

Univerzitet u Beogradu  
Građevinski fakultet  
Modul za hidrotehniku i vodno-ekološko inženjerstvo  
Predmet: Merenja u hidrotehnici

## Kontinualno merenje kvaliteta vode

Milan Novitović  
Miloš Tripković  
Aleksandar Milutinović  
Dragan Dumić





Do sada se kvalitet vode utvrđivao isključivo uzorkovanjem i kasnijim obrađivanjem u laboratoriji.

Sada, usled strahovitog rasta kvaliteta i brojnosti merne opreme, moguće je imati podatke o kvalitetu u stvarnom vremenu.

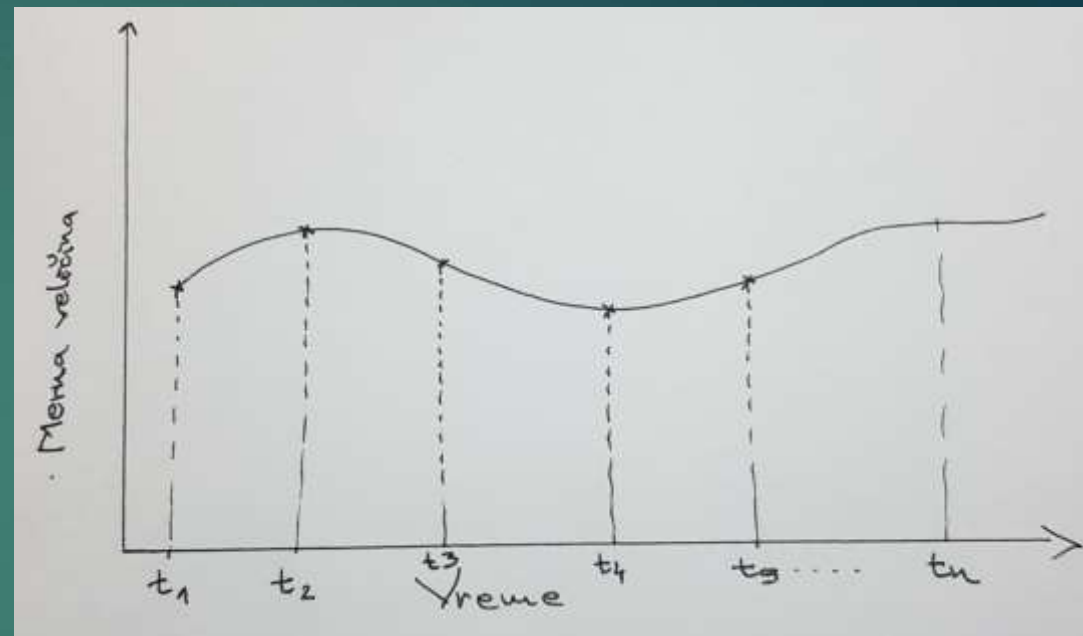
Cilj ove prezentacije je upoznavanje sa osnovnim parametrima kvaliteta vode i opremom koja omogućuje njihovo praćenje van laboratorijskih uslova.

## Kontinualno merenje vs Uzorkovanje?

Uzorkovanje predstavlja uzimanje uzoraka u pravilnim vremenskim intervalima i njihovu laboratorijsku obradu.

Kontinualno merenje zahteva daleko kraći interval između vremena pri čemu se često meri posredna veličina koja se zatim može dovesti u vezu sa traženim parametrom.

Bitno je imati u vidu da određene veličine, kao što su BPK i HPK, mogu da se utvrđuju ISKLJUČIVO laboratorijski.



## Provodljivost (Conductivity)

Sposobnost fluida da provodi električnu struju.

Zavisí od koncentracije elektrolita, njihovog tipa i TEMPERATURE.

