

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

**XÁC ĐỊNH NGUỒN PHÁT SINH HẠT VI NHỰA
GÂY Ô NHIỄM NGUỒN NƯỚC VÀ ĐỀ XUẤT BIỆN
PHÁP GIẢM THIỂU**

KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

NGÀNH: KỸ THUẬT MÔI TRƯỜNG

**CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT MÔI TRƯỜNG VÀ
AN TOÀN LAO ĐỘNG**

Sinh viên: Lưu Công Minh

Giáo viên hướng dẫn: Ths. Nguyễn Thị Tươi

Ths. Nguyễn Thị Cẩm Thu

HẢI PHÒNG – 2025

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên: Lưu Công Minh MSV:2212306001 Lớp:MT2601

Ngành: Kỹ thuật Môi trường

Chuyên ngành: Kỹ thuật Môi trường và An toàn lao động

Tên đề tài: Xác định nguồn phát sinh hạt vi nhựa gây ô nhiễm nguồn nước và đề xuất biện pháp giảm thiểu

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Người hướng dẫn 1:

Họ và tên : Nguyễn Thị Tươi

Học hàm, học vị : Thạc sĩ

Cơ quan công tác : Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Người hướng dẫn 2: Nguyễn Thị Cẩm Thu

Học hàm, học vị: Thạc sĩ

Cơ quan công tác:

Nội dung hướng dẫn: Toàn bộ khóa luận

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày ... tháng ... năm 2025.

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày ... tháng ... năm 2025.

Đã nhận nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp

Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp

Giảng viên hướng dẫn

Lưu Công Minh

Ths. Nguyễn Thị Tươi
Ths. Nguyễn Thị Cẩm Thu

Hải Phòng, Ngày ... tháng ... năm 2025

XÁC NHẬN CỦA KHOA

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIÁNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên: Nguyễn Thị Tươi

Nguyễn Thị Cẩm Thu

Đơn vị công tác : Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Họ và tên sinh viên : Lưu Công Minh

Chuyên ngành : Kỹ thuật Môi trường và an toàn Lao động

Đề tài tốt nghiệp : Xác định nguồn phát sinh hạt vi nhựa gây ô nhiễm nguồn nước
và đề xuất biện pháp giảm thiểu

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp

.....
.....
.....

2. Đánh giá chất lượng của đề án/khóa luận (so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T. T.N trên các mặt lý luận, thực tiễn, tính toán số liệu...)

.....
.....
.....

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ Không được bảo vệ Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày tháng năm 2025

Giảng viên hướng dẫn

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN CHĂM PHẢN BIỆN

Họ và tên giảng viên:

Đơn vị công tác: Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Họ và tên sinh viên:

Chuyên ngành:

Đề tài tốt nghiệp:

1. Phần nhận xét của giáo viên chăm phản biện

.....
.....
.....

2. Những mặt còn hạn chế

.....
.....
.....

3. Ý kiến của giảng viên chăm phản biện

Được bảo vệ Không được bảo vệ Điểm phản biện

Hải Phòng, ngày ... tháng ... năm 2025

Giảng viên chăm phản biện

MỤC LỤC

MỤC LỤC

DANH MỤC BẢNG BIỂU

THUẬT NGỮ VÀ VIẾT TẮT

LỜI CẢM ƠN

MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1:TỔNG QUAN VỀ VÀ Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG VÀ HẠT VI NHỰA	3
1.1. Khái niệm và phân loại ô nhiễm môi trường.....	3
1.1.1. Ô nhiễm nước	3
1.1.2. Ô nhiễm không khí	3
1.1.3. Ô nhiễm đất	4
1.1.4. Các dạng ô nhiễm mới nổi.....	4
1.2. Các nguồn gây ô nhiễm môi trường	4
1.2.1. Nguồn sinh hoạt đô thị	4
1.2.2. Nguồn công nghiệp.....	4
1.2.3. Nguồn giao thông	5
1.2.4. Nguồn nông nghiệp	5
1.2.5. Nguồn tự nhiên	5
1.3. Cơ chế phát sinh và lan truyền chất ô nhiễm.....	5
1.3.1. Phát sinh tại nguồn	5
1.3.2. Vận chuyển trong môi trường.....	5
1.3.3. Tích tụ và biến đổi.....	5
1.4. Tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước.....	6
1.4.1. Các phương pháp xác định nguồn ô nhiễm	6
1.4.2. Kết quả nghiên cứu điển hình.....	6
1.5. Khái niệm, phân loại và đặc điểm của hạt vi nhựa.....	6
1.5.1. Khái niệm hạt vi nhựa	6
1.5.2. Phân loại hạt vi nhựa	6
1.5.3 Đặc điểm lý – hóa của hạt vi nhựa	9
1.5.3.1. Kích thước và hình dạng.....	9
1.5.3.2. Khối lượng riêng và khả năng nổi – lắng	9
1.5.3.3. Cấu trúc bề mặt và diện tích bề mặt riêng	10
1.5.3.4. Tính chất hóa học và độ bền.....	10
1.5.3.5. Khả năng hấp phụ các chất ô nhiễm.....	10
1.5.3.6. Khả năng tương tác sinh học	11

1.6. Nguồn phát sinh hạt vi nhựa trong môi trường đô thị	11
1.6.1. Nguồn vi nhựa sơ cấp	11
1.6.2. Nguồn vi nhựa thứ cấp	12
1.7. Tác động của hạt vi nhựa đến môi trường và sức khỏe con người.....	13
1.7.1. Tác động của hạt vi nhựa đến môi trường	13
1.7.2. Tác động của hạt vi nhựa đến sức khỏe con người	14
1.8. Hiện trạng môi trường	15
1.8.1. Hiện trạng môi trường nước	15
1.8.2. Hiện trạng môi trường không khí	16
1.8.3. Hiện trạng môi trường đất	16
CHƯƠNG 2. XÁC ĐỊNH NGUỒN PHÁT SINH HẠT VI NHỰA GÂY Ô NHIỄM NGUỒN NƯỚC TẠI ĐÔ THỊ.....	18
2.1. Nhận dạng các nguồn gây ô nhiễm.....	18
2.1.1. Nguồn sinh hoạt.....	18
2.1.2. Nguồn công nghiệp.....	19
2.1.3. Nguồn giao thông	20
2.1.4. Nguồn khác.....	21
2.2. Đặc điểm ô nhiễm theo từng nguồn.....	24
2.2.1. Đặc điểm ô nhiễm từ nguồn sinh hoạt	24
2.2.2. Đặc điểm ô nhiễm từ nguồn công nghiệp.....	25
2.2.3. Đặc điểm ô nhiễm từ nguồn giao thông	25
2.2.4. Đặc điểm ô nhiễm từ các nguồn khác.....	26
2.3. Đánh giá mức độ đóng góp của các nguồn phát sinh vi nhựa trong môi trường nước đô thị Hải Phòng	26
2.3.1. Kết quả phân tích hàm lượng vi nhựa trong các loại nước đô thị	27
2.3.2. Phân tích tỷ lệ đóng góp của các nguồn phát sinh vi nhựa.....	27
2.3.3. Mối liên hệ giữa vi nhựa và các chỉ tiêu ô nhiễm nước.....	28
2.3.4. Đánh giá nguồn gây rủi ro cao đối với nguồn nước	29
2.4. Đánh giá mức độ đóng góp của các nguồn gây ô nhiễm vi nhựa trong môi trường nước đô thị Hải Phòng.....	29
2.4.1. Xác định nguồn chính và nguồn thứ cấp	29
2.4.2. Ma trận nguồn – tác động của ô nhiễm vi nhựa	30
CHƯƠNG 3. GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC TÌNH TRẠNG Ô NHIỄM NGUỒN NƯỚC DO HẠT VI NHỰA	32
3.1. Giải pháp quản lý nhằm giảm thiểu ô nhiễm vi nhựa trong nguồn nước	32
3.1.1. Hoàn thiện khung pháp lý và cơ chế quản lý đối với ô nhiễm vi nhựa	33
3.1.2. Tăng cường kiểm soát phát thải vi nhựa tại nguồn (giải pháp then chốt)	33
3.1.3. Áp dụng và mở rộng trách nhiệm của nhà sản xuất (EPR)	33

3.1.4. Nâng cao năng lực giám sát, quan trắc và công khai thông tin	34
3.1.5. Tăng cường tuyên truyền và nâng cao nhận thức cộng đồng	34
3.1.6. Nhận xét chung về giải pháp quản lý	34
3.2. Giải pháp kỹ thuật nhằm giảm thiểu ô nhiễm vi nhựa trong nguồn nước	35
3.3. Giải pháp tại hộ gia đình và cộng đồng nhằm hạn chế phát sinh vi nhựa	35
3.3.1. Kiểm soát phát thải vi nhựa từ hoạt động giặt giũ.....	35
3.3.2. Hạn chế vi nhựa sơ cấp từ mỹ phẩm và sản phẩm chăm sóc cá nhân	36
3.3.3. Giảm phát sinh vi nhựa thứ cấp từ dụng cụ sinh hoạt và rác thải.....	36
3.3.4. Chủ động bảo vệ sức khỏe thông qua thiết bị lọc nước tại hộ gia đình.....	37
3.3.5. Nâng cao vai trò của cộng đồng và truyền thông	37
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	38
1. Kết luận	38
2. Kiến nghị đối với cơ quan quản lý	38
3. Kiến nghị đối với đơn vị và địa phương nghiên cứu (Hải Phòng)	39
TÀI LIỆU THAM KHẢO	40

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Tỷ lệ các dạng hạt vi nhựa trong mẫu nước.....	8
Bảng 1.2. Phân bố kích thước hạt vi nhựa.....	8
Bảng 2.1. Tổng hợp các nguồn phát sinh vi nhựa – con đường lan truyền – tác động môi trường đô thị.....	23
Bảng 2.2. Hàm lượng vi nhựa trung bình trong các môi trường nước.....	27
Bảng 2.3. Tỷ lệ đóng góp vi nhựa theo nguồn phát sinh.....	27
Bảng 2.4. Các chỉ tiêu BOD, COD, TSS trong các loại nước.....	28
Bảng 2.5. Phân loại mức độ đóng góp của các nguồn phát sinh vi nhựa.....	30
Bảng 2.6. Ma trận đánh giá mối quan hệ giữa nguồn phát sinh và tác động.....	30

DANH MỤC SƠ ĐỒ

Sơ đồ 2.1. Dòng phát sinh vi nhựa trong sinh hoạt đô thị.....	19
Sơ đồ 2.2. Dòng phát sinh vi nhựa trong hoạt động công nghiệp	20
Sơ đồ 2.3. Dòng phát sinh vi nhựa trong hoạt động giao thông.....	21
Sơ đồ 2.4. Sơ đồ dòng phát sinh vi nhựa tại các nguồn khác.....	22
Hình 2.1. So sánh các chỉ tiêu BOD, COD và TSS trong các loại mẫu nước.....	28

DANH MỤC HÌNH

THUẬT NGỮ VÀ VIẾT TẮT

BOD:Nhu cầu oxy sinh hóa

COD:Nhu cầu oxy hóa học

TSS: Tổng chất rắn lơ lửng

QCVN: Quy chuẩn Việt Nam

BTNMT:Bộ Tài Nguyên và Môi trường

XLNT: Xử lý nước thải

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên, em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến ban lãnh đạo nhà trường, các thầy cô giáo trong Ban giám hiệu Trường Đại học Quản lý & công nghệ Hải Phòng, đặc biệt là các thầy cô trong Khoa Kỹ thuật Môi trường đã tạo điều kiện thuận lợi, trang bị cho em những kiến thức quý báu trong suốt quá trình học tập và rèn luyện tại trường.

Em xin chân thành cảm ơn Ths. Nguyễn Thị Tươi- người đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo và định hướng cho em trong suốt quá trình thực hiện khóa luận này. Sự am hiểu sâu sắc, những góp ý chân thành và sự động viên của cô đã giúp em vượt qua những khó khăn, hoàn thiện khóa luận một cách tốt nhất.

Em cũng xin gửi lời cảm ơn đến các Thầy cô là giảng viên Khoa Môi trường đã chỉ bảo, hướng dẫn em trong suốt quá trình học tập tại trường.

Cuối cùng, em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến gia đình, bạn bè và những người thân yêu đã luôn bên cạnh, động viên và ủng hộ em trong suốt quá trình học tập và thực hiện khóa luận này.

Mặc dù đã rất cố gắng, nhưng khóa luận không thể tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong nhận được những ý kiến đóng góp, chỉ bảo của quý thầy cô để khóa luận được hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hải Phòng, ngày... tháng... năm 2025

Sinh viên

Lưu Công Minh

MỞ ĐẦU

Trong những thập kỷ gần đây, ô nhiễm môi trường đã và đang trở thành một trong những thách thức nghiêm trọng nhất đối với sự phát triển bền vững của nhân loại. Trên phạm vi toàn cầu, quá trình công nghiệp hóa, đô thị hóa nhanh chóng cùng với sự gia tăng dân số đã làm gia tăng mạnh mẽ lượng chất thải phát sinh ra môi trường, đặc biệt là các dạng ô nhiễm nước, không khí và đất. Bên cạnh các chất ô nhiễm truyền thống, nhiều dạng ô nhiễm mới nổi như hạt vi nhựa, nano nhựa và các hợp chất hữu cơ khó phân hủy đang ngày càng được quan tâm do khả năng lan truyền rộng, khó kiểm soát và tiềm ẩn nhiều rủi ro đối với hệ sinh thái và sức khỏe con người.

Tại Việt Nam, cùng với tốc độ phát triển kinh tế – xã hội nhanh, vấn đề ô nhiễm môi trường, đặc biệt là ô nhiễm nguồn nước đô thị, đang diễn ra ngày càng phức tạp. Nguồn nước mặt và nước ngầm – vốn là nguồn cấp chính cho hệ thống nước sạch – đang chịu tác động từ nhiều nguồn thải khác nhau như nước thải sinh hoạt, nước thải công nghiệp, hoạt động giao thông và rác thải nhựa đô thị. Trong những năm gần đây, các nghiên cứu bước đầu đã ghi nhận sự hiện diện của hạt vi nhựa trong sông, hồ, nước thải và thậm chí trong nước máy tại một số đô thị lớn, cho thấy nguy cơ ô nhiễm vi nhựa đã vượt ra ngoài phạm vi môi trường tự nhiên và xâm nhập trực tiếp vào đời sống con người.

