

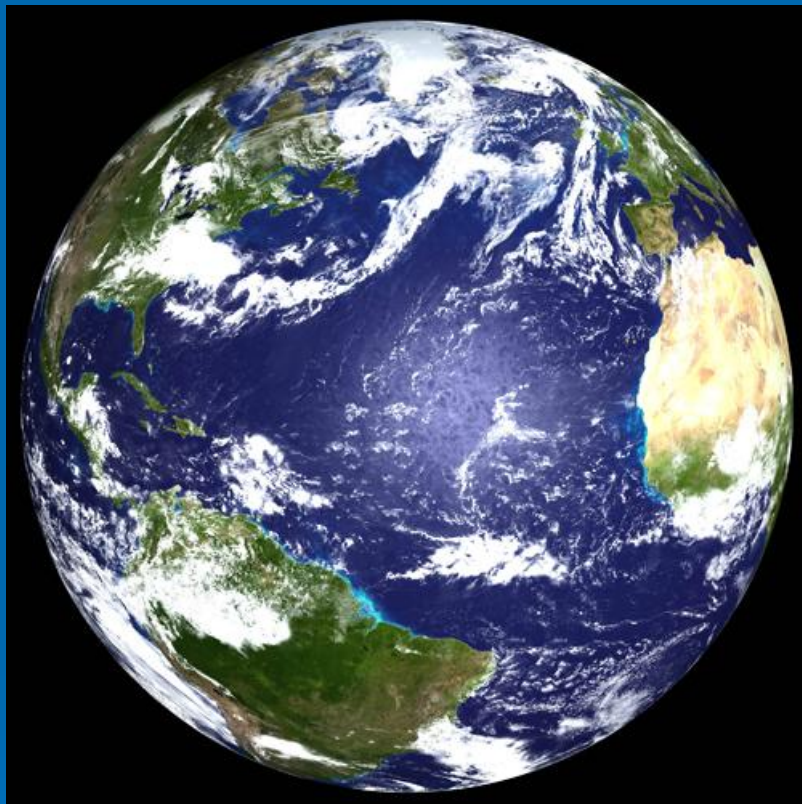


Postanak hidrosfere — odakle tekuća voda na Zemlji

D. Orešić;
Hidrogeografija

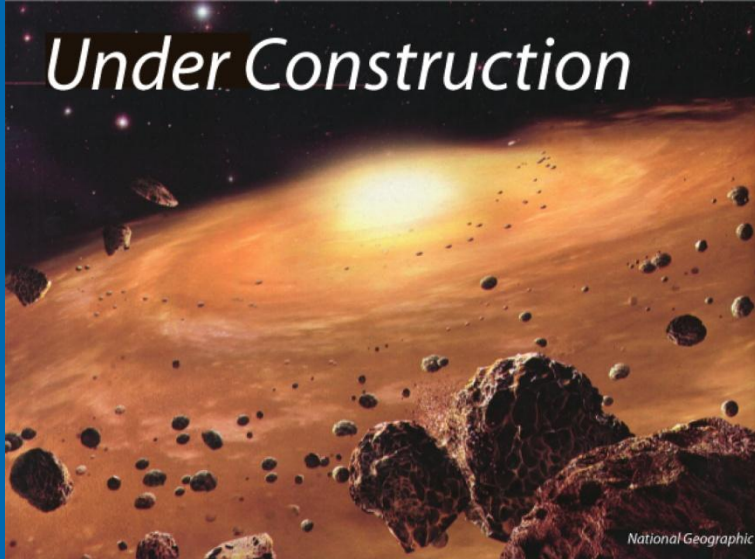


Uvod



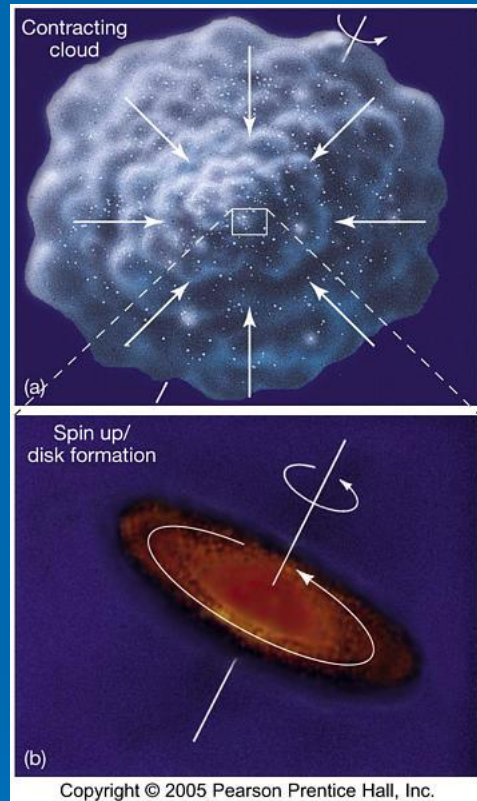
- Najvažnije razlikovno obilježje našega planeta u Sunčevu sustavu jest tekuća voda na površini - HIDROSFERA
- Uglavnom je čini more
- Dio klimatskog termodinamičkoga stroja
- Kolijevka života – medij, stabilan okoliš tijekom milijuna godina
- Pluća planeta, udišu CO_2 izdišu O_2 (neke procjene od oko 50% do oko 70%)