Izražava se u Simensima. Najčešće u mikroSimens po centrimetru  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Može se dovesti u vezu sa TDS (Ukupno rastvorene čvrste materije)

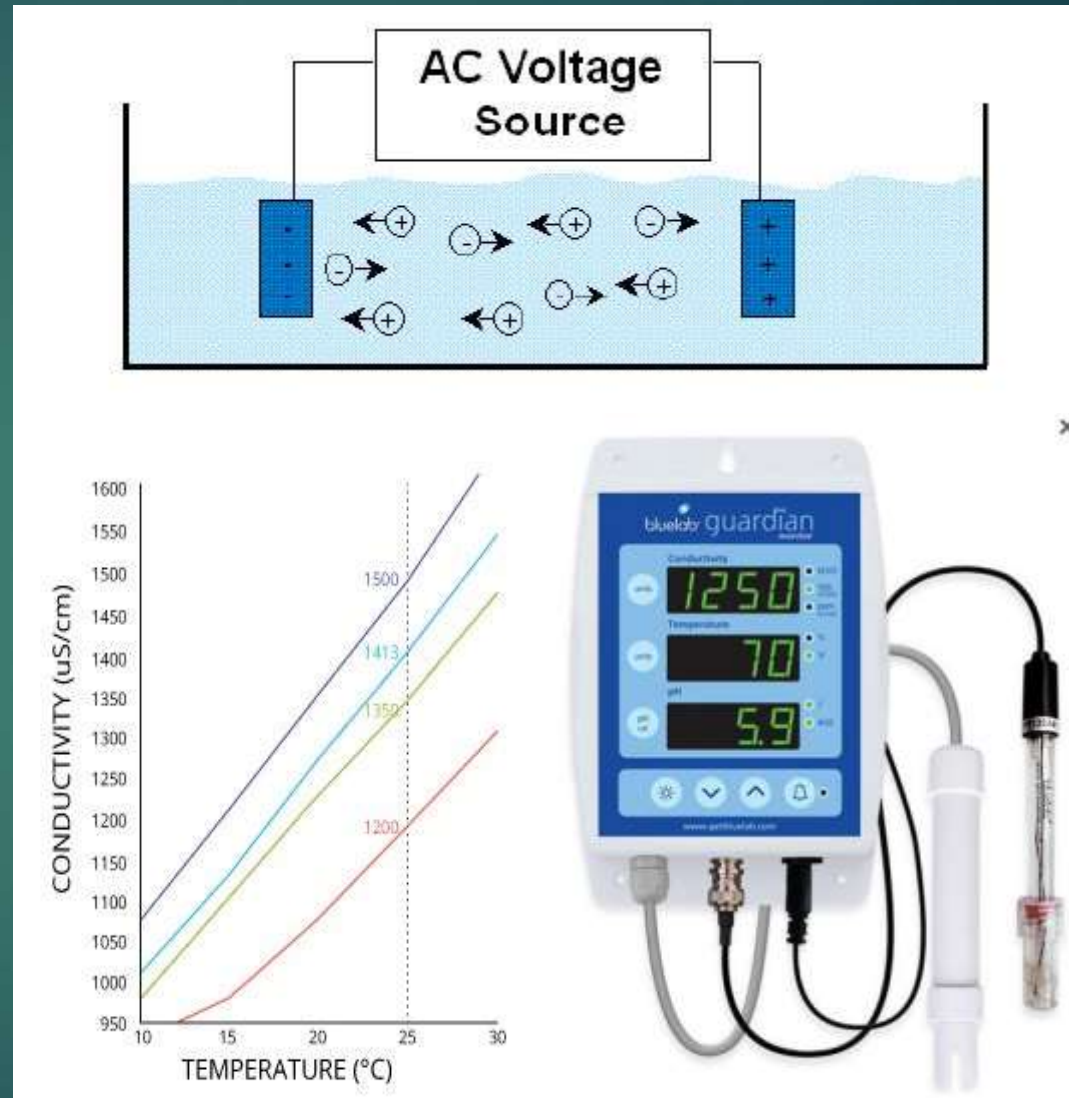
Merenje provodljivosti bitno u prečišćavanju otpadnih voda gde je potrebna vrednost oko  $5,5 \mu\text{S}/\text{cm}$

# Merenje provodljivosti

Zasnovano na principu merenja otpornosti između dve elektrode uronjene u rastvor na fiksnom rastojanju.

Pre samog merenja bitno je uraditi etaloniranje konduktometra, njegove ćelije i senzora za merenje temperature.