Ở quy mô địa phương, các đô thị lớn và đang phát triển như Hải Phòng là những khu vực chịu áp lực môi trường rất lớn. Với đặc thù là thành phố cảng, tập trung nhiều khu công nghiệp, mật độ dân cư cao và hệ thống sông ngòi dày đặc, Hải Phòng phải đối mặt với nguy cơ ô nhiễm nguồn nước ngày càng gia tăng. Nước thải sinh hoạt chưa được xử lý triệt để, nước thải công nghiệp, hoạt động giao thông đô thị và rác thải nhựa phát sinh hàng ngày là những yếu tố tiềm ẩn làm gia tăng hàm lượng vi nhựa trong các nguồn nước mặt và nguồn nước cấp cho sinh hoạt. Tuy nhiên, các đánh giá hiện nay chủ yếu mới dừng lại ở việc phân tích chất lượng nước theo các chỉ tiêu truyền thống như BOD, COD, TSS, mà chưa làm rõ vai trò và nguồn gốc phát sinh của hạt vi nhựa trong nước sạch đô thị.

Trong quản lý môi trường, việc xác định đúng và đầy đủ nguồn gây ô nhiễm có ý nghĩa quyết định đối với hiệu quả của các giải pháp kiểm soát và xử lý. Nếu không xác định chính xác nguồn phát sinh, các biện pháp kỹ thuật và quản lý sẽ mang tính bị động, tốn kém chi phí nhưng hiệu quả không bền vững. Đối với ô nhiễm vi nhựa, vấn đề này càng trở nên cấp thiết do vi nhựa có thể phát sinh từ nhiều nguồn khác nhau, lan truyền

qua nhiều con đường và không dễ bị loại bỏ hoàn toàn trong các hệ thống xử lý nước truyền thống.

Mặc dù trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về sự hiện diện và tác động của vi nhựa trong môi trường nước, các nghiên cứu chuyên sâu về xác định nguồn phát sinh hạt vi nhựa gây ô nhiễm nước sạch tại đô thị, đặc biệt trong điều kiện cụ thể của Việt Nam, vẫn còn hạn chế. Phần lớn các nghiên cứu trong nước hiện nay tập trung vào môi trường biển, trầm tích hoặc nước mặt, trong khi các nghiên cứu liên quan trực tiếp đến hệ thống cấp nước đô thị và nước sạch phục vụ sinh hoạt còn rất ít. Đây chính là khoảng trống nghiên cứu cần được tiếp tục làm rõ nhằm phục vụ công tác quản lý và bảo vệ nguồn nước.

Xuất phát từ những vấn đề nêu trên, tác giả đã lựa chọn đề tài ***“Xác định nguồn phát sinh hạt vi nhựa gây ô nhiễm nguồn nước sạch và đề xuất biện pháp giảm thiểu”*** làm nội dung nghiên cứu cho khóa luận tốt nghiệp ngành Kỹ thuật Môi trường. Mục tiêu của đề tài là làm rõ các nguồn phát sinh vi nhựa chủ yếu trong khu vực đô thị, từ đó đề xuất một số giải pháp nhằm hạn chế ô nhiễm vi nhựa, góp phần bảo vệ nguồn nước sạch và sức khỏe cộng đồng.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ VÀ Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG VÀ HẠT VI NHỰA

1.1. Khái niệm và phân loại ô nhiễm môi trường

Ô nhiễm môi trường là một trong những thách thức nghiêm trọng nhất đối với sự phát triển bền vững của nhân loại trong thế kỷ XXI. Theo Luật Bảo vệ môi trường Việt Nam (2020), ô nhiễm môi trường là sự biến đổi của các thành phần môi trường không phù hợp với tiêu chuẩn môi trường, gây ảnh hưởng xấu đến con người, sinh vật và tự nhiên. Ô nhiễm môi trường có thể xảy ra trên quy mô cục bộ, khu vực hoặc toàn cầu, tùy thuộc vào nguồn phát sinh và khả năng lan truyền của các chất ô nhiễm.

Dựa trên thành phần môi trường bị tác động, ô nhiễm môi trường thường được phân thành ô nhiễm nước, ô nhiễm không khí, ô nhiễm đất và các dạng ô nhiễm mới nổi. Trong đó, ô nhiễm nước, đặc biệt là ô nhiễm nguồn nước sạch đô thị, đang trở thành vấn đề cấp thiết tại nhiều quốc gia đang phát triển, trong đó có Việt Nam.

1.1.1. Ô nhiễm nước

Ô nhiễm nước là hiện tượng các thủy vực tự nhiên và nhân tạo bị suy giảm chất lượng do sự xâm nhập của các chất gây ô nhiễm như chất hữu cơ, chất vô cơ, vi sinh vật gây bệnh, kim loại nặng và các hạt rắn lơ lửng. Các chỉ tiêu truyền thống đánh giá ô nhiễm nước bao gồm BOD, COD, TSS, pH, amoni, nitrat và coliform.

Trong điều kiện đô thị hóa nhanh, nước thải sinh hoạt và công nghiệp phát sinh với lưu lượng lớn nhưng chưa được xử lý triệt để đã gây áp lực lớn lên nguồn nước mặt và nước ngầm. Đặc biệt, các nghiên cứu gần đây cho thấy sự xuất hiện của hạt vi nhựa trong nước mặt, nước thải và cả nước sạch sau xử lý, làm gia tăng mức độ phức tạp của vấn đề ô nhiễm nước.

Vi nhựa không chỉ tồn tại độc lập mà còn có khả năng hấp phụ các chất ô nhiễm khác, làm tăng nguy cơ lan truyền các hợp chất độc hại vào hệ thống cấp nước đô thị.

1.1.2. Ô nhiễm không khí

Ô nhiễm không khí là sự gia tăng nồng độ các chất khí và bụi trong không khí vượt quá giới hạn cho phép. Các chất ô nhiễm phổ biến bao gồm bụi mịn PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO_x, CO và các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi.

Mối liên hệ giữa ô nhiễm không khí và ô nhiễm nước ngày càng được làm rõ. Các hạt vi nhựa dạng sợi có thể phát tán trong không khí đô thị, sau đó lắng đọng xuống các

thủy vực thông qua mưa hoặc lắng khô, góp phần làm gia tăng hàm lượng vi nhựa trong nguồn nước sạch.

1.1.3. Ô nhiễm đất

Ô nhiễm đất xảy ra khi đất bị tích tụ các chất độc hại vượt ngưỡng cho phép, làm suy giảm chất lượng đất và ảnh hưởng đến hệ sinh thái đất. Trong môi trường đô thị và ven đô, rác thải nhựa và bùn thải từ hệ thống xử lý nước là những nguồn phát sinh vi nhựa quan trọng trong đất.

Vi nhựa trong đất có khả năng tồn tại lâu dài, bị phân mảnh dần thành các hạt nhỏ hơn và theo quá trình rửa trôi, thấm lọc xâm nhập vào nước mặt và nước ngầm.

1.1.4. Các dạng ô nhiễm mới nổi

Các chất ô nhiễm mới nổi (emerging pollutants) bao gồm vi nhựa, nano nhựa, dược phẩm, hormone, chất kháng sinh và các hợp chất hữu cơ khó phân hủy. Đây là nhóm chất chưa được kiểm soát đầy đủ trong các quy chuẩn môi trường hiện hành nhưng có tiềm năng gây tác động lâu dài đến môi trường và sức khỏe con người.

Trong nhóm này, vi nhựa được xem là mối đe dọa toàn cầu do khả năng lan truyền rộng, khó phân hủy và có mặt trong hầu hết các thành phần môi trường.

1.2. Các nguồn gây ô nhiễm môi trường

1.2.1. Nguồn sinh hoạt đô thị

Nguồn sinh hoạt đô thị là nguồn gây ô nhiễm phổ biến và phân tán nhất, bao gồm nước thải từ hộ gia đình, khu dân cư, trường học, bệnh viện và các hoạt động dịch vụ. Nước thải sinh hoạt chứa nhiều chất hữu cơ, chất tẩy rửa, vi sinh vật và đặc biệt là các hạt vi nhựa phát sinh từ mỹ phẩm, sản phẩm chăm sóc cá nhân và sợi vải tổng hợp trong quá trình giặt giũ.

Đối với ô nhiễm nước sạch, nguồn sinh hoạt đô thị đóng vai trò quan trọng do vi nhựa từ nước thải có thể không được loại bỏ hoàn toàn trong các hệ thống xử lý nước và xâm nhập vào nguồn nước cấp.

1.2.2. Nguồn công nghiệp

Nguồn công nghiệp bao gồm nước thải từ các khu công nghiệp, nhà máy sản xuất nhựa, dệt may, hóa chất, thực phẩm và vật liệu xây dựng. Các hoạt động này có thể phát sinh vi nhựa sơ cấp (hạt nhựa sản xuất có chủ đích) và vi nhựa thứ cấp (từ mài mòn, phân rã vật liệu nhựa).

Nếu hệ thống xử lý nước thải công nghiệp không đạt yêu cầu hoặc vận hành không hiệu quả, vi nhựa sẽ theo dòng thải ra môi trường nước mặt và ảnh hưởng đến nguồn nước cấp đô thị.

1.2.3. Nguồn giao thông

Hoạt động giao thông là nguồn phát sinh vi nhựa đáng kể thông qua quá trình mài mòn lốp xe, sơn đường và các vật liệu polymer khác. Các hạt vi nhựa này tích tụ trên bề mặt đường phố và bị cuốn trôi vào hệ thống thoát nước đô thị khi có mưa, sau đó xâm nhập vào sông, hồ và nguồn nước cấp.

1.2.4. Nguồn nông nghiệp

Trong nông nghiệp, việc sử dụng màng phủ nhựa, ống tưới, bao bì phân bón và thuốc bảo vệ thực vật là nguồn phát sinh vi nhựa thứ cấp. Các hạt vi nhựa từ đất nông nghiệp có thể theo dòng chảy mặt hoặc thấm vào nước ngầm, gián tiếp gây ô nhiễm nguồn nước.

1.2.5. Nguồn tự nhiên

Nguồn tự nhiên bao gồm quá trình phong hóa tự nhiên, xói mòn đất đá và các hiện tượng tự nhiên khác. Tuy nhiên, đối với vi nhựa, nguồn tự nhiên đóng vai trò không đáng kể so với các nguồn phát sinh từ hoạt động của con người.

1.3. Cơ chế phát sinh và lan truyền chất ô nhiễm

1.3.1. Phát sinh tại nguồn

Chất ô nhiễm phát sinh trực tiếp từ các hoạt động sinh hoạt, sản xuất, giao thông và dịch vụ. Đối với vi nhựa, quá trình phát sinh có thể là chủ động (vi nhựa sơ cấp) hoặc thụ động thông qua sự phân rã của các sản phẩm nhựa lớn hơn.

1.3.2. Vận chuyển trong môi trường

Sau khi phát sinh, chất ô nhiễm được vận chuyển thông qua nước, không khí và đất. Vi nhựa có thể di chuyển xa khỏi nguồn phát sinh ban đầu nhờ dòng chảy nước, gió và các quá trình thủy động lực học, làm cho việc truy vết nguồn trở nên phức tạp.

1.3.3. Tích tụ và biến đổi

Chất ô nhiễm có thể tích tụ trong trầm tích, sinh vật và chuỗi thức ăn. Vi nhựa có khả năng hấp phụ các chất ô nhiễm khác như kim loại nặng và chất hữu cơ độc hại, làm gia tăng mức độ nguy hiểm đối với môi trường và sức khỏe con người.

1.4. Tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước

1.4.1. Các phương pháp xác định nguồn ô nhiễm

Các phương pháp phổ biến bao gồm khảo sát thực địa, phân tích mẫu môi trường, sử dụng chỉ thị hóa học, phân tích hình thái – thành phần hạt vi nhựa và mô hình hóa lan truyền ô nhiễm. Đối với vi nhựa, các kỹ thuật như kính hiển vi, μ -FTIR và Raman được sử dụng để định danh nguồn gốc polymer.

1.4.2. Kết quả nghiên cứu điển hình

Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã phát hiện vi nhựa trong nước máy, nước đóng chai và nguồn nước mặt với mật độ khác nhau, cho thấy vi nhựa có thể vượt qua các quy trình xử lý nước truyền thống. Tại Việt Nam, các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào môi trường biển và nước mặt, bước đầu ghi nhận sự hiện diện phổ biến của vi nhựa tại các khu vực đô thị lớn.

Tuy nhiên số lượng nghiên cứu về vi nhựa ngày càng tăng, các nghiên cứu chuyên sâu về xác định nguồn phát sinh vi nhựa gây ô nhiễm nước sạch tại đô thị vẫn còn hạn chế, đặc biệt là các nghiên cứu gắn với điều kiện thực tế và hệ thống cấp nước đô thị tại Việt Nam. Đây chính là cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc thực hiện đề tài này.

1.5. Khái niệm, phân loại và đặc điểm của hạt vi nhựa

1.5.1. Khái niệm hạt vi nhựa

Theo định nghĩa của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO), hạt vi nhựa là các hạt nhựa có kích thước nhỏ hơn 5 mm, không tan trong nước và có nguồn gốc từ các polymer tổng hợp. Vi nhựa có thể tồn tại ở nhiều hình dạng và kích thước khác nhau, gây khó khăn cho việc nhận diện và xử lý trong môi trường.

1.5.2. Phân loại hạt vi nhựa

Hạt vi nhựa thường được phân loại theo các tiêu chí sau:

a) Theo nguồn gốc hình thành

- Vi nhựa sơ cấp: hạt nhựa trong mỹ phẩm, sản phẩm tẩy rửa, hạt mài công nghiệp
- Vi nhựa thứ cấp: mảnh vỡ từ túi nilon, chai nhựa, lốp xe, sơn phủ

Hạt vi nhựa sơ cấp là những hạt nhựa nhỏ được sản xuất ở kích thước nhỏ cho các mục đích cụ thể. Những hạt này không phải là kết quả của việc các vật dụng nhựa lớn hơn bị vỡ ra mà ngay từ đầu đã được thiết kế, sản xuất với kích thước nhỏ. Các hạt vi

nhựa sơ cấp có thể được tìm thấy trong nhiều sản phẩm tiêu dùng và công nghiệp khác nhau, được thải ra môi trường thông qua việc sử dụng hoặc thải bỏ những sản phẩm đó.

