

Senzor vodivosti (kód: CON-BTA)



Senzor vodivosti sa dá použiť na meranie vodivosti roztoku, alebo na skúmanie celkovej koncentrácie iónov vo vodnom roztoku v laboratóriu alebo v teréne. Meranie vodivosti je jedným z najbežnejších environmentálnych testov vodných vzoriek. Aj keď nedáva informácie o konkrétnych iónoch, ktoré sa nachádzajú vo vzorke, umožňuje rýchlo stanoviť celkovú koncentráciu iónov. Senzor sa dá použiť pri rozličných testoch alebo experimentoch s cieľom určenia zmeny, alebo celkovej úrovne obsahu iónov, alebo slanosti vzoriek:

- Umožňuje študentom kvalitatívne vidieť rozdiel medzi iónovou a molekulárnou podstatou elektrolytov vo vodných roztokoch. Môže ísť o rozdiely v sile slabých kyselín a zásad alebo o počet iónov, ktoré sa disociujú v určitej jednotke látky.
- Senzor sa dá použiť na potvrdenie priameho vzťahu medzi vodivosťou a koncentráciou iónov vo vodnom roztoku. Je možné takto stanoviť koncentráciu neznámych vzoriek.
- Je možné meranie zmien vodivosti vyplývajúce z fotosyntézy vodných rastlín, ako dôsledok zníženia koncentrácie bikarbonátových iónov oxidu uhličitého.
- Senzor sa dá použiť na presné meranie celkového objemu rozpustených tuhých látok (TDS) v teréne, v rieke alebo v jazere.
- Umožňuje monitorovať rýchlosť chemickej reakcie, pri ktorej sa s časom mení množstvo rozpustených iónov a vodivosť ako dôsledok ich spotreby alebo vytvárania v procese reakcie.
- Umožňuje monitorovať vodivosť pri titrácii a určiť bod kedy dôjde k zreagovaniu stechiometrických množstiev látok.
- Senzor môžete použiť na meranie rýchlosti difúzie iónov cez membránu.
- Umožňuje monitorovať zmeny vodivosti alebo celkový objem rozpustených tuhých látok v akváriu, kde sú vodné rastliny a živočíchy, ako dôsledok fotosyntézy a dýchania.

Zber dát so senzorom vodivosti

Senzor sa dá použiť s nasledujúcimi interfejsmi:

- Vernier LabQuest® 2 alebo originálny LabQuest® ako samostatné zariadenie, alebo s počítačom
- Vernier LabQuest® mini s počítačom
- Vernier Go!@Link
- Vernier SensorDAQ®
- Vernier EasyLink s TI-Nspire™ alebo s TI-Nspire CAS
- TI-Nspire™ Lab Cradle

Postup zapojenia senzora

1. Pripojte senzor k interfejsu.
2. Spustite softvér zberu dát!
3. Softvér identifikuje senzor vodivosti a natiahne štandardné nastavenie pre zber dát. Môžete začať zber dát.

¹Poznámka: Pri použití Logger Pro 2 s ULI alebo s SBI, nedôjde k automatickej identifikácii senzora. V priečinku Probes & Sensors preto otvorte nejaký experimentálny súbor, kde sa používa senzor vodivosti.

Softvér zberu dát

Senzor je možné použiť spolu s interfejsmi a s nasledujúcim softvérom zberu dát:

