

Čimbenici koji utječu na determinaciju spola kod morskih kornjača

Koller, Katarina

Undergraduate thesis / Završni rad

2010

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://urn.nsk.hr/um:nbn:hr:217:358168>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-08**



Repository / Repozitorij:

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



SVEU ILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATI KI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

IMBENICI KOJI UTJE U NA DETERMINACIJU SPOLA KOD MORSKIH
KORNJA A
FACTORS AFFECTING SEX DETERMINATION IN SEA TURTLES

SEMINARSKI RAD

Katarina Koller

Preddiplomski studij znanosti o okolišu
(Undergraduate Study of Environmental Sciences)

Mentor: prof.dr.sc.Milorad Mrakov i

Zagreb, 2010.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	3
2. BIOLOGIJA MORSKIH KORNJA A.....	4
3. TEMPERATURA KAO SPOLNO DETERMINIRAJU I IMBENIK.....	5
3.1. SREDNJA TEMPERATURA KOD MORSKIH KORNJA A.....	6
3.2. TRT KOD MORSKIH KORNJA A.....	7
4. DETERMINACIJA SPOLA KOD EMBRIJA MORSKIH KORNJA A.....	8
4.1. TERMOSENZITIVNI PERIOD.....	9
4.2. ESTROGEN HIPOTEZA.....	10
5. MJESTO GNIJEŽ ENJA I OMJER SPOLOVA U MORSKIH KORNJA A.....	10
5.1. PROSTORNE OSCILACIJE.....	11
5.2. VREMENSKE OSCILACIJE.....	11
5.3. FREKVENCIJA GNIJEŽ ENJA.....	12
6. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA POPULACIJU MORSKIH KORNJA A.....	13
6.1. PROMJENA PRIRODNIH OMJERA SPOLOVA.....	13
6.2. PROMJENA VREMENA I RUTE MIGRACIJA.....	14
7. ZAKLJU AK.....	16
8. LITERATURA.....	17
9. SAŽETAK.....	19
10. SUMMARY.....	19

1. UVOD

Determinacija spola kod morskih kornjača je tema koju sam izabrala za svoj završni rad iz razloga što me, kao prvo, oduvijek oduševljavao njihov dug životni vijek, a kao drugo, kako je zanimljivo bilo proučiti razvitak spola i na na koji se sve to odvija. Usredotočeno je se prvenstveno na temperaturu koja je ključni faktor u determinaciji spola kod morskih kornjača. Za determinaciju je bitna druga trećina inkubacije, jer je to period izvan kojeg temperatura više nema nikakav utjecaj na fenotip spola. Uz temperaturu su usko vezane globalne promjene klime koje utječu na migraciju i reprodukciju, a s tim se mijenjaju reproduktivne varijable kao što su broj jaja u leglu, broj legla u sezoni i interval između reproduktivnih sezona. Osim spolova izleglih mladih bi prema evolucijskoj teoriji trebao biti 1:1 (:), što naravno nije slučaj. Većina istraživanja bilježi plaže na kojima je veći postotak ženki. Budući da temperature inkubacije koje su $>29^{\circ}\text{C}$ pogoduju razvitku ženskog spola, dolazimo do ključnog problema za preživljavanje ove skupine životinja. Obrazloženje je da već nekoliko desetljeća vlada globalni trend povišenja temperature što za sobom povlači daljnji razvitak ženskog spola u odnosu na muški. Ovim radom se pokušati barem malo da arati na koji način temperatura utječe na spol kod morskih kornjača, pa tako i kod većine drugih gmazova koji također posjeduju temperturnu determinaciju spola.

2. BIOLOGIJA MORSKIH KORNJAČA

Kornjače spadaju u razred Reptilia/gmazovi. Morske kornjače se ubrajaju među najugroženije organizme na svijetu, stoga su zaštićene brojnim nacionalnim i međunarodnim propisima. U Hrvatskoj su zaštićene od 1995. godine. Recentne vrste morskih kornjača podijeljene su u dvije porodice, *Dermochelyidae* (usminjače) i *Cheloniidae* (želve). Porodica *Dermochelyidae* koja uključuje samo jednu danas živu u vrstu (*Dermochelys coriacea*/sedmopruga usminjača), za razliku od porodice *Cheloniidae* u koju spadaju ostale vrste morskih kornjača, ima reducirane plove oklopa. (tablica 1.)

TABLICA 1. Popis vrsta morskih kornjača, vrste uz koje je (*) moguće naći u Hrvatskoj (Prilagođeno prema Lazar, 2009.)

Dermochelyidae (usminjače)	Cheloniidae (želve)
<i>Dermochelys coriacea</i> (sedmopruga usminjača)*	<i>Caretta caretta</i> (glavata želva)*
	<i>Chelonia mydas</i> (zelena želva)*
	<i>Eretmochelys imbricata</i> (karetina želva)
	<i>Lepidochelys kempii</i> (Kempijeva želva)
	<i>Lepidochelys olivacea</i> (maslinasta želva)
	<i>Natator depressus</i> (ravnoleča želva)

Kornjače su se pojavile u Trijasu, dugoživje su, imaju niski reproduktivni potencijal i kasno sazrijevaju. Vrijeme kada kornjače postaju spolno zrele nije sa sigurnošću određeno, međutim, postoje vrste poput Kempijeve želve koje postaju spolno zrele između 7-12 godine života, te one, poput glavate i zelene želve, koje spolnu zrelost dostižu sa 30-35 godina (Heppell i sur., 2003.). Dostizanje spolne zrelosti se razlikuje i između jedinki iste populacije unutar istog staništa ishrane (Braun-McNeill i sur., 2008.).

