

Lan truyền chất ô nhiễm trên sông Hậu khu vực Khu công nghiệp Thốt Nốt và Trà Nóc

○ PHẠM THÀNH NHƠN

Ban Quản lý các khu chế xuất và công nghiệp Cần Thơ
PGS.TS. NGUYỄN TRUNG HIẾU, TS. VĂN PHẠM ĐĂNG TRÍ
Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Đại Học Cần Thơ

Nghiên cứu ứng dụng phương trình Streeter- Phelps để tính toán lan truyền chất ô nhiễm trên sông Hậu tại khu công nghiệp (KCN) Thốt Nốt và KCN Trà Nóc (Giai đoạn 2009-2010), trong đó chất lượng nước được đánh giá thông qua các giá trị DO và BOD. Nồng độ oxy hoà tan khi pha trộn giữa nước mặt sông Hậu và nước thải từ KCN Thốt Nốt và KCN Trà Nóc tăng dần theo khoảng cách vị trí nguồn thải. Khi nồng độ oxy hòa tan tăng, chất hữu cơ được phân hủy nhiều, cho thấy chất lượng nước khu vực sông nghiên cứu còn tốt. Nhu cầu lượng oxy tiêu hao cho quá trình hô hấp của vi sinh vật giảm dần theo vị trí của nguồn thải, điều này cho thấy hàm lượng chất hữu cơ được pha loãng dần khi càng xa nguồn thải; nhu cầu tiêu hao oxy trong quá trình hô hấp của vi sinh vật và lượng oxy hòa tan tỉ lệ nghịch với nhau, khi nồng độ BOD giảm thì DO lại tăng dần theo khoảng cách vị trí nguồn thải. Kết quả tính toán và so sánh cho thấy, chất lượng nước sông Hậu khu vực KCN Thốt Nốt tốt hơn so với khu vực KCN Trà Nóc.

Mở đầu

Ô nhiễm dòng sông là vấn đề ONMT mang tính tổng hợp. Các nguyên nhân gây ô nhiễm bao gồm việc thải chất thải chưa xử lý hoặc xử lý chưa đạt chuẩn từ hoạt động công nghiệp, y tế, khu đô thị, thương mại, khu dân cư; nuôi trồng thủy sản, giao thông thủy, nước mưa chảy tràn. Hiện nay, cách tính toán quá trình truyền các chất hòa tan có ý nghĩa lớn đối với việc lập kế hoạch và phát triển hệ thống bảo vệ nước. Việc tính toán chính xác các quá trình theo không gian, thời gian và phần lớn trường hợp là không thể được vì tính phức tạp, chồng chéo và thiếu các nghiệm giải tích phương trình mà nó mô tả sự phân bố nồng độ các thành phần trên kênh, sông. Hơn nữa, số lượng tham số và phương trình mô tả rất lớn khiến việc tìm lời giải gặp nhiều khó khăn. Bên cạnh đó rất nhiều công cụ cho phép tự động hoá tính toán đã được nghiên cứu trên thế giới tạo thuận lợi cho nghiên cứu về lan truyền chất.

Nghiên cứu này trình bày một số kết quả bước đầu ứng dụng phương trình Streeter- Phelps để tính toán lan truyền chất ô nhiễm trên Sông Hậu với bán kính 4 km và ở phía bờ Cần Thơ, nguồn thải chủ yếu từ hoạt động sản xuất công nghiệp của KCN Thốt Nốt và Trà Nóc nhằm làm cơ sở khoa học cho nghiên cứu tính toán lan truyền chất cho toàn tuyến Sông Hậu.

Phạm vi và phương pháp nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu: Sông Hậu tại KCN Thốt Nốt và Trà Nóc (giai đoạn 2009-2010).

Phương pháp thu thập tài liệu thứ cấp: Dựa trên các công trình nghiên cứu, tổng hợp các tài liệu có liên quan.

Phương pháp mô phỏng lan truyền chất lượng nước trong Streeter- Phelps: Nghiên cứu về sự lan truyền, chuyển hóa các chất hữu cơ trong dòng chảy dựa trên phương trình Streeter-Phelps với các giả thiết sau: (Chapra, 1997; Bùi Tá Long, 2008):

- Tốc độ phân hủy các chất hữu cơ tuân theo phản ứng bậc nhất.

- Sự thiếu hụt Oxy hòa tan (D) trong dòng chảy do sự phân hủy các chất hữu cơ.

