ویژگی فعالیت بیوفیلم در طراحی و عملکرد برکه اختیاری*

ترجمه: حمیدرضا مرتهب*

چکیده

برکه‌های اختیاری در جاهائیکه زمین با قیمت مناسب وجود دارد، کاربرد وسیعی را در تصفیه فاضلاب به صورت اقتصادی پیدا نموده‌اند. در مقالات، فرضیات و روش‌های مختلفی برای طراحی برکه‌های اختیاری در دسترس می‌باشد. بیشترین تحقیقات تنها در ارتباط با توده‌های بیولوژیکی معلق بوده است و این توده‌ها را به عنوان گروه اصلی توده‌های بیولوژیکی که عامل حذف مواد می‌باشند قلمداد نموده‌اند. اما دیواره‌های جانبی و کف برکه اختیاری می‌توانند محملی برای رشد توده بیولوژیکی چسبیده یا بیوفیلم فراهم آورند که آنها نیز به تخریب موادآلی کمک می‌کنند. این مطالعه ویژگی رشد توده بیولوژیکی بیوفیلم را روی دیواره و کف این استخرها بر مصرف موادآلی نشان می‌دهد. مدلی برای مصرف موادآلی در برکه‌های اختیاری پیشنهاد شده که بر اساس واکنش‌های درجه اول برای هر دو توده بیولوژیکی معلق و بیوفیلم تعیین می‌شود. فعالیت بیوفیلم با مدل نفوذ توصیف می‌شود و در مورد هیدرولیک برکه از مدل جریان پراکنده استفاده شده تا شامل محدودهٔ وسیعی از ابعاد برکه و شرایط عملکرد باشد. مدل پیشنهاد شده که با داده‌های گرفته شده از دو برکهٔ اختیاری واقع در بانکوک، تایلند و نیومکزیکوی ایالات‌متحده ارزیابی گردیده، و بخوبی قادر به تخمین غلظت BOD_5 خروجی از این دو برکه است.

مقدمه

اکثر مقالات در زمینهٔ برکه‌های اختیاری تنها در ارتباط با میکروارگانیسم‌های معلق بوده‌اند و آنها را به عنوان گروه‌اصلی توده‌های بیولوژیکی مسئول تجزیهٔ موادآلی در نظر می‌گیرند.

اما مطالعهٔ جدیدی که توسط رینولدز و همکاران[1] (۱۹۷۵) صورت گرفته پتانسیل تودهٔ بیولوژیکی بیوفیلم که بر روی سطح موانع[2] غوطه‌ور در آب برکه رشد می‌کنند را بر روی پایدارسازی مواد آلی مشخص کرده است. اما احتمالاً به خاطر تشکیل لایه کفاب، برکه‌های دارای مانع نسبت به برکه‌های بدون مانع راندمان کمتری نشان دادند. برخی تحقیقات قبلی بر روی خود پالایی[3] در نهرهای باریک و رودخانه‌ها نشان داده است که توده‌بیولوژیکی بیوفیلم که در بستر کانال‌های باز رشد می‌نمایند

---

*- کارشناس ارشد مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب

1- Reynolds et al. 2- Baffles

3- Self - Purification

در تخریب بیولوژیکی ترکیبات آلی کربن‌دار مؤثر هستند.

مطالعات اخیر نشان می‌دهد که توده بیولوژیکی بیوفیلم که بر روی سطوح رشد چسبیده[1] قرار داده شده در آب برکه رشد می‌کنند، در حذف ترکیبات آلی نیتروژنی سودمند هستند.

کیلانی و اگانرامبی[2] (۱۹۸۴) بر اساس آزمایشهای خود گزارش کردند که برکه‌های تثبیت فاضلابی که در آنها مانع نصب شده است، عملکرد تصفیهٔ بهتری نسبت به برکه‌های بدون مانع دارند. اگر چه آنها این بهبود راندمان را به کاهش عدد پراکندگی نسبت دادند اما توده بیولوژیکی بیوفیلم که احتمالاً روی سطح موانع رشد کرده است، می‌توانسته همراه با توده بیولوژیکی معلق در تخریب مواد آلی شرکت کند.