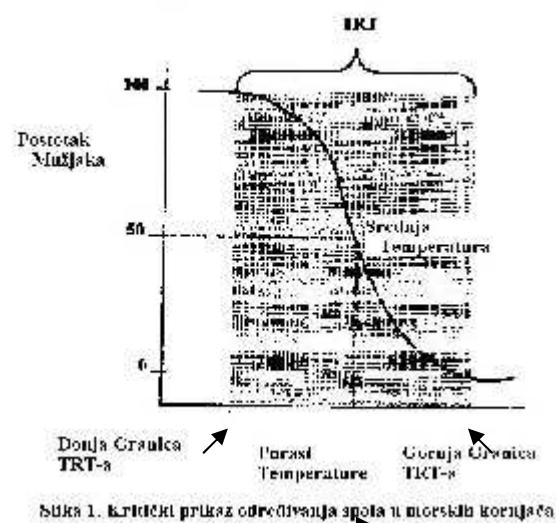
Morske kornjače su rasprostranjene u svim morima svijeta osim u polarnim područjima. Hrane se meduzama, algama, rakovima, školjkama, manjim ribama. Kod njih je zabilježena najduža migracija od mjesta ishrane, pa do mjesta na kojima se jedinke pare, što je običajno neposredno ispred plaže na kojoj potom odlažu jaja. Polaganje jaja se uvijek odvija u, osim kod *Lepidochelys kempii* koja pretežno danju polaže svoja jaja. Polaganje jaja je jedini razlog zašto morske kornjače izlaze na kopno. Životni ciklus morskih kornjača je u suštini sličan. Ženke polažu jaja na pješčanim plažama, a nakon 50-70 dana iz jaja se izvaljuju mlađe ulaze u more. Spol mlađih određen je temperaturom inkubacije (temperaturna determinacija spola, TDS), pri čemu inkubacija na višim temperaturama (>29°C) daje veći udio ženki. Budući da ne postoji briga za potomstvo kod ženki morskih kornjača, one polažu velik broj jaja tijekom reproduktivnog perioda. Preživljavanje gnezda i mlađih do prve godine života je

malo zbog velikog utjecaja predatora, a danas i zbog sve većeg djelovanja ovjeka. Pretpostavlja se da samo jedna od 1000 mladin dostigne spolnu zrelost.

3. TEMPERATURA KAO SPOLNO DETERMINIRAJU I IMBENIK

Temperaturna determinacija spola (TSD) je prvi puta uočena 1966. godine u gušteru (Charnier, 1966.). Od tada se to počelo primjenjivati kod velikog broja vrsta gmazova, uključujući i sve krokodile, većinu kornjača, kod nekih guštera, te premosnika (Bull, 1980.). Slučaj TSD-a u gmazova navodi stručnjake na pretpostavku da takav sustav predstavlja prastari oblik spolne determinacije iz kojeg su evoluirali spolno determinirajući sustavi ptica i sisavaca (Marshall Graves i sur., 2001.). U morskih kornjača, TSD je prvi puta dokumentiran kod glavatih želvi, *Caretta caretta* (Yntema i Mrosovsky, 1980.). Od tada je to uočeno kod svih danas živućih vrsta: *Chelonia mydas* (zelena želva), *Eretmochelys imbricata* (karetna želva), *Lepidochelys kempii* (Kempijeva želva), *Lepidochelys olivacea* (maslinasta želva), *Natator depressus* (ravnoleđa želva), *Dermochelys coriacea* (sedmopruga usminjana).*

Iako velik broj vrsta gmazova posjeduje TSD, temperatura razlike utječe ovisno o vrsti (Bull, 1980.). Kod morskih kornjača je zabilježeno da više temperature inkubacije ($>29^{\circ}\text{C}$) daju veći udio ženki i obrnuto, na nižim temperaturama inkubacije se izvaljuje više mužjaka.



Radi lakšeg objašnjavanja TSD-a, uvedeno je nekoliko termina. Jedan od njih je TRT (the transitional range of temperatures) što predstavlja raspon temperatura na kojoj se odnos spolova pomici sa 100% mužjaka prema 100% ženki (Mrosovsky i sur., 1991.) Ako se uzmu muško-ženski uzorci kod morskih kornjača, temperatura iznad TRT-a daje ženke, dok temperatura ispod TRT-a daje mužjake.

(Prilagođeno prema Eckert i sur., 1999)

Unutar TRT-a postoji i temperatura poznata kao središnja temperatura (pivotal temperature), koja predstavlja konstantnu temperaturu inkubacije pri kojoj je omjer izlegnutih

mužjaka i ženki 1:1. Ona se može mijenjati između vrsta, ali i unutar nje. Isto tako, i TRT može varirati unutar morske populacije kornjača. Ukoliko se želi napraviti istraživanje o determinaciji spola ili procijeniti omjer spolova mladih u određenoj populaciji morskih kornjača, najoptimalnije je odrediti parametre za tu jedinstvenu populaciju. Jedan od bitnih uvijeta prilikom procjene temperature je to nesto koja je limitirana sa nekoliko faktora kao što su: pravilna oprema, stabilnost inkubacije, te eksperimentalni protokol. Jako je teško precizno odrediti središnju temperaturu pomoću koje bi se mogao izračunati omjer spolova, jer veća i mala promjena temperature okoliša može imati signifikantni utjecaj na samo istraživanje.

3.1. SREDNJA TEMPERATURA KOD MORSKIH KORNJAČA

TABLICA 2.

Primjeri zabilježenih srednjih temperatura kod morskih kornjača

(Prilagođeno prema Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J., 2003.)