Dưới đây là một số ví dụ phổ biến về hạt vi nhựa sơ cấp:

- **Microbeads:** Microbeads là những hạt nhựa bé xíu, nhỏ li ti có đường kính thông thường nhỏ hơn 1mm. Hạt nhựa này có hình cầu, thường được sử dụng trong các sản phẩm chăm sóc cá nhân như tẩy tế bào chết, kem đánh răng và mỹ phẩm. Chúng được thêm vào để tạo ra kết cấu và độ mài mòn. Khi những sản phẩm này trôi xuống cống, các hạt vi sinh có thể đọng lại trong nước và đại dương, gây ô nhiễm và gây hại cho đời sống thủy sinh.
- **Microfibers:** Microfibers là các sợi nhỏ có đường kính thường ít hơn 1 denier (đơn vị đo lường độ mỏng của sợi) hoặc khoảng 10 micromet (10 μm). Để so sánh, một sợi tóc người thường có đường kính khoảng 75 micromet. Microfibers có tính năng đặc biệt về độ mịn và mềm mại, điều này làm cho chúng được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng, bao gồm sản xuất quần áo, đồ dùng gia đình, và sản phẩm làm sạch. Trong ngành công nghiệp thời trang, microfibers thường được sử dụng để tạo ra các sản phẩm như áo len, áo khoác, và các loại vải cao cấp khác.

Nhóm vi nhựa thứ cấp có nguồn gốc từ những vật liệu nhựa kích thước lớn (>5mm) do các tác động của con người hoặc các quá trình của tự nhiên làm cho vật liệu nhựa lớn bị phân hủy thành các mảnh, sợi, hạt nhựa có kích thước nhỏ hoặc siêu nhỏ. Các hạt vi nhựa thứ cấp được tạo ra do tác động của nhiều yếu tố môi trường khác nhau, bao gồm ánh sáng mặt trời, nhiệt và tác động cơ học, khiến các vật thể nhựa lớn hơn bị hư hỏng và vỡ thành các mảnh nhỏ. Những hạt vi nhựa thứ cấp này có thể được tìm thấy trong nhiều hệ sinh thái khác nhau và thường là nguồn chính gây ra tình trạng ô nhiễm do nhựa.

Dưới đây là một số ví dụ phổ biến về vi nhựa thứ cấp:

- **Vi mảnh:** Đây là các mảnh nhựa nhỏ do sự phân hủy vật lý của các vật dụng nhựa lớn hơn như chai, hộp đựng và vật liệu đóng gói. Các mảnh nhỏ này có thể được tạo ra thông qua nhiều cách, bao gồm sự mài mòn tự nhiên do thời gian và điều kiện môi trường, hoặc qua quá trình hủy hoại như sự tác động của sóng biển, ánh nắng mặt trời, và việc tiếp xúc với hóa chất. Những mảnh vỡ này bị gió và nước cuốn đi, bị động vật biển và trên cạn ăn phải, gây hại cho cả động vật hoang dã và hệ sinh thái.

- Hạt/ viên nhựa (nurdle): Hạt nhựa này được tạo ra từ việc tái chế nhựa đã được sử dụng và chế biến thành các hạt nhỏ có kích thước từ 1 đến 5 mm. Những hạt vi nhựa này thường được sử dụng làm nguyên liệu đầu vào trong quá trình sản xuất các sản phẩm nhựa mới. Tuy nhiên, nếu không được quản lý đúng cách, chúng có thể rơi vào môi trường và gây ra vấn đề ô nhiễm môi trường lớn.
- Hạt vi nhựa xộp: Một số loại nhựa được sử dụng để sản xuất bao bì và vật liệu cách nhiệt nhẹ. Theo thời gian, những vật liệu này có thể phân hủy thành các hạt xộp nhỏ hơn, trở thành các hạt vi nhựa thứ cấp gây ô nhiễm môi trường.

b) Theo hình dạng

- Dạng sợi (fiber)
- Dạng mảnh (fragment)
- Dạng hạt tròn (pellet)
- Dạng màng (film)

Bảng 1.1. Tỷ lệ các dạng hạt vi nhựa trong mẫu nước

Dạng vi nhựa	Tỷ lệ (%)
Sợi (fiber)	52
Mảnh (fragment)	31
Hạt tròn (pellet)	17

c) Theo kích thước

- < 0,5 mm
- 0,5 – 1 mm
- 1 – 5 mm

Bảng 1.2. Phân bố kích thước hạt vi nhựa

Kích thước (mm)	Tỷ lệ (%)
< 0,5 mm	46
0,5 – 1 mm	29
1 – 3 mm	18
> 3 mm	7

1.5.3 Đặc điểm lý – hóa của hạt vi nhựa

Hạt vi nhựa có những đặc điểm lý – hóa riêng biệt so với các dạng chất ô nhiễm truyền thống, chính những đặc điểm này đã làm gia tăng khả năng tồn lưu, lan truyền và gây tác động tiêu cực của vi nhựa trong môi trường nước. Việc nghiên cứu các đặc điểm lý – hóa của hạt vi nhựa có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá hành vi, cơ chế phát tán cũng như khả năng xử lý chúng trong các hệ thống xử lý nước.

1.5.3.1. Kích thước và hình dạng

Hạt vi nhựa có kích thước rất đa dạng, phổ biến trong khoảng từ vài micromet đến dưới 5 mm. Trong môi trường nước đô thị, các hạt vi nhựa có kích thước nhỏ hơn 1 mm thường chiếm tỷ lệ lớn. Kích thước nhỏ khiến vi nhựa:

- Khó bị lắng xuống đáy nước
- Dễ dàng phân tán theo dòng chảy
- Dễ đi qua các công trình xử lý nước truyền thống

Về hình dạng, vi nhựa tồn tại dưới nhiều dạng khác nhau như sợi, mảnh, hạt tròn và màng mỏng. Trong đó:

- Vi nhựa dạng sợi (fiber) thường phát sinh từ quần áo sợi tổng hợp và lưới đánh cá, có chiều dài lớn nhưng đường kính rất nhỏ.
- Vi nhựa dạng mảnh (fragment) có nguồn gốc từ sự phân rã của các sản phẩm nhựa lớn.
- Vi nhựa dạng hạt (pellet) thường là nhựa nguyên sinh hoặc vi nhựa sơ cấp.

Hình dạng khác nhau ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng di chuyển, lắng đọng và tương tác của vi nhựa với các sinh vật và chất ô nhiễm khác trong môi trường nước.

1.5.3.2. Khối lượng riêng và khả năng nổi – lắng

Khối lượng riêng của hạt vi nhựa phụ thuộc vào loại polymer cấu thành. Một số loại polymer phổ biến có khối lượng riêng nhỏ hơn nước như polyethylene (PE) và polypropylene (PP), khiến chúng có xu hướng nổi trên bề mặt nước. Trong khi đó, các polymer có khối lượng riêng lớn hơn nước như polyvinyl chloride (PVC) và polyethylene terephthalate (PET) thường có xu hướng lắng xuống đáy.

Tuy nhiên, trong điều kiện môi trường tự nhiên, khả năng nổi – lắng của vi nhựa còn chịu ảnh hưởng bởi:

- Quá trình bám dính sinh học (biofouling)
- Sự hấp phụ các hạt khoáng, chất hữu cơ
- Hình dạng và kích thước của hạt

Do đó, vi nhựa có thể phân bố ở nhiều tầng khác nhau trong cột nước, từ bề mặt đến trầm tích đáy, làm gia tăng phạm vi ảnh hưởng trong môi trường nước.

1.5.3.3. Cấu trúc bề mặt và diện tích bề mặt riêng

Hạt vi nhựa thường có bề mặt không nhẵn, đặc biệt là các hạt vi nhựa thứ cấp hình thành từ quá trình phong hóa cơ học và quang hóa. Bề mặt gồ ghề và nứt vỡ làm tăng diện tích bề mặt riêng của hạt vi nhựa, tạo điều kiện thuận lợi cho:

- Sự hấp phụ các chất ô nhiễm khác
- Sự bám dính của vi sinh vật
- Các phản ứng hóa học trên bề mặt hạt

Diện tích bề mặt riêng lớn khiến vi nhựa đóng vai trò như một “vật mang” (vector) cho nhiều chất ô nhiễm nguy hại trong môi trường nước.

1.5.3.4. Tính chất hóa học và độ bền

Về bản chất hóa học, vi nhựa được cấu thành từ các polymer tổng hợp có cấu trúc bền vững, khó bị phân hủy sinh học. Trong điều kiện môi trường nước, vi nhựa chỉ bị phân rã rất chậm dưới tác động của ánh sáng mặt trời, nhiệt độ và quá trình oxy hóa.

Ngoài polymer chính, vi nhựa còn chứa nhiều phụ gia như:

- Chất hóa dẻo (phthalates)
- Chất ổn định nhiệt
- Chất chống tia UV
- Chất chống cháy

Các phụ gia này có thể bị giải phóng dần ra môi trường nước, góp phần gây ô nhiễm hóa học thứ cấp và tiềm ẩn nguy cơ ảnh hưởng đến sinh vật và sức khỏe con người.

1.5.3.5. Khả năng hấp phụ các chất ô nhiễm

Một trong những đặc điểm lý – hóa quan trọng nhất của vi nhựa là khả năng hấp phụ mạnh các chất ô nhiễm khác trong môi trường nước, bao gồm:

- Kim loại nặng (Pb, Cd, Hg, Cu, Zn...)
- Hợp chất hữu cơ bền (PAHs, PCBs, thuốc trừ sâu)
- Vi sinh vật và mầm bệnh

Cơ chế hấp phụ diễn ra thông qua liên kết vật lý, hóa học và tương tác kỵ nước. Nhờ đó, vi nhựa có thể làm tăng khả năng di chuyển và tích lũy của các chất độc hại trong hệ sinh thái nước.

1.5.3.6. Khả năng tương tác sinh học

Hạt vi nhựa dễ bị sinh vật thủy sinh nhầm lẫn với thức ăn do kích thước nhỏ và hình dạng đa dạng. Khi xâm nhập vào cơ thể sinh vật, vi nhựa có thể:

- Gây tắc nghẽn cơ học
- Gây viêm và tổn thương mô
- Mang theo các chất độc hại và vi sinh vật vào cơ thể

Đặc biệt, các hạt vi nhựa có kích thước rất nhỏ (micro và nano nhựa) có khả năng xuyên qua hàng rào sinh học, làm gia tăng nguy cơ tác động lâu dài đến sức khỏe sinh vật và con người.

1.6. Nguồn phát sinh hạt vi nhựa trong môi trường đô thị

Hạt vi nhựa có thể phát sinh từ nhiều nguồn khác nhau và xâm nhập vào môi trường thông qua nhiều con đường, đặc biệt là trong khu vực đô thị – nơi tập trung đông dân cư, hoạt động sinh hoạt, giao thông và sản xuất công nghiệp. Nhìn chung, các nguồn phát sinh vi nhựa trong đô thị có thể được chia thành hai nhóm chính là nguồn vi nhựa sơ cấp và nguồn vi nhựa thứ cấp.

1.6.1. Nguồn vi nhựa sơ cấp

Vi nhựa sơ cấp là các hạt nhựa được sản xuất có chủ đích với kích thước rất nhỏ để phục vụ cho các mục đích cụ thể trong sinh hoạt và sản xuất công nghiệp. Các nguồn vi nhựa sơ cấp phổ biến trong đô thị bao gồm:

a) Mỹ phẩm và các sản phẩm chăm sóc cá nhân

Nhiều loại mỹ phẩm và sản phẩm chăm sóc cá nhân như sữa rửa mặt, kem đánh răng, sản phẩm tẩy tế bào chết có chứa các hạt vi nhựa (microbeads) làm từ polymer tổng hợp. Các hạt này được bổ sung nhằm tăng khả năng làm sạch hoặc tạo cảm giác mịn cho sản phẩm. Sau khi sử dụng, các hạt vi nhựa theo nước rửa trôi đi vào hệ thống

thoát nước và nước thải sinh hoạt. Do kích thước rất nhỏ, phần lớn vi nhựa không bị loại bỏ hoàn toàn trong các hệ thống xử lý nước thải, từ đó xâm nhập vào các thủy vực tự nhiên.

b) Sợi tổng hợp từ vải dệt may

Quần áo làm từ các loại vải tổng hợp như polyester, nylon và acrylic là nguồn phát sinh vi nhựa đáng kể trong đô thị. Trong quá trình giặt giũ, các sợi vải tổng hợp bị bong ra và tạo thành các sợi vi nhựa có kích thước rất nhỏ. Ước tính mỗi lần giặt có thể giải phóng hàng nghìn đến hàng triệu sợi vi nhựa vào nước thải sinh hoạt, góp phần làm gia tăng nồng độ vi nhựa trong môi trường nước đô thị.

c) Mài mòn lốp xe

Lốp xe được cấu tạo từ cao su tổng hợp và các polymer khác. Trong quá trình xe cộ lưu thông, lốp xe bị mài mòn, tạo ra các hạt vi nhựa và bụi cao su có kích thước nhỏ. Các hạt này lắng đọng trên bề mặt đường phố hoặc phát tán trong không khí, sau đó bị cuốn trôi vào hệ thống thoát nước đô thị thông qua nước mưa chảy tràn. Đây được xem là một trong những nguồn vi nhựa sơ cấp lớn nhất tại các đô thị có mật độ giao thông cao.

d) Sơn và các lớp phủ bề mặt

Sơn sử dụng cho đường bộ, công trình xây dựng, tàu thuyền và các phương tiện giao thông thường chứa các polymer tổng hợp. Theo thời gian, dưới tác động của điều kiện thời tiết và cơ học, các lớp sơn và chất phủ này bị xuống cấp, bong tróc và giải phóng các hạt vi nhựa vào môi trường không khí và nước, đặc biệt là tại các khu vực cảng biển và giao thông đường thủy.