- Čimbenik naseljenosti, izvor hrane, ruda i energije, prirodna prometnica svijeta, zabavište ali i odlagalište otpada

Nebularna hipoteza



- Postanak hidrosfere povezan je s postankom atmosfere tj. same Zemlje i cijeloga Sunčeva sustava

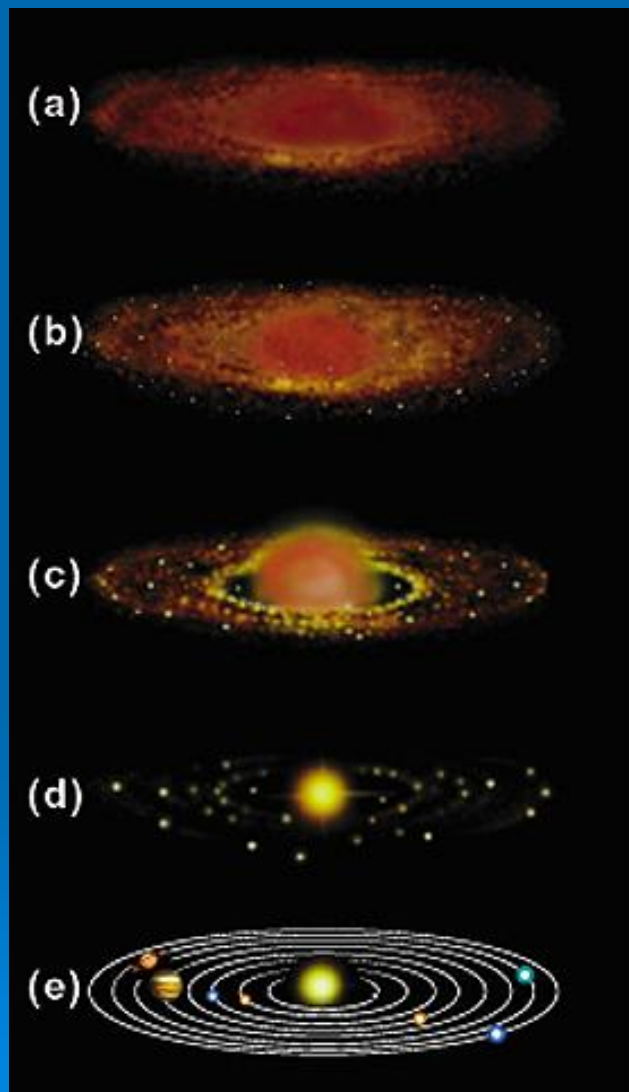
Nebularna hipoteza



- Postanak hidrosfere povezan je s postankom atmosfere tj. same Zemlje i cijeloga Sunčeva sustava
- Sunce i Sunčev sustav oblikovani u istom procesu od golemog svemirskog oblaka plinova i prašine – nebule
- Gravitacija sažima nebulu, vrtnja je oblikuje u disk

