

# Živi fosili među kralježnjacima

---

Lovrić, Vanja

Undergraduate thesis / Završni rad

2009

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:349626>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-12**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO - MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

ŽIVI FOSILI MEĐU  
KRALJEŽNJACIMA

---

LIVING FOSSILS AMONG THE  
VERTEBRATES

SEMINARSKI RAD

Vanja Lovrić  
Preddiplomski studij biologije  
(Undergraduate Study of Biology)  
Mentor: prof. dr. sc. Milorad Mrakovčić

Zagreb, 2009.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	2
2. ŽIVI FOSILI.....	2
2.1.PAKLARE.....	4
2.2.DVODIHALICE.....	5
2.3.RIBE.....	6
– LATIMERIJA.....	6
– MORSKI PSI.....	7
– STURGEON.....	8
2.4.VODOZEMCI.....	9
– LJUBIČASTA ŽABA.....	9
2.5.GMAZOVI.....	11
– PILASTI PREMOSNIK.....	11
– KROKODIL.....	12
– „PIG-NOSE“ KORNJAČA.....	12
2.6.PTICE.....	13
– CIGANSKA KUKMAČA.....	13
– KOLIBRIĆI.....	14
2.7.SISAVCI.....	15
– OKAPI.....	15
– ČUDNOVATI KLJUNAŠ.....	16
– AARDVARK.....	17
– „MONITO DEL MONTE“.....	18
– SJEVERNOAMERIČA NABORUŠA.....	20
– MONGOLSKI DIVLJI KONJ.....	20
– JAPANSKA MAČKA.....	21
3. MOLEKULARNA EVOLUCIJA TUATARA.....	22
4. TASMANIJSKI TIGAR : POKUŠAJ USKRŠNUĆA.....	23
5. LITERATURA.....	26
6. SAŽETAK.....	29
7. SUMMARY.....	30

## 1. UVOD

Starost Zemlje procjenjuje se na 4,5 milijarde godina. Prije samo 500 milijuna godina u paleozoiku pojavili su se prvi kralježnjaci, organizmi sa nekom vrstom potpore za svoje tijelo (svitkom ili notochordom), koja se do danas razvila u kostur i kralježnicu, pravi mehanički sustav koji nam omogućava život takvog kakvog ga poznajemo.

Iako je u geološkom smislu, to bilo tek „jučer“, 500 milijuna godina postojanja i evolucije koja je išla u korak sa svim ikad nastalim organizmima i promjenama u okolišu je veoma dugo razdoblje, a ipak postoje organizmi koji su kao vrsta dobar dio tog razdoblja uspjeli nadživjeti i opstati do danas sa vrlo malim promjenama u konstituciji ili načinu života. To su živi fosili.

Većina vrsta koje su proglašene živim fosilima, isprva su smatrane potpuno novim vrstama, dok se molekularnim istraživanjima ne bi dokazalo kako se zapravo radi o povijesno iznimno starim životinjama. Važnost živih fosila je golema. Njihovo postojanje omogućuje mnoga istraživanja na molekularnoj i znanstvenoj osnovi uspoređujući genetičke zalihe njihovih fosilnih predaka i današnjih oblika i slično, ali s druge strane živi fosili kao takvi predstavljaju svojevrstan problem za Darwinovu teoriju evolucije koja zastupa postupne promjene od jedne vrste u drugu i tvrdeći da je moralo postojati bezbroj prijelaznih oblika kao dokaz (Darwin, 1964), s obzirom na to da su tako dugo vremena ostali prilično ne promijenjeni.

Živih fosila ima više nego što većina ljudi uopće pomišlja, službeno ih je registrirano preko 500 vrsta, te se vrlo često otkrivaju novi, ali tu se želim usredotočiti samo na one koji pripadaju koljenu svitkovaca, točnije potkoljenu kralježnjaka te na one rijetke o kojima se zna ponešto više.

## 2. ŽIVI FOSILI

Živi fosili su danas živuće vrste koje jako slične svojim fosilnim precima. Te vrste su „loza“ koja je iskusila dug period stagnacije u evolutivnom smislu, pa u stijenama starim i preko 300 milijuna godina nalazimo oblike genetski i izgledom slične modernim vrstama.

Prvi put se termin živi fosil spominje u djelu “O podrijetlu vrsta” Charlesa Darwina (Darwin, 1964).

Žive fosile možemo podijeliti u 3 tipa:

- a) one čiji su fosilni ostaci nađeni od najstarijih slojeva Zemljine kore do onih najmlađih, što pokazuje da nisu evoluirali ( npr. morski pas)
- b) one koji su u jednom trenutku jednostavno nestali u fosilnim zapisima jednog ili više slojeva ( npr. latimerija ),
- c) i kao treće one koji su prvotno smatrani prijelaznim oblicima i nedavno pronađeni sasvim ili vrlo malo ne promijenjeni, kao što je jedna vrsta lignje. To bi značilo da takvi organizmi još uvijek žive u dubinama analognim slojevima u kojima su pronađeni njihovi fosili, pa se u pitanje sve češće dovodi nedostatak prijelaznih oblika koji bi potvrdili Darwinovu predodžbu evolucije jedne vrste u drugu.

Postoje nagađanja zašto su se ove vrste kroz tako dugo vremena mijenjale tako malo, ali do danas nema konkretne teorije koja bi to objasnila. Dva su moguća razloga postojanja živih fosila. Prvi je stabilizirajuća selekcija, što znači da neke vrste živih fosila žive u relativno izoliranim staništima, u kojima nema očitih suparnika, a ako su njihova staništa bila stabilna nije bilo pritiska iz okoliša koji bi ih natjerao na promjene. Drugi mogući razlog je odsutnost genetske varijacije. Naime, ne postoji dokaz da živi fosili imaju ikakve neobične genetičke sustave koji bi mogli spriječiti evolutivne promjene. Količina polimorfizma proteina u modernim živim fosilima mjerena je metodom gel-elektroforeze i nije uočljivo niža nego je to uobičajeno.

Kao što sam ranije spomenula živi fosili imaju veliku važnost, a između ostaloga su zanimljivi i zbog činjenice da molekularna evolucija živih fosila daje zapanjujući primjer neovisnosti molekularne i morfološke evolucije (Ridley, 2004), kao i zbog toga što vrste poput dvodihalica i posebno tuatara pružaju vrijedne informacije o frekvenciji i brzini evolucijskih promjena.

Sve vrste živih fosila iako možda rijetke ipak nisu ugrožene, ali postoji velik broj onih koje to jesu, pa čak i toliko ugrožene da su na rubu izumiranja ili postoje samo populacije u zatočeništvu. Za to se danas brine Međunarodna zajednica za očuvanje prirode i prirodnih resursa ili IUCN( The International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources) koja životinje dijeli u 3 skupine na temelju stupnja ugroženosti koje se dalje dijele na podskupine, pa tako postoje izumrle( izumrle potpuno ili izumrle u divljini a još postoje uzgajane u zatočeništvu), ugrožene(kritično ugrožene, ugrožene, ranjive i pod prijetnjom ugroženosti) i sa nižim rizikom ugroženosti( ovisne o programima očuvanja, blizu ugroženosti i najmanje zabrinjavajuće). S druge strane postoji CITES ( the Convention on International

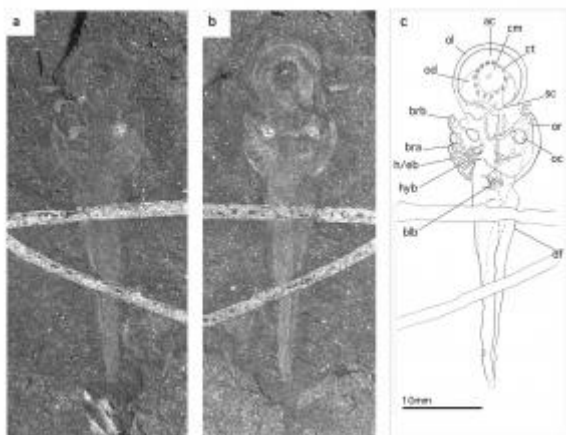
trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora= Washington Convention ) ili Konvencija o međunarodnoj trgovini ugroženim vrstama divlje faune i flore, koja štiti okvirno 5000 životinja i uključuje u jednu od tri liste na engleskom zvane Appendices. Tako Appendix I obuhvaća životinje(ne samo žive fosile) koje su pod prijetnjom izumiranja i jesu ili bi mogle postati ugrožene zbog trgovine njima. Appendix II uključuje životinje koje nisu nužno pod prijetnjom izumiranja ali to mogu postati ukoliko trgovanje tim jedinkama nije strogo regulirano kako bi se spriječilo iskorištavanje oprečno njihovom preživljavanju. I na kraju, Appendix III obuhvaća vrste koje su navedene nakon što je jedna zemlja članica zamolila druge za pomoć u kontroli trgovine tom vrstom.