1.6.2. Nguồn vi nhựa thứ cấp

Vi nhựa thứ cấp được hình thành từ quá trình phân rã và phong hóa của các vật dụng nhựa có kích thước lớn hơn trong môi trường. Đây là nguồn phát sinh vi nhựa chủ yếu và chiếm tỷ trọng lớn trong tổng lượng vi nhựa tại các đô thị.

a) Rác thải nhựa sinh hoạt

Các vật dụng nhựa dùng một lần như chai nhựa, túi nilon, hộp đựng thực phẩm, bao bì nhựa nếu không được thu gom và xử lý đúng cách sẽ bị vứt bừa bãi ra môi trường. Dưới tác động của ánh sáng mặt trời, nhiệt độ, gió và các lực cơ học, các sản phẩm nhựa này dần bị phân mảnh thành các hạt vi nhựa có kích thước nhỏ hơn. Đây được xem là nguồn phát sinh vi nhựa thứ cấp lớn nhất trong môi trường đô thị.

b) Bao bì nhựa và vật liệu đóng gói

Bao bì nhựa, màng bọc, giấy gói và hộp nhựa khi tiếp xúc lâu dài với ánh sáng mặt trời và các tác nhân môi trường sẽ bị lão hóa và phân rã. Quá trình này tạo ra các mảnh vi nhựa nhỏ, dễ dàng xâm nhập vào môi trường nước và đất, đặc biệt tại các bãi tập kết rác thải và khu dân cư.

c) Hoạt động xây dựng và hạ tầng đô thị

Các vật liệu xây dựng bằng nhựa như ống dẫn nước, tấm lợp, vật liệu cách nhiệt và các phế thải xây dựng khi bị hư hỏng hoặc loại bỏ có thể phân rã thành vi nhựa. Các hạt này theo nước mưa chảy tràn hoặc quá trình xói mòn đi vào môi trường đất và nước.

d) Sản phẩm nhựa trong nông nghiệp

Trong khu vực ven đô, các sản phẩm nhựa dùng trong nông nghiệp như màng phủ, màng nhà kính và vải dệt nông nghiệp cũng là nguồn phát sinh vi nhựa thứ cấp. Dưới tác động của điều kiện thời tiết và hoạt động canh tác, các vật liệu này bị phân mảnh và giải phóng vi nhựa vào môi trường đất và nước mặt.

1.7. Tác động của hạt vi nhựa đến môi trường và sức khỏe con người

Sự xuất hiện ngày càng phổ biến của hạt vi nhựa trong môi trường đã và đang gây ra nhiều tác động tiêu cực đối với hệ sinh thái và sức khỏe con người. Do đặc tính kích thước nhỏ, độ bền cao và khả năng lan truyền rộng, vi nhựa không chỉ tồn tại lâu dài trong môi trường mà còn dễ dàng xâm nhập vào các chuỗi sinh học, gây ảnh hưởng ở nhiều cấp độ khác nhau.

1.7.1. Tác động của hạt vi nhựa đến môi trường

a) Ảnh hưởng đến môi trường đất

Hạt vi nhựa khi xâm nhập vào môi trường đất có thể gây ra nhiều biến đổi bất lợi đối với cấu trúc và chức năng của đất. Vi nhựa làm thay đổi độ xốp của đất, cản trở sự lưu thông của không khí, nước và các chất dinh dưỡng trong đất, từ đó ảnh hưởng đến sự phát triển của cây trồng và khả năng giữ nước của đất.

Bên cạnh đó, vi nhựa có khả năng hấp phụ các chất ô nhiễm như kim loại nặng, thuốc trừ sâu và các hợp chất hữu cơ độc hại. Khi tồn tại trong đất, các hạt vi nhựa trở thành “vật mang” các chất độc này, làm tăng nguy cơ lan truyền ô nhiễm vào chuỗi thức ăn thông qua cây trồng và sinh vật đất. Nhiều nghiên cứu cho thấy vi nhựa có thể gây tác động tiêu cực đến sinh vật đất như giun đất, làm rối loạn hoạt động sinh lý và ảnh hưởng đến chu trình dinh dưỡng trong đất.

b) Ảnh hưởng đến môi trường nước và hệ sinh thái thủy sinh

Vi nhựa hiện diện phổ biến trong môi trường nước ngọt và nước biển, từ sông hồ nội địa đến đại dương sâu. Chúng làm suy giảm chất lượng nước và gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến hệ sinh thái thủy sinh. Do kích thước nhỏ, vi nhựa dễ bị các sinh vật thủy sinh như cá, nhuyễn thể và động vật phù du nhầm lẫn với thức ăn.

Khi xâm nhập vào cơ thể sinh vật, vi nhựa có thể gây tắc nghẽn đường tiêu hóa, làm giảm khả năng hấp thụ dinh dưỡng, từ đó ảnh hưởng đến sinh trưởng, phát triển và sinh sản. Ngoài ra, vi nhựa tích tụ trong cơ thể sinh vật có thể được truyền qua các bậc dinh dưỡng khác nhau trong chuỗi thức ăn, dẫn đến hiện tượng khuếch đại sinh học, gây nguy cơ cho các loài sinh vật bậc cao hơn, bao gồm cả con người.

Trong môi trường biển, vi nhựa còn đe dọa sự ổn định của hệ sinh thái, làm suy giảm đa dạng sinh học và ảnh hưởng đến các loài sinh vật có giá trị kinh tế và sinh thái.

c) Ảnh hưởng đến môi trường không khí

Ngoài đất và nước, vi nhựa còn tồn tại trong không khí dưới dạng các hạt bụi nhỏ. Chúng phát sinh từ các hoạt động như đốt rác thải nhựa, mài mòn lốp xe, sự bong tróc của sợi vải tổng hợp và các hoạt động công nghiệp. Vi nhựa trong không khí có khả năng phát tán rộng rãi trong môi trường đô thị và lắng đọng xuống bề mặt đất, nước, góp phần làm gia tăng ô nhiễm thứ cấp.

1.7.2. Tác động của hạt vi nhựa đến sức khỏe con người

Con người có thể tiếp xúc với hạt vi nhựa thông qua nhiều con đường khác nhau như đường tiêu hóa (nước uống, thực phẩm), đường hô hấp (hít phải vi nhựa trong không khí) và tiếp xúc qua da. Mặc dù các tác động lâu dài của vi nhựa đối với sức khỏe con người vẫn đang được nghiên cứu, nhiều bằng chứng khoa học đã chỉ ra các nguy cơ tiềm ẩn đáng lo ngại.

a) Gây stress oxy hóa và độc tính tế bào

Khi vi nhựa xâm nhập vào cơ thể, chúng có thể kích thích sự hình thành các gốc tự do, gây ra tình trạng stress oxy hóa – sự mất cân bằng giữa các gốc tự do và hệ thống chống oxy hóa của cơ thể. Các nghiên cứu cho thấy nồng độ vi nhựa trong khoảng 0,05–10 mg/L có thể làm gia tăng stress oxy hóa, dẫn đến tổn thương tế bào, đặc biệt là tế bào não và tế bào biểu mô.

b) Ảnh hưởng đến chuyển hóa và cân bằng năng lượng

Việc tiếp xúc lâu dài với vi nhựa thông qua nước uống, thực phẩm và mỹ phẩm có thể làm biến đổi hoạt động của các enzyme chuyển hóa trong cơ thể. Sự rối loạn này có thể gây mất cân bằng dòng chảy năng lượng, dẫn đến các biểu hiện như mệt mỏi kéo dài, cơ thể suy nhược, tay chân dễ bị lạnh và giảm khả năng thích nghi sinh lý.

c) Nguy cơ gây ung thư

Hạt vi nhựa thường chứa hoặc hấp phụ các hợp chất độc hại, trong đó đáng chú ý là phthalate – một chất phụ gia được sử dụng phổ biến trong sản xuất nhựa dẻo. Phthalate đã được Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA) xếp vào danh sách các chất có khả năng gây ung thư. Các nghiên cứu thực nghiệm trên động vật cho thấy vi nhựa có thể tích tụ trong gan, làm tăng stress oxy hóa và gây tổn thương tế bào, từ đó làm gia tăng nguy cơ hình thành tế bào ung thư.

d) Di cư và tích tụ trong các mô của cơ thể

Nhiều nghiên cứu gần đây cho thấy hạt vi nhựa có khả năng xâm nhập vào hệ tuần hoàn và di chuyển đến nhiều mô khác nhau trong cơ thể. Các nhà khoa học tại Đại học Vrije Amsterdam (Hà Lan) đã phát hiện vi nhựa trong máu người, cho thấy khả năng lan truyền của vi nhựa trong hệ tim mạch. Sự tích tụ này có thể gây viêm tế bào, độc tế bào máu, tắc nghẽn động mạch và ảnh hưởng đến chức năng của các cơ quan.

e) Gây dị ứng và phản ứng viêm

Vi nhựa có thể tham gia vào quá trình kích thích sản sinh histamine trong cơ thể, từ đó gây ra các phản ứng dị ứng, viêm nhiễm, thậm chí là sốc phản vệ ở những người nhạy cảm. Điều này làm gia tăng nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng, đặc biệt là đối với trẻ em, người cao tuổi và những người có hệ miễn dịch suy giảm.

Từ những phân tích trên có thể thấy rằng hạt vi nhựa không chỉ là tác nhân gây ô nhiễm môi trường mà còn tiềm ẩn nhiều nguy cơ đối với sức khỏe con người. Việc kiểm soát nguồn phát sinh và hạn chế sự lan truyền của vi nhựa là yêu cầu cấp thiết nhằm bảo vệ hệ sinh thái và đảm bảo an toàn cho sức khỏe cộng đồng trong bối cảnh đô thị hóa ngày càng gia tăng.

1.8. Hiện trạng môi trường

1.8.1. Hiện trạng môi trường nước

Môi trường nước tại các đô thị hiện nay đang chịu áp lực lớn từ quá trình đô thị hóa nhanh, gia tăng dân số và phát triển công nghiệp – dịch vụ. Nguồn nước mặt trong đô thị bao gồm sông, kênh, hồ điều hòa và ao hồ tự nhiên, đồng thời cũng là nguồn tiếp

nhận chính nước thải sinh hoạt và công nghiệp sau xử lý hoặc chưa qua xử lý. Bên cạnh đó, nước ngầm và nước mặt còn được khai thác làm nguồn cấp cho hệ thống nước sạch phục vụ sinh hoạt.

Tại các đô thị lớn như Hải Phòng, hệ thống sông ngòi dày đặc (sông Cấm, sông Lạch Tray, sông Tam Bạc...) vừa đóng vai trò tiêu thoát nước vừa là nguồn cấp nước thô cho các nhà máy nước. Tuy nhiên, chất lượng nước mặt tại nhiều khu vực có dấu hiệu suy giảm, đặc biệt ở các đoạn sông chảy qua khu dân cư đông đúc và khu công nghiệp. Các chỉ tiêu ô nhiễm truyền thống như BOD, COD, TSS tại một số thời điểm vượt giới hạn cho phép, phản ánh sự gia tăng của nước thải sinh hoạt và công nghiệp.

Ngoài các chất ô nhiễm truyền thống, sự hiện diện của hạt vi nhựa trong môi trường nước đô thị đang ngày càng được ghi nhận. Vi nhựa có thể tồn tại trong nước thải sinh hoạt, nước mặt và thậm chí trong nước sạch sau xử lý. Nguyên nhân chủ yếu đến từ hoạt động giặt giũ quần áo sợi tổng hợp, sử dụng mỹ phẩm chứa vi nhựa, rác thải nhựa phân rã và dòng chảy mặt đô thị. Do kích thước nhỏ và khối lượng nhẹ, vi nhựa khó bị loại bỏ hoàn toàn bằng các công nghệ xử lý nước truyền thống, từ đó tiềm ẩn nguy cơ xâm nhập vào hệ thống cấp nước sinh hoạt.

1.8.2. Hiện trạng môi trường không khí

Môi trường không khí tại các đô thị chịu tác động mạnh từ hoạt động giao thông, sản xuất công nghiệp, xây dựng và sinh hoạt dân cư. Các nguồn phát thải chính bao gồm khí thải từ phương tiện giao thông cơ giới, khí thải công nghiệp, bụi từ hoạt động xây dựng và đốt rác thải.

Tại các đô thị ven biển và cảng biển như Hải Phòng, ngoài các nguồn ô nhiễm phổ biến, hoạt động cảng biển, logistics và tàu thuyền cũng góp phần làm gia tăng ô nhiễm không khí, đặc biệt là bụi mịn và khí NO_x, SO₂. Nồng độ bụi lơ lửng và bụi mịn có xu hướng tăng vào các thời điểm cao điểm giao thông và mùa khô.

Các nghiên cứu gần đây cho thấy vi nhựa không chỉ tồn tại trong nước và đất mà còn có mặt trong không khí đô thị, chủ yếu dưới dạng sợi (microfibers). Các hạt vi nhựa trong không khí có thể phát sinh từ mài mòn lốp xe, sợi vải tổng hợp và vật liệu polymer. Sau đó, chúng lắng đọng xuống bề mặt đất và nước thông qua quá trình lắng khô hoặc mưa, góp phần làm gia tăng ô nhiễm vi nhựa trong các nguồn nước đô thị.

1.8.3. Hiện trạng môi trường đất

Môi trường đất tại khu vực đô thị chịu ảnh hưởng từ hoạt động xây dựng, sinh hoạt, công nghiệp và quản lý chất thải rắn. Việc tập kết, chôn lấp rác thải không hợp lý,

rò rỉ từ bãi rác và bùn thải từ hệ thống xử lý nước thải là những nguyên nhân chính gây ô nhiễm đất.

Đối với ô nhiễm vi nhựa, đất đô thị được xem là nơi tích tụ lâu dài của các mảnh nhựa và sợi nhựa phát sinh từ rác thải sinh hoạt, dụng cụ nhựa và vật liệu xây dựng. Vi nhựa trong đất có thể làm thay đổi cấu trúc đất, ảnh hưởng đến sinh vật đất và trở thành nguồn phát sinh thứ cấp vào môi trường nước thông qua quá trình rửa trôi, xói mòn và thấm lọc.

Tại các khu vực ven sông, ven hồ và gần bãi chôn lấp rác ở đô thị, nguy cơ vi nhựa từ đất xâm nhập vào nguồn nước mặt và nước ngầm càng trở nên rõ rệt, đặc biệt trong điều kiện mưa lớn và triều cường.