به علت آنکه سرعت جریان معمولاً در برکه‌های تثبیت فاضلاب کم اما نرخ بارگذاری مواد آلی در آنها نسبت به رودخانه‌ها و نهرها زیادتر است، رشد تودهٔ بیولوژیکی بیوفیلم روی دیواره‌های جانبی و کف برکه‌ها مورد انتظار است. بر این اساس، فرض آنکه در محیط برکه این توده‌های بیولوژیکی بیوفیلم می‌توانند توده‌های بیولوژیکی معلق را در تخریب بیولوژیکی مواد آلی ورودی یاری دهند، معقول می‌نماید. این مطالعه با هدف کلی پیشنهاد مدلی که مشارکت هر دو توده بیولوژیکی معلق و بیوفیلم در تخریب بیولوژیکی مواد آلی را در برکه‌های اختیاری در برگیرد، انجام گردید. هدف‌های ویژه این مطالعه عبارتند از:

۱- بسط یک مدل ریاضی برای تخریب بیولوژیکی مواد آلی در برکه‌های اختیاری که شامل فعالیت‌های توده بیولوژیکی بیوفیلم و معلق باشد.

۲- تعیین برخی ثوابت سینتیک رشد بیوفیلم در برکه‌اختیاری و مشارکت نسبی فعالیت بیوفیلم در حذف مواد آلی.

مدل پیشنهاد شده با اطلاعات دو استخر اختیاری با اندازهٔ واقعی در نیومکزیکوی ایالات متحده و بانکوک تایلند ارزیابی گردید. آزمایشهایی نیز به صورت آزمایشگاهی[3] برای تعیین ضرایب سینتیک تودهٔ بیولوژیکی بیوفیلم برکه‌اختیاری انجام شد.

بسط مدل

شمای فرضی مدل برکهٔ اختیاری در شکل (۱) نشان داده شده است. مدل شامل موازنهٔ جرم مواد در جریان توده مایع و در بیوفیلم با گذر مواد از لایه مایع زیرین که این دو را به هم پیوند می‌دهد، می‌باشد.

برای حذف مواد توسط بیوفیلم، مدل نوعی فرایند نفوذ را توصیف می‌نماید که در آن ماده بخاطر اختلاف غلظت موجود انتقال می‌یابد. وقتی که ماده به سطح بیوفیلم می‌رسد غلظت آن با ترم نفوذ و ترم واکنش تعیین می‌شود. در جریان توده مایع غلظت توسط یک ترم جابجایی، یک ترم پراکندگی و یک ترم واکنش تعیین می‌شود. انتقال ماده در جریان توده مایع بوسیله نفوذ در مقایسه با پراکندگی و جابجایی قابل صرف نظر کردن می‌باشد.

رشد بیوفیلم روی دیواره‌های جانبی و کف برکه به صورت بیوفیلم ایده‌آل با ضخامت و دانسیته ثابت فرض می‌گردد. فرض می‌شود که در داخل بیوفیلم، نفوذ و مصرف مواد به صورت همزمان اتفاق بیفتد. انتقال به صورت جابجایی در بیوفیلم قابل صرف نظر کردن در نظر گرفته می‌شود. به علاوه ثوابت سینتیک و نفوذ در طول برکه ثابت فرض می‌شود.

موازنهٔ جرم ماده در حجم کنترل برکه (توده‌مایع و بیوفیلم) به صورت زیر می‌تواند نوشته شود:

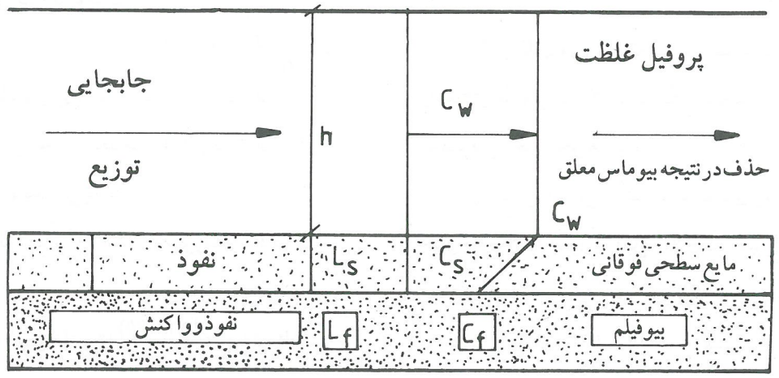
(۱) تجمع = جریان‌ورودی - جریان‌خروجی + تبدیل از بین رفته در اثر واکنش‌ها

