

# HIỆU QUẢ MÔI TRƯỜNG CỦA CÔNG NGHỆ NHIỆT PHÂN CHẤT THẢI NHỰA VÀ SỰ CHỌN LỰA CỦA DOANH NGHIỆP TÁI CHẾ NĂNG LƯỢNG

## ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF THE PLASTIC WASTE PYROLYSIS TECHNOLOGY AND THE CHOICES OF THE ENERGY RECYCLER

\*Phạm Thị Anh, Nguyễn Thị Mỹ Hiền, Nguyễn Thị Bảo Ngọc, Nguyễn Ngọc Tiên  
Viện Nghiên cứu Môi trường và Giao thông  
Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh  
\*phamthianhenv@gmail.com

**Tóm tắt:** Nghiên cứu đã sử dụng kỹ thuật đánh giá vòng đời (Life Cycle Assessment -LCA) và phần mềm Simapro để tính toán các tác động môi trường của quá trình nhiệt phân chất thải nhựa EPS (Expanded Polystyrene). Quá trình nhiệt phân nhựa EPS tạo ra các nhiên liệu như dầu, than và khí ga. Kết quả tính toán đã cho thấy phần lớn các tác động từ quá trình nhiệt phân chất thải nhựa EPS đều ảnh hưởng đến môi trường ở mức bằng 0 (không gây ra các tác động bất lợi đến môi trường) đối với nhóm tác động: Cạn kiệt nguồn tài nguyên thiên nhiên, cạn kiệt nguồn nhiên liệu hóa thạch, cạn kiệt ozone; độc tính cho hệ sinh thái trên cạn, oxy hóa quang hóa trong môi trường. Tuy nhiên, có một vài chỉ tiêu đánh giá tác động có giá trị lớn hơn 0 như: Phát thải khí nhà kính gây hiện tượng nóng lên toàn cầu, gây axit hóa, gây độc tính trên người, có thể gây ra độc tính cho hệ sinh thái nước ngọt hay hệ sinh thái biển và phú dưỡng hóa. Kết quả tính toán chung cho thấy nhiệt phân chất thải nhựa EPS là một trong những giải pháp tái chế hiệu quả, tác động đến môi trường ở mức độ rất thấp so với hiệu quả của kỹ thuật này mang lại về mặt kinh tế, xã hội và tài nguyên năng lượng.

**Từ khóa:** Chất thải nhựa EPS, nhiệt phân, năng lượng, tác động môi trường.

**Mã phân loại:** 6.2

**Abstract:** The study used Life Cycle Assessment (LCA) technique and Simapro software to calculate the environmental impacts of the pyrolysis of EPS waste. The EPS pyrolysis process produces fuels such as oil, coal and gas. The calculation results show that most of the impacts from the pyrolysis of EPS plastic waste have a zero environmental impact (without causing adverse effects to the environment) for the impact group as: depletion of natural resources, depletion of fossil fuels, depletion of ozone; toxicity to underground ecosystems, photochemical oxidation in the environment. However, there are a few indicators to evaluate the impact with values greater than zero such as: greenhouse gas emissions cause global warming, acidification, toxicity to human, toxicity to freshwater ecosystems, toxicity to marine ecosystems, and eutrophication. The general calculation results show that the pyrolysis of EPS plastic waste is one of the most effective recycling solutions, the level of impact on the environment is very low compared to the effectiveness of this technique in terms of economic, social and energy resources.

**Keywords:** EPS waste, pyrolysis, energy, environmental impact.

**Classification code:** 6.2

### 1. Giới thiệu

Thói quen sử dụng sản phẩm từ nhựa, túi nilon của người dân ngày càng gia tăng vì tính tiện lợi và giá cả phù hợp. Trên thế giới, mỗi phút có một triệu chai nhựa được bán ra, mỗi năm có đến năm nghìn tỷ túi nilon được tiêu thụ. Tại Việt Nam, bình quân mỗi hộ gia đình sử dụng khoảng 01 kg túi nilon/tháng. Riêng Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh trung bình mỗi ngày thải ra môi trường khoảng 80 tấn nhựa và nilon [1].

Theo đánh giá của Bộ Tài nguyên và Môi trường (BTNNMT), lĩnh vực tái chế chất thải nhựa của Việt Nam vẫn chưa phát triển, công nghệ tái chế nhựa được sử dụng ở các thành phố lớn của Việt Nam đã lỗi thời, hiệu quả thấp, chi phí cao và gây ô nhiễm môi trường[1][2]. Để giảm thiểu tối đa rác thải nhựa, ngoài việc tuyên truyền cho người dân hạn chế sử dụng các sản phẩm nhựa dùng một lần và các sản phẩm sinh học thay thế, cần có sự khảo sát đánh giá các công nghệ hiện hữu, tính hiệu quả và tác động của công nghệ xử lý chất thải nhựa hiện nay để có thể đề xuất các

chính sách phù hợp nhằm khuyến khích nhiều doanh nghiệp tham gia xử lý rác thải nhựa, góp phần giảm thiểu ô nhiễm và gia tăng hiệu quả kinh tế từ việc tái chế rác thải nhựa. Công nghệ nhiệt phân cũng đã được triển khai thực hiện ở một số doanh nghiệp tại Việt Nam nhưng chỉ đang áp dụng hiệu quả trong nhiệt phân lốp xe cao su phế thải [3]. Kỹ thuật nhiệt phân nhựa phế thải đã được các nước trên thế giới nghiên cứu đề xuất áp dụng [4]–[6] cùng với một số công nghệ tiên tiến khác như tái chế chất thải nhựa thành một dạng vật liệu hoặc nguyên liệu mới [7].

Nhựa EPS (Expanded Polystyrene) là tên gọi của một loại nhựa Polystyrene giãn nở, được sản xuất dưới dạng hạt có chứa chất khí Pentane ( $C_5H_{12}$ ) - khí dễ cháy. Các hạt EPS có thành phần tổng hợp từ 90 đến 95% Polystyrene và 5 – 10% chất tạo khí như pentane hay carbon dioxide. Nhựa EPS được biết đến trong sản phẩm hàng ngày phổ biến ở dạng xốp mút, dạng khối, dạng tấm cách âm, cách nhiệt, lót tường, trần, khay hoặc hộp đựng thực phẩm... Nghiên cứu “*Hiệu quả môi trường của công nghệ nhiệt phân chất thải nhựa và sự chọn lựa của doanh nghiệp tái chế năng lượng*” thông qua thực nghiệm trên nhựa EPS (hộp xốp) đang được sử dụng phổ biến ở Việt Nam với dạng hộp đựng thực phẩm nhằm phân tích, đánh giá tác động và hiệu quả của quá trình nhiệt phân nhựa phế thải thành năng lượng, qua đó đề xuất các giải pháp chính sách, quản lý hiệu quả đối với việc xử lý chất thải nhựa.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

Để thực hiện việc đánh giá tác động môi trường của nhiệt phân chất thải nhựa, nhóm nghiên cứu đã sử dụng các phương pháp sau:

- Tìm hiểu việc sử dụng, xả thải và xử lý chất thải nhựa nói chung và chất thải nhựa EPS nói riêng ở Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM);

- Khảo sát quy trình nhiệt phân tại công ty Công nghệ mới - Bình Phước; phỏng vấn và tìm hiểu về quy trình nhiệt phân chất thải nhựa và nhiệt phân lốp xe cao su phế thải;

- Nghiên cứu tài liệu về kinh nghiệm của các quốc gia đối với nhiệt phân chất thải nhựa

về các yêu cầu thông số đầu vào của nguyên liệu, điện, nước, nhân công và sản phẩm sau nhiệt phân.

Nghiên cứu đã sử dụng kỹ thuật đánh giá vòng đời sản phẩm (LCA) và phần mềm Simapro để tính toán tác động môi trường của quá trình nhiệt phân chất thải nhựa. Nghiên cứu LCA gồm có bốn giai đoạn:

- (1) Xác định phạm vi;
- (2) Thống kê chu trình vòng đời;
- (3) Đánh giá các tác động môi trường;
- (4) Diễn giải kết quả.

Simapro là phần mềm dẫn đầu về đánh giá vòng đời sản phẩm (LCA) đã được phát triển và sử dụng rộng hơn 25 năm trong lĩnh vực đào tạo và công nghiệp, ở khoảng 80 nước trên thế giới [8]. Nghiên cứu này sử dụng Simapro bản quyền version 9.0.0.49 cập nhật 2020. Nghiên cứu đã chọn tính toán nhiệt phân đối với chất thải nhựa EPS, là loại chất thải hiện nay ít được xem xét tái sử dụng, đang xả thải với khối lượng và thể tích lớn, các nghiên cứu đánh giá có hiệu quả tái sinh dầu lớn [9].

## 3. Kết quả nghiên cứu

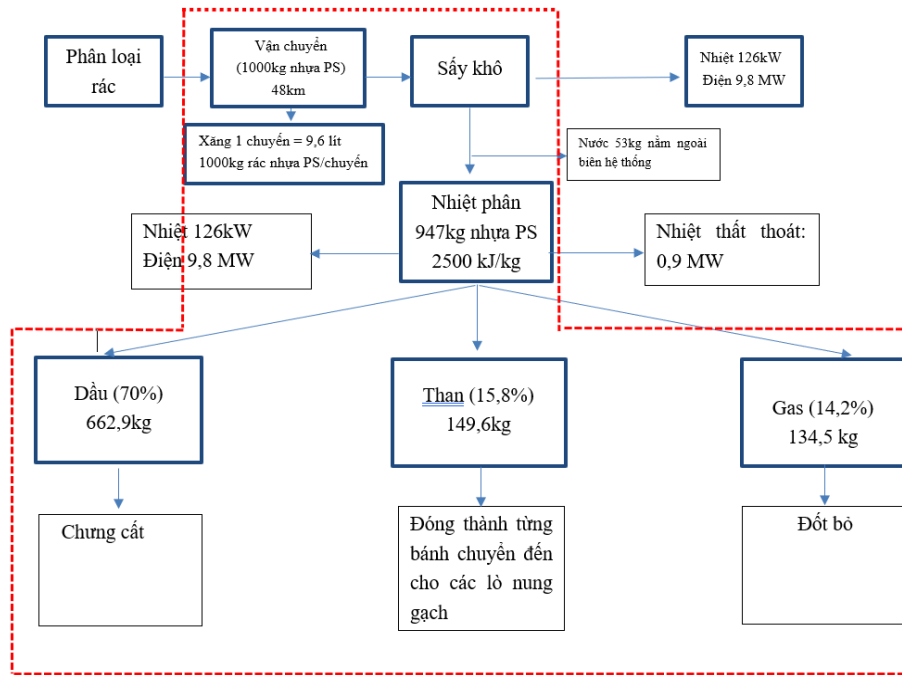
### 3.1. Xác định phạm vi

Nhiệt phân là quá trình nhựa bị đứt gãy do nhiệt độ nóng lên nhanh chóng trong điều kiện không có oxy, làm giảm các chuỗi polyme dài của nhựa thành các hydrocarbon ngắn hơn nhiều. Quá trình này diễn ra trong bốn giai đoạn: Bắt đầu, chuyển giao, phân huỷ và kết thúc; sản phẩm được hình thành bao gồm: Dầu, khí ga và bột than. Các tác động từ việc phân loại rác được đưa ra khỏi hệ thống vì không liên quan đến quá trình nhiệt phân.

### 3.2. Thống kê chu trình vòng đời sản phẩm (Life Cycle Inventory - LCI)

LCI là một phân tích thống kê để xác định đầu vào (nguyên liệu, năng lượng), đầu ra (các loại sản phẩm chính, sản phẩm phụ, chất thải). Các số liệu này được thống kê từ thực nghiệm của nhà máy. Sản phẩm thu hồi được đánh giá trung bình từ nhà máy bao gồm: Dầu, than, ga.

Bảng số liệu đầu vào, đầu ra từ quá trình vận chuyển đến nhiệt phân được trình bày trong bảng 1 (theo tính toán và giả thuyết của nghiên cứu).



Hình 1. Biên giới hệ thống được xác định trong nghiên cứu.

Bảng 1. Số liệu thống kê sử dụng trong quá trình nhiệt phân (từ tính toán trong nghiên cứu tài liệu về nhiệt phân).

Quá trình	Đầu vào	Khối lượng	Đầu ra	Khối lượng
Vận chuyển	Nhựa EPS	1000kg	Nhựa EPS được vận chuyển đến nhà máy nhiệt phân	1000kg
Nhiệt phân	Điện Nhiệt	126kw	Thành phẩm	947kg
			Dầu (70%) Than (15,8%) Gas (14,2%) [18]	662,9kg 149,6kg 134,5kg

Số liệu thống kê tính toán cho quá trình nhiệt phân một tấn nhựa EPS bao gồm:

- Nước sử dụng cho quá trình làm mát máy nhiệt phân và rửa bụi than bám trên thành máy. Lượng nước dùng cho nước làm mát là 30 lít nước và được tuần hoàn lại. Lượng nước rửa bụi than bám trên thành máy là 20 lít và được thải ra ngoài hệ thống xử lý nước thải;

- Phương tiện vận chuyển được tính toán và giả định là xe 05 tấn dùng để vận chuyển 1000 kg EPS sau khi phân loại và quãng đường vận chuyển là khoảng 48 - 50 km;

- Lượng điện sử dụng bao gồm lượng điện cho máy sấy (126kW) và điện cho nhiệt phân (2500kJ/kg). Như vậy lượng điện tiêu thụ trong 01 giờ là:  $(126 + 2500 \times 947 \times$

$0,00027778) = 783,6442 \text{ kWh}$ . Dựa trên cơ cấu điện của Việt Nam trong năm 2020 có tính đến năm 2030 [10], nghiên cứu đã tính toán lượng điện sử dụng từ các nguồn khác nhau cho quá trình nhiệt phân (bảng 2).

### 3.3. Đánh giá tác động môi trường

Kết quả tính toán các tác động môi trường của quá trình nhiệt phân bằng phần mềm Simapro được thể hiện trong bảng 3. Ta có thể thấy rằng phần lớn các tác động từ quá trình nhiệt phân nhựa EPS đều có ảnh hưởng đến môi trường ở mức dưới 0. Như vậy quá trình nhiệt phân EPS tạo ra các nhiên liệu như dầu, than và khí ga không gây ra các tác động bất lợi đến môi trường như: Làm cạn kiệt nguồn tài nguyên thiên nhiên, cạn kiệt nguồn nhiên liệu hóa thạch, không gây cạn kiệt ozone;

không gây ra độc tính cho hệ sinh thái cạn, không gây ra sự oxy hóa quang hóa trong môi trường. Tuy nhiên, trong kết quả tính toán vẫn còn tồn tại một vài chỉ tiêu đánh giá tác động có giá trị lớn hơn 0 như: Phát thải khí nhà kính gây hiện tượng nóng lên toàn cầu, gây hiện tượng axit hóa, gây độc tính trên người, có thể gây ra độc tính cho hệ sinh thái nước ngọt, gây ra độc tính cho hệ sinh thái biển và có thể gây phú dưỡng hóa.

### 3.4. So sánh với sản phẩm từ nhiên liệu hoá thạch

Nhiệt trị của dầu, ga và than khi nhiệt phân từ EPS tương ứng là: 41,7 MJ/kg [11],

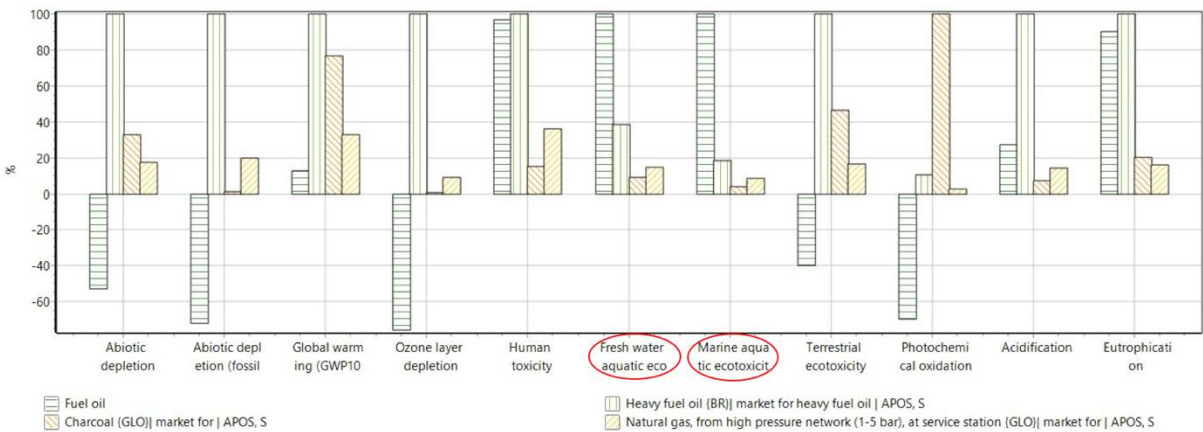
*Bảng 2. Lượng điện sử dụng cho nhiệt phân 1 tấn EPS theo cơ cấu điện 2020 của Việt Nam [10].*

Loại điện	Cơ cấu (%)	Điện năng (kWh)
Thủy điện	29,4	230,3914
Điện than	49,3	386,3366
Nhiệt điện khí	16,6	130,0849
Điện gió	0,8	6,2692
Điện mặt trời	0,5	3,9182
Sinh khối	1	7,8364
Nhập khẩu	2,4	18,8075
<b>Tổng</b>		<b>783,6442</b>

42 MJ/kg [12] và 19,8 MJ/kg [5]. Trong đó nhiệt trị của dầu, ga và than ngoài thị trường tương ứng là: 45,6 MJ/kg, 52,2 MJ/kg và 29,6 MJ/kg [5]. Như vậy, dầu, ga và than khi nhiệt phân từ EPS có thể tính tương đương với 91,4%, 80,5% và 66,9% dầu, ga và than ngoài thị trường có nguồn gốc từ dầu mỏ và quặng tự nhiên. Kết quả từ tính toán bằng Simapro đã cho thấy việc nhiệt phân EPS, tạo ra các sản phẩm dầu, than và khí đốt có lợi hơn về mặt bảo vệ môi trường so với việc sử dụng các nhiên liệu tương tự có nguồn gốc từ dầu mỏ và quặng tự nhiên.

*Bảng 3. Mức độ tác động từ quá trình nhiệt phân nhựa EPS (Kết quả tính toán từ mô hình).*

Loại tác động	Đơn vị	Mức độ tác động
Cạn kiệt nguồn tài nguyên	kg Sb eq	-0,00063
Cạn kiệt nhiên liệu hoá thạch	MJ	-19617,3
Nóng lên toàn cầu (GWP100a)	kg CO2 eq	25,58
Cạn kiệt tầng ozon (ODP)	kg CFC-11 eq	-0,00027
Độc tính trên người	kg 1,4-DB eq	85,95
Độc tính đối với hệ sinh thái nước ngọt	kg 1,4-DB eq	104,63
Độc tính đối với hệ sinh thái biển	kg 1,4-DB eq	616964,7
Độc tính đối với hệ sinh thái cạn	kg 1,4-DB eq	-0,1738
Khói mù quang hoá	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	-0,6162
A xít hoá	kg SO <sub>2</sub> eq	0,6144
Phú dưỡng hoá	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	0,305



**Hình 3.** So sánh các tác động môi trường của quá trình nhiệt phân nhựa EPS để thu hồi dầu, than và khí đốt so với khai thác nhiên liệu hoá thạch (Kết quả tính toán từ mô hình).

Cụ thể, trong 11 loại tác động được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng môi trường, có đến 09 tác động cho thấy việc sử dụng dầu từ quá trình nhiệt phân nhựa EPS tác động đến môi trường, hệ sinh thái và sức khỏe con người ở mức thấp hơn so với việc sử dụng các nhiên liệu dầu có nguồn gốc từ quặng tự nhiên. Về mặt bảo vệ nguồn tài nguyên, việc sử dụng dầu thu được từ quá trình nhiệt phân nhựa EPS sẽ giảm thiểu được suy giảm hay cạn kiệt nguồn nhiên liệu hóa thạch (abiotic depletion - fossil fuels). Ngoài ra, việc sử dụng dầu từ quá trình nhiệt phân nhựa EPS thay vì sử dụng dầu từ quặng tự nhiên (avoided product) còn góp phần ngăn chặn quá trình biến đổi khí hậu gây nóng lên toàn cầu (global warming) cũng như bảo vệ tầng ozone (ozone layer depletion), làm giảm nguy cơ gây phú dưỡng hóa (eutrophication) và hiện tượng oxy hóa quang hóa (photochemical oxidation). Đối với sức khỏe con người và sinh thái, kết quả tính toán cũng cho thấy dầu từ nhiệt phân nhựa EPS tác động gây độc tính trên người (human toxicity) và hệ sinh thái đất (terrestrial ecotoxicity) ở mức thấp hơn so với sử dụng dầu từ quặng tự nhiên. Đối với các tác động đến hệ sinh thái thủy vực nước ngọt có sự khác biệt lớn, khi việc sử dụng dầu từ nhiệt phân nhựa EPS lại có tác động đến hệ sinh thái nước ngọt lớn hơn nhiều so với dầu từ mỏ tự nhiên (hình 3), điều này cũng tương tự ở tác động đối với hệ sinh thái biển. Như đã thảo luận ở trên, việc sử dụng điện năng từ nhiệt điện than đã làm cho quá trình nhiệt phân EPS có tác động rất lớn đến hệ sinh thái biển, tuy nhiên có thể thay thế nguồn nhiệt điện này

bằng nguồn điện từ năng lượng tái tạo (mặt trời, gió, thủy điện...). Ngoài ra, việc sử dụng than và khí đốt từ quá trình nhiệt phân nhựa cũng mang lại lợi ích nhiều hơn về mặt bảo vệ môi trường, hệ sinh thái và sức khỏe con người so với việc sử dụng than và khí đốt từ tự nhiên. Trong đó, có đến 06 loại tác động đánh giá đều cho thấy việc sử dụng than từ quặng tự nhiên có tác động đến môi trường lớn hơn so với việc sử dụng than từ quá trình nhiệt phân nhựa. Và có 06 loại tác động đánh giá trong kết quả so sánh giữa khí đốt từ nhiệt phân nhựa EPS và khí đốt từ tự nhiên đều cho thấy việc sử dụng khí đốt từ nhiệt phân nhựa mang lại hiệu quả cao hơn khi đốt từ tự nhiên về mặt bảo vệ môi trường và giảm thiểu các tác động bất lợi đến hệ sinh thái và sức khỏe con người.

### 3.3. Lựa chọn của doanh nghiệp

Nhóm nghiên cứu đã khảo sát dây chuyền pyrolysis thử nghiệm sản xuất rác thải nhựa và nhiệt phân cao su phế thải, tiến hành phỏng vấn chủ doanh nghiệp như công ty Công nghệ mới - Bình Phước. Chủ doanh nghiệp cho biết, việc nhiệt phân nhựa là hoàn toàn có thể, tuy nhiên do rác nhựa không thuần chất, bị pha lẫn nhiều tạp chất và các thành phần nhựa khác nhau, nên hiệu suất nhiệt phân nhựa rất thấp so với nhiệt phân cao su phế thải. Hiện nay nguồn cao su phế thải vẫn còn nhiều, doanh nghiệp thu được lợi nhuận trong việc nhiệt phân cao su phế thải thành nhiên liệu, ngay cả không cần hỗ trợ của Nhà nước. Việc nhiệt phân cao su phế thải vận hành theo thị trường.

Khi so sánh với nhiệt phân rác thải nhựa tồn tại nhiều vương mắc:

(1) Nguồn rác thải nhựa không ổn định, chủ yếu đi từ rác thải sinh hoạt chưa phân loại, có nhiều tạp chất, độ ẩm cao;

(2) Kỹ thuật nhiệt phân đòi hỏi chất xúc tác đặc biệt, phải nhập từ nước ngoài, chi phí để mua xúc tác phải cộng vào giá thành của sản phẩm. Trong thực tế thử nghiệm, hiệu suất của quá trình nhiệt phân nhựa thấp (20%), so với hiệu suất của quá trình nhiệt phân cao su phế thải cao hơn (khoảng 40%). Ngoài ra, tro từ quá trình nhiệt phân nhựa rất mịn, khó xử lý và khó ngăn chặn việc phát tán bụi vào môi trường không khí xung quanh.

Doanh nghiệp nhiệt phân cũng cho biết để khuyến khích việc nhiệt phân chất thải nhựa để lấy năng lượng tại Việt Nam cần có các cơ chế khuyến khích phù hợp, tạo điều kiện thì doanh nghiệp mới có thể tham gia vào lĩnh vực này.

#### 4. Kết luận và khuyến nghị

Nhựa là nhóm vật liệu đang nhận được sự quan tâm trong thời gian gần đây do tính phổ biến của chúng trong nền kinh tế toàn cầu và chúng có tỷ lệ thu hồi nguyên liệu thấp, mang lại nhiều tác động môi trường liên quan đến việc xả thải, phương pháp quản lý và xử lý chất thải nhựa hiện tại.

Đánh giá sơ bộ về các tác động môi trường đối với nhiệt phân nhựa EPS phế thải cho thấy đây cũng là một trong những giải pháp tái chế hiệu quả, mức độ tác động đến môi trường rất thấp so với hiệu quả của kỹ thuật này mang lại về mặt kinh tế, xã hội và tài nguyên năng lượng.

Cần nghiên cứu các chính sách phù hợp để khuyến khích việc giảm sử dụng và xả thải chất thải nhựa; khuyến khích công nghệ tái chế chất thải nhựa theo hướng bền vững và thân thiện với môi trường. Và cần tiến hành hơn nữa các nghiên cứu đánh giá về công nghệ tái chế chất thải phù hợp để có thể đưa ra các chính sách và cơ chế phù hợp cho từng công nghệ, từng loại nhựa thải khác nhau □

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020), *Chung tay hành động chống rác thải nhựa vì một Việt Nam xanh*,  
Available: <http://www.monre.gov.vn/Pages/chung-tay-hanh-dong-chong-rac-thai-nhua-vi-mot-viet-nam-xanh.aspx>,  
Ngày truy cập: 02/05/2021;
- [2] VTV, *Phóng sự: Báo động rác thải nhựa tại Việt Nam - Video đã phát trên VTV9 | VTV.VN*,  
Available: <https://vtv.vn/video/phong-su-bao-dong-rac-thai-nhua-tai-viet-nam-381023.htm>,  
Ngày truy cập: 06/05/2021;
- [3] Pham Thi Anh (2017), *Options for environmental sustainability of scrap tire in vietnam from discharge to reuse and recycle: case study in the southeast of Vietnam*, J. Glob. Ecol. Environ., vol. 7(1): 21–2, 2017;
- [4] M. S. Qureshi et al. (2020), *Pyrolysis of plastic waste: Opportunities and challenges*, J. Anal. Appl. Pyrolysis, vol. 148, no. February, 2020;
- [5] M. Syamsiro et al. (2014), *Fuel oil production from municipal plastic wastes in sequential pyrolysis and catalytic reforming reactors*, Energy Procedia, vol. 47, pp. 180–188, 2014;
- [6] H. H. Khoo (2019), *LCA of plastic waste recovery into recycled materials, energy and fuels in Singapore*, Resour. Conserv. Recycl., 2019.
- [7] Huong Giang -VOV (2019), *Tái chế rác thải nhựa - giải pháp nhiều ý nghĩa - Xuất bản thông tin*,  
Available: [http://thainguyen.gov.vn/cong-nghes/-/asset\\_publisher](http://thainguyen.gov.vn/cong-nghes/-/asset_publisher),  
Ngày truy cập: 19/01/2021;
- [8] Pre-sustainability (2018), *Introduction to LCA with SimaPro*,  
[www.pre-sustainability.com](http://www.pre-sustainability.com);
- [9] Huayin Group (2020), *Waste Plastic Comprehensive Treatment Project*,  
Available: <https://www.oilpyrolysis.net/equipment/Waste-Plastic-Comprehensive-Treatment-Project>,  
Ngày truy cập: 12/01/2021;
- [10] Thủ tướng Chính phủ (2016), *Quyết định Phê duyệt điều chỉnh quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2011 - 2020 có xét đến năm 2030*,  
<https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Thuong-mai/Quyết-dinh-428-QĐ-TTg-de-an-dieu-chinh-quy-hoach-phat-trie>;

- [11] R. Miandad et al. (2019), *Catalytic pyrolysis of plastic waste: Moving toward pyrolysis based biorefineries*, Front. Energy Res., vol. 7, no. MAR, pp. 1–17, 2019;
- [12] R. Miandad, M. A. Barakat, A. S. Aburizaiza, M. Rehan, and A. S. Nizami (2016), *Catalytic pyrolysis of plastic waste: A review*, Process Saf. Environ. Prot., vol. 102, pp. 822–838, 2016.

**Lời cảm ơn:** Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn Viện Nghiên cứu Môi trường và Giao thông, Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM và công ty Công nghệ Mới đã hỗ trợ thực hiện đề tài này.

**Ngày nhận bài: 26/03/2021**

**Ngày chuyển phản biện: 31/03/2021**

**Ngày hoàn thành sửa bài: 21/04/2021**

**Ngày chấp nhận đăng: 28/04/2021**