Vrsta i lokacija	Procijenjena srednja temperatura (°C)
Glavata želva (Caretta Caretta)	
U.S.	Prosječno 30
U.S.	29.0
Australija	27.7, 28.7
Australija	Prosječno 29.0
S.Afrika	29.7
Brazil	29.2
Zelena želva (Chelonia mydas)	
Surinam	28.8
Kostarika	Prosječno 28.5-30.3
Karetina želva (Eretmochelys imbricata)	
Antiqua	29.2
Kostarika	29.6

Morske kornjače imaju relativno malu oscilaciju središnje temperaturu. Raspon se kreće između 27.7°C do 31°C, a ovisi o vrsti i o samoj studiji, pri čemu većina vrsta ima središnju

temperaturu između u 29°C i 30°C (Mrosovsky, 1994.). Razlog ovako uskog protezanja središnje temperature je nepoznat, a može se objasniti kao pritisak okoliša ili fiziologije organizma.

Tablica 2. pokazuje kako zabilježene srednje temperature variraju unutar vrste i populacije. Srednja temperatura se najčešće mijenja i proučavanjem glavate želvi, kojoj je ujedno dana i najveća pažnja od svih vrsta morskih kornjača. Morosovski (1988) je procijenio prosječnu srednju temperaturu za legla glavatih želvi sa tri različite lokacije na obalama SAD-ja. Provedeno istraživanje je pokazalo da se sve vrijednosti srednje temperature kreću oko 29°C, ali se ta vrijednost za individualna legla mijenja i interval može varirati između 28.5-29.2°C. Štoviše, za vrijeme istraživanja na morske su signifikantne razlike između dva legla sa iste plaže grijanje. Promatranjem glavatih želvi na plažama Australije prosječna srednja temperatura je bila između 27.7°C i 28.7°C, sa signifikantnim razlikama među leglima. Ista takva istraživanja provedena na glavatim želvama sa obala Brazila dala su podatke od 29.2°C za srednju temperaturu, dok je ta vrijednost za Južnu Afriku procjenjena na 29.7°C. Prema tome, granična temperatura samo unutar ove vrste varira za 1°C, što pokazuje kompleksnost procjene ovog parametra. Ukoliko se želi raditi studija o omjerima spolova ili determinaciji spola neke od morskih kornjača bitno je odrediti srednju temperaturu za tu promatranu populaciju, a ne raditi procjene na temelju podataka drugih populacija. Budući da se javljaju i varijacije između legla, to jest procjene srednje temperature ovisit će i o broju istraženih legla što je zbog ugroženosti ove skupine životinja jest problematично. Međutim, ove razlike mogu nastati zbog eksperimentalnih pogrešaka, razlike u postupku ili odstupanja statističkih analiza. Kasnijim istraživanjima predložena je srednja temperatura od 29°C. (Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J., 2003)

3.2. TRT KOD MORSKIH KORNJAČA

TRT predstavlja konstantan parametar u determinaciji spola kod morskih kornjača. To je ujedno i raspon temperature gdje dolazi do promjene omjera spola iz 100% mužjaka u 100% ženki (Morosovsky i sur., 1991.). TRT je puno teže procijeniti nego srednju temperaturu zato što je potreban veći broj inkubacijskih temperatura kako bi se znalo što je ispod, a što iznad krivulje. TRT se generalno može odrediti skupljanjem podataka iz prijašnjih studija gdje su ustanovljene maksimalne temperature inkubacije na kojoj se ležu svi mužjaci i minimalne temperature inkubacije na kojoj se ležu sve ženke. Većina tih prijašnjih studija nema precizno

odre en TRT zbog premalog uzorka temperatura inkubacije. Me utim, ve se i u tim studijima vidi da TRT, isto kao i srednja temperatura, varira unutar i izme u vrsta.

Kako bi se odredila što to nija vrijednost TRT-a optimalno je raditi što više mjerena na što ve em uzorku gnjezdišta na razliitim pozicijama plaže, ponavljaju i ta istraživanja kroz nekoliko godina. Opremu potrebnu za mjerjenje temperature na plaži opširno su osmisili Godfrey i Mrosovsky (1994.). Oni su dizajnirali mjerilo koje pamti minimalne i maksimalne temperature.

Za primjer (tablica 3.), minimalna temperatura na kojoj se ležu sve ženke proteže se izme u 29.75°C i 32.0°C , te maksimalna temperatura na kojoj se ležu svi mužjaci varira izme u 26.0°C i 28.75°C , ovisno o vrsti i populaciji koja se istražuje. Istraživanjima na glavatim želvama uo eno je da vrijednost TRT-a varira od $2.0\text{-}3.0^{\circ}\text{C}$, dok kod sedmopruge usminja e varira svega za 1°C . Ovi podaci su jako bitni za razumijevanje zaštite i ekologije kornja a jer se prema njima vidi da ukoliko do e do promjene raspona TRT-a od 3°C ili ak i manje, može doprinjeti promjeni odnosa spolova iz svih mužjaka u sve ženke.

TABLICA 3.

Primjeri temperature inkubacije na kojima se proizvode sve ženke () ili svi mužjaci ()

(Prilago eno prema Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J.,2003.)

Vrsta i lokacija	Temperature ($^{\circ}\text{C}$) na kojima se izvaljuju 100%	Temperature ($^{\circ}\text{C}$) na kojima se izvaljuju 100%
Glavata želva (Caretta Caretta)		
U.S.	<27.5	30.4-30.5
Australija	26.0	30.0-32.0
Australija	<26.0	31.0
Brazil	28.0	30.6
Zelena želva (Chelonia mydas)		
Surinam	<27.75	>29.25-30.75
Kostarika	<28.0	>30.5
Karetina želva (Eretmochelys imbricata)		
Antiqua	28.5-29.0	30.3
Kostarika	28.4	30.4

4. DETERMINACIJA SPOLA KOD EMBRIJA MORSKIH KORNJA A

Spolna diferencijacija u sisavaca ovisi o transformaciji nediferenciranih gonada u testise. SRY je gen koji kontrolira poticanje ovog doga aja i smješten je na kraju kraku Y-kromosoma (Koopman i sur.,1990.). U kralježnjaka koji nisu sisavci postoji porodica SOX gena koji odgovaraju SRY genima. Neke su u oba spola i postoje neovisno o spolnim kromosomima. (Tiersch i sur.,1991.). Iako ti geni nisu dovoljno istraženi, vjerojatno je da se morfološka diferencijacija spola embrija odvija u gonadama. Faktori ili faktori potrebni za spolnu diferencijaciju primarno djeluju na razini gonada kontroliraju i transformaciju samih gonada u jajnike ili testise.