U nastavku navodim samo neke od brojnih živih fosila među kralježnjacima:

## 2.1. PAKLARE

Iako se zna da su paklare primitivni organizmi, tek se nedavno, točnije 2006. godine zaključilo da su one također pravi živi fosili. Znanstvenici sa Witwatersrand sveučilišta u Johannesburgu( Coates, 2006 ) i znanstvenici sa Chicago sveučilišta otkrili su izvanredno dobro očuvan fosil iz perioda devona, prema kojemu se može sasvim lako vidjeti da su paklare kroz 360 milijuna godina ostale prilično ne promijenjene (**Sl. 1.**).

Osim što je ovaj 360 milijuna godina star fosil najstariji fosil paklare ikad pronađen, on jasno pokazuje i to da su ovi organizmi oduvijek živjeli parazitskim načinom života, što prema riječima znanstvenika i profesora mijenja način na koji danas shvaćamo paklare.



**Sl. 1.** Usporedba najstarijeg fosilnog ostatka i moderne paklare; uočljiva je velika sličnost

Izvor: <http://www.sciencedaily.com/releases/2006/10/061025185208.htm>

One su prema tome drevne, vrlo primitivne, ali unatoč tome imaju visoko specijalizirane hranidbene navike. Suradnik i profesor organske biologije i anatomije Michael Coates, dodaje kako je anatomska evolucija paklara konzervativnija nego su to znanstvenici isprva smatrali, te kaže da iako su postale malo dulje u tijelu, specijalizirale su se rano i uspješno te je to vjerojatno razlog što se nisu puno mijenjale ( ScienceDaily, 2006 ).

## 2.2. DVODIHALICE

Prva živa dvodihalica otkrivena je 1830-ih godina, gotovo cijelo stoljeće prije coelokanata. Kao i za potonje, i za dvodihalice se mislilo da su bile izumrle, jer svi fosili koji su pronađeni potječu iz Devona i stari su do oko 450 milijuna godina.

Pluća ovih životinja slična su onima kopnenih kralježnjaka, te ih također koriste za apsorpciju i pohranjivanje kisika iz zraka. Moderne dvodihalice, koje možemo naći u rijekama i močvarama u Africi, Južnoj Americi i Australiji, mogu opstati žive izvan vode koristeći plivajuće mjehure kao pluća. Jako je zanimljiva činjenica da su toliko adaptirane na život izvan vode, da bi se neke vrste doslovno utopile kad bi im se uskratio zrak.

Znanstvenici vjeruju da su dvodihalice najbliži živi rođaci svim tetrapodima, s kojima dijele određen broj bitnih karakteristika kao što su zubna caklina, jednak raspored nekih kostiju lubanje, odvojenost plućnog optoka krvi od tjelesnog i četiri uda otprilike jednake veličine sa istom pozicijom i strukturom kao što su to noge ostalih tetrapodnih kralježnjaka.

Na svijetu postoji samo 6 vrsta dvodihalica, koje su podijeljene u dvije porodice, Ceratididae koja obuhvaća dvije vrste nastanjene u Australiji te Lepidosirenidae u koju spadaju sve ostale iz Afrike i Amerike.

Jedna od australskih vrsta, *Neoceratodus forsteri* (Sl.2), korištena je za istraživanje vizualnih pigmenata koji su mogli biti jedan od odlučujućih faktora za prelazak kralježnjaka na kopno.

Za ovu se vrstu smatra da je upravo ona najbliži srodnik prvim terestričkim kralježnjacima, a ipak je znanje o vizualnim pigmentima dvodihalica i ranih kralježnjaka još malo. U ovom je istraživanju okarakterizirano pet vizualnih pigmenata, rh1, rh2, lws, sws1 i sws2, koji su zastupljeni u mrežnici vrste *N. Forsteri* ( Bailes i sur. 2007 ). Filogenetička analiza molekularne evolucije dvodihalica i drugih kralježnjaka upućuje na veću srodnost između pigmenata dvodihalica i vodozemaca nego onih prisutnih u koštunjača. Veza između dvodihalica, mesoperki i tetrapoda na kraju ipak nije mogla biti apsolutno utvrđena na temelju filogenije pigmenata opsina, najvažnijeg vizualnog proteina pigmenata, što podržava neriješenu

trihotomiju između ove 3 grupe. Ipak, znanstvenici su na temelju otkrića ovih vizualnih pigmenata smještenim u čunjićima vrste *N. Forsteri* zaključili da su prvi kopneni kralježnjaci ukoliko im dvodihalice jesu najbliži živi srodnici, mogli imati vizualna osjetila osjetljiva na boje, što je izuzetno važno s obzirom na to da se perzistentnost, gubitak ili duplikacija gena za opsin reflektira na spektralni okoliš i vizualne potrebe određene vrste.



**Sl. 2.** *Neoceratodus forsteri*

Izvor: [http://hr.wikipedia.org/wiki/Queensland\\_lungfish](http://hr.wikipedia.org/wiki/Queensland_lungfish)

### 2.3. RIBE

#### LATIMERIA CHALUMNAE - ISTOČNOLONDONSKA LATIMERIJA

Sve do 1900-tih godina, sve što se znalo o ovom tipu živih fosila, potjecalo je iz proučavanja fosila. Najstariji fosili pronađeni su u 410-360 milijuna godina starim stijenama, primjećeno je da su ove primitivne ribe imali najveću abundanciju prije 240 milijuna godina, ali nakon misterioznog nestanka iz fosilnih zapisa, smatralo se da su izumrle prije više od 80 milijuna godina. Međutim, 1938. godine uz obalu Južne Afrike u Indijskom oceanu, ribar je u svojoj mreži pronašao vrlo neobičan ulov. Marjorie Courtenay-Latimer (Sl. 2.), mlada kustosica u East London muzeju u Južnoj Africi, prepoznala je tu "smrdljivu" ribu kao rijetku i neobičnu, kupila je i poslala ju u Veliku Britaniju na istraživanje. Znanstvenici su je proglasili čudom. Pronađena je dakle dubokomorska vrsta *Latimeria chalumnae*, koja spada u grupu riba po imenu mesoperke ili Sarcopterygia (porodica Latimeriidae). Tada se smatralo kako su one karika koja nedostaje, veza riba i prvobitnih vodozemaca te pretci svih kralježnjaka zbog sličnosti u morfologiji, no novija istraživanja opovrgavaju takve pretpostavke.

Uzbuđenje zbog ponovnog otkrića latimerija još nije splasnulo. Nađeno je još oko 200 primjeraka nakon prve ulovljene, no unatoč tome znanstvenici smatraju kako njihove populacije nisu jako velike jer se pretpostavlja da u ovom trenutku postoji samo oko 1000 živih riba. Uz činjenicu da žive u veoma dubokoj vodi, to predstavlja velik problem



istraživačima u njihovom proučavanju, jer ih je vrlo teško naći za početak. S druge strane, latimerije nisu najpogodnije za držanje u zatočeništvu jer zahtjevaju okoliš pod visokim tlakom kako bi mogle preživjeti. Grade se i novi akvariji u te svrhe.

Nakon ove vrste nađena je još jedna kod Sjevernog Sulawesi otoka kod Indonezije, pod imenom *Latimeria menadoensis*, koja je za razliku od prve više smeđa nego plava. Sve u svemu, to su dubokomorska bića, koja žive na dubini oko 700 metara. Mogu izrasti do oko 2 metra u dužinu i težiti 90 kilograma, a procjenjuje se da žive do 60 godina.

Jedna od najvažnijih stvari koje su znanstvenici naučili proučavajući ove žive fosile je da su odnosu na druge ribe ovoviviparne i legu mlade unutar svojih tijela (Humphries, 2002). Takva je informacija dovela do nagađanja kako su se ovi rani preci vodozemaca mogli razmnožavati, navodeći na mogućnost da su možda imali sposobnost razmnožavanja i oplodnje izvan vode bez ugrožavanja ili isušivanja njihovih jaja. Na nesreću modernih coelokanata, to znači da se ne mogu razmnožavati u velikom broju i trebaju svu pomoć od nas koju mogu dobiti. S obzirom da su tako rijetke, dan im je Appendix 1 status u C.I.T.E.S. listama, što ih svrstava među najugroženije životinje svijeta.



