



Original Article

Estimation of Laundry-derived Microfiber Discharges into Wastewater: A Case Study in Hanoi City

Cao Thi Thanh Nga^{1,2}, Doan Thi Oanh³, Le Thi Phuong Quynh⁴,
Nguyen Thi My⁵, Pham Thi Thu Ha⁶, Dang Thi Hai Linh⁶, Duong Thi Thuy^{1,5,*}

¹Graduate University of Science and Technology,

Vietnam Academy of Science and Technology, 18 Hoang Quoc Viet, Hanoi, Vietnam

²Institute of Human Geography and Sustainable Development,

Vietnam Academy of Social Sciences, 176 Thai Ha, Dong Da, Hanoi, Vietnam

³Hanoi University of Natural Resources and Environment, 41A Phu Dien, Hanoi, Vietnam

⁴Institute of Chemistry, Vietnam Academy of Science and Technology,
18 Hoang Quoc Viet, Hanoi, Vietnam

⁵Institute of Science and Technology for Energy and Environment,
Vietnam Academy of Science and Technology, 18 Hoang Quoc Viet, Hanoi, Vietnam

⁶VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

Received 08th August 2025

Revised 15th September 2025; Accepted 30th September 2025

Abstract: Household wastewater is a major source of microplastic (MP) emissions, with domestic laundry recognized as a key pathway for microfiber release into aquatic systems. Although previous studies have confirmed this emission pathway, data from Vietnam remain limited. This study aimed to provide preliminary data on microfiber release (including abundance, physical characteristics, and polymer composition) from household washing. Thirty laundry wastewater samples from Hanoi households were analyzed to assess microfiber abundance and characteristics. Microplastic abundance was very high, averaging $96,296 \pm 68,938$ microplastics/m³, with fibers comprising 99.6% of total MPs. Twelve polymer types were identified, with polypropylene (PP) being predominant (52.2%). Most fibers were 300-1,000 μ m in length, and eight color groups were recorded, with black (39.18%) and white (26.07%) being the most common. These findings highlight that household laundry wastewater is a significant source of microfiber emissions, posing potential risks to both the environment and human health.

Keywords: Microplastics, laundry, wastewater, Hanoi.

* Corresponding author.

E-mail address: duongthithuy@istee.vast.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5419>

Ước tính lượng sợi vi nhựa phát thải từ hoạt động giặt vào nguồn nước thải: kết quả nghiên cứu ở thành phố Hà Nội

Cao Thị Thanh Nga^{1,2}, Đoàn Thị Oanh³, Lê Thị Phương Quỳnh⁴,
Nguyễn Thị Mỹ⁵, Phạm Thị Thu Hà⁶, Đặng Thị Hải Linh⁶, Dương Thị Thủy^{1,5,*}

¹Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam,
18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam

²Viện Địa lý Nhân văn và Phát triển Bền vững, Viện Hàn lâm Khoa học Xã hội Việt Nam,
176 Thái Hà, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

³Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội, 41A Phú Diễn, Hà Nội, Việt Nam

⁴Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam

⁵Viện Khoa học Công nghệ năng lượng và Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam,
18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam

⁶Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 08 tháng 8 năm 2025

Chỉnh sửa ngày 15 tháng 9 năm 2025; Chấp nhận đăng ngày 30 tháng 9 năm 2025

Tóm tắt: Nước thải sinh hoạt được xem là một nguồn phát thải vi nhựa quan trọng, trong đó hoạt động giặt giũ tại hộ gia đình được xác định là tác nhân chính góp phần phát tán sợi vi nhựa vào môi trường nước. Mặc dù các nghiên cứu quốc tế đã xác nhận nguồn phát thải này, dữ liệu tại Việt Nam vẫn còn hạn chế. Nghiên cứu này thu thập 30 mẫu nước thải giặt từ các hộ gia đình ở Hà Nội để đánh giá mật độ và đặc điểm vi nhựa. Kết quả cho thấy mật độ vi nhựa ở mức rất cao, trung bình đạt 96.296 ± 68.938 vi nhựa/m³ (VN/m³), trong đó dạng sợi chiếm 99,6% tổng số vi nhựa. Có 12 loại polyme được xác định với polypropylen (PP) chiếm tỷ lệ lớn nhất (52,2%). Các sợi có kích thước từ 300 - 1.000 μ m chiếm ưu thế, và ghi nhận 8 nhóm màu sắc khác nhau, trong đó đen (39,18%) và trắng (26,07%) là phổ biến nhất. Những phát hiện này nhấn mạnh rằng nước thải giặt hộ gia đình là một nguồn phát thải sợi vi nhựa đáng kể, tiềm ẩn nguy cơ đối với môi trường và sức khỏe con người.

