



Instytut Matematyki, Fizyki i Chemii
Zakład Chemii

Laboratorium chemii wody

Ćwiczenie laboratoryjne

**Oznaczanie inhibitorów korozji:
fosforanów(V), siarczanów(IV) i hydrazyny**

Opracowali:
dr inż. Jan Krupowies
mgr inż. Czesław Wiznerowicz
dr inż. Agnieszka Kalbarczyk-Jedynak
dr inż. Konrad Ćwirko
dr Magdalena Ślęczka-Wilk

KIEROWNIK
Zakładu Chemii
Agnieszka Kalbarczyk-Jedynak
dr inż. Agnieszka Kalbarczyk-Jedynak

Szczecin 2022

KARTA ĆWICZENIA

1	Powiązanie z przedmiotami: ESO/25, 27 DiRMiUO/25, 27 EOUnIE/25, 27		
	Specjalność/Przedmiot	Efekty kształcenia dla przedmiotu	Szczegółowe efekty kształcenia dla przedmiotu
	ESO/26 Chemia wody, paliw i smarów	EKP3 K_U014, K_U015, K_U016.	SEKP6 – Wykonywanie oznaczeń wybranych wskaźników jakości wody technicznej;
	DiRMiUO/26 Chemia wody, paliw i smarów	EKP3 K_U014, K_U015, K_U016.	SEKP6 – Wykonywanie oznaczeń wybranych wskaźników jakości wody technicznej;
	EOUnIE/26 Chemia wody, paliw i smarów	EKP3 K_U014, K_U015, K_U016.	SEKP6 – Wykonywanie oznaczeń wybranych wskaźników jakości wody technicznej;
2	Cel ćwiczenia: nauczenie studenta samodzielnego wykonywania oznaczeń w wodzie kotłowej lub chłodzącej inhibitorów korozji i oceny zagrożeń działania korozyjnego wody technicznej na statkach;		
3	Wymagania wstępne: student jest przeszkolony w zakresie regulaminu BHP na stanowisku laboratoryjnym, co stwierdza własnoręcznym podpisem na odpowiednim formularzu, zna – metody ilościowe oznaczania w wodzie fosforanów(V), siarczanów(IV) i hydrazyny, zna rodzaje i mechanizmy korozji, najważniejsze czynniki korozji wewnątrzkotłowej oraz metody ich eliminowania, rodzaje i mechanizmy działania inhibitorów korozji stosowanych do układów wodnych na statkach;		
4	Opis stanowiska laboratoryjnego: roztwór wzorcowy KH_2PO_4 , zestaw cylindrów Nesslera do przygotowania wzorców barwnych o różnej zawartości jonów PO_4^{3-} , wskaźniki reakcji, typowy zestaw laboratoryjny do analizy jodometrycznej, roztwór buforujący, roztwór wzorcowy wodzianu hydrazyny, zestaw cylindrów Nesslera do przygotowania wzorców barwnych o różnej zawartości hydrazyny, wskaźnik reakcji do oznaczania hydrazyny, próbki badanej wody;		
5	Ocena ryzyka*: kontakt z rozcieńczonym roztworem wodzianu hydrazyny – bardzo małe prawdopodobieństwo działania szkodliwego hydrazyny. Końcowa ocena – ZAGROŻENIE BARDZO MAŁE Wymagane środki zabezpieczenia: a. fartuchy ochronne, b. środki czystości BHP, ręczniki papierowe;		
6	Przebieg ćwiczenia: a. Zapoznać się z instrukcją stanowiskową (załącznik 1) oraz zestawem laboratoryjnym do ćwiczenia, b. Wykonać oznaczenie zawartości jonów fosforanowych PO_4^{3-} , siarczanów(IV) oraz hydrazyny w badanej wodzie;		
7	Sprawozdanie z ćwiczenia: a. Opracować ćwiczenie zgodnie z poleceniami zawartymi w instrukcji stanowiskowej (załącznik 1),		

	<p>b. Na podstawie uzyskanych wyników oznaczeń zawartości jonów fosforanowych PO_4^{3-}, siarczanów(IV) oraz hydrazyny określić jakość i przydatność eksploatacyjną badanej wody przez porównanie oznaczonych parametrów z ich dopuszczalnymi wartościami,</p> <p>c. W razie potrzeby zaproponować ewentualne działanie korekcyjne lub naprawcze,</p> <p>d. Rozwiązać polecone zadanie i/lub odpowiedzieć na pytania zamieszczone w zestawie zadań i pytań do samodzielnego wykonania przez studenta;</p>
8	<p>Archiwizacja wyników badań: Sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia złożyć w formie pisemnej prowadzącemu zajęcia.</p>
9	<p>Metoda i kryteria oceny:</p> <p>a. EKP1, EKP2 – zadania polecone do samodzielnego rozwiązania i opracowania: ocena 2,0 – nie ma podstawowej wiedzy chemicznej i eksploatacyjnej dotyczącej oznaczanych parametrów użytkowych badanej wody kotłowej lub chłodzącej, tj. zawartości i dawkowania inhibitorów korozji do układów wodnych na statkach, chemizmu ich działania, nie zna skutków przedawkowania inhibitorów; ocena 3,0 – posiada podstawową wiedzę chemiczną i eksploatacyjną dotyczącą oznaczanych parametrów użytkowych badanej wody kotłowej lub chłodzącej oraz umiejętność dokonywania podstawowych obliczeń chemicznych i rozwiązywania zadań prostych z zakresu stosowania, dawkowania i mechanizmu działania inhibitorów korozji; ocena 3,5-4,0 – posiada poszerzoną wiedzę chemiczną i eksploatacyjną z zakresu oznaczanych parametrów użytkowych badanej wody oraz umiejętność rozwiązywania zadań złożonych z zakresu oceny zmian tych parametrów oraz dawkowania i mechanizmu działania inhibitorów korozji; ocena 4,5-5,0 – posiada umiejętność stosowania złożonej wiedzy chemicznej i eksploatacyjnej do cząstkowej oceny jakości i przydatności eksploatacyjnej badanej wody ze względu na zawartość i rodzaj inhibitorów korozji oraz umiejętność podejmowania na tej podstawie decyzji korekcyjnych i naprawczych.</p> <p>b. EKP3 – prace kontrolne: ocena 2,0 – nie ma umiejętności analizy i oceny wyników wykonanych oznaczeń oraz wyciągania wniosków; ocena 3,0 – posiada umiejętność analizy uzyskanych wyników, interpretacji praw i zjawisk, przekształcania wzorów, interpretacji wykresów i tablic; ocena 3,5-4,0 – posiada umiejętność poszerzonej analizy uzyskanych wyników i ich właściwej interpretacji; ocena 4,5-5,0 – posiada umiejętność kompleksowej analizy uzyskanych wyników oznaczeń i ich właściwej interpretacji oraz dokonywania uogólnień, wykrywania związków przyczynowo-skutkowych, a także podejmowania na tej podstawie właściwych decyzji eksploatacyjnych.</p>
10	<p>Literatura:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Krupowies J., Wiznerowicz Cz.: Oznaczanie twardości ogólnej i wapniowej. Instrukcja stanowiskowa do ćwiczenia, AM, Szczecin 2013. 2. Stańda J.: Woda do kotłów parowych i obiegów chłodzących siłowni ciepłych. WNT Warszawa 1999. 3. Barcewicz K.: Ćwiczenia laboratoryjne z chemii wody, paliw i smarów. Wyd. AM w Gdyni, Gdynia 2006. 4. Żmijewska S., Trześniowski W.: Badania jakości wody stosowanej na statkach. Wyd. AM w Szczecinie, Szczecin 2005. 5. Gomółkowie B. i E.: Ćwiczenia laboratoryjne z chemii wody. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, wydanie III, Wrocław 1998.

