

# Ứng dụng công cụ phân tích dòng vật chất để xuất giải pháp giảm nhẹ phát thải khí nhà kính cho ngành sản xuất giấy – Nghiên cứu thí điểm cho nhà máy giấy Vina Kraft tại thành phố Hồ Chí Minh

Phạm Văn Nam<sup>1</sup>, Phạm Văn Tới<sup>1</sup>, Hoàng Ngọc Hà<sup>1</sup>, Nguyễn Thế Thông<sup>2</sup>, Nguyễn Anh Thư<sup>3</sup>, Trần Hoài Lê<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (HUCE)

<sup>2</sup> Viện Chiến lược Chính sách Nông nghiệp và Môi trường (ISPAE)

<sup>3</sup> Công ty TNHH LOTTE Property & Development Việt Nam

## TỪ KHOÁ

Phân tích dòng vật chất  
Sản xuất giấy và bột giấy  
Biến đổi khí hậu  
Giảm nhẹ phát thải

## TÓM TẮT

Phát thải khí nhà kính (KNK) trong ngành sản xuất giấy chủ yếu bắt nguồn từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch để tạo ra năng lượng, cùng với các quá trình hóa học và sinh học diễn ra trong công đoạn sản xuất bột giấy và giấy. Phương pháp phân tích dòng vật chất (MFA) là một công cụ hiệu quả trong việc định lượng dòng vật chất cho các giai đoạn của quá trình sản xuất giấy và xác định các cơ hội can thiệp nhằm giảm lượng phát thải KNK hướng tới hiện thực hóa các mục tiêu trung hòa carbon và phát thải ròng bằng không. Kết quả nghiên cứu từ nhà máy Vina Kraft cho thấy giấy phế liệu là nguồn nguyên liệu chính được sử dụng trong sản xuất và chiếm 96,55% tổng lượng nguyên liệu giấy. Tỷ lệ giấy được tái chế và tái sử dụng tại nhà máy là 4%, và tổng lượng phát thải khí nhà kính của nhà máy là 642.277,1 tấn CO<sub>2</sub>tđ. Giải pháp gia tăng tỷ lệ tái chế tái sử dụng giấy thải trong quá trình sản xuất của nhà máy sẽ giúp giảm lượng phát thải KNK cho hoạt động đồng sản xuất. Ngoài ra, nếu chất thải được sử dụng cho quá trình sản xuất năng lượng, và làm nguyên liệu trong sản xuất nông nghiệp và xây dựng góp phần bảo vệ môi trường và giảm phát thải khí nhà kính. Kết quả thu được từ nghiên cứu thí điểm tại nhà máy Vina Kraft có thể tham khảo áp dụng cho các cơ sở khác trong công nghiệp sản xuất giấy và bột giấy, góp phần thực hiện cam kết của chính phủ Việt Nam về ứng phó với biến đổi khí hậu.

## KEYWORDS

Material flow analysis  
Pulp and paper production  
Climate change  
Emission mitigation

## ABSTRACT

Greenhouse gas (GHG) emissions in the paper industry mainly originate from the combustion of fossil fuels to generate energy, as well as from chemical and biological processes that occur during pulp and paper production. Material Flow Analysis (MFA) is an effective tool for quantifying material flows across different stages of paper production and identifying intervention opportunities to reduce GHG emissions, thereby contributing to carbon neutrality and net-zero targets. Research results from the Vina Kraft paper show that waste paper is the primary raw material used in production, accounting for 96.55% of the total paper inputs. The rate of recycled and reused paper at the mill is 4%, and the total GHG emissions amount to 642,277.1 tons of CO<sub>2</sub>e. Enhancing the recycling and reuse of waste paper in the mill's production process will help reduce GHG emissions associated with manufacturing activities. Furthermore, utilizing waste for energy generation or as raw materials in agricultural and construction production can contribute to environmental protection and further reduce greenhouse gas emissions. The findings obtained from the pilot study at the Vina Kraft can be applied to other facilities in the pulp and paper industry, supporting the Vietnamese government's commitment to climate change mitigation.

## 1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đang tác động sâu rộng đến kinh tế – xã hội trên toàn cầu. Sự gia tăng nhiệt độ, mực nước biển dâng và các hiện tượng thời tiết cực đoan như bão, hạn hán, lũ lụt gây thiệt hại lớn cho sản xuất nông nghiệp, cơ sở hạ tầng và sinh kế của người dân. Ở nhiều

quốc gia đang phát triển, đặc biệt là những vùng phụ thuộc vào nông nghiệp và thủy sản, năng suất lao động giảm sút, chi phí sản xuất tăng cao, kéo theo nguy cơ đói nghèo và bất bình đẳng gia tăng. Ngoài ra, BĐKH còn ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng, gia tăng chi phí y tế, làm gián đoạn chuỗi cung ứng và tác động tiêu cực đến tăng trưởng kinh tế.

\*Liên hệ tác giả: leth@huce.edu.vn

Nhận ngày 25/11/2025, sửa xong ngày 19/12/2025, chấp nhận đăng ngày 22/12/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.01.2026.1192>

Do đó, ứng phó với BĐKH không chỉ là vấn đề môi trường mà còn là nhiệm vụ cấp bách nhằm đảm bảo phát triển kinh tế – xã hội bền vững.

Theo Báo cáo Quốc gia về khí hậu và phát triển của Ngân hàng Thế giới, Việt Nam là một trong những quốc gia dễ bị tổn thương nhất bởi biến đổi khí hậu do đường bờ biển dài, địa hình thấp và vị trí nằm trên đường đi của bão [1]. Các tính toán ban đầu cho thấy Việt Nam mất 10 tỷ USD vào năm 2020, tương đương 3,2 % GDP do tác động của BĐKH [1]. Nếu không có các biện pháp thích ứng và giảm thiểu phù hợp, ước tính BĐKH sẽ khiến Việt Nam mất khoảng 12 % đến 14,5 % GDP mỗi năm vào năm 2050 và có thể khiến tới một triệu người vào tình trạng nghèo cùng cực vào năm 2030 [1]. Nhằm giảm thiểu những tác động do BĐKH, Việt Nam đã cam kết thực hiện mục tiêu đạt mức phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050 tại Hội nghị lần thứ 26 các Bên tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về BĐKH (COP26). Để thực hiện các mục tiêu đã cam kết, chính phủ đã ban hành nhiều văn bản nhằm hiện thực hóa mục tiêu trên như Luật Bảo vệ Môi trường 2020, Nghị định 06/2022/NĐ-CP quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính (KNK) và bảo vệ tầng ô-dôn, Nghị định 119/2025/NĐ-CP sửa đổi bổ sung một số điều Nghị định 06/2022/NĐ-CP, Quyết định số 896/QĐ-TTg của Thủ tướng phê duyệt Chiến lược quốc gia về BĐKH giai đoạn đến 2050, và rất nhiều thông tư hướng dẫn, văn bản pháp lý của các bộ ngành liên quan. Điều này cho thấy sự quyết tâm của Việt Nam trong việc đẩy mạnh thực hiện các cam kết tại COP26, và đòi hỏi các bộ, ngành, cơ sở sản xuất trong bất kỳ lĩnh vực nào đều phải chung tay thực hiện các mục tiêu quốc gia.

