



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۱۸۶-۱۵

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO  
17186-15  
1st.Edition  
2016

تصفیه خانه های فاضلاب –

قسمت ۱۵:

اندازه گیری انتقال اکسیژن در آب تمیز در

حوض های هوادهی واحدهای

لجن فعال

Wastewater treatment plants —  
Part 15:  
Measurement of the oxygen transfer in  
clean water in aeration tanks of activated  
sludge plants

ICS: 13.060.30

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج- ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@isiri.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.org>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: [standard@isiri.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

Website: <http://www.isiri.org>

## به نام خدا

## آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«تصفیه‌خانه‌های فاضلاب – قسمت ۱۵: اندازه‌گیری انتقال اکسیژن در آب تمیز در حوض‌های  
هوادهی در واحدهای لجن فعال»

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس:

دانشگاه صنعتی سهند

ولی‌پور، جواد  
(دکترای شیمی تجزیه)

دبیر:

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

یل‌شرزه، لیلیا  
(لیسانس میکروبیولوژی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

اباذری، محسن  
(فوق لیسانس میکروبیولوژی)

سازمان ملی استاندارد ایران - پژوهشگاه استاندارد

اولاد غفاری، عارف  
(فوق لیسانس مهندسی صنایع غذایی)

کارشناس استاندارد

سالک‌زمانی، شبنم  
(دکترای علوم تغذیه)

مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی

سالک‌زمانی، علی  
(فوق لیسانس مهندسی کشاورزی)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

سالک‌زمانی، مریم  
(فوق لیسانس علوم تغذیه)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

سپاس حکم‌آبادی، غلامرضا  
(فوق لیسانس بیوتکنولوژی)

مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی

سلیمانی، جابر  
(دکترای مهندسی کشاورزی)

دانشگاه علوم پزشکی تبریز - معاونت غذا و دارو

صادری، حشمت  
(فوق لیسانس فارم‌شناسی)

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

**سمت و/یا محل اشتغال:**

عضو مستقل	عالشی، مزده (فوق لیسانس شیمی)
اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی	قدیمی، فریده (فوق لیسانس شیمی)
شرکت آب و فاضلاب شهری استان آذربایجان شرقی	کاظمیان، نعمیه (فوق لیسانس شیمی)
شرکت آب و فاضلاب شهری استان آذربایجان شرقی	کشاورزی حسین آبادی، مهشید (فوق لیسانس باکتری شناسی)
شرکت کیمیاگران آزمون تبریز	منطقی، ملیحه (فوق لیسانس بیوتکنولوژی)
عضو مستقل	نهرلی، آيسان (فوق لیسانس مهندسی محیط زیست)
عضو مستقل	یل شرزه، رضا (فوق لیسانس زبان انگلیسی)
	<b><u>ویراستار:</u></b>
اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی	قدیمی، فریده (فوق لیسانس شیمی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ نمادها و کوتاه نوشت‌ها
۵	۵ اصول و روش‌ها
۶	۶ مخازن هوادهی، آزمون آب، تجهیزات و مواد شیمیایی
۶	۱-۶ مخازن و تاسیسات هوادهی
۷	۲-۶ تجهیزات اندازه‌گیری
۸	۳-۶ مواد شیمیایی
۸	۴-۶ آب آزمون
۹	۷ روش آزمون
۹	۱-۷ طرح‌ریزی آزمون
۱۰	۲-۷ آماده‌سازی اولیه و مسئولیت‌ها
۱۱	۳-۷ پرکردن مخزن با آب آزمون
۱۱	۴-۷ نصب پروب‌های DO
۱۲	۵-۷ افزودن مواد شیمیایی
۱۳	۶-۷ تزریق گاز
۱۴	۷-۷ گردآوری داده‌ها در طول آزمون
۱۵	۸-۷ آنالیز داده‌ها
۱۶	۸ دقت و درستی نتایج
۱۶	۱-۸ آهنگ انتقال اکسیژن استاندارد
۱۷	۲-۸ بازده هوادهی استاندارد

صفحه	عنوان
۱۷	۳-۸ بازده ویژه انتقال اکسیژن استاندارد
۱۷	۹ نمایش و تفسیر نتایج
۱۹	پیوست الف (الزامی) آزمون جایگزینه و روش ارزیابی
۲۱	کتابنامه

## پیش‌گفتار

استاندارد «تصفیه‌خانه‌های فاضلاب – قسمت ۱۵: اندازه‌گیری انتقال اکسیژن در آب تمیز در حوض‌های هوادهی در واحدهای لجن فعال» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در یک‌صد و هیجدهمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۲۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مأخذی (منابع و مأخذی) که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

BS EN 12255-15: 2003, Wastewater treatment plants – Part 15: Measurement of the oxygen transfer in clean water in aeration tanks of activated sludge plants



## تصفیه‌خانه‌های فاضلاب – قسمت ۱۵: اندازه‌گیری انتقال اکسیژن در آب تمیز در حوض‌های هوادهی در واحدهای لجن فعال

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش اندازه‌گیری آهنگ انتقال اکسیژن در حالت ناپایا<sup>۱</sup> و همچنین بازده انتقال اکسیژن در سیستم‌های هوادهی در حوض‌های (مخازن) هوادهی لجن فعال می‌باشد (به استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۷۱۸۶ مراجعه شود) هنگامی که با آب تمیز پر شده‌اند.

**یادآوری ۱-** روش ارائه‌شده به عنوان آزمون آب تمیز شناخته شده است.

**یادآوری ۲-** از آنجا که این روش بر پایه مخازن کاملاً مخلوط‌شده یا مخازنی با هوادهنده‌ها یا پخش‌گرهایی با توزیع یکنواخت استوار است، نتایج آزمون از تاسیسات هوادهی خاص ممکن است درست نباشد.

**یادآوری ۳-** تحت شرایط فرآیندی با لیکور<sup>۲</sup> مخلوط‌شده، آهنگ انتقال اکسیژن و بازده انتقال اکسیژن می‌تواند از نتایج آزمون آب تمیز متفاوت باشد. این مورد با فاکتور  $\alpha$  بیان می‌شود.

### ۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مرجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

**2-1** EN 1085, Wastewater treatment — Vocabulary.

**2-2** EN 25814, Water quality — Determination of dissolved oxygen — Electrochemical probe method

---

1-Non-steady state

2-Liquor

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد EN 1085، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۱-۳

آهنگ انتقال اکسیژن استاندارد (SOTR, kg/h)

**standard oxygen transfer rate (SOTR, kg/h)**

جرم اکسیژن انتقال یافته در هر ساعت تحت شرایط استاندارد (دمای آب °C ۲۰، فشار بارومتری ۱۰۱۳ hPa، غلظت اکسیژن حل شده صفر)، به مخزن هوادهی پر شده با آب تمیز (حجم m<sup>3</sup>) مجهز به یک وسیله یا سیستم هوادهی که در وضعیت هوادهی مشخص شده‌ای کار می‌کند و طبق معادله (۱) به دست می‌آید:

$$SOTR = V \times k_L a_{20} \times C_{s,20} / 1000 \quad (1)$$

۲-۳

بازده هوادهی استاندارد (SAE, kg/kWh)

**standard aeration efficiency (SAE, kg/kWh)**

منظور، نسبت آهنگ انتقال اکسیژن استاندارد و جذب کل قدرت سیم<sup>۱</sup> (P, kW) اندازه‌گیری شده در طول آزمون است.

