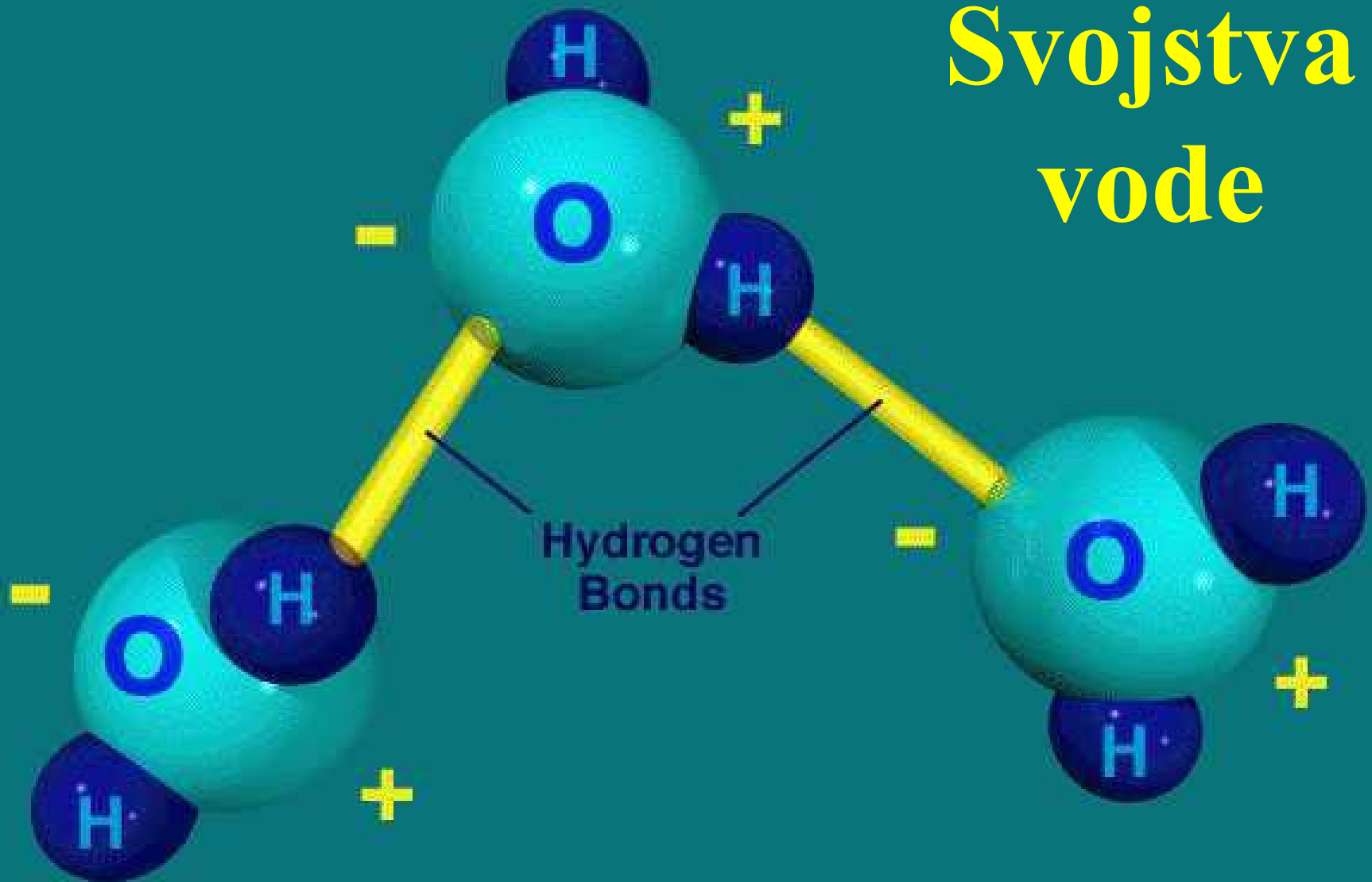


ZNAČAJKE MORA KAO ŽIVOTNOG OKOLIŠA

H.B. Bigelow (Woods Hole):
“Najvažnija značajka oceana je ta da
su oni puni vode”

Brojne značajke morskog okoliša
proizlaze iz fizikalnih i kemijskih
svojstava vode

Svojstva vode

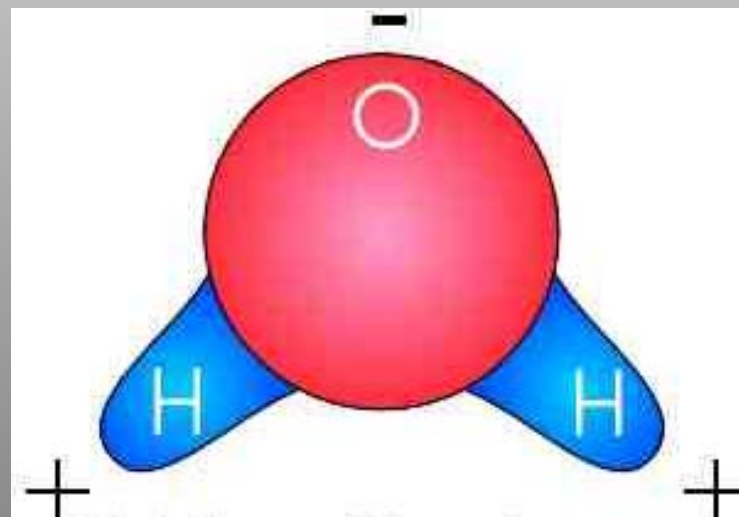
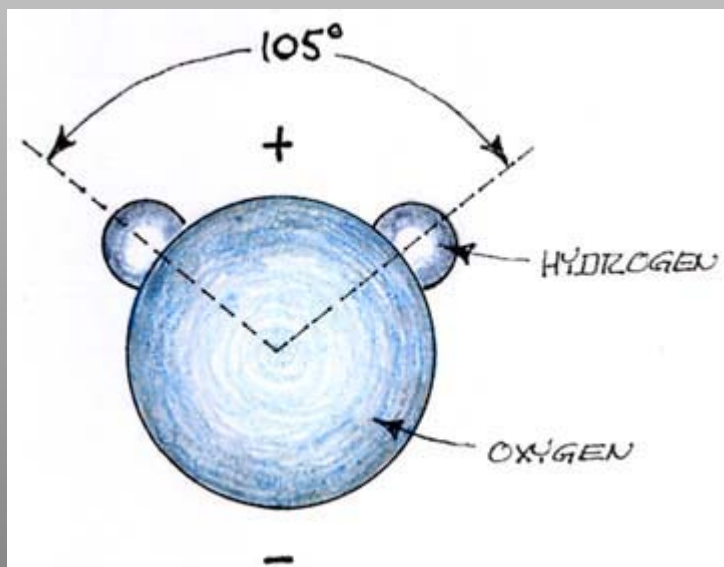
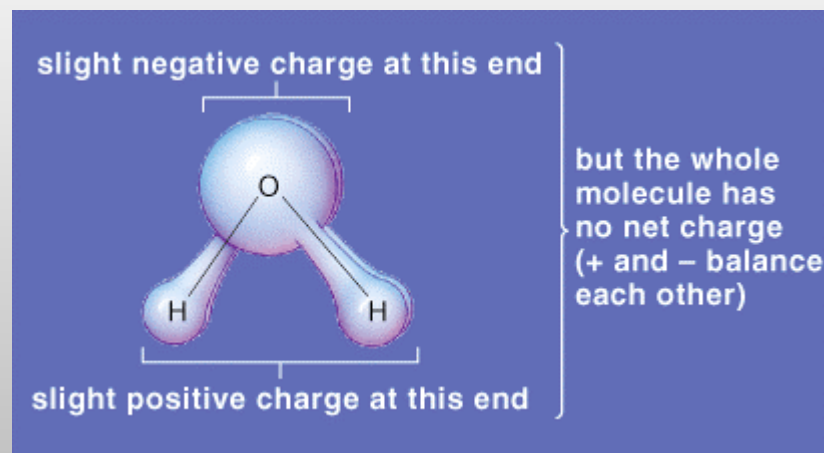


Water Molecules (H₂O)

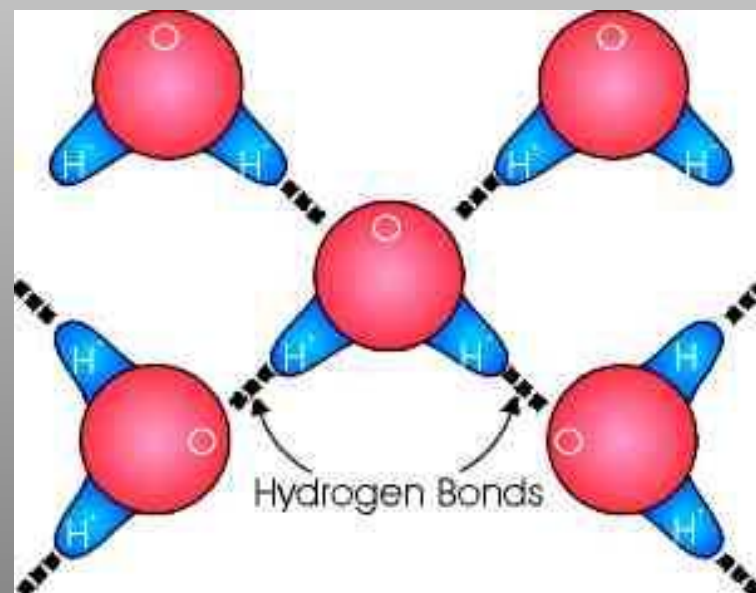
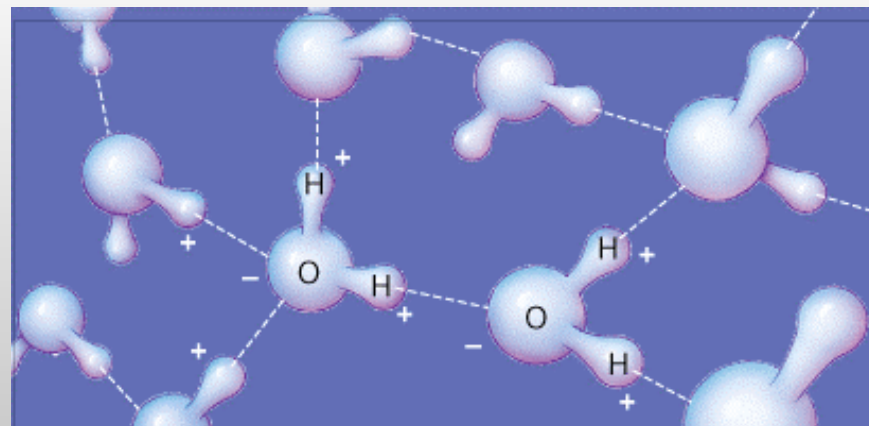
M. Šolić: Ekologija mora

Property	Notes	Importance to Marine Environment
Physical State	Only substance that occurs naturally as a solid, liquid, and gas on the Earth's surface.	Transfer of heat between ocean and atmosphere by changing from one state (phase) to the other.
Quantity on surface	Three times more abundant as all other substances combined.	Forms the ocean.
Dissolving ability	Dissolves substances greater than any other liquid.	Chemical, physics, biology processes.
Density	Density determined by temperature, salinity, and pressure.	Controls oceanic vertical circulation.
Surface tension	Highest of all common liquids.	Important in water drop formation.
Conduction of heat	Highest of all common liquids	Important for energy transfer.
Heat capacity -- <i>amount of heat required to raise the temp. of 1g of substance 1°C</i>	Highest of all common solids and liquids.	Acts as a great moderator of temperature.
Latent heat of fusion -- <i>heat gained or lost via solid to liquid or liquid to solid</i>	Highest of all common liquids and most solids.	A great regulator of heat (release of heat of liquid when freezing, absorption of heat when melting).
Latent heat of vaporization -- <i>heat gained or lost via liquid to gas or gas to liquid</i>	Highest of all common substances.	A major factor in the transfer of heat in and between ocean and atmosphere driving weather and climate.
Viscosity	Relatively low (for a liquid). Decreasing with increasing temperature.	Low friction allows for dampening of sea motions.
Refractive index (<i>amount of light bend in water</i>)	Increases with increasing salinity. Decreases with increasing temperature.	In water, objects appear closer to you than they would if you saw them in the air.
Transparency	Good for visible light. Absorption high for infrared and ultraviolet.	Important for photosynthesis in the upper layers of the ocean.
Sound transmission	Good relative to other fluids.	Allows sonar and depth recorders to determine water depth, subsurface currents, existence of animals.
Compressibility	Only slightly	Density changes slightly with depth.
Boiling and melting points	Unusually high	Allows water to exist as a liquid on most of the Earth.

Molekule vode imaju
asimetričan električni naboj
koji je blago pozitivan na
strani vodika, a blago
negativan na strani kisika

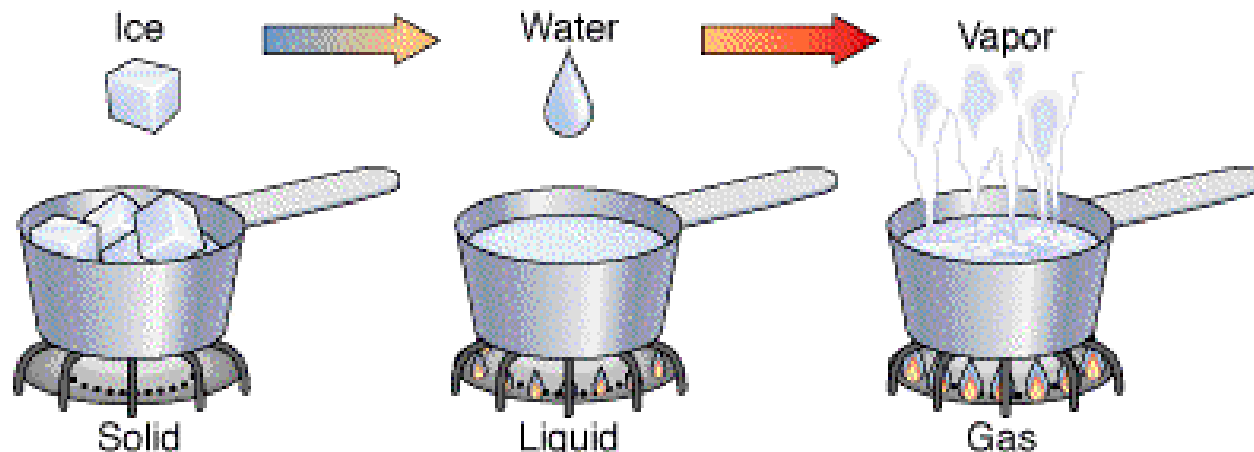


Takva prostorna struktura molekule vode omogućava njihovo povezivanje preko vodikovih veza koje se temelje na privlačenju između pozitivnog (vodikovog) kraja jedne molekule i negativnog (kisikovog) kraja druge molekule



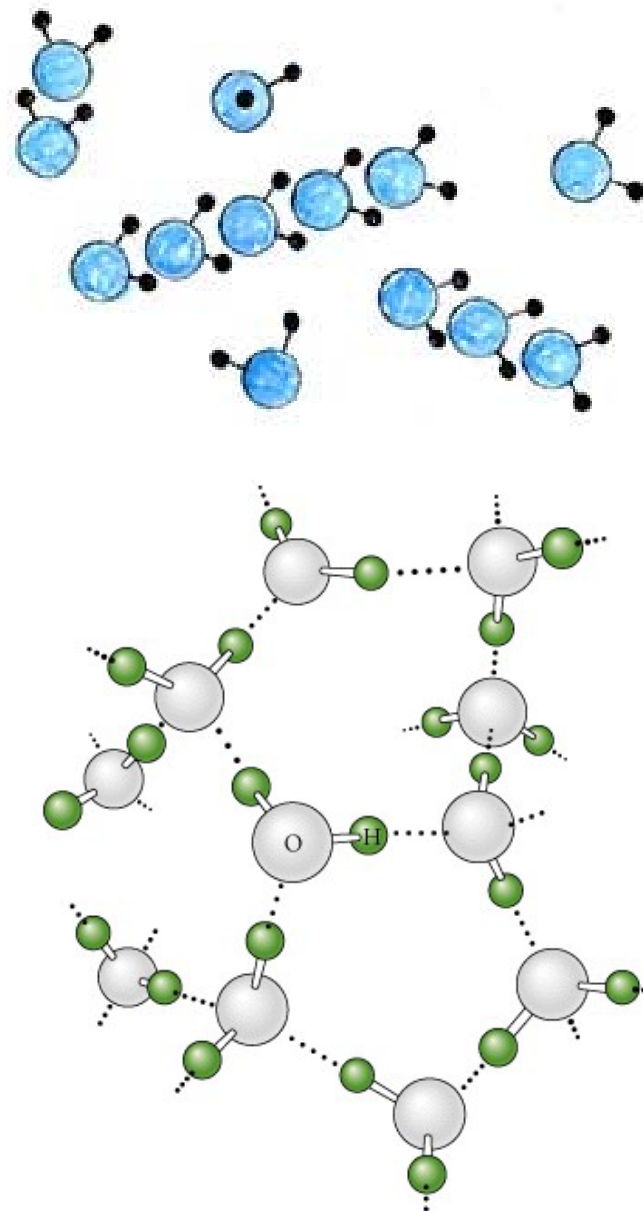
Većina jedinstvenih osobina vode proizlazi iz prirode vodikovih veza

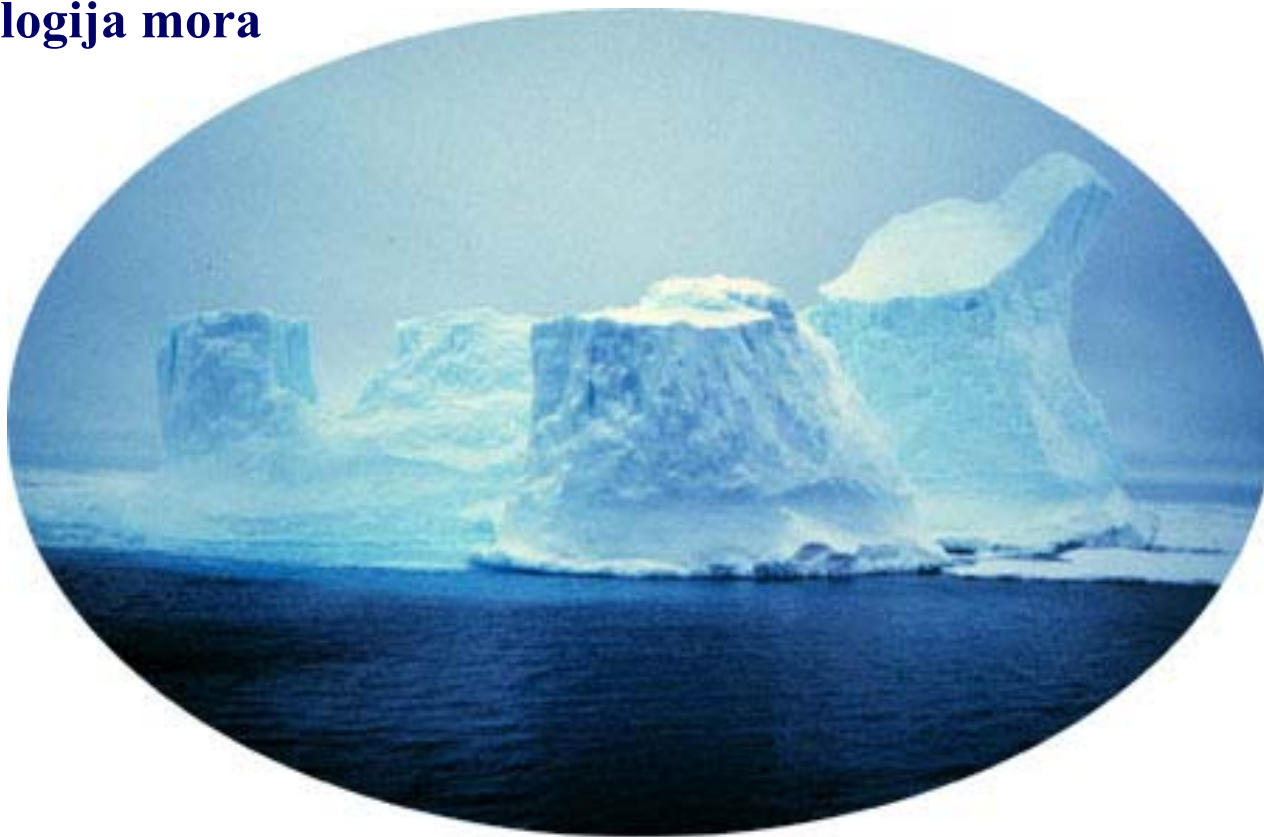
- Neobično visoke točke taljenja i vrenja
- Ekstremno veliki toplinski kapacitet
- Opiranje promjeni agregatnog stanja
- Svojstva izvrsnog otapala
- Neobična promjena gustoće s temperaturom
- Adsorpcija sunčeve radijacije
- Velika površinska napetost



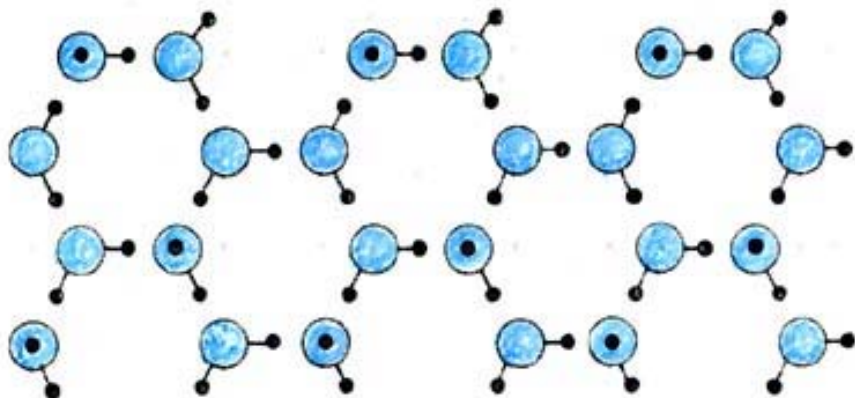
Neuobičajeno visoke točke taljenja (0°C) i vrenja (100°C) omogućavaju da voda na površini našeg planeta egzistira u tekućem obliku

Vodikove veze daju gipkost
molekulama vode pa je voda pri
atmosferskom tlaku i većini
temperatura prisutnih na Zemlji
prisutna u tekućem agregatnom
stanju



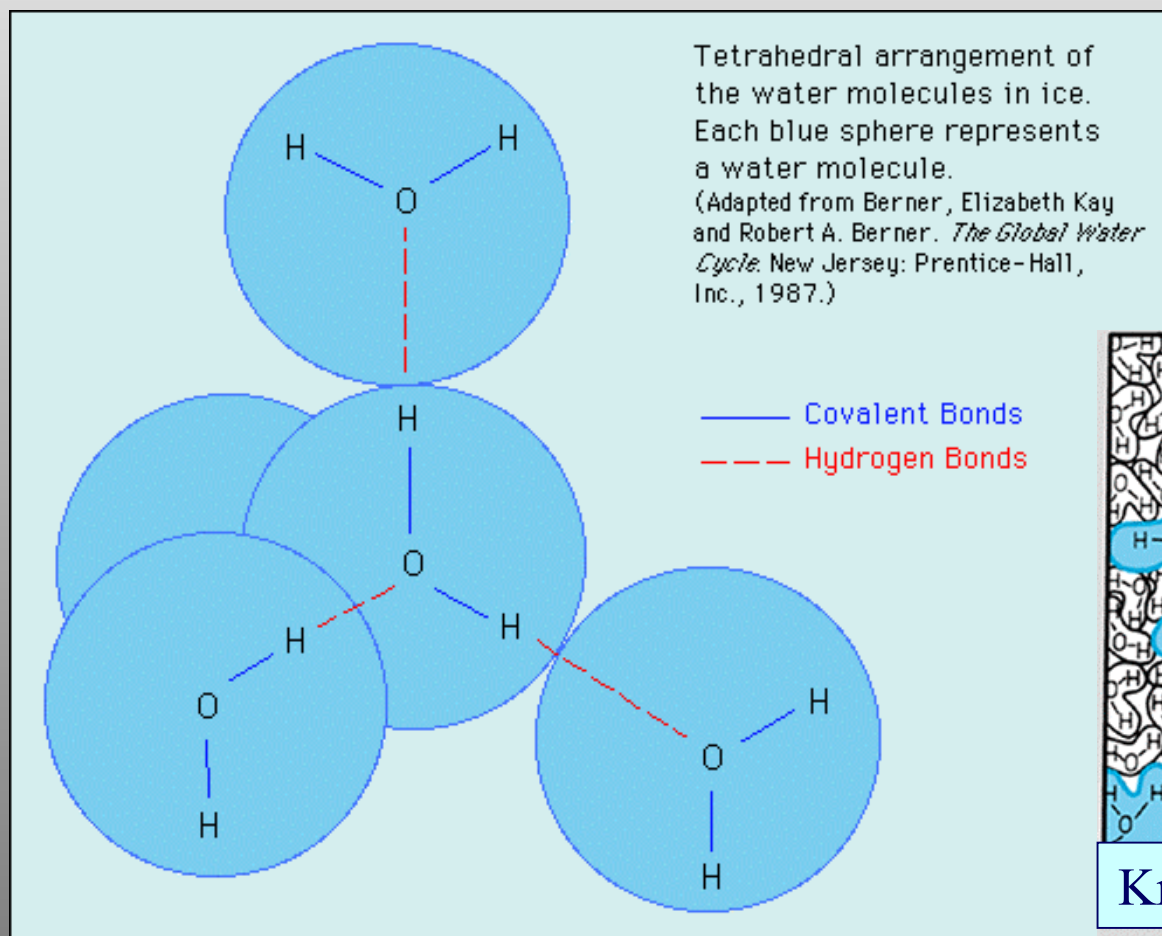


Iceberg in the Ross Sea, Antarctica



U ledu molekule vode gube
gipkost i formiraju
heksagonalnu kristalnu
strukturu

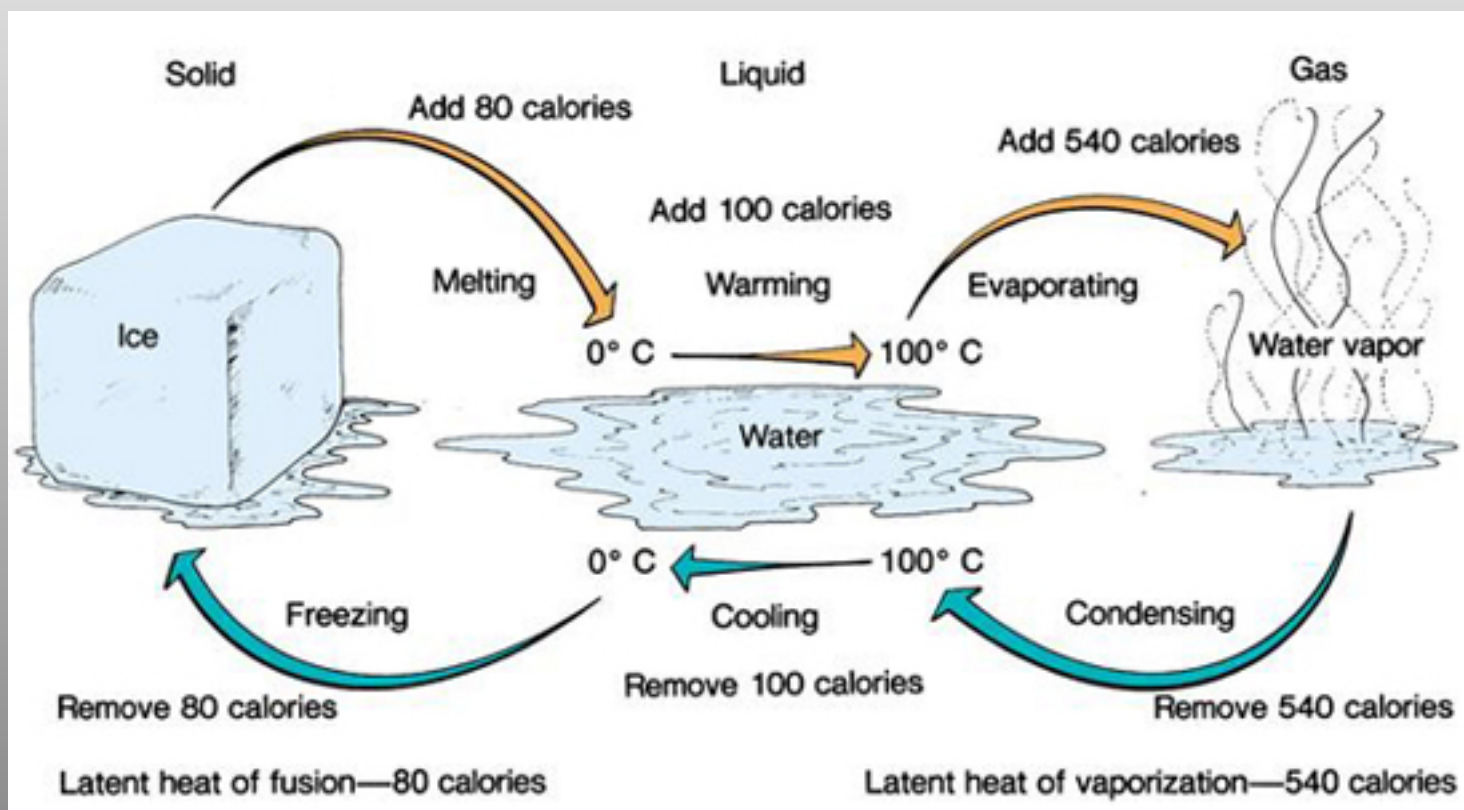
Tetraedni poredak molekula vode u ledu. Svaki plavi krug predstavlja molekuliku vode

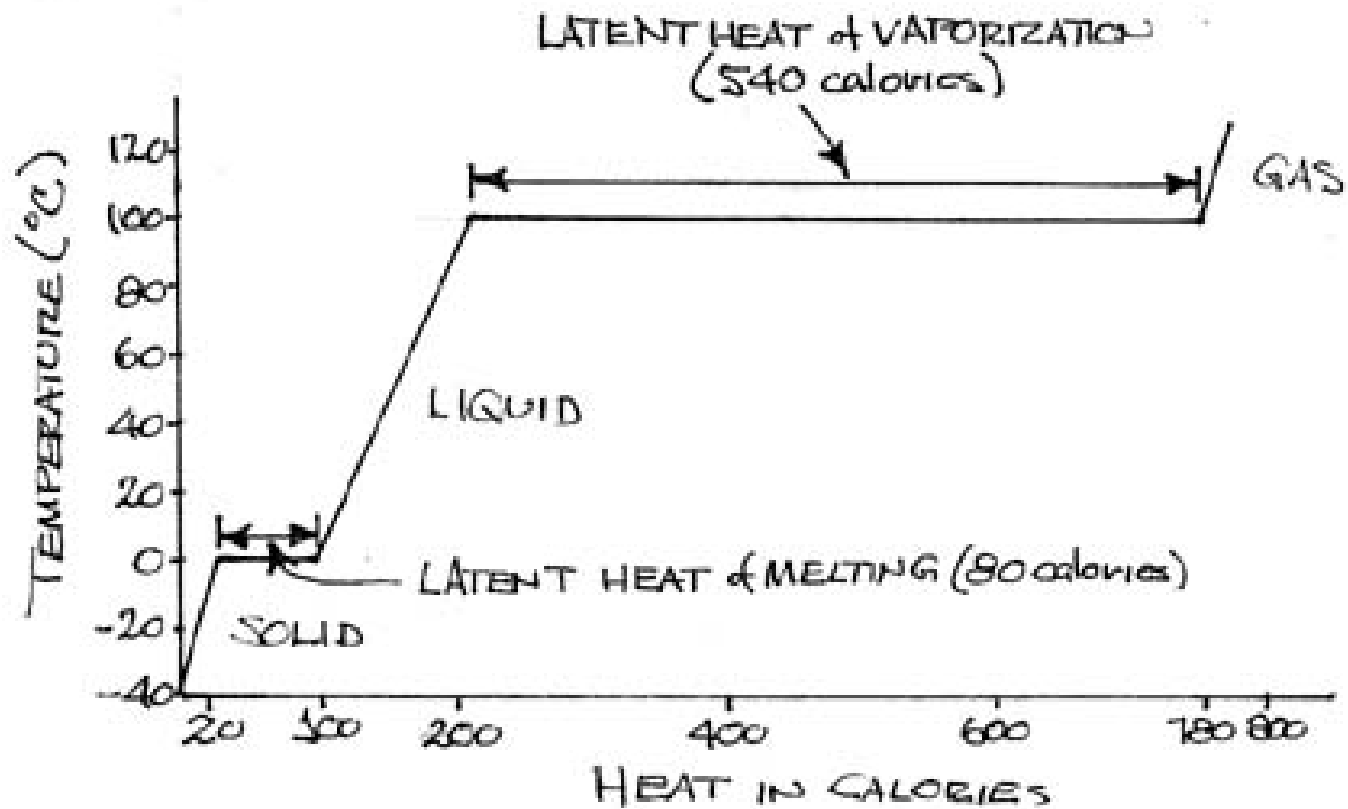


Termička svojstva vode

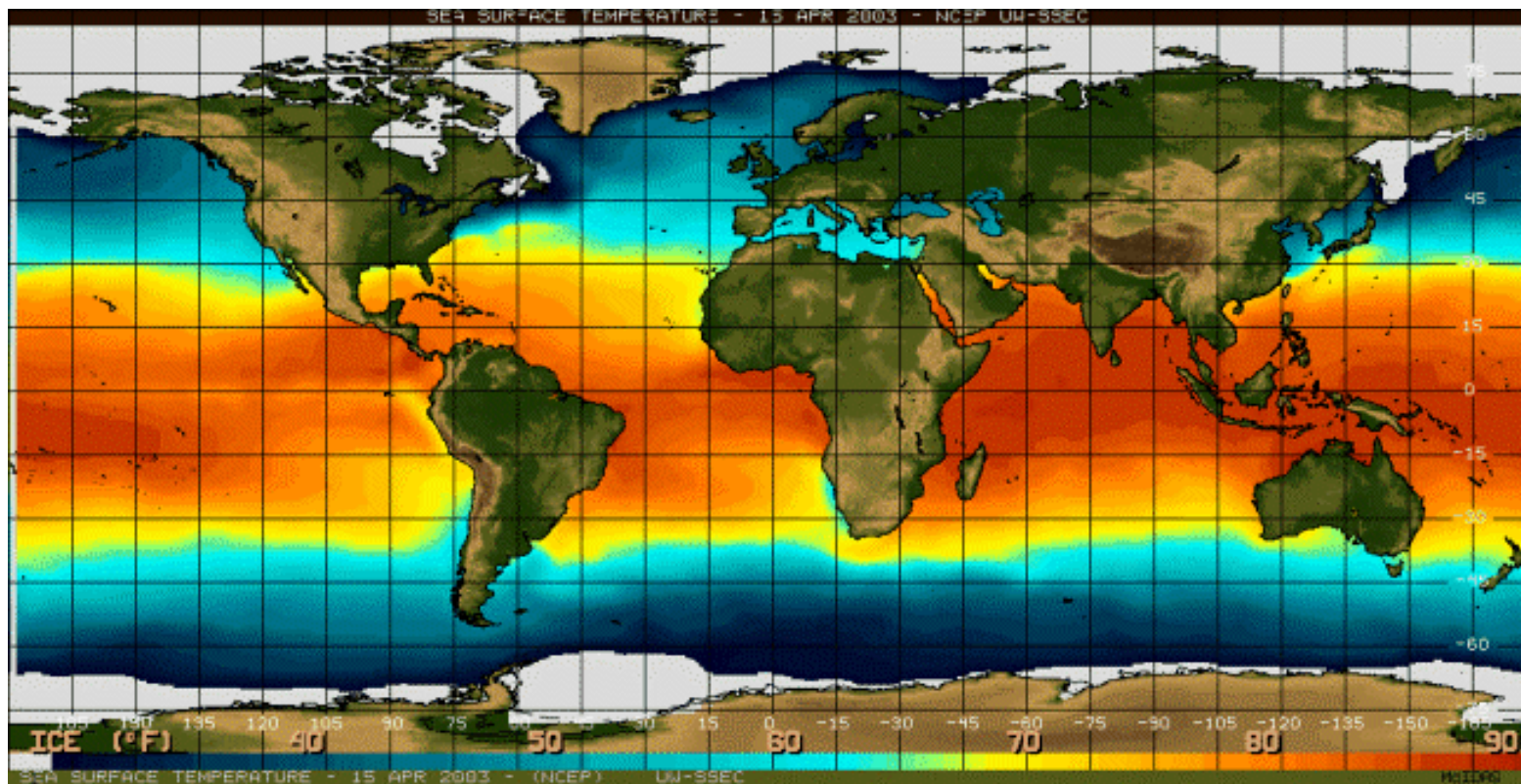
- **Voda ima ekstremno visoki toplinski kapacitet**
 - **SPECIFIČNA TOPLINA** – količina toplinske energije koja je potrebna da bi se jednom gramu vode podigla temperatura za 1°C
 $\Rightarrow 1 \text{ cal (4.2 J)}$
- **Voda se opire promjeni agregatnog stanja**
 - **TOPLINA TALJENJA** – količina toplinske energije koja se treba dodati ledu da bi se otopio jedan gram vode $\Rightarrow 80 \text{ cal (335 J)}$
 - **TOPLINA ISPARAVANJA** – količina toplinske energije koja se treba dodati vodi da bi se ispario jedan gram vode $\Rightarrow 540 \text{ cal (2260 J)}$

Latentna toplina

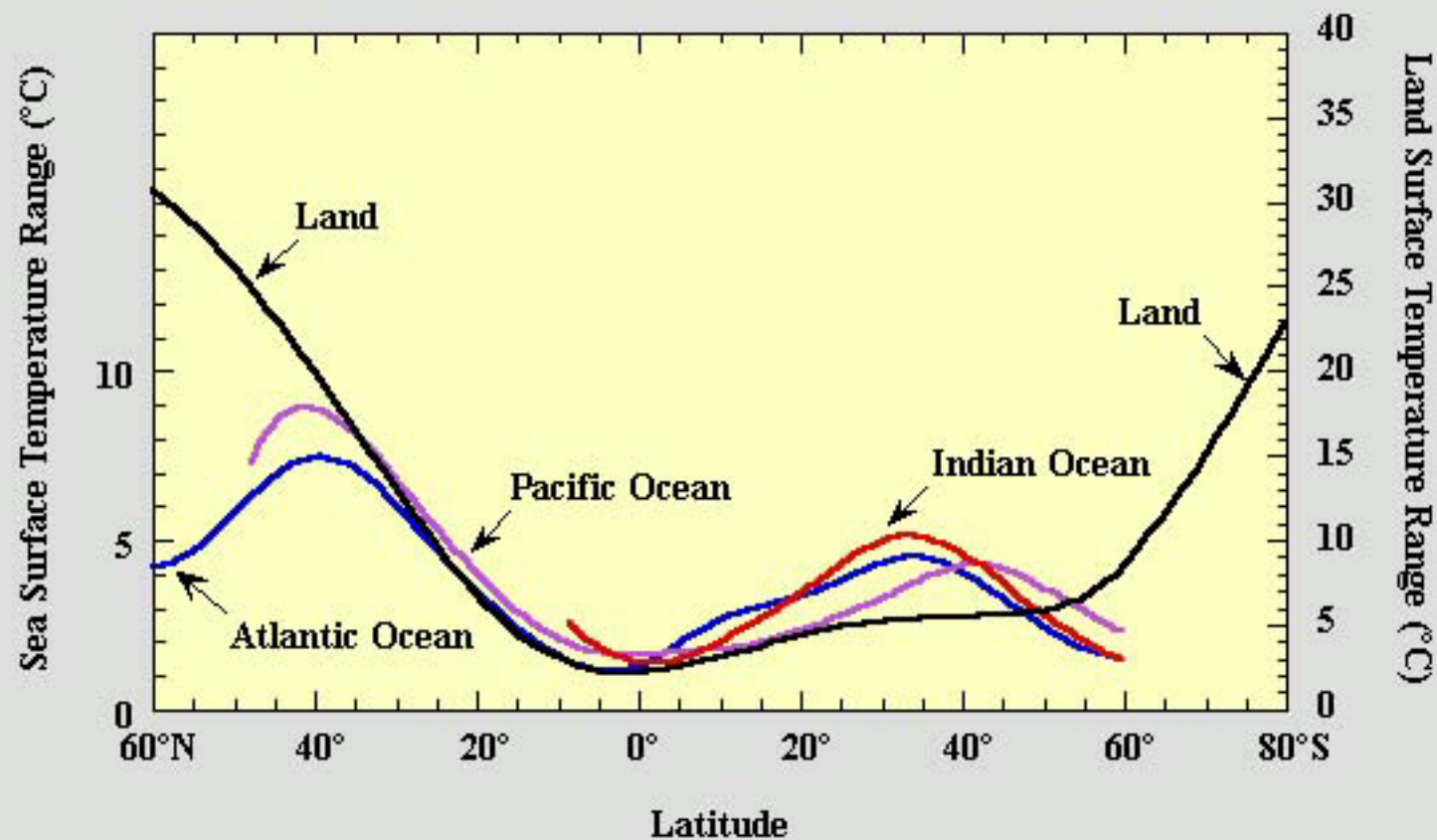




Površinska temperatura svjetskog mora

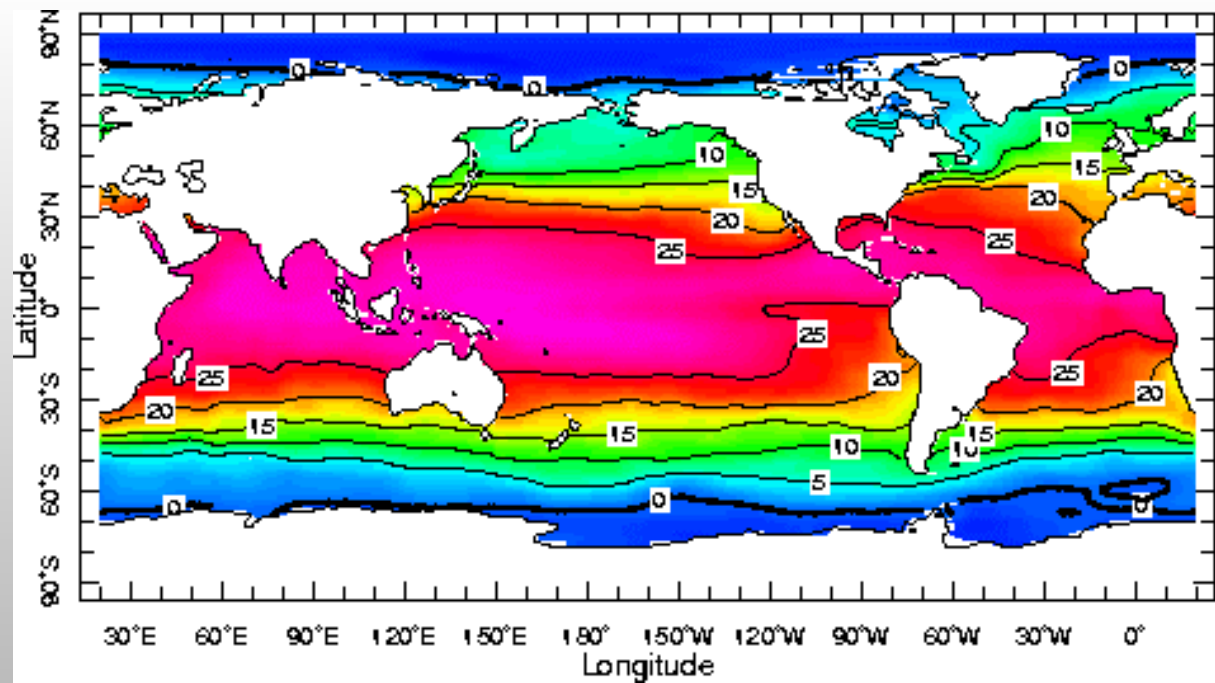


Posljedice termičkih svojstava vode su daleko jednolikija temperatura svjetskih mora u odnosu na kopno tijekom godine. Pored toga mora ublažavaju temperaturne varijacije susjednog kopna

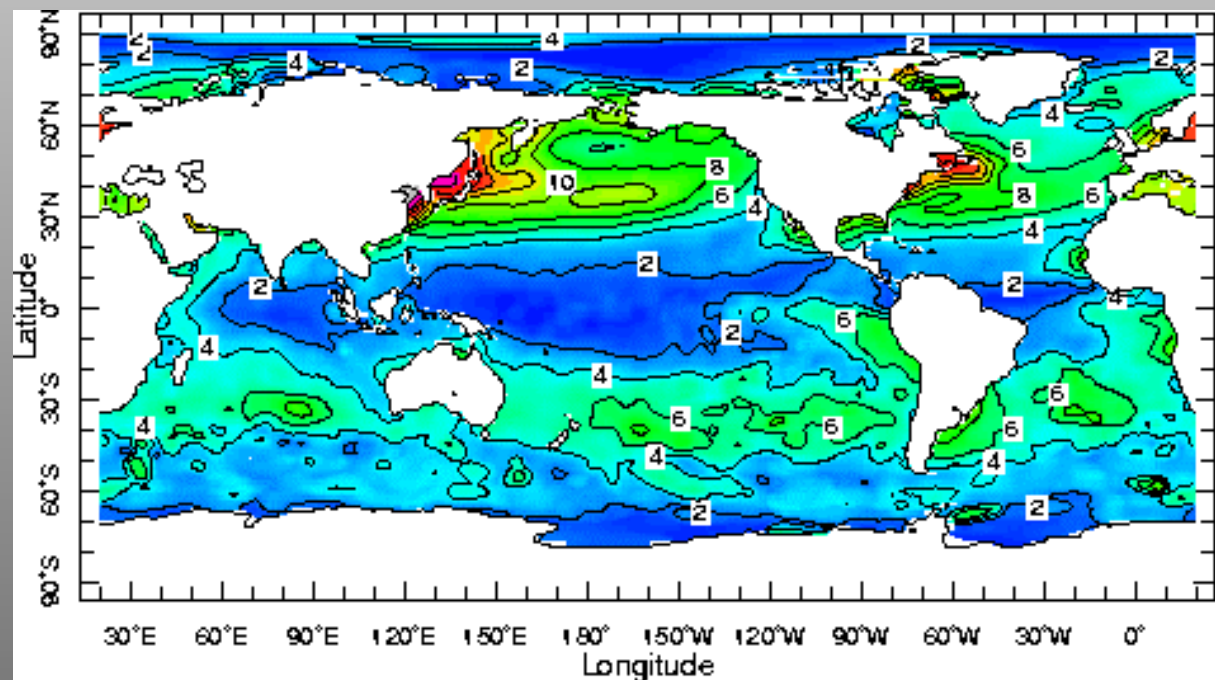


Godišnje varijacije temperature daleko su manje u moru nego na kopnu.
Najveće godišnje varijacije temperature u morima prisutne su na
srednjim geografskim širinama

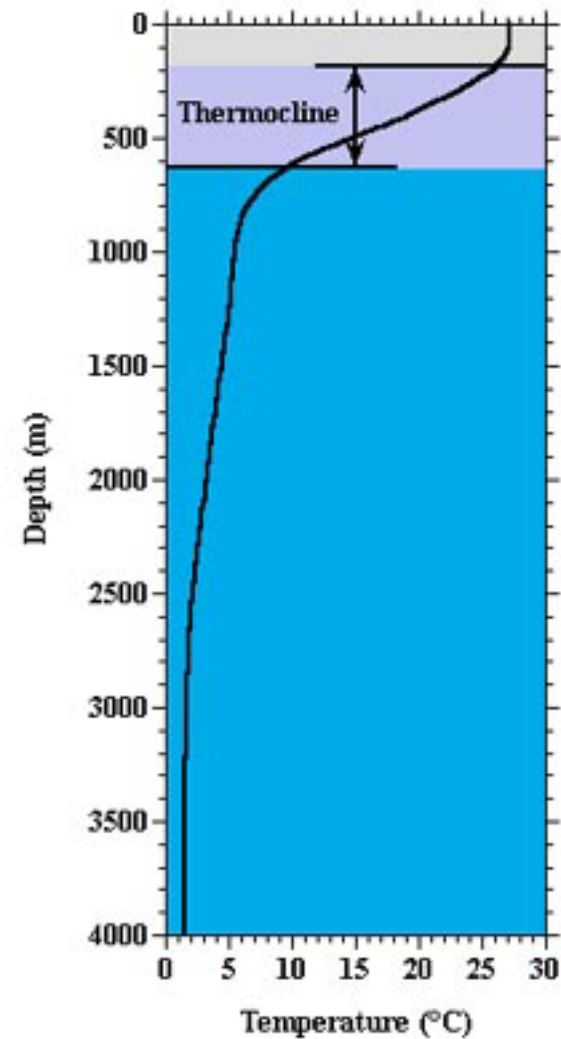
Srednja godišnja
površinska
temperatura
svjetskih mora



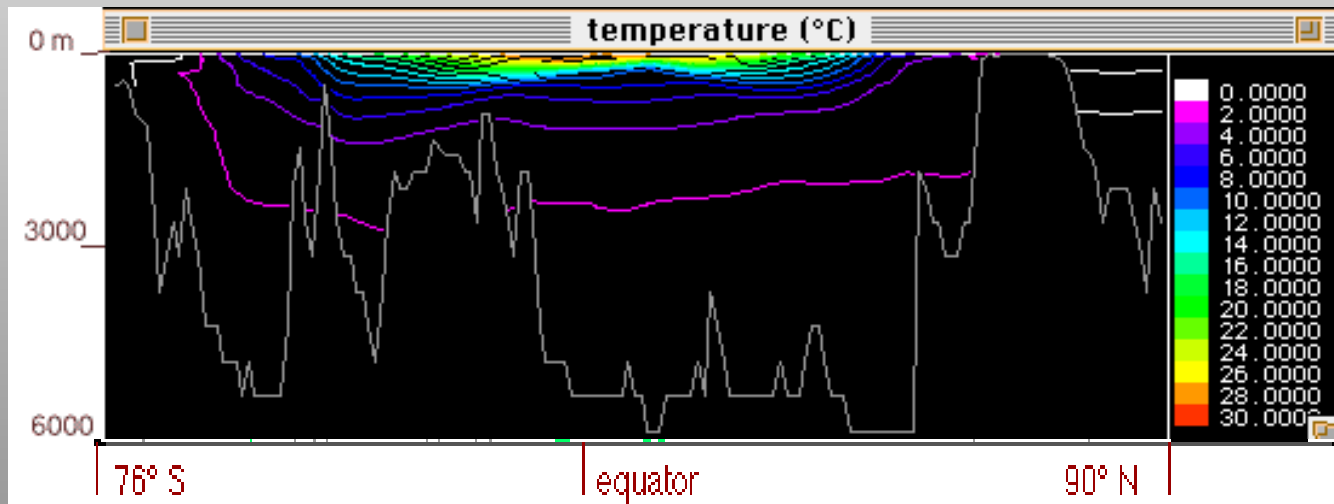
Godišnje varijacije
temperature su
daleko manje nego
na kopnu, a najveće
su na srednjim
geografskim
širinama

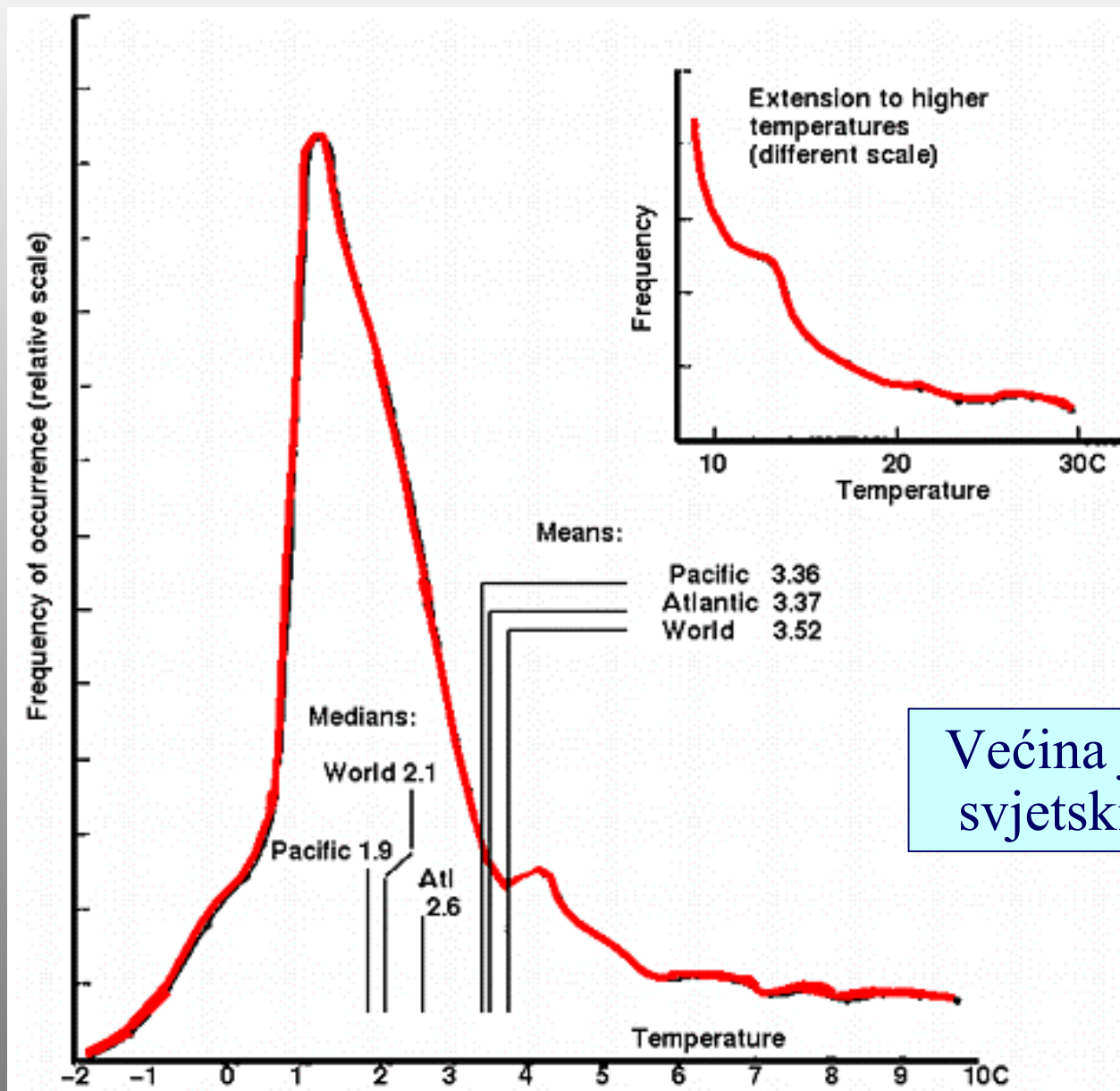


Temperatura mora
opada s dubinom...



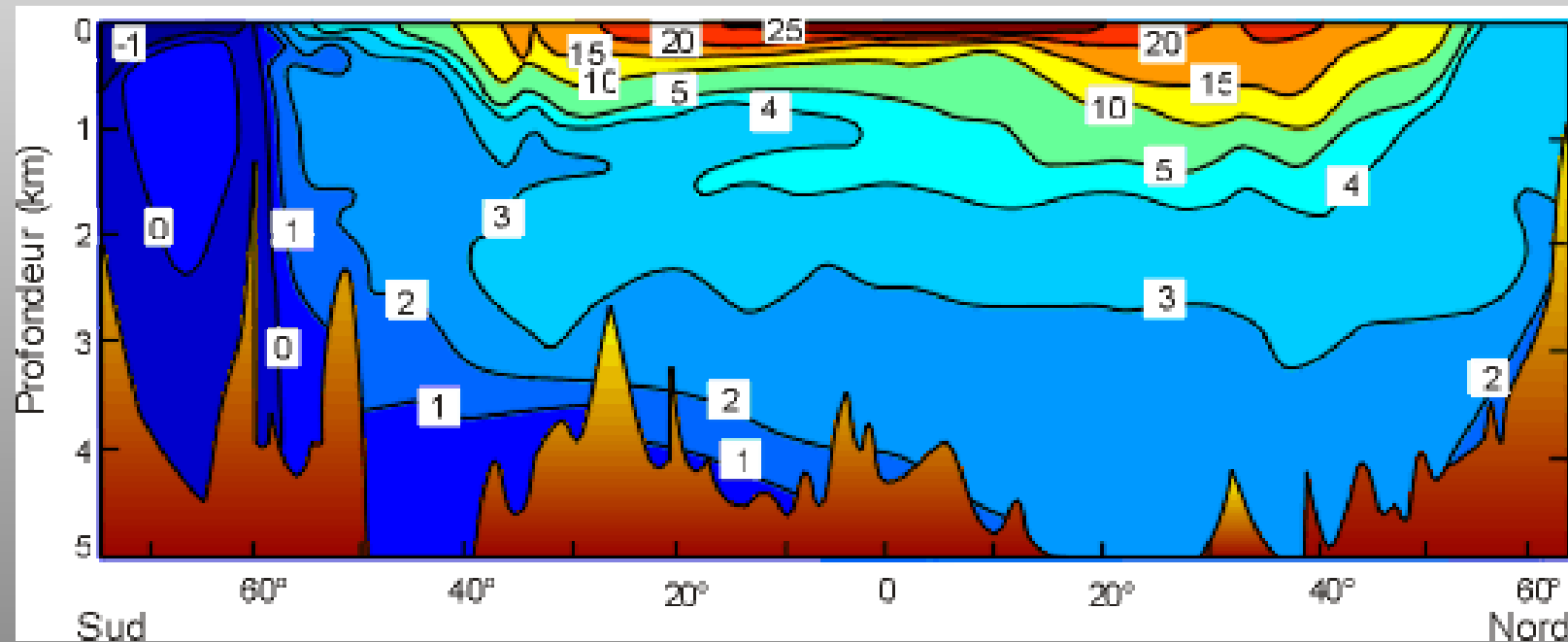
... pa je većina vodene mase svjetskih mora
hladna



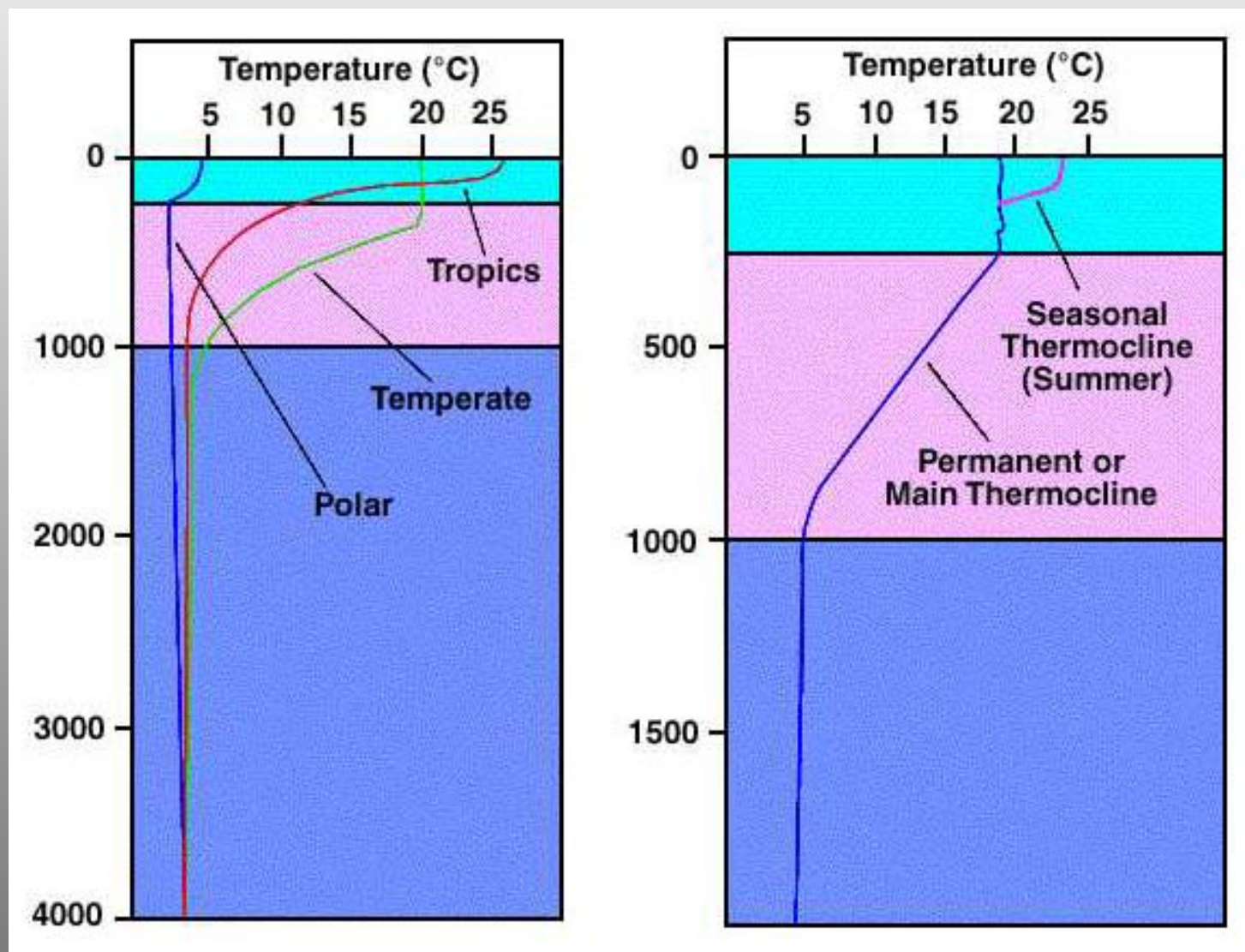


Većina je vodene mase
svjetskih mora hladna

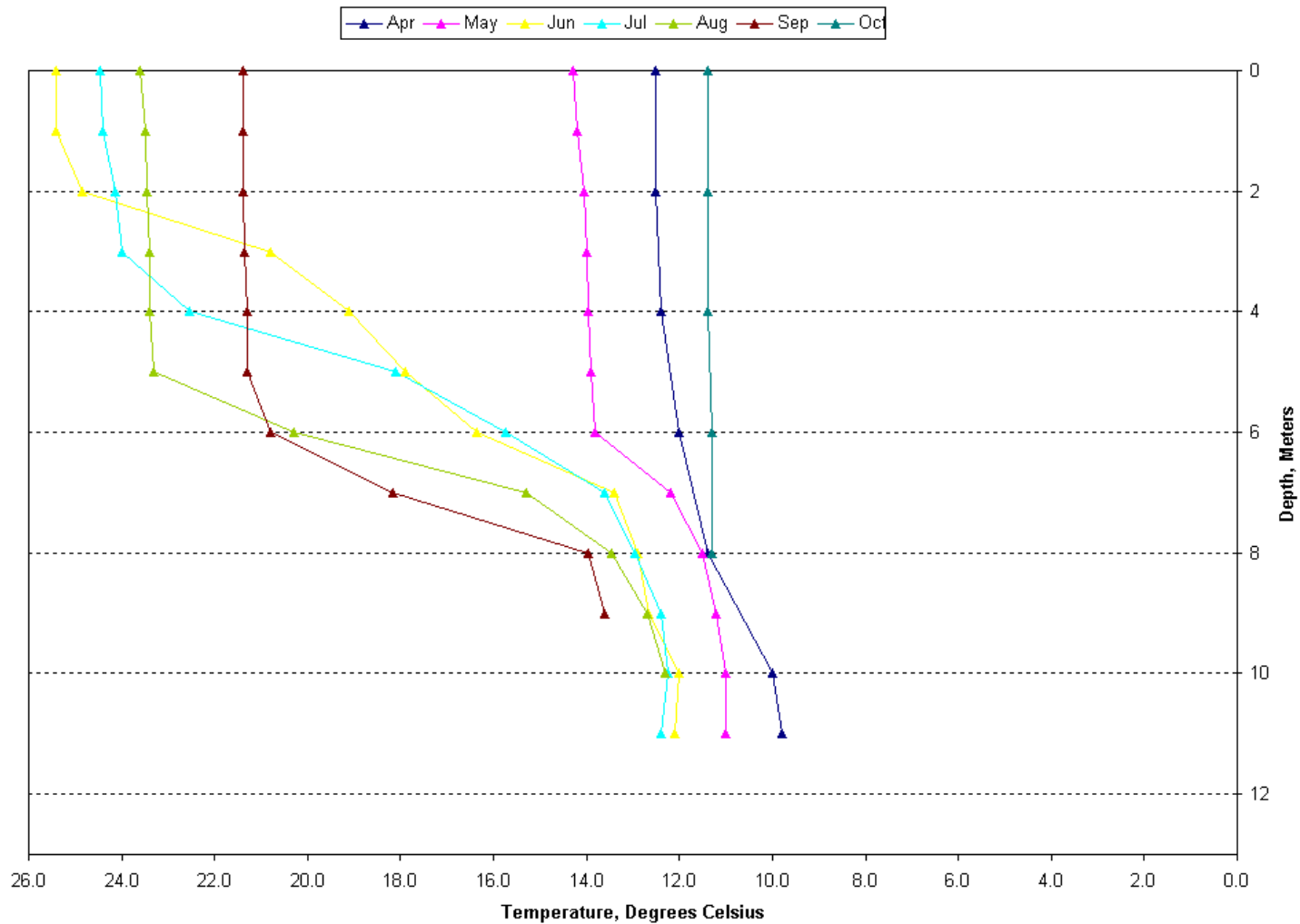
Vertikalna raspodjela temperature u Atlantiku