- Chế độ lan truyền chất trong dòng chảy ổn định.

Phương trình toán học mô tả quá trình tiêu thụ oxy do sự phân hủy chất hữu cơ trong dòng chảy:

$$\frac{\partial L_t}{\partial t} = -K_1 \cdot L_t$$

$$\frac{\partial D}{\partial t} = K_1 \cdot L_t - K_a \cdot D$$

Trong đó:

L_t : Nồng độ chất hữu cơ, được đo bằng BOD ở thời điểm t (mg/l)

K_1 : Hệ số tốc độ phân huỷ chất hữu cơ hay hằng số tốc độ tiêu thụ oxy do quá trình phân huỷ chất hữu cơ (ngày⁻¹);

K_a : Hệ số tốc độ hoà tan oxy qua mặt thoáng (ngày⁻¹) (gọi tắt là hệ số thẩm khí);

K_a (20°C): Hệ số nạp khí (tốc độ hoà tan oxy qua mặt thoáng) ở 20°C;

K_a (T): Hệ số nạp khí (tốc độ hoà tan oxy qua mặt thoáng) ở T°C;

Giải phương trình Streeter – Phelps:

$$\begin{aligned}\frac{dL_t}{L_t} &= -K_1 dt \\ \int_{L_0}^{L_t} \frac{dL_t}{L_t} &= -K_1 \int_0^t dt \\ \ln \frac{L_t}{L_0} &= -K_1 t \Rightarrow L_t = L_0 e^{-K_1 t}\end{aligned}$$

Trong đó: L_0 - lượng chất hữu cơ ở thời điểm $t = 0$.

Tính toán BOD:

Giả thiết sự phân huỷ tuân theo quy luật bậc nhất nên ta có:

$$\begin{aligned}\frac{dL_t}{dt} &= -K_1 L_t \Rightarrow L_t = L_0 e^{-K_1 t} \\ L_5 &= L_0 e^{-K_1 5} \Rightarrow BOD_5 = L_0 (1 - e^{-K_1 5})\end{aligned}$$

Tính tham số oxy hoà tan DO:

$$\begin{aligned}\left\{ \begin{aligned} \frac{dD}{dt} &= K_1 L_t - K_a D \\ D|_{t=0} &= D_0 \end{aligned} \right. &\Leftrightarrow \frac{dD}{dt} + K_a D = K_1 L_0 e^{-K_1 t} \\ D|_{t=0} &= D_0\end{aligned}$$

$$\begin{cases} D = \frac{K_1 L_0}{K_a - K_1} (e^{-K_1 t} - e^{-K_a t}) + D_0 e^{-K_a t}, K_1 \neq K_a \\ D = (K_1 * t * L_0 + D_0) e^{-K_1 t}, K_1 = K_a \end{cases}$$

Độ thiếu hụt DO cực đại:

$$\begin{aligned}D &= \frac{K_1 L_0}{K_a - K_1} (e^{-K_1 t} - e^{-K_a t}) + D_0 e^{-K_a t} \Rightarrow \frac{dD}{dt} = 0 \\ \Leftrightarrow \frac{dD}{dt} &= K_1 L_0 e^{-K_1 t} - K_a D = 0 \\ D_c &= \frac{k_1}{k_a} - L_0 e^{-k_1 t}\end{aligned}$$

Điểm mà tại đó nồng độ oxy thấp nhất chính là giới hạn nguy hại

$$D \rightarrow \max \Leftrightarrow \frac{dD}{dt} = 0, \frac{d^2 D}{dt^2} < 0$$

Do $D = C_s - C_t$ suy ra $C_t = C_s - D$, khi D max nghĩa là C_t min

Trong đó: C_s = Nồng độ oxy bão hoà (mg/l);

C_t = Nồng độ oxy ở thời điểm t (mg/l)

Thời gian oxy đạt min là:

$$t_c = \frac{1}{K_a - K_1} \ln \left[\frac{K_a}{K_1} \left(1 - \frac{D_0 (K_a - K_1)}{K_1 L_1} \right) \right]$$

Thay biến $t=x/v$ trong các công thức trên (tính theo khoảng cách): Nước thải sau khi gia nhập vào dòng sông, có sự hoà trộn hoàn toàn với dòng chảy. Giả sử vận tốc dòng chảy là như nhau trong suốt các mặt cắt ngang dòng sông (Chapra, 1997).

