

**In-situ měření parametrů podzemních vod,
pH, vodivosti a rozpuštěného kyslíku,
ve štolě Josef**

Martin Člupek, Vadym Prokopec a Gabriela Broncová



**VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE**

2018

**Pracovní text pro Podzemní výukové středisko Josef
Meziuniverzitní laboratoř pro in situ výuku transportních procesů**

Slouží jako zdroj informací během laboratorní úlohy, která je součástí předmětu „Laboratoře z analytické chemie II“ základního bakalářského programu VŠCHT Praha.

Podpořeno v rámci projektu PIGA C1_VSCHT_2018_053

„Udržitelnost a inovace in situ výuky transportních procesů v reálném horninovém prostředí v rámci vybraných předmětů bakalářského a magisterského studia na Ústavu analytické chemie“

In-situ měření

Termínem *in situ* označujeme výzkum prováděný na místě původního výskytu analyzovaného vzorku nebo jevu (opakem je analýza *ex situ*, tedy mimo původní místo). Důvodů, proč provádět chemické analýzy mimo pohodlí a zázemí laboratoře, existuje řada. Hlavními asi budou požadavek na rychlost a množství provedených analýz i za cenu někdy snížené přesnosti, obtížný či nemožný odběr vzorků a nutnost analyzovat přímo zkoumaný objekt. V praxi se tyto okolnosti mohou vyskytnout např. při kontrole některých technologických procesů, výkupu druhotných surovin, geologickém, hydrologickém, stavebním, ekologickém, archeologickém nebo jiném polním průzkumu, průzkumu skládek nebezpečných materiálů, ekologických haváriích, při živelných pohromách, v analýze uměleckých předmětů či vyšetřování kriminálních činů.

Výhody, nevýhody a zásady při *in-situ* měření s přenosnými přístroji v terénu

Přenosné přístroje pro měření lze používat v provozních podmínkách při rychlých kontrolách. Mezi výhody mobilních přenosných přístrojů patří nízká hmotnost, velmi jednoduchá obsluha, nízká cena ve vztahu ke kvalitě a možnostem použití, jednoduchost, dostupný servis, možnost vlastní kalibrace, dobře čitelná stupnice a odolnost vůči okolním vlivům, např. nešetrnému zacházení a nárazu. Mají dlouhou výdrž baterií. Nevýhodou je, že je nelze tak snadno kalibrovat ani dobře čistit a získané výsledky nejsou většinou tak přesné, jak bychom potřebovali. Zpřesnění měření lze docílit připevněním přístroje na stojan. Nicméně monitorování - okamžitá měření v terénu zajišťují rychlý přehled o situaci na místě a v případě nějaké nepříjemné události, např. požáru či úniku jedovatého plynu umožňují operativně zasáhnout. Proto se doporučuje použít obojí, pro rychlé vyhodnocení situace v terénu – „screening“ – využít přenosné přístroje a zároveň odebrané vzorky následně analyzovat v laboratoři.

Hlavní zásady při měření

- Vizuální kontrola čidla před odchodem do terénu.
- Postup měření provádět podle návodu výrobce.
- Ponořit čidlo podle typu tak, jak je doporučeno výrobcem.
- Po ukončení měření důkladně opláchnout čidla destilovanou vodou, čidla osušit a uložit.
- Kontrolovat čistotu konektorů. Jejich znečištění může výrazně ovlivnit výsledky měření.
- Nepřechovávat přístroje a především čidla na přímém slunečním světle nebo vedle tepelných zdrojů.

Hlavní zásady při provádění kalibrace

- Vizuální kontrola kalibrovaného čidla.
- Kalibraci provádět podle návodu výrobce.
- Používat vždy čerstvé nezakalené kalibrační roztoky.
- Před a po kalibraci důkladně opláchnout čidla destilovanou vodou.
- Před kalibrací vodivosti opláchnout vodivostní čidlo ještě kalibračním roztokem.
- Nevracet použité kalibrační roztoky zpět do zásobní lahvičky.
- Udržovat pomůcky pro kalibraci v čistotě. Pomocné nádoby vždy vypláchnout dest. vodou.
- Kalibrovat při vyvážené teplotě čidla a kalibračního roztoku.

Úvod

1. In-situ měření pH

Měření pH je jedním z nejčastěji používaných chemických měření vůbec. Vodíkové (oxoniové) a hydroxidové ionty se účastní velkého množství dějů v prostředí počínaje korozi konstrukčních materiálů (železo, oceli, slitiny neželezných kovů aj.), korozi nekovů (keramika atd.), erozní děje v přírodě (např. tvorba krasových jeskyní) až po biologické jevy, které jsou na pH velmi závislé. Hodnota pH je sledována v rybochovných a potravinářských zařízeních, při monitorování povrchových a odpadních vod atd. Kyselost resp. alkalita především vodných vzorků je veličina, která se poměrně snadno měří a dnes se pro její měření používá téměř výhradně potenciometrie se skleněnou elektrodou, jejíž vlastnosti se v poslední době výrazně zlepšily a to především mechanická odolnost, stabilita a životnost. Další možnosti jsou potenciometrické měření s vodíkovou elektrodou, což je pouze teoretická možnost vzhledem ke komplikovanému provedení. Někdy se využívá antimonová elektroda, která ale nemůže být použita pro měření vzorků obsahujících oxidovadla či redukovadla, její výhodou je, že na rozdíl od elektrody skleněné jde o elektrodu nerozbitnou. Elektroda chinhydronová má obdobná omezení jako elektroda antimonová a dnes je využívána jen marginálně.

