

# asi 150 milionů let př. n. l.

## MRAVENČÍ KROKOMĚR

Mravenci jsou společenský hmyz, který se v rámci nadčeledi vos vyvinul v polovině období křídy, před asi 150 miliony let. Po nástupu kvetoucích rostlin v době před asi 100 miliony lety se mravenci rozvětvili do početné řady druhů.

Saharský pouštní mravenec *Cataglyphis fortis* cestuje při hledání potravy písčitém terénem, který často postrádá jakákoli orientační vodítka, na relativně dlouhé vzdálenosti. Tito tvorové jsou schopni vrátit se do hnízda přímým směrem, aniž musí při zpáteční cestě sledovat vlastní stopu. Nejenže umí určit směr za pomoci slunečního světla, ale podle všeho mají v sobě zabudovaný i jakýsi „počítač“. Ten funguje jako krokoměr, který počítá kroky, a umožňuje tím přesně měřit ušlou vzdálenost. Mravenec může jít za mrtvým hmyzím tělem až 50 metrů, tam kus těla utrhne a donese zpět do hnízda přístupovým otvorem o průměru často menším než milimetr.

Výzkumný tým německých a švýcarských vědců manipuloval s nohama mravenců tak, aby jednou chodili delšími a jednou kratšími kroky, a zjistil, že mravenci skutečně odhadují vzdálenosti „počítáním“ kroků. Když například mravenci dosáhli cíle, odkud se měli vrátit, výzkumníci jim prodloužili nohy přidáním „chůď“ nebo jim je amputací zkrátili. Pak mravence vrátili na místo, aby se mohli vydat zpět do hnízda. Mravenci s delšími končetinami chodili příliš daleko a vstup do hnízda minuli, zatímco jedinci s kratšíma nohama do hnízda nedošli. Když ale mravenci začali výpravu z hnízda už se změněnými nohama, dokázali vypočítat správné vzdálenosti. Svědčí to o tom, že klíčovým faktorem je pro ně délka kroku. Vysoce vyvinutý počítač v mravenčím mozku živočichovi navíc dovoluje počítat ve vztahu k horizontálnímu průmětu své trasy, takže se neztratí, ani když se během jeho cesty v písečné krajině objeví nové kopečky a prohlubeniny.

**Viz také:** Opičí počty (asi 30 milionů let př. n. l.) a Prvočíselné životy cikád (asi 1 milion let př. n. l.).

*Saharští pouštní mravenci mají zřejmě zabudovaný „krokoměr“, který počítá jejich kroky a umožňuje jim přesně měřit ušlou vzdálenost. Mravenci, jimž byly přilepeny chůďy (na fotografii zobrazené červeně), se vracejí příliš daleko a míjejí vstup do hnízda, což naznačuje, že délka kroku má pro určení vzdálenosti velký význam.*



# asi 30 milionů let př. n. l.

## OPIČÍ POČTY

Před asi 60 miliony lety se v řadě oblastí světa vyvinuli primáti podobní veverkám či lemurům a o 30 milionů let později už existovali primáti s charakteristikami opic. Mohla by takováto stvoření umět počítat? Téma počítání u zvířat i sám význam toho slova je mezi experty na zvířecí chování předmětem velkých sporů. Mnozí však tvrdí, že zvířata jakýsi smysl pro čísla mají. Hans Kalmus v článku „Zvířata jako matematikové“ v *Nature* píše:

Teď už jen stěží můžeme pochybovat o tom, že některá zvířata, jako veverky nebo papoušci, se dají vycvičit k počítání... Schopnosti počítání se našly u veverek, krys i u opylujícího hmyzu. Někteří z těchto živočichů i další umí rozlišovat čísla u jinak podobných vizuálních struktur, zatímco jiné lze vycvičit k rozpoznávání a dokonce i k reprodukování sérií akustických signálů. Někteří mohou být vycvičeni dokonce k tomu, aby vytukali počet prvků (teček) ve vizuálním vzoru... Řada lidí odmítá uznat zvířata za počítaře jen kvůli tomu, že neumí čísla vyjádřit řečí nebo písmem.

Výzkumníci ukázali, že krysy „počítají“, když je odměnami motivovali k tomu, aby určité aktivity opakovaly se správnou četností. Šimpanzi dokážou na počítači zmáčknout tlačítka čísel, která odpovídají počtu banánů v krabici. Tecuro Macuzawa z Institutu pro výzkum primátů na Kjótské univerzitě naučil šimpanze poznávat číslice od 1 do 6 tím, že na počítači stiskl odpovídající klávesnici a při tom ukázal zvířeti určitý počet předmětů na monitoru.

Výzkumník Michael Beran z Georgia State University v Atlantě cvičil šimpanze používat počítačový monitor a joystick. Na monitoru se ukázala číslice a poté příslušný počet teček a šimpanz musel oba výjevy spojit. Jeden šimpanz se naučil číslice od 1 do 7, druhému se to podařilo do 6. Šimpanzi byli schopni čísla spojit i po tříleté pauze, ovšem s dvojnásobným počtem chyb.

