

# Tính toán phát thải khí thải và ứng dụng hệ mô hình TAPM-AERMOD mô phỏng ô nhiễm không khí từ hệ thống bến cảng tại Thành phố Hồ Chí Minh

Vũ Hoàng Ngọc Khuê, Phạm Thị Nguyệt Thanh, Hồ Quốc Bằng,  
Nguyễn Thoại Tâm, Nguyễn Thị Thúy Hằng

**Tóm tắt**— Hệ thống cảng thành phố Hồ Chí Minh gồm 34 cảng có phát thải khí thải, đóng vai trò là cửa ngõ của miền Nam (bao gồm cả Đông Nam Bộ và Đồng bằng sông Cửu Long) trong các hoạt động xuất khẩu và nhập khẩu. Hoạt động cảng biển là lĩnh vực đóng góp một lượng lớn khí thải vào bầu khí quyển Thành phố Hồ Chí Minh (TP. HCM). Mục đích của nghiên cứu này là (i) tính toán thải lượng các chất ô nhiễm không khí từ hoạt động cảng của TP.HCM sử dụng mô hình SPD-GIZ như oxit lưu huỳnh ( $SO_x$ ), oxit nitơ ( $NO_x$ ), bụi mịn ( $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ), hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC), cacbon monoxit (CO) từ các hoạt động như tàu biển (Ocean going vessels-OGVs), tàu lai dắt (Harbor Crafts-HC), phương tiện phục vụ bốc dỡ hàng hóa (Cargo handling equipment-CHE) và phương tiện giao thông tại cảng (Heavy trucks-HVs); (ii) Sử dụng mô hình mô phỏng chất lượng không khí TAPM-AERMOD để đánh giá ảnh hưởng hoạt động cảng đến chất lượng không khí khu vực lân cận; (iii) dựa trên kết quả mô phỏng đề xuất các giải pháp giảm phát thải và giảm nhẹ mức độ ô nhiễm. Các kết quả kiểm kê phát thải khí thải cho thấy tổng lượng phát thải tại cảng là khí  $NO_x$  và  $SO_x$  chủ yếu từ OGVs và CHE do sử dụng nhiên liệu là dầu nặng và dầu Diesel có hàm lượng lưu huỳnh cao. Kết quả cho thấy rằng thời gian lúc tàu neo đậu là thời gian phát thải chiếm cao nhất (chiếm trên 90% tổng phát thải từ OGVs).

**Từ khóa**—Ô nhiễm không khí cảng biển TP.HCM, kiểm kê phát thải, TAPM, AERMOD

*Ngày nhận bản thảo: 27-8-2018; Ngày chấp nhận đăng: 10-12-2018; Ngày đăng: 31-12-2018.*

Vũ Hoàng Ngọc Khuê, Viện Môi Trường và Tài Nguyên, ĐHQG-HCM (e-mail: vhnk1304@gmail.com)

Phạm Thị Nguyệt Thanh, Ủy ban Nhân dân Phường 6, Quận 10, TP.HCM (e-mail: nguyetthanhpham93@gmail.com)

Hồ Quốc Bằng, Viện Môi Trường và Tài Nguyên, ĐHQG-HCM (e-mail: quocbang@yahoo.com)

Nguyễn Thoại Tâm, Viện Môi Trường và Tài Nguyên, ĐHQG-HCM (e-mail: thoaitam1986@gmail.com)

Nguyễn Thị Thúy Hằng, Viện Môi Trường và Tài Nguyên, ĐHQG-HCM (e-mail: hangnguyen6769@gmail.com)

## 1 GIỚI THIỆU

Cảng biển và hệ thống cảng biển là đầu mối giao thông quan trọng của mỗi Quốc gia, của mỗi vùng lãnh thổ và địa phương, là trung tâm thương mại, trung tâm công nghiệp và dịch vụ Hàng hải. Sự hình thành và phát triển các cảng biển có quan hệ mật thiết với sự phát triển kinh tế của vùng hấp dẫn và các địa phương có cảng. Hệ thống cảng TP.HCM vẫn giữ vai trò quan trọng trong hệ thống cảng biển Việt Nam. Theo quy hoạch được phê duyệt, công suất của hệ thống cảng TP.HCM sẽ đạt khoảng 105 – 132 triệu tấn/năm; năm 2030 khoảng 160 – 271 triệu tấn/năm [1].

Bên cạnh các tác động tích cực đối với sự phát triển kinh tế xã hội, quá trình xây dựng và hoạt động của các cảng biển cũng gây ra nhiều tác động tiêu cực nếu không được quan tâm đầy đủ sẽ ảnh hưởng xấu đến môi trường vùng cảng và thậm chí cả vùng biển của đất nước. Việc nghiên cứu cảnh báo các tác động tiêu cực đối với môi trường xung quanh của quá trình xây dựng và khai thác các cảng biển là cơ sở quan trọng để đưa ra các giải pháp phòng ngừa và giảm thiểu các tác động đó đảm bảo cho sự phát triển kinh tế cũng như xã hội được bền vững. [2]

Nghiên cứu của Cục Đường thủy nội địa Việt Nam cho thấy tại các cảng đường thủy trên toàn quốc ngày càng có những tác động xấu, nghiêm trọng đến môi trường. Trong khi đó, việc xử lý ô nhiễm môi trường trên thực tế đang bị xem nhẹ, gây ảnh hưởng đến sức khỏe người lao động và đề

lại hậu quả lâu dài cho hoạt động giao thông vận tải (GTVT) và môi trường sống. [3]

Nghiên cứu đánh giá hệ thống cảng thuộc TP.HCM gồm 34 cảng. Mục tiêu của nghiên cứu này là: (i) Tính toán phát thải khí thải từ hoạt động cảng; (ii) Đánh giá tác động ô nhiễm không khí từ cảng đến khu vực xung quanh; (iii) Nghiên cứu xây dựng giải pháp giảm ô nhiễm không khí đặc biệt là giảm hạn chế hàm lượng  $SO_2$  trong nguồn nhiên liệu cho tàu biển.