Ngành công nghiệp sản xuất giấy và bột giấy là một trong những ngành công nghiệp tiêu thụ năng lượng lớn nhất và phát thải khí nhà kính (KNK) nhiều nhất trong sản xuất công nghiệp [2-5]. Các nghiên cứu đã định lượng mức sử dụng năng lượng và lượng phát thải KNK cho thấy ngành công nghiệp sản xuất giấy và bột giấy đóng góp 5,7 % tiêu thụ năng lượng trong sản xuất công nghiệp, và đứng thứ 4 trong các nguồn phát thải KNK lớn nhất, chịu trách nhiệm cho 9 % lượng phát thải KNK từ sản xuất công nghiệp trên phạm vi toàn cầu [5]. Tại Mỹ, công nghiệp sản xuất giấy và bột giấy tiêu thụ 9 % nhu cầu năng lượng và phát thải 2,5 % lượng KNK (tương đương 34,9 triệu tấn CO<sub>2e</sub>) [2]. Tại Trung Quốc, tổng mức phát thải KNK hàng năm của ngành công nghiệp này là 126-155,4 triệu tấn CO<sub>2d</sub>, trong đó tiêu thụ năng lượng chiếm trên 60 % lượng phát thải, hệ số phát thải là 2,2 tấn CO<sub>2d</sub>/tấn sản phẩm [6]. Việt Nam sản xuất khoảng 10 triệu tấn giấy mỗi năm và là quốc gia đứng thứ hai về sản xuất giấy ở châu Á và đứng đầu ở Đông Nam Á. Toàn quốc hiện có khoảng 280 doanh nghiệp sản xuất giấy và bột giấy, với 30 doanh nghiệp lớn chiếm 70 % sản lượng toàn ngành, còn lại khoảng 250 cơ sở quy mô vừa và nhỏ, chiếm 30 % sản lượng. Tổng sản lượng sản xuất toàn ngành năm 2024 đạt 6.703,3 nghìn tấn, và thể hiện xu thế tăng rõ rệt trong giai đoạn 2020-2024. Trong đó, 85 % sản lượng là giấy bao bì công nghiệp, phần còn lại bao gồm đồ vệ sinh, giấy in và giấy viết [7]. Nhu cầu về bao bì giấy đang tăng trưởng nhanh chóng, đặc biệt là trong các lĩnh vực thực phẩm, đồ uống, thương mại điện tử và bán lẻ. Một số lượng lớn các tập đoàn trong nước và quốc tế đã đầu tư vào ngành bao bì giấy của Việt Nam, thúc đẩy cạnh tranh và nâng cao tiêu chuẩn chất lượng. Vì vậy,

ngành sản xuất giấy và bột giấy có tiềm năng tăng trưởng mạnh trong tương lai do sự phát triển kinh tế, tăng trưởng thương mại điện tử và nhu cầu tiêu dùng giấy ngày càng tăng.

Tuy nhiên, đi kèm với những sự phát triển đó là những áp lực đến công tác bảo vệ môi trường, sử dụng năng lượng hiệu quả và giảm phát thải khí nhà kính. Ô nhiễm không khí từ sản xuất giấy chủ yếu do khí thải chứa các hóa chất độc hại như SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOCs, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> các hợp chất lưu huỳnh, clo và bụi mịn từ các công đoạn xử lý bột giấy, tẩy trắng, sấy khô và đốt nhiên liệu hóa thạch [8]. Những chất này gây ra nhiều tác động tiêu cực như mưa axit, hiệu ứng nhà kính, ô nhiễm nguồn nước và ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người, đặc biệt là bệnh bụi phổi nghề nghiệp [8]. Sản xuất giấy và bột giấy phát thải KNK lớn, nên trong Quyết định 01/2022/QĐ-TTg ngày 18/01/2022 và Quyết định 13/2024/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ yêu cầu cần phải thực hiện hoạt động kiểm kê phát thải KNK. Do đó những giải pháp nhằm kiểm kê và giảm phát thải KNK của các cơ sở sản xuất giấy và bột giấy sẽ đóng góp đáng kể vào mục tiêu giảm phát thải KNK trong lĩnh vực sản xuất công nghiệp và của Việt Nam đã cam kết.

Phương pháp phân tích dòng vật chất (Material Flow Analysis – MFA) là một trong những công cụ hữu ích trong việc giúp định lượng các dòng vật chất trong lĩnh vực sản xuất giấy. MFA có thể được sử dụng để định lượng một cách có hệ thống các dòng vật chất và trữ lượng vật liệu trong các hệ thống phức tạp tùy ý [9]. Do đó, MFA có thể cung cấp thông tin hữu ích liên quan đến các mô hình sử dụng tài nguyên và tồn thất vật liệu xâm nhập vào môi trường [10]. MFA là một công cụ giá trị để xác định các cơ hội can thiệp về mặt pháp lý và chính sách, cũng như các hành động hiệu quả nhằm giải quyết các thách thức môi trường. Ngoài ra, nó còn cung cấp dữ liệu kỹ thuật cần thiết cho việc ra quyết định sáng suốt và lập kế hoạch chiến lược. Kết quả thu được từ MFA có thể trực tiếp làm nổi bật các cơ hội kinh tế gắn liền với các tác động môi trường, từ đó thúc đẩy sự phát triển của các doanh nghiệp bền vững về mặt môi trường.

Do đó, nghiên cứu này áp dụng phương pháp MFA để xác định các dòng vật chất ở từng giai đoạn trong quá trình sản xuất giấy tại nhà máy giấy Vina Kraft - một nhà máy sản xuất giấy lớp mặt và giấy lớp sóng tại Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả phân tích MFA sẽ giúp xác định lượng chất thải phát sinh và lượng phát thải KNK tương ứng cho các quy trình sản xuất hiện tại. Trên cơ sở đó, nghiên cứu sẽ đề xuất các giải pháp giảm phát thải KNK cho nhà máy thông qua tăng cường các hoạt động quản lý chất thải hiệu quả. Những thông tin này hữu ích cho các cơ sở/nhà máy trong ngành công nghiệp sản xuất giấy trong việc tham khảo và thực hiện mục tiêu giảm nhẹ phát thải KNK của cơ sở và đóng góp vào mục tiêu giảm nhẹ phát thải KNK quốc gia, hướng tới cam kết phát thải ròng bằng không vào năm 2050 của Việt Nam.