- **Logger Pro 3** spolu s interfejsmi LabQuest 2, LabQuest, LabQuest mini, LabPro alebo Go!Link.
- **Logger Lite** spolu s interfejsmi LabQuest 2, LabQuest, LabQuest mini, LabPro alebo Go!Link.
- **LabQuest App** - tento program sa používa, keď pracuje LabQuest 2 alebo LabQuest ako samostatné zariadenie.
- **Easy Data App**, čo je aplikácia pre kalkulačky TI-83 Plus a TI-84 Plus a je možné ju použiť s CBL 2, LabPro a Vernier EasyLink. Odporúčame verziu 2.0 alebo novšiu, ktorá sa dá stiahnuť z web stránky Vernier www.vernier.com/easy/easydata.html a preniesť do kalkulačky. Ďalšie informácie o aplikácii a príručku na prenos programu nájdete na www.vernier.com/calc/software/index.html.
- **Program DataMate** spolu s LabPro alebo CBL 2 a s kalkulačkami TI73, TI83, TI84, TI86, TI89 alebo Voyage 2000. Inštrukcie pre prenos Data Mate do kalkulačky nájdete v návodoch k LabPro a CBL2.
- **Data Pro** s prenosnými počítačmi typu Palm.
- **LabView** - softvér National Instruments LabView je grafický programovací jazyk predávaný svojim výrobcom. Používa sa so Sensor DAQ a je možné ho použiť aj s inými Vernier interfejsmi. Ďalšie informácie sú na www.vernier.com/labview.

***Poznámka:** Tento výrobok je určený len na účely výuky. Naše výrobky nie sú skonštruované a neodporúčame ich pre priemyselné, lekárske alebo komerčné použitie, ako je napríklad záchrana života, diagnostika pacientov, ovládanie výrobných procesov alebo priemyselné testovanie akéhokoľvek druhu.*

Meranie so senzorom vodivosti

- Opláchnite koniec senzora destilovanou vodou. Kvapky vody v meracom otvore senzora a na jeho povrchu by mohli kontaminovať meranú vzorku, osušte ich oúknutím.
- Vložte koniec senzora do meranej vzorky. **Ubezpečte sa, že meracie elektródy v oválnom vybraní senzora sú úplne ponorené do vzorky a že okolo nich nie sú vzduchové bubliny.**
- Vzorku opatrne miešajte a vyčkajte, kým sa meraná hodnota v softvéri zberu dát nestabilizuje. Nemalo by to trvať dlhšie ako 5 až 10 sekúnd.

- **Poznámka:** neponárajte senzor úplne do vody, rukoväť nie je vodotesná.
- Pred ďalším meraním vždy opláchnite merací koniec senzora destilovanou vodou.
- Pri teplotách roztokov pod 15°C alebo nad 30°C je potrebný dlhší čas na vyrovnanie teplôt a stabilizáciu odčítavaných hodnôt.
- **Upozornenie: Neponárajte senzor do hustých organických roztokov, napríklad do hustých olejov, do glycerínu (glycerolu) ani do etylén glykolu. Neponárajte senzor do acetónu ani do iných organických rozpúšťadiel, ako je pentán alebo hexán.**

Odkladanie a údržba senzora

- Po skončení merania senzor opláchnite destilovanou a osušte ho papierovou utierkou. Senzor je možné odložiť v suchom stave.
- Ak je senzor veľmi znečistený, namočte ho na 15 minút so vody s prídavkom slabého čistiaceho prostriedku. Potom ho na 15 minút dajte do zriedenej kyseliny (0,1 M kyseliny chlorovodíkovej alebo 0,5 M kyseliny octovej). Nakoniec ho dobre opláchnite destilovanou vodou. **Upozornenie:** dbajte, aby nedošlo k mechanickému poškriabaniu meracích elektród v meracom otvore senzora.

Tento senzor je vybavený obvody automatickej identifikácie auto-ID. Pri použití s interfejsmi LabQuest 2, LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, Go! Link, SensorDAQ, TI-Nspire™ Lab Cradle alebo EasyLink softvér zberu dát rozpozna senzor a použije na nakonfigurovanie experimentu preddefinované parametre vhodné pre daný senzor.

