

ƯỚC TÍNH CÁC TÁC ĐỘNG TỚI MÔI TRƯỜNG CỦA TÀU CHỞ HÀNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ VÒNG ĐỜI SẢN PHẨM EVALUATING ENVIRONMENTAL IMPACTS OF A CARGO SHIP BY USING LIFE CYCLE ASSESSMENT METHOD

ĐỒNG ĐỨC TUẤN*, PHẠM THỊ THANH HẢI

Khoa Đóng tàu, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: tuandd.dt@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo này giới thiệu và áp dụng phương pháp đánh giá vòng đời sản phẩm (LCA) cho đối tượng là tàu chở hàng. Vòng đời của tàu chở hàng được chia thành năm giai đoạn: khai thác và sản xuất vật liệu, đóng tàu, khai thác, bảo dưỡng và phá dỡ. Việc áp dụng và tính toán tuân theo với các hướng dẫn của tiêu chuẩn ISO 14040:2006. 12 chỉ số tác động tới môi trường của phương pháp CML2001 được sử dụng trong bài báo. Mô hình vòng đời và kết quả được xây dựng và thu thập dưới sự hỗ trợ của phần mềm GaBi. Kết quả bao gồm độ lớn các khí thải và độ lớn các chỉ số tác động trong các giai đoạn của vòng đời và trong toàn bộ vòng đời. Phương pháp LCA được đánh giá là mang lại cái nhìn toàn diện về tác động tới môi trường trong toàn bộ vòng đời của sản phẩm.

Từ khóa: Đánh giá vòng đời sản phẩm (LCA), vòng đời, khí thải, tác động môi trường, tàu chở hàng.

Abstract

This paper introduces and applies the life cycle assessment method (LCA) for a cargo ship. The ship's life cycle is divided in five phases: (i) raw material extraction and fabrication, (ii) shipbuilding, (iii) ship operation, and (iv) ship maintenance and destruction. The application and calculation are based on the instruction in ISO 14040:2006. 12 environmental impacts of CML2001 methodology are used in this paper. The life cycle model and results are built and obtained with the assistance of GaBi software application. The results contain the emissions amount and environmental impacts of the ship's life cycle and its phases. The LCA method is considered as a tool that could bring a holistic approach in the entire life cycle of a product in terms of the environment.

Keywords: Life cycle assessment (LCA), life cycle, emissions, environmental impacts, cargo ships.

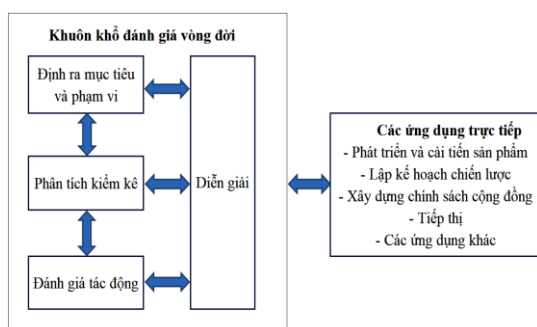
1. Giới thiệu chung

Hiện nay, việc thiết kế và chế tạo ra những sản phẩm thân thiện với môi trường là một nhu cầu cấp thiết. Ngành đóng tàu của Việt Nam cũng như thế giới đang từng bước phát triển, và vấn đề tác động tới môi trường trong ngành công nghiệp tàu thủy đang được quan tâm hơn. Tổ chức Hàng hải quốc tế (International Maritime Organization - IMO) đã đưa ra những yêu cầu khắt khe về việc sử dụng nhiên liệu cho các vùng biển cụ thể [1]. Tuy nhiên, việc chỉ quan tâm tới khí thải trong giai đoạn khai thác tàu là chưa đủ, bởi những giai đoạn khác trong vòng đời của tàu thủy cũng có những tác động đáng kể tới môi trường [2]. Hơn nữa, việc giảm một số khí thải nhất định cũng chưa đảm bảo rằng sản phẩm có giảm tác động tới môi trường hay không.

