تعیین پتانسیل خورندگی یا رسوب گذاری آب آشامیدنی شبکه های توزیع شهر خرم آباد با استفاده از اندیس های خوردگی

رضا پیری علم[1]، قدرت اله شمس خرم آبادی[2]، محمدرضا شاهمنصوری[3]، مهدی فرزادکیا[4]

1- کارشناس ارشد، کارشناس مسئول بهداشت محیط، مرکز بهداشت استان لرستان
2-استادیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان
3-دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
4-استادیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران

یافته / دوره دهم / شماره 3 / پاییز 87 / مسلسل 37

چکیده

دریافت مقاله: 87/2/22، ***پذیرش مقاله***: 87/6/13

Ø مقدمه: بر اساس استاندارد آب آشامیدنی نباید خورنده باشد، آبهای خورنده مواد اولیه لوله ها، اتصالات و شیر آلات شبکه های توزیع شهری و خانگی را در خود حل کرده و مشکلات عدیده بهداشتی، زیباشناسی و اقتصادی را در سیستم های آبی به وجود می آورند و در صورت لزوم خورندگی باید با هدف سالم سازی آب آشامیدنی و حفظ و ارتقاء سلامت و بهداشت شهروندان کنترل گردد. بنا براین تعیین پتانسیل خوردگی آب آشامیدنی با روشهای قابل اعتماد و قابل اجرا ضروری است.

Ø مواد و روش‌ها: این تحقیق با هدف تعیین پتانسیل خورندگی یا رسوب گذاری آب آشامیدنی شبکه های توزیع شهر خرم آباد با استفاده از اندیس های خوردگی انجام گرفت. در این تحقیق، مقدار اندیس های لانژلیه، رایزنر، خوردگی و پوکوریوس با تعیین پارامترهای درجه حرارت، سختی کلسیم، قلیائیت، کل جامدات محلول و pH در 50 نقطه در شبکه توزیع در دو مرحله ودر فصول تابستان و پاییز محاسبه گردید.

Ø یافته‌ها: نتایج روش اندیس های خورندگی، شامل اندیس های لانژلیه (0/157-)، رایزنر (7/86)، خوردگی (11/626) و پوکوریوس (7/65) آب شهر را در شرایط متمایل به خورندگی نشان می دهد.

Ø بحث و نتیجه‌گیری: آزمون های آماری ضریب همبستگی و پیرسون و اسپرمن و t زوج بجز در چند مورد محدود، ارتباط معنی داری بین پارامترهای کیفی با اندیس های خوردگی را نشان می دهد. نتایج روش های خوردگی، اندیس لانژلیه، اندیس رایزنر، اندیس خورندگی و پوکوریوس آب آشامیدنی شهر را در شرایط متمایل به خورندگی نشان می دهد.

Ø کلید واژه‌ها: اندیس های خوردگی، آب خورنده، رسوب گذاری، شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر خرم آباد

آدرس مکاتبه: خرم آباد، خیابان معلم، دانشگاه علوم پزشکی، معاونت بهداشتی

پست الکترونیک: rezapiryalam@yahoo.com

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2024-04-19]

مقدمه

فرایند خوردگی به طور کلی یک فرایند زیان آور است. خوردگی یکی از مهمترین مشکلات در صنعت آب است و می تواند سلامت عمومی، کیفیت و هزینه تولید آب سالم را تحت تاثیر قرار دهد (4). خوردگی، هزینه های بالایی را برای یک سیستم آب می تواند ایجاد کند. خوردگی مشکلاتی برروی مسائل اقتصادی، زیبا شناختی و بهداشتی می گذارد. خوردگی از کلمه corrodere به معنی سایش گرفته شده است (1، 8)، استاندارد ISO 8044[1]، خوردگی را به شکل واکنش فیزیکی، شیمیایی متقابل بین فلز و محیط اطرافش که معمولا دارای طبیعت الکتروشیمیایی بوده و نتیجه اش تغییر در خواص فلزی می باشد تعریف نمود (5). این تغییرات خواص ممکن است منجر به از دست رفتن توانایی عملکردی فلز، محیط یا سیستمی شود که قسمتی از آن را تشکیل می دهند. بسیاری از مواد فلزی نظیر موادی که در ساختمان سیستم های تامین آب استفاده می شوند، در حضور آب ناپایدار بوده و تمایل دارند که به شکل پایدارتر و اغلب محلول تبدیل یا تجزیه شوند و این فرایندی است که به عنوان خوردگی شناخته می شود (7).