Technické údaje

Meracie rozsahy:

- Nízky rozsah: 0 až 200 $\mu\text{S/cm}$ (0 až 100 mg/l TDS)
- Stredný rozsah: 0 až 2000 $\mu\text{S/cm}$ (0 až 1000 mg/l TDS)
- Vysoký rozsah: 0 až 20.000 $\mu\text{S/cm}$ (0 až 10.000 mg/l TDS)

13-bitové rozlíšenie (SenzorDAQ):

- Nízky rozsah: 0,05 $\mu\text{S/cm}$ (0,025 mg/l TDS)
- Stredný rozsah: 0,5 $\mu\text{S/cm}$ (0,25 mg/l TDS)
- Vysoký rozsah: 5 $\mu\text{S/cm}$ (2,5 mg/l TDS)

12-bitové rozlíšenie (LabQuest 2, LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, Go!Link, EasyLink, TI-Nspire™):

- Nízky rozsah: 0,1 $\mu\text{S/cm}$ (0,05 mg/l TDS)
- Stredný rozsah: 1 $\mu\text{S/cm}$ (0,5 mg/l TDS)
- Vysoký rozsah: 10 $\mu\text{S/cm}$ (5 mg/l TDS)

10-bitové rozlíšenie (CBL 2):

- Nízky rozsah: 0,4 $\mu\text{S/cm}$ (0,2 mg/l TDS)
- Stredný rozsah: 4 $\mu\text{S/cm}$ (2,0 mg/l TDS)
- Vysoký rozsah: 40 $\mu\text{S/cm}$ (20 mg/l TDS)

Presnosť pri použití továrenskej kalibrácie:	+/- 8% z maxima nízkeho rozsahu +/- 3% z maxima stredného rozsahu +/- 8% z maxima vysokého rozsahu
Presnosť pri použití používateľskej kalibrácie:	+/- 2% z maxima každého rozsahu
Čas odozvy:	98% maxima rozsahu do 5 sekúnd 100% maxima rozsahu do 15 sekúnd
Teplotná kompenzácia:	automaticky od 5 do 35°C
Prípustný teplotný rozsah použitia:	0 až 80°C
Konštanta meracej bunky:	1,0 cm ⁻¹
Popis senzora:	ponorný typ, ABS telo, paralelné grafitové elektródy
Rozmery:	vonkajší priemer 12mm, dĺžka 150mm
Továrenské kalibračné hodnoty:	priesečník nuly (všetky rozsahy): 0,0 sklon (nízky rozsah): 65,7 sklon (stredný rozsah): 960 sklon (vysoký rozsah): 9000

Ako funguje senzor vodivosti

Vernierov senzor vodivosti meria schopnosť roztoku viesť elektrický prúd medzi dvoma elektródami. V roztokoch dochádza k vedeniu prúdu prostredníctvom iónov. Zvýšená koncentrácia iónov preto vedie k vyšším hodnotám vodivosti.

Senzor vodivosti v skutočnosti meria **vodivosť (konduktanciu)**, ktorá je definovaná ako obrátená hodnota rezistancie (odporu). Odpor sa meria v ohmoch (Ω), vodivosť sa meria v siemensoch (S) (dávnejšie to bolo v jednotkách **mho** (ako obrátený tvar „ohm“)). Keďže siemens je veľmi veľká jednotka, vodné roztoky sa obvykle merajú v mikrosiemensoch (μS).

Aj keď senzor meria vodivosť, obvykle nás zaujíma merná vodivosť. Merná vodivosť C sa dá vypočítať zo vzorca:

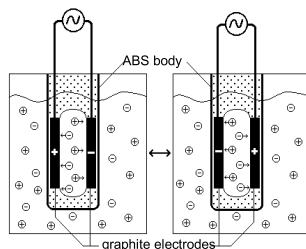
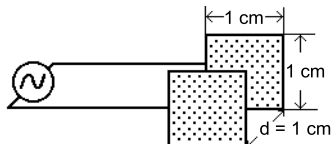
$$C = G \cdot k_c$$

Kde G je vodivosť a k_c je konštanta meracej bunky. Konštanta senzora sa vypočíta podľa vzorca:

$$k_c = d/A$$

Kde d je vzdialenosť medzi elektródami a A je plocha elektród.