	<p>6. Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Koziorowski B., Zerbe J.: Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Arkady. Wydanie drugie opracowane pod kierunkiem Dojlido J., Warszawa 1999.</p> <p>7. Kowal A.L., Świdorska-Bróż M.: Oczyszczanie wody. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Wrocław 1997.</p>
10	Uwagi

ZAŁĄCZNIK 1 – INSTRUKCJA

1. ZAKRES ĆWICZENIA

- zapoznanie się z instrukcją stanowiskową do ćwiczenia,
- oznaczenie zawartości fosforanów(V), siarczanów(IV) i hydrazyny w wodzie kotłowej lub chłodzącej.

2. WPROWADZENIE TEORETYCZNE DO ĆWICZENIA

Najpopularniejszym sposobem ochrony metali i stopów konstrukcyjnych przed korozją jest stosowanie substancji hamujących lub całkowicie zatrzymujących ten proces. Substancje takie noszą nazwę inhibitorów korozji. Mechanizm działania ochronnego inhibitorów jest zróżnicowany i nie jest do końca wyjaśniony ze względu na brak jednolitego poglądu tłumaczącego ich działanie. Ogólnie dzieli się je na: katodowe, anodowe i mieszane. Inhibitory katodowe hamują reakcję katodową (depolaryzację tlenową lub wodorową), a inhibitory anodowe hamują przechodzenie metalu z sieci krystalicznej do elektrolitu w stan jonowy, zaś mieszane – hamują równocześnie reakcje katodowe i anodowe.

Ze względu na warunki i mechanizm działania inhibitory korozji można podzielić także na działające na powierzchnię metalu lub zmniejszające agresywność środowiska korozyjnego. Właściwości te występują często wspólnie z przewagą jednej z nich. Do pierwszej grupy należą np. chromiany pasywujące powierzchnię metalu wskutek utworzenia ochronnej warstewki. Do drugiej grupy zaliczyć można np. siarczany(IV) lub hydrazynę, wiążące chemicznie rozpuszczony w wodzie tlen.

Inhibitory pasywujące znalazły szerokie zastosowanie przy ochronie metali pracujących w warunkach stałego zanurzenia w wodzie. Tworzą one na metalu ochronną warstewkę zapobiegającą dalszej korozji. Skład jej jest różny w zależności od użytego inhibitora (może zawierać tlenki metalu lub związki pochodne użytego inhibitora). Mechanizm działania tych inhibitorów polega na reakcji utleniająco-redukującej między silnymi środkami utleniającymi (azotany(III), azotany(V), chromiany, dichromiany) i reduktorami, tzn. atomami metalu zawartymi w konstrukcji układu wodnego. Metale utleniając się do tlenków, wodorotlenków, często uwodnionych osiągają potencjały elektrodowe przesunięte w stronę wartości dodatnich.

Anodowe inhibitory pasywujące są wówczas skuteczne, jeżeli stosuje się je w ilości zapewniającej pokrycie całej powierzchni metalu pasywną warstewką ochronną. Również obecność depasywatorów (szczególnie chlorków) przeciwdziała zdolności ochronnej ww. warstewki.

Inhibitory można podzielić także na inhibitory nieorganiczne oraz organiczne. W środowiskach obojętnych i alkalicznych inhibitorami korozji zarówno katodowej, jak i anodowej, są związki nieorganiczne. Nie wykazują one jednak działania ochronnego w środowisku kwaśnym, podczas korozji przebiegającej z depolaryzacją wodorową. W środowisku kwaśnym stosowane są inhibitory organiczne. Mechanizm ich działania ma charakter adsorpcyjny. Zostają one zaadsorbowane na miejscach katodowych metalu ulegającego korozji w ogniwie korozyjnym, hamując proces wyładowania jonów wodorowych, a więc powstrzymują proces roztwarzania metalu. Utleniona powierzchnia metalu lub produktu korozji nie adsorbuje cząstek koloidalnych inhibitora organicznego i przez to nie są one chronione przed procesem roztwarzania w środowisku kwaśnym. Dlatego