عاملهای ریاضی رابطه (۱) به صورت زیر تشریح می‌گردد:

$$-u\frac{dC_w}{dx} + D\frac{d^2C_w}{dx^2} - r = 0 \qquad (۲)$$

که در آن u سرعت یکنواخت جریان (m/day)، C_w غلظت ماده در توده آب (g/m^3)، D ضریب پراکندگی (m^2/day)، x فاصله از ورودی برکه در راستای طول آن (m) و r میزان از بین رفته در اثر واکنش‌های توده‌های بیولوژیکی معلق و بیوفیلم (day^{-1}) را نشان می‌دهند.

1- Attached - growth media
2- Kilani and Ogunrombi
3- Batch



شکل ۱ ـ شمای فرضی مدل بیوفیلم در برکه تثبیت اختیاری

به خاطر آنکه مصرف ماده توسط هر دو تودهٔ بیولوژیکی معلق و بیوفیلم در نظر گرفته شود، r به صورت زیر تشریح می‌گردد:

$$r = r_s + a_s J \qquad (۳)$$

که در آن r_s نرخ مصرف ماده توسط توده بیولوژیکی معلق ($g/m^3.day$)، J فلاکس جریان مواد به داخل بیوفیلم ($g/m^2.day$) و a_s مساحت سطح ویژه بیوفیلم (m^2/m^3) می‌باشد.

با جایگزینی مقدار r از رابطه (۳) در رابطه (۲) و x به صورت مسافت جزیی (z) رابطه زیر بدست می‌آید:

$$d\frac{d^2C_w}{dz^2} = \frac{dC_w}{dz} + t\,r_s + t\,a_s J \qquad (۴)$$

که در آن d (عدد پراکندگی) برابر D/(uL)، t (زمان ماند هیدرولیکی متوسط) برابر L/u (day)، z (مسافت جزیی در راستای طول برکه) برابر x/L و L طول برکه (m) است. رابطه (۴) مشابه با رابطه‌ای که قبلاً توسط گانتزر و همکاران[1] (۱۹۸۸) برای توصیف حذف ماده‌آلی در یک رآکتور بیوفیلم با بستر جریانی پیشنهاد شده بود، می‌باشد.

نرخ مصرف ماده توسط توده بیولوژیکی معلق

سینتیک درجه اول کاربرد وسیعی را در تشریح سرعت حذف مواد در برکه‌های تثبیت فاضلاب توسط توده‌های بیولوژیکی معلق پیدا نموده است و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$r_s = K_{fs}\,C_w \qquad (۵)$$

که در آن K_{fs} ثابت مرتبه اول سرعت برای توده بیولوژیکی معلق (day^{-1}) می‌باشد.

1- Gantzer et al.

نرخ مصرف ماده در بیوفیلم

با صرف نظر از تجمع ماده در سطح بیوفیلم، موازنه جرم ماده در داخل بیوفیلم (شکل ۱) بر اساس سینتیک‌های درجه اول را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$D_f \frac{d^2C_f}{dy^2} = K_{fs}\, C_f \qquad (۶)$$

که در آن D_f ، y و K_{fs} به ترتیب ضریب نفوذ ماده (m^2/day)، مسافت طی شده توسط ماده (m) و ثابت مرتبه اول سرعت (day^{-1}) در بیوفیلم می‌باشند.

حل رابطه (۶) توسط لو[1] (۱۹۹۰) به صورت زیر داده شده است:

$$J\Big|_{y=0} = \frac{\tanh(\phi)}{\phi} K_{fs}\, L_f\, C_s \qquad (۷)$$

که در آن C_s غلظت ماده در سطح مشترک بیوفیلم و لایه مایع زیرین (g/m^3)، ϕ پارامتر مشخصه بیوفیلم تعریف شده توسط ترم $\sqrt{(K_{fa}\, L_f^2)/D_f}$ و L_f ضخامت بیوفیلم (m) می‌باشد.