V príklade na obrázku má elektróda bunkovú konštantu: $k_c = d/A = 1,0 \text{ cm} / 1,0 \text{ cm}^2 = 1,0 \text{ cm}^{-1}$.

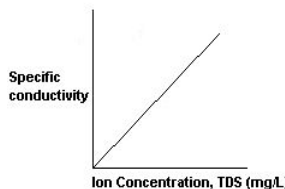


Keďže Vernierov senzor vodivosti má tiež $k_c = 1,0 \text{ cm}^{-1}$, vodivosť a merná vodivosť majú u neho rovnaké číselné hodnoty. Teda roztok s nameranou vodivosťou $1000 \text{ }\mu\text{S}$ bude mať mernú vodivosť:

$$C = G \cdot k_c = (1000 \text{ }\mu\text{S}) \times (1,0 \text{ cm}^{-1}) = 1000 \text{ }\mu\text{S/cm}$$

Na elektródy senzora vodivosti sa privádza napätie. Výsledný prúd je priamo úmerný vodivosti roztoku. Tento prúd sa prevádza na napätie, ktoré sa meria. Aby nedochádzalo k migrácií iónov medzi elektródami, používa sa striedavé napätie. Ako ukazuje obrázok, s každým cyklom striedavého napätia sa zmení polarita elektród, čím sa zmení aj smer pohybu iónov. Toto je pri senzore vodivosti veľmi dôležité, lebo sa tým bráni javom elektrolyzy a polarizácie na meracích elektródach. Meraný roztok sa tak neznečisťuje. Podstatne to tiež obmedzuje vytváranie oxidačno-redukčných usadenín na relatívne inertných grafitových elektródach.

Jednou z najbežnejších úloh pre meranie senzorom vodivosti je stanovenie celkovej koncentrácie rozpustených tuhých látok (TDS) vo vzorke vody. Meranie je možné preto, lebo medzi mernou vodivosťou a koncentráciou iónov vo vode je až do veľmi vysokých koncentrácií priama úmera.



Možný postup pri kalibrácii

Pre väčšinu školských experimentov nepotrebujete senzor vodivosti kalibrovať. Každý senzor vodivosti bol pred odoslaním experimentálne nakalibrovaný. Táto kalibrácia je jedinečná pre každé z nastavení senzora. Továrnska kalibrácia funguje najlepšie, keď používate pri meraní správne rozsahy merania, teda pri nízky rozsah pre $\sim 0 \text{ }\mu\text{S/cm}$ až $200 \text{ }\mu\text{S/cm}$, stredný rozsah pre $200 \text{ }\mu\text{S/cm}$ až $2.000 \text{ }\mu\text{S/cm}$ a vysoký rozsah pre $2.000 \text{ }\mu\text{S/cm}$ až $20.000 \text{ }\mu\text{S/cm}$.

Ak však váš experiment vyžaduje presnejšie meranie, mali by ste si senzor nakalibrovať. Senzor sa dá dvojbodovo nakalibrovať pomocou ktoréhokoľvek programu zberu dát. Kalibračnými jednotkami môže byť $\mu\text{S/cm}$, dS/cm , mg/l , ppm , alebo ppt . Aby ste pri kalibrácii dosiahli čo najlepšie výsledky, odporúčame použiť vždy dva kalibračné roztoky, ktoré ležia v rozsahu vodivostí alebo koncentrácií, ktoré budete merať. Ak budete napríklad merať vodivosť v rozsahu celkových rozpustených látok (TDS) od 600 mg/l do 1000 mg/l , mali by ste použiť kalibračné roztoky 500 mg/l pre jeden kalibračný bod a 1000 mg/l pre druhý kalibračný bod. Dbajte pritom, aby ste mali správne prepnutý rozsah merania na stredný rozsah na senzore vodivosti.

