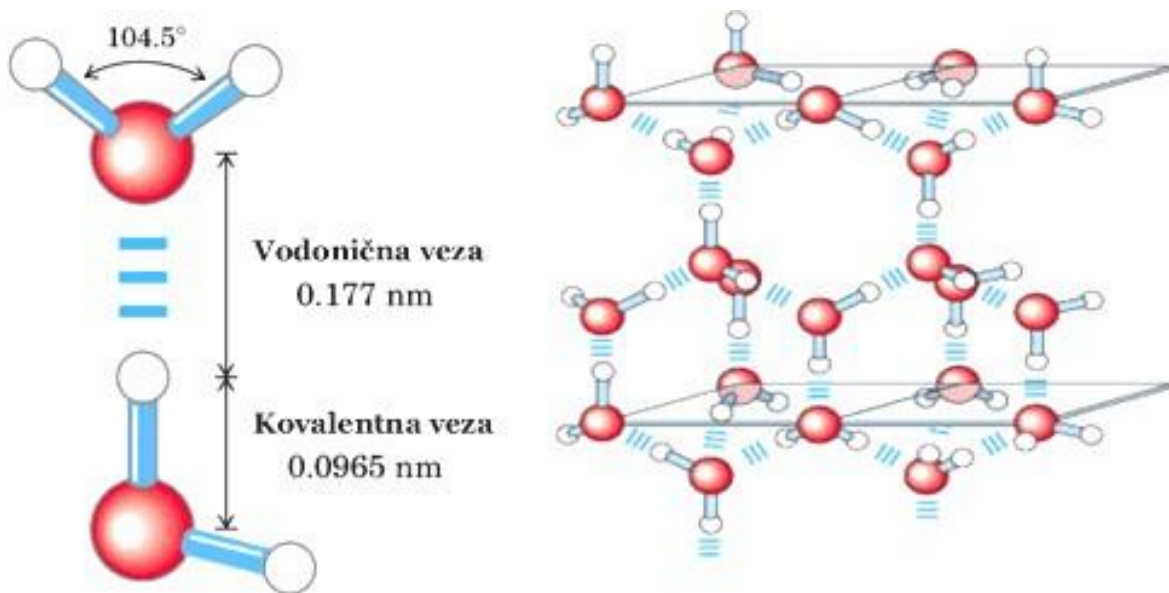


UNIVERZITET U PRIŠTINI

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA  
KOSOVSKA MITROVICA

INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE  
SREDINE I ZAŠTITE NA RADU

Tehnologija pripreme vode u industriji  
dr Nataša Elezović  
2. Hemijske osobine vode



Slika 2.1 Vodonična i kovalentna veza

Svaki par tačaka predstavlja par slobodnih (usamljenih) elektrona. Ovakva elektronska struktura dovodi do stvaranja vodonične veze kod koje je pozitivan (parcijalno) vodonikov atom iz jednog molekula privučen ka jednom od usamljenih elektronskih parova na kiseonikovom atomu drugog molekula.

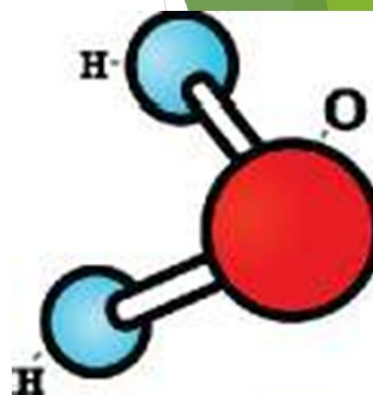
Svaki molekul vode može da obrazuje četiri vodonične veze od čega dve nastaju pri interakciji elektronskih parova atoma kiseonika sa atomima vodonika susednih molekula, a druge dve daju atomi vodonika koji interaguju sa atomima kiseonika druga dva molekula vode.

Dužina vodonične veze O-H menja se u intervalu od 0,14 do 0,20 nm ( $1\text{nm}=10^{-7}\text{cm}$ ), a energija iznosi 17-33 kJ/mol.

Pored količine vode koja je čoveku dostupna važan je i njen kvalitet. Pod kvalitetom vode podrazumeva se stanje vodenog sistema vodnih resursa, izraženo preko niza parametara koji mogu biti fizičko, hemijskih i bioloških, kako u vodi tako i u sedimentu (talogu).

## 2.2 HEMIJSKE OSOBINE VODE

Voda ima jednostavnu hemijsku strukturu - jedan molekul vode sastoji se od dva atoma vodonika i jednog atoma kiseonika ( Slika 2.8) Hemijska formula molekula vode-  $\text{H}_2\text{O}$ . Međutim, povezanost između tri atoma nije simetrična i upravo to je ono što molekul vode čini posebnim.