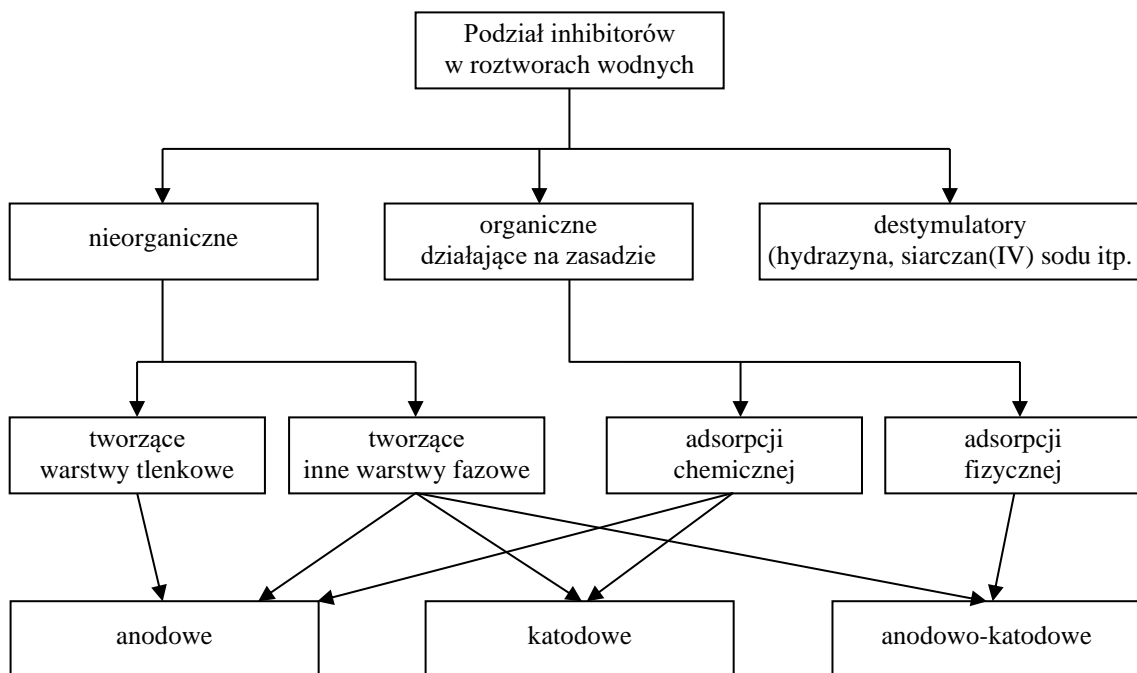
inhibitory organiczne są powszechnie stosowane np. przy czyszczeniu kwasowym metalu pokrytego rdzą, zgorzeliną lub kamieniem kotłowym. Zgorzelina lub rdza rozтворяją się w kwasie bez naruszenia czystych powierzchni metalu, które chronione są przez zaadsorbowane cząsteczki inhibitora organicznego (np. urotropiny, żelatyny, kwasu benzoowego, chinoliny i innych).

Skuteczność działania inhibitorów korozji stosowanych w układach wodnych zależy głównie od:

- rodzaju i dawki inhibitora;
- pH, składu, temperatury i agresywności wody;
- obecności stymulatorów korozji (np. Cl^-);
- temperatury i ciśnienia roboczego kotła parowego i jego konstrukcji;
- występowania styku metalu z granicą rozdziału faz oraz mikroogniw korozyjnych.

Warunki i zakres stosowania inhibitorów korozji podają producenci tych substancji.

Poniżej na rys. 1 podano schemat podziału inhibitorów korozji stosowanych do układów wodnych:



Rys. 1. Podział inhibitorów korozji do układów wodnych

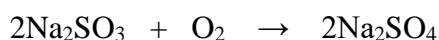
2.1. Fosforany

Fosforany są często komponentami wchodzącymi w skład firmowych preparatów stosowanych do zmiękczenia wody na statkach na drodze strącania chemicznego jonów wapnia i magnezu, nadających wodzie twardość, na trudno rozpuszczalne osady ortofosforanów wapnia i magnezu ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ i $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$). Pełnią one także funkcję powłokowych inhibitorów korozji, zaliczanych do inhibitorów anodowych o właściwościach utleniających (np. Na_3PO_4 , Na_2HPO_4). Działanie ich polega głównie na pasywacji powierzchni chronionego metalu, uszczelnianiu tej powierzchni i przeciwdziałaniu zwłaszcza pękaniu korozyjnemu metalu oraz tworzeniu się kamienia kotłowego. Inhibitory te działają najskuteczniej w środowisku obojętnym oraz alkalicznym, dając trudno rozpuszczalne powłoki złożone z tlenków.

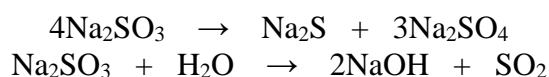
2.2. Siarczany(IV)

Tlen rozpuszczony w wodzie jest groźnym czynnikiem korozji wewnątrzkotłowej z uwagi na rolę depolaryzatora, jaką spełnia on w procesie korozji elektrochemicznej. Działanie tego gazu przejawia się powstawaniem lokalnych mikroogniw korozyjnych na powierzchni metalu, w wyniku których pod miejscowymi skupiskami tlenków żelaza (rdzy) powstają puste przestrzenie, które pogłębiając się mogą spowodować perforację ścianki metalu. Nawet niewielka zawartość tlenu w wodzie może powodować ten niebezpieczny proces, którego intensywność zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury i ciśnienia w kotle. Warunkiem zapobieżenia tej korozji jest usunięcie z wody zasilającej rozpuszczonego tlenu.

Do chemicznego odtleniania wody w kotłach niskoprężnych stosuje się jako inhibitor m.in. siarczan(IV) sodu Na_2SO_3 . Wiąże on chemicznie tlen rozpuszczony w wodzie zgodnie z poniższą reakcją:



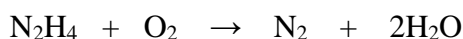
Przedawkowanie siarczanu(IV) sodu w warunkach podwyższonego ciśnienia i przy intensywnym obciążeniu cieplnym może prowadzić do jego rozkładu zgodnie z poniższymi reakcjami:



Według niektórych autorów produktem tego rozkładu może być także siarkowodór H_2S o właściwościach trujących i silnie korozyjnych.