Sl. 3. Marjorie Courtenay-Latimer sa prvom pronađenom *Latimeria chalumnae*

Izvor : <http://en.wikipedia.org/wiki/Coelacanth>

## MORSKI PSI

*Chlamydoselachus anguineus* ili naboran morski pas (Sl. 4.) primitivna je vrsta morskog psa iz porodice Chlamydoselachidae. Mislilo se da je ova vrsta izumrla, sve dok je nisu pronašli u vodama u okolici Japana u kasnom 19. stoljeću i ponovno u siječnju 2007. godine. Znanstvenici se ne mogu složiti da li je ovaj organizam preživio 380 milijuna godina ne promjenjen, ili samo 95 milijuna godina, no u svakom slučaju to je uistinu drevna vrsta.



Sl. 4. *Chlamydoselachus anguineus*

Izvor: <http://www.japansguidebook.com/articles/>

Izgleda kao jegulja, ali se zbog 6 škržnih otvora svrstava u morske pse. Za razliku od ostalih modernih morskih pasa čija gornja čeljust nije fiksirana za lubanju i može "iskočiti" iz glave pri napadu, ima jedinstvenu osobinu da mu je gornja čeljust potpuno fiksirana i dio je lubanje. Žive na dubinama od 600 do 1000 m ispod površine. Rađaju žive mlade a sama trudnoća traje 3 i pol godine što je najduži period od svih kralježnjaka poznatih na Zemlji.

Osim naboranog morskog psa, među najstarije spada i jedan po imenu Goblin shark ili *Mitsukurina owstoni* (Sl. 4.), koji je jedini preostali živući predstavnik porodice Mitsukurinidae, koja je zahvaljujući ovoj vrsti preživjela od srednjeg eocena sve do danas. Njegova najuočljivija karakteristika je neobičan oblik njegove glave. Goblin posjeduje dugi rostrum, oblikovan poput lopatice ili kljuna koju koristi za otkrivanje plijena skrivenog u pijesku (Martin, 1999), te čeljust koja se može potpuno izbaciti iz glave prilikom lovljenja plijena. Osim toga, od ostalih morskih pasa ga razlikuje i boja njegova tijela koja je ponešto ružičasta i katkada bljedunjava.

Goblin je najčešći u vodama u okolici Japana, ali može ih se naći u svim dijelovima svijeta, pa iako ih se čine rijetkima s obzirom da žive u dubokim vodama pri samom dnu, smatra se da njihova egzistencija nema nikakvu ozbiljnu prijetnju, i iz tog razloga nisu uvršteni na IUCN-ovu listu ugroženih vrsta.

#### STURGEON - KEČIGA, JESETRA

Sturgeon je zajedničko ime za nekih 26 vrsta riba u porodici Acipenseridae. Ovo je jedna od najstarijih porodica koštunjača, a naseljavaju subtropske, umjerene i sub-arktičke rijeke, te jezera i obale Euroazije i Sjeverne Amerike. Prvi puta se pojavljuju u fosilnim zapisima prije otprilike 200 milijuna godina, čime su to zapravo najstarije zrakoperke koje su ikad živjele na Zemlji. Od tada su pretrpjele jako malo morfoloških promjena, zbog čega je očito da je njihova evolucija bila izvanredno spora. Mogući razlog zašto su zaradile ime "živi fosili" je taj da imaju veliku toleranciju na širok spektar temperature i saliniteta, nemaju predatora (osim

čovjeka) zbog njihove veličine, te je količina stvari kojima se hrane u bentoskom okolišu prilično velika.



### Sl. 5. Riječna kečiga

Izvor: <http://columbiariversturgeonfishingguides.com/>

Ove ribe većinom narastu na 2 do 3 i pol metra duljine, ali neke postižu nevjerojatnih 5 i pol metara. Nemaju ljuske, a veći dio tijela zauzima hrskavični skelet. Većina ih je slatkovodna, anadromna i hrane se bentosom u riječnim deltama i estuarijima, ali ponekad zalaze i u ocean. S obzirom da nemaju zube, ne mogu loviti plijen, ali dovoljno velike jedinke bi mogle bez problema progutati mladog tuljana.

Iz razloga što sporo rastu i sazrijevaju prilično kasno u životu, posebno su ranjivi na eksploataciju (neke vrste se love samo zbog mesa, druge zbog najskupljeg kavijara) i druge prijetnje, uključujući zagađenje i fragmentaciju staništa. Većina vrsta se trenutno smatra ranjivima i ugroženima ili čak kritično ugroženima.

## 2.4. VODOZEMCI

### LJUBIČASTA ŽABA ( *Nasikabatrachus sahyadrensis* )

Otkrivena je tek 2003.g., u planinama jugoistočne Indije, na jednom od osam mjesta u svijetu s velikom biološkom raznolikošću na kojima žive mnoge neobične vrste., vjerojatno iz razloga što živi pod zemljom, izlazeći tek na dva tjedna tijekom sezone monsuna. Nova je vrsta imenovana *Nasikabatrachus sahyadrensis* (Sl. 6), prema riječi iz Sanskrtu za nos (nasika), batrachus što znači žaba i Sahyadri, prema imenu planine koja se proteže uz zapadnu obalu Indije. Temeljeno na filogenetičkim analizama mitohondrijskih gena, znanstvenici dr.

S.D. Biju i dr. Franky Bossyut (2003), predložili su da ova žaba, endem Indije, je sestrinska svojta porodici Sooglossidae endemičnoj na Sejšelima. Ovo je pak poduprlo ideju o mogućnosti postojanja “mosta” između Afrike i Indije, koji bi omogućio širenje faune. Za *N. sahyadrensis* se procjenjuje da potječe još iz perioda jure, od prije 130 do 180 milijuna godina ( Biju and Bossyut 2003, Dutta et al. 2004), čime je od svih ostalih vrsta žaba u Indiji starija za 50 do 100 milijuna godina, prethodeći time i radzvajanju Gondwane pred 120 milijuna godina(Radhakrishnan et al. 2007, Dutta et al. 2004 ). Madagaskar se od njega odvojio prije približno 90 milijuna godina, a Sejšeli prije nešto više od 65 milijuna godina. Time je objašnjena i njena trenutačna rasprostranjenost.

Kad se uzmu u obzir njena izrazito izbočena njuška i malena ventralno smještena usta, vrlo je vjerojatno da se radi o vrsti specijaliziranoj za termite kojima se hrani isključivo pod zemljom (Dutta et al. 2004; Radhakrishnan et al. 2007).



**Sl. 6.** Ljubičasta žaba za vrijeme monsuna

Izvor: [http://en.wikipedia.org/wiki/Purple\\_frog](http://en.wikipedia.org/wiki/Purple_frog)

## 2.5. GMAZOVI

### PILASTI PREMOSNIK ( *Sphenodon punctatus* )



**Sl. 7.** Pilasti premosnik (tuatara)

Izvor: [www.phenomenica.com/2009\\_03\\_0\\_archive.html](http://www.phenomenica.com/2009_03_0_archive.html)

Pilasti premosnik (tuatara) ili *Sphenodon punctatus* (**Sl. 7.**), preživjeli je član reda drevnih gmazova Sphenodontia koji su svoj vrhunac razvoja dosegli u početku ere gmazova, prije više skoro 200 milijuna godina, čime ulaze u razdoblje mezozoika zajedno sa dinosaurima. Unatoč tome, tuatara su jedni od najbrže evoluirajućih organizama o čemu nešto više kasnije.

Mušjak nema nikakav organ za parenje. Razmnožava se vrlo sporo, u skladu sa svojim metabolizmom, koji je najsporiji među onima za koje se zna. Jaja polaže osam mjeseci nakon što je sperma ušla u tijelo ženke, a mladi se izvale 12 do 15 mjeseci poslije toga. Pilasti premosnik ima lažne zube (nazubljenu čeljust) i hrani se kukcima, kolutićavcima, gušterima i mladim zovojima.

Kao i kod većine drugih gmazova, spol mladunčadi uvjetovan je temperaturom. Pri toplijim temperaturama izleći će se mušjaci, a pri nižima ženke. Postoje i neki dokazi da je spolna determinacija u tuatara određena i genetičkim i okolišnim faktorima.

Živi u Australiji i na Novom Zelandu, a doživi vrlo duboku starost, čak i ako živi u zatočeništvu. Ova vrsta danas broji i do 50 000 jedinki, dok drugi predstavnik porodice Sphenodontidae, *Sphenodon guntheri* broji jedva 400 adultnih jedinki.