Kalibrácia:

1. **Zvoľte merací rozsah** na krabičke senzora: nízky rozsah (0 až 200 μS), stredný rozsah (0 až 2000 μS) alebo vysoký rozsah (0 až 20.000 μS).
Poznámka: Ak neviete ktorý rozsah použiť, začnite najvyšším rozsahom a orientačne zmerajte vzorku. Takto nájdete správny rozsah, ktorý potom nastavíte pred kalibráciou.
2. **Spustíte kalibračnú procedúru** na softvéri, ktorý používate.
3. **Kalibračný bod nízkej vodivosti:** dajte senzor do kalibračného roztoku nízkej vodivosti, ktorý ste si pripravili napríklad presným zriedením štandardného roztoku chloridu sodného dodaného so senzorom. Dbajte, aby bol v roztoku ponorený celý merací otvor senzora, a aby pozdĺž povrchu elektród neboli bubliny. Vyčkajte na ustálenie indikovaného napätia a do príslušného okienka kalibračnej rutiny zadajte hodnotu kalibračného roztoku v zvolených jednotkách. **Poznámka:** pri senzore vodivosti neodporúčame používať na kalibráciu nulový kalibračný bod. Radšej použite štandardný roztok s nízkou vodivosťou. Toto je zvlášť dôležité vtedy, keď budete robiť merania roztokov s nízkou vodivosťou, pri ktorých je nízky kalibračný bod veľmi kritický. orobiť kalibráciu pri nul senzora na vzduchu mimo akejkoľvek kvapaliny.
4. **Kalibračný bod vysokej vodivosti:** Umiestnite senzor do štandardného roztoku vysokej vodivosti, napríklad do roztoku NaCl dodaného so senzorom. Dbajte, aby bol v roztoku ponorený celý merací otvor senzora, a aby pozdĺž povrchu elektród neboli bubliny. Vyčkajte na stabilizáciu meranej hodnoty napätia. Zadajte hodnotu štandardného roztoku
5. Ak to váš softvér dovoľuje, kalibráciu si môžete uložiť do senzora ako používateľskú kalibráciu.

Údržba a výmena štandardného kalibračného roztoku chloridu sodného

Ak sa rozhodnete pre kalibráciu, potrebujete presné štandardné roztoky. Štandardný roztok 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ktorý sa dodáva so senzorom, vám vydrží dlhú, ak ho budete chrániť pred kontamináciou mokrým alebo špinavým senzorom a nebudete ho vystavovať pôsobeniu vzduchu na dlhšiu dobu. Koncentrácia roztoku je vhodná na kalibráciu senzora v strednom rozsahu (0 až 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Vernier predáva tri štandardné kalibračné roztoky, vhodné pre jednotlivé meracie rozsahy. Roztoky sa dodávajú sa v 500 ml baleniach. Ich kódy sú:

Nízky rozsah (150 $\mu\text{S}/\text{cm}$)	CON-LST
Stredný rozsah (1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$)	CON-MST
Vysoký rozsah (12880 $\mu\text{S}/\text{cm}$)	CON-HST

Štandardný roztok si môžete pripraviť z NaCl aj sami. Použite nádobu s presnými objemovými značkami. Dajte do nej presné množstvo chemikálie podľa prvého stĺpca nasledujúcej tabuľky č.1. Takto pripravený štandardný roztok sa dá použiť na kalibráciu v jednotkách mg/l NaCl (prvý stĺpec), mg/l TDS (druhý stĺpec) alebo $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tretí stĺpec).