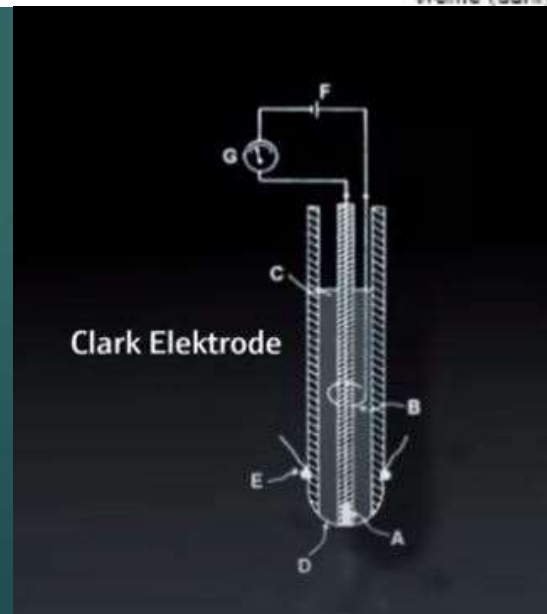
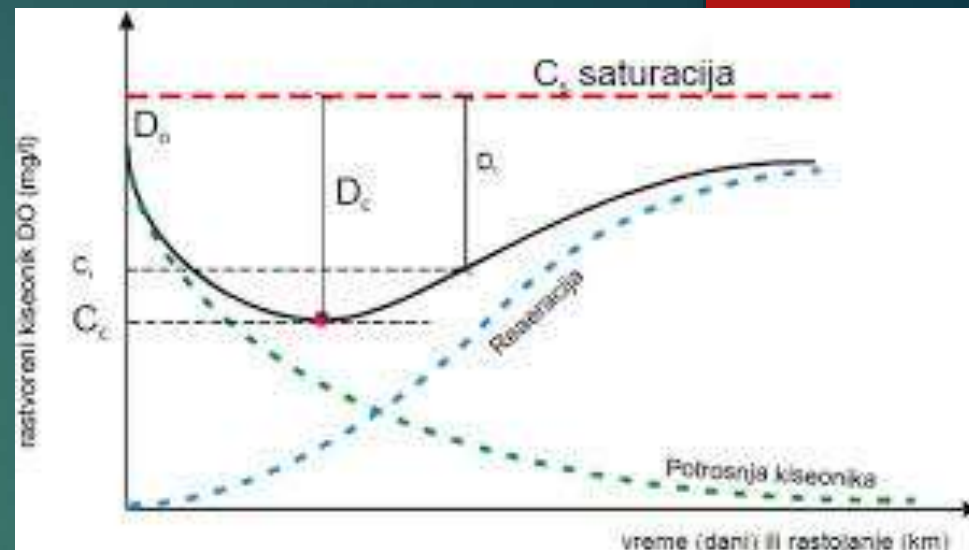
Provodljivost se uvek odnosi na temperaturu od 25°C



## Rastvoreni kiseonik(Dissolved Oxygen)

Mera količine slobodnih molekula kiseonika u vodi i najzbačajniji indikator kvaliteta vode. Živi svet u vodi ne može da opstane ispod 4-5 mg O<sub>2</sub>/L.

Radi merenja koncentracije rastvorenog kiseonika u krvi, američki biohemičar izumeo je Klark elektrodu što predstavlja osnovu za merenje rastvorenog kiseonika u bilo kojoj tečnosti.



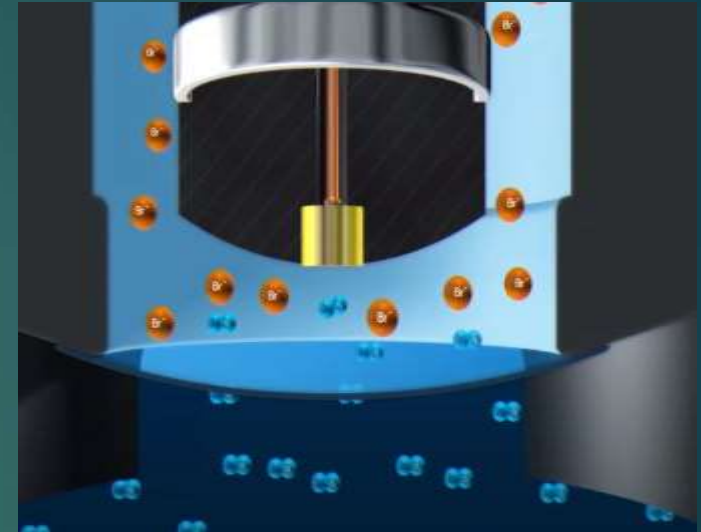


## Merenje rastvorenog kiseonika

Postoje dva vodeća načina merenja koncentracije rastvorenog kiseonika: Klark elektroda i optički metod (Luminescence Quenching Method)