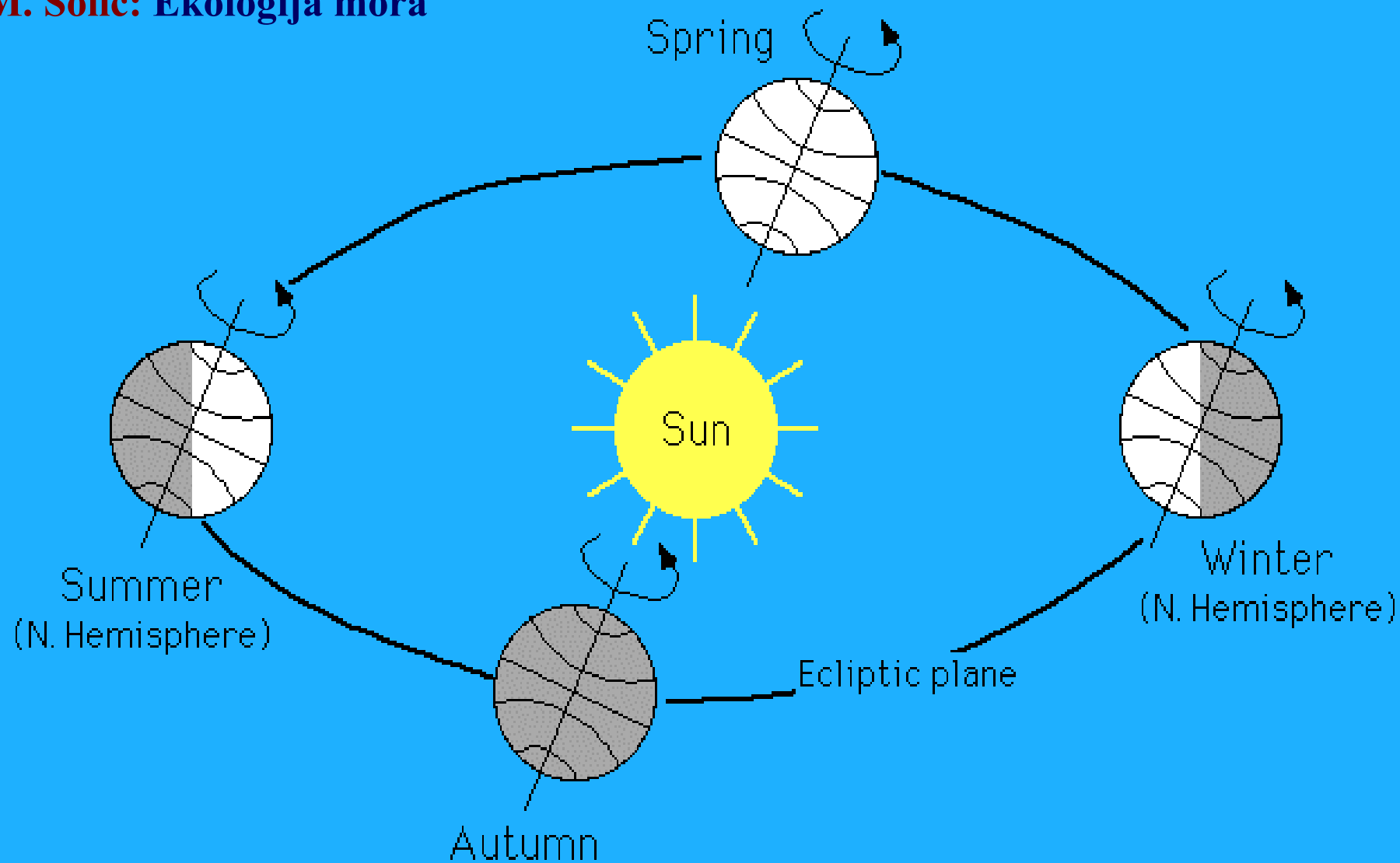


Vertikalni gradijent temperature najviše je razvijen u tropskim područjima, a u umjerenim područjima tijekom ljeta



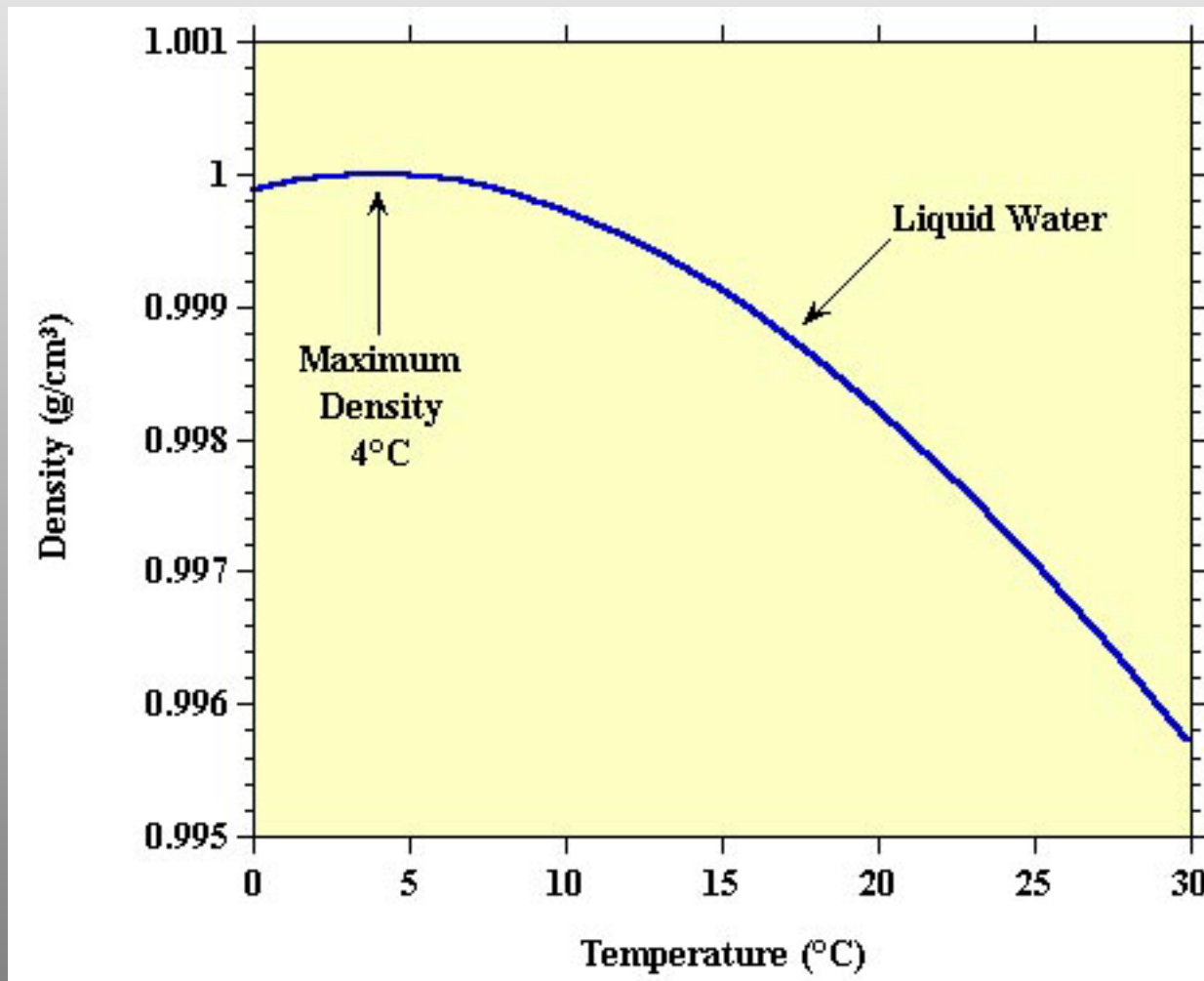
Na srednjim geografskim širinama termoklina je razvijena tijekom ljeta



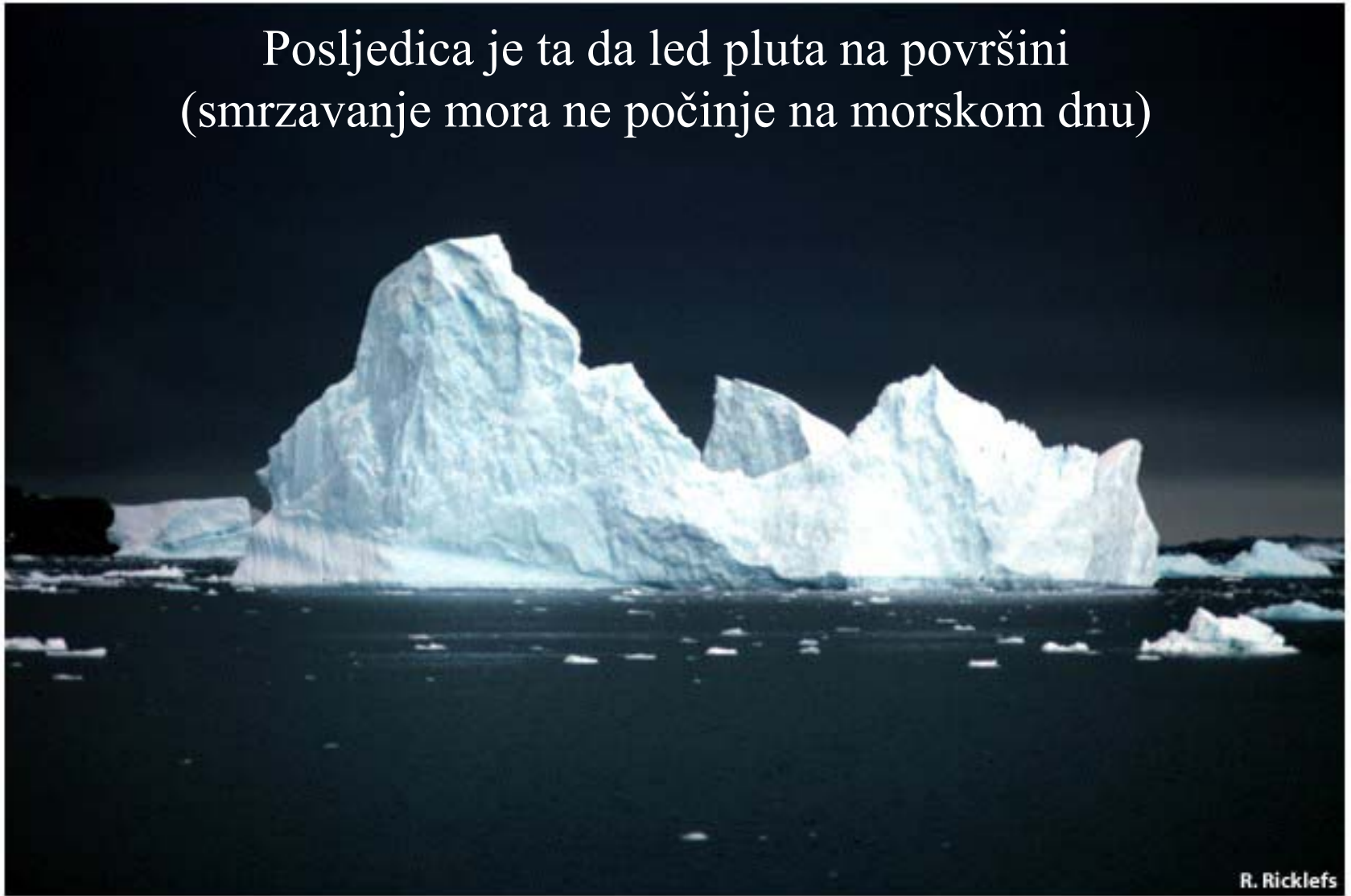


Zbog nagnutosti Zemljine osi i kruženja Zemlje oko Sunca na Zemlji se tijekom godine izmjenjuju godišnja doba. Izmjena sezona je najizraženija na srednjim geografskim širinama

Maksimalna gustoća vode je kod 4°C



Posljedica je ta da led pluta na površini
(smrzavanje mora ne počinje na morskom dnu)







Termička svojstva vode

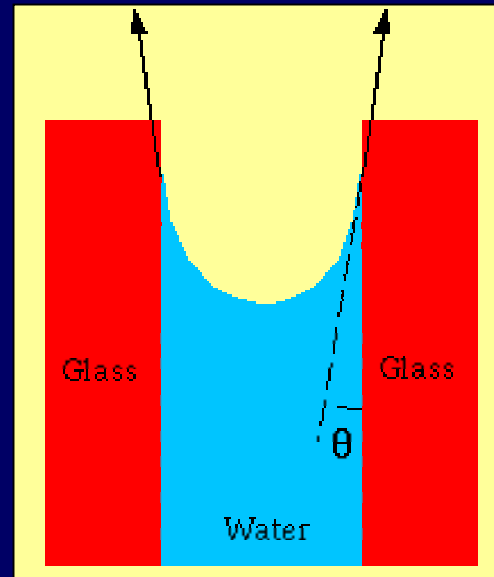
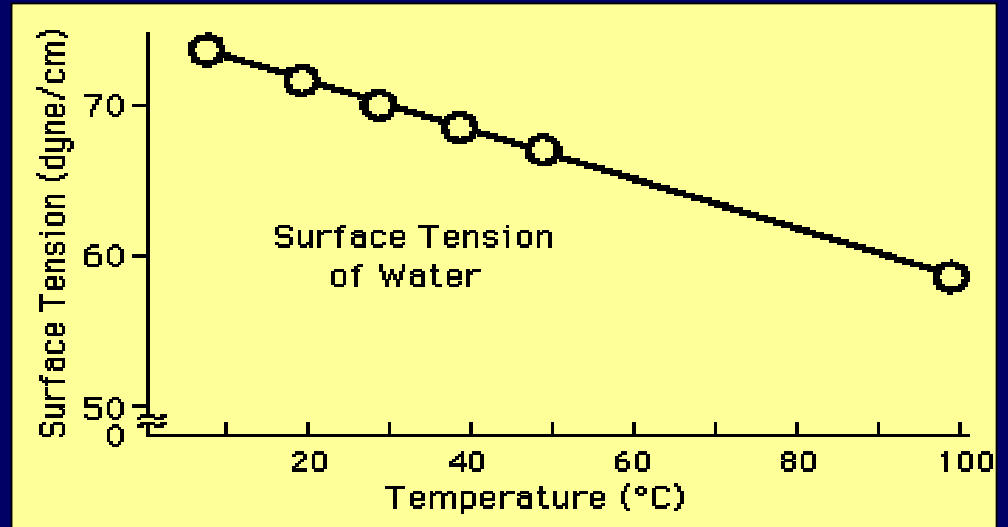
TABLE 4-1 Thermal properties of water

Property	Definition	Quantity
Specific heat	The quantity of heat energy required to raise the temperature of 1 g of water 1° C	1 calorie (cal) or 4.2 joules (J)
Heat of melting	The quantity of heat energy that must be added to ice to melt 1 g of water at 0° C	80 cal or 335 J
Heat of vaporization	The quantity of heat energy that must be added to evaporate 1 g of water	597 cal or 2,498 J at 0° C; 536 cal or 2,243 J at 100° C
Thermal conductivity	The flux of heat through a 1 cm ² cross section at a gradient of 1° C cm ⁻¹	(units are J cm ⁻¹ s ⁻¹ ° C ⁻¹): 0.0055 at 0° C; 0.0060 at 20° C; 0.0063 at 40° C; 0.022 for ice at 0° C
Density	Mass per unit of volume	Water at 30° C = 0.99565 g cm ⁻³ 20° C = 0.99821 10° C = 0.99970 4° C = 0.99997 (maximum density) 0° C = 0.99984 Ice at 0° C = 0.917

Napetost površine



Napetost površine



Napetost površine

Kukac koji koristi
napetost površine vode
kako bi se po njoj
mogao sklizati

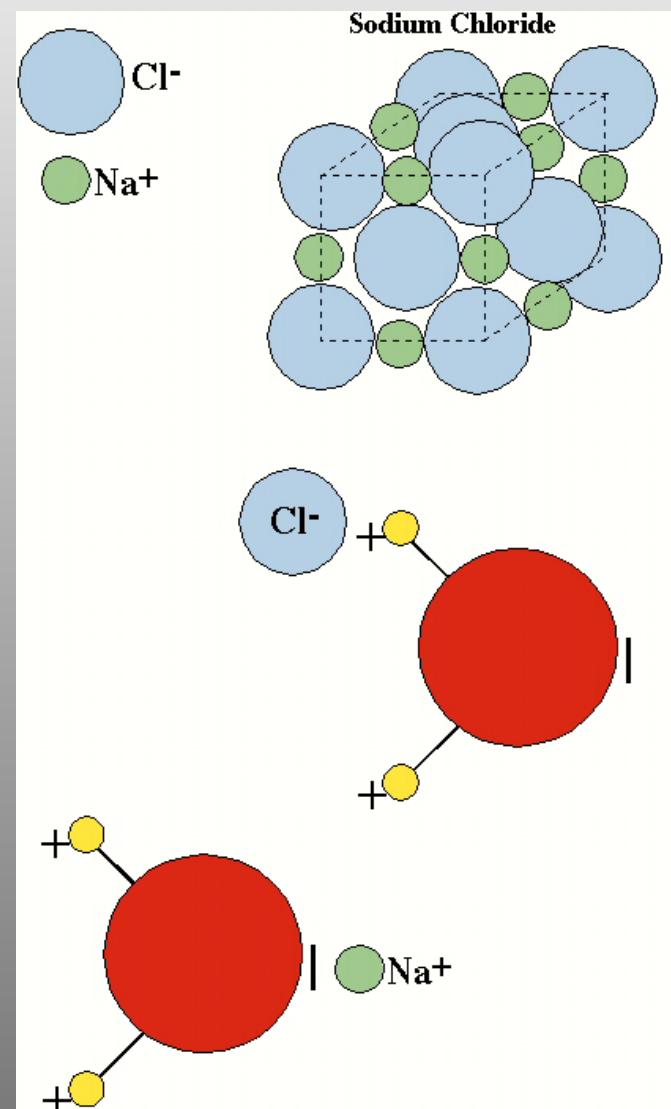
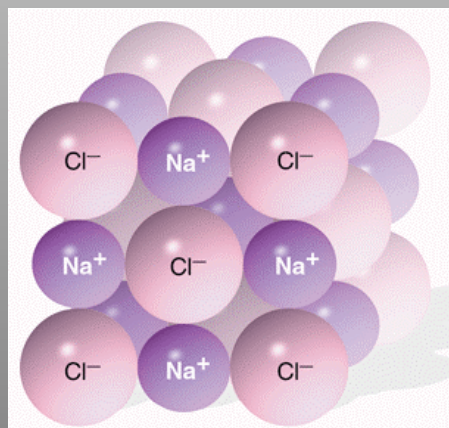
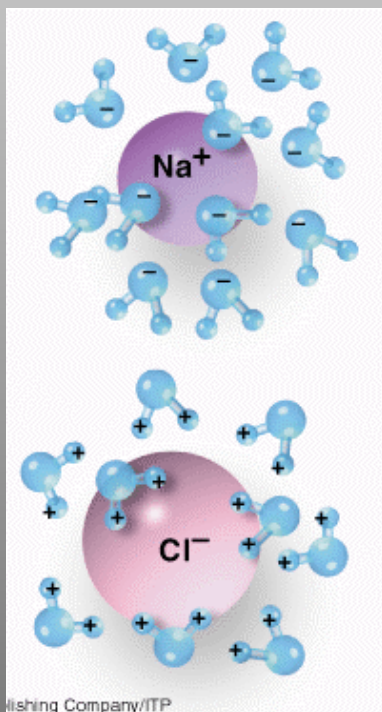


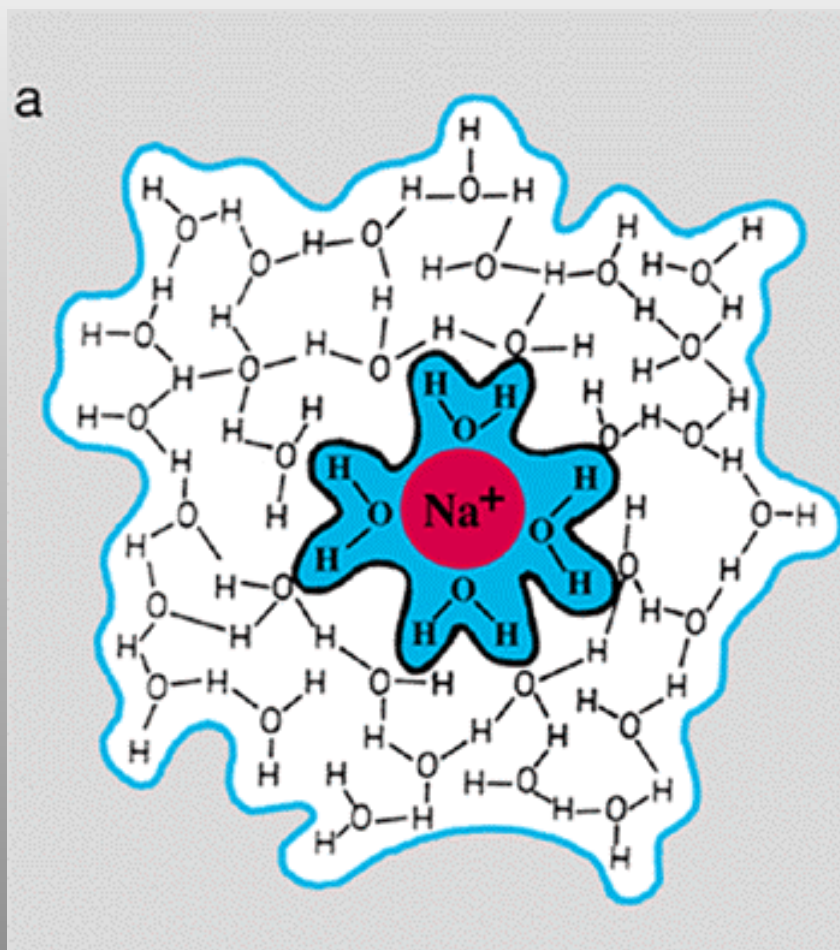
1	IA 1 H																	VIIIB 2 He
2		IIA 3 Li	4 Be															
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		

Lanthanide Series	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Actinide Series	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Svojstva otapala

Asimetrični električni naboj
omogućava molekulama vode da se
lako vežu s ionima, što vodu čini
izvrsnim otapalom





Jednom kada se nađu u otopini, ioni su okruženi molekulama vode (proces poznat pod nazivom hidratacija) što smanjuje mogućnost njihove kemijske rekombinacije. Niski geokemijski i biokemijski reaktivitet otopljenih iona rezultira njihovim dugačkim boravkom u oceanima u otopljenom stanju

Slanost (salinitet) morske vode

- Salinitet je količina anorganskih soli izražena u gramima koja je otopljena u 1 kg morske vode. Salinitet se izražava kao djelovi u tisuću (ppt) ili u promilima (‰).
- Salinitet se u otvorenim oceanima kreće u rasponu između 33 i 37 ‰, dok lokalno može varirati i znatno više kao posljedica ravnoteže između razrjeđivanja morske vode uslijed dotoka slatke vode putem rijeka, oborina i podmorskih izvora i koncentriranja soli zbog procesa evaporacije i formiranja leda.

Vrijeme zadržavanja (Residence time) elemenata u moru

- Vrijeme zadržavanja (Residence time) je prosječno vrijeme koje jedinica težine pojedine supstance provede u moru prije nego što se izgubi u sedimentu ili na kopnu.
- Vrijeme zadržavanja mnogih elemenata u moru vrlo je dugo i mjeri se u milijunima godina, za razliku od vremena miješanja morske vode koje se mjeri u tisućama godina.
- To omogućava dobru izmješanost elemenata u moru i homogeniziranost mora s obzirom na relativne odnose pojedinih elemenata.
- To je razlog što su relativni omjeri pojedinih elemenata u moru (pogotovo onih s dužim vremenom zadržavanja) gotovo konstantni bez obzira na varijacije saliniteta od mjesta do mjesta (**Princip konstantnih proporcija**)
- Iz toga proizlazi da je za određivanje saliniteta dovoljno odrediti količinu jednog elementa u moru i iz nje izračunati ukupni salinitet.

Vrijeme zadržavanja (Residence time) elemenata u moru

Ion	Vrijeme zadržavanja (godine)
Klor (Cl^-)	87×10^6
Natrij (Na^+)	55×10^6
Sulfat (SO_4^{2-})	9×10^6
Magnezij (Mg^{2+})	111×10^6
Kalcij (Ca^{2+})	4×10^6
Kalij (K^+)	10×10^6
Bikarbonat (HCO_3^-)	0.1×10^6

Klorinitet - Salinitet

- Budući da je omjer klora s drugim elementima u moru konstantan, te da je precizno određivanje klora metodološki vrlo jednostavno, upravo je određivanje klora prihvaćeno kao metoda za određivanje ukupnog saliniteta

Salinitet se na ovaj način može odrediti kao:

$$\text{SALINITET} = \text{KLORINITET} \times 1.81$$

- Klorinitet se precizno može odrediti bilo jednostavnom kemijskom titracijom, bilo mjerenjem konduktiviteta (veća količina klora u otopini povećava vodljivost električne struje).
- Salinitet se s nešto manjom preciznošću se može odrediti i optičkim refraktometrom (povećana količina soli u otopini povećava refrakciju svjetlosti)

Sastav morske vode

- Morska voda je kompleksna otopina u kojoj su otopljene anorganske i organske tvari uključujući i otopljene plinove. Pored toga u morskoj su vodi raspršene anorganske i organske čestice kao i brojni mikroorganizmi.
- Otopljene anorganske tvari u moru uključuju:
 - **GLAVNE KONSTITUENTE** – elementi s dugim vremenom zadržavanja i konstantnim međusobnim omjerima; oni koji čine salinitet morske vode. Prema koncentracijama u kojima su prisutni u moru dijele se na:
 - **MAKROELEMENTE** – koncentracije **> 100 ppm** (Cl, Na, Mg, S, Ca, K)
 - **MIKROELEMENTE** – koncentracije **1 – 100 ppm** (Br, C, Sr, B, Si, F)
 - **ELEMENTE U TRAGOVIMA** – koncentracije **< 1 ppm** (većinom metali)
 - **HRANJIVE SOLI** – spojevi dušika, fosfora i silicija, koji se uzimaju i oslobađaju tijekom bioloških procesa, čije su koncentracije vrlo niske (10-ak ppm ili manje) i varijabilne (kratko vrijeme zadržavanja)
 - **OTOPLJENE PLINOVE** – najvažniji su elementarni kisik i ugljični dioksid

DISSOLVED SUBSTANCES IN RIVER WATER

SUBSTANCE	CONCENTRATION (ppm)	CONCENTRATION (%)
Bicarbonate	58.8	48.7
Calcium	15.0	12.4
Silica	13.1	10.8
Sulfate	1.2	9.3
Chloride	7.8	6.5
Sodium	6.3	5.2
Magnesium	4.1	3.4
Potassium	2.3	1.9
Nitrate	1.0	0.8
Iron aluminum oxide	0.9	0.8
remainder	0.3	0.3

Otopljene anorganske tvari u
more dospijevaju putem rijeka i
oborina

COMPOSITION of RAINWATER (in mg/L)

	Coastal	Inland
Na ¹⁺	3.68	0.40
K ¹⁺	0.24	0.20
Mg ²⁺	—	0.10
Ca ²⁺	0.58	1.4
Cl ¹⁻	4.83	0.41
SO ₄ ²⁻	2.45	3.0
NO ₃ ¹⁻	—	1.20
NH ₄ ¹⁺	—	0.30

Usporedba sastava elemenata u rijekama, moru i kišnici

COMPARISON OF WATER COMPOSITIONS			
	River Water	Seawater	Rainwater (Inland)
Ca^{2+}	12.4%	1.16%	1.4 mg/L
Na^{1+}	5.2%	30.61%	0.40 mg/L
Mg^{2+}	3.4%	3.69%	0.10 mg/L
K^{1+}	1.9%	1.10%	0.20 mg/L
HCO_3^{1-}	48.7%	0.41%	
SO_4^{2-}	9.3%	7.68%	3.0 mg/L
Cl^{1-}	6.5%	55.04%	0.41 mg/L
NO_3^{1-}	0.8%		1.20 mg/L

Glavni konstituenti u moru

TABLE 14.3

Major Ionic
Constituents

of Seawater

Ion	g/kg of Seawater
------------	-------------------------

Cl ⁻	19.0
Na ⁺	10.5
SO ₄ ²⁻	2.65
Mg ²⁺	1.35
Ca ²⁺	0.40
K ⁺	0.38
HCO ₃ ⁻	0.14
Br ⁻	0.065

MAJOR SOLUTES IN SEAWATER

SALT ION

IONS BY WEIGHT
(%)

Chloride	(Cl ¹⁻)	55.04
Sodium	(Na ¹⁺)	30.61
Sulfate	(SO ₄ ²⁻)	7.68
Magnesium	(Mg ²⁺)	3.69
Calcium	(Ca ²⁺)	1.16
Potassium	(K ¹⁺)	1.10
Bicarbonate	(HCO ₃ ¹⁻)	0.41
Bromide	(Br ¹⁻)	0.19
Boric Acid	(H ₃ BO ₃)	0.07
Strontium	(Sr ²⁺)	0.04
Fluoride	(F ¹⁻)	0.00

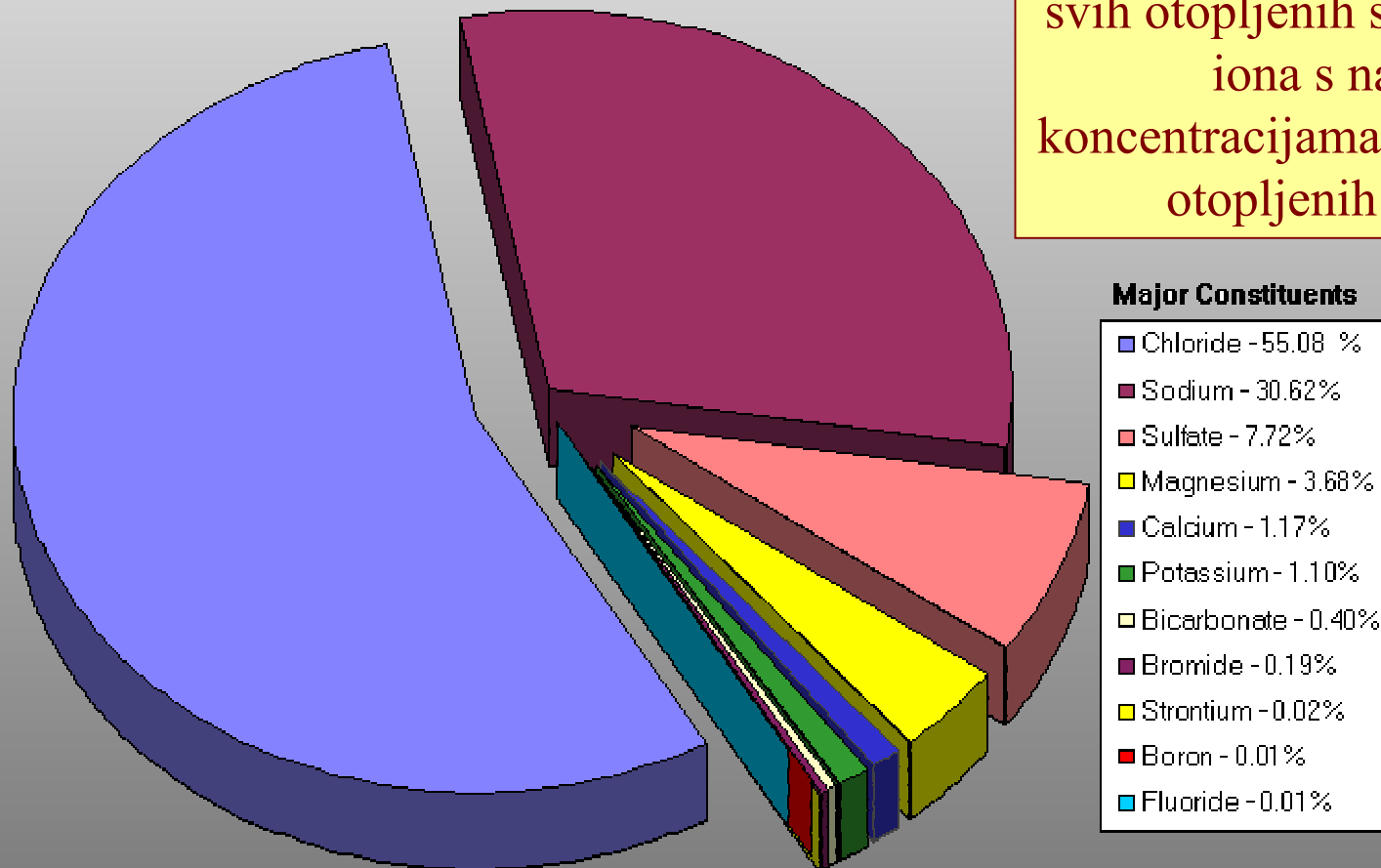
TOTAL	99.99
-------	-------

Constituents of Sea Water

Substance	Symbol	‰ of Seawater	% of Total Weight of Salt
Chloride	Cl^-	18.980	55.04
Sodium	Na^+	10.556	30.61
Sulfate	SO_4^{-2}	2.649	7.68
Magnesium	Mg^{+2}	1.272	3.69
Calcium	Ca^{+2}	0.400	1.16
Potassium	K^+	0.380	1.10
Bicarbonate	HCO_3^-	0.140	0.41
Bromide	Br^-	0.065	0.19
Boric Acid	H_3BO_3	0.026	0.07
Strontium	Sr^{+2}	0.013	0.04
Fluoride	F^-	0.001	0.00
Total		34.482‰	99.99%

Glavni konstituenti u moru

Dva glavna elementa u moru (klor i natrij) čine preko 85% od svih otopljenih supstanci, dok 6 iona s najvećim koncentracijama čini preko 99% otopljenih supstanci



Faktori koji reguliraju salinitet

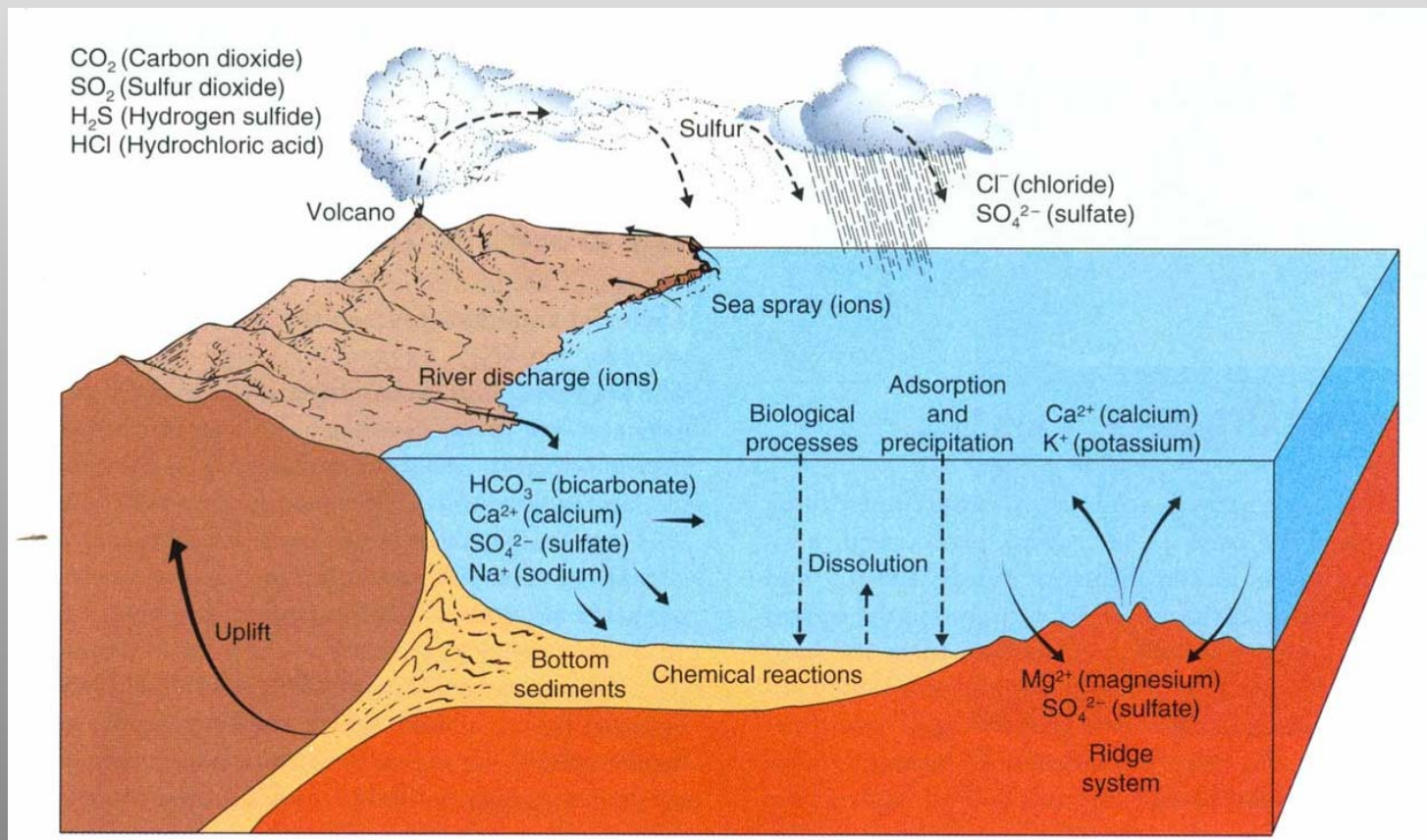
UNOS ANORGANSKIH SOLI U MORE:

- Najveći dio anorganskih soli u more dopijeva rijekama, a posljedica su fizičkog i kemijskog ispiranja kopna ($2.5-4.5 \times 10^{15}$ grama godišnje)
- Neke od soli u more dopijevaju oborinama (SO_4^{2-} je dominantan ion u kišnici)
- Podmorska vulkanska aktivnost i hidrotermalni izvori donose velike količine aniona i kationa (osobito Ca^{2+} , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^-)

UKLANJANJE ANORGANSKIH SOLI IZ OTOPINE:

- Unatoč velikom unosu anorganskih soli, salinitet mora je vrlo malo varirao u zadnjih 1.5 milijardu godina
- Glavni način uklanjanja anorganskih soli iz otopine je precipitacija (taloženje) koja se događa kada morska voda postane prezasićena s nekim od iona (npr. precipitacija NaCl , CaSO_4 , CaCO_3)
- Morski aerosol
- Adsorpcija kationa na minerale gline (K^+ i Mg^{2+})
- Biološka precipitacija: sekrecija oklopa i drugih tvrdih dijelova (Ca^{2+} , Sr^{2+}); bakterijska razgradnja (uklanjanje HCO_3^- , SO_4^{2-}); sinteza tkiva i organske tvari

Procesi koji distribuiraju i reguliraju makrokostitente u moru



Koncentracije anorganskih soli u moru su često ograničene njihovom maksimalnom topljivošću

Na primjer:

- Kalcijev karbonat se otapa samo do koncentracije od 0.000014 g/g vode (ta je razina dostignuta eonima ranije, pa se višak kalcijevih iona taloži i formira vapnenačke stijene)
- NaCl predstavlja drugi ekstrem, jer njegova topljivost iznosi oko 0.36 g/g vode što je znatno iznad njegove koncentracije u moru

Elementi u tragovima

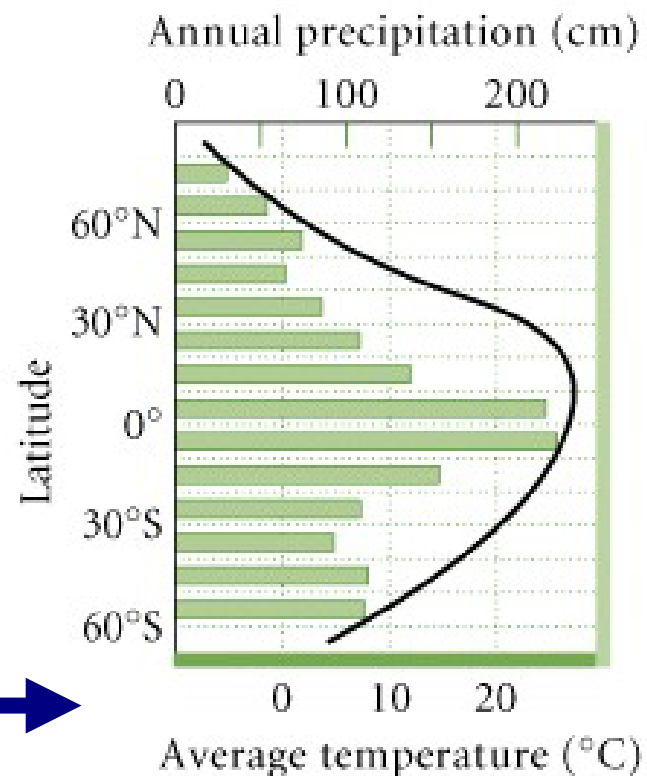
SOME TRACE ELEMENTS IN SEAWATER	
ELEMENT	CONCENTRATION (ppb)
Lithium	170
Iodine	60
Molybdenum	10
Zinc	10
Iron	10
Aluminum	10
Copper	3
Manganese	2
Cobalt	0.1
Lead	0.03
Mercury	0.03
Gold	0.004

ppb – djelovi u milijardi

Raspodjela saliniteta duž geografske širine

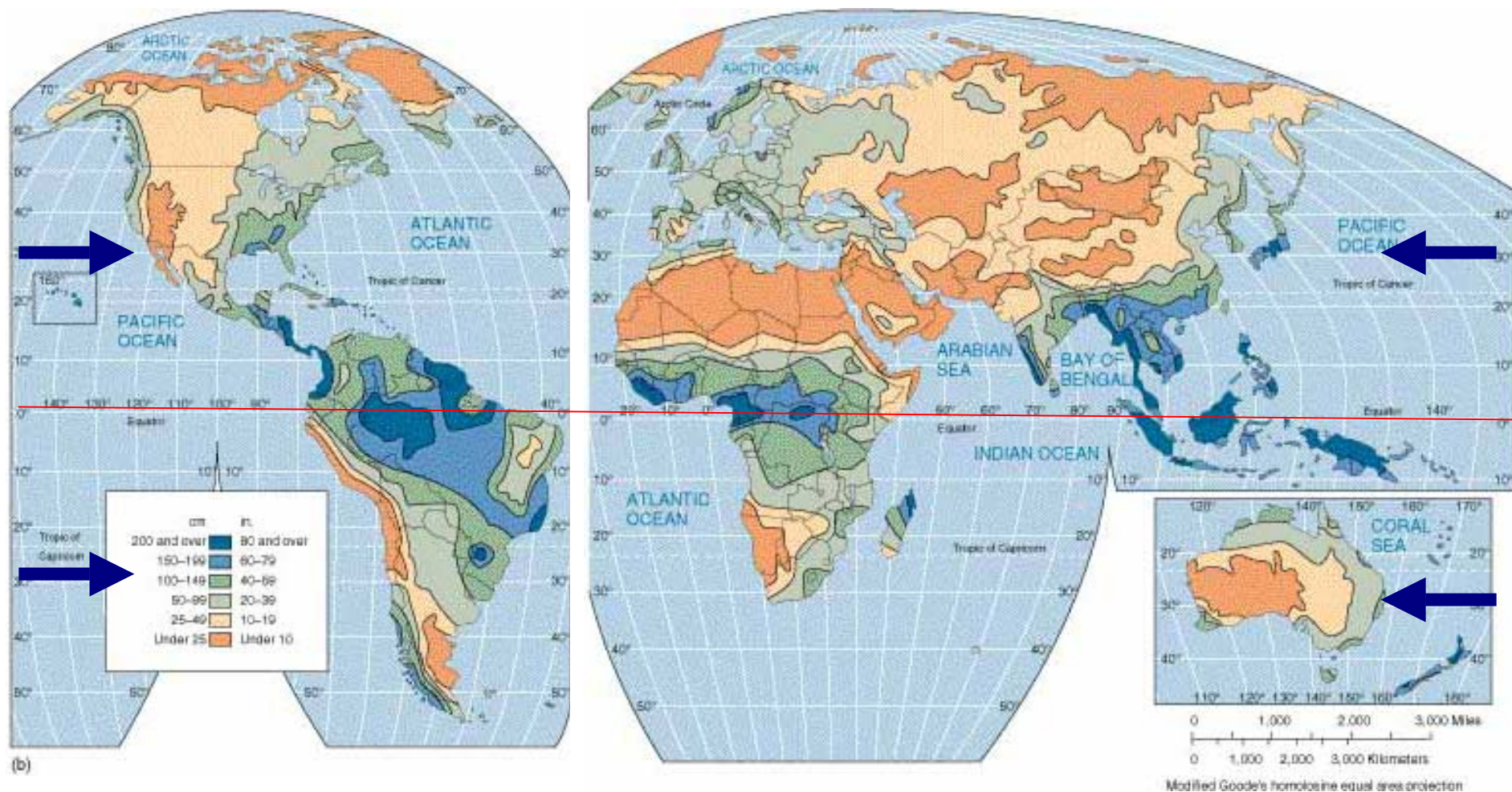
Varijacije u ravnoteži između količine oborina i evaporacije duž geografske širine rezultiraju globalnim obrascem raspodjele površinskog saliniteta kojeg karakterizira blagi maksimum saliniteta na oko 30° sjeverne i južne geografske širine, te minimum na ekvatoru, kao i trend opadanja saliniteta prema višim geografskim širinama

Minimalne prosječne količine oborina karakteristične su geografske širine od oko 30° sjeverno i južno od ekvatora, dok su maksimalne količine prisutne na ekvatoru



(b)

Minimalne količine oborina na oko 30° sjeverne i južne geografske širine



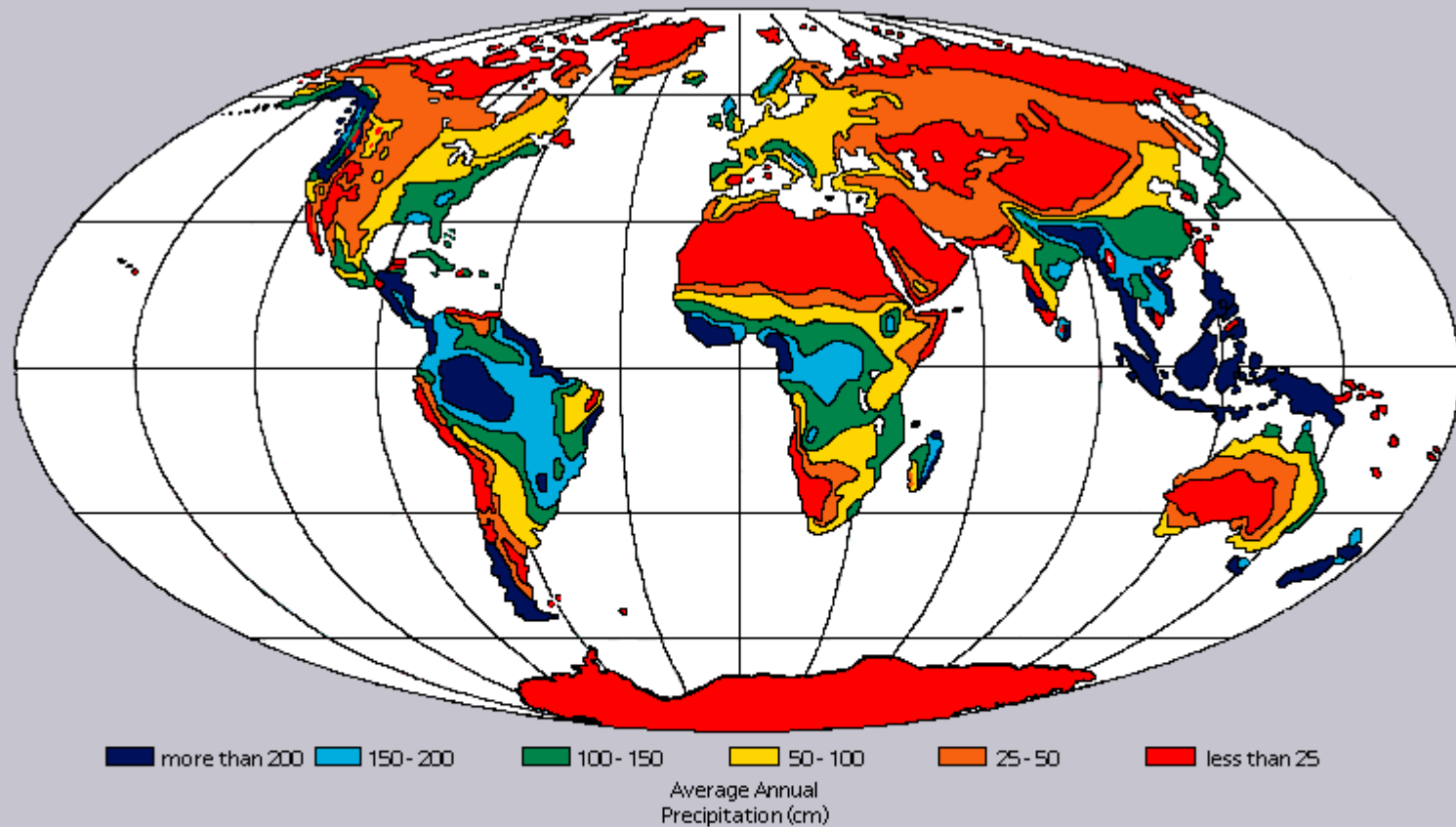
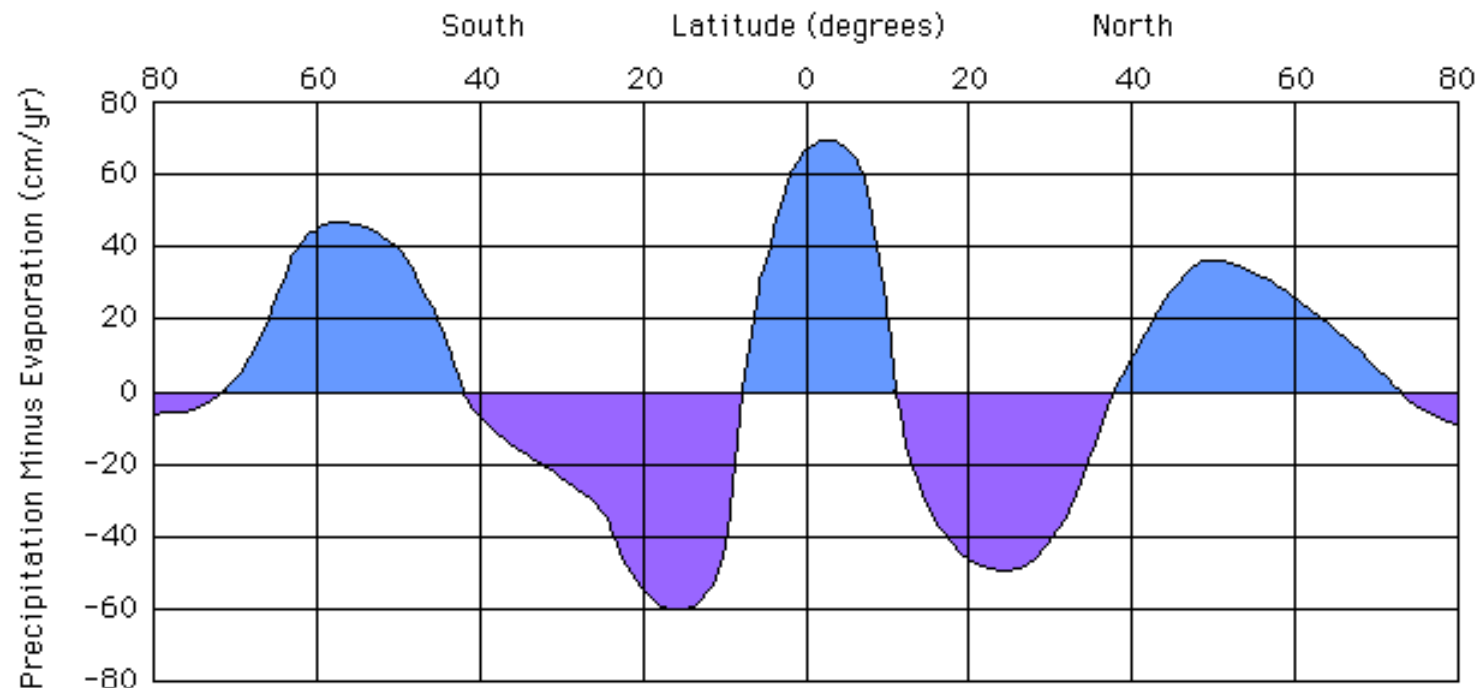


Figure 5. Global average annual precipitation. (From H. L. Penman, "The Water Cycle." Copyright © September 1970 by Scientific American, Inc. All rights reserved.)

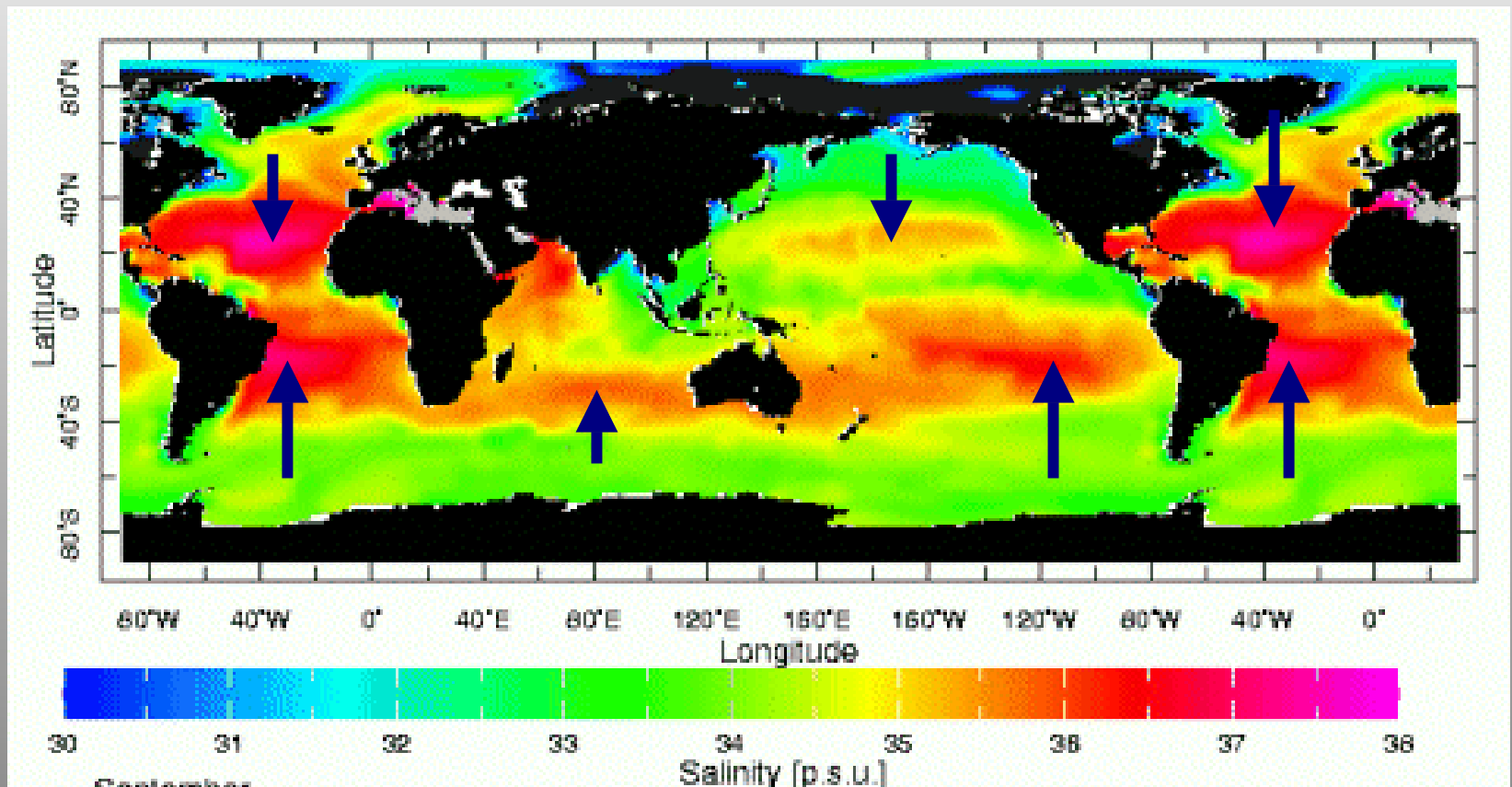
Berner, Elizabeth Kay and Robert A. Berner, 1987, *The Global Water Cycle*: Prentice-Hall, Inc., New Jersey, p. 16.

Na geografskim širinama od oko 30⁰ sjeverno i južno od ekvatora prisutne su minimalne prosječne količine oborina, dok je evaporacija maksimalna što rezultira povišenim salinitetom u površinskim vodama

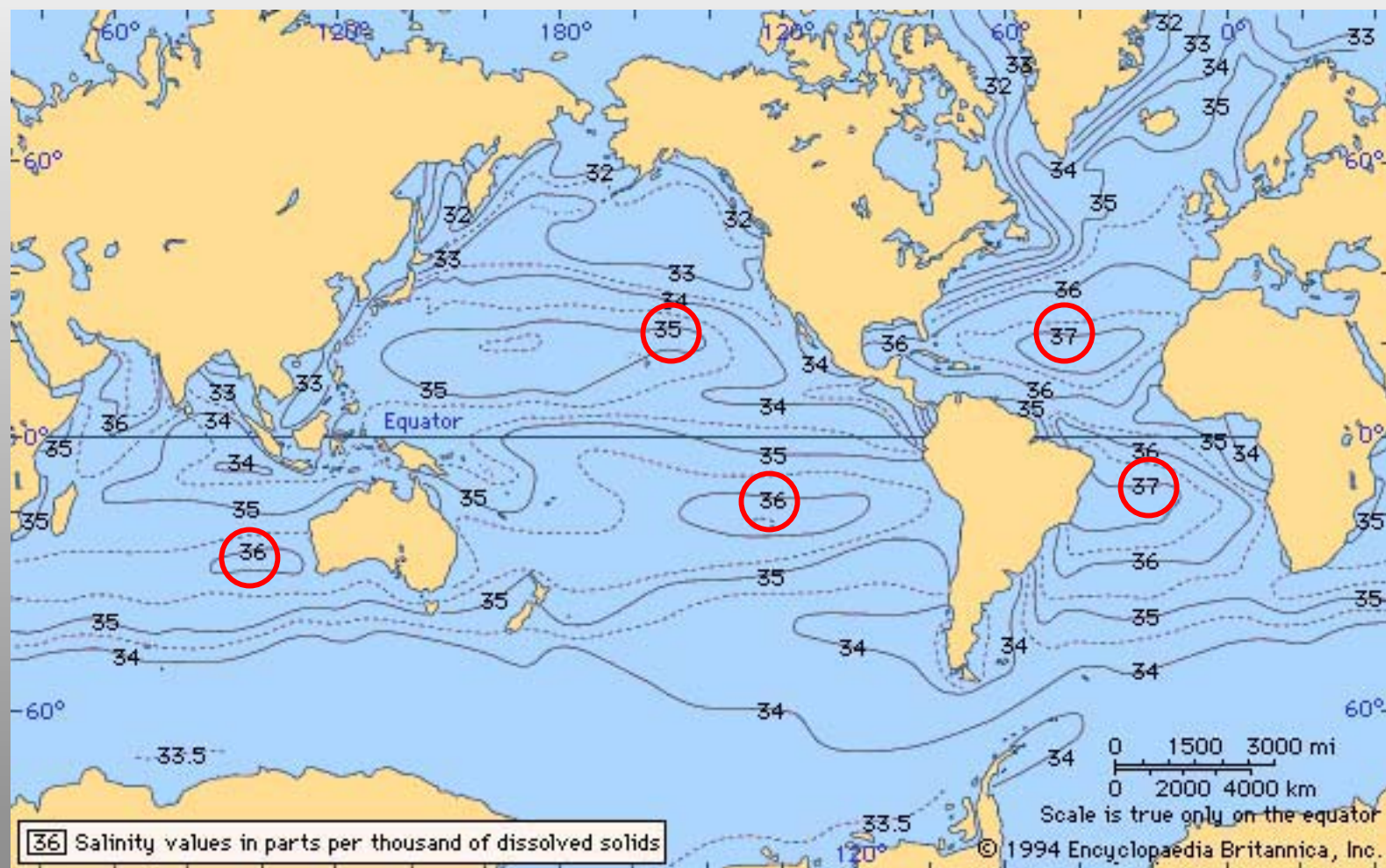


Adapted from J.P. Peixoto and M.A. Kettani, "The Control of the Water Cycle."
Copyright© April 1973 by Scientific American, Inc.

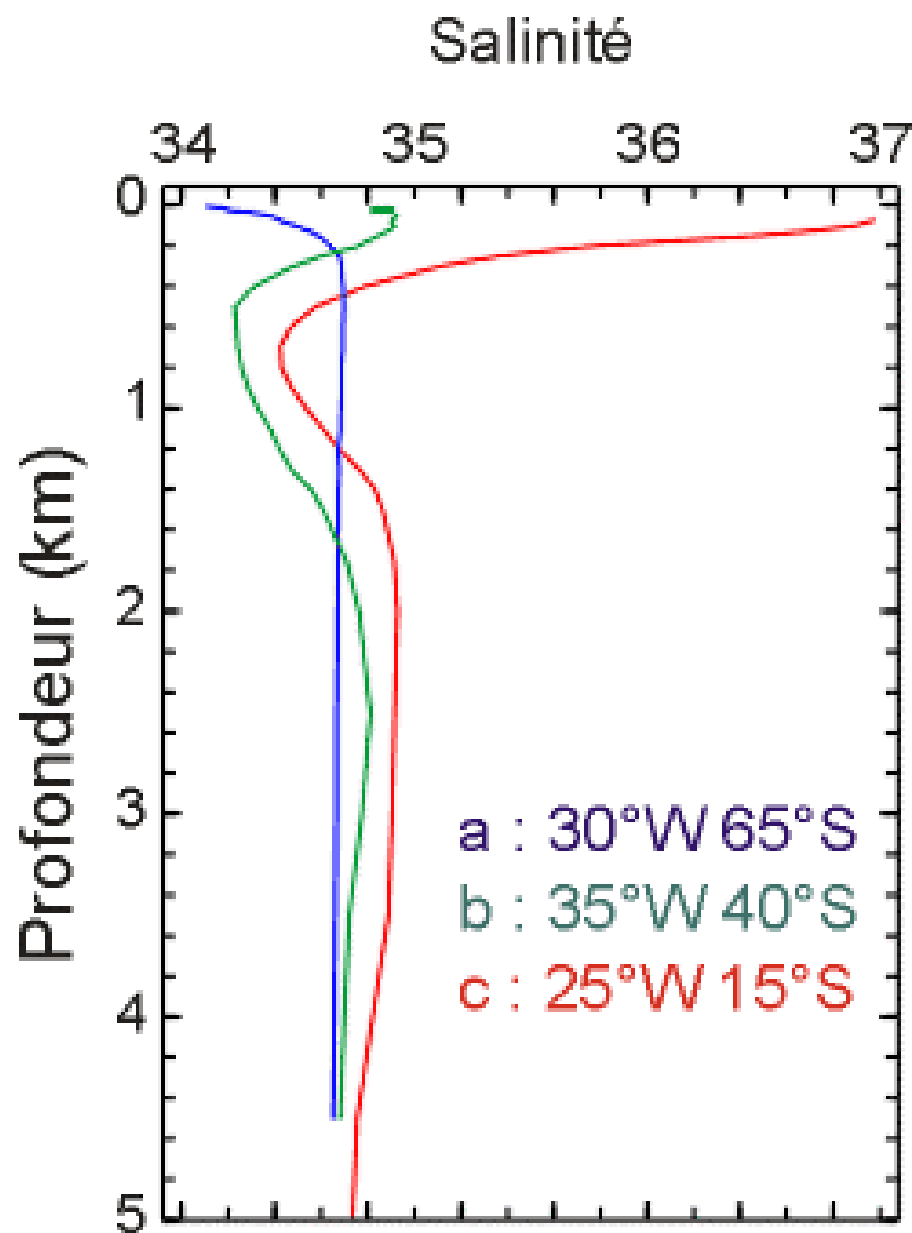
Maksimalni salinitet na oko 30° sjeverne i južne geografske širine

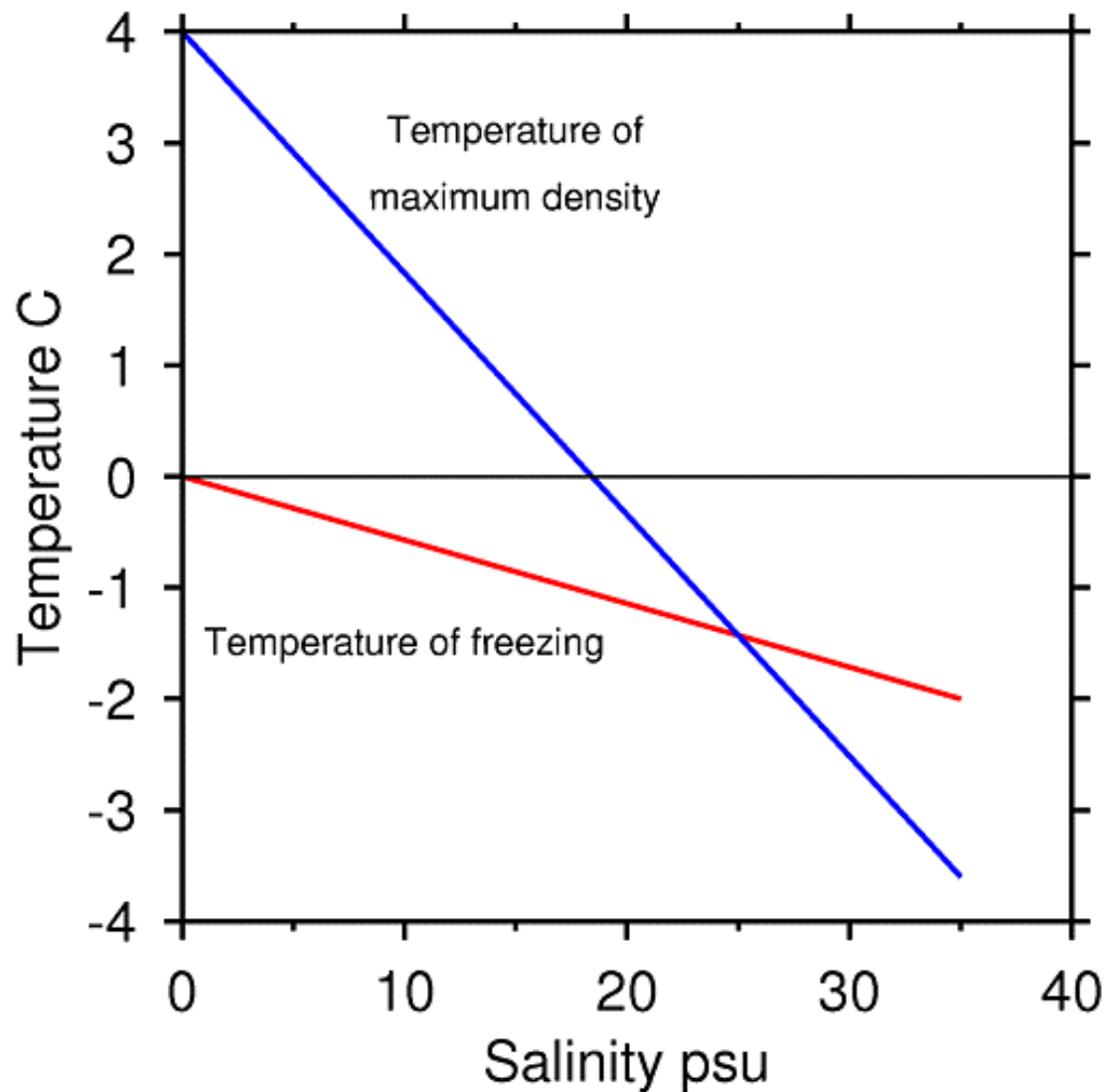


M. Šolić: Ekologija mora



Vertikalna raspodjela saliniteta različita je na različitim geografskim širinama. Na niskim geografskim širinama u površinskim je vodama zbog velike evaporacije salinitet povišen, dok je na visokim geografskim širinama salinitet u površinskim vodama snižen zbog otapanja leda





Temperatura ledišta morske vode snižava se s povećanjem saliniteta. Dok je točka ledišta slatke vode na 0°C, morska voda saliniteta 35‰ leđi se na temperaturi od -1.9°C.