SOX9 gen odgovara SRY genu u sisavaca, te je on taj koji je odgovoran za diferencijaciju gonada u testise kod morskih kornja a (da Silva i sur.,1996.;Kent i sur.,1996.). Međutim, istraživanja TSD-a u aligatora upućuju na to da je ekspresija SOX9 nevažan događaj i da nije testis-determinirajući gen.(Western i sur.,1999.). Postoji još niz gena za koje se pretpostavlja da imaju ulogu u diferencijaciji testisa, ali oni da danas još nisu dovoljno istraženi. Navedeni u nekoliko primjera: DMRT1 je uključen u diferencijaciju testisa kod sisavaca (Raymond i sur.,1999.) i ptica (da Silva i sur.,1996.), ali on nije istražen kod morskih kornja a. Anti-müller hormon (AMH) i SF-1 imaju sličnu ulogu kod mužjaka vertebrata. (Cate i sur.,1986.; Shen i sur.,1994.).

Gledajući mehanizme preko kojih temperatura ili neki drugi okolišni faktor djeluje na diferencijaciju spola, postoje dvije grupe kralježnjaka: (1.) Organizmi na koje ne djeluju okolišni faktori, te je njihov spol određen SRY-genom; (2.) Organizmi u kojima je determinacija spola ovisna o utjecaju okoliša. (Bull,1983.) Determinacija spola kod morskih kornja a je ovisna o temperaturi inkubacije. Većina istraživanja TSD-a radi se na slatkovodnim kornjačama, od kojih mnoge imaju iste uzorke determinacije spola i iste srednje temperature i TRT. Naredni tekst će biti usredotočen na morske kornjače, ali će biti uključene i informacije o slatkovodnim kornjačama.

4.1. TERMOSENZITIVNI PERIOD

Determinacija spola kod morskih kornjača odvija se u drugoj trećini ukupnog trajanja inkubacije i naziva se termosenzitivni period (TSP). TSP je definiran kao vrijeme izvan kojeg temperatura više nema nikakav utjecaj na fenotip spola. (Morosovsky i Pieau,1991.). Kao što

je već prije rečeno, ukoliko se u tom periodu jaja izlože višoj temperaturi veća je vjerojatnost da će se izliti ženke, dok je na nižim temperaturama obrnuto.

Prvi znakovi diferencijacije spola se javljaju pred kraj termosenzitivnog perioda (Merchant-Larios i sur.,1989.) Spolna diferencijacija pri temperaturama na kojima se proizvode ženke uključuje stanjenje kortikalnog epiteljnog tkiva i degradaciju medularne niti. Nasuprot tome, pri temperaturi na kojoj se proizvode mužjaci korteks ne proliferira i medularna nit se ne povlači nego će se eventualno razviti u sjemenike. Kada se mladi izvale iz jaja, jajnici će se moći i histološki razlikovati od testisa (Eckert, Bjorndal, Abreu-Grobois i Donnelly, M. (1999).

4.2. ESTROGEN HIPOTEZA

Funkcioniranje TSD-a nije u potpunosti otkriveno, ali ova hipoteza kazuje kako temperatura inkubacije na kojoj se proizvode ženke stimulira gonade na proizvodnju estrogena koji potom stimulira diferencijaciju gonada u jajnike (Pieau,1996.). Ukoliko se jaja kornjače tretiraju inhibitorom aromataze (aromataza je enzim koji proizvodi estrogen iz androgena) dolazi do diferencijacije gonada u testise.

Druga istraživanja kazuju da ta povišena koncentracija estrogena može biti samo popratni događaj koji se javlja u jajnicima nakon determinacije spola. (Lutz, Musick, Wyneken, 2003)

Postoji još jedna hipoteza koja sugerira da bi mozak (prije nego gonade) mogao biti odgovoran za produkciju estrogena tijekom ranog embrionalnog razvoja (Jeyasuria i Place,1998.;Salame-Mendez i sur.,1998). U skladu sa ovom hipotezom mozga uključenog u TSD, istraživanja upućuju na to da životni sustav inervira gonade kod diferencijacije spola (Gutierrez-Ospina i sur.,1999.).

Ukratko, genetika TSD-a nije u potpunosti razjašnjena, ali su otkriveni brojni potencijalni faktori za determinaciju spola. Rezultati budućih istraživanja će rasvijetliti uključenost estrogena u TSD. Do sada je napravljeno jako malo genetičkih istraživanja determinacije spola u morskih kornjača, ali informacije o TSD-u u drugih vrsta gmazova mogu služiti kao podloga za stjecanje znanja o specifičnim genima uključenim u tu determinaciju spola.

5. MJESTO GNIJEŽENJA I OMJER SPOLOVA U MORSKIH KORNJAČA

Evolucijska teorija predlaže da bi primarni omjer spolova trebao biti 1:1 (1 : 1), ali većina predviđenih omjera spolova ne potvrđuje tu pretpostavku. Svega nekoliko plaža bilježi omjer spolova koji se približava 50% ženki, a o tu dominaciju imaju plaže na kojima se ležu

ve inom ženke i to ak gdje je težište na 90% (Lutz, Musick, Wyneken, 2003). Nema zabilješki o postojanju plaže na kojoj tijekom cijele sezone prevladavaju mužjaci. Iz ovih podataka može se uočiti da TSD u morskih kornjača nije naklonjen evolucijskoj teoriji koju je dao Fisher, već predominacija kod spolova teži ka ženkama. Nikako se nesmije zaboraviti da su ovakvi rezultati mogući i zbog istraživanja provedenog na premalom broju uzoraka morskih kornjača, a isto kao i na malom broju gnijezdišta.