Nejběžnější skleněná elektroda měří pH od 2 do 10 a nelze je použít zejména pro měření kyselých roztoků obsahujících fluoridy, kdy je z fluoridu vytěšňována slabá kyselina fluorovodíková, která napadá měřící skleněnou membránu. Je-li potřeba měřit extrémnější pH, lze použít skleněnou elektrodu se speciálním sklem, která má rozsah posunutý do jedné z extrémních oblastí. Klasická konstrukce kombinované skleněné elektrody (samostatná skleněná a měrná elektroda dnes již není obvyklá) zahrnuje kromě membrány celoskleněné tělo obsahující svodovou a referenční argentochloridovou elektrodu. Takovéto uspořádání je vhodné pro laboratoř, kdy je vidět dovnitř elektrody, lze snadno indikovat případné poškození a elektroda je výborně omyvatelná. Nevýhodou je omezená mechanická pevnost elektrody a citlivost obou argentochloridových elektrod vůči UV záření. Pro měření mimo laboratoř se používají elektrody s plastovým tělem, které mají ze skla jen aktivní membránu, která je navíc mechanicky chráněna. Místo plnicího roztoku se používá gel, který umožňuje měření v jiné než svislé poloze, kdy se u klasické konstrukce k membráně může dostat bublinka vzduchu.

Matematicky je pH hodnota vyjádřena jako záporný logaritmus aktivity vodíkových iontů. Na elektrodě se ustaluje potenciál daný Nernstovou rovnicí. Při potenciometrii se měří rozdíl potenciálu měrné a referenční elektrody. Na elektrodový systém pH elektrody má velký vliv teplota, proto je prováděna kompenzace vlivu teploty na elektrodu a tím i změnu měření pH.

2. In-situ měření vodivosti

Vodivost vody je veličina, která vzorek nepopisuje ve smyslu konkrétního složení jednotlivých iontů a jejich množství, ale popisuje celkovou charakteristiku systému. Zprostředkovaně je to informace o celkovém obsahu solí, disociovaných kyselin a zásad. Kromě koncentrace příslušných iontů ovlivňuje konduktivitu i jejich pohyblivost, která je výrazně závislá na teplotě. Pro běžné případy lze teplotní závislost považovat lineární s koeficientem teplotní závislosti kolem 0,2-2% na °C. Jelikož výsledkem měření má být informace o úhrnném obsahu solí je nutno teplotní závislost eliminovat. Proto přístroje pro měření konduktivity přepočítávají aktuální naměřenou hodnotu konduktivity na konduktivitu, kterou by měl měřený vzorek při referenční teplotě (např. 25°C).

Má-li vzorek vody vysokou vodivost, pak obsahuje hodně solí a záleží na konkrétní úloze, zda bude vzorek podrobněji analyzován dalšími analytickými metodami, či zda bude prohlášen za vyhovující či nevyhovující. V technické praxi je měření vodivosti nejčastěji využíváno jako screeningová metoda, či metoda pro prvotní indikaci nějaké poruchy. Důvodem je především nízká cena na vybavení, dlouhodobá stabilita kalibrace i poměrně snadná interpretace výsledků. Hlavní uplatnění nalézá konduktometrie při kontrole koncentrace solanky (koncentrovaný vodný roztok NaCl používaný místo chladicí vody pro svoji nízkou teplotu tuhnutí), při stanovení salinity vody a při popisu čistoty destilované/demineralizované vody.

Vzorce a jednotky

Vodivost je převrácenou hodnotou odporu:

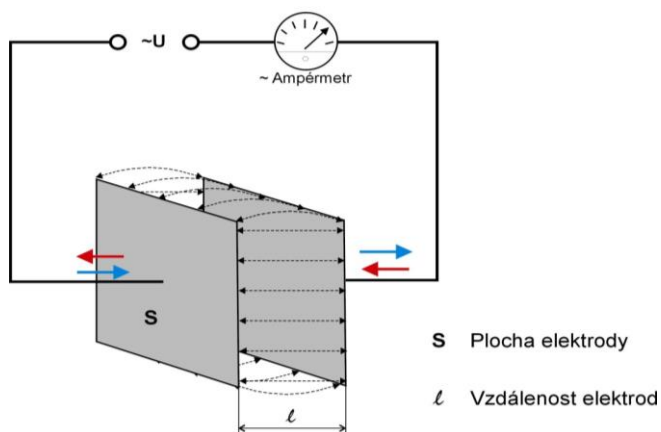
$$G = \frac{1}{R}$$

a její jednotkou je Siemens, jednotkou odporu je Ohm. Pro vodivost však platí, že čím delší je vodič, tím má menší vodivost (má větší odpor) a zároveň čím má vodič větší průřez, tím větší má vodivost (má menší odpor). Pro odstranění závislosti vodivosti na geometrii vodivého prostředí se zavádí **měrná vodivost**, což je vodivost prostředí o jednotkové délce a jednotkovém průřezu:

$$G = \kappa \cdot \frac{A}{l} \quad \text{respektive} \quad \kappa = G \cdot \frac{l}{A}$$

kde l/A je tzv. **konstanta měřící cely**, která závisí pouze na jejím tvaru. Základní jednotkou měrné vodivosti je S/m, ale v praxi jsou nejpoužívanějšími jednotkami $\mu\text{S/cm}$ a mS/cm . Pro vodné roztoky začíná konduktivita na úrovni $0,05 \mu\text{S/cm}$ pro ultra-čisté vody a končí na hodnotách přes 1 S/cm pro některé zásady.