با جایگزینی r_s از رابطه (۵) و J از رابطه (۷) به داخل رابطه (۴) خواهیم داشت:

$$d\frac{d^2C_w}{dz^2} = \frac{dC_w}{dz} + t\, K_{fs}\, C_w + ta_s \frac{\tanh(\phi)}{\phi} K_{fs}\, L_f\, C_s \qquad (۸)$$

با فرض تغییر خطی غلظت ماده در داخل لایه مایع زیرین، فلاکس ماده (J_c)، توسط قانون فیک به صورت زیر داده می‌شود:

$$J_c = \frac{D_w}{L_s}(C_w - C_s) \qquad (۹)$$

که در آن D_w پخشیدگی مولکولی در لایه مایع زیرین (m^2/day) و L_s ضخامت لایه مایع زیرین (m) می‌باشد.

در شرایط پایدار، روابط (۷) و (۹) را می‌توان با هم ترکیب نمود تا رابطهٔ زیر حاصل شود:

$$C_s = \frac{\alpha}{\alpha+\beta} C_w \qquad (۱۰)$$

که در آن:

$$\alpha = D_w/L_s \qquad (۱۱)$$

$$\beta = \frac{\tanh(\phi)}{\phi} K_{fs}\, L_f \qquad (۱۲)$$

با جایگذاری C_s از رابطه (۱۰) به داخل رابطه (۸) خواهیم داشت:

$$d\frac{d^2C_w}{dz^2} = \frac{dC_w}{dz} + t\left(K_{fs} + a_s\frac{\alpha\beta}{\alpha+\beta}\right) C_w \qquad (۱۳)$$

اگر D_w، L_s و L_f ثابت فرض شوند ترم‌های α و β در راستای طولی برکه برای یک مجموعه شرایط اقلیمی بخصوص، تغییر نخواهد کرد.

بر اساس فرض آنکه غلظت‌های BOD_5 در نزدیکی خروجی برکه به صورت قابل ملاحظه تغییر نمی‌کند و یا به عبارتی گرادیان آن در خروجی برکه به صفر می‌رسد، شرایط مرزی برای رابطه (۱۳) به این شرح است:

در $z=0$ خواهیم داشت $C_w = C_i$

در $z=1$ خواهیم داشت $\frac{dC_w}{dz} = 0$

که در آن C_i غلظت مواد آلی در ورودی (g/m^3) است.

برای شرایط مرزی فوق، رابطه (۱۳) را می‌توان انتگرال گرفت تا رابطه زیر حاصل شود:

$$\frac{C_e}{C_i} = \frac{2a_1\, e^{0.5d}}{(1+a_1)\, e^{a_1/2d} - (1-a_1)\, e^{-a_1/2d}} \qquad (۱۴)$$

که در آن C_e غلظت مواد آلی در خروجی (g/m^3) است.

$$a_1 = \sqrt{1+4\, k\, t\, d} \qquad (۱۵)$$

$$K = K_{fs} + a_s \frac{\alpha\beta}{\alpha+\beta} \qquad (۱۶)$$

رابطه (۱۴) مدل تجزیه بیولوژیکی در برکه‌های اختیاری است که مشارکت واکنش‌های هر دو توده بیولوژیکی معلق و بیوفیلم را لحاظ می‌کند. برای حل این معادله، مقادیر a_s، d و سایر پارامترهای مدل مورد نیاز است. در این معادله، برخی از این پارامترهای مدل از مراجع گرفته شده‌اند و برخی دیگر توسط آزمایشهای آزمایشگاهی تعیین گردیده‌اند.