۳-۳

بازده ویژه انتقال اکسیژن استاندارد (SSOTE, %/m)

**specific standard oxygen transfer efficiency**

درصد اکسیژن جذب شده به ازای هر متر از فروبری پخشگر (h<sub>D</sub>, m). SSOT ممکن است با واحد g/(m<sup>3</sup>.m) نیز بیان شود.

$$SSOTE = 100 \times SOTR / (h_D \times Q_A \times 0,299) [\% \text{ m}] \quad (2)$$

یا

$$SSOTE = 1000 \times SOTR / (Q_A \times h_D) [g/m^3.m] \quad (3)$$

1-Total wire power uptake

۴-۳

ضریب انتقال اکسیژن ( $k_L a_T, h^{-1}$ )

**oxygen transfer coefficient ( $k_L a_T, h^{-1}$ )**

با ارزیابی آزمون انتقال اکسیژن در آب تمیز در وضعیت هوادهی معین و در دمای معین تعیین می‌شود. از طریق معادله زیر به دمای استاندارد  $T = 20\text{ }^\circ\text{C}$  تبدیل می‌شود:

$$k_L a_{20} = k_L a_T \times 1,024^{(20-T)} \quad (۴)$$

۵-۳

مقدار اشباع اکسیژن استاندارد ( $C_{S,St,T}, \text{mg/l}$ )

**standard oxygen saturation value ( $C_{S,St,T}, \text{mg/l}$ )**

طبق استاندارد EN 25814 برای  $p_{St} = 1\ 013\ \text{hPa}$  می‌باشد. به عبارت دیگر  $C_{S,St,20} = 9,09\ \text{mg/l}$ .

۶-۳

مقدار اشباع اکسیژن آزمون ( $C_{S,p^*,T}, \text{mg/l}$ )

**test oxygen saturation value ( $C_{S,p^*,T}, \text{mg/l}$ )**

منظور، مقدار اشباع اکسیژن از آزمون انتقال اکسیژن در آب تمیز در دمای آب معین ( $T, \text{ }^\circ\text{C}$ ) و فشار بارومتری معین ( $p^*, \text{ hPa}$ ) است. مقدار اشباع اکسیژن آزمون به شرح زیر به شرایط استاندارد تبدیل می‌شود:

$$C_{S,20} = C_{S,p^*,T} \times (C_{S,st,20} / C_{S,St,T}) \times (p_{St} / p^*) \quad (۵)$$

۷-۳

مقدار اشباع اکسیژن وسط عمق ( $C_{S,md,20}, \text{mg/l}$ )

**mid-depth oxygen saturation value ( $C_{S,md,20}, \text{mg/l}$ )**

برای هوادهی هوای پخش شده، مقدار اشباع اکسیژن وسط عمق برای شرایط استاندارد به صورت زیر محاسبه می‌شود ( $10,35\ \text{m}$  آب معادل  $1013\ \text{hPa}$  است):

$$C_{S,md,20} = C_{S,St,20} \times [1 + (h_D / (2 \times 10,35))] \quad (۶)$$

۸-۳

فروبری پخش گر ( $h_D, \text{ m}$ )

**diffuser submergence ( $h_D, \text{ m}$ )**

منظور، عمق زیر سطح آب از رهایش<sup>۱</sup> هوا از پخش گر بدون انجام هوادهی است.

۹-۳

دبی هوای نرمال ( $Q_A, m^3/h$ )

**normal air flow rate ( $Q_A, m^3/h$ )**

منظور، دبی هوای فرستاده شده به مخزن هوادهی، تصحیح شده برای شرایط استاندارد (هوای خشک، رطوبت صفر،  $p = 1013 \text{ hPa}$ ,  $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) است.

۱۰-۳

وضعیت هوادهی

**aeration setting**

برای هوادهی هوای پخش شده، منظور، دبی معین هوا در عمق مشخصی از پخش گر همراه یا بدون اختلاط<sup>۲</sup> اضافی است؛ برای هوادهندهای سطحی، منظور، بخش خارج از آب مشخص یا عمق فروبری مشخص در سرعت چرخشی معین و با یا بدون سپرکها<sup>۳</sup> و/یا اختلاط اضافی است.

۴ نمادها و کوتاه نوشتها

$h_D$  فروبری پخش گر، بر حسب متر (m)

$C_0$  غلظت اکسیژن در  $t=0$ ، بر حسب میلی گرم بر لیتر (mg/l)

$C_i$  غلظت اولیه اکسیژن حل شده در مخزن بدون سدیم سولفیت، بر حسب میلی گرم بر لیتر (mg/l)

$C_{S,20}$  مقدار اشباع اکسیژن آزمون در شرایط استاندارد، بر حسب میلی گرم بر لیتر (mg/l)

$C_{S,md,20}$  مقدار اشباع اکسیژن وسط عمق، بر حسب میلی گرم بر لیتر (mg/l)

$C_{S,p^*,T}$  مقدار اشباع اکسیژن آزمون، بر حسب میلی گرم بر لیتر (mg/l)

$C_{S,p^*,T,\circ}$  مقدار اشباع اکسیژن بعد از یک مدت هوادهی طولانی که از طریق تیتراسیون وینکلر<sup>۴</sup> تعیین می شود (به استاندارد EN 25813 مراجعه شود)، بر حسب میلی گرم بر لیتر (mg/l)

$C_{S,S_t,T}$  مقدار اشباع اکسیژن استاندارد، بر حسب میلی گرم بر لیتر (mg/l)

$C_{S,S_t,T,\circ}$  مقدار اشباع اکسیژن استاندارد در دمایی که مقدار اشباع از طریق تیتراسیون وینکلر تعیین شده است، بر حسب میلی گرم بر لیتر (mg/l)

- 
- 1-Release
  - 2-Mixing
  - 3-Baffles
  - 4-Winkler titration

$C_t$  غلظت اکسیژن در زمان  $t$ ، برحسب میلی‌گرم بر لیتر (mg/l)

$k_{La20}$  ضریب انتقال اکسیژن در  $T=20^\circ\text{C}$ ، برحسب 1/h

$k_{LaT}$  ضریب انتقال اکسیژن در دمای آزمون، برحسب 1/h

$M_{So}$  جرم سدیم سولفیت مورد نیاز برای یک آزمون، برحسب کیلوگرم

$p^\circ$  فشار بارومتری در حین نمونه‌گیری برای تیتراسیون وینکلر، برحسب هکتوپاسکال (hPa)

$p^*$  فشار بارومتری در طول آزمون، برحسب هکتوپاسکال (hPa)