Slika 2.8 Struktura molekula vode

Da li sve vode u prirodi imaju isti sastav? Hemijski sastav vode u prirodi se međusobno znatno razlikuje i zavisi od mnogobrojnih činilaca kao što su na primer: poreklo vode (atmosferske, površinske, podzemne), podloga sa kojom je voda u kontaktu, živi svet, zagađenje, godišnje doba itd. Prolazeći kroz Zemljinu koru voda rastvara njene pojedine komponente pa na sastav vode u velikoj meri utiče podloga.

Pored komponenti koje u vodene sisteme dospevaju prirodnim putem (kiša, sneg, spiranje zemljišta), u njima se može naći i niz različitih jedinjenja koja predstavljaju produkte čovekovih aktivnost.

U važna hemijska svojstva prirodnih voda spadaju:

- Električna provodljivost,
- pH,
- Alkalitet,
- Tvrdoća vode,
- Rastvorene neorganske i
- Organske materije i rastvoreni gasovi.

**Kiselost ili alkalnost vode**, izražena preko njene pH vrednosti, može u velikoj meri uticati kako na sam proces njene prerade, tako i na podobnost pripremljene vode za određenu primenu. Značaju ovog parametra kvaliteta doprinosi i činjenica da je interval optimalnih pH vrednosti za opstanak živih organizama uzan i kritičan.

**Redoks potencijal**, Eh, odnosno redukciono-oksidacioni potencijal, predstavlja elektromotornu silu (izraženu u mV), u rastvoru između standardnih elektroda čija je vrednost funkcija odnosa koncentracija supstanci u redukovanom obliku (reduktanti) i u oksidisanom obliku (oksidanti).

Ovaj parametar odražava elektronsku aktivnost vodene sredine na isti način kao što pH odražava aktivnost vodoničnih jona u njoj. Niska vrednost redoks potencijala karakteristična je za sisteme u kojima koncentracija reduktanata značajno nadmašuje koncentraciju oksidanata. Sa napredovanjem procesa oksidacije sadržaj reduktanata se smanjuje, a sadržaj oksidanata povećava, što dovodi do porasta Eh, odnosno potencijala potrebnog da se elektroni sa oksidanta prenesu na reduktanta.

Redoks potencijal datog vodnog resursa definisan je sa jednom ili više redoks reakcija. Ovaj ambijentalni rezultatni potencijal, sa druge strane, utiče na pojavu drugih redoks reakcija. Stabilnost sistema zavisi od brzina kojima se relevantne redoks ravnoteže uspostavljaju i od toga u kolikoj meri na njih utiču druge vrste reakcija, kao što su kiselo-bazne, kompleksne, biohemijske i druge. U slučaju da su ovi uticaji značajni, moraju se razmatrati kompozitni ravnotežni odnosi.

**Tvrdoća** predstavlja kompozitnu meru sadržaja polivalentnih katjona u vodi. Predstavlja važan parametar za industriju gde služi kao indikator potencijalne neželjene precipitacije karbonata u kulama za hlađenje ili u kotlovima, bojenih materija u tekstilnoj industriji i emulgatora u foto industriji. U svom originalnom značenju, ukupna tvrdoća predstavlja ukupni sadržaj kalcijumovih i magnezijumovih jona koji su rastvoreni u jednom litru vode, bez obzira sa kojim anjonskim vrstama se oni nalaze u ravnoteži. Postoje različiti stepeni tvrdoće.

Pod alkalitetom vode podrazumeva se njena sposobnost da neutrališe jaku mineralnu kiselinu i uslovljen je prisustvom soli slabih kiselina, pre svega ugljene kiseline, u njoj. Osnovni oblik alkaliteta predstavljaju bikarbonatni joni – bikarbonatni alkalitet (BA), ali u nekim slučajevima, kao, na primer, pri intenzivnoj fotosintetskoj aktivnosti koja može rezultirati porastom pH vrednosti vode i do 10, značajniji doprinos vrednosti alkaliteta mogu dati i karbonatni i hidroksilni joni – hidroksilni alkalitet (HA) i karbonatni alkalitet (KA). Doprinos alkalitetu soli drugih slabih kiselina, kao što su borati, silikati ili fosfati, po pravilu je zanemarljivomali.

Ukupni ili m-alkalitet (mA) predstavlja potrošnju standardnog rastvora jake mineralne kiseline (obično HCl ili H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pri titraciji vode uz indikator metiloranž (završna tačka pri pH=4,5). Alkalitet uz fenolftalein ili p-alkalitet (pA) odnosi se na potrošnju ovog rastvora, ali uz indikator fenolftalein (završna tačka pri pH=8,3).