Uređaji zasnovani na Klark elektrodi imaju manu da se posle određenog vremena formira sloj srebro-broma na elektrodi što dovodi do netačnih očitavanja-potrebno je vršiti čišćenje formiranog sloja. Pritom unutar samog uređaja se nalazi tečnost koju je potrebno menjati tokom vremena (bitno pri kupovini uređaja)

Presek uređaja koji radi na principu Klark elektrode



Presek uređaja koji radi na optičkom principu (Luminescence Quenching Method)



## Merenje rastvorenog kiseonika



*Uređaj koji radi na optičkom principu marke  
Endress+Hauser*



*Optički merač rastvorenog kiseonika  
proizvođača Hanna*



## Merenje boje (Kolimetrijske metode)

Intenzitet boje se izražava u stepenima skale platina-kobalt.

Određuje se poređenjem sa bojom standardnih rastvora na SPEKTROFOTOMETRU gde je potrebno podesiti pH vrednost vode na 7,6 i talasnu dužinu svetlosti na 465 nm.

Princip rada spektrofotometra



Automatski uređaj za merenje boje i mutnoće proizvođača Endress+Hauser



## Merenje tvrdoće vode

UKUPNA TVRDOĆA (UT)	PROLAZNA TVRDOĆA (PT)	STALNA TVRDOĆA (ST)
KARBONATNA TVRDOĆA (KT)	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	
NEKARBONATNA TVRDOĆA (NT)		$\text{CaSO}_4$ , $\text{CaCl}_2$ , $\text{MgSO}_4$ , $\text{MgCl}_2$

IZNOSI				
MERA TVRDOĆE	mg $\text{CaCO}_3/\text{dm}^3$	engleski stepeni	francuski stepeni	nemački stepeni (dH)
mg $\text{CaCO}_3/\text{dm}^3$	1,00	0,07	0,10	0,056
1° engleski	14,30	1,00	1,43	0,08
1° francuski	10,00	0,70	1,00	0,56
1° nemački	17,90	1,25	1,79	1,00