$$\begin{aligned}\left[D = \frac{K_1 L_0}{K_a - K_1} (e^{-K_1 x/v} - e^{-K_a x/v}) + D_0 e^{-K_a x/v}, K_1 \neq K_a \right. \\ \left. D = \left(K_1 * \frac{x}{v} * L_0 + D_0 \right) e^{-K_1 x/v}, K_1 = K_a \right.\end{aligned}$$

Tính K_a : Phụ thuộc vào nhiệt độ, vận tốc dòng chảy và độ sâu dòng chảy

Tìm nồng độ oxy tới hạn bằng công thức:

$$K_a(20^\circ C) = 3.93 \frac{v^{0.5}}{H^{1.5}} (\text{ngày}^{-1})$$

Trong đó:

V: Vận tốc trung bình của dòng chảy (m/s);

H: Độ sâu trung bình (m);

θ : Hằng số ($0.025^\circ C^{-1}$, $5^\circ C < T < 25^\circ C$)

Sự pha trộn:

Q (nước thải) + Q (nước sông) = BOD_5 pha trộn:

$$K_a(T) = 3.93 \frac{v^{0.5}}{H^{1.5}} e^{\theta(T-20)} (\text{ngày}^{-1})$$

$$k_2(T^\circ C) = (k_2)_{20^\circ} 1.0241^{(T-20)}$$

Tính K_1 :

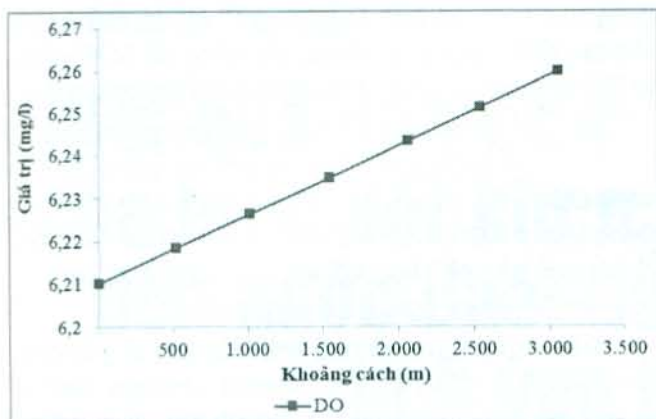
$$K_1(T) = K_1(20^\circ C) \times 1.05^{T-20}$$

Kết quả và thảo luận

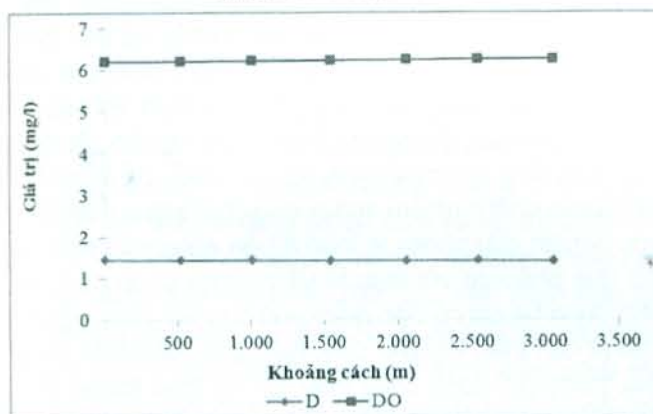
Tính toán lan truyền ô nhiễm bằng mô hình Streeter-Phelps khu vực KCN Thốt Nốt: Quá trình tính toán nồng độ oxy hòa tan (DO) và BOD với những điều kiện sau: vận tốc dòng chảy không đổi, nhiệt độ nước không đổi tại các vị trí.

Hỗn hợp nước sông Hậu và nước thải từ KCN Thốt Nốt có hàm lượng DO tăng dần theo khoảng cách (Hình 1). Nồng độ DO và sự thiếu hụt oxy trong dòng chảy (D) tỷ lệ nghịch với nhau, khi D giảm dần thì DO có xu hướng tăng (Hình 2). Hàm lượng DO tăng dần (Hình 1) cho thấy sông Hậu vẫn còn khả năng tự làm sạch, lượng chất hữu cơ phân huỷ tốt.