$p_{St}$  فشار استاندارد بارومتری (1 013 hPa)، برحسب هکتوپاسکال (hPa)

$Q_A$  دبی هوای نرمال، برحسب مترمکعب بر ساعت  $(\text{m}^3/\text{h})^2$

$t_M$  زمان اختلاط در غلظت اکسیژن  $C=0$ ، برحسب دقیقه (min)

$V$  حجم مخزن، برحسب مترمکعب  $(\text{m}^3)$

## ۵ اصول و روش‌ها

پس از کاهش (آزمون جذب) یا افزایش (آزمون واجذب) غلظت اکسیژن حل‌شده در مخزن هوادهی با اختلاط ثابت و وضعیت هوادهی معین، افزایش یا کاهش غلظت اکسیژن حل‌شده پایش می‌شود. این مطلب از طریق معادله زیر توضیح داده می‌شود:

$$C_t = C_{S,p^*,T} - (C_{S,p^*,T} - C_0) \times \exp(-k_L a_T \times t) \quad (7)$$

از طریق روش رگرسیون غیرخطی، معادله (۷) با مقادیر اندازه‌گیری شده  $C_t$  متناسب می‌شود. مقادیر  $C_0$ ،  $C_{S,p^*,T}$  و  $k_L a_T$  به دست می‌آید. باقی‌مانده‌ها  $[C_t - (C_{S,p^*,T} - C_0) \exp(-k_L a_T \times t)]$  که در مقابل زمان روی نمودار رسم می‌شوند، باید به صورت تصادفی توزیع شوند. اگر آن‌ها به صورت یک منحنی درآمدند، ارزیابی جدیدی باید انجام گیرد که طی آن یک یا چند مقدار از مقادیر  $C_t$  از ابتدا و /یا انتهای منحنی باید حذف شوند. هر برنامه کامپیوتری ممکن است برای تخمین پارامترهای غیرخطی استفاده شود مثل استرنسم و همکاران<sup>۱</sup>. دیسک‌های تهیه‌شده توسط [ASCE[1992]، [ATV[1996] یا [FUL[1995] نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرند.

مقدار  $k_L a_T$  تحت تاثیر کالیبراسیون پروب‌های DO نیست. تعیین دقیق  $C_{S,p^*,T}$  مستلزم پروب‌های DO یا تیتراسیون وینکلر است که با دقت کالیبره شده‌اند، به استانداردهای EN25813 و EN25814 مراجعه شود.

1-Stenstrom et al.

در موسسات باتجربه، ممکن است از تخمین خطی  $k_L a_T$  (روش لگاریتم کمبود) استفاده شود که در آن مقدار اندازه‌گیری شده اشباع اکسیژن  $C_{S,p^{\circ},T^{\circ}}$  به کار برده می‌شود، به پیوست الف مراجعه شود.

آزمون جذب انتقال اکسیژن رایج‌ترین روش آزمون است که در آن غلظت اکسیژن حل‌شده در مخزن هوادهی در ابتدا با افزودن سدیم سولفیت یا تزریق گاز نیتروژن کاهش می‌یابد و سپس نزدیک به اشباع اکسیژن، هوادهی می‌شود. از افزایش غلظت اکسیژن حل شده که در طول مدت هوادهی تحت پایش است، ضریب انتقال اکسیژن و مقدار اشباع اکسیژن تعیین می‌شود.

آزمودن واجذب انتقال اکسیژن آب تمیز، روش جدیدتری است. با تزریق گاز اکسیژن خالص، غلظت اکسیژن حل‌شده در تانک هوادهی در ابتدا تا زیر غلظت اشباع اکسیژن (هوا) بالا می‌رود و بعد از آن نزدیک به اشباع اکسیژن هوا، هوادهی می‌شود. از کاهش غلظت اکسیژن حل شده تحت پایش در طول هوادهی، ضریب انتقال اکسیژن و مقدار اشباع اکسیژن می‌توانند تعیین شوند.

## ۶ مخازن هوادهی، آب آزمون، تجهیزات و مواد شیمیایی

### ۶-۱ مخازن و تاسیسات هوادهی

مخازن در پلان ممکن است به صورت مربع، دایره، مستطیل یا لوپ بسته (مثل نهر اکسیداسیون<sup>۱</sup>) باشند.

امروزه سیستم‌های هوادهی که عمدتاً استفاده می‌شوند به صورت سیستم‌های هوای پخش شده (مثل پخش‌گرهای متخلخل، پرانه<sup>۲</sup>)، هوادهنده‌های سطحی شفت عمودی (مثل هوادهنده‌های مخروطی) و هوادهنده‌های سطحی محور افقی طبقه‌بندی می‌شوند.

هوادهی هوای پخش شده می‌تواند در هر مخزنی نصب شوند و می‌توان در مخازن مدور و لوپ بسته، یک ملخ<sup>۳</sup> نیز برای ایجاد جریان افقی نصب نمود.

هوادهنده‌های سطحی شفت عمودی را می‌توان در مخازن مربعی، مدور، مستطیلی و لوپ بسته نصب کرد. امروزه هوادهنده سطحی محور افقی فقط در مخازن لوپ بسته نصب می‌شوند. در مخازن لوپ بسته با هوادهنده‌های سطحی، ملخ‌ها ممکن است برای حفظ سرعت جریان مناسب نصب شوند. از آنجایی که عمق فروری در طول مدت پرشدن مخزن برای هوادهنده‌های سطحی مهم است، باید هنگامی که نیمی از هوادهنده‌ها (در حال کار) به سطح آب رسیدند، نشانه‌ای برای فروری صفر گذاشته شود.

1-Oxidation ditch  
2-Ejector  
3-Propeller

## ۲-۶ تجهیزات اندازه‌گیری

### ۱-۲-۶ پروب‌های اکسیژن حل شده (پروب‌های DO)

دست‌کم سه پروب DO باید در مخزن هوادهی نصب شود. در مخازن هوادهی بزرگ ( $V > 3000 \text{ m}^3$ ) و در مخازنی با هوادهی مخروطی توصیه می‌شود که شش پروب DO یا بیشتر کار گذاشته شود.

کالیبراسیون پروب‌های DO باید طبق استاندارد EN 25814 انجام شود.

مدت زمان پاسخ پروب‌های DO باید کمتر از یک‌بیستم مدت زمان پاسخ مخزن هوادهی باشد، از این‌رو  $k_L a_T$  پروب باید ۲۰ مرتبه بزرگتر از  $k_L a_T$  مخزن هوادهی باشد.

در تاسیسات با  $k_L a_T > 20 \text{ h}^{-1}$  به سبب اینکه  $k_L a_T > 400 \text{ h}^{-1}$  برای پروب موردنیاز است،  $k_L a_T$  ممکن است درست نباشد.

### ۲-۲-۶ ثبت غلظت اکسیژن حل‌شده

دست‌کم یک پروب باید به وسیله نمایش ثبت مداوم وصل شود. سپس سیگنال‌های پروب‌های مانده باید در فاصله‌های زمانی مناسب به صورت دستی ثبت شوند.