Najveći dio organske tvari u moru nalazi se u otopljenom obliku

Forma organske tvari	% u oceanima
DOM	≈ 95 %
POM	≈ 5 %
Fitoplankton	≈ 0.1 %
Zooplankton	≈ 0.01 %
Riba	≈ 0.0001 %

Otopljeni plinovi u moru

Plin	% u suhom zraku	% u površini oceana
Dušik (N ₂)	78.03	47.5
Kisik (O ₂)	20.99	36.0
Ugljični dioksid (CO ₂)	0.03	15.1
Vodik (H ₂)		
Argon (Ar)		
Neon (Ne)		
Helij (He)	0.95	1.4

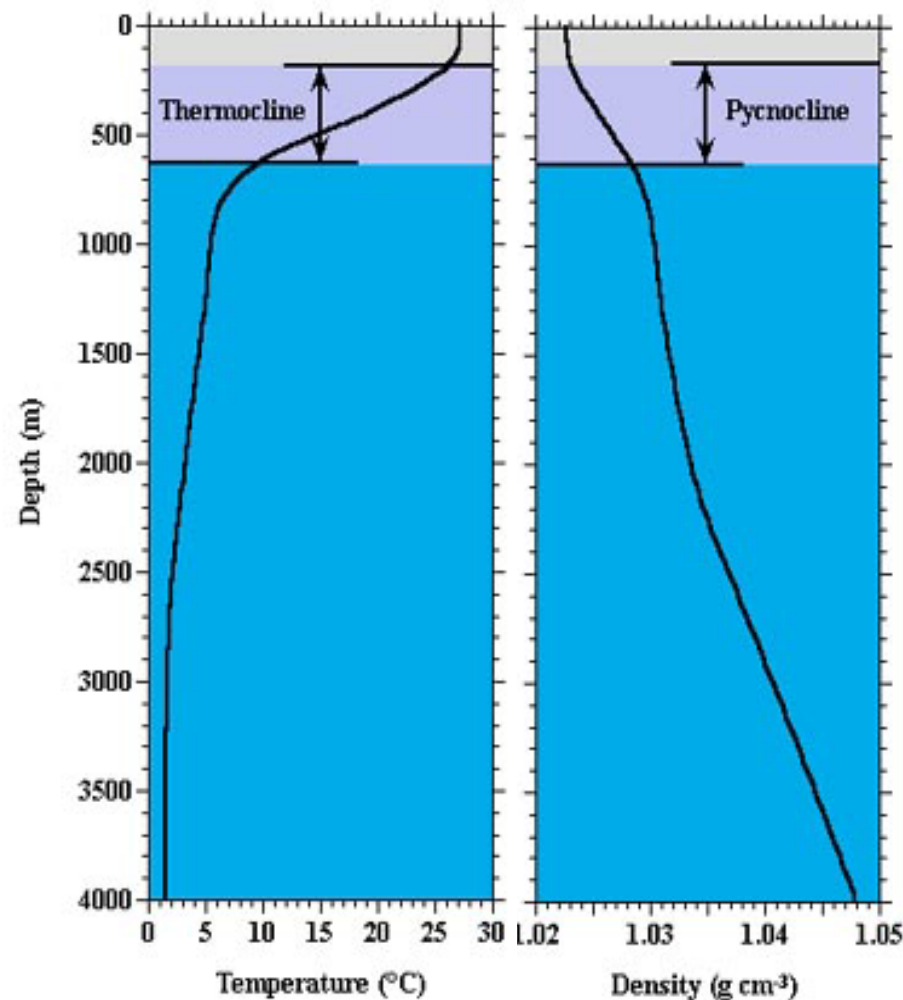
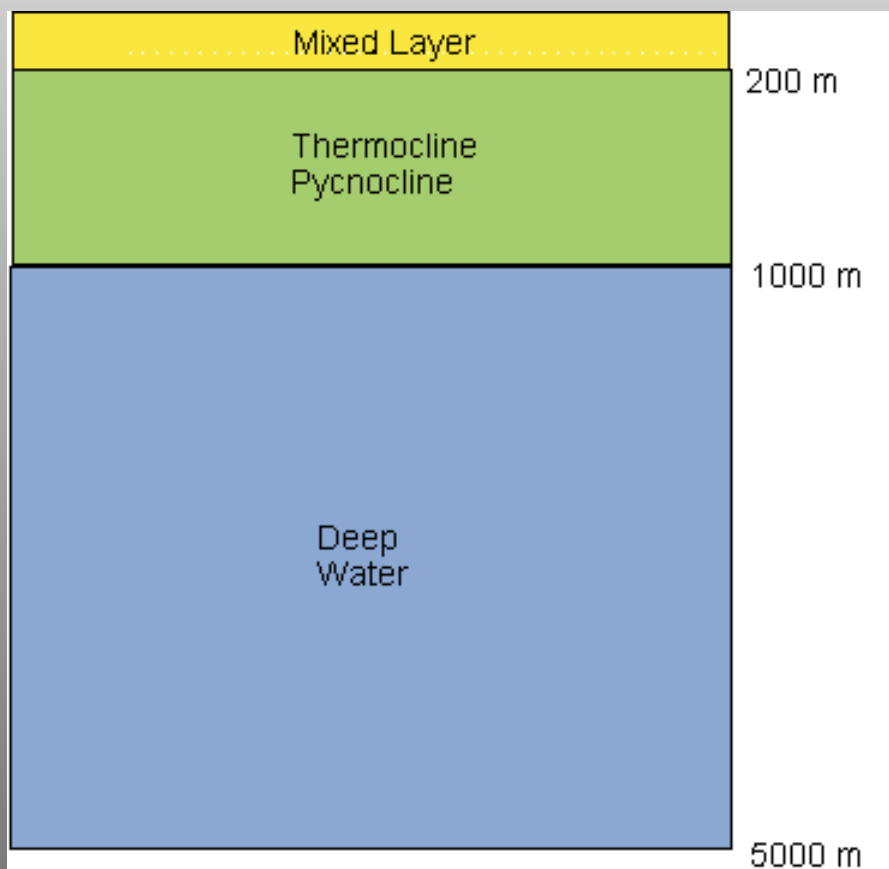
Otopljeni plinovi u moru

- Plinovi iz atmosfere otapaju se u površinskom sloju mora
- Plinovi se u moru bolje otapaju kod niže temperature i nižeg saliniteta. Boljem otapanju plinova doprinosi i vjetar koji podiže valove i omogućava bolje miješanje zraka i vode.
- S iznimkom kisika i ugljičnog dioksida, more je u svim dubinama zasićeno s većinom atmosferskih plinova

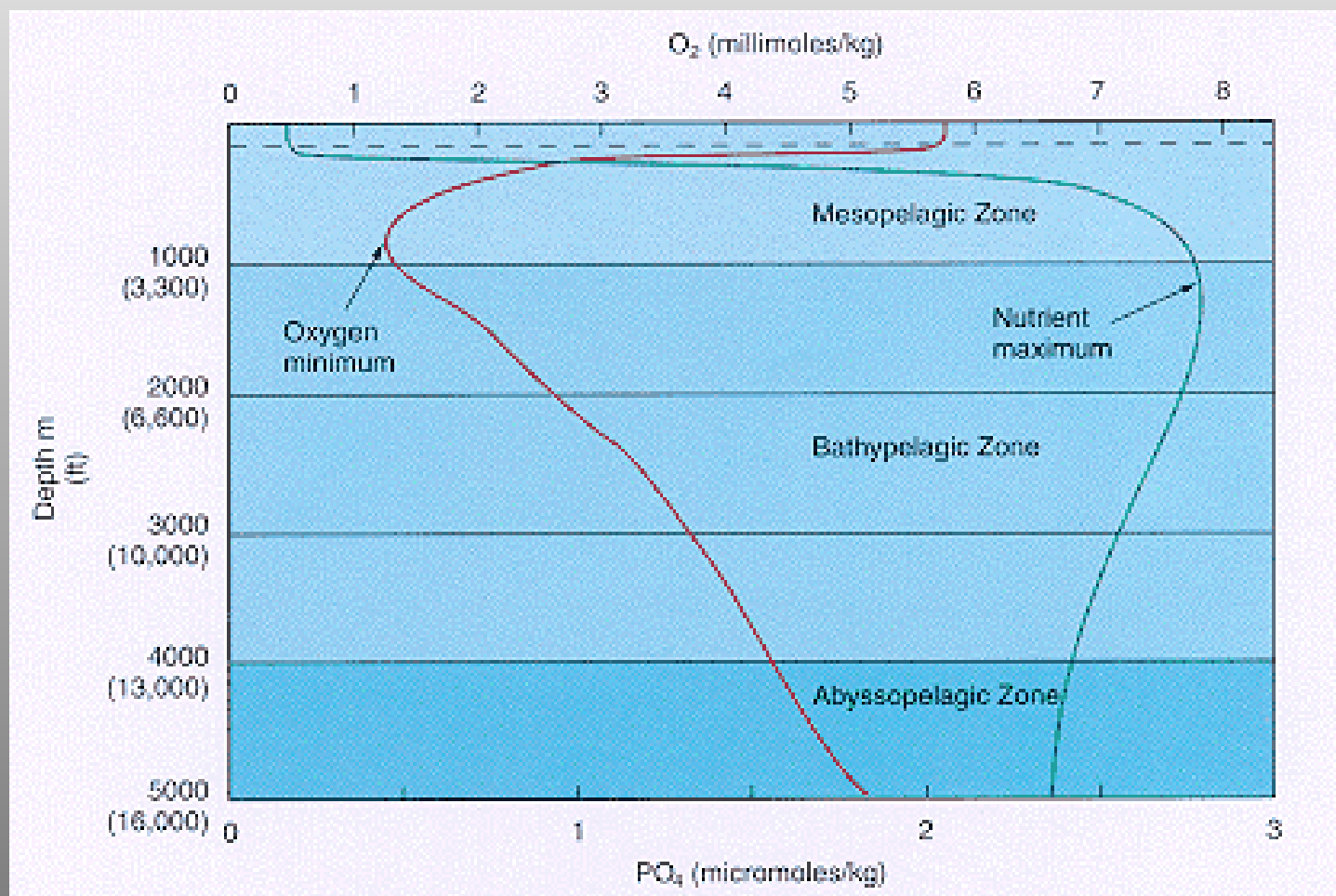
Kisik

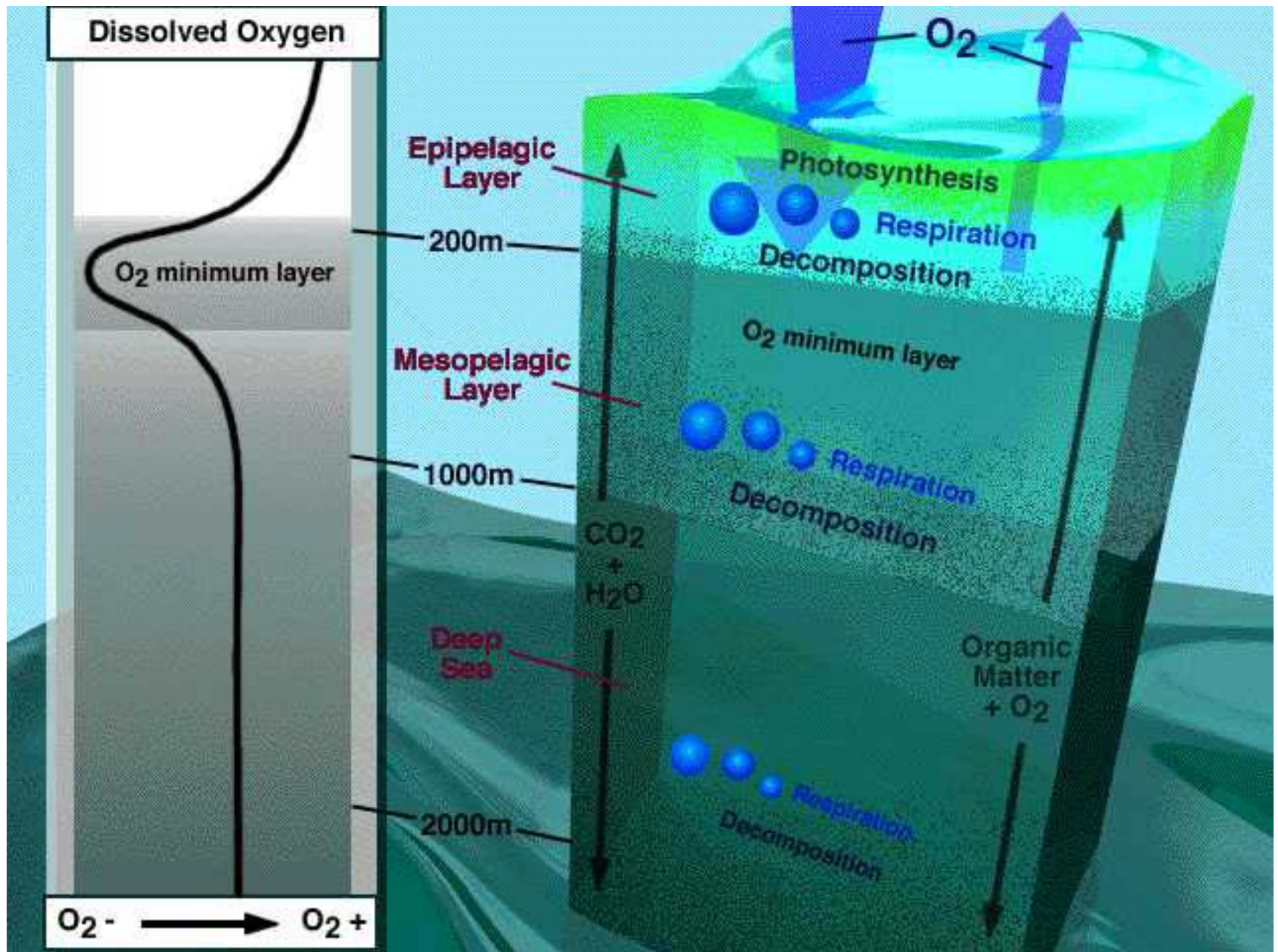
- Dva su glavna izvora kisika u oceanima: difuzija iz zraka i fotosinteza
- Oba su procesa ograničena na površinske slojeve pa su oni najbogatiji kisikom
- Koncentracija kisika opada s dubinom do **sloja minimalnog kisika** koji se nalazi na dubinama između 300 i 1000 m. U toj se dubini nalazi sloj nagle promjene gustoće morske vode (**piknoklina**) koji daje veliku stabilnost vodenom stupcu i sprječava vertikalno miješanje vode. U tom se sloju nakupljaju organske čestice koje su izložene bakterijskoj razgradnji pri čemu se troši kisik.
- Ispod **sloja minimalnog kisika** biološke potrebe za kisikom opadaju, pa se koncentracija kisika povećava s dubinom
- Postojanje kisika u najvećim dubinama rezultat je tonjenja hladne kisikom obogaćene vode iz polarnih područja koja se spušta prema nižim geografskim širinama.

Termoklina i piknoklina – područja
nagle promjene temperature i gustoće
morske vode

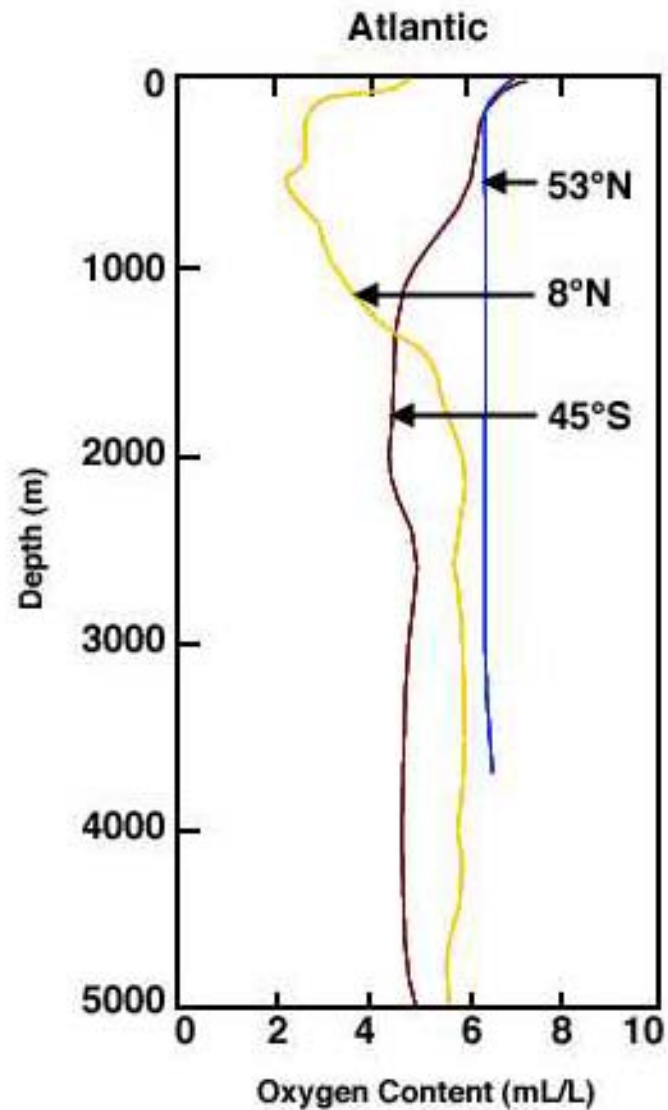
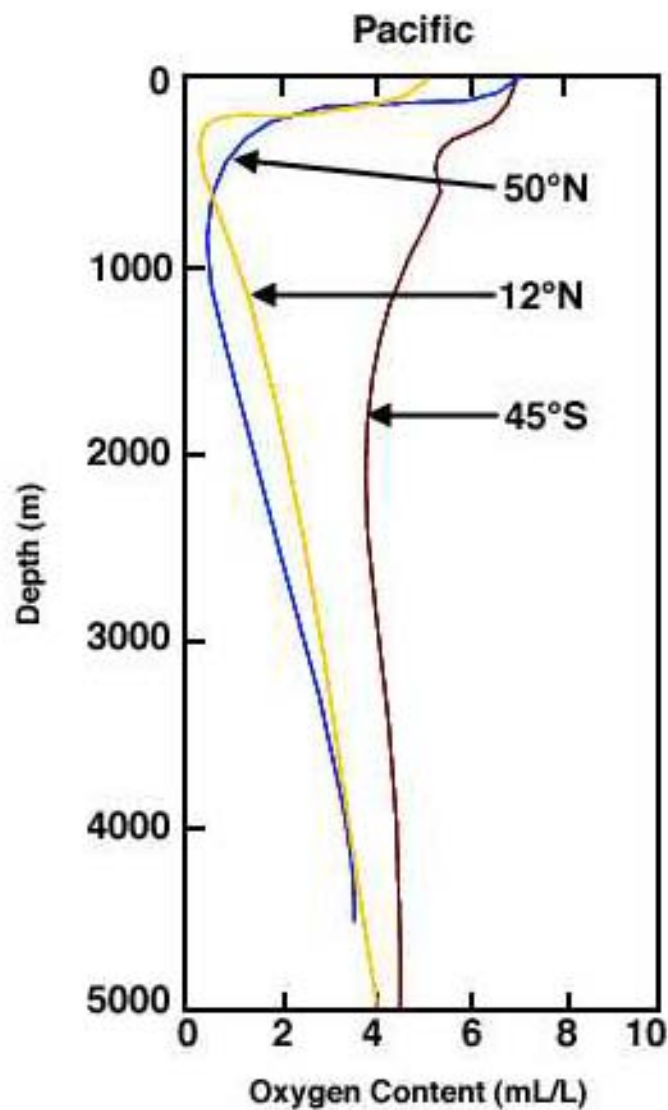


U području piknokline je maksimum koncentracija hranjiva jer se tu zadržavaju organske čestice, ali i minimum koncentracije kisika jer su to odvijaju procesi bakterijske razgradnje organske tvari

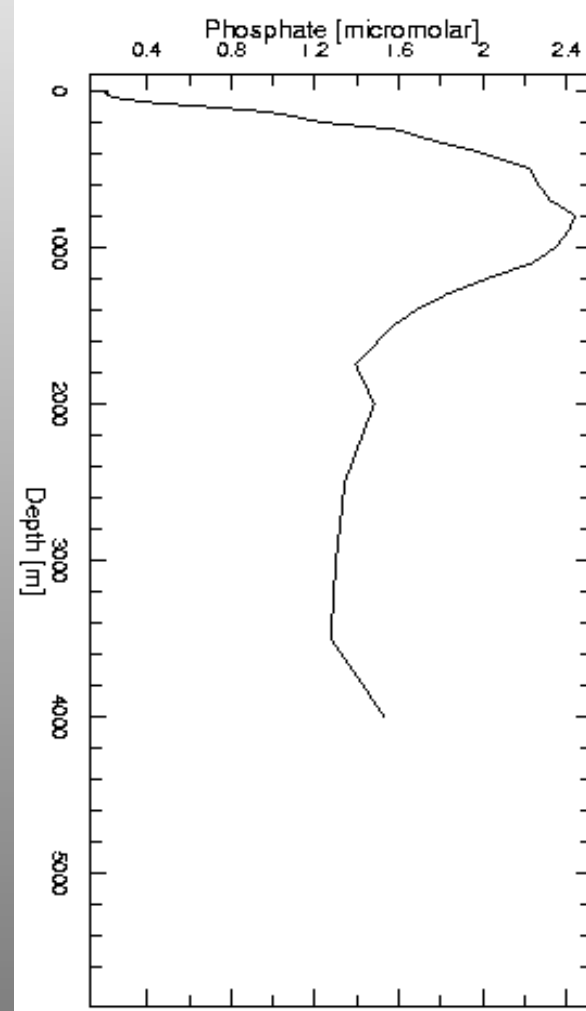
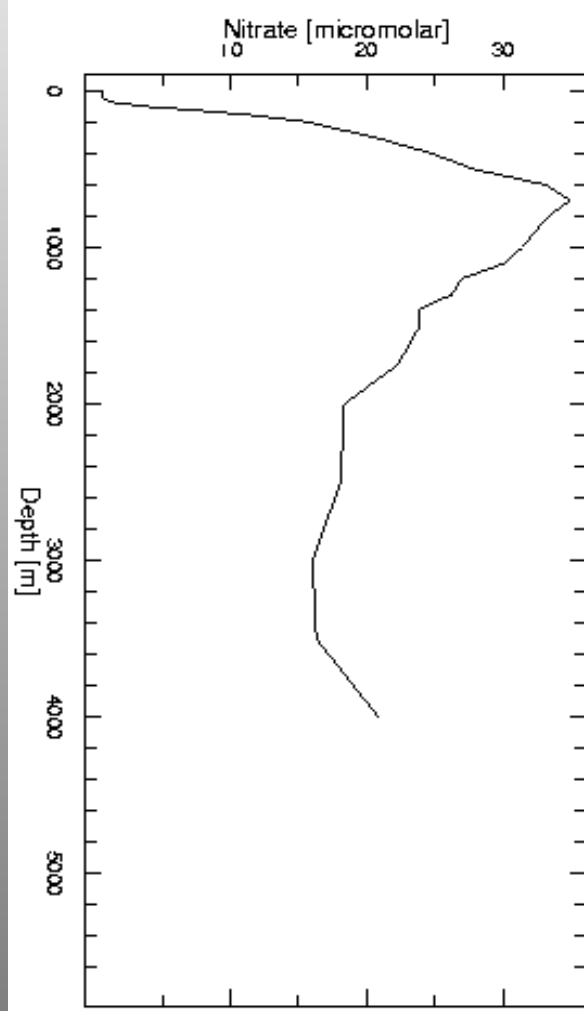
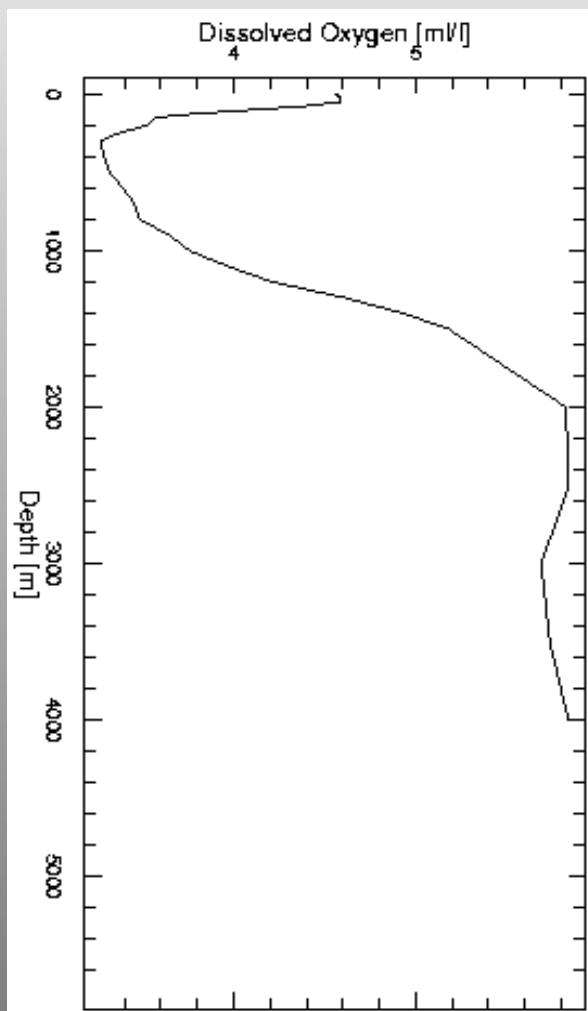


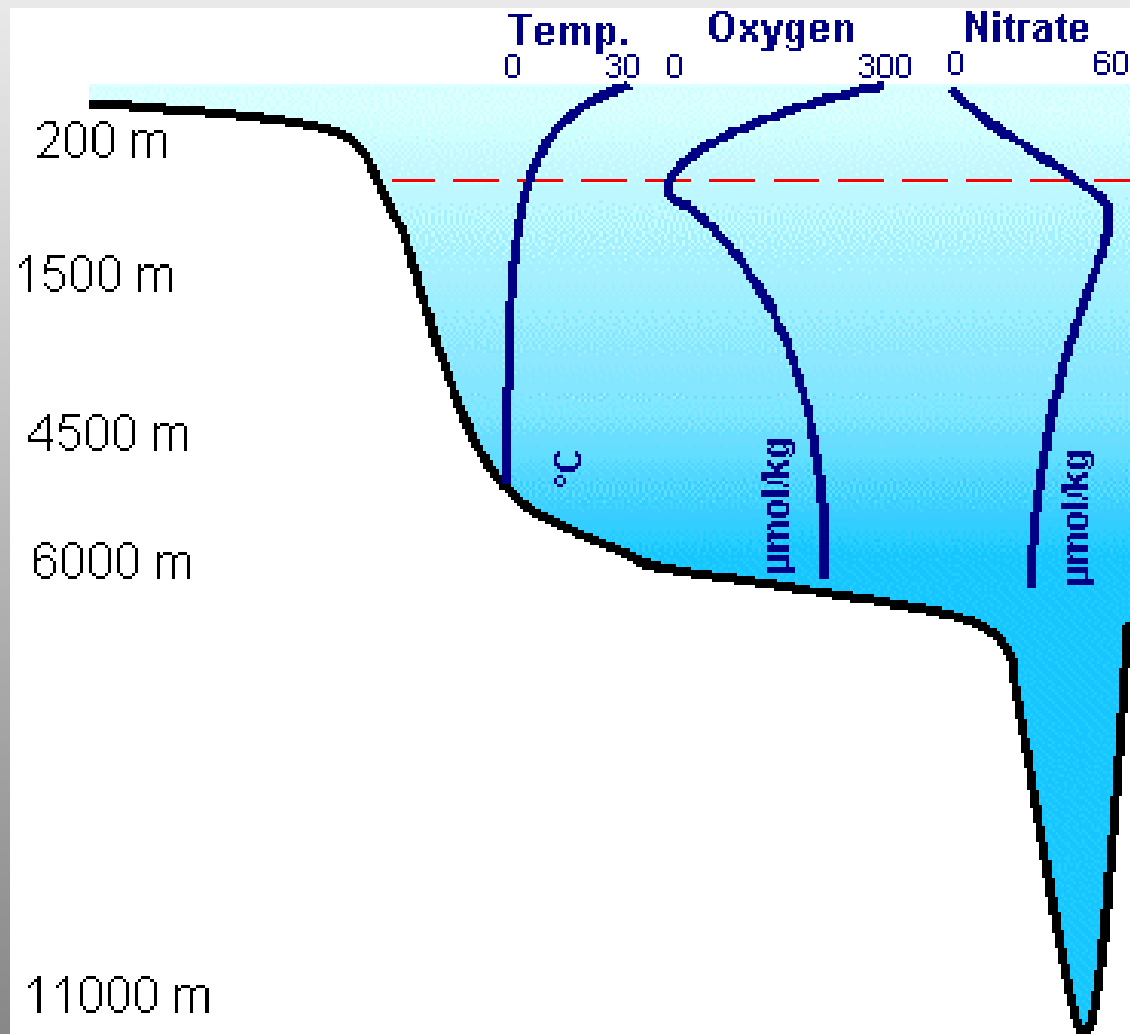


Vertikalna raspodjela kisika na različitim geografskim širinama u Pacifiku i Atlantiku



Maksimumi koncentracija nitrata i fosfata te minimum koncentracije kisika koincidiraju u području piknokline





Ugljični dioksid

- Glavni izvori ugljičnog dioksida u oceanima su difuzija iz zraka, te procesi respiracije i razgradnje organske tvari
- Primarna proizvodnja koja troši CO₂ smanjuje njegov parcijalni tlak površinskom sloju i pospješuje difuziju CO₂ iz zraka u vodu (fenomen poznat kao **biološka pumpa**)
- Visoke geografske širine karakterizira hladna voda (topljivost CO₂ je dva puta veća na 0°C nego na 20°C), koja zbog velike gustoće brzo ponire (downwelling) i tako uklanja CO₂ iz površinskih slojeva što pospješuje difuziju zbog uspostave gradijenta.
- Kada se CO₂ otopi u vodi on formira ugljičnu kiselinu:

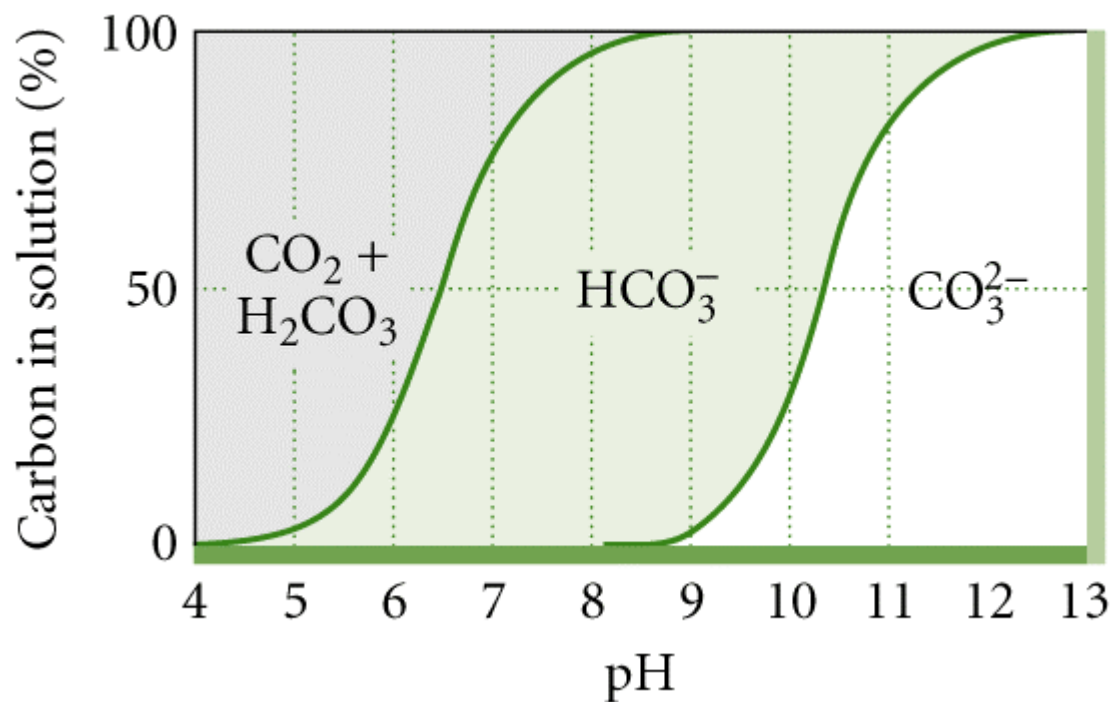


Ugljična kiselina vrlo lako disocira u bikarbonatne i karbonatne ione:



- Ovaj proces disocijacije stvara vrlo efikasan puferski sustav koji održava pH vrijednost morske vode vrlo stabilnom (pH oko 8)

Ravnoteža ovih reakcija ovisi o pH



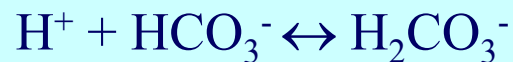
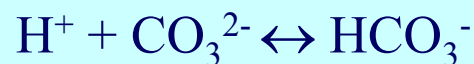
Udio različitih formi ugljika u otopini u ovisnosti o pH

pH u moru je blago lužnat (oko 8), pa u moru dominiraju bikarbonati (HCO_3^-)

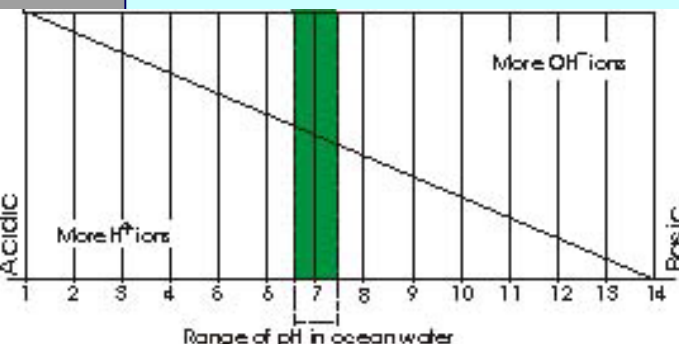
Puferski sustav mora

- pH je mjera za koncentraciju vodikovih iona (H^+), što znači da koncentracija H^+ u moru određuje njegovu kiselost
- Karbonatni i bikarbonatni ioni lako otpuštaju i prihvataju vodikove ione u morskoj sredini, što morsku vodu čini otpornom na nagle promjene pH (osobine pufera):

Voda prekisela



Voda prelužnata



Koncentracije otopljenog kisika i ugljičnog dioksida u moru prvenstveno su kontrolirane biološkim procesima

- **FOTOSINTEZA:**



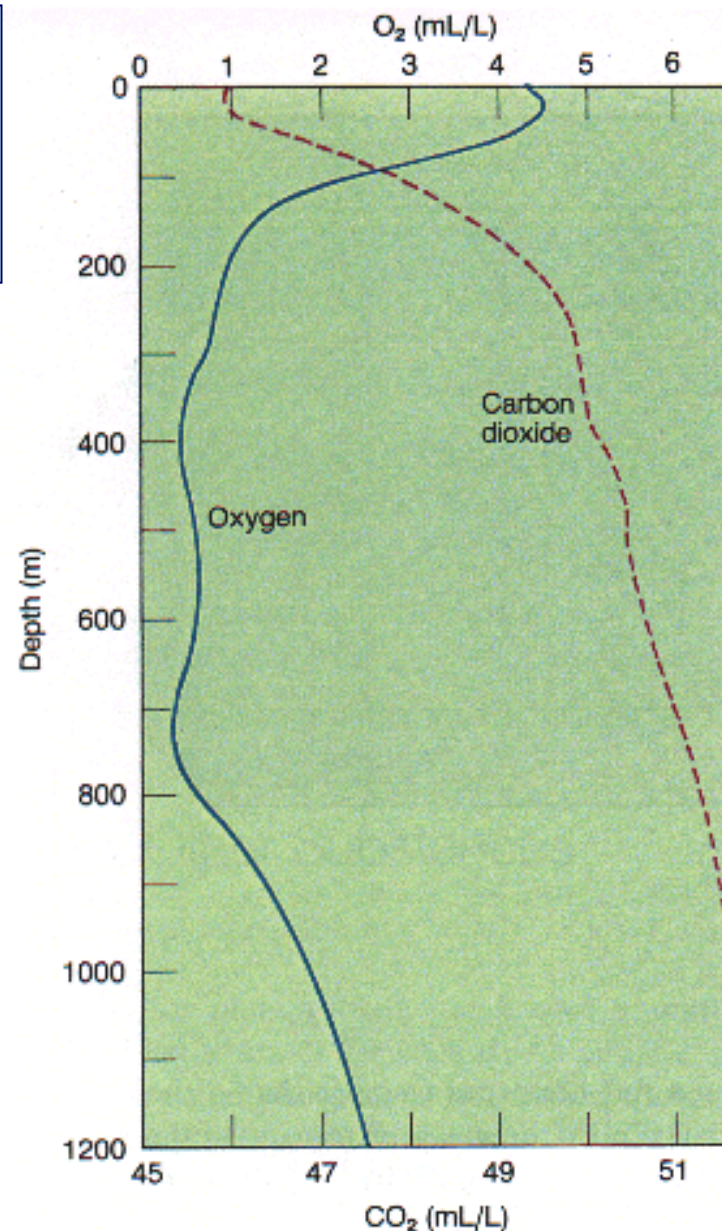
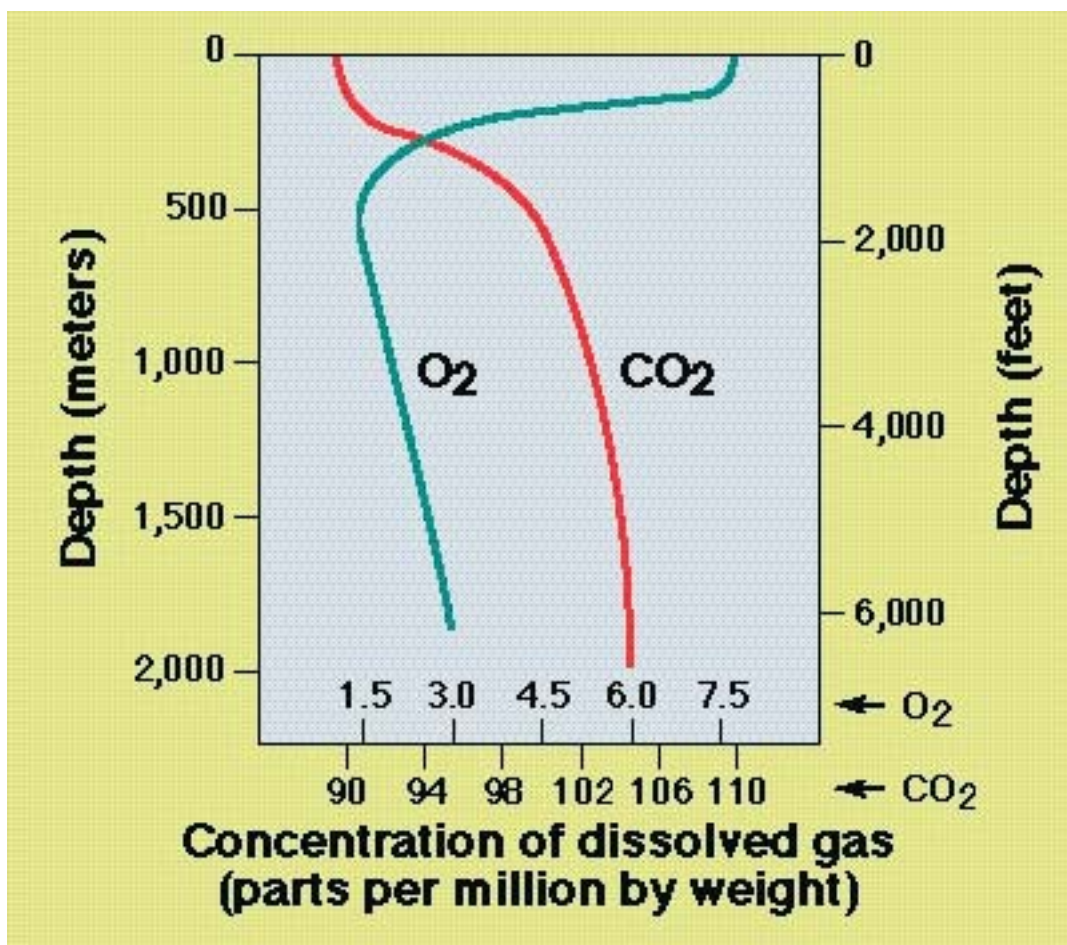
Fotosinteza smanjuje koncentraciju otopljenog CO_2 , a povećava koncentraciju otopljenog O_2 u moru

- **RESPIRACIJA:**

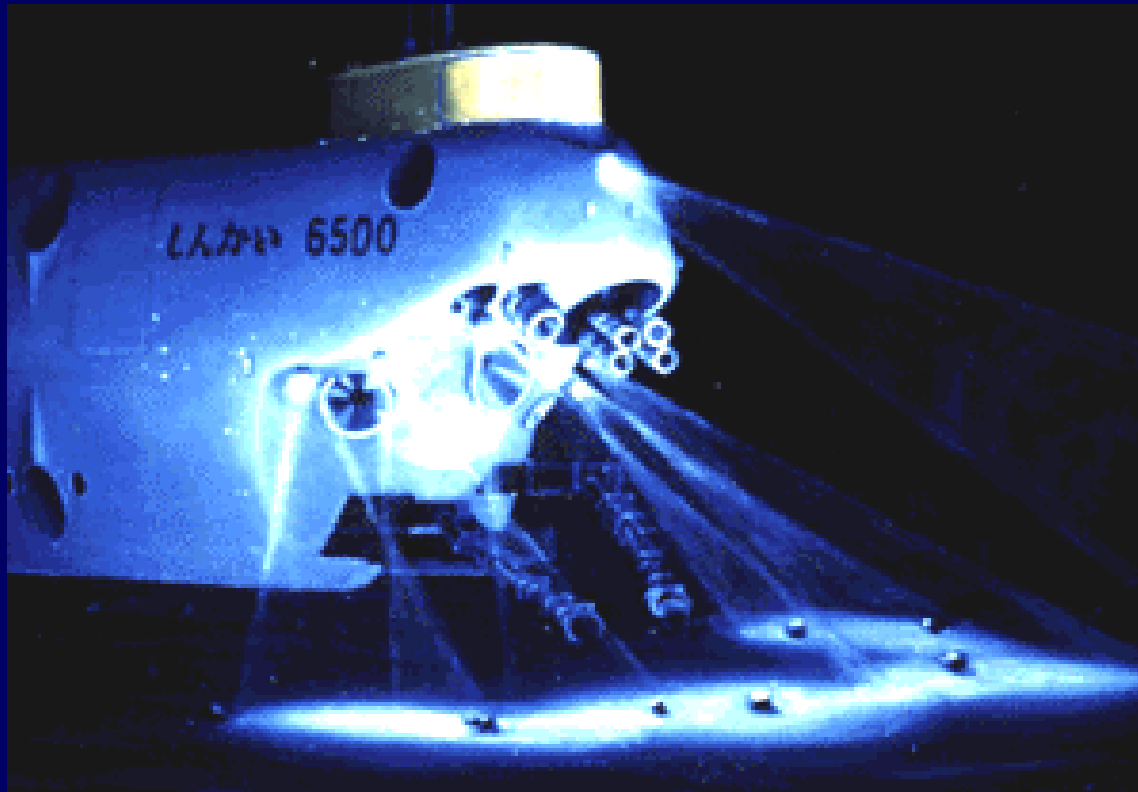


Respiracija smanjuje koncentraciju otopljenog O_2 , a povećava koncentraciju otopljenog CO_2 u moru

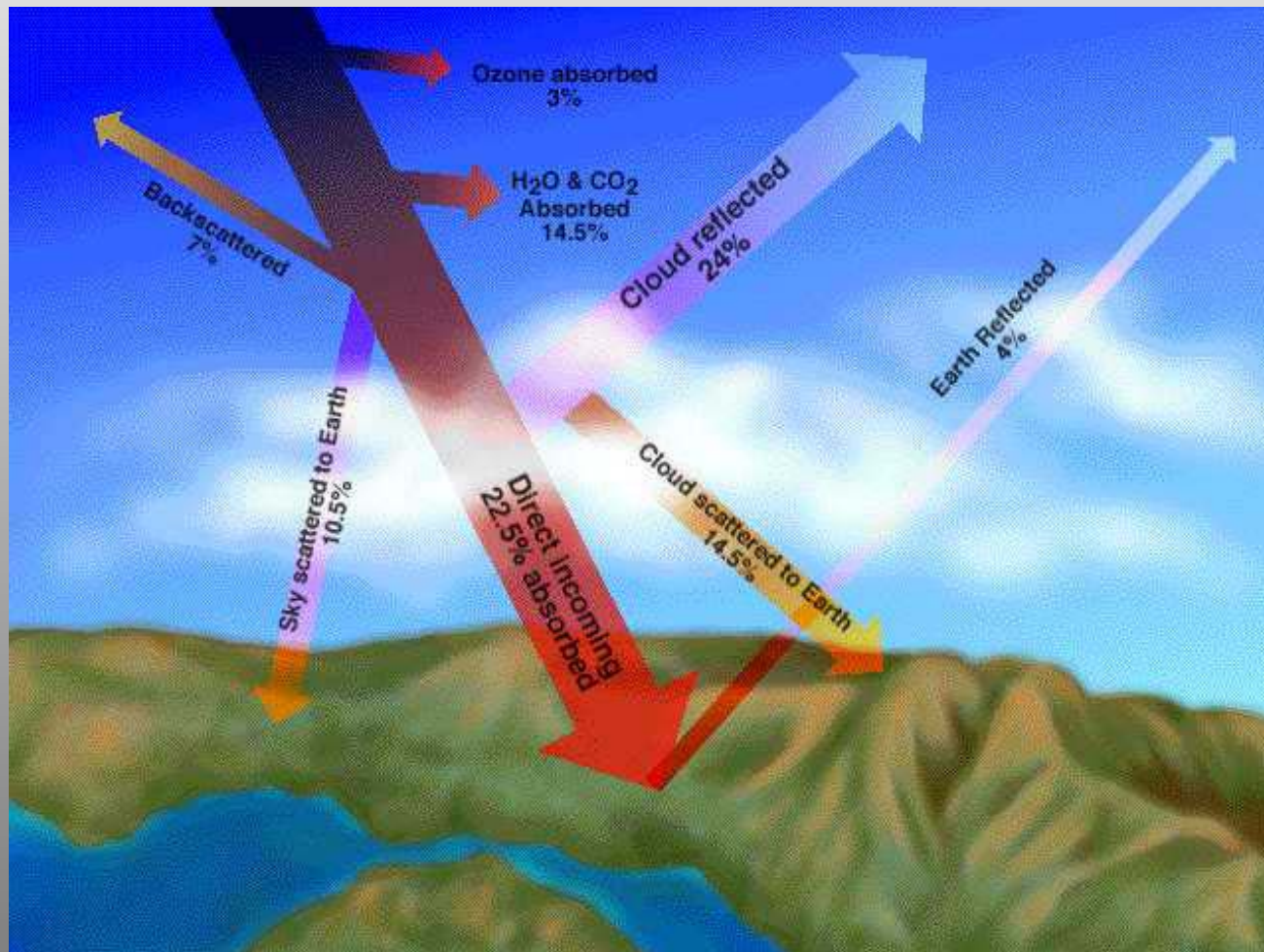
Budući da se fotosinteza dominira u površinskim, a respiracija u dubljim slojevima mora, koncentracija otopljenog kisika opada a otopljenog ugljičnog dioksida raste s dubinom



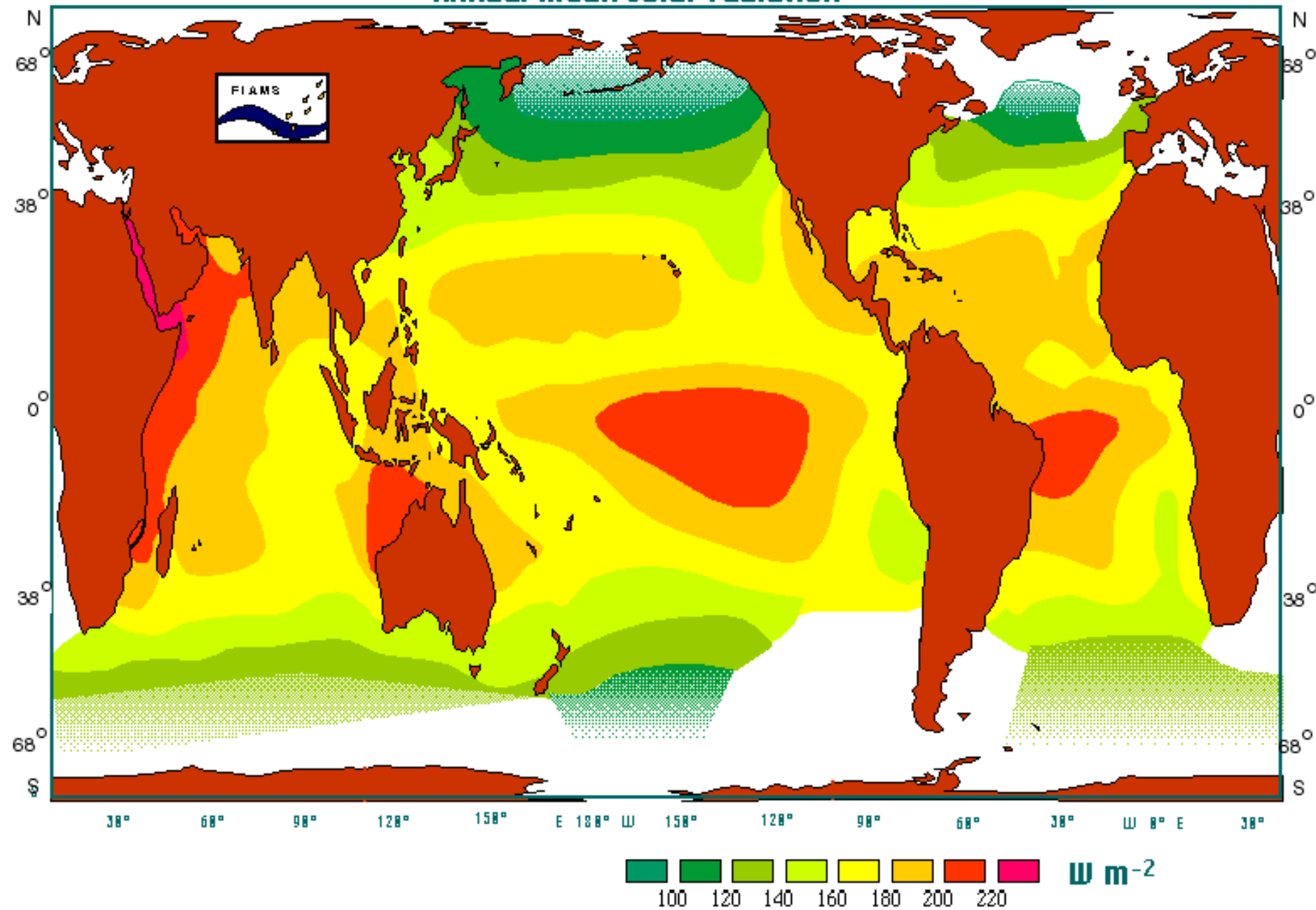
Prodor svjetlosti u more

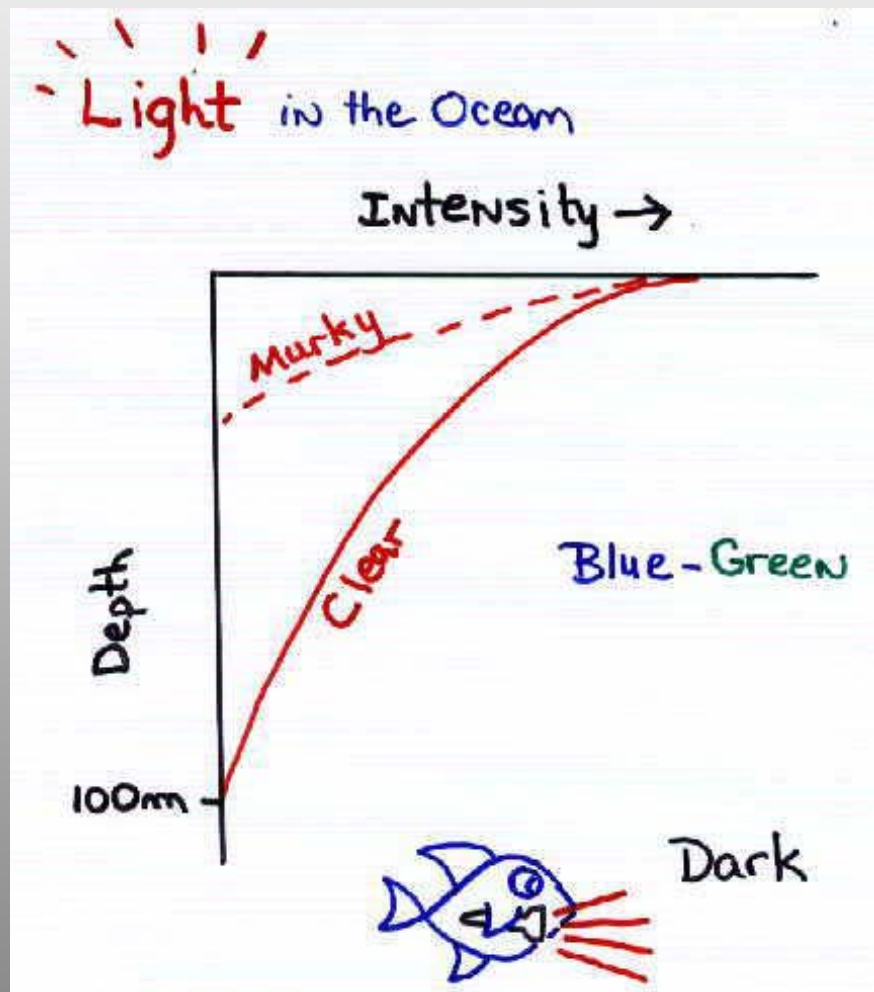


Energija svjetla na Zemlju dolazi sa Sunca (apsorbira se oko 22% sunčeve energije)



Annual mean solar radiation





Intenzitet svjetla opada eksponencijalno s dubinom, a dubina prodora svjetla ovisi o prozirnosti mora.

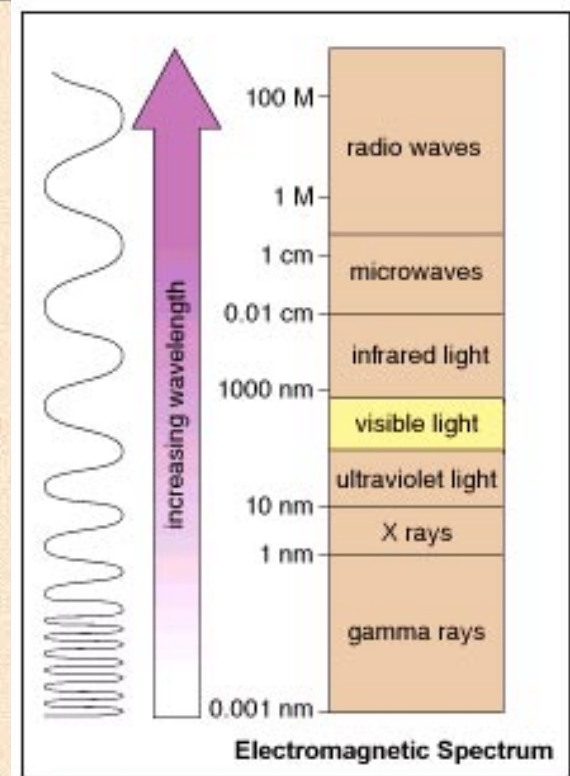
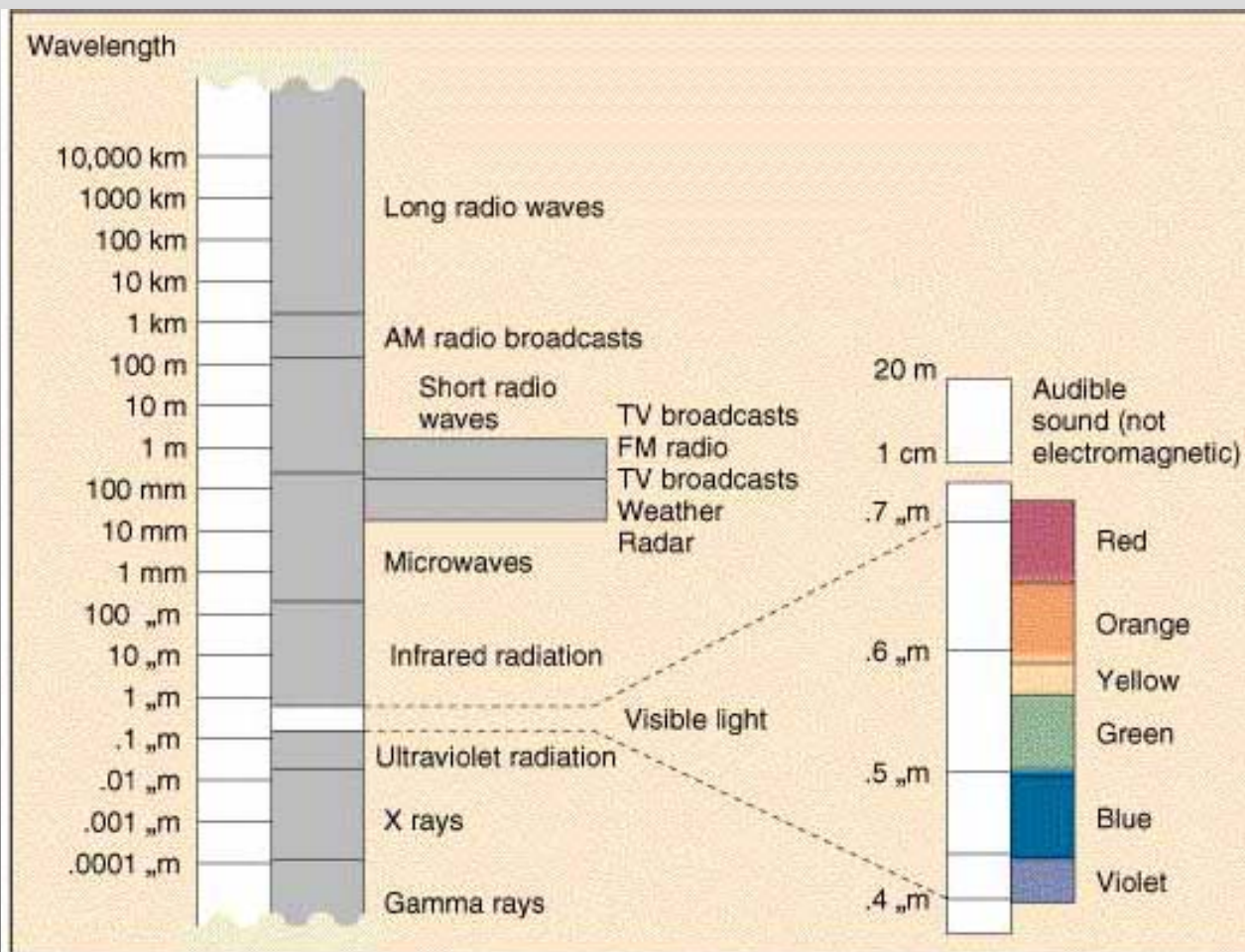
Oko 80% energije sunčevog svjetla apsorbira se već u prvih 10 m dubine



Prozirnost mora ovisi o
količini suspendiranih
čestica u moru i mjeri se
Secchi diskom

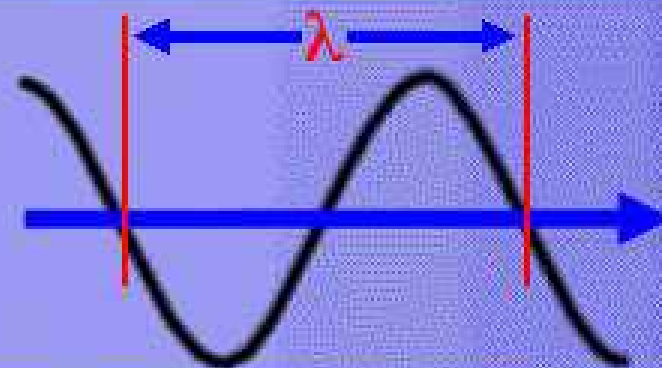
*Karen uses a Secchi disk
to measure water clarity.*

Raspon elektromagnetskog zračenja Sunca

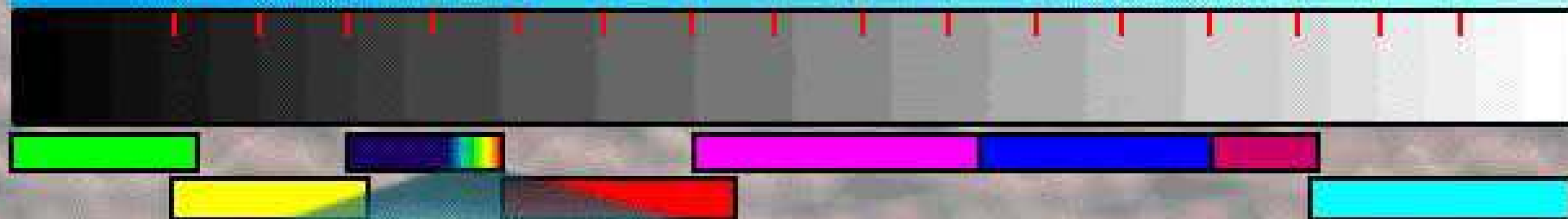


THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

λ = WAVELENGTH



0.0001 micrometer
0.001 micrometer
0.01 micrometer
0.1 micrometer
1 micrometer
10 micrometers
100 micrometers
1 millimeter
10 millimeters
0.1 meter
1 meter
10 meters
100 meters
1000 meters
10,000 meters
1000,000 meters



RELATIVELY
SHORT

VERY SHORT

RELATIVELY
LONG

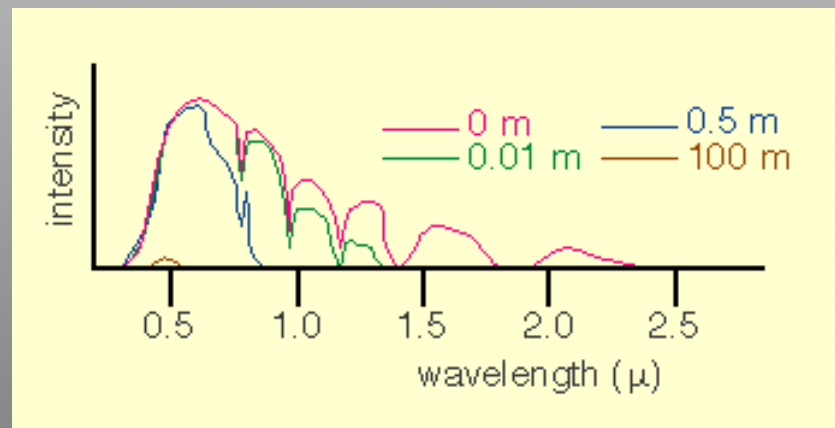
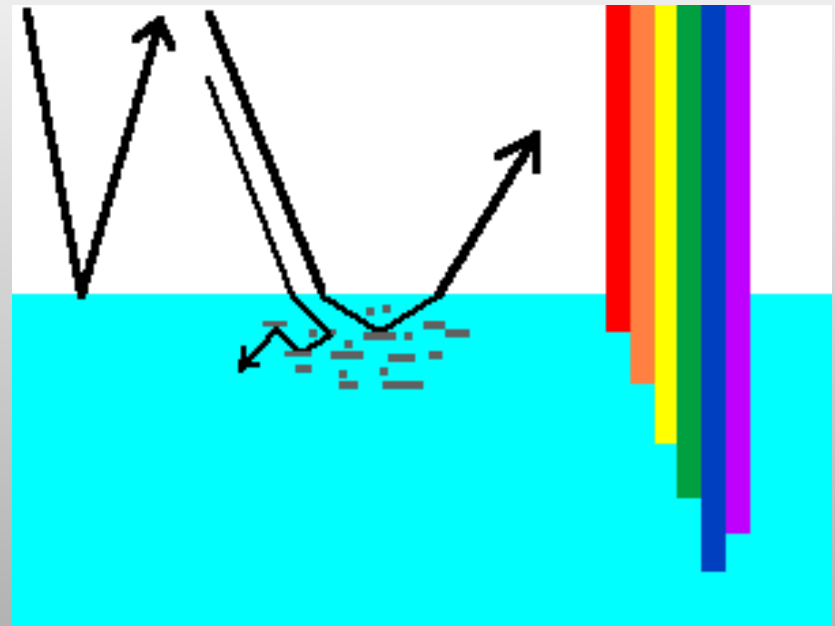
VERY LONG



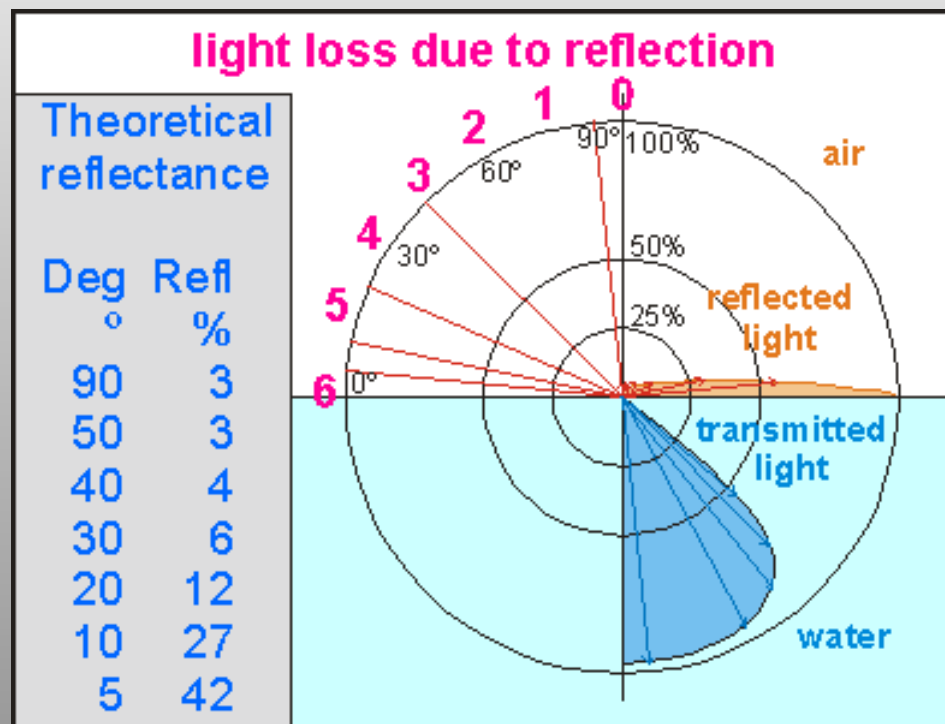
Od svjetla koje dopiye do površine mora, jedan se dio reflektira od njegove površine (refleksija je najmanja kada zrake padaju okomito i kada je površina mora mirna)

Veliki dio svjetla koje prodire u more apsorbira morska voda i čestice, ili se raspršuje na česticama u vodi