جزئیات مراحل به کار گرفته شده برای تعیین پارامترهای مدل توسط آگراوالا[2] (۱۹۹۲) داده‌شده است. تمام آزمایشها

1- Lau
2- Agrawalla

جدول ۱ – پارامترهای مدل

پارامتر	واحد	برکه بانکوک	برکه نیومکزیکو	مرجع
D_f[a]	m^2/day	$۳۰/۴\times۱۰^{-۴}$*	$۱۸/۵\times۱۰^{-۴}$**	(۱۹۷۶)لامـــوتا[1]
D_w[a]	m^2/day	$۶۸/۴\times۱۰^{-۴}$*	$۴۱/۷\times۱۰^{-۴}$**	(۱۹۷۳)پری و چیلتون[2]
$K_{fs}(۲۰^\circ c)$	day^{-1}	۱۵۱/۲	۱۵۱/۲	نتایج این مطالعه
$K^b_{fs}(۲۰^\circ c)$	day^{-1}	۰/۰۳۷	۰/۰۷۱	(۱۹۷۴)تـــیرومورتی[3]
L_f[c]	m	$۱۵/۳۸\times۱۰^{-۴}$	$۱۵/۳۸\times۱۰^{-۴}$	نتایج این مطالعه
L_s	m	۲۰۰×۱۰^{-۴}	۲۰۰×۱۰^{-۴}	فرض شده

a – تصحیح شده برای دمای متوسط برکه با استفاده از رابطه $D_W\, \mu/T$ و یا $D_L\, \mu/T$ = ثابت، که در آن μ و T به ترتیب ویسکوزیته مایع و دمای مطلق برکه هستند.

b– مقادیر ۰/۰۳۷ و ۰/۰۷۱ برای K_{fs} از رابطه تیرومورتی (۱۹۷۴) گرفته شده و با استفاده از مقادیر واقعی L_s برای برکه‌های نیومکزیکو و بانکوک تعیین شده‌اند.

c – مقدار متوسط در محدوده μm ۱۶۱۵-۱۴۶۲

* – مقدار در دمای متوسط $۳۰/۴^\circ C$ در برکه بانکوک

** – مقدار در دمای متوسط $۱۲/۵^\circ C$ در برکه نیومکزیکو

طبق روش کتاب استاندارد متد انجام شده است.

در جدول (۱) پارامترهای مدل استفاده شده در ارزیابی رابطه (۱۴) ارائه شده است.

ارزیابی مدل

مدل پیشنهاد شده برای برکه اختیاری رابطه (۱۴) با مقایسهٔ غلظت محاسبه شده C_e برای BOD_5 و مقادیر مشاهده شدهٔ BOD_5 خروجی از برکه‌های اختیاری بانکوک، تایلند و نیومکزیکوی ایالات متحده ارزیابی گردیده است.

جزئیات سیستم برکه تثبیت بانکوک توسط پل پراست[4] و همکاران (۱۹۸۳) داده شده است. این سیستم شامل دو مجموعه از برکه‌های موازی که هرکدام به صورت سری هستند می‌باشد. این واحدهای برکه تثبیت قسمت عمده فاضلاب یک مجتمع را تصفیه می‌کنند و جریان خروجی تصفیه شده به داخل کانال آبیاری مجاور تخلیه می‌گردد. به علت افزایش‌های اخیر بار فاضلاب، برکه‌های اولیه در سری برکه‌ها به صورت بی‌هوازی گردیده و باعث شده‌اند تا برکه‌های دوم در سری برکه‌ها به صورت برکه‌های اختیاری عمل کنند. ابعاد هرکدام از این برکه‌های اختیاری ۱/۳×۱۲۰/۰×۴۲/۷ متر (عمق×طول×عرض) می‌باشد. محدوده غلظت BOD_5 خروجی از برکه‌های اختیاری بین ۳۰ تا ۶۰ میلی‌گرم در لیتر و متوسط نرخ بارگذاری مواد آلی (L_o) آن $۴۰ \frac{Kg}{(ha.day)}$ بود. تجزیه و تحلیل راندمان‌های برکه اختیاری در خلال دوره اکتبر – دسامبر ۱۹۸۸ توسط بامیدی‌پاتی و میشرا[5] (۱۹۸۸) دسته‌بندی گردیده است.

برکه نیومکزیکو در ایالات متحده یک برکه اختیاری کوچک واقع در انستیتو تحقیقات گازهای سمّی استنشاقی در پایگاه نیروی هوایی کرت‌لَند[6] می‌باشد. ابعاد این برکه ۰/۹×۷۸/۱×۸۴/۲ متر (عمق×طول×عرض) بوده و در ارتفاع ۱۷۱۸ متری از سطح دریا واقع شده است.