استفاده از یک داده‌نگار<sup>۱</sup> برای همه پروب‌ها ارجحیت دارد. همچنین در این مورد، خط سیر غلظت اکسیژن در دست‌کم یک پروب باید بر روی صفحه‌نمایش یا از طریق ثبات نمودار نواری، در طول آزمون نمایش داده شود.

فرکانس ثبت  $C_t$  باید تا حد امکان بالا باشد. دست‌کم باید از ۳۰ زوج  $C_t/t$  برای تعیین  $k_L a_T$  استفاده شود.

### ۳-۲-۶ اندازه‌گیری دما

دمای آب مخزن هوادهی باید در ابتدا و انتهای هر آزمون با درستی  $\pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$  اندازه‌گیری شود.

### ۴-۲-۶ اندازه‌گیری توان

توان کلی سیم در تجهیزات هوادهی (موتورهای دمنده‌ها یا هوادهنده‌های سطحی از جمله کنترل‌کننده‌های فرکانس) و در تجهیزات اختلاط عملیاتی باید توسط kWh مترهای موقتی یا نصب شده یا ابزارهای kW با درستی  $\pm 3\%$  اندازه‌گیری شود.

### ۵-۲-۶ اندازه‌گیری جریان هوا

اگر در تاسیسات هوای پخش شده بازده انتقال اکسیژن قرار است اندازه‌گیری شود، دبی هوای نرمال باید با از طریق تجهیزات مناسبی با درستی  $\pm 5\%$  اندازه‌گیری شود.

اگر در تاسیسات هوای پخش شده فقط کسری از هوای فرستاده شده به دمنده برای هوادهی مخزنی که قرار است آزمون شود، استفاده شود، دبی هوا برای مخزن و کل دبی هوای دمنده باید به وسیله تجهیزات مناسبی با درستی  $\pm 5\%$  اندازه‌گیری شوند.

### ۳-۶ مواد شیمیایی

#### ۱-۳-۶ سدیم سولفیت

سدیم سولفیت ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) با درجه فنی یا درجه فوتو باید برای اکسیژن‌زدایی استفاده شود. برای حذف  $1 \text{ kg}$  اکسیژن حل شده، مقدار  $8 \text{ kg}$  از  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  مورد نیاز است. جامدات حل شده به ازای  $1.13 \text{ kg}$  از  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  افزایش می‌یابد.

#### ۲-۳-۶ کاتالیزگر کبالت

کلرید کبالت ( $\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ ) یا سولفات کبالت ( $\text{CoSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ ) با درجه واکنشگری یا فنی باید برای کاتالیز واکنش اکسیژن‌زدایی استفاده شود. مقدار کبالتی که قرار است اضافه شود ممکن است در محل تعیین شود. غلظت  $0.5 \text{ mg/l Co}$  در هر صورت مناسب است و نباید بیشتر شود.

### ۳-۳-۶ گاز نیتروژن و گاز اکسیژن خالص

گاز به شکل مایع یا در بطری‌های گاز که در بسته‌هایی حبس شده‌اند، فرستاده می‌شوند. کاهنده‌های مناسب فشار لازم است. اندازه‌گیری جریان گاز در آزمون‌های واجذب به منظور حفظ کسر مناسبی از اکسیژن هوا مفید است. در حین کار با گاز اکسیژن، اصول ایمنی جدی باید رعایت شود تا از ریسک انفجار اجتناب شود.

### ۴-۶ آب آزمون

آبی که قرار است مورد استفاده قرار گیرد، باید کیفیتی معادل آب آشامیدنی داشته باشد به استثنای آلاینده‌هایی مثل نیترات و نیتريت و ارگانيسم‌های بیماری‌زا که بر انتقال اکسیژن تأثیری ندارند.

آب با غلظت اولیه کل مواد جامد حل شده بیش از  $500 \text{ mg/l}$  نباید برای آزمون جذب استفاده شود، چون با افزودن سدیم سولفیت غلظت افزایش می‌یابد.



ترکیبات آلی در آب به کمپلکسه سازی کاتالیست کبالت منجر می شوند؛ آن‌ها همچنین می توانند انتقال اکسیژن را کاهش دهند. بنابراین جریان خروجی<sup>۱</sup> که به طور بیولوژیکی تصفیه شده است یا آبی که با جلبک‌ها رنگی شده است، نباید به عنوان آب آزمون استفاده شوند.

قبل از آزمون، باید نمونه نمایاننده‌ای از آب برای کل مواد جامد حل شده، مورد آنالیز قرار گیرد. زمانی که آب آشامیدنی استفاده نمی شود سایر پارامترها نظیر آهن، منگنز، قلیائیت، pH، کربن آلی حل شده و مواد سطح فعال<sup>۲</sup> باید مورد توجه قرار بگیرند.

زمانی که آب حاوی مواد آلی نامشخص باید آزمون شود، آزمون‌های انتقال اکسیژن در یک مخزن پایلوت<sup>۳</sup> (عمقی یکسان با مخزن تمام مقیاس<sup>۴</sup> و با  $k_{La20}$  یکسان) با آب آشامیدنی و آب آزمون باید انجام گیرد. آب آزمون زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که انحراف  $k_{La20}$  بین آب آشامیدنی و آب آزمون در حد  $\pm 5\%$  باشد.

استفاده از آبی به غیر از آب آشامیدنی باید با توافق بین کارفرما و پیمانکار یا سازنده باشد.

## ۷ روش آزمون

### ۱-۷ طرح ریزی آزمون

اگر آزمون‌های جذب با اکسیژن زدایی به وسیله سدیم سولفیت طرح ریزی شده است، تعداد آزمون‌هایی که باید با همان آب آزمون انجام گیرد، باید محاسبه شود. آزمون‌های تکراری را می توان در همان آب انجام داد، مشروط بر این که غلظت کل مواد جامد حل شده بیشتر از  $2000 \text{ mg/l}$  نباشد که هدایت الکتریکی را تا  $3000 \mu\text{S/cm}$  نزدیک می سازد.

هیچ محدودیتی مبنی بر اینکه برای اکسیژن زدایی از تزریق گاز نیتروژن یا آزمون‌های واجذب بعد از تزریق اکسیژن خالص استفاده شود، وجود ندارد.

آزمون اولیه‌ای باید به عنوان کار آزمایی<sup>۵</sup> برای تعیین انتقال اکسیژن مورد نظر قرار گیرد، چون ممکن است توزیع ناکافی سدیم سولفیت، قراردهی نادرست پروب‌های DO یا سایر نابهنجاری‌ها وجود داشته باشد. داده‌های آزمون زمانی می توانند استفاده شوند که هیچ نوع نابهنجاری وجود نداشته باشد.