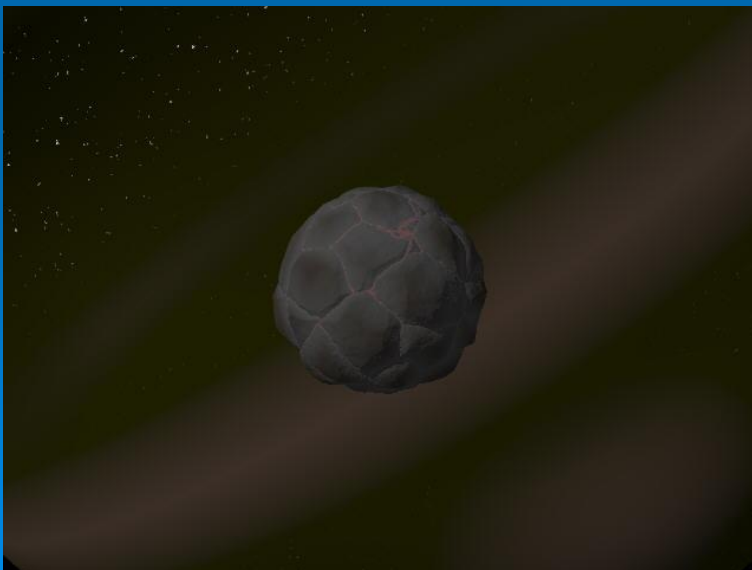


Nebularna hipoteza



- Postanak hidrosfere povezan je s postankom atmosfere tj. same Zemlje i cijeloga Sunčeva sustava
- Sunce i Sunčev sustav oblikovani u istom procesu od golemog svemirskog oblaka plinova i prašine – nebule
- Gravitacija sažima nebulu, vrtnja je oblikuje u disk
- U sredini nastaje protosunce prije oko 5 mlrd. g.
- Virovi u disku okupljaju tvar, nastaju brojni protoplaneti
- S početkom fuzije na Suncu Sunčev vjetar "otpuhuje" nebularnu tvar koja nije uhvaćena gravitacijom protoplaneta.

Protozemlja



- Znatno veća od današnje Zemlje; moguće 1000 x većeg promjera i 500 x masivnija
- Sastoji se od nebularne tvari (pretežno H i He) isprva razmjerno jednolične građe
- Porast topline protoplaneta dovodi do velikih promjena
- Toplina od sudara i Sunčeve radijacije, gubi se najveći dio mase isparavanjem plinova
- Sažimanje protoplaneta u kugle krutina, daljnji porast topline od gravitacijskog sažimanja i radioaktivnosti

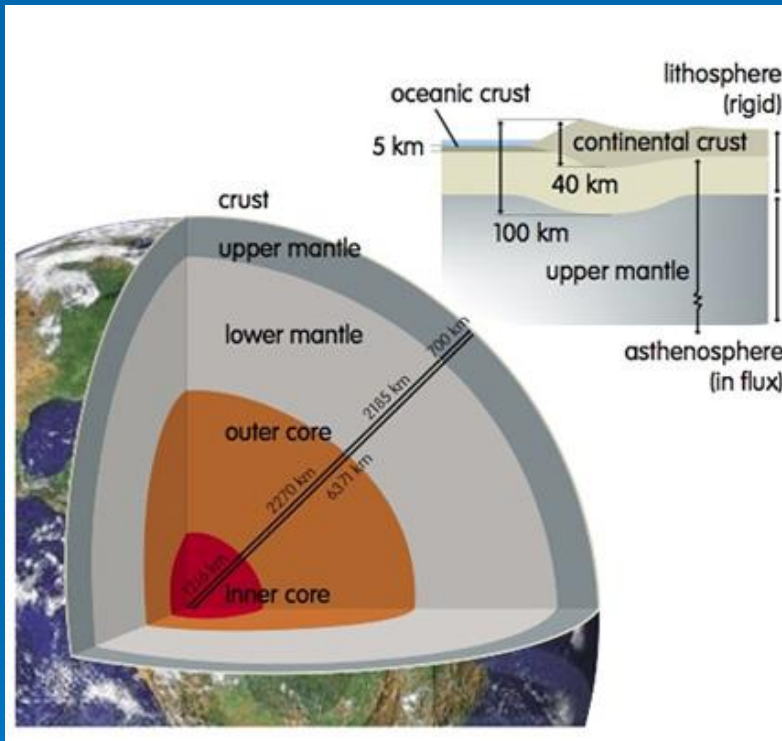
Protozemlja



- Zbog zagrijavanja (vlastitog i od S. radijacije) protoplaneti bliže Suncu koji u su i razmjerno mali ostaju bez primordijalne atmosfere
- Dakle današnja atmosfera i hidrosfera nisu nastale izravno od nebularnih plinova
- Zagrijavanje do tališta Ni i Fe pokreće stratifikaciju elemenata i spojeva po gustoći