**Viz také:** Mravenčí krokoměr (asi 150 milionů let př. n. l.) a Kost z Išanga (asi 18 000 př. n. l.).

*Primáti podle všeho disponují smyslem pro čísla a vyšší primáty lze naučit rozeznávat čísla od 1 do 6, takže když se jim ukáže určitý počet objektů, mačkají příslušné počítačové klávesy.*



# asi 1 milion let př. n. l.

## PRVOČÍSELNÉ ŽIVOTY CIKÁD

Cikády jsou okřídlený hmyz, který se vyvinul před asi 1,8 miliony let, na počátku pleistocénu, kdy v Severní Americe opakovaně postupovaly a zase ustupovaly ledovce. Larvy cikád rodu *Magicicada* tráví většinu života pod zemí, živí se šťávami rostlinných kořenů, poté se vylíhnou, vylétnou, spáří se a uhynou. Chování těchto tvorů je udivující: líhnutí mají synchronizováno tak, aby nastávalo po prvočíselných počtech let, obvykle po 13 a 17. (Prvočíslu je celé číslo, které má jen dva celočíselné dělitele: 1 a sebe sama - například 11, 13 a 17.) Na jaře svého 13. nebo 17. roku života si tyto periodické cikády budují tunel, aby se dostaly už jako dospělé ven. Z jednoho hektaru země vylétne někdy i více než 4 miliony jedinců; tak ohromné množství je nezbytné pro přežití druhu, protože predátoři, zejména ptáci, je pak nemohou sežrat všechny najednou.

Někteří badatelé vyslovovali dohady, že životní cykly o prvočíselné délce se vyvinuly proto, že se jejich nositelům snáze dařilo vyhybat se predátorům s kratší délkou života nebo parazitům. Kdyby měly cikády například cyklus 12 let, mohli by je snadno vyhledat predátoři s životními cykly dlouhými 2, 3, 4 nebo 6 let. Mario Markus z Institutu Maxe Plancka pro molekulární fyziologii v Dortmundu se svými spolupracovníky přišel na to, že takovéto typy prvočíselných cyklů přirozeně vznikají v rámci evolučních matematických modelů interakcí mezi predátorem a kořistí. Ve svém experimentu nejprve badatelé počítačově simulovaným populacím přidělili náhodná trvání životních cyklů. Po určité době a po sérii mutací dospěly umělé cikády vždy ke stabilnímu cyklu prvočíselného počtu let.

Výzkum životního cyklu cikád je samozřejmě stále ještě v plenkách a řada otázek zůstává nezodpovězena. Co je tak zvláštního na číslech 13 a 17? Jací to byli predátoři nebo paraziti, kvůli nimž cikády dospěly k takovýmto životním cyklům? Stejně tak zůstává záhadou, proč ze všech 1 500 druhů cikád po celém světě má prvočíselný cyklus jen několik druhů z rodu *Magicicada*.

**Viz také:** Mravenčí krokoměr (asi 150 milionů let př. n. l.), Kost z Išanga (asi 18 000 př. n. l.), Eratostenovo síto (240 př. n. l.), Goldbachova hypotéza (1742), Sestrojení pravidelného sedmiúhelníku (1796), Gaussovy *Disquisitiones Arithmeticae* (1801), Důkaz prvočíselné věty (1896), Brunova konstanta (1919), Gilbreathova hypotéza (1958), Sierpiňského čísla (1960), Ulamova spirála (1963), Erdős a jeho duch spolupráce (1971), Andricova hypotéza (1985).

*Určité cikády vykazují udivující chování: líhnou se ze země synchronizovaně po prvočíselných počtech let, obvykle 13 a 17. Někdy se na jednom hektaru vylíhne během krátké doby více než 4 miliony jedinců.*



# asi 100 000 př. n. l.

## UZLY

Uzly se možná používaly ještě před nástupem moderních lidí (*Homo sapiens*). Například v jedné jeskyni v Maroku byly nalezeny okrově obarvené mušle s provrtanými otvory z doby před 82 000 lety. Jiné archeologické nálezy ukazují na to, že lidé používali korálky ještě mnohem dříve. Otvory v mušlích naznačují používání provázek a uzlů, které je spojovaly, například pro náhrdelníky.

Jednou z kvintesencí ornamentálních uzlů je *Knih z Kellsu*, zdobně ilustrovaný evangeliář vytvořený keltskými mnichy kolem roku 800. V moderní době patří studium uzlů, například trojlístkového uzlu s trojím překřížením, do rozsáhlého matematického oboru, který se zabývá uzavřenými smyčkami. Německý matematik Max Dehn (1878-1952) v roce 1914 ukázal, že zrcadlová zobrazení trojlístkového uzlu nejsou vzájemně ekvivalentní.

Matematici se celá staletí snažili vyvinout způsoby, jak od sebe odlišit propletence, které jako uzly jen *vypadají* (takzvané *neuzly*), od skutečných uzlů a různé druhy uzlů pak odlišit jeden od druhého. Během let matematici vytvořili zdánlivě nekonečné tabulky různých uzlů. Zjistili dosud více než 1,7 milionu neshodných uzlů do úrovně 16 překřížení.

Tématu uzlů se dnes věnují celé konference. Vědci studují uzly v oborech sahajících od molekulární genetiky, kde jim pomáhají pochopit rozplétání šroubovice DNA, až po částicovou fyziku, kde se jejich pomocí pokouší znázornit základní charakter elementárních částic.

Uzly měly klíčový význam ve vývoji civilizace, ať už šlo o vázání oděvů nebo zajištění zbraní na těle, budování příbytků či mořeplavbu a zkoumání světa. Matematická teorie uzlů je dnes natolik pokročilá, že pro obyčejné smrtelníky je velmi náročné pochopit její nejhlubší aplikace. Lidé během pár tisíciletí přeměnili uzly z prostého spojení náhrdelníku v modely látky, z níž se skládá sám vesmír.

**Viz také:** Kipu (asi 3000 př. n. l.), Boromejské prsteny (834), Perkovy uzly (1974), Jonesův polynom (1984) a Murphého zákon a uzly (1988).

*Jednou z kvintesencí ornamentálních uzlů je *Knih z Kellsu*, zdobně ilustrovaný evangeliář vytvořený keltskými mnichy kolem roku 800. Na detailech ilustrace jsou patrné různé uzlové formy.*