

DO – ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ

КАКВО Е DO (Dissolved Oxygen)?

Разтворен кислород (DO) е термин, който се използва за измерване на количеството на кислорода, разтворен в единица обем на водата. В приложения за качеството на водата, като аквакултури (включително рибарници) и пречистване на отпадни води, нивото на DO трябва да се държи високо. За аквакултури ако DO нивото падне прекалено ниско, рибата ще се задуши. В пречиствателните станции за отпадни води, бактерии разграждат твърди съставки. Ако DO нивото е твърде ниско, бактериите ще умрат и разлагането ще престане; ако пък DO нивото е твърде високо, се губи енергия за аерация на водата. В промишлени приложения, включително котли, водата трябва да има ниски DO нива, за да се предотврати корозия.

Въпреки че разтворения кислород (DO) обикновено се показва като ppm или mg/L, DO сензорите не измерват действителното количество на кислород във водата, а вместо това мерят парциалното налягане на кислород във водата. Налягането на кислорода зависи от солеността и температурата.

Методи за измерване на DO

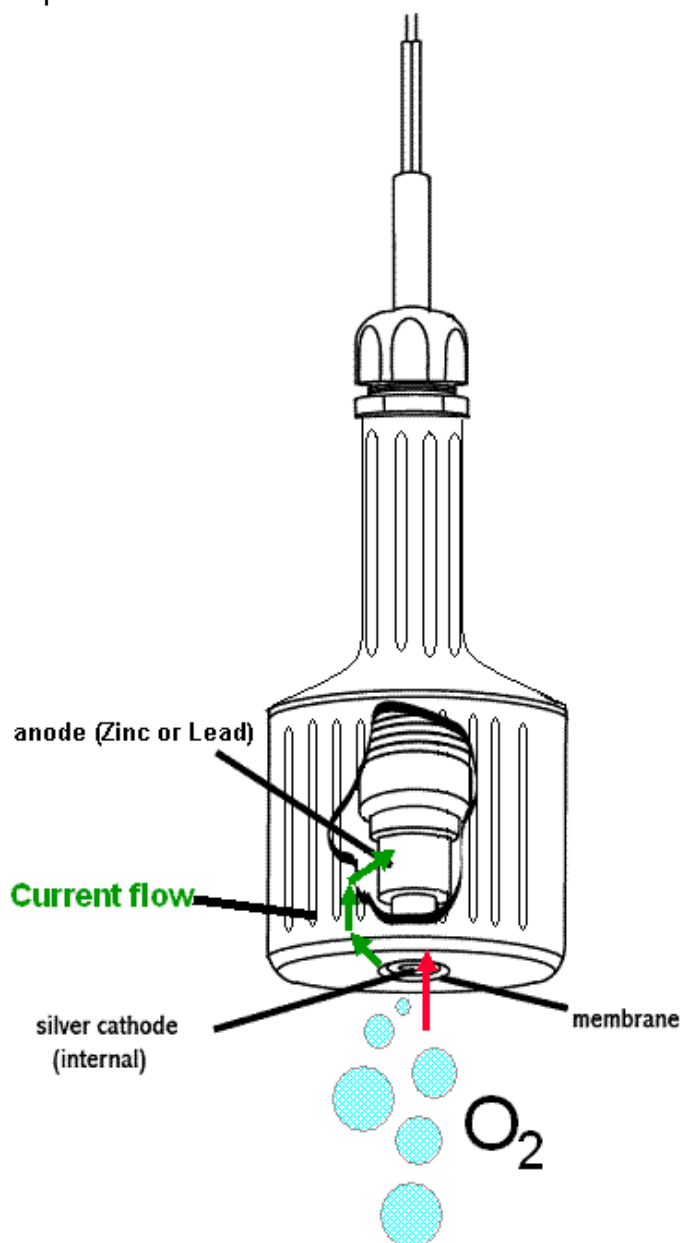
Има два основни метода за измерване DO – галваничен и полярографски. И двата използват сензори (сонди) с електродната система, където DO реагира с катода и произвежда ток. Ако материалите за електродите са подбрани така, че разликата в потенциала между катода и анода е 0.5 V или по-голяма, не е необходимо да се прилага външен потенциал и системата се нарича галванична. Ако се прилага външен потенциал, системата се нарича полярографска.

- Галваничните сонди са по-стабилни и по-точни при ниски нива на разтворен кислород, от полярографските.
- Галваничните сонди могат да работят няколко месеца без подмяна на електролит или мембрана, което води до по-ниски разходи за поддръжка.
- Полярографските сонди трябва да бъдат сменяни на всеки няколко седмици при интензивна употреба.

По долу ще разгледаме основните принципи на галваничните сензори.

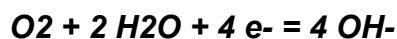
Галванични DO сензори

Галваничните DO сензори се състоят от два електрода: анод и катод, които са потопени в електролит (вътре в тялото на сензора). Кислородо-пропусклива мембрана разделя анода, катода и електролита от водата, която се измерва. Кислородът преминава през мембраната, взаимодейства с електролита и произвежда електрически ток



Електроди

Катодът е водороден електрод и е с отрицателен потенциал по отношение на анода. Без кислород, катода се поляризира с водород и намалява протичането на ток. Когато кислородът преминава през мембраната, катода се деполяризира и се поглъщат електрони. Катодът електрохимично редуцира кислорода до хидроксилни йони:



Анодът реагира с продукта от деполяризацията със съответното освобождаване на електрони.



Електродната двойка позволява протичането на ток право пропорционално на количеството кислород, навлизащ в системата

Мембрана

Тъй като целият кислород, навлизащ в сондата се поглъща химически, парциалното налягане на кислорода в електролита е равно на нула. Следователно мембраната има градиент на парциално налягане а количеството кислород, влизащ в сондата е функция на парциалното налягане на кислорода във въздуха или водата, които се измерват.