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là dòng vật chất đi vào quy trình sản xuất giấy tại nhà máy giấy. Phạm vi nghiên cứu là nhà máy giấy Vina Kraft

tại Thành phố Hồ Chí Minh. Nhà máy giấy Vina Kraft được thành lập năm 2007, có địa chỉ tại Khu công nghiệp Mỹ Phước 3, thành phố Bến Cát, tỉnh Bình Dương (nay là phường Thới Hòa, Tp. Hồ Chí Minh). Sản phẩm chính của nhà máy là giấy lớp mặt và giấy lớp sóng, được tiêu thụ tại cả thị trường trong nước và phục vụ xuất khẩu.

Quy trình sản xuất giấy của nhà máy như sau: sử dụng nguồn nguyên liệu chính từ giấy tái chế và bột giấy nguyên liệu. Nguyên liệu được đưa vào bể khuấy thủy lực để đánh tơi và sau đó đi qua các công đoạn sàng lọc nhằm loại bỏ các tạp chất không mong muốn như cát, nhựa, kim loại. Quy trình sản xuất giấy bao gồm các công đoạn như định hình, ép để loại bỏ nước, sấy sơ bộ, phối trộn với phụ gia để tạo độ bền cho giấy, sấy khô, cán và cuộn lô để tạo thành sản phẩm cuối cùng là các lô giấy với kích thước và chủng loại khác nhau. Quy trình sản xuất giấy tại nhà máy được thể hiện trong Hình 1.

## 2.2. Phân tích dòng vật chất

MFA là một phương pháp định lượng được sử dụng để xác định, mô tả và đánh giá dòng chảy của các vật chất, năng lượng hoặc sản phẩm trong một hệ thống. MFA là một công cụ then chốt để xác định các cơ hội trong quản lý chất thải và đưa ra các quyết định quản lý chất thải bền vững theo mô hình kinh tế tuần hoàn.

Trong nghiên cứu này, MFA sử dụng phương pháp tiếp cận vòng đời sản phẩm với bốn giai đoạn chính: Giai đoạn 1 - Nguyên liệu sản xuất; Giai đoạn 2 - Sản xuất; Giai đoạn 3 - Tiêu thụ và Giai đoạn 4 - Quản lý chất thải. Một trong những thách thức lớn nhất liên quan đến phân tích dòng vật liệu (MFA) là việc thu thập dữ liệu. Hiệu quả của MFA phụ thuộc rất nhiều vào tính khả dụng và chất lượng của dữ liệu được thu thập. Nghiên cứu được thực hiện theo quy trình trong Hình 2.

## 2.3. Phương pháp định lượng phát thải khí nhà kính

Theo hướng dẫn kiểm kê KNK của Ủy ban Liên chính phủ về biến đổi khí hậu năm 2006 [11] và Thông tư 38/2023/TT-BCT của Bộ Công thương quy định kỹ thuật đo đạc, báo cáo, thẩm định giảm nhẹ phát thải KNK ngành công thương, các nguồn phát thải thuộc phạm vi 1 (nguồn phát thải trực tiếp) và phạm vi 2 (nguồn phát thải gián tiếp) cần được tính toán khi ước tính lượng phát thải KNK của cơ sở. Tuy nhiên, do giới hạn trong việc ghi chép, thống kê và thu thập nên các dữ liệu phục vụ định lượng phát thải KNK của cơ sở cho phạm vi 1 và phạm vi 2 của nhà máy là không đầy đủ. Ngoài ra, các kết quả nghiên cứu cũng cho thấy tiêu thụ năng lượng là hoạt động đóng góp lớn nhất vào tổng lượng phát thải KNK của các cơ sở sản xuất giấy [6]. Do đó, nghiên cứu này chỉ định lượng phát thải KNK từ các hoạt động đốt nhiên liệu cho sản xuất (than đá) và tiêu thụ điện năng phục vụ sản xuất cho nhà máy Vina Kraft.

Định lượng phát thải khí nhà kính từ hoạt động đốt nhiên liệu với mục đích tạo ra năng lượng được tính toán theo công thức (1):

$$TPT = \sum_i (AD_{F,i} * EF_{F,i} * GWP_i) / 1000 \quad (1)$$

Trong đó: TPT: tổng lượng phát thải CO<sub>2</sub> tương đương của KNK i từ hoạt động đốt nhiên liệu F (tấn CO<sub>2</sub>đ); AD<sub>F,i</sub>: lượng tiêu thụ nhiên liệu F của KNK i (TJ); EF<sub>F,i</sub>: hệ số phát thải KNK i đối với nhiên liệu F (kg/TJ); GWP<sub>i</sub>: hệ số tiềm năng nóng lên toàn cầu của KNK thứ i [11]. Giá trị GWP của CO<sub>2</sub> = 1, CH<sub>4</sub> = 25 và N<sub>2</sub>O = 298.

Định lượng phát thải khí nhà kính gián tiếp do sử dụng điện năng được xác định theo công thức (2):

$$TPT_D = AD * EF \quad (2)$$

Trong đó: TPT<sub>D</sub>: tổng lượng phát thải do hoạt động sử dụng điện năng (tấn CO<sub>2</sub>đ)

AD: tổng lượng điện năng tiêu thụ (MWh)

EF: hệ số phát thải CO<sub>2</sub> từ lưới điện. Hệ số phát thải CO<sub>2</sub> từ lưới điện quốc gia được Bộ Tài nguyên môi trường công bố cho năm 2023 là 0,6592 tấn CO<sub>2</sub>/MWh [12].

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Phân tích dòng vật chất cho quá trình sản xuất giấy tại nhà máy Kraft Vina

Nhà máy giấy Vina Kraft là nhà máy sản xuất với hai sản phẩm chính là giấy lớp mặt và giấy lớp sóng. Sản lượng sản xuất giấy năm 2023 của nhà máy là 474.912 tấn, trong đó giấy lớp mặt là 259.022 tấn/năm và giấy lớp sóng là 215.890 tấn/năm. Tuy nhiên, sản phẩm được phân phối và tiêu thụ cho cả thị trường trong nước và xuất khẩu. Sản phẩm phân phối của nhà máy trong ba năm gần nhất được tổng hợp tại Bảng 1. Thị trường tiêu thụ trong nước là các tỉnh Đồng Nai, Tây Ninh, Vĩnh Long, Bắc Ninh, Hà Nội, Hải Phòng, Tp. Hồ Chí Minh, Cần Thơ, Hưng Yên, ... Thị trường xuất khẩu là các quốc gia như Bangladesh, Trung Quốc, Indonesia, Philippin, Thái Lan, ...