Vodivostní čidlo je systém 2 nebo 4 elektrod, které jsou vyrobeny z chemicky odolného elektricky vodivého materiálu, např. Pt nebo grafitu. Plochou S a vzdáleností elektrod l je dána konstanta elektrody (viz obr. 1). Vodivost roztoku je přímo úměrná koncentraci rozpuštěných látek.



Obrázek 1: Schematické znázornění měření vodivosti se dvěma Pt elektrodami, kde S je plocha elektrody a l je vzdálenost elektrod od sebe.

V následující tabulce jsou pro představu uvedeny hodnoty vodivosti různých typů vod.

Tabulka 1: Hodnoty vodivosti různých typů vod.

Typ vzorku	Vodivost [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
Labe, Chvaletice, 2004	499 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Labe, Ledvice, 2005	375 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Vltava, Temelín, 2006	163 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Vltava, Kladno, 2006	282 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Vltava, Mělník, 2006	341 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Ohře, Tisová, 2002	230 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Ohře, Pruněřov, 2006	454 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Demineralizovaná voda, mixbed	0,060 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Jednostupňová reverzní osmóza	5 až 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Elektrodeionizace	0,056 $\mu\text{S}/\text{cm}$

3. In-situ měření kyslíku

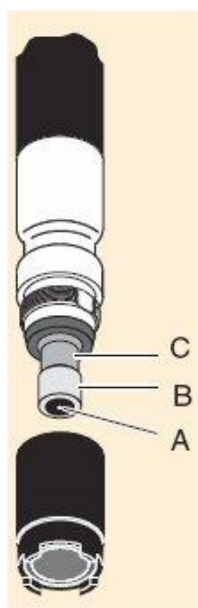
Koncentrace kyslíku rozpuštěná ve vodě je jedním z hlavních ukazatelů kvality vody. Jeho obsah je třeba sledovat při kontrole stavu povrchové a říční vody, při sledování bakterií používaných k čištění v úpravnách odpadních vod. Je životně důležitým parametrem v rybochovných zařízeních. V potravinářském průmyslu ovlivňuje kyslík průběh kvasných procesů při výrobě potravin i při jejich skladování. Množství rozpuštěného kyslíku v krvi je důležitým parametrem v klinických analýzách.

Popis čidla na měření kyslíku

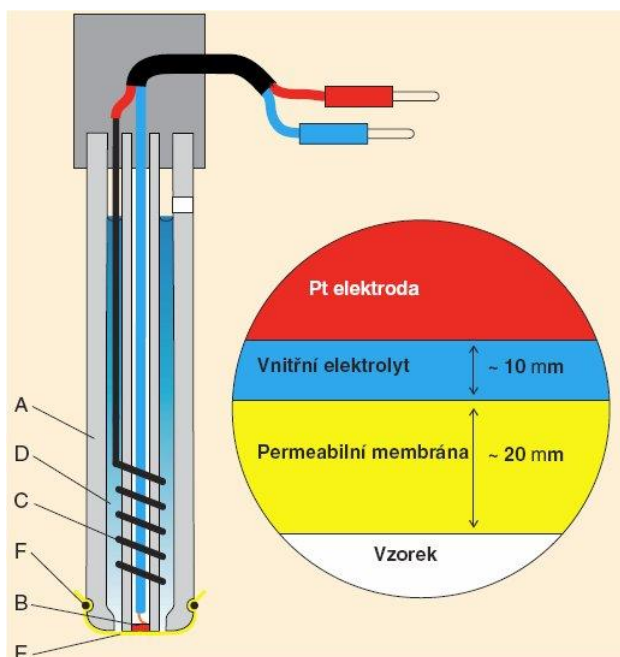
Nejčastěji používaným zařízením pro měření rozpuštěného kyslíku je Clarkovo čidlo pojmenované podle svého objevitele Lelanda C. Clarka (1918-2005). Klasické Clarkovo čidlo je dvouelektrodotový systém (pracovní a referenční elektroda) zapouzdřený do plastové trubice. Elektrodotový systém je ponořen do vnitřního roztoku (KCl nebo NaHCO_3), který je od měřeného roztoku oddělen propustnou membránou pro kyslík. Membrána je k tělu elektrody přichycena o-kroužkem (viz obr. 2), což umožňuje snadnou výměnu membrány, která podléhá stárnutí¹.

Princip měření kyslíku

Při vlastním měření se na elektrody vkládá napětí 650mV, přičemž pracovní elektroda (nejčastěji platinová či zlatá) je záporným pólem a referenční elektroda (stříbrná nebo olověná) kladným pólem (viz obr. 3). Pokud není ve vzorku přítomen žádný kyslík, pak mezi elektrodami neprochází proud. Naopak je-li ve vzorku kyslík, dojde k jeho difúzi přes membránu (teflonovou či polyethylenovou) a na pracovní elektrodě k jeho redukci. Systémem probíhá proud, jehož velikost je úměrná koncentraci kyslíku¹.