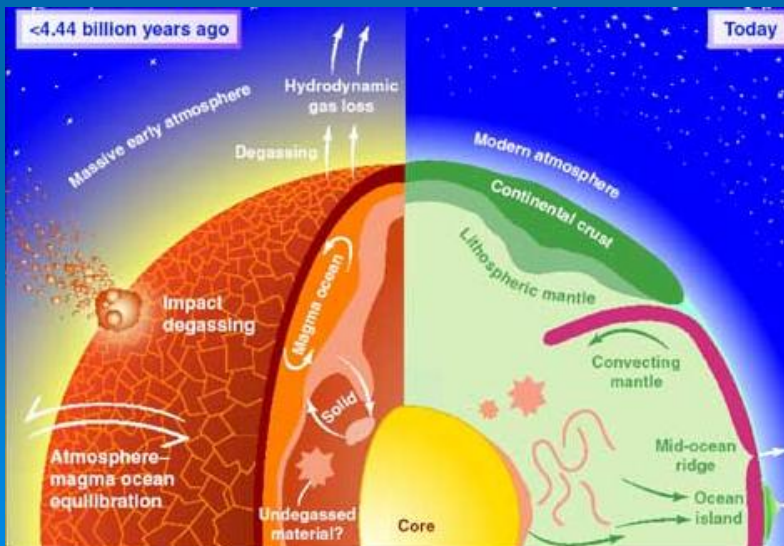
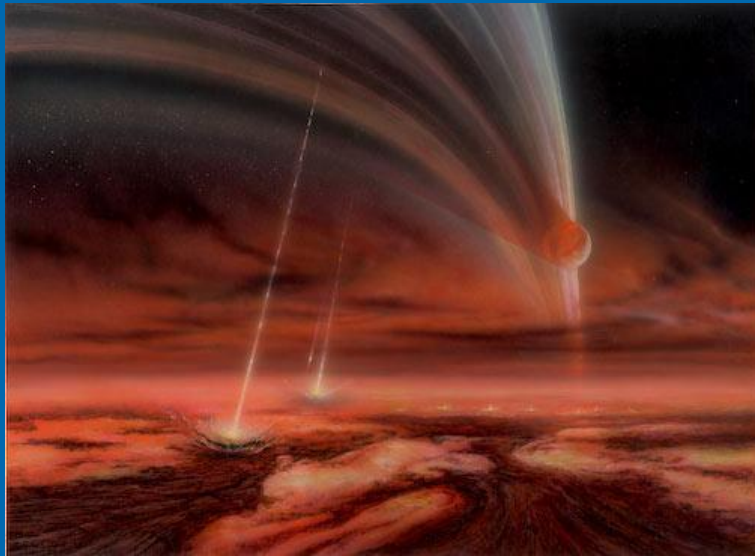


Prazemlja



- Zbog zagrijavanja (vlastitog i od S. radijacije) protoplaneti bliže Suncu koji u su i razmjerno mali ostaju bez primordijalne atmosfere
- Dakle današnja atmosfera i hidrosfera nisu nastale izravno od nebularnih plinova
- Zagrijavanje do tališta Ni i Fe pokreće stratifikaciju elemenata i spojeva po gustoći
- Zemlja zadobiva lupinastu građu (protoplanet postaje planet)
- Prije oko 4,6 mlrd. g. nastaje kora hlađenjem površine – počinje geološka prošlost Zemlje

Otkud plinoviti omotač?