## 2 PHƯƠNG PHÁP VÀ SỐ LIỆU

### 2.1 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

#### 2.1.1 Đối tượng nghiên cứu:

Tính toán và mô phỏng các chất ô nhiễm không khí như: oxit lưu huỳnh ( $SO_x$ ), oxit nitơ ( $NO_x$ ), bụi mịn ( $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ), hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (NMVOC), cacbon monoxit ( $CO$ ) từ hoạt động của các loại tàu thuyền, các phương tiện bốc dỡ hàng hóa và phương tiện giao thông trong cảng của các cảng biển tại TP.HCM. Các hoạt động phát thải từ bến cảng là Tàu biển (Ocean going vessels-OGVs); Tàu lai đất (Harbor Crafts-HC); Phương tiện phục vụ bốc dỡ hàng hóa (Cargo handling equipment-CHE) và Phương tiện giao thông tại cảng (Heavy trucks-HVs).

#### 2.1.2 Phạm vi nghiên cứu

34 cảng biển của hệ thống cảng Thành phố Hồ Chí Minh có phát sinh khí thải, Hình 1 thể hiện vị trí các khu vực Cảng tại TP.HCM. [4]

Theo hướng dẫn của cơ quan Hợp tác phát triển Cộng hòa Liên bang Đức (GIZ) thì khi tính toán phát thải khí thải từ cảng thì cần tính phát thải cho các hoạt động phát sinh khí từ bến cảng cả phần trên đất liền khu vực cảng và cả khu vực có hoạt động phát thải bề mặt nước trong phạm vi trước cảng 500 m và sau cảng 500 m [5, 6], như thể hiện trong Hình 2. Nếu khu vực có nhiều bến cảng thì tiến hành tính phát thải một số cảng đại diện, sau đó dựa vào công suất của các cảng còn lại để tính phát thải theo quy tắc tam suất. Vì vậy, trong nghiên cứu này các bến cảng sau được tính phát thải chi tiết đó là bến cảng Cát Lái, Tân cảng Hiệp Phước, bến cảng Tân Thuận 1, bến cảng Tân Thuận 2, bến cảng Sài Gòn Hiệp Phước và bến cảng Nhà Rồng Khánh Hội.



Hình 1. Vị trí hệ thống cảng Thành phố Hồ Chí Minh



Hình 2. Phạm vi tính toán phát thải cảng biển. Màu đỏ là khu vực cảng trên đất liền, phần ca rô màu nâu là phát thải trên mặt nước.

### 2.2 Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp tính phát thải khí thải có nhiều phương pháp khác nhau để tiến hành kiểm kê phát thải cho bến cảng [6]. Nghiên cứu ứng dụng hệ mô hình SMOKE để tính toán và mô phỏng phát thải cháy rừng, sau đó ứng dụng mô hình CMAQ để mô phỏng lan truyền ô nhiễm không khí [7]. Nghiên cứu ứng dụng ảnh vệ tinh để tính toán phát thải trên một đơn vị diện tích khu vực, áp dụng tính cho Bang California, đây là một phương pháp ước lượng phát thải cho quy mô lớn châu lục hay khu vực. Tuy nhiên kết quả của phương pháp này chưa được kiểm chứng có độ chính xác cao hay không [8]. Mỗi phương pháp phụ thuộc thời gian, tài chính và năng lực khác nhau, các phương pháp có thể được thay đổi tùy theo điều kiện dữ liệu đầu vào có được. Trong một số trường hợp, việc kiểm kê phát thải có thể được phát triển bằng cách sử dụng dữ liệu ngoại suy [9]. Để tính toán lượng phát thải khí cho hệ thống cảng TP.HCM, tác giả thực hiện đã sử dụng phương pháp của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ - US EPA [10], cụ thể như sau:

- *Đối với tàu biển (OGVs)*: Theo hướng dẫn US EPA (2009) đề xuất một cách tiếp cận tính phát thải khí trong cảng bằng công thức:

$$E = P * LF * A * EF [8]$$

Trong đó:

- E: Lượng phát thải khí thải (g),
- P: Công suất động cơ chính (kW),
- LF: Hệ số tải động cơ chính (%),
- A: Thời gian hoạt động (h),

EF: Hệ số phát thải (g/kWh). Hệ số phát thải được tham khảo từ hướng dẫn của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA, 2009). Hệ số tải của động cơ chính được tính bằng công thức:  $LF = (AS / MS)^3 [3]$

Trong đó:

- LF: Hệ số tải của động cơ chính;
- AS: Tốc độ thực tế (hải lý);
- MS: Tốc độ tối đa (hải lý).

- *Đối với từng loại hoạt động*

Khí thải được tính toán cho từng loại được sử dụng công thức:

$$E = N * P * LF * A * EF [8]$$

Trong đó:

- E: Tải lượng phát thải (g),
- P: Công suất máy chính (kW),
- LF: Hệ số tải của động cơ chính (%),
- N: Số thiết bị;
- EF: Hệ số phát thải (g/kWh);
- A: Thời gian hoạt động (giờ).

*Số liệu:*

- *Đối với phương tiện bốc dỡ hàng hóa (CHE)*: thu thập dữ liệu gồm loại phương tiện (cần cầu cố định (gantry crane), xe nâng (forklift), đầu kéo, xe cầu (reach stacker), cần cầu di động (crane)), số lượng, năm sản xuất, công suất động cơ (kW), hệ số tải (%), thời gian hoạt động (h), hệ số phát thải (g/kWh) (Bảng 1).

**Bảng 1.** Ví dụ thông tin cần thu thập từ bến cảng cho CHE

	Tên CHE	Loại CHE	Số lượng	Cấp phát thải	Tuổi máy
CHE 1	Gottwald 1	Crane	1	0	10
CHE 2	PPM 1	Reach Stacker	1	0	15
CHE 3	KOMATSU 16	Forklift	1	0	17

- *Đối với các phương tiện giao thông trong cảng (Heavy trucks)*: chủ yếu là xe tải nặng và xe tải nhẹ. Các dữ liệu thu thập bao gồm: số lượng, chiều dài đoạn đường chạy trong cảng (km), thời gian xe chạy trong cảng (h), vận tốc xe chạy (km/h) bằng hình thức phỏng vấn trực tiếp tại cảng (Bảng 2).