Tỷ lệ nguyên liệu, chất thải được tái chế và tái sử dụng trong phạm vi nhà máy là 4 %. Lượng nguyên liệu và sản phẩm bị thải bỏ trong quá trình sản xuất hiện là 7,54 %. Tổng lượng chất thải rắn phát sinh trong nhà máy năm 2023 là 113.725 tấn/năm, trong đó lượng sản phẩm/nguyên liệu giấy bị thải bỏ là 35.808,4 tấn/năm. Lượng chất thải này được nhà máy chuyển giao cho bên thứ ba thu gom và xử lý, theo hợp đồng cung cấp dịch vụ thu gom và xử lý chất thải. Dựa trên các dữ liệu được thu thập và phân tích, nghiên cứu đã sử dụng phần mềm STAN 2.7 để xác định dòng vật chất của quá trình sản xuất giấy tại nhà máy theo nguyên lý cân bằng vật chất, kết quả được biểu diễn tại Hình 3.

Kết quả phân tích dòng vật chất của nhà máy cho thấy:

- Nguyên liệu cho sản xuất giấy gồm 2 nguồn chính là giấy phế liệu và bột giấy, trong đó giấy phế liệu được sử dụng từ hai nguồn giấy phế liệu trong nước và giấy phế liệu nhập khẩu. Năm 2023, lượng giấy phế liệu trong nước được sử dụng cho sản xuất là 204.833 tấn/năm, giấy phế liệu nhập khẩu là 296.161 tấn/năm, trong khi đó lượng bột giấy sử dụng chỉ là 17.888 tấn/năm. Như vậy, nguồn nguyên liệu chính được sử dụng trong sản xuất là giấy phế liệu, tổng khối lượng là 500.994 tấn/năm, chiếm 96,55 % tổng lượng nguyên liệu giấy cho sản xuất. Tuy nhiên, trong khối lượng giấy phế liệu thì giấy phế liệu nhập khẩu chiếm tỷ lệ lớn hơn so với giấy phế liệu có nguồn gốc trong nước,

59,11 % so với 40,89 %. Điều này cho thấy, nhà máy vẫn phụ thuộc phần lớn vào nguồn nguyên liệu giấy phế liệu nhập khẩu trong quá trình sản xuất.

- Tổng khối lượng nguyên liệu sử dụng đưa vào quy trình sản xuất là 638.294 tấn/năm. Sản lượng sản phẩm giấy đưa vào tiêu thụ là 474.912 tấn. Lượng sản phẩm này được tiêu thụ cả trong và ngoài nước. Lượng sản phẩm tồn kho năm 2023 của nhà máy là 30.660,5 tấn. Tổng khối lượng chất thải tạo ra trong quá trình sản xuất là 113.725 tấn. Trong đó, chất thải là giấy thải từ quá trình sản xuất và chuẩn bị nguyên liệu là 35.808,36 tấn (chiếm 31,39 % tổng lượng chất thải) và chất thải khác là 77.916,64 tấn, tương đương 68,81 % tổng lượng thải.

Giấy thải trong nhà máy có thể được tái chế và tái sử dụng thông qua việc quay trở lại công đoạn chuẩn bị nguyên liệu. Tỷ lệ giấy được tái chế và tái sử dụng tại nhà máy hiện là 4 %, tương đương với khối lượng là 18.996,48 tấn/năm. Như vậy, khối lượng giấy tái chế tại nhà máy hiện còn thấp, chỉ bằng 9,27 % so với lượng giấy phế liệu nhà máy đang phải sử dụng từ thị trường trong nước và bằng 6,41 % từ thị trường nhập khẩu. Kết quả này cho thấy nếu thúc đẩy các giải pháp gia tăng việc tái chế, tái sử dụng giấy thải ngay trong nội bộ nhà máy sẽ góp phần giảm sự phụ thuộc của việc nhập khẩu giấy phế liệu, là nguyên liệu chính cho quá trình sản xuất của nhà máy.

### 3.2. Lượng phát thải khí nhà kính từ hoạt động tiêu thụ năng lượng và điện năng

Lượng phát thải KNK từ hoạt động tiêu thụ nhiên liệu và điện năng chiếm tỷ lệ đáng kể trong tổng lượng phát thải của ngành công nghiệp sản xuất giấy [6]. Kết quả khảo sát năm 2023 cho thấy, nhà máy sử dụng than đá và nguyên liệu sinh khối cho hoạt động đốt nhiên liệu để tạo ra năng lượng cho quá trình sản xuất. Trong đó tỷ lệ tạo ra năng lượng là 60 % từ than đá và 40 % từ nhiên liệu sinh khối. Lượng than đá được sử dụng cho sản xuất năm 2023 tại nhà máy là 102.506 tấn. Lượng điện tiêu thụ trung bình là 23.506.133 kW/tháng, tương đương 282.073,6 MW/năm.

Kết quả tính toán cho thấy lượng phát thải KNK do hoạt động đốt nhiên liệu (than đá, nhiên liệu sinh khối) phục vụ sản xuất năm 2023 của nhà máy là 456.334,2 tấn CO<sub>2td</sub>. Lượng phát thải do hoạt động tiêu thụ điện là 185.942,9 tấn CO<sub>2td</sub>. Như vậy, tổng lượng phát thải KNK do hoạt động tiêu thụ nhiên liệu và điện năng cho nhà máy Vina Kraft là 642.277,1 tấn CO<sub>2td</sub>. Lượng phát thải khí nhà kính từ hoạt động đốt nhiên liệu và sử dụng điện năm 2023 của nhà máy được thể hiện trong bảng 2.