Để có cái nhìn chính xác về một sản phẩm thân thiện với môi trường thì việc sử dụng lý thuyết Đánh giá vòng đời sản phẩm (Life cycle assessment- LCA) là rất cần thiết [3]. Khi sử dụng lý thuyết này, khí thải và các tác động tới môi trường sẽ được nghiên cứu trong toàn bộ vòng đời của tàu thủy. Các chỉ số tác động tới môi trường như: Sự ấm lên toàn cầu (GWP - kg CO₂ - equiv.), mưa axit (AP - kg SO_x equiv.), mức độ độc hại tới con người (HTP kg dichlorobenzene equiv.),... cũng được xác định khi sử dụng lý thuyết này. Theo hướng dẫn của ISO14040 [4], các nghiên cứu áp dụng LCA được tiến hành qua bốn bước chính (Hình 1), đó là:

Bước 1. Mục tiêu và phạm vi (Goal and scope definition). Hai nội dung này sẽ được xác định trong bước 1. Các yếu tố quan trọng như: các giai đoạn trong vòng đời tàu thủy, biên của vòng đời (system boundary), đơn vị chức năng (functional unit),... sẽ được định rõ.

Bước 2. Phân tích kiểm kê (Life cycle inventory - LCI). Các số liệu bao gồm sự tiêu thụ năng lượng, sự tiêu thụ vật liệu, khí thải sẽ được tính toán và tổng hợp trong vòng đời tàu thủy.



Hình 1. Các bước chính trong phương pháp LCA

Bước 3. Đánh giá tác động (Life cycle impact assessment - LCIA). Những số liệu bước 2 sẽ được chuyển thành các chỉ số tác động tới môi trường.

Bước 4. Diễn giải (Interpretation). Khí thải và các chỉ số tác động sẽ được phân tích và đánh giá. Từ kết quả của nghiên cứu, những chỉ dẫn và nhận xét hữu ích sẽ được đưa ra.

Gần đây, các nghiên cứu áp dụng phương pháp LCA trong lĩnh vực tàu thủy đã xuất hiện. Tiêu biểu có thể kể tới là một công trình nghiên cứu về mô hình dùng để ước lượng khí thải của tàu thủy trong khuôn khổ vòng đời đã được xây dựng bởi nhóm tác giả người Hy Lạp [5]. Khi sử dụng mô hình này thì lượng khí thải trong một thời điểm bất kỳ của vòng đời có thể xác định được. Tuy nhiên, công trình nghiên cứu này chỉ dừng lại ở bước tính toán khí thải chứ chưa xét tới các chỉ số tác động lên môi trường của tàu thủy.

Nhóm tác giả đến từ Đại học Strathclyde đã thực hiện nghiên cứu kết hợp giữa chỉ số EEDI (Energy Efficiency Design Index) và phương pháp LCA [6]. Nhóm nghiên cứu đã chỉ rõ rằng, chỉ số EEDI chỉ xét tới khí CO₂ là chưa đủ để đánh giá mức độ tác động tới môi trường của tàu, mặc dù khí CO₂ là khí thải chính, chiếm một lượng lớn trong quá trình khai thác của con tàu. Họ đã xây dựng nên chỉ số mới đó là EEDILCA để đưa các khí có cùng hậu quả ấm lên toàn cầu vào và kiến nghị tới IMO có những chỉnh sửa về quy định của EEDI về sau này.