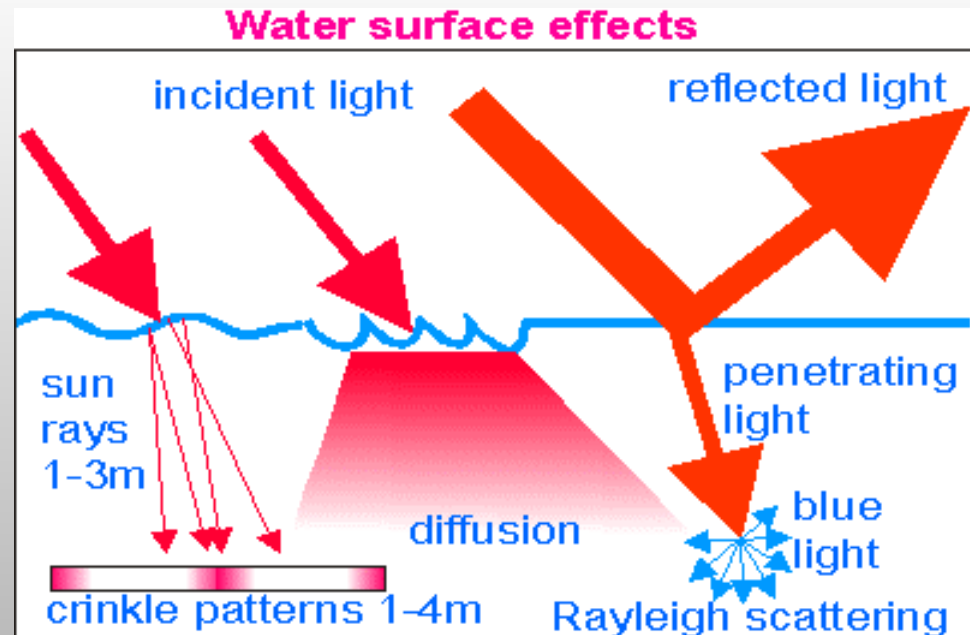
Infracrveno i ultraljubičasto svjetlo se apsorbiraju već u prvom metru, tako da jedino vidljivi dio spektra prodire nešto dublje. Od vidljivog svjetla najdublje prodire plavo, a najmanje crveno



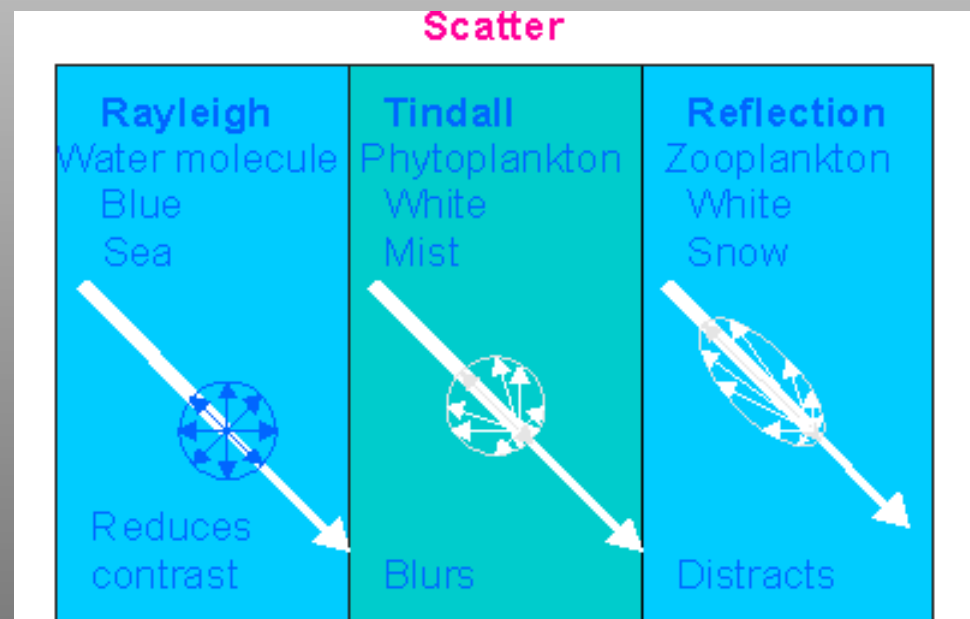
Refleksija svjetla od površine najmanja je kada svjetlo pada okomito (sredina dana). Što je kut upada svjetla veći, veći je i udio svjetla koje se reflektira



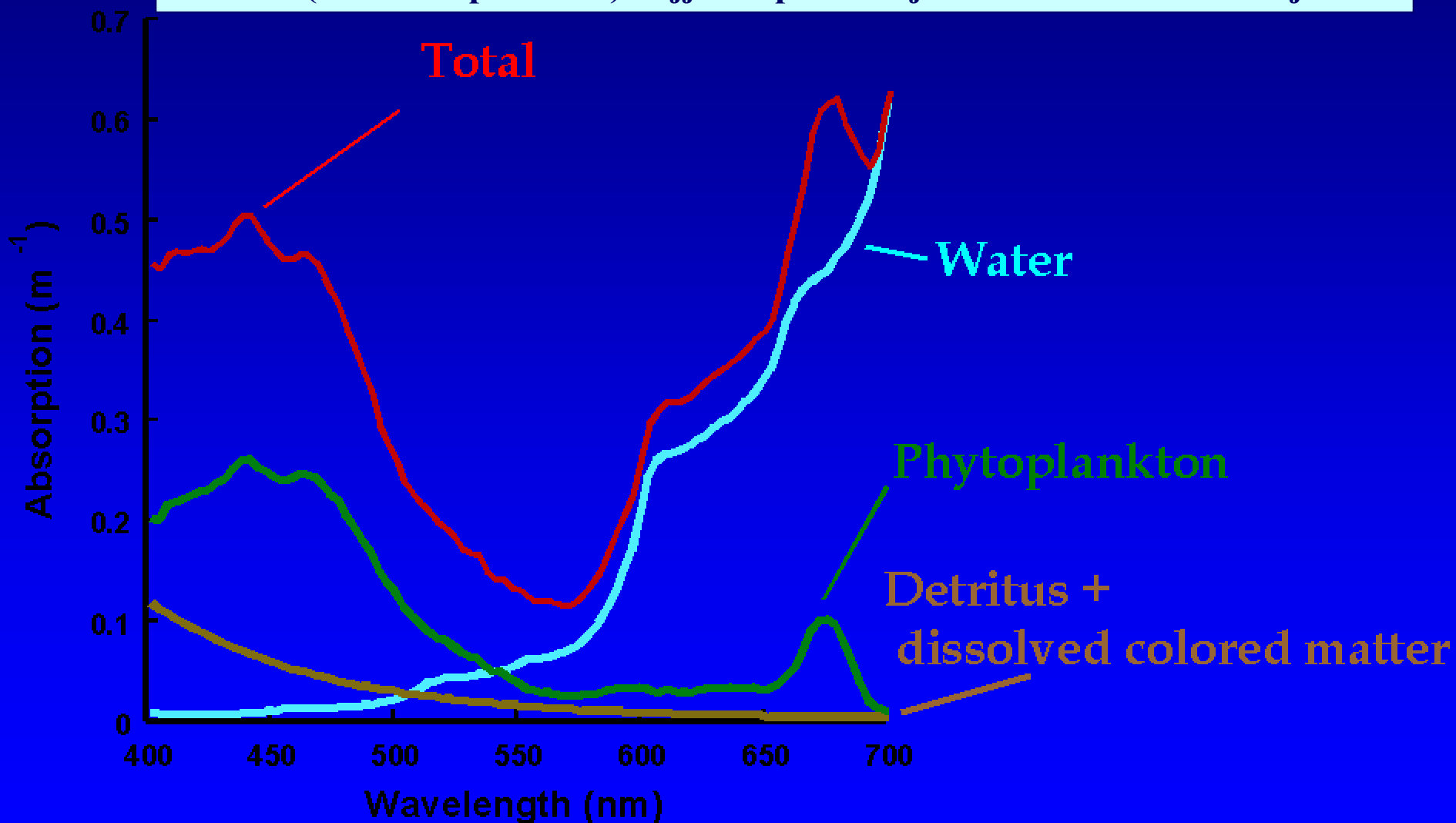
Refleksija svjetla je najmanja kada je površina mora mirna (bonaca), a povećava se s uzburkanošću površine mora



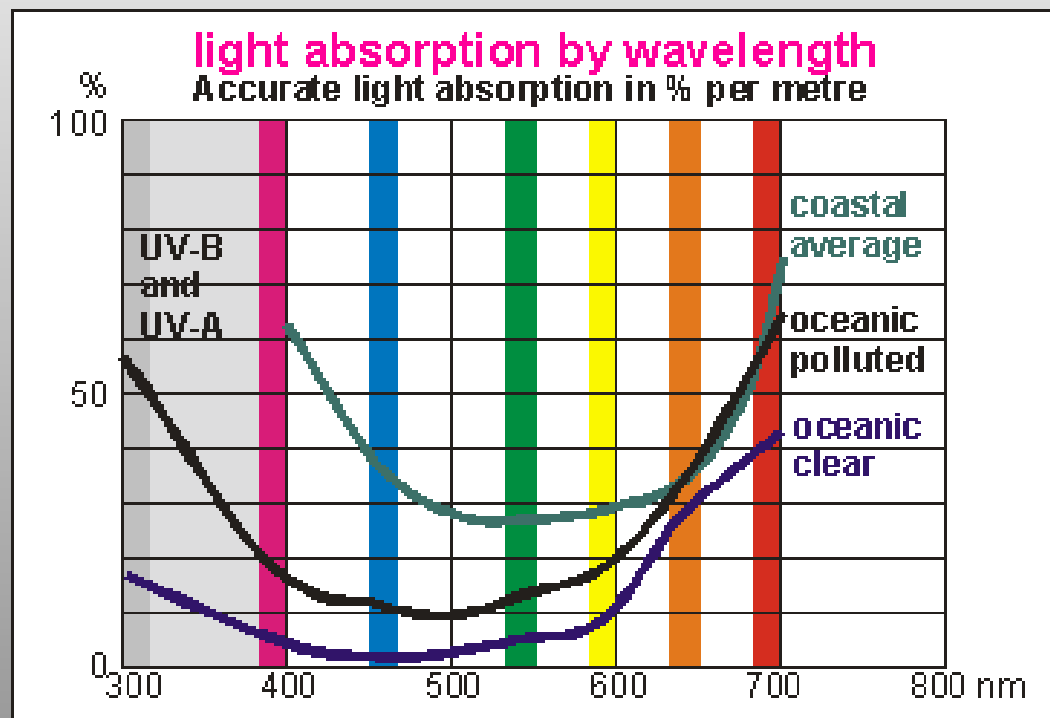
Svjetlo se raspršuje na molekulama vode i česticama u moru



Morska voda najjače apsorbira veće valne dužine (crveno svjetlo), a najmanje kraće valne dužine (plavo i ljubičasto). S druge strane, čestice u moru (detritus i plankton) najjače apsorbiraju kraće valne dužine svjetla



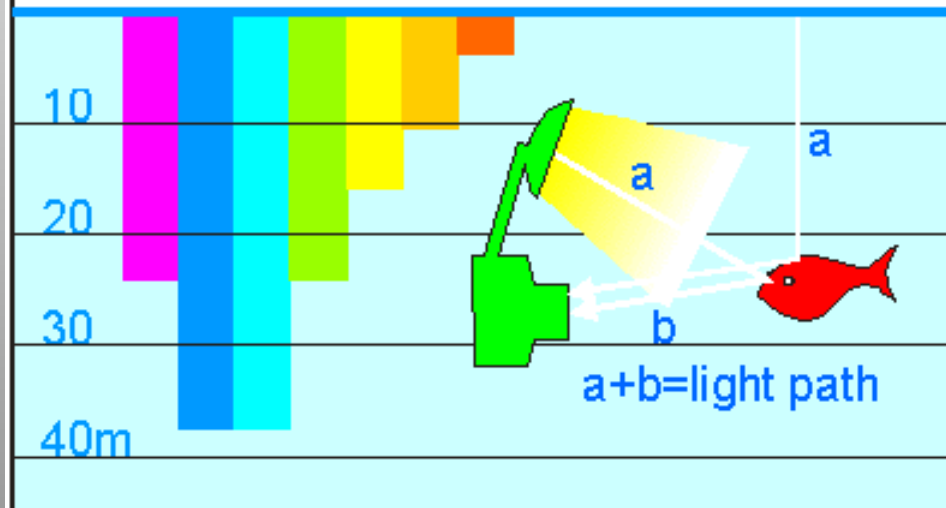
U čistom je moru najmanja ukupna apsorpcija plavog svjetla, dok se u zagađenim i obalnim akvatorijima minimum apsorpcije pomiće prema zelenom svjetlu



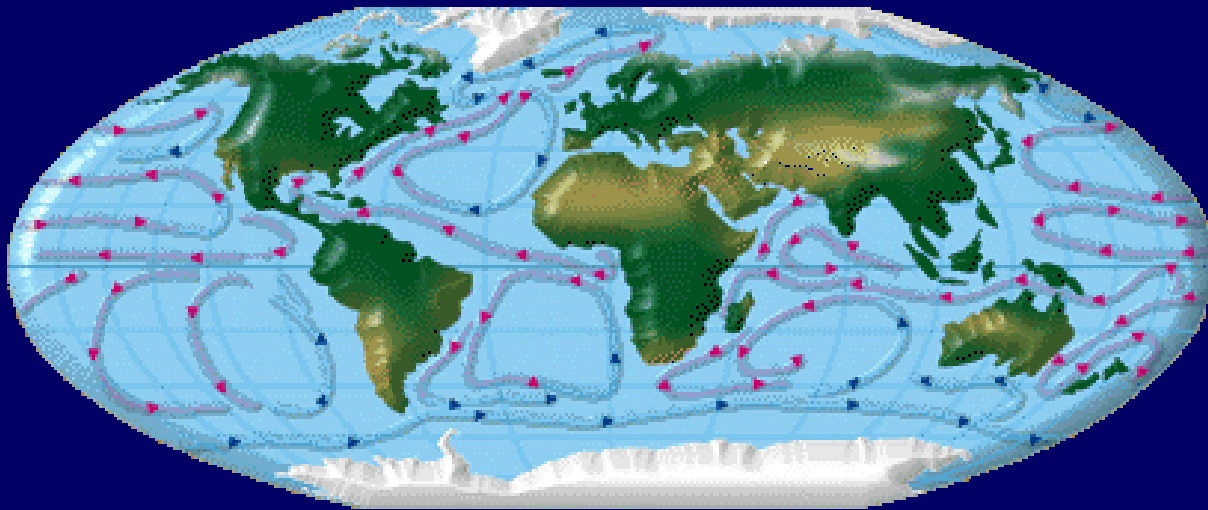
Jedna od posljedica
navedenog je
promjena boja s
dubinom

How colour changes with depth/distance in clear water

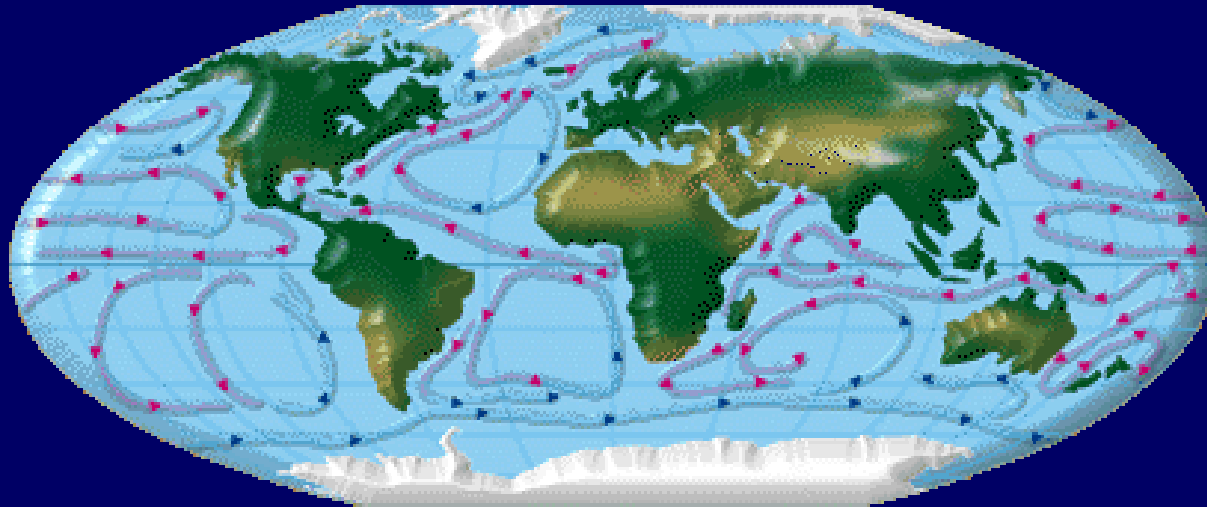
The bars give the distance to which 10% light remains,
equivalent to a light loss of over 3 f-stops.



Cirkulacija vodenih masa

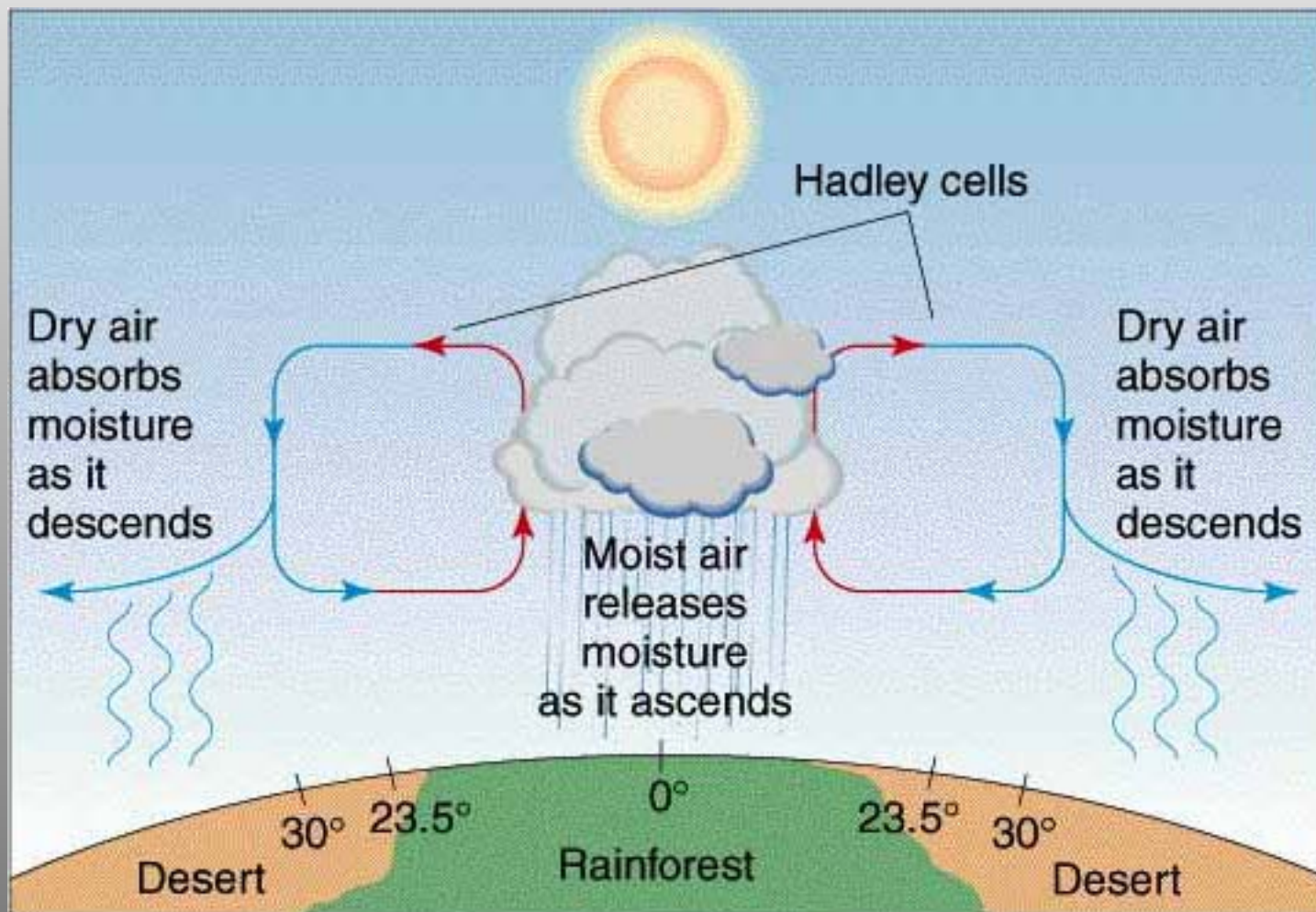


Površinska cirkulacija vodenih masa (morske struje)

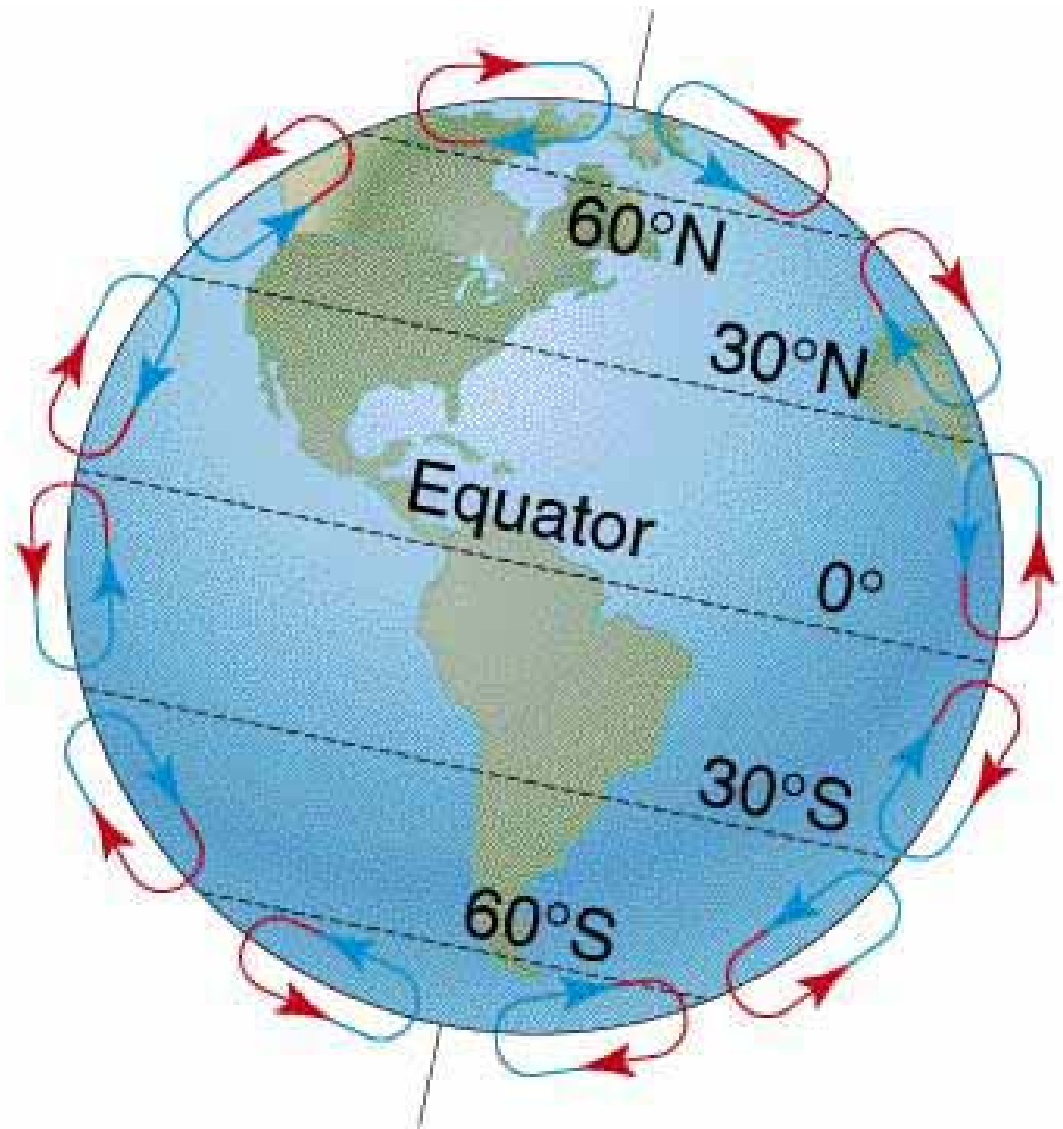


Površinske oceanske struje rezultat su interakcije između planetarnog sustava gibanja zračnih masa i rotacije Zemlje

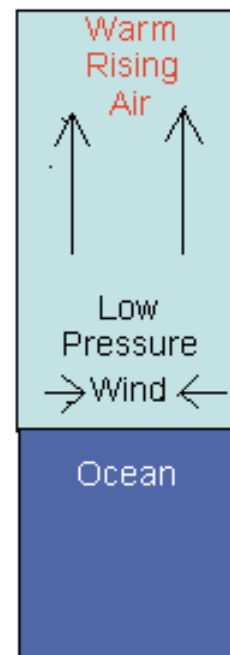
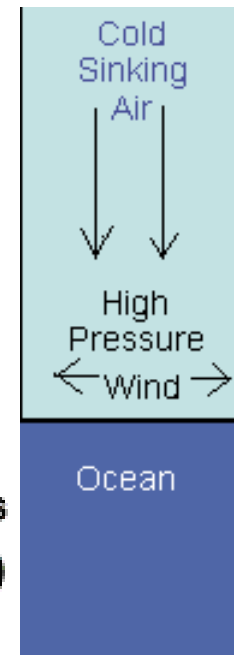
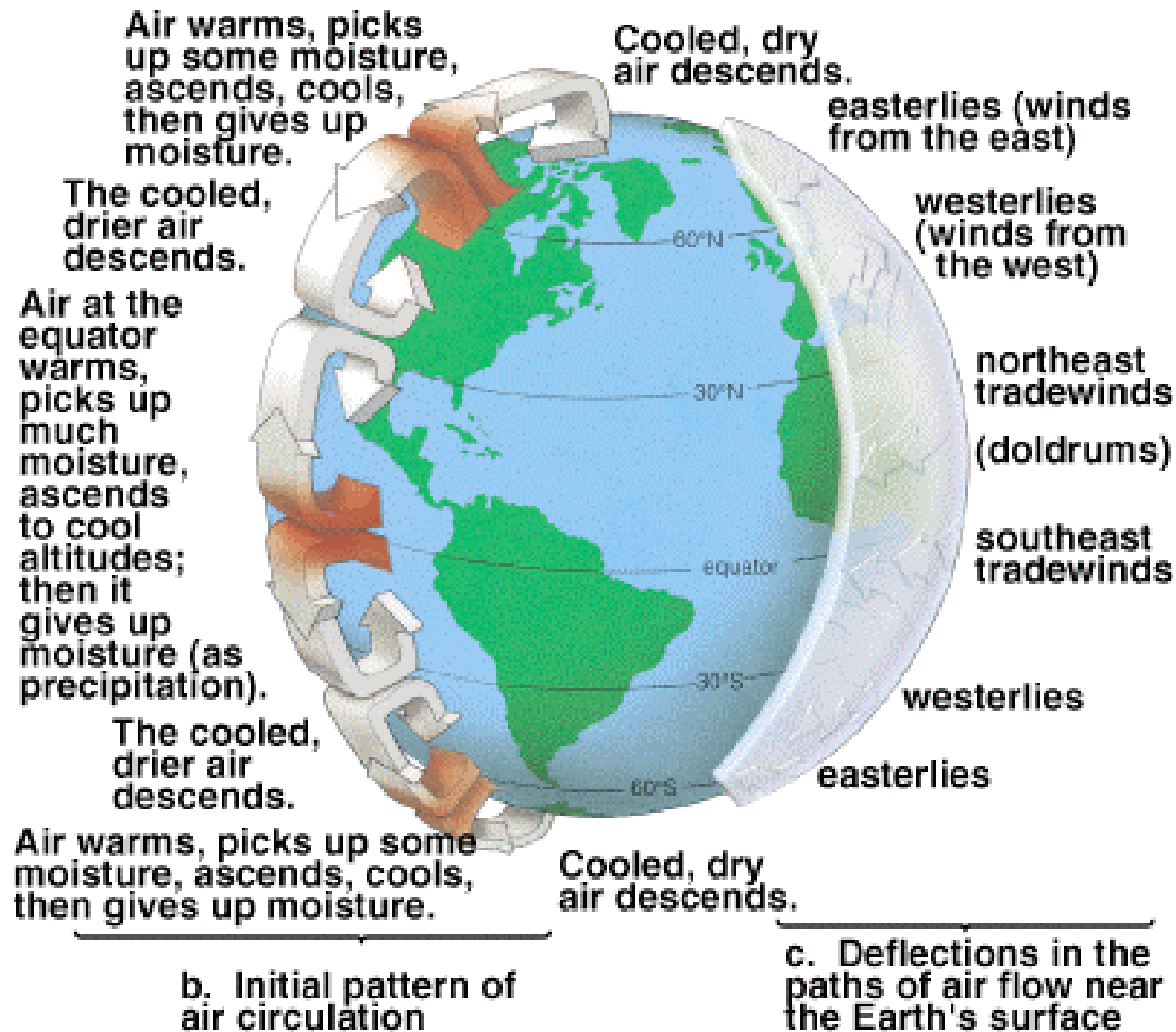
Vlažan i vrući zrak se na ekvatoru podiže u visinu, tamo se hladi, vodena para se kondenzira i pada na Zemlju u obliku kiše. Suhi ohlađeni zrak se potom spušta iznad površine Zemlje na oko 30° sjeverne i južne geografske širine i izvlači svu vlagu s tla.

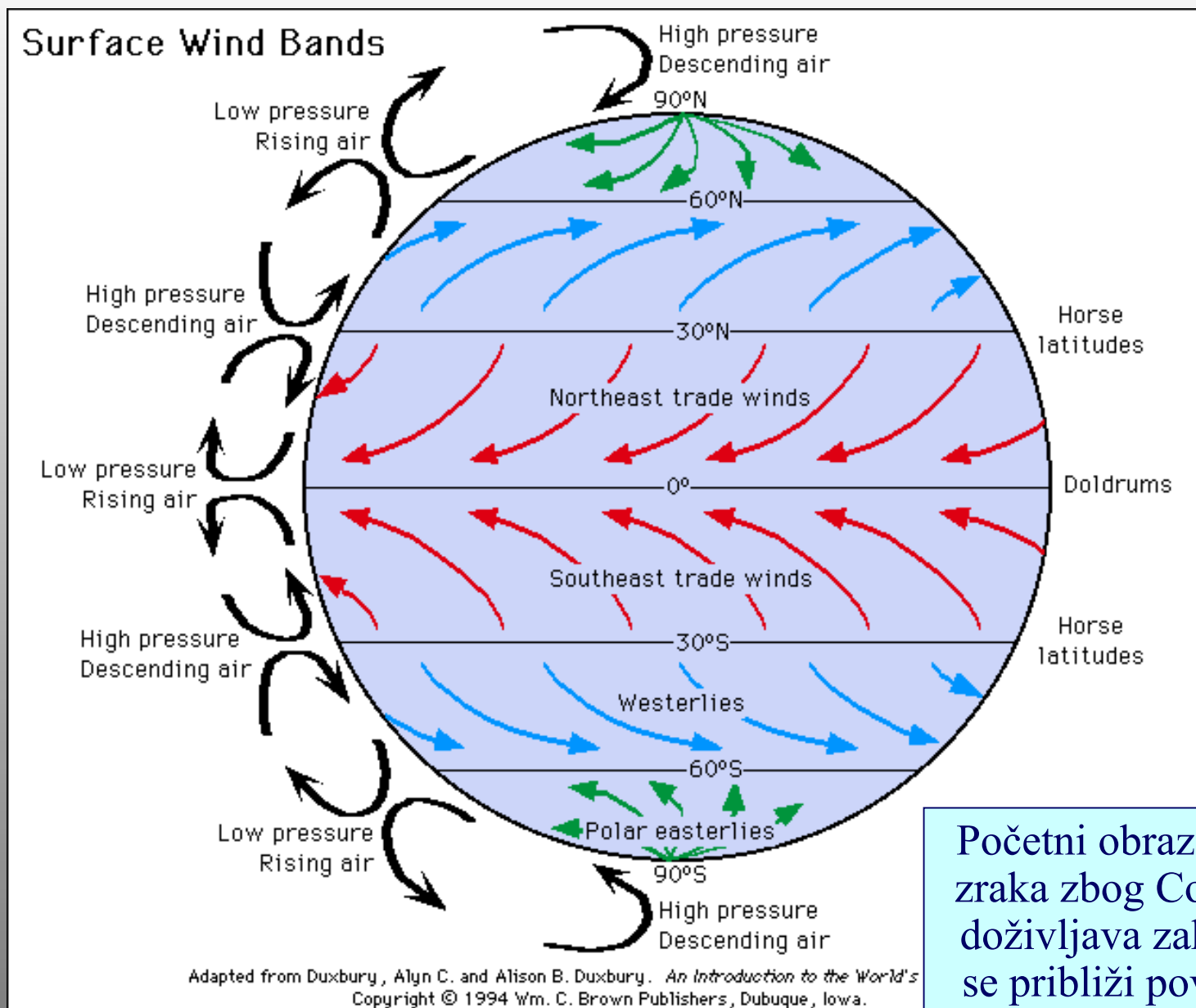


Sa svake strane
ekvatora postoje
tri ovakva
kružna gibanja
zraka



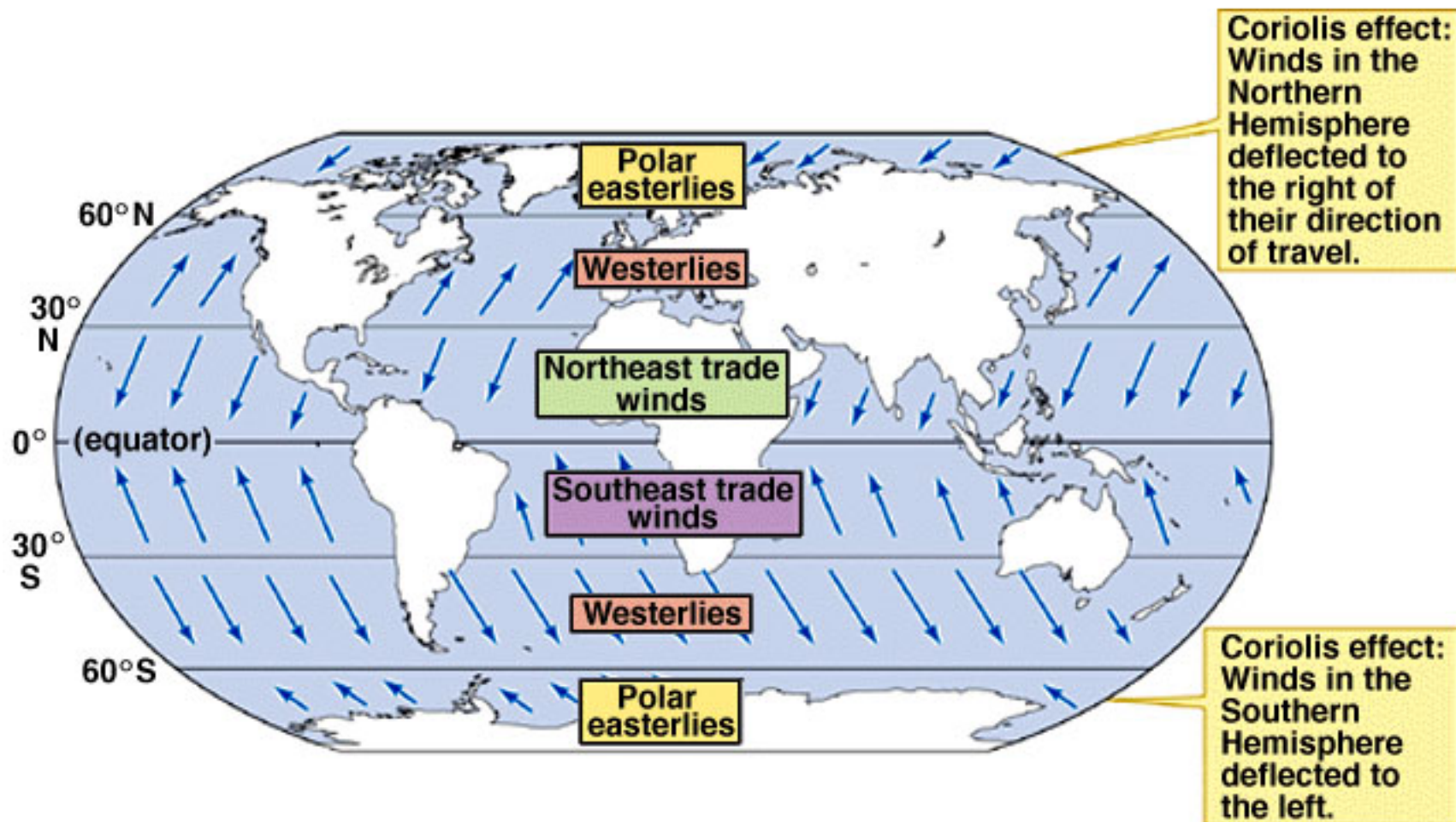
(b) Global air flow patterns



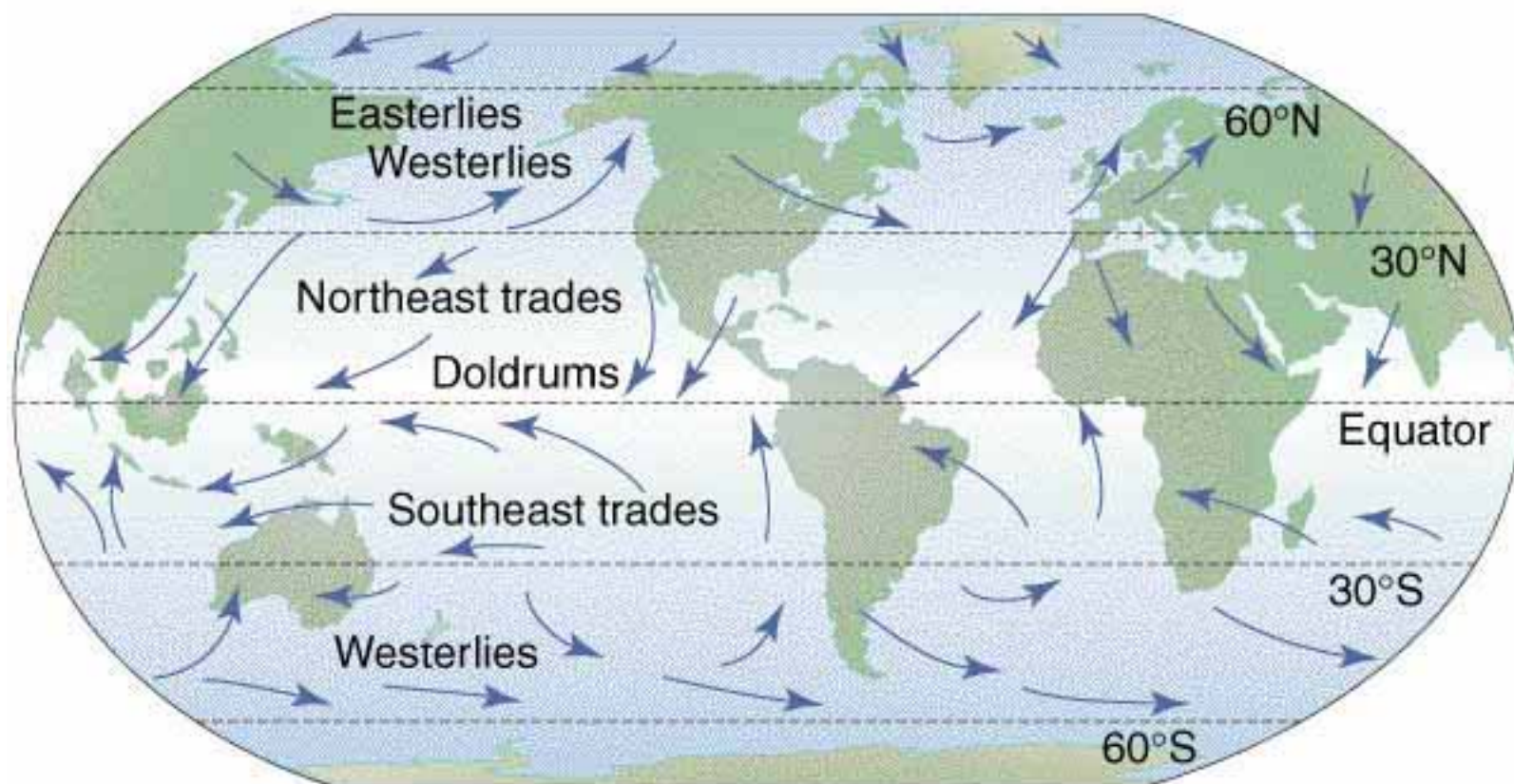


Početni obrazac cirkulacije zraka zbog Coriolisove sile doživljava zakretanje kada se približi površini Zemlje

Coriolisova sila (sila uslijed rotacije Zemlje od zapada prema istoku) zakreće vjetar na sjevernoj hemisferi prema desno u odnosu na smjer puhanja, a na južnoj hemisferi prema lijevo

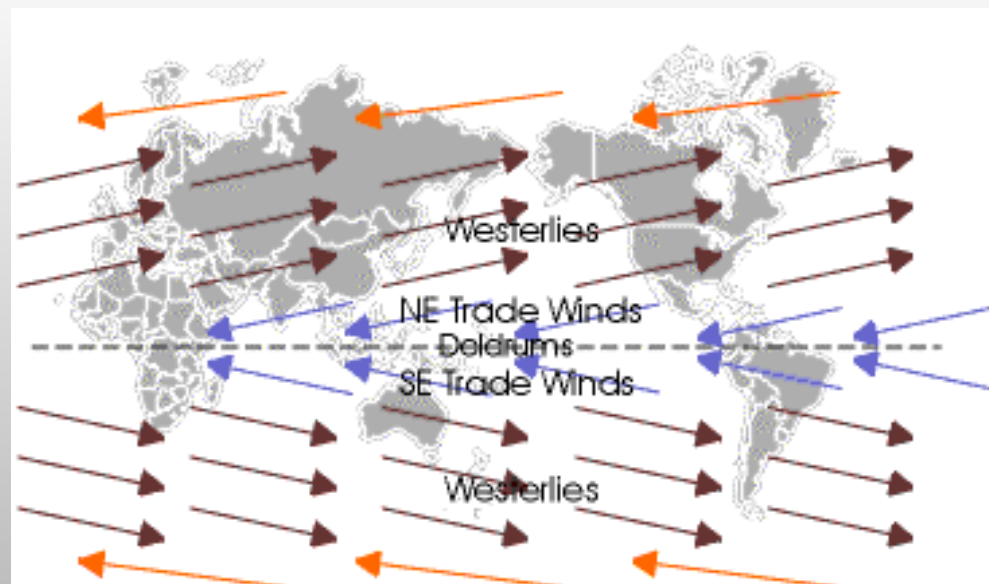


Krajnji rezultat obaju procesa, ciklusa vertikalnog kruženja zraka i zakretanja pod utjecajem Coriolisove sile, je obrazac gibanja stalnih vjetrova na Zemlji

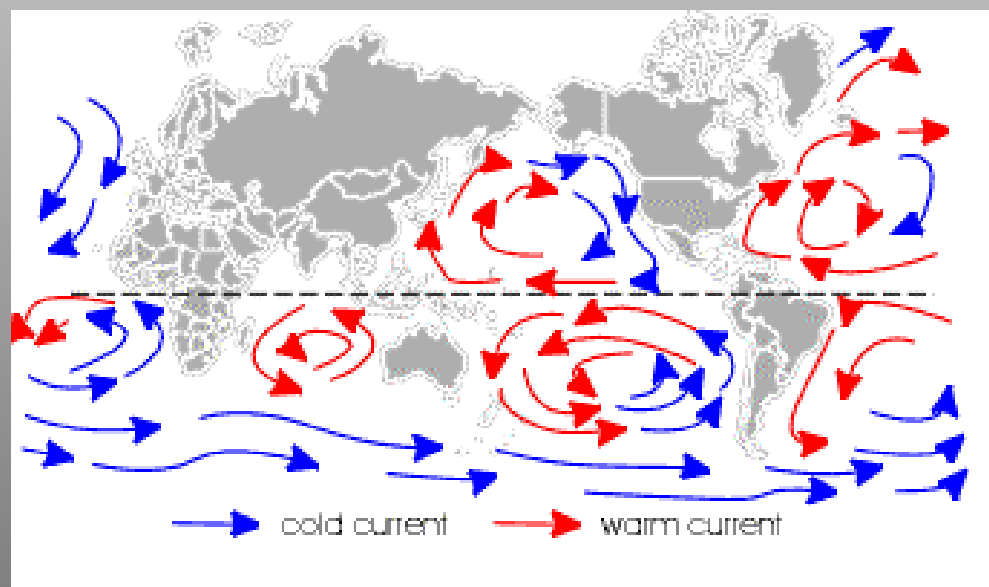


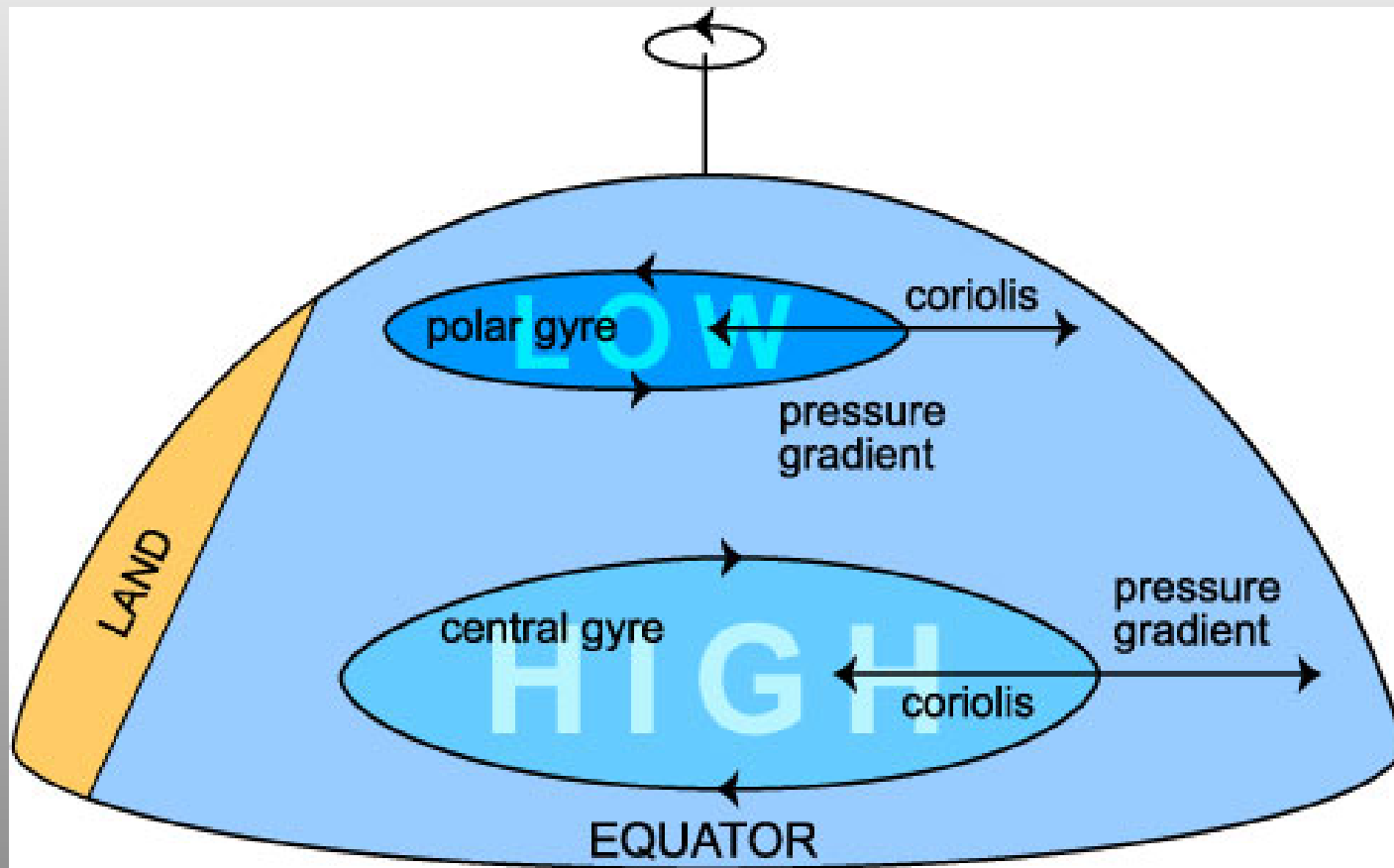
(c) Global trade winds

Globalno gibanje
zračnih masa
korigirano
Coriolisovom silom ...

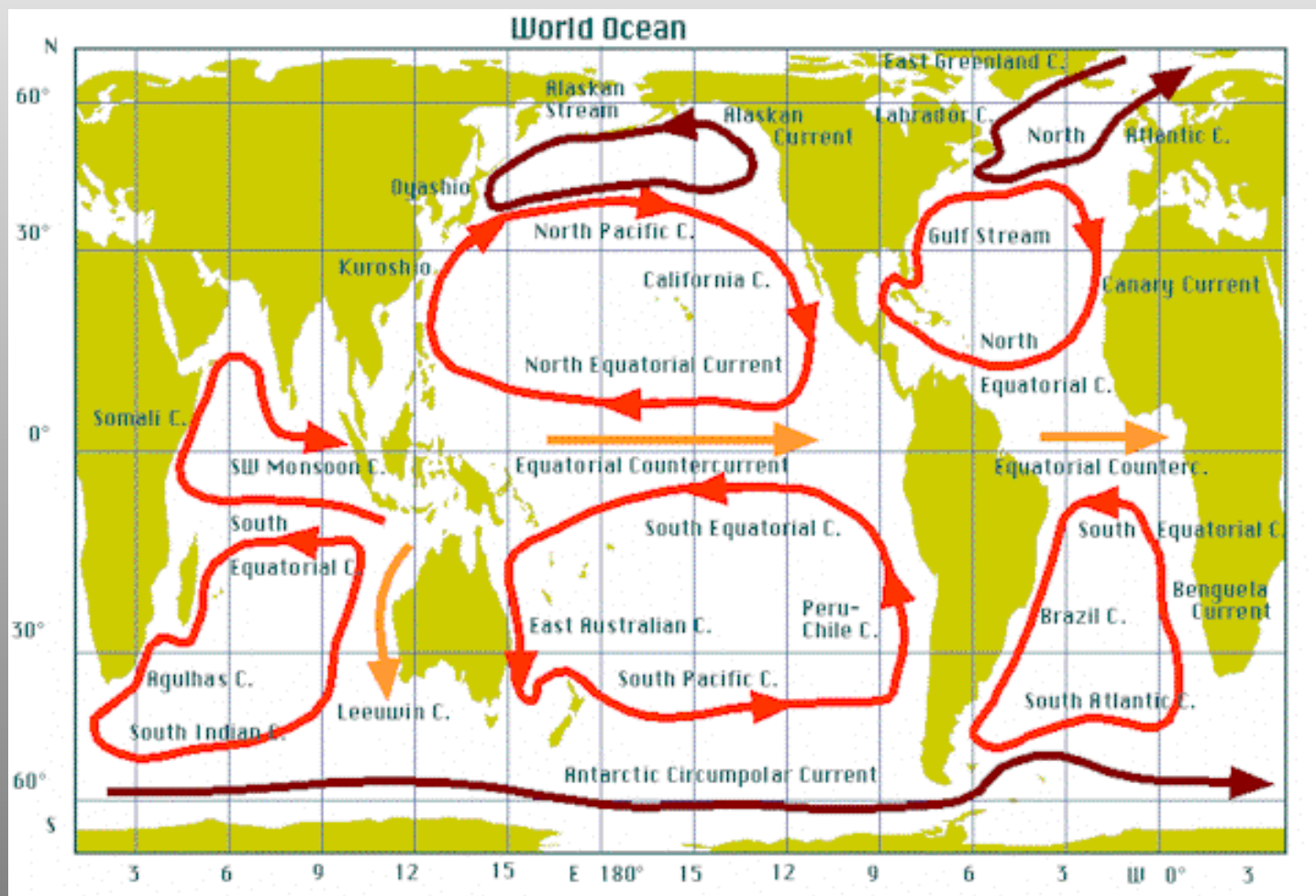


... stvara dva velika vrtloga
(gyres) površinskih
oceanskih voda čiji se
centri nalaze na oko 30°
sjeverne i južne geografske
širine. Sjeverni vrtlog se
giba u smjeru kazaljke, a
južni obrnuto od kazaljke

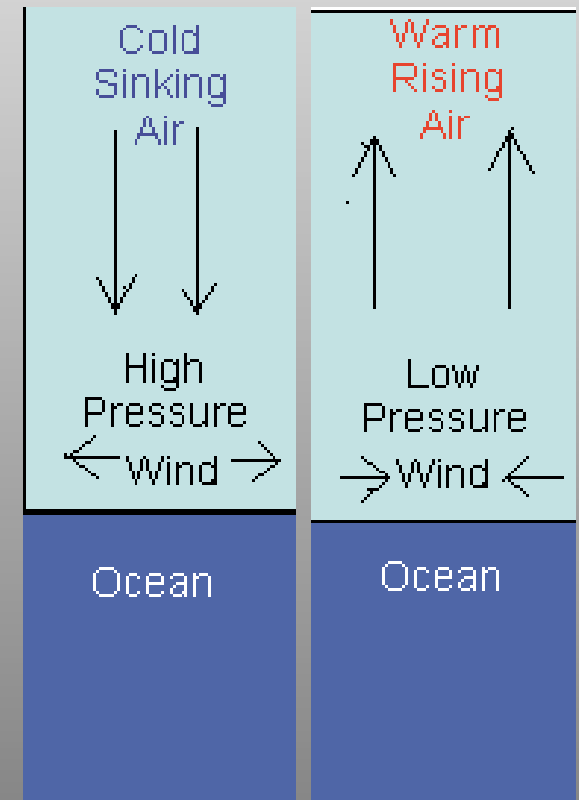
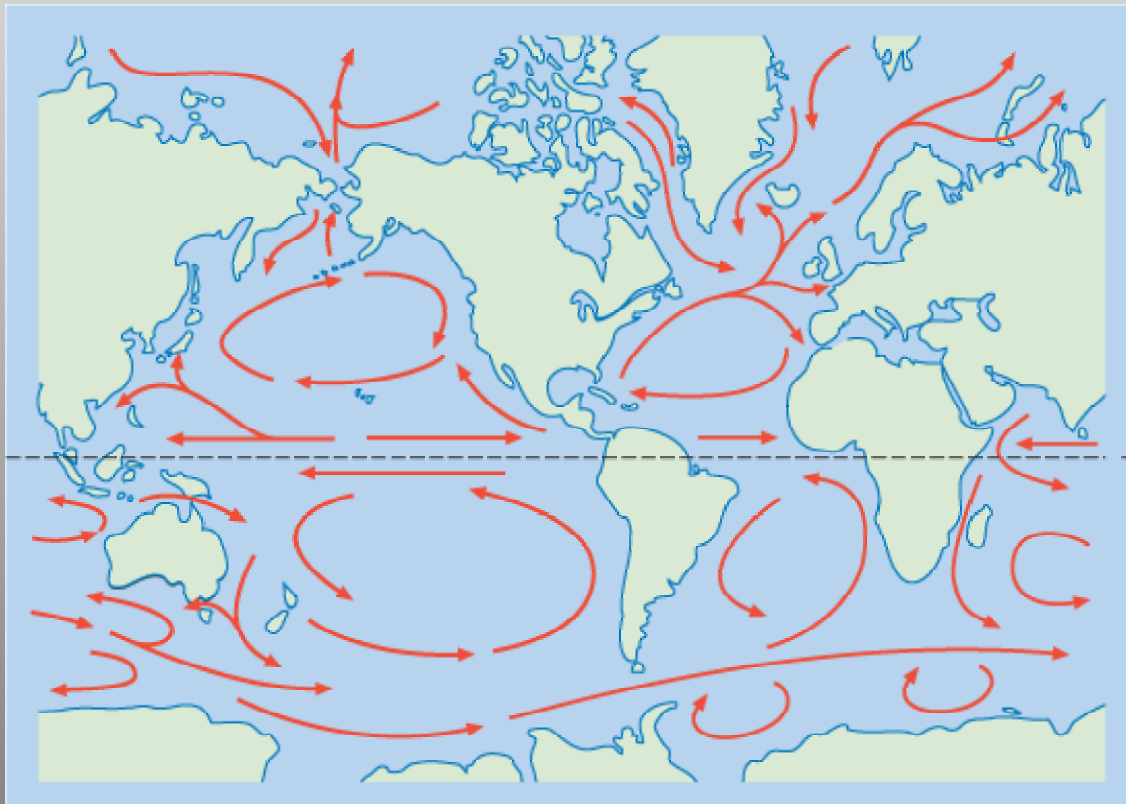


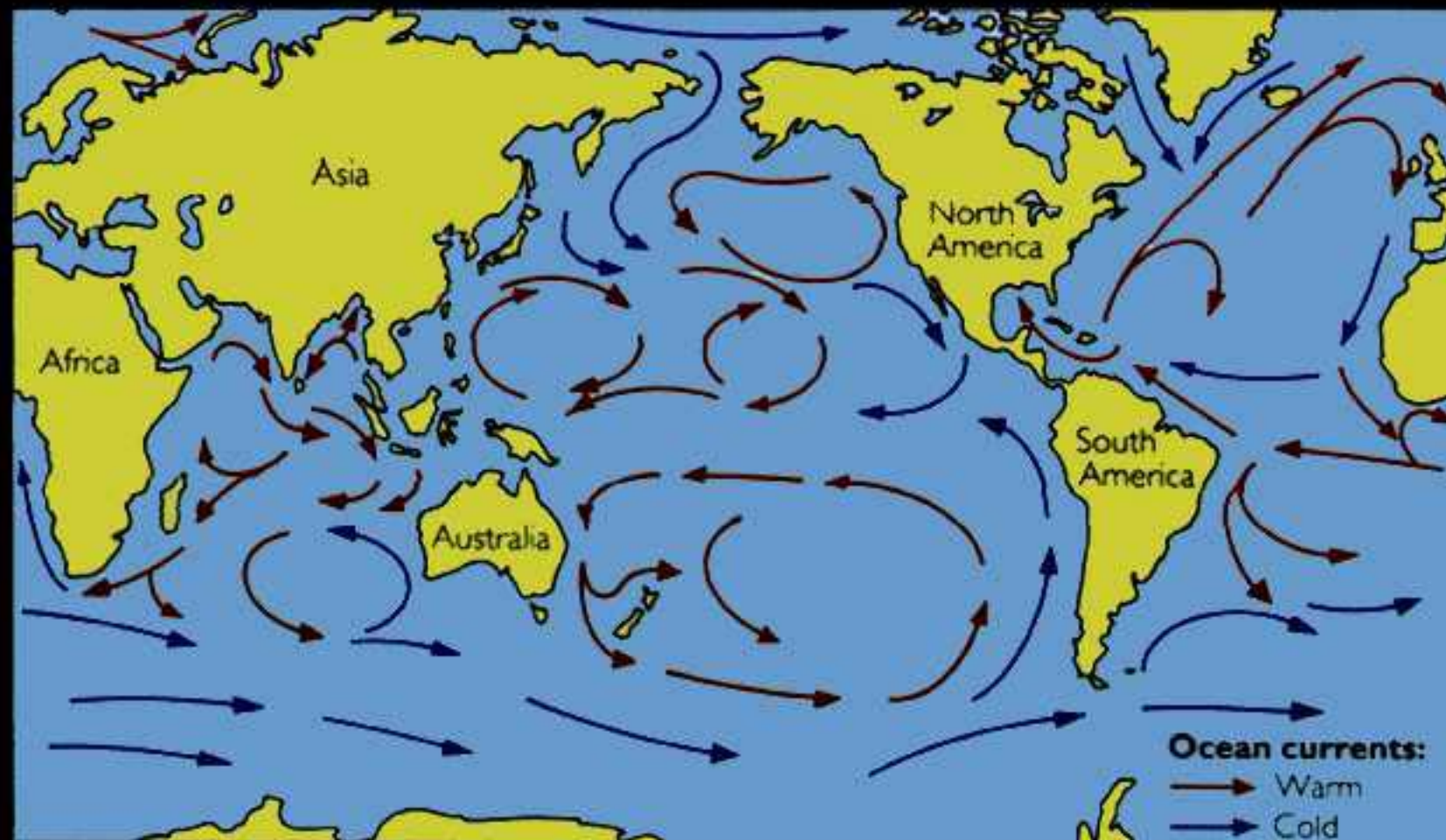


Vrtlozi površinske oceanske vode na sjevernoj i južnoj hemisferi

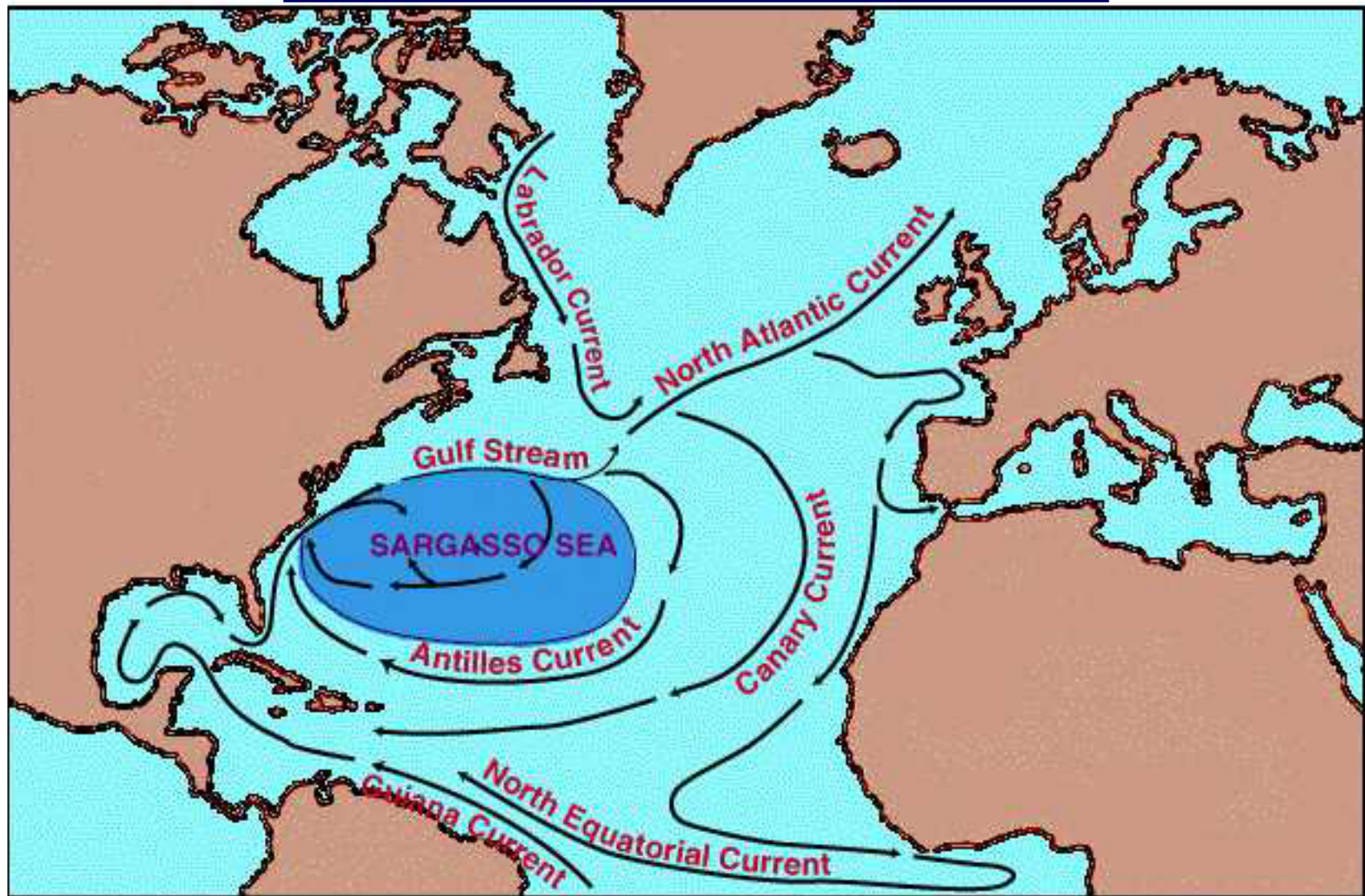


Kretanje glavnih oceanskih struja

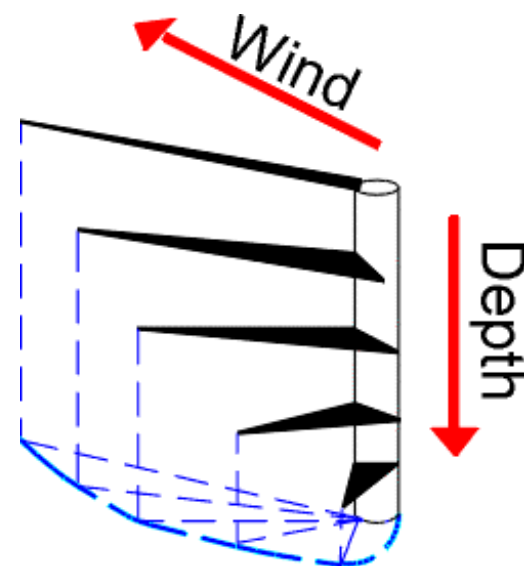
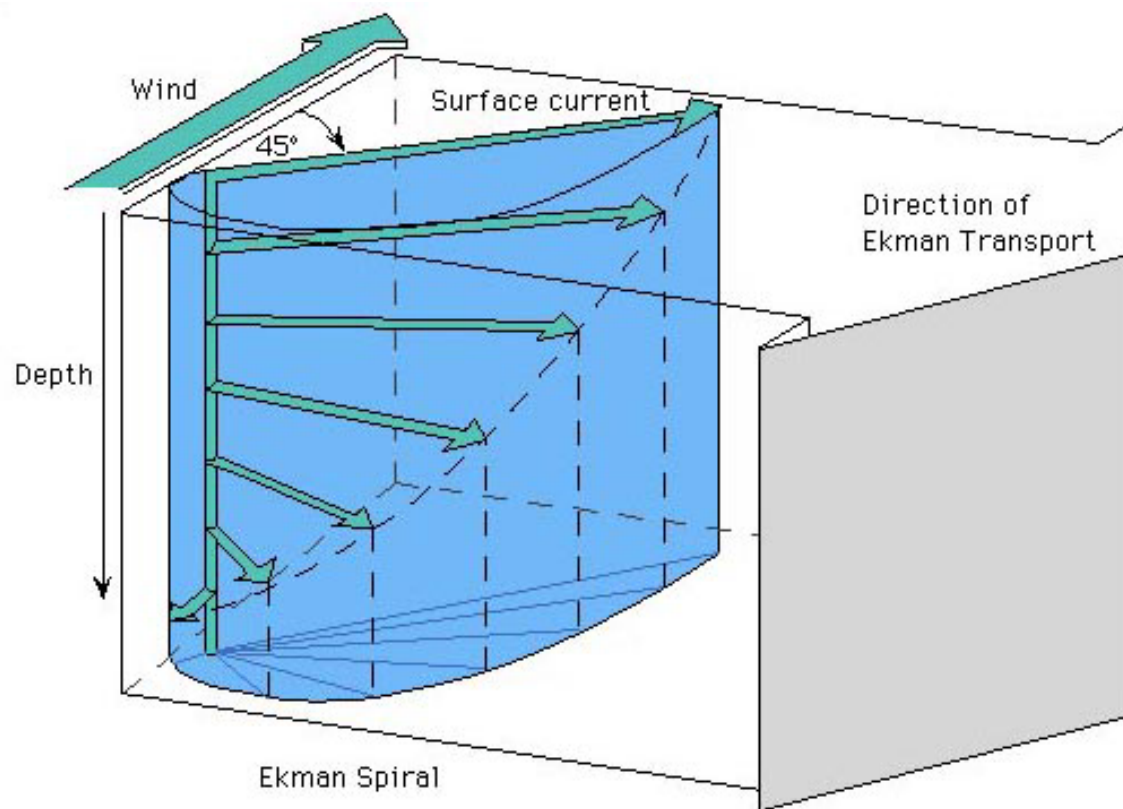