---

1-Effluent  
2-Surfactants  
3-Pilot tank  
4-Full scale  
5-Trial

به منظور آزمون‌های انطباق، در هر وضعیت هوادهی، کمینه دو آزمون باید انجام بگیرد. آزمون دو وضعیت هوادهی در شرایطی با آب پر شده یکسان و استفاده از سدیم سولفیت برای اکسیژن‌زدایی و در نظر گرفتن اینکه آزمون اولیه فاقد اعتبار است، امکان‌پذیر می‌باشد.

کیفیت آب در هر آزمون به دلیل افزایش غلظت مواد جامد حل شده تغییر می‌کند. اگر قرار است وضعیت‌های مختلف هوادهی آزمون شوند، این آزمون‌ها باید به صورت متقارن توزیع شوند.

## ۲-۷ آماده‌سازی اولیه و مسئولیت‌ها

به منظور حصول اطمینان از درستی کاربرد این استاندارد برای آزمون‌های در محل، مشتری یا مهندس او و پیمانکار یا سازنده باید قبل از آزمون روی شرایط و روش آزمون توافق کنند. مواردی که در توافق‌نامه باید آورده شده باشد، عبارتند از:

- کدام مخزن هوادهی یا کدام قسمت از یک مخزن هوادهی باید استفاده شود؛
- به منظور حصول اطمینان از ثابت ماندن سطح آب در مخزن در طول آزمون، چه اقداماتی باید انجام شود، و اینکه چگونه از تبادل آب بین قسمت آزمون و بقیه مخزن جلوگیری شود، زمانی که از یک قسمت مخزن استفاده می‌شود؛
- مشخصات منبع و کیفیت آبی که برای آزمون استفاده می‌شود، در صورتی که از آب آشامیدنی برای این منظور استفاده نخواهد شد؛
- روش آزمون (آزمون جذب: اکسیژن‌زدایی از طریق سدیم سولفیت یا گاز نیتروژن، آزمون واجذب بعد از افزایش غلظت اکسیژن حل‌شده از طریق تزریق گاز اکسیژن)؛
- روشی برای افزودن سدیم سولفیت (مایع، خشک، تعداد نقاط افزودن)؛
- روش اندازه‌گیری قدرت و در صورت لزوم، روش اندازه‌گیری جریان هوا؛
- تعداد و موقعیت پروب‌های DO؛ نتایج آزمون اولیه ممکن است باعث ضروری شدن جابه‌جایی مجدد پروب‌ها شود؛
- وضعیت‌های هوادهی (دبی هوا، تعداد هوادهندهای سطح، عمق فروبری، عمق فروبری هوادهندهای سطح)؛
- تعداد آزمون‌ها برای هر وضعیت هوادهی؛
- روش ارزیابی آزمون، اگر روش پیشنهادی در این استاندارد استفاده نمی‌شود؛
- انحراف مجاز از نتایج آزمون از مقادیر تضمین‌شده.

### ۳-۷ پرکردن مخزن با آب آزمون

مخزن باید قبل از پرکردن با آب، تمیز شود و حجم آب آن نیز باید اندازه‌گیری شود. به منظور بررسی سطح(های) آب در طول آزمون، باید علامتی در دیواره مخزن گذاشته شود.

بعد از پرکردن مخزن تا سطح مطلوب، سیستم هوادهی و مخلوط‌کن‌ها، در صورت نصب، باید دست‌کم ۱۲ h قبل از شروع آزمون به کار انداخته شوند.

در صورت استفاده از آبی غیر از آب آشامیدنی، در پایان مدت ۱۲ h و قبل از آزمون، یک نمونه برای اندازه‌گیری کل مواد جامد حل شده، هدایت الکترولیتیکی، کربن آلی حل شده و مواد سطح‌فعال باید گرفته و آنالیز شود.

بعد از خاموش کردن هوادهنده‌ها و مخلوط‌گرها، سطح آب در مخزن باید بررسی شود. اگر هوادهنده‌های سطح آزمون می‌شوند، سطح آب در طول آزمون نباید بیشتر از ۱ cm افت کند.

در صورت استفاده از هوادهی با هوای با حباب ریز پخش شده، سیستم هوادهی باید ۲۴ h قبل از آزمون به کار انداخته شود تا لوله‌ها زهکشی و پخش‌گرها تمیز شوند.

### ۴-۷ نصب پروب‌های DO

پروب‌های DO باید در فاصله کمینه ۵۰ cm از دیواره‌ها، سطح آب و کف مخزن نصب شوند. پروب‌های DO باید به صورتی نصب شوند که از تجمع حباب‌های هوا در غشاها جلوگیری گردد مثلاً با زاویه ۴۵ درجه.

در مخزن‌های کاملاً مخلوط شده و مخزن‌هایی که به عنوان کاملاً مخلوط در نظر گرفته می‌شوند، پروب‌های DO امکان دارد در هر موقعیتی کار گذاشته شوند. در مخزن‌هایی با هوادهنده‌های سطح، کمینه باید سه پروب در عمق‌های مختلف نمایانگر، کار گذاشته شوند.

در مخزن‌های مستطیلی با هوادهی هوای پخش شده، پروب‌های DO باید در امتداد طول مخزن توزیع شوند. اگر تراکم پخش‌گرها در طول مخزن متغیر باشد، دست‌کم یک پروب باید در مرکز هر قسمت از تراکم پخش‌گر نصب شود.

پس از نصب پروب‌های DO، هوادهی و همچنین مخلوط‌کن‌ها، در صورت استفاده، باید در پایین‌ترین وضعیتی که قرار است آزمون شود، به کار انداخته شوند. قرائت غلظت‌های اکسیژن باید حاکی از این باشد که تلاطم در پروب‌ها مناسب است. اگر با جابه‌جایی پروب، غلظت بیشتری قرائت و نشان داده شود، تلاطم نامناسب است. در این صورت، برای افزایش تلاطم در پروب، باید از وسیله همزن مایعات استفاده شود.

## ۷-۵ افزودن مواد شیمیایی

### ۷-۵-۱ کاتالیزگر کبالت

نمک کبالت باید قبل از افزودن به مخزن هوادهی در آب حل شود. برای همه آزمون‌ها با آب یکسان فقط یکبار افزودن نمک کبالت کفایت می‌کند.

کاتالیزگر کبالت باید طوری اضافه گردد که از توزیع یکسان آن در کل حجم مخزن اطمینان حاصل شود. بعد از افزایش کبالت، هوادهی و اختلاط باید دست‌کم ۳۰ min انجام بگیرد تا توزیع به صورت یکسان تامین شود.

**یادآوری** - در صورت انجام آزمون‌های واجذب یا استفاده از گاز نیتروژن برای کاهش DO، نیازی به فرآیند افزودن کبالت نیست.

### ۷-۵-۲ سدیم سولفیت

نصب پروب‌های DO و ثبت DO ها، باید قبل از اضافه نمودن سولفیت انجام گیرد.

سدیم سولفیت را می‌توان به هر دو شکل حل‌شده یا پودری اضافه کرد. این موضوع باید با توافق بین کارفرما و پیمانکار یا سازنده انجام شود.