این برکه مخلوطی از فاضلاب‌های بهداشتی و حیوانی را

1- Lamotta
2- Perry and Chilton
3- Thirumurthi
4- Polprasert et al.
5- Bhamidipaty & Mishra
6- Kirtland

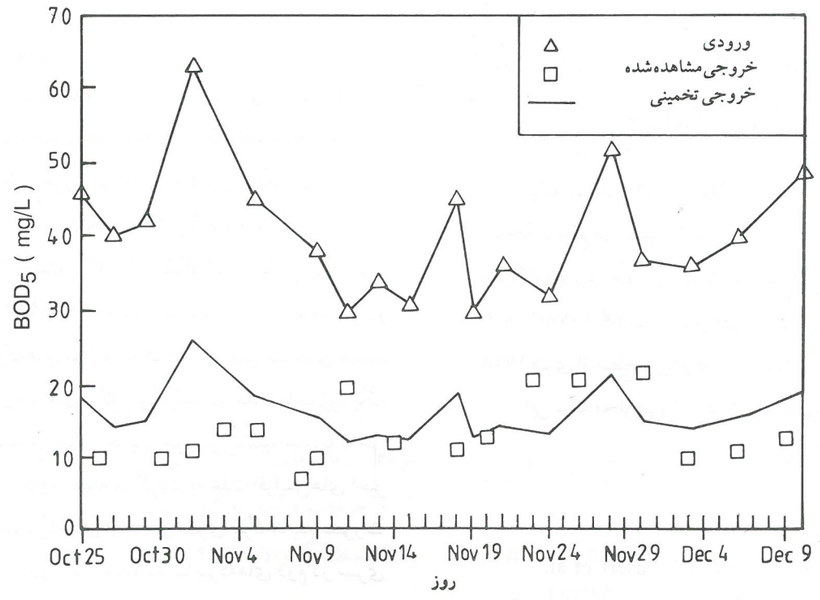
که از نوع فاضلاب‌های نسبتاً قوی است دریافت می‌دارد. محدوده متوسط هفتگی غلظت BOD_5 ورودی به این برکه ۸۰۰-۲۷۰ میلی‌گرم در لیتر و مقدار L_o برابر $10^3 \frac{KgBOD_5}{(ha.day)}$ می‌باشد. کیفیت فاضلاب و شرایط محیطی این برکه همراه با جزئیات از اول اوت ۱۹۷۲ تا ۳۱ ژوئیه ۱۹۷۳ توسط لارسن[1] (۱۹۷۴) تدوین شده است.

غلظت‌های BOD_5 خروجی محاسبه‌ای و مشاهده شده برای برکه بانکوک و نیومکزیکو به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. در خلال جمع‌آوری اطلاعات، غلظت‌های BOD_5 خروجی از هر دو برکه در روزهای مشابهی که در آنها غلظت‌های BOD_5 ورودی مشابه بوده‌اند اندازه گیری شده‌اند. زمان ماند متوسط هیدرولیکی در برکه‌های بانکوک و نیومکزیکو به ترتیب ۱۳ و ۴۸ روز بود. برای به‌حساب آوردن زمان‌های ماند هیدرولیکی، پراکندگی و تأثیرات اتصال کوتاه[2]، غلظت‌های BOD_5 خروجی (مقادیر پیش‌بینی شده و نیز مشاهده شده)، به ترتیب ۱۰ و ۲۸ روز بعد از جمع‌آوری اطلاعات BOD_5 ورودی، در روز مشابهی برای هر دو مورد برکه بانکوک و برکه نیومکزیکو رسم شدند. در شکل (۳) خطوط عمودی حدود حداکثر و حداقل غلظت‌های BOD_5 ثبت شده را نشان می‌دهند. هفته اول در شکل (۳) از اول اوت ۱۹۷۲ شروع می‌شود.