Từ khóa: Vi nhựa, giặt, nước thải, Hà Nội.

1. Mở đầu

Trong những thập kỷ gần đây, ô nhiễm vi nhựa trở thành thách thức môi trường toàn cầu nghiêm trọng, ảnh hưởng đến hệ sinh thái và sức khỏe con người. Trong số các nguồn phát thải, hoạt động giặt giũ tại hộ gia đình được xem là nguồn phát thải vi nhựa quan trọng nhưng ít được quan tâm. Trong quá trình giặt, các sợi tổng

hợp như polyester, nylon hay acrylic bị mài mòn và giải phóng hàng triệu sợi vi nhựa vào nước thải, sau đó theo hệ thống thoát nước chảy vào sông hồ và môi trường tự nhiên [1]. Các vi nhựa này dễ dàng được sinh vật thủy sinh hấp thụ [2, 3] và tích lũy trong chuỗi thức ăn, gây nguy cơ rối loạn nội tiết, tổn thương tế bào và tăng khả năng gây ung thư ở người [4].

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: duongthithuy@istee.vast.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5419>

Ở Việt Nam, dữ liệu về phát thải vi nhựa từ quá trình giặt giũ vẫn còn rất hạn chế, đặc biệt trong bối cảnh phần lớn nước thải sinh hoạt chưa được xử lý triệt để trước khi xả ra môi trường. Tại Việt Nam, các loại vải tổng hợp giá rẻ được sử dụng phổ biến, trong khi hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt còn hạn chế, đặc biệt trong bối cảnh phần lớn nước thải sinh hoạt chưa được xử lý triệt để trước khi xả ra môi trường. Ở các đô thị lớn như Hà Nội, nơi có dân số hơn 8,5 triệu người và lượng nước thải sinh hoạt khoảng 1,2 triệu m³/ngày-đêm (chiếm hơn 80% tổng lượng nước thải đô thị), nhiều nghiên cứu đã ghi nhận nồng độ vi nhựa cao trong các sông nội đô như Tô Lịch, Nhuệ và Đáy [5]. Điều này cho thấy nước thải sinh hoạt, đặc biệt là nước thải từ giặt giũ, có thể là nguồn phát thải vi nhựa chủ yếu tại khu vực đô thị. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm ước tính lượng sợi vi nhựa phát thải từ nước thải giặt của các hộ gia đình tại Hà Nội, đồng thời phân tích đặc điểm hình thái và thành phần polyme của các sợi vi nhựa. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp dữ liệu ban đầu phục vụ cho việc đề xuất các chính sách quản lý nước thải sinh hoạt nói chung và nước thải giặt nói riêng nhằm giảm thiểu ô nhiễm vi nhựa trong điều kiện đô thị hóa 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 vi nhựa trong nước thải giặt của các hộ gia đình ở 5 phường thuộc Hà Nội (Đông Ngạc, Xuân Đình, Phú Thượng, Nghĩa Đô, và Phú Diễn). 30 mẫu nước thải (ký hiệu NG1–NG30) đã được thu thập ngay sau khi giặt từ các máy giặt cửa ngang gia đình (dung tích 7-9 kg, loại thường dùng tại Việt Nam). Mỗi địa điểm lấy 10 L nước thải, sau đó lọc qua lưới lọc chuyên dụng kích thước mắt lưới 80 µm để thu lại khoảng 500 mL nước chứa vi nhựa. Các mẫu được bảo quản trong chai thủy tinh ở 4°C cho đến khi xử lý phân tích. Các mẫu trắng (nước xả từ máy giặt chạy không có quần áo và bột giặt/nước giặt) được thu với các mẫu phân tích nhằm đánh giá khả năng phát sinh vi nhựa từ đường ống hoặc vật liệu cấu tạo bên trong máy. Kết quả

cho thấy số lượng hạt vi nhựa quan sát được là không đáng kể so với số lượng vi nhựa được phát hiện trong các mẫu nước thải giặt.