سرعت رخداد این پدیده توسط بسیاری از عوامل فیزیکی (سرعت جریان، دما و...) و عوامل شیمیایی مانند pH، قلیائیت، سختی کلسیم، کل جامدات محلول، گازهای محلول (H_2S ، O_2 ، Co_2 و....) کلر باقیمانده، کلراید، سولفات و عوامل میکروبی (مانند باکتریهای احیا کننده سولفات و باکتریهای آهن و....) بوجود می آید و کنترل می شود. خوردگی ممکن است به دو صورت خوردگی داخلی و خارجی لوله ها و اتصالات مطرح شود. به دلیل مشکلات فراوانی که خوردگی داخلی برای کیفیت آب ایجاد می کند منظور از این تحقیق فقط بررسی خوردگی داخلی می باشد. حفاظت لوله ها در برابر خوردگی خارجی نیز بسیار مهم می باشد، اما ارتباط بسیار کمتری با کیفیت آب دارد. خوردگی داخلی لوله ها و اتصالات آن می تواند تاثیر مستقیمی بر غلظت بعضی از اجزای تشکیل دهنده آب مثل سرب، کادمیوم، روی، آهن، منگنز، داشته باشد که برای آنها مقادیر رهنمودی و استاندارد توصیه و در نظر گرفته شده است (7). رسوب گذاری از کلمه sedimentat و به معنی رسوب گرفته شده است. رسوب گذاری عبارتست از بوجود آمدن یک لایه سخت بر روی سطوح در تماس با آب در اثر به حد اشباع رسیدن جامدات محلول در آب (17). رسوب کلسیم تشکیل شده در آب یکی از متداولترین مقیاس های کنترل در سیستم های آبی است. تشکیل رسوب در لوله ها و در آبهایی که کربنات کلسیم در حد فوق اشباع باشد و مقادیر سختی آن هم بالا باشد، منجر به گرفتگی لوله ها شده و کارایی گرم کننده های آب گرم و دیگ بخار را کاهش می دهد. رسوبات همچنین می توانند در سیستم های منازل مشکلات فراوانی از جمله افزایش میزان مصرف انرژی را بوجود آورند (2، 12، 19).

مواد و روشها

تعداد نمونه هایی که در روش اندیس های خوردگی مورد نظر است معمولا متناسب با تعداد جمعیت تحت پوشش هر شبکه توزیع و براساس جدول استاندارد USEPAاست که با بکارگیری روش اندیس های خوردگی برای این منظور تهیه و تنظیم گردیده است. در شهر خرم آباد به منظور محاسبه اندیس های خوردگی با استفاده از پارامترهای سختی کلسیم، قلیائیت، کل جامدات محلول، درجه حرارت و pH مطابق این جداول استاندارد باید 50 نمونه در نظر گرفته شود. تعداد نمونه های مورد نیاز براساس جمعیت تحت پوشش شبکه توزیع انتخاب شده است. پراکندگی و محل نمونه گیری روی نقشه شهر با توجه به تعداد مناطق تقسیم بندی شده شبکه توزیع و با

1. International standard organization

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2024-04-19]

همکاری شرکت آب و فاضلاب و مرکز بهداشت به گونه ای انتخاب شد که بیانگر کل شبکه توزیع و جمعیت تحت پوشش باشد. حجم و ظروف نمونه برداری براساس دستورالعمل مندرج در استاندارد متد سال (1996) انتخاب گردیده است و پارامترهای مذکور به شرح ذیل تعیین مقدار شده اند:

1- آزمایش های درجه حرارت، EC، TDS: ابتدا در محل های نمونه برداری و با استفاده از دستگاه کالیبره شده Conductivity TDS meter مدل Lovi bond ساخت شرکت آلمان آزمایشات درجه حرارت، EC، TDS انجام گرفته است. ابتدا نمونه آب را درون بشر ریخته و بلافاصله الکترود دستگاه را درون آب فرو برده و و با فشار دادن دکمه های مخصوص درجه حرارت، EC، TDS مقادیر آن یادداشت شده است.