2.3. Hydrazyna

Do chemicznego odtleniania wody zasilającej nowoczesne kotły wysokoprężne stosuje się hydrazynę N_2H_4 , która wiąże tlen rozpuszczony w wodzie zgodnie z poniższą reakcją:

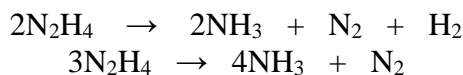


Powstający azot ulatnia się z parą wodną i jako gaz obojętny chemicznie nie wchodzi w żadne reakcje w warunkach obiegu wodno-parowego.

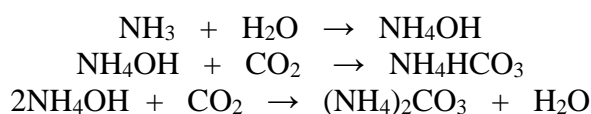
Hydrazynę wprowadza się do wody zasilającej przed pompą zasilającą kocioł często w postaci wodzianu hydrazyny $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, w ilości 0,18 g na każde 1000 kg wody, łącznie

z silami miedzi i manganu jako katalizatorami. Hydrazyna i wodzian hydrazyny są związkami żrącymi i toksycznymi, dlatego zalecany jest do odtleniania chemicznego także siarczan hydrazyny $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$.

Hydrazyna najszybciej wiąże chemicznie tlen w temperaturach wyższych niż $80^\circ C$. Przykładowo przy nadmiarze dochodzącym do 100% czas reakcji jest bardzo krótki i przy dobrym wymieszaniu oraz przy pH 9 – 11, czas ten wynosi 2 – 3 sekundy. Przy dużym nadmiarze zachodzi rozpad hydrazyny, w wyniku którego jednym z produktów jest amoniak NH_3 , powstający zgodnie z poniższymi reakcjami:



Utworzony w wyniku powyższych reakcji amoniak alkalizuje wodę w obiegu, dając NH_4OH i wiąże CO_2 , jeśli jest on obecny w wodzie, zgodnie z równaniami:



Obojętny węglan amonu $(NH_4)_2CO_3$ tworzy się przy pH wody powyżej 9,5.

Stosowanie hydrazyny jako inhibitora wewnątrzkotłowej korozji tlenowej jest korzystne z tego względu, gdyż odtlenienie wody w optymalnych warunkach zachodzi bardzo szybko i skutecznie, bez dodatkowego wzrostu zasolenia wody. Za pomocą hydrazyny możliwe jest obniżenie zawartości tlenu w wodzie w granicach $0,01 - 0,005 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$. Stosowany nadmiar hydrazyny nie powinien być jednak większy niż wynika to z potrzeby np. usunięcia CO_2 rozpuszczonego w wodzie, ponieważ powstający wtedy nadmiar amoniaku w obecności tlenu może powodować korozję elementów instalacji wykonanych z miedzi lub z jej stopów (mosiądzu, brązu). Z tego powodu nadmiar hydrazyny w wodzie kotłowej powinien wynosić w zakresie $0,1 - 0,2 \text{ ppm}$.

3. WYKONANIE ĆWICZENIA

Na rys. 2 przedstawiono stanowisko laboratoryjne do badania zawartości fosforanów w wodzie kotłowej.



Rys. 2. Stanowisko laboratoryjne do oznaczania fosforanów

3.1. Oznaczanie fosforanów

Fosforany stosuje się do wody w celu zwalczania korozji oraz zapobiegania wytrącaniu się niektórych związków, np. żelaza lub wapnia w postaci związków kompleksowych. Ilości fosforanów dodawane w tym celu wahają się w granicach $0,25 - 1,0 \text{ mg/dm}^3 \text{ PO}_4^{3-}$. Ich działanie ochronne polega na uszczelnianiu powierzchni metalu od strony wodnej. Fosforany i polifosforany wykazują dobre właściwości inhibitujące korozję także w obecności jonów chlorkowych, jednak nieco gorsze własności ochronne wykazują w podwyższonych temperaturach.

Wszystkie formy fosforu występujące w wodzie oznacza się w postaci ortofosforanów.

Do oznaczania fosforanów w wodzie najczęściej stosuje się metodę kolorymetryczną z molibdenianem amonu i chlorkiem cyny(II) jako reduktorem.

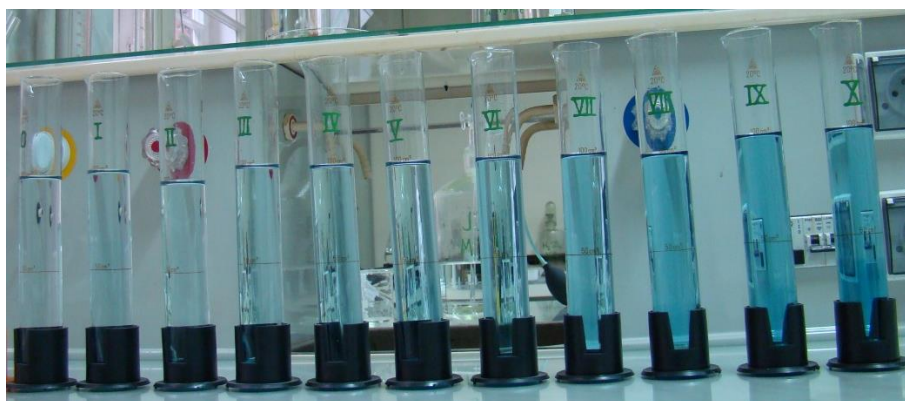
Zasada oznaczania polega na tworzeniu się w roztworze kwaśnym kwasu fosfomolibdenowego $\text{H}_7(\text{P})\text{MoO}_2(\text{O}_4)_6$ o żółtym zabarwieniu, który ulega redukcji pod wpływem chlorku cyny(II), tworząc związek kompleksowy (błękit molibdenowy) o intensywnym niebieskim zabarwieniu. Intensywność zabarwienia jest proporcjonalna do zawartości fosforanów. Określa się ją wizualnie lub spektrofotometrycznie. Minimalne oznaczane stężenie wynosi ok. $0,01 \text{ mg/dm}^3 \text{ PO}_4^{3-}$.