**Bảng 2.** Ví dụ thông tin cần thu thập từ bến cảng cho xe tải trong cảng

Xe tải	Số lượng	Khoảng cách xe chạy (km)	Tốc độ trung bình (km/h)	Thời gian chạy (h)
Xe tải nhẹ	3936	0,45	9,0	1,10
Xe tải nặng	15000	0,43	8,6	1,25

- *Đối với tàu biển*: các dữ liệu hoạt động của cảng được sử dụng trong các tính toán bao gồm tên của OGV, ngày đến, ngày khởi hành, danh mục hàng hóa (tàu chở container, tàu chở hàng xá, tàu chở hàng đóng kiện, tàu chở khách), GRT (trọng lượng), DWT (tải trọng), nhiên liệu chạy máy, v.v... Một số dữ liệu thu thập được trong quá trình phỏng vấn như thời gian và tốc độ của RSZ (khu vực giảm vận tốc), thời gian và tốc độ của chế độ Maneuver (tàu vào cảng), thời gian và tốc độ, thời gian hotelling (tàu neo tại cảng) v.v... (Bảng 3).

**Bảng 3.** Thông tin thu thập cho một số OGVS tại cảng

Thông tin tàu		Nhiên liệu			Vận hành					Công suất động cơ chính (kW)
Tên tàu	Loại tàu	Số lượng	Động cơ chính	Động cơ phụ	Mode	Thời gian từng Mode	Vận tốc thực tế từng mode (knots)	Vận tốc thường (knots)	Vận tốc tối đa (knots)	
HUNG CUONG 168	Container_Ship	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	RSZ	0,60	2,16	11,3	11,8	30900
HUNG CUONG 168	Container_Ship	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	Maneuver	0,53	0,539	11,3	11,8	30900
HUNG CUONG 168	Container_Ship	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	Hotel	66,50	0	11,3	11,8	30900

Thông tin tàu		Nhiên liệu			Vận hành					
Tên tàu	Loại tàu	Số lượng	Động cơ chính	Động cơ phụ	Mode	Thời gian từng Mode	Vận tốc thực tế từng mode (knots)	Vận tốc thường (knots)	Vận tốc tối đa (knots)	Công suất động cơ chính (kW)
HOA BINH 36	General_Cargo	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	RSZ	0,60	2,16	7,7	9,4	980
HOA BINH 36	General_Cargo	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	Maneuver	0,53	0,539	7,7	9,4	980
HOA BINH 36	General_Cargo	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	Hotel	155,50	0	7,7	9,4	980
THINH CUONG VICTORY	Cruise_Ship	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	RSZ	0,60	2,16	7,9	8,7	39600
THINH CUONG VICTORY	Cruise_Ship	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	Maneuver	0,53	0,539	7,9	8,7	39600
THINH CUONG VICTORY	Cruise_Ship	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	Hotel	23,50	0	7,9	8,7	39600
VINH	Bulk_Carrier	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	RSZ	0,60	2,16	10,2	10,8	8000
VINH	Bulk_Carrier	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	Maneuver	0,53	0,539	10,2	10,8	8000
VINH	Bulk_Carrier	1	SSD RO 2,7%S	RO 2,7%S	Hotel	18,50	0	10,2	10,8	8000

Nguồn: Thu thập tại cảng Sài Gòn, 2017

2.3 Phương pháp mô phỏng khí tượng TAPM

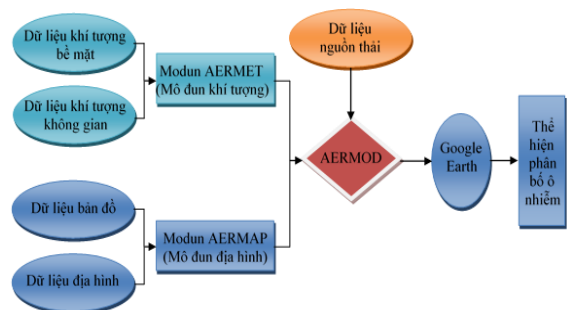
Mô hình TAPM là một mô hình thuộc Tổ chức Nghiên cứu Công nghiệp và Khoa học của Úc – Common wealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Mô hình này được dùng để mô phỏng điều kiện khí tượng và nồng độ ô nhiễm không khí trong không gian 3 chiều. Đây cũng là một trong hai chức năng chính của mô hình. Vì vậy mô hình có thể sử dụng như một công cụ hỗ trợ khí tượng cho các mô hình lan truyền chất ô nhiễm không khí, đặc biệt là tập tin khí tượng đầu vào cho mô hình AERMOD. Mô hình TAPM đã được ứng dụng nhiều nơi trên thế giới như nghiên cứu “Mô hình hoá không khí trong đô thị lâu năm, độ phân giải cao: xác minh các dự báo TAPM về khói bụi và các hạt bụi ở Melbourne, Úc” [11]. Nghiên cứu của Ashok và CS về ứng dụng mô hình TAPM để kiểm kê phát thải các chất gây ô nhiễm bang Victoria và khu vực cảng Phillip, kết quả TAPM được hiệu chỉnh và kiểm định có kết quả khá tốt, và kết quả kiểm mô phỏng khí tượng có hệ số tương quan khá tốt [12].

2.4 Mô hình lan truyền ô nhiễm không khí AERMOD

Mô hình AERMOD - The AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD) được đặc biệt thiết kế để hỗ trợ cho chương trình quản lý của Cục Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (US-EPA). Mô hình gồm 3 thành phần: AERMOD (Mô hình phân tán AERMIC), AERMAP (Công cụ địa hình của

AERMOD) và AERMET (Công cụ khí tượng của AERMOD). Từ năm 1991, mô hình AERMOD đã được phát triển bởi Cơ quan Khí tượng và Cục Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ. Một nhóm các nhà khoa học (gọi tắt là AERMIC) đã hợp tác xây dựng mô hình AERMOD. AERMOD được sử dụng chính thức vào 9/12/2005 sau 14 năm nghiên cứu và hoàn thiện.

Mô hình AERMOD gồm một loạt các lựa chọn cho việc mô phỏng chất lượng không khí tác động bởi các nguồn thải, xây dựng các lựa chọn phổ biến cho nhiều ứng dụng.



Hình 3. Số liệu đầu vào, các bước và nội dung thực hiện mô hình AERMOD.