2- آزمایش pH: آزمایش pH نیز در محل با استفاده از pH متر دستی Lovi bond ساخت کشور آلمان صورت گرفته است. این pH متر توسط دو عدد محلول بافر با pH برابر 4 و 7 ابتدا کالیبره شده، سپس با فرو بردن الکترود شیشه ای آن در نمونه آب، با حرکت دورانی آهسته تا ثابت ماندن مقدار pH روی صفحه دیجیتالی ادامه می یابد. بعد از ثابت ماندن مقدار pH آن را یادداشت می کنیم. در آزمایشگاه مرکزی آب خرم آباد نیز یکبار این پارامتر اندازه گیری شد.

3- آزمایش اکسیژن محلول (DO): آزمایش اکسیژن محلول (DO) توسط دستگاه DO متر پرتابل مدل QM-system certificate No. 5394 DIN EN iso 9001 ساخت کشور آلمان انجام گرفته است. بعد از کالیبره کردن دستگاه، نمونه آب را به آهستگی درون بشر ریخته و سپس با فرو بردن الکترود دستگاه در نمونه آب با حرکت دورانی آهسته و پس از کاهش نوسانات و ثابت ماندن عدد آن، مقدار غلظت DO را سریعا یادداشت می کنیم. برای هر آزمایش قبلا دستگاه کالیبره شده است.

4- آزمایش سختی کلسیم، قلیائیت و دیگر پارامترهای کیفی آب: جهت اندازه گیری پارامترهای کیفی و از جمله سختی کلسیم و قلیائیت از دستورالعمل مندرج در استاندارد متدسال 1996 استفاده شده است.

تمام آزمایشات مربوط به سختی کلسیم و قلیائیت جهت افزایش دقت دوبار انجام گرفته است. عملیات اندازه گیری و محاسبه پارامترهای کیفی آب در 50 نقطه از شبکه توزیع و در دو مرحله صورت گرفته و برای هر محل نمونه برداری، اندیس های خوردگی محاسبه گردیده است و میانگین آنها مورد نظر قرار گرفته تا بدین وسیله دقت عمل افزایش یابد.

5- با استفاده از مقادیر قلیائیت، سختی کلسیم، درجه حرارت، کل جامدات محلول و pH مقدار pHs (pH اشباع از کربنات کلسیم) براساس فرمول زیر محاسبه گردیده است. مقادیر ضرایب عددی، (D، C، B، (A از روی جدول (1)، بدست می آیند

$pH_S= (9. 3+A+B)- (C+D)$

6- اندیس های خوردگی براساس فرمولهای توصیه شده به شرح زیر محاسبه شده اند:

الف: روش تعیین اندیس لانژلیه (LI):

فرمول محاسبه این اندیس به شرح زیر است (10، 15، 18)

رابطه (1) $LI= pH - pHS$

تفسیر دقیق تر اندیس لانژلیه در جدول شماره (2) آورده شده است (13).

ب: روش تعیین اندیس رایزنر ((RI یا اندیس پایداری رایزنر (SI)):

برای محاسبه این اندیس از فرمول زیر استفاده شده است (18، 19).

رابطه (2) $RI = 2 (PHS) – PH$

در جدول 3 چگونگی تفسیر و شرح اندیس نشان داده شده است.

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2024-04-19]

جدول شماره 1- مقادیر A، B، C و D جهت محاسبه PH_S (9)

کل جامدات محلول (mg/l)	A	سختی کلسیم (mg/l $CaCO_3$)	C	قلیائیت (mg/l $CaCO_3$)	D
50-300	0/1	10-11	0/6	10-11	1/0
400-1000	0/2	12-13	0/7	12-13	1/1
درجه حرارت		14-17	0/8	14-17	1/2
	B	18-22	0/9	18-22	1/3
سانتیگراد	فارنهایت	23-27	1/0	23-27	1/4
0-1	32-34	28-34	1/1	28-35	1/5
2-6	36-42	35-43	1/2	36-44	1/6
7-9	44-48	44-55	1/3	45-55	1/7
10-13	50-56	56-69	1/4	56-69	1/8
14-17	58-62	70-87	1/5	70-88	1/9
18-21	64-70	88-110	1/6	89-110	2/0
22-27	72-80	111-138	1/7	111-139	2/1
28-31	82-88	139-174	1/8	140-176	2/2
32-37	90-98	175-220	1/9	177-220	2/3
38-43	100-110	230-270	2/0	220-270	2/4
44-50	112-122	280-340	2/1	280-350	2/5
51-55	124-132	350-430	2/2	360-440	2/6
56-64	134-146	440-550	2/3	450-550	2/7
65-71	148-160	560-690	2/4	560-690	2/8
72-81	162-178	700-870	2/5	700-880	2/9
	1/2	880-1000	2/6	890-1000	3/0

ج: روش تعیین اندیس خورندگی ((AI: جهت محاسبه این اندیس از فرمول زیر استفاده شده است (3، 18).