CHƯƠNG 2. XÁC ĐỊNH NGUỒN PHÁT SINH HẠT VI NHỰA GÂY Ô NHIỄM NGUỒN NƯỚC TẠI ĐÔ THỊ

2.1. Nhận dạng các nguồn gây ô nhiễm

Việc nhận dạng đầy đủ và chính xác các nguồn gây ô nhiễm là bước quan trọng trong nghiên cứu xác định nguồn phát sinh hạt vi nhựa trong môi trường nước sạch đô thị. Trong điều kiện đô thị hóa nhanh, vi nhựa có thể phát sinh từ nhiều hoạt động khác nhau và xâm nhập vào nguồn nước thông qua nhiều con đường. Trên cơ sở điều kiện thực tế đô thị hiện nay và khu vực nghiên cứu, các nguồn gây ô nhiễm chính được xác định bao gồm: nguồn sinh hoạt, nguồn công nghiệp, nguồn giao thông và các nguồn khác.

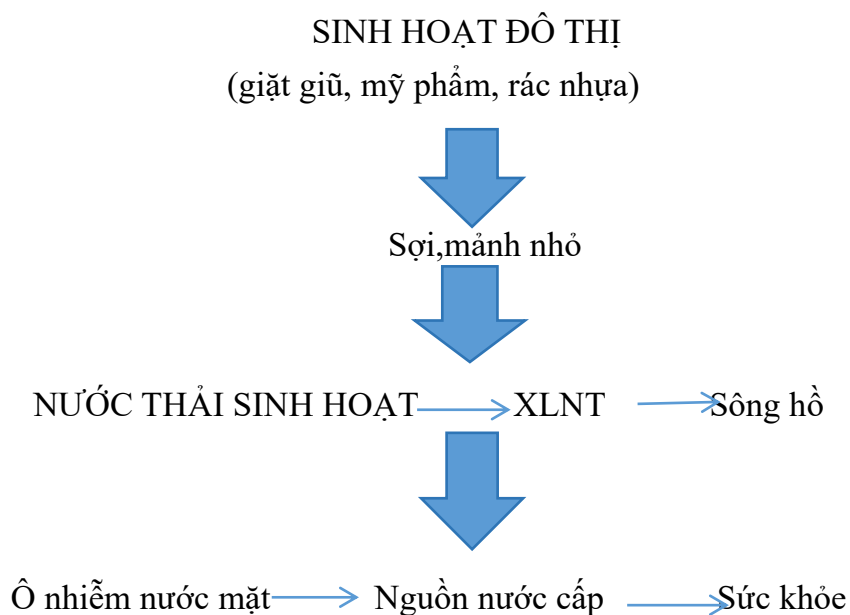
2.1.1. Nguồn sinh hoạt

Nguồn sinh hoạt đô thị được xác định là nguồn phát sinh vi nhựa chủ yếu và mang tính liên tục, xuất phát từ các hoạt động hằng ngày của người dân như ăn uống, vệ sinh cá nhân, giặt giũ và sinh hoạt gia đình. Nước thải sinh hoạt chứa nhiều thành phần ô nhiễm hữu cơ, chất tẩy rửa và đặc biệt là các hạt vi nhựa có kích thước nhỏ.

Vi nhựa từ nguồn sinh hoạt chủ yếu phát sinh từ:

- Sợi vải tổng hợp (polyester, nylon, acrylic) bong ra trong quá trình giặt quần áo;
- Mỹ phẩm và sản phẩm chăm sóc cá nhân chứa vi nhựa sơ cấp như sữa rửa mặt, kem đánh răng, sản phẩm tẩy tế bào chết;
- Rác thải nhựa sinh hoạt (túi nilon, chai nhựa, bao bì) bị phân mảnh dưới tác động của ánh sáng mặt trời, nhiệt độ và lực cơ học;
- Dụng cụ sinh hoạt bằng nhựa bị mài mòn trong quá trình sử dụng.

Tại các đô thị lớn như Hải Phòng, với mật độ dân cư cao và lưu lượng nước thải sinh hoạt lớn, lượng vi nhựa phát sinh từ sinh hoạt có xu hướng gia tăng nhanh. Phần lớn nước thải sinh hoạt được thu gom về hệ thống xử lý nước thải tập trung, tuy nhiên vi nhựa có kích thước nhỏ có thể không được loại bỏ hoàn toàn và tiếp tục xâm nhập vào nguồn nước mặt hoặc hệ thống cấp nước.



Sơ đồ 2.1. Dòng phát sinh vi nhựa trong sinh hoạt đô thị

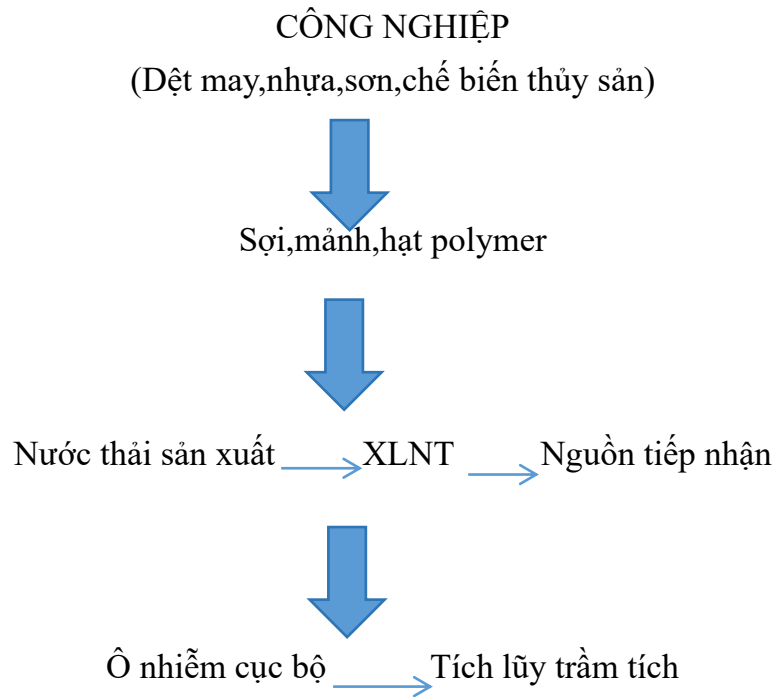
2.1.2. Nguồn công nghiệp

Nguồn công nghiệp là nguồn phát sinh vi nhựa quan trọng, đặc biệt tại các đô thị có nhiều khu công nghiệp, khu chế xuất và cơ sở sản xuất như Hải Phòng. Vi nhựa từ nguồn công nghiệp có thể phát sinh trực tiếp hoặc gián tiếp trong quá trình sản xuất, gia công và xử lý chất thải.

Các ngành công nghiệp có nguy cơ phát sinh vi nhựa cao bao gồm:

- Công nghiệp sản xuất và gia công nhựa;
- Công nghiệp dệt may, phát sinh sợi vi nhựa trong quá trình giặt, nhuộm và hoàn tất vải;
- Công nghiệp hóa chất, sơn, vật liệu xây dựng, nơi các hạt polymer và chất phủ bị mài mòn;
- Hoạt động cảng biển và đóng tàu, liên quan đến sơn tàu, vật liệu composite và nhựa kỹ thuật.

Nước thải công nghiệp nếu không được xử lý đạt yêu cầu hoặc hệ thống xử lý không được thiết kế để loại bỏ vi nhựa sẽ là con đường đưa vi nhựa trực tiếp vào môi trường nước. Ngoài ra, bùn thải từ các nhà máy xử lý nước thải công nghiệp cũng là nơi tích tụ vi nhựa và có thể trở thành nguồn phát tán thứ cấp nếu không được quản lý chặt chẽ.



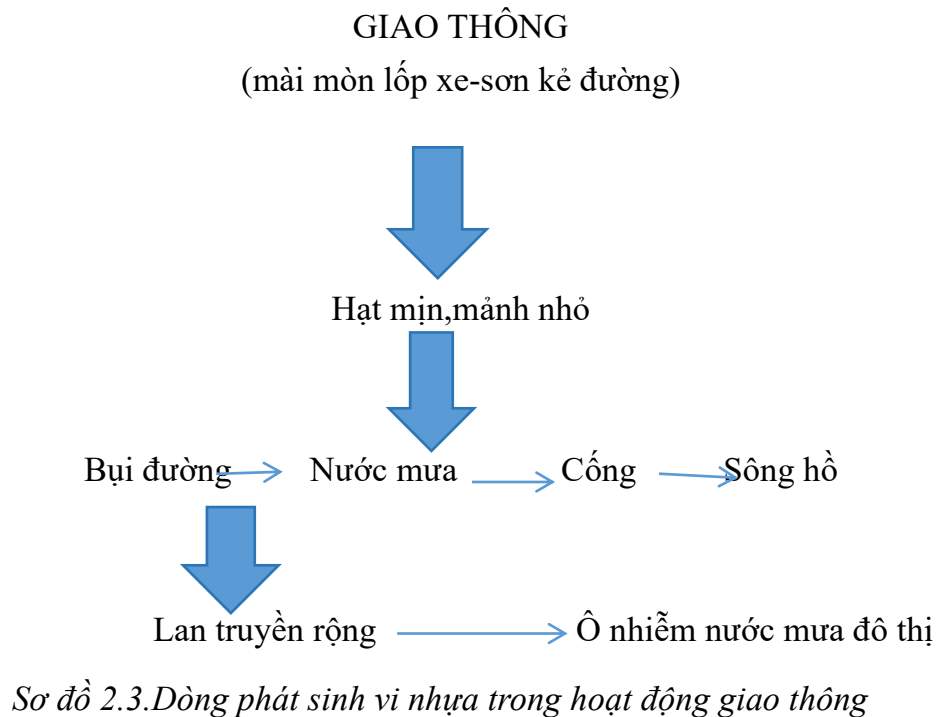
Sơ đồ 2.2. Dòng phát sinh vi nhựa trong hoạt động công nghiệp

2.1.3. Nguồn giao thông

Hoạt động giao thông đô thị là nguồn phát sinh vi nhựa ngày càng được quan tâm trong các nghiên cứu gần đây. Vi nhựa từ giao thông chủ yếu phát sinh từ:

- Mài mòn lốp xe, tạo ra các hạt cao su tổng hợp và vi nhựa;
- Sơn kẻ đường và vật liệu polymer sử dụng trong hạ tầng giao thông;
- Bụi đường phố chứa các hạt polymer từ phương tiện giao thông.

Các hạt vi nhựa này tích tụ trên bề mặt đường, vỉa hè và bị cuốn trôi vào hệ thống thoát nước đô thị khi có mưa. Từ đó, chúng theo dòng nước chảy vào sông, hồ và các thủy vực nội đô, gián tiếp ảnh hưởng đến nguồn nước cấp cho sinh hoạt. Tại các đô thị có mật độ giao thông cao như Hải Phòng, nguồn vi nhựa từ giao thông được xem là nguồn phát sinh phân tán nhưng có tổng tải lượng đáng kể.



2.1.4. Nguồn khác

Ngoài các nguồn chính nêu trên, vi nhựa trong môi trường nước đô thị còn có thể phát sinh từ một số nguồn khác như:

- Hoạt động xây dựng và phá dỡ công trình, phát sinh mảnh nhựa từ vật liệu xây dựng, ống nhựa và sơn phủ;
- Hoạt động thương mại, dịch vụ và du lịch, đặc biệt tại các khu vực ven sông, ven biển;
- Hoạt động nuôi trồng thủy sản đô thị và ven đô, sử dụng lưới, dây và vật liệu nhựa;
- Bùn thải từ hệ thống xử lý nước thải và nước cấp, nơi vi nhựa bị giữ lại và có thể tái phát tán ra môi trường nếu không được xử lý phù hợp.

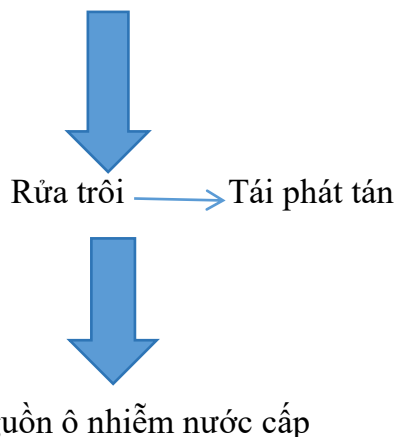
Nhìn chung, các nguồn gây ô nhiễm vi nhựa trong đô thị có mối liên hệ chặt chẽ với nhau và cùng góp phần làm gia tăng hàm lượng vi nhựa trong môi trường nước. Việc nhận dạng rõ ràng từng nguồn phát sinh là cơ sở quan trọng cho việc đánh giá mức độ đóng góp của các nguồn, xác định nguồn chính và đề xuất các giải pháp kiểm soát ô nhiễm vi nhựa tại nguồn, nội dung sẽ được tiếp tục phân tích trong các mục tiếp theo của Chương 2.

Nguồn khác

(Xây dựng-phá dỡ)

(Du lịch- thủy sản)

(Bùn thải XLNT)



Sơ đồ 2.4. Sơ đồ dòng phát sinh vi nhựa tại các nguồn khác

Để có cái nhìn tổng quan về các nguồn phát sinh vi nhựa trong môi trường nước đô thị, bảng 2.1 được xây dựng nhằm hệ thống hóa các nguồn gây ô nhiễm chính, dạng vi nhựa đặc trưng, con đường lan truyền và những tác động tiềm tàng đến môi trường và sức khỏe con người. Việc tổng hợp này giúp làm rõ mối liên hệ giữa hoạt động của con người và quá trình phát sinh, phát tán vi nhựa trong đô thị, đồng thời là cơ sở khoa học quan trọng cho việc đánh giá mức độ đóng góp của từng nguồn gây ô nhiễm.