AERMET xử lý các dữ liệu khí tượng bề mặt và trên các tầng khác nhau, cho phép tính các tham số đặc trưng của khí quyển theo mô hình Monin – Obukhov. Tập tin khí tượng gồm hai loại tập tin sau: surface met data file (\*.sam) là các số liệu quan trắc được ghi nhận sau mỗi giờ bao gồm các loại dữ liệu sau: hướng gió, vận tốc gió, nhiệt

độ không khí, độ ẩm, áp suất khí quyển, lượng mưa, độ che phủ của mây, bức xạ mức trời; file upper air met data file (\*.ua) là dữ liệu được quan trắc 2 lần trong ngày vào lúc 0 GMT (7:00 LST) và 12 GMT (19:00 LST) bao gồm dữ liệu về độ cao xáo trộn. AERMAP được tích hợp các mô hình có liên quan tới địa hình, ảnh hưởng của vết khói khi tiếp xúc với bề mặt đồi núi. AERMET kết hợp dữ liệu từ WebGIS để tạo ra tập tin địa hình cho mô hình. Từ những dữ liệu trên, AERMOD sẽ đưa ra kết quả mô phỏng dưới dạng hình ảnh không gian 2 chiều, 3 chiều và xuất ra thông qua Google Earth, giúp người dùng dễ dàng nhận thấy những tác động của khí thải lên khu vực khảo sát.

\* Để thực hiện mô hình AERMOD ta cần phải chuẩn bị các số liệu đầu vào cho mô hình như mô tả trong Hình 3 là các bước và nội dung thực hiện mô hình AERMOD.

### 2.5 Phương pháp hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Các công thức thống kê có thể được sử dụng để đánh giá độ chính xác của mô hình với  $P_i$  là giá trị mô phỏng và  $O_i$  là giá trị quan trắc:

- Sai số mô phỏng, %:

$$S = 100 \cdot |P_i - O_i| / O_i \quad [6]$$

- Hệ số R để đánh giá sự tương quan giữa giá trị mô phỏng và quan trắc:

$$R = \frac{\sum(P_i - \bar{P}_i)(O_i - \bar{O}_i)}{\sqrt{\sum(P_i - \bar{P}_i)^2 \sum(O_i - \bar{O}_i)^2}} \quad [10]$$

## 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

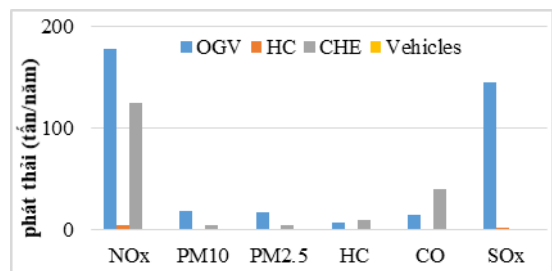
### 3.1 Kết quả tính toán phát thải

Kiểm kê khí thải cho hoạt động cảng biển của thành phố có nhiều cảng thì có thể tính toán cho một số cảng điển hình; các cảng còn lại có thể tính phát thải dựa trên công suất hoạt động của cảng và dựa trên số liệu tính toán phát thải của cảng đã tính bằng quy tắc tam suất [7]. Các cảng được tính phát thải trực tiếp là Cảng Cát Lái, Tân cảng Hiệp Phước, Cảng Tân Thuận 1, Cảng Tân Thuận 2. Các cảng còn lại tính theo hướng dẫn của GIZ, 2011 [7]. Kết quả tính phát thải khí thải từ các cảng đại diện trên sẽ làm cơ sở để ngoại suy tính toán các cảng còn lại. Cụ thể, là các cảng còn lại sẽ tính theo quy tắc tam suất dựa trên công suất của các cảng đã tính và sắp tính. Qua đó đưa ra sự đánh giá, so sánh về mức độ phát thải khí thải và

mức độ ảnh hưởng không khí khu vực xung quanh.

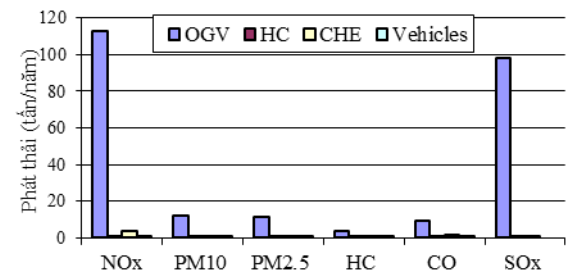
### - Kết quả phát thải của tàu lớn

Phát thải từ ba cảng điển hình Tân Thuận 1 (Hình 4), Tân Thuận 2 (Hình 5) và cảng Tân Cảng Hiệp Phước (Hình 6) cho thấy rằng hầu hết lượng khí thải tại cảng chủ yếu là khí  $\text{NO}_x$  và  $\text{SO}_x$  từ hoạt động của OGV và CHE, lượng phát thải trong giai đoạn tàu lưu lại (hotelling mode) tại cảng hoặc tại neo phát thải khá lớn so với thời gian tàu vào cảng và thời gian tàu tiến tới neo (chiếm 80% tổng thời gian phát thải).



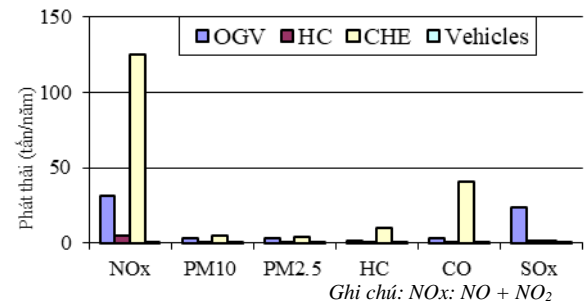
Ghi chú:  $\text{NO}_x$ :  $\text{NO} + \text{NO}_2$

Hình 4. Biểu đồ phát thải tại cảng Tân Thuận 1 (CSG)



Ghi chú:  $\text{NO}_x$ :  $\text{NO} + \text{NO}_2$

Hình 5. Biểu đồ phát thải tại cảng Tân Thuận 2 (CSG)



Ghi chú:  $\text{NO}_x$ :  $\text{NO} + \text{NO}_2$

Hình 6. Biểu đồ phát thải tại cảng Tân Cảng Hiệp Phước (TCSG)

Trong đó, khí thải từ hoạt động của OGV và CHE chiếm 98% tổng lượng khí thải  $\text{SO}_x$  tại cảng và tương tự  $\text{NO}_x$  chiếm 87%, bụi ( $\text{PM}_{2.5}$  và  $\text{PM}_{10}$ ) chiếm 95% so với tổng phát thải từng chất ô



nhằm của các hoạt động. Nguyên nhân OGV và CHE phát thải khí thải chiếm trên 87% trong hoạt động cảng cho hầu hết các chất ô nhiễm không khí là do sử dụng nhiên liệu DO và dầu nặng với hàm lượng lưu huỳnh cao. Ngoài ra, OGV vẫn chạy động cơ phụ trong khoảng thời gian lưu lại tại cảng, phát thải từ các động cơ này nhỏ nhưng trong thời gian dài vận hành động cơ nên phát thải là khá lớn. Số liệu phát thải đầu vào cho mô hình AERMOD trình bày trong Bảng 4, đơn vị là g/s.m<sup>2</sup>.