Obrázek 2: Moderní Clarkovo čidlo firmy WTW GmbH (Německo): zlatá pracovní elektroda (A), izolátor (B), olověná referenční elektroda potažená filmem chloridu olovnatého (C)¹.



Obrázek 3: Schéma Clarkova čidla složeného z plastového těla (A), pracovní elektrody tvořené zalisovaným Pt terčíkem (B) s napájením přívodním vodičem, referenční elektrody tvořené Ag drátkem potaženým AgCl (C) a ponořeným do roztoku KCl (D), permeabilní membrány z polyethylenu (E) a gumového o-kroužku (F), který přidržuje membránu na čidle; vpravo je zvětšený řez membránou¹.

Literatura: Krondřák M., *Automatizace* ročník 50 (2007), číslo 7-8, str. 502-504

Teorie kalibrace kyslíkového čidla

Z důvodů stárnutí membrány a pasivaci obou elektrod je třeba před měřením provádět kalibraci. Používá se jedno- nebo vícebodová kalibrace. V laboratorní úloze bude použita jednobodová kalibrace, která se provádí pomocí měření vzduchu nasyceného vodní parou. Jelikož vzduch obsahuje 21% kyslíku pomocí parciálního tlaku a Henryho zákona ($x = H \cdot p_i = H \cdot 0,21 \cdot (p_{atm} - p_{H_2O}) / p_{atm}$, kde H je Henryho konstanta) se vypočítá jeho koncentrace ve vodě¹. Každá kapalina je sycena kyslíkem, dokud nenastane rovnováha mezi parciálním tlakem kyslíku ve vzduchu a kapalině. Výslednou koncentraci kyslíku ovlivňuje jednak tlak, teplota* a také salinita (rozpuštěné minerální látky). Naměřené množství kyslíku je vyjádřeno v mg/L nebo v % nasycení. 100% nasycení může vyjadřovat při různých podmínkách různé množství kyslíku v mg/L (viz tab. 2).

Tabulka 2: Rovnovážné koncentrace kyslíku ve vodě pro různé teploty

Teplota	Koncentrace O₂ [mg/L]
0	14,60
10	11,27
20	9,08
30	7,44
40	6,41
50	5,49

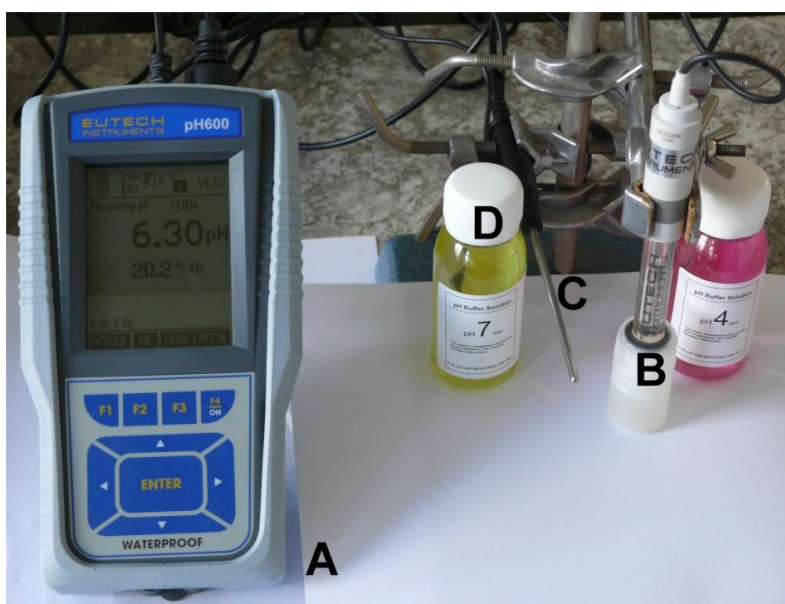
* Výrazným faktorem ovlivňujícím kalibrace je teplota. Teplotní senzor je integrován do Clarkova čidla a teplotní korekce se provádí automaticky.

Přístrojové vybavení

V této práci využijeme přenosné terénní přístroje firmy Eutech Instruments, která je nyní součástí koncernu Thermo Scientific.

Měření pH

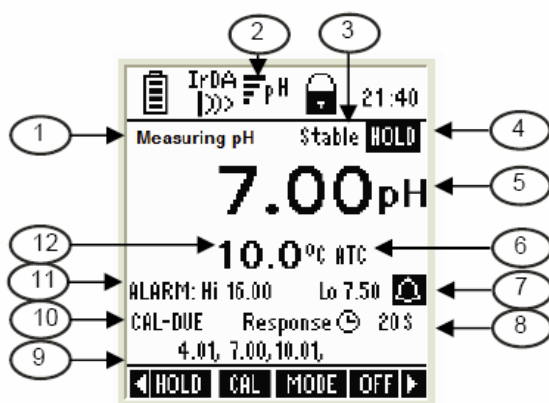
Přenosný pH metr Eutech s označením pH600 je bateriemi napájený přístroj určený pro měření mimo laboratoř, je vybaven displejem a klávesnicí, jež slouží k jeho ovládní a může pracovat i ve spojení s počítačem, který se připojuje pomocí infračerveného portu. K pH metru je připojena kombinovaná pH elektroda pomocí BNC konektoru spolu s teplotním čidlem (viz obr. 4). Uživatel je při ovládní přístroje veden instrukcemi na displeji a uživatelský manuál je třeba pouze při nastavování přístroje. Na displeji přenosného pH metru je možné sledovat parametry, které popisuje obrázek 5.