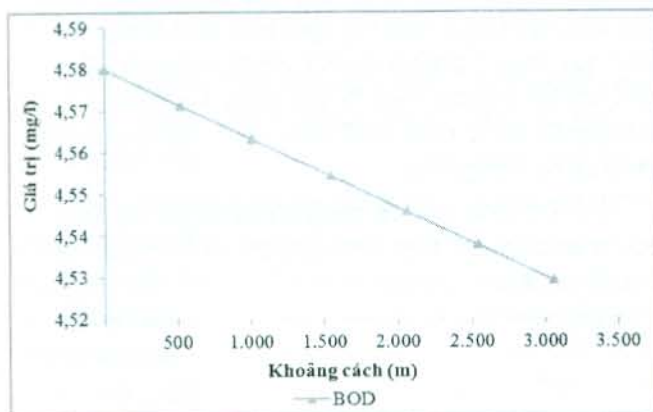
Giá trị BOD giảm dần khi xa nguồn thải. Nồng độ BOD cao nhất (4,58 mg/l) tại nguồn thải và thấp nhất (4,529 mg/l) tại vị trí cách nguồn thải 3,058 m



Hình 1. Nồng độ oxy hòa tan theo khoảng cách tại KCN Thốt Nốt



Hình 2. Mối quan hệ giữa DO và độ thiếu hụt oxy theo khoảng cách tại KCN Thốt Nốt

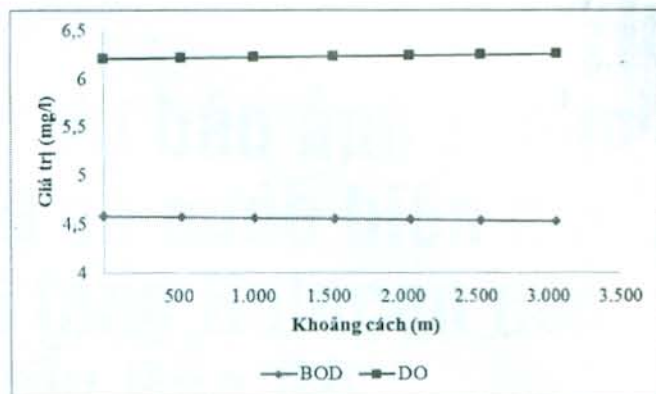


Hình 3. Nồng độ BOD theo khoảng cách tại KCN Thốt Nốt

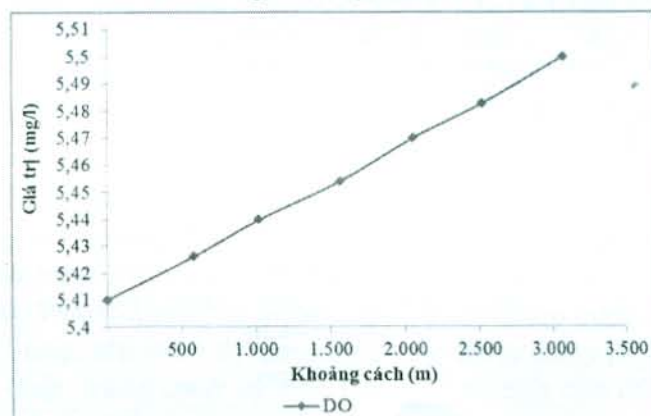
(Hình 3). Điều này cho thấy, hàm lượng chất hữu cơ được pha loãng dần khi càng xa KCN.

BOD và DO tỷ lệ nghịch với nhau, khi BOD giảm thì DO lại tăng lên theo khoảng cách (Hình 4). Mối quan hệ này cho thấy, khi nguồn nước bị ô nhiễm, chất hữu cơ được phân hủy bởi vi sinh vật thì lượng oxy hòa tan sẽ được tiêu thụ nhiều.

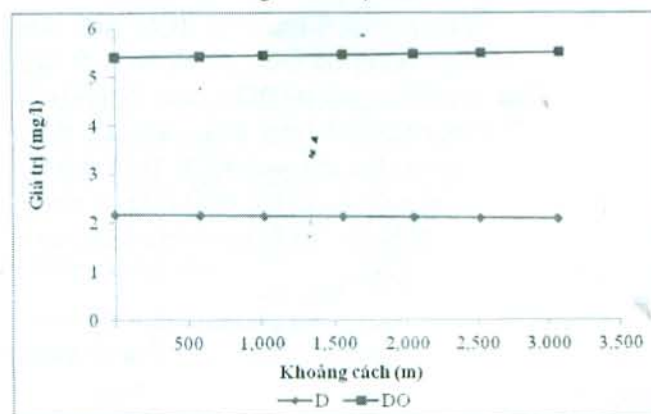
Tính toán lan truyền ô nhiễm bằng mô hình Streeter-Phelps khu vực KCN Trà Nóc: Nồng độ



