

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra energetických zařízení



Jan Novosád

Měření vlastností vody pro tažnou nádrž
(Measurement of water for application in a towing tank)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Novotný, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Hana Lisová

Rozsah práce:

Počet stran: 34

Počet obrázků: 12

Počet tabulek: 0

Počet grafů: 2

Počet příloh: 5

Liberec 2012

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá měřením elektrické vodivosti roztoku vody s NaCl, ověřením závislosti vodivosti na koncentraci roztoku a stanovením postupu pro určení množství soli, které je třeba přidat do tažné nádrže, aby byly zajištěny vhodné podmínky pro sledování obtékání těles. Při laboratorním měření je ověřováno i tvrzení, že pH roztoku soli NaCl ve vodě nabývá hodnoty přibližně pH 7. Měření je provedeno pro vodu z vodovodního řadu a destilovanou vodu a výsledky jsou vzájemně porovnány. Dále je popsáno a provedeno měření pH vody a množství rozpuštěného kyslíku v nádrži a zhodnocena možnost použití přípravků pro chemické ošetření vody. Pro všechna měření je použit multifunkční měřicí přístroj Almemo s příslušnými sondami. Součástí práce je také návrh umístění a konstrukce upevnění měřicích sond v nádrži.

Anotation

This bachelor thesis deals with the measurement of electrical conductivity of water with NaCl solution, verification conductivity depending on the concentration of the solution and providing for a procedure to determine the amount of salt to be added to the towing tank to ensure proper conditions for monitoring body wrap. The measurement is done for tap water and distilled water and the results are compared with each other. It describes the measurements of pH and oxygen solubility in the solution and evaluate the possibility of using chemical products for water treatment. I use ALMEMO multifunction meter with relevant probes. The thesis also includes design and construction of preparation for measuring probes in the tank.

Klíčová slova

tažná nádrž, destilovaná voda, potenciometrie, konduktometrie, vodivost, pH, rozpuštěný kyslík

Keywords

towing tank, distilled water, potentiometry, conductometry, conductivity, pH, dissolved oxygen

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum 25.5.2012

Podpis

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date 25.5.2012

Signature

Obsah

Seznam použitých veličin, konstant a symbolů	8
1 Úvod	9
2 Měřené veličiny a principy měření	10
2.1 Elektrická vodivost elektrolytu	10
2.2 Měření vodivosti	11
2.3 Závislost specifické vodivosti na koncentraci a teplotě	12
2.4 Vodíkový exponent pH	12
2.5 Měření pH	13
2.6 Kyslík rozpuštěný ve vodě	14
2.7 Elektrochemické stanovení rozpuštěného kyslíku	15
2.8 Měření teploty pomocí termistoru	15
3 Měřicí přístroje, sondy a pomůcky	17
3.1 Měřicí přístroj Almemo 2590-4S	17
3.2 Sonda pro měření vodivosti	18
3.3 Sonda pro měření pH	19
3.4 Sonda pro měření obsahu rozpuštěného kyslíku	19
3.5 Kalibrační roztoky	20
3.6 Laboratorní váha Kern	21
3.7 Skleněná nádoba	21
3.8 Ostatní pomůcky	22
4 Laboratorní měření	23
4.1 Měřicí aparatura	23
4.2 Kalibrace přístrojů a sond	24
4.2.1 Postup kalibrace na přístroji Almemo	24
4.2.2 Vodivostní sonda	24
4.2.3 Sonda pro měření pH	25
4.2.4 Sonda pro měření obsahu kyslíku	25
4.2.5 Laboratorní váha	25
4.3 Vlastní měření	25

4.4	<i>Přesnost výsledků a nejistoty měření</i>	26
4.5	<i>Výsledky měření</i>	26
5	Aplikace získaných poznatků pro tažnou nádrž	28
5.1	<i>Odvození výpočtu pro stanovení množství přidané soli</i>	28
5.2	<i>Ověření vztahu pro určení množství soli sypané do nádrže</i>	28
5.3	<i>Ověření možnosti použití chemických přípravků</i>	29
6	Umístění měřicích sond v nádrži	30
7	Závěr	32
	Použitá literatura a zdroje	34

Seznam použitých veličin, konstant a symbolů

a.....	aktivita složky	[mol/l]
a, b.....	rozměry podstavy nádrže	[m]
c.....	hmotnostní koncentrace	[g/l][kg/m ³]
c(O ₂).....	hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku	[mg/l]
E	elektrodotový potenciál	[V]
G.....	elektrická vodivost	[S]
h.....	výška hladiny	[m]
K.....	odporová kapacita vodivostní nádoby	[m ⁻¹]
l	vzdálenost elektrod, délka vodiče	[m]
m	hmotnost přidané soli	[kg]
n.....	počet vyměňovaných elektronů	[-]
p.....	atmosférický tlak při měření	[kPa]
R.....	elektrický odpor	[Ω]
S	plocha průřezu	[m ²]
T	termodynamická teplota	[K]
U.....	rovnovážné napětí článku	[V]
w(O ₂).....	poměrné nasycení rozpuštěného kyslíku	[%]
κ.....	specifická vodivost	[S / m]
Λ.....	molární vodivost	[S . m ² / mol]
ρ.....	měrný odpor (rezistivita)	[Ω . m]
F	Faradayova konstanta	96 485,31 C/mol
p _A	standardní atmosférický tlak	101,325 kPa
R.....	univerzální plynová konstanta	8,314 J/(mol. K)
e ⁻	elektron	
j,k,m,o	koefficienty ve stechiometrické rovnici	
X,Y,W,Z.....	jednotlivé složky ve stechiometrické rovnici	

1 Úvod

Tažná nádrž,¹ umístěná v laboratoři LDA Technické univerzity v Liberci, je určena ke sledování a simulaci obtékání těles. Pracovním prostředím je užitková voda z vodovodu s následnou chemickou úpravou.

Po napuštění nádrže je voda chemicky ošetřena přípravky používanými pro údržbu bazénové vody, které zajišťují odpovídající čistotu vody potřebnou pro měření. V současné době se používají přípravky bazénové chemie produktové řady Azuro firmy Mountfield, konkrétně Flokul, Mini-OXI a Mini-BIO². Flokul projasňuje vodu tím, že z malých nečistot vytvoří vločky, které se následně zachytí ve filtračním zařízení. Současné použití přípravků Mini-OXI a Mini-BIO způsobí kyslíkovou desinfekci vody a likvidaci organických nečistot. Před aplikací přípravků je třeba změřit a případně upravit hodnotu pH vody do rozmezí pH (6,8-7,4). Přípravek Mini-OXI je třeba použít, pokud je hodnota obsahu rozpuštěného kyslíku menší než 8 mg/l, případně se této hranici blíží. Jeho použitím dojde ke zvýšení koncentrace aktivního kyslíku o cca +6 mg/l.

Při měření je vírová stezka za tělesem zvýrazněna částicemi cínu, které proud odtrhává z drátku upevněného k tělesu. Odtrhávání popisuje elektrolytický děj. Jednu elektrodu tvoří zmíněný cínový drátek, druhou je měděný plech ponořený do nádrže. Elektrolytem je voda v nádrži. Chemicky čistá voda (H_2O) je však obecně považována za nevodič. Užitková voda obsahuje určité množství solí a nečistot, které způsobují její vodivost, ale pro potřeby experimentu tento obsah nestačí. Pro zvýšení vodivosti sypeme do vody kuchyňskou sůl NaCl a to v takovém množství, aby výsledná vodivost vody v nádrži byla přibližně 2,14 mS/cm.

Pro použití přípravků pro chemické ošetření vody a její úpravu pro experimenty je tedy nutné zjišťovat hodnoty pH, obsahu kyslíku ve vodě a její vodivosti.

¹ LISOVÁ, Hana. Návrh a konstrukce tažné nádrže. Liberec, 2008. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra energetických zařízení.

² MOUNTFIELD. Doplnkové přípravky. Mountfield.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z <http://www.mountfield.cz/bazenova-chemie-doplnkove-pripravky>

2 Měřené veličiny a principy měření

2.1 Elektrická vodivost elektrolytu

Pro elektrický odpor elektrolytu platí Ohmův zákon. Lze ho vypočítat ze vztahu

$$R = \varrho \cdot \frac{l}{S} \quad (2.1)$$

Elektrickou vodivost G definujeme jako převrácenou hodnotu elektrického odporu, její jednotkou je siemens [S]. Z definice a rovnice (2.1) vyplývá vztah pro elektrickou vodivost G :

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{\varrho} \cdot \frac{S}{l} \quad (2.2)$$

Z této rovnice je zřejmé, že elektrická vodivost závisí nepřímo úměrně na vzdálenosti měřicích elektrod l a přímo úměrně na jejich ploše S .

Vzhledem k tomu, že člen S/l souvisí s tvarem a rozměry vodivostní nádoby, zavádíme tzv. odporovou kapacitu nádoby K , která charakterizuje příslušnou nádobku.

$$K = \frac{l}{S} \quad (2.3)$$

Protože nelze předpokládat přesnou paralelnost elektrod ani homogenitu elektrického pole, které je předpokladem Ohmova zákona, není možné stanovit odporovou kapacitu nádoby z rovnice (2.3), ale stanovíme ji kalibrací roztokem o známé vodivosti. Obvykle používáme roztok chloridu draselného KCl.

Pro porovnání hodnot z měření na různých přístrojích nemá hodnota elektrické vodivosti G žádnou vypovídající hodnotu bez uvedení odporové kapacity nádoby. Zavádíme proto tzv. specifickou vodivost (konduktivitu), značíme κ , pro kterou platí

$$\kappa = \frac{1}{\varrho} \quad (2.4)$$

Její jednotkou je $\kappa = [\text{S/m}]$. Vzhledem k velikosti a vzdálenosti měřicích elektrod a měřených hodnot se uplatňuje jednotka mS/cm.

Použitím rovnic (2.2), (2.3) a (2.4) upravíme vztah pro elektrickou vodivost na:

$$G = \frac{\kappa}{K} \quad (2.5)$$

z kterého vyjádříme specifickou vodivost roztoku:

$$\kappa = K \cdot G = \frac{K}{R} \quad (2.6)$$

Tato hodnota je vhodná pro porovnání naměřených hodnot při použití různých přístrojů.