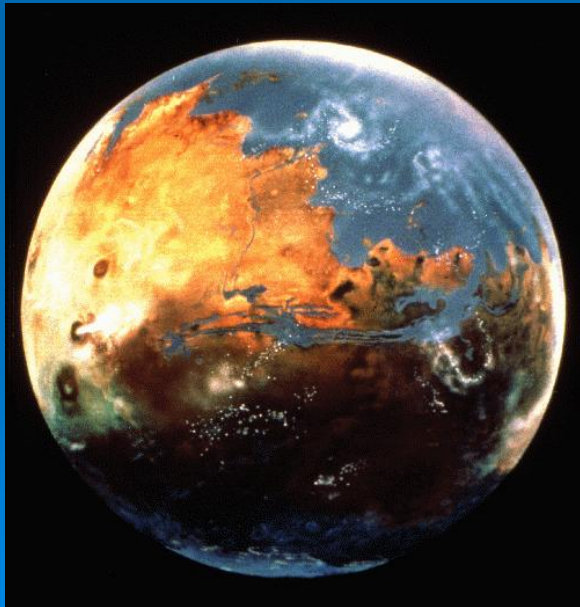
- Hlađenjem praplaneta može postojati najprije plinovit omotač a tek onda eventualno tekući omotač
- Dakle postanak mora povezan je s postankom atmosfere
- Tijekom stratifikacije različiti plinovi izbijaju na površinu rane Zemlje
- Potrebno hlađenje ispod određenoga praga u odnosu na gravitaciju planeta da bi se plinovi zadržavali (pros. brz. molekula plinova $1/4$ II. svem. brzine)
- Merkur nije mogao zadobiti gustu atmosferu, ali na Veneri, Zemlji i Marsu odnosi velične i temperature su takvi da na njima nastaje atmosfera

Sastav praatmosfere



- Plinovi se oslobađaju iz unutrašnjosti Zemlje kao i danas – vulkanizam
- Suvremena magma mas. 1% do 5% plinova, od toga (Havajski vulkani) 70% H_2O , 15% CO_2 , 5% N_2 5% SO_2 te uglavnom Cl , H_2 i Ar
- U ranoj fazi razvoja drugačiji sastav vulk. plinova i pitanje kemijskih reakcija i retencije odlučuje o sastavu praatmosfere
- Isprva redukcijski sastav (H kao H_2 i H_2O , C kao CO i S kao H_2S te primjerice CH_4 i NH_3 , kasnije nakon oksidacije Fe u kori dolaze H kao H_2O i C kao CO_2)
- Vjerojatan sastav praatmosfere u zreloj fazi: uglavnom H_2O , manje CO_2 , N_2 , malo plinova poput CH_4 , NH_3 te H_2S , SO_x , NO_x , HCl (nema O_2)