2.2. Phương pháp xử lý và phân tích mẫu

Vi nhựa trong mẫu nước thải giặt được tách chiết theo quy trình của Strady và cộng sự (cs) (2021) [6] và khuyến nghị của GESAMP [7]. Các hạt vi nhựa được quan sát bằng kính hiển vi Leica S9i để xác định hình dạng, màu sắc và kích thước (300-5.000 µm), phân loại thành mảnh, sợi và viên theo hướng dẫn GESAMP (2019) [6-8]. Kích thước của vi nhựa được đo bằng phần mềm LASX® dựa trên hình ảnh thu được, với phạm vi kích thước quan sát từ 300-5.000 µm đối với sợi và từ 45.000 µm² đến 2.100.000 µm² đối với các vi nhựa dạng mảnh. Thành phần hoá học của vi nhựa được xác định bằng thiết bị quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier µ-FTIR (Thermo Nicolet iN10 MX với khoảng bước sóng (650-4000 cm⁻¹), ở độ phân giải phổ 8 cm⁻¹. Phổ thu được của các mẫu được so sánh với phổ tham chiếu thông qua phần mềm siMPle (phiên bản 2.1.1.0). Thành phần của polyme được xác nhận khi độ trùng khớp với phổ chuẩn > 95% theo mô tả của Dhivert và cs (2022) [9].

Trong nghiên cứu này, các biện pháp kiểm soát nhiễm vi nhựa được thực hiện nghiêm ngặt theo quy trình của E. Strady và cs (2021) [6]. Dụng cụ thủy tinh được làm sạch, rửa bằng nước cất lọc và bọc giấy bạc trước khi dùng. Dung dịch hóa chất được lọc qua màng sợi thủy tinh 1,6 µm; mẫu được bọc kín bằng giấy bạc trong suốt quá trình xử lý để tránh nhiễm từ không khí. Kỹ thuật viên mặc bảo hộ sạch, dùng găng tay dùng một lần và thao tác trong phòng riêng biệt. Các mẫu trắng đối chứng cho thấy mức nhiễm nền rất thấp (2 hạt/mẫu), đảm bảo độ tin cậy của kết quả.

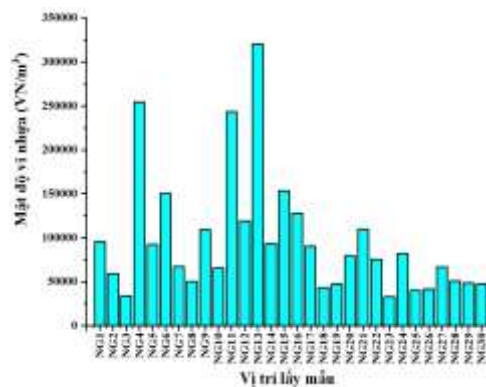
3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Mật độ vi nhựa trong nước thải giặt

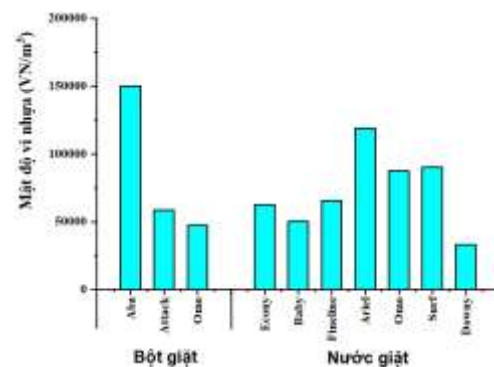
Kết quả nghiên cứu cho thấy, tất cả các mẫu nước thải của quá trình giặt đều chứa vi nhựa. Tổng số trung bình 18.008 vi nhựa được xác định, với mật độ dao động từ 33.000 đến 320.000 (VN/m³). Số liệu cụ thể của từng vị trí nghiên cứu được biểu diễn ở Hình 1.

Bảng 1. Đặc điểm nước thải từ quá trình giặt ở thành phố Hà Nội

Kí hiệu mẫu	Loại bột giặt /nước giặt	Khối lượng quần áo giặt (kg)	Địa điểm lấy mẫu	Màu sắc quần áo
NG1	Econy	4,5	Đông Ngạc	-
NG2		4	Đông Ngạc	-
NG3		4	Đông Ngạc	-
NG4	Bột giặt Omo	4,2	Xuân Đình	Đen, hồng
NG5	Bột giặt Aba	5	Phú Thượng	Vàng, đen, xanh than
NG6				
NG7	Nước giặt Baby gold	5	Nghĩa Đô	Đen, xanh dương, trắng, đỏ, nâu
NG8				
NG9	Nước giặt Fineline	4	Phú Diễn	Xanh than, xanh dương, hồng, đen
NG10				
NG11	Nước giặt Ariel	5	Nghĩa Đô	Xanh dương, vàng viền xanh lá, hồng Đỏ đô, đen
NG12				
NG13	Nước giặt Omo	4	Phú Diễn	Đen, vàng, hồng, trắng, xanh dương
NG14	Nước giặt Omo	5	Phú Diễn	Xanh dương, đen
NG15				
NG16	Nước giặt Surf	5	Phú Diễn	-
NG17				
NG18	Nước giặt Omo	5	Phú Diễn	Trắng, đen, kem, xanh dương
NG19				
NG20	Nước giặt Omo	4	Phú Diễn	Xanh dương, be, xanh da trời
NG21				
NG22	Nước giặt Downy	5	Đông Ngạc	Xám, nâu
NG23				
NG24	Nước giặt Omo	5	Phú Diễn	Vàng nhạt, xanh, đen
NG25				
NG26	Bột giặt Attack	3	Phú Diễn	Trắng, đen, nâu, trắng ngà, tím, hồng
NG27				
NG28	Bột giặt Attack	4	Đông Ngạc	Đỏ, xanh dương, trắng, đen
NG29	Bột giặt Omo	3	Phú Diễn	Hồng, đen, xanh
NG30				