Aparat za automatsko merenje tvrdoće HACH SP510 Hardness Monitor

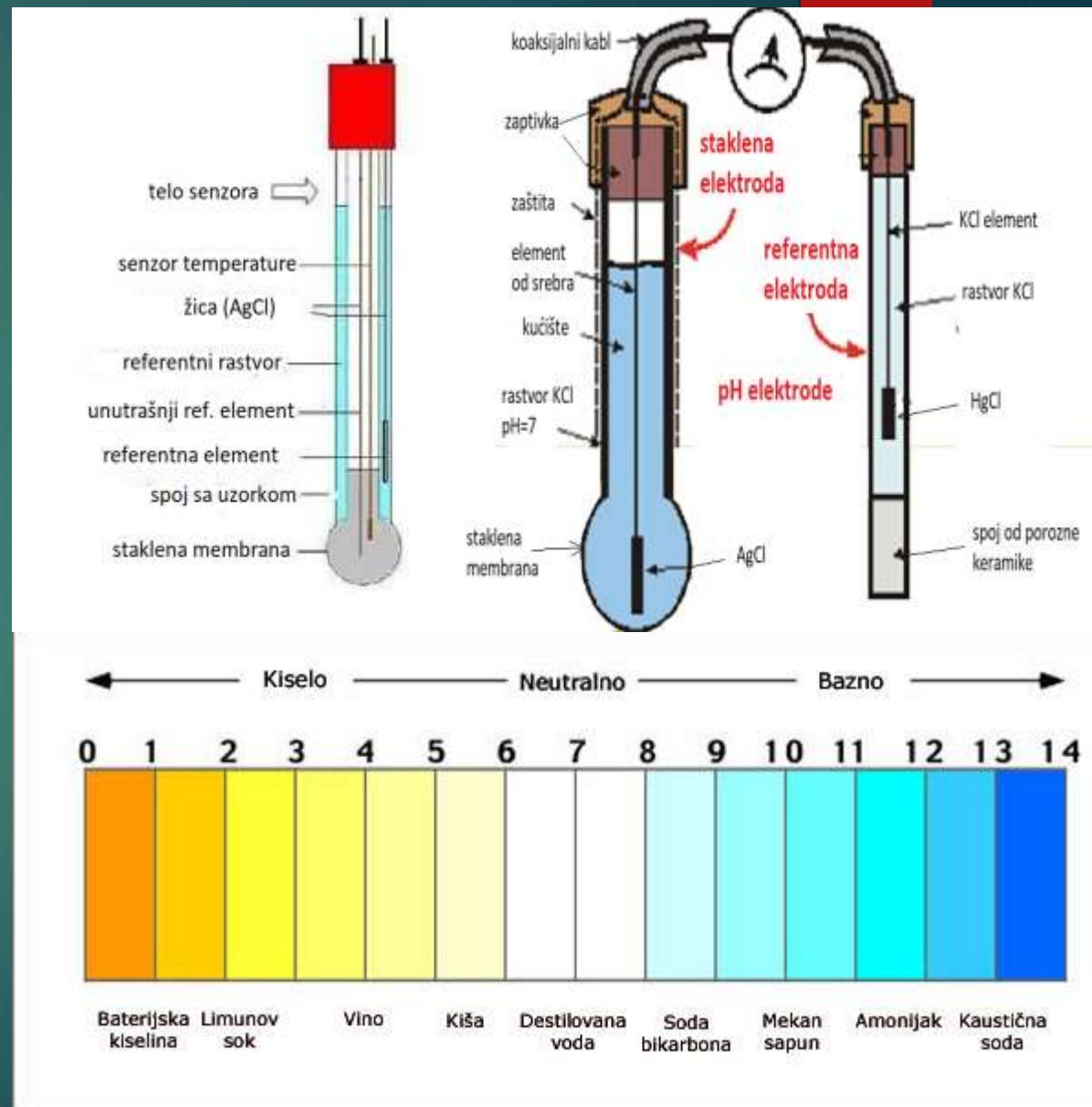


## Merenje pH vrednosti

Osnovni princip pH metra je merenje koncentracije vodonikovih jona.

Sonde za merenje pH vrednosti su sklone starenju što utiče na njihove karakteristike, (starijim sondama je potrebno više vremena da postignu ravnotežno stanje). Na njihov rad i životni vek takodje značajno utiče sredina u kojoj se nalaze.

Treba napomenuti i da su veoma osetljive na oštećenja, tako da ih je potrebno odgovarajuće zaštititi i pažljivo rukovati.