„V některých případech (u málo vodivých roztoků) se od takto zjištěné hodnoty κ odečítá ještě vodivost vody použitá k přípravě roztoku (je způsobena hlavně rozpuštěným kyslíčným uhlíkatým), aby se zjistila vodivost způsobená jen vlastním elektrolytem.³“

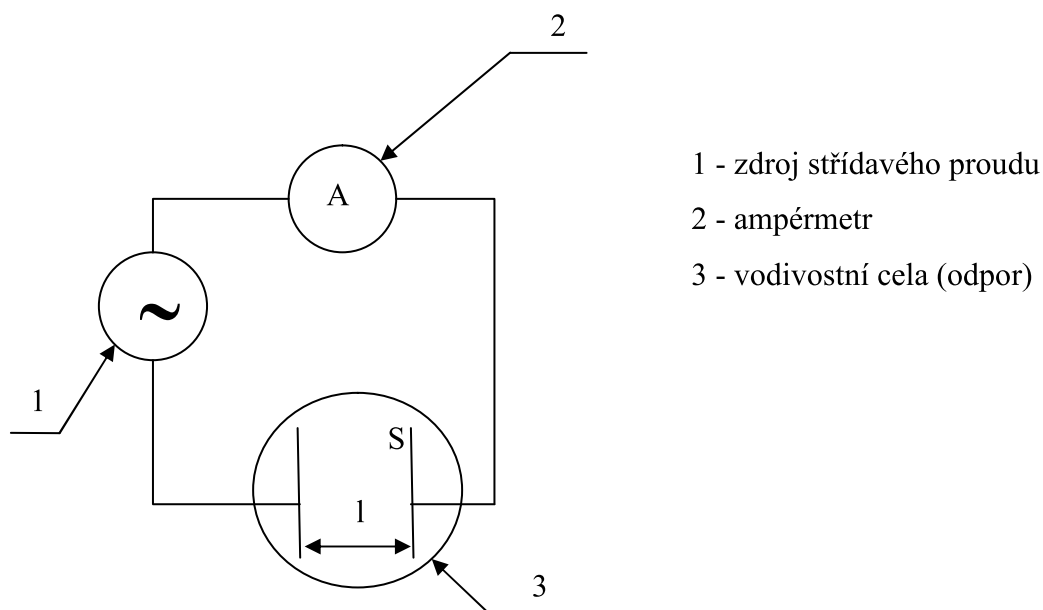
2.2 Měření vodivosti

Pro měření vodivosti se užívá přístroje zvaného konduktometr. Přístroj se skládá z detekční a vyhodnocovací části. Detekční část je tvořena dvěma paralelními deskami (elektrodami), mezi nimiž je zkoumaný elektrolyt. Tato část je nazývána vodivostní nádobkou (celou). Vyhodnocovací část zobrazuje analogově nebo digitálně na displeji hodnotu vodivosti.

Na elektrody zavedeme střídavé napětí, aby nedocházelo k elektrolýze zkoumaného roztoku.

Starší přístroje byly založeny na principu můstkových metod. Měřenou hodnotou byl elektrický odpor vodivostní cely a specifická vodivost byla určena podle rovnice (2.6). Moderní přístroje, jako mnou použitý přístroj Almemo, pracují na principu měření velikosti proudu protékajícího obvodem. Z výše uvedených vzorců a Ohmova zákona vyplývá, že po vložení napětí na elektrody dochází k průchodu elektrického proudu, jehož velikost je přímo úměrná vodivosti měřeného roztoku. Z velikosti protékajícího proudu přístroj vyhodnotí hodnotu vodivosti. Princip měření vodivosti je na Obr. 1.

³ REGNER, Albert. Technická elektrochemie 1. Praha:Academia, 1967. s. 85



Obr. 1 Princip měření vodivosti

2.3 Závislost specifické vodivosti na koncentraci a teplotě

Se vzrůstající koncentrací elektrolytu (při konstantní teplotě) roste hodnota specifické vodivosti nejdříve přibližně lineárně, protože přidáním soli dochází ke zvýšení množství iontů v objemu. V případě dobře rozpustných elektrolytů dochází ke zpomalování růstu vodivosti až do bodu maxima. Následným zvyšováním koncentrace elektrolytu dochází k poklesu vodivosti, což je způsobeno klesající pohyblivostí iontů.

S pohybem iontů souvisí i závislost vodivosti elektrolytů na teplotě. Při vzrůstu teploty dochází ke zvýšení pohyblivosti iontů, proto roste i vodivost. Vzroste-li teplota o 1 °C, vzroste vodivost o 1 až 3%.⁴

2.4 Vodíkový exponent pH

„Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů. Ve zředěných vodných roztocích lze hodnotu aktivity aproximovat hodnotou koncentrace a pak platí:

$$pH = -\log (c(H_3O^+)) \quad (2.7)$$

⁴ REGNER, Albert. Technická elektrochemie 1. Praha:Academia, 1967. s. 86

⁵ pH .Wikipedie:Otevřená encyklopedie [online]. [cit. 2011-10-25]. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/PH>

Oxoniové kationty H_3O^+ a hydroxylové anionty OH^- jsou ve vodném roztoku zastoupeny ve velmi malých koncentracích. Součin koncentrací obou iontů je vždy roven hodnotě 10^{-14} . Pokud převažují oxoniové kationty mluvíme o kyselém roztoku, který má pH v rozmezí 0 až 7. V opačném případě (převaha hydroxylových aniontů) se jedná o zásaditý roztok s pH v rozmezí 7 až 14. Neutrální hodnotou je pH 7, což odpovídá stejným koncentracím H_3O^+ a OH^- ($c=10^{-7}$).

2.5 Měření pH

Pro měření pH je možné využít různých principů měření. Nejjednodušším je využití tzv. acidobazických indikátorů, což jsou látky měnící zabarvení v závislosti na pH roztoku. Zabarvení porovnáme s barevnou škálou, která má kalibrované hodnoty pH. Používanými látkami jsou například lakmus nebo fenolftalein. Používá se především pro orientační zjištění hodnoty pH, protože nejsou příliš přesné.

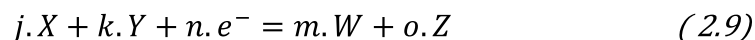
Nejčastějším způsobem stanovení pH je potenciometrické měření. Jedná se o elektrochemickou analytickou metodu. Měřicí zařízení (článek) se skládá ze dvou elektrod - měrné a referenční. Prostor mezi elektrodami vyplňuje roztok elektrolytu. Při měření vyhodnocujeme rozdíl potenciálů mezi elektrodami (rovnovážné napětí článku).

$$U = E_{\text{měr}} - E_{\text{ref}} \quad (2.8)$$

Indexy značí měrnou (měr) a referenční (ref) elektrodu.

Referenční elektroda má konstantní potenciál, potenciál měrné elektrody se mění v závislosti na koncentraci měřeného roztoku.

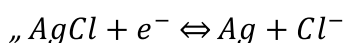
Elektrodový potenciál má souvislost s dějem, který probíhá na elektrodě. Děj zapíšeme jako chemickou rovnici ve směru redukce:



Velikost potenciálu elektrody E lze určit pomocí Nernstovy rovnice⁶:

$$E = E^0 - \frac{R.T}{n.F} \cdot \ln \frac{a^m(W).a^o(Z)}{a^j(X).a^k(Y)} \quad (2.10)$$

Jako příklad uvádím chemickou rovnici pro děj na referenční chloridostříbrné elektrodě a vzorec pro výpočet jejího potenciálu podle rovnic (2.9) a (2.10):



$$E = E^0(\text{AgCl}, \text{Ag}) - \frac{R.T}{F} \cdot \ln [\text{Cl}^-] \text{”}$$

⁶ KROFTA, Jiří. Návod pro laboratorní cvičení z analytické chemie II. Praha: VŠCHT 1994 s. 2

Výpočet provádíme ve čtyřech krocích:

- 1) zapíšeme a vyčíslíme rovnici elektrodového děje (2.9)
- 2) členy rovnice z bodu 1. zapíšeme do Nernstovy rovnice (2.10)
- 3) dosadíme hodnoty aktivit a standardního elektrického potenciálu (vyhledáme např. v tabulkách)
- 4) vypočteme neznámý elektrodový potenciál

Hodnotu standardního elektrodového potenciálu lze nalézt v chemických tabulkách. Podle dohody je tato hodnota vždy vztažena k potenciálu vodíkové elektroda, jejíž potenciál je nulový pro všechny teploty.

Přístroje určené k měření pH zpravidla umožňují zobrazit přímo hodnoty pH.

2.6 Kyslík rozpuštěný ve vodě

Kyslík patří mezi plyny, které při rozpuštění ve vodě nevytváří iontové sloučeniny. „Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě se vyjadřuje v hmotnostní koncentraci (mg.l^{-1}) a v procentech nasycení vody kyslíkem, vztažených k rozpustnosti (rovnovážné koncentraci) kyslíku ve vodě za dané teploty vody a daného atmosférického tlaku.“⁸

Rozpustnost kyslíku pro teplotu vody a standardní atmosférický tlak zjistíme z tabulek⁹. Označíme ji $c'(O_2)$. Rozpustnost kyslíku pro atmosférický tlak p a teplotu vody označíme $c''(O_2)$. Pro výpočet této hodnoty použijeme vztah:

$$c''(O_2) = \frac{p}{101,325} \cdot c'(O_2) \quad (2.11)$$

Skutečnou hodnotu rozpustnosti vyjádřenou jako hmotnostní koncentraci rozpuštěného kyslíku $c(O_2)$ určíme ze vztahu:

$$c(O_2) = \frac{c'(O_2)_m}{c'(O_2)_k} \cdot c(O_2)_m \quad (2.12)$$

Index m označuje hodnotu, vztahující se k měřenému vzorku, index k značí hodnotu při teplotě kalibrace.

