

---

Om lang te leven, moet je langzaam leven. Toegeschreven aan [Cicero](#)

---

## Thema van deze maand: De levensduur van grotbewonende organismen

---

Een van de meest intrigerende natuurlijke experimenten in de evolutie vindt plaats in het donker: grotten. In de hele stamboom van het leven hebben nauw verwante populaties herhaaldelijk ondergrondse omgevingen gekoloniseerd. Deze grotbewonende organismen (troglobionten) vertonen vaak opvallende verschillen met hun verwanten aan de oppervlakte, waaronder verminderde ogen en pigmentatie, een veranderd metabolisme en, wat hier van bijzonder belang is, veranderingen in de levensduur. Wat is de oorzaak van dit patroon?

### Verschil in levensverwachting tussen grot- en oppervlakteorganismen

In meerdere afstammingslijnen vertonen grotbewonende organismen doorgaans een langere levensduur dan hun verwanten aan de oppervlakte, hoewel de sterkte van dit patroon per taxon varieert.

De grotsalamander [Proteus anguinus](#) is een van de meest extreme voorbeelden van een lange levensduur. Individuen hebben een gemiddelde levensduur van ongeveer 70 jaar en kunnen ouder worden dan 100 jaar, wat veel langer is dan bij de meeste amfibieën van vergelijkbare grootte die aan de oppervlakte leven.

De Italiaanse [grot-salamander](#) *Speleomantes italicus* kan tot 25 jaar oud worden, wat relatief oud is voor kleine amfibieën en in overeenstemming is met een langzame levensstrategie die geassocieerd wordt met ondergrondse omgevingen.

Bij de grotvis [Astyanax mexicanus](#) kunnen individuen tot 15 jaar oud worden, wat de levensduur van populaties aan de oppervlakte overtreft. Deze vissen vertonen ook een langdurig voortplantingsvermogen.

[Noord-Amerikaanse grotvissoorten](#), waaronder *Amblyopsis spelaea* en *Typhlichthys subterraneus*, zouden onder natuurlijke omstandigheden 20–30 jaar oud kunnen worden, wat wijst op een aanzienlijk potentieel voor een lange levensduur.

Onder de ongewervelden vertoont [de grotbewonende tweekleppige](#) *Congeria kusceri* een uitzonderlijke levensduur, met exemplaren die meer dan 50 jaar oud worden, wat



een lange levensduur is voor deze groep, ook al kunnen sommige tweekleppigen [aanzienlijk langer leven, tot wel 500 jaar](#).

[Grotkreeftachtigen](#) zoals *Orconectes australis* kunnen meer dan twintig jaar oud worden, wat wijst op een trage groei en een verlaagde stofwisseling, typisch voor ondergrondse soorten.

[Evenzo vertoont de grotisopod \*Bahalana geracei\*](#) een levensduur variërend van ongeveer 24 tot 35 jaar, wat ongewoon lang is voor kleine ongewervelden.

[Zelfs aan grotten aangepaste kevers](#) zoals *Laemostenus schreibersi* kunnen meer dan zes jaar oud worden, wat langer is dan de levensduur van veel aan de oppervlakte levende insecten van vergelijkbare grootte.

Een vergelijkbaar patroon van een langere levensduur in verhouding tot de lichaamsgrootte wordt waargenomen bij Chiroptera. Vleermuizen behoren tot de langstlevende zoogdieren in verhouding tot hun grootte, waarbij sommige soorten ondanks hun geringe lichaamsgewicht enkele decennia oud worden. Zo kan bijvoorbeeld *Myotis brandtii* meer dan 40 jaar oud worden. Hoewel vleermuizen niet per definitie grotbewoners zijn, vertoont hun ecologie belangrijke overeenkomsten met ondergrondse omgevingen, zoals stabiele microklimaten en minder predatie.