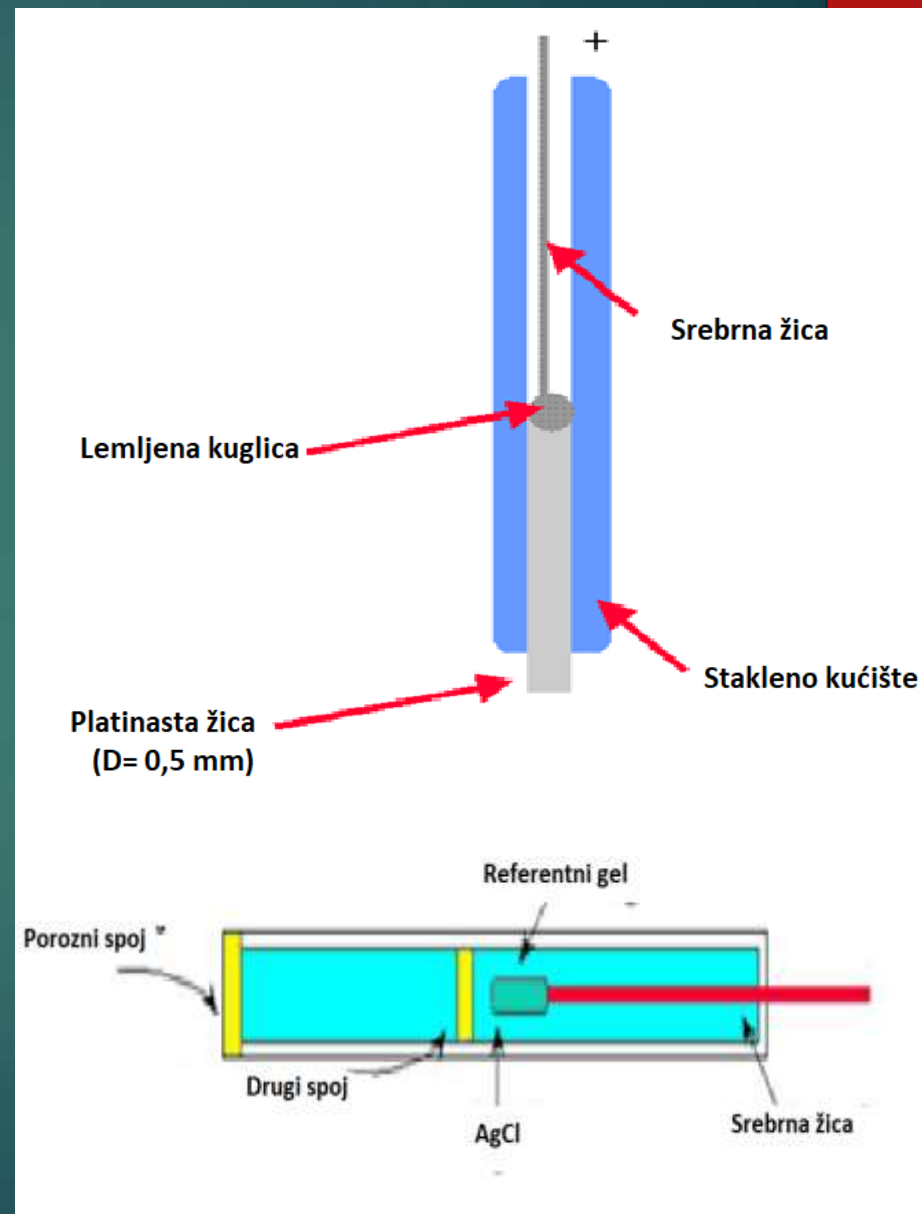


## Oksido-redukциони potencijal ORP

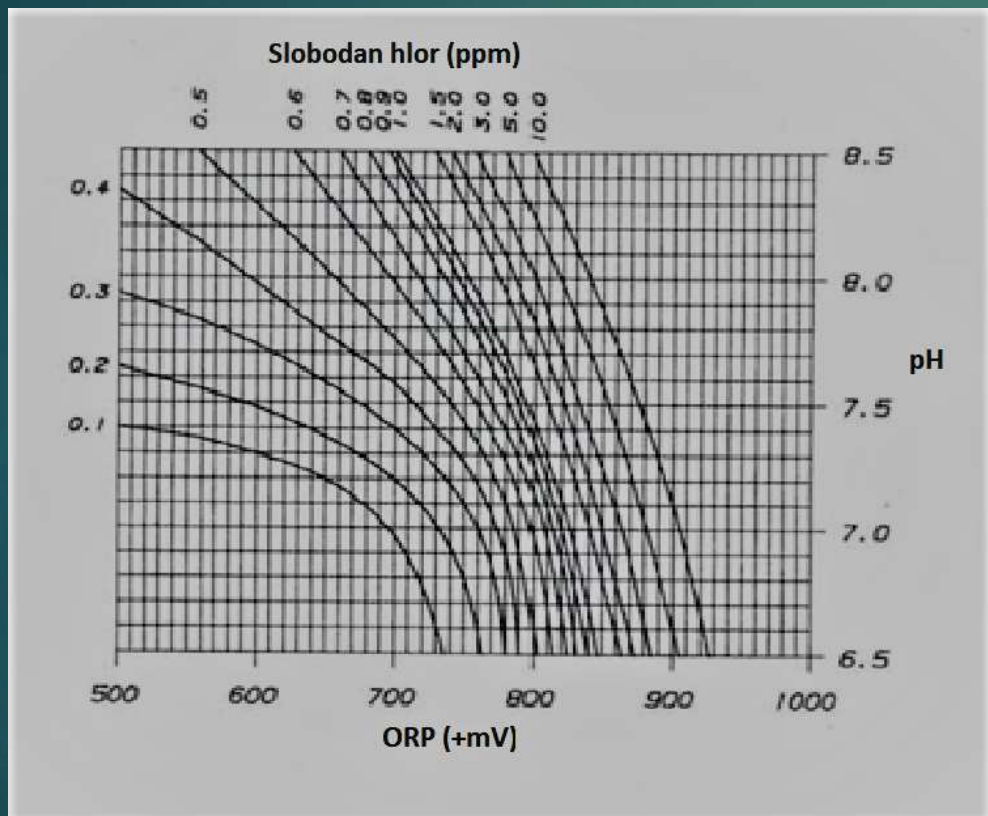
ORP meri ukupnu aktivnost rastvora u mV ili ukupnu redukcionu i oksidacionu aktivnost u odredjenom rastvoru.