Tabuľka č.1

Množstvo NaCl na 1 liter roztoku	Hodnoty TDS a vodivosti, ekvivalentné koncentrácii NaCl podľa prvého stĺpca	
	TDS	vodivosť
0,0474g (47,4 mg/l)	50 mg/l TDS	100 µS/cm
0,491g (491 mg/l)	500 mg/l TDS	1000 µS/cm
1,005g (1005 mg/l)	1000 mg/l TDS	2000 µS/cm
5,566g (5566 mg/l)	5000 mg/l TDS	10.000 µS/cm

Poznámka: štandardný roztok nižšej koncentrácie môžete pripraviť zriedením štandardného roztoku vyššej koncentrácie. Ak napríklad máte roztok 1000 mg/l a chcete z neho dostať roztok 200 mg/l, odoberte z neho 100 ml a doplňte dobre destilovanou vodou na 500 ml.

Pripravený roztok bude mať koncentráciu $1000 \text{ mg/l} \times (100 \text{ ml} / 500 \text{ ml}) = 200 \text{ mg/l}$.

Automatická teplotná kompenzácia

Vernierov senzor vodivosti má automatickú teplotnú kompenzáciu v rozsahu 5 až 35°C. Teplotu roztoku meria termistor, ktorý je umiestnený v priestore medzi grafitovými elektródami. Referenčná hodnota teplotnej kompenzácie je 25°C. Teplotná kompenzácia zabezpečí, že ak budete merať daný roztok pri 25°C alebo napríklad pri 15°C, dostanete rovnaké výsledky. To znamená, že môžete senzor nakalibrovať v laboratóriu a uloženú kalibráciu potom môžete použiť na meranie studenej vody vodných tokov alebo jazier vonku v prírode. Ak by senzor nemal teplotnú kompenzáciu, pri zmene teploty by ste pozorovali zmeny nameraných hodnôt vodivosti napriek tomu, že koncentrácia iónov by sa nemenila.

Použitie senzora vodivosti spolu s inými Vernier senzormi.

Niektoré kombinácie senzorov sa môžu pri ich umiestnení v tom istom roztoku navzájom ovplyvňovať. Stupeň vzájomného ovplyvňovania závisí od viacerých faktorov. Ďalšie informácie nájdete v technickej informácii na www.vernier.com/til/638/

Odoberanie vzoriek z vodných tokov a jazier.

Najlepšie je odoberať vzorky vody ďalej od brehu a pod hladinou vody. Vo voľných vodných tokoch sa voda obvyčajne dobre premiešava, odber vzorky v blízkosti hlavného prúdu vody dobre reprezentuje vodu celého toku. Pri pomalých tokoch, alebo jazerách, kde je horšie miešanie vody, je potrebné odobrať viac vzoriek a z rôznych hĺbok. Senzor vodivosti neodporúčame ponárať do vody celý. Senzor nie je odolný vyšším tlakom a môže dôjsť k poškodeniu jeho elektroniky. Aj keď je najlepšie urobiť merania v mieste odberu vzoriek, vzorky môžete odložiť a odmerať ich neskôr, ich celkový objem rozpustených tuhých látok a vodivosť sa časom podstatne nemení. Vzorky uložte v uzatvorených fľašiach, najlepšie úplne

naplnených. Zabráňte tak ich vyparovaniu a reakcii s oxidom uhličitým, ktorý môže vytvárať iónové produkty v roztoku.

Keďže senzor má zabudovanú teplotnú kompenzáciu, môžete ho nakalibrovať v laboratóriu. Aj keď budete potom merať vzorky, ktoré majú rôznu teplotu, senzor nameria správne hodnoty.

Odoberanie vzoriek slanej vody z oceánu alebo z prílivových ústí riek: Slanosť

Slanosť predstavuje celkové množstvo neuhličitanových solí rozpustených vo vode. Obvykle sa vyjadruje v ppt (1 ppt = 1000 mg/l). Na rozdiel od koncentrácie chloridov (Cl⁻), na slanosť môžete nazerať ako na mieru celkovej koncentrácie soli, pozostávajúcej najmä z iónov Na⁺ a Cl⁻. Ak keď v je v morskej vode malé množstvo iných iónov (napríklad K⁺, Mg²⁺ alebo SO₄²⁻), ióny sodíka a chlóru predstavujú okolo 91% všetkých iónov. Slanosť je dôležitým parametrom morskej vody a vód prítokov morí, kde sa mieša morská a sladká voda. Slanosť morskej vody je konštantná, okolo 35 ppt (35.000 mg/l). Poloslané prítokové kanály môžu mať okolo 1 až 10 ppt.

