint fordítva. A csekély arányú keveredés miatt azonban az Afrikán kívüli népességek genomjában csupán 1–4 százalékos arányban fordulnak elő a Neander-völgyi gének.

A Neander-völgyiek tehát mégsem pusztultak ki teljesen, a *Homo sapiens* népességeinek többségében jelen vannak – még ha csekély arányban is.



©

IRODALOM

- Brown, P., Sutikna, T., Morwood, M. J., Soejono, R. P., Jatmiko, Wayhu Saptomo, E., Rokus Awe Due 2004 A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia, *Nature*, 431, 1055–1061.
- Churchill, S. E., Franciscus, R. G., McKean-Peraza, H. A., Daniel, J. A., Warren, B. R. 2009 Shanidar 3 Neandertal rib puncture wound and paleolithic weaponry. *Journal of Human Evolution* 57, 163–178.
- Shanidar 3 Neandertal rib puncture wound and paleolithic weaponry. *Journal of Human Evolution* 57, 163–178.
- Dawson, J. E., Trinkaus, E. 1997 Vertebral osteoarthritis of the La Chapelle-aux-Saints 1 Neandertal. *Journal of Archeological Science*, 24, 1015–1021
- Green, R. E. et al. 2010 A Draft Sequence of the Neandertal Genome. *Science* 328, 710–722.
- Gyenis Gy. 2001: Humánbiológia. A hominidák evolúciója. Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Krause J., Orlando L., Serre L. D., Viola B., Prüfer K. M. P., Richards M.P., Hublin J.-J., Hänni C., Derevianko A.P. & Pääbo S. 2007. Neanderthals in central Asia and Siberia. *Nature*, 449, 902–904.
- Lalueza-Fox, C., Römpler, H., Caramelli, D., Stäubert, C., Catalano, G., Hughes, D., Rohland, N., Pilli, E., Longo, L., Condemi, S., Rasilla de la, M., Fortea, J., Rosas, A., Stoneking, M., Schöneberg, T., Bertranpetit, J., Hofreiter, M. 2007 A Melanocortin 1 Receptor Allele Suggests Varying Pigmentation Among Neanderthals. *Science*, 318, 1453–1455.
- Mazák V., Burian, Z. 1990 Az ősember és elődei (Der Urmensch und seine Vorfahren, ford.: Gyenis Gyula), Gondolat, Budapest.
- Straus W.L., Jr., Cave A.J.E. 1957: Pathology and posture of neandertal man. *Quarterly Review of Biology*, 32 (4):348–363.
- Viola, T. B., Teschler-Nicola, M., Schaeffer, K., Derevianko, A. P., Seidler, H.: 2008 Postcranial remains from Okladnikov Cave, Siberia. *American Journal of Physical Anthropology*, 135, 214–215.

VIG KÁROLY

Éld túl a telet!

ELSŐ RÉSZ

Egy igazi nyári kánikula idején, amikor levél se rezdül a mozdulatlan forróságban, és legszívesebben valamelyik tavunk vagy folyónk vizében keresnénk enyhülést, eszünkbe se jut, hogy bolygónk valójában hideg hely. Pedig lényegében az. Bár a trópusi tengerek felszíni vízrétegei akár 25–30 °C-ra is felmelegedhetnek, az óceánok összes víztömegének közel 90%-a hidegebb 5 °C-nál. A szárazföldek nagyobb része pedig még ennél is hidegebb. Télen Kanada és Szibéria hatalmas területein a hőmérő gyakran mutat -30 °C-nál is alacsonyabb hőmérsékletet, az Arktisz és az Antarktisz hó- és jégmezőin pedig nem ritkaság a -70 °C sem. Mindez azt is jelenti, hogy Földünk élővilágának jelentős része alapvetően hideg tereket-területeket népesít be, vagyis az itt élő fajok evolúciója során olyan stratégiák alakultak ki, amelyek lehetővé teszik a vízi élőlényeknek a hideg közeghez való alkalmazkodást, a szárazföldieknek pedig a zord időszakok átvészelését, azaz a tél túlélését.

Ne fagyj meg!

Ha hidegről beszélünk, nem kell Földünk sarki, vagy magashegyi területeire gondolnunk, hiszen – a kontinensek jelenkori elhelyezkedése következtében – Eurázsia vagy Észak-Amerika hatalmas, mérsékelt égövi területein is az év hosszabb-rövidebb időszakában tél van. Ilyenkor az átlaghőmérséklet tartósan 0 °C alá esik, ez pedig káros, sőt halálos lehet az élő szervezetekre. Kertjeink késői virágai a szeptember végi első fagyos éjszaka után rozsdabarna száraz, virágzati tengelyek kusza összevisszaságává torzulnak, s a földet mindenütt a fagy által levert levelek borítják – jól példázva, milyen veszélyt jelent a fagypont alatti hőmérséklet az élő szövetekre. Azonban a kert tavasszal újra zöldbe borul, a tél elmúltával állatok népesítik be az addig élettelennek tűnő világot. Hol voltak a téli, fagyos hónapokban, és milyen védekezési módszerekkel élték túl a telet? Hogy meg tudjuk válaszolni ezeket a kérdéseket, röviden meg kell értenünk, miért veszélyes az élő szövetekre a 0 °C alatti hőmérséklet. Vizsgálódásainkat szűkítsük le az állatvilágra, azon belül is koncentráljuk elsősorban az ízeltlábú szervezetekre.

A tél több módon is befolyásolja az állatok életét. Az első és legszembetűnőbb változás, hogy a táplálék nagy része eltűnik: a növények jelentős tömege elfagy, vagy betemeti a hó és a jég, a potenciális zsákmányállatok elvonulnak, vagy téli álomba merülnek. A madarak és egyes emlősök egész télen át aktívak maradnak; számukra a hidegebb hónapok során nagyobb tömegű táplálék szükséges, hogy az intenzívebb anyagcsere révén biztosítsák testhőmérsékletük állandóságát. Számos fajuk élelmiszerkészletet halmoz fel, vagy nagy mennyiségű zsírt raktároz testén, amelyek biztosítják a tél folyamán a szükséges energiaforrást, míg más fajok egyszerűen melegebb tájakra vonulnak. Az emlősök másik része téli álomba merül, hogy így minimalizálja energiafelhasználását.