5.1. PROSTORNE OSCILACIJE

Istraživanja su pokazala da mjesto gniježđenja može imati veliki utjecaj na determinaciju spola u leglu. Plaža na kojoj se gnijezde može imati nekoliko temperaturnih zona koje utječu na omjer spolova. Te zone su strmina blizu vode, otvorena plaža, omeđeni pješani humci uz more, plaža okružena vegetacijom i slično (Eckert, Bjørndal, Abreu-Grobois, Donnelly, 1999). Gnijezda koja su ženke napravile ispod guste vegetacije su hladnija nego ona na otvorenoj plaži, te su pogodnija za razvitak mužjaka. Ovisno o specifičnosti plaži koju glavata želva izabere za gniježđenje na malom otoku Heron Island, omjer spolova izleglih jaja može varirati od 29.5% do 63.1% ženki (Lutz, Musick, Wyneken, 2003). Ako je i boja pijeska u direktnoj vezi sa temperaturnim karakteristikama plaže na kojoj se gnijezde. Prema tome, ako znamo lokaciju na kojoj se određena vrsta gnijezdi, to nam može znatično pomoći u determinaciji spola.

5.2. VREMENSKE OSCILACIJE

Ženke svih morskih kornjača polažu više legla tijekom jedne reproduktivne sezone, a mogu položiti i do 7 legla, s 14-dnevnim prosjekom razmakom između dva uzastopna gniježđenja. Period između gniježđenja u jednoj reproduktivnoj sezoni Carette, Chelonie i Eretmochelysa je 12-15 dana, dok je taj period kod Natatora 13-18 dana, a kod Dermochelysa 9-10 dana (Lutz, Musick, Wyneken, 2003). Isto tako je važno znati da individualna morska kornjača ima tendenciju za gniježđenje svake druge ili treće godine, a neke i duže. To vrijeme između dvije reproduktivne sezone se zove remigracijski period.

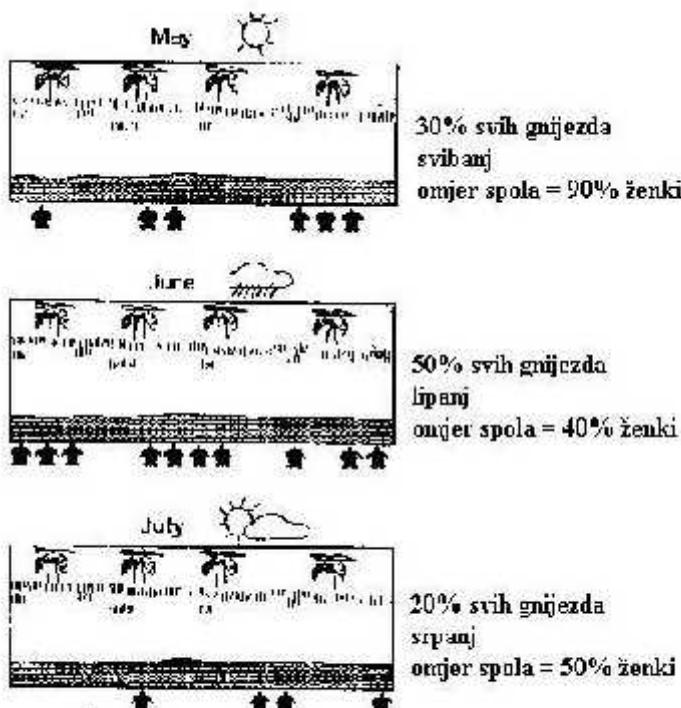
Dakle, zaključili smo da sezona gniježđenja može trajati nekoliko mjeseci, te se tijekom tog perioda doći do promjena vremenskih uvjeta, što znači da postoji ovisnost omjera spolova o sezoni gniježđenja. Istraživanjima glavatih želvi južne Karoline i Georgie, Morosovskij je pokazao da omjer spolova izleglih mladih može varirati s obzirom na godišnje doba. Tako se

za vrijeme hladnjeg perioda sezone gniježdenja javlja manje od 10% ženki, dok se u toplijim mjesecima taj postotak pomici na 80% ženki. Iz sličnih interesa napravljeno je još nekoliko studija kojima je uočeno da opadanje temperature, koje je uzrokovano kišnim periodima, rezultira većim razvitetom mužjaka. Standora i Spotila su istraživali utjecaj monsuna na omjer spolova izleglih mlađih glavatih želvi u Sarawaku, te su uočili da se u sezoni monsuna rađaju pretežno mužjaci, dok se od travnja do listopada razvijaju pretežno ženke. Radi lakše determinacije spola, sezona se najčešće dijeli u zasebne jedinice vremena, kao što su mjeseci ili polumjesečni periodi. (Godfrey i sur., 1996.)

5.3. FREKVENCIJA GNIJEŽDENJA

Generalno gledajući, većina kornjača se gniježdi u sredini sezone, nego na njezinom početku ili kraju. Ove razlike u frekvenciji gniježdenja moraju biti ujedinjene sa informacijama kako omjer spolova varira tijekom sezone. Cilj je kombinirati podatke o omjeru spolova za specifični period sezone gniježdenja sa podacima o broju položenih jaja za taj isti period.

Za primjer je prikazan hipotetski crtež plaže gniježdenja kornjača (slika 2.).