Obrázek 4: Přenosný systém je složen z pH metru (A), kombinované pH elektrody (B), teplotního čidla (C) a kalibračních roztoků (D).

Dostupný pro přístroje PCD650, PC650, PD650, PH600, PH610 a PH620.

#	Popis
1	Indikátor měřicího rozsahu
2	Vlastnosti elektrody
3	Objeví se, když hodnota je stabilní
4	Objeví se, když hodnota je podržena
5	Odečet a jednotky
6	Režim teplotní kompenzace
7	Indikátor alarmu
8	Doba odezvy sondy
9	Kalibrační body
10	Indikátor správné kalibrace
11	Limity pro alarmy
12	Odečet teploty a jednotky

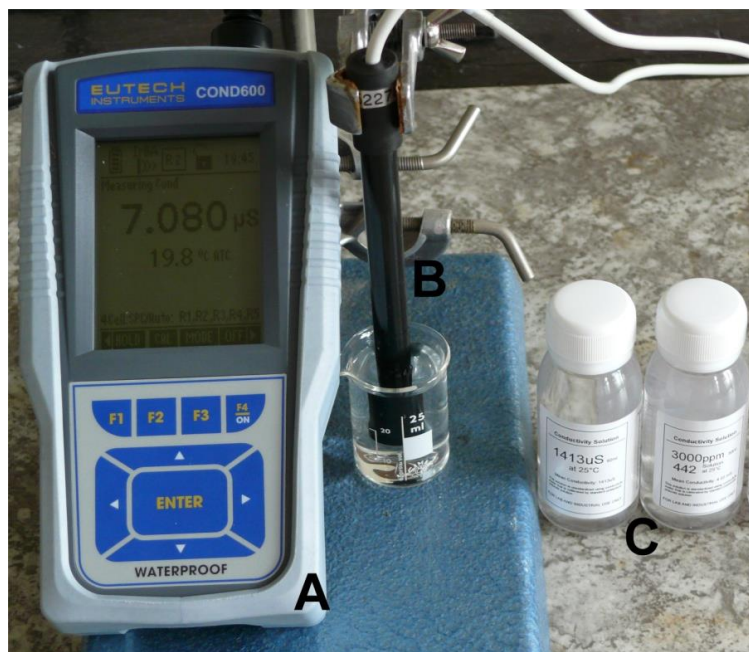


Obrázek 5: pH displej

Měření vodivosti

Používaný přístroj (přenosný konduktometr Eutech označený COND600, znázorněný na obr. 6) měří odpor kapaliny mezi elektrodami vodivostní sondy ponořené do měřené kapaliny. Přístroj je vybaven

zařizemím na kompenzaci teploty nebo přesným teploměrem. Aby nedocházelo k polarizaci elektrod vodivostní sondy, používá se při měření měrné vodivosti kapalin střídavý elektrický proud.



Obrázek 6: Konduktometrický systém složený z měřícího zařízení (A), vodivostního čidla (B) a kalibračních roztoků (C).

Vodivostní čidlo je čtyřpólová Pt elektroda zalitá v plášti ze skelného uhlíku.

Tento přístroj umožňuje měřit i parametr nazvaný „**Total Dissolved Solids**“ (TDS, zcela rozpuštěné pevné látky), který se používá především ve vodohospodářství a charakterizuje kvalitu vody a její celkové znečištění bez podrobné specifikace typu znečištění. Jedná se o měření anorganických a organických látek obsažených ve vodě v molekulární, iontové nebo mikrogranulární formě. Pro kompletní určení **TDS** je třeba provést úplný rozbor vzorku, případně lze použít gravimetrické stanovení, kdy však může být stanovená hodnota nižší o některé organické látky. Nejběžněji se však používá konduktometrické stanovení s empirickým násobícím faktorem (v našem případě 0,67).

Měření obsahu rozpuštěného kyslíku

Používaný přístroj (DO600, znázorněný na obr. 3) měří obsah rozpuštěného kyslíku pomocí standardního Clarkova čidla s plynopropustnou membránou. Přístroj je vybaven zařízením na kompenzaci teploty nebo přesným teploměrem.



Obrázek 7: Systém pro měření kyslíku složený z měřicího zařízení (A), kyslíkového čidla (B) a plnicího roztoku (C).

DO zkratka na displeji znamená rozpuštěný kyslík („Dissolved Oxygen“). Zkratka ATC („Automatic Temperature Compensation“) znamená automatickou korekci teploty.

Úkoly:

Mapování kyselosti vod měřením pH v průzkumném díle Josef – podpora geologického výzkumu

Při průchodu dolem určete místa vhodná pro měření pH (jímací nádrže, vývěry v rozrážkách), místa zaneste do mapy a v mapě označte. Proveďte měření. Data si můžete zapisovat do svého sešitu, případně je možné si do mapy zapisovat jen číslo měření a data ukládat do paměti přístroje funkcí HOLD a STOR (F3) a následně je do protokolu stáhnout z počítače.