جرم سدیم سولفیت مورد نیاز برای یک آزمون ( $M_{SO}$ , kg) به حجم مخزن ( $V$ ,  $m^3$ )، غلظت اولیه اکسیژن حل‌شده  $C_i$  و مدت زمان اختلاط  $t_M$  مورد نیاز برای ایجاد شرایط اختلاط و جریان ثابت در غلظت صفر اکسیژن حل‌شده و در حالی که هوادهی در وضعیت مطلوب SOTR کار می‌کند، بستگی دارد و طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$M_{SO} = 8 \times [V \times C_i / 1000] + (t_M \times SOTR / 60) \quad (۸)$$

مخزنی که برای انحلال سدیم سولفیت استفاده می‌شود، باید مجهز به وسیله اختلاط مناسب مثل مخلوط‌کن یا یک پمپ شناور باشد. کمینه حجم مخزن اختلاط مورد نیاز برای انحلال ۱۰۰ kg سدیم سولفیت  $۱ m^3$  است. توده‌های سدیم سولفیت که ممکن است در مخزن اختلاط ایجاد شوند، نباید به مخزن هوادهی منتقل شوند.

روش‌های ممکن برای افزودن سدیم سولفیت عبارت است از:

**الف** - افزودن سدیم سولفیت بدون هوادهی. اختلاط مناسب از طریق مخلوط‌کن‌های توکار یا خارجی، مورد نیاز است. با هوادهی هوای پخش‌شده، اختلاط ممکن است در دبی هوای کمتری انجام گیرد. افزودن سدیم سولفیت به شکل پودر، فقط هنگامی می‌تواند انجام شود که شدت اختلاط آن قدر باشد که بتواند از ته‌نشینی پودر جلوگیری کند. مدت زمان اختلاط  $t_M$ ، زمان مورد نیاز برای برقراری اختلاط ثابت است یا شرایط جریان بعد از هوادهی به تنظیمات مورد آزمون تغییر می‌یابد.

ب- افزودن سدیم سولفیت در حالی که هوادهی در تنظیمات مطلوب در جریان است. در این حالت، مدت زمان اختلاط  $t_M$ ، زمان مورد نیاز برای حصول توزیع یکنواختی از سدیم سولفیت است؛ که به ویژگی‌های اختلاط مخزن، تنظیمات هوادهی، تعداد نقاط و مدت زمان افزودن سدیم سولفیت بستگی دارد.

توزیع یکنواختی از غلظت سدیم سولفیت باید قبل از شروع به افزایش غلظت اکسیژن حل‌شده، برقرار شده باشد. بهتر است این موضوع باید با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در نقاط متعدد مخزن بررسی شود.

موارد زیر باید هنگام کاربری روش، رعایت شوند:

- دوزینگ سدیم سولفیت باید به صورت مداوم و همزمان در تمامی نقاط لازم در مدت زمان ۴ min تا ۶ min انجام شود. تعداد نقاط دوزینگ باید طوری انتخاب شود که غلظت یکنواختی از سدیم سولفیت حاصل شود.

- دوزینگ سدیم سولفیت پودری باید در نقاطی با تلاطم بالا مثل مخازنی با هوادهنده‌های سطحی درون مناطق گسترده‌ای انجام شود.

- در مخازن بزرگ بدون پل‌ها، فاصله بین نقاط دوزینگ بیشینه ۱۰ m باشد.

- در مخازن لوبی بسته، دوزینگ سولفیت باید در نقطه‌ای با آهنگ ثابت برای مدت ۳ تا ۴ گردش آب انجام شود. دوزینگ در نقاط متعدد باید برای مخازنی با مدت گردش بیشتر از ۱۵ min انجام شود.

با هوادهی هوای پخش‌شده یا هوادهنده‌های سطح با شفت عمودی در مخازن مستطیلی به طور کامل مخلوط‌شده  $t_M = 5 \text{ min}$  ممکن است مناسب باشد چنان‌چه افزودن سولفیت طبق روش مورد الف انجام گیرد، چنان‌چه روش مورد ب مورد استفاده قرار گیرد، ۱۵ min تا  $t_M = 10 \text{ min}$  ممکن است مورد نیاز گردد.

یادآوری - در صورت انجام آزمون‌های واجذب یا استفاده از گاز نیتروژن برای کاهش DO، نیازی به فرآیند افزودن سدیم سولفیت نیست.

## ۶-۷ تزریق گاز

اکسیژن‌زدایی از طریق تزریق گاز نیتروژن محدود به سیستم‌های هوادهی است که زمان اختلاط بسیار کوتاهی دارند. بنابراین، این روش فقط می‌تواند برای مخازن به طور کامل مخلوط‌شده یا مخازنی با پخش‌گرهایی به طور یکنواخت توزیع‌شده، مورد استفاده قرار گیرد. بهتر است گاز نیتروژن از طریق سیستم هوادهی هوا تزریق شود.

هنگام انجام آزمون واجذب با افزایش غلظت اکسیژن محلول بالاتر از غلظت اشباع اکسیژن (هوا)، اکسیژن خالص علاوه بر جریان هوا، درون هدر هوا<sup>۱</sup> تزریق می‌شود. نسبت اکسیژن به هوا، بیشینه غلظت اکسیژن محلول محتمل را تعیین می‌کند، که باید  $10 \text{ mg/l}$  تا  $15 \text{ mg/l}$  بیشتر از غلظت اشباع اکسیژن (هوا) باشد.

## ۷-۷ گردآوری داده‌ها در طول آزمون

آزمون باید با شروع به کار سیستم هوادهی عمل‌کننده در تنظیمات مطلوب آغاز شود.

در طول فاز اول، سیگنال‌های پروب‌های DO باید به منظور تشخیص هرگونه نابهنجاری مورد نظارت قرار گیرند. چنانچه همه پروب‌های DO به ثبات نمودار نواری یا داده‌نگار متصل نباشند، مقادیر باید در فاصله‌های زمانی مناسب که طولانی‌تر از  $0.1 / k_{LAT}$  نیست، ثبت شوند. در صورت استفاده از داده‌نگار، فاصله زمانی مناسب  $(1/60) / k_{LAT}$  است.

آزمون هنگامی کامل می‌شود که غلظت اکسیژن محلول تقریباً ثابت است؛ مقدار اشباع اکسیژن به دست آمده است.

موسسات باتجربه، ممکن است با اندازه‌گیری مقدار اشباع اکسیژن بعد از اولین هوادهی طولانی، زمان آزمون را کوتاه کنند و بعداً آزمون‌ها را در حدود  $C = 0.8 \times C_{S,p*,T}$ ، تمام کنند (به پیوست الف مراجعه شود).