Izdvajanje hidrosfere

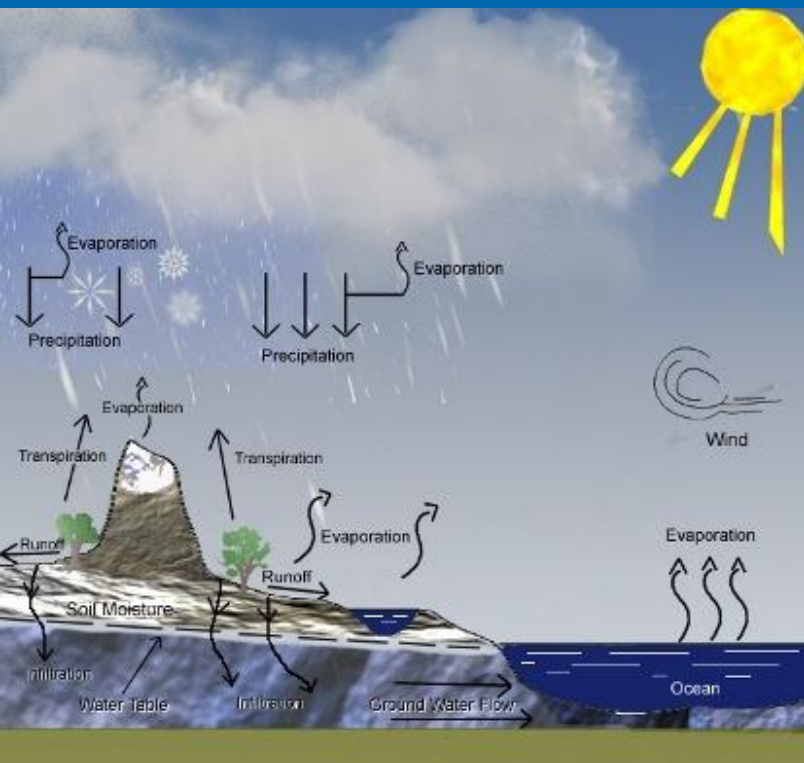


- Pitanje T praatmosfere: s jedne strane gusti oblaci odbijaju Sunčevu radijaciju (slabija od današnje), s druge strane H₂O, CO₂, CH₄ i NH₃ djeluju staklenički, postoji visoki tlak
- Kritična T za vodu jest 374°C, iznad nje voda ne dolazi u tekućem stanju bez obzira na tlak
- Da se voda zadržava na površini potrebna je T površine ispod 374°C
- Potpuni hidrološki ciklus ostvaren je na Zemlji, vjerojatno i na Marsu i Veneri
- Najstarije sedimentne stijene za čije oblikovanje je potrebna tekuća voda na površini stare su oko 3,8 do 3,9 mlrd. g.
- Dakle Zemljina hidrosfrea je nastala prije oko 4 mlrd. g.

Sličan početak, različiti danas



Važnost hidrološkog ciklusa



- Hidrološki ciklus dovodi do dramatičnih promjena – odvaja se hidrosfera od atmosfere, plinovi se otapaju u vodi, mijenja se temperaturni režim na Zemlji

Sastav:

- U atmosferi ostaje uglavnom N_2 (kemijski slabo aktivan, teško topljiv u vodi), slično današnjoj atmosferi (78% N_2 , + 21% O_2 = 99 vol %)
- U hidrosferi (moru) otapaju se ostali plinovi i soli

Hlađenje:

- U more prelazi glavina H_2O , a s njom i glavina ostalih stakleničkih plinova
- Latentna toplina u sklopu hidrološkoga ciklusa

Slanoća mora



- Slanoća (salinitet) mora je jedno od njegovih osnovnih svojstava
- Smatra se iskonskim svojstvom – voda je u sebi vrlo brzo otopila mnoge elemente i spojeve iz atmosfere i litosfere, učinivši more slanim praktički od početka
- Kad bi danas more bilo neslano trebalo bi razmjerno kratih 25 mil. g. da se zaslani do današnje razine otjeanjem vode s kopna
- Iz odnosa H_2O i Cl^- u starim marinskim stijenama za sada nije otkrivena znatnija fluktuacija toga odnosa tijekom geološke prošlosti, što znači da je slanoća ostala razmjerno stalna

Voda iz plašta



- Ako je voda za hidrosferu došla iz plašta odplinjavanjem, ima li Zemljin plašt potencijalno toliko vode?
- Stjenoviti meteoriti 0,1 - 0,5 mas. % vode; prenese li se to na Zemljin plašt:

Ukupna masa Z. plašta = $4,5 \times 10^{27}$ g

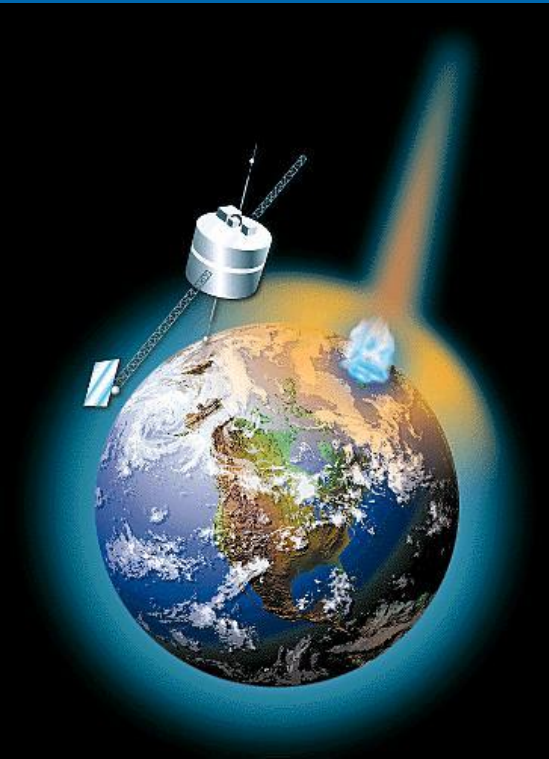
Količina vode u izvornom plaštu od $4,5 \times 10^{24}$ g do $2,25 \times 10^{25}$ g