رابطه (3) ($AI = pH + \log ((A) (H)$)

چگونگی تفسیر آن نیز در جدول (4) آمده است.

A = قلیائیت کل بر حسب میلی گرم در لیتر $CaCO_3$

H = سختی کلسیم بر حسب میلی گرم در لیتر $CaCO_3$

با جایگزینی مقادیر pH، A، H در رابطه، مقدار AI محاسبه گردیده و با استفاده از جدول 3-12 شرایط آب مورد مطالعه بدست آمده است

جدول شماره 2- تفسیر اندیس لانژلیه (15، 11)

مقدار اندیس	شرح حالت
LI > 0	آب فوق اشباع بوده و تمایل به رسوب $Caco_3$ دارد
LI = 0	آب از $Caco_3$ اشباع بوده و تمایل به ایجاد یا تجزیه $Caco_3$ ندارد
LI < 0	آب زیر اشباع بوده و تجزیه $Caco_3$ جامد انتظار می رود

جدول شماره 3 - تفسیر اندیس رایزنر (4، 2، 18).

مقدار اندیس	شرح حالت
<4	آب رسوبدهی زیاد دارد
5-6	آب نسبتاً رسوبده می باشد و کمی خورنده است
6-6/5	نه خاصیت خورندگی دارد و نه رسوبدهی
6/5-7	آب خاصیت خورندگی داشته و رسوب دهی کم می باشد
>8	آب خاصیت خورندگی شدید دارد

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2024-04-19]

جدول شماره 4- تفسیر مقدار اندیس خورندگی (3، 19، 18)

شرح حالت	مقدار AI
آب دارای خاصیت خورندگی زیاد است	<10
آب دارای خورندگی متوسط است	10-12
آب فاقد خورندگی است	>12

د: روش تعیین انـدیس پوکوریـوس ((PI: جهـت محاسـبه ایـن اندیس از رابطه زیر استفاده گردیده است (2)

رابطه (4) $PI = 2PHS - PHeq$

PI= اندیس پوکوریوس

$pH = pH_S$ آب در حالت اشباع از کربنات کلسیم

$pH = pH_{eq}$ آب در حالت تعادل که از رابطه 5 بدست می آید (2).

رابطه (5) $pH_{eq} = 1.465 \log (T - AIK) + 4.54$

$T - AIK$ = کل قلیائیت بر حسب میلی گرم در لیتر

چنانچه مقدار این اندیس بزرگتر از 6 باشد موید خورنده بودن آب و اگر کوچکتر از 6 باشد آب رسوب گذار است. چگونگی تفسیر آن نیز در جدول (5) آمده است.

جدول شماره 5- تفسیر اندیس پوکوریوس (2)

شرح حالت	مقدار PI
آب دارای خاصیت خورندگی است	>6
آب رسوبگذار است	<6

یافته ها

نتایج مربـوط بـه پارامترهـای کیفـی آب و انـدیس هـای خوردگی در جداول شماره 6 الی 8 ارائه شده است.

میانگین مقـدار $Pi - Ai - Ri - Li - pHs - pH$ در شـبکه توزیع شهر خـرم آبـاد بـه ترتیـب7/59، 7/71، 0/157-، 7/86، 11/626، 7/65 است.