**Bảng 4.** Tỷ lệ phát thải trên 1 đơn vị diện tích của 34 cảng thuộc TP.HCM năm 2016

Chất ô nhiễm	Phát thải [g/s/m <sup>2</sup> ]
NO <sub>x</sub>	0,00067614
CO	0,00013144
PM <sub>2,5</sub>	0,00004628
PM <sub>10</sub>	0,00004972
SO <sub>x</sub>	0,00030400

Kết quả cho thấy rằng phát thải từ tàu container là lớn nhất (chiếm 50 % tổng phát thải từ hoạt động của tàu biển). Vì vậy, khi đề xuất phương pháp giảm thiểu phát thải sẽ tập trung vào nguồn thải từ hoạt động của tàu biển.

Nhìn chung, phát thải từ hoạt động của tàu lai dắt hầu hết là từ tàu kéo, do tàu kéo là phương tiện phổ biến để dắt các tàu biển lớn cập cảng và sử dụng nhiên liệu dầu nặng (Heavy Fuel Oil) để chạy máy nên phát thải lớn nhất là CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> và SO<sub>x</sub>.

#### - Kết quả phát thải của phương tiện bốc dỡ hàng hóa

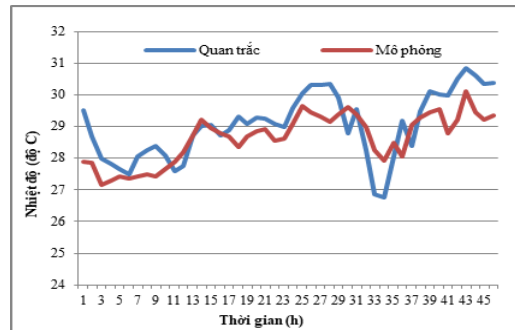
Trong các loại phương tiện bốc dỡ hàng hóa thì cần cầu là nguồn phát thải lớn nhất (chiếm 55 %), xe đầu kéo (20 %), xe cẩu (10 %), xe nâng (10 %) và công cẩu hay còn gọi là cần cầu ngang (chiếm 5 %). Các loại phương tiện này chủ yếu phát thải CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> và CO.

#### - Kết quả phát thải của phương tiện giao thông

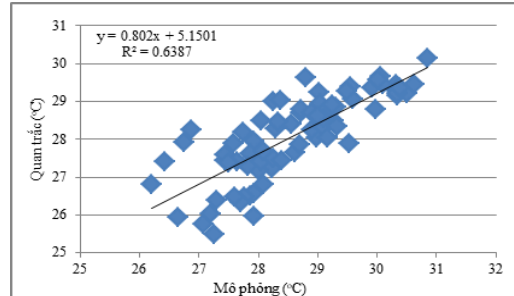
Từ biểu đồ trên cho thấy, phát thải từ nguồn giao thông trong cảng là do hoạt động của xe tải nặng, chủ SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O và CO<sub>2</sub>. Trong đó cảng Tân Cảng Cát Lái phát thải lớn nhất, do chức năng chính của cảng Tân Cảng Cát Lái là cảng container nên thu hút nhiều lượt xe ra vào cảng (khoảng 20.000 xe/ngày ra vào cảng).

### 3.2 Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình khí tượng TAPM

Nghiên cứu đã tiến hành mô phỏng khí tượng, hiệu chỉnh và kiểm định kết quả mô hình khí tượng TAPM thông qua giá trị đo đạc khí tượng thực tế tại trạm Tân Sơn Hòa TP.HCM từ ngày 01/02/2017 đến ngày 15/4/2017 (Hình 7). Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình khí tượng có giá trị R<sup>2</sup> là 0,64 là phù hợp với giá trị quan trắc để làm đầu vào cho mô hình mô phỏng lan truyền ô nhiễm không khí AERMOD (Hình 8).



**Hình 7.** So sánh nhiệt độ mô phỏng và quan trắc tại trạm Tân Sơn Hòa từ tháng 2 đến tháng 4 năm 2018



**Hình 8.** Kiểm định nhiệt độ mô phỏng và quan trắc tại trạm Tân Sơn Hòa từ tháng 2 đến tháng 4 năm 2018

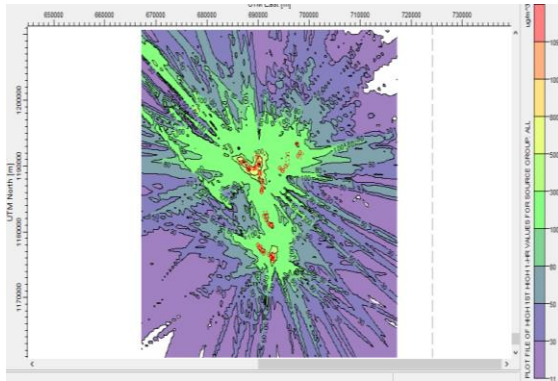
### 3.3 Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình lan truyền ô nhiễm không khí AERMOD

Hiệu chỉnh và kiểm định kết quả mô hình AERMOD thông qua giá trị đo đạc chất lượng không khí thực tế tại cảng Tân Thuận tháng 05/2017. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình AERMOD trung bình 8,92 % (dao động từ 4-13,84 %), đủ điều kiện để mô phỏng lan truyền ô nhiễm hệ hống cảng TP.HCM. Kết quả xuất ra từ mô hình mô phỏng lan truyền ô nhiễm không khí AERMOD trong các hình bên dưới là kết quả cao nhất cho 1 giờ, trung bình 24 giờ và trung bình năm trên mặt đất. Sau đó so sánh kết quả mô phỏng với quy chuẩn Việt Nam cho các chất ô

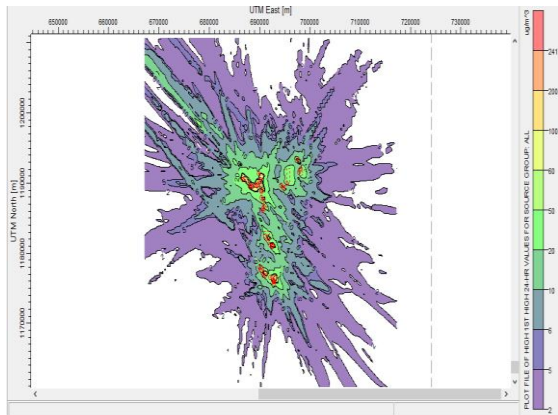
nhằm trong không khí xung quanh (Quy chuẩn Việt Nam QCVN 05:2013/BTNMT).