Rozsah merania slanosťi senzorom vodivosti je 0 až 10 ppt. Morská voda má slanosť okolo 35 ppt, preto je potrebné vzorky morskej vody pred meraním zriediť. Odporúčame riediť vzorky morskej vody (alebo iné podobné vzorky), ktoré dávajú pri meraní počítateľné hodnoty väčšie ako 10 ppt na ¼ ich pôvodnej koncentrácie. Nameranú slanosť potom vynásobíte faktorom 4 a dostanete skutočnú slanosť vzorky. Vzorky z poloslaných prítokov mora majú slanosť v rozmedzí 0 až 10 ppt, čo dobre zapadá do rozsahu merania senzora vodivosti. **Poznámka:** Vernier predáva aj senzor slanosťi (kód SAL-BTA), s meracím rozsahom 0 až 50 ppt.

Senzor vodivosti nemá uloženú kalibráciu slanosťi, preto si ho nakalibrujte dvojbodovo sami s použitím štandardných roztokov slanosťi 5 ppt a 10 ppt. Dbajte pritom, aby bol prepínač rozsahov prepnutý na vysoký rozsah vodivosti. Pripravte si k tomu dva štandardné roztoky na kalibráciu slanosťi.

Príprava štandardných roztokov slanosťi:

- Nízky štandard (5 ppt). Do dobre destilovanej vody dajte 4,60 g NaCl a doplňte vodou do 1 litra.
- Vysoký štandard (10 ppt). Do dobre destilovanej vody dajte 9,2 g NaCl a doplňte vodou do 1 litra.

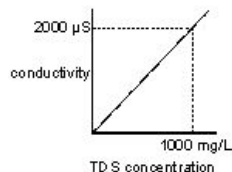
Ďalšie informácie o vodivosti

Vodivosť je jednoduchým informatívnym testom kvality vody. Používa sa aj ako výstražný environmentálny test, pretože sa dá ním rýchlo zistiť akékoľvek zmena v zložení iónov vodného toku alebo jazera. Pridaním do vody iónov solí (Na⁺, Cl⁻), kyselín (H⁺), zásad (OH⁻), tvrdej vody (Ca²⁺, HCO₃⁻, CO₃²⁻) alebo rozpustných plynov, ktoré sa ionizujú v roztoku (CO₂, NO₂, SO₂), sa zmení jej vodivosť. Senzor vodivosti neposkytne informáciu o tom, aké konkrétne ióny spôsobili zmenu vodivosti, poskytne len informáciu o celkovej úrovni rozpustených tuhých látok (TDS). Špecifikáciu iónov potom môžete urobiť inými meraniami (napríklad pH

testom na meranie H^+ , titráciou tvrdej vody (Ca^{2+}) alebo kolorimetrickým testom (NO_3^-).

Úradné predpisy určujú obvykle limity na maximálne množstvo rozpustených látok (TDS) v pitnej vode. Limity sa v jednotlivých štátoch od seba líšia, ale obvykle sú do 1100 mg/l TDS. Senzor vodivosti dokáže poskytnúť v tejto veci rýchle a presné meranie.

Medzi vodivosťou a koncentráciou konkrétnych iónov existuje približne lineárna závislosť, senzor vodivosti sa dá preto použiť na stanovenie koncentrácie iónov. Ak si pripravíte alebo zakúpite štandardné roztoky vodivosti, nameriate podobnú závislosť, ako je na obrázku. Závislosť medzi vodivosťou v $\mu S/cm$ a TDS v mg/l je na obrázku 2:1. Aj keď sa TDS často definuje pomocou uvedeného pomeru 2:1, treba poznamenať, že takéto meranie TDS vo vzorke pozostávajúcej prevažne z NaCl dá iné výsledky ako meranie vo vzorkách obsahujúcich prevažne ióny tvrdej vody (Ca^{2+} , HCO_3^-).