### **Extrinsieke sterfte en de evolutie van de levenscyclus**

[De meest algemeen aanvaarde verklaring](#) voor de toegenomen levensduur bij grotbewonende organismen is geworteld in de klassieke levenscyclus-theorie. Ondergrondse omgevingen zijn opmerkelijk stabiel, zonder seizoensgebonden variatie, lichtcycli en vaak ook zonder roofdieren, wat de extrinsieke sterfte (het risico op overlijden door externe oorzaken) sterk vermindert. Onder dergelijke omstandigheden voorspelt de evolutietheorie een verschuiving: in plaats van te investeren in snelle groei en voortplanting, geven organismen de voorkeur aan overleving en instandhouding op de lange termijn. Dit resulteert in een reeks gecorreleerde eigenschappen, waaronder tragere groei, uitgestelde voortplanting, verminderde vruchtbaarheid en uiteindelijk een langere levensduur. Dit patroon is in meerdere grottenstelsels gedocumenteerd. Zo planten grotbewonende vissen zoals *Astyanax mexicanus* zich [minder vaak voort, maar behouden ze hun voortplantingsvermogen](#) gedurende langere perioden, terwijl veel grotongewervelden een verminderde stofwisseling en langere ontwikkelingstijden vertonen, in overeenstemming met een “trage” levensgeschiedenis-strategie.

### **Metabolisme en energiebeperking**

[Grotten zijn energiearme omgevingen](#) waarin eigen voedselproductie ontbreekt en voedseltoevoer sporadisch is, voornamelijk via afvalstoffen. Als gevolg daarvan hebben grotbewonende organismen zich aangepast om met chronische beperking van hulpbronnen om te gaan. Een veelvoorkomende aanpassing [is een traag metabolisme, gekenmerkt door lagere basale stofwisselingssnelheden](#), verminderde activiteitsniveaus en verhoogde efficiëntie in energiegebruik. Deze eigenschappen zijn direct relevant voor de levensduur, aangezien een verlaagde stofwisseling vaak gepaard gaat met een lagere productie van reactieve zuurstofsoorten (ROS), die bijdragen aan

celbeschadiging en veroudering. Bovendien vertonen veel grotsoorten een verhoogde weerstand tegen uithongering, met aanpassingen zoals gewijzigde vetopslag, veranderingen in insuline-signaalroutes en verbeterde stressbestendigheid. Opvallend is dat deze fysiologische veranderingen overlappen met belangrijke moleculaire routes waarvan bekend is dat ze de levensduur reguleren in gevestigde modelorganismen, wat suggereert dat aanpassing aan energiebeperking incidenteel een langere levensduur kan bevorderen.

### **Stressbestendigheid en celonderhoud**

[Grotbewonende organismen vertonen vaak een verhoogde tolerantie voor omgevingsstressoren zoals hypoxie, oxidatieve stress en chronisch tekort aan voedingsstoffen.](#) een patroon dat bijzonder goed gedocumenteerd is bij grotvissen en ondergrondse ongewervelden. Verhoogde stressbestendigheid is een kenmerk van langlevende organismen, en bij deze soorten wordt dit vaak ondersteund door meerdere complementaire mechanismen. Deze omvatten een verhoogde antioxidantafweer, wat oxidatieve schade beperkt, verbeterde DNA-reparatiesystemen die de genomische integriteit in stand houden, en een efficiëntere eiwithomeostase (proteostase), waardoor de ophoping van beschadigde of verkeerd gevouwen eiwitten afneemt. Deze aanpassingen zouden de progressieve opbouw van cellulaire schade in de loop van de tijd kunnen verminderen en zo bijdragen aan langzamere veroudering en een langere levensduur in ondergrondse omgevingen.

### **Afwegingen in voortplantingsstrategie**

[Een andere belangrijke factor is de verschuiving in voortplantingsstrategie.](#) Er is opgemerkt dat grotbewonende organismen minder nakomelingen, grotere eieren of meer ouderlijke investering, en langere voortplantingsintervallen vertonen. Dit patroon weerspiegelt een klassieke afweging tussen voortplanting en onderhoud. Energie die anders zou worden besteed aan het produceren van veel nakomelingen, wordt in plaats daarvan omgeleid naar overleving, herstel en algemeen onderhoud van het organisme.

### **Genetische en genomische veranderingen**

Op genomisch niveau is aanpassing aan grotten complex en wordt deze nog steeds actief onderzocht. Verschillende hypothesen koppelen genoomevolutie aan een lange levensduur bij grotbewonende soorten. Een belangrijk aspect betreft genoomgrootte en transposabele elementen. Sommige studies suggereren dat grotsoorten kunnen verschillen in genoomgrootte vergeleken met hun aan de oppervlakte levende verwanten, wat geassocieerd zou kunnen zijn met de accumulatie of reductie van transposabele elementen, evenals veranderingen in het gehalte aan repetitief DNA.

