BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

PHẠM VĂN DOANH

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ SBR SỬ DỤNG BÙN HẠT HIẾU KHÍ ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

Hà Nội, 2022

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

PHẠM VĂN DOANH

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ SBR SỬ DỤNG BÙN HẠT HIẾU KHÍ ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ

CHUYÊN NGÀNH KỸ THUẬT CƠ SỞ HẠ TẦNG

MÃ SỐ: 62.58.02.10

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1. PGS.TS. TRẦN THỊ VIỆT NGA

2. PGS.TS. NGUYỄN THỊ NGỌC DUNG