Měření vodivosti vod v průzkumném díle Josef – podpora geologického výzkumu

Při průchodu štolou určete místa vhodná pro měření vodivosti (jímací nádrže, vývěry v rozrážkách), místa zaneste do mapy a v mapě označte. Proveďte měření. Data si můžete zapisovat do svého sešitu, případně je možné si do mapy zapisovat jen číslo měření a data ukládat do paměti přístroje funkcí STOR (F3) a následně je do protokolu stáhnout z počítače. Porovnejte naměřená data vodivosti s daty uvedenými v tabulce 1. Pro zajímavost voda z kohoutku v laboratoři C na budově A VŠCHT Praha ukazovala vodivost 367 μS . Roztok KCl o koncentraci 0,001 mol/L má vodivost 150 μS .

Měření kyslíku v průzkumném díle Josef – podpora geologického výzkumu

Při průchodu štolou určete místa vhodná pro měření rozpuštěného kyslíku (jímací nádrže, vývěry v rozrážkách), místa zaneste do mapy a v mapě označte. Proveďte měření. Data si můžete zapisovat do svého sešitu, případně je možné si do mapy zapisovat jen číslo měření a data ukládat do paměti přístroje funkcí STOR (F3) a následně je do protokolu stáhnout z počítače.

Příloha: Ovládání přístrojů

Pozn.: Následující text je vhodné vzít s sebou do štol Josefa (ostatní – teorii a obecné povídání není třeba tisknout).

Přístroje Eutech mají instalovaný shodný software, což nám velmi výrazně usnadní jejich ovládání. Před samotným měřením je nutné zkontrolovat základní nastavení

Ovládání přístroje a kontrola nastavení parametrů před vlastním měřením





Podržet klávesu F4 zapnete měřící zařízení.

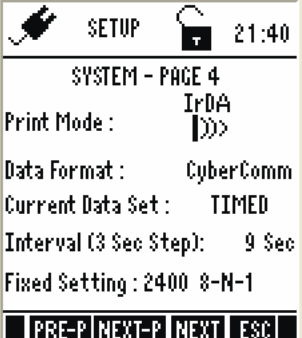
Na displeji se objeví hodnota měřené veličiny.

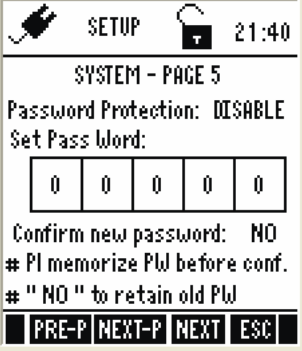
Ve spodním černém řádku je uveden popis funkcí, přiřazených tlačítkům F1 – F4 (tlačítka vlevo a vpravo lze tyto funkce přepínat).


Nejprve zkontrolujte základní nastavení přístroje podle instrukcí:

F1 (Setp)-enter-System

	<p>Změň pomocí šipky , klávesy ENTER, případně klávesy NEXT (F3) následující položky:</p> <p>STABLE Indicator: ENABLE Stability Criteria: FAST (MEDIUM)</p> <p>Přejdi na další stranu pomocí klávesy NEXT-P (F2)</p>
	<p>Změň:</p> <p>Year: Month: Day: Hour:</p> <p>Přejdi na NEXT-P (F2)</p>
	<p>Změň:</p> <p>Auto OFF: DISABLE</p> <p>ON with key press: ENABLE ON time with key: 1 min</p> <p>Přejdi na NEXT-P (F2)</p>

	<p>Info:</p> <p>Stahování dat bude probíhat přes infračervený port (IrDA).</p> <p>Přejdi na NEXT-P (F2)</p>
---	---

	<p>Info: !V žádném případě nevolte heslo!</p> <p>Nechte „Password Protection“ DISABLE.</p> <p>Přejdi na NEXT-P (F2)</p>
---	--

	<p>Přejdi na NEXT-P (F2)</p>
---	------------------------------



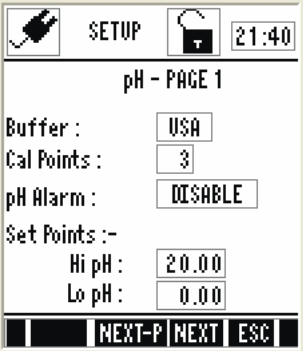

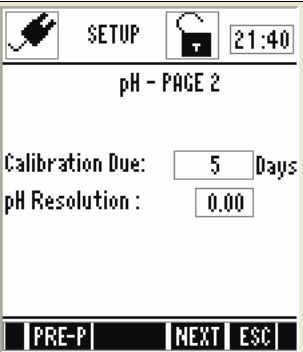

Nastavení je kompletní („Setup completed“).

Stážení dat do počítače:

Připojte k notebooku infračervený port, spusťte komunikační program Cybercomm 600 a pokračujte podle instrukcí na obrazovce.