### 3.4 Kết quả mô hình lan truyền ô nhiễm không khí AERMOD

- Kết quả mô hình lan truyền ô nhiễm không khí AERMOD cho CO



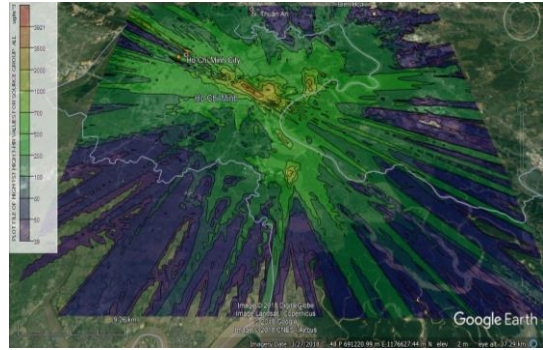
**Hình 9.** Bản đồ lan truyền CO cao nhất 1 giờ trong năm từ mô hình AERMOD



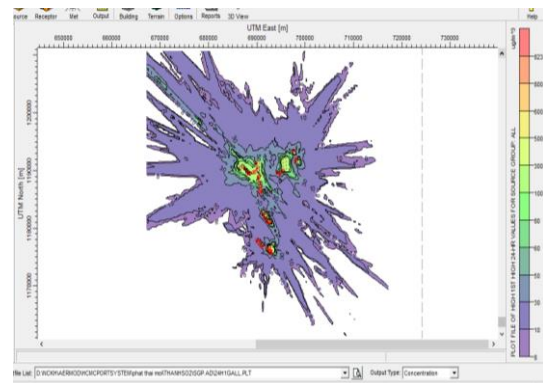
**Hình 10.** Bản đồ lan truyền CO trung bình 24 giờ trong năm từ mô hình AERMOD

Kết quả nồng độ mô phỏng cho CO có nồng độ cao nhất phân bố theo hướng Tây Bắc và Đông Nam, nồng độ trung bình 1 giờ cao nhất đạt 1.018  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Hình 9) tại vị trí sát mặt đất của CO có giá trị thấp hơn so với QCVN 05:2013/BTNMT cho phép là 30.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Trung bình 24 giờ cao nhất đạt 242  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Hình 10).

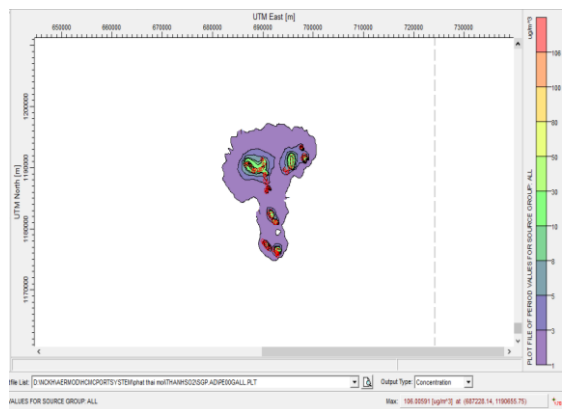
- Kết quả mô hình lan truyền ô nhiễm không khí AERMOD cho  $\text{SO}_2$ . Với  $\text{SO}_2$  chiếm 95-97% nồng độ  $\text{SO}_x$  [10]



**Hình 11.** Bản đồ nồng độ cao nhất 1 giờ  $\text{SO}_x$  trong năm từ mô hình AERMOD



**Hình 12.** Bản đồ lan truyền  $\text{SO}_x$  trung bình 24 giờ từ mô hình AERMOD

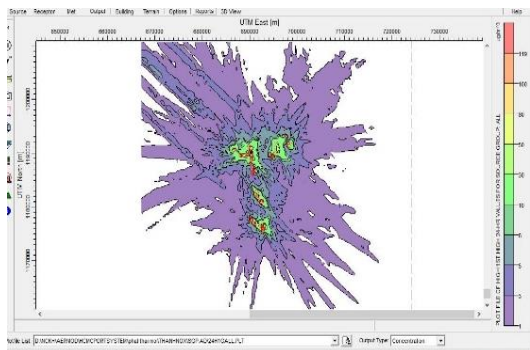


**Hình 13.** Bản đồ lan truyền  $\text{SO}_x$  trung bình năm từ mô hình AERMOD

Kết quả nồng độ cao nhất ngay trong khu vực cảng Tân Thuận theo hướng Tây Bắc và Đông Nam trung bình 1 giờ là 3.921  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Hình 11) cao hơn gấp 11 lần (so QCVN 05:2013/BTNMT cho phép là 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) và nồng độ lớn nhất 24 giờ là 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Hình 12) cao hơn gấp 3,1 lần (so QCVN 05:2013/BTNMT cho phép là 125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Tuy nhiên,  $\text{SO}_2$  có nồng độ trung bình năm là 10-30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Hình 13) đạt QCVN 05:2013/BTNMT cho phép là 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vậy,

nồng độ  $\text{SO}_2$  phát thải ngay tại vị trí cảng khá lớn, nhưng nồng độ trung bình năm thấp hơn tiêu chuẩn cho phép, do đó cũng không ảnh hưởng lớn tới sức khỏe của người dân xung quanh.