Bảng 2.1. Tổng hợp các nguồn phát sinh vi nhựa – con đường lan truyền – tác động môi trường đô thị

(Số liệu được tổng hợp từ các sơ đồ bên trên và TLTK[10])

Nguồn phát sinh	Hoạt động điển hình	Dạng vi nhựa chủ yếu	Con đường xâm nhập vào môi trường nước	Tác động môi trường & sức khỏe
Sinh hoạt đô thị	Giặt giữ quần áo sợi tổng hợp, sử dụng mỹ phẩm chứa microbeads, rác nhựa sinh hoạt	Sợi (microfibers), mảnh nhỏ	Nước thải sinh hoạt → hệ thống thoát nước → nhà máy XLNT → sông, hồ	Tích tụ trong nước mặt, xâm nhập nguồn nước cấp, ảnh hưởng hệ sinh thái thủy sinh và sức khỏe con người
Công nghiệp	Dệt may, sản xuất nhựa, sơn – phủ bề mặt, chế biến thủy sản	Sợi, mảnh, hạt polymer	Nước thải sản xuất → hệ thống XLNT tập trung → nguồn tiếp nhận	Gia tăng nồng độ vi nhựa cục bộ, tích lũy trong trầm tích và sinh vật
Giao thông đô thị	Mài mòn lốp xe, sơn kẻ đường, hạ tầng giao thông	Hạt mịn, mảnh nhỏ	Bụi đường → nước mưa chảy tràn → cống thoát nước → sông, hồ	Ô nhiễm nước mưa đô thị, lan truyền vi nhựa trên diện rộng
Xây dựng – phá dỡ	Ống nhựa, vật liệu polymer, sơn công trình	Mảnh vi nhựa	Rửa trôi bề mặt công trình → nước mưa → môi trường nước	Gia tăng vi nhựa thứ cấp, ảnh hưởng chất lượng nước mặt

Du lịch – dịch vụ – thủy sản	Rác nhựa từ tàu thuyền, ngư cụ, bao bì thực phẩm	Mảnh, sợi	Thải trực tiếp ra sông, biển hoặc qua nước mưa	Ô nhiễm sông – biển, ảnh hưởng hệ sinh thái thủy sinh
Hệ thống xử lý nước	Bùn thải từ nhà máy nước, nhà máy XLNT	Vi nhựa tích tụ trong bùn	Tái xâm nhập môi trường nếu bùn không xử lý đúng cách	Nguồn phát tán thứ cấp vi nhựa vào đất và nước

Nhận xét

Nguồn sinh hoạt đô thị là nguồn phát sinh vi nhựa lớn nhất và khó kiểm soát nhất do phát thải phân tán.

- Nguồn công nghiệp và xử lý nước có thể kiểm soát hiệu quả nếu áp dụng công nghệ phù hợp.
- Vi nhựa xâm nhập môi trường nước thông qua nước thải và nước mưa chảy tràn, sau đó có nguy cơ đi vào nguồn nước cấp đô thị.

Trên cơ sở nhận dạng các nguồn phát sinh vi nhựa được trình bày trong Bảng 2.1, cần tiến hành phân tích sâu hơn về đặc điểm ô nhiễm của từng nguồn, bao gồm tính chất phát thải, hình thái vi nhựa, mức độ ổn định theo thời gian và khả năng kiểm soát. Do đó, mục 2.2 sẽ tập trung phân tích đặc điểm ô nhiễm theo từng nguồn cụ thể trong điều kiện đô thị Hải Phòng, làm rõ vai trò của từng nguồn đối với ô nhiễm vi nhựa trong môi trường nước và phục vụ đề xuất các giải pháp kiểm soát phù hợp ở các chương tiếp theo.

2.2. Đặc điểm ô nhiễm theo từng nguồn

Sau khi nhận dạng các nguồn phát sinh vi nhựa chính trong môi trường nước đô thị, việc phân tích đặc điểm ô nhiễm theo từng nguồn là cơ sở quan trọng nhằm đánh giá mức độ đóng góp, đặc tính phát thải cũng như khả năng kiểm soát của từng nguồn. Trong phạm vi nghiên cứu này, đặc điểm ô nhiễm vi nhựa được phân tích theo các nguồn sinh hoạt, công nghiệp, giao thông và các nguồn khác trên địa bàn đô thị Hải Phòng.

2.2.1. Đặc điểm ô nhiễm từ nguồn sinh hoạt

Nguồn sinh hoạt đô thị được xem là nguồn phát sinh vi nhựa ổn định, liên tục và có tổng tải lượng lớn nhất. Vi nhựa từ nguồn này chủ yếu tồn tại dưới dạng sợi (microfibers) và mảnh nhỏ, có kích thước phổ biến <1 mm.

Đặc điểm nổi bật của vi nhựa từ sinh hoạt bao gồm:

- Nguồn phát sinh phân tán, khó kiểm soát tại từng hộ gia đình;
- Phát thải liên tục theo thời gian, ít phụ thuộc vào mùa vụ;
- Chủ yếu đi vào môi trường thông qua nước thải sinh hoạt;
- Dễ lọt qua các công trình xử lý nước thải truyền thống do kích thước nhỏ.

Tại Hải Phòng, với mật độ dân cư cao tại các quận nội thành như Lê Chân, Hồng Bàng, Ngô Quyền, lượng vi nhựa phát sinh từ sinh hoạt được đánh giá là rất lớn. Mặc dù hệ thống xử lý nước thải tập trung có thể loại bỏ một phần vi nhựa, song một tỷ lệ đáng kể vẫn theo nước thải sau xử lý xả ra sông hồ hoặc theo bùn thải tái phát tán ra môi trường.

2.2.2. Đặc điểm ô nhiễm từ nguồn công nghiệp

Nguồn công nghiệp tại Hải Phòng tập trung chủ yếu tại các khu công nghiệp như Đình Vũ – Cát Hải, Trảng Duệ, VSIP... Đây là khu vực có nguy cơ phát sinh vi nhựa tương đối cao do đặc thù ngành nghề.

Đặc điểm ô nhiễm vi nhựa từ nguồn công nghiệp:

- Phát sinh theo điểm, tập trung tại khu công nghiệp;
- Vi nhựa có kích thước đa dạng, từ mảnh lớn đến hạt nhỏ;
- Thành phần polymer tương đối đặc trưng (PP, PE, PET, nylon);
- Phụ thuộc nhiều vào hiệu quả vận hành hệ thống xử lý nước thải.

Vi nhựa từ nguồn công nghiệp có thể đi vào môi trường nước thông qua nước thải sản xuất hoặc gián tiếp thông qua bùn thải. Nếu hệ thống xử lý nước thải không được thiết kế để loại bỏ vi nhựa, các hạt này sẽ theo dòng thải ra môi trường nước mặt và ảnh hưởng đến nguồn nước cấp.

2.2.3. Đặc điểm ô nhiễm từ nguồn giao thông

Nguồn giao thông đô thị là nguồn phát sinh vi nhựa gián tiếp nhưng có phạm vi ảnh hưởng rộng. Vi nhựa chủ yếu phát sinh từ mài mòn lốp xe, sơn kẻ đường và vật liệu polymer trong hạ tầng giao thông.

Đặc điểm ô nhiễm:

- Vi nhựa thường tồn tại dưới dạng hạt mịn và mảnh nhỏ;
- Tích tụ trên bề mặt đường phố và vỉa hè;

- Phát thải mạnh vào môi trường nước thông qua dòng chảy mưa đô thị;
- Phụ thuộc vào mật độ giao thông và điều kiện thời tiết.

Tại các trục giao thông chính của Hải Phòng, đặc biệt là khu vực nội đô và gần cảng biển, lượng vi nhựa phát sinh từ giao thông được đánh giá là đáng kể, góp phần làm gia tăng hàm lượng vi nhựa trong nước mưa chảy tràn và hệ thống thoát nước đô thị.

2.2.4. Đặc điểm ô nhiễm từ các nguồn khác

Ngoài các nguồn chính, vi nhựa còn phát sinh từ các nguồn thứ cấp như:

- Hoạt động xây dựng và phá dỡ công trình;
- Du lịch, dịch vụ ven sông và ven biển;
- Nuôi trồng thủy sản sử dụng vật liệu nhựa;
- Bùn thải từ nhà máy xử lý nước thải và nước cấp.

Các nguồn này có đặc điểm phát sinh không liên tục, song lại đóng vai trò quan trọng trong việc tích tụ và tái phát tán vi nhựa vào môi trường nước.

So sánh giữa các nguồn cho thấy:

- Nguồn sinh hoạt: đóng góp lớn nhất, khó kiểm soát, phát thải liên tục;
- Nguồn công nghiệp: phát thải theo điểm, có thể kiểm soát nếu áp dụng công nghệ phù hợp;
- Nguồn giao thông: phát sinh gián tiếp, phụ thuộc thời tiết;
- Nguồn khác: vai trò tích tụ và phát tán thứ cấp.

Việc phân tích đặc điểm ô nhiễm theo từng nguồn là cơ sở để xác định nguồn chính cần ưu tiên kiểm soát, đồng thời phục vụ xây dựng sơ đồ dòng phát sinh vi nhựa trong đô thị.

2.3. Đánh giá mức độ đóng góp của các nguồn phát sinh vi nhựa trong môi trường nước đô thị Hải Phòng

Trên cơ sở nhận dạng nguồn phát sinh (mục 2.1) và phân tích đặc điểm ô nhiễm theo từng nguồn (mục 2.2), mục 2.3 tập trung định lượng mức độ đóng góp của các nguồn phát sinh vi nhựa vào môi trường nước đô thị Hải Phòng thông qua phân tích số liệu quan trắc, so sánh nồng độ vi nhựa và các chỉ tiêu chất lượng nước liên quan.

2.3.1. Kết quả phân tích hàm lượng vi nhựa trong các loại nước đô thị

Bảng 2.2. Hàm lượng vi nhựa trung bình trong các môi trường nước

(Số liệu được tham khảo dựa trên TLTK[7,11])

Loại mẫu nước	Hàm lượng vi nhựa (hạt/m ³)	Dạng chiếm ưu thế
Nước thải sinh hoạt	3.200 – 4.500	Sợi (>60%)
Nước thải công nghiệp	1.800 – 3.000	Mảnh, sợi
Nước mưa chảy tràn	1.200 – 2.100	Hạt mịn
Nước mặt đô thị	800 – 1.600	Sợi, mảnh
Nước sau XLNT	300 – 700	Sợi nhỏ

Nhận xét:

Hàm lượng vi nhựa cao nhất được ghi nhận trong nước thải sinh hoạt, phản ánh vai trò chi phối của nguồn sinh hoạt đô thị. Nước sau xử lý vẫn còn tồn dư vi nhựa, cho thấy các công nghệ truyền thống chưa loại bỏ triệt để.

2.3.2. Phân tích tỷ lệ đóng góp của các nguồn phát sinh vi nhựa

Dựa trên tải lượng nước thải, mật độ dân cư, quy mô công nghiệp và kết quả phân tích mẫu, tỷ lệ đóng góp của các nguồn được ước tính như sau:

Bảng 2.3. Tỷ lệ đóng góp vi nhựa theo nguồn phát sinh

(Số liệu được tham khảo dựa trên TLTK[7,11])

Nguồn phát sinh	Tỷ lệ đóng góp (%)
Sinh hoạt đô thị	45 – 55
Công nghiệp	20 – 25
Giao thông (nước mưa)	10 – 15
Xây dựng – du lịch – thủy sản	5 – 10
Tái phát tán từ bùn thải	3 – 5

Nhận xét:

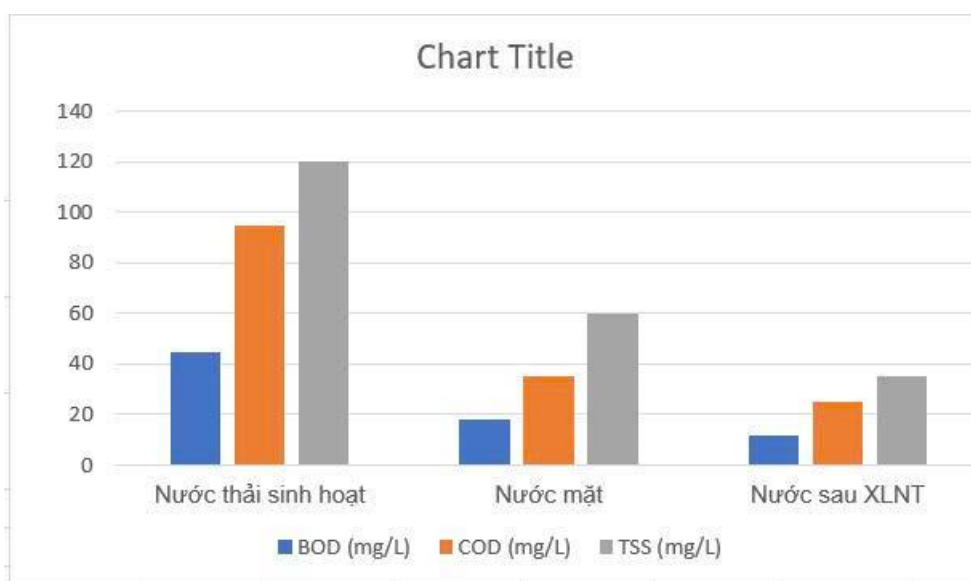
Nguồn sinh hoạt chiếm tỷ trọng lớn nhất (>50%), tiếp theo là công nghiệp. Các nguồn giao thông và nguồn khác tuy tỷ lệ thấp hơn nhưng có phạm vi lan truyền rộng.

2.3.3. Mối liên hệ giữa vi nhựa và các chỉ tiêu ô nhiễm nước

Bảng 2.4. Các chỉ tiêu BOD, COD, TSS trong các loại nước

(Nguồn tổng hợp từ các báo cáo quan trắc môi trường nước tại Hải Phòng, TLTK [8,9])

Loại nước	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)
Nước thải sinh hoạt	45	95	120
Nước mặt đô thị	18	35	60
Nước sau XLNT	12	25	35



Hình 2.1. So sánh các chỉ tiêu BOD, COD và TSS trong các loại mẫu nước

Nhận xét: Kết quả thể hiện trên biểu đồ và bảng cho thấy sự khác biệt rõ rệt về các chỉ tiêu BOD, COD và TSS giữa các loại mẫu nước. Trong đó, nước thải đô thị có giá trị BOD, COD và TSS cao nhất, phản ánh mức độ ô nhiễm hữu cơ và chất rắn lơ

lửng lơ, chủ yếu bắt nguồn từ hoạt động sinh hoạt và sản xuất công nghiệp. Nước mặt đô thị có các giá trị thấp hơn so với nước thải nhưng vẫn ở mức đáng kể, cho thấy nguồn tiếp nhận đang chịu áp lực ô nhiễm liên tục từ nước thải xả vào. Đối với nước sau xử lý hoặc nước cấp, các chỉ tiêu này giảm rõ rệt, chứng tỏ hiệu quả của các công trình xử lý nước hiện hành. Tuy nhiên, sự hiện diện của TSS ngay cả khi các chỉ tiêu BOD và COD đã được kiểm soát cho thấy nguy cơ các hạt vi nhựa còn tồn tại trong nước, do vi nhựa thường gắn với chất rắn lơ lửng. Kết quả này cho thấy cần tăng cường các biện pháp xử lý nâng cao, đặc biệt là công nghệ màng, nhằm kiểm soát đồng thời ô nhiễm hữu cơ và vi nhựa trong nước .