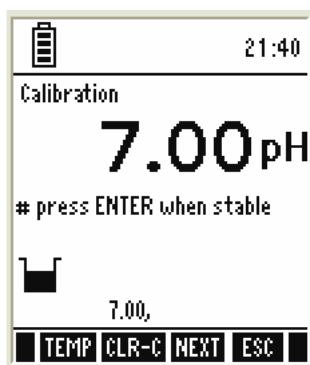
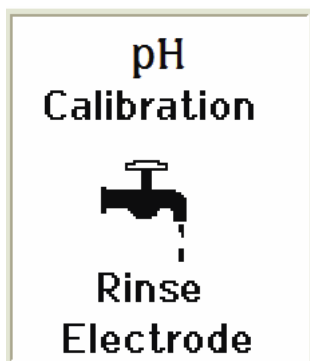
Specifické ovládání jednotlivých přístrojů pH metr

Znovu vyber Setp (F1) a

	<p>pomocí šipky  změň okénko System na pH a potvrď pomocí ENTER</p>
	<p>pomocí šipky  a NEXT nastav:</p> <p>Buffer: User Cal Points: 2</p> <p>NEXT-P</p>
	<p>pomocí šipky  nastav:</p> <p>Calibration Due: 1 Day</p> <p>a zmáčkni NEXT-P</p>

Kalibrace pH metru

Zmačkněte Cal (F2) a nejprve vymažte data z předešlé kalibrace znovu pomocí **F2 CLR-C**. Následně opláchněte elektrodu destilovanou vodou, odlejte si oba kalibrační roztoky do připravených nádobek a nakalibrujte přístroj. V manuálu k přístroji je kalibrace popsána na straně 36.



Nejprve elektrodu ponořte do roztoku označeného pufr 1 (řtan draselný o pH 4,00) a na displeji pomocí šipek **▲** **▼** nastavte hodnotu 4,00. Vyčkejte, až se na displeji vpravo nahoře objeví slovo „stable“, pak zmáčkněte *enter*. Elektrodu opláchněte destilovanou vodou, jemně osušte buničinou a ponořte do roztoku – pufr 2 (fosfátový tlumicí roztok složený z KH_2PO_4 a Na_2HPO_4 o pH 6,86) a na displeji nastavte hodnotu 6,86. Vyčkejte do ustálení a potvrďte (*enter*). Dole na displeji se objeví obě hodnoty kalibračních roztoků, tj. 4,00 a 6,86. Po skončení kalibrace, přístroj napíše „calib. accepted“. Kalibraci ukončíte ESC (**F4**).

Specifické ovládání jednotlivých přístrojů Konduktometr

Pro měření vodivosti je třeba změnit následující:

<p>The screen shows 'SETUP' at the top with the time '21:40'. Below it is 'SETUP SELECTION' and 'ID (LSB 8digit) -:390580'. A large box contains the word 'System'. At the bottom, it says '▲ & ▼ Keys for more selection', 'ENTER to confirm selection', and 'ESC to measurement mode'. The bottom navigation bar has 'ESC'.</p>	<p>pomocí šipky ▼ změň okénko System na Conductivity a potvrď pomocí ENTER</p>
---	---

Zkontrolujte parametry nastavení podle následujících tabulek:

<p>The screen shows 'SETUP' at the top with the time '21:4'. Below it is 'Conductivity -PAGE 1'. The settings listed are: 'Pure water Coeff. : ENABLE', 'LnrTemp Coefficient: 2.100', 'Normalization Temp (°C): 25.0', 'Cell Constant: 1.000', 'Calibration due: DISABLE', 'Calibration points: SINGLE', and 'Calibration std: MANUAL'. The bottom navigation bar has 'NEXT-P', 'NEXT', and 'ESC'.</p>	<p>Pure water Coeff.: DISABLE* Lnr Temp Coefficient: 2.100**</p> <p>calibration due: 1 day calibration points: SINGLE Calibration std: MANUAL a zmáčkni NEXT-P</p>
--	--

*Pure water coeff. - pokud jsou měřeny vzorky ultra čisté vody, je třeba mít tento parametr aktivní, tj. ENABLE.

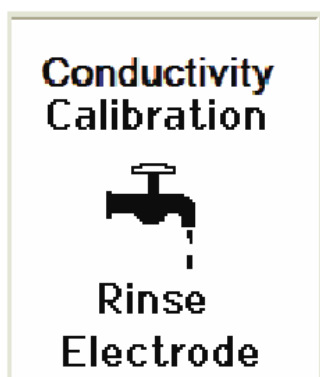
**LnrTempCoefficient neboli koeficient teplotní závislosti, který je u tohoto přístroje 2,1% na °C znamená korekci měřené vodivosti vzhledem ke změně teploty.

	<p>Conductivity alarm: DISABLE</p> <p>a zmáčkni NEXT-P</p>
--	--

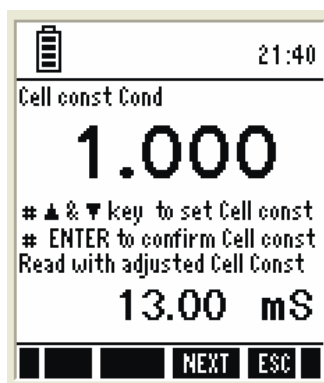
Nastavení je kompletní („Setup completed“).