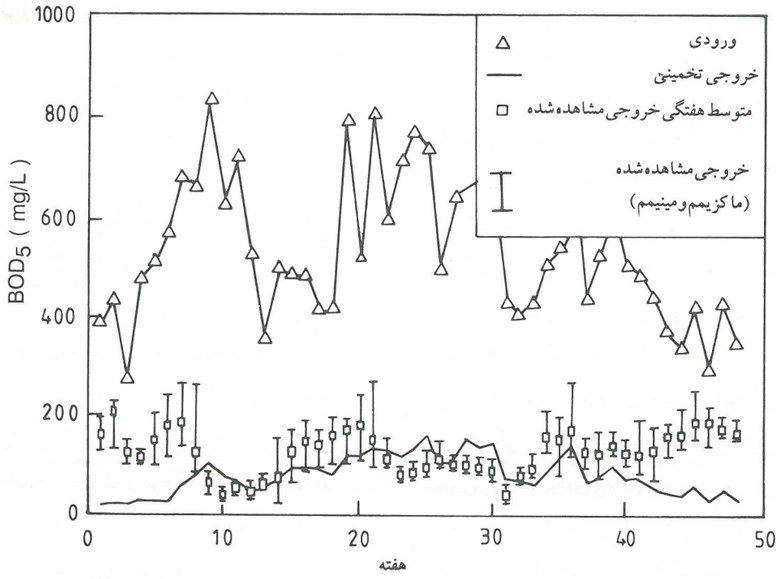
برای برکه بانکوک جذر متوسط مربع خطا (RMSE) و متوسط انحراف مطلق (MAD) مقادیر محاسبه شده و داده‌های مشاهده شده به ترتیب برابر ۶/۵ و ۵/۳ میلی‌گرم در لیتر هستند. این مقادیر نزدیک به انحراف معیار ۴/۲۴ میلی‌گرم در لیتر از غلظت BOD_5 خروجی مشاهده شده می‌باشند و دقت مناسب رابطه (۱۴) در تخمین غلظت BOD_5 خروجی را نشان می‌دهد. این ارتباط خوب قابل پیش‌بینی بود زیرا همانطور که در قسمت قبل (جدول ۱) نشان داده شده است برخی پارامترهای مدل از آزمایشهایی تحت شرایط آب و هوایی مشابه و با استفاده از همان فاضلاب ورودی برکه بانکوک تعیین شده بودند. نتیجه نشان داده شده در شکل (۲) قابلیت کاربرد رابطه (۱۴) را در تشریح حذف BOD_5 در برکه اختیاری توسط واکنش‌های توأم توده‌های بیولوژیکی معلق و بیوفیلم نشان می‌دهد.

1- Larsen

2- Short Circuiting effects



شکل ۲ــ غلظت‌های BOD_5 خروجی محاسبه‌ای و مشاهده شده برکه بانکوک



شکل ۳ــ غلظت‌های BOD_5 خروجی محاسبه‌ای و مشاهده شده برکه نیومکزیکو

مقادیر RMSE و MAD بین غلظت‌های BOD_5 خروجی محاسبه‌ای و مشاهده شده برکه نیومکزیکو به ترتیب ۵۹ و ۴۸/۱ میلی‌گرم در لیتر هستند. قابل توجه است که انحراف استاندارد غلظت‌های BOD_5 ورودی و خروجی مشاهده شده برای برکه نیومکزیکو ۱۳۸/۴ و ۳۸/۴ میلی‌گرم در لیتر بودند.

مقادیر نرمال شده RMSE (یا RMSE/Ce) برکه بانکوک و برکه نیومکزیکو به ترتیب ۰/۴۸ و ۰/۴ بود که نشان می‌دهد رابطه (۱۴) تقریباً نتایج آماری مشابهی را در پیش‌بینی عملکرد این دو برکه به دست می‌دهد. در عین حال مقادیر نسبتاً زیاد RMSE و MAD برای برکه نیومکزیکو می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد که در غیاب داده‌های آزمایشی، پارامترهای مدل K_{fs}، L_f و L_s برای هر دو برکه به صورت مشابه فرض شده‌اند در صورتی که شرایط آب و هوایی و مشخصات فاضلاب این دو برکه به طور قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر متفاوتند (زیرنویس جدول ۱ و توصیفات دو برکه را که در قسمت‌های قبل آورده شده ملاحظه نمایید) و احتمال آنکه مقادیر مختلفی از پارامترهای مدل مذکور را نتیجه دهند وجود دارد.