3.1.1. Wykonanie oznaczenia

Przygotowanie skali wzorców nietrwałych

Do 11 cylindrów Nesslera o pojemności 100 cm^3 każdy odmierzyć kolejno: 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 i $7,0 \text{ cm}^3$ roztworu diwodorofosforanu potasu KH_2PO_4 (1 cm^3 tego roztworu zawiera $0,01 \text{ mg PO}_4^{3-}$), co odpowiada zawartościom:

0; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07 mg PO_4^{3-} w poszczególnych przygotowanych wzorcach (patrz tabela 1). Następnie cylindry dopełnić wodą destylowaną do kreski. Kolejno dodać, mieszając dokładnie za każdym razem – po 2 cm^3 roztworu molibdenianu amonu i po $0,5 \text{ cm}^3$ (8 kropel) roztworu chlorku cyny(II) (gotowy zestaw wzorców przedstawiono na rys. 3). Szybkość powstawania niebieskiego kompleksu i intensywność jego barwy zależą również od temperatury roztworu. Wzrost temp. o 1°C powoduje wzrost intensywności zabarwienia o 1%. Dlatego temperatura próbki, odczynników i wzorców nie powinna się różnić więcej niż o 2°C .

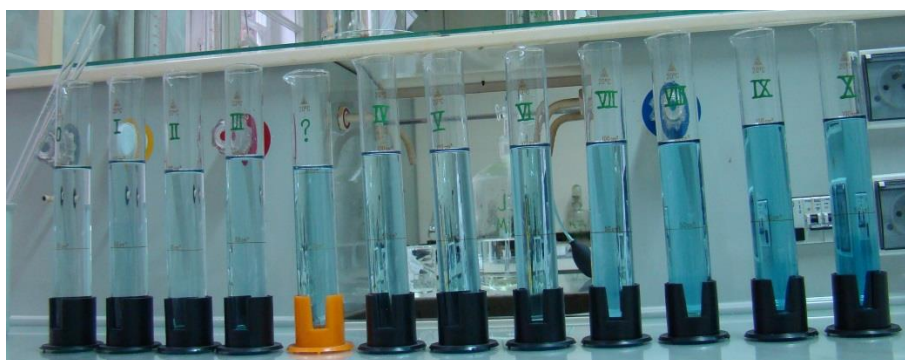


Rys. 3. Zestaw wzorców nietrwałych

Wykonanie analizy

Do cylindra Nesslera odmierzyć 100 cm^3 klarownej, nie zabarwionej próbki badanej wody. Następnie dodać – mieszając dokładnie za każdym razem – 2 cm^3 roztworu molibdenianu amonu i $0,5 \text{ cm}^3$ (8 kropel) roztworu chlorku cyny(II).

Po 10 minutach porównać wizualnie zabarwienie badanej próbki ze skalą przygotowanych wzorców (rys. 4), którą to skalę ujęto w tabeli 1.



Rys. 4. Porównanie badanej próbki ze skalą wzorców nietrwałych

Uwaga:

Jeżeli barwa badanej próbki jest bardziej intensywna niż wzorec o najwyższym stężeniu jonów PO_4^{3-} , wówczas należy wziąć do oznaczenia mniejszą objętość badanej wody, uzupełnić próbkę destylatem do 100 cm^3 , a następnie dodać roztwory molibdenianu amonu i chlorku cyny(II) w ilościach jak wyżej.

Skala wzorców nietrwałych do oznaczania jonów PO_4^{3-}

Nr cylindra Nesslera ze wzorcem	I	II	III	IV	V	VI
Ilość roztworu roboczego KH_2PO_4 [cm^3]	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Zawartość PO_4^{3-} w próbce [mg]	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025
Nr cylindra Nesslera ze wzorcem	VII	VIII	IX	X	XI	
Ilość roztworu roboczego KH_2PO_4 [cm^3]	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	
Zawartość PO_4^{3-} w próbce [mg]	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	

Obliczanie wyników

Zawartość fosforanów obliczyć wg wzoru:

$$Z_{\text{PO}_4^{3-}} = \frac{a \cdot 1000}{V} [\text{mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3]$$

gdzie:

- a – ilość fosforanów odczytana ze skali wzorców,
- V – objętość próbki wody wziętej do badania, cm^3 .

Oznaczoną zawartość PO_4^{3-} podać również w przeliczeniu na P_2O_5 .

Zawartość pięciotlenku fosforu $Z_{\text{P}_2\text{O}_5}$ określić z proporcji:

$$\begin{array}{ccc} \text{PO}_4^{3-} & & \text{P}_2\text{O}_5 \\ 95 & - & 142 \\ Z_{\text{PO}_4^{3-}} & - & Z_{\text{P}_2\text{O}_5} \end{array}$$

$$Z_{\text{P}_2\text{O}_5} = \frac{Z_{\text{PO}_4^{3-}} \cdot 142}{95} [\text{mg P}_2\text{O}_5/\text{dm}^3]$$

co w konsekwencji sprowadza się do pomnożenia obliczonej zawartości jonów fosforanowych PO_4^{3-} przez współczynnik przeliczeniowy 1,495.

Na rys. 5 przedstawiono stanowisko laboratoryjne do badania zawartości siarczanów(IV) w wodzie.



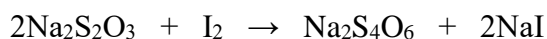
Rys. 5. Stanowisko laboratoryjne do oznaczania siarczanów(IV)

3.2. Oznaczanie siarczanu(IV)

Oznaczanie siarczanów(IV) polega na utlenieniu ich w kwaśnym środowisku roztworem jodu o znanym stężeniu.