## KROKODILI ( Crocodillia )

Krokodili(Sl. 8.) su red tropskih grabežljivaca, koji su se na Zemlji pojavili pred nekih 84 milijuna godina u kasnoj kredi. Najbliži su živi srodnici pticama, a zajedno te dvije grupe predstavljaju jedine preživjele predstavnike podrazreda Archosauria( Arnason i Janke, 1997 ). Svi danas živi krokodili žive u rijekama i jezerima tropa i subtropskih područja, jedino *Crocodylus porosus* može živjeti i u moru a često se pojavljuje uz obale različitih otoka. Kao prilagodbu životnom okolišu, ove životinje jako dobro plivaju i prikrivaju se u vodi tako da miruju uronjeni u vodu, pri čemu iz vode izviruju jedino oči i nosnice.

Danas živi krokodili dijele se u tri grupe sa statusom porodica. Pri tom se porodica gavijala sastoji od samo jedne recentne vrste, indijskog gavijala. Crocodylidae, ili pravi krokodili, prepoznatljivi su po udubini u gornjoj čeljusti u koju ulazi četvrti zub donje čeljusti tako da je izvana vidljiv. Kod aligatora (Alligatoridae) se kod zatvorenih čeljusti ne vide zubi, a i njuška im je šira i nešto kraća nego kod krokodila.



Sl. 8. S lijeva na desno: indijski gavijal (*Gavialis gangeticus*), američki aligator (*Alligator mississippiensis*), američki krokodil (*Crocodylus acutus*)

Izvor: <http://en.wikipedia.org/Crocodilia>

## “PIG-NOSED” KORNJAČA ( *Carettochelys insculpta* )

Takozvana australskoazijska pig-nose kornjača ( Hog-nosed Turtle)(Sl. 9.) spada u kornjače mekog oklopa. Ona je jedini živi predstavnik porodice Carettochelyidae, koja je bila široko rasprostranjena tijekom tercijara. Autohtona je u slatkovodnim izvorima, lagunama i rijekama Sjevernog teritorija Australije i južne Nove Gvineje, pa je prema tome ova kornjača svojstven geografski i taksonomski relik. Iako je lokalno brojna i široko rasprostranjena, rijetka je u smislu geografske izoliranosti i ograničenosti. Populacija u Novoj Gvineji se smanjuje zbog povećane eksploatacije njihova mesa i jaja za domaću potrošnju kao i internacionalnu trgovinu ljubimcima ( Georges i sur. 2008 )





**Sl. 9.** Australoazijska pig-nose kornjača

Izvor: [http://www.creationwise.com/code/pig-nosed\\_turtle.asp](http://www.creationwise.com/code/pig-nosed_turtle.asp)

Ime je dobila po obliku nosa koji podsjeća na svinjsku njušku, sa nosnicama na vrhu. Uz morske kornjače, ova je jedna koja se najbolje prilagodila na akvatički način života.

## 2.6. PTICE

### CIGANSKA KUKMAČA ( *Ophisthocomus hoazin* )

Neobična vrsta tropske ptice (**Sl. 10**)nađena je u močvarama, kišnim šumama i mangrovama Amazone i delte rijeke Orinoco u Južnoj Americi. Jedini je član roda *Opisthocomus* (na drevnom grčkom to znači nositi dugu kosu unatrag, misli se na njezinu dugu krijestu).



**Sl. 10.** Ciganska kukmača, odrasla jedinka

Izvor: <http://en.wikipedia.org/Hoatzin>

Jedna je od najsmrdljivijih ptica, što je posljedica njihove prehrane u kojoj koriste bakteriološku fermentaciju i aromatičnog lišća kojeg konzumiraju. Zanimljivo je kod ove vrste da se kod mladih javljaju kandže na krilima zbog čega se dovode u vezu sa arhaopteriksom, za kojeg se smatra ili smatralo da je prijelazni oblik između gmazova i ptica. Kad ih predator napadne, posluže im za penjanje po drveću. Ako se ne mogu obraniti, budući da žive kraj vodenih staništa, bace se u vodu i plivaju ispod površine dok ne dođu na sigurno ili izvan dometa predatora. S druge strane, od ostalih ih ptica dijeli još jedna neobična osobina a ta je da im je želudac građen slično kao u preživača. Poligamne su i promiskuitetne kod parenja.

### KOLIBRIĆI ( HUMMINGBIRDS )

Kao i za mnoge druge žive fosile i za kolibriće(**Sl. 11**) se isprva smatralo da su se razvili relativno nedavno jer su najstariji pronađeni fosili stari 1 do 2 milijuna godina bili iz Novog svijeta, sve dok 2004. godine iskapanje u Njemačkoj ( Perkins, 2004) nije donijelo dva nova fosila za koje se ispostavilo da potječu iz Starog svijeta i stari su između 30 i 34 milijuna godina. Ta je činjenica ovim malim pticama zaradila titulu živih fosila..Iako ih ima preko 300 živućih vrsta, nalazimo ih samo na području američkog kontinenta.



**Sl. 11.** Kolibrić u letu

Izvor: <http://urbangardencasual.com>

Kolibrići su jedine ptice na svijetu koje mogu letjeti u svakom smjeru kojem požele, kao i lebdjeti na mjestu određeni period vremena.



## 2.7. SISAVCI

### OKAPI ( *Okapia johnstoni* )



**Sl.12.** Okapi,uočljive primitivne pruge na sve četiri noge

Izvor: <http://barelyimaginedbeings.blogspot.com>

Okapi(Sl. 12) je sisavac koji živi samo u središnjoj Africi, u gustim šumama Zaira. Najstariji fosili datiraju iz Miocena. Prvi živi primjerak uhvaćen je 1901. godine, iako je tek 1918. Belgija prva uspjela prenijeti u Europu živog i potpuno zdravog okapija.U početku je bio prikazivan kao dokaz da je konj evoluirao.

Posjeduje karakteristike žirafe, konja i zebre, te je veoma stidljiva životinja koja je u stanju osjetiti čovjekovu prisutnost na nekoliko kilometara daljine pa ju je veoma teško uhvatiti. Okapi je težak oko 250 kg, visok je 160 cm, smeđe je boje sa prugama nalik zebrinima na sve 4 noge, ima velike uši, i usne kao žirafa, a mužjak ima dva roščića. Prilagođen je životu u šumama i vodi usamljениčki život.

Naročito je zanimljivo sporazumijevanje između okapija. Mužjaci i ženke "kašljucaju" dok mladunci "muču". Kao znak upozorenja na opasnost svi koriste dugačak zvižduk. Tjelesnu higijenu održava pomoću nevjerojatno dugačkog jezika kojim može dohvatiti veliki dio tijela. Okapi je životinja sa razvijenim navikama i obično se kreću istim stazama.

Proučavajući područje u kojem živi ova životinja znanstvenici su utvrdili da za prehranu koristi tridesetak vrsta biljki, a najviše voli pupoljke i mlado lišće, te je po tome jedinstven među ostalim stanovnicima Ituri šume ( Lindsey, Susan Lyndaker i sur. 1999). Samotnjačka

je životinja, osim u periodu parenja, kada se stvaraju parovi koji se odmah poslije parenja razilaze. Životinja je smještena u zoološki vrt u Antwerpenu.

### ČUDNOVATI KLJUNAŠ ( *Ornithorhynchus anatinus* )



#### Sl. 13. Čudnovati kljunaš

Izvor: <http://peregrinacultural.wordpress.com>

Čudnovati kljunaš(Sl. 13) je oviparan sisavac endemičan za istočnu Australiju te Tasmaniju, i jedini predstavnik porodice kljunaša (Ornithorhynchidae). Zajedno s još četiri (prema nekim autorima tri) vrste ježaka (Tachiglossidae) čine jedine žive vrste podrazreda prasisavaca (Protheria) koji se od svih drugih sisavaca razlikuju time što ne rađaju žive mlade, nego legu jaja. Najstariji otkriveni fosil čudnovatog kljunaša potječe iz kvartara, i star je otprilike 100 000 godina, dok najstariji primjerak za kojeg nije 100% utvrđeno da je ista vrsta ali je spada u istu porodicu star je nekih 4,5 milijuna godina.

Tijelo mu je spljošteno, te pokriveno kratkom i vrlo masnom smeđom dlakom što sprečava prodor vode do kože. Na glavi s kratkim i neistaknutim vratom ima širok plosnat kljun poput patke, koji je na rubu kožnat i ima nosne otvore na prednjoj trećini. Petoprste kratke noge imaju plivaće kožice. Mužjak na stražnjim nogama ima rožnate ostruge s otvorima kroz koji se izljevaju sadržaj bedrenih žlijezda otrovan poput zmijskog otrova. Nije poznato da li se životinja time brani. Rep im služi za pohranu masnoće.