Hình 1. Mật độ vi nhựa trong các mẫu nước thải từ quá trình giặt.



Hình 2. Phát thải vi nhựa khi dùng các loại bột giặt và nước giặt khác nhau.

Ngành dệt may sử dụng polyme tổng hợp là một trong những nguồn phát thải vi nhựa quan trọng, chủ yếu do ma sát bề mặt vải trong quá trình sử dụng và giặt giữ [10]. Trên toàn cầu, hoạt động giặt phát thải ước tính 4,14-8,00 triệu tấn sợi vi nhựa/năm, trong đó giặt máy chiếm 93,7% [10]. Trong nghiên cứu này, mật độ vi nhựa trung bình trong nước thải giặt đạt 96.296 ± 68.938 VN/m³, cao hơn đáng kể so với kết quả của M. A. Browne và cs (2011) [1] khi ước tính số sợi phát thải từ các loại vải tổng hợp như áo nỉ (>1.900 sợi), áo sơ mi (~1.160 sợi) và chăn (~900 sợi). Ngược lại, một số nghiên cứu khác ghi nhận lượng phát thải lớn (Bảng 2). Lượng sợi vi nhựa phát thải biến động mạnh tùy thuộc loại vải, chế độ giặt và thiết kế máy giặt. Cotton và cs (2020) đã ghi nhận chu trình “chuẩn” (40 °C,

85 phút) phát thải nhiều vi nhựa hơn chu trình “lạnh - nhanh” (25 °C, 30 phút), đồng thời giảm tuổi thọ và độ bền màu của quần áo [11]. Đáng chú ý, khi thời gian giặt vượt ngưỡng (~35 phút), tốc độ phát thải có xu hướng ổn định [12]. Bên cạnh đó, loại vải và chế độ vận hành máy giặt cũng ảnh hưởng rõ rệt đến phát thải. Fontana và cs (2020) đánh giá phát thải sợi vi nhựa từ vải polyester 100% với các điều kiện vận hành giặt khác nhau và nhận thấy các thông số vận hành (thời gian, nhiệt độ, tốc độ vắt, số lần đảo lồng, ...) có tác động trực tiếp đến mức độ ma sát lên vải. Chế độ giặt “nhẹ” tạo ít áp lực hơn và làm giảm phát thải khoảng 16% so với chế độ “cotton”. Mức độ ảnh hưởng cụ thể vẫn cần được kiểm chứng thêm do phụ thuộc vào từng loại máy và điều kiện vận hành khác nhau [13].

Bảng 2. Phát thải sợi vi nhựa trong các nghiên cứu trên thế giới

Quốc gia	Nguồn phát thải	Lượng phát thải vi nhựa (sợi VN/m ³)	Tài liệu tham khảo
Thụy Điển	Máy giặt	209.000.000	[14]
Ấn Độ	Máy giặt	252.277.000	[15]
Bồ Đào Nha	Máy giặt	297.400.000	[16]
Thái Lan	Máy giặt	2.279.000	[17]