### 3.3. Đề xuất giải pháp giảm nhẹ phát thải khí nhà kính

#### 3.3.1. Tái chế bột giấy và các sản phẩm giấy

Nguyên liệu đầu vào của ngành sản xuất giấy chủ yếu từ hai nguyên liệu chính, dăm mảnh (từ gỗ rừng trồng như keo, bạch đàn) để sản xuất ra bột giấy và giấy thu hồi (hay còn gọi là giấy phế liệu) dùng cho sản xuất giấy bao bì, trong đó, giấy thu hồi chủ yếu từ nguồn nhập

khẩu (thu gom trong nước chỉ đáp ứng được khoảng 40 % nhu cầu). Thực tế, quá trình sản xuất bao bì giấy tái chế không chỉ tiết kiệm năng lượng mà còn giảm thiểu lượng khí thải nhà kính so với việc sử dụng nguyên liệu mới. Theo Báo cáo của Hiệp hội Giấy và Bột giấy Việt nam, việc sản xuất giấy tái chế có thể giảm tới 60 % lượng năng lượng và 50 % lượng nước so với sản xuất từ gỗ nguyên sinh, góp phần giảm đáng kể lượng carbon thải ra. Đặc biệt, tái chế 1 tấn giấy có thể tiết kiệm tới 17-24 cây gỗ trưởng thành, 4.000 kWh điện, 605 lít dầu. Điều này giúp giảm 65 % năng lượng, 35 % nguy cơ ô nhiễm môi trường và 74 % lượng khí thải ô nhiễm không khí [7].

Các nghiên cứu khác trên thế giới cũng cho thấy các hoạt động tái chế giấy mang lại lợi ích làm giảm lượng phát thải KNK, là nguyên nhân chính gây biến đổi khí hậu toàn cầu, đặc biệt nếu sử dụng than đá làm nguồn cung cấp năng lượng. Nghiên cứu của Friedrich và cộng sự [4] cung cấp thông tin tái chế giấy giúp giảm 4,4 đến 390 tấn CO<sub>2td</sub> cho mỗi tấn giấy tùy theo công nghệ và ứng dụng của sản phẩm giấy sau tái chế [4]. Nghiên cứu của Laurijssen và cộng sự [13] cũng cho thấy tại Hà Lan, với tỷ lệ giấy được tái chế là 75 %, tương đương với lượng giảm phát thải CO<sub>2td</sub> là 1 tấn CO<sub>2</sub>/1 tấn giấy so với việc sử dụng giấy nguyên liệu không tái chế [13]. Như vậy, có thể thấy rằng việc gia tăng tỷ lệ tái chế, tái sử dụng giấy thải phát sinh trong quá trình sản xuất giấy hoàn toàn đóng góp một phần đáng kể trong việc giảm lượng phát thải khí nhà kính của cơ sở.

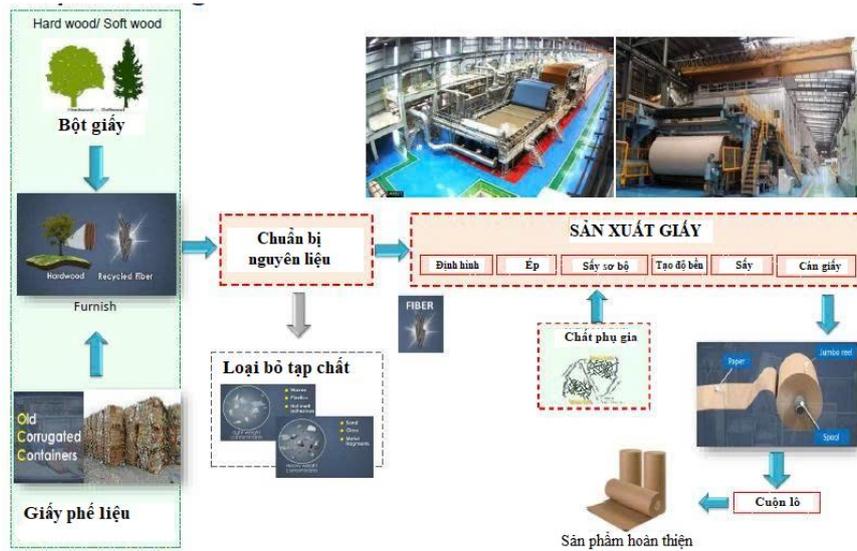
Năm 2023, tỷ lệ tái chế và tái sử dụng của nhà máy được báo cáo là 4 %. Nghiên cứu đã tiến hành ước tính mức giảm phát thải KNK của nhà máy khi gia đình tỷ lệ tái chế và tái sử dụng giấy từ quá trình sản xuất tăng lên 5 %, 6 %, 8 % và 10 %. Khi tỷ lệ tái chế và tái sử dụng giấy từ quá trình sản xuất tăng lên sẽ giúp cho cơ sở giảm lượng nhiên liệu tiêu thụ và lượng điện sử dụng cho sản xuất. Mức giảm tiêu thụ điện và nhiên liệu cho quá trình sản xuất giấy được tham khảo từ số liệu công bố trong báo cáo của [7]. Khối lượng nhiên liệu và điện tiêu thụ được tiết kiệm, tương ứng với mức giảm phát thải KNK khi tỷ lệ tái chế tái sử dụng tăng lên được tổng hợp tại Bảng 3.

Kết quả tính toán sơ bộ cho thấy, khi tăng tỷ lệ tái chế và tái sử dụng giấy từ quá trình sản xuất thì có thể làm giảm đáng kể lượng phát thải KNK cho hoạt động tiêu thụ năng lượng (phạm vi 1) và tiêu thụ điện (phạm vi 2). Do Việt Nam chưa có những nghiên cứu đầy đủ về lượng giảm nhiên liệu và năng lượng tiêu thụ cho mỗi đơn vị khối lượng giấy được tái chế, cũng như các nghiên cứu về dấu chân carbon đối với sản phẩm giấy tái chế, nên kết quả tính toán mới chỉ là ước tính sơ bộ. Song có thể nhận thấy, các giải pháp tăng cường tỷ lệ tái chế tái sử dụng trong hoạt động sản xuất của nhà máy sẽ góp phần làm giảm tổng lượng phát thải KNK của toàn bộ nhà máy. Do đó, các giải pháp đề xuất cho hoạt động tái chế và tái sử dụng giấy thải, tập trung vào các dòng phế phẩm và bán thành phẩm bị loại bỏ trong quá trình sản xuất, bao gồm:

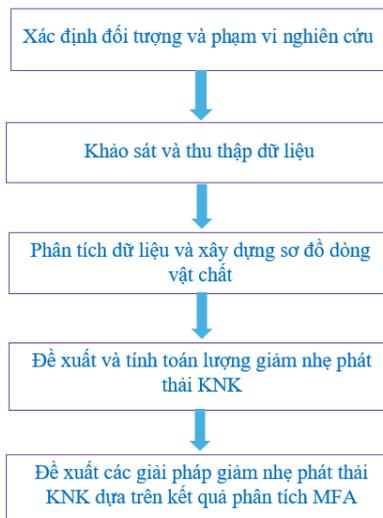
+ Giải pháp tái sử dụng trực tiếp như: giấy cuộn, giấy lỗi còn đạt tiêu chuẩn được phân loại và tái sử dụng làm nguyên liệu cho sản phẩm phụ, vật liệu đóng gói, ...