در طی هر آزمون، اندازه‌گیری‌های زیر باید انجام شود:

- سطح آب یا فاصله از سطح مطلوب آب در مخزن بدون هوادهی و اختلاط، یا با هوادهنده‌های سطح غیرفعال، مدت زمان کوتاهی قبل یا بعد از آزمون (برای هوادهنده‌های سطحی به زیربند ۳-۷ مراجعه شود)؛

- دمای آب در ابتدا و انتهای آزمون. در محاسبات باید از میانگین استفاده شود؛

- جذب انرژی الکتریکی در ابتدا و انتهای آزمون. در محاسبات باید از میانگین استفاده شود؛

- در صورت قابل اعمال بودن، دبی هوا در ابتدا و انتهای آزمون. در محاسبات باید از میانگین استفاده شود؛

- هدایت الکتریکی آب در ابتدا و انتهای آزمون؛

- دمای هوای محیط؛

- فشار هوای محیط؛

- رطوبت هوای محیط برای تصحیح دبی هوای اندازه‌گیری شده در دمنده‌ها.

یادآوری - تصاویر مخزن و تجهیزات مورد استفاده برای مثال موقعیت پروب‌های DO مفید است.

## ۸-۷ آنالیز داده‌ها

داده‌ها از هر پروب DO با مقادیر بین  $C \geq 0$  و  $C \approx 0.99 C_{S,p*,T}$  که باید دست کم شامل ۳۰ مقدار از فاصله زمانی معادل باشند، باید برای تخمین غیرخطی ضریب انتقال اکسیژن  $k_{LA,T}$  و مقدار اشباع اکسیژن  $C_{S,p*,T}$  استفاده شود. باقیمانده‌های محاسبه‌شده به صورت [محاسبه‌شده  $C$ -(اندازه‌گیری‌شده  $C$ ) ]، باید در نموداری رسم شوند. اگر باقیمانده‌ها به صورت تصادفی توزیع نشده باشند، نقاط داده‌ای گام‌به‌گام باید از ابتدا و/یا از انتهای آزمون نادیده گرفته شوند تا آنجایی که باقی‌مانده‌ها به صورت تصادفی توزیع شده باشند.

در هر صورت، تعیین  $k_{LA,T}$  و  $C_{S,p*,T}$  باید براساس دست کم ۳۰ مقدار از مدت زمان مساوی پوشش‌دهنده مدت زمان کلی  $3.5/k_{LA,T}$  باشد و در آن در آزمون جذب، کمترین غلظت اکسیژن نباید بیشتر از  $C_0 = 0.25 C_{S,p*,T}$  و در آزمون واجذب محدوده مقادیر  $(C_0 - C_{S,p*,T})$  باید بیشتر از ۸ mg/l باشد.

برای هر آزمون مقدار میانگین  $k_{LA,T}$  باید محاسبه شود. برای مخازنی با تراکم‌های مختلف پخش‌گر، میانگین وزن‌دهی شده حجم‌سنجی باید محاسبه شود.

برای مخازنی با تراکم یکنواخت پخش‌گر، اگر مقادیر تکی  $k_{LA,T}$  بیشتر از ۵٪  $\pm$  از مقدار میانگین انحراف داشته باشد، نتایج این پروب باید نادیده گرفته شود.

اگر مقادیر تکی  $C_{S,p*,T}$  بیشتر از ۵٪  $\pm$  از مقدار میانگین انحراف داشته باشد، کالیبراسیون پروب‌های DO باید بررسی شود.

اگر مقدار میانگین  $C_{S,p*,T}$  بیشتر از مقدار اشباع اکسیژن در وسط عمق باشد (معادله ۶)، مورد اخیر باید برای محاسبه آهنگ انتقال اکسیژن استاندارد استفاده شود.

در صورت توافق کارفرما و پیمانکار یا سازنده، از مقدار اشباع اکسیژن وسط عمق برای محاسبه انتقال اکسیژن استاندارد می‌توان استفاده کرد.

مطابق معادله (۴)  $k_{LA,T}$  و مطابق معادله (۵)  $C_{S,p*,T}$  برای دمای استاندارد  $20^\circ\text{C}$  و فشار ۱۰۱۳ hPa تنظیم می‌شود. اگر اشباع اکسیژن در وسط عمق قابل قبول باشد، باید از معادله (۶) برای محاسبه  $C_{S,md,20}$  استفاده شود. نهایتاً معادله (۱) که در آن ممکن است  $C_{S,20}$  همان  $C_{S,md,20}$  باشد، آهنگ انتقال اکسیژن استاندارد SOTR برای تنظیمات هوادهی آزمون شده، به دست می‌آید.

اگر آزمون‌ها تکرار شوند، میانگین آهنگ انتقال اکسیژن استاندارد باید مبنای انطباق برای تنظیمات هوادهی مطلوب باشد.

## ۸ دقت و درستی نتایج

### ۱-۸ آهنگ انتقال اکسیژن استاندارد

در مخازن مستطیلی و مدور با وسایل هوادهی با توزیع برابر و مخازن لوبی بسته با مدت زمان گردش کوتاه‌تر از  $0.25/k_L a_T$ ، آهنگ انتقال اکسیژن استاندارد (SOTR) می‌تواند با دقت  $\pm 5\%$  تعیین شود. در مخازن لوب بسته بزرگ و مخازن مستطیلی بزرگ ( $V > 3000 \text{ m}^3$ ) با توزیع نامساوی وسایل هوادهی، آهنگ انتقال اکسیژن استاندارد عمدتاً به دلیل توزیع نابرابر سدیم سولفیت، از آزمونی به آزمونی دیگر تا  $\pm 10\%$  فرق می‌کند.



## ۲-۸ بازده هوادهی استاندارد

قدرت کلی سیم با درستی  $\pm 3\%$  مطابق بند ۶-۲-۴ می تواند اندازه گیری شود. بازده هوادهی استاندارد (SAE) با صحت  $\pm 8\%$  و در مخزن های بزرگ تا  $\pm 13\%$  تعیین می شود (به بند ۸-۱ مراجعه شود).

## ۳-۸ بازده ویژه انتقال اکسیژن استاندارد

دبی هوای نرمال  $Q_A$  بسته به کیفیت وسیله سنجش می تواند با درستی  $\pm 5\%$  اندازه گیری شود (به بند ۶-۲-۵ مراجعه شود). بازده ویژه انتقال اکسیژن استاندارد (SSOTE) با درستی  $\pm 10\%$  و در مخازن بزرگ تا  $\pm 15\%$  تعیین می شود.