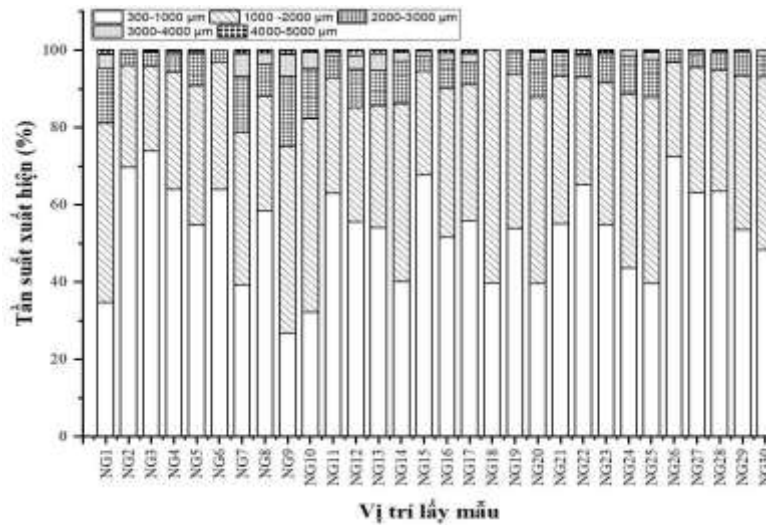
Các kết quả nghiên cứu cho thấy trong quá trình giặt, các loại bột giặt/nước giặt khác nhau cũng góp phần ảnh hưởng đến sự phát thải vi nhựa trong các mẫu nước thải. Sự xuất hiện của vi nhựa trong nước thải có sử dụng bột giặt cao hơn đáng kể so với nước giặt (78.719 ± 48.407 VN/m³ và 74.716 ± 38.562 VN/m³). Trong nhóm bột giặt, các mẫu nước thải giặt từ quá trình sử dụng bột giặt Aba ghi nhận giá trị cao nhất (150.200 VN/m³), tiếp đến là bột giặt Attact (58.689 VN/m³) và thấp nhất là bột giặt Omo (47.300 VN/m³). Với nhóm nước giặt, các mẫu nước thải giặt từ quá trình sử dụng Ariel có mật độ vi nhựa cao (119.000 VN/m³), tiếp theo là Surf, Omo, Fineline, Econy, Baby Gold, và thấp nhất là Downy (33.000 VN/m³) (Hình 2).

Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây, cho thấy thành phần và tính chất hóa học của các loại bột giặt và nước giặt có thể ảnh hưởng rõ rệt đến phát thải vi nhựa [18]. Chất làm mềm vải có thể làm giảm hơn 35% lượng sợi phát thải, trong khi các hợp chất vô cơ không tan và pH cao trong bột giặt dạng bột có thể gây mài

mòn và thủy phân bề mặt sợi [19]. Điều này cho thấy bên cạnh các yếu tố cơ học, cơ chế hóa - lý của các loại bột giặt và nước giặt cũng đóng vai trò quyết định trong phát thải vi nhựa. Do đó, việc phát triển các sản phẩm giặt thân thiện môi trường là hướng nghiên cứu cần thiết nhằm giảm thiểu phát thải vi nhựa từ hoạt động giặt giữ.

3.2. Kích thước, hình dạng và màu sắc vi nhựa trong nước giặt

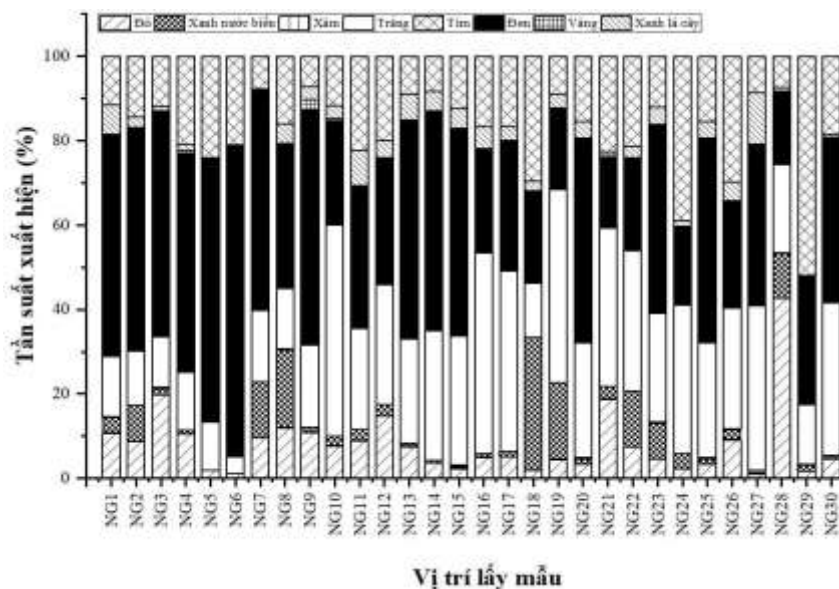
Sợi vi nhựa xác định trong nghiên cứu này có độ dài dao động từ 300 đến 4.982 μ m với các nhóm kích thước khác nhau (Hình 3). Vi nhựa có kích thước 300-1.000 μ m chiếm ưu thế (53,3%), tiếp theo là 1.000-2.000 μ m (37,2%). Kết quả này tương đồng với các nghiên cứu trước, trong đó vi nhựa <1.000 μ m chiếm tỷ lệ chủ yếu trong nước thải giặt [1]. Đáng lưu ý, các sợi với kích thước (<50 μ m) thường xuyên xuất hiện trong nước thải đầu ra do không bị giữ lại bởi hệ thống lọc hiện tại, làm gia tăng nguy cơ phát tán vào môi trường thủy sinh và khả năng xâm nhập sinh học.