Praktično gledano, ORP je koristan za merenje i doziranje oksidacionih ili redukcionih sredstava.

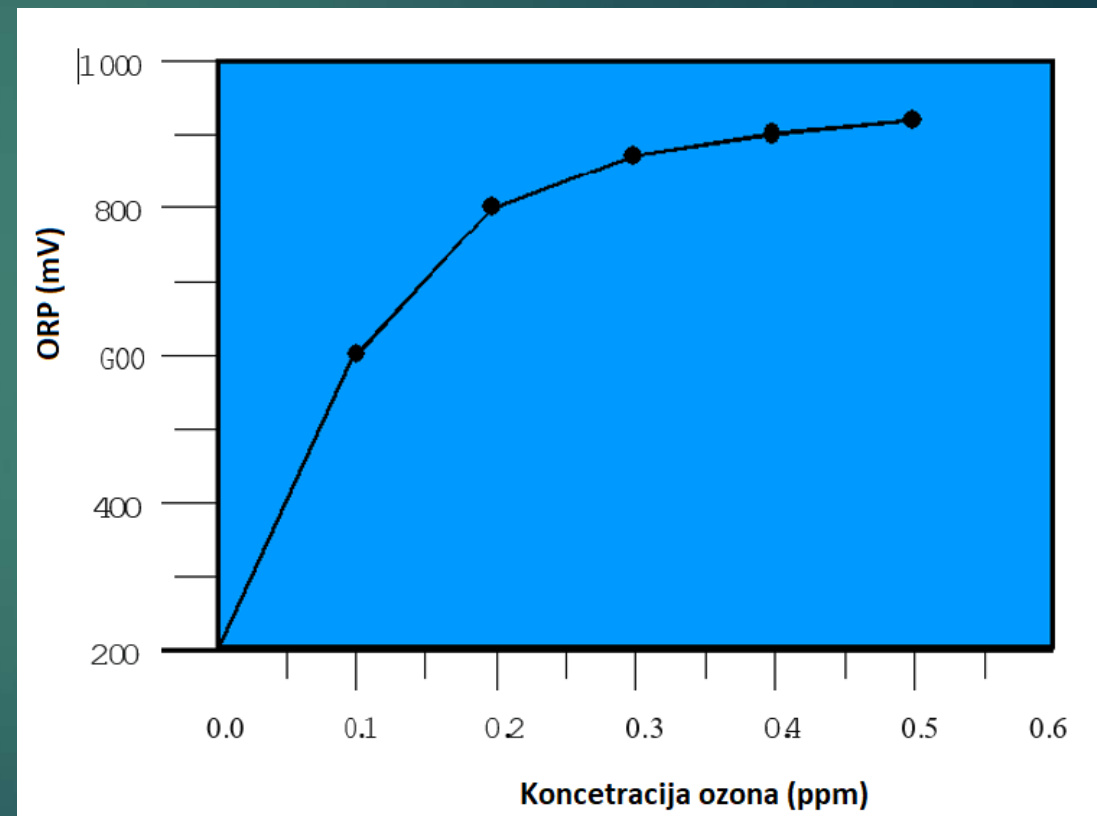
Oksidanti uključuju hlor, brom i ozon. Redukciona sredstva uključuju cijanid, natrijum bisulfit i metabisulfit.