Rozpustnost kyslíku ve vodě závisí také na koncentraci minerálů ve vodě, ale rozdíl hodnot vody bez a s minerály je velmi malý a klesá i s teplotou vody, proto není potřeba provádět korekci na obsah rozpuštěných minerálů.¹⁰

⁷ VOLKA, K., M. TKADLECOVÁ a K. ZÁRUBA. Příklady z analytické chemie pro bakaláře. Praha: VŠCHT 2010. s. 60

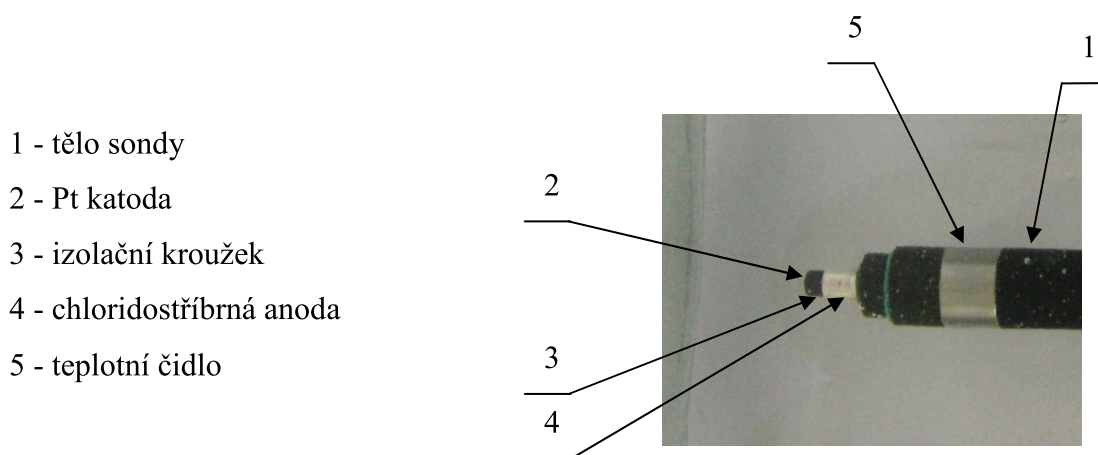
⁸ HORÁKOVÁ, Marta. Analytika vody. Praha: VŠCHT 2007. s. 205

⁹ HORÁKOVÁ, Marta. Analytika vody. Praha: VŠCHT 2007. s. 213. Tabulka 4-3

2.7 Elektrochemické stanovení rozpuštěného kyslíku

Tato metoda využívá principu potenciometrického měření. Měřicí člen se opět skládá z měrné a referenční elektrody. Příklad uspořádání elektrod je na Obr. 2. Prostor mezi elektrodami vyplňuje vhodný elektrolyt. Celý člunek je od měřené látky oddělen tenkou membránou z polyethylenu nebo teflonu. Membrána propouští do prostoru mezi elektrody pouze plyny. Celý člunek je navržen tak, aby s elektrodami reagoval pouze kyslík. Při reakci kyslíku s elektrodami dochází ke vzniku hydroxidových (na katodě) a kovových iontů (na anodě). „Takto vznikající proud je přímo úměrný transportní rychlosti kyslíku membránou a vrstvou elektrolytu, a tedy i parciálnímu tlaku rozpuštěného kyslíku ve vzorku vody za dané teploty vody a daného atmosférického tlaku.“¹¹

Propustnost membrány je značně závislá na teplotě, proto hodnoty z měření při různých teplotách vody musí být kompenzovány. Většina moderních přístrojů však kompenzaci provádí automaticky.



Obr. 2 Schéma kyslíkového senzoru

2.8 Měření teploty pomocí termistoru

Termistor je elektrická součástka s teplotně závislým odporem. Podle druhu závislosti rozlišujeme dva typy termistorů - NTC a PTC. Typ NTC má negativní závislost na teplotě, tzn., že když zvýšíme teplotu, odpor klesá a naopak. Typ PTC funguje obráceně, tj. se zvyšující se teplotou roste i odpor.

¹⁰ HORÁKOVÁ, Marta. Analytika vody. Praha: VŠCHT 2007. s. 213

¹¹ HORÁKOVÁ, Marta. Analytika vody. Praha: VŠCHT 2007. s. 215

Před měřením je třeba znát VA charakteristiku termistoru. Následně měříme buď napětí na termistoru a z něj počítáme s využitím Ohmova zákona ($R=U/I$) elektrický odpor, nebo měříme přímo hodnotu odporu. Výrobce udává pro termistor tabulku hodnot, ze které lze podle hodnoty elektrického odporu odečíst teplotu.

3 Měřicí přístroje, sondy a pomůcky

Pro měření jsem využil sady pro měření vlastností vody, umístěné ve speciálním kufru (dále označovaný jako „měřicí kufr“), který je součástí vybavení laboratoře LDA. Kufr obsahuje měřicí přístroj, měřicí sondy (pro měření vodivosti, pH, obsahu rozpuštěného kyslíku, průtokoměr, snímač tlaku a další), kalibrační roztoky a další příslušenství, například programovatelnou jednotku pro připojení vlastního snímače, manuál k přístroji, prodlužovací kabely. Další pomůcky byly rovněž zapůjčeny z vybavení laboratoře LDA.

3.1 Měřicí přístroj Almemo 2590-4S

Pro měření požadovaných hodnot použijeme měřicí přístroj Almemo 2590-4S¹², který je součástí vybavení laboratoře. Jedná se o univerzální měřicí přístroj s možností připojení až 4 různých měřicích sond. K připojení sondy k přístroji slouží speciální sběrnice, která obsahuje malou programovatelnou jednotku, v které jsou uloženy údaje sloužící k identifikaci sondy, hodnoty pro kalibraci, korekční faktory, případně další údaje pro potřeby vyhodnocení naměřených dat.

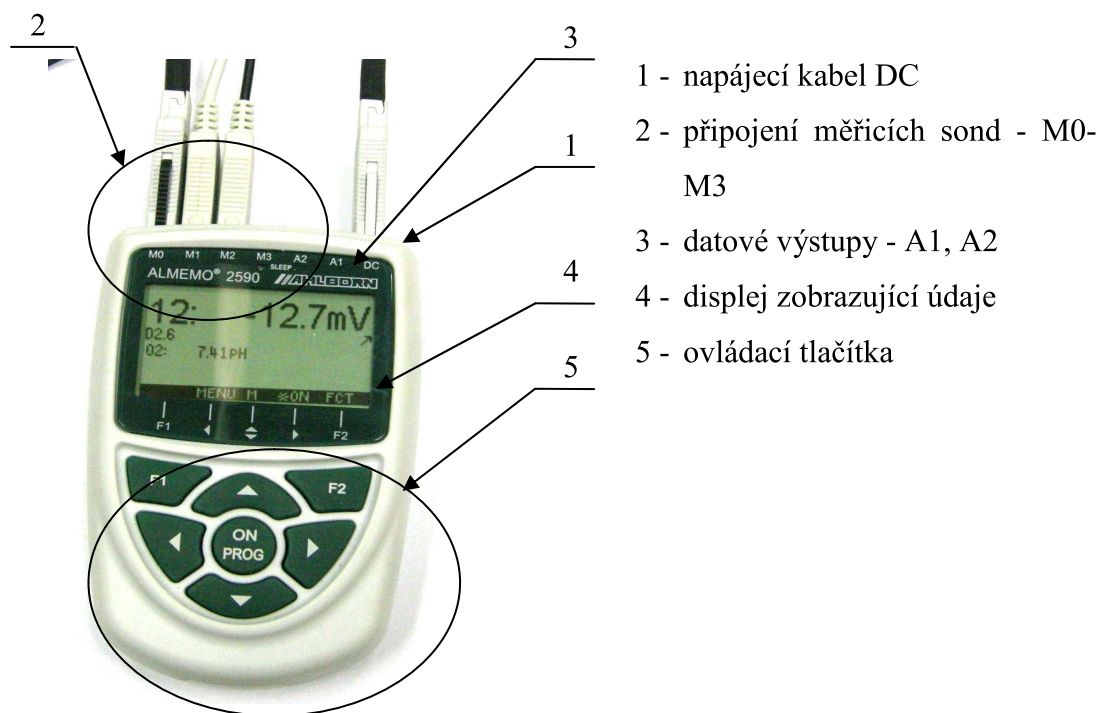
Pro zobrazení měřených hodnot slouží velký černobílý displej v horní části přístroje. V případě měření ve stinných prostorách je možné zapnout podsvícení displeje pro lepší čitelnost. Kromě vlastních hodnot přístroj zobrazuje i údaj o korekcích měřených hodnot, konkrétně symbol „CT“ značí korekci na teplotu a „CP“ korekci na tlak.

Naměřená data dokáže přístroj zaznamenávat do vnitřní paměti, na vyměnitelné médium (paměťová karta MMC) nebo prostřednictvím kabelu přímo do počítače. Je možné použít USB kabel, ethernetový kabel nebo kabel se sběrnici RS 232. Popis vnějších částí přístroje je uveden na Obr. 3.

Funkce ovládacích tlačítek závisí na připojených sondách. Konkrétní význam je symbolicky naznačen ve spodní části displeje (černý pruh).

Napájení zajišťují tři AA baterie nebo napájecí adaptér 230/12V. Díky provozu na baterie je přístroj vhodný pro měření prakticky v jakémkoliv prostředí. Katalogový list přístroje je uveden v příloze 1.

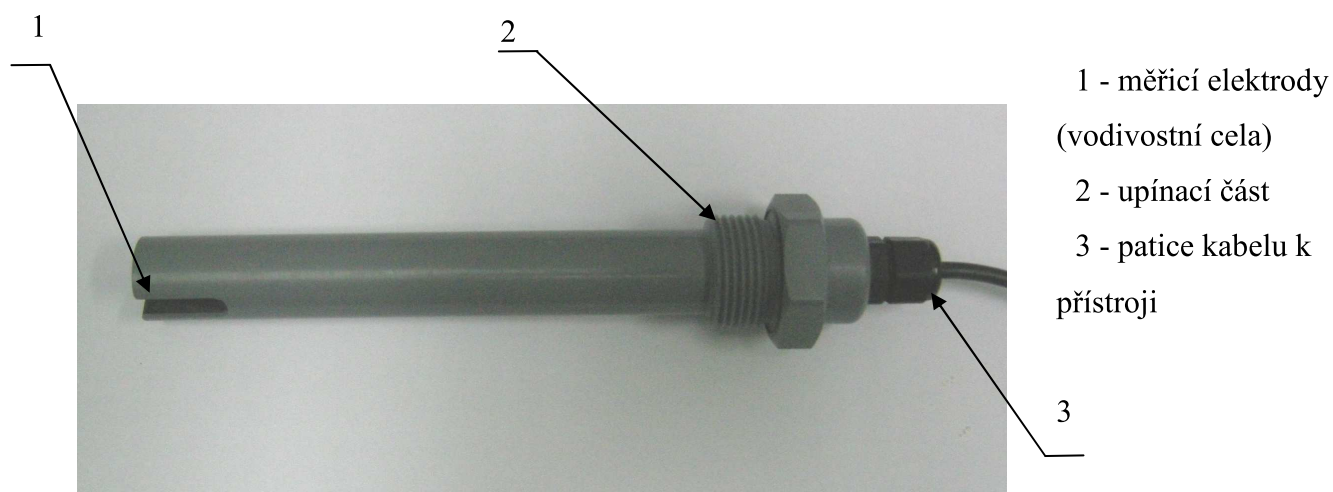
¹²AHLBORN. Katalogový list MA 2590. Ahlborn.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z <http://www.ahlborn.cz/download/File/katlistMA2590.pdf>



Obr. 3 Měřicí přístroj Almemo 2590-4S

3.2 Sonda pro měření vodivosti

Vodivostní sonda (katalogové označení FYA641LFP1)¹³ je součástí příslušenství k přístroji Almemo. Tělo je vyrobeno z PVC. Princip měření je uveden v kapitole 2.2 .