Slika 2. Primjer frekvencije gniježdenja kornjača i omjer spolova u jednoj sezoni.

Sezona gniježdenja traje tri mjeseca i prešla je promjenu iz suhog u kišoviti dio godine. Relativne frekvencije gniježdenja svakog mjeseca prikazane su desno, sa većinom položenih jaja u lipnju. Srednje vrijednosti omjera spolova na pojedinačnim gnjezdilištima iz svakog mjeseca su takođe prikazani sa desne strane,

(Prilagođeno prema Eckert, Bjorndal, Abreu-Grobois, Donnelly, M., 1999)

a predstavljeni su postotkom ženki. Kombinacijom dvaju setova podataka iz sva tri mjeseca iznesen je cjelokupni sezonski omjer spolova od 57% ženki. Međutim, ako se gleda samo jedan mjesec, tada je procjena omjera spolova biti neto na (npr. lipanj 40%). Isto tako, podaci s jedne plaže ili iz jedne godine ne predstavljaju dugorođan prosječan omjer spolova populacije.

Razumjevanje odnosa temperature i omjera spolova na plaži olakšava pravilnu zaštitu na takav način da se očuvaju oba spola.

6. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA POPULACIJU MORSKIH KORNJAČA

Klimatske promjene jedna od najvećih prijetnji globalnom ekosustavu i bioraznolikosti. Kod morskih kornjača prisutna je temperaturna determinacija spola što znači da bilo kakve promjene klime mogu utjecati na promjenu omjera spolova.

6.1. PROMJENA PRIRODNIH OMJERA SPOLOVA

Hays, G.C., Broderick, A.C., Glen, F., Godley, B.J. (2003) koriste empirijske odnose između temperature pjeska i zraka, rekonstruirane su temperature pjeska za period od 1855. godine za legla zelene želvi (*Chelonia mydas*) sa Ascension otoka. Zaključeno je da je tijekom posljednjih 150 godina došlo do klimatskog zagrijavanja, te se temperatura gnijezda na pojedinim plažama podigla za prosječno 0.5°C . Budući da više temperature odgovaraju razvitku ženki, generalni trend porasta temperature može dovesti do sve veće produkcije ženki, odnosno do poremećaja u omjeru spolova i tako do samog izumiranja ove skupine životinja. Svrha ovog rada je bila pravovremeno reagiranje na klimatske promjene.

Pozicija gnijezda na plaži, trajanje sezone gniježđenja i albedo pjeska su faktori koji mogu utjecati na temperaturu gnijezdišta. Mjerene su temperature pjeska i zraka u mjesecima kada je prosječno 90% legla bilo u drugoj fazi inkubacije (period kada temperatura određuje spol mlađih). Uočeno je da se velike varijacije temperature unutar plaže javljaju kao posljedica različite obojenosti pjeska (to nije zbog albeda koji je veći na svjetlijim plažama), te su svjetlijе plaže hladnije (Hays i sur. 2001.). Ustanovljeno je da se oba spola, muški i ženski, javljaju u prihvatljivim omjerima na plaži koja ima svjetlijeg pjeska, te da će narednih godina na tamnijim plažama produkcija legla biti naklonjena isključivo izvaljivanju ženki.

Postoji mogunost da kornja e nadmudre globalno zagrijavanje, pa sezonu gniježenja pomaknu u hladnije mjesecce. Takav fenomen viđen je kod ptica (Sanz, 2002.). Međutim, informacije o premještanjima sezone gniježenja kod morskih kornja su površne, a i među ostalim je primjereno da se te promjene ne javljaju kao reakcija na toplije uvjete u okolišu.

6.2. PROMJENA VREMENA I RUTE MIGRACIJA

Migracije su seobe životinja u potrazi za hranom, partnerom ili područjem razmnožavanja. Morske kornja spadaju među najveće putnike u životinjskom svijetu jer poduzimaju velike seobe između prostora na kojima se hrane i mjesto gniježenja. Pojedine vrste migriraju i po nekoliko tisuća kilometara. Zbog dugih migracija one su izložene riziku klimatskih promjena, ali nijihove mogunosti da prevale ovako velike distance dokazuju njihovu sposobnost za preživljavanje. Usporedno s time, te vrste su sposobnije za prilagođavanje rastu temperature.

Mnoge morske vrste slijede vjetar ili morske struje kako bi se olakšale svoje putovanje i tako omogućile migracije na velike udaljenosti (Wirth i Bernatchez 2003, Deveson i sur. 2005.). Promjena struje ili vjetra zahtjeva više energije, te mogu uputiti jedinku na krivu lokaciju u krivo vrijeme (Liechti 2006.). Morske kornja prelaze ocean, kao ekološku barijeru, te takva putovanja zahtjevaju velike kolичine visoko-kvalitetne hrane kako bi mogle prijeći barijeru i stići na cilj u dobroj fizičkoj kondiciji (Berthold 2001, Bairlein i Hüppop 2004.). Ukoliko jedinka ne stigne na cilj u dobroj formi, to može rezultirati redukciju preživljavanja ili plodnosti u kasnijem stupnju životnog ciklusa. (Gill i sur. 2001.). Kako do toga ne bi došlo migranti kreću u ranije ili putuju brže, te koriste hranom bogatiju područja da se uspješno vrate na mjesto razmnožavanja.

Dokazano je da se vrijeme tih događaja (hranjenje, razmnožavanje) odvijaju ranije kao odgovor na povišenje temperature, ali je zanimljivo promatrati kako daleko vrste mogu pomicati svoje vrijeme u budućnosti. U grubo, reprodukcija i rast su usklađeni sa maksimumom dostupnosti resursa, tako da bi kritična faza života (obično kod mladih) trebala biti izložena optimalnim uvjetima.