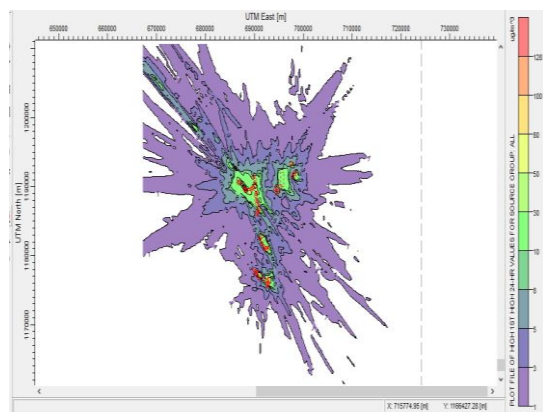
- *Kết quả mô hình lan truyền ô nhiễm không khí AERMOD  $\text{NO}_x$*



Hình 14. Bản đồ lan truyền  $\text{NO}_x$  trung bình cao 24 giờ trong năm từ mô hình AERMOD

Kết quả nồng độ  $\text{NO}_x$  cao nhất là  $549 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (điểm xuất hiện nồng độ cao nhất là trong khu vực cảng) theo hướng Tây Bắc và Đông Nam, nồng độ khu vực bên ngoài cảng  $100\text{-}300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Hình 14). Kết quả chỉ ra rằng nồng độ  $\text{NO}_2$  lớn nhất 1 giờ trên mặt đất của cảng có nồng độ cao hơn QCVN 05:2013/BTNMT cho phép là  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Và nồng độ trung bình 24 giờ, trung bình năm đều nhỏ hơn so với QCVN 05:2013/BTNMT.

- *Kết quả mô hình lan truyền ô nhiễm không khí AERMOD cho  $\text{PM}_{2.5}$*



Hình 15. Bản đồ lan truyền  $\text{PM}_{2.5}$  trung bình 24 giờ từ mô hình AERMOD

Kết quả nồng độ cao nhất theo hướng Tây Bắc, Đông Nam và Đông Bắc của cảng Tân Thuận có nồng độ trung bình 24 giờ là  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Hình 15), thấp hơn so với QCVN 05:2013/BTNMT cho phép là  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Số liệu khí tượng được sử dụng để chạy mô hình AERMOD là số liệu đầu ra của mô hình khí

tượng TAPM. Số liệu khí tượng này được mô hình TAPM chạy cho nguyên 1 năm 2017. Mô hình TAPM có chức năng xuất file khí tượng cao không định dạng \*.sfc và file khí tượng bề mặt \*.pfl. Sau khi chạy mô hình TAPM thì có chức năng xuất số liệu khí tượng từ định dạng \*.cdf sang khí tượng \*.sfc và \*.pfl như trên một cách tự động. Cách làm này cũng đã thực hiện trong khá nhiều nghiên cứu trước do nhóm của Hồ Quốc Bằng thực hiện thành công [13-15].

### 3.5 Đề xuất giải pháp

Hoạt động của tàu biển là một trong những nguồn nhân tạo ảnh hưởng đáng kể vào sự ô nhiễm không khí. Chất lượng của tàu biển Việt Nam thường không cao, nhiều phương tiện đã quá cũ, lạc hậu, hiệu suất đốt cháy nhiên liệu thấp và chưa có hệ thống xử lý khí thải. Hiện Việt Nam có trên 1.700 tàu vận tải, cùng với số lượng tàu cá khoảng gần 130 nghìn tàu, tương ứng với lượng nhiên liệu xăng dầu tiêu thụ khoảng gần 4 triệu tấn/năm.

Hạn chế hàm lượng  $\text{SO}_2$  trong nguồn nhiên liệu cho tàu biển. Thay thế năng lượng thân thiện môi trường, sử dụng công nghệ xử lý thay thế làm sạch, lọc khí thải của tàu thuyền để giảm thiểu ô nhiễm hoặc sử dụng xác tác. Nếu sử dụng dầu có hàm lượng lưu huỳnh khoảng 0,1 % có thể giảm thiểu bụi (các phân tử nhỏ) từ khoảng 80-90 %,  $\text{SO}_2$  khoảng 80-90 % và  $\text{NO}_x$  khoảng 5-6 %.

Giảm thời gian tàu lưu tại cảng và sử dụng nguồn điện cung cấp năng lượng cho các loại tàu sẽ giảm được phát thải đáng kể do các tàu thường sử dụng máy phát điện để cung cấp điện cho tàu, ngay cả trong lúc cập cảng. Có các chính sách, văn bản quy phạm pháp luật, quy định, quy chuẩn nhà nước cho các tàu cá và tàu vận tải về giảm thiểu phát thải khí thải.

Triển khai đầy đủ công ước Biển của Liên Hiệp Quốc theo Marpol Annex 6, nghĩa là các tàu phải chuyển sang chế độ dùng nhiên liệu sạch khi vào khu vực cảng. Tổ chức đào tạo nhân lực, nâng cao nhận thức về giảm thiểu khí thải từ tàu biển và biến đổi khí hậu.

Giảm thời gian các phương tiện giao thông vào cảng để giảm lượng phát thải khí các phương tiện trong trình kiểm soát trước khi ra vào cảng. Cụ thể là cảng có hệ thống cung cấp điện cho tàu khi đang chờ tại cảng, tránh tàu chạy động cơ phụ phục vụ nấu ăn và thắp sáng.



## 4 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 4.1 Kết luận

Nghiên cứu đã ứng dụng thành công mô hình tính toán phát thải của dự án SPD-GIZ vào điều kiện Việt Nam để tính toán phát thải cho hệ thống cảng tại Thành phố Hồ Chí Minh.

Theo kết quả kiểm kê khí thải thì nguồn thải từ hoạt động của các tàu lớn và các phương tiện bốc dỡ hàng hóa là nguyên nhân chính gây nên ô nhiễm không khí trong cảng. Do tàu dùng nguyên liệu dầu biển nặng (Marine oil) hoặc dầu DO với hàm lượng lưu huỳnh cao và trong khoảng thời gian lưu lại tại cảng, tàu phải sử dụng máy phát điện, chạy động cơ phụ.

Mô phỏng lan truyền ô nhiễm không khí từ mô hình AERMOD cho thấy rằng hầu hết các chất ô nhiễm không khí vượt QCVN 05:2013/BTNMT thường là trong khu vực cầu cảng. Điều này có thể ảnh hưởng đến sức khỏe công nhân làm việc trong khu vực cảng và những khu vực xung quanh như nhà dân gần các cảng.