Obr. 4 Sonda pro měření vodivosti

¹³ SONDA VODIVOSTI. Katalog. Ahlborn.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z <http://www.ahlborn.cz/download/File/vodivost.pdf>

Měřicí rozsah sondy je (0,01 - 20) mS/cm při jmenovité teplotě (25±3) °C. Konstanta vodivostní cely je ca. 1 cm⁻¹.

Pro hodnoty (0,01 -5) mS/cm je přesnost ± 1% měřené hodnoty + 0,05mS a pro hodnoty (5 - 20) mS/cm je přesnost ± 2% měřené hodnoty + 0,05mS.

V tělese sondy je umístěno teplotní čidlo NTC typu N. Měřicí přístroj provádí při měření automatickou korekci hodnoty vodivosti v závislosti na teplotě v rozsahu (-5 - 70) °C. Závislost vodivosti na teplotě je lineární, s kompenzačním koeficientem 1,9.

3.3 Sonda pro měření pH

Sonda (katalogové označení FY96PHEK)¹⁴ je použitelná pro měření v rozmezí (1 -13) pH při teplotách od 0 °C do 60 °C. Měrná elektroda je stříbrná, referenční elektroda je chloridostříbrná. Jako elektrolyt je použit roztok 3mol KCl. Vzhledem ke křehkosti skla tvořícího tělo sondy je sonda umístěna v plastovém pouzdře, z kterého se vyjímá pouze na dobu nezbytnou pro měření (viz. Obr. 5).

Nejistota měření se určí při kalibraci.

3.4 Sonda pro měření obsahu rozpuštěného kyslíku

Sondu (katalogové označení FYA640O2)¹⁵ lze použít pro měření obsahu rozpuštěného kyslíku v rozmezí (0 - 260) % nasycení, nebo (0 -40) mg/l při teplotách od 0 °C do 40 °C. Měřicí část je tvořena platinovou katodou, chloridostříbrnou referenční elektrodou a teflonovou membránou. Prostor mezi elektrodami je vyplněn roztokem Na₂SO₃.

Doba odezvy sondy je přibližně 10-15 s. Přesnost měření obsahu rozpuštěného kyslíku je < ± 1% měřené hodnoty. Součástí sondy je termistor NTC typu N. Přesnost měřených teplot je ±0,4 °C pro teploty od -20°C do 0°C a ±0,1°C pro teploty od 0°C do 70°C. Současné měření teploty umožňuje automatickou korekci na



Obr. 5 Sonda pro měření pH

¹⁴ PH SONDA PHEK. Katalog. Ahlborn.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z <http://www.ahlborn.cz/download/File/PH.pdf>

¹⁵ SNÍMAČ ROZPUŠTĚNÉHO KYSLÍKU. Katalog. Ahlborn.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z <http://www.ahlborn.cz/download/File/O2voda.pdf>

teplotu. Jmenovité podmínky, ke kterým je naměřená hodnota korigována jsou teplota $(25 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ a tlak 1013 mbar (tj. 101,3 kPa) .

Aby nedocházelo ke zkreslování měření v důsledku spotřebování kyslíku v



Obr. 6 Sonda pro měření obsahu rozpuštěného kyslíku

okolí sondy musí být zajištěno proudění měřené kapaliny kolem membrány (míchadlem, umístěním do proudící vody, pohybováním sondou).

3.5 Kalibrační roztoky

Součástí měřicího kufru je sada kalibračních roztoků (viz. Obr. 7). Na obrázku



Obr. 7 Kalibrační roztoky

jsou (zleva) roztok KCl pro kalibraci vodivostní sondy (hodnota vodivosti 2,765 mS/cm) a tři roztoky pro kalibraci pH sondy (pH 4, pH 7 a pH 10);

3.6 Laboratorní váha Kern

Pro měření jsem měl k dispozici váhu Kern PBJ620-3M. Váha má vážící rozsah od 1mg do 620 g. Přesnost měření je 0,001 g. Je použitelná pro teploty od +10 do +30°C. Vážené předměty se pokládají na nerezovou desku o rozměrech 108 x 105 mm. V zadní části je umístěna libela. Pro vyrovnaní váhy do vodorovného směru slouží stavitelné nohy. Měřené hodnoty zobrazuje digitální displej. Je možné zobrazit výslednou hodnotu v g, kg, ct. (centech) nebo pcs (kusech).



Obr. 8 Laboratorní váha Kern

3.7 Skleněná nádoba

Pro měření jsem použil skleněnou nádobu o rozměrech 100 x 100 x 200 mm. Na jedné stěně nádoby jsem udělal rysku ve výšce 100 mm nade dnem a po naplnění vodou do této úrovně byl zajištěn objem kapaliny uvnitř nádoby 1 dm³.

3.8 Ostatní pomůcky

kádinkapoužita jako nádoba pro kalibrační roztoky

stojanupevnění sond (v držácích)

lžičkadávkování soli, míchání roztoku voda+sůl

sůl NaClsložka roztoku

voda.....složka roztoku

hadr

4 Laboratorní měření

Laboratorní měření bylo provedeno pro destilovanou vodu a vodu z vodovodního řádu. V jednotlivých krocích bylo zvyšováno množství soli NaCl o 0,1g pro celkové množství od 0 do 3g soli a dále o 0,5g pro celkové množství od 3 do 10g. Výsledkem měření jsou závislosti vodivosti a pH na koncentraci roztoku.

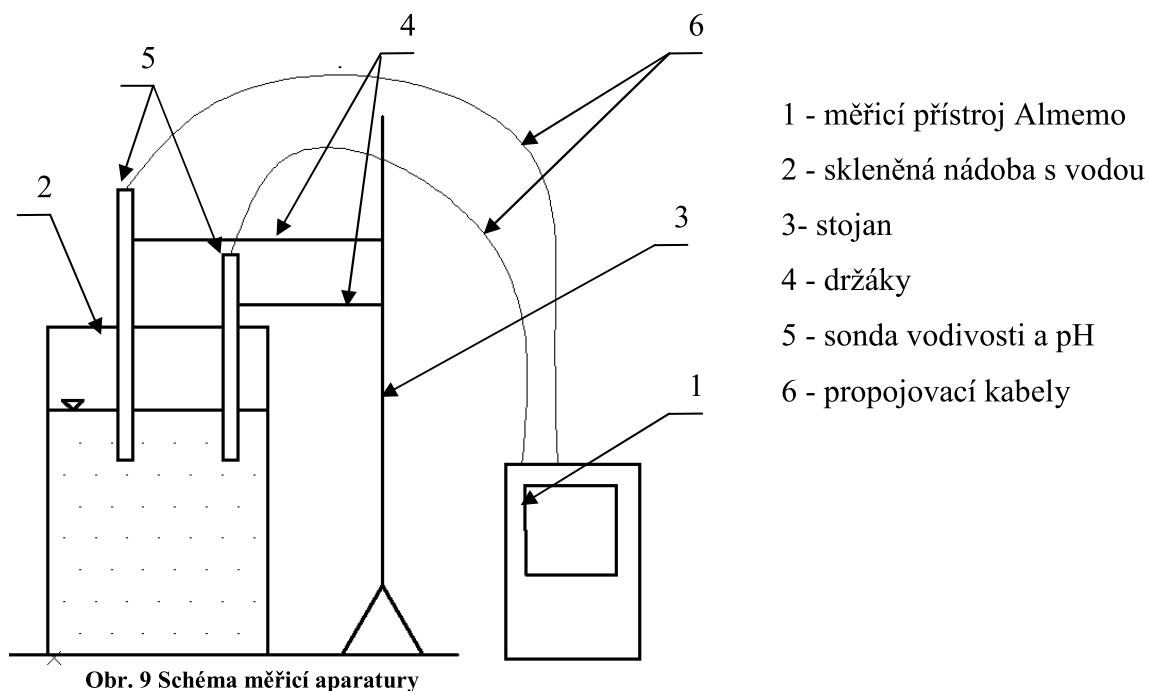
Měření obsahu kyslíku nebude předmětem laboratorního měření, protože tato hodnota je ovlivněna při styku vody s okolním vzduchem, proto bude postup měření uveden pouze pro nádrž (důležité pro aplikaci přípravku pro chemické ošetření Mini-OXI)

4.1 Měřicí aparatura

Před začátkem měření si připravíme všechny pomůcky a přístroje, kterými jsou:

- měřicí přístroj Almemo
- sondy vodivosti, pH
- kalibrační roztoky
- laboratorní váha
- skleněná nádoba, kádinka
- lžička, list papíru
- kuchyňská sůl NaCl
- destilovaná voda, voda z vodovodního řádu
- stojan s držáky

Sestavil jsem měřicí aparaturu podle schématu na Obr. 9. Kyslíková sonda není pevně uchycena ke stojanu z důvodu uvedeného v závěru kapitoly 3.4. Pořadí připojení jednotlivých sond je libovolné. Po připojení všech potřebných sond zapneme měřicí přístroj několikavteřinovým stiskem tlačítka „ON/PROG“. Vedle měřicí aparatury umístím laboratorní váhu.



Před začátkem každého měření je třeba zkalibrovat sondy a váhu.

4.2 Kalibrace přístrojů a sond

4.2.1 Postup kalibrace na přístroji Almemo

Postup kalibrace jednotlivých sond je (ze strany přístroje) stejný a probíhá v několika krocích:

- 1) Stiskneme tlačítko „ON/PROG“ a dále tlačítko „ADJ“
- 2) Objeví se hláška „Čidlo je blokováno! Dočasně odblokovat?“. Stiskneme „OK“
- 3) Objeví se hláška „Kalibrace čidla: Požad. hodnota“ a hodnota kalibrace. Stiskneme „OK“

Tím je kalibrace hotová a můžeme začít měřit.