# Oksido-redukциони potencijal ORP



Zavisnost koncentracije hlora od pH i ORP-a



Zavisnost koncentracije ozona u rastvoru i ORP-a



# Oksido-redukциони potencijal ORP



Senzor za ORP



Transmitter



## Merenje mutnoće

Mutnoću vode čine suspendovane i koloidne čestice u vodi (prečnika većeg od 100  $\mu\text{m}$ ).

Mutnoća se izražava u nefelometrijskim jedinicama mutnoće (eng. nephelometric turbidity units (NTU)) ili u sadržaju  $\text{SiO}_2$  u vodi izraženim u mg/L.

Sve ostale jedinice su u nekom odnosu sa ove dve ili su u nekim ili većini slučajeva iste.

Jedinica mere za mutnoću po ISO standardu je FNU (eng. formazine nephelometric unit).



Sonda za merenje mutnoće i transmitter

## Pametni senzori za praćenje kvaliteta vode

Pametni senzori predstavljaju nadogradnju u odnosu na obične multiparametarske.

Obični merači su namenjeni povremenoj upotrebi na terenu, mogu imati sopstvenu memoriju, ali nisu predviđeni za dugotrajni monitoring.

Pametni senzori imaju mogućnost slanja podataka preko raznih sistema i mreža (bluetooth, internet, mobilna mreža), mogu da komuniciraju medjusobno, imaju sopstveno napajanje i razne mogućnosti programiranja.



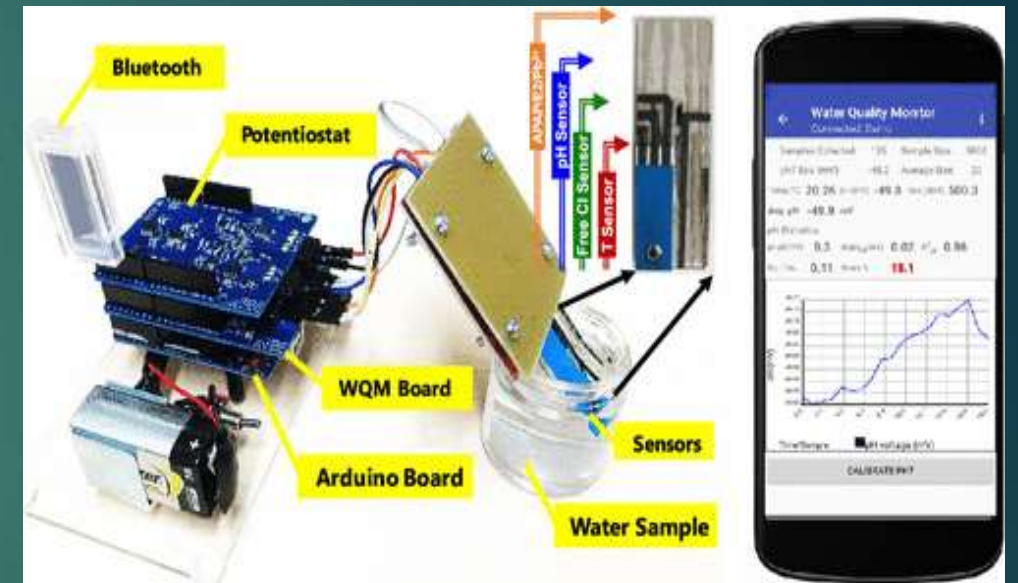
Smart Water –Libelium

## ACS senzori

Većina konvencionalnih mernih sistema može nadgledati samo jedan parametar ili im nedostaju prilagođene mogućnosti nadzora na licu mesta.

Potpuno integrisani elektrohemijski senzorni niz je odlično rešenje za ove barijere.

Ovaj sistem otvara mogućnost za širok spektar niskobudžetnih i sveprisutnih aplikacija za nadgledanje životne sredine.



ACS senzori

Hvala na pažnji!