

# **GEOKEMIJSKI SUSTAV HIDROSFERE**

**UVOD**

**Voda je najbolje od svih stvari". Ova misao PINDARA (518 - 446 p.n.e.) nije od antičkih vremena kad je izrečena do danas izgubila svoje značenje. Idemo li još dalje u povijest, do TALESA iz MILETA (oko 640 - 546 p.n.e) koji je ustvrdio da ta Zemlja, njezin zrak, njezina mora i njezine planine, njezin život, uključujući **njezine bogove, nisu ništa drugo doli samo različite forme vode. Voda je prapočelo, ona je i ljudska i božanska,** kaže Tales.**

I danas znanstvenici **Planet Zemlju nazivaju i Planet Ocean, Vodeni Planet ili jednostavno Plavi Planet.** Time se želi istaknuti da je danas tekuća voda privilegija samo Zemlje, i da tekuće vode nema nigdje drugdje u Sunčevom sustavu, ni na planetima ni na njihovim satelitima. To se naravno odnosi samo na stanje kojem smo mi svjedoci i samo na tekuću vodu, jer kometi, meteoriti, neki mjeseci vanjskih planeta, pa čak i Uran, Neptun i Pluton sadrže, kako se vjeruje, značajne količine smrznute vode.

Ona je temeljna referentna tvar većine naših spoznaja. Sva se odstupanja od ravnoteže mogu promatrati kao odstupanja od nekog, na vodi temeljenog nivoa. Svojstva kiselosti i lužnatosti, oksidativnih i redukativnih potencijala određuju se prema svojstvu neutralnosti vode. Čovjek upotrebljava srednji nivo morske razine kao temeljnu točku od koje mjeri relativnu visinu i dubinu.

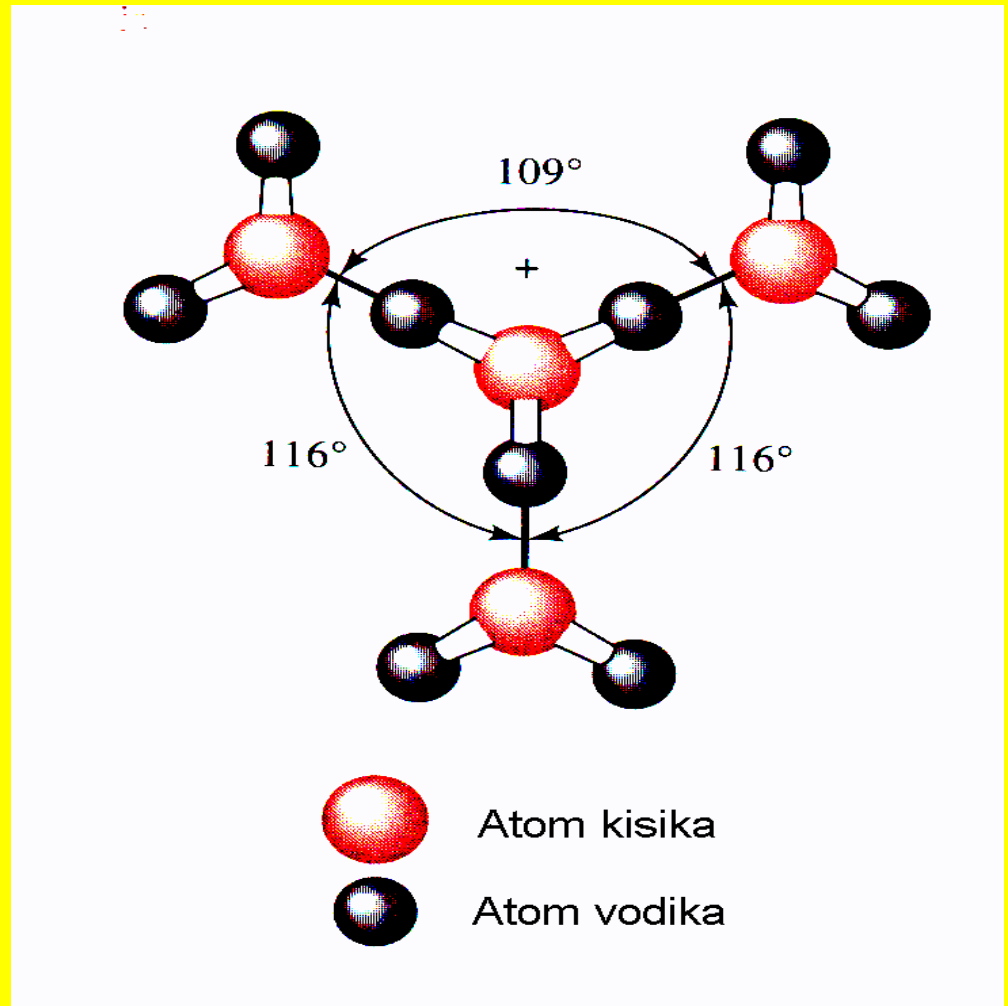
# STRUKTURA I BITNA SVOJSTVA VODE

Voda je jedna od najneobičnijih tvari u cijelom svemiru. Uobičajeno, ako neka tvar postoji u tekućem i krutom stanju, tada je tekuće stanje manje gustoće od čvrste faze te tvari. To znači da će kruta faza tonuti na dno, a tekuća faza nastojati se kretati prema gore. *Ali ne i u slučaju vode.* Led je lakši od vode i pliva na vodi. Bez tog svojstva ne bi bilo života na Zemlji, jer kad bi se voda, kažimo ponašala "normalno", led bi tonuo na dno oceana i prema tome bi sav ocean bio u krutom stanju. Srećom voda u svom ponašanju nije "normalna".