جدول ۲ــ راندمان‌های حذف مواد آلی توسط توده‌های بیولوژیکی معلق و بیوفیلم

	برکه بانکوک	برکه نیومکزیکو
درصد مشارکت بیوفیلم[a]	۴۹	۴۶
درصد حذف توسط تأثیر توأم توده‌های بیولوژیکی معلق و بیوفیلم[b]	۶۵	۸۳
راندمان کلی مشاهده شده در مورد حذف BOD_5	۶۶	۸۰

a - تعیین شده از رابطه (۱۷)

b - تعیین شده از رابطه (۱۴)

مشارکت توده بیولوژیکی بیوفیلم در حذف موادآلی

اهمیت نسبی توده بیولوژیکی بیوفیلم نسبت به توده بیولوژیکی معلق در حذف موادآلی در یک برکه را می‌توان با استفاده از رابطه گانتزر[1] و همکاران (۱۹۸۸) تعیین نمود:

$$\frac{\text{درصد نرخ (حذف مواد ناشی از توده بیولوژیکی بیوفیلم)}}{100} = \frac{100 a_s J}{K_{fs} C_w + a_s J} = \frac{100}{1 + \frac{K_{fs} C_w}{a_s J}} \qquad (17)$$

رابطه (۱۷) نشان می‌دهد که مقدار بیشتر a_s درصد مشارکت بیشتری را برای توده بیولوژیکی بیوفیلم در حذف مواد آلی در آب برکه فراهم می‌کند. از اطلاعات نشان داده شده در جدول (۱) درصد مشارکت توده بیولوژیکی بیوفیلم در حذف BOD_5 در برکه‌های بانکوک و نیومکزیکو به ترتیب برابر ۴۹ درصد و ۴۶ درصد به دست می‌آید. این داده‌ها به روشنی مشارکت ویژه توده بیولوژیکی بیوفیلم را در تخریب ترکیبات آلی ورودی نشان می‌دهد. اگر چه این سهم مشارکت اندکی کمتر از سهم توده بیولوژیکی معلق است.

راندمان‌های کلی حذف BOD_5 پیش‌بینی شده و مشاهده شده (بر اساس متوسط داده‌ها) برای برکه‌های بانکوک و نیومکزیکو تطابق معقولی با یکدیگر دارند. اطلاعات موجود در جدول (۲) نقش مهم توده بیولوژیکی بیوفیلم روی مصرف مواد آلی و قابلیت کاربرد رابطه (۱۴) در تخمین راندمان‌های حذف BOD_5 در برکه‌های اختیاری را مشخص می‌نماید.

خلاصه و نتیجه گیری

این مطالعه اهمیت رشد توده بیولوژیکی بیوفیلم روی دیواره‌های جانبی و کف برکه‌های اختیاری تثبیت فاضلاب را علاوه بر توده بیولوژیکی معلق بر روی مصرف مواد آلی فاضلاب نشان می‌دهد. مدلی برای برکه‌های اختیاری پیشنهاد شده که عدد پراکندگی، زمان ماند هیدرولیکی، نرخ بارگذاری موادآلی و سینتیک واکنش‌های درجه اول توده‌های بیولوژیکی معلق و بیوفیلم را به عنوان پارامترهای مهم در حذف BOD_5 در نظر می‌گیرد. مدل پیشنهاد شده وقتی با داده‌های مشاهده شده برای برکه‌های با اندازه‌های اصلی واقع در بانکوک تایلند و نیومکزیکوی ایالات متحده ارزیابی گردید به خوبی قادر به پیش‌بینی غلظت‌های BOD_5 خروجی از این دو برکه بوده است. درصد مشارکت توده بیولوژیکی بیوفیلم در حذف BOD_5 در حدود ۴۹-۴۶ درصد بوده است که نشان دهنده ویژگی و اهمیت این باکتریهای بیوفیلم در تخریب موادآلی در برکه‌های اختیاری است.

★- Polprasert, C. and Agarwalla, B.K.(1993). " Significance of biofilm activity in facultative pond design and performance " 2nd IAWQ International Specialist Conference on Waste Stabilization Ponds and the Reuse of Pond Effluents, California, USA.

1- Gantzer et al.