Zahvaljujući ranoj divergenciji od placentalnih sisavaca i niskom broju izumrlih vrsta jednootvora, čudnovati kljunaši su čest subjekt za istraživanja u evolutivnoj biologiji. Tako je 2004. otkrivena još jedna posebnost čudnovatog kljunaša: ženke imaju deset X-kromosoma, a mužjaci 5 X- i 5 Y-kromosoma (kromosomi koji određuju spol), dok većina ostalih sisavaca (uključujući i čovjeka) ima po dva (ženke XX, mužjaci XY) što zapravo znači da nisu homologni jedni drugima. Iz toga se izvodi zaključak da su se kromosomi koji određuju spol placentalnih sisavaca razvili nakon što su se razvojne linije jednootvora i placentalnih sisavaca razdvojile pred 165 milijuna godina (Ellegren, 2008). Genom čudnovatog kljunaša sadrži obilježja genoma ptica, sisavaca i gmazova.

Dok roni, čudnovati kljunaš drži zatvorene oči, uši i nosnice. Oslanja se jedino na svoj vrlo osjetljiv kljun pomoću kojeg nalazi hranu. Kljun je zapravo duga njuška pokrivena mekom savitljivom kožom, te hvata sićušne električne titraje koje odašilje njegov plijen. Izvan razdoblja parenja čudnovati kljunaši su samotnjaci. Za podizanje mladunaca ženka kopa veće, ponekad do 20 metara duge, podzemne kanale. Na kraju iskapa veću jamu koju oblaže biljem. Mladunci se vale goli i slijepi, a majka ih hrani mlijekom koje luče žlijezde u prsnom području, stvarajući na krznu "mliječno polje" koje mladunci ližu s obzirom da majka nema bradavice.

### AARDVARK (*Orycteropus afer*)

„Zemljana svinja“ ili aardvark (**Sl. 14**) je noćna životinja autohtona u Africi, posebna po tome što je jedini živi predstavnik čudnovatog reda sisavaca Tubulidentata koji se samostalno razvija od krede te jedini preživjeli od prvobitnih kopitnjaka ili Protungulata. Prvi put se njegovi fosili pojavljuju u stijenama iz miocena i to u Keniji. Iako sličan, nije u bližem srodstvu sa južnoameričkim mravojedom. Najbliži srodnici su mu sirene, slonovi i sl.

Gledano sa genetičkog stajališta, ove se životinje smatraju živim fosilima zbog kromosoma koji su visoko očuvani i otkrivaju puno što se tiče rane organizacije pravih sisavaca prije nego su divergirali u glavne moderne svojte. Međutim, povezanost aardvarka sa ostalim pravim sisavcima (Eutheria) dugo je predstavljala problem filogenetičarima zbog

čega su provedena mnoga istraživanja. Jedno od njih temeljeno je potpunoj sekvenciji i analizi njihove mitohondrijske DNA ( mtDNA ). Filogenetička analiza 12 lančanih protein-kodirajućih gena( Arnason i sur. 1999. ) uključivala je one karakteristične aardvarku i 15 dodatnih koji pripadaju pravim sisavcima, 2 od tobolčara i 1 karakterističan za jednootvore. Zaključilo se da je najjače temelje imalo filogenetsko drvo koje je aardvarka karakteriziralo kao sestrinsku grupu pasancima ( Xenarthra) i karnivorima, parno i neparnoprstašima te kitovima( Cetferungulata ). Primjenjujući metodu molekularne kalibracije sa tri molekule, procijenjeno je da se divergencija između Tubulidentata i skupine Xenarthra-Cetferungulata odvila prije cca 90 milijuna godina prije sadašnjosti.

Aardvark je životinja prilično slična svinji. Tijelo im je lagano zakrivljeno u leđima i rijetko pokriveno oštrom čekinjastom dlakom. Stražnja stopala imaju po 5 prstiju, a prednja stopala završavaju sa 4 prsta od kojih svaki nosi veliki, robustan nokat u obliku lopatice, za koji se vjeruje da predstavlja prijelazni oblik između pandže i kopita. Izdužena glava smještena na kratkom vratu drži disproporcionalne uši i mala tubularna usta specifična za životinje koje se hrane termitima. Može narasti do maksimalne dužine od 2,2 metra. Kao primarna obrana mu služi debela koža.



**Sl. 14.** Mladunče aardvarka

Izvor: <http://www.conceptart.org>

#### MONITO DEL MONTE ( *Dromiciops gliroides* )

Prijevod sa španjolskog bi značio “ mali planinski majmunčić”(Sl. 15) a označava veoma malenog tobolčara iz reda Microbiotheria, autohtonog jedino u Južnoj Americi ( Čile i

Argentina ). Ističe se jer je za njega smatrano da je izumro prije 11 milijuna godina, ali živio još prije oko 50 milijuna godina. Ova vrsta je noćna i arborealna, te živi u šikarama čileanskog bambusa te u Valdivijskim umjerenim kišnim šumama južnih Anda.

Općenito se zna da su tobolčari potekli iz Južne Amerike te se raširili u Australiju putem Antarktičkog kontinenta, za vrijeme dok su još sva tri kontinenta bila spojena. Prema istraživanjima, ovaj mali “majmunčić” bi mogao biti bliži srodnik australijskim tobolčarima nego onima iz Južne Amerike. Ispitivane su srodstvene veze tobolčara i procjenjena vremena njihove divergencije korištenjem kompletnih mitohondrijskih genoma( Nilsson i sur. 2004 ). Današnji tobolčari podijeljeni su u 18 porodica i 7 redova. Analizom je ustanovljeno glavno razdvajanje između Didelphimorphia i ostalih redova prije 69 milijuna godina, dok su se ostale divergencije odvale za vrijeme tercijara. Monotipični red Microbiotheria u koji spada i *D. gliroides* filogenetičko drvo prema ovome smješta odmah do njihovih australskih dvojnika(Djarthia). Djarthia je jedan od australijskih najranije upoznatih tobolčara, i neka je vrsta australske Eve, moguće majka svih tobolčara. Živio je pred 55 milijuna godina, i bio primitivna, mišu slična životinja. Danas Djarthiu čiji su fosili pronađeni u blizini Queenslanda u Australiji smatraju primitivnim srodnikom malog planinskog majmuna. Znanstvenici procjenjuju da je do divergencije između malog “Monito del Monte” i australskih tobolčara za koje se zbog Djarthie čini da su migrirali natrag u Južnu Ameriku, došlo prije 46 milijuna godina.

Ukratko, rezultat sugerira da su tobolčari dvaput kolonizirali Australiju iz Antarktike i Južne Amerike, i da se divergencija Microbiotheria i australskih rođaka odvila usporedno sa geološkim odvajanjem Antarktike i Australije ( Nilsson i sur. 2004 ).



© Francisco E. Fontúrbel

Sl. 15. “Monito del Monte”

Izvor: [www.edgeofexistence.org](http://www.edgeofexistence.org)



## OPOSUM – SJEVERNOAMERIČKA NABORUŠA ( *Didelphis virginiana* )

Sjevernoamerička naboruša (Sl. 16) je životinja koja je prva nazvana oposum. Jedini je predstavnik tobolčara koji živi izvan Australije. Oposumi su kao skupina među najstarijim i najprimitivnijim sisavcima Novoga svijeta, a nisu se mijenjali gotovo 50 milijuna godina. Na više načina predstavljaju prijelazni oblik između jednootvora Australije koji nesu jaja i viših placentarnih sisavaca.

Svejed je, dobro se penje, pliva i snalazi na tlu. Kada je u opasnosti, pretvara se da je mrtav-nepomično leži otvorenih usta iz kojih viri jezik i otvorenih očiju i iz izmetnog otvora ispušta smrdljivu tekućinu.



Sl.16.Ženka sjevernoameričke naboruše sa mladuncima

Izvor: [www.backyardbature.net/opossums.htm](http://www.backyardbature.net/opossums.htm)

## PRZEWALSKIJEV KONJ – MONGOLSKI DIVLJI KONJ ( *Equus ferus przewalskii* )

Ovaj je konj jedna od podvrsta divljeg konja ( *Equus ferus* ), dok je druga izumrla tarpan ( *Equus ferus ferus* ). Prvi put su viđeni u 15. stoljeću, a ime su dobili po ruskom kolonizatoru Nikolaju Przhewalskom tek 1881. godine.

Cijela svjetska populacija ovih konja potječe od 9 od 31 držanog u zatočeništvu 1945. Ovih 9 je većinom poteklo od otprilike 15 zarobljenih oko 1900. godine. Suradnja između Zoološkog društva u Londonu i mongolskih znanstvenika rezultirala je uspješnom reintrodukcijom ovih konja iz zooloških vrtova u njihovo prirodno stanište u Mongoliji. Od 2005. godine slobodna populacija povećala se na 248 jedinki u divljini, a sve skupa broji oko 1000 jedinki.