Hình 3. Phân bố kích thước sợi vi nhựa trong các mẫu nước thải giặt.

Vi nhựa dạng sợi trong nước thải giặt là chiếm ưu thế (99,6%; 17.941/18.008 vi nhựa), khác với nước thải sinh hoạt chung nơi có nhiều dạng mảnh và phim [20]. Nguồn gốc chính của vi nhựa dạng sợi được xác định là từ các sản phẩm dệt may như quần áo, rèm cửa, mũ hoặc chăn, với kích thước phổ biến trong khoảng 50 - 2.000 μm [10]. Sợi có hình dạng dài, mỏng, với tỷ lệ chiều dài/đường kính lớn, thường vượt quá 3, làm tăng diện tích tiếp xúc với môi trường

và khả năng hấp phụ các chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy [21]. Quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) đã ghi nhận bề mặt sợi bị sần, nứt, hoặc gãy vụn sau các chu kỳ giặt, cho thấy cơ chế phát sinh chính là mài mòn cơ học trong máy giặt [18]. Hình thái sợi cũng quyết định tác động sinh học tiềm ẩn: sợi dài có thể gây tắc nghẽn cơ học trong hệ tiêu hóa sinh vật, trong khi sợi cực nhỏ có thể xuyên qua hàng rào mô [22].

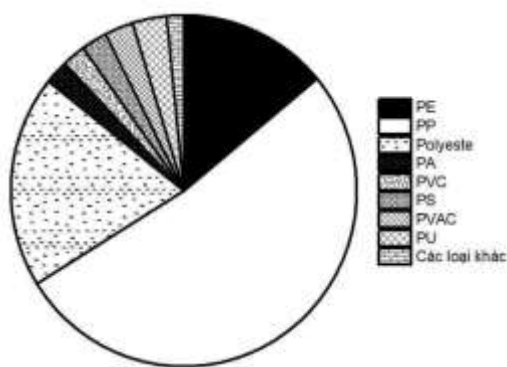


Hình 4. Phân bố màu sắc vi nhựa trong nước thải giặt.

Phân tích nước thải giặt cho thấy vi nhựa được quan sát với 8 nhóm màu sắc bao gồm: đỏ, xanh lam, xám, trắng, đen, vàng, xanh lá và tím. Trong đó, vi nhựa màu đen và trắng xuất hiện nhiều nhất với tỉ lệ lần lượt là 39,2 % và 26,1%. Các màu khác như tím, đỏ và xanh lam được phát hiện với tần suất thấp hơn, có tỉ lệ lần lượt 17,7%, 8,2% và 5,2%, trong khi vi nhựa có màu xám và vàng hầu như rất hiếm gặp (Hình 4). Màu sắc của các vi nhựa có thể cung cấp thông tin về nguồn gốc, đặc tính hóa học và độc tính của chúng. Tuy nhiên, quá trình lão hóa của các vật liệu dệt dưới tác động của ánh sáng mặt trời, quá trình giặt và sấy có thể gây ra sự biến đổi màu sắc và cấu trúc bề mặt của vi nhựa, do đó cần được nghiên cứu chuyên sâu hơn để hiểu rõ bản chất và tác động của hiện tượng này [23].

3.3. Thành phần polyme của vi nhựa trong nước thải giặt

Trong nghiên cứu này, 12 loại polyme đã được xác định, bao gồm: polyetylen (PE), polypropylen (PP), Polyeste, Polyamide (PA), Polyvinyl chloride (PVC), Polystyrene (PS), Acrylic, Polyuethane (PU), Polyacrylonitril (PAN), ABS, Polyvinyl acetate (PVAC) và CA (Hình 5). Trong đó, PP chiếm ưu thế (52,2%), tiếp theo là Polyester (19,6%) và PE (14%).



Hình 5. Phân bố các loại polyme (tỷ lệ %).