To, kao i ostala svojstva odnose se na posebnost molekularne strukture vode. Iako ne i do kraja poznata, ta se trokutasta struktura može predstaviti kao zakrivljena molekula u kojoj dvije vodikove veze zatvaraju kut od  $104^{\circ} 31'$  s kovalentno vezanim kisikom na vrhu. (U čistom ledu taj je kut  $109^{\circ} 28'$ , pa je kao rezultat toga i gustoća leda od 0,92, prema 1,00 za čistu vodu pri  $3,98^{\circ}\text{C}$ ). Kisikov je atom elektronegativniji od vodikovog atoma pa je svaka kovalentna veza polarna. Kako je cijela molekula zakrivljenog oblika, to je i cijela molekula polarna, s kisikom na negativnom i vodikom na pozitivnom kraju. Polarnost vode omogućuje stvaranje vodikovih veza između molekula vode.

# Grada molekule vode

- Iz slike 8-1 se vidi da je atom kisika okružen s četiri atoma vodika. Naravno ne možemo zamisliti da vodik dijeli četiri elektrona. Vodikova je veza na slici prikazana crtkanom linijom.



Ovakva je struktura molekule vode poznata na temelju rentgenskih istraživanja leda. Kako se poslije atoma vodika nalaze atomi kisika, to je kod leda svaki atom kisika okružen sa četiri druga atoma kisika, što sve skupa daje tetraedrijsku prostornu strukturu. Značajna je karakteristika te strukture u tome što se ti tetraedri kombiniraju poput saća, stvarajući heksagonalne kanale. Zbog tih saća led ima prema vodi smanjenu gustoću. Kad se led tali, ta je struktura nešto poremećena, ali nije potpuno razrušena. Time se naravno, povećava gustoća. Ako se sada temperatura vode povećava, to dolazi do daljnjeg rušenja tetraedarske strukture, pa gustoća vode neprestalno raste. Istodobno s tim efektom javlja se i drugi, suprotni. Porastom temperature povećava se i kinetičko gibanje molekule. Time dolazi do kidanja pojedinih vodikovih veza pa se oslobođene molekule vode udaljuju jedna od druge, zbog čega se nadalje smanjuje gustoća vode. Ali taj drugi efekt počinje prevladavati tek pri temperaturi većoj od  $3,98^{\circ}\text{C}$ . Na nižoj temperaturi značajniji je efekt rušenja tetraedarske strukture. Zbog toga voda pri temperaturi od  $3.98^{\circ}\text{C}$  ima najveću gustoću.

Karakteristična svojstva vode kao otapala posljedica su uzajamnosti i polarnog svojstva molekule i mogućnosti stvaranja vodikovih veza. Voda se naziva i *univerzalno otapalo*, jer ona je bolje otapalo od mnogih drugih, pa i organskih tekućina. Ona će otapati jednako i ionske i molekularne spojeve koji su polarni ili sadrže polarne grupe.

Pa koja su to, prije svega, fizička svojstva koja proizlaze iz takve pretpostavljene molekularne strukture.



**To su:**

**1) *negativni volumen taljenja;***

**2) *maksimum gustoće u normalnom rasponu postojanja tekuće faze (kod oko 4<sup>0</sup>C);***

**3) *brojne kristalne polimorfne modifikacije (do sada je poznato najmanje deset takvih modifikacija uključujući i one koje se javljaju pri umjerenim tlakovima);***

**4) *visoka dielektrična konstanta;***

**5) *anomalno visoke temperature taljenja, vrenja i kritične temperature za tvar tako male molekularne težine, a koja nije ni ionska ni metalna;***

**6) *porast svojstva tečenja tekućine pri porastu tlaka;***

**7) *visoke tenzije površine; i***

**8) *visokomobilni transport za ione  $H^+$  i  $OH^-$ .***

Upadljivo je da je toliko ekscentričnih svojstava sadržano u samo jednoj supstanci. Sad kada smo upoznali i strukturu vode i fizička svojstva možemo li odgovoriti: *[to to čini vodu tako jedinstvenom?* Iskreno rečeno, mi to ne znamo ili ne znamo u cijelosti. Poznato nam je ponašanje vode u rasponu od 0 do 100<sup>0</sup>C i 44 bara, pa sve do 175<sup>0</sup> C i 34 kbara. Tvrdi se da pri višim temperaturama i tlakovima voda ne postoji kao H<sub>2</sub>O nego kao hidronium hidroksid (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> OH<sup>-</sup>). Ni jedna nam jednačba ne može termodinamički opisati reakcije i svojstva čiste vode i akvatičnog sustava na molekularnom nivou. Klasični termodinamički pristup koji je važeći za idealne plinove, nažalost nije primjenjiv i za vodu. Termodinamički formalizam operira s apstraktnim konceptom koji je teško doseći kada su potrebne molekularne kinetičke i molekularno strukturne interpretacije. Pa čak ako se, za trenutak, pretpostavi da za običnu vodenu otopinu vrijede termodinamičke zakonitosti, i dalje će postojati problemi u domeni biokemijskih otopina. Pa ćemo, i uz značajne radove o strukturi molekule vode, i dalje biti svjesni točnosti primjedbe Waltera DROST-HANSENA iz 1966., istaknutog znanstvenika u tom području, koji kaže: "*Najnetipičnija tekućina na Zemlji, voda, izazivala je teoretičare dekadama, ali razumijevanje njezine strukture jošje dekadama ispred nas*".