- + Giải pháp tái chế nội bộ: phân loại tái sử dụng theo dòng sản phẩm, ví dụ như giấy có lớp nhựa hoặc lớp keo phủ cần được tách riêng để tách lớp phủ rồi mới thu hồi xơ sợi, ...
- + Giải pháp đối với những phế thải không tái chế được: đối với những giấy thải không đạt tiêu chuẩn tái chế thì có thể sử dụng biện pháp ép tạo thành viên nhiên liệu RDF, trộn với các nguyên liệu khác để tạo sản phẩm như vật liệu cách nhiệt, tấm ép, ...

- + Giải pháp quản lý, thu gom và vận hành: phân loại chất thải nhằm giảm tạp chất, gia tăng chất lượng dòng nguyên liệu tái chế; theo dõi định kỳ lượng phát thải, xây dựng bộ dữ liệu về lượng phát thải từng công đoạn, phân tích dữ liệu để tìm ra công đoạn có lượng phát thải lớn nhất; tối ưu các điều kiện vận hành giảm phát thải thông qua sử dụng ứng dụng AI hoặc hệ thống điều khiển tự động, ...



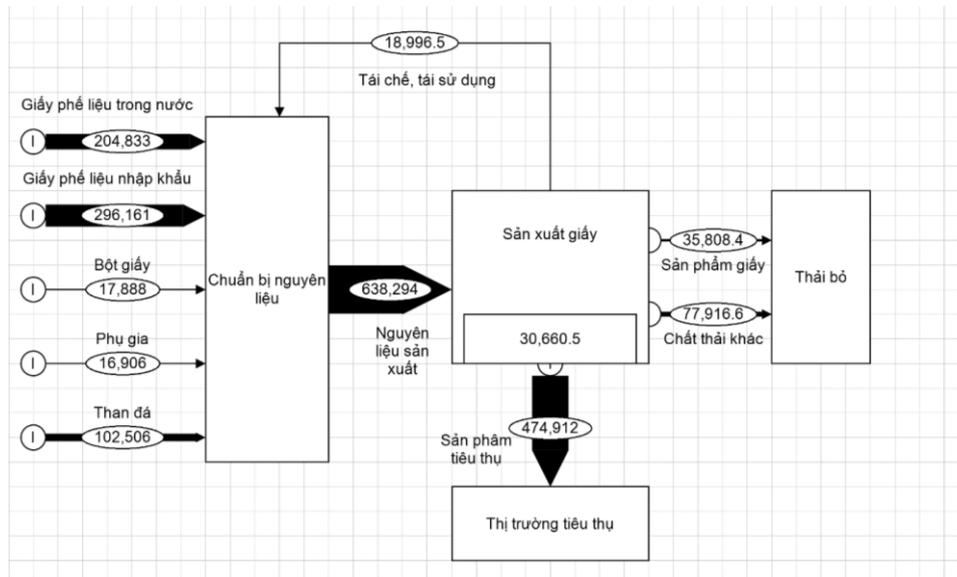
Hình 1. Quy trình sản xuất giấy tại nhà máy.



Hình 2. Quy trình sử dụng phương pháp MFA để kiểm kê và giảm phát thải KNK cho nhà máy giấy Vina Kraft.

Bảng 1. Phân phối và tiêu thụ sản phẩm của nhà máy Vina Kraft trên thị trường.

TT	Loại sản phẩm	Lượng sản phẩm (tấn)					
		2021		2022		2023	
		Trong nước	Xuất khẩu	Trong nước	Xuất khẩu	Trong nước	Xuất khẩu
1	Giấy lớp sóng	170.932	76.637	166.168	35.574	191.417	48.949
2	Giấy lớp mặt	234.379	37.978	198.931	41.865	221.713	20.890



Hình 3. Sơ đồ phân tích dòng vật chất của quá trình sản xuất giấy.

Bảng 2. Lượng phát thải KNK từ hoạt động tiêu thụ năng lượng của nhà máy Vina Kraft năm 2023.

TT	Hoạt động	Lượng tiêu thụ	Lượng phát thải KNK (tấn CO <sub>2td</sub> )
1	Đốt nhiên liệu cho sản xuất		456.334,2
1.1	Than đá	102.506 tấn/năm	270.330,1
1.2	Sinh khối	13.515.605,9 tấn/năm	186.004,1
2	Tiêu thụ điện	282.073,6 MW/năm	185.942,9

Bảng 3. Mức giảm phát thải KNK và tiết kiệm nhiên liệu, năng lượng khi tăng tỷ lệ tái chế.

Thông số	Đơn vị	Tỷ lệ tái chế và tái sử dụng				
		4%	5%	6%	8%	10%
Lượng giấy được tái chế	Tấn	18.996,5	23.745,6	28.494,7	37.993,0	47.491,2
Lượng điện tiết kiệm	MWh	0	94.982,4	113.978,8	151.972	189.064,8
Lượng giảm phát thải KNK do tiêu thụ điện	Tấn CO <sub>2td</sub>	0	62.612,4	75.134,8	100.179,9	124.631,5
Lượng than tiết kiệm	Tấn	0	21.748,2	26.097,8	34.797,2	43.496,4
Lượng giảm phát thải do sử dụng nhiên liệu	Tấn CO <sub>2td</sub>	0	57.354,6	68.825,4	91.767,6	114.709,2
Tổng lượng giảm phát thải KNK	Tấn CO <sub>2td</sub>	0	119.967	143.960,2	191.947,5	239.340,7