Nadmiar jodu (roztwór brunatny) odmiareczkowuje się następnie tiosiarczanem sodu w obecności skrobi jako wskaźnika (roztwór niebieski) do odbarwienia próbki zgodnie z reakcją:

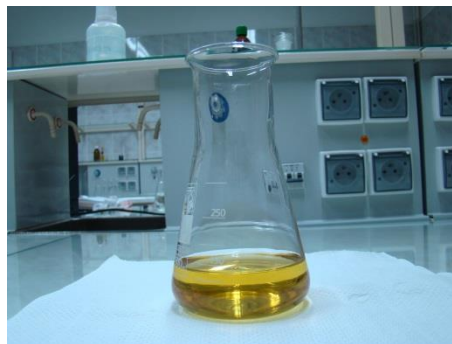


3.2.1. Wykonanie oznaczenia

Do kolby stożkowej odmierzyć dokładnie $10,0 \text{ cm}^3$ roztworu jodu i 5 cm^3 kwasu octowego. Następnie wlać 100 cm^3 badanej wody (rys. 6) i szybko miareczkować roztworem tiosiarczanu sodu do słomkowego zabarwienia (rys. 7). Po czym dodać 1 cm^3 roztworu skrobi (rys. 8) i miareczkować w dalszym ciągu do zaniku niebieskiego zabarwienia (rys. 9). Oznaczenie powtórzyć trzykrotnie.



Rys. 6. Próbkę po dodaniu badanej wody gotową do miareczkowania



Rys. 7. Koniec miareczkowania wstępnego – słomkowe zabarwienie



Rys. 8. Próbkę po dodaniu roztworu skrobi



Rys. 9. Końcowy efekt miareczkowania

Obliczanie wyników

Zawartość siarczanu(IV) obliczyć wg wzoru:

$$Z_{\text{Na}_2\text{SO}_3} = \frac{(a-b) \cdot 1,575 \cdot 1000}{V} [\text{mg Na}_2\text{SO}_3/\text{dm}^3]$$

gdzie:

- a – objętość dodanego 0,025 M roztworu jodu, cm^3 ,
- b – średnia objętość 0,025 M roztworu tiosiarczanu sodu zużytego na miareczkowanie próbek, cm^3 ,
- 1,575 – współczynnik przeliczeniowy, zawartość siarczanu(IV) sodu odpowiadająca 1 cm^3 0,025 M roztworu tiosiarczanu, mg,
- V – objętość próbki wody wziętej do badania, cm^3 .

3.3. Oznaczanie hydrazyny

Oznaczanie wykonuje się metodą kolorymetryczną, w której hydrazyna i jej pochodne w roztworze wodnym reagują w słabo kwaśnym środowisku (pH ok. 5) z kwasem fosfomolibdenowym ($\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$). Produktem reakcji jest związek kompleksowy o charakterze heterowielokwasu, który ma zabarwienie niebieskie. Natężenie tego zabarwienia jest proporcjonalne do zawartości hydrazyny w próbce badanej wody.

3.3.1. Wykonanie oznaczenia

Przygotowanie skali wzorców nietrwałych

Do 8 cylindrów Nesslera o pojemności 100 cm^3 odmierzyć po 10 cm^3 roztworu buforowego oraz dodać kolejno: 0; 2,5; 5; 10; 20; 30; 40 i 50 cm^3 roboczego roztworu wzorcowego wodzianu hydrazyny. Następnie dodać do każdego cylindra po 5 cm^3 roztworu kwasu fosfomolibdenowego, dopełnić wodą destylowaną do 100 cm^3 , wymieszać i zanurzyć cylindry we wrzącej łaźni wodnej na 5 minut. Po ostudzeniu wzorce są gotowe do użycia. Odpowiadają one kolejno zawartościom: 0; 0,025; 0,05; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50 mg wodzianu hydrazyny w poszczególnych wzorcach (patrz tabela 2).

Wykonanie oznaczenia

Odmierzyć do cylindra Nesslera 50 cm^3 badanej wody. Następnie dodać do niej 10 cm^3 roztworu buforowego i dalej postępować tak samo, jak podczas przygotowania wzorców.

Najlepiej przygotować próbkę wody do oznaczania jednocześnie z przygotowaniem skali wzorców. Zabarwienie próbki badanej wody porównać ze skalą wzorców tabela 2 i odczytać wynik.

Tabela 2

Skala wzorców nietrwałych do oznaczania hydrazyny

Nr cylindra Nesslera ze wzorcem	0	I	II	III	IV	V	VI	VII
Ilość roztworu roboczego $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ [cm^3]	0,0	2,5	5,0	10	20	30	40	50
Zawartość hydrazyny w próbce [mg]	0,00	0,025	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50

Obliczanie wyników

Zawartość hydrazyny $Z_{\text{N}_2\text{H}_4}$ w badanej wodzie obliczyć wg wzoru:

$$Z_{\text{N}_2\text{H}_4} = \frac{a \cdot 1000}{V} [\text{mg N}_2\text{H}_4/\text{dm}^3]$$

gdzie:

- a – ilość hydrazyny w próbce badanej wody określona z porównania ze skalą wzorców, mg,
- V – objętość próbki wody użytej do oznaczania, cm^3 .

4. OPRACOWANIE ĆWICZENIA

1. Przedstawić wyniki oznaczeń w badanej wodzie:
 - a) jonów fosforanowych,
 - b) siarczanów(IV),
 - c) hydrazyny;
2. Na podstawie uzyskanych wyników ocenić jakość i przydatność badanej wody do eksploatacji w wybranym typie kotła.
3. W tabeli pomocniczej 3 podano wymagania techniczne wody użytkowej w wybranych przykładowo kotłach parowych, a w załącznikach 2 i 3 formularza kontroli analitycznej wody kotłowej i chłodzącej wraz z ich dopuszczalnymi parametrami eksploatacyjnymi zalecanymi przez firmę Unitor.

5. FORMA I WARUNKI ZALICZENIA ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

1. zaliczenie tzw. „wejściówki” przed przystąpieniem do wykonania ćwiczenia.
2. złożenie poprawnego sprawozdania pisemnego z wykonanego ćwiczenia, które powinno zawierać:
 - krótki wstęp teoretyczny,
 - znaczenie eksploatacyjne mierzonego parametru,
 - opracowanie uzyskanych wyników wg instrukcji stanowiskowej.
3. zaliczenie końcowe na kolokwium pod koniec semestru.