## ۹ نمایش و تفسیر نتایج

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

۱-۹ هدف آزمون؛

۲-۹ معرفی نماینده های کارفرما، پیمانکار و/یا سازنده که در حین آزمون در محل حضور داشتند؛

۳-۹ موارد توافق شده، مثل آب آزمون، اشباع وسط عمق، استفاده از روش مذکور در پیوست الف؛

۴-۹ هر گونه انحراف توافق شده از این استاندارد؛

۵-۹ توصیف مخزن مورد استفاده برای آزمون برای مثال از طریق ترسیمات و/یا عکس های نشان دهنده محل پروب های DO و همچنین نقاطی که افزودن سدیم سولفیت در آنجا انجام می شود و در صورت کاربرد داشتن، نوع و تعداد پخش گرهای هوا؛

۶-۹ توصیف تاسیسات هوادهی و در صورت کاربرد داشتن، مخلوط کن ها شامل داده های روی پلاک<sup>۱</sup> (A) ، kW ، دبی و فشار هوای تحویل داده شده؛

۷-۹ توصیف تجهیزات مورد استفاده برای اندازه گیری ها (مثل پروب های DO ، کامپیوتر، ثبات، داده نگارها)؛

۸-۹ توصیف چگونگی اندازه گیری قدرت الکتریکی و در صورت کاربرد داشتن، چگونگی اندازه گیری دبی هوا؛

۹-۹ توصیف چگونگی افزودن سدیم سولفیت با ذکر مقدار دقیق اضافه شده در هر آزمون؛

---

1-Name-plate data

۹-۱۰ دید کلی از آزمون‌هایی که انجام گرفته است، ترجیحا به صورت جدولی شامل تنظیمات هوادهی، سطوح آب و حجم مخزن‌ها، و اگر از آب آشامیدنی استفاده نشده است، نتایج آنالیز شیمیایی اولیه آب و مقادیر اندازه‌گیری‌های هدایت الکتریکی قبل و پس از هر آزمون؛

۹-۱۱ برنامه کامپیوتری مورد استفاده برای محاسبه پارامتر غیرخطی؛

۹-۱۲ جدول حاوی مقادیر  $C_{S,p^*,T}$  و  $k_{LaT}$  برای هر پروب DO، مقادیر میانگین هر آزمون، آهنگ انتقال اکسیژن استاندارد، بازده هوادهی استاندارد برای هر آزمون و میانگین تکرارهای آزمون انجام گرفته با همان تنظیمات هوادهی؛

۹-۱۳ جداول یا نمودارهای نشان‌دهنده منحنی‌های اکسیژن محلول و باقی‌مانده‌ها، در صورت درخواست کارفرما یا پیمانکار یا سازنده.

تمامی داده‌های آزمون باید حداقل تا دو سال بعد از گزارش‌دهی، نگهداری شوند.

## پیوست الف

### (الزامی)

## آزمون جایگزینه و روش ارزیابی

### الف-۱ اصول آزمون

زمان آزمون با استفاده از این روش ممکن است کوتاه شود. تفاوت‌های مقایسه شده با روش پیشنهادی عبارتند از:

- ارزیابی با استفاده از رگرسیون خطی (روش کسر log) که مستلزم کالیبراسیون دقیق پروب‌های DO است؛

- افزودن سدیم سولفیت خشک (پودری).

این روش باید توسط موسسات با تجربه انجام گیرد، چون مستلزم انجام تیتراسیون وینکلر در محل و استفاده از پروب‌های DO با پایداری بلندمدت بالاست.

در این روش، فرض بر این است که مقدار اشباع اکسیژن آزمون برای یک مخزن خاص در شرایط محیطی ثابت، ثابت می‌باشد و مستقل از تنظیمات هوادهی است.

### الف-۲ اندازه‌گیری مقدار اشباع اکسیژن

قبل از آزمون، باید مقدار اشباع  $(C_{S,p,T^o})$  توسط تیتراسیون وینکلر (به استاندارد EN 25813 مراجعه شود) بعد از یک دوره هوادهی طولانی مدت دست کم ۱۲ h تعیین شود. شاخص درجه  $(index^{degree})$  شرایط محیطی را هنگام نمونه‌برداری برای تیتراسیون وینکلر توصیف می‌کند.

### الف-۳ کالیبراسیون در محل برای پروب‌های DO

پروب‌های DO باید دست کم ۱۲ h قبل از کالیبراسیون روشن شوند که باید شامل سه مرحله زیر باشند:

- پیش کالیبراسیون در هوای مرطوب؛

- بررسی DO صفر که در آن پروب‌ها باید در محلول سدیم سولفیت گذاشته شوند؛

- نصب پروب‌های DO در مخزن آزمون. کالیبراسیون پروب‌های DO باید با استفاده از مقدار اشباع اکسیژن از پیش تعیین شده  $C_{S,p,T^o}$  انجام بگیرد.

### الف-۴ تعیین ضریب انتقال اکسیژن

اگر دمای آب و/یا فشار بارومتری تغییر کند، مقدار اشباع آزمون باید به صورت زیر محاسبه شود:

$$C_{S,p^*,T} = C_{S,p^*,T^0} \times (C_{S,S_t,T} / C_{S,S_t,T^0}) \times (p^* / p^0) \quad (\text{الف-۱})$$

ضریب انتقال اکسیژن از طریق رگسیون خطی به دست می آید:

$$\ln(C_{S,p^*,T} - C_t) = \ln(C_{S,p^*,T} - C_0) - (k_{LaT} \times t) \quad (\text{الف-۲})$$

دست کم ۳۰ مقدار با فاصله زمانی برابر باید برای تعیین  $k_{LaT}$  استفاده شود. مقدار  $C_0$  نباید کمتر از ۰٫۱  $C_{S,p^*,T}$  باشد. بالاترین مقدار  $C_t$  نباید از ۰٫۸  $C_{S,p^*,T}$  بیشتر باشد.

### کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۷۱۸۶، کیفیت آب-قسمت ۶: فرآیند لجن فعال
- [2] EN 752-6, Drain and sewer systems outside buildings — Part 6: Pumping installations.
- [3] EN 25813, Water quality — Determination of dissolved oxygen — Iodometrical method
- [4] OENORM M 5888, Measurement of oxygen transfer of aeration equipment in clean water and activated Sludge
- [5] FUL (1995): Convention pour la normalisation d'essai d'aérateurs; Rapport final, 124p.
- [6] Ministère de l'Équipement, du Logement et des Transports 96-7TO. Conception et execution d'installations d'épuration d'eaux usées. Fascicule n° 81 titre II.
- [7] Cemagref (1980), Les performance des systèmes d'aération des stations d'épuration. Méthodes de mesures et résultats, 123 p.
- [8] Duchène, Ph., Schetrite, S., Heduit, A., Racault, Y. (1995). Comment réussir un essai d'aérateur en eau propre. Ed. Cemagref, Antony (France), 118 p.
- [9] ATV-M 209, Measurement of the oxygen transfer in activated sludge aeration tanks with clean water and in mixed liquor (in English). Published by GFA, Theodor Heuss Allee 17, D-53773 Hennef, Germany.
- [10] ASCE (1992): ASCE Standard, Measurement of oxygen transfer in clean water. Published by the American Society of Civil Engineers, 345 East 47th Street, New York, N.Y. 10017-2398, USA.
- [11] Philichi, T. L. and Stenstrom, M. K. (1989): Effects of dissolved oxygen probe lag on oxygen transfer parameter estimation. Journ. WPCF 61, 83.
- [12] Stenstrom, M. C., Brown, L.C., Hwang, H. J. (1981): Oxygen transfer parameter estimation. ASCE Jour. Environ. Engr. 107, EE2, 379
- [13] Terry, D. W. and Thiem, L. T. (1989): Potential interferences in catalysis of unsteady-state reaeration technique. Journ. WPCF 61, 1464.

Lic