Vzťah medzi vodivosťou a koncentráciou chloridu sodného je *približne* 2:1 a je takmer lineárny. V nasledujúcej tabuľke č. 2 sú niektoré údaje vodivosti ($\mu S/cm$), koncentrácie (mg/l NaCl) a koncentrácie (mg/l TDS) pre chlorid sodný.

Tabuľka č.2

Koncentrácia chloridu sodného (mg/l)	Celkové množstvo rozpustených látok (TDS) (mg/l)	Vodivosť ($\mu S/cm$)
1,0	1,1	2,2
5,0	5,4	10,8
10	10,7	21,4
20	21,4	42,7
50	52,5	105
100	105	210
150	158	315
200	208	415
500	510	1020
1000	995	1990
1500	1465	2930
2000	1930	3860
5000	4482	8963
10250	9000	18000

V tabuľke č. 3 sú prevodné hodnoty vodivosti ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na koncentráciu (mg/L)¹ pre rozličné ióny.

Tabuľka č.3

Ión	Celkovo rozpustené látky (mg/l)
Bikarbonátový	0,715
Vápnikový	2,60
Uhlíčitánový	2,82
Chloridový	2,14
Horčíkový	3,82
Dusičnanový	1,15
Draselný	1,84
Sodný	2,13
Síranový	1,54

¹American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Washington, DC: American Public Health Association, 1998.

Záruka

Záručné podmienky na území Slovenska sa riadia podmienkami vydanými distribútorom výrobkov Vernier na Slovensku, ktoré sú súčasťou dodávky výrobku, a ostatnými platnými zákonmi. Vylúčenie zo záruky: Záruka predpokladá normálne používanie výrobku v súlade s jeho návodom na použitie za bežných laboratórnych podmienok. Pod záruku nespadá nesprávne použitie výrobku, jeho poškodenie vonkajšími vplyvmi, zmena jeho konštrukcie užívateľom a podobné udalosti. Záruka sa tiež nevzťahuje na bežné opotrebovanie a spotrebný materiál, ak takýto materiál výrobok obsahuje. Vylúčenie zo záruky: Záruka predpokladá normálne používanie výrobku v súlade s jeho návodom na použitie za bežných laboratórnych podmienok. Pod záruku nespadá nesprávne použitie výrobku, jeho poškodenie vonkajšími vplyvmi, zmena jeho konštrukcie užívateľom a podobné udalosti. Záruka sa tiež nevzťahuje na spotrebný materiál, ak takýto materiál výrobok obsahuje.

Rev. 8/13/2012

Logger *Pro*, Logger *Lite*, Vernier LabQuest 2, Vernier LabQuest, Vernier LabQuest Mini, Vernier LabPro, Go! Link, Vernier EasyLink a iné uvedené značky sú v Spojených štátoch našimi ochrannými alebo registrovanými ochrannými známkami.

CBL 2, TI-Nspire, CBL 2 a CBL, TI-GRAPH LINK a TI Connect sú ochrannými známkami Texas Instruments. Všetky ostatné tu uvedené značky, ktoré nie sú našim vlastníctvom, sú majetkom svojich vlastníkov, ktorí môžu alebo nemusia s nami súvisieť, byť s nami v spojení alebo byť nami sponzorovaní.



Vernier Software & Technology

13979 SW Millikan Way
Beaverton, OR 97005-2886

www.vernier.com

Slovensko: PMS Delta s.r.o.

Fándlyho 1
07101 Michalovce
www.pmsdelta.sk



Preklad: Peter Spišák, 2008-2014