По-високо парциално налягане позволява повече кислород да навлезе през мембраната и да се произведе повече ток. Изходът от сензора трябва да е в милivolти (mV) и затова тока преминава през резистор свързан между анода и катода.

Самата мембрана се изработва от материали които за съжаление са температурно зависими и влияят на нейната пропускливост. Например увеличаването на пропускливостта при по-висока температура пропуска повече кислород в сензора, дори, когато парциалното налягане на кислорода не се променя. Това би дало фалшиво високо DO показание. За да се коригират този недостатък вместо резистор се използва термистор (резистор, който си мени изхода с промяна на температурата).

$$U = i \times R,$$

U е изхода във *V*, *i* = ток

R е съпротивлението на термистора в *ohms*

Покрай мембраната трябва да има няколко cm/сек поток на пробата. Без този поток кислорода около сондата ще се консумира от самата нея и показанието ще падне.

Температурна компенсация

Спомнете си, че се виждат мехурчета в тенджера с вода точно преди да заври. Тези мехурчета са въздуха, който е разтворен във водата при стайна температура. Когато водата заври се изхвърля разтворения кислород – т.е. по-топлата вода съдържа по-малко DO.

Тъй като парциалното налягане на разтворения кислород е функция на температурата, за да се коригира изхода от сензора в ppm или mg/L, трябва да бъде известна и температурата на водата.

Използва се отделен температурен сензор или такъв вграден в сондата. Той е независим от термистора, който компенсира само мембраната!

Налягане

При увеличаване на налягането на въздуха над водата, ще се разтваря повече кислород.

- **Закон на Хенри:**

Разтворимостта на газ в течност е пряво пропорционална на налягането на този газ над течността. Това често се представя като:

$$p = k C, \quad (C = \text{концентрация на DO})$$

- **Закон на Далтон за парциалните налягания.**

Ако различни газове се смесват в затворено пространство при постоянен обем и при определена температура, всеки газ оказва същото налягане както ако само той заема пространството. Налягането на сместа като цяло е сбора от индивидуалното или парциалното налягане на газовете, съставлящи сместа. Парциалното налягане на всеки газ е пропорционално на броя на молекулите на този газ в сместа.

На морското равнище въздухът съдържа 20,948% кислород и други газове. При барбутиране на въздух през вода, максималното количество кислород, което ще се разтвори е до 20% в сравнение с барбутиране на чист кислород през вода, при същото налягане.

Други разтворени вещества

Количеството кислород, което даден обем вода може да побере е и функция на количеството разтворени соли или други газове във водата.

Кислородът е по-малко разтворим от повечето соли, а с повишаване на температурата солите се разтварят по добре и остава по малко място за него

Връзката между температура, соленост и разтворен кислород се апроксимира със следното експоненциално уравнение:

$$\ln(C) = -139.34 + (1.5757 \times 10^5/T) - (6.6432 \times 10^7/T^2) + (1.2438 \times 10^{10}/T^3) - (8.6219 \times 10^{11}/T^4) - S [1.7674 \times 10^{-2} - (10.754/T) + (2.1407 \times 10^3/T^2)]$$

Където:

T = температура в градуси по Келвин

S = соленост в части на хиляда (parts per thousand (ppt))

C = концентрация в mg/L

Таблицата по-долу показва съотношението на разтворен кислород към температурата и солеността от което следва и необходимостта от извършване корекция по соленост.

Насищане с кислород (ppm) в зависимост от температура (°C) и соленост (ppt)

Температура (°C)	Соленост (ppt)					
	0ppt	9ppt	18.1ppt	27.1ppt	36.1ppt	45.2ppt
0	14.62	13.73	12.89	12.10	11.36	10.66
10	11.29	10.66	10.06	9.49	8.96	8.45
20	9.09	8.62	8.17	7.75	7.35	6.96
25	8.26	7.85	7.46	7.08	6.72	6.39
30	7.56	7.19	6.85	6.51	6.20	5.90
40	6.41	6.12	5.84	5.58	5.32	5.08

Разтворимост на вещества като функция на температурата (mg/l)

Разтворимо вещество	Температура (°C)					
	0	20	40	60	80	100
O ₂	69	43	31	14	0	
CO ₂	3350	1690	970	580		
NaCl	357,000	360,000	366,000	373,000	384,000	398,000
KCl	276,000	340,000	400,000	455,000	511,000	567,00

При повишаване на температурата обикновено се увеличава разтворимостта на твърди и течни вещества а намалява разтворимостта на газовете.

Хлорът и сероводорода (H₂S) водят до грешни показания на DO сондата.

pH-то на разтвора не влияе на работата на мембраната.

Единици за измерване

Концентрация на разтворения кислород се измерва в:

- **% единици насищане** – "% насищане" е просто съотношението на **измерените mg/L**, разделен на mg/L при **наситен флуид**.

Нивата на насищане зависят от температурата, солеността и налягането. Тъй като % насищане е съотношение, то може да се направи калибриране с 100% наситен флуид при същите условия при които и ще измерваме.

- **ppm или mg/L** – милионни части или милиграма на литър

DO сондите обикновено се калибрират като референтен източник на кислород в въздуха.

Разтвореният кислород във въздуха или вода като функция от температурата се определя от:

Разтворимост (ml/L) x Плътност (mg/ml) x % във въздух = наситен DO в mg/L (ppm)

Разтворимост (mg/L) x % във въздух = наситен DO в mg/L (ppm)

За контакти:

София, 1505
ул. "Царичина" 1
Тел. 02 870 21 56, 0888 45 99 53
Факс: 02 973 37 27
e-mail: office@stinnovators.com
www.stinnovators.com