3.3.2. Một số giải pháp khác nhằm giảm thiểu phát thải khí nhà kính cho nhà máy giấy

a. Thu hồi năng lượng

Chất thải từ nhà máy Vina Kraft có thể được sử dụng để thu hồi năng lượng. Sản xuất giấy và bột giấy tạo ra một lượng lớn chất thải hữu cơ có thể được sử dụng làm nhiên liệu sản xuất nhiệt và điện, mang lại lợi ích về kinh tế và bảo vệ môi trường [14]. Chất thải từ nhà máy giấy có thể được sử dụng trực tiếp thông qua quá trình đốt cháy hoặc gián tiếp thông qua các quá trình lý hóa và vi sinh dẫn đến nhiên liệu sinh học (bằng nhiệt phân và sản xuất ethanol sinh học) và khí sinh học (bằng quá trình phân hủy kỵ khí) [15-16]. Quá trình thu hồi năng lượng thường bao gồm các bước sau: (i) tách nước, (ii) sấy khô sản phẩm để tăng nhiệt dung và (iii) thu hồi nhiên liệu sinh học, chuyển đổi nhiệt

hoặc sử dụng trực tiếp pha nước mà chất thải từ nhà máy giấy được xử lý để sản xuất nhiên liệu sinh học. Ưu điểm chính của việc sử dụng chất thải làm nhiên liệu là giảm thể tích, xử lý hợp vệ sinh và thu hồi năng lượng nhiệt bằng cách sản xuất hơi nước hoặc nước quá nhiệt để phát điện [17]. Tuy nhiên, kỹ thuật này có thể tốn kém do quá trình tách nước trong chất thải hữu cơ từ nhà máy giấy và việc triển khai các cơ sở đốt [18].

b. Sử dụng chất thải nhà máy giấy phát triển nông nghiệp bền vững

Chất thải từ nhà máy giấy, đặc biệt là bùn giấy sau xử lý, được xem là một nguồn vật liệu hữu ích khi ứng dụng trong nông nghiệp nhờ chứa nhiều thành phần có lợi cho đất và cây trồng. Thành phần của bùn giấy thường giàu chất hữu cơ như cellulose, hemicellulose và

lignin, giúp bổ sung mùn cho đất, cải thiện cấu trúc và tăng độ tơi xốp, từ đó nâng cao khả năng giữ nước và chất dinh dưỡng. Ngoài ra, bùn giấy còn chứa một số nguyên tố dinh dưỡng đa lượng và vi lượng như nitơ (N), photpho (P), kali (K), canxi (Ca) và magie (Mg), góp phần cung cấp dưỡng chất thiết yếu cho cây trồng [19]. Bên cạnh đó, các hợp chất hữu cơ trong bùn giấy là nguồn thức ăn tốt cho vi sinh vật, giúp tăng cường hoạt động sinh học trong đất và thúc đẩy quá trình khoáng hóa [19-20]. Việc sử dụng hợp lý và đúng quy trình chất thải từ nhà máy giấy không chỉ mang lại lợi ích về mặt nông học mà còn góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường, hướng tới mô hình kinh tế tuần hoàn và phát triển nông nghiệp bền vững. Do đó, nếu nhà máy Vina Kraft áp dụng giải pháp này sẽ giảm đáng kể lượng chất thải rắn ra môi trường.

### c. Sử dụng chất thải nhà máy giấy cho ngành xây dựng

Chất thải phát sinh từ sản xuất giấy và bột giấy từ nhà máy Vina Kraft cũng có thể được sử dụng trong ngành xây dựng. Một số nghiên cứu trước đây chỉ ra rằng tro bùn giấy có thể góp phần sản xuất vữa bền vững hơn hoặc sản xuất xi măng và gạch [21-22]. Bùn giấy cũng được xác định là một lựa chọn để thay thế chất độn khoáng trong nhiều hỗn hợp bê tông [23] và sản xuất bê tông thấm bền vững hơn [24]. Buruberry và cộng sự [25] cho rằng chất thải phát sinh từ nhà máy giấy, cụ thể là tro bay, bùn sinh học và bùn vôi, mang lại lợi ích môi trường cho ngành công nghiệp xi măng. Nghiên cứu của họ cho thấy clinker xi măng Portland có thể được nung ở nhiệt độ 1390 °C thay vì 1450 °C với các chất phụ gia như vôi [25]. Các nghiên cứu khác [26-27] cũng lưu ý rằng chất thải nhà máy giấy có thể sử dụng như một vật liệu bền vững trong cốt liệu và bê tông. Các nghiên cứu kết luận rằng việc sử dụng chất thải giúp giảm tác động môi trường do các bãi chôn lấp gây ra, giảm tiêu thụ nguyên liệu thô và tạo điều kiện cho các hoạt động thu hồi chất thải. Vieira và cộng sự [28] cho thấy chất thải PPI có thể được sử dụng để chế tạo gạch men và gạch. Kết quả của họ chỉ ra rằng việc sử dụng bùn làm giảm 3 % năng lượng nung trong quá trình sản xuất các sản phẩm này và tuân thủ các tiêu chuẩn kỹ thuật và môi trường có liên quan.

## 4. Kết luận

Việc áp dụng phương pháp phân tích dòng vật chất (MFA) vào hoạt động sản xuất giấy tại nhà máy Vina Kraft cho thấy đây là một công cụ hiệu quả trong việc định lượng dòng vật liệu cho các giai đoạn này trong quá trình sản xuất giấy. Kết quả phân tích dòng vật chất cho thấy nguồn nguyên liệu chính được sử dụng trong sản xuất là giấy phế liệu, chiếm 96,55 % tổng lượng nguyên liệu giấy. Tỷ lệ giấy được tái chế và tái sử dụng tại nhà máy hiện khá thấp, chiếm 4 % tổng khối lượng nguyên liệu sử dụng. Như vậy, khối lượng giấy tái chế chỉ bằng 9,27 % so với lượng giấy phế liệu nhà máy đang phải nhập từ thị trường trong nước và 6,41 % từ thị trường nhập khẩu. Tổng lượng phát thải khí nhà kính của nhà máy từ hoạt động tiêu thụ nhiên liệu và tiêu thụ điện cho hoạt động sản xuất là 642.277,1 tấn CO<sub>2</sub>đ. Giải pháp gia tăng

tỷ lệ tái chế tái sử dụng giấy thải trong quá trình sản xuất của nhà máy sẽ giúp giảm lượng phát thải KNK cho hoạt động sản xuất như tái sử dụng trực tiếp, tăng tái chế nội bộ, tăng cường việc quản lý, thu gom và vận hành một cách hiệu quả và bền vững. Nếu các giải pháp này được thực hiện một cách đồng bộ sẽ góp phần đảm bảo mục tiêu giảm phát thải KNK cho cơ sở. Bên cạnh đó, các giải pháp tái sử dụng chất thải để sản xuất năng lượng, sử dụng làm nguyên liệu đầu vào cho sản xuất nông nghiệp và công nghiệp cũng là những giải pháp hiệu quả nhằm giảm thiểu chất thải và giảm phát thải khí nhà kính trong quá trình sản xuất giấy. Kết quả thu được từ nghiên cứu thí điểm tại nhà máy Vina Kraft có thể tham khảo áp dụng cho các cơ sở khác trong công nghiệp sản xuất giấy và bột giấy, góp phần thực hiện cam kết của chính phủ Việt Nam về ứng phó với biến đổi khí hậu.

### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội cho đề tài "Áp dụng phân tích dòng vật chất để xuất giải pháp thúc đẩy áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn trong ngành bao bì giấy tại Việt Nam" mã số 05-2025/KHXD.

### Tài liệu tham khảo

- [1]. WorldBank, Báo cáo Quốc gia về khí hậu và phát triển. 2022.
- [2]. M. Charles, K.B. Narayan, J. Edmonds, S. Yu, The role of the pulp and paper industry in achieving net zero U.S. CO<sub>2</sub> emissions in 2050, *Energy and Climate Change*, 5 (2024).
- [3]. T. Fleiter, D. Fehrenbach, E. Worrell, W. Eichhammer, Energy efficiency in the German pulp and paper industry – A model-based assessment of saving potentials, *Energy*, 40 (2012) 84-99.
- [4]. E. Friedrich, C. Trois, Quantification of greenhouse gas emissions from waste management processes for municipalities—a comparative review focusing on Africa, *Waste Manag*, 31 (2011) 1585-96.
- [5]. M. Sun, Y. Wang, L. Shi, J.J. Klemesš, Uncovering energy use, carbon emissions and environmental burdens of pulp and paper industry: A systematic review and meta-analysis, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92 (2018) 823-833.
- [6]. Y. Wang, X. Yang, M. Sun, L. Ma, X. Li, L. Shi, Estimating carbon emissions from the pulp and paper industry: A case study, *Applied Energy*, 184 (2016) 779-789.
- [7]. VPPA, Kinh tế tuần hoàn trong ngành giấy Việt Nam, Hội thảo Kinh tế tuần hoàn trong ngành giấy Việt Nam (2024).
- [8]. J. Dionne, T.R. Walker, Air pollution impacts from a pulp and paper mill facility located in adjacent communities, Edmundston, New Brunswick, Canada and Madawaska, Maine, United States, *Environmental Challenges*, 5 (2021) 100245.
- [9]. K. Pivnenko, D. Laner, T.F. Astrup, Material Cycles and Chemicals: Dynamic Material Flow Analysis of Contaminants in Paper Recycling, *Environmental Science & Technology*, 50 (2016) 12302-12311.
- [10]. W.-Q. Chen, T.E. Graedel, Anthropogenic Cycles of the Elements: A Critical Review, *Environmental Science & Technology*, 46 (2012) 8574-8586.
- [11]. IPCC, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol 2 Energy. 2006.
- [12]. BTNMT, Công văn 1726/BĐKH-PTCĐT Hệ số phát thải lưới điện Việt Nam 2023, (2024).

- [13]. J. Laurijssen, M. Marsidi, A. Westenbroek, E. Worrell, A. Faaij, Paper and biomass for energy?, *Resources, Conservation and Recycling*, 54 (2010) 1208-1218.
- [14]. G.-B. Hong, C.-M. Ma, H.-W. Chen, K.-J. Chuang, C.-T. Chang, T.-L. Su, Energy flow analysis in pulp and paper industry, *Energy*, 36 (2011) 3063-3068.
- [15]. R. Peretz, H. Mamane, E. Wissotzky, E. Sterenzon, Y. Gerchman, Making Cardboard and Paper Recycling More Sustainable: Recycled Paper Sludge For Energy Production and Water-Treatment Applications, *Waste and Biomass Valorization*, 12 (2021) 1599-1608.
- [16]. C.L.L. Robus, L.D. Gottumukkala, E. van Rensburg, J.F. Görgens, Feasible process development and techno-economic evaluation of paper sludge to bioethanol conversion: South African paper mills scenario, *Renewable Energy*, 92 (2016) 333-345.
- [17]. T. Meyer, E.A. Edwards, Anaerobic digestion of pulp and paper mill wastewater and sludge, *Water Research*, 65 (2014) 321-349.
- [18]. T. Mahmood, A. Elliott, A review of secondary sludge reduction technologies for the pulp and paper industry, *Water Research*, 40 (2006) 2093-2112.
- [19]. H. Kominko, K. Gorazda, K. Łoś, Z. Wzorek Valorisation of Deinking Paper Sludge for Fertiliser Purposes: New Perspective in Sustainable Agriculture. *Agronomy*, 2024, 14, DOI: 10.3390/agronomy14122788.
- [20]. V.R. Phillips, N. Kirkpatrick, I.M. Scotford, R.P. White, R.G.O. Burton, The use of paper-mill sludges on agricultural land, *Bioresource Technology*, 60 (1997) 73-80.
- [21]. D.D. Furszyfer Del Rio, B.K. Sovacool, S. Griffiths, M. Bazilian, J. Kim, A.M. Foley, D. Rooney, Decarbonizing the pulp and paper industry: A critical and systematic review of sociotechnical developments and policy options, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 167 (2022) 112706.
- [22]. P. Vashistha, S.K. Singh, D. Dutt, V. Kumar, Sustainable utilization of paper mill solid wastes via synthesis of nano silica for production of belite based clinker, *Journal of Cleaner Production*, 224 (2019) 557-565.
- [23]. B. Ahmadi, W. Al-Khaja, Utilization of paper waste sludge in the building construction industry, *Resources, Conservation and Recycling*, 32 (2001) 105-113.
- [24]. A. Schackow, C. Eftting, V.G. Barros, I.R. Gomes, V.S. da Costa Neto, M.S. Delandréa, Permeable concrete plates with wastes from the paper industry: Reduction of surface flow and possible applications, *Construction and Building Materials*, 250 (2020) 118896.
- [25]. L.H. Buruberri, M.P. Seabra, J.A. Labrincha, Preparation of clinker from paper pulp industry wastes, *Journal of Hazardous Materials*, 286 (2015) 252-260.
- [26]. H.-S. Tai, C.-H. Chen, Feasibility of transforming lightweight aggregate made of pulp and paper mill sludge into insulating concrete, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 43 (2020) 308-318.
- [27]. H.S. Wong, R. Barakat, A. Alhilali, M. Saleh, C.R. Cheeseman, Hydrophobic concrete using waste paper sludge ash, *Cement and Concrete Research*, 70 (2015) 9-20.
- [28]. C.M.F. Vieira, R.M. Pinheiro, R.J.S. Rodriguez, V.S. Candido, S.N. Monteiro, Clay bricks added with effluent sludge from paper industry: Technical, economical and environmental benefits, *Applied Clay Science*, 132-133 (2016) 753-759.