Ukupna masa mora = $1,4 \times 10^{24}$ g

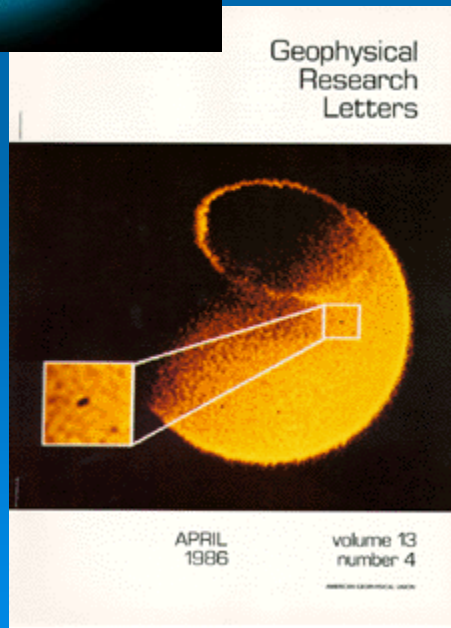


- Dakle to je 3 do 16 puta više vode nego što je potrebno (225/14)
- Može li vulkanizam iznijeti potrebnu vodu na površinu?
- Sudeći konzervativno, po današnjoj stopi (i suvremenom sastavu) x 4 mlrd. g. izbacivanja radi se o grubo 100 puta većoj zapremini od zapremine današnjega mora (reciklaža).

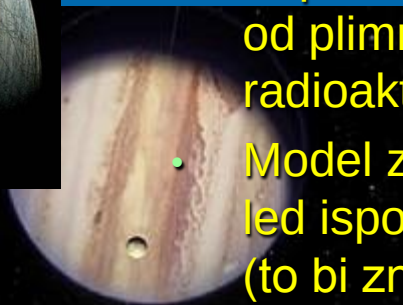
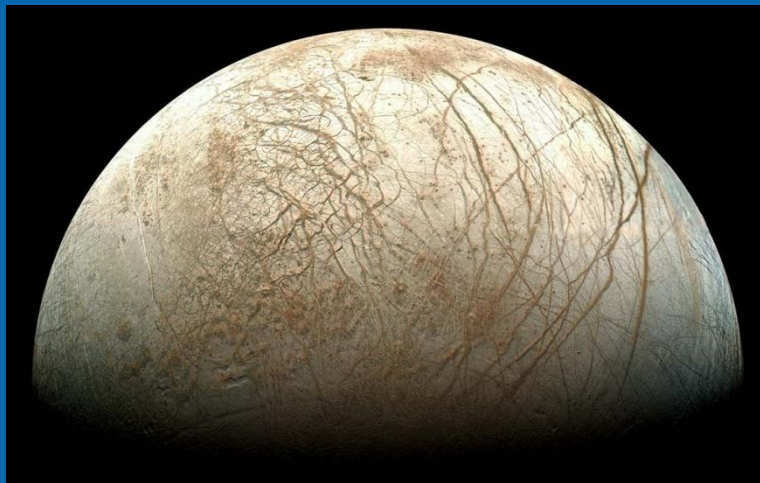
Voda iz svemira



- Satelitsko doba donijelo je nove spoznaje o izvanterestričkim objektima koji ulaze u Zemljinu atmosferu
- Teorija L. Frank oslaja se na posredna opžanja: ledeni mikrokometi prosječno 10 kg težine isparavaju u Z. atm.; u prosjeku 20 na minutu (10 milijuna godišnje)
- Godišnja visina vode od 0,0025 mm
- Konzervativno ovu stopu donosa prenoseći na 4 mlrd. g. dobija se 2 do 3 zapremine današnjega mora
- Iako konačnoga zaključka nema, no zaključujemo da je u donosu vode potrebne za nastanak hidrosfere uz terestrički prinos ulogu imao i izvanterestrički prinos