Reina, Spotila, Paladino, Dunham (2008) su bilježili remigracijski period i broj potomaka individualne jedinke sedmopruge usminjača, te su ustanovili da je prelazak iz El Niño u La Niña u sredini 1998. godine uzrokovao dramatičan porast primarne produkcije oceana, posebno u ekvatorijalnom dijelu Pacifika (Behrenfeld i sur. 2001.). Prelaskom El Niño koji je osiromašio ocean, La Niña je rezultirala oporavkom zajednice fitoplanktona (Chavez i sur. 1999.). Price i sur. (2004.) su predložili da klimatske promjene utječu na reproduktivni

period kod sedmopruge usminja e (*Dermochelys coriacea*), a SanTidrián Tomillo i sur. (2007.) su sugerirali da se za vrijeme La Niña a poveava broj gniježenja sedmopruge usminja e, dok El Niño negativno utječe na reprodukciju i migraciju (Wallace i sur. 2006.). Poveznica između zooplanktona i klime je takva da utječe na porast ili smanjenje zooplanktona koji je osnovna hrana morskim kornjašima, tako da je logično da klima ima utjecaj na kondiciju jedinke što pak utječe na reproduktivne varijable kao što su broj jaja u leglu, broj legla u sezoni i interval između reproduktivnih sezona.

I zadnje što bih spomenula je injenica da podizanje morske razine, što je posljedica topljenja ledenjaka, utječe na nestanak gnijezdišta jer se smanjuju raspoložive površine plaža.



Slika 3. Mjerenje dubine položenih jaja



Slika 4. Mlado morske kornjaše



Slika 5. Puzanje mladog od gnijezda...



Slika 6. ...prema moru...



Slika 7... u kojem je našao utočište!

Izvor slika sa ove stranice: <http://www.answersingenesis.org/articles/am/v2/n3/sea-turtles>

7. ZAKLJU AK

Kornja e su skupina životinja koje kao i ve ina ostalih vrsta iz skupine gmazova imaju temperaturnu determinaciju spola što zna i da svaka promjena u temperaturi klime utje e na njihov reproduktivni uspjeh. Temperaturna determinacija se gleda prema udjelu ženki u populaciji. Pri temperaturi inkubacije $>29^{\circ}\text{C}$ izvaljuje se ve i udio ženki i obrnuto. Determinacija spola kod morskih kornja a odvija se u drugoj treini ukupnog trajanja inkubacije i naziva se termosenzitivni period. Ukoliko se u tom periodu jaja izlože višoj temperaturi ve a je vjerojatnost da e se izvaliti ženke. Prema evolucijskoj teoriji omjer spolova trebao bi biti 1:1 (:), me utim takav sluaj je rijetko gdje zabilježen. Dapa e, nema bilješki o postojanju plaže na kojoj tijekom cijele sezone prevladavaju mužjaci.

Pozicija gnijezda na plaži, trajanje sezone gniježenja i albedo pijeska su faktori koji utje u na temperaturu gnijezda. To povla i za sobom pitanje klime, pri emu klimatske promjene utje u na produktivnost oceana koja je usko povezana sa kondicijom jedinke, tako da se prilikom nestašice hrane mijenjaju reproduktivne varijable kao što su broj jaja u leglu, broj legla u sezoni i interval izme u reproduktivnih sezona.

U proteklih 100 milijuna godina, poznate vrste morskih kornja a nisu se mijenjale. To zna i da su se jako dobro prilagodile svome okolišu. Nadživjele su i dinosaure i ledeno doba. Budu nost e pokazati koliko ovjek cijeni ova prekrasna morska bi a.

8. LITERATURA

- Bairlein F, Hüppop O (2004) Migratory fuelling and global climate change. *Adv Ecol Res* 35:33–47
- Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T., McClain, C.R., Feldman, G.C. i sur. (2001), Biospheric primary production during and ENSO transition. *Science* 291, 2594-2597
- Berthold P (2001) Bird migration: a general survey. Oxford University Press, Oxford
- Bull, J.J. (1980) Sex determination in reptiles. U: *Q. Rev.Biol.* 55, 3-21
- Charnier, M. (1966) Action de la température sur la sex-ratio chez l'embryon d'Agama agama. U: Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J. (2003) *The Biology of Sea Turtles*, Vol II, pp 104
- Chavez, F.P., Strutton, P.G., Friederich, G.E., Feely, R.A., Feldman, G.C., Foley, D.G., McPhaden, M.J. (1999) Biological and chemical response of the equatorial Pacific ocean to the 1997-98 El Niño. *Science* 286:2126-2131
- Eckert, K.L. i Bjorndal, K.A. i Abreu-Grobois, F.A. i Donnelly, M. (1999) Research and Management Techniques for the conservation of sea turtles, 136
- Gill JA, Norris K, Potts PM, Gunnarsson TG, Atkinson PW, Sutherland WJ (2001) The buffer effect and large scale population regulation in migratory birds. *Nature* 412: 436–438
- Godfrey, M.H., Barreto, R. I Mrosovsky, N., (1996) Estimating past and present sex ratios of sea turtles in Suriname. *Canadian Journal of Zoology* 75, 267-277
- Godley, B.J., Broderick, A.C., Downie, J.R., Glen, F., Houghton, J.D., Kirkwood, I., Reece, S., Hays, G.C. (2001) Thermal conditions in nests of loggerhead turtles: further evidence suggesting female skewed sex ratios of hatchling production in the Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 263, 45-63
- Gutierrez-Ospina, G. i sur. (1999) Acetylcholinesterase-positive innervation in present at undifferentiated stages of the sea turtle *Lepidochelys olivacea* embryo gonads: implication for temperature-dependent sex determination. U: Lutz, P., Musick, Hays, G.C., Broderick, A.C., Glen, F., Godley, B.J. (2003) Climate change and sea turtles: a 150-year reconstruction of incubation temperatures at a major marine turtle rookery. *Global Change Biology* 9, 642-646
- Hays, G.C., Ashworth, J.S., Barnsley, M.J. i sur. (2001) The importance of sand albedo for the thermal conditions on sea turtle nesting beaches. *Oikos* 93, 87-94