Thành phần hóa học này khác biệt so với nhiều nghiên cứu trước, khi Polyester thường được xem là nguồn phát thải chính do chiếm hơn 50% sản lượng sợi tổng hợp toàn cầu [21]. Tuy nhiên, PP thường được sử dụng trong vải

không dệt và lớp lót trang phục (cổ áo, tay áo) để tăng độ cứng và định hình sản phẩm, có thể giải thích tỷ lệ PP cao trong nghiên cứu này. Ngoài ra, cấu trúc dệt (dệt kim/dệt thoi), độ bền sợi và tuổi thọ vải cũng ảnh hưởng đáng kể đến phát thải vi nhựa [23]. Nghiên cứu của Akyildiz và cs (2024) và Luzi và cs (2025) đều chỉ ra rằng vải PP có cấu trúc sợi ngắn, mảnh, dễ gãy trong quá trình giặt, dẫn đến phát thải cao hơn Polyester [24]. Nhìn chung, các polyme tổng hợp đều tạo ra vi nhựa dạng sợi dài, mảnh, dễ phát tán và khó phân hủy, đặt ra thách thức lớn cho công nghệ xử lý nước thải hiện nay.

4. Kết luận

Nghiên cứu này khẳng định sự hiện diện của vi nhựa trong nước thải giặt tại Hà Nội, với mật độ trung bình $96.296 \pm 68.938 \text{ VN/m}^3$. Vi nhựa dạng sợi chiếm ưu thế tuyệt đối (99,6%), chủ yếu có kích thước 300 - 1.000 μm . Mười hai loại polyme được xác định, trong đó polypropylen (PP) chiếm tỷ lệ cao nhất (52,2%). Sự đa dạng về thành phần và nguồn gốc polyme cho thấy nước thải giặt là nguồn phát thải vi nhựa đáng kể, tiềm ẩn rủi ro đối với môi trường nước và các hệ sinh thái thủy sinh. Do đó, cần thực hiện thêm các nghiên cứu chuyên sâu về ô nhiễm vi nhựa từ nguồn sinh hoạt, đặc biệt là hoạt động giặt giũ, nhằm đánh giá đầy đủ tác động của chúng đến môi trường và sức khỏe con người.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam mã số đề tài: TĐĐGVN.03/24-26.

Tài liệu tham khảo

- [1] M. A. Browne, P. Crump, S. J. Niven, E. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway, R. Thompson, Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks, Environmental Science and Technology Research, Vol. 45, 2011, pp. 9175-9179.

- [2] V. T. Nguyen, C. B. Ping, Plastic Marine Debris: Sources, Impacts and Management, *International Journal of Environmental Studies*, Vol. 76, No. 6, pp. 953-973.
- [3] GESAMP, Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment, (Imo/Fao/Unesco-Ioc/Unido/Wmo/Iaea/Un/Unep/Undp Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection Reports and Studies, International Maritime Organization, London, No. 90, 2015, pp. 98.
- [4] J. Oehlmann, U. S. Oehlmann, W. Kloas, O. Jagnytsch, I. Lutz, K. O. Kusk, C. R. Tyler, A Critical Analysis of the Biological Impacts of Plasticizers on Wildlife, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 364, 2009, pp. 2047-2062.
- [5] T. T. H. Nguyen, V. H. Luu, M. T. Tran, Preliminary Study on the Presence of Microplastics in Rivers in Hanoi, Vietnam, *Vietnam Journal of Science and Technology*, Vol. 60, 2022, pp. 425-434, <https://doi.org/10.15625/2525-2518/60/4/16413>.
- [6] E. Strady, T. H. Dang, T. D. Dao, H. N. Dinh, T. T. D. Do, T. N. Duong, T. T. Duong, D. A. Hoang, T. C. K. Le, T. P. Q. Le, H. Mai, D. M. Trinh, Q. H. Nguyen, Q. A. T. Nguyen, Q. V. Tran, T. N. S. Truong, V. H. Chu, V. C. Vo, Baseline Assessment of Microplastic Concentrations in Marine and Freshwater Environments of a Developing Southeast Asian Country, Vietnam, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 162, 2021, pp. 111870, <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111870>.
- [7] GESAMP, Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter in the Ocean, GESAMP, 2019, 138pp.
- [8] V. H. Ruz, L. Gutow, R. C. Thompson, M. Thiel, Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods used for Identification and Quantification, *Environmental Science and Technology*, Vol. 46, No. 6, 2012, pp. 3060-3075.
- [9] E. Dhivert, N. N. Phuong, B. Mourier, C. Grosbois, J. Gasperi, Microplastic Trapping in Dam Reservoirs Driven by Complex Hydrosedimentary Processes (Villere Reservoir, Loire River, France), *Water Research*, 2022, pp. 119187, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119187>.
- [10] C. Wang, J. Song, L. M. Nunes, H. Zhao, P. Wang, Z. Liang, H. P. H. Arp, G. Li, B. Xing, Global Microplastic Fiber Pollution from Domestic Laundry, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 2, 2024, pp. 135290, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.135290>.
- [11] L. Cotton, A. S. Hayward, N. J. Lant, R. S. Blackburn, Improved Garment Longevity and Reduced Microfibre Release Are Important Sustainability Benefits of Laundering in Colder and Quicker Washing Machine Cycles, *Dyes and Pigments*, Vol. 177, 2020, pp. 108120, <https://doi-org.dbvista.idm.oclc.org/10.1016/j.dyepig.2019.108120>.
- [12] W. Bao, R. H. Gong, X. Ding, Y. Xue, P. Li, W. Fan, Optimizing a Laundering Program for Textiles in a Front-loading Washing Machine and Saving Energy, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 148, 2017, pp. 415-421, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.161>.
- [13] G. D. Fontana, R. Mossotti, A. Montarsolo, Assessment of Microplastics Release from Polyester Fabrics: The Impact of Different Ashing Conditions, *Environmental Pollution*, Vol. 264, 2020, pp. 113960, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113960>.
- [14] T. M. Karlsson, Can Microlitter in Sediment and Biota be Quantified, University of Gothenburg, Gothenburg, 2015.
- [15] A. A. Sudheshna, M. Srivastava, C. Prakash, Characterization of Microfibers Emission from Textile Washing from a Domestic Environment, *Science of the Total Environment*, Vol. 852, 2022, pp. 158511, <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158511>.
- [16] A. Galvao, M. Aleixo, H. De Pablo, C. Lopes, J. Raimundo, Microplastics in Wastewater: Microfiber Emissions from Common Household Laundry, *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 27, 2020, pp. 26643-26649, <http://doi.org/10.1007/s11356-020-08765-6>.
- [17] P. Julapong, P. Srichonphaisarn, T. Meekoch, C. B. Tabelin, O. Juntarasakul, T. Phengsaart, The Influence of Textile Type, Textile Weight, and Detergent Dosage on Microfiber Emissions from Top-loading Washing Machines, *Toxics*, Vol. 12, No. 3, 2024, pp. 210, <http://doi.org/10.3390/toxics12030210>.
- [18] F. D. Falco, M. P. Gullo, G. Gentile, E. D. Pace, M. Cocca, L. Gelabert, M. B. Agnesa, A. Rovira, R. Escudero, R. Villalba, R. Mossotti, A. Montarsolo, S. Gavignano, C. Tonin, M. Avella, Evaluation of Microplastic Release Caused by Textile Washing Processes of Synthetic Fabrics, *Environmental Pollution*, Vol. 236, 2018, pp. 916-925, <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.011>.