جدول شماره 6- محاسبه pHS در شبکه توزیع خرم آباد

کد نمونه	T^0C	B	Ca^{++} mg/l $Caco_3$	C	TDS mg/l	A	ALK mg/l $Caco_3$	D	pHs
مرحله اول	25/34	1/9	58/85	1/35	283	0/127	219/8	2/35	7/69
مرحله دوم	24/31	1/99	57/55	1/37	275	0/127	218	2/33	7/7
نتیجه کلی	24/825	1/945	58/2	1/36	279	0/127	218/9	2/34	7/695

جدول شماره 7- محاسبه اندیسهای خوردگی در شبکه توزیع خرم اباد

اندیس ها	pH	pHs	Li	تفسیر	Ri	تفسیر	Ai	تفسیر	Pi	تفسیر
مرحله اول	7/5	7/75	-0/255	خورنده	8	خورنده	11/55	خورنده	7/86	خورنده
مرحله دوم	7/68	7/68	-0/06	خورنده	7/73	خورنده	11/703	خورنده	7/44	خورنده

جدول شماره 8- نتیجه پتانسیل خوردگی آب آشامیدنی شبکه های توزیع خرم آباد بر اساس اندیس های خوردگی

نام منبع	میانگین اندیس لانژلیه	میانگین اندیس رایزنر	میانگین اندیس خورندگی	میانگین اندیس پوکوریوس
شبکه توزیع	-0/157	7/86	11/626	7/65
نتیجه	خوردگی کم	خورنده	خورندگی متوسط	خورنده

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2024-04-19]

بحث و نتیجه‌گیری

در آب آشامیدنی شبکه توزیع شهر خرم آباد میانگین اندیس لانژلیه (0/157-) اندیس خورندگی (11/626) نشان می دهند که دارای تمایل به خورندگی می باشد همچنین براساس رایزنر (7/86) و اندیس پوکوریوس(7/65) آب دارای خاصیت خورندگی است. با مقایسه نتایج اندیس ها در دو مرحله اندازه گیری در شبکه توزیع خرم آباد در همه حالات خاصیت خورندگی آب مشخص گردید اما علیرغم کاربرد وسیع اندیس های خوردگی جهت تعیین پتانسیل خورندگی آب آشامیدنی شبکه های توزیع شهرها به دلیلی محدودیت های ذیل به طور کامل قابل اعتماد نیستند.

1- اندیس لانژلیه فقط تمایل آب به رسوب دهی و یا عدم آن را نشان میدهد و نمی توان از آن به عنوان یک اندازه گیری کمی استفاده نمود (4).
2- این اندیس فقط برای کنترل رسوب کلسیم در سیستم های باکل جامدات محلول (TDS) کم و در محدوده دماهای نه چندان بالا صادق است (4).
3- خاصیت تهاجمی آب به فلزات ویژه ای مانند فلزاتی که در شبکه های توزیع استفاده می شوند به شدت به TDS آب وابسته است، آبهای حاوی TDS بیش از 50 mg/l علیرغم مثبت بودن اندیس لانژلیه، تمایل به تهاجم و خورندگی دارند (15، 16).
4- آبهای حاوی آلودگی به مواد چربی و روغن و حضور جلبکها و دیگر گیاهان آبزی می توانند در محاسبات این اندیس تاثیر بگذارند (4).
5- این اندیس برای آبهایی که مقدار فسفات آنها زیاد و همچنین قلیائیت سدیمی بالایی دارند نیز روش مطمئنی نیست (4).
6- کربنات کلسیمی که به خاطر افزایش pH موضعی در مناطق کاتدی تشکیل می شود، قدرت محافظت بیشتری نسبت به رسوبی دارد که به طور طبیعی در اثر فوق اشباع شدن کربنات کلسیم به وجود می آید و این موضوع با محاسبه اندیس لانژلیه قابل درک نیست (4).
7- بعضی از محققین بر این عقیده اند که لایه کربنات کلسیم در pH های خیلی بالاتر از 7/4، حفاظت کافی را مهیا نمی کند.البته این موضوع در همه حالات صادق نبوده و فاکتورهای دیگری که دقیقاً مشخص نیست در این مسئله دخیل می باشند ولی به هر صورت این مطلب نیز با محاسبه اندیس مشخص نمی شود لذا دیده شده است که علیرغم مثبت بودن اندیس، آب دارای خاصیت تهاجمی و خورنده بوده است (4).
8- یکی از فاکتورهای موثر در نظریه بند 7، سرعت تشکیل لایه کربنات کلسیم است که هر چه سرعت تشکیل لایه بیشتر باشد باعث تشکیل رسوب متخلخل با توانایی حفاظت کنندگی ضعیف می شود (4).
9- اندیس لانژلیه بیشتر در سیستمهایی با سرعت جریان آب کاربرد دارد (15).
10- با توجه به اینکه اندیس لانژلیه رسوبگذاری آب را نشان می دهد در مقایسه با اندیس پوکوریوس که نشانگر خورنده بودن آب است، آزمایشات ریادی انجام شده که موید تناقض بین این اندیسها است. در بیشتر مواقع مناسبتر بودن اندیس پوکوریوس نسبت به اندیس لانژلیه برای آبهایی که pH آنها بیشتر از 8 می باشد مشاهده شده است (10).
11- اندیس لانژلیه نمی تواند روش قابل اعتمادی برای تشخیص مشکلات خوردگی در محدوده کم مقادیر باشد زیرا آزمایشات عملی نتایج خوردگی را تایید نمی کنند چنانچه مقدار این اندیس بین 0/4 تا 1/1 باشد (10).
12- این اندیس فقط باید pH های بین 9/5 – 6/5 جهت تعیین تمایل خوردگی آب مورد استفاده می باشد (به علت تنوع شاخصهای کیفیت آب) زیرا این محدوده pH