Mongolski divlji konj (Sl. 17) nikad nije uspješno ukroćen. Tim japanskih istraživača, proveo je sekvencije mtDNA četiri vrste roda *Equus*, među kojima i Przewalskog, te ju usporedio sa već sekvenciranom DNA domaćeg konja *Equus caballus*, čime se ispostavilo da je najbliži živući rođak današnjem domaćem konju, tj. mongolski divlji konj je unutar genetske varijacije domaćeg konja, što znači da je do promjene broja njegovih

kromosoma(najvjerojatnije povećanja) došlo relativno nedavno( Ishida i sur. 1995 ). Ima 66 kromosoma dok domaći ima 64. Mogu se međusobno pariti i producirati fertile potomke sa 65 kromosoma.



Sl. 17. Mongolski divlji konj

Izvor: [http://en.wikipedia.org/Przewalski's\\_horse](http://en.wikipedia.org/Przewalski's_horse)

#### JAPANSKA MAČKA ( *Prionailurus iriomotensis* )

Ova japanska divlja mačka(Sl.18) izgledom slična domaćoj živi isključivo na Iriomote otoku, oko 200 km udaljenom od Taiwana, što ju čini endemom. Smatrana je živim fosilom jer se također vrlo malo promijenila prema fosilnim zapisima. Predstavlja pravu zagonetku za svijet znanstvenika, koji se još uvijek nisu potpuno usuglasili u koji rod ona spada, polazeći od toga da se na početku mislilo da je jedini preživjeli predstavnik izumrle linije mačaka i smještena je u zasebni rod *Mayailurus* pod imenom *Mayailurus iriomotensis*. Nakon toga znanstvenici su ju počeli smatrati podvrstom leopardske mačke ( *Prionailurus bengalensis* ), da bi ju odmah potom ponovno uzdigli do nivoa vrste i smjestili u isti rod sa leopard mačkom tj. *Prionailurus*. O tome se još uvijek diskutira, s obzirom da ju neki autori još uvijek smatraju zasebnom vrstom jer izgleda relativno drugačije od leopard mačke. Njen kariotip je identičan mački ribarici ( *Prionailurus viverrinus* ) i leopard mački, ali također i onom u pume, što je prilično zbunjujuće. Vjeruje se da je ova mačka blizu najstarijem zajedničkom pretku tri reda i to *Prionailurus*, *Profelis* i *Pardofelis*, jer ima karakteristike od svakog. Molekularne sekvencijske analize mitohondrijske i ribosomalne DNA dva japanska tima pokazala su da je u srodstvu sa leopard mačkom (Masuda i sur. 1994 i Suzuki i sur. 1994), a odvajanje se dogodilo prije oko 200 000 godina, za vrijeme odvajanja Ryuku arhipelaga, no može se reći da će biti potrebno još puno genetičkih analiza kako si se moglo potvrditi sa sigurnošću ili pak opovrgnuti.



**Sl. 18.** Iriomote cat ili japanska mačka

Izvor: <http://twcc.cool.ne.jp/pamphlet/english/pamph.htm>

Od ostalih mačaka se ističe po nemogućnosti da potpuno uvuče svoje pandže, te ima tamno smeđe krzno prožeto sa 3 do 5 crnih linija po leđima, i gust kitnjast rep. Naseljava cijeli otok, uključujući plaže i kultivirana zemljišta, izbjegavajući jedino gusto naseljena mjesta. Japanska mačka je jedna od najugroženijih vrsta te porodice, a procjenjuje se da populacija obuhvaća manje od 100 jedinki isključivo na otoku Iriomote, što je opet zasluga čovjeka zbog uništavanja njihova staništa i izlova. Iako je 1977. ova životinja proglašena japanskim nacionalnim blagom, razvoj te zemlje joj predstavlja velik problem. Nastoji se učiniti sve kako bi ju se zaštitilo, pa je jedna trećina otoka proglašeno rezervatom, gdje se lov i zarobljavanje strogo kažnjava, no vrsta se i dalje bliži istrebljenju. Ne postoji niti uspješno uzgajanje u zatočeništvu. IUCN je proglasio japansku mačku kritično ugroženom, ali s obzirom da se njome u principu ne trguje, CITES je samo izjavio kako trgovina mora biti strogo regulirana, te ju smjestio u APPENDIX II kao vrstu koja nije nužno ugrožena ekstinkcijom ali bi to mogla postati ukoliko trgovina jedinkama nije potpuno regulirana.

### 3. MOLEKULARNA EVOLUCIJA TUATARA

Kao što je ranije rečeno, novozelandska tuatara je jedinstveni reptil koji je postojao već u vrijeme dinosaura i otada se promijenio vrlo malo u odnosu na svoje pretke iz krede. Kako ima veoma spor metabolizam i rast, dug period sazrijevanja i malu brzinu reprodukcije, bilo bi normalno da ima i veoma nisku stopu molekularne evolucije( Lambert i sur. 2008 ), no baš nasuprot tome, ovo je jedna od najbrže evoluirajućih životinja, što je i dokazano u Allan Wilson Centru za molekularnu ekologiju i evoluciju pod vodstvom profesora Davida Lamberta, stručnjaka za fosilne DNA, provedenim analizama DNA fosilnih i modernih tuatara. Njihova istraživanja također vode do zaključka da brzine molekularnih promjena i fenotipska evolucija nisu blisko povezane( Lambert i sur. 2008).



Istraživanje molekularne evolucije tuatara provedeno je najviše na temelju mtDNA(mitohondrijske DNA). Koristili su HVR I i HVR II(mitohondrijske hipervarijabilne regije) iz kontrolne regije mitohondrija.

Uobičajeno je da se brzina molekularne evolucije procjenjuje koristeći filogenetičke metode, u kojima su nivoi genetske divergencije među blisko srodnim vrstama kalibrirani prema vremenskim točkama uzetim iz fosilnih zapisa. Ovakav postupak pak nije moguće provesti kad su u pitanju tuatara jer one nemaju blisko srodne vrste s obzirom da su jedini preživjeli iz cijele porodice, što je dakle i karakteristika živog fosila.

Kako bi se taj problem zaobišao, korištena je DNA iz 33 fosilna ostatka, starosti u rasponu 650 do 8750 godina prije Krista, te 41 sekvenca DNA modernih tuatara. Rezultati upućuju na to da je brzina njihove molekularne evolucije nekih 50% veća nego kod ostalih kralježnjaka. U suštini to znači da prošle studije brzine metabolizma i molekularne evolucije ne mogu nikako biti generalizirane za sve vrste. Ovaj rezultat je također u skladu sa studijama o znatnoj raznolikosti nukleotida u drugim živim fosilima kao što su celokanti(Actinistia), što možda indirektno sugerira visoku evolucionu stopu(Lambert i sur. 2008). Međutim, ovo je prvo istraživanje u kojem se pokušalo direktno procijeniti stopu evolucije u nekom živom fosilu i također prvi pokušaj mjerenja neutralnih evolucionih promjena u vrstama sa tako ekstremnim osobinama fiziološke i životne povijesti kao u tuatara. Rezultati njihovih istraživanja uvelike su poduprli hipotezu da su stopa neutralne molekularne i fenotipske evolucije dva odvojena procesa( Lambert i sur. 2008 ). Unatoč tome, životna povijest i fiziološki parametri ne objašnjavaju sve razlike u brzinama neutralne molekularne evolucije kod živih fosila, pa to ostaje kao još uvijek aktualno područje interesa u velikom krugu biologa.

#### 4. TASMANIJSKI TIGAR : POKUŠAJ USKRISNUĆA

Po prvi puta, DNA iz izumrle životinje uspješno je uskrsnula unutar živog bića. Dok se većina prijašnjih studija bazirala na istraživanjima mitohondrijske DNA u filogenetičke svrhe, sada se pažnja pokušala usmjeriti na analize genomske DNA ( Behringer i sur. 2008 ). Donori su bila 4, stotinu godina stara primjerka tasmanijskog tigra ( *Thylacinus cynocephalus*, **Sl.19.** ), živog fosila za kojeg se smatra da je izumro prilično nedavno oko 1936. godine, iako se tu i tamo još uvijek prijavljuju viđenja diljem Tasmanije, pa postoje diskusije i o tome. Nakon serije filogenetičkih i morfoloških istraživanja, smješten je unutar reda Dasyuromorphia.