4.2.2 Vodivostní sonda

Pro kalibraci vodivostní sondy použijeme kalibrační roztok z měřicího kufru. Jedná se o roztok chloridu draselného KCl o koncentraci 0,02 m, který má vodivost 2,765mS/cm při 25°C. Roztok nalijeme do kádinky v takovém množství, aby při následném vnoření sondy, došlo k ponoření celé její měřicí části (výška hladiny nad dnem nádobky cca. 30 mm). Sondu ponoříme do roztoku a provedeme kalibraci podle bodu 4.2.1.

4.2.3 Sonda pro měření pH

Kalibrace pH sondy je dvoukroková. K dispozici máme kalibrační roztoky s pH 4, pH 7 a pH 10. Je třeba odhadnout, zda měřená látka bude kyselá či zásaditá a podle toho zvolit vhodné kalibrační roztoky. V mém případě předpokládám lehce zásaditou vodu, proto zvolím roztoky s pH 7 a pH 10. Nejprve kalibruji roztokem s pH 7 (podle bodu 4.2.1) a následně roztokem s pH 10. V případě, že by v průběhu měření značně klesla hodnota pH pod hodnotu pH 7, je třeba sondu překalibrovat.

4.2.4 Sonda pro měření obsahu kyslíku

Kalibrace sondy se provádí na vzduchu nasyceném vodní parou. Membránu navlhčíme destilovanou vodou a provedeme kalibraci podle bodu 4.2.1. Hodnota kalibrace je nastavena na 101%.

4.2.5 Laboratorní váha

Před použitím je nutné váhu ustavit do vodorovné polohy pomocí stavitelných nohou. Poté váhu zapneme stiskem tlačítka „ON/OFF“ a ta automaticky provede kalibraci. V případě potřeby změním zobrazované jednotky tlačítkem „Unit“

4.3 Vlastní měření

První měření jsem prováděl pro destilovanou vodu. Naplnil jsem nádobu do výšky 100mm (objem 1l¹⁶). Na měřícím přístroji jsem odečetl hodnotu vodivosti zapsal ji do připravené tabulky. Pomocí šipek měřícího přístroje jsem změnil zobrazované údaje na hodnoty z pH sondy a zapsal hodnotu pH a teploty do tabulky. Na laboratorní váze jsem navážil požadované množství soli (přesnou hmotnost navážky jsem zapsal do tabulky) a vsypal do vody. Lžičkou jsem roztok dostatečně promíchal a znovu opakoval postup měření a zápis hodnot.

Po získání všech hodnot jsem obsah nádoby vylil do umyvadla, nádobu i sondy opláchl destilovanou vodou a naplnil ji vodou z vodovodního řádu. Znovu jsem použil postup uvedený výše pro získání všech hodnot.

Ukázka z měření je na Obr. 10. V pravé části vidíme sondy upevněné pomocí držáků ke stojanu a nádobu naplněnou vodou. Na přístroji v levé části je zobrazena

¹⁶ Objem byl zvolen záměrně, aby nebylo nutné následně přepočítávat množství soli v nádobě na koncentraci. Platí, že hodnota množství soli [g] odpovídá hodnotě koncentrace [g/l]

hodnota vodivosti roztoku a teplota. Symbol „CT“ značí, že je prováděna teplotní kompenzace.

4.4 Přesnost výsledků a nejistoty měření

Hodnoty vodivosti byly měřeny a jsou uvedeny na 0,01 mS/cm. Nejistota měření vodivosti je uvedena u popisu sondy (viz. 3.2).

Hodnota pH byla měřena s přesností 0,01 pH. Výsledné hodnoty jsem zaokrouhlil 0,1 pH. Nejistota měření je dána chybou stoupání (hodnota stoupání je 0,192), kterou přístroj zobrazí po kalibraci. V mém případě je chyba stoupání 6,2 %.



Obr. 10 Laboratorní měření

4.5 Výsledky měření

Všechny hodnoty získané měřením jsou uvedeny v Příloze 2 a Příloze 3¹⁷.

Závislost vodivosti a pH na koncentraci je zobrazena na následující stránce (Graf 1 a Graf 2). Do grafů jsou vygenerovány regresní přímky s rovnicemi. Hodnotu vodivosti destilované vody lze vypočítat ze vztahu:

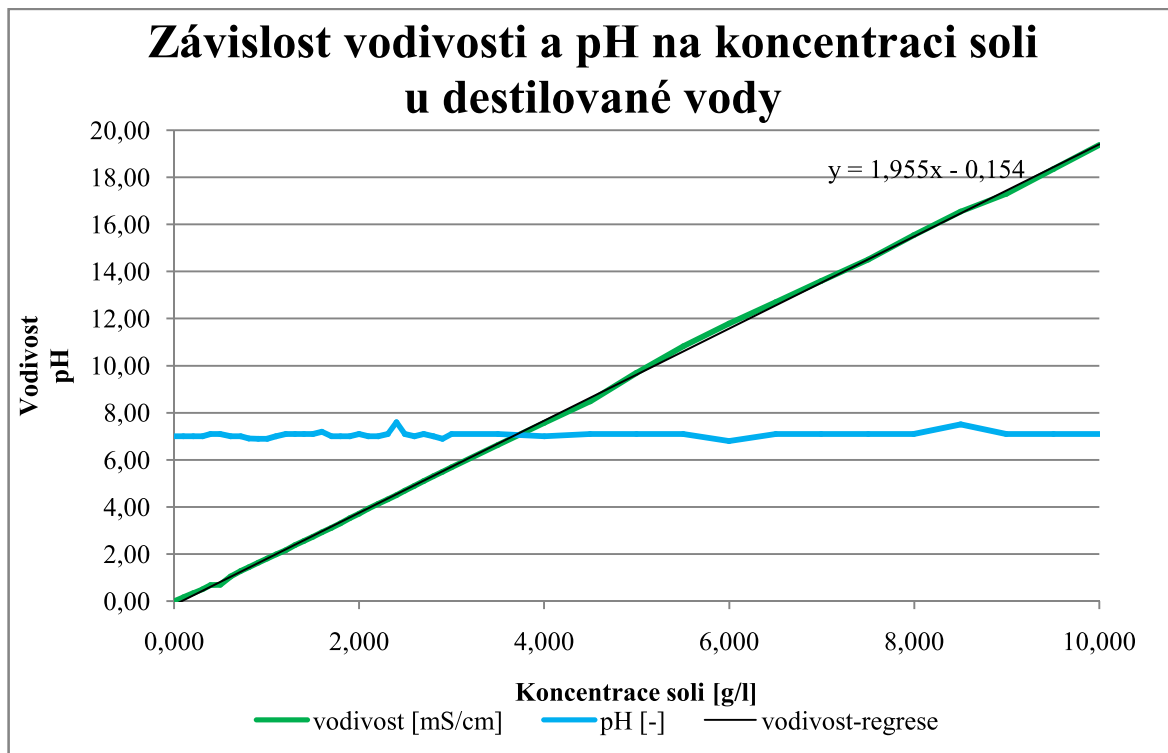
$$\kappa = 1,955 \cdot c - 0,154 \quad (4.1)$$

¹⁷ Vzhledem k automatické korekci přístroje jsou všechny hodnoty uvedeny pro teplotu 25°C.

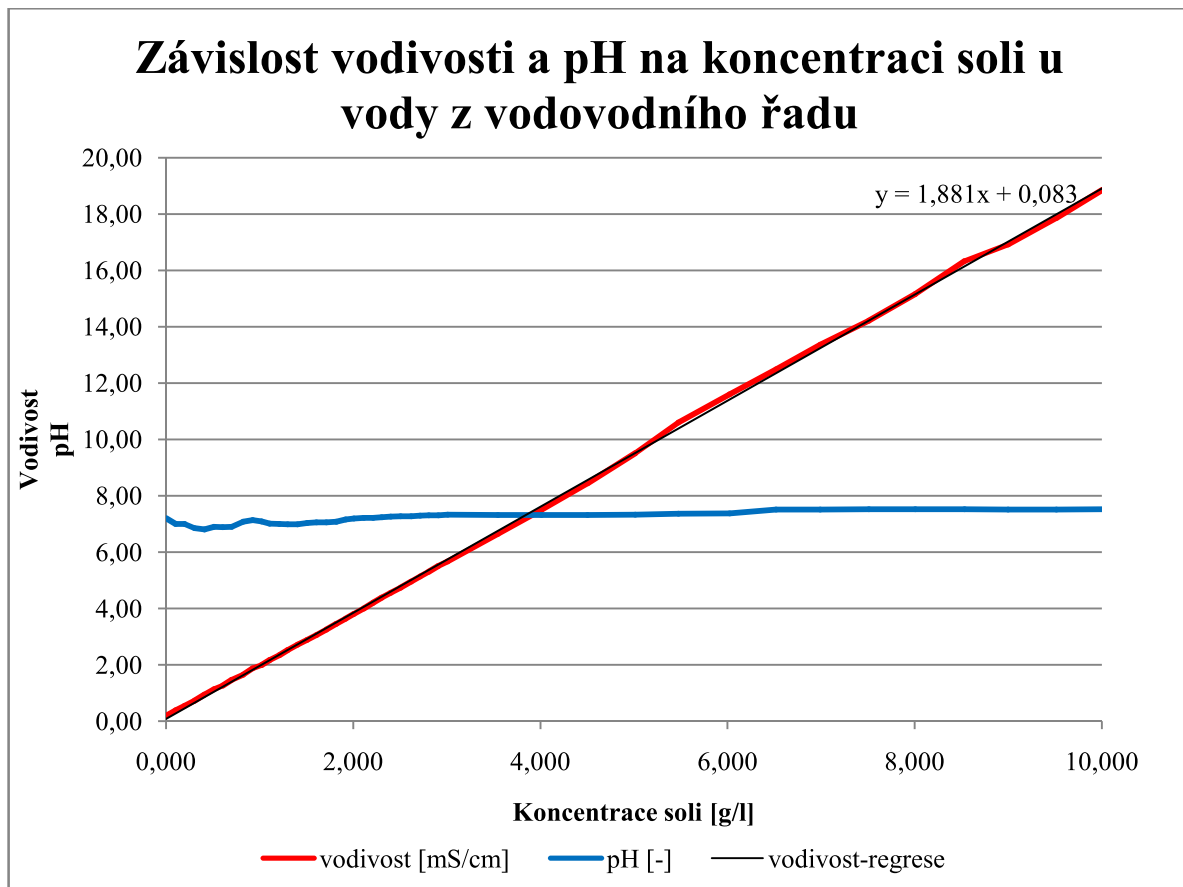
Obdobně pro vodu z vodovodního řadu platí vztah:

$$\kappa = 1,881 \cdot c + 0,083$$

(4.2)