### 4.2 Kiến nghị

Qua tính toán phát thải, đề tài đã nghiên cứu và đề xuất một số biện pháp nhằm hạn chế hàm lượng SO<sub>2</sub> trong nguồn nhiên liệu cho tàu biển. Thay thế năng lượng thân thiện môi trường, sử dụng xác tác hoặc chạy bằng điện. Nếu sử dụng dầu có hàm lượng lưu huỳnh khoảng 0,1% có thể giảm thiểu bụi (các phân tử nhỏ) từ khoảng 80-90%, SO<sub>2</sub> khoảng 80-90% và NO<sub>x</sub> khoảng 5-6%. Và đề xuất chính phủ quan tâm đến việc phát thải ô nhiễm không khí từ cảng biển, đặc biệt là có chính sách hay chế tài đối với các tàu đã cũ và hết niên hạn sử dụng, thực thi đầy đủ công ước Biển của Liên Hiệp Quốc theo Marpol Annex 6.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Minh Tuấn, “Cảng biển TPHCM: Đầu tư trọng tâm, trọng điểm”. <http://www.vlr.vn/vn/news/img/chuoi-cung-ung/1141/cang-bien-tphcm-dau-tu-trong-tam-trong-diem.vlr>

[2] Hà Xuân Chuẩn, “Các tác động môi trường trong quá trình xây dựng và khai thác cảng biển”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 17, Tháng 4, 2009.

[3] Thanh Huyền, “Bảo động tình trạng ô nhiễm môi trường” 2009. <http://cand.com.vn/Xa-hoi/Bao-dong-tinh-trang-o-nhiem-moi-truong-75568/>

[4] Bộ GTVT, “Danh mục cảng biển, bến cảng khu vực đông nam bộ (nhóm 5) giai đoạn đến năm 2020”, Quyết định số 1745/QĐ-BGTVT ngày 03 tháng 8 năm 2011 của Bộ trưởng Bộ Giao thông vận tải.

[5] Võ Thị Thanh Hương và cộng sự, “Tính toán phát thải các chất ô nhiễm không khí và mô hình hoá chất lượng không khí cảng Sài Gòn, Việt Nam”, Tạp chí phát triển Khoa học và Công nghệ, Tập 16, Số M1, 2013.

[6] GIZ, “Best Practices on Environmental Management – Indicator 1”. Sustainable Port Development in the ASEAN Region project, 2015.

[7] Li Pan, Hyun Cheol Kim, Pius Lee, Rick Saylor, YouHua Tang, Daniel Tong, Barry Baker, Shobha Kondragunta, Chuanyu Xu, Mark G. Ruminski, Weiwei Chen, Jeff Mcqueen and Ivanka Stajner, “Evaluating a fire smoke simulation algorithm in the National Air Quality Forecast Capability (NAQFC) by using multiple observation data sets during the Southeast Nexus (SENEX) field campaign”, Geosci., 2017. Model Dev. Discuss., <https://doi.org/10.5194/gmd-2017-207>

[8] Bryan N.Duncana, Ana I.PradosabL, N.LamsalacYangLiu, David G.Streetse, “Satellite data of atmospheric pollution for U.S. air quality applications: Examples of applications, summary of data end-user resources, answers to FAQs, and common mistakes to avoid”, Atmospheric Environment, Volume 94, September 2014, Pages 647-662

[9] Chris Taylor, “Streamlined Emissions Inventory: Bangkok Port Rapid Transport Assessment”, Technical report for GIZ, 2011.

[10] US EPA, “Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories”, 2009.

[11] Peter Hurley, Mary Edwards and Ashok Luhar, “Evaluation of TAPM V4 for several meteorological and air pollution datasets”, First Published in Air Quality & Climate Change, 43-3, 19-24, 2005.

[12] Ashok Luhar, Ian Galbally, Mark Hibberd Simon Bentley, “Meteorological and Dispersion Modelling Using TAPM for Wagerup”, CSIRO Atmospheric Research, 2005. Technical report. 62 pages.

[13] B. Alföldy và cộng sự, “Measurements of air pollution emission factors for marine transportation in SECA, Atmos”. Meas. Tech., 6, 2013, 1777-1791.

[14] Hồ Quốc Bằng và cộng sự, Ứng dụng mô hình TAPM xây dựng dữ liệu khí tượng phục vụ mô phỏng lan truyền ô nhiễm không khí, Viện Tài nguyên và Môi trường, 2015.

[15] Lý Thu Ba, “Ứng dụng mô hình TAPM xây dựng dữ liệu khí tượng phục vụ mô phỏng lan truyền ô nhiễm không khí”, 2016. Luận văn thạc sỹ 2016. Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG TP.HCM.

# Air emission inventory and application TAPM-AERMOD models to study air quality from 34 ports in Ho Chi Minh City

Vu Hoang Ngoc Khue<sup>1,\*</sup>, Pham Thi Nguyet Thanh<sup>2</sup>, Ho Quoc Bang<sup>1</sup>,  
Nguyen Thoai Tam<sup>1</sup>, Nguyen Thi Thuy Hang<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute for Environment and Resources – VNU-HCM

<sup>2</sup> People's Committee of Ward 6, District 10, Ho Chi Minh City

\*Corresponding email: vhnk1304@gmail.com

*Received: 27-8-2018; Accepted: 10-12-2018; Published: 31-12-2018*

**Abstract**—The port system of Ho Chi Minh City including 34 ports, serves as the gateway to the South (including the South East and the Mekong Delta) in export and import activities. In which contribute a huge amount of pollutants to the atmosphere in Ho Chi Minh City. The objective of this study is to: (i) Calculating air emissions from ports system in Ho Chi Minh city using the SPD-GIZ model which emits a large amount of air pollutants such as sulfur oxide (SO<sub>x</sub>), nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>), fine dust (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>), volatile organic compounds (VOC), carbon monoxide (CO) from large ships (Ocean going vessels - OGVs), towing ships (Harbor Crafts - HCs), cargo handling

equipment (Cargo handling equipment - CHE) and other vehicles (Heavy trucks – HVs); (ii) Using dispersion model TAPM-AERMOD to assess the impact of port operations to air quality in surrounding port area; (iii) Proposing abatement measures based on the results of simulation to reduce emissions/ air pollution levels. The results of emission inventory show that the total port emissions are largely NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> mainly from large ships (OGVs) and cargo handling equipment (CHE) due to the use of heavy oil and diesel which have high sulfur content. The results show that the time at which a mooring boat is the most time consuming (accounting for over 90% of total emissions from OGVs).

**Index Terms**—Air pollution in ports HCMC, air emissions inventory, TAPM, AERMOD