

# HIỆU QUẢ GIẢM PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH KHI ÁP DỤNG MỘT SỐ CÔNG NGHỆ MỚI THAY THẾ CÔNG NGHỆ BÊ TÔNG ASPHALT NÓNG TRUYỀN THỐNG

PHẠM THỊ NGỌC THÙY, LƯU THỊ YẾN  
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

## Tóm tắt:

Bài báo đánh giá hiệu quả giảm phát thải khí nhà kính (KNK) của một số công nghệ bê tông asphalt tái chế so với công nghệ bê tông asphalt nóng truyền thống dựa trên kết quả tính toán tổng lượng phát thải KNK trong các giai đoạn sản xuất nguyên vật liệu đầu vào, sản xuất hỗn hợp bê tông tại trạm trộn, vận chuyển và thi công. Kết quả nghiên cứu cho thấy, công nghệ tái chế nguội, tái chế ấm và tái chế nóng cho phép giảm phát thải KNK lần lượt là 40,4%, 15,7% và 13,3% so với công nghệ nóng truyền thống. Vì vậy, áp dụng công nghệ bê tông asphalt tái chế là giải pháp hữu hiệu trong xây dựng mặt đường bền vững, thân thiện với môi trường.

**Từ khóa:** KNK, Bê tông asphalt nóng, vật liệu mặt đường tái chế.

Nhận bài: 28/2/2023; Sửa chữa: 15/3/2023;

Duyệt đăng: 27/3/2023.

## 1. Mở đầu

Bê tông asphalt hay bê tông nhựa là một loại vật liệu xây dựng tổng hợp, được chế tạo bằng phương pháp nhào trộn bitum với các vật liệu khác như cát, đá dăm có kích thước khác nhau, bột khoáng, phụ gia tùy theo yêu cầu của từng loại sản phẩm.

Đây là loại vật liệu rất quan trọng và phổ biến, được sử dụng làm kết cấu mặt đường mềm trong xây dựng đường bộ, đặc biệt là các công trình đường cao tốc và đường cấp cao. Bê tông asphalt nóng được sử dụng ở Việt Nam từ đầu những năm 1970 đến nay. Tỷ lệ sử dụng mặt đường bê tông nhựa trên các tuyến đường cấp cao ở trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng là rất lớn, lên đến 80% [6].

Bê tông asphalt nóng truyền thống (HMA - Hot mix asphalt) là một trong những ngành sản xuất vật liệu xây dựng tiêu thụ các dạng năng lượng khác nhau như dầu nhiên liệu, dầu diesel, than đá, khí tự nhiên, điện, dầu truyền nhiệt... Đồng thời, đây cũng là nguồn phát sinh một lượng lớn KNK, chủ yếu bao gồm CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O [8, 11].

## Greenhouse gas mitigation of technologies that replace conventional asphalt bitumen

### Abstract:

This study examines the potential for reducing greenhouse gas emissions by implementing alternative technologies in lieu of conventional hot mix asphalt. The assessment considers the calculated greenhouse gas emissions throughout various stages, including the production of input materials, concrete mix production at the plant, transportation, and construction. The findings reveal that cold recycling, warm recycling, and hot recycling technologies can achieve reductions in greenhouse gas emissions of 40.4%, 15.7%, and 13.3%, respectively, compared to the traditional hot mix asphalt technology. The application of recycled asphalt technology presents an effective solution for constructing sustainable and environmentally friendly pavements, contributing to greenhouse gas mitigation efforts.

**Keywords:** Greenhouse Gas, Hot mix asphalt, Reclaimed asphalt pavement

**JEL Classifications:** R41, R49, Q53, R51.

KNK là nguyên nhân chính dẫn đến hiện tượng biến đổi khí hậu cực đoan, làm Trái đất ấm dần lên, nước biển dâng, mất cân bằng sinh thái... đe dọa nghiêm trọng đến con người, sinh vật và môi trường. Không nằm ngoài bối cảnh chung của thế giới, lượng phát thải KNK ở Việt Nam liên tục tăng, từ mức hơn 21 triệu tấn (năm 1990) lên 284,0 triệu tấn (năm 2014) và dự tính sẽ tăng lên 927,9 triệu tấn trong kịch bản cơ sở vào năm 2030 [1]. Việt Nam là một trong 197 quốc gia thuộc UNFCCC hướng đến mục tiêu giữ nhiệt độ tăng không quá 2°C và dịch chuyển sang nền kinh tế các bon thấp. Một trong số 8 nhóm biện pháp thực hiện giảm phát thải KNK được Việt Nam công bố trong Báo cáo Đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC - Nationally Determined Contributions) cập nhật năm 2020 là các biện pháp thay thế vật liệu xây dựng có mức độ phát thải KNK thấp [1].