Một nhóm nghiên cứu từ Pháp cũng đã sử dụng LCA để lựa chọn ra vật liệu đóng tàu cho tàu cỡ nhỏ [7]. Trong nghiên cứu này, bốn loại vật liệu được đem ra để so sánh và lựa chọn, đó là: thép, hợp kim nhôm, gỗ nhập khẩu và gỗ của Pháp. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, đối với tàu cỡ nhỏ được đóng và sử dụng ở nội địa thì vật liệu đem lại hiệu quả cho môi trường nhất là gỗ ở Pháp. Công trình này đem lại một cái nhìn hết sức tổng quan cho người đọc về

những lợi thế của LCA khi đánh giá tác động môi trường. Nhóm nghiên cứu cho thấy rằng, việc sử dụng gỗ nội địa sẽ giảm quá trình vận chuyển vật liệu và khai khoáng so với các vật liệu khác.

Hai tác giả người Đức đã công bố công trình liên quan tới nền công nghiệp phá dỡ tàu ở Châu Á trên khía cạnh môi trường và lợi ích kinh tế bằng cách sử dụng phương pháp LCA [8]. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng có sự chênh lệch rất lớn giữa lợi ích của các chủ tàu người Châu Âu so với các khu công nghiệp đóng tàu tại Châu Á. Nghĩa là, các chủ tàu người châu Âu thu được lợi ích kinh tế rất lớn và chịu tác động của sự ô nhiễm môi trường lại không đáng kể, trong khi đó các cơ sở phá dỡ tàu ở châu Á thu được lợi ích kinh tế rất nhỏ nhưng lại phải chịu sự ô nhiễm nặng nề do hoạt động phá dỡ tàu này gây ra. Một nghiên cứu LCA điển hình khác trong ngành công nghiệp tàu thủy được thực hiện bởi Ling Chin [9]. Trong các công trình này, tác giả đã xây dựng lên một mô hình LCA để áp dụng tính toán cho động cơ tàu thủy. Sau đó, mô hình này được áp dụng để xác định lợi ích về mặt môi trường mà một số sáng chế mới của động cơ tàu thủy mang lại.

Các nghiên cứu trong lĩnh vực tàu thủy có áp dụng LCA trong thời gian gần đây đã xuất hiện trong các công bố quốc tế, tuy nhiên chưa có nhiều và chi tiết. Do vậy, bài báo này giới thiệu tới bạn đọc phương pháp LCA được áp dụng cho đối tượng là tàu thủy dưới sự hỗ trợ của phần mềm GaBi của hãng Thinkstep. Bài báo đóng góp một ví dụ hữu ích cho các tính toán LCA liên quan tới ngành công nghiệp tàu thủy trong bối cảnh các nghiên cứu LCA trong nước chưa nhiều. Trong phần tiếp theo, nội dung nghiên cứu sẽ theo các hướng dẫn của ISO 14040, gồm các bước 1, 2 và 3 như đã trình bày ở trên. Bước 4 của LCA sẽ được trình bày trong phần 3 của bài báo này.

2. Áp dụng tính toán cho tàu chở hàng

2.1. Xác định mục tiêu và phạm vi

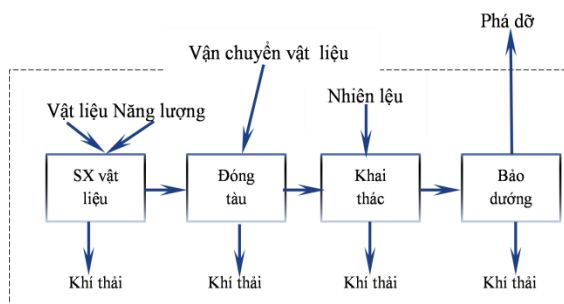
Theo hướng dẫn trong ISO 14040, mục tiêu của nghiên cứu phải chỉ rõ đối tượng, mục đích nghiên cứu, độc giả mà nghiên cứu hướng tới. Trong bài báo này, đối tượng nghiên cứu là một tàu chở hàng rời Panamax có các thông số chính được trình bày trong Bảng 1. Tàu chở hàng rời có thể được coi là một trong những loại tàu chở hàng thông dụng, do vậy nó được chọn để áp dụng tính toán trong bài báo này. Mục đích của nghiên cứu là xây dựng một ví dụ có áp dụng LCA trong ngành tàu thủy hướng tới đối

tượng độc giả là những nhà nghiên cứu về môi trường và những người hoạt động trong lĩnh vực thiết kế, đóng và khai thác tàu.