- Jeyasuria, P. I Place, A. (1998) The brain-gonadal embryonic axes in sex determination of reptile: a role for cytochrome P450 Arom. J.Exp.Zool. 281,428-449.
- Liechti F (2006) Birds: blowin' by the wind? J Ornithol 147:202–211
- Marshall Graves, J.A. i Shetty, S. (2001) Sex from W to Z: evolution of vertebrate sex chromosomes and determining genes. U: J.Exp.Zool. 290, 449-462
- Merchant-Larios, H., Fierro, I.V., i Urrutza, B.C. (1989) Gonadal morphogenesis under controlled temperature in the sea turtle *Lepidochelys olivacea*. U: Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J. (2003) The Biology of Sea Turtles, Vol II, pp 104
- Mrosovsky, N. (1999) Sex ratios of sea turtles. U: Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J. (2003) The Biology of Sea Turtles, Vol II, pp 106
- Mrosovsky, N. i Pieau, C. (1991) Transitional range of temperature, pivotal temperature and thermosensitive stages for sex determination in reptiles. Amphib. Reptilia 12, 169-179.
- Mrosovsky, N. I, Pieau (1991) Transitional range of temperature, pivotal temperatures and termosenzitive period. U: Eckert, K.L. i Bjorndal, K.A. i Abreu-Grobois, F.A. i Donnelly, M.(1999) Research and Management Techniques for the conservation of sea turtles.130
- Price, E.R., Wallace, B.P., Reina, R.D., Spotila, J.R., Paladino, F.V., Piedra, R., Velez, E. (2004) Size, growth and reproductive output of adult female leatherbacks *Dermochelys coriacea*. Endang species res 1:41-48
- Reina, R.D., Spotila, J.R., Paladino, F.V., Dunham, A.E. (2008) Changed reproductive schedule of eastern Pacific leatherback turtles *Dermochelys coriacea* following the 1997-98 El Ni o to La Nin transition, Endangered species research
- Robinson, R.A., Crick, H.Q.P., Learmonth, J.A., Maclean, I.M.D., Thomas, C.D., Bairlein, F., Forchhammer, M.C., Francis, C.M., Gill, J.A., Godley, B.J., Harwood, J., Hays1, G.C., Huntley, B.L., Hutson, A.M., Pierce, G.J., Rehfisch, M.M., Sims, D.W., Santos, M.B., Sparks1, T.H., Stroud, D.A., Visser, M.E. (2008) Travelling through a warming world: climate change and migratory species.
- Salame-Mendez, A. i sur. (1998) Response of diencephalons but not the gonadeo female-Promoting temperature with elevated levels in the sea turtle *Lepidochelys olivacea*. U: Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J. (2003) The Biology of Sea Turtles, Vol II, 124-125
- Santidrian, T.P., Valez, C.E., Reina R.D., Piedra, C.R., Paladino, F.V., Spotila, J.R. (2007) Reassessment of the leatherback turtles *Dermochelys coriacea* population

- nesting at Parque Nacional Marino Las Baulas: effects of conservation efforts.
Chelonian Conserv Biol 6:54-62
- Sanz, J.J., (2002) Climate change and breeding parameters of great and blue tits throughout the western Palaearctic. Global Change Biology, 8, 409-422.
- Wallace, B.P., Kilham, S.S., Paladino, F.V., Spotila, J.R. (2006) Energy budget calculations Indicate resource limitation in Eastern Pacific leatherback turtles. Mar Ecol Prog Ser 318: 263-270
- Wirth T, Bernatchez L (2003) Decline of North Atlantic eels: a fatal synergy. Proc R Soc Lond B Biol Sci 270:681–688
- Yntema,C.L i Mrosovsky,N. (1980) Sexual differentiation in hatchling loggerheads (*Caretta caretta*) incubated at different controlled temperatures. U: Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J. (2003) The Biology of Sea Turtles, Vol II, pp 104
- J., Wyneken, J. (2003) The Biology of Sea Turtles, Vol II, 124-125

<http://www.answersingenesis.org/articles/am/v2/n3/sea-turtles>

9. SAŽETAK

Kornja e spadaju u razred gmazova. Sve morske kornja e imaju muško-ženske uzorke takve da niža temperatura inkubacije proizvodi mužjake, a viša temperatura inkubacije proizvodi ženke. Srednja temperatura je konstantna temperatura inkubacije pri kojoj e omjer spolova biti 1:1. Izra unata srednja temperatura je oko 29°C. Kod njih postoji termosenzitivni period za determinaciju spola, a smješten je u drugoj treini ukupnog perioda trajanja inkubacije. TSD (temperaturna determinacija spola) je u morskih kornja a prvi puta zabilježena kod glavate želve, *Caretta caretta*. Klimatske promjene tako er utje u na populaciju spomenute skupine, jer se svakim povišenjem temperature daje vea prednost razvitku ženskog spola.

10. SUMMARY

Turtles belong to the class of reptiles. All sea turtles have a male-female (MF) pattern in which cooler incubation temperatures produce males and warmer incubation temperatures produce females. Pivotal temperature is the constant incubation temperature that will produce a 1:1 sex ratio. Reported pivotal temperature is approximately 29°C. There is a thermosensitive period for sex determination during development placed around the second third of total time of incubation. In sea turtles, TSD (temperature sex determination) was first documented in the loggerhead, *Caretta caretta*. Climate change is also affecting the population of the aforementioned groups, because each increase of temperature gives higher priority to the development of the female.