- [19] D. Bishop, Physical and Chemical Effects of Domestic Laundering Processes, in Carr, C. M. (Ed.), Chemistry of the Textiles Industry, Springer, New York, 1995, pp. 125-172.
- [20] S. Kim, Y. Hyeon, H. Rho, C. Park, Ceramic Membranes as a Potential High-performance Alternative to Microplastic Filters for Household Washing Machines, Separation and Purification Technology, Vol. 344, 2024, pp. 127278, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.127278>.
- [21] F. Remy, F. Collard, B. Gilbert, P. Compere, G. Eppe, G. Lepoint, When Microplastic is not Plastic: The Ingestion of Artificial Cellulose Fibers by Macrofauna Living in Seagrass Macrophytodebris, Environmental Science and Technology, Vol. 49, 2015, pp. 11158-11166, <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02005>.
- [22] X. Zhao, J. Wang, K. M. Y. Leung, F. Wu, Color: an Important but Overlooked Factor for Plastic Photoaging and Microplastic Formation, Environmental Science and Technology, Vol. 56, 2022, pp. 9161-9163, <http://doi.org/10.1021/acs.est.2c02402>.
- [23] M. C. Tedesco, R. M. Fisher, R. M. Stuetz, Emission of Fibres from Textiles: A Critical and Systematic Review of Mechanisms of Release During Machine Washing, Science of the Total Environment, Vol. 955, 2024, pp. 177090, <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177090>.
- [24] S. H. Akyildiz, S. Fiore, M. Bruno, B. Yalcin, R. Bellopebe, Release of Microplastic Fibers from Synthetic Textiles During Household Washing, Environmental Pollution, Vol. 357, 2024, pp. 124455, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124455>.
- [25] B. Luzi, M. C. Miino, E. C. Rada, R. Zullo, A. P. D. Baltrocchi, V. Torretta, S. Galafassi, Critical Review of Microfiber Release from Textiles: Results, Comparative Challenges, Mitigation Strategies, and Legislative Perspectives, Chemosphere, Vol. 378, 2025, pp. 144394, <https://doi-org.dbvista.idm.oclc.org/10.1016/j.chemosphere.2025.144394>.