Đơn vị chức năng và biên của vòng đời được xác định trong phần phạm vi LCA. Đơn vị chức năng là yếu tố mà các kết quả của LCA hướng tới. Nếu đơn vị chức năng là một con tàu thì các giá trị về khí thải và chỉ số tác động môi trường sẽ tính cho con tàu đó. Ở đây, đơn vị chức năng là tàu hàng rời Panamax kể tới ở trên trong suốt vòng đời của nó.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của tàu được áp dụng

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Trọng tải DW	tấn	73.000
Khối lượng tàu không	tấn	11.400
Lượng tiêu thụ dầu khi khai thác	tấn/ngày	33,0
Lượng tiêu thụ dầu khi ở cảng	tấn/ngày	2,5
Chiều dài tàu L	m	218,69
Chiều rộng tàu B	m	32,25
Chiều cao mạn D	m	19,03
Chiều chìm d	m	13,765



Hình 2. Biên của vòng đời tàu thủy trong nghiên cứu

Biên của vòng đời được chỉ rõ trong Hình 2. Các giai đoạn chính của vòng đời con tàu bao gồm các giai đoạn như: sản xuất và khai thác vật liệu, đóng tàu, khai thác, bảo dưỡng và phá dỡ tàu. Trong khuôn khổ của nghiên cứu này thì giai đoạn phá dỡ tàu không được xét tới do hạn chế về mặt số liệu. Việc vận chuyển vật liệu, các yếu tố bất định như sự gia tăng nhiên liệu do ảnh hưởng bởi các yếu tố thời tiết, hà bá, ... cũng không được xét tới.

2.2. Phân tích kiểm kê (LCI)

Các giai đoạn của vòng đời bao gồm các hoạt động hay quá trình mà cần tới sự tiêu thụ năng lượng

và vật liệu, đồng thời các hoạt động đó sẽ sản sinh ra khí thải. Ví dụ như trong giai đoạn đóng tàu sẽ có các hoạt động hàn, cắt kim loại, phun cát, ... Các hoạt động này tiêu tốn điện năng và phát ra các khí thải, hạt bụi. Điện năng là yếu tố cần để thực hiện hoạt động, nó được gọi là đầu vào của hoạt động (inputs), còn khí thải được gọi là đầu ra (outputs). Trong bước phân tích kiểm kê, các số liệu liên quan đầu vào và đầu ra cần được xác định.

Đầu vào và đầu ra được xác định thông qua hệ số phát thải (emission factors). Ví dụ như hệ số phát thải khí CO₂ khi tiêu thụ 1 tấn dầu HFO đối với tàu hàng rời cỡ lớn là 3,114 tấn CO₂/tấn HFO [1]. Từ đó dễ dàng suy ra được lượng CO₂ sinh ra khi biết được lượng HFO đã tiêu thụ. Tuy nhiên, đây chỉ là giá trị ước tính trung bình vì hệ số phát thải còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chế độ hoạt động của máy chính, điều kiện khai thác của tàu...

Để đơn giản hóa trong nghiên cứu này, các hoạt động được xét tới đó là: hoạt động sản xuất vật liệu, hoạt động hàn cắt kim loại tiêu thụ điện năng, hoạt động thử tàu, quá trình tiêu thụ nhiên liệu khi khai thác tàu. Số liệu liên quan tới vật liệu và năng lượng tiêu thụ được lấy từ nghiên cứu [10]. Các dữ liệu liên quan tới hệ số phát thải đã được tích hợp sẵn trong GaBi.