Hình 4. Mối quan hệ giữa DO và BOD theo khoảng cách tại KCN Thốt Nốt



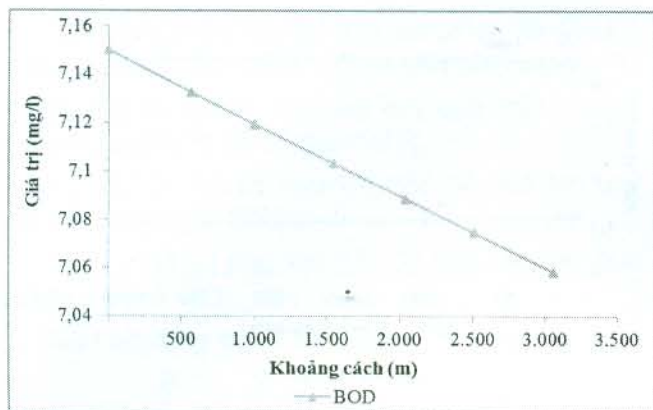
Hình 5. Nồng độ oxy hòa tan theo khoảng cách tại KCN Trà Nóc



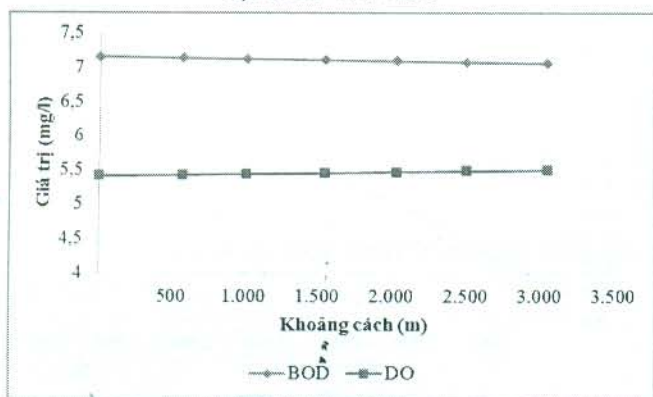
Hình 6. Mối quan hệ giữa DO và độ thiếu hụt oxy theo khoảng cách tại KCN Trà Nóc

oxy hòa tan tại KCN Trà Nóc tăng dần khi xa nguồn thải (Hình 5). Ngoài ra, độ thiếu hụt oxy trong nước cũng giảm cùng với quá trình tăng của DO (Hình 6), điều này chứng tỏ khả năng tự làm sạch của sông Hậu còn chấp nhận được.

Nồng độ BOD giảm không nhiều (từ 7,15 mg/l còn 7,05 mg/l) khi xa nguồn thải (Hình 7). Nồng độ BOD giảm nhưng giá trị DO lại tăng lên, chứng tỏ lượng oxy vẫn đủ để vi sinh vật sử dụng để phân hủy các chất hữu cơ có trong nước (Hình 8).



Hình 7. Nhu cầu oxy sinh học theo khoảng cách tại KCN Trà Nóc



Hình 8. Mối quan hệ giữa DO và BOD theo khoảng cách tại KCN Trà Nóc

Kết quả tính toán chất ô nhiễm ở KCN Thốt Nốt và Trà Nóc thể hiện nồng độ DO của KCN Thốt Nốt cao hơn KCN Trà Nóc; giá trị BOD của KCN Thốt Nốt cũng thấp hơn KCN Trà Nóc. Điều này cho thấy chất lượng nước sông Hậu khu vực KCN Thốt Nốt tốt hơn so với phía hạ nguồn và lượng chất hữu cơ trong nước ở đoạn sông tại KCN Trà Nóc cũng nhiều hơn.

Kết luận - kiến nghị

Kết luận: Kết quả sử dụng phương trình Streeter - Phelps tính toán lan truyền chất ô nhiễm ở đoạn sông KCN Thốt Nốt và KCN Trà Nóc cho thấy:

Hàm lượng DO khi pha trộn giữa nước mặt Sông Hậu khu vực nghiên cứu và nước thải từ KCN Thốt Nốt, KCN Trà Nóc tăng dần theo vị trí nguồn thải; DO D trong dòng chảy do sự phân hủy các chất hữu cơ tỉ lệ nghịch với nhau, khi D trong dòng chảy giảm dần thì DO lại có xu hướng tăng. Khi DO tăng dần, lượng chất hữu cơ được phân hủy nhiều, cho thấy chất lượng nước khu vực nghiên cứu còn tốt, nơi đây vẫn diễn ra quá trình tự làm sạch của dòng sông.