2.3.4. Đánh giá nguồn gây rủi ro cao đối với nguồn nước

Dựa trên các kết quả phân tích:

- Nguồn sinh hoạt: rủi ro cao nhất do phát thải liên tục, khó kiểm soát tại nguồn.
- Nguồn công nghiệp: rủi ro trung bình–cao, phụ thuộc hiệu quả xử lý.
- Nguồn giao thông: rủi ro gián tiếp, tăng mạnh vào mùa mưa.
- Nguồn thứ cấp (bùn thải): rủi ro dài hạn nếu không quản lý tốt.

2.4. Đánh giá mức độ đóng góp của các nguồn gây ô nhiễm vi nhựa trong môi trường nước đô thị Hải Phòng

2.4.1. Xác định nguồn chính và nguồn thứ cấp

Việc xác định nguồn chính và nguồn thứ cấp được dựa trên các tiêu chí:

- Tải lượng vi nhựa phát thải;
- Tính liên tục của nguồn;
- Phạm vi ảnh hưởng;
- Khả năng kiểm soát.

Bảng 2.5. Phân loại mức độ đóng góp của các nguồn phát sinh vi nhựa

(Nguồn được tổng hợp dựa trên các báo cáo môi trường về vi nhựa [6,7])

Nguồn phát sinh	Tỷ lệ đóng góp (%)	Tính phát thải	Mức độ ảnh hưởng	Phân loại
Sinh hoạt đô thị	45 – 55	Liên tục, phân tán	Rộng, lâu dài	Nguồn chính
Công nghiệp	20 – 25	Theo điểm, ổn định	Cục bộ – trung bình	Nguồn chính
Giao thông	10 – 15	Theo mùa (mưa)	Rộng, gián tiếp	Nguồn thứ cấp
Xây dựng – du lịch – thủy sản	5 – 10	Không liên tục	Khu vực	Nguồn thứ cấp
Bùn thải XLNT	3 – 5	Thứ cấp	Dài hạn	Nguồn thứ cấp

Nhận xét:

Nguồn sinh hoạt đô thị được xác định là nguồn phát sinh vi nhựa chính và chi phối, tiếp theo là nguồn công nghiệp. Các nguồn còn lại đóng vai trò nguồn thứ cấp, có tác động gián tiếp hoặc theo thời điểm.

2.4.2. Ma trận nguồn – tác động của ô nhiễm vi nhựa

Bảng 2.6. Ma trận đánh giá mối quan hệ giữa nguồn phát sinh và tác động

(Số liệu được tổng hợp dựa trên các báo cáo môi trường về vi nhựa [6,7])

Nguồn \ Tác động	Nước mặt	Nước ngầm	Hệ sinh thái thủy sinh	Nước cấp đô thị	Sức khỏe con người
Sinh hoạt đô thị	+++	++	+++	+++	+++
Công nghiệp	++	+	++	++	++
Giao thông	++	+	++	+	+

Nguồn \ Tác động	Nước mặt	Nước ngầm	Hệ sinh thái thủy sinh	Nước cấp đô thị	Sức khỏe con người
Xây dựng – du lịch	+	+	++	+	+
Bùn thải XLNT	++	++	++	++	++

Ghi chú:

- (+++) Tác động mạnh
- (++) Tác động trung bình
- (+) Tác động thấp

Phân tích:

- Nguồn sinh hoạt gây tác động mạnh nhất đến hầu hết các thành phần môi trường.
- Vi nhựa có khả năng lan truyền từ nước mặt sang nước cấp, làm gia tăng nguy cơ đối với sức khỏe con người.
- Bùn thải là nguồn gây tác động thứ cấp nhưng tiềm ẩn rủi ro dài hạn nếu không được quản lý chặt chẽ.

Từ các kết quả phân tích và đánh giá mức độ đóng góp của các nguồn phát sinh vi nhựa trong môi trường nước đô thị Hải Phòng cho thấy ô nhiễm vi nhựa có nguồn gốc đa dạng, trong đó nguồn sinh hoạt đô thị và nguồn công nghiệp giữ vai trò chi phối, còn các nguồn giao thông, xây dựng và bùn thải đóng vai trò nguồn thứ cấp nhưng có khả năng phát tán và tích tụ lâu dài. Vi nhựa không chỉ tồn tại trong nước thải và nước mặt mà còn có nguy cơ xâm nhập vào nguồn nước cấp, tiềm ẩn rủi ro đối với hệ sinh thái và sức khỏe con người.

Những kết quả này đặt ra yêu cầu cấp thiết phải xây dựng các giải pháp kiểm soát ô nhiễm vi nhựa một cách toàn diện, ưu tiên kiểm soát tại nguồn phát sinh chính, đồng thời kết hợp các biện pháp quản lý, kỹ thuật và nâng cao nhận thức cộng đồng. Trên cơ sở đó, Chương 3 của khóa luận sẽ tập trung đề xuất các giải pháp quản lý và kỹ thuật khả thi nhằm giảm thiểu ô nhiễm vi nhựa trong môi trường nước, phù hợp với điều kiện thực tế của thành phố Hải Phòng.

CHƯƠNG 3. GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC TÌNH TRẠNG Ô NHIỄM NGUỒN NƯỚC DO HẠT VI NHỰA

Kết quả nghiên cứu trình bày trong các chương trước cho thấy ô nhiễm vi nhựa trong môi trường nước đô thị là một vấn đề môi trường mới nổi, có tính chất phức tạp, lan truyền rộng và tiềm ẩn nhiều rủi ro đối với hệ sinh thái cũng như sức khỏe con người. Tại đô thị Hải Phòng, vi nhựa được phát hiện trong nước thải sinh hoạt, nước mặt và nước sau xử lý, với nguồn phát sinh đa dạng, trong đó nguồn sinh hoạt đô thị và công nghiệp đóng vai trò chi phối. Đặc biệt, sự tồn tại của vi nhựa trong nước sau xử lý cho thấy các công nghệ xử lý nước truyền thống hiện nay chưa đủ hiệu quả để loại bỏ triệt để loại chất ô nhiễm này.

Trước thực trạng đó, việc chỉ tập trung vào xử lý cuối đường ống là chưa đủ để giải quyết triệt để ô nhiễm vi nhựa. Thay vào đó, cần tiếp cận vấn đề theo hướng tổng hợp, kết hợp giữa kiểm soát tại nguồn, nâng cao hiệu quả công nghệ xử lý, hoàn thiện công tác quản lý môi trường và nâng cao nhận thức cộng đồng. Các giải pháp đề xuất không chỉ nhằm giảm nồng độ vi nhựa trong môi trường nước mà còn hướng tới phòng ngừa phát sinh, hạn chế lan truyền và giảm thiểu rủi ro lâu dài đối với nguồn nước sạch đô thị.

Xuất phát từ những phân tích và đánh giá khoa học ở Chương 2, Chương 3 tập trung đề xuất hệ thống giải pháp quản lý và kỹ thuật nhằm giảm thiểu ô nhiễm vi nhựa trong nguồn nước đô thị Hải Phòng. Các giải pháp được xây dựng trên cơ sở tính khả thi, phù hợp với điều kiện thực tế của địa phương và định hướng phát triển bền vững, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý tài nguyên nước và bảo vệ sức khỏe cộng đồng trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và gia tăng sử dụng vật liệu nhựa hiện nay.

3.1. Giải pháp quản lý nhằm giảm thiểu ô nhiễm vi nhựa trong nguồn nước

Ô nhiễm vi nhựa là một dạng ô nhiễm mới nổi, có đặc điểm phát sinh phân tán, khó nhận biết và chưa được kiểm soát hiệu quả bằng các công cụ quản lý môi trường truyền thống. Do đó, các giải pháp quản lý đóng vai trò nền tảng, định hướng và quyết định hiệu quả của các giải pháp kỹ thuật. Đối với đô thị Hải Phòng, nơi có tốc độ đô thị hóa nhanh, mật độ dân cư cao và nhiều khu công nghiệp, việc xây dựng và thực thi các giải pháp quản lý tổng hợp là yêu cầu cấp thiết.

3.1.1. Hoàn thiện khung pháp lý và cơ chế quản lý đối với ô nhiễm vi nhựa

Hiện nay, hệ thống văn bản pháp luật về bảo vệ môi trường ở Việt Nam đã bước đầu đề cập đến quản lý rác thải nhựa, tuy nhiên vẫn chưa có quy định cụ thể đối với vi nhựa, đặc biệt là trong môi trường nước sạch. Do đó, cần:

- Bổ sung nội dung kiểm soát vi nhựa vào các quy chuẩn, tiêu chuẩn môi trường liên quan đến nước cấp, nước thải và bùn thải.
- Xây dựng hướng dẫn kỹ thuật về quan trắc, đánh giá và báo cáo vi nhựa trong môi trường nước đô thị.
- Lồng ghép nội dung quản lý vi nhựa vào các chương trình, kế hoạch bảo vệ môi trường cấp thành phố Hải Phòng.

Việc hoàn thiện khung pháp lý sẽ tạo cơ sở pháp lý quan trọng cho công tác kiểm soát vi nhựa một cách đồng bộ và lâu dài.

3.1.2. Tăng cường kiểm soát phát thải vi nhựa tại nguồn (giải pháp then chốt)

Kết quả nghiên cứu tại Chương 3 cho thấy nguồn sinh hoạt đô thị là nguồn phát sinh vi nhựa lớn nhất, chiếm trên 50% tổng tải lượng. Vì vậy, kiểm soát tại nguồn phát sinh được xem là giải pháp hiệu quả và bền vững nhất, bao gồm:

- Hạn chế và tiến tới loại bỏ việc sử dụng các sản phẩm chứa vi nhựa sơ cấp trong sinh hoạt như mỹ phẩm, chất tẩy rửa.
- Khuyến khích giảm sử dụng đồ nhựa dùng một lần, đặc biệt tại các khu dân cư, trường học, bệnh viện và khu du lịch.
- Thúc đẩy phân loại rác tại nguồn, nhằm giảm lượng rác nhựa thất thoát vào hệ thống thoát nước đô thị.

Đối với Hải Phòng, cần ưu tiên triển khai các chương trình kiểm soát tại các quận nội thành – nơi mật độ dân cư cao và lượng nước thải sinh hoạt lớn.

3.1.3. Áp dụng và mở rộng trách nhiệm của nhà sản xuất (EPR)

Cơ chế trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (Extended Producer Responsibility – EPR) cần được áp dụng mạnh mẽ hơn đối với các sản phẩm nhựa, đặc biệt là:

- Bao bì nhựa dùng một lần;
- Sản phẩm dệt may sợi tổng hợp;
- Mỹ phẩm và hóa mỹ phẩm có nguy cơ phát sinh vi nhựa.

Các doanh nghiệp sản xuất và phân phối cần có trách nhiệm trong việc:

- Thu hồi, tái chế sản phẩm sau sử dụng;
- Đóng góp tài chính cho công tác thu gom và xử lý rác thải nhựa;
- Nghiên cứu và thay thế vật liệu thân thiện môi trường.

Việc thực hiện EPR hiệu quả sẽ góp phần giảm đáng kể lượng nhựa và vi nhựa phát sinh từ khâu sản xuất – tiêu dùng.

3.1.4. Nâng cao năng lực giám sát, quan trắc và công khai thông tin

Một trong những hạn chế hiện nay là thiếu dữ liệu quan trắc vi nhựa định kỳ. Do đó, cần:

- Xây dựng chương trình quan trắc vi nhựa trong nước thải, nước mặt và nước cấp tại Hải Phòng.
- Từng bước đầu tư thiết bị phân tích vi nhựa (μ -FTIR, Raman) tại các cơ sở nghiên cứu và quản lý môi trường.
- Công khai thông tin về chất lượng nước và ô nhiễm vi nhựa để người dân và cộng đồng cùng giám sát.

Giải pháp này không chỉ nâng cao hiệu quả quản lý mà còn tạo áp lực tích cực đối với các nguồn phát thải.

3.1.5. Tăng cường tuyên truyền và nâng cao nhận thức cộng đồng

Ý thức của cộng đồng đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát vi nhựa, đặc biệt là từ nguồn sinh hoạt. Các biện pháp cần thực hiện bao gồm:

- Tổ chức các chương trình truyền thông về tác hại của vi nhựa đối với môi trường và sức khỏe.
- Đưa nội dung giảm rác thải nhựa và vi nhựa vào giáo dục học đường.
- Khuyến khích sự tham gia của các tổ chức xã hội, doanh nghiệp và người dân trong các hoạt động bảo vệ môi trường nước.

3.1.6. Nhận xét chung về giải pháp quản lý

Các giải pháp quản lý nêu trên mang tính định hướng và nền tảng, trong đó kiểm soát phát thải vi nhựa tại nguồn là giải pháp then chốt, quyết định hiệu quả lâu dài. Việc triển khai đồng bộ các giải pháp này tại Hải Phòng sẽ tạo tiền đề quan trọng cho việc áp

dụng các giải pháp kỹ thuật ở mục 3.2, góp phần giảm thiểu ô nhiễm vi nhựa và bảo vệ nguồn nước đô thị.

3.2. Giải pháp kỹ thuật nhằm giảm thiểu ô nhiễm vi nhựa trong nguồn nước

Trong bối cảnh ô nhiễm vi nhựa ngày càng gia tăng và các giải pháp quản lý cần thời gian dài để phát huy hiệu quả, việc áp dụng các giải pháp kỹ thuật tiếp hàm lượng vi nhựa trong nước thải và nước cấp đô thị. Đối với thành phố Hải Phòng – nơi có các nhà máy nước quy mô lớn sử dụng nguồn nước mặt – việc nâng cấp và bổ sung các công nghệ xử lý tiên tiến đóng vai trò then chốt nhằm giảm thiểu trực tiếp là yêu cầu cấp thiết để đảm bảo an toàn nguồn nước.