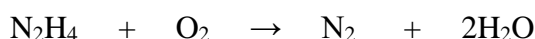
Zestaw zadań i pytań do samodzielnego wykonania przez studenta

I. Przykłady zadań z rozwiązaniami

1. Zawartość tlenu w wodzie zasilającej kocioł parowy po jej odgazowaniu termicznym wynosi 0,025 ppm. Obliczyć ile hydrazyny należy użyć, aby odtlenić chemicznie 10^3 kg tej wody. Do obliczeń przyjmując gęstość wody $d = 1 \text{ g/cm}^3$.

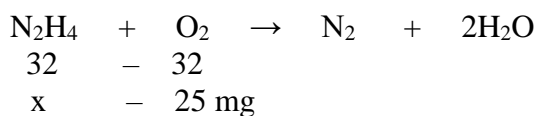
Rozwiązanie:

Hydrazyna wiąże chemicznie tlen według poniższej reakcji:



z reakcji tej wynika, że 1 mol hydrazyny wiąże 1 mol tlenu rozpuszczonego w wodzie. Masa molowa hydrazyny jest taka sama jak masa molowa tlenu i wynosi 32 g/mol. Jeżeli 1 kg odtlenianej wody zawiera 0,025 mg rozpuszczonego tlenu, to 10^3 kg wody zawiera $0,025 \text{ mg} \cdot 1000 \text{ kg} = 25 \text{ mg}$ tlenu.

W celu obliczenia ilości hydrazyny potrzebnej do związania 25 mg tlenu układamy następującą proporcję:



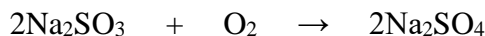
$$x = \frac{32 \cdot 25}{32} = 25 \text{ mg N}_2\text{H}_4$$

Odpowiedź: do związania tlenu zawartego w 10^3 kg wody należy użyć 25 mg hydrazyny.

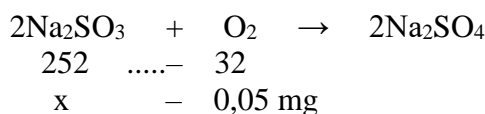
2. Zawartość siarczanu(IV) sodu w wodzie kotłowej powinna być utrzymywana na poziomie 50 ppm. Obliczyć, ile należy dodać tego inhibitora do $2 \cdot 10^3$ kg wody zawierającej 0,05 ppm rozpuszczonego tlenu, aby był spełniony ten warunek. Do obliczeń przyjmując gęstość wody $d = 1 \text{ g/cm}^3$.

Rozwiązanie:

Siarczan(IV) sodu wiąże chemicznie tlen według poniższej reakcji:



W celu obliczenia ilości siarczanu(IV) sodu potrzebnego do odtlenienia 1 kg wody korzystamy z proporcji:



$$x = \frac{252 \cdot 0,05}{32} = 0,3938 \text{ mg Na}_2\text{SO}_3$$

do odtlenienia $2 \cdot 10^3$ kg wody potrzeba użyć $0,3938 \cdot 2\ 000 = 787,5$ mg Na_2SO_3 .

W celu uzyskania wymaganego nadmiaru 50 ppm Na_2SO_3 w wodzie, należy jeszcze dodać $50 \text{ mg} \cdot 2\ 000 \text{ kg} = 100\ 000$ mg tego inhibitora, a zatem łączna dawka Na_2SO_3 wynosi $787,5 + 100\ 000 = 100\ 785,5$ mg czyli 100,7855 g Na_2SO_3 .

II. Zadania i pytania do samodzielnego wykonania przez studenta

Zadania

1. Zawartość tlenu w wodzie zasilającej kocioł parowy po jej odgazowaniu termicznym wynosi 0,025 ppm. Obliczyć ile siarczanu(IV) sodu należy użyć, aby odtlenić chemicznie 10^3 kg tej wody. Do obliczeń przyjąć gęstość wody $d = 1 \text{ g/cm}^3$.
Odpowiedź: 196,9 mg Na_2SO_3 .
2. Zawartość tlenu w wodzie zasilającej kocioł parowy po jej odgazowaniu termicznym wynosi 0,05 ppm. Obliczyć ile wodzianu hydrazyny $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ w gramach należy użyć, aby odtlenić chemicznie 10^3 kg tej wody. Do obliczeń przyjąć gęstość wody $d = 1 \text{ g/cm}^3$.
Odpowiedź: 0,078 g wodzianu hydrazyny.
3. Zawartość tlenu w wodzie zasilającej kocioł parowy po jej odgazowaniu termicznym wynosi 0,05 ppm. Obliczyć ile wodzianu hydrazyny $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ należy użyć, aby po odtlenieniu chemicznym 10^3 kg tej wody nadmiar hydrazyny wynosił 0,2 ppm. Do obliczeń przyjąć gęstość wody $d = 1 \text{ g/cm}^3$.
Odpowiedź: Należy użyć 278,125 mg wodzianu hydrazyny.

Pytania

1. Co to są inhibitory korozji i jaki jest ich podział?
2. Jakie czynniki mają wpływ na działanie ochronne inhibitorów korozji?
3. Na czym polega działanie inhibitorów anodowych, katodowych i mieszanych? Podać przykłady.
4. Jaki jest mechanizm działania pasywatorów metali jako inhibitorów korozji? Kiedy działają one najskuteczniej?
5. Na czym polega zasada oznaczania fosforanów i hydrazyny w wodzie metodą kolorymetryczną porównawczą?
6. Co może spowodować duży nadmiar fosforanów(V), siarczanów(IV) i hydrazyny w wodzie kotłowej? Odpowiedź uzasadnić odpowiednimi reakcjami chemicznymi.
7. Na czym polega działanie azotanów(III) jako inhibitorów korozji? W jakich warunkach ich działanie daje najlepsze efekty, a kiedy nie mogą być stosowane?
8. Jaka jest optymalna zawartość fosforanów i hydrazyny w wodzie kotłowej?
9. Dlaczego siarczan(IV) sodu i hydrazynę stosuje się jako inhibitory wewnątrzkotłowej korozji tlenowej? Odpowiedź uzasadnić odpowiednimi równaniami reakcji chemicznych.