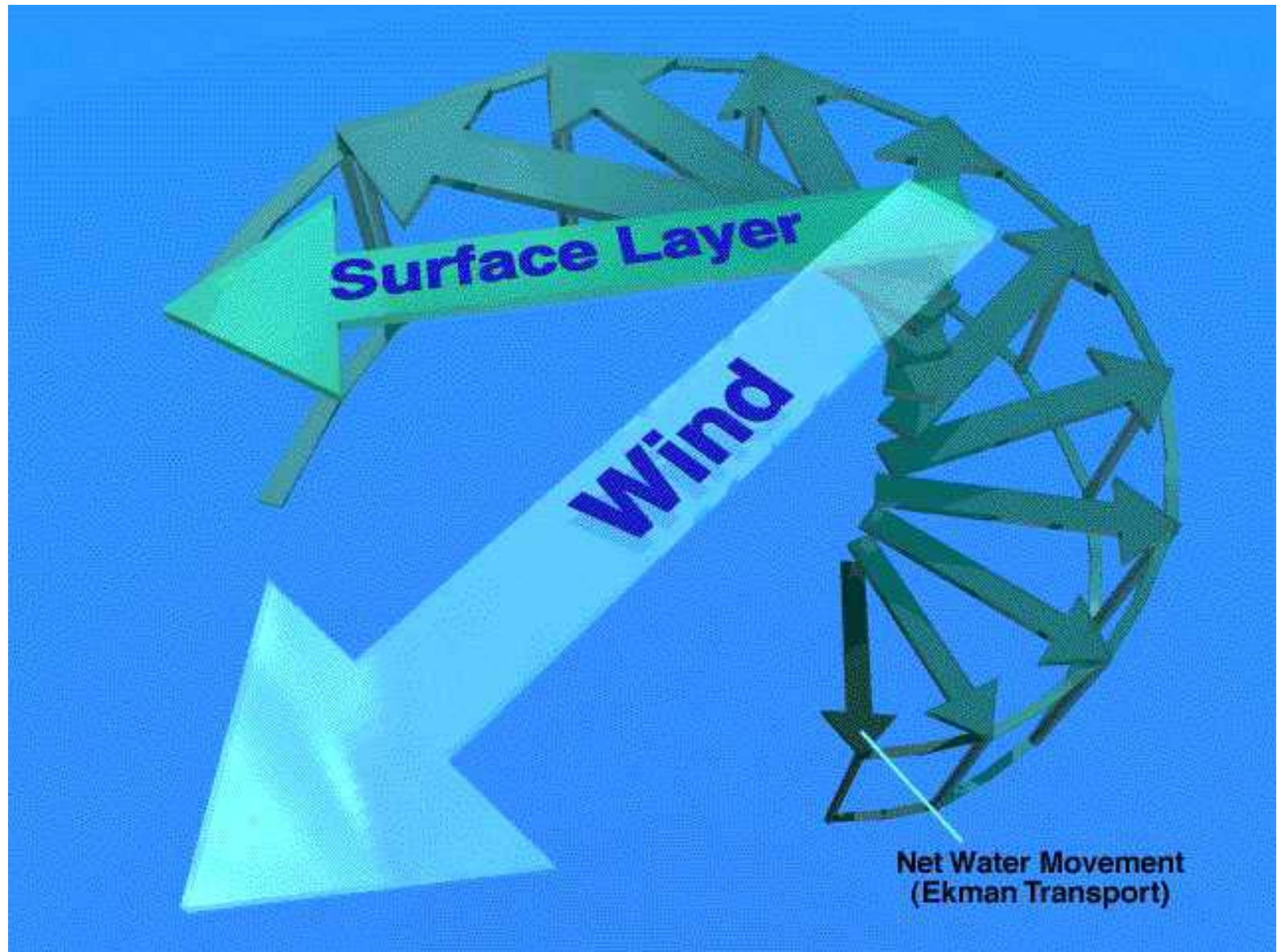


Sargaško more

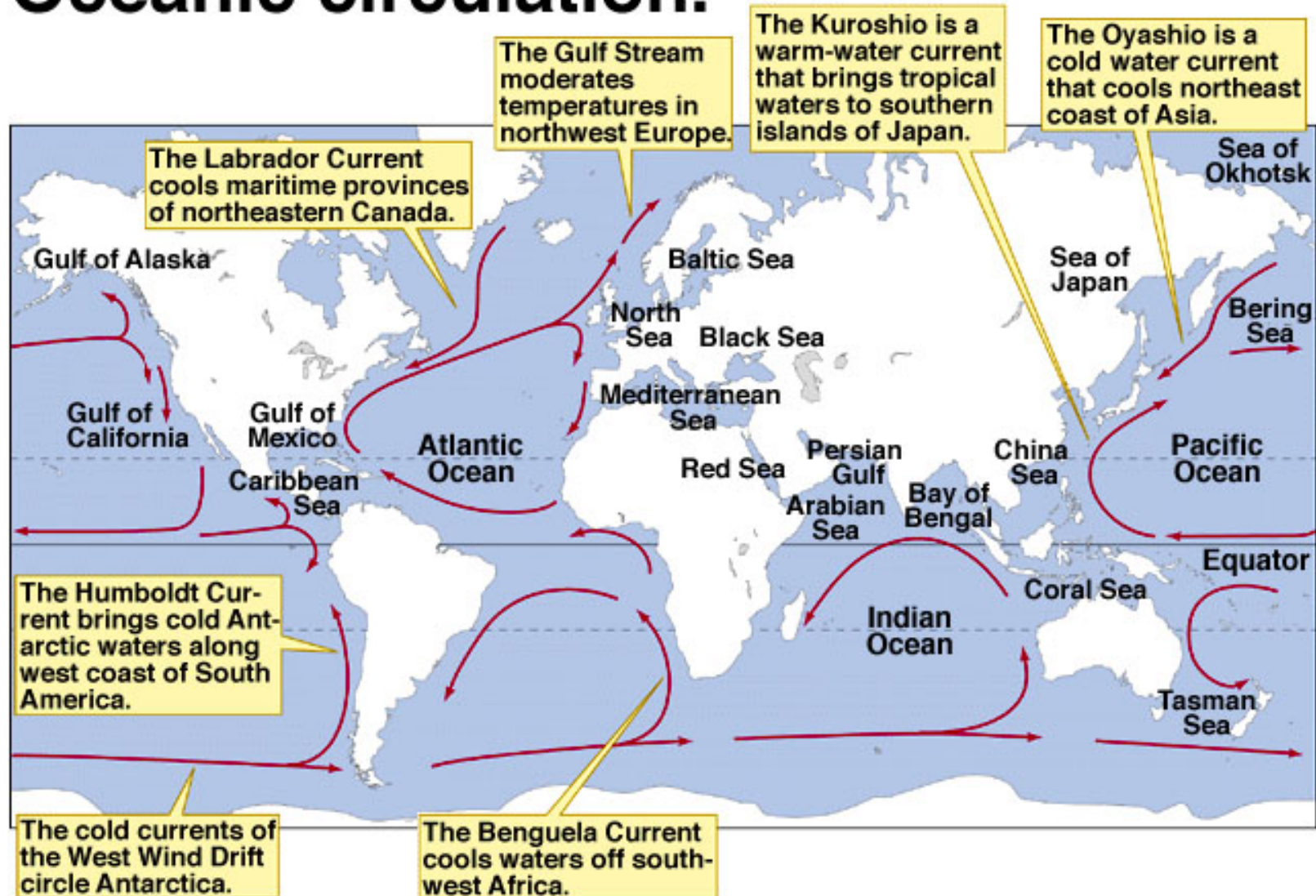


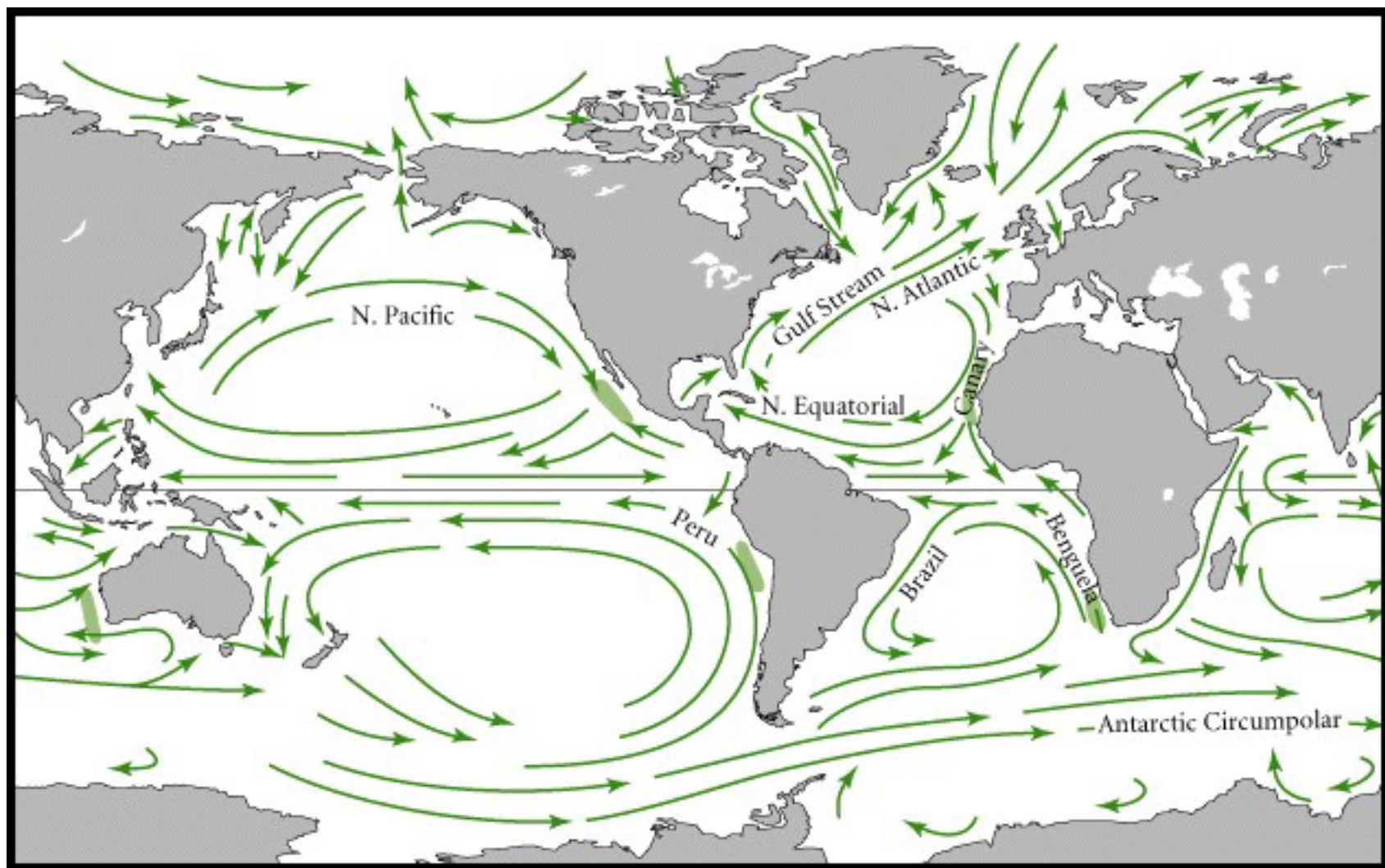
Ekmanova spirala – smjer površinskih morskih struja je zbog djelovanja Coriolisove sile pomaknut za oko 45° desno (sjeverna hemisfera) odnosno lijevo (južna hemisfera) u odnosu na smjer gibanja vjetra. Prema dubljim slojevima taj je pomak sve veći što rezultira spiralnom cirkulacijom. Ovaj je fenomen poznat kao Ekmanova spirala

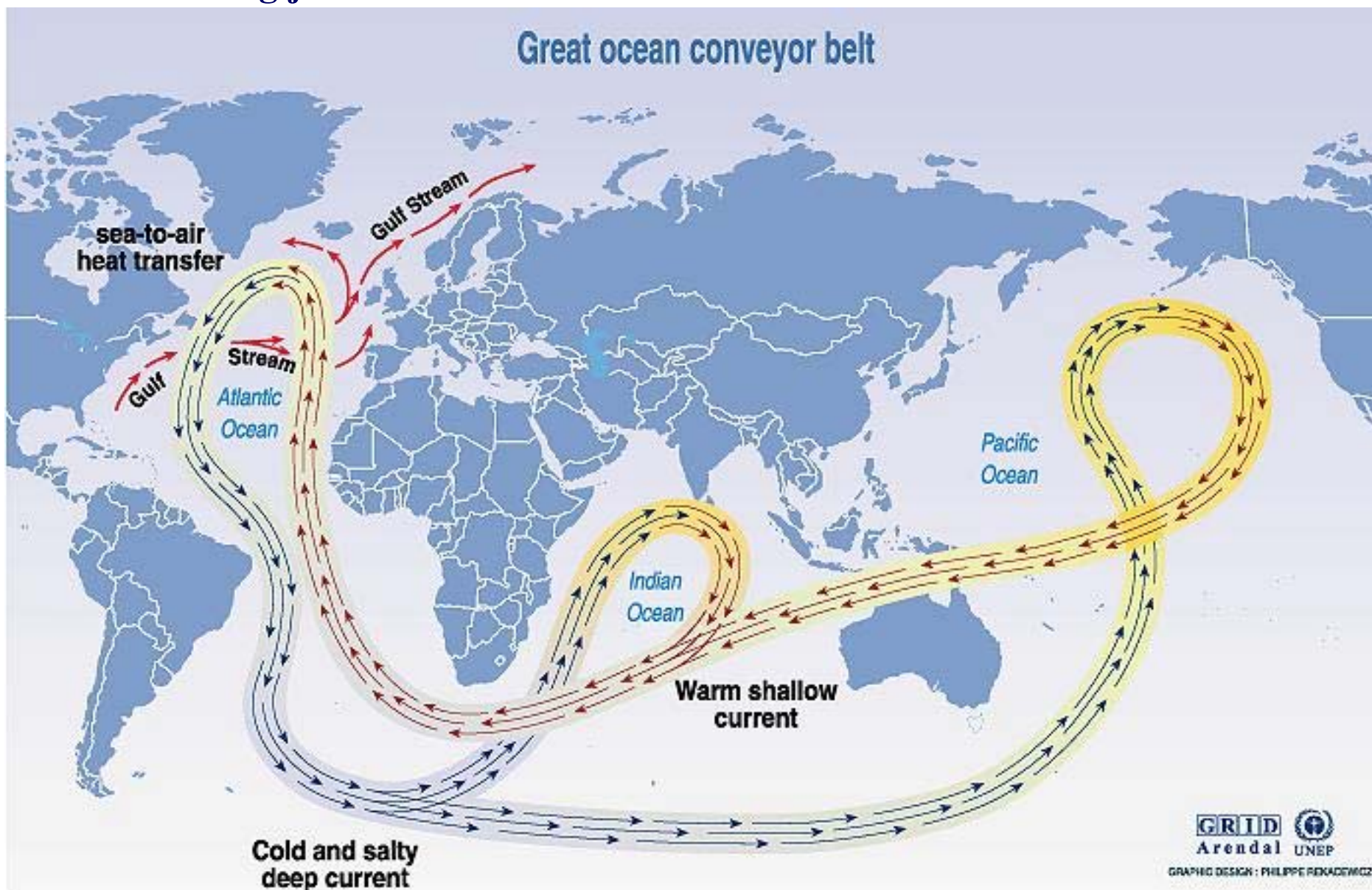




Oceanic circulation.



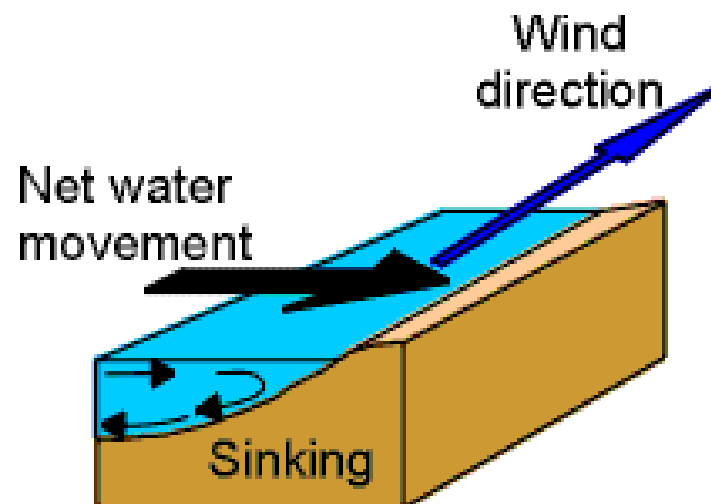
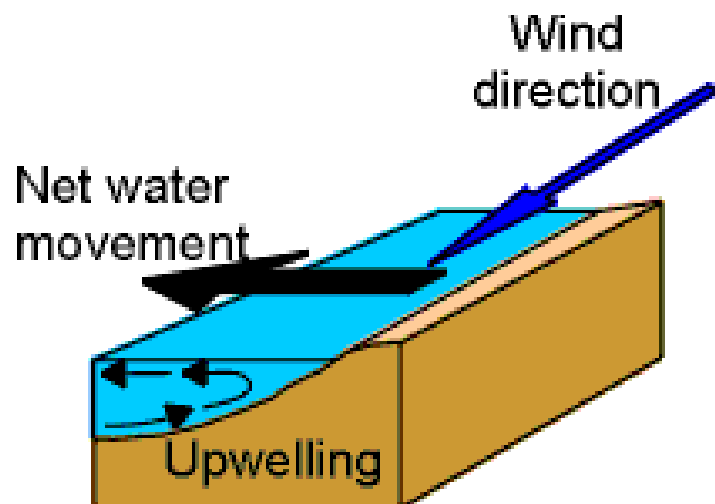




Source: Broecker, 1991, in Climate change 1995, impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses, contribution of working group 2 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge press university, 1996.

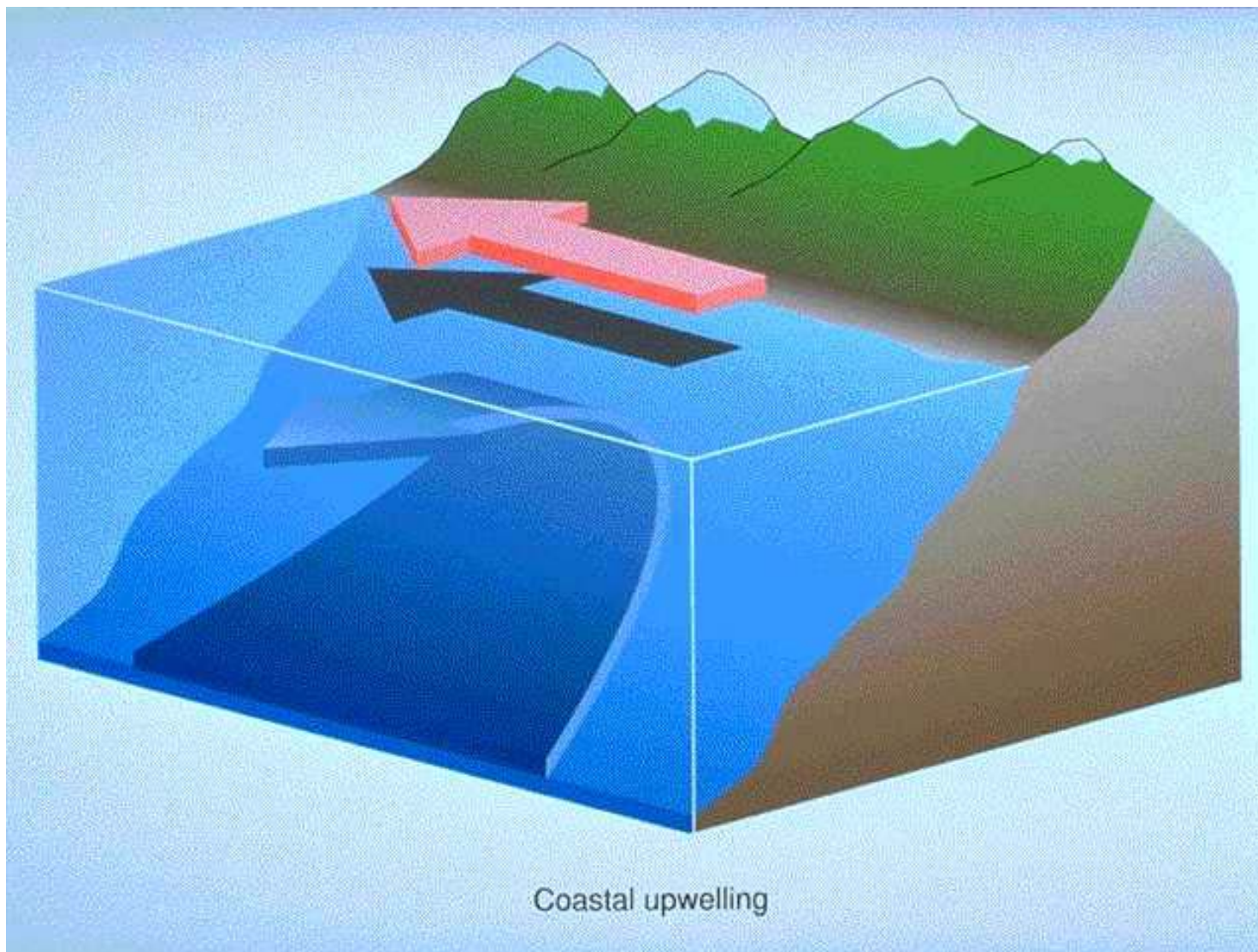


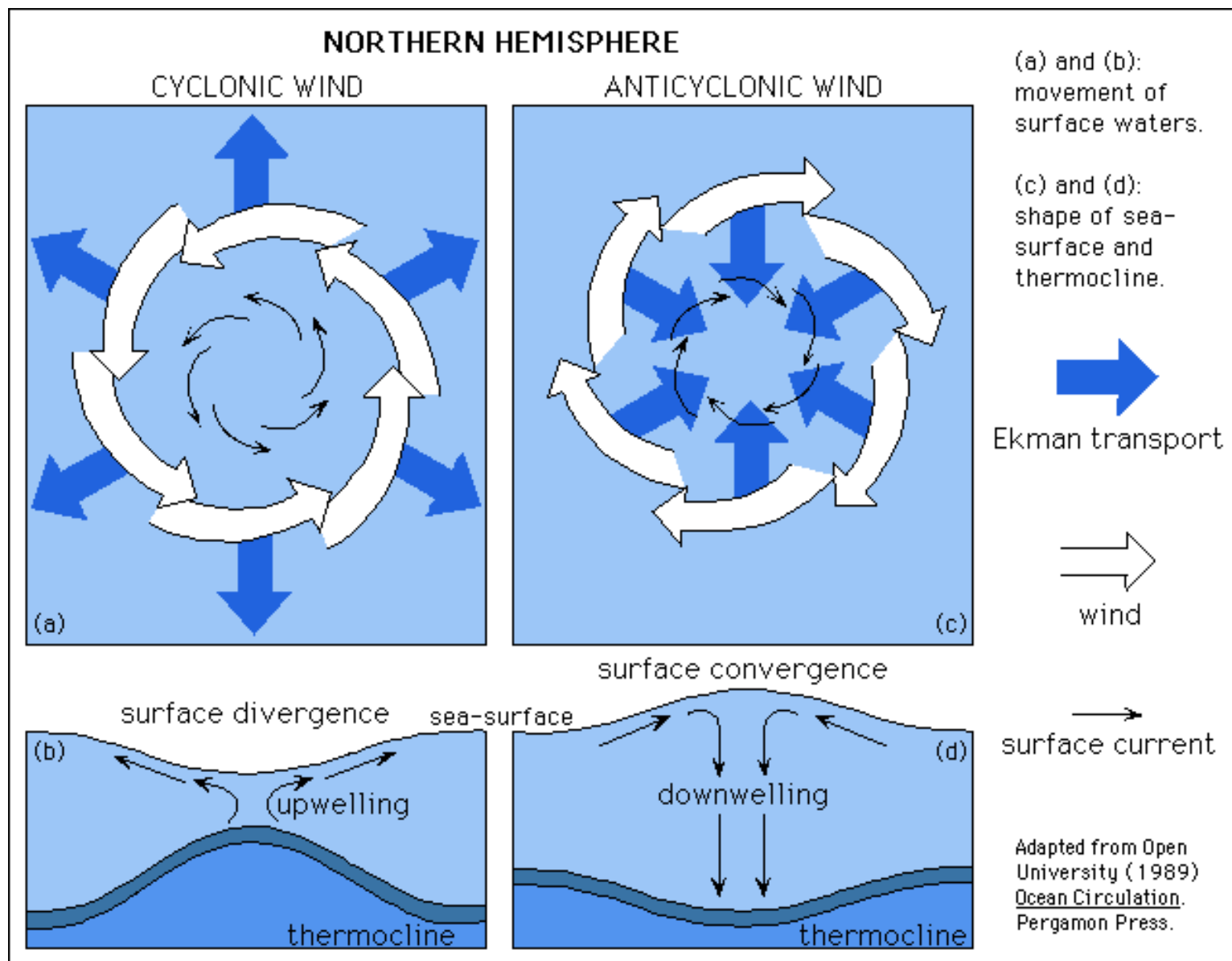
Vjetar i Coriolisov efekt mogu uzrokovati vertikalno gibanje vodene mase na rubovima kontinenata (područje šelfa)



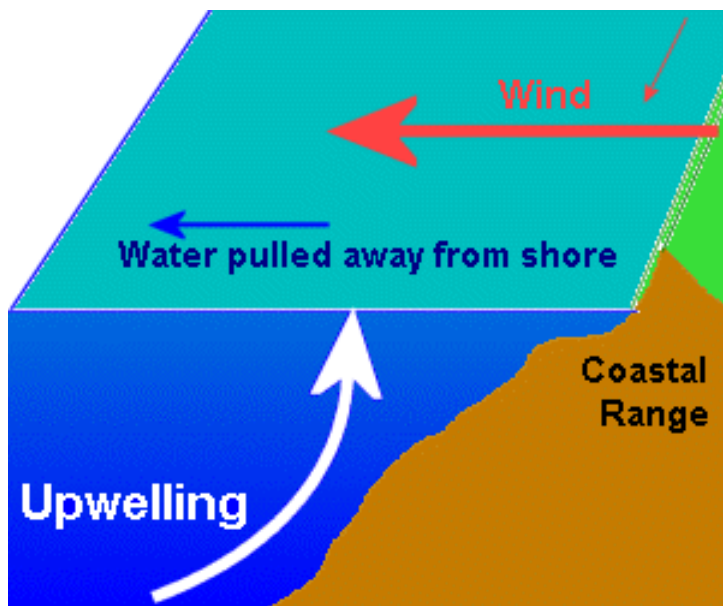
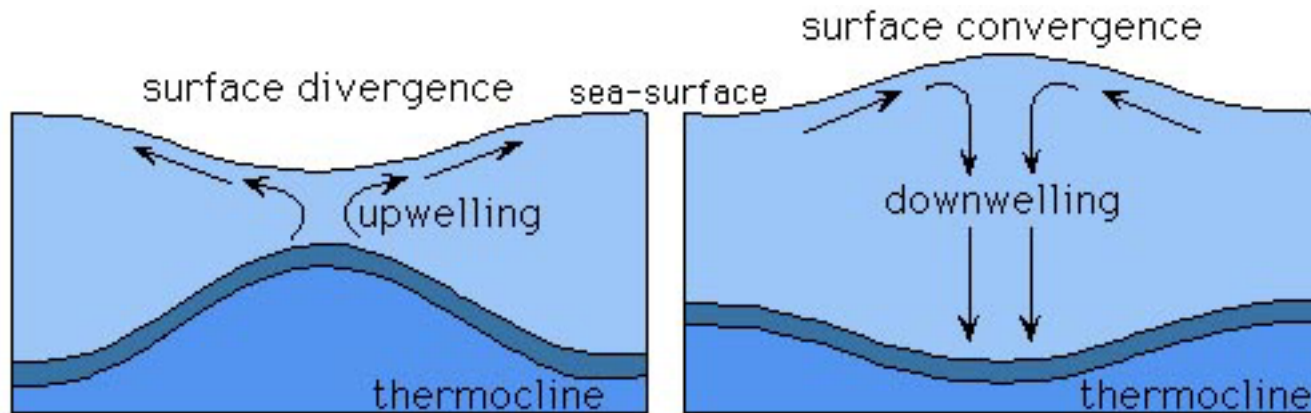
Ukoliko se površinske vode gibaju od kontinenta to rezultira kompenzacijskom strujom u dubljim slojevima. Dolaskom u blizinu kontinenta dubinska struja se uzdiže prema površini. Ova je pojava poznata kao **upwelling**

Ukoliko površinske struje idu prema kontinentu, vodena masa u blizini obale ponire i u dubljim se slojevima giba u suprotnom smjeru. Ova je pojava poznata kao **downwelling**



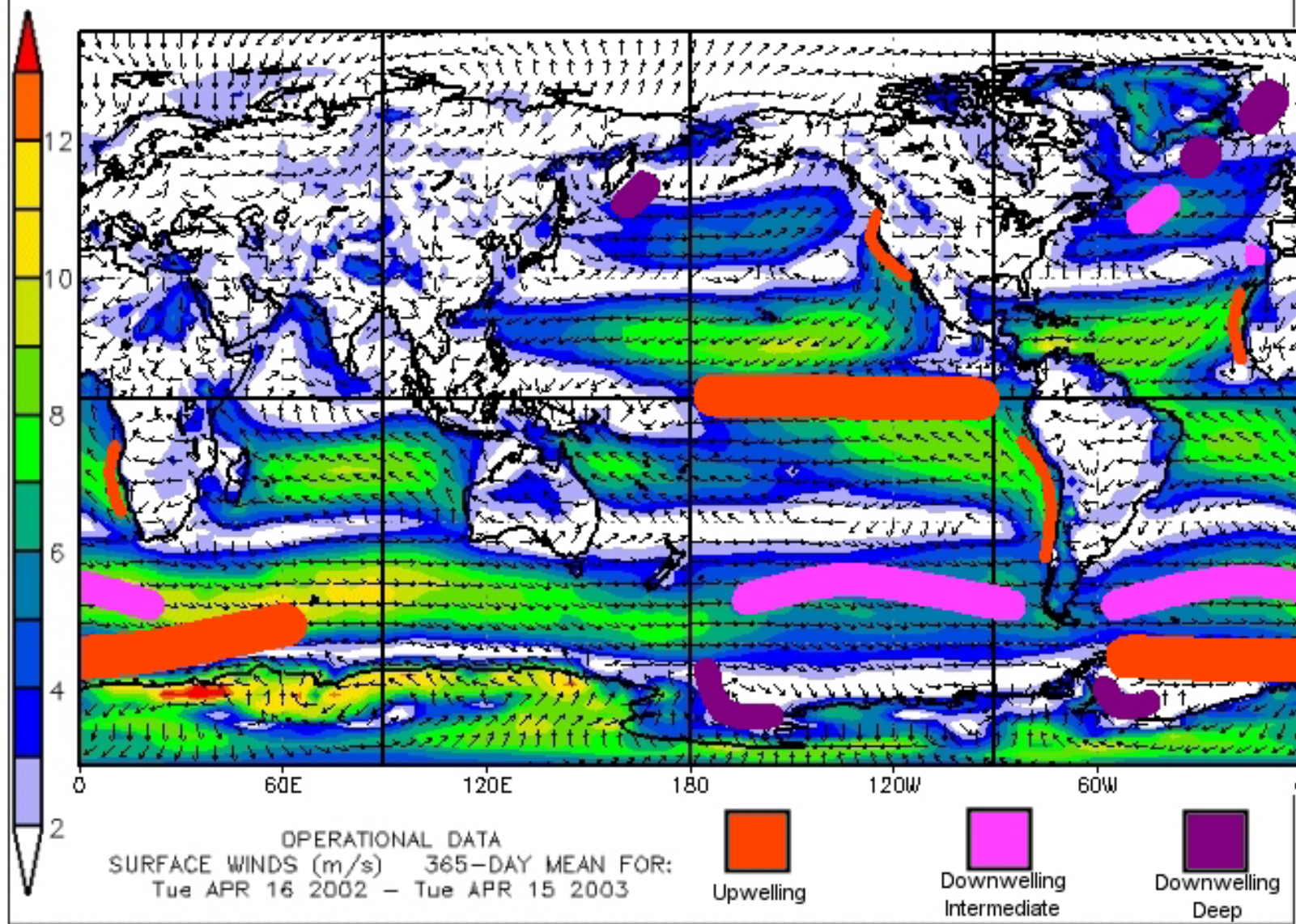


Površina mora u području upwellinga i downwellinga

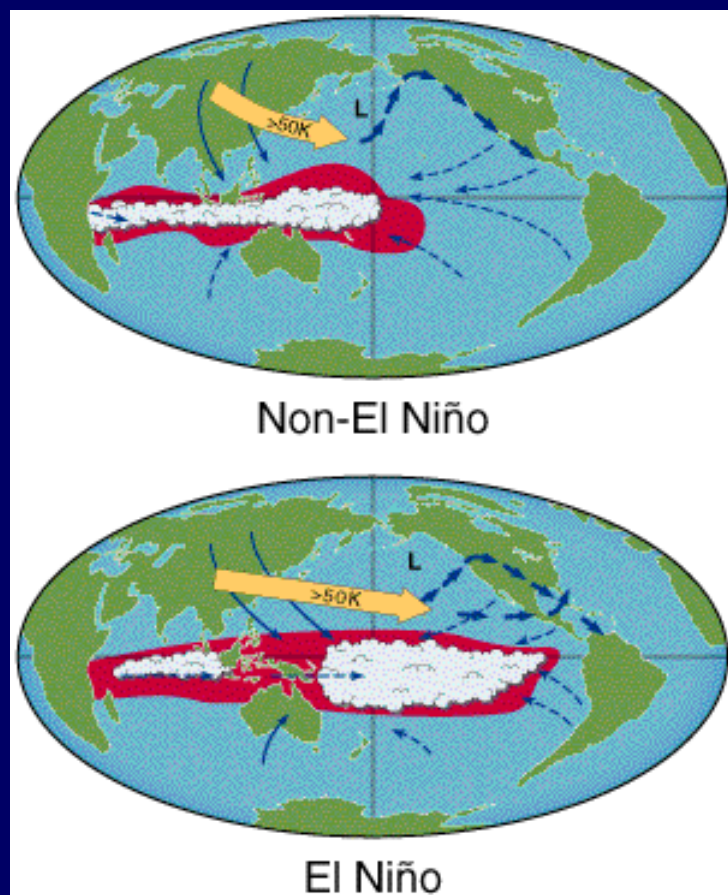


Poznati primjer upwellinga je zapadna obala Južne Amerike (osobito područje Perua). Pridnena voda koja se ovdje uzdiže na površinu donosi sa sobom velike količine hranjiva, što rezultira visokom primarnom proizvodnjom, koja za posljedicu ima veliku proizvodnju male plave ribe u ovom području

Područja upwellinga i downwellinga



Povremene promjene u obrascu gibanja vodenih masa mogu uzrokovati globalne poremećaje

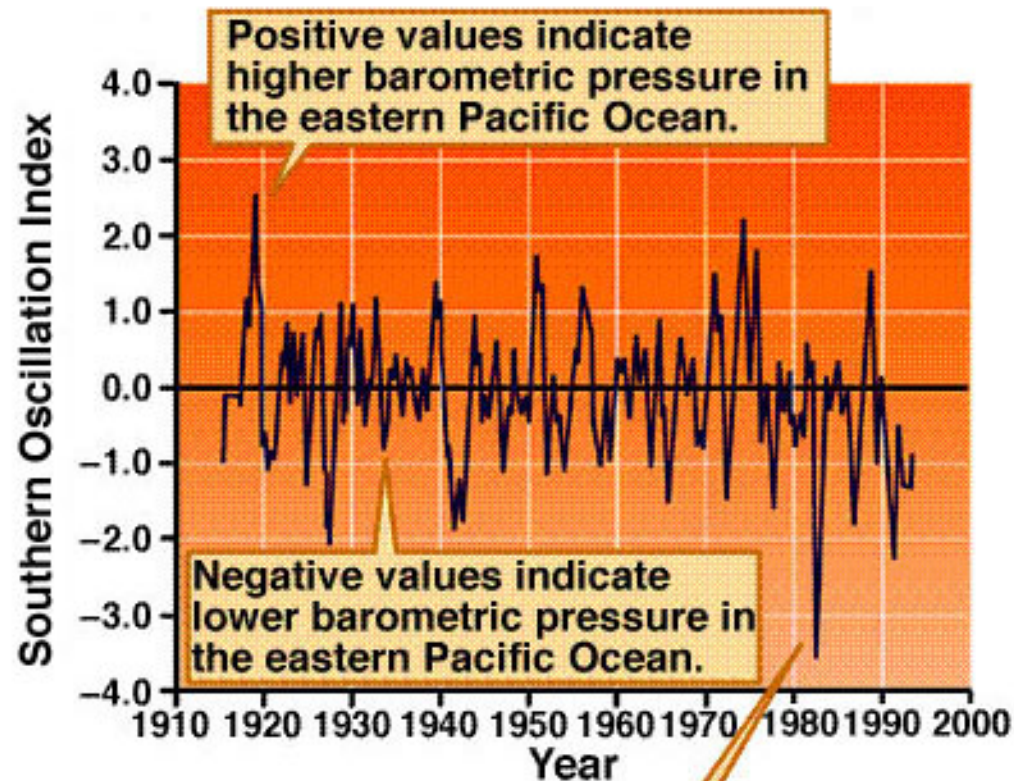


Povremeno u nepravilnim ciklusima (2-10 godina) u istočnom Pacifiku dolazi do promjena u lokalnom obrascu gibanja površinskih struja. Tada u prosincu dolazi do situacije kada se topla površinska voda ne giba prema zapadu, već u smjeru juga duž obala Perua. Posljedica toga je izostanak upwellinga što rezultira katastrofalnim smanjnjem ulova ribe. Ova se pojava naziva El Nino. Pored toga većina oluja koje se formiraju u ovom području kreću se prema istoku uzrokujući goleme štete. Od posljedica oluje je tijekom snažne pojave El Nina tijekom 1982/83 poginulo 600 ljudi

El Niño – globalni klimatski fenomen

- **El Niño** Southern Oscillation (ENSO) je atmosferski i oceanski fenomen koji se događa na velikoj prostornoj skali i koji utječe na ekosisteme na globalnoj skali
- ENSO uključuje varijacije u površinskoj temperaturi mora i barometarskom tlaku duž Pacifika i Indijskog oceana
- Tijekom **El Niño** površinska temperatura istočnog tropskog Pacifika je viša, a barometarski tlak niži od prosječnog. To uzrokuje povećanu količinu oborina u Sjevernoj Americi i dijelovima Južne Amerike, a sušu u zapadnom Pacifiku
- Obrnuta pojava, niže površinske temperature mora i višeg tlaka od prosječnog u istočnom tropskom Pacifiku naziva se **La Niña**. **La Niña** uzrokuje sušu u većem dijelu Sjeverne i Južne Amerike, a povećanu količinu oborina u zapadnom Pacifiku

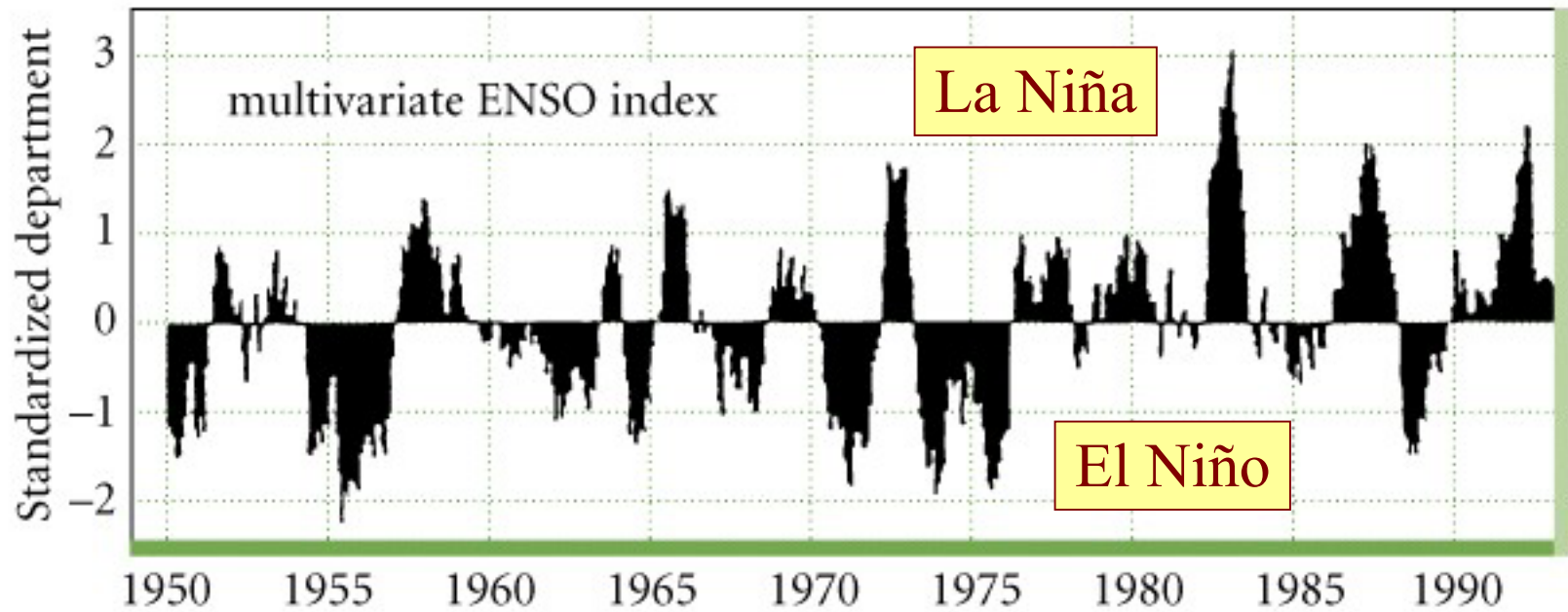
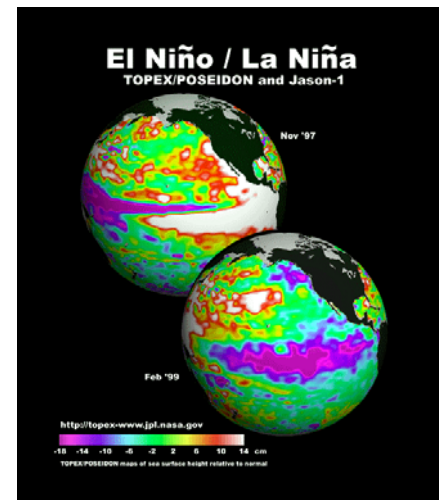
Southern Oscillation Index



Strongly negative values of the Southern Oscillation Index are associated with El Niño events and strongly positive values with La Niña events.

Pozitivne vrijednosti indeksa ukazuju na visoki barometarski tlak u istočnom Pacifiku, što je povezano s pojavom La Nina

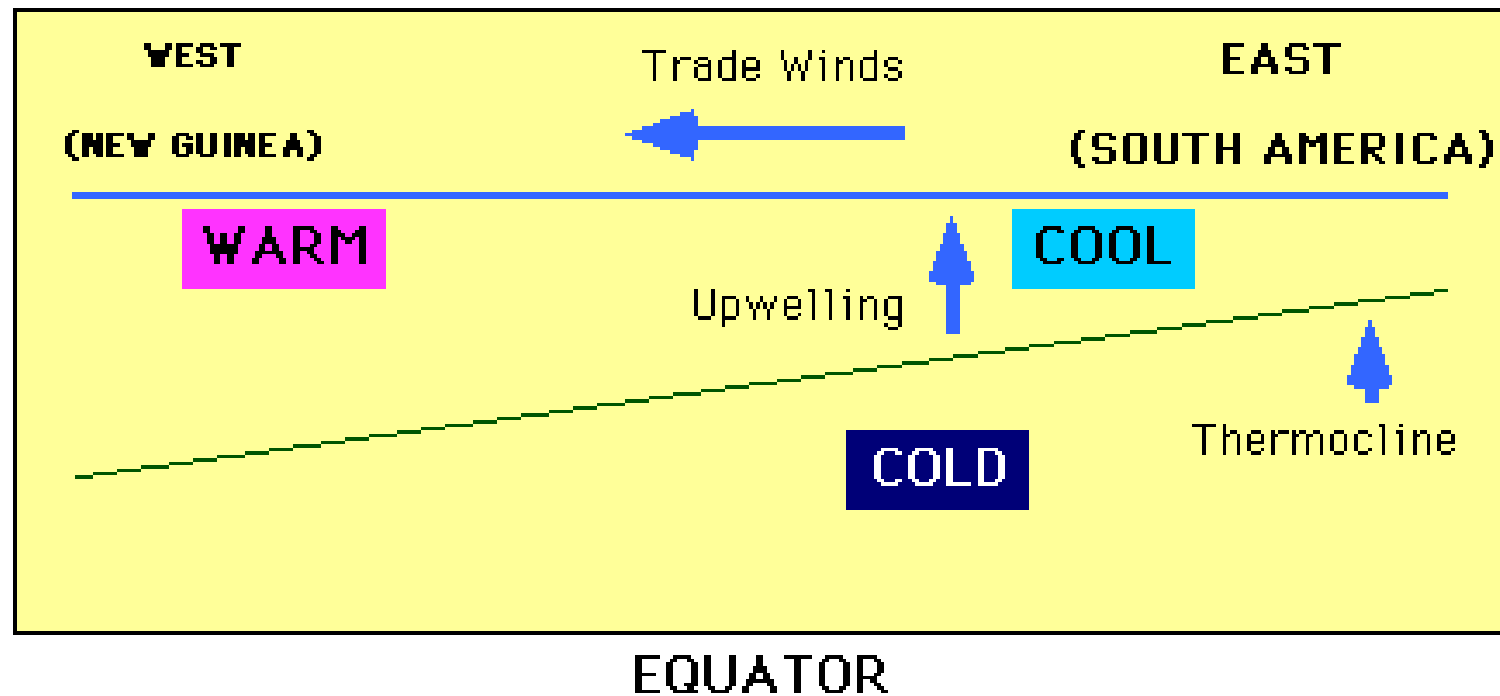
Negativne vrijednosti indeksa ukazuju na niski barometarski tlak u istočnom Pacifiku, što je povezano s pojavom El Nino



(a)

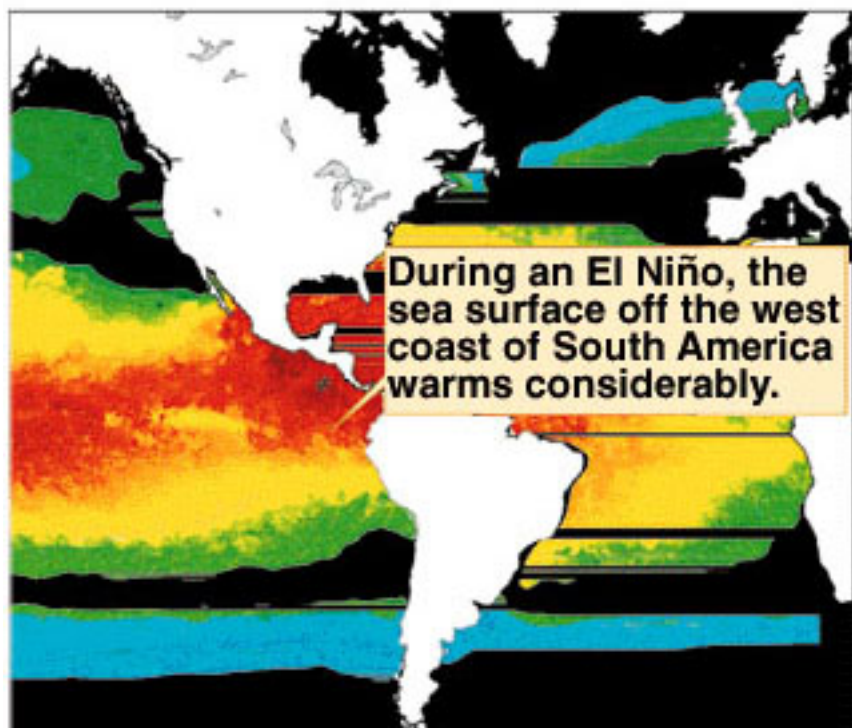
El Nino as a "Delayed Action Oscillator"

NORMAL CONDITIONS

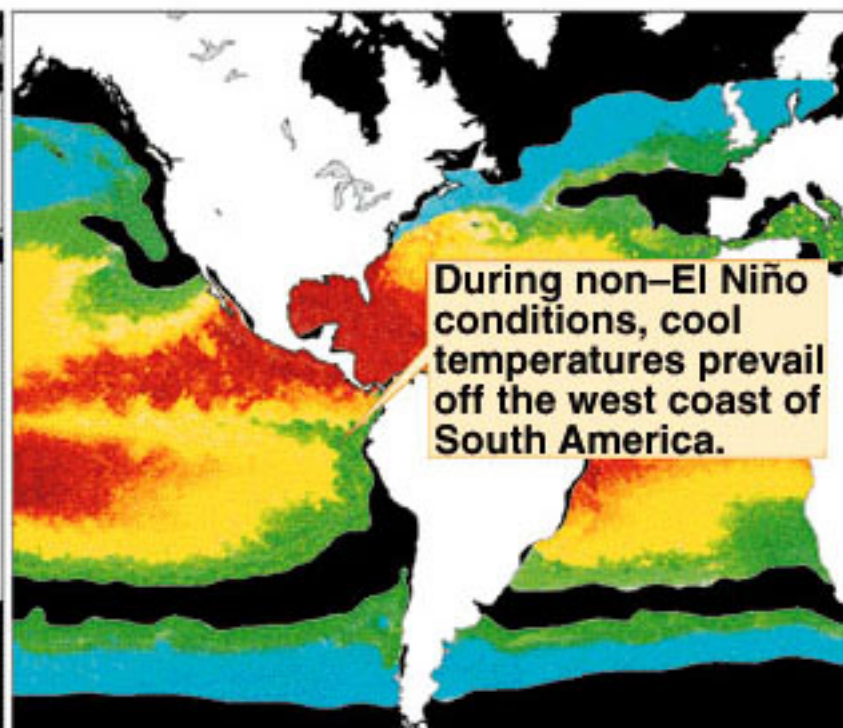


Sea Temperature & El Niño

Tijekom El Nina



Kad nema El Nina

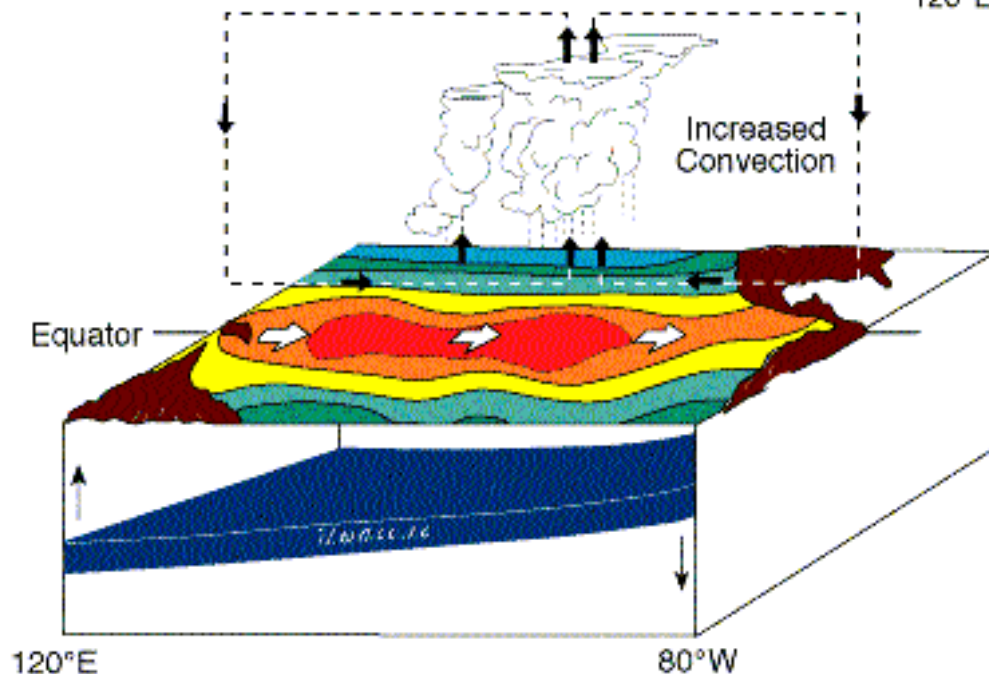


Tijekom fenomena El Nino površinska je temperatura istočnog pacifika viša, a tlak niži

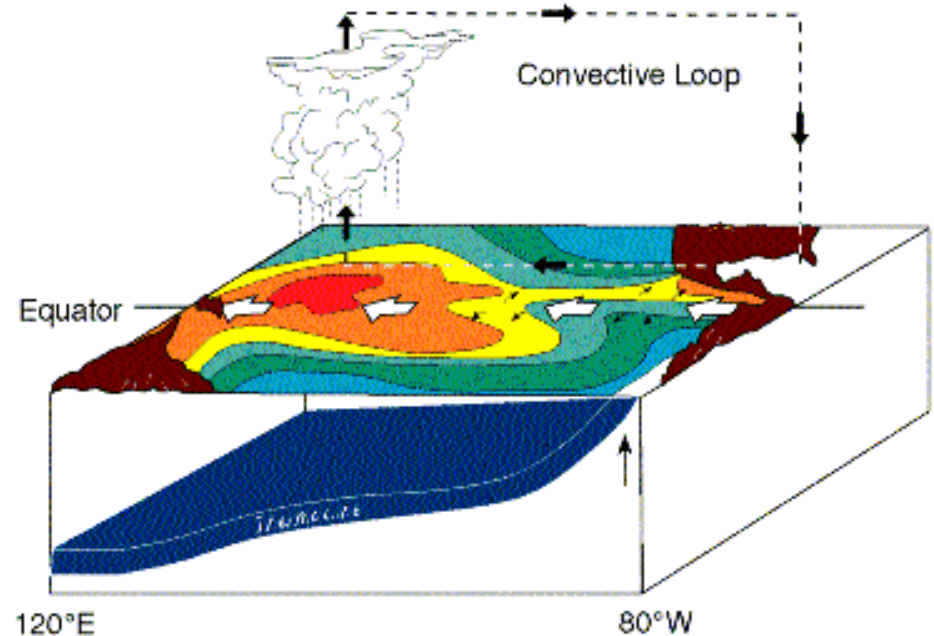
Promjene površinske
temperature mora u
istočnom Pacifiku
tijekom El Nina



El Niño Conditions

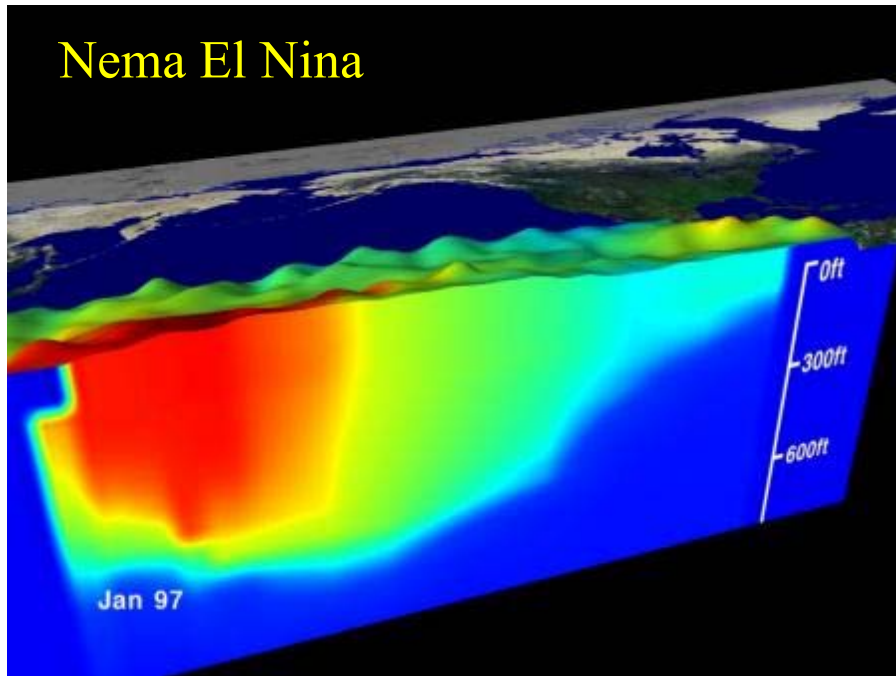


Normal Conditions

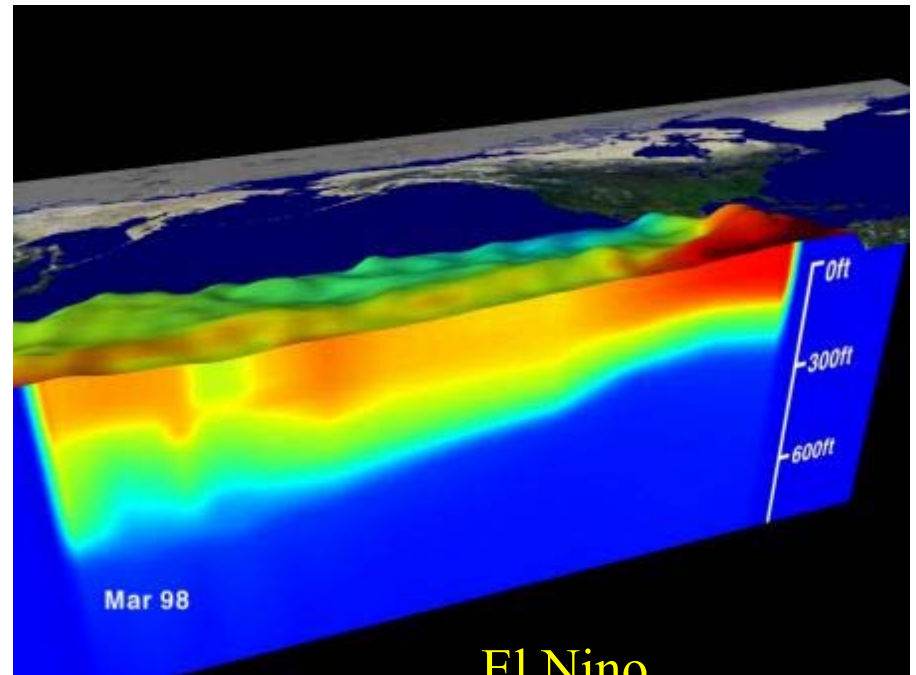


Normalna
situacija kada
nema El Nina

Nema El Nina

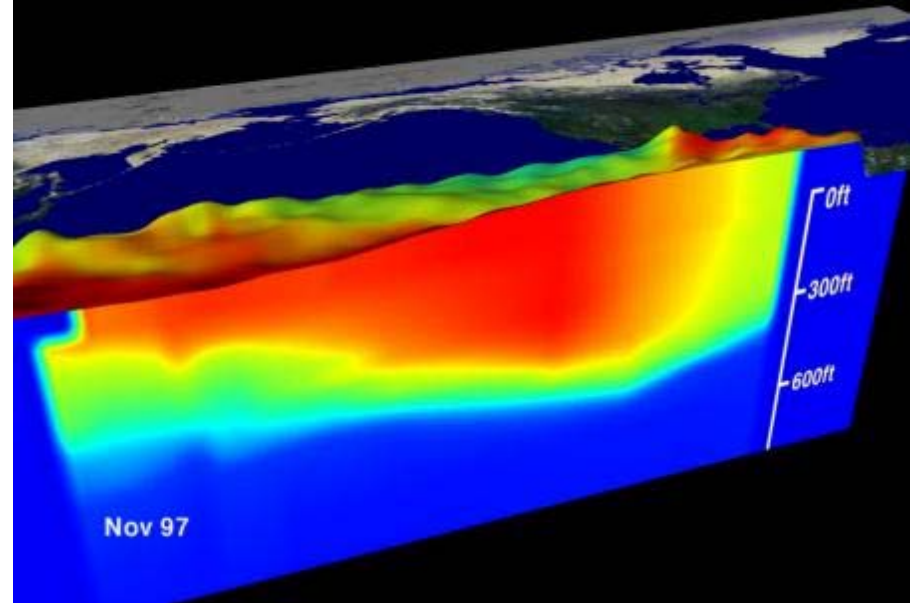


Mar 98

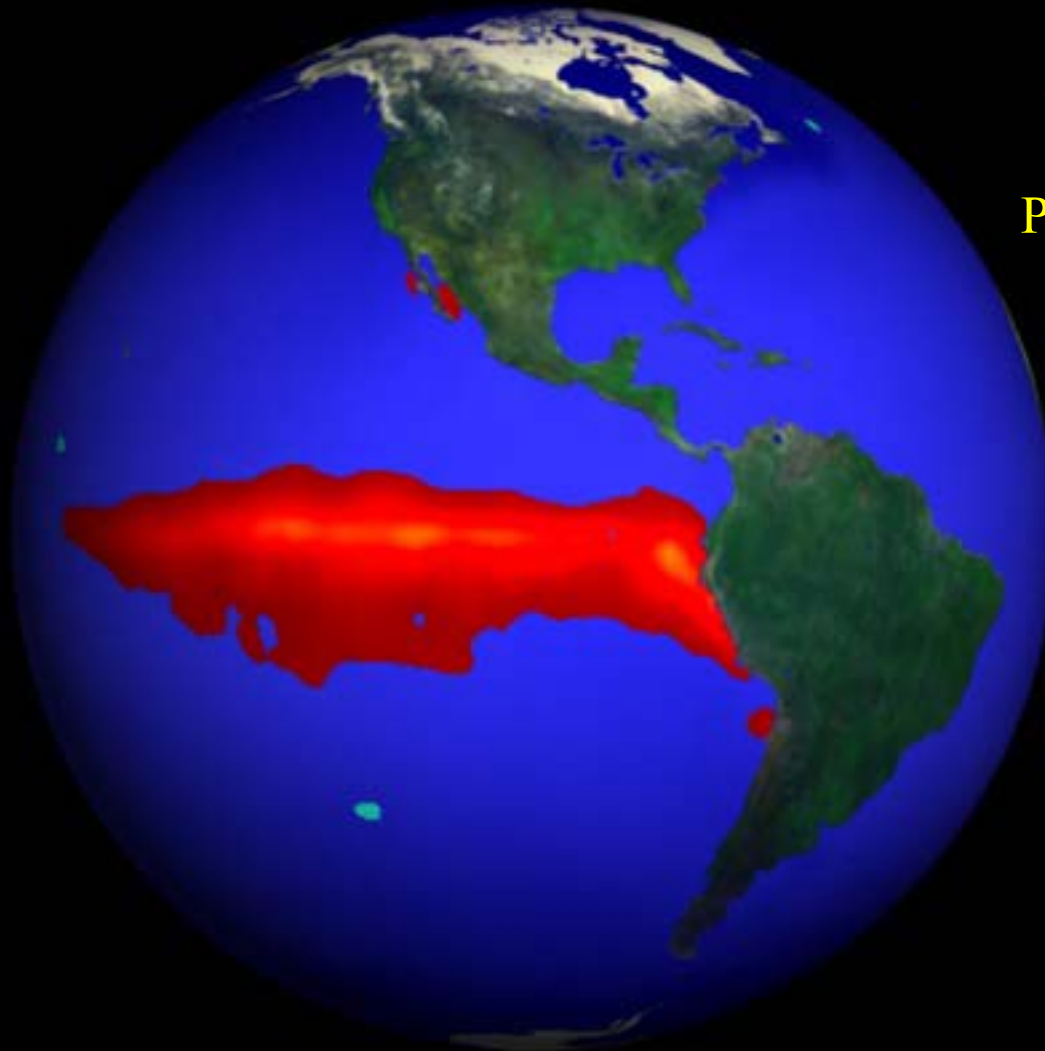


El Nino

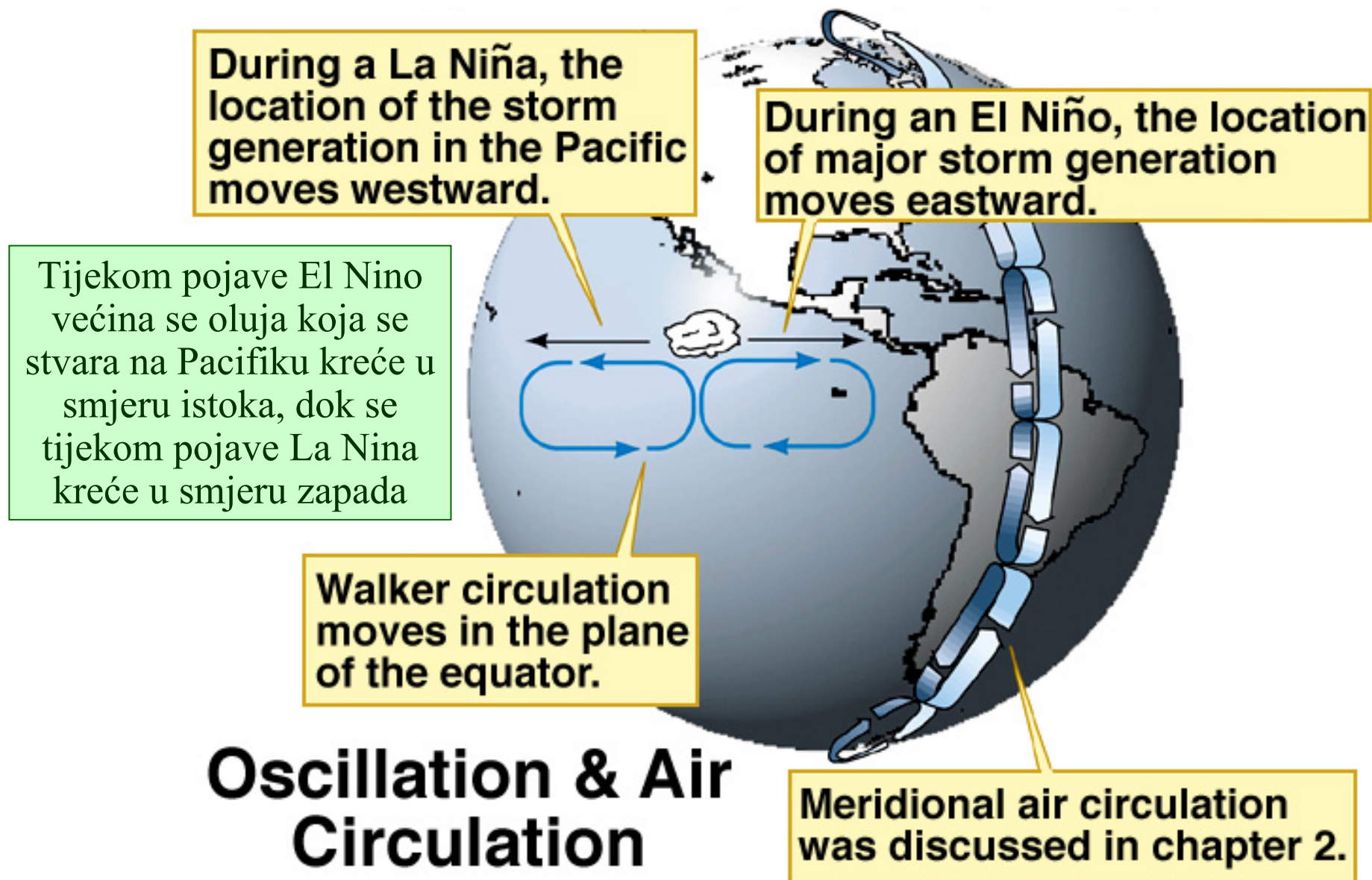
Nov 97



**El Nino
fenomen** –
površinska
temperatura u
istočnom
Pacifiku postaje
viša od
prosječne

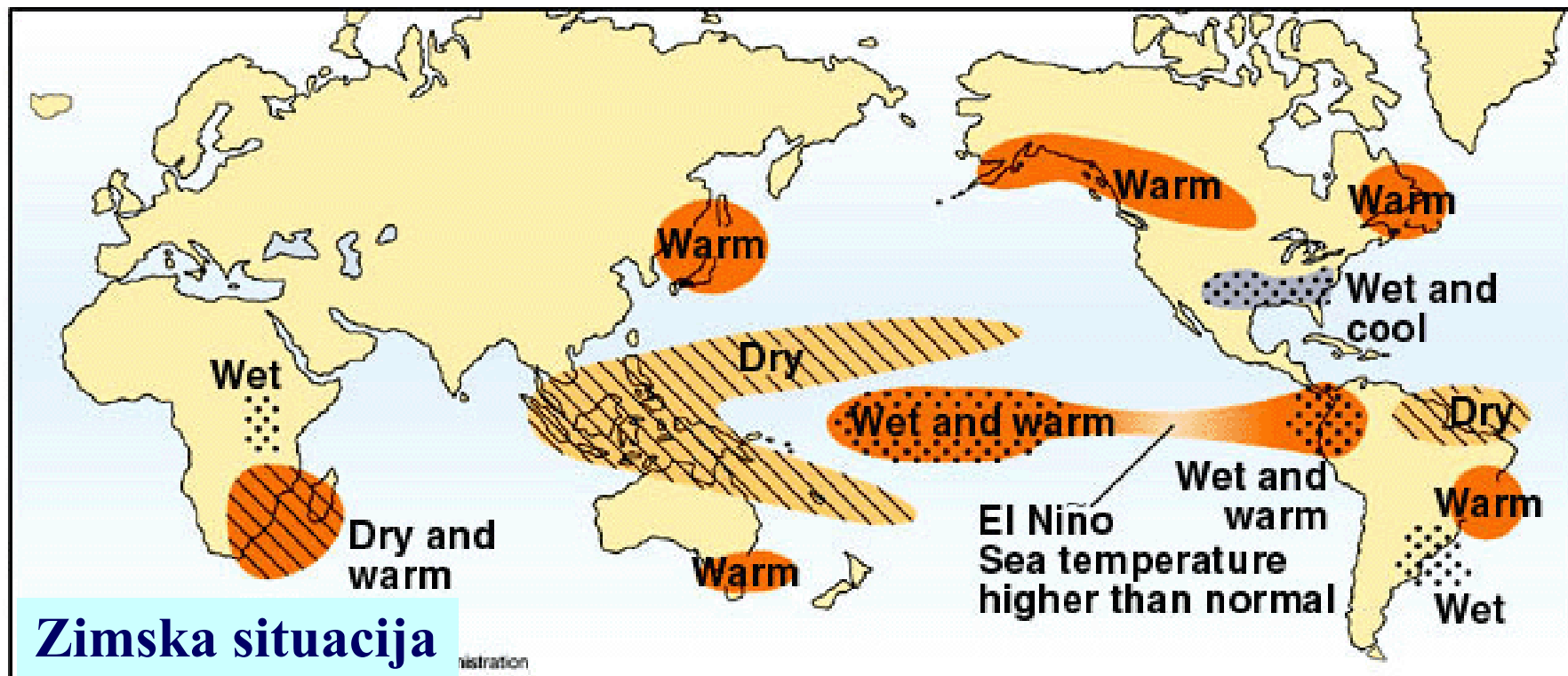


3D View of the El Niño Phenomenon



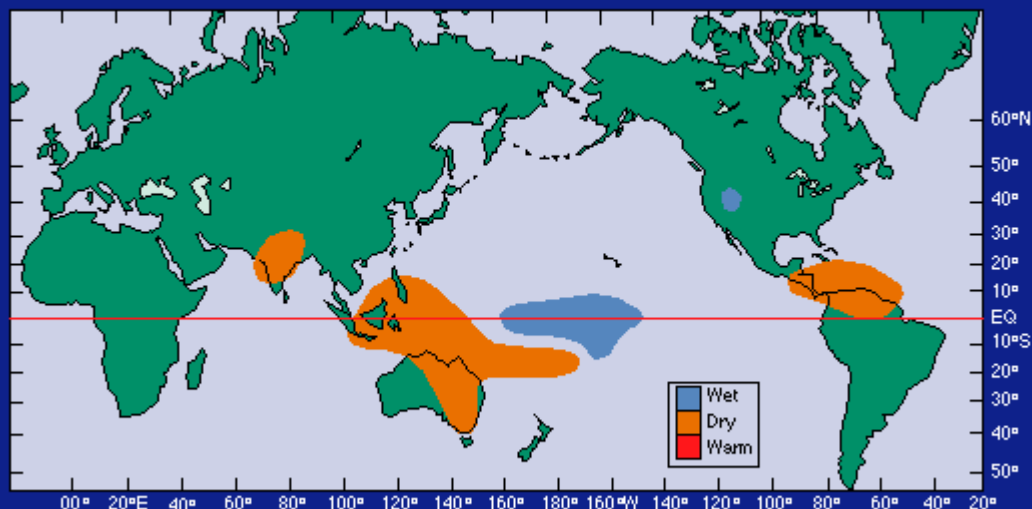
An El Niño Winter

Klimatske promjene uzrokovane pojavom El Nino

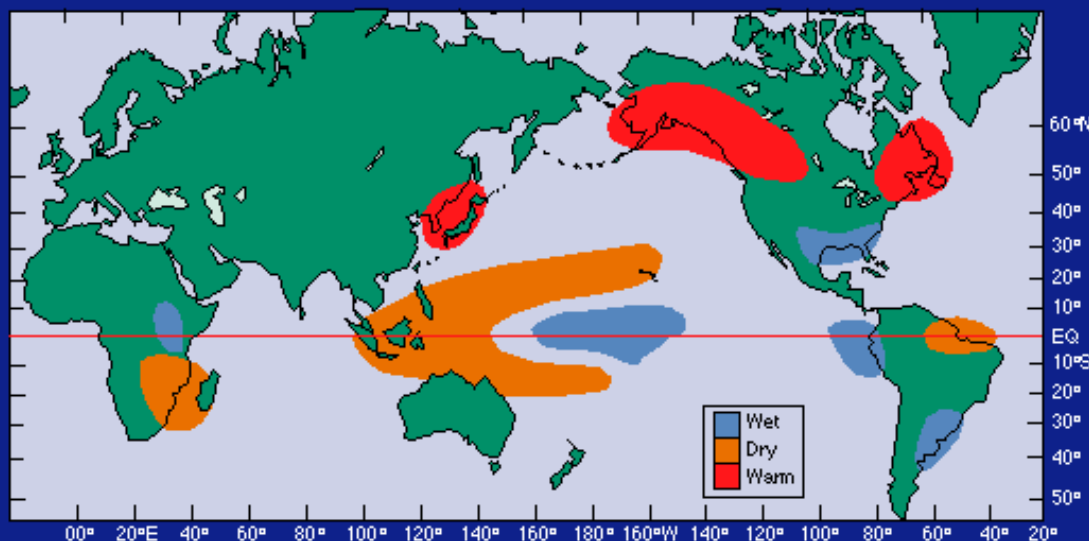


Klimatske
promjene pod
utjecajem El Nina
tijekom ljetnog i
zimskog razdoblja
u sjevernoj
hemisferi