Graf 1 Destilovaná voda - závislost vodivosti a pH na koncentraci roztoku



Graf 2 Voda z řadu - závislost vodivosti a pH na koncentraci roztoku

5 Aplikace získaných poznatků pro tažnou nádrž

5.1 Odvození výpočtu pro stanovení množství přidané soli

V požadavcích na vodu v nádrži je uvedeno, že hodnota vodivosti by měla dosahovat 2,14 mS/cm. V nádrži je používána voda z vodovodního řádu. Rozměry nádrže jsou 1000x5500 x1000mm. Výška hladiny h ve vaně může být různá (maximálně 1m). Vyjdeme-li ze vzorce pro objem kvádra $V = a \cdot b \cdot h$ a vztahu pro hmotnostní koncentraci látky v objemu $c = \frac{m}{V}$, dostaneme pro výpočet koncentrace následující vztah:

$$c = \frac{m}{a \cdot b \cdot h} \quad (5.1)$$

Dosazením do (4.2) dostaneme:

$$\kappa = 1,881 \cdot \frac{m}{a \cdot b \cdot h} + 0,083 \quad (5.2)$$

Z této rovnice vyjádříme hmotnost přidané soli m :

$$m = \frac{\kappa - 0,083}{1,881} \cdot a \cdot b \cdot h \quad (5.3)$$

Vzhledem k tomu, že rozměry a a b se nemění, lze vztah přepsat do tvaru:

$$m = \frac{\kappa - 0,083}{1,881} \cdot 1,5,5 \cdot h \approx 2,924 \cdot (\kappa - 0,083) \cdot h \quad (5.4)$$

Rovnice (5.4) je tedy empiricky odvozenou závislostí pro určení množství soli, kterou je třeba přidat do nádrže, napuštěné do výšky h [m], aby hodnota vodivosti vody v nádrži byla κ [mS/cm].

5.2 Ověření vztahu pro určení množství soli sypané do nádrže

Výpočet potřebného množství soli provedeme podle vztahu (5.4). Požadovaná vodivost je $\kappa = 2,14$ mS/cm. Pro odměření výšky hladiny jsem použil svinovací metr (přesnost ± 1 mm je dostatečná, vzhledem k ostatním rozměrům nádrže). Naměřil jsem $h = 0,60$ m.

Potřebné množství soli tedy bude:

$$m = 2,924 \cdot (2,17 - 0,083) \cdot 0,60 = 3,66 \text{ kg} \quad (5.5)$$

Odvážil jsem toto množství soli a vsypal postupně do nádrže. Kvůli rozpuštění a promíchání vody jsem zapnul oběhové čerpadlo (využívané pro filtraci nádrže) na dobu přibližně jedné hodiny. Poté jsem s využitím postupů uvedených v bodě 4 změřil elektrickou vodivost. Naměřená hodnota byla 2,13 mS/cm.

5.3 Ověření možnosti použití chemických přípravků

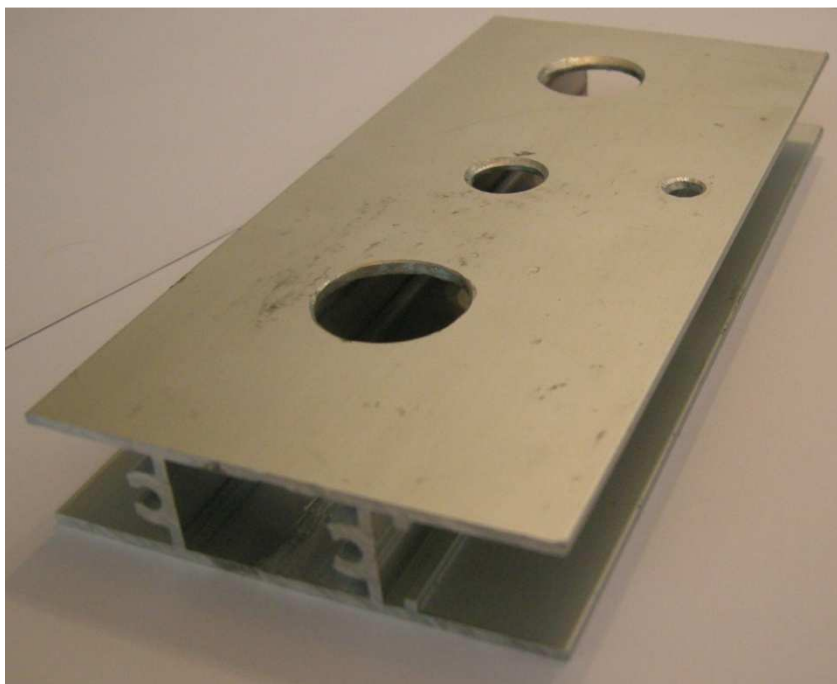
Aby bylo zajištěna odpovídající kvalita a čistota vody nesmí být hodnota aktivního kyslíku ve vodě nižší než 8mg/l a pH by mělo být v rozmezí (6,8-7,4). Pro použití bazénové chemie fy. Mountfield je předepsaná hodnota pH v rozmezí (7,0-7,4). Před užitím přípravků tedy musíme změřit hodnoty pH a obsah kyslíku ve vodě.

Připravíme si měřicí přístroj Almemo a pH a kyslíkovou sondu. Po kalibraci (viz.4.2.4) upevníme sondy pH a rozpustnosti kyslíku do přípravku v nádrži (viz. 6). Pustíme oběhové čerpadlo, aby docházelo k proudění vody(důvod je popsán v bodě 3.4) .Odečteme hodnotu pH. Při mém měření byla hodnota pH 7,2. Po vyrovnání teploty čidla a vody odečteme na přístroji hodnotu rozpuštěného kyslíku. Při mém měření přístroj ukázal hodnotu 8,2 mg/l.

Vzhledem k naměřené hodnotě pH lze použít přípravky pro chemické ošetření vody. Obsah kyslíku se již blížil minimální hranici, je proto třeba použít i přípravek Mini-OXI.

6 Umístění měřicích sond v nádrži

Pro umístění sond v nádrži jsem navrhl přípravek s otvory pro sondy, který bude připevněn na konstrukci pojezdu¹⁸. Vzhledem k tomu, že bude přípravek vystaven vlhkosti, je vhodné použít materiál odolávající korozi. Kvůli nižší hmotnosti jsem nepoužil ocelový profil, ale slitinu hliníku (ČSN 42 4201). Výkres přípravku je uveden v příloze 4. Vzhledem k tomu, že se mi podařilo opatřit bezplatně zbytek profilu používaného na rámy posuvných automatických dveří, polotovar zapsaný na výkrese neodpovídá skutečnosti. Vyrobený přípravek je na Obr. 11.



Obr. 11 Přípravek pro umístění sond

Pro upevnění přípravku k nádrži jsem využil profil 6 30x30¹⁹, který se nacházel v laboratoři. Jednalo se o sestavu několika profilů, které byly dříve použity pro jinou konstrukci. Přípravek je uchycen k profilu pomocí šroubu M6x25 (ČSN EN ISO 4762) a speciální závitové vložky do drážky profilu (viz. Obr. 12). Stejným způsobem je upevněn profil ke konstrukci pojezdu.



Obr. 12 Závitová vložka

¹⁸ LISOVÁ, Hana. Návrh a konstrukce tažné nádrže. Liberec, 2008. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra energetických zařízení.

¹⁹ HABERKORN. Systém hliníkových profilů - Haberkorn Ulmer
<http://www.haberkorn.cz/system-hlinikovych-profilu/>

Umístění v nádrži je patrné z přílohy 5. Díky připevnění na konstrukci pojezdu a použití vložek do profilů lze umístit přípravek prakticky do jakéhokoliv místa nádrže. Pohybem pojezdu lze přemísťovat přípravek se sondami na jiné místo nádrže. Nevýhodou může být nutnost použití žebříku (štaflí) pro upevnění konstrukce do nádrže, protože pojezd je umístěn cca 2 metry nad podlahou laboratoře.

7 Závěr

Cílem práce bylo ověřit závislost elektrické vodivosti na koncentraci vodného roztoku s NaCl a následně aplikovat získané poznatky na návrh metod pro zajištění optimálních podmínek pro měření. Vzhledem k požadavkům na možnost aplikace přípravků na chemické ošetření vody bylo třeba navrhnout postupy a provést měření pH a obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě.

V první části práce se mi podařilo shrnout ve stručnosti principy a postupy měření jednotlivých veličin, včetně způsobů jejich korekce v závislosti na vnějších vlivech (teplota, tlak). Následovalo navržení postupů měření v podmínkách laboratoře s použitím dostupných přístrojů. Vzhledem k tomu, že přístroj Almemo je od německého výrobce, nebyla u většiny dokumentů dostupná česká verze. Proto mi zabralo nastudování obsluhy přístroje více času, než jsem předpokládal.

Před provedením měření, jejichž výsledky jsou v této práci publikovány jsem realizoval několik měření pokusných, při kterých jsem zjišťoval, zda na měřicí přístroj a sondy fungují postupy uvedené v manuálu (ten byl určen pro několik typů přístrojů Almemo). Pokusná měření také přispěla k optimalizaci časové náročnosti finálního měření. Dalším přínosem pokusných měření bylo určení maximální koncentrace roztoku tak, aby hodnota vodivosti nepřesáhla měřicí rozsah přístroje. Toto množství jsem stanovil na 10g/l.

Ze změřených závislostí lze prokázat, že hodnota pH není závislá na koncentraci roztoku NaCl. Hodnoty odchylek od konstantní hodnoty, které se objevily při měření, byly minimálně o řád menší než sama hodnota, tudíž je lze považovat za chyby způsobené v důsledku nepřesnosti měřících přístrojů, případně za důsledek nečistot v přidávané soli (nejednalo se o chemicky čistý NaCl). Toto zjištění mě vedlo k poznatku, že aplikace ošetřujících přípravků (pro kterou je hodnota pH důležitá) lze provádět před aplikací soli do nádrže i po ní. Porovnáme-li hodnoty pH naměřené pro destilovanou vodu a vodu z vodovodního řádu, dojdeme k závěru, že mezi nimi není téměř žádný rozdíl. Hodnoty i průběhy závislostí jsou prakticky totožné.