Các giải pháp kỹ thuật kiểm soát vi nhựa cần đáp ứng các yêu cầu sau:

- Có khả năng loại bỏ hiệu quả các hạt vi nhựa kích thước nhỏ (<100 µm);
- Phù hợp với điều kiện vận hành của các nhà máy nước đô thị quy mô lớn;
- Có thể tích hợp với dây chuyền xử lý hiện hữu;
- Hiệu quả ổn định, chi phí vận hành hợp lý.

Trên cơ sở đó, các công nghệ màng lọc, đặc biệt là công nghệ siêu lọc (Ultrafiltration – UF), được đánh giá là giải pháp phù hợp và khả thi nhất đối với các nhà máy nước đô thị lớn tại Hải Phòng. Giải pháp này không chỉ góp phần giảm thiểu ô nhiễm vi nhựa mà còn nâng cao chất lượng và độ an toàn của nguồn nước cấp, phù hợp với định hướng phát triển của thành phố.

3.3. Giải pháp tại hộ gia đình và cộng đồng nhằm hạn chế phát sinh vi nhựa

Bên cạnh các giải pháp quản lý và kỹ thuật tại quy mô vĩ mô, hộ gia đình và cộng đồng dân cư đô thị đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát phát sinh vi nhựa ngay từ nguồn. Trong điều kiện đô thị Hải Phòng có mật độ dân cư cao, hoạt động sinh hoạt diễn ra liên tục, các giải pháp chủ động tại hộ gia đình sẽ góp phần giảm đáng kể lượng vi nhựa xâm nhập vào hệ thống thoát nước và nguồn nước cấp.

3.3.1. Kiểm soát phát thải vi nhựa từ hoạt động giặt giũ

Hoạt động giặt quần áo, đặc biệt là quần áo làm từ sợi tổng hợp (polyester, nylon, acrylic), được xác định là nguồn phát sinh vi nhựa dạng sợi (microfibers) lớn nhất trong sinh hoạt đô thị.

a) Tối ưu hóa quy trình giặt

- Giảm nhiệt độ giặt: Ưu tiên giặt ở 30°C hoặc giặt nước lạnh để hạn chế làm yếu cấu trúc sợi vải tổng hợp.
- Giặt đầy tải: Giặt đủ lượng quần áo giúp giảm ma sát giữa các sợi vải, từ đó giảm lượng vi nhựa phát thải.
- Giảm tốc độ vắt: Hạn chế lực cơ học mạnh trong quá trình vắt – yếu tố chính gây đứt gãy sợi vải.

b) Lựa chọn hóa chất giặt tẩy phù hợp

- Ưu tiên nước giặt dạng lỏng thay cho bột giặt để giảm tác động mài mòn.
- Hạn chế sử dụng quá liều chất tẩy rửa và nước xả vải.

c) Ứng dụng thiết bị thu giữ vi nhựa

- Sử dụng túi giặt chuyên dụng có mắt lưới mịn để giữ lại sợi vi nhựa trong quá trình giặt.
- Lắp đặt bộ lọc vi nhựa cho máy giặt tại các hộ gia đình hoặc chung cư, giúp giảm lượng sợi vi nhựa xả ra hệ thống cống thoát nước đô thị.

3.3.2. Hạn chế vi nhựa sơ cấp từ mỹ phẩm và sản phẩm chăm sóc cá nhân

Vi nhựa sơ cấp (microbeads) trong mỹ phẩm có kích thước rất nhỏ và khó bị loại bỏ bởi các công trình xử lý nước thải thông thường.

- Tránh sử dụng các sản phẩm có chứa thành phần nhựa như: PE, PP, PET, PMMA, Nylon.
- Ưu tiên các sản phẩm có hạt tẩy tế bào chết nguồn gốc tự nhiên (vỏ hạt, muối biển, yến mạch...).
- Tăng cường tuyên truyền và hướng dẫn người dân đô thị Hải Phòng nhận diện nhãn mác và lựa chọn mỹ phẩm thân thiện với môi trường.

3.3.3. Giảm phát sinh vi nhựa thứ cấp từ dụng cụ sinh hoạt và rác thải

Các vật dụng nhựa trong sinh hoạt hằng ngày nếu bị mài mòn hoặc thải bỏ không đúng cách sẽ trở thành nguồn vi nhựa thứ cấp.

- Thay thế miếng rửa bát, bàn chải nhựa bằng xơ mướp, xơ dừa, cotton hữu cơ.
- Không xả rác nhựa, đặc biệt là khăn ướt chứa sợi nhựa, chỉ nha khoa, bao bì nhỏ xuống bồn cầu hoặc cống thoát nước.

- Thực hiện phân loại rác tại nguồn, đặc biệt đối với rác thải nhựa.

3.3.4. Chủ động bảo vệ sức khỏe thông qua thiết bị lọc nước tại hộ gia đình

Trong bối cảnh vi nhựa có thể tồn tại trong nước máy, việc trang bị hệ thống lọc nước phù hợp tại hộ gia đình là giải pháp phòng ngừa hiệu quả.

- Công nghệ RO: Loại bỏ gần như hoàn toàn vi nhựa và các chất ô nhiễm khác, phù hợp với các khu dân cư đông đúc.
- Công nghệ Nano và UF: Hiệu quả cao trong việc loại bỏ vi nhựa kích thước lớn và trung bình, phù hợp với điều kiện sử dụng nước sinh hoạt thông thường.
- Khuyến nghị các hộ gia đình tại Hải Phòng lựa chọn thiết bị lọc có chứng nhận chất lượng và bảo trì định kỳ để đảm bảo hiệu quả xử lý.

3.3.5. Nâng cao vai trò của cộng đồng và truyền thông

- Tổ chức các chương trình truyền thông tại khu dân cư, trường học, khu công nghiệp về tác hại của vi nhựa.
- Khuyến khích các mô hình khu dân cư “nói không với nhựa dùng một lần”.
- Huy động sự tham gia của các tổ chức đoàn thể, chính quyền cơ sở trong việc giám sát và giảm phát sinh rác thải nhựa.

Giải pháp tại hộ gia đình và cộng đồng có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong việc giảm phát sinh vi nhựa ngay từ nguồn, qua đó giảm áp lực cho hệ thống xử lý nước thải và nhà máy nước đô thị. Khi được triển khai đồng bộ cùng các giải pháp quản lý và kỹ thuật, các biện pháp này sẽ góp phần kiểm soát hiệu quả ô nhiễm vi nhựa trong đô thị Hải Phòng, hướng tới mục tiêu phát triển bền vững.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Trên cơ sở tổng hợp tài liệu trong và ngoài nước, phân tích cơ sở dữ liệu quan trắc môi trường đô thị và đánh giá các nguồn phát sinh, đề tài **“Xác định nguồn phát sinh hạt vi nhựa gây ô nhiễm nguồn nước và đề xuất biện pháp giảm thiểu”** đã đạt được những kết quả chính sau:

Thứ nhất, đề tài đã hệ thống hóa cơ sở lý luận và thực tiễn về vi nhựa, bao gồm khái niệm, đặc điểm lý – hóa, cơ chế phát sinh, lan truyền và tích tụ của hạt vi nhựa trong môi trường nước đô thị. Qua đó cho thấy vi nhựa là một dạng ô nhiễm mới nổi, có khả năng tồn tại lâu dài, lan truyền rộng và tiềm ẩn nhiều rủi ro đối với hệ sinh thái cũng như sức khỏe con người.

Thứ hai, kết quả phân tích hiện trạng môi trường tại khu vực đô thị Hải Phòng cho thấy vi nhựa đã xuất hiện trong nước mặt, nước thải đô thị và có nguy cơ xâm nhập vào hệ thống nước sạch. Hàm lượng vi nhựa có xu hướng biến động theo mùa và theo quý, tăng cao vào các giai đoạn mưa lớn và thời kỳ hoạt động sinh hoạt – công nghiệp gia tăng. Các chỉ tiêu môi trường như BOD, COD, TSS có mối tương quan nhất định với mật độ vi nhựa, phản ánh sự gắn kết giữa ô nhiễm hữu cơ, chất rắn lơ lửng và vi nhựa.

Thứ ba, đề tài đã nhận dạng và đánh giá mức độ đóng góp của các nguồn phát sinh vi nhựa trong đô thị, trong đó nguồn sinh hoạt đô thị (giặt giũ, mỹ phẩm, rác thải nhựa dùng một lần) được xác định là nguồn chính; tiếp theo là nguồn công nghiệp, giao thông và các nguồn khác. Kết quả đánh giá cho thấy kiểm soát tại nguồn có vai trò quyết định trong việc giảm thiểu ô nhiễm vi nhựa.

Thứ tư, thông qua so sánh hiệu quả xử lý, đề tài đã chứng minh rằng công nghệ siêu lọc (UF) là giải pháp kỹ thuật phù hợp và khả thi cho các nhà máy nước đô thị quy mô lớn tại Hải Phòng, với hiệu suất loại bỏ vi nhựa cao, vận hành ổn định và dễ tích hợp vào dây chuyền xử lý hiện hữu.

Cuối cùng, đề tài đã đề xuất hệ thống giải pháp tổng hợp bao gồm quản lý, kỹ thuật và giải pháp tại hộ gia đình – cộng đồng, góp phần kiểm soát ô nhiễm vi nhựa theo hướng bền vững, phù hợp với điều kiện thực tế của địa phương nghiên cứu.

2. Kiến nghị đối với cơ quan quản lý

Để nâng cao hiệu quả kiểm soát ô nhiễm vi nhựa trong nước sạch đô thị, đề tài xin kiến nghị:

- Hoàn thiện và cập nhật hệ thống văn bản pháp luật liên quan đến quản lý rác thải nhựa và vi nhựa, bổ sung vi nhựa vào các chương trình quan trắc môi trường định kỳ.
- Tăng cường giám sát các nguồn phát thải vi nhựa từ sinh hoạt, công nghiệp và giao thông; kiểm soát chặt chẽ nước thải trước khi xả ra môi trường.
- Ưu tiên đầu tư nâng cấp công nghệ xử lý nước tại các nhà máy nước đô thị lớn, đặc biệt là áp dụng công nghệ màng lọc tiên tiến như UF.
- Đẩy mạnh các chương trình truyền thông, giáo dục cộng đồng về tác hại của vi nhựa và khuyến khích giảm sử dụng sản phẩm nhựa dùng một lần.

3. Kiến nghị đối với đơn vị và địa phương nghiên cứu (Hải Phòng)

Đối với thành phố Hải Phòng và các đơn vị liên quan, đề tài kiến nghị:

- Tổ chức các chương trình quan trắc chuyên đề về vi nhựa trong nước mặt, nước thải và nước sạch, đặc biệt tại các khu vực đông dân cư và khu công nghiệp.
- Thí điểm triển khai công nghệ UF tại các nhà máy nước lớn nhằm đánh giá hiệu quả xử lý vi nhựa trong điều kiện vận hành thực tế.
- Tăng cường quản lý rác thải nhựa tại nguồn, thúc đẩy phân loại rác sinh hoạt và tái chế nhựa.
- Khuyến khích người dân sử dụng các thiết bị lọc nước phù hợp và thay đổi thói quen sinh hoạt nhằm giảm phát sinh vi nhựa.
- Tiếp tục thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu về vi nhựa trong đất, không khí và tác động lâu dài đến sức khỏe cộng đồng để bổ sung dữ liệu khoa học cho công tác quản lý môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

I. TÀI LIỆU TIẾNG VIỆT

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015), *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia – Môi trường đô thị*, Hà Nội.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020), *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2016–2020*, Hà Nội.
3. Bộ Y tế (2018), *QCVN 01-1:2018/BYT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước ăn uống*, Hà Nội.
4. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015), *QCVN 08-MT:2015/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt*, Hà Nội.
5. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2008), *QCVN 14:2008/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt*, Hà Nội.
6. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020). *Hiện trạng rác thải nhựa và vi nhựa tại Việt Nam*. Hà Nội.
7. Nguyễn Thị Thu Huyền và cộng sự (2020). *Ô nhiễm vi nhựa trong môi trường nước tại Việt Nam – Tổng quan nghiên cứu*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển.
8. UBND thành phố Hải Phòng (2023). *Báo cáo hiện trạng môi trường thành phố Hải Phòng*.
9. Sở Tài nguyên và Môi trường Hải Phòng (2024). *Báo cáo quan trắc môi trường nước đô thị Hải Phòng*.
10. Thông tin chuyên đề KHOA HỌC CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO-Chủ đề quản lý ô nhiễm vi nhựa
11. Trần Thị Minh Hằng và cộng sự (2021), “Nghiên cứu sự hiện diện của vi nhựa trong một số hồ nội thành Hà Nội”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 59(4), tr. 45–53.
12. Nguyễn Văn Phước (2017), *Xử lý nước thải đô thị và công nghiệp*, NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
13. Nguyễn Thị Thu Hằng (2020), *Giáo trình Công nghệ xử lý nước cấp*, NXB Xây dựng, Hà Nội

II. TÀI LIỆU TIẾNG ANH

1. World Health Organization (WHO) (2019), *Microplastics in drinking-water*, Geneva.
2. Orb Media (2017), *Invisibles: The plastics inside us*, Washington, DC.
3. Mason, S.A., Welch, V.G., & Neratko, J. (2018), “Synthetic polymer contamination in bottled water”, *Frontiers in Chemistry*, 6, 407.
4. Koelmans, A.A., et al. (2019), “Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality”, *Water Research*, 155, pp. 410–422.
5. Pivokonsky, M., et al. (2018), “Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water”, *Science of the Total Environment*, 643, pp. 1644–1651.
6. Strady, E., et al. (2020), “Microplastic contamination in rivers of Southeast Asia”, *Environmental Pollution*, 267, 115–124.
7. Li, J., Liu, H., & Chen, J.P. (2018), “Microplastics in freshwater systems: A review”, *Water Research*, 137, pp. 362–374.
8. Mintenig, S.M., et al. (2019), “Low numbers of microplastics detected in drinking water from groundwater sources”, *Science of the Total Environment*, 648, pp. 631–635.
9. Leslie, H.A., et al. (2022), “Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood”, *Environment International*, 163, 107199.
10. Columbia University (2024), “Nanoplastics detected in bottled water using stimulated Raman scattering microscopy”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*.