Nhu cầu lượng oxy tiêu hao cho quá trình hô hấp của vi sinh vật giảm dần theo vị trí nguồn thải, điều này thể hiện mức độ ô nhiễm chất hữu cơ được giảm dần khi càng xa KCN; nhu cầu lượng oxy tiêu hao

trong quá trình hô hấp của vi sinh vật và lượng oxy hòa tan tỉ lệ nghịch với nhau, khi nồng độ BOD giảm thì DO lại tăng dần theo khoảng cách vị trí nguồn thải.

Kết quả tổng hợp cho thấy chất lượng nước sông Hậu khu vực KCN Thốt Nốt tốt hơn so với KCN Trà Nóc. Điều này phù hợp với tình hình thực tế (lưu lượng thải ở KCN Thốt Nốt nhỏ hơn ở KCN Trà Nóc) và kết quả này phù hợp với kết quả quan trắc định kỳ của các Sở, Ban, ngành có liên quan.

Kiến nghị: Qua kết quả tính toán lan truyền chất ô nhiễm bằng phương trình Streeter - Phelps, tác giả có một số kiến nghị trong quá trình xác định sự lan truyền chất ô nhiễm trên cả tuyến sông Hậu như sau:

Đối với lưu vực chịu ảnh hưởng của nhiều hoạt động, việc xác định trạng thái dòng chảy và tính toán thông số dòng chảy và lan truyền chất ô nhiễm là vấn đề phức tạp. Việc sử dụng phương trình Streeter - Phelps tốn nhiều thời gian. Vì thế trong nghiên cứu tiếp theo cần ứng dụng mô hình toán 1 chiều để tính toán lan truyền chất ô nhiễm, mô phỏng chất lượng nước khu vực nghiên cứu phạm vi toàn tuyến sông sẽ mang lại kết quả phù hợp với thực tế và phương pháp đã được ứng dụng tại nơi có đặc điểm phù hợp với vùng nghiên cứu là cần thiết và hiệu quả. Nếu điều kiện biên phức tạp, trạng thái dòng chảy thay đổi lớn theo không gian và thời gian, phải xây dựng mô hình toán hai hoặc ba chiều mới để giải quyết được vấn đề một cách phù hợp.

Một số yếu tố môi trường khu vực nghiên cứu đã bắt đầu tiệm cận ngưỡng giới hạn cho phép. Do đó việc quy hoạch phát triển KT-XH thành phố Cần Thơ cần có kế hoạch đầu tư hạ tầng kỹ thuật về môi trường để xử lý chất thải phát sinh đạt chuẩn trước khi thải ra Sông Hậu.

Hỗ trợ kinh phí và chuyên môn để có được số liệu toàn diện về mặt không gian và thời gian nhằm tiếp tục nghiên cứu sâu hơn để tiến tới xây dựng các kịch bản lan truyền chất ô nhiễm tại một số vị trí nhạy cảm, đưa ra các dự báo, cảnh báo chất lượng nước cho toàn tuyến sông Hậu.

Tài liệu tham khảo

1. Bùi Tá Long. (2008). *Mô hình hóa môi trường*. NXB Đại học Quốc gia TP.HCM.
2. Chapra S. C. (1997). *Surface Water Quality Modeling*. Publishing House McGraw-Hill, 1997, pages 345 – 499.
3. Chi cục Môi trường khu vực Tây Nam Bộ. (2011). *Báo cáo tổng hợp nhiệm vụ: Điều tra, khảo sát, đánh giá khả năng chịu tải môi trường của hạ lưu sông Mê Kông và xây dựng cơ sở dữ liệu môi trường phục vụ công tác kiểm soát ONMT nước vùng nghiên cứu*. Cục kiểm soát ô nhiễm. Tổng cục Môi trường.
4. Cục kiểm soát ô nhiễm. (2010). *Báo cáo tổng hợp Nhiệm vụ "Quan trắc môi trường nước mặt vùng Tây Nam Bộ"*.