2.3. Đánh giá tác động môi trường

Bài báo này sử dụng phương pháp đánh giá tác động môi trường CML2001 do Trường Đại học Leiden, Hà Lan thiết lập [11]. Phương pháp này được đánh giá là toàn diện và phù hợp với hầu hết các quốc gia trên thế giới. Có 12 chỉ số tác động môi trường trong phương pháp này (Bảng 2).

Các chỉ số tác động tới môi trường phụ thuộc vào độ lớn của khí thải và mức độ nguy hại của khí thải gây ra tác động đó. Ví dụ độ lớn của chỉ số âm lên toàn cầu có thể được tính như sau:

$$GWP = 1.m_{CO_2} + 28.m_{CH_4} + 265.m_{N_2O} + 23500.m_{SF_6} + \dots \quad (1)$$

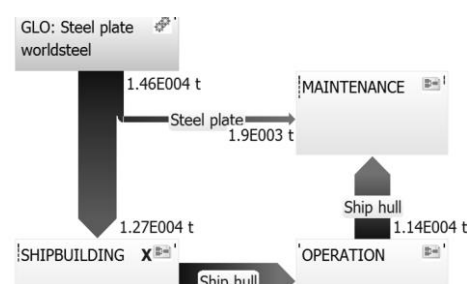
Các khí như CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, ... là các khí gây ra hiện tượng ấm lên toàn cầu, còn các hệ số 1, 28, 265, 23500, ... là các hệ số thể hiện mức độ tác động của các khí đối với hiện tượng ấm lên toàn cầu. Các chỉ số khác cũng được tính toán tương tự như công thức (1).

Bảng 2. Các chỉ số tác động môi trường trong CML2001

Chỉ số	Đơn vị	Các tác động tới môi trường
ADPe	kg antimony equiv.	Thất thoát kim loại
ADPf	MJ	Sự thất thoát năng lượng
AP	kg SO _x equiv.	Hiện tượng mưa axit
EP	kg phosphate equiv.	Sự phú dưỡng hóa
FAETP	kg dichlorobenzene equiv.	Sự độc hại tới nguồn nước ngọt
GWP	kg CO ₂ equiv.	Sự ấm lên toàn cầu
GWPe	kg CO ₂ equiv.	Sự ấm lên toàn cầu (có kể tới carbon hữu cơ)
HTP	kg dichlorobenzene equiv.	Sự độc hại tới con người
MAETP	kg dichlorobenzene equiv.	Sự ô nhiễm môi trường biển
ODP	kg trichlorofluoromethane equiv.	Sự nguy hại tới tầng ozon
POCP	kg ethene equiv.	Hiện tượng quang hóa
TETP	kg dichlorobenzene equiv.	Sự độc hại hệ sinh thái trên cạn

2.4. Lập sơ đồ tính toán trong GaBi

GaBi là phần mềm đánh giá vòng đời sản phẩm, được xây dựng bởi Think-step. GaBi cung cấp công cụ tính toán và chứa sẵn thư viện đồ số về hệ số phát thải của hơn 5.000 quy trình sản xuất trong các ngành công nghiệp và các phương pháp đánh giá tác động. Vòng đời của tàu được mô phỏng theo 4 giai đoạn (Hình 3) và trong mỗi giai đoạn sẽ có nhiều các quy trình kèm theo với số liệu đầu vào và đầu ra của quy trình.



Hình 3. Mô hình vòng đời trong GaBi

3. Kết quả và thảo luận

Bảng 3. Khí thải trong vòng đời tàu thủy (đơn vị: kg)