**Ukupni organski ugljenik** (UOU, engl. TOC „Total Organic Carbon”) predstavlja objektivniju i tačniju meru ukupnog sadržaja organskih materija u vodi nego bilo koji drugi analogni parametar kvaliteta. Određuje se instrumentalno i to tako što se obavi potpuna katalitička oksidacija do  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ , što se nastala vodena para odvoji kondenzacijom i što se pomoću infracrvenog analizatora odredi sadržaj  $\text{CO}_2$  u inernom nosećem gasu.

Za razliku od svih ostalih sličnih parametara koji ukupni sadržaj organskih materija vodi izražavaju preko ekvivalentne količine kiseonika koja je potrebna za njihovu oksidaciju, vrednost ukupnog organskog ugljenika izražava se u mg C/l.

**Biohemijska potrošnja kiseonika** (BPK, engl. BOD “Biochemical Oxygen Demand”) određuje se tako što se meri količina rastvorenog molekuskog kiseonika u vodi, koja se utroši na biohemijsku oksidaciju u vodi prisutnih organskih materija, pri njihovom korišćenju za ishranu. BPK predstavlja najstariji među svim parametrima koji se koriste za izražavanje ukupnog sadržaja organskih materija u vodi. Budući, međutim, da pri njegovom utvrđivanju dolazi isključivo do biohemijske oksidacije, odnosno do mineralizacije samo onog dela organske materije koji saprofitni mikroorganizmi mogu koristiti kao hranu, ovaj parametar odnosi se samo na biorazgradljivi deo prisutnih organskih materija. Njegovo određivanje takođe je daleko dugotranije nego određivanje bilo kog drugog parametra kvaliteta vode, pa ipak je on i danas najviše korišćeni parametar za ovu svrhu.

Biohemijska oksidacija je daleko sporija od hemijske, pa je za njen potpuni završetak potreban vremenski period od preko 20 dana (potpuna ili krajnja BPK). Iskustvo je pokazalo da se za 20 dana, pod navedenim uslovima, biohemijski oksidiše 95-99% na početku prisutnih biorazgradljivih organskih materija. Takođe je utvrđeno da u toku standardnog inkubacionog perioda od 5 dana, na temperaturi od  $20^\circ\text{C}$ , biva oksidisano 60-70% ove vrste materija (petodnevna BPK). Otuda je:  $\text{BPK}_5 \approx 0,60$  do  $0,70$  krajnje BPK.

**Hemijska potrošnja kiseonika** (HPK, engl. COD "Chemical oxygen demand") predstavlja kiseonični ekvivalent sadržaja svih primesa, odnosno zagađujućih materija u vodi koje su podložne hemijskoj oksidaciji pod određenim uslovima. Konkretnije, brojčana vrednost ovog parametra izražava broj miligrama kisenika iz  $K_2Cr_2O_7$  koji se utroši za hemijsku oksidaciju svih zagađujućih materija (daleko najveći deo njih je organske prirode), prisutnih u jednom litru vode.

Vrednost HPK datog vodnog resursa po pravilu je značajno veća od njegove vrednosti BPK, i to za količinu kiseonika koji se utroši za oksidaciju:

- prisutnih biorezistentnih organskih materija, odnosno organskih supstanci koje mikroorganizmi ne mogu koristiti za ishranu i koje zato ne bivaju oksidisane u toku procesa biohemijske oksidacije,
- prisutnih redukcionih, neorganskih hemijskih vrsta, kao što su sulfidi, sulfiti, tiosulfati, nitriti, fero i mangano jedinjenja i druge (neorganska HPK), i
- prisutnih hlorida, što se inače pri standardnom postupku određivanja sprečava dodatkom  $HgSO_4$ .

Svoj doprinos ovoj razlici daje i kiseonik koji ne biva utrošen pri određivanju BPK iste vode zbog nedovoljne adaptiranosti "inokuluma", odnosno mikrobiološke kulture kojom se zasejava uzorak vode pre inkubacije. Određivanje HPK traje znatno kraće od određivanja BPK, odnosno svega 2-3 sata. Zato je veoma značajno što se za dati vodni resurs, ukoliko se raspolaže sa dovoljno velikim fondom eksperimentalnih podataka o njegovim vrednostima BPK i HPK i ukoliko se raspolaže sa dovoljnim iskustvom u interpretaciji tih podataka, može ustanoviti korelacija između ova dva parametra i tako omogućiti da se ubuduće određivanjem vrednosti HPK tog vodnog resursa dođe indirektno i do njegove vrednosti BPK.

Potrošnja kiseonika iz  $KMnO_4$  (Kalijum permanganate) takođe je, kao i UOU, BPK i HPK, parametar koji predstavlja meru sadržaja organskih materija u vodi, odnosno njegova brojčana vrednost takođe predstavlja broj miligrama kisenika, ali sada iz  $KMnO_4$ , koji se utroši za hemijsku oksidaciju organskih supstanci, prisutnih u jednom litru vode, pod određenim uslovima.