Na základě údajů získaných z měření vodivosti jsem sestavil grafy závislosti vodivosti na koncentraci. Vzhledem k charakteru jsem použil metodu lineární regrese pro získání předpisu funkce závislosti a z ní následně odvodil vzorec pro výpočet potřebného množství soli, které v nádobě o známém objemu způsobí předepsanou vodivost roztoku. Vzorec byl vyjádřen pro nádobu tvaru kvádra libovolných rozměrů

i pro konkrétní nádobu - tažnou nádrž. Zpětným výpočtem a následným měřením v nádrži jsem prokázal, že uvedený vztah je plně použitelný. Použití tohoto vztahu však není vázáno jen na použití ve smyslu určení přídatku soli do nádrže, ale také obráceně ke stanovení již aplikovaného množství soli NaCl v roztoku s využitím konduktometrického měření. Při porovnání závislosti vodivosti na koncentraci byl rozdíl pouze nepatrný. Přestože vodivost destilované vody byla nulová, přidáváním soli bylo dosahováno při stejné koncentraci přibližně stejných hodnot vodivosti. Vodivost vody z vodovodního řadu bez přidání soli byla 0,19 mS/cm. Dá se tedy říci, že pokud potřebujeme vytvořit elektrolyt o určité vodivosti a neomezují nás další požadavky, můžeme si vybrat finančně i technologicky dostupnější vodu z vodovodního řadu.

Při návrhu a konstrukci přípravku pro umístění měřicích sond v nádrži jsem se snažil co nejvíce využít dostupný materiál, abych snížil finanční náročnost. Použitím profilů z nepoužívané konstrukce a získáním zbytkového materiálu od soukromé firmy jsem ušetřil přibližně 1 000 Kč. Veškeré úpravy profilu podle výkresové dokumentace jsem prováděl osobně ve vlastní dílně.

Finanční náročnost laboratorního měření byla nepatrná. Pro měření jsem nakoupil pouze destilovanou vodu a kuchyňskou sůl, jejichž celková cena se pohybovala maximálně v řádu desetikorun.

Použitá literatura a zdroje

- /1/ HORÁKOVÁ, Marta. Analytika vody. Praha: VŠCHT 2007. ISBN 978-80-7080-520-6
- /2/ KROFTA, Jiří. Návod pro laboratorní cvičení z analytické chemie II. Praha: VŠCHT 1994. ISBN 80-7080-220-0
- /3/ LIŠOVÁ, Hana. Návrh a konstrukce tažné nádrže. Liberec, 2008. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra energetických zařízení.
- /4/ REGNER, Albert. *Technická elektrochemie 1 : Elektrochemie anorganických látek*. Vydání 1. Praha : Academia, nakladatelství Československé akademie věd, 1967. 644 s.
- /5/ VOLKA, K., M. TKADLECOVÁ a K. ZÁRUBA. Příklady z analytické chemie pro bakaláře. Praha: VŠCHT 2010. ISBN 978-80-7080-743-9

- /6/ AHLBORN. Katalogový list MA 2590. Ahlborn.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z <http://www.ahlborn.cz/download/File/katlistMA2590.pdf>
- /7/ MOUNTFIELD. Doplnkové přípravky. Mountfield.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z <http://www.mountfield.cz/bazenova-chemie-doplnkove-pripravky>
- /8/ pH .Wikipedie:Otevřená encyklopedie [online]. [cit. 2011-10-25]. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/PH> PH SONDA
- /9/ PHEK. Katalog. Ahlborn.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z <http://www.ahlborn.cz/download/File/PH.pdf>
- /10/ SNÍMAČ ROZPUŠTĚNÉHO KYSLÍKU. Katalog. Ahlborn.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z <http://www.ahlborn.cz/download/File/O2voda.pdf>
- /11/ SONDA VODIVOSTI. Katalog. Ahlborn.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-12-15]. Dostupné z <http://www.ahlborn.cz/download/File/vodivost.pdf>

Seznam příloh

Příloha 1 - Katalogový list přístroje Almemo 2590

Příloha 2 - Naměřené hodnoty - destilovaná voda

Příloha 3 - Naměřené hodnoty - voda z vodovodního řadu

Příloha 4 - Výkres přípravku pro upevnění sond, č.v.: 2012-BP-JN-01

Příloha 5 - Umístění přípravku v nádrži

Příloha 1 Katalogový list přístroje Almemo 2590

AHLBORN
www.ahlborn.cz

01

ALMEMO 2590-2, 2590-3S, 2590-4S

Univerzální měřicí přístroje se 2 až 4 vstupy, s pamětí měřených hodnot, 2 výstupy USB, RS232, ethernet, analogovým



Technická data:

Vstupy: 2590-2 ... 2 vstupy
2590-3S... 3 vstupy
2590-4S... 4 vstupy

galv.oddělení: 50V
měř.kanály: 4 / vstup + 4 interní
AD-převodník: delta-sigma 16 bit
2,5 nebo 10 měř./s

napájení čidel: max. 150 mA

Výstupy: 2 zásuvky pro všechny
výst. Moduly (datové,
analogové, reléové,
paměťové, trigger)

Vybavení:

displej: grafický 128x64 bodů
8 rádek, osvětlený
tastatura: 7 silikonových tlačítek
čas a datum: hodiny reálného času
jištěné baterií přístroje
vnitřní paměť: jen 2590-xS: 59kB
EPROM (7 až 12000 hodnot)

Napájení:

baterie: 3 alkalické typ AA
adapter: ZA1312NA1, 230 VAC
na 12 V DC, 200 mA
DC-kabel: ZA2690UK, 10...30 V,
0,25A, galv.oddělený
spotřeba aktivní mód: ca.20mA
bez modulů: s osvětlením: 40mA
sleep-mód: 0,05mA

Přehled výrobků:

přístroj ALMEMO 2590-2 MA25902
2 vstupy, 2 výstupy, LCD-grafický displej, hodiny
přístroj ALMEMO 2590-3S MA25903S
jako 2590-2 ale 3 vstupy a paměť 59 kB
přístroj ALMEMO 2590-4S MA25904S
jako 2590-2 ale 4 vstupy a paměť 59 kB

opce síťové měření dle VDI2080 OA2590VN

Příslušenství:

síťový adapter 12V/200mA ZA1312NA1
napájecí kabel 10...30VDC ZA2690UK
externí paměť MMC 128MB ZA1904MMC
datakabel USB, max.230,4 kB ZA1919DKU
datakabel RS232, max.115,2kB ZA1909DK5
analog.kabel 0,1 mV/digit ZA1601RK
ethernet-kabel,max.115,2kB ZA1945DK
alarm a trigger-kabel (0,5A,50V)ZA1008EGK
kabel pro propoj.více přístrojů
do sítě, max.115,2kB ZA1999NK5
přístrojový kufřík ZB2490TK

Popis:

- moderní kompaktní pouzdro
- 2 až 4 galv.oddělené vstupy pro čidla
- 2 výst.zásuvky pro digit.rozhnutí, analog.
výstup, paměť.kartu, alarm-kontakty apod.
- AD-převodník s vysokým rozlišením 16 bit
- četnost měření až 10 za sekundu
- grafický displej bíle podsvícený, ovládání
silikonovými tlačítky
- přehledný systém menu:
3 měřicí menu -1 menu volitelné z 50 funkcí
zobrazení číselně 1 až 12 hodnot
sloupcovým grafem
- menu v češtině, němčině a angličtině
- funkce: max., min., průměrování, nulování,
kalibrace, výpočet průtoku, paměť
pro 99 hodnot, tlumení, korekce
- programování čidel: rozsah, jednotka, ko-
mentář, korekční a limitní hodnoty
- u 2590-3/4S paměť pro 7 – 12000 hodnot,
EEPROM lineární nebo kruhová
- paměť.konektor s MMC-kartou až 128MB
- sleep-mód pro dlouhodobá měření

volba menu:



funkční menu:



Příloha 2 Naměřené hodnoty - destilovaná voda

Destilovaná voda							
obsah soli [g]	skutečný obsah soli [g]	přidané množství soli [g]	vodivost [mS/cm]	přesnost vodivosti ± [mS/cm]	teplota vody [°C]	pH [-]	přesnost hodnoty pH
0,0	0,000	0,099	0,00		22,0	7,0	0,1
0,1	0,099	0,106	0,16	0,05	20,9	7,0	0,1
0,2	0,205	0,101	0,34	0,05	21,2	7,0	0,1
0,3	0,306	0,089	0,51	0,06	21,1	7,0	0,1
0,4	0,395	0,101	0,68	0,06	21,5	7,1	0,1
0,5	0,496	0,114	0,69	0,06	21,4	7,1	0,1
0,6	0,61	0,109	1,05	0,06	21,4	7,0	0,1
0,7	0,719	0,088	1,28	0,06	21,3	7,0	0,1
0,8	0,807	0,103	1,45	0,06	21,5	6,9	0,1
0,9	0,91	0,095	1,64	0,07	21,5	6,9	0,1
1,0	1,005	0,096	1,81	0,07	21,5	6,9	0,1
1,1	1,101	0,107	1,99	0,07	21,6	7,0	0,1
1,2	1,208	0,098	2,17	0,07	21,6	7,1	0,1
1,3	1,306	0,099	2,38	0,07	21,5	7,1	0,1
1,4	1,405	0,096	2,56	0,08	21,4	7,1	0,1
1,5	1,501	0,098	2,74	0,08	21,5	7,1	0,1
1,6	1,599	0,103	2,92	0,08	21,6	7,2	0,1
1,7	1,702	0,096	3,12	0,08	21,6	7,0	0,1
1,8	1,798	0,102	3,31	0,08	21,6	7,0	0,1
1,9	1,9	0,099	3,52	0,09	21,5	7,0	0,1
2,0	1,999	0,100	3,71	0,09	21,7	7,1	0,1
2,1	2,099	0,108	3,93	0,09	21,4	7,0	0,1
2,2	2,207	0,102	4,13	0,09	21,6	7,0	0,1
2,3	2,309	0,095	4,32	0,09	21,6	7,1	0,1
2,4	2,404	0,089	4,50	0,10	21,7	7,6	0,1
2,5	2,493	0,103	4,69	0,10	21,7	7,1	0,1
2,6	2,596	0,103	4,89	0,10	21,7	7,0	0,1
2,7	2,699	0,102	5,10	0,15	21,6	7,1	0,1
2,8	2,801	0,099	5,30	0,16	21,6	7,0	0,1
2,9	2,9	0,098	5,49	0,16	21,6	6,9	0,1
3,0	2,998	0,504	5,68	0,16	21,6	7,1	0,1
3,5	3,502	0,499	6,63	0,18	21,7	7,1	0,1
4,0	4,001	0,497	7,58	0,20	21,6	7,0	0,1
4,5	4,498	0,501	8,49	0,22	21,7	7,1	0,1
5,0	4,999	0,506	9,70	0,24	21,5	7,1	0,1
5,5	5,505	0,493	10,82	0,27	21,7	7,1	0,1
6,0	5,998	0,505	11,79	0,29	21,5	6,8	0,1