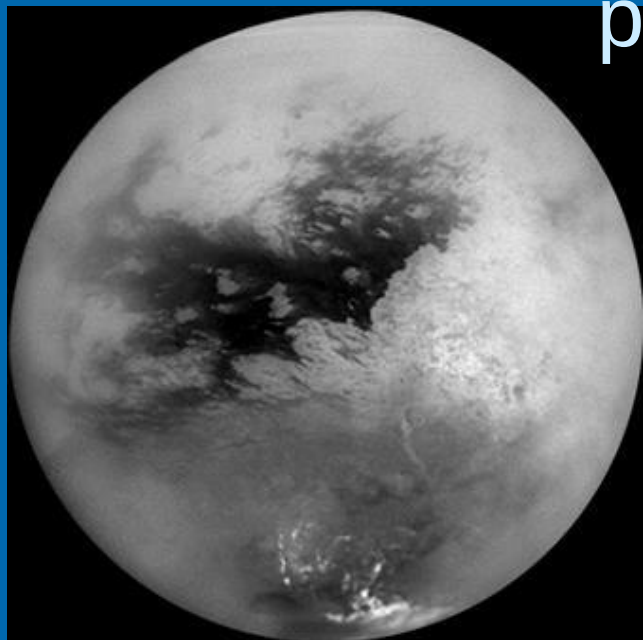
Vodeni omotači drugih svjetova?



- Podatci s NASA misija upućuju na mogućnost a dva Jupiterova mjeseca, Europa i Callisto mogu imati svoja mora ispod površinskih ledenih pokrova
- Toplina za tekuću vodu na Europi dolazi od plimnih sila, a na Callistu od radioaktivnoga raspada
- Model za Europu sugerira 15 km debeo led ispod kojeg je 100 km duboko more (to bi značilo dva puta više vode nego u Zemljinom moru)
- Model za Callisto sugerira 100-ak km debeo led ispod kojeg je 10-ak km duboko more



Mogući neobični tekući omotači primjer – Titan

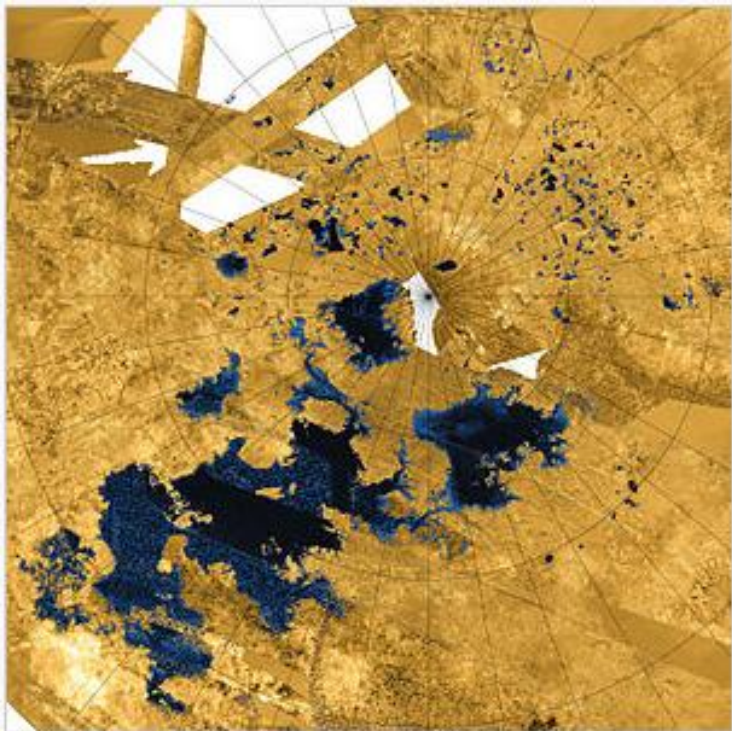


- Atmosfera 1,5 atm., 94% N₂
- Površina -178°C
- Moguće kiše metana, rijeke, jezera i mora metana i etana



Mogući neobični tekući omotači primjer – Titan

- Misija Cassini potvrdila postojanje jezera



False-color, medium-resolution *Cassini* synthetic aperture radar mosaic of Titan's north polar region, showing hydrocarbon seas, lakes and tributary networks. Blue coloring indicates low radar reflectivity areas, caused by bodies of liquid ethane, methane and dissolved nitrogen.^[1] Kraken Mare, the largest sea on Titan, is at lower left. Ligeia Mare is the large body below the pole, and Punga Mare at half its size is just left of the pole. White areas have not been imaged.