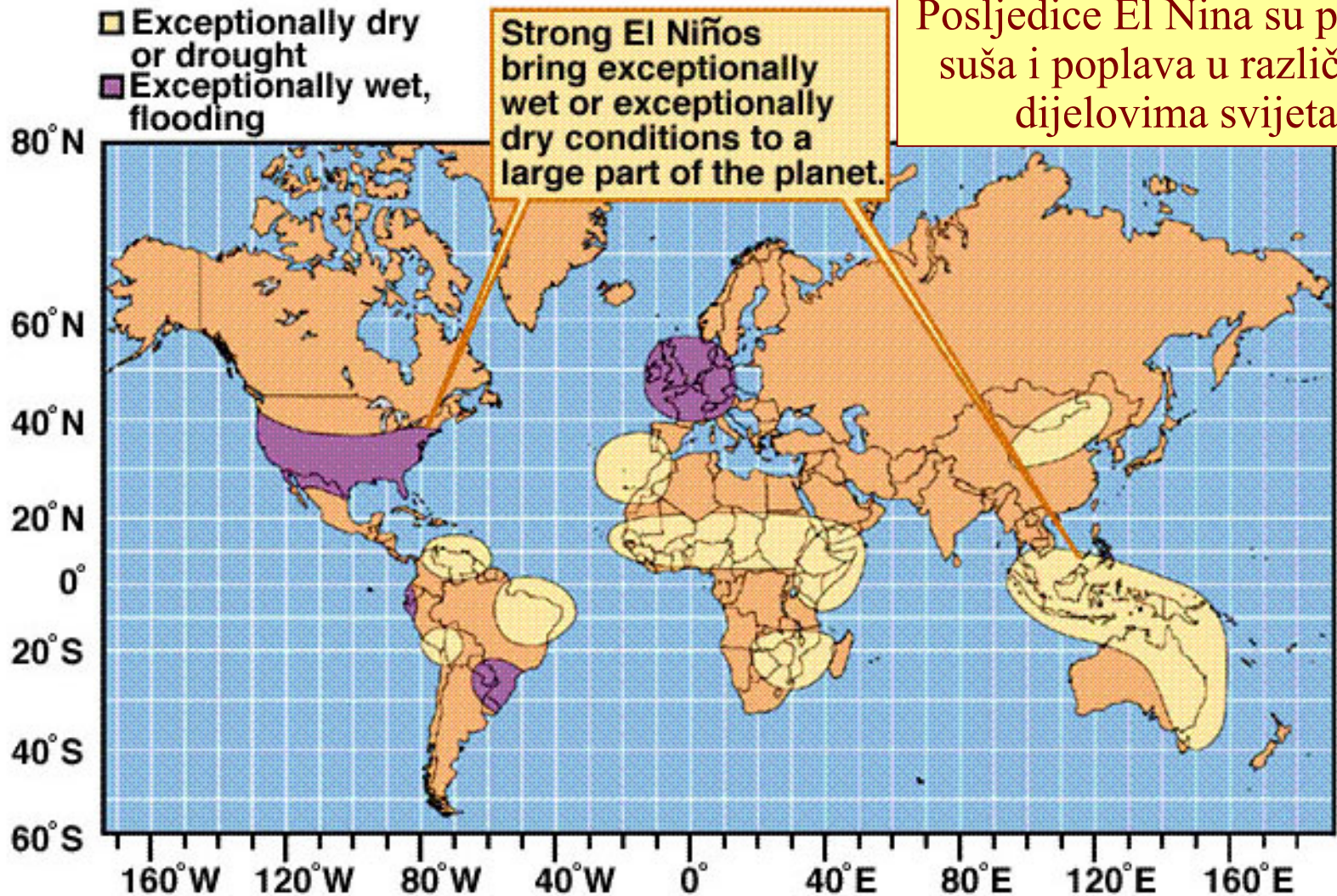
Northern Hemisphere Summer



Northern Hemisphere Winter

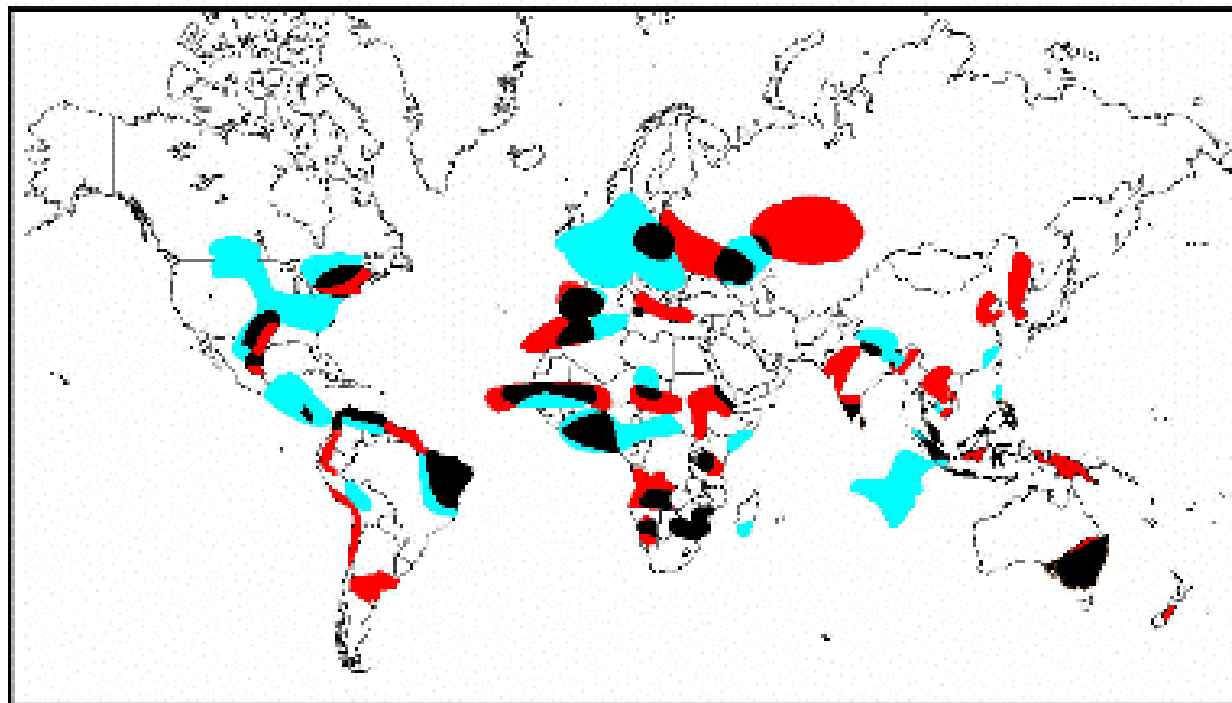


El Niño & Precipitation

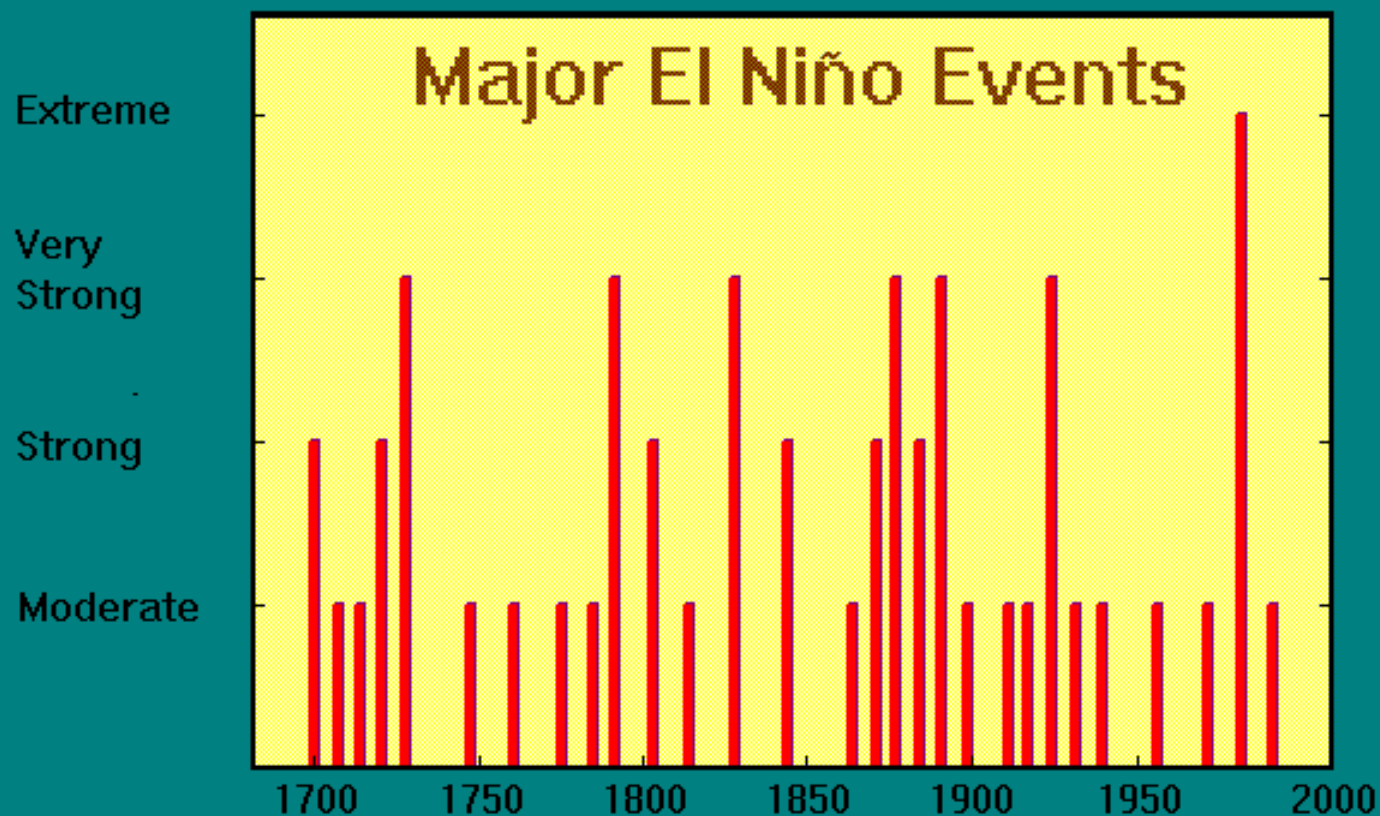


Posljedice El Nina su pojave suša i poplava u različitim dijelovima svijeta

Worldwide Droughts, 1982-83



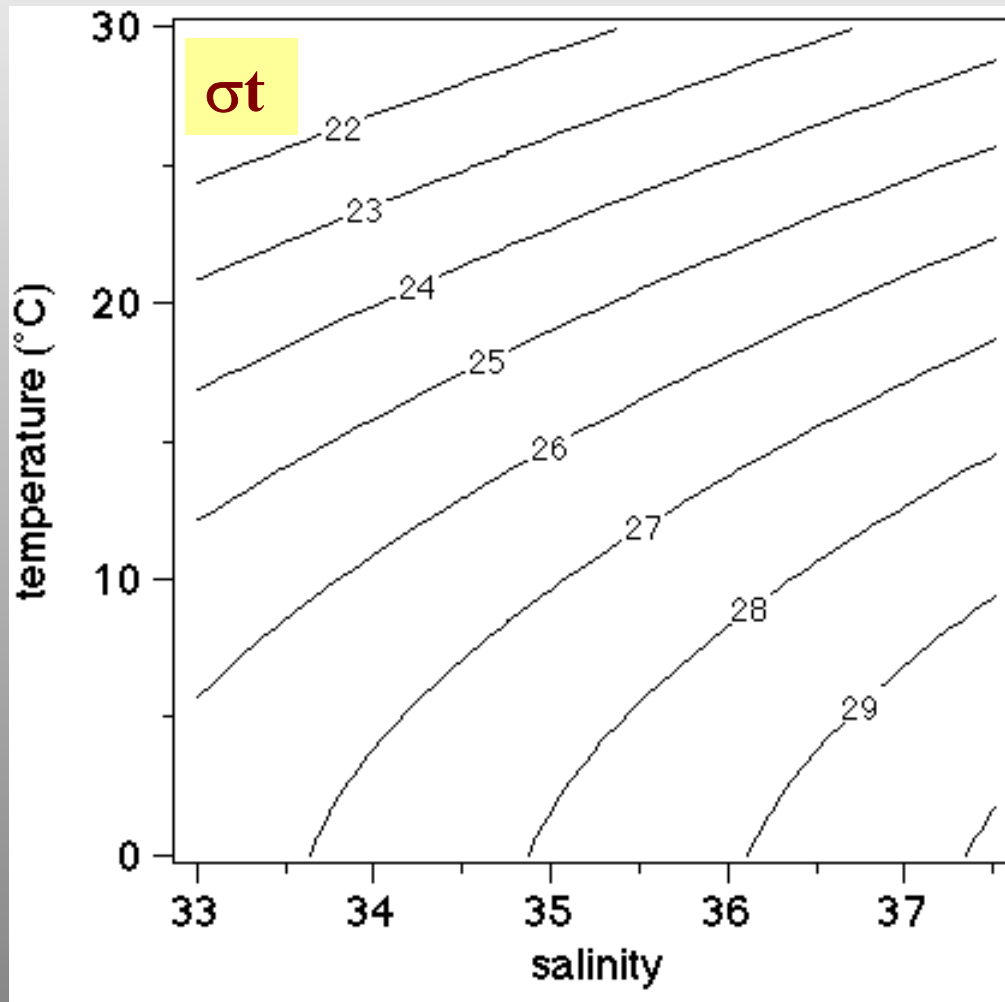
Suše koje su pogodile Zemlju tijekom razdoblja 1982-1983 kao posljedica fenomena El Nino



Pojave El Nina u zadnjih 300 godina

Gustoća morske vode i vertikalno gibanje mora

- Gustoća morske vode određena je u prvom redu temperaturom i salinitetom na način da postaje gušća što je temperatura niža i salinitet viši
- Zbog otopljenih soli morska je voda nešto gušća od destilirane vode (gustoća morske vode se uglavnom kreće u rasponu od 1.02 do 1.07 g cm⁻³)
- Morska voda je oko 800 puta gušća od zraka što je uz činjenicu da je morska voda bogata hranjivim tvarima jedan od razloga razvitka planktonskog načina života. Gustoća morske vode je također omogućila i razvitak najtežih organizama koji su ikada živjeli na Zemlji (plavetni kit je nekoliko puta teži od najtežih dinosaura)



Gustoća morske vode povećava se snižavanjem temperature i povišenjem saliniteta

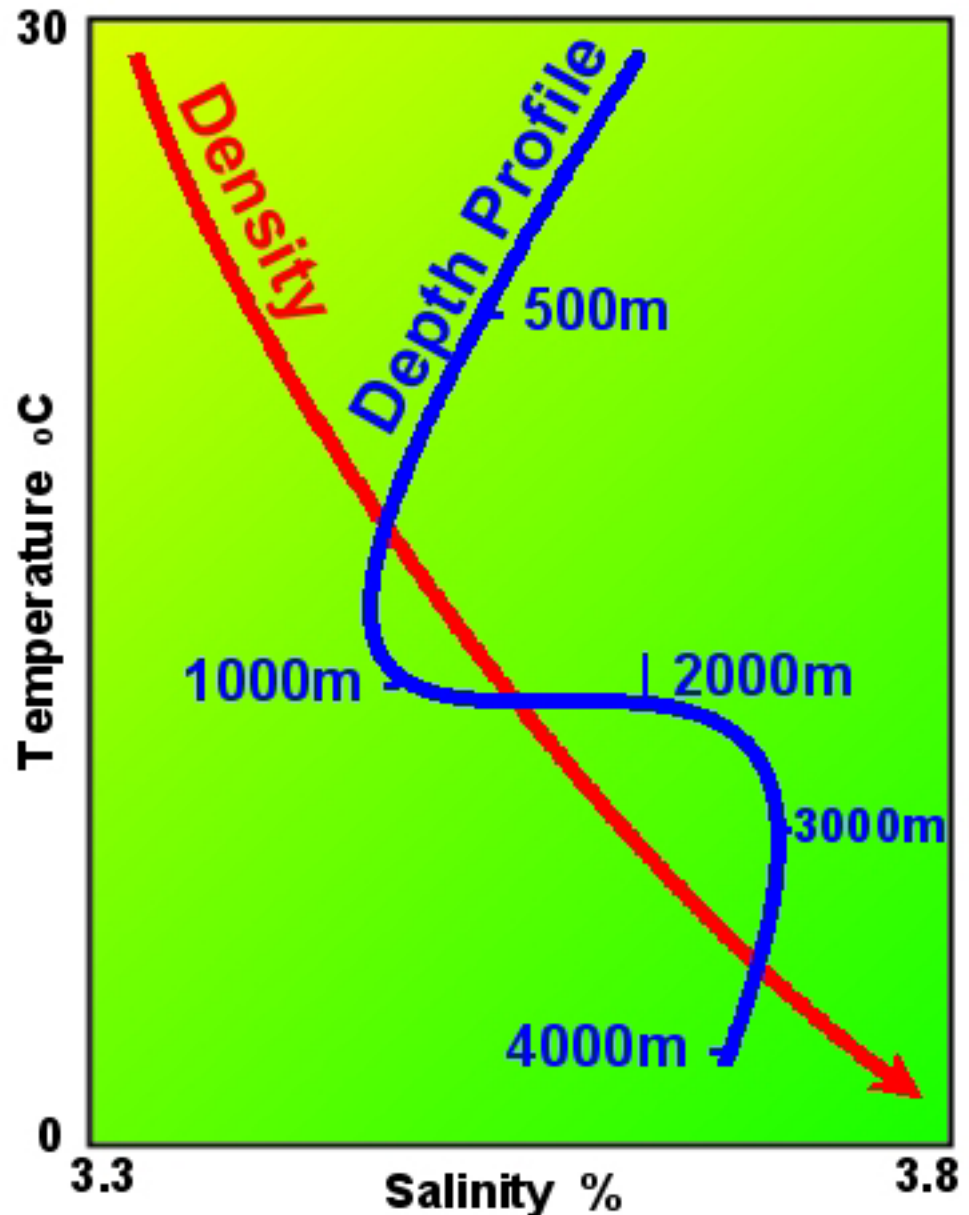
Gustoća morske vode se najčešće označava kao σ_t (**sigma te**) koji ima sljedeći odnos prema gustoći:

$$\sigma_t = (\rho - 1) \times 100$$

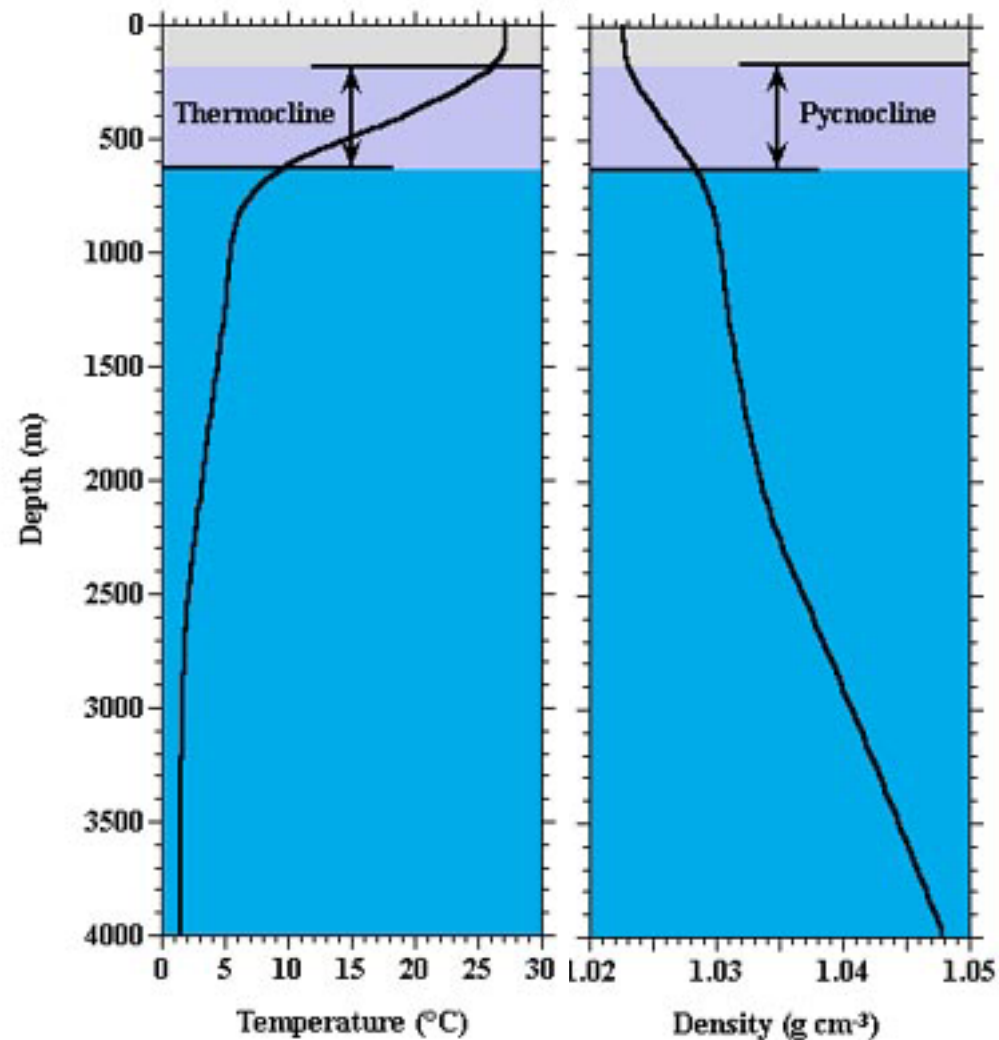
gdje je ρ specifična gustoća morske vode. Npr. ako je $\rho = 1.02845$, tada je $\sigma_t = 28.45$

Dubinski gradijent gustoće

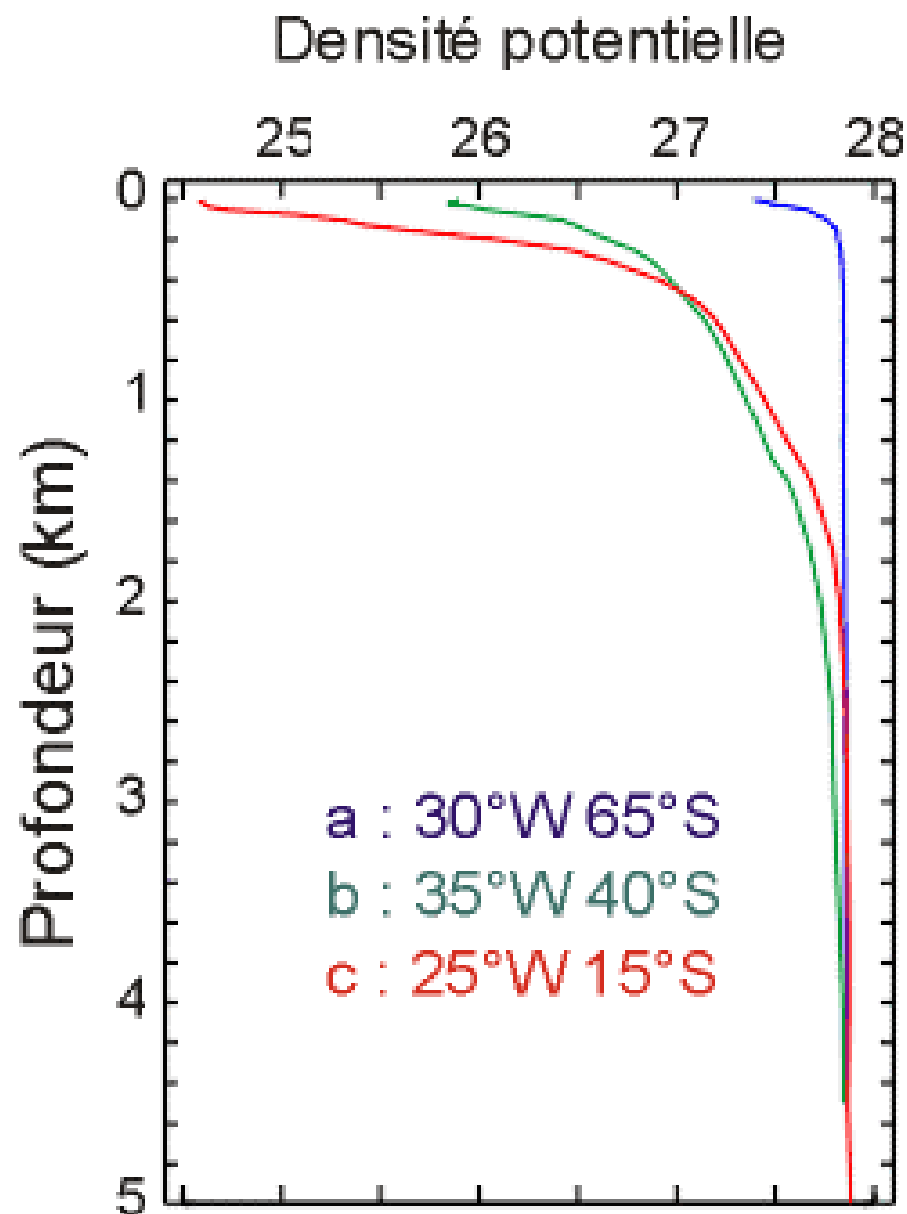
Budući da je gustoća morske vode u velikoj mjeri određena temperaturom, sunčevo zračenje igra dominantnu ulogu u vertikalnoj strukturi temperature i gustoće oceana. Sunčevo zračenje najjače zagrijava površinski sloj mora koji zbog najviše temperature ima i najmanju gustoću. S povećanjem dubine morska je voda sve hladnija i sve gušća.



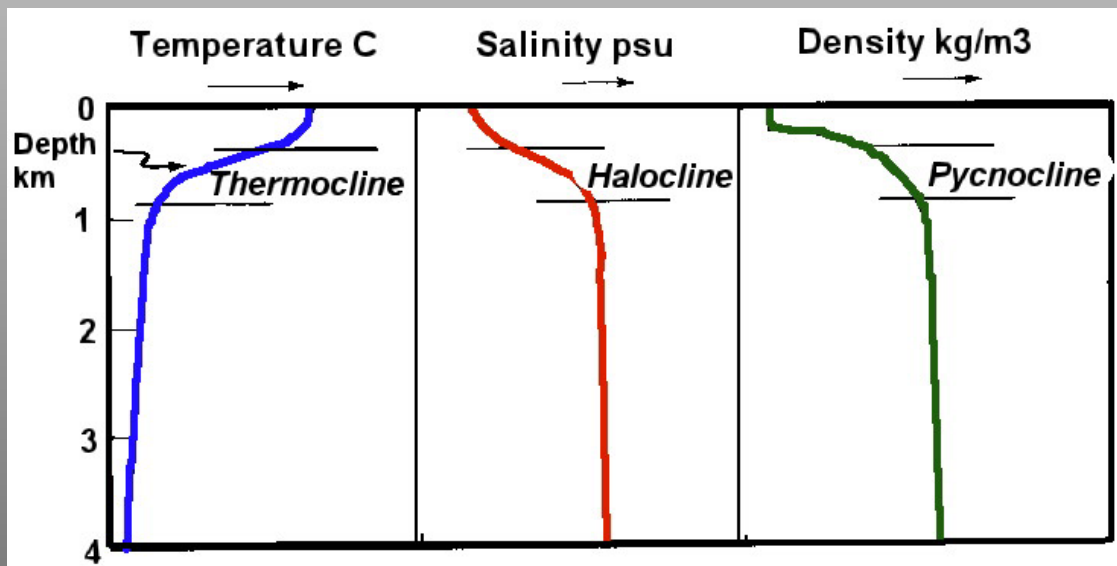
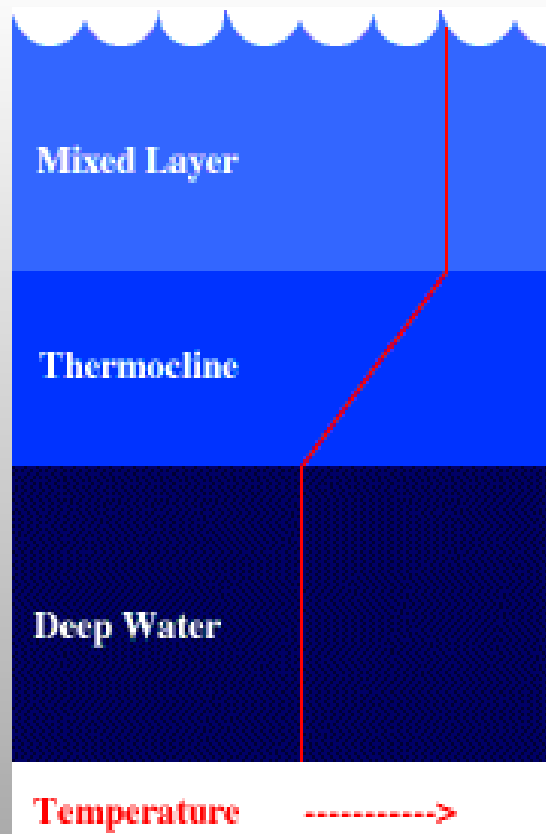
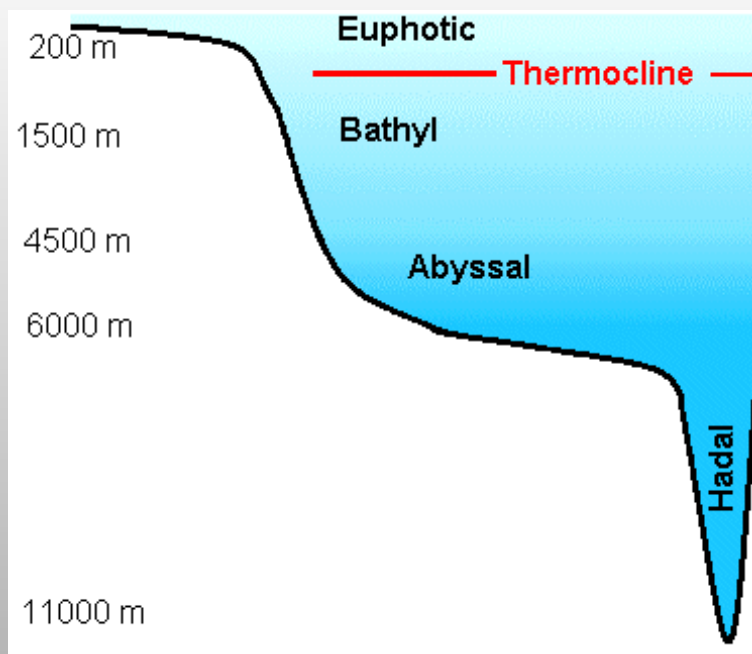
Tijekom ljeta formira se površinski sloj zagrijanog mora koji je dobro izmješšan putem vjetrova i ima istu temperaturu u cijeloj dubini (izotermija). Ispod tog sloja nalazi se područje naglog pada temperature (**termoklina**), te kao posljedica toga i naglog porasta gustoće (**piknoklina**). Nakon toga slijedi duboki sloj hladne vode relativno konstantne temperature i gustoće.



Piknoklina je kao i termoklina najslabije izražena na visokim geografskim širinama

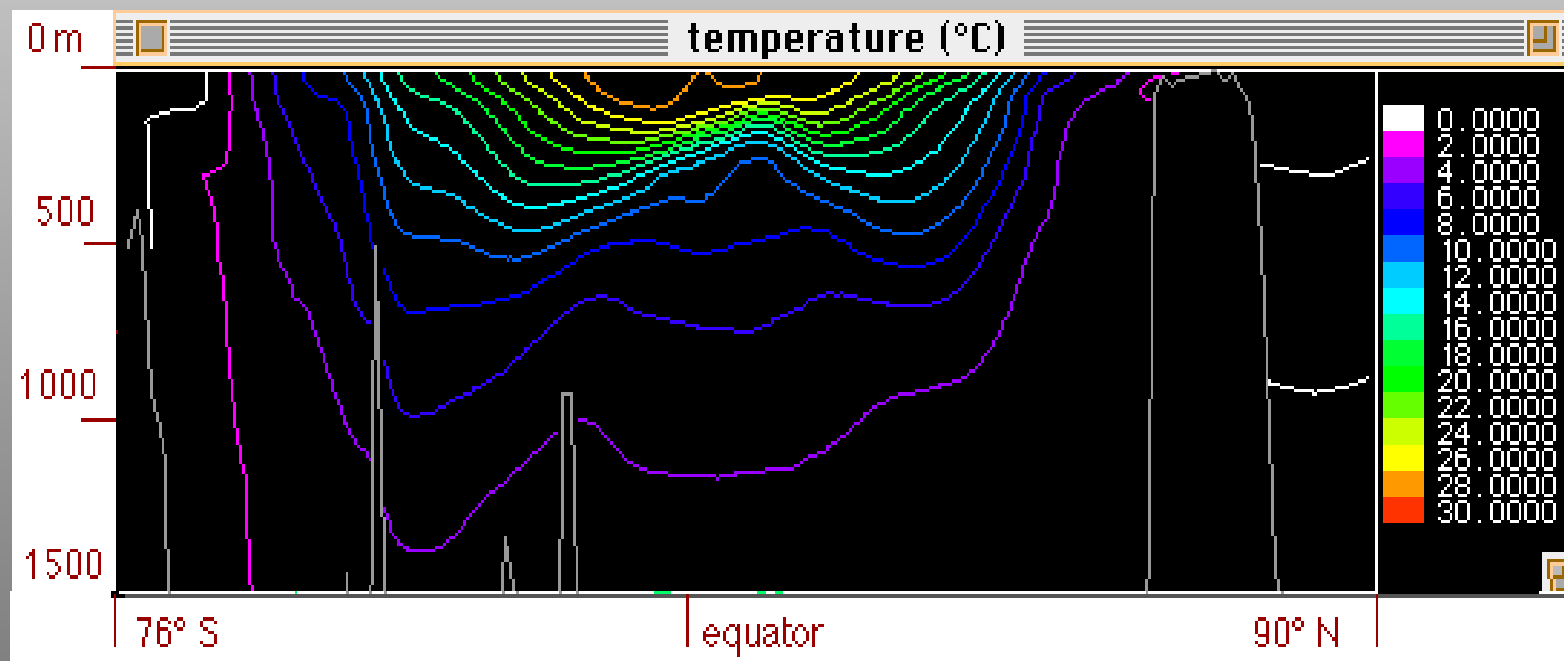


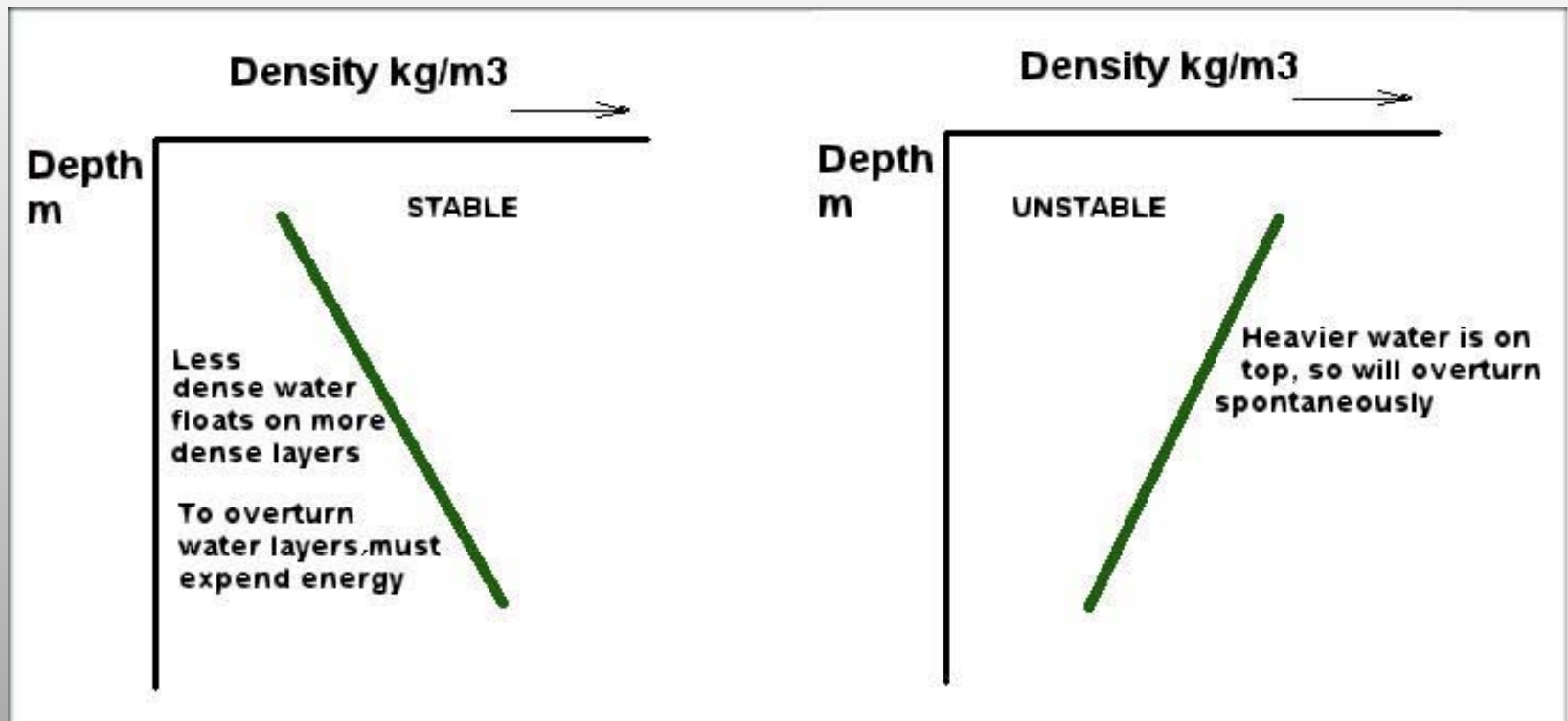
M. Šolić: Ekologija mora



Sa slojem termokline i piknokline često se poklapa i sloj naglog porasta saliniteta koji se naziva **haloklina**

Termoklina, a time i piknoklina su najizraženije na ekvatoru gdje je zagrijavanje površinskog sloja mora najveće. Prema višim geografskim širinama termoklina je sve slabije izražena dok se u blizini polova potpuno gubi (temperatura je relativno konstantna duž čitavog vodenog stupca). Pored temperature, na ekvatoru velika količina oborina dodatno reducira gustoću površinske vode i pridonosi stabilnosti vodenog stupca

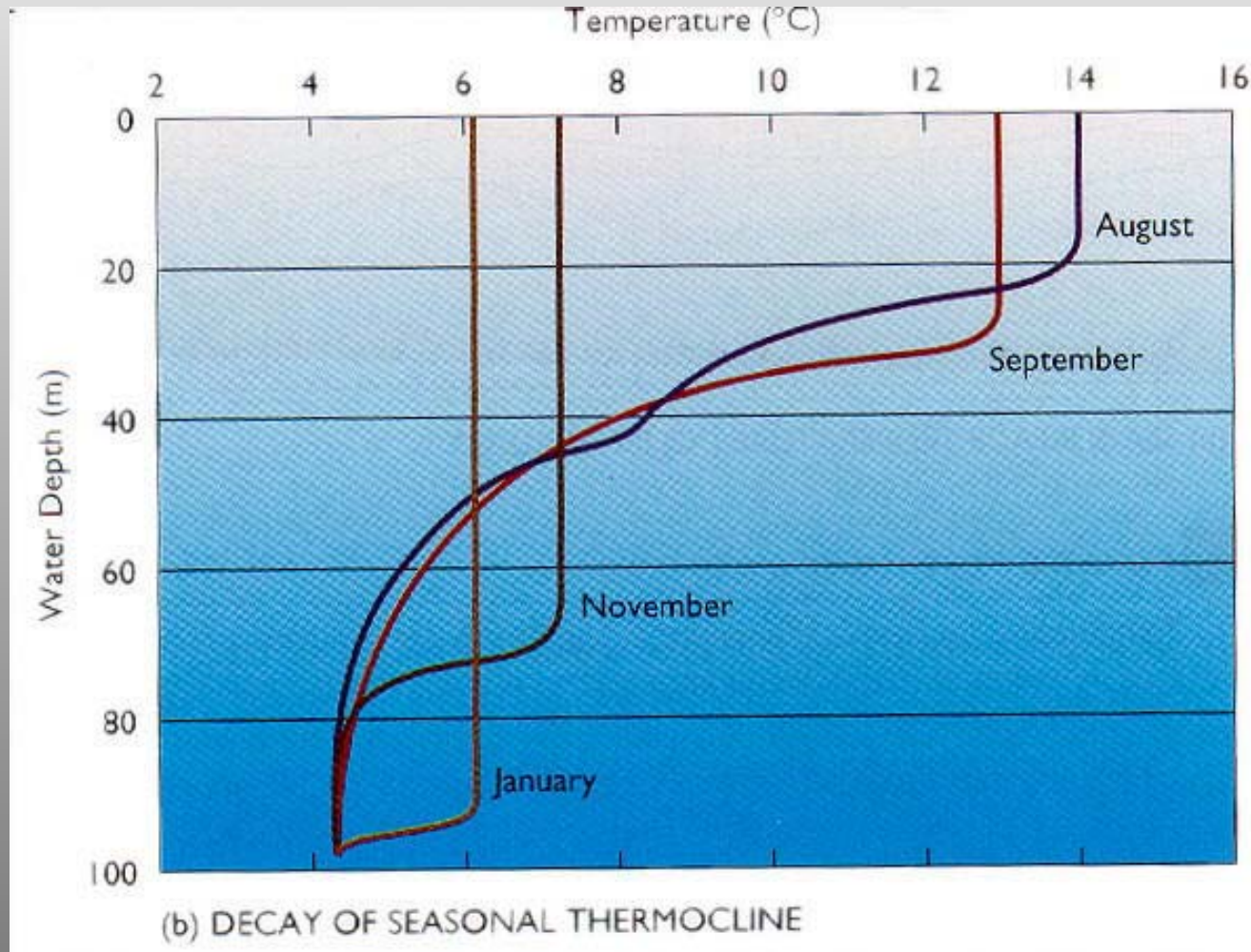


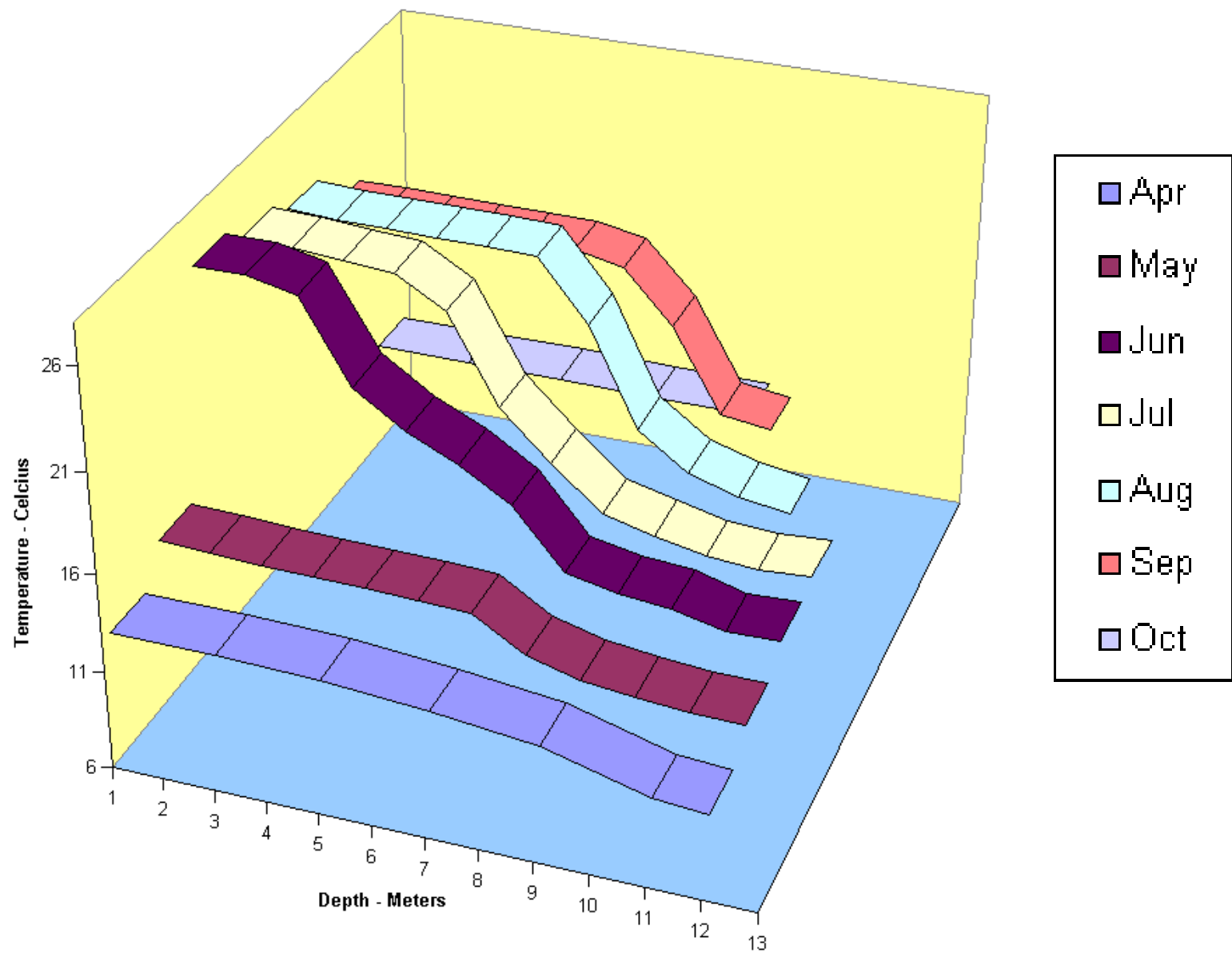


Zbog utjecaja temperature na gustoću, tijekom ljeta je vodeni stupac izuzetno stabilan, jer voda manje gustoće pluta iznad vode velike gustoće

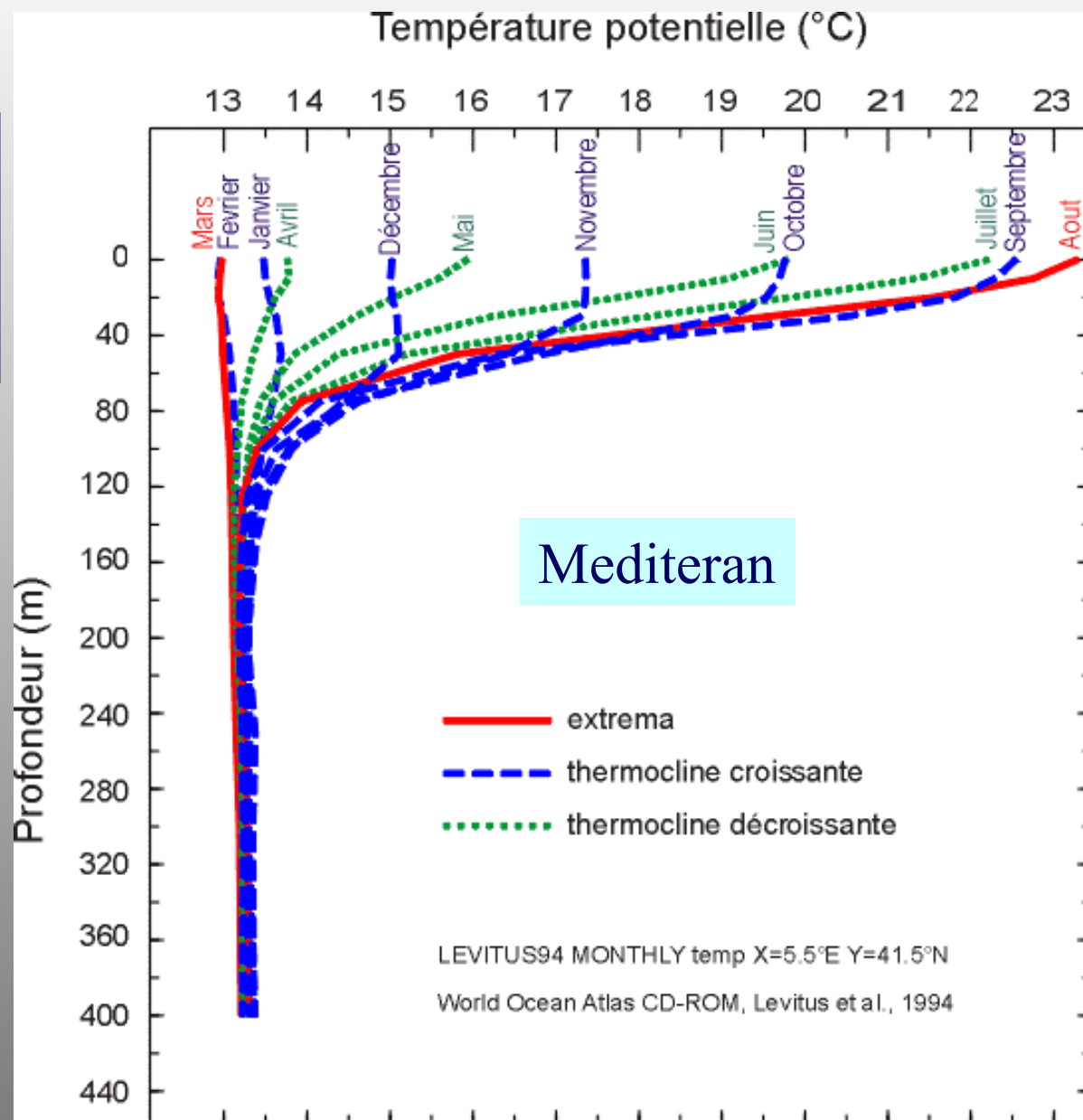
U jesen se stratifikacija vodenog stupca počinje narušavati. Površinski se sloj mora hladi i dolazi do nestabilne situacije kada je površinski sloj hladniji i gušći od sloja ispod njega. Dolazi do vertikalnog miješanja koje tijekom zime završava izotermijom duž vodenog stupca.