Destilovaná voda							
obsah soli [g]	skutečný obsah soli [g]	přidané množství soli [g]	vodivost [mS/cm]	přesnost vodivosti ± [mS/cm]	teplota vody [°C]	pH [-]	přesnost hodnoty pH
6,5	6,503	0,493	12,70	0,30	21,7	7,1	0,1
7,0	6,996	0,506	13,60	0,32	21,6	7,1	0,1
7,5	7,502	0,494	14,51	0,34	21,6	7,1	0,1
8,0	7,996	0,507	15,54	0,36	21,6	7,1	0,1
8,5	8,503	0,493	16,54	0,38	21,8	7,5	0,1
9,0	8,996	0,510	17,29	0,40	21,6	7,1	0,1
9,5	9,506	0,494	18,35	0,42	21,6	7,1	0,1
10,0	10		19,37	0,44	21,6	7,1	0,1

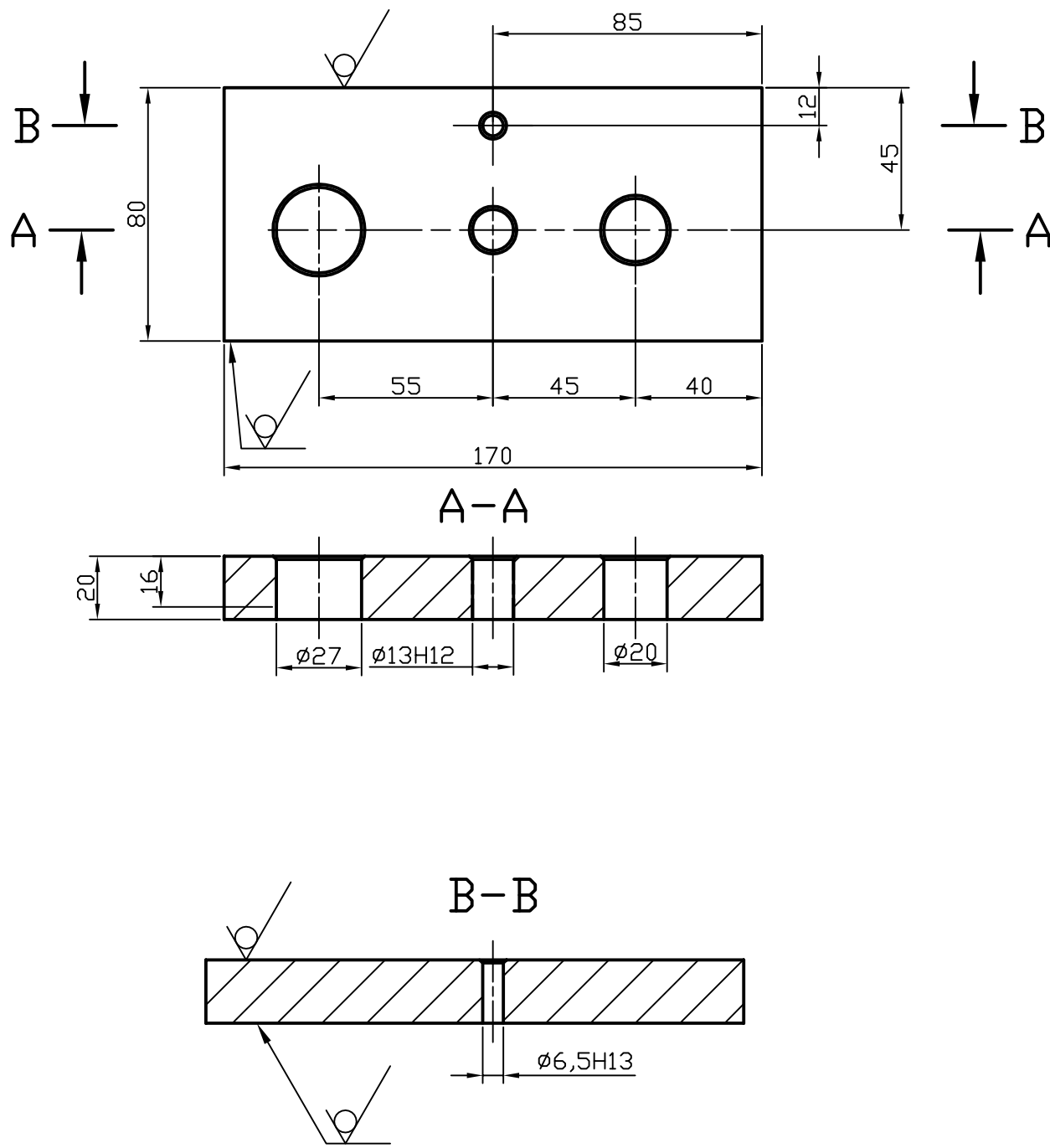
Příloha 3 Naměřené hodnoty - voda z vodovodního řadu

Voda z řadu							
obsah soli [g]	skutečný obsah soli [g]	přidané množství soli [g]	vodivost [mS/cm]	přesnost vodivosti ± [mS/cm]	teplota vody [°C]	pH [-]	přesnost hodnoty pH
0,0	0,000	0,102	0,19	0,05	21,0	7,2	0,1
0,1	0,102	0,095	0,38	0,05	20,9	7,0	0,1
0,2	0,197	0,108	0,54	0,06	20,9	7,0	0,1
0,3	0,305	0,105	0,73	0,06	20,9	6,9	0,1
0,4	0,410	0,102	0,94	0,06	20,8	6,8	0,1
0,5	0,512	0,094	1,13	0,06	20,9	6,9	0,1
0,6	0,606	0,095	1,26	0,06	20,8	6,9	0,1
0,7	0,701	0,124	1,46	0,06	20,8	6,9	0,1
0,8	0,825	0,101	1,65	0,07	20,8	7,1	0,1
0,9	0,926	0,094	1,87	0,07	20,9	7,1	0,1
1,0	1,020	0,088	1,99	0,07	20,8	7,1	0,1
1,1	1,108	0,103	2,17	0,07	20,8	7,0	0,1
1,2	1,211	0,089	2,34	0,07	20,8	7,0	0,1
1,3	1,300	0,107	2,52	0,08	20,7	7,0	0,1
1,4	1,407	0,101	2,71	0,08	20,7	7,0	0,1
1,5	1,508	0,099	2,88	0,08	20,8	7,0	0,1
1,6	1,607	0,105	3,06	0,08	20,8	7,1	0,1
1,7	1,712	0,107	3,25	0,08	20,8	7,1	0,1
1,8	1,819	0,101	3,45	0,08	20,8	7,1	0,1
1,9	1,920	0,087	3,63	0,09	20,8	7,2	0,1
2,0	2,007	0,105	3,81	0,09	20,8	7,2	0,1
2,1	2,112	0,100	4,00	0,09	20,8	7,2	0,1
2,2	2,212	0,094	4,20	0,09	20,7	7,2	0,1
2,3	2,306	0,094	4,38	0,09	20,6	7,2	0,1
2,4	2,400	0,106	4,55	0,10	20,7	7,3	0,1
2,5	2,506	0,113	4,74	0,10	20,7	7,3	0,1
2,6	2,619	0,097	4,95	0,10	20,7	7,3	0,1
2,7	2,716	0,091	5,14	0,15	20,7	7,3	0,1
2,8	2,807	0,102	5,30	0,16	20,7	7,3	0,1
2,9	2,909	0,100	5,51	0,16	20,7	7,3	0,1
3,0	3,009	0,536	5,67	0,16	20,7	7,3	0,1
3,5	3,545	0,467	6,65	0,18	20,7	7,3	0,1
4,0	4,012	0,492	7,50	0,20	20,7	7,3	0,1
4,5	4,504	0,510	8,44	0,22	20,7	7,3	0,1
5,0	5,014	0,463	9,51	0,24	20,7	7,3	0,1
5,5	5,477	0,545	10,60	0,26	20,6	7,4	0,1
6,0	6,022	0,498	11,60	0,28	20,6	7,4	0,1

Voda z řadu							
obsah soli [g]	skutečný obsah soli [g]	přidané množství soli [g]	vodivost [mS/cm]	přesnost vodivosti ± [mS/cm]	teplota vody [°C]	pH [-]	přesnost hodnoty pH
6,5	6,520	0,470	12,49	0,30	20,6	7,5	0,1
7,0	6,990	0,519	13,36	0,32	20,5	7,5	0,1
7,5	7,509	0,497	14,21	0,33	20,6	7,5	0,1
8,0	8,006	0,527	15,15	0,35	20,6	7,5	0,1
8,5	8,533	0,464	16,33	0,38	20,6	7,5	0,1
9,0	8,997	0,518	16,92	0,39	20,6	7,5	0,1
9,5	9,515	0,493	17,86	0,41	20,6	7,5	0,1
10,0	10,008		18,86	0,43	20,6	7,5	0,1

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK



1. nekótovaná zkosení 1x45°

Rozm. - Polot.		80x20 - 170		ČSN 42 7624				PŘESNOST ISO 2768 - mK											
				c)				Mater.		42 4201		Tř. odp.		812		TOLEROVÁNÍ ISO 8015			
				b)				Č. hm.		kg		Hr. hm.		kg		PROMÍTÁNÍ 			
				a)				 TU v Liberci Název Přípravek Typ Čís. výkresu 2012 - BP - JN - 01 List											
Změna		Datum		Index		Podpisy													
Měřítko		Pozn.		Navrhl															
1:2				Kreslil		Novosád													
				Přezkoušel															
Č. seznamu				Technolog				Typ											
Č. sestavy				Normaliz.				Čís. výkresu											
Starý výkr.				Schválil				2012 - BP - JN - 01											
Nový výkr.				Datum		25.4.2012													

Příloha 5 - Umístění přípravku v nádrži