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2024-04-19]

مقادیر کافی یونهای کلسیم و قلیائیت بیش از 40 mg/l را در آب مهیا می کند (16).

13- تشکیل رسوب نازک کربنات کلسیم نمی تواند از خوردگی جلوگیری کند، در حالیکه تشکیل یک رسوب ضخیم تر که اصطلاحاً به رسوب پوسته تخم مرغی معروف است تا حدود زیادی از خوردگی جلوگیری می کند (4).

14- اندیس لانژلیه و دیگر محاسبات مرتبط با تثبیت کربنات کلسیم فقط وقتیکه تثبیت کربنات کلسیم تنها مکانیزم کنترل خوردگی باشد، ارزشمند است (19).

15- این اندیس برای نشان دادن حالت اشباع آب مناسب و رضایت بخش نیست (18).

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2024-04-19]

References

1. Inar matson. The corrosion technology foundation; The translation of Hoorfer, E, the center of Tehran university publishing,first Edition, 1996
2. Pishnamazi SA. The water and it's corrosion in industry with analisis of corroded samples, Arkan publishing, Isfahan, Spring, 1998
3. Torkian, Ayoob (translator), the hand book of the water and sewage tests,first Edition, Asfahan, Reseach `s assistance publication of Asfahan university of medical science, winter, 1993.
4. Sayed Razi SM. The industries `s corrosion management, first Edition,second Edition,Iran `s corrosion Associotion,1997.
5. Javaher Dashti,R,corrosion management, Tadbir monthly, 1998; 60: 70-71
6. Karbasi ER, Nabi Bidhendi kR. The corrosion in the water distribution system and Drinking water auality, Tehran `s ecology magazine,the environment college,Tehran university,twenty – first year, 1999; 17
7. Nabizadeh Nodehi R, Fezi Razi D. The guidine of Drinking water quality. First volume. The second Edition,the health organization's recommendation, First Edition, Tehran. The cultural physical's organization, 1996.
8. American water works association, Internal corrosion of water distribution systems, 2ndedition AWWA. Research foundation/ DVGW- technologiezenturum wasser 1996
9. AWWA, " Water Treatment (principal and practices of Water Supply operation series)". Second Edition, 1995.
10. Dezuane JPE. Hand Book of Drinking water Quality. Second Edition, 1997
11. Edwards M. The pitting corrosion of copper, J AWWA, 1994; 86(7)
12. EPA, February Corrosion control. Tech Brief, A national Drinking water clearing house fact sheet, 1997.
13. Edwards M. Effectes of selected Anions on Copper corrosion Rates. J. AWWA, 1994; 86(12)
14. Icela D, Quintal B. Determination of Cadmium and Lead Species in the water Column of the Jose An of the Antonio Alzate Reservoir Mexico". J. water Environment Research, 2000; 72(2)
15. Kerri K. Water Treatment plant Operation. 1992; 1(2)
16. National Interim primary Drinking Water Regulation, Amendments, fed, R-Y, 1980; 45: 168
17. Treseper RS, Baboian R, Munger-co CG. Nace corrosion engineers Reference Book, second Edition, 1991.
18. Rossum JR, Merrill DT. An Evaluation of the Calcium Carbonate Saturation Index. J. AWWA, 1983
19. Singley JE, Lee T. Determining Internal corrosion potential in water supply systems. Committee Report, J. AWWA, August 1994
20. Tchobanoglous G, Dschroeder E. Water Quality management. 1987

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2024-04-19]