Proces nestajanja termokline od ljeta kada je maksimalno razvijena do zime kada je više nema

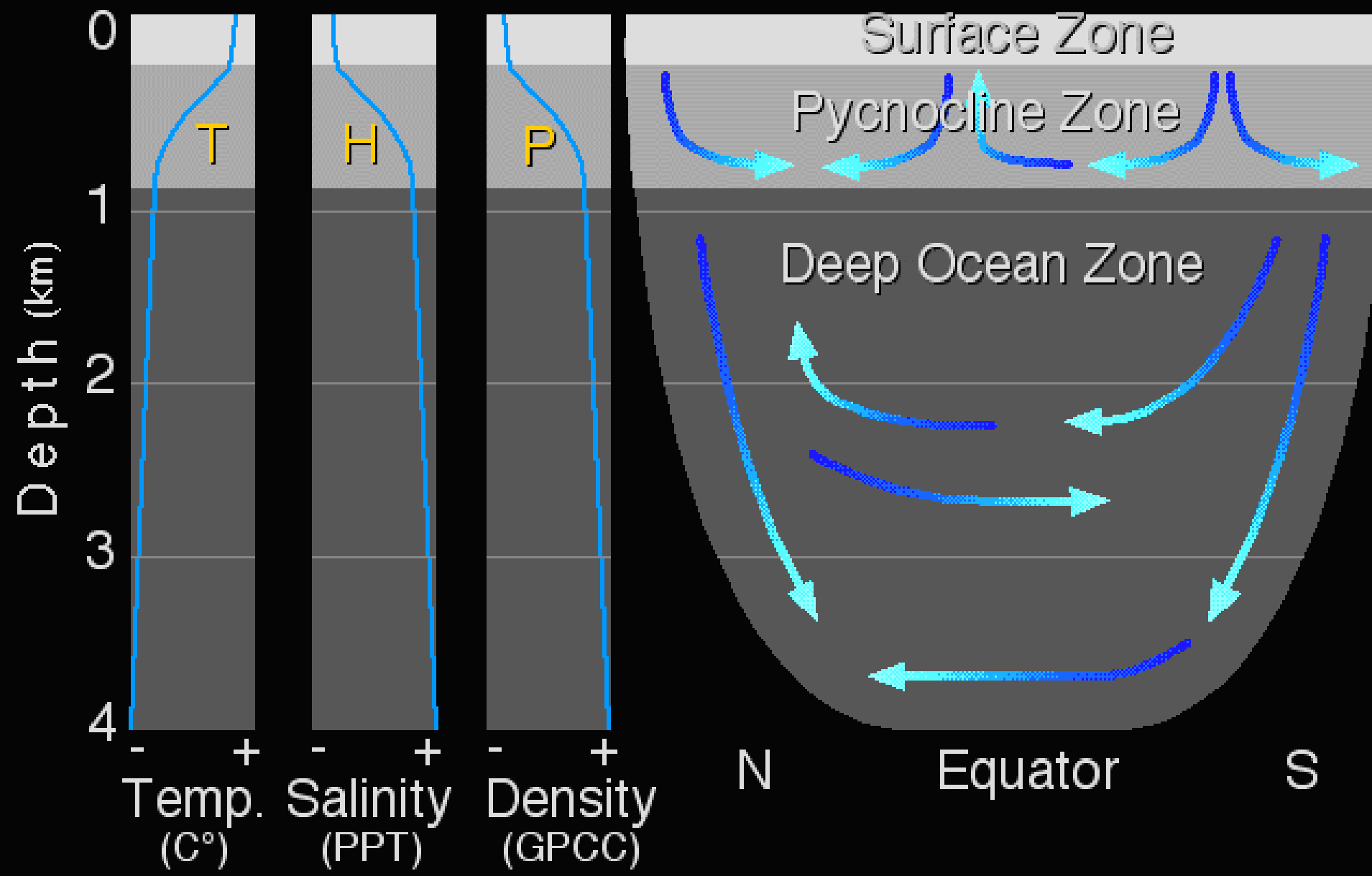


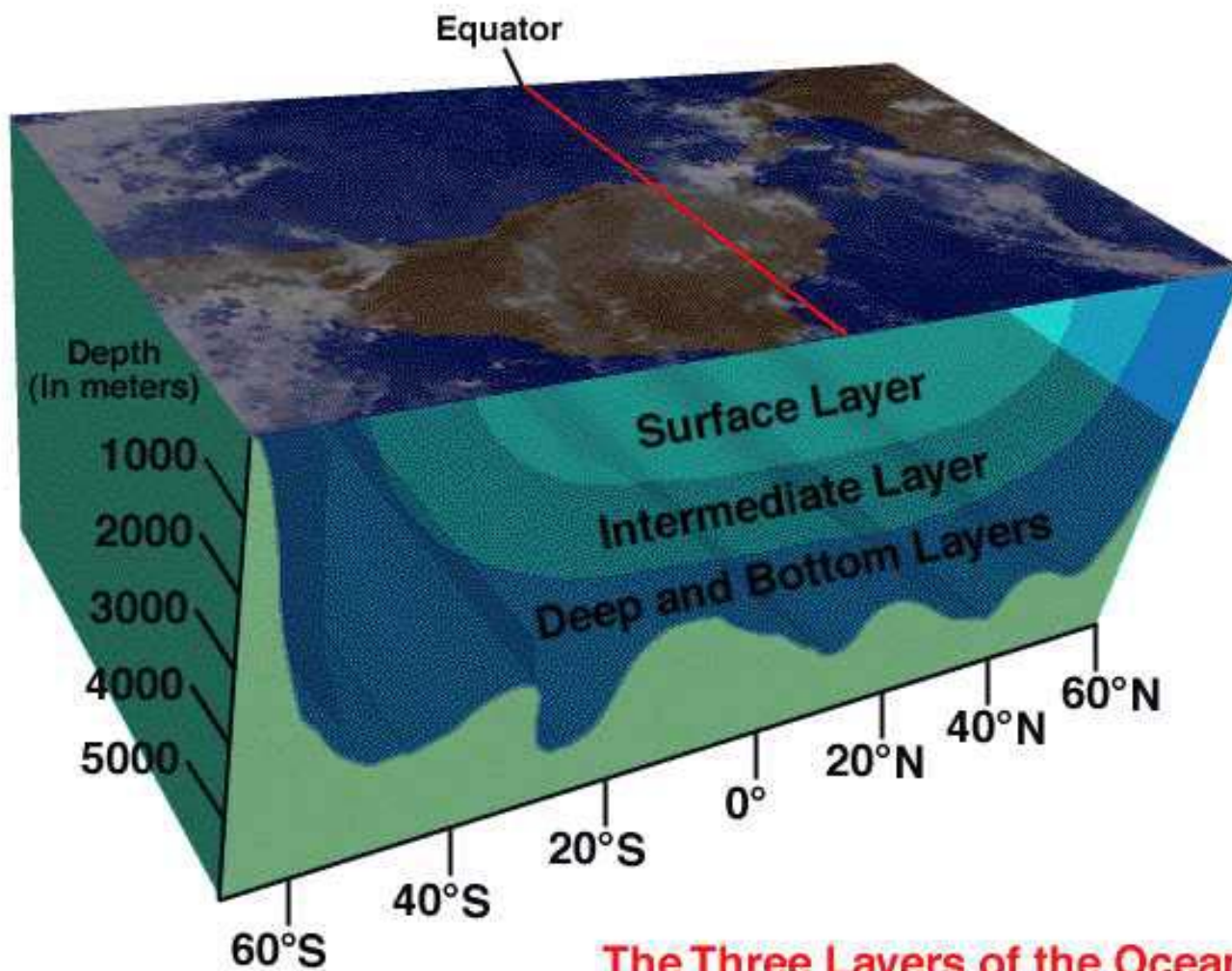


Razvitak termokline u Mediterranu



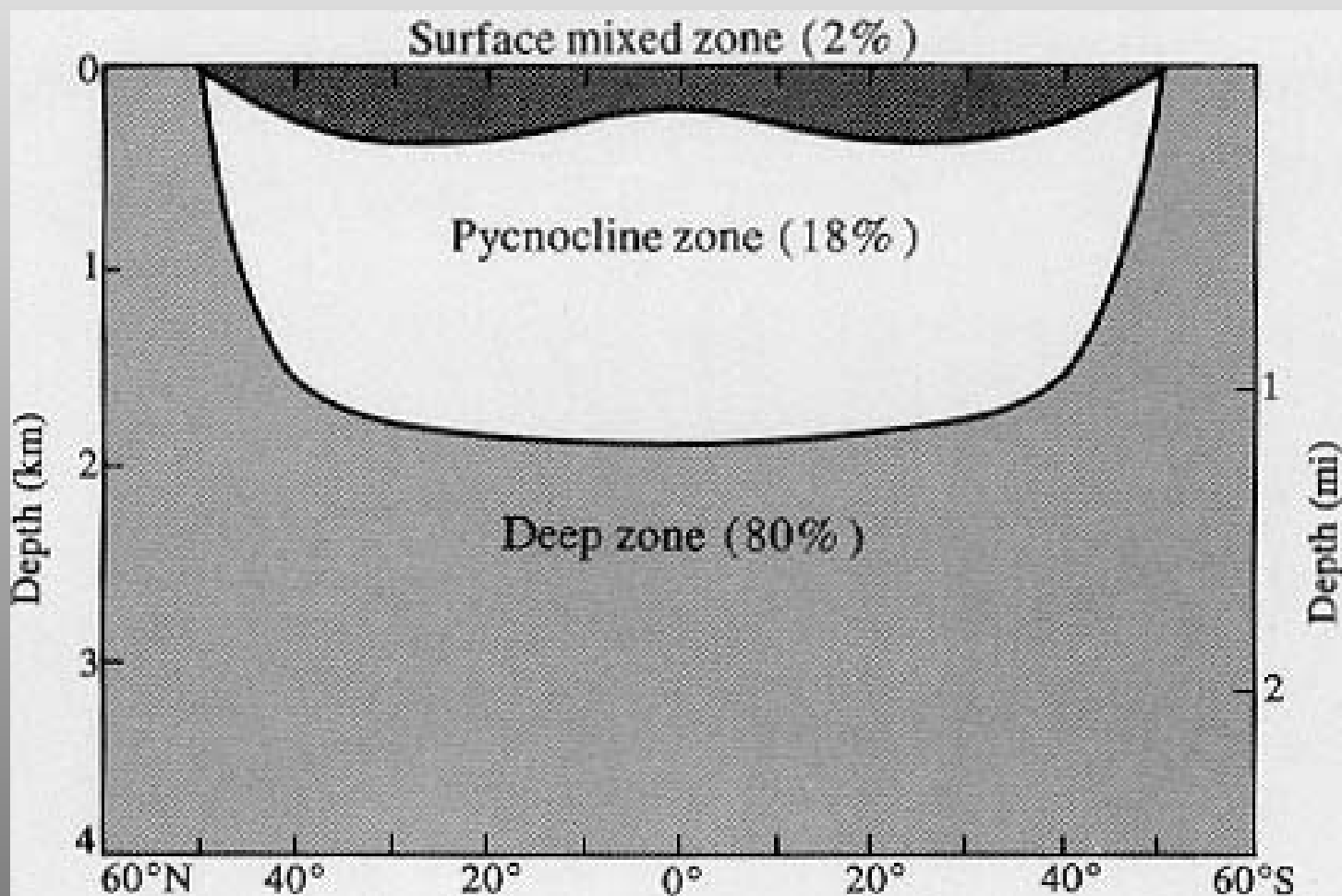
Vertikalna struktura oceana i vertikalna cirkulacija duboke vode



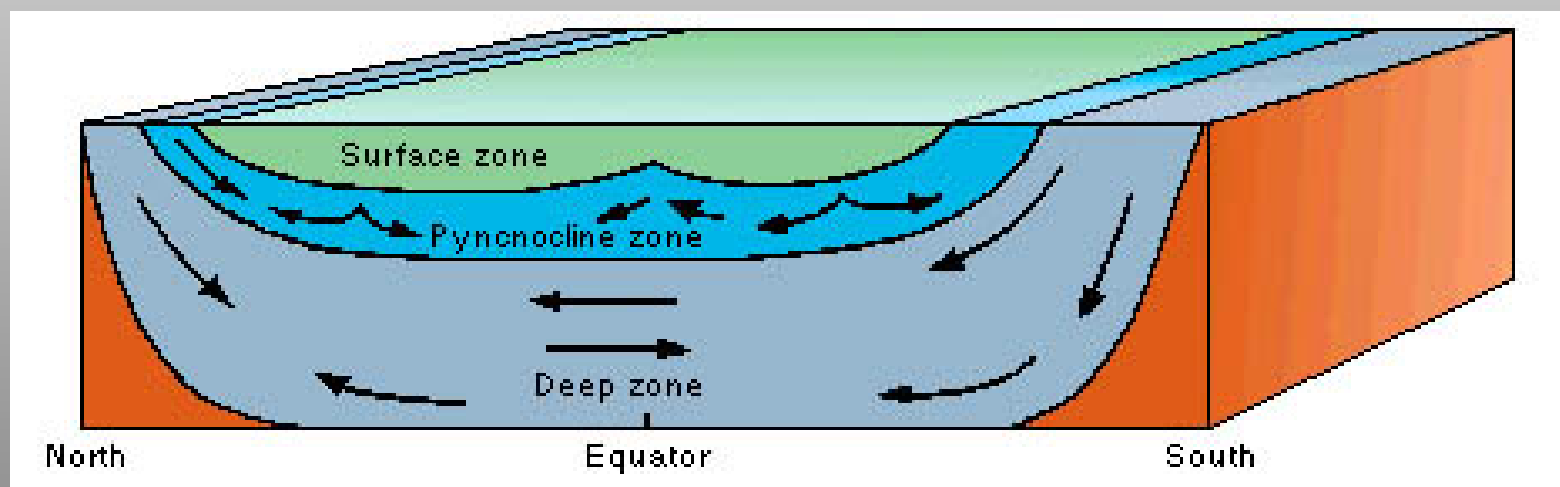


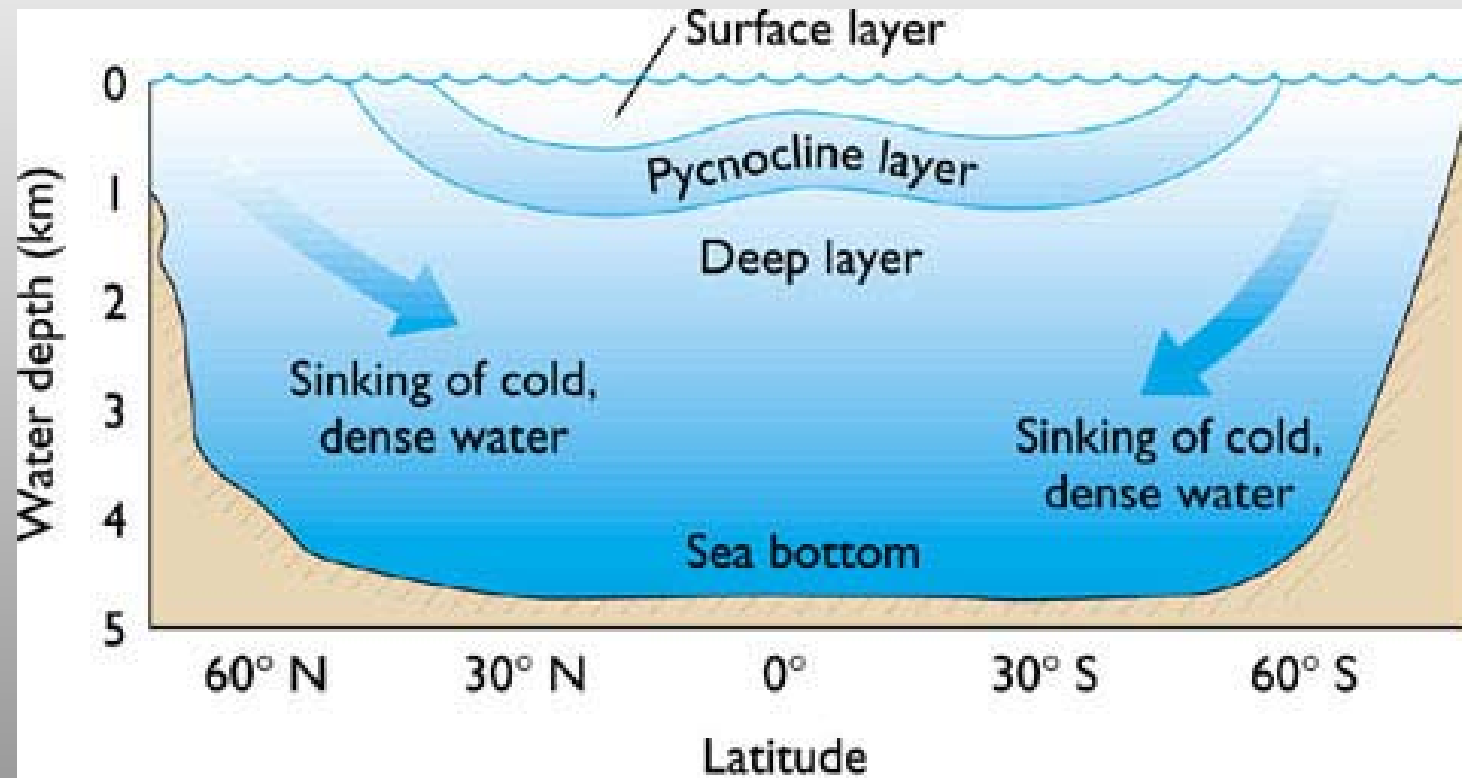
The Three Layers of the Ocean

Najveći dio vodene mase pripada dubinskim vodama, a najmanji površinskim izmješanim vodama

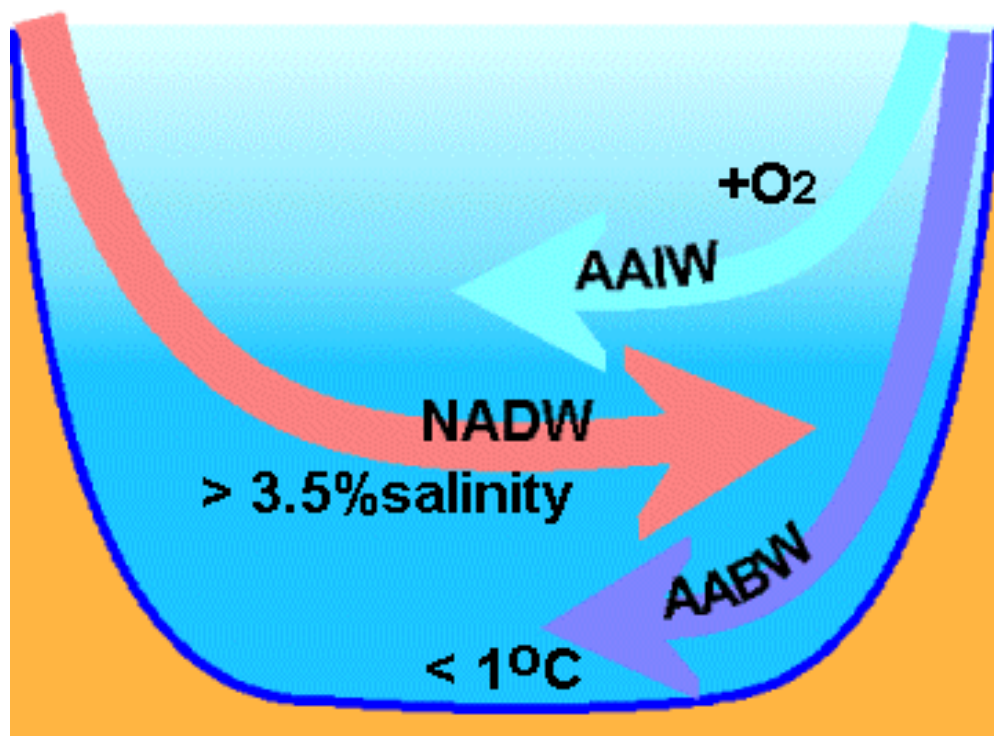


Vertikalna cirkulacija dubokih voda u prvom je redu rezultat razlika u gustoći pojedinih slojeva morske vode. Budući da je gustoća morske vode funkcija temperature i saliniteta ova se cirkulacija naziva i termohalina cirkulacija





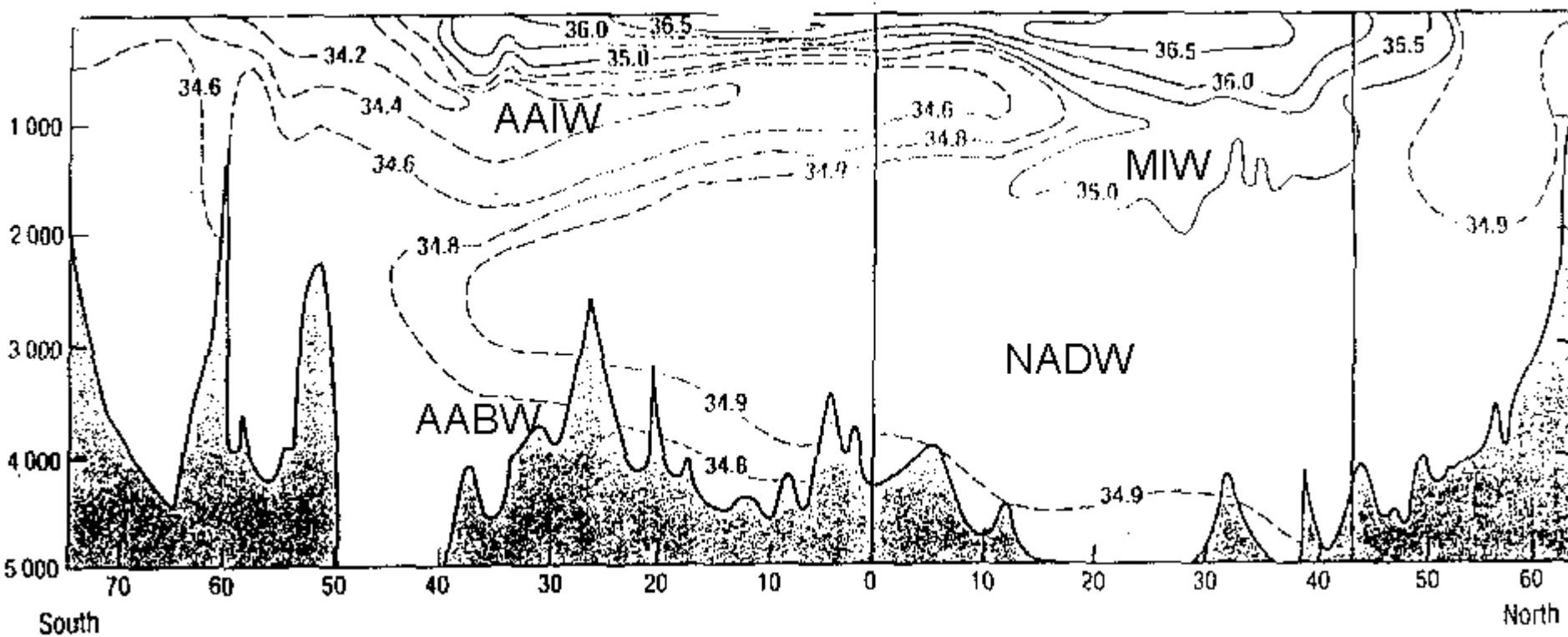
(c) DENSITY STRUCTURE OF THE OCEANS



Za razliku od površinskih struja, cirkulacija dubinskih oceanskih voda karakterizirana je gibanjem golemih vodenih masa čija su jedinstvena temperaturna i salinitetna svojstva formirana u površinskim vodama visokih geografskih širina. Hladna vodena masa visokih geografskih širina koju karakterizira velika gustoća tone i pomiče se prema nižim geografskim širinama. Tamo se različite vodene mase slažu u slojevima ovisno o njihovim gustoćama

Vertikalna struktura mora u Atlantiku formira se na slijedeći način. U području Antarktika se formira izuzetno hladna Antarktička Pridnena Voda (AABW) vrlo velike gustoće koja je dodatno povećana porastom saliniteta zbog formiranja leda.

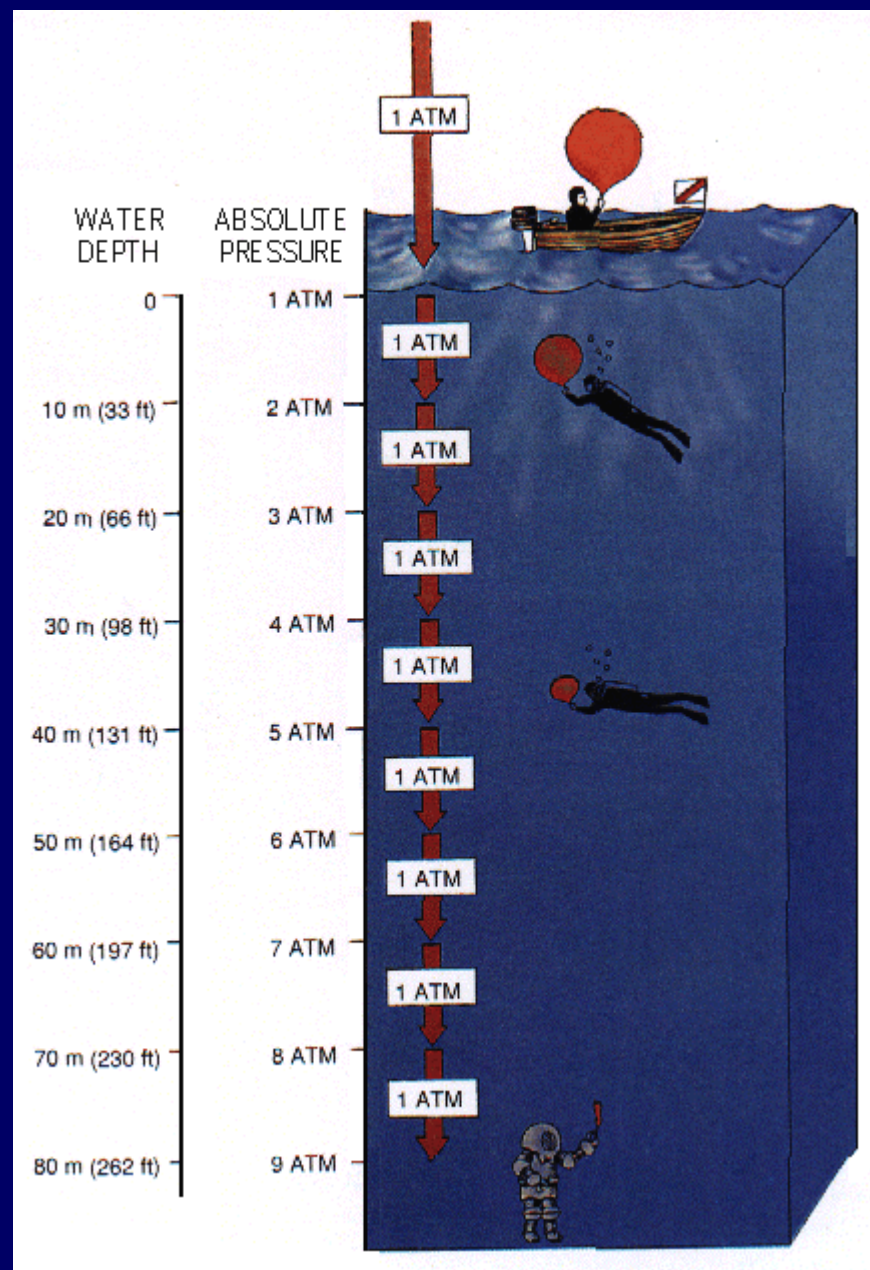
Ova voda je najgušća, tone do dna i po dnu se giba prema sjevernoj hemisferi. Sjevernoatlantska duboka voda (NADW) formira se u Norveškom moru ali je ona manje gusta od AABW. Ona tone i klizi prema južnoj hemisferi iznad AABW. Antarktička intermedijarna voda (AAIW) se formira u blizini Antarktičkog kruga, ali nije tako hladna i slana kao NADW. Ova voda tone i zauzima mjesto iznad NADW i ispod tople tropske površinske vode male gustoće.



Tlak

U moru se tlak povećava s dubinom i to po stopi od 1 atm svakih 1 m dubine

U najvećim dubinama tlak iznosi preko 1000 atm



Gibanja mora

- Stalna gibanja – **morske struje**
- Povremena gibanja – **valovi**
- Periodička gibanja – **morske mijene (doba)**

Valovi



Valove proizvodi vjetar koji puše preko vodene površine

**Visina vala
proporcionalna je brzini
vjetra, trajanju vjetra, te
duljini morske površine
iznad koje vjetar djeluje**



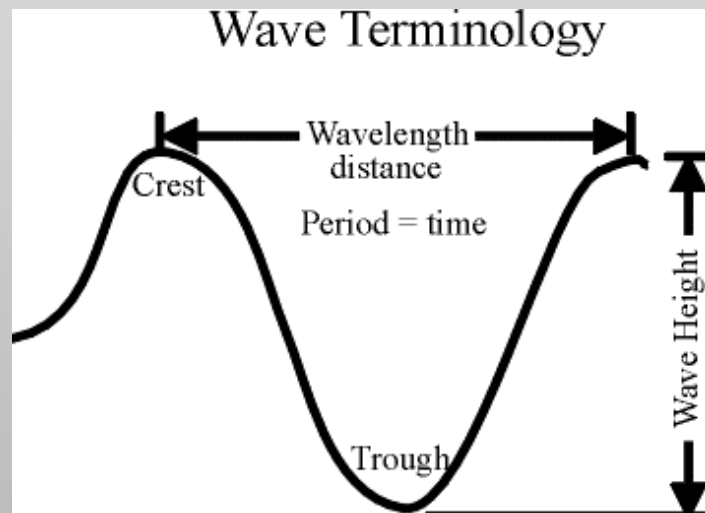
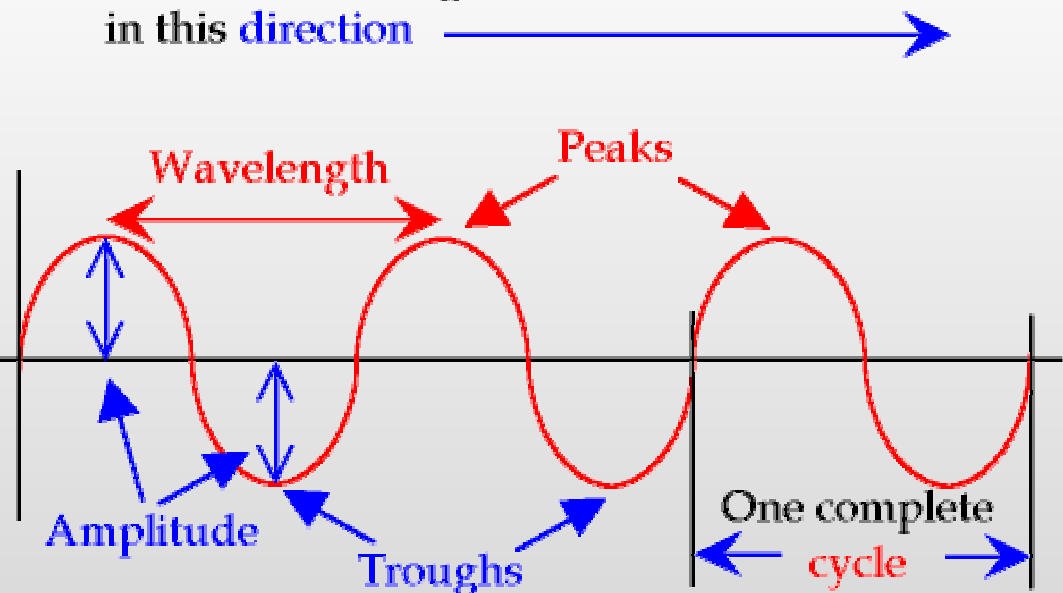
Visina vala (H) – udaljenost od vrha krijeste do dna udubine

Duljina vala (L) – udaljenost između dvije krijeste

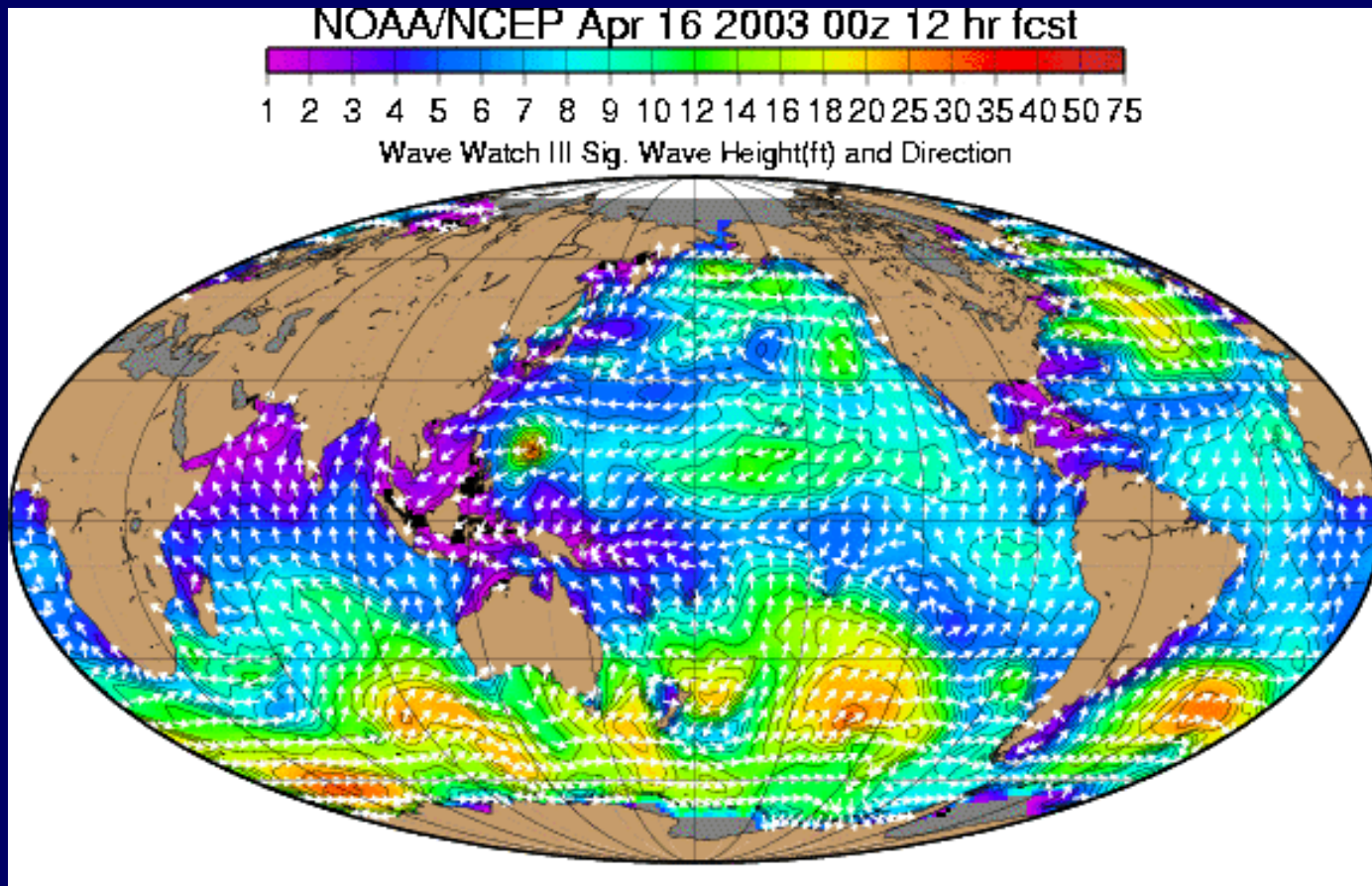
Period (T) – vrijeme koje prođe između prolaska dviju krijesta

Brzina (V) – brzina kojom krijesta putuju ($V = L/T$)

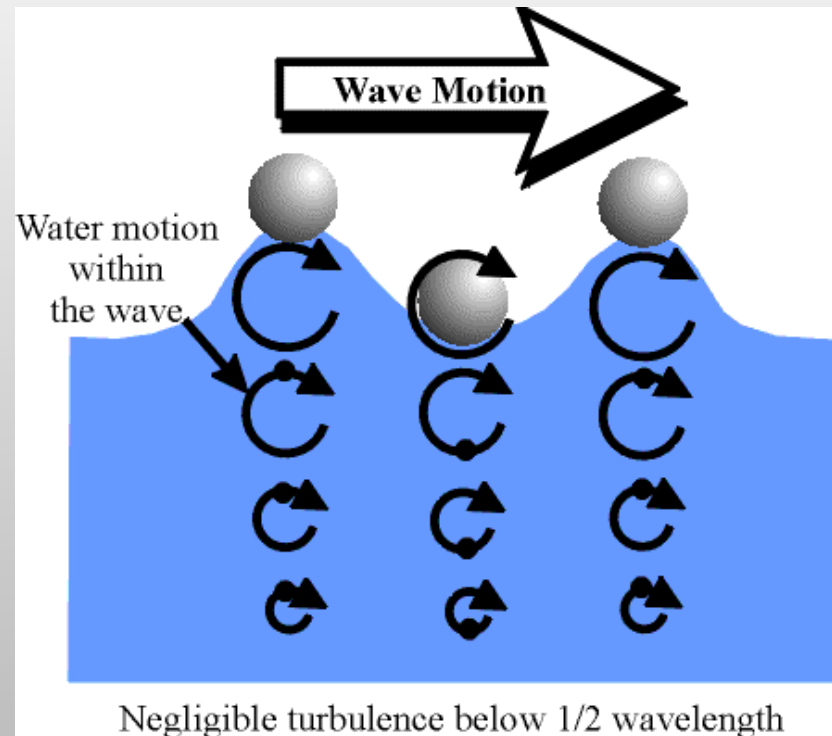
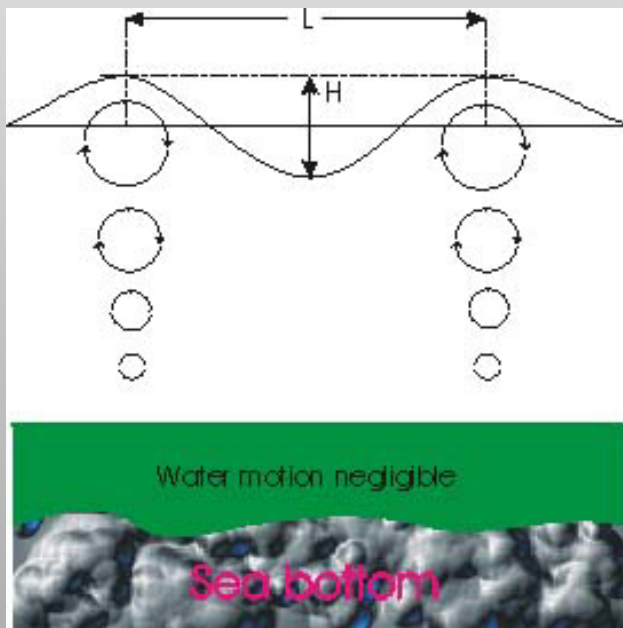
This wave is moving
in this direction



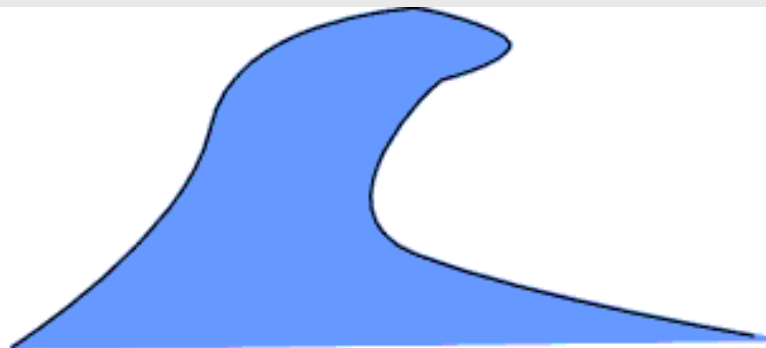
Visina valova



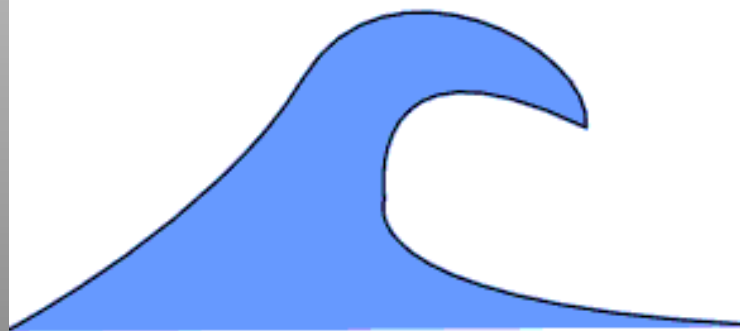
Gibanje valova uzrokuje kružno gibanje mora ispod površine. Promjeri kružnica po kojima se voda giba opadaju s dubinom ...



... i gibanje postaje beznačajno na dubinama većim od $L/2$



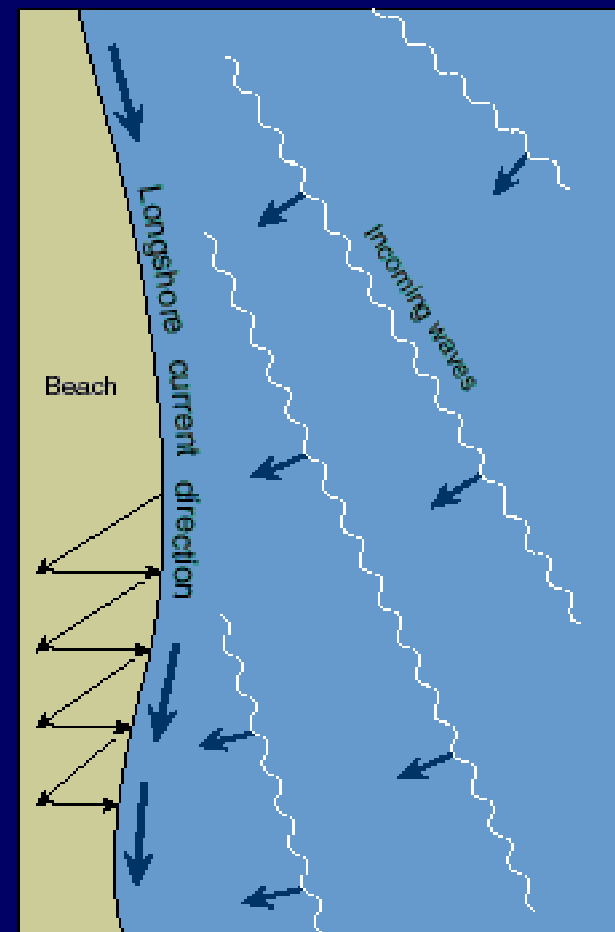
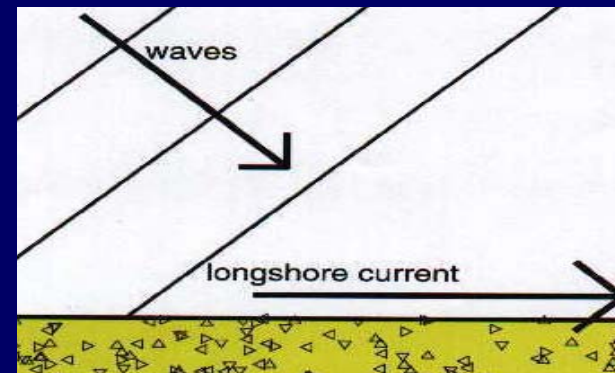
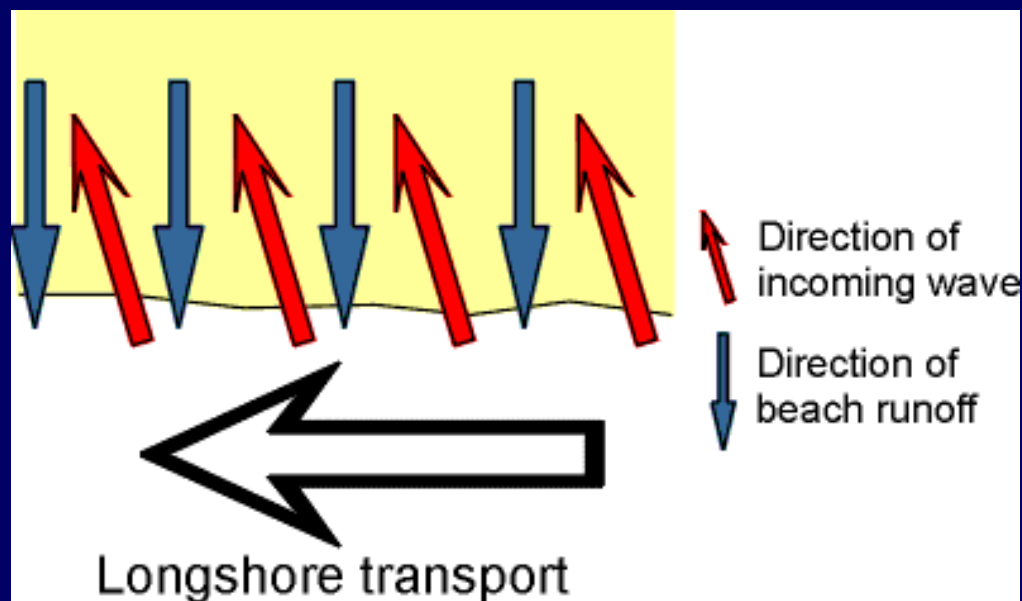
Spilling Wave



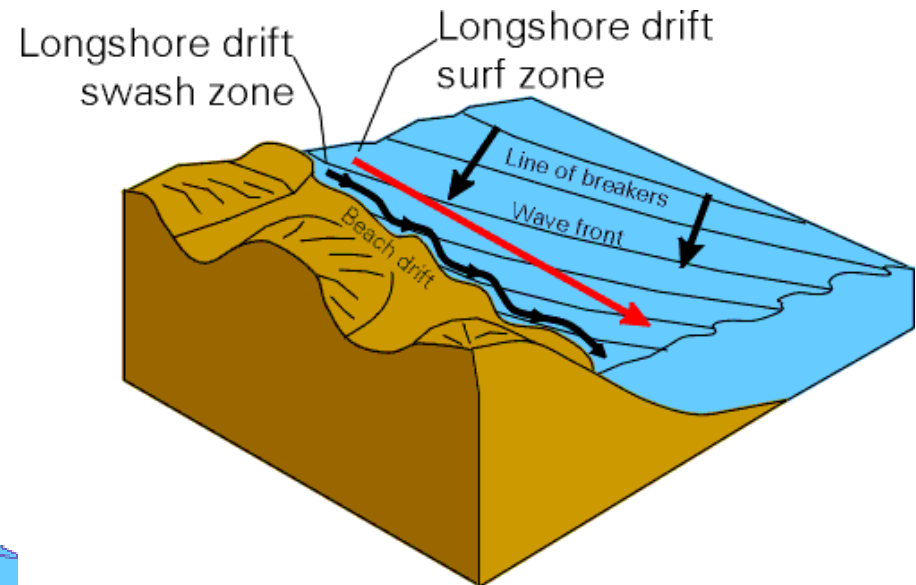
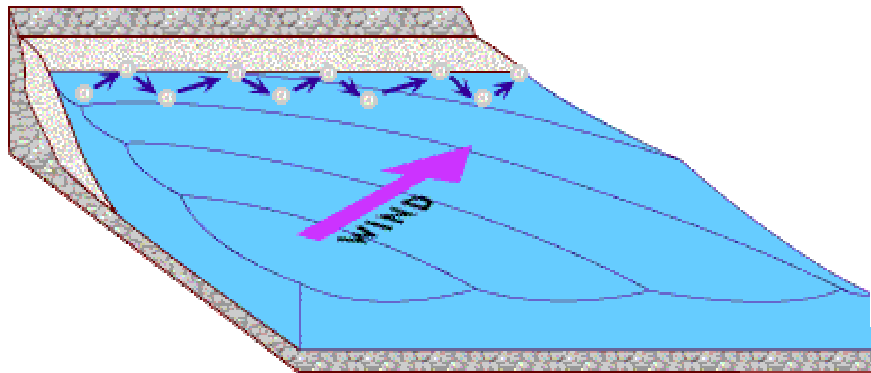
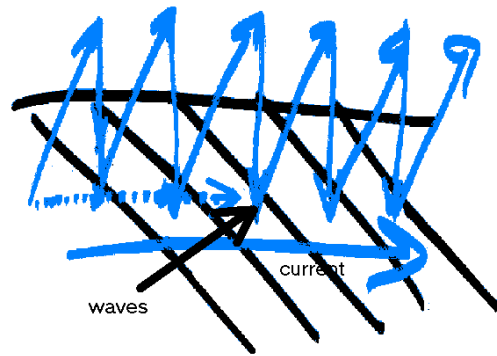
Plunging Wave

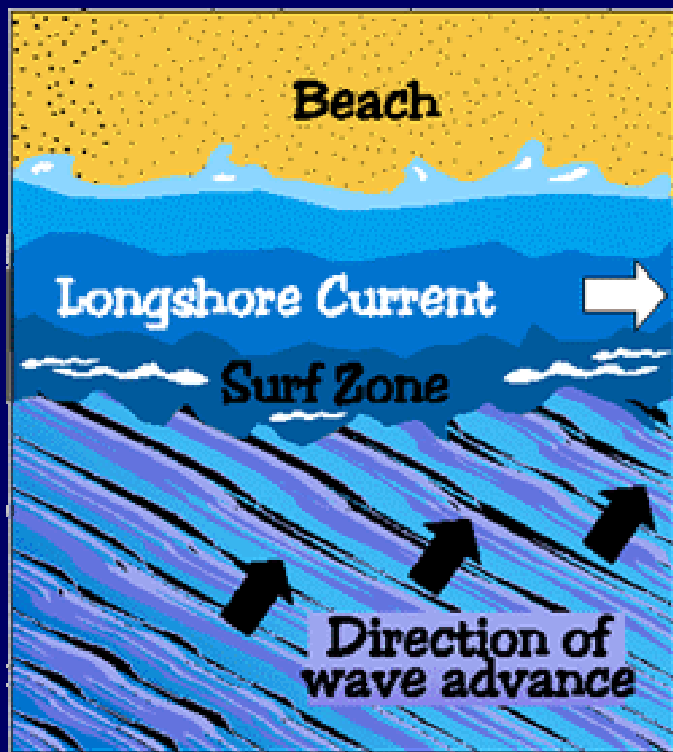
Kada valovi dopiju blizu obale gdje je more toliko plitko da više nema mjesta za njegovo kružno gibanje, voda se gura prema gore, visina vala se povećava i kada H/L postane veće od $1/7$ val više ne može održati svoju težinu i on se lomi

Valovi se često približavaju obali pod određenim kutom što ima za rezultat stvaranje struje paralelne s obalom (longshore currents)



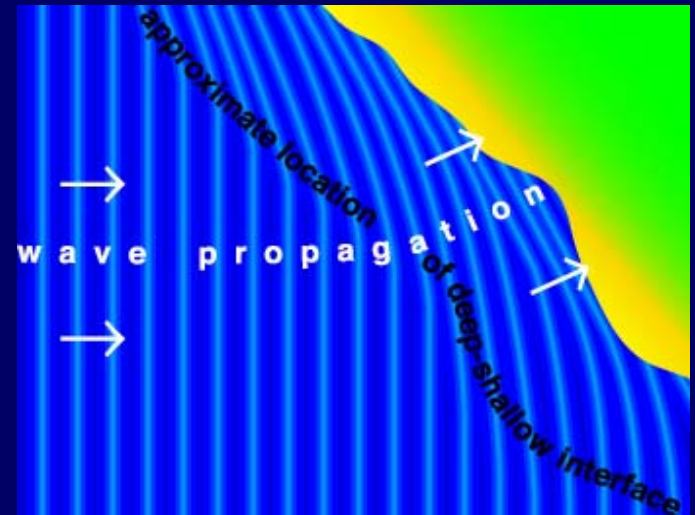
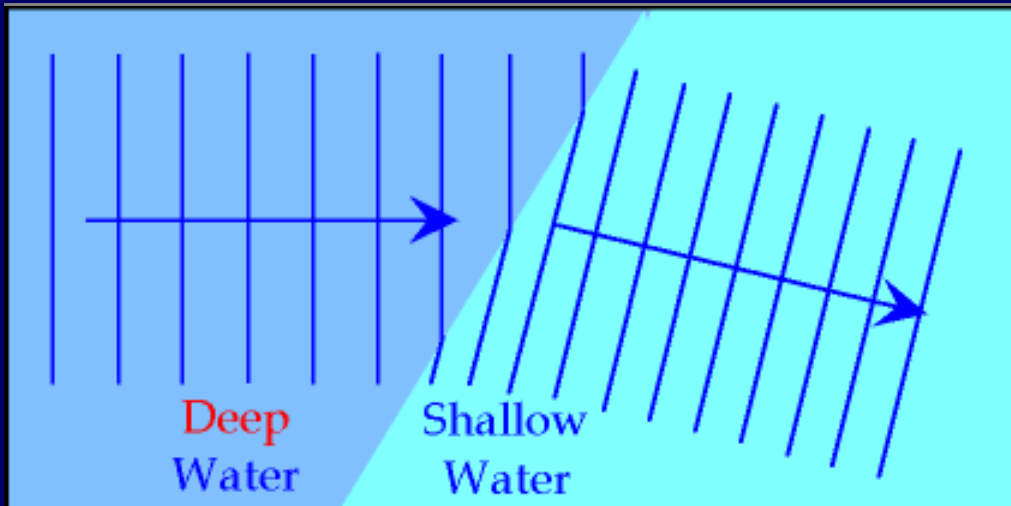
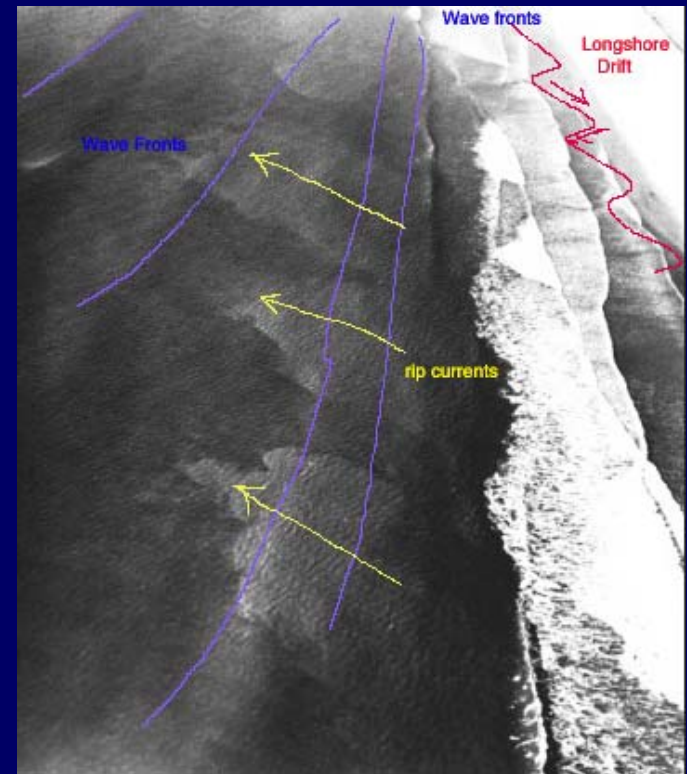
Uzdužne struje su odgovorne za eroziju obale te za premještanje i odnošenje pjeskovitog supstrata



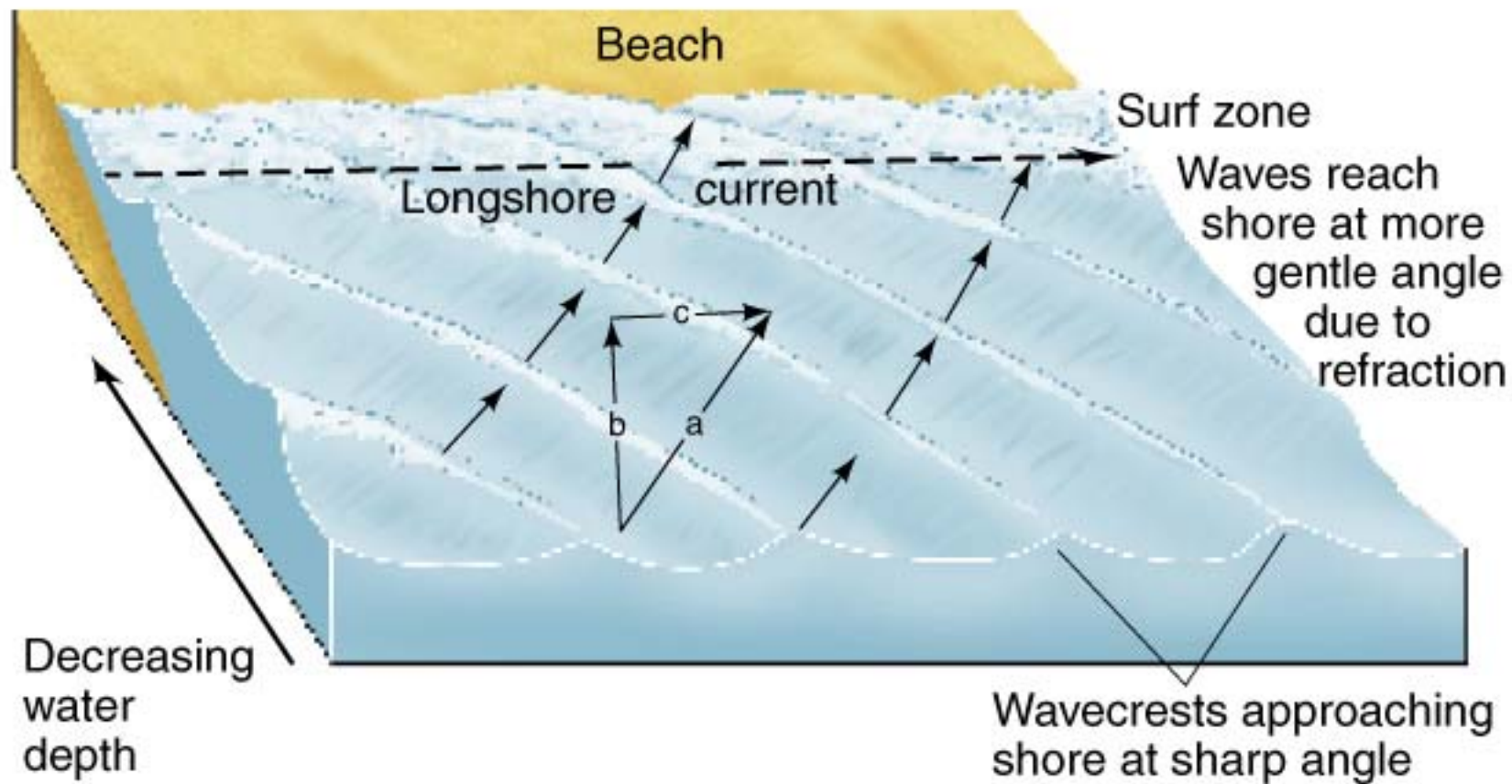


Refrakcija

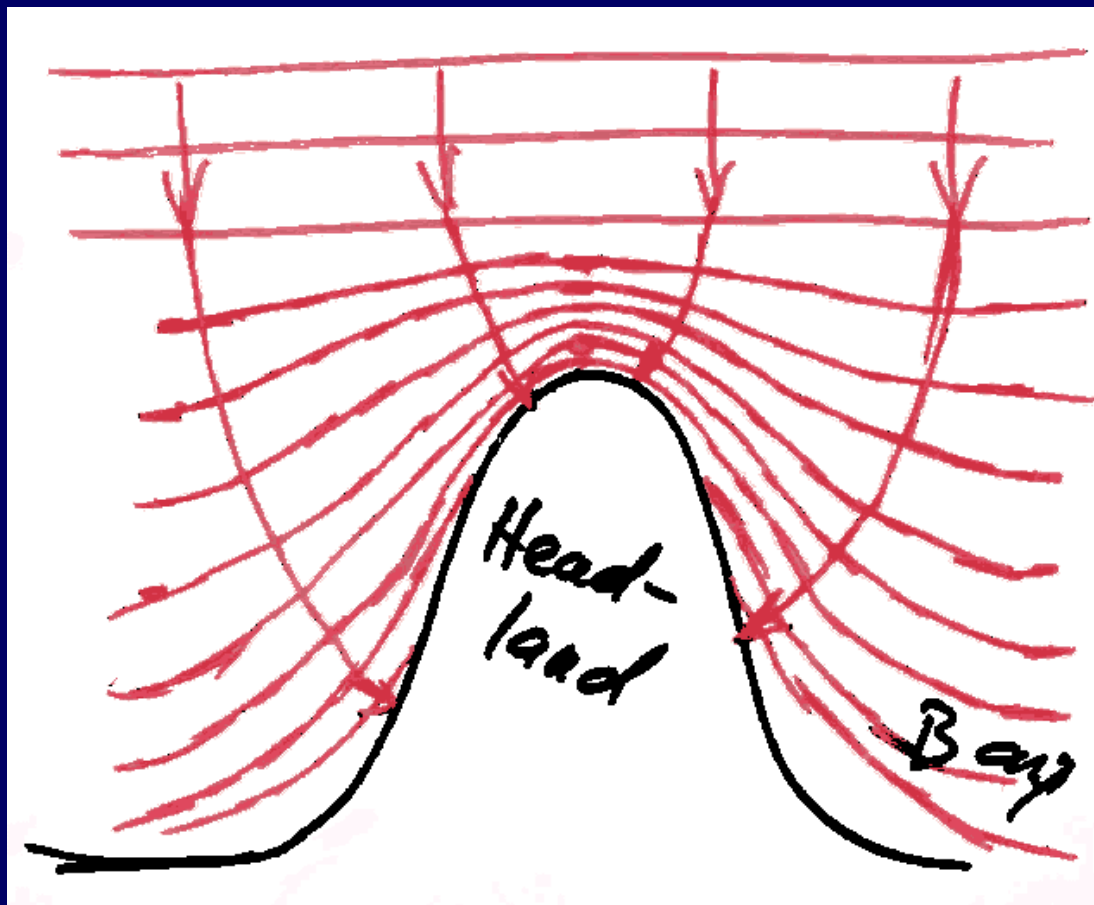
Brzina valova opada približavanjem obali (zbog opadanja dubine). Ako se valovi približavaju obali pod kutom tada će brzina biti manja u dijelu bližem obali, a veća u dijelu daljem od obale, što će rezultirati zakretanjem valova prema obali (pojava koja se zove refrakcija)



Strujanje duž obale i refrakcija



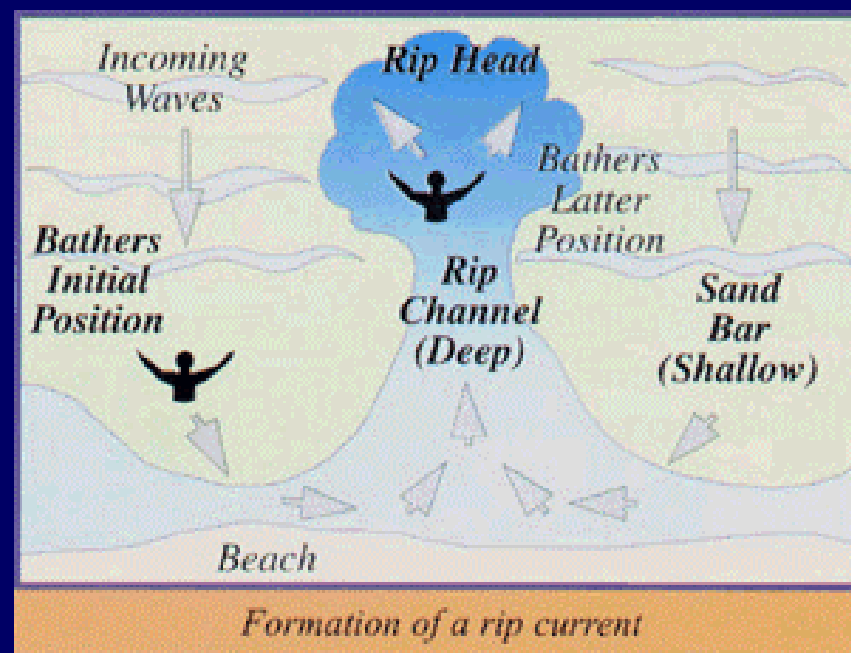
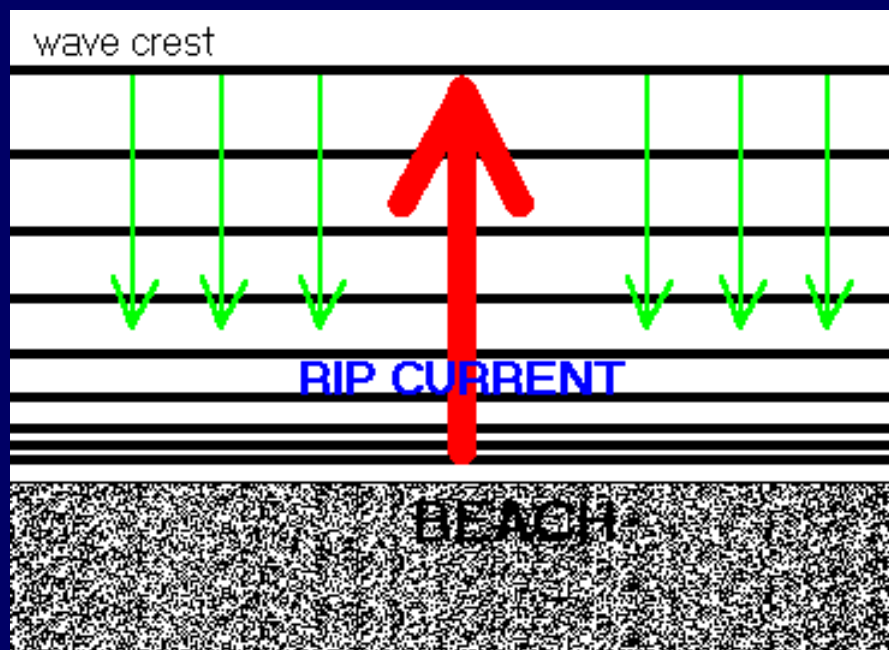
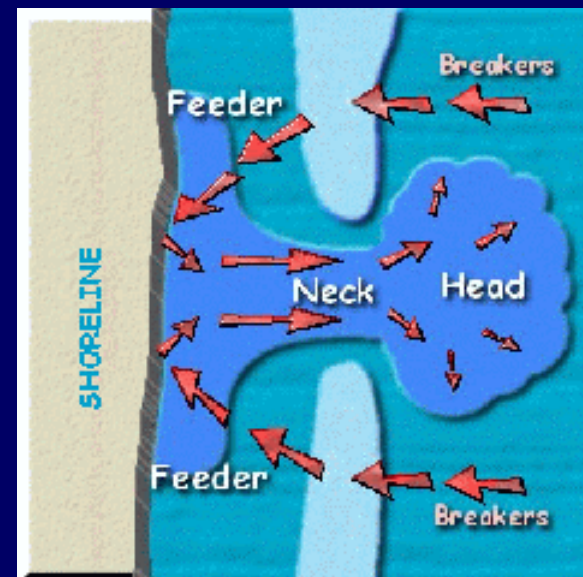
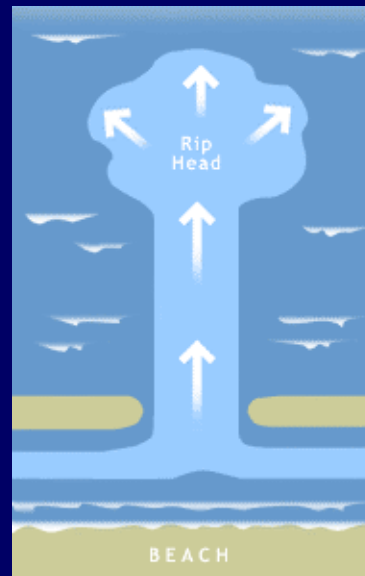
Refrakcija se događa i kada se valovi približavaju zaljevu ili poluotoku



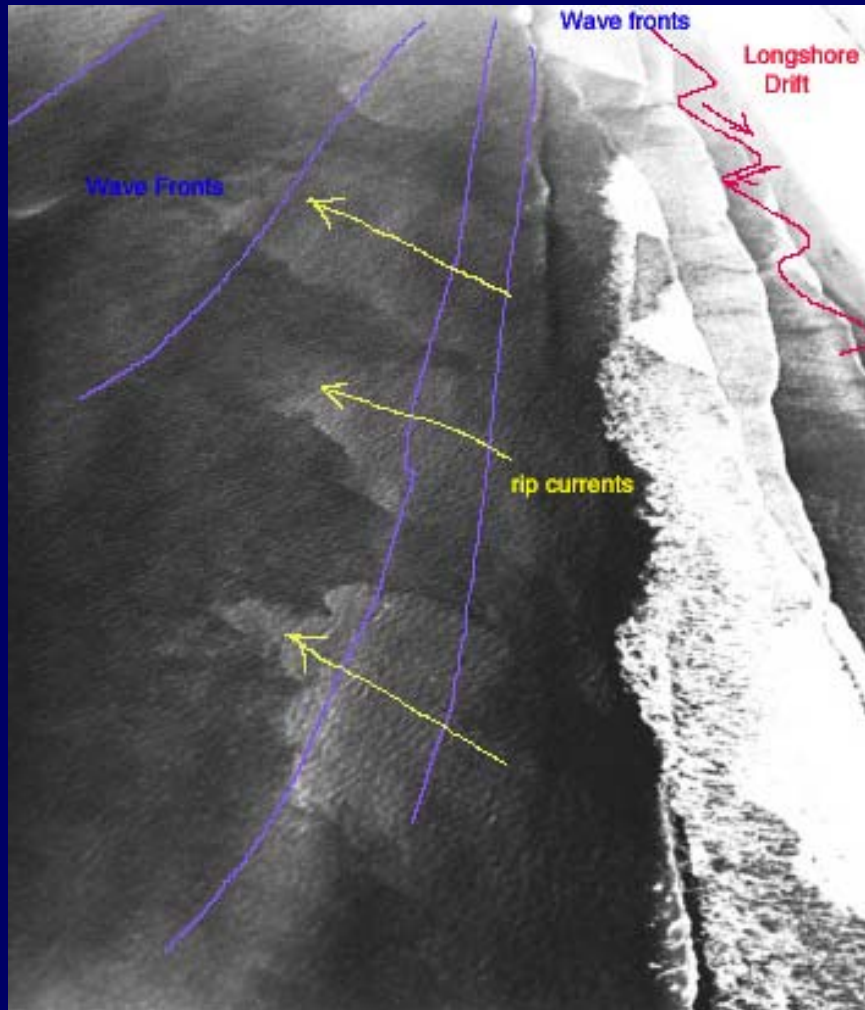
Refrakcija valova



Određene barijere na morskom dnu u priobalnom području uzrokuju da se more od obale vraća kroz kanale između barijera u obliku vrlo snažnih i opasnih struja (rip currents)



Rip currents

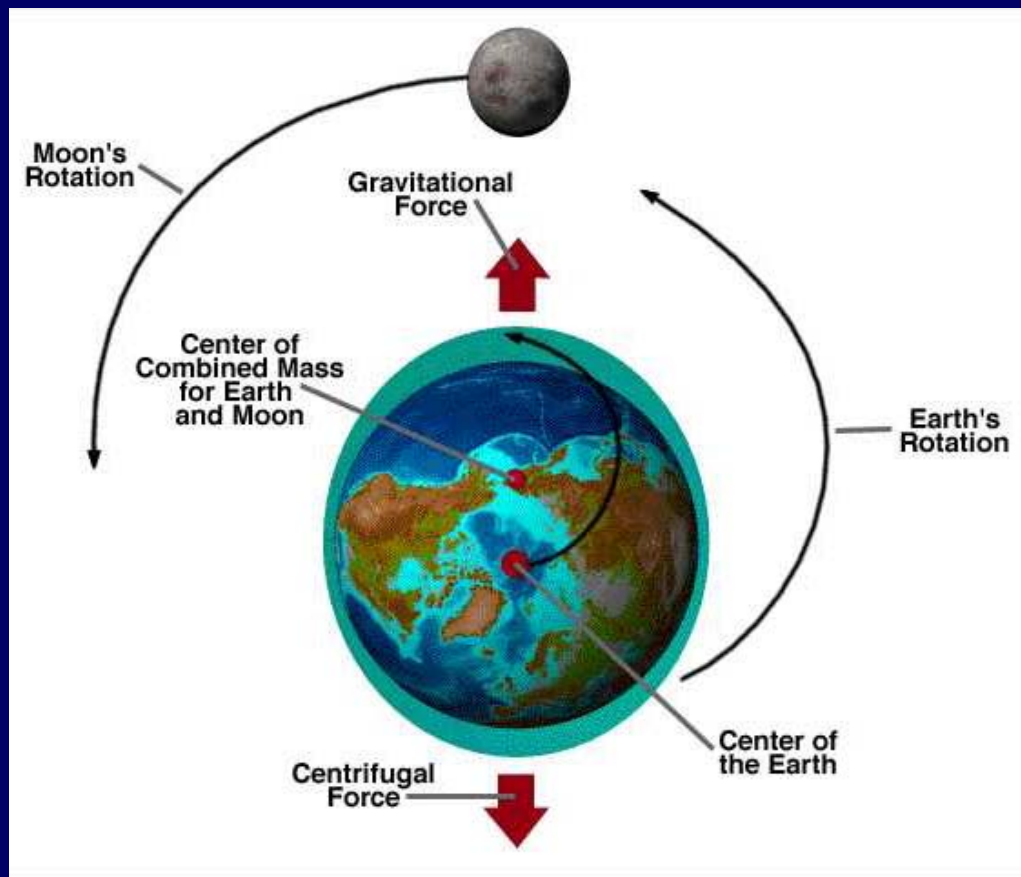


Morska doba

Morska doba (mijene) su rezultat gravitacijskog utjecaja Mjeseca i Sunca, usklađenog s utjecajem rotacije Zemlje i oblikom morskog bazena

Plima nastaje na strani okrenutoj Mjesecu zbog njegovog gravitacijskog djelovanja, te na strani suprotnoj od Mjeseca gdje je gravitacija minimalna pa je nadjačava centrifugalna sila koja je rezultat rotacije Zemlje.