Khí thải	Vật liệu	Đóng tàu	Khai thác	Bảo dưỡng	Tổng
CO ₂	3.184E+07	1.727E+06	1.717E+09	4.036E+05	1.751E+09
CO	5.050E+05	2.796E+03	1.617E+06	3.051E+02	2.125E+06
NO _x	4.876E+04	6.173E+03	4.366E+07	3.679E+02	4.371E+07
N ₂ O	1.233E+03	3.727E+01	1.008E+05	3.554E+00	1.021E+05
SO _x	0.000E+00	2.191E+03	2.319E+07	0.000E+00	2.319E+07
NM VOC	3.995E+03	7.612E+03	4.363E+05	1.989E+04	4.678E+05
CH ₄	9.121E+04	2.920E+03	9.623E+05	4.363E+02	1.057E+06
VOC	1.659E+00	5.194E+03	0.000E+00	1.454E+04	1.974E+04
PM	3.135E+04	1.260E+04	3.526E+06	1.314E+04	3.583E+06

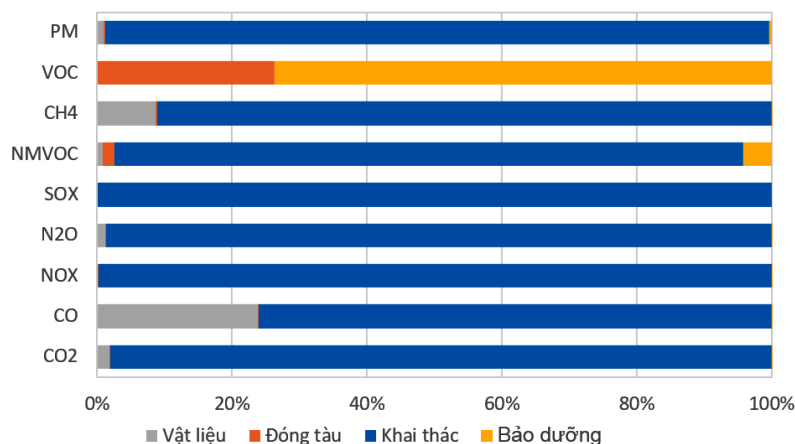
Bảng 3 trình bày độ lớn của 9 khí thải tiêu biểu trong các giai đoạn của vòng đời. Có thể thấy rằng khí CO₂ là khí được thải ra nhiều nhất trong suốt vòng đời và các giai đoạn của con tàu (1.751E+09kg). Ngoài ra các oxit của ni-tơ và lưu huỳnh cũng có khối lượng đáng kể. Bảng này cũng cảnh báo khối lượng khí thải sản sinh trong suốt vòng đời một con tàu là rất lớn (mức độ triệu tấn trong suốt vòng đời).

Mức độ phân bố các khí thải trong các giai đoạn của tàu được thể hiện trên Hình 4. Giai đoạn khai thác tàu là giai đoạn thải ra nhiều khí thải nhất so với các giai đoạn khác. Hơn 95% các khí như PM, SO_x, N₂O, NO_x, CO₂ được thải ra trong giai đoạn khai thác tàu. Điều này được lý giải bởi tàu tiêu một lượng lớn nhiên liệu để phục vụ cho quá trình hành hải của tàu. Giai đoạn khai thác và sản xuất vật liệu thải một lượng đáng kể khí CO và CH₄ ra môi trường (với 23,8% và 8,6% cho mỗi loại khí). Khí VOC chỉ

sản sinh ra trong giai đoạn đóng tàu và bảo dưỡng do việc sử dụng sơn tàu.

Bảng 4 biểu diễn độ lớn của các chỉ số tác động tới môi trường trong suốt vòng đời của tàu thủy còn Hình 5 biểu diễn mức độ phân bố của các chỉ số tác động môi trường trong các giai đoạn của vòng đời. Cũng tương tự như mức độ phân bố của khí thải thì