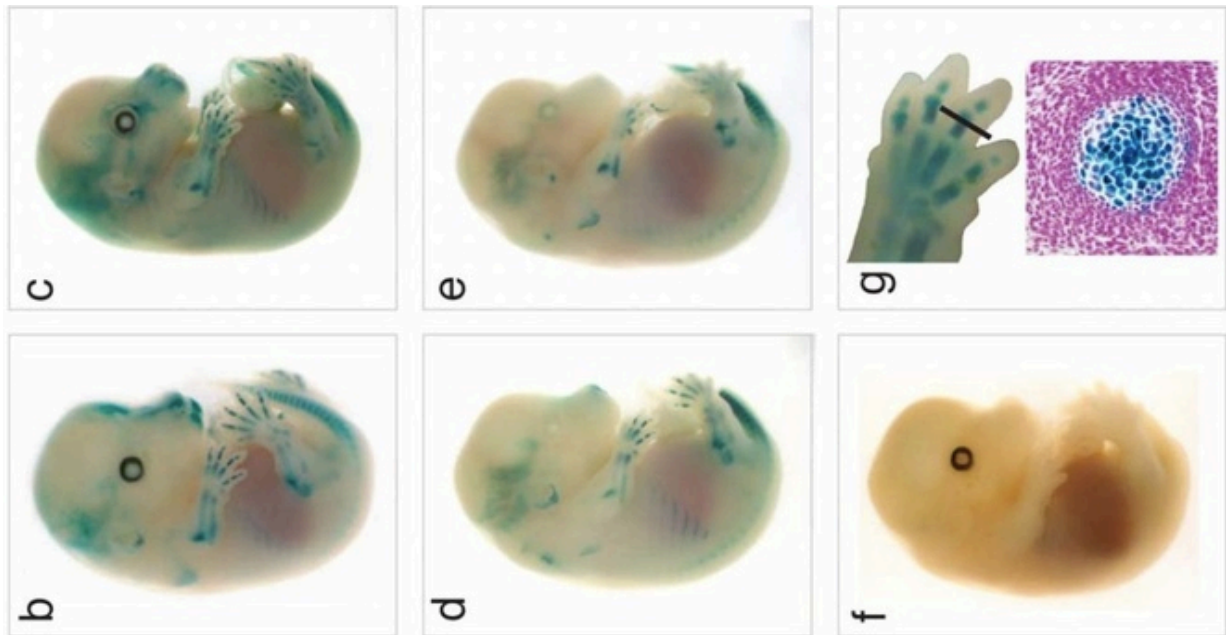
**Sl. 19.** Posljednji živi primjerci u zatočeništvu prije nego su izumrli 1936.g.

Izvor: <http://www.wierd.com/wiredscience/>

Ovaj je tobolčar-predator oduvijek privlačio pažnju biologa iz više razloga. Morfološki je jedinstven i filogenetički izoliran u samostalnu porodicu Thylacinidae, i uz to predstavlja jedan od najzapanjujućih primjera konvergentne evolucije u sisavaca, pokazujući izvanredne eko-morfološke sličnosti sa članovima placentalne porodice karnivora Canidae (psi i vukovi npr.). Uzroci i vrijeme njegovog izumiranja uključujući i njegov povijesni raspon( središnje šume i obalni habitati Tasmanije) te distribucija tijekom holocena i danas predstavljaju velik interes u znanstvenim krugovima.

2008. godine, znanstvenicima je pošlo za rukom dobiti molekulu DNA tasmanijskog tigra, nakon čega je usađena u miševu u laboratoriju M.D. Anderson centru za istraživanje raka, pod vodstvom genetičara Richarda Behringera i suradnjom sa Melbourne sveučilištem.

Nakon postupka, miševi nisu izgledali čudno, jer umetnuta DNA zapravo ne kodira karakteristike tasmanijskog tigra (**Sl. 20**), ali može utjecati na gene koji kontroliraju formaciju kostiju. Iako sama životinja nije uskrsnuta, njeni geni jesu, a jednoga dana možda bude bilo moguće na temelju ovih istraživanja stvoriti nanovo cijelu životinju, kao i oživjeti mamute ili neandertalce. Ipak, postavlja se pitanje zašto bi znanstvenici to željeli raditi. Odgovor glasi: od sve DNA koja je ikad postojala, samo 1% trenutno cirkulira u živim organizmima. Ostatak je izgubljen u povijesti, zajedno sa odgovorima na sva pitanja koja su ikad mučila čovječanstvo. Vraćanjem tih izgubljenih gena, znanstvenici bi mogli saznati čemu su zapravo služili i da li smo imali sreću ili nesreću što smo ih izgubili.



**Sl. 20.** Mjesta ekspresije umetnutih gena (plava boja) tasmanijskog tigra u embriju miša

Izvor: <http://www.wired.com/wiredscience/>

Međutim, danas je to samo san i ostat će još dugo u budućnost, jer su i sami uzorci DNA tasmanijskog tigra( 2 osušene kože i primjerak u formalinu) bili teško kontaminirani fragmentima bakterijske pa i čovječje DNA. Stvaranje cijelog organizma zahtjevalo bi ponovno spajanje desetke tisuća gena i nakon toga pakiranje u pravilnom redoslijedu, što je uz današnju, iako zavidnu tehnologiju i nisku čistoću uzoraka nemoguće, tako da ćemo se još neko vrijeme morati zadovoljiti moderno-izumrlim hibridima poput ovih miševa.

## 5. LITERATURA

- Arnason, u., Gullberg, A. i Janke Axell. The mitochondrial DNA molecule of the aardvark, *Ocyropterus afer*, and the position of the Tubulidentata in the eutherian tree. Rujan 17, 1998. *Proceedings: Biological Sciences*, Vol. 266, Br. 1417, na <http://www.jstor.org/stable/51449> . Veljača 22, 1999, pp. 339-345
- Arnason, U. i Janke, A. (1997). The complete mitochondrial genome of *Aligator mississippiensis* and the separation between recent archosauria ( birds and crocodiles ). *Mol Biol Evol.* 14(12): 1266-72.
- Bailes, H.J., Davies, W.L., Trezise, A.E.O. I Colin, S.P. (2007). Visual pigments in a living fossil, the Australian lungfish *Neoceratodus forsteri* . *BMC Evolutionary Biology*, 7: 200-208.
- Behringer, R.R., Pask, A.J. i Renfree, M.B. (2008). Siječanj 4, 2008. *Resurrection of DNA Function In Vivo from an Extinct Genome*. na [www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0002240](http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0002240). Svibanj 21, 2008.
- Biju, S.D. i Bossyut, F. (2003). "New frog family from India reveals an ancient biogeographical link with the Seychelles." *Nature*, 425, 711-714.
- Coates, M.I., Gess, R.W. i Rubidge, B.S. (2006). A lamprey from the Devonian period in South Africa. *Nature* **443**, 981-984
- Darwin, C. (1964). *On the Origin of Species* (Harvard University Press, Cambridge) p. 172
- Dutta, S.K., Vasudevan, K., Chaitra, M.S., Shanker, K. i Aggarwal, R.K. (2004). Jurassic frogs and the evolution of amphibian endemism in the Western Ghats. *Current Science* 86(1) :211-216.
- Ellegren, H. (2008). Sex Chromosomes: Platypus Genome Suggested a Recent Origin for the Human X. *Current Biology* 18(8): 557-559.
- Georges, A., Doody, J.S., Eisemberg, C., Alacs, E.A. i Rose, M. (2008). *Carettochelys insculpta* Ramsay 1886-pig-noised-turtle, Fly River turtle. U: Rhodin, A.G.J., Pritchard, P.C.H., van Dijk, P.P., Saumure, R.A., Buhlmann, K.A. i Iverson, J.B. (Eds.). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Gropu*. Chelonian Research Monographs br. 5, pp. 1-17.
- Hay, J.M., Subramanian, S., Millar, C.D., Mohandesan, E. i Lambert, D.M. (2008). Rapid molecular evolution in a living fossil. *Trends in Genetics* 24(3): 106-109.