Plimna se gibanja mogu mjeriti bilo gdje na oceanu, ali su ona osobito uočljiva na obali gdje se manifestiraju kroz plimne struje i vertikalne promjene morske razine

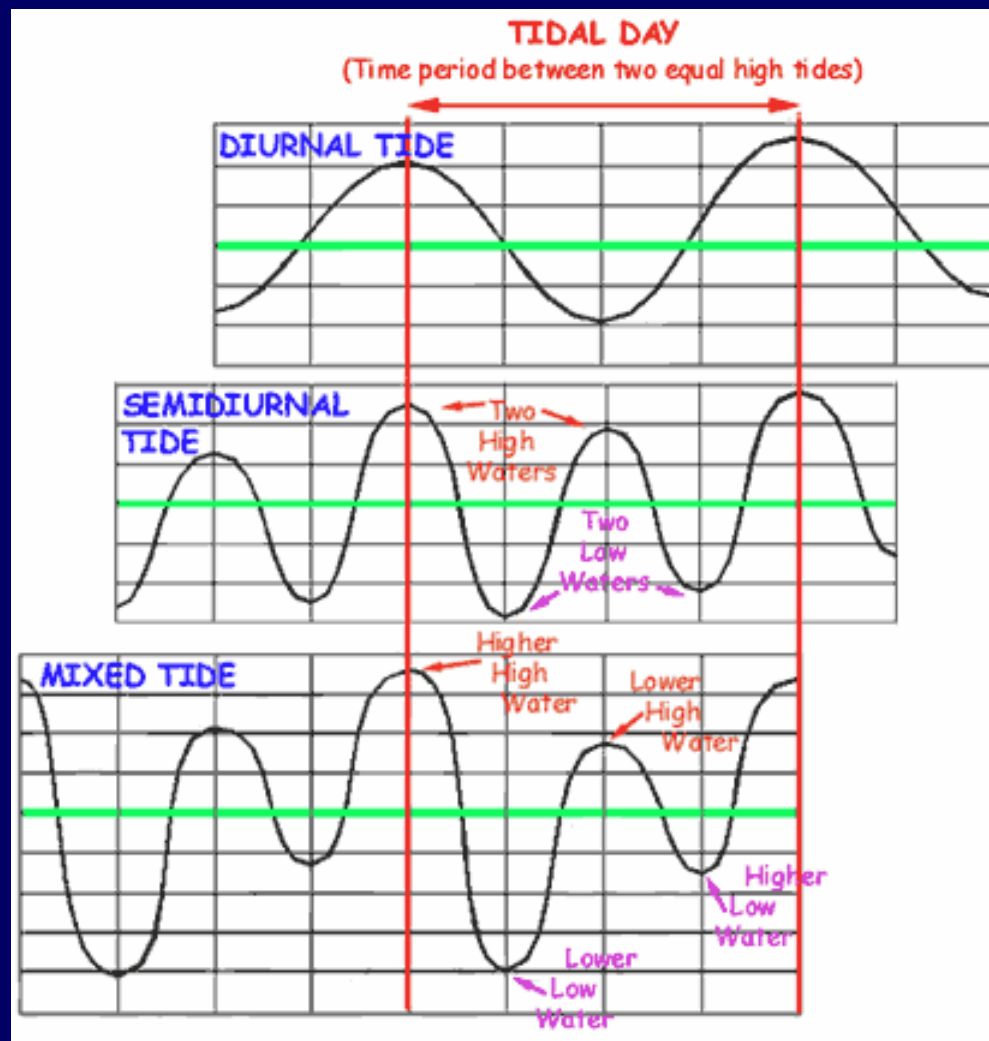


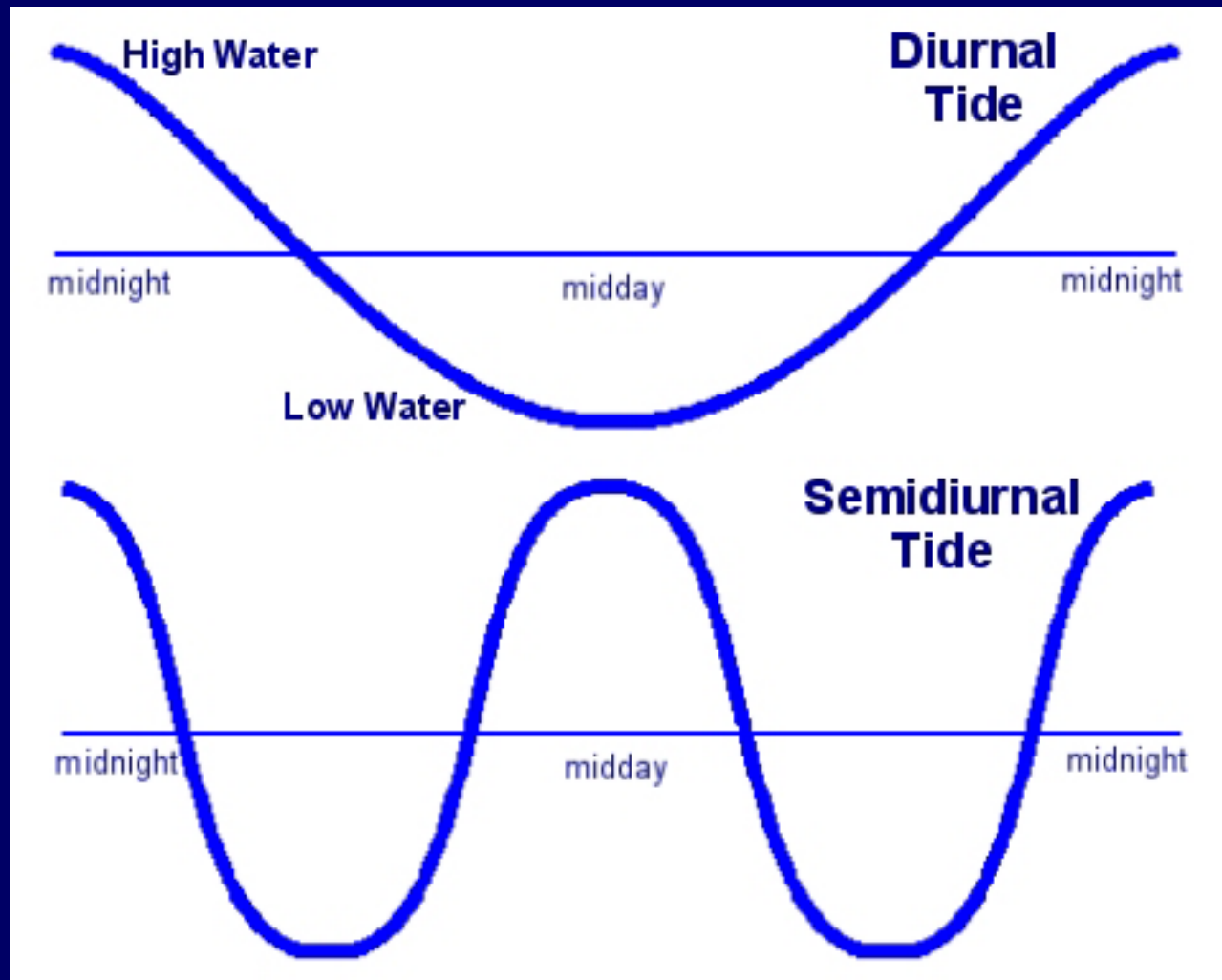
Sila gravitacije između dva tijela proporcionalna je produktu njihove mase i obrnuto proporcionalna s kvadratom njihove međusobne udaljenosti

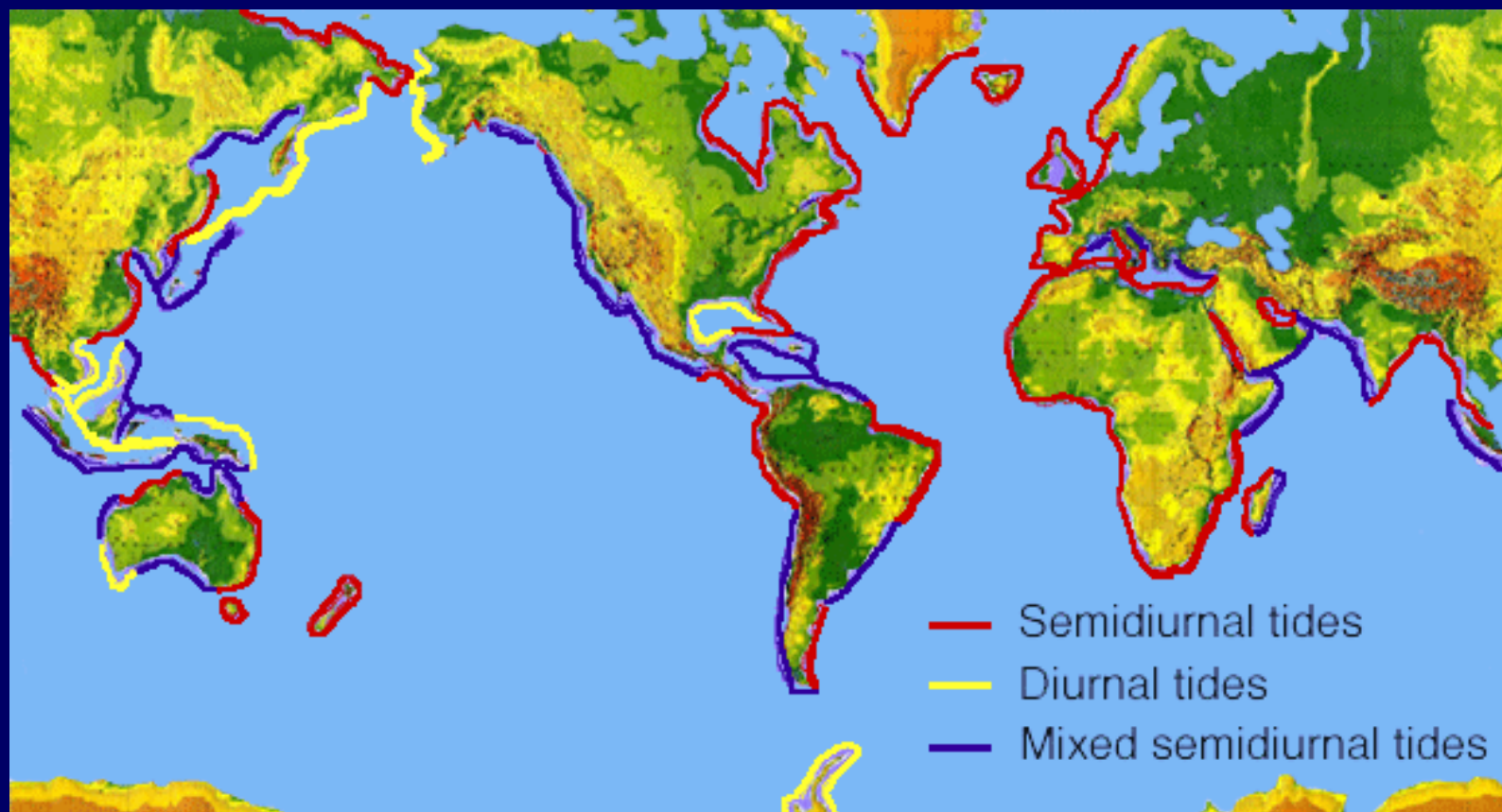
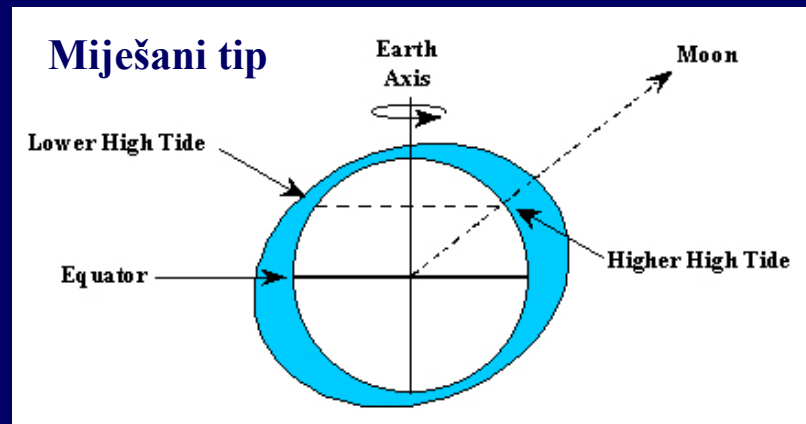
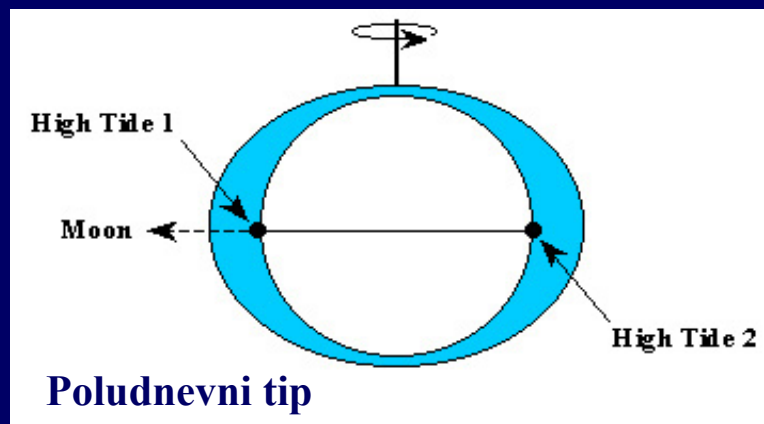
Tipovi morskih doba

Mjesec prođe preko bilo koje točke na površini Zemlje svakih 24 h i 50 min (lunarni dan), pa bi idealno svugdje trebale biti dvije plime i dvije oseke dnevno. Budući da se pozicija mjeseca prema Zemlji mijenja od 28.5° N do 28.5° S, relativna visina plime i oseke mijenja se geografski u ovisnosti o vektoru gravitacijske sile.

Razlikuju se tri tipa morskih doba: **dnevni** (jedna plima i jedna oseka dnevno); **poludnevni** (dvije plime i dvije oseke dnevno); te **miješani** tip (po jedna velika i mala plima i oseka dnevno)



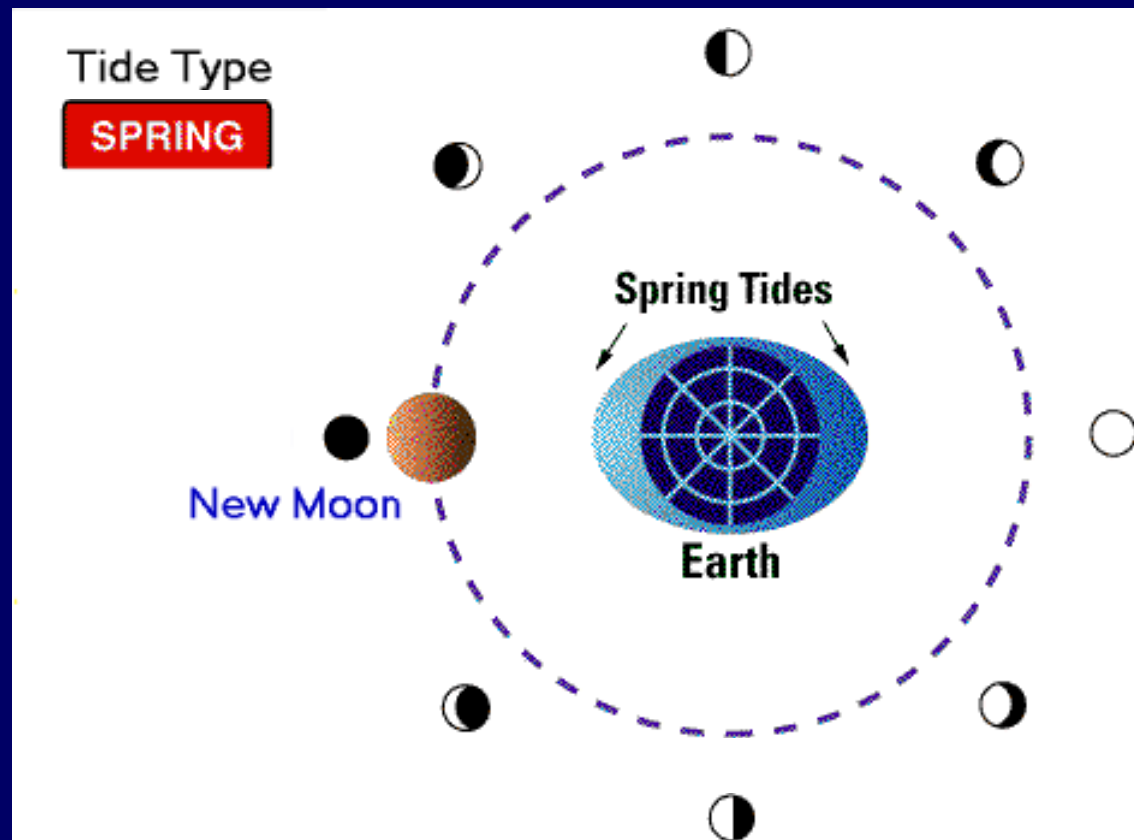




Velika i mala doba

Kada Mjesec i Sunce djeluju po istom pravcu (razdoblje punog i mladog mjeseca) rezultat su velike plime i oseke (**spring tides**)

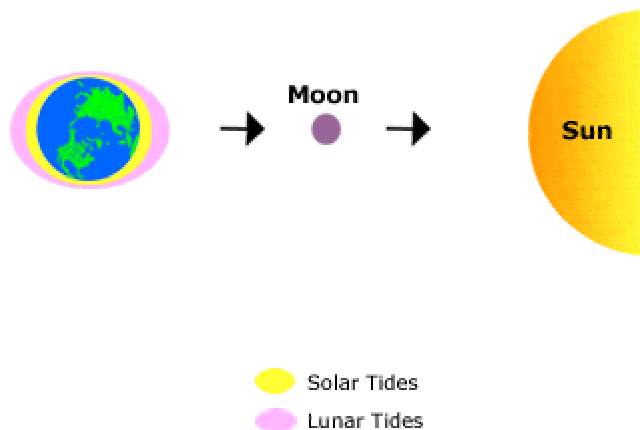
Kada Mjesec i Sunce djeluju pod pravim kutom (razdoblje $\frac{1}{4}$ i $\frac{3}{4}$ mjeseca) rezultat su male plime i oseke (**neap tides**)



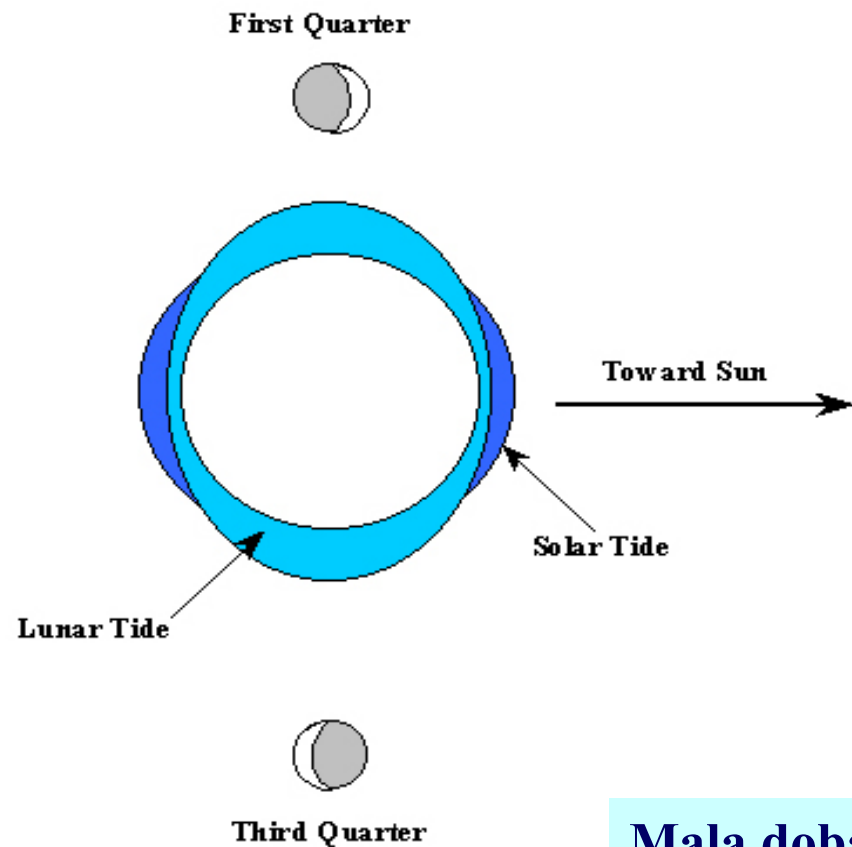
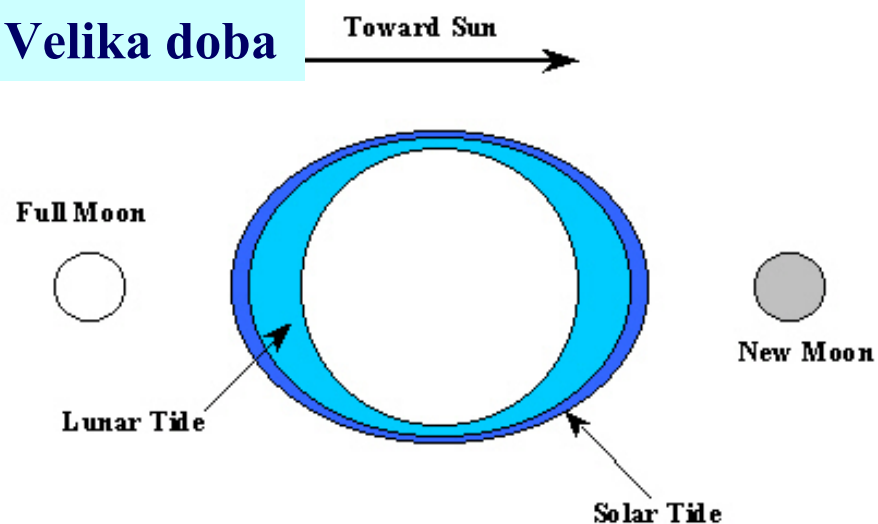
**Tijekom velikih doba privlačne sila
Sunca i Mjeseca se zbrajaju**

**Tijekom malih doba privlačne sila
Mjeseca je umanjena za privlačnu
silu Sunca**

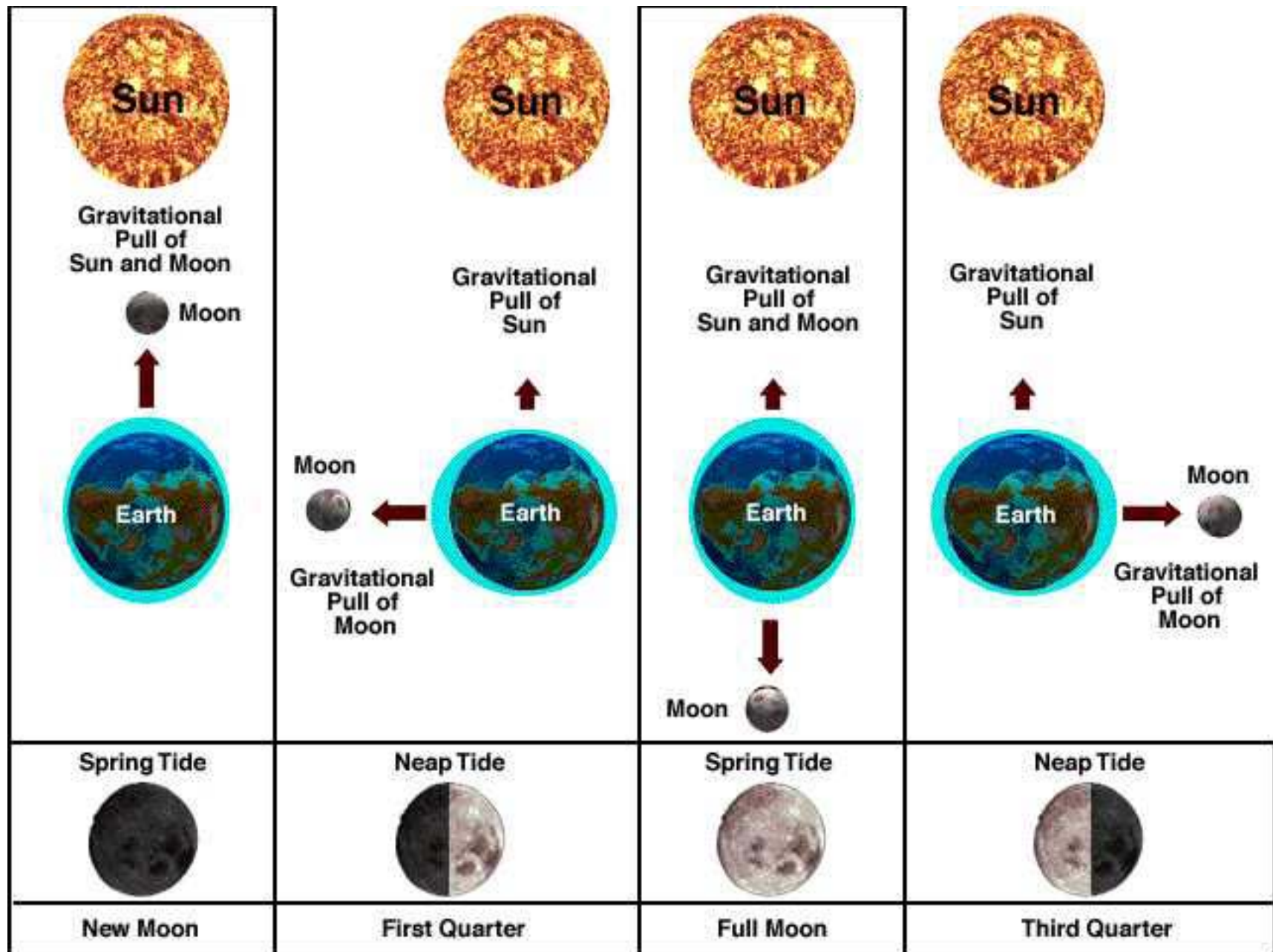
Spring Tides



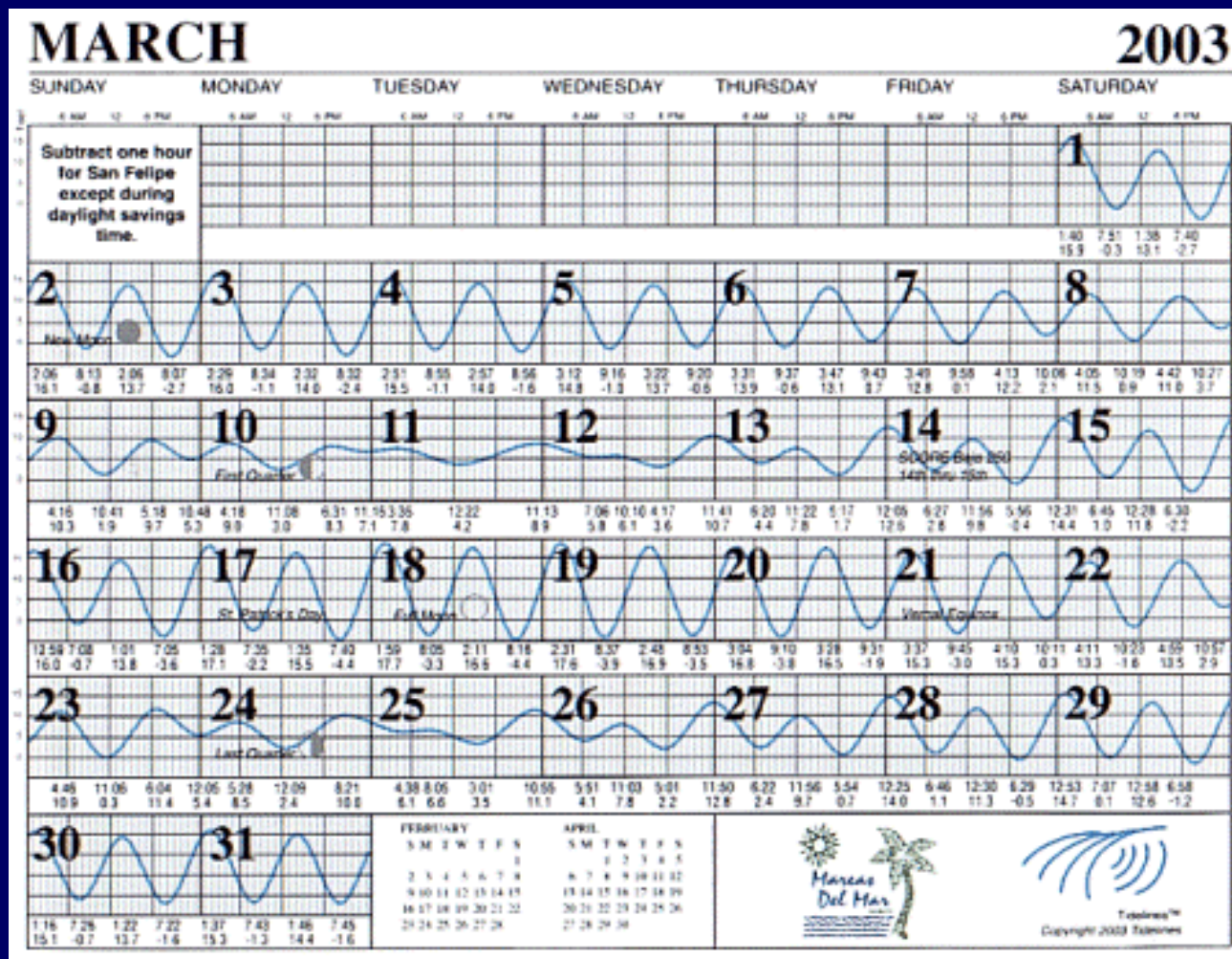
Velika doba



Mala doba

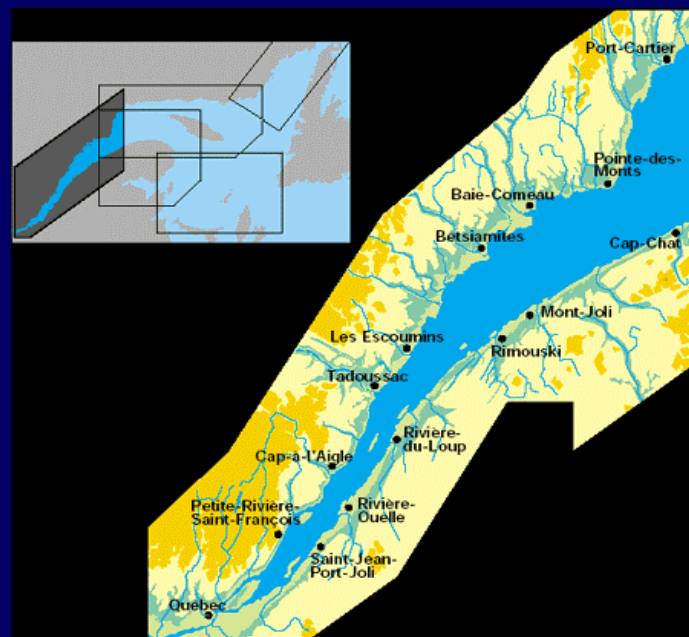


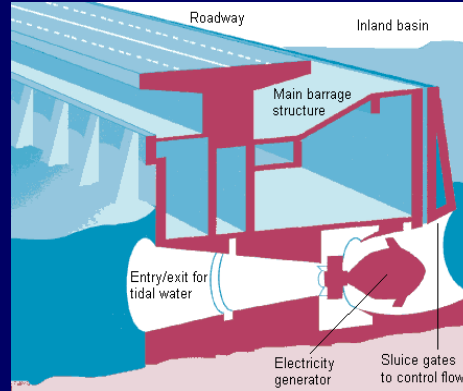
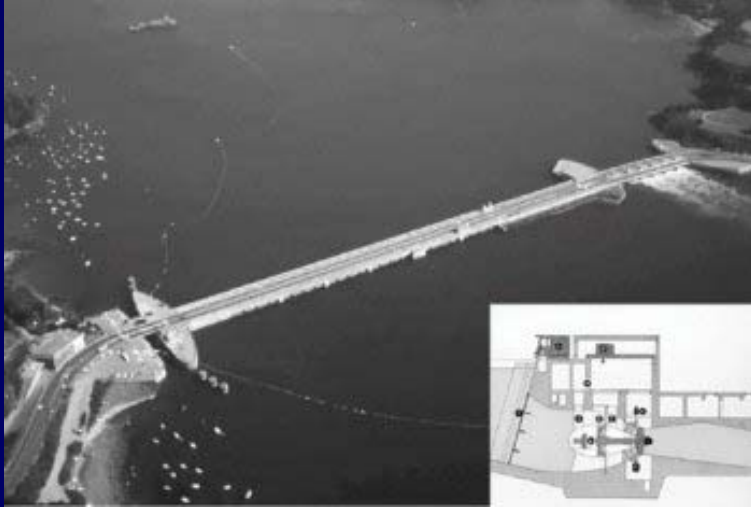
Svakog lunarnog mjeseca (29.5 dana) izmjenjuju se dvije velike i dvije male plime i oseke



Čini se da bi se svakog dana trebale javljati dvije jednake plime odvojene razdobljem od 12 sati. To ipak nije tako jer na visinu plime utječe oblik morskog bazena, nagib Zemljine osi, te Coriolisova sila.

Plima je veća, a plimne struje jače u zaljevima gdje veliki volumen mora ulazi u mali prostor. U nekim područjima na Zemlji kao što je npr. Kalifornijski zaljev razlika u razini mora između plime i oseke prelazi 10 m. S druge strane na istočnoj obali Danske, kao i na Karibima gotovo da i nema promjena u razini mora

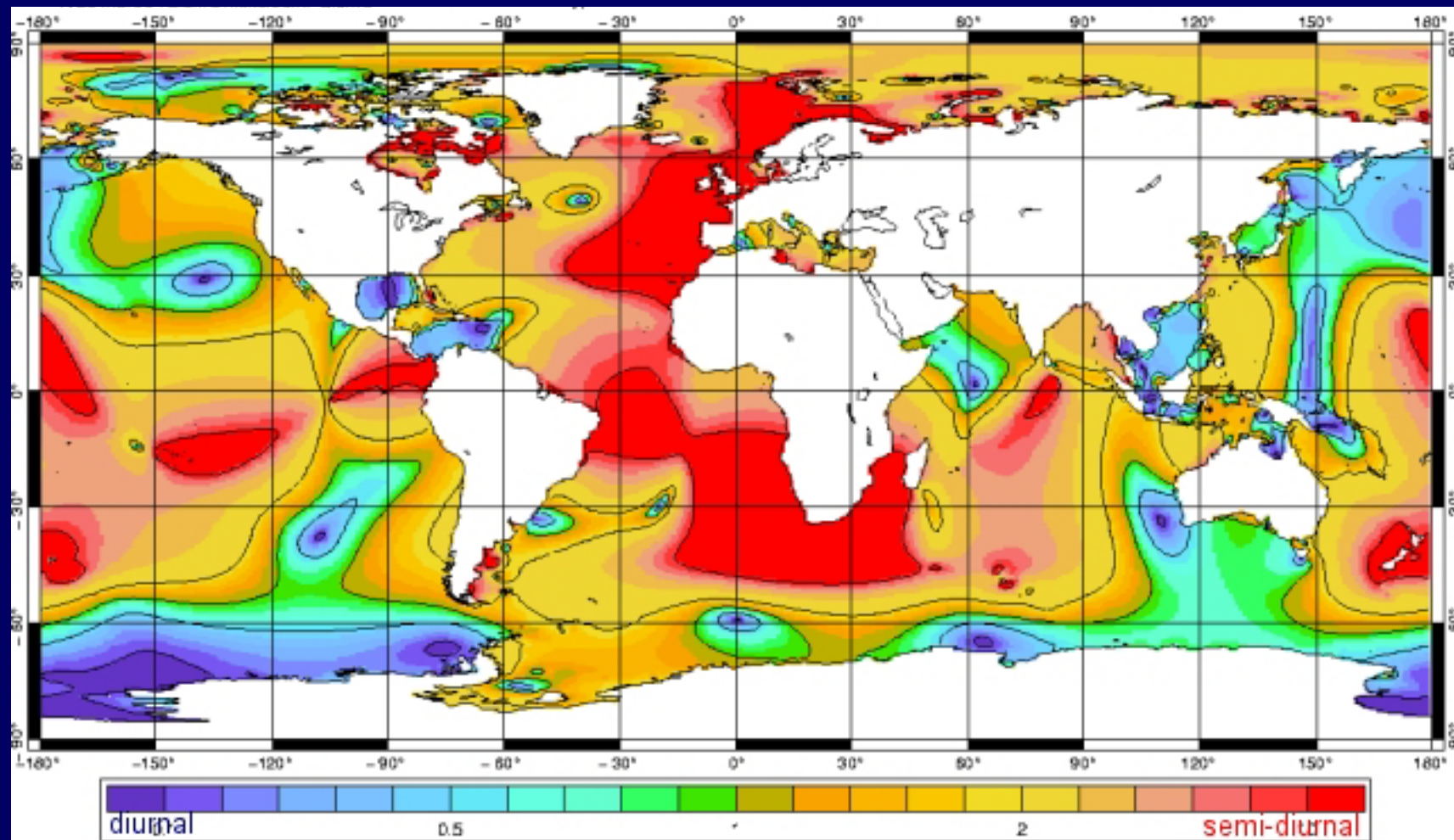




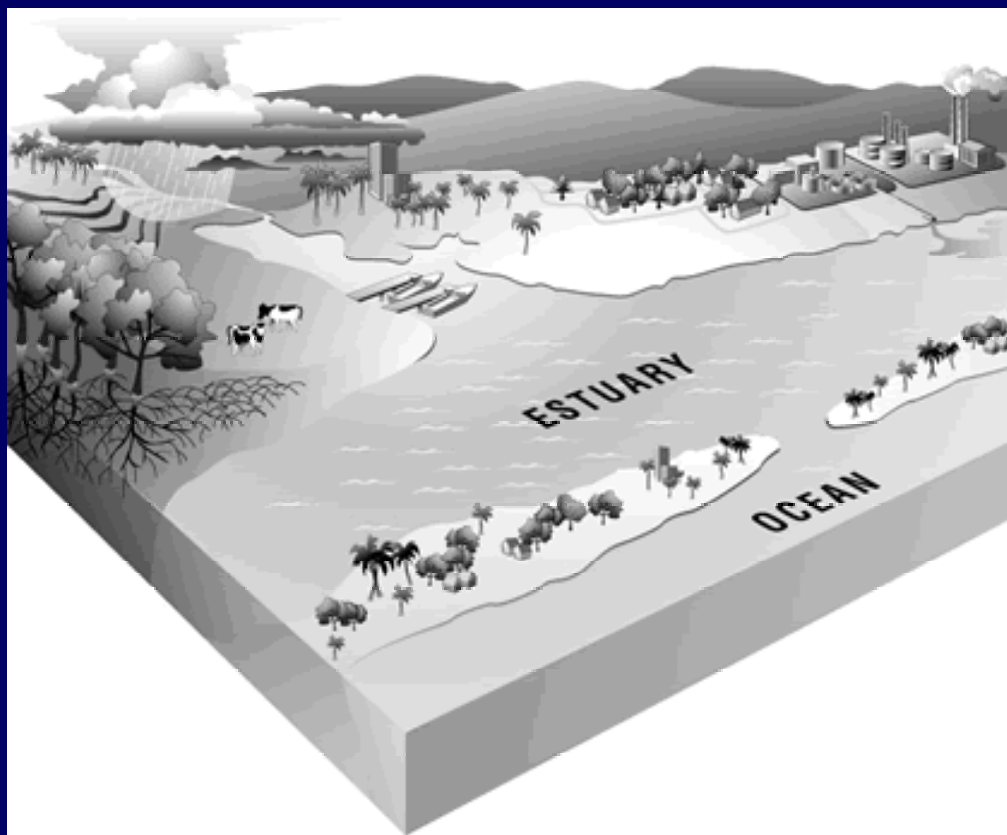
Razlike između plime i oseke su u nekim područjima toliko velike da se to može iskoristiti za proizvodnju električne energije



Turbine generatora



Estuariji



**Estuariji su područja gdje se
slatka voda rijeka miješa s
morskom vodom**

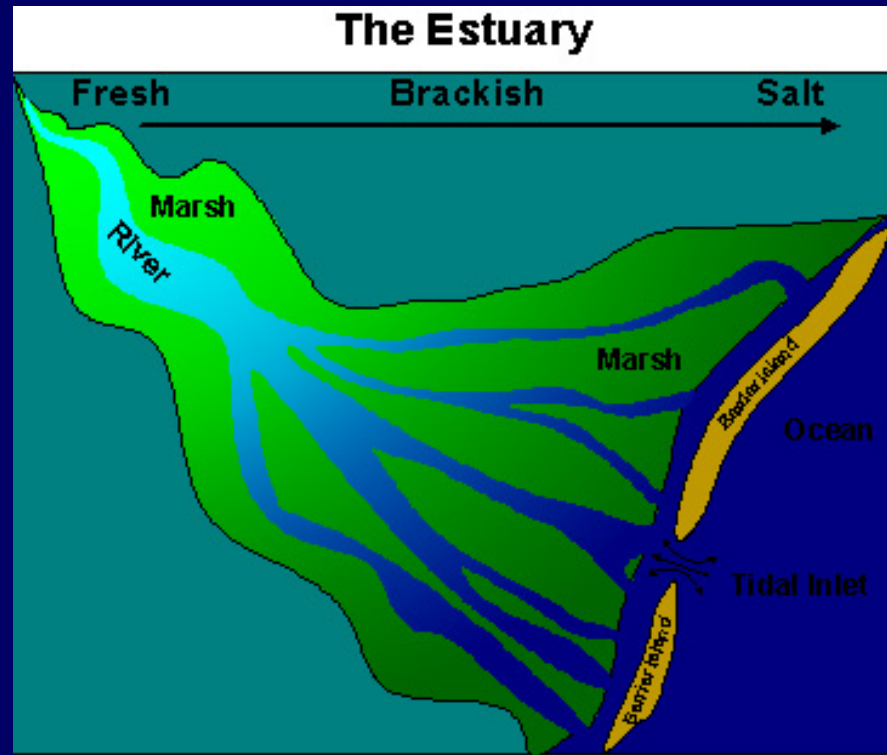
**Tipični estuarski protok
podrazumijeva kretanje slatke
vode relativno male gustoće
nizvodno i iznad gušće slane
vode koja dolazi iz mora i giba
se uzvodno**



Delta rijeke Mississippi

Estuariji

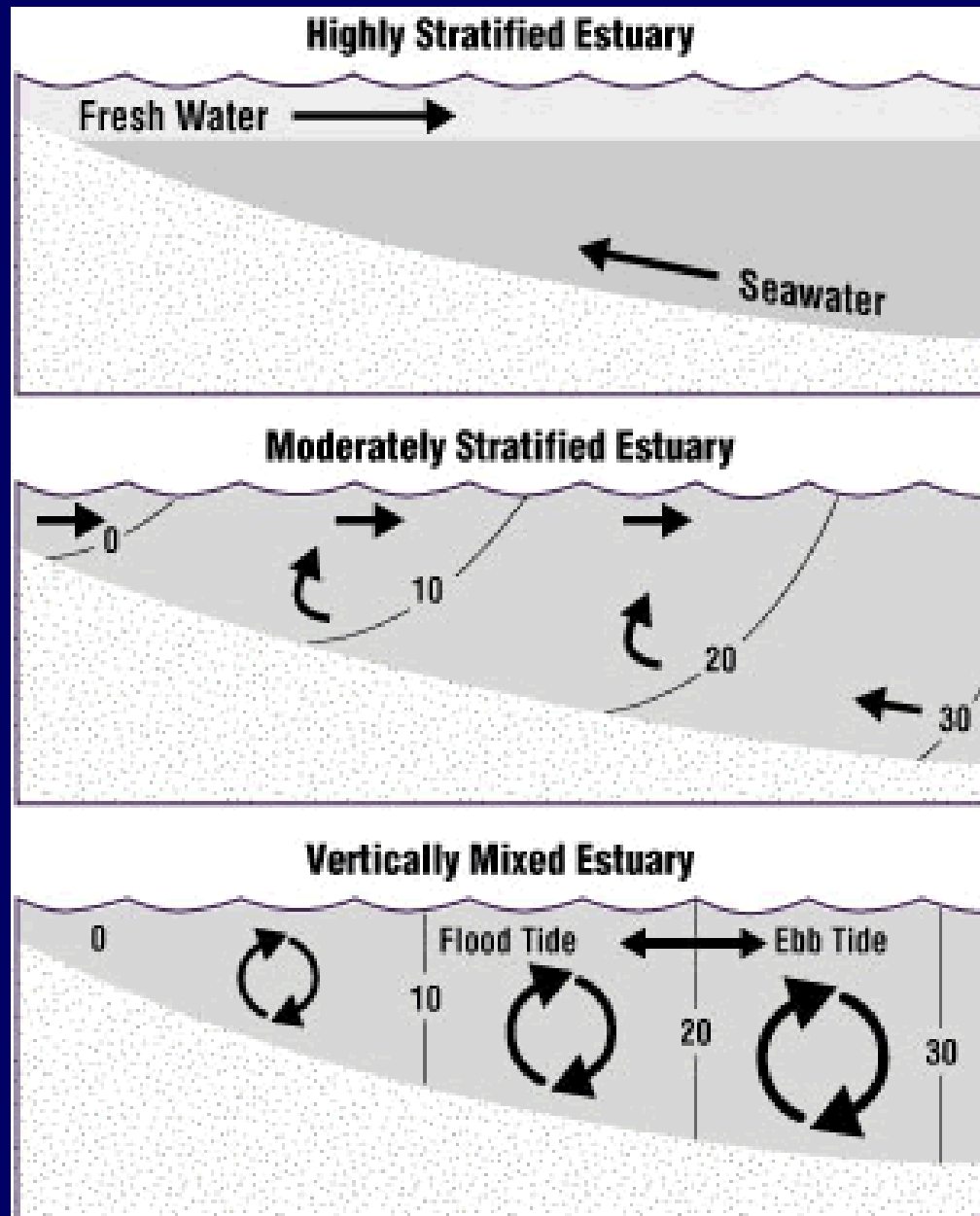
The Estuary



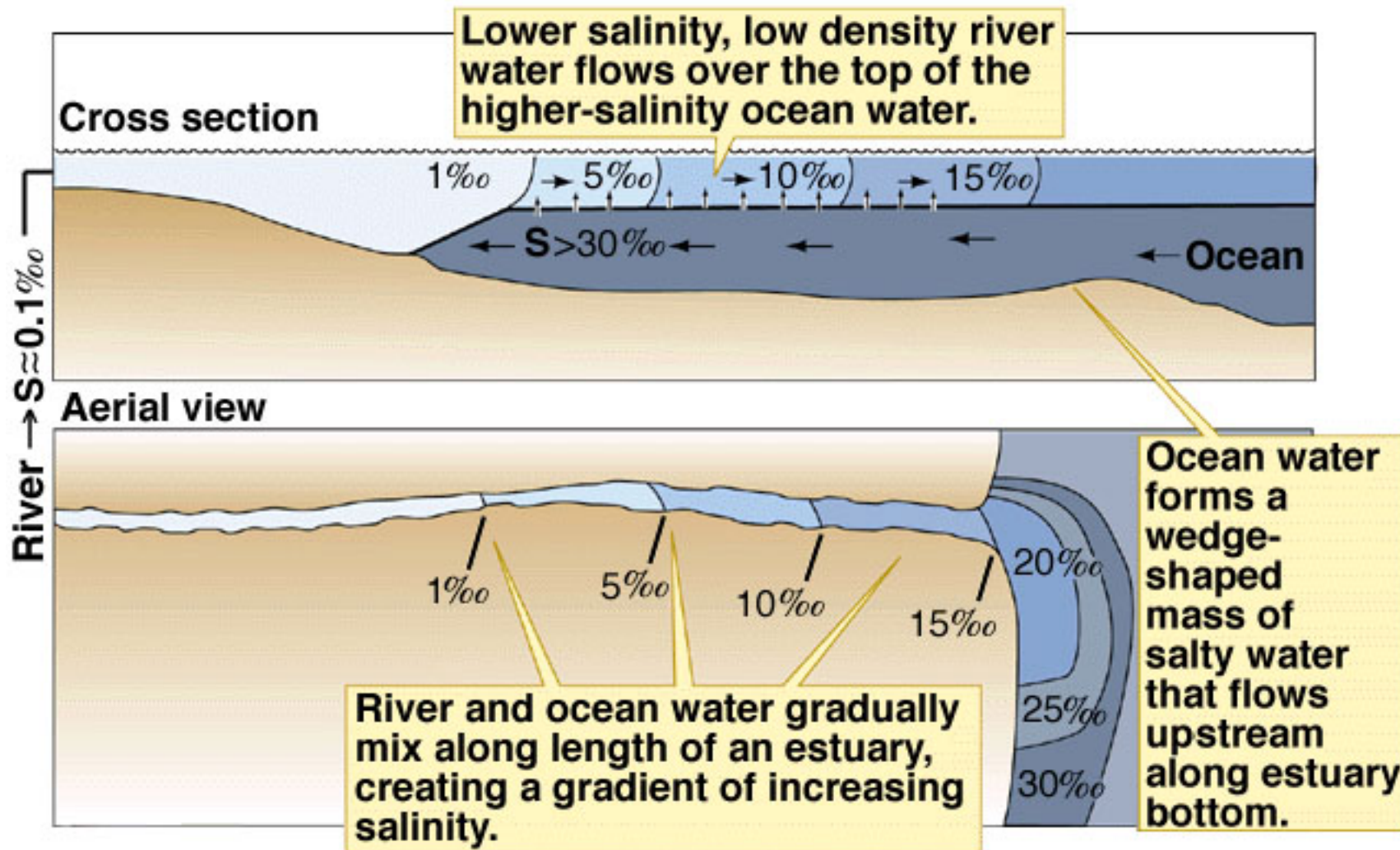
Visoko stratificirani estuariji – karakteriziraju ih dva potpuno odvojena sloja od kojih je gornji lakša slatka voda, a donji teža slana voda

Umjereno stratificirani estuariji – umjereni vjetar i utjecaj plime uzrokuju miješanje u svim slojevima, pa salinitet raste u pravcu mora (izohaline su nagnute prema moru)

Vertikalno homogeni estuariji – Jako miješanje može rezultirati potpuno homogeniziranim vodenim stupcem. Salinitet u estuariju u potpunosti ovisi o stanju morskih doba. Tijekom oseke salinitet dominantno određuje rijeka, a tijekom plime more



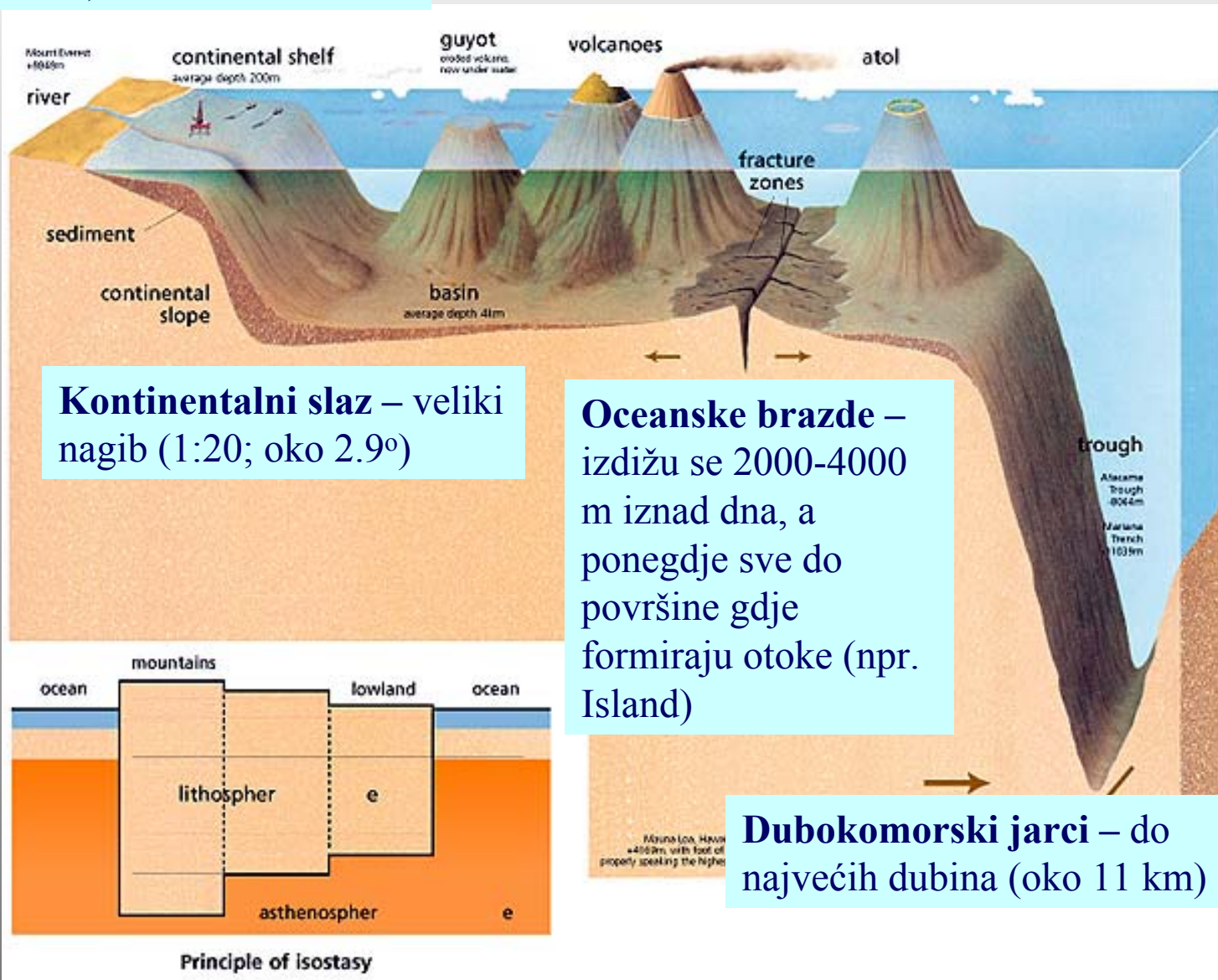
Promjene saliniteta duž estuarija



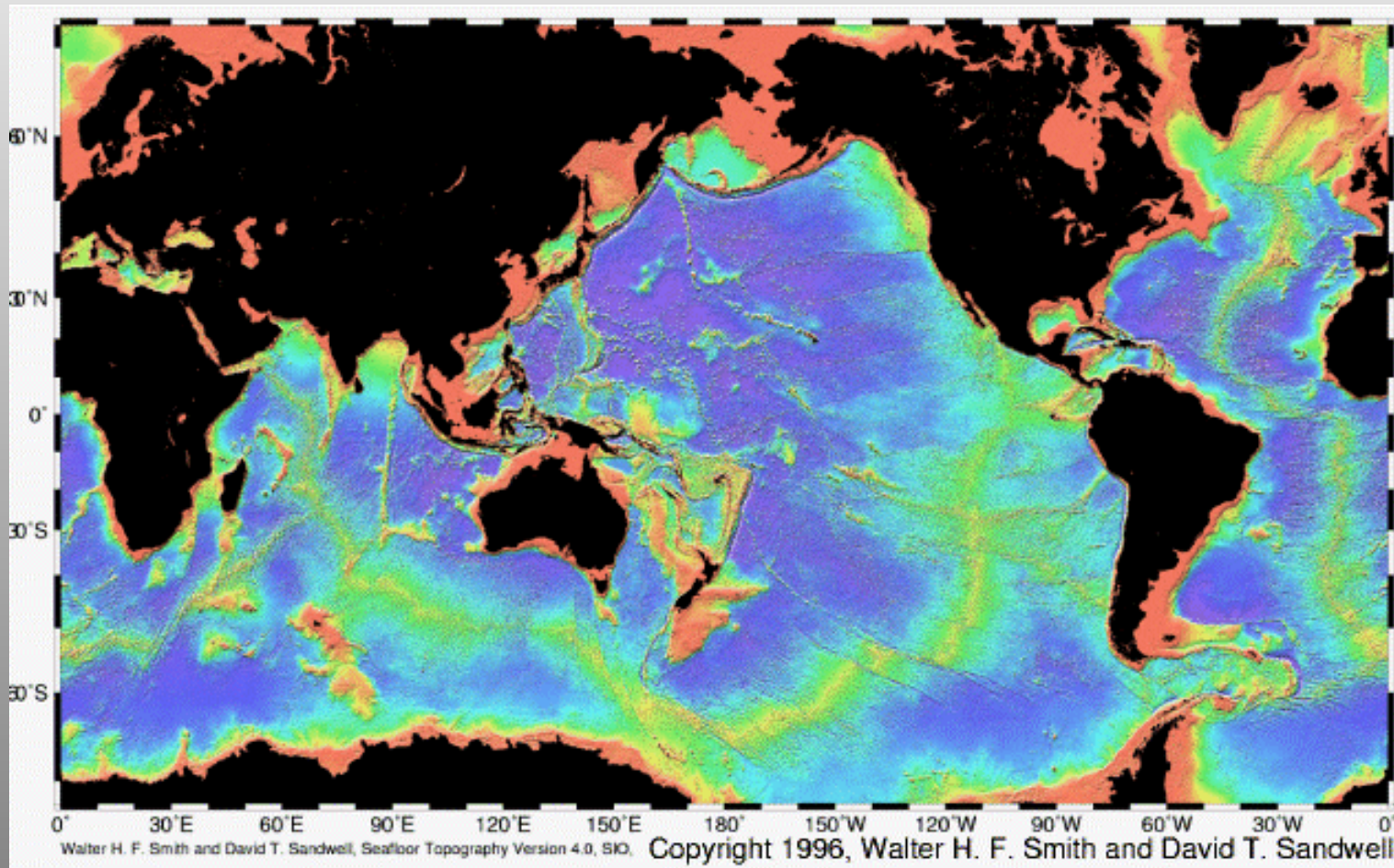


Surface Elevation of Ocean Floor

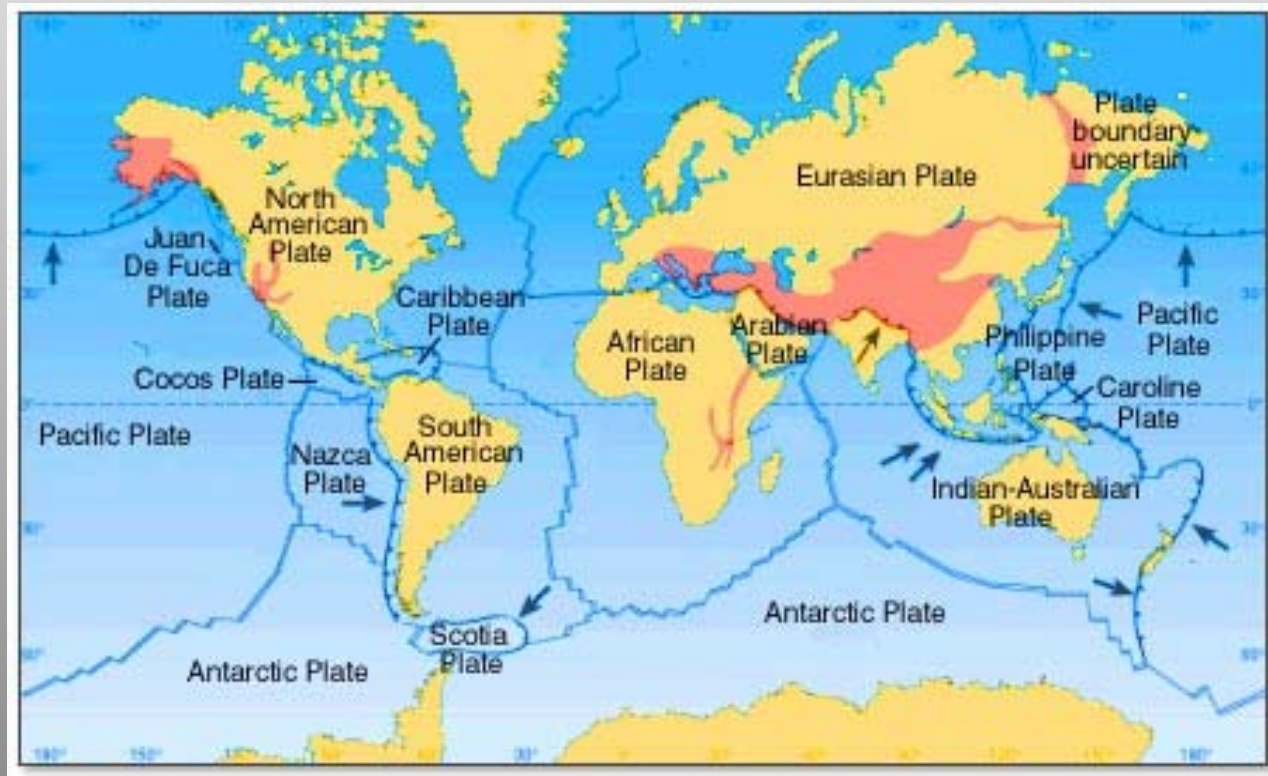
Kontinentalni šelf – mali nagib
(1:500; oko 1°); širok 10-300 km

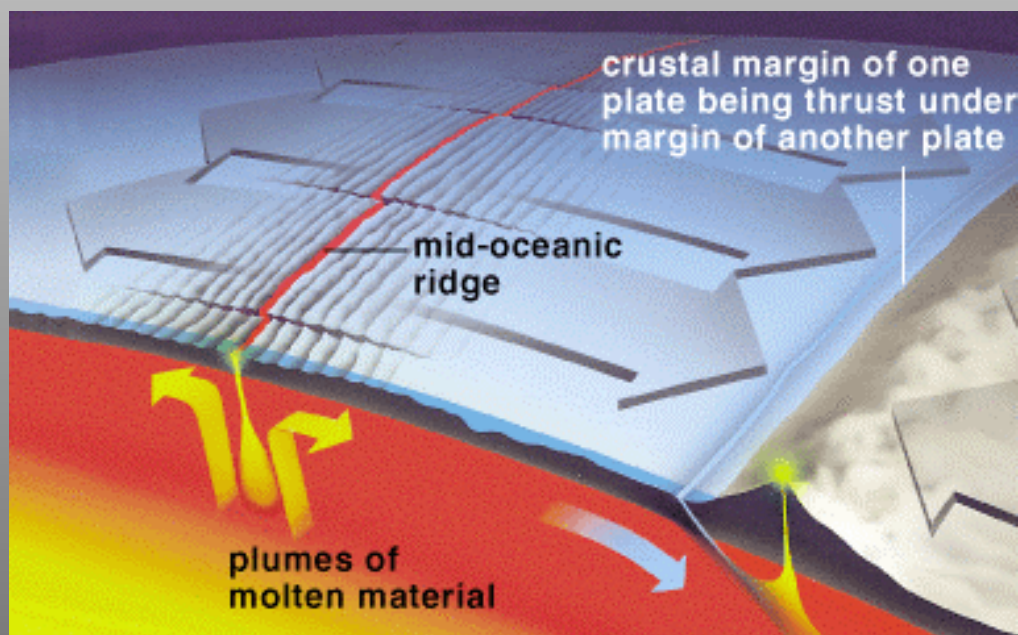
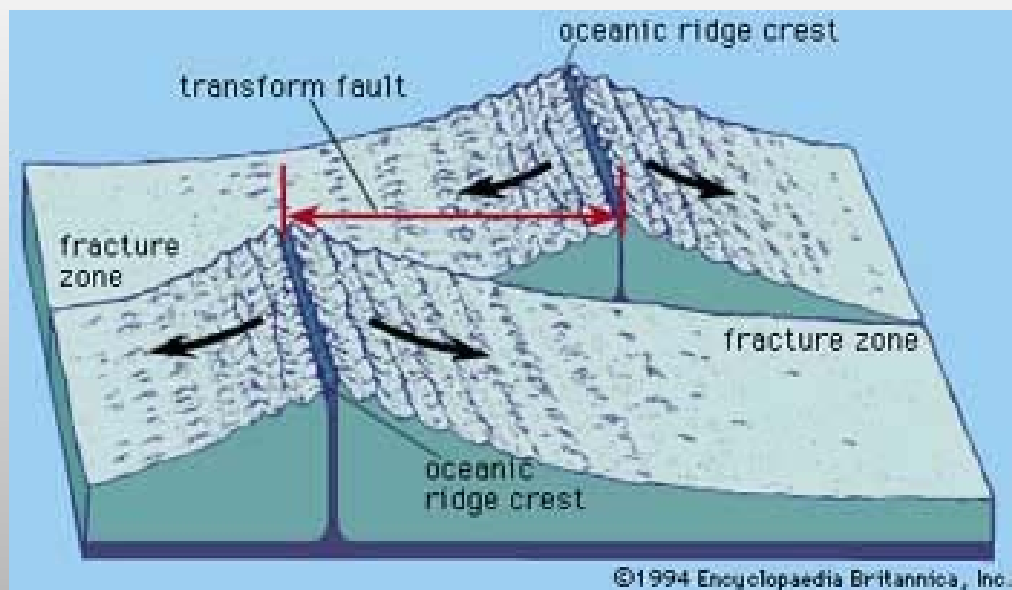


Sustav oceanskih brazda



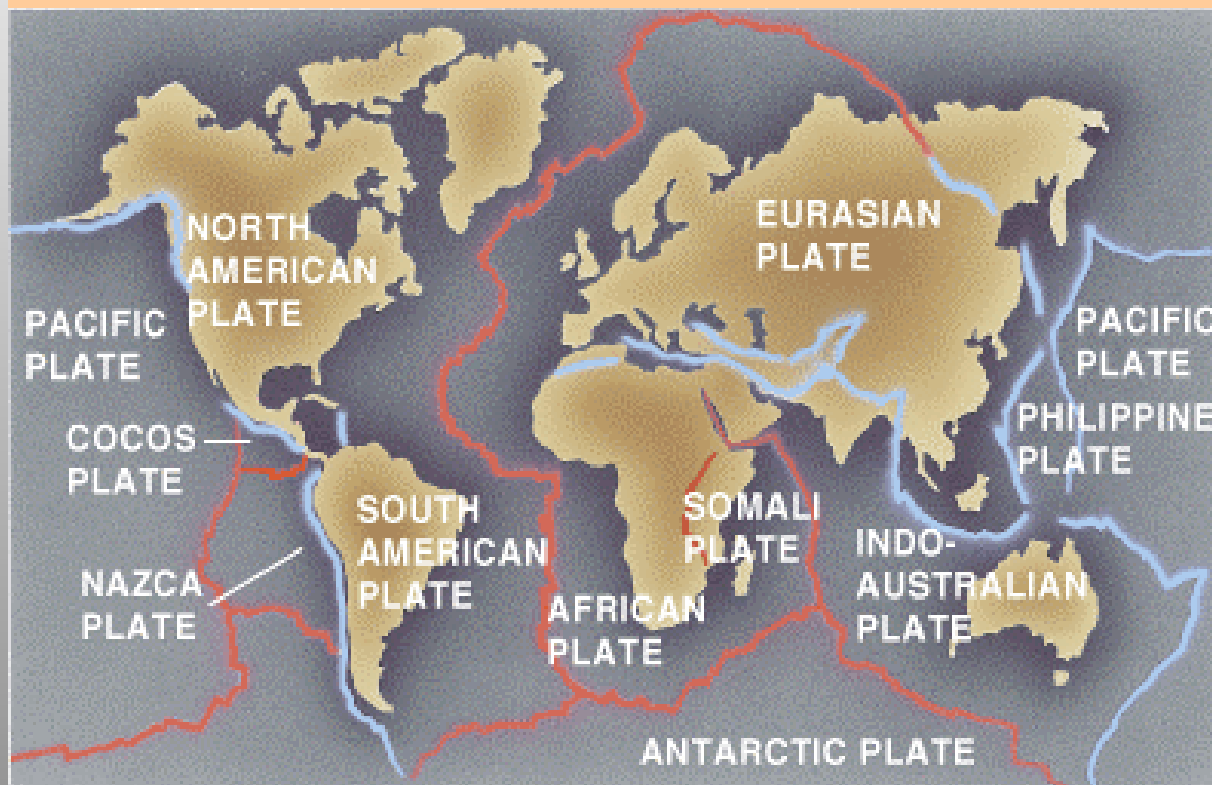
Oceansko dno je brazdama podjeljeno u velike cjeline - ploče





Oceanske brazde su rezultat vulkanske aktivnosti. Vulkanski materijal koji se stvara u središtu brazde stvara pojaseve lijevo i desno od brazde koja je centar širenja oceanskog dna (brzina stvaranja oceanskog dna iznosi 2-25 cm godišnje). S druge strane pri sudaru dviju ploča jedna ponire ispod druge i topi se u plaštu Zemlje

Područja širenja morskog dna



Područja sudara ploča i njihovog poniranja

Starost oceanskog dna – nema starijeg od 200 milijuna godina