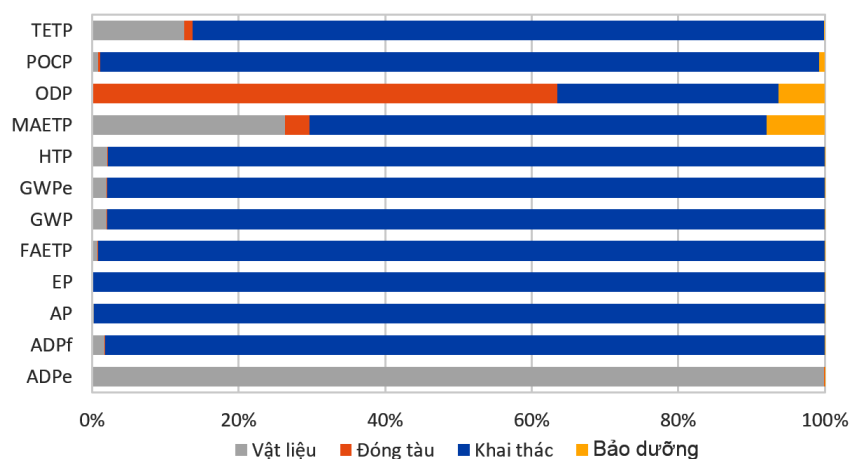
giai đoạn khai thác tàu là giai đoạn chiếm tỷ lệ lớn đối với sự phân bố của phần lớn các tác động. Tuy nhiên, giai đoạn đóng tàu chiếm tỷ lệ lớn đối với chỉ số ODP. Quá trình khai thác và sản xuất vật liệu chiếm phần không nhỏ đối với hệ số MAETP và TETP. Việc khai khoáng diễn ra trong giai đoạn khai thác vật liệu, do đó chỉ số ADPe chủ yếu tập trung



Hình 4. Phân bố khí thải trong vòng đời tàu

Bảng 4. Các chỉ số tác động môi trường

Chỉ số	Vật liệu	Đóng tàu	Khai thác	Bảo dưỡng	Tổng
ADPe	1.34E+07	1.29E+04	1.50E+01	1.29E+03	1.35E+07
ADPf	3.74E+08	2.25E+07	2.22E+10	5.94E+06	2.26E+10
AP	9.84E+04	7.98E+03	5.11E+07	6.02E+02	5.12E+07
EP	6.96E+03	8.47E+02	5.71E+06	5.26E+01	5.72E+06
FAETP	3.79E+04	4.50E+03	5.45E+06	1.74E+03	5.49E+06
GWP	3.44E+07	1.81E+06	1.77E+09	4.16E+05	1.81E+09
GWPe	3.47E+07	1.82E+06	1.77E+09	4.17E+05	1.81E+09
HTP	1.98E+06	1.32E+05	9.61E+07	3.40E+04	9.83E+07
MAETP	6.57E+09	8.41E+08	1.56E+10	1.98E+09	2.49E+10
ODP	0.00E+00	1.38E-03	6.57E-04	1.38E-04	2.18E-03
POCP	1.98E+04	8.05E+03	2.57E+06	2.09E+04	2.62E+06
TETP	5.51E+04	5.22E+03	3.78E+05	6.19E+02	4.39E+05



Hình 5. Phân bố của các chỉ số tác động môi trường trong vòng đời tàu

vào giai đoạn này.

Trong phương pháp CML2001 thì có tới 12 chỉ số tác động môi trường được đánh giá. Tuy nhiên, chỉ số nào cần được ưu tiên hơn thì điều này phụ thuộc rất nhiều yếu tố. Nếu người thiết kế ưu tiên giảm ảnh hưởng tới môi trường trên mức độ toàn cầu thì cần ưu tiên các chỉ số GWP, ODP và POCP vì phạm vi tác động của các hiện tượng này rất rộng. Nếu vấn đề sức khỏe người lao động hoặc khu vực dân cư lân cận được ưu tiên hơn thì các chỉ số như HTP và MAETP trong giai đoạn sản xuất vật liệu, đóng tàu và sửa chữa cần được lưu tâm hơn. Ngoài ra, phương pháp LCA còn mang lại cho người thiết kế một chỉ số là điểm đánh giá môi trường (environmental scores). Đây là chỉ số mang tính tổng quan nhất giúp việc lựa chọn một sản phẩm hay phương án thiết kế thân thiện với môi trường được tiến hành nhanh hơn. Tuy nhiên, chỉ số này cũng như phương pháp tính toán của nó còn nhiều hạn chế mà trong khuôn khổ bài báo này chưa đề cập tới.

4. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu phương pháp LCA và áp dụng phương pháp này để tính toán khí thải cũng như các chỉ số tác động tới môi trường cho một tàu hàng cụ thể. Để đơn giản cho việc tính toán, quá trình phá dỡ tàu và vận chuyển vật liệu đã không được xét tới. Việc sử dụng LCA như là một công cụ để đánh giá mức độ ô nhiễm môi trường do một sản phẩm gây ra là một xu hướng hiện đại ngày nay. Phương pháp này đưa tới một cái nhìn toàn diện về vòng đời của sản phẩm trên khía cạnh môi trường. Bài báo này có thể là một ví dụ hữu ích cho những nghiên cứu về LCA áp dụng cho tàu thủy ở Việt Nam sau này. Tuy nhiên, để có được một kết quả có độ tin cậy cao thì rất nhiều số liệu cần phải thu thập. Bài báo cũng chỉ dừng lại ở mức độ áp dụng đơn giản vì nó đã chưa xét tới một số yếu tố bất định trong vòng đời con tàu.

Lời cảm ơn

Bài báo là sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường năm học 2019-2020: "Nghiên cứu sự ảnh hưởng tới môi trường trong vòng đời của tàu chở hàng bằng lý thuyết LCA", được hỗ trợ kinh phí bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. Smith, E. o'Keeffe, L. Aldous, S. Parker, C. Raucci, M. Traut, et al., "Third IMO Greenhouse Gas Study 2014," London, UK. 2015.
- [2] OECD, "Environmental and climate change issues in shipbuilding industry". Available: <https://www.oecd.org/sti/ind/46370308.pdf>, 2018
- [3] M. A. Curran, "Overview of Goal and Scope Definition in Life Cycle Assessment," in Goal and Scope Definition in Life Cycle Assessment, M. A. Curran, Ed., ed Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 1-62, 2017.
- [4] ISO, "ISO 14040 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework," ed. Geneva, Switzerland: ISO, 2006.
- [5] S. D. Chatzinikolaou and N. P. Ventikos, "Holistic framework for studying ship air emissions in a life cycle perspective," Ocean Engineering, vol. 110, pp. 113-122, Dec 1 2015.
- [6] E. Blanco-Davis and P. Zhou, "Life Cycle Assessment as a complementary utility to regulatory measures of shipping energy efficiency," Ocean Engineering, vol. 128, pp. 94-104, 2016.
- [7] M. Burman, J. Kuttenuker, I. Stenius, K. Garne, and A. Rosén, "Comparative Life Cycle Assessment of the hull of a high-speed craft," Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, vol. 230, pp. 378-387, 2015.
- [8] N. Ko and J. Gantner, "Local added value and environmental impacts of ship scrapping in the context of a ship's life cycle," Ocean Engineering, vol. 122, pp. 317-321, Aug 1 2016.
- [9] J. Ling-Chin, O. Heidrich, and A. P. Roskilly, "Life cycle assessment (LCA) - from analysing methodology development to introducing an LCA framework for marine photovoltaic (PV) systems," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 59, pp. 352-378, 2016.
- [10] G. A. Gratsos, H. N. Psaraftis, and P. Zachariadis, "Life-Cycle CO2 Emissions of Bulk Carriers: A Comparative Study," International Journal of Maritime Engineering, vol. 152, pp. A119-A134, Jul-Sep 2010.
- [11] Think step, "GaBi Software-System and Database for Life Cycle Engineering," ed. Stuttgart, 1992-2016.

Ngày nhận bài:	06/3/2020
Ngày nhận bản sửa:	25/3/2020
Ngày duyệt đăng:	08/4/2020