Tabele pomocnicze

Tabela 3

Jakość wody dla kotłów wodnorurkowych pracujących pod ciśnieniem do 4 MPa wg P. Orłowskiego „Kotły parowe w energetyce przemysłowej”

Wielkości fizykochemiczne	Ciśnienie w MPa					
	1,4		2,4		4,0	
	śred.	dop.	śred.	dop.	śred.	dop.
Woda zasilająca						
Twardość ogólna °dH	0,02	0,05	0,015	0,02	0,01	0,015
Zawartość O ₂ ppm	0,03	0,05	0,02	0,05	0,02	0,03
Zawartość Fe ppm	0,30	–	0,10	0,2	0,05	0,10
Zawartość Cu ppm	–	–	–	–	–	0,01
Wartość pH w temp. ok. 20°C	8,50	9,50	8,5	9,5	8,5	9,5
Zawartość oleju ppm		3,00		2		1
Zawartość CO ₂ ppm	–	–	–	25	–	25
Utlenialność KMnO ₄ ppm	–	–	–	–	–	20
Zawartość NO ₂ ⁻ ppm	–	–	–	–	–	0,02
Zawartość SiO ₂ ppm	–	wielkości ustala się wg instrukcji producenta				
Przewodnictwo właściwe μS/cm	–					
Woda kotłowa						
Alkaliczność <i>p</i> ppm	5 – 15	2 – 20	2 – 8	2 – 10	1 – 5	2 – 7
Zawartość SiO ₂ ppm	–	60	–	40	–	35
Zawartość P ₂ O ₅ ppm	–	–	10	20	5 – 10	10 – 20
Przewodnictwo właściwe μS/cm	7000	9000	4000	6000	2000	3000

Formularz raportu kontroli analitycznej wody kotłowej firmy Unitor

UNITOR chemicals
 c/o Kjemi Service AS
 P.O. Box 49
 3140 Borgheim
 NORWAY

CO-ORDINATED BOILER WATERTREATMENT PROGRAMME
SHIPBOARD LOG PAD - UP TO 42 BAR SPECTRAPAK 311 □ 312 □

Ship _____ Flag _____ Owner _____

Boiler _____ Type _____ Pressure _____ Bar, Capacity _____ Tons

Make up: Shore Distilled Mixed

Year _____	Month _____	Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
Hardness control	PHOSPHATE ppm as PO ₄ limits 20-50	≥70																																				
		60																																				
		50																																				
		40																																				
		30																																				
		20																																				
Dosage grammes																																						
Alkalinity control	P. ALKALINITY ppm as CaCO ₃ limits 100-150	≥ 170																																				
		150																																				
		130																																				
		110																																				
		90																																				
		≤70																																				
Dosage ml																																						
M. Alk.	over 2xP. Alk.																																					
	below 2xP. Alk.																																					
Boiler pH	over 11.0																																					
	9.5-11.0																																					
	below 9.5																																					
Oxygen control	HYDRAZINE ppm as N ₂ H ₄ limits 0.10-0.20	≥0.25																																				
		0.20																																				
		0.15																																				
		0.10																																				
		≤0.05																																				
	Dosage liter																																					
SULPHITE ppm as Na ₂ SO ₃ limits 20-50	≥60																																					
	50																																					
	40																																					
	30																																					
	20																																					
Dosage liter																																						
Boiler Chlorides	max 200 ppm as Cl	≥260																																				
		220-240																																				
		180-200																																				
		140-160																																				
		100-120																																				
		60-80																																				
0-40																																						
Blow Down T/B																																						
Condensate pH	limits 8.3-9.0	≥9.2																																				
		8.8-9.0																																				
		8.3-8.6																																				
		8.2																																				
		≤8.0																																				
Dosage liter																																						
Comments																																						

Formularz raportu kontroli analitycznej wody chłodzącej firmy Unitor

UNITOR chemicals
 c/o Kjem Service AS
 P.O. Box 49
 3140 Borgheim
 NORWAY

COOLING WATERTREATMENT PROGRAMME
SHIPBOARD LOG PAD

SPECTRAPAK 309

Ship _____ Flag _____ Owner _____

MAIN ENGINE MANUFACTURER _____ **TYPE** _____

Make up: Shore Distilled Mixed

PRODUCT Dieselguard NB

Rocor NB Liquid

Year _____ Month J F M A M J J A S O N D

JACKETS										PISTONS										
CAP. _____ TONS										CAP. _____ TONS										
DATE										DATE										
NORMAL CHLORIDE LEVEL 50 PPM MAX	NITRITE as ppm NO ₂	≥2700	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	≥2700	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2520	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2520	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2340	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2340	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1980	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1980	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1800	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1800	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1620	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1620	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1440	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1440	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1260	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1260	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1080	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1080	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		900	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	900	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		≤720	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	≤720	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CHLORIDE ppm Cl	≥100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	≥100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	80	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	80	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
pH										pH										
Dieselguard NB kg										Dieselguard NB kg										
Rocor NB liquid ltr										Rocor NB liquid ltr										
Make up ltr										Make up ltr										
FUEL VALVES										AUX. GENERATORS										
CAP. _____ TONS										CAP. _____ TONS										
DATE										DATE										
NORMAL NITRITE LEVEL 1200-2400 PPM	NITRITE as ppm NO ₂	≥2700	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	≥2700	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2520	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2520	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2340	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2340	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1980	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1980	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1800	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1800	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1620	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1620	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1440	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1440	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1260	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1260	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1080	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1080	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		900	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	900	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		≤720	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	≤720	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CHLORIDE ppm Cl	≥100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	≥100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	80	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	80	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
pH										pH										
Dieselguard NB kg										Dieselguard NB kg										
Rocor NB liquid ltr										Rocor NB liquid ltr										
Make up ltr										Make up ltr										
Comments																				