Kalibrace konduktometru

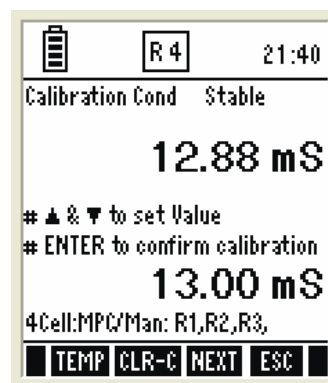
Zmačkněte Cal (F2), na výzvu přístroje na obrazovce opláchněte sondu deionizovanou vodou a osušte elektrodu (A). Ponořte čidlo do standardu KCl (0,01 mol/L) o známé vodivosti 1413 µS.



(A)



(B)





(C)

Přístroj Vám ukáže přibližnou hodnotu konstanty měřící cely (B). Nyní je třeba pomocí šipek ▲ ▼ nastavit konstantu měřící cely tak, aby hodnota vodivosti byla co nejbližší hodnotě zadané 1413 µS a potvrďte - enter. Takto byla nastavena konstanta cely a čidlo je přibližně nakalibrováno (B). Nyní se objeví další okno kalibrace (C), v horní části je *nastavená* vodivost a v dolní části je *měřená* vodivost. Nyní je třeba měnit horní hodnotu vodivosti tak, aby dolní hodnota odpovídala zadané vodivosti 1413 µS a potvrďte- enter. Kalibrace je dokončena. *Pozor: Vodivost je přepočítávána na vodivost při 25°C.*



Specifické ovládání jednotlivých přístrojů

Kyslíkové čidlo

Pro měření kyslíku je třeba změnit následující:

 <p>SETUP 21:40 SETUP SELECTION ID (LSB 8digit) -:390580 System ▲ & ▼ Keys for more selection ENTER to confirm selection ESC to measurement mode ESC</p>	pomocí šipky  změň okénko System na % O₂ a potvrď pomocí ENTER
--	--

Zkontrolujte parametry nastavení podle následujících tabulek:


 <p>SETUP 21:40 DO (Z) - PAGE 1 Offset CAL.: 0.0 Z Calibration Due (Z): 5 Days Select Pressure Unit: mmHg Measured Pressure: 760.0 Adjusted Pressure: 760.0 Pressure Comp.: ENABLE NEXT-P NEXT ESC</p>	pomocí šipky  a NEXT nastav: Offset CAL.: 0,0%* Calibration Due (%): 1 Day Select Pressure Unit: kPa ** *** Pressure Comp.: ENABLE**** NEXT-P
--	---

**Offset Cal.* - znamená manuální posunutí kalibrace pro zajištění kompatibility kalibrace s dalšími přístroji.

***Measured Pressure* – aktuální hodnota tlaku.

****Adjusted Pressure* – pomocí této funkce je možné recalibrovat vestavěný tlakový senzor.

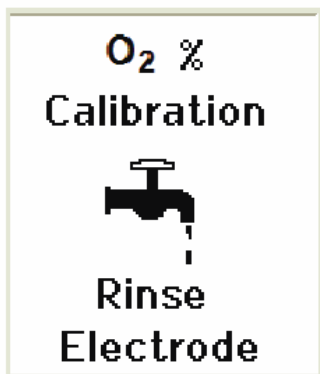
*****Pressure Comp.* – kompenzace tlaku.

 <p>SETUP 21:40 DO (Z) - PAGE 2 DO Alarm: DISABLE Set Points (Hi > Lo) Hi DO: 200.0 Z Lo DO: 10.0 Z PRE-P NEXT ESC</p>	NEXT
--	------

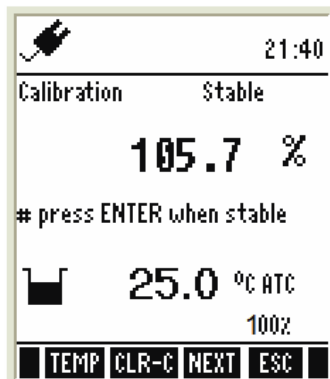
Nastavení je kompletní („*Setup completed*“).

Kalibrace kyslíkového čidla

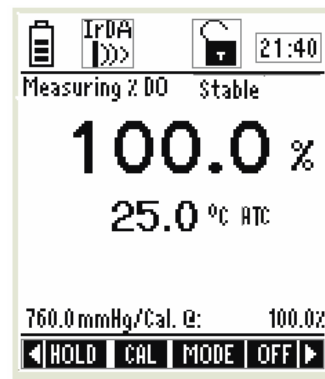
Jednobodovou kalibraci proveďte na vzduchu v režimu 100% saturace. Zmáčkněte CAL (F2). Opláchněte čidlo destilovanou vodou (A), osušte, ale nedotýkejte se spodní části čidla – membrány.



(A)



(B)



(C)

Vymažte předešlou kalibraci pomocí funkce **CLR-C** (B) a potvrďte - *enter*. Vyčkejte na ustálení signálu čidla (*Stable*) pro 100% saturaci (na displeji dole bliká 100%) a potvrďte - *enter*. Druhou hodnotu nepotvrzujte (na displeji dole bliká 0%), zvolte klávesu *esc*. Poté se na displeji objeví hodnota 100%, což odpovídá maximální saturaci, tj. obsahu kyslíku ve vzduchu (C). Na displeji nahoře se přepne kalibrace (*Calibration* (B)) na měření (*Measuring % DO* (C)) a přístroj je tak připraven. Stiskem klávesy *MODE* je možné přepnout měřící rozsah na jednotky mg/L.