- Humphries, J. “*Latimeria chalumnae*, Coelacanth” (On-line). Digital Morphology. Listopad 4, 2002. Na: [http://digimorph.org/specimens/Latimeria\\_chalumnae/tail/](http://digimorph.org/specimens/Latimeria_chalumnae/tail/), Rujan 9, 2009.
- Ishida, N., Oyunsuren N., Mashima, S., Mukoyama, H. i Saitou, N. (1995). Mitochondrial DNA sequences of various species of the genus *Equus* with special reference to the phylogenetic relationship between Przewalskii’s wild horse and domestic horse. *Journal of Molecular Evolution* 41(2): 180-188.
- Martin, R. (1999). “Biology of Sharks and Rays: Biology of the Goblin Shark( *Mitsukurina owstoni* )” (On-line). Na: [http://elasma-research.org/education/shark\\_profiles/m\\_owstoni.htm](http://elasma-research.org/education/shark_profiles/m_owstoni.htm). Ožujak 16, 2003.
- Masuda, R. i Yoshida, M.C. (1995). Two Japanese Wildcats, the Tsushima Cat and the Iriomote Cat, Show the Same Mitochondrial DNA Lineage as the Leopard Cat *Felis bengalensis*. *Zool Sci*, 12(5) : 655-659.
- Nilsson, M.A., Arnason, U., Spencer, P.B.S. i Janke, A. (2004). Marsupial relationships and a timeline for marsupial radiation in South Gondwana. *Gene* 340(2): 189-196.
- Perkins, S. “ German site yields early hummingbird fossils” .*The Free Library*. Svibanj 8, 2004. Na : [http://www.thefreelibrary.com/German\\_site\\_yields\\_early\\_hummingbird\\_fossils-a0117188607](http://www.thefreelibrary.com/German_site_yields_early_hummingbird_fossils-a0117188607). Rujan 09, 2009.
- Pough, F. H., Janis, C. H. i Heisen, J. B. (2001). *Vertebrate Life*, Prentice Hall.
- Radhakrishnan, C., Gopi, K.C. i Palot, M.J. (2007). “Extension of range of distribution of *Nasikabatrachus sahyadrensis* Biju & Bossuyt(Amphibia:Anura:Nasikabatrachidae) along Western Gats, with some insights into its bionomics.” *Current Science* 92(2): 213-216
- Ridley, M. (2004). *Evolution. U: Natural Selection and Random Drift in Molecular Evolution*. Blackwell Science Ltd, Victoria, Australia. **pp.** 164-167.
- Susan Lyndaker Lindsey, Mary Neel Green i Cynthia L. Bennett. (1999). The Okapi: Mysterious animal of Congo-Zair. University of Texas Press **93**, 91-101
- Suzuki, H., Hosoda, T., Sakurai, S., Tsuchya, K., Munechika, I. i Korablev V.P. (1994). Phylogenetic relationship between the Iriomote cat and the leopard cat, *Felis bengalensis*, based on the ribosomal DNA. *Jpn J Genet*, 69(4): 397-406
- University of Chicago Medical Center. “Scientists Find Lamprey A “Living Fossil”: 360 Million-year-old Fish Hasn’t Evolved Much.” *ScienceDaily*. Listopad 26, 2006. Na: <http://sciencedaily.com/releases/2006/10/061025185208.htm>. Rujan 10, 2009.
- Young, J. Z. (1985). *The Life of Vertebrates*, Clarendon Press, Oxford

<http://allaboutbirds.org/NetCommunity/Page.aspx?pid=677>  
[www.angelfire.com/mi/dinosaurus/livingfossils.html](http://www.angelfire.com/mi/dinosaurus/livingfossils.html)  
[www.catsg.org/catsgportal/cat-website/catfolk/iriomo02.htm](http://www.catsg.org/catsgportal/cat-website/catfolk/iriomo02.htm)  
[http://creationwiki.org/living\\_fossil](http://creationwiki.org/living_fossil)  
[www.elasmoresearch.org](http://www.elasmoresearch.org)  
<http://en.wikipedia.org/wiki>  
[http://www.iucn-tftsg.org/carettochelys\\_insculpta\\_009/](http://www.iucn-tftsg.org/carettochelys_insculpta_009/)  
<http://www.lioncrusher.com/animal.asp?animal=52>  
[www.living-fossils.com/living\\_fossils\\_1\\_5.php](http://www.living-fossils.com/living_fossils_1_5.php)  
[www.japanguidebook.com/articles/japans-amazing-living-fossils-61.html](http://www.japanguidebook.com/articles/japans-amazing-living-fossils-61.html)  
<http://news.bbc.co.uk>  
<http://paleablog.blogspot.com/2008/03/fast-evolution-in-tuatara.htm>  
[http://www.prirodopis.com/Animalia/Chordata/Mammalia/Carnivora/Felidae/mačke\\_vrste-htm](http://www.prirodopis.com/Animalia/Chordata/Mammalia/Carnivora/Felidae/mačke_vrste-htm)  
<http://research.calacademy.org/research/smammals/afrotheria/Tubulidentata.html>  
[http://siont.net/u-hristu/clanci/alternativa\\_stvaranju.php](http://siont.net/u-hristu/clanci/alternativa_stvaranju.php)  
<http://www.thefreelibrary.com/German+site+yields+early+hummingbird+fossils-a0117188607>  
<http://www.tpwd.state.tx.us/huntwild/wild/species/oposum/>  
[www.wasdarwinright.com/livingfossils.htm](http://www.wasdarwinright.com/livingfossils.htm)  
<http://www.wired.com/wiredscience/2008/12/whats-old-is-ne/>

## 6. SAŽETAK

Živi fosili su jedna od rijetkih i neprocjenjivo vrijednih ostavština naše daleke prošlosti. Danas ih ima oko 500 vrsta. Neke od njih su brojne i široko raširene, druge izumiru ili su na rubu ekstinkcije, zaštićene od nas samih brojnim međunarodnim institucijama i konvencijama. Iako se ne zna točan razlog zašto postoje živi fosili, postoje nagađanja da su uspjeli izbjeći pritisak okoliša na promjene, sklonivši se u zaštićena i skrovita staništa gdje su uspjeli preživjeti gotovo nedirnuti evolucijom sve do danas. Ipak, izgled vara čemu je dokaz pilasti premosnik koji iako morfološki izgleda gotovo potpuno jednako svojim fosilnim precima, prolazi jednu od najbržih molekularnih evolucija među svim kralježnjacima. Živi fosili prema tome predstavljaju i vječnu zagonetku kako za znanstvenike tako i za cijeli živi svijet, osiguravajući pri tome neiscrpan materijal za još mnogobrojna istraživanja. S druge strane valja napomenuti da njihovo postojanje sve odlučnije ruši dogmu o evoluciji koju je nenamjerno postavio Darwin u nemogućnosti da potpuno shvati žive fosile i njihovu pravu prirodu. Postojanje ovakvih drevnih vrsta gotovo potpuno opovrgava Darwinovu teoriju o postupnoj evoluciji, koja bi zahtjevala prijelazne oblike između vrste koja evoluirala i one koja je njenom evolucijom nastala, međutim svaki novi pronađeni fosil u usporedbi sa njegovom modernom inačicom nanovo dokazuje kako živi fosili nisu prijelazni oblici nego zasebne vrste vrijedne divljenja koje su samo pretrpjele dug period evolutivne stagnacije.

U ovom radu, izložen je relativno kratak pregled nekih među brojnim živim fosilima iz potkoljena Vertebrata. Namjera je bila istaknuti posebnost i važnost ovih vrsta za današnji svijet kako prirodni tako i društveni, te budućnost koja bi nam mogla donijeti fantastična otkrića o porijeklu života na Zemlji i još neotkrivenim mogućnostima koje se vjerojatno kriju zapisane u genima tih drevnih stvorenja, a svakom slijedećom sekvencijom njihovih fosilnih DNA i uz malo sreće bit ćemo im sve bliže.

## 7. SUMMARY

Living fossils are one of the rare and most valuable heirlooms of our distant past. Today there is 500 living species. Some of them are abundant and widespread, other are dying or standing on the brink of extinction, protected from ourselves with numerous international institutions and conventions. Although no one knows the exact reason why there are living fossils, there are speculations that they managed to avoid the pressure of environmental changes, hiding out in secret and protected habitats where they managed to survive almost intact by evolution until today. However, the things are not always what they look like, and the living proof of that fact is the tuatara, which although morphologically looks almost exactly like its fossil ancestors is undergoing one of the fastest molecular evolution of all vertebrates. Living fossils therefore represent a perpetual puzzle for both scientists and the entire living world, thereby ensuring an inexhaustible material for many more research. On the other hand, we must note that their existence all the more decisively destroys the dogma of evolution that Darwin unwittingly laid in the inability to fully understand the living fossils and their true nature. The existence of these ancient species almost completely disproves Darwin's theory of gradual evolution, which would require the transitional forms between species evolving and one that its evolution occurred, but each new fossil found in comparison with its modern version again proves that living fossils are not transitional forms, but separate species worthy of admiration, that only suffered long period of stasis in process of evolution.

In this work, a relatively brief review of some of the many living fossils in subclass Vertebrata, has been presented. The intention was to highlight the importance and uniqueness of these species for the world of today, natural and social, as well as the future that could bring us to fantastic discoveries about the origin of life on Earth and yet undiscovered opportunities that are likely to lie written in the genes of these ancient creatures, and every subsequent fossil DNA sequence followed with little luck will bring us a step closer.