Về nguyên tắc, việc giảm phát thải KNK trong công nghệ bê tông asphalt có thể đạt được bằng các giải pháp sau:

- Thay thế công nghệ trộn nóng bằng công nghệ trộn ấm, trộn nguội, nhằm giảm nhiệt độ phối trộn,

hiệt độ thi công. Điều này đồng nghĩa với giảm tiêu thụ năng lượng để gia nhiệt cốt liệu, nhựa đường và giảm lượng KNK thải ra môi trường.

- Sử dụng một số vật liệu tái chế phổ biến như mặt đường nhựa tái chế, cao su tái chế hoặc các chất thải xây dựng khác như gạch ngói vỡ, nhựa tái chế, thủy tinh... nhằm thay thế một phần nguyên vật liệu tự nhiên không tái tạo. Theo quy hoạch mạng lưới đường bộ của Bộ Giao thông vận tải, đến năm 2030, tỷ lệ kết cấu mặt đường bê tông asphalt chiếm hơn 90% [3]. Tuổi thọ khai thác trung bình của loại mặt đường này khoảng 7 - 10 năm, do vậy nguồn vật liệu mặt đường tái chế (RAP - Reclaimed asphalt pavement) thu được từ quá trình bảo trì, sửa chữa mặt đường là rất lớn, có thể lên đến hàng triệu tấn mỗi năm. Các giải pháp công nghệ tái sử dụng RAP giúp giảm tiêu thụ những nguồn tài nguyên thiên nhiên không tái tạo; giảm tiêu thụ năng lượng và phát thải KNK do giảm nhiệt độ sấy RAP, thậm chí không cần gia nhiệt RAP như trong công nghệ tái chế nguội.

Tuy nhiên, các công nghệ tái chế này phát sinh một số kỹ thuật mới, như nghiền sàng và gia nhiệt bổ sung RAP hay pha trộn phụ gia với nhựa đường đòi hỏi tiêu tốn năng lượng và phát thải KNK. Vì thế, mặc dù về mặt lý thuyết, công nghệ bê tông asphalt tái chế có những lợi ích tiềm tàng về môi trường so với công nghệ HMA nhưng cần nghiên cứu tính toán phát thải KNK trong nhiều giai đoạn liên quan tới quá trình sản xuất, thi công... làm cơ sở để so sánh, đánh giá hiệu quả môi trường so với công nghệ HMA truyền thống.

## 2. Phương pháp tính toán phát thải KNK trong công nghệ sản xuất bê tông asphalt

### 2.1. Đối tượng và phạm vi tính toán

Bài báo trình bày kết quả tính toán phát thải khí CO<sub>2</sub> tương đương (CO<sub>2</sub>-eq) đối với các hỗn hợp bê tông asphalt tái chế nóng (HCPR - Hot Central Plant Recycling), tái chế ấm (WCPR - Warm Central Plant Recycling) và tái chế nguội (CCPR - Cold Central Plant Recycling). Mẫu đối chứng là hỗn hợp HMA truyền thống. Thành phần thiết kế các hỗn hợp bê tông asphalt thể hiện trong Bảng 2.1 [2].

Phạm vi tính toán phát thải KNK được giới hạn tập trung vào 4 giai đoạn trong công nghệ sản xuất bê tông asphalt, bao gồm: Sản xuất nguyên vật liệu đầu vào, chế tạo hỗn hợp bê tông asphalt, vận chuyển và thi công mặt đường.

Các giai đoạn được mô tả cụ thể như sau:

#### a) Giai đoạn sản xuất nguyên vật liệu

Các loại nguyên vật liệu đầu vào được xem xét, sử dụng để tính toán tổng lượng phát thải trong nghiên cứu gồm: Cốt liệu mới, RAP, xi măng, bitum, bitum pha trộn phụ gia và nhũ tương nhựa đường.