De relatie tussen genoomgrootte en levensduur is echter niet eenduidig. Grotere genomen kunnen metabolische kosten met zich meebrengen, zoals een tragere celdeling, maar ze kunnen ook een rol spelen bij genregulatie en genomische stabiliteit. Als gevolg daarvan kan genoomevolutie bij grotsoorten op indirecte en sterk contextgebonden manieren bijdragen aan een langere levensduur.

## Is er nog steeds een limiet aan de levensduur?

Zelfs in zeer stabiele omgevingen blijft de levensduur van organismen beperkt. Dit kan worden verklaard door een combinatie van evolutionaire en biologische factoren. Vanuit evolutionair perspectief is natuurlijke selectie sterker op eigenschappen die van invloed zijn op vroege voortplanting dan op eigenschappen die later in het leven een rol spelen, wat de accumulatie van schadelijke mutaties in verband met veroudering mogelijk maakt. Tegelijkertijd kunnen constante drukfactoren zoals parasieten, pathogenen en ecologische interacties voortdurende co-evolutie stimuleren, waardoor het belang van generatievernieuwing wordt versterkt. Ten slotte ondergaan organismen op biologisch niveau onvermijdelijk progressieve moleculaire schade die met de huidige medische kennis niet volledig kan worden hersteld.

### Conclusie

Grottenstelsels bieden een krachtig natuurlijk kader voor het bestuderen van veroudering omdat ze verschillende belangrijke voordelen combineren: herhaalde en onafhankelijke evolutionaire gebeurtenissen door meerdere kolonisaties van grotten, duidelijke ecologische contrasten tussen habitats aan de oppervlakte en ondergronds, en nauw verwante taxa die niettemin sterk uiteenlopende levensgeschiedenissen vertonen.

Samen maken deze kenmerken grotbewonende organismen bijzonder waardevol voor het toetsen van fundamentele vragen in de evolutionaire biologie en gerontologie. Ze stellen onderzoekers in staat te onderzoeken hoe omgevingsfactoren de evolutie van de levensduur beïnvloeden, de genetische en fysiologische veranderingen te identificeren die gepaard gaan met een langere levensduur, en te onderzoeken of er universele verouderingsmechanismen bestaan die verschillende taxa gemeen hebben

---

## Het goede nieuws van de maand: klonen verkort de levensverwachting niet

---

Een [nieuwe studie gepubliceerd in Nature Communications](#) onderzocht de langetermijngrenzen van het klonen van zoogdieren door muizen gedurende 20 jaar en 58 generaties achtereenvolgens te klonen. Verrassend genoeg bleven de gekloonde muizen gezond en hadden ze een normale levensduur, ondanks de genetische mutaties die zich in de loop van de tijd opstapelden. Nog interessanter was dat toen deze klonen van de latere generaties zich seksueel voortplantten, veel van de opgestapelde afwijkingen op natuurlijke wijze werden gecorrigeerd in de volgende generatie. De studie benadrukt de opmerkelijke veerkracht en het 'herstelvermogen' van seksuele voortplanting en biedt nieuwe inzichten in genetische stabiliteit, vruchtbaarheid en de mechanismen die helpen om gezond ouder worden over generaties heen te behouden.

## Nieuws over Heales en de Longevity Community: ARDD-conferentie in Boston in oktober 2026.

---

De Aging Research and Drug Discovery Conference (ARDD), een van de toonaangevende wereldwijde conferenties op het gebied van de wetenschap van het lange leven, zal dit jaar niet plaatsvinden in Kopenhagen zoals oorspronkelijk gepland. In plaats daarvan zal het evenement naar verwachting worden verplaatst naar Boston ([21 - 23 oktober](#)) en worden geïntegreerd in een bredere reeks evenementen tijdens de Boston Longevity Week.

---

Voor meer informatie

- [Heales](#), [Longevity Escape Velocity Foundation](#), [International Longevity Alliance](#), [Longecity](#), [Lifespan.io](#) en [Aging biotech](#)
- [Heales Maandelijks Wetenschapsnieuws](#)
- [Heales YouTube-kanaal](#)
- [Neem contact met ons op](#)