Quy trình sản xuất RAP được thể hiện trong Hình 2.1.

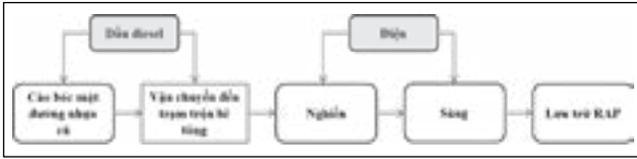
Công nghệ CCPR sử dụng chất kết dính nhựa đường ở dạng nhũ tương với quy trình chế tạo được thể hiện trên Hình 2.2.

Trong công nghệ tái chế ấm, phụ gia Zycotherm được bổ sung vào bitum 60/70 với hàm lượng 0,15% để giảm độ nhớt của bitum ở nhiệt độ thấp. Quy trình pha chế nhựa đường với phụ gia Zycotherm được thể hiện trên Hình 2.3.

Trong công nghệ HCPR và HMA, chất kết dính nhựa đường chỉ cần gia nhiệt đến 150°C mà không cần pha trộn với phụ gia.

**Bảng 2.1. Thành phần thiết kế của các hỗn hợp bê tông asphalt**

Thành phần	Loại hỗn hợp bê tông			
	CCPR (100% RAP)	WCPR (20% RAP)	HCPR (20% RAP)	HMA
RAP (%)	91,8	19	19	0
Đá D12.5 (%)	0	18,1	18,1	19
Đá D9.5 (%)	0	18,1	18,1	28,5
Đá D4.75 (%)	0	36,0	36,0	42,7
Bột khoáng (%)	0	3,8	3,8	4,8
Bitum trong RAP (%)	3,7	0,8	0,8	0
Bitum mới (%)	0	0	4,2	5,0
Bitum pha trộn phụ gia Zycotherm (%)	0	4,2	0	0
Nước (%)	3,5	0	0	0
Xi măng (%)	1,5	0	0	0
Nhũ tương nhựa đường (%)	3,2	0	0	0
<b>Tổng (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>



▲ Hình 2.1. Quy trình sản xuất RAP



▲ Hình 2.2. Quy trình chế tạo nhũ tương nhựa đường trong công nghệ CCPR



▲ Hình 2.3. Quy trình pha trộn phụ gia với nhựa đường trong công nghệ WCPR

Phát thải KNK trong quá trình sản xuất các loại nguyên vật liệu đầu vào khác, gồm: bitum, xi măng, cốt liệu mới sẽ được đưa vào phạm vi tính toán của nghiên cứu ở mức độ sử dụng các hệ số phát thải tổng cộng của cả quy trình đã được công bố trong những nghiên cứu trước đó [15].

Phát thải trong quá trình khai thác, sản xuất nhiên liệu (dầu diesel, dầu FO, khí đốt tự nhiên...), nước, sẽ không nằm trong phạm vi của nghiên cứu. Phát thải trong quá trình sản xuất phụ gia Zycotherm, chất nhũ hóa, axit HCl cũng không nằm trong ranh giới hệ thống do hàm lượng của chúng có trong 1 tấn hỗn hợp bê tông nhỏ (< 0,08 %) và có thể bỏ qua trong tính toán.

**b) Giai đoạn sản xuất hỗn hợp bê tông asphalt**

Quy trình chế tạo hỗn hợp HMA bao gồm các công đoạn chính: Xúc cốt liệu vào phễu nhập liệu; tải cốt liệu lên tang sấy; cấp nhiệt cho cốt liệu mới (cốt liệu được sấy ở 180°C); cấp nhiệt cho bitum; trộn hỗn hợp cốt liệu và bitum.

Đối với hỗn hợp HCPR, cốt liệu mới được sấy ở nhiệt độ 190°C, sau đó phối trộn với RAP để tận dụng nhiệt của cốt liệu làm nóng RAP.

Do trong công nghệ WCPR sử dụng phụ gia làm giảm độ nhớt của bitum nên cho phép sấy cốt liệu ở 150°C. Tuy nhiên, để đảm bảo nhiệt độ thi công thì RAP cần được sấy ở tang sấy bổ sung với nhiệt độ 80°C trước khi phối trộn cùng cốt liệu mới và bitum.

Riêng công nghệ CCPR, không cần gia nhiệt RAP do trong thành phần thiết kế đã sử dụng phụ gia khoáng là xi măng.

**c) Giai đoạn vận chuyển**

Sử dụng xe ben, xe bồn để vận chuyển nguyên vật liệu đầu đến trạm trộn và hỗn hợp bê tông asphalt đến công trường thi công.

**d) Giai đoạn thi công mặt đường**

Các công đoạn được đưa vào phạm vi tính toán phát thải KNK trong giai đoạn thi công mặt đường đối với các công nghệ bê tông asphalt bao gồm rải hỗn hợp bê tông và lu lèn, đầm nén hỗn hợp bê tông nhựa.

**2.2. Phương pháp tính toán phát thải KNK**

Trong quá trình sản xuất các hỗn hợp bê tông asphalt, phương pháp sử dụng hệ số phát thải được lựa chọn để tính toán tổng lượng phát thải KNK. Hệ số phát thải là giá trị biểu thị lượng chất ô nhiễm trên một đơn vị nguyên, nhiên liệu tiêu thụ hoặc trên một đơn vị sản phẩm tạo thành của nguồn thải.

Mỗi loại KNK phát thải vào khí quyển gây tác động khác nhau nên chúng thường được chuyển đổi về CO<sub>2</sub>-eq bằng cách sử dụng hệ số tiềm năng nóng lên toàn cầu (GWP - Global Warming Potential).

Tổng lượng phát thải CO<sub>2</sub>-eq của các giai đoạn sản xuất và thi công hỗn hợp bê tông asphalt được tính theo công thức [14]:

$$CO_2eq = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^2 AD_{ij} \cdot Q_{ij} \cdot EF_{ijk} \cdot GWP_k$$

Trong đó: - AD<sub>ij</sub> là lượng năng lượng tiêu thụ trong công đoạn i (lít dầu diesel, kg dầu FO hoặc kWh điện...) của giai đoạn j;

- Q<sub>ij</sub> là hệ số chuyển đổi đơn vị năng lượng sử dụng trong công đoạn i (MJ/lít dầu diesel, MJ/kg dầu FO, MJ/kWh điện...) của giai đoạn j;

- EF<sub>ijk</sub> là hệ số phát thải KNK k của hoạt động sử dụng năng lượng trong công đoạn i của giai đoạn j (g/MJ);

- GWP<sub>k</sub> là hệ số tiềm năng nóng lên toàn cầu của KNK k;

- n là số công đoạn trong giai đoạn i;

- m là số giai đoạn tính toán trong công nghệ sản xuất bê tông asphalt.

Đối với các trạm trộn bê tông nhựa nóng đã vận hành nhiều năm theo quy trình ổn định thì định mức tiêu hao năng lượng để sản xuất 1 tấn hỗn hợp bê tông có thể xác định được từ số liệu thống kê của trạm trộn. Vì vậy, trong bài báo này, loại và mức tiêu thụ năng lượng trong mỗi công đoạn sản xuất hỗn hợp HMA được khảo sát, thu thập trực tiếp tại các trạm trộn bê tông nhựa nóng Tân Cang thuộc Công ty cổ phần đầu

tư xây dựng BMT (Áp Tân Cang, xã Phước Tân, TP. Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai) và trạm trộn bê tông nhựa nóng Bến Lức, thuộc Công ty cổ phần đầu tư xây dựng BMT (Lô G, Đường Số 1, KCN Nhựt Chánh, huyện Bến Lức, tỉnh Long An).

Tuy nhiên, công nghệ bê tông tái chế là công nghệ mới đối với Việt Nam và các dự án sản xuất mới chỉ dừng lại ở mức độ thí điểm nên chưa có số liệu thống kê về định mức tiêu thụ năng lượng. Vì vậy, đối với công nghệ này, mức tiêu hao năng lượng được tính toán dựa theo phương pháp kết hợp giữa lý thuyết, dữ liệu thu thập trực tiếp tại trạm trộn về tổn thất nhiên liệu, đã được tác giả công bố trong công trình nghiên cứu trước đó [2].

Hệ số chuyển đổi đơn vị năng lượng được thể hiện ở Bảng 2.2 [5]. Hệ số phát thải KNK của tiêu thụ nhiên liệu được lấy theo giá trị mặc định [14], hệ số phát thải lưới điện Việt Nam được lấy theo số liệu công bố năm 2019 của Cục Biến đổi khí hậu (Bộ TN&MT) [4] (Bảng 2.3).

**Bảng 2.2. Hệ số chuyển đổi đơn vị năng lượng**

Năng lượng	Điện	Dầu diesel	Dầu nhiên liệu (dầu FO)
Đơn vị	kWh	Lit	kg
Hệ số chuyển đổi đơn vị năng lượng, MJ	3,6	36,845	41,451

**Bảng 2.3. Hệ số phát thải KNK**

Loại năng lượng		Dầu nhiên liệu	Dầu diesel	Điện
Hệ số phát thải, g/MJ	CO <sub>2</sub>	77,4	74,1	253,6
	CH <sub>4</sub>	0,003	0,003	-
	N <sub>2</sub> O	0,0006	0,0006	-

**Bảng 2.4. Hệ số GWP của KNK**

Khí	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Hệ số GWP	1	28	265

**Bảng 3.1. Tổng lượng phát thải KNK trong các công nghệ bê tông asphalt**

Công nghệ	Phát thải CO <sub>2</sub> -eq trong các giai đoạn, kg CO <sub>2</sub> -eq/tấn				Phát thải KNK tổng cộng, kg CO <sub>2</sub> -eq/tấn
	Sản xuất nguyên vật liệu	Sản xuất hỗn hợp bê tông	Vận chuyển	Thi công	
CCPR	18,49	4,79	3,71	1,70	28,69
WCPR	15,48	19,61	3,79	1,70	40,58
HCPR	15,46	20,80	3,79	1,70	41,75
HMA	18,25	24,37	3,81	1,70	48,13

GWP<sub>k</sub> là hệ số tiềm năng nóng lên toàn cầu của KNK k được lấy theo Báo cáo đánh giá lần thứ 5 (AR5) của Ủy ban Liên Chính phủ về biến đổi khí hậu và được thể hiện trong Bảng 2.4 [13].

### 3. Kết quả tính toán phát thải KNK trong các công nghệ sản xuất bê tông asphalt

Kết quả tính toán tổng lượng KNK phát thải trong công nghệ sản xuất và thi công các hỗn hợp bê tông asphalt được thể hiện trong Bảng 3.1 và Hình 3.1.

Nhìn chung, lượng phát thải KNK trong giai đoạn vận chuyển và thi công của các công nghệ tái chế không có nhiều khác biệt so với công nghệ HMA truyền thống. Sự khác biệt đáng kể thể hiện trong giai đoạn sản xuất nguyên vật liệu đầu vào và sản xuất hỗn hợp bê tông tại trạm trộn.

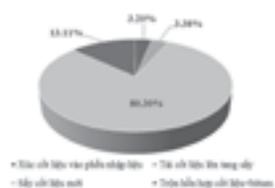
Theo kết quả tính toán, lượng phát thải KNK trong giai đoạn sản xuất nguyên vật liệu chiếm tỷ trọng khá cao trong tổng lượng phát thải KNK: Trung bình 38% đối với công nghệ WCPR, HCPR và HMA; trên 64% đối với công nghệ CCPR. Nguyên nhân gia tăng lượng phát thải KNK trong giai đoạn sản xuất nguyên vật liệu của công nghệ tái chế nguội so với công nghệ tái chế ấm và tái chế nóng chủ yếu là do trong công nghệ tái chế nguội cần phải bổ sung thêm thành phần chất kết dính xi măng - Loại vật liệu có mức tiêu thụ năng lượng và phát thải KNK rất lớn trong quá trình sản xuất. Chính vì vậy, mặc dù xi măng được sử dụng với hàm lượng nhỏ (1,5%) nhưng tổng lượng phát thải KNK chiếm gần 50% của giai đoạn này.

Trong giai đoạn sản xuất tại trạm trộn, lượng phát thải KNK của hỗn hợp HMA là lớn nhất, theo kết quả tính toán là 24,37 kg CO<sub>2</sub>-eq/tấn, chiếm trên 50% tổng lượng phát thải KNK. Phân tích tỷ lệ các nguồn phát thải KNK, công đoạn sấy cốt liệu mới là nguồn phát thải chủ yếu, chiếm đến 80,3% tổng lượng phát thải (Hình 3.1). Điều đó cho thấy, giảm nhiệt độ sấy cốt liệu là giải pháp cắt giảm phát thải KNK hiệu quả hơn cả so với các công đoạn khác.

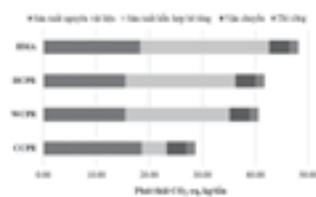
Kết quả tính toán này khá tương đồng với các nghiên cứu tương tự [7, 9]. Trong nghiên cứu [9], mặc dù sử dụng các nguồn năng lượng khác nhau để gia nhiệt cho cốt liệu và bitum (dầu FO, than đá, khí đốt tự nhiên) nhưng quá trình sấy cốt liệu luôn phát sinh lượng khí thải CO<sub>2</sub> lớn nhất, xấp xỉ 67% tổng lượng khí thải các bon; trong khi đó gia nhiệt nhựa đường chiếm khoảng 14% và trộn hỗn hợp bê tông chỉ chiếm khoảng 11% tổng lượng khí thải CO<sub>2</sub>.

Vì vậy, trong giai đoạn sản xuất tại trạm trộn, công nghệ tái chế nguội cho phép giảm một lượng lớn phát thải KNK (80,3%) so với công nghệ HMA truyền thống (Hình 3.2).

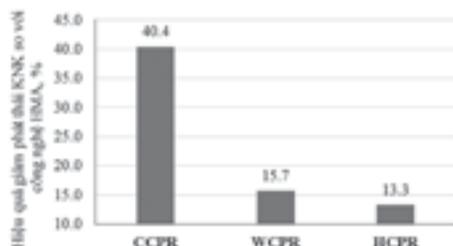
Nguyên nhân chính là do công nghệ CCPR cho phép tái chế 100% RAP, không cần bổ sung thêm cốt



▲ Hình 3.1. Tỷ trọng phát thải KNK giữa các công đoạn trong quá trình chế tạo hỗn hợp HMA



▲ Hình 3.2. Tổng lượng phát thải CO<sub>2</sub>-eq của các công nghệ bê tông asphalt



▲ Hình 3.3. Mức độ giảm phát thải KNK của các công nghệ bê tông asphalt tái chế so với bê tông asphalt nóng truyền thống

liệu mới, bitum - là những loại vật liệu đòi hỏi phải được sấy, gia nhiệt đến nhiệt độ cao và quá trình phối trộn hỗn hợp có thể thực hiện ở nhiệt độ môi trường. Vì vậy, các công nghệ tái chế cho phép giảm tiêu thụ năng lượng, đồng nghĩa với giảm phát thải KNK.

Hầu hết các nghiên cứu tương tự cũng chỉ ra rằng, công nghệ bê tông asphalt kết hợp đồng thời giữa giảm nhiệt độ chế tạo và sử dụng vật liệu RAP cho phép giảm

đáng kể hàm lượng phát thải KNK so với công nghệ HMA truyền thống [7,9,10,12].

### 3. Kết luận

Nghiên cứu đã tính toán được tổng lượng phát thải KNK của các công nghệ bê tông asphalt, đồng thời đánh giá được hiệu quả giảm phát thải KNK của các công nghệ tái chế so với công nghệ HMA truyền thống. Cụ thể, công nghệ tái chế nguội, tái chế ấm và tái chế nóng cho phép giảm phát thải KNK lần lượt là 40,4%, 15,7% và 13,3%.

Kết quả tính toán tổng lượng phát thải KNK là cơ sở để áp dụng các giải pháp giảm phát thải KNK trong lĩnh vực sản xuất bê tông asphalt nóng truyền thống. Trong đó, giải pháp giảm phát thải KNK hữu hiệu nhất là giảm phát thải ở công đoạn có tỷ lệ phát thải cao nhất, nghĩa là giảm nhiệt độ chế tạo hỗn hợp bê tông và tăng tỷ lệ sử dụng vật liệu tái chế mặt đường.

Như vậy, áp dụng một số công nghệ mới trong lĩnh vực vật liệu mặt đường nhựa (công nghệ tái chế nguội, tái chế ấm và tái chế nóng) góp phần cắt giảm phát thải KNK; giảm thiểu các vấn đề về môi trường khác như tiêu thụ năng lượng, tiêu thụ tài nguyên thiên nhiên không tái tạo, diện tích đất cho mục đích chôn lấp vật liệu mặt đường cũ... Bên cạnh đó, việc cắt giảm phát thải KNK cho phép các trạm trộn bê tông nhựa có thể được lắp đặt gần khu dân cư, nơi có nhu cầu sử dụng loại vật liệu xây dựng này cao và đồng thời cũng có các yêu cầu nghiêm ngặt hơn về môi trường■

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ TN&MT. Báo cáo Kỹ thuật đóng góp do quốc gia tự quyết định của Việt Nam (2020). Hà Nội, NXB Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
- Đào Văn Đông, Lu Thị Yến, Nguyễn Ngọc Lâm (2020). Đánh giá hiệu quả tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải KNK của công nghệ bê tông asphalt tái chế ấm. Tạp chí Khoa học GTVT. 71 (5), 472 - 485.
- Nguyễn Ngọc Lâm, Đào Văn Đông (2018). Thử nghiệm đánh giá ứng xử lún vết hằn bánh xe, ứng xử nứt của hỗn hợp bê tông asphalt ấm sử dụng vật liệu tái chế mặt đường asphalt và phụ gia SassoBit, Tạp chí GTVT, số 12, pp 61 - 66.
- Nghiên cứu, xây dựng hệ số phát thải (EF) của lưới điện Việt Nam ([http://www.dcc.gov.vn/van-ban-phap-luat/1054/Nghien-cuu,-xay-dung-he-so-phat-thai-\(EF\)-cua-luoi-dien-Viet-Nam-\(K%C3%A8m-CV-330/BDKH-GNPT\).html](http://www.dcc.gov.vn/van-ban-phap-luat/1054/Nghien-cuu,-xay-dung-he-so-phat-thai-(EF)-cua-luoi-dien-Viet-Nam-(K%C3%A8m-CV-330/BDKH-GNPT).html)).
- Thông tư số 20/2016/TT-BCT (2016). Quy định mức tiêu hao năng lượng trong ngành công nghiệp thép, Bộ Công Thương, Hà Nội.
- Võ Đại Tú, Trần Việt Khánh (2018). Tổng quan về bê tông nhựa nóng sử dụng polyethylene tái chế ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học Công nghệ GTVT số 27+28, 05/2018. Tr. 203 - 208.
- Anthonnissen, J, Braet, J. (2016). Review and environmental impact assessment of green technologies for base courses in bituminous pavements, *Environ. Impact Assess. Rev.*, Vol. 60, P. 139 - 147.
- Bo Peng (2015). Evaluation system for CO<sub>2</sub> emission of hot asphalt mixture *Journal of Traffic and Transportation Engineering (english edition)*, Vol. 2, No. 2, P. 116 - 124.
- Bo Peng, Fan Xueyong, Wang Xunjie, et al. (2017). Key steps of carbon emission and low-carbon measures in the construction of bituminous pavement. *International Journal of Pavement Research and Technology*. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.03.002>.
- Costa A.A. (2016). Economic and environmental impact study of warm mix asphalt compared to hot mix asphalt, *J. Clean Prod.*, Vol. 112, P. 2308 - 2317.
- Feng Ma, et al. (2016). Greenhouse Gas Emissions from Asphalt Pavement Construction: A Case Study in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, No. 13, P. 351 - 366.
- Giani, M, Dotelli, G, Brandini, N and Zampori, L (2015). Comparative life cycle assessment of asphalt pavements using reclaimed asphalt, warm mix technology and cold in-place recycling, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 104, P. 224 - 238.
- IPCC Fifth Assessment Report (<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>).
- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan on behalf of the IPCC.
- Stripple, H (2001). Life Cycle Assessment of Road: a Pilot Study for Inventory Analysis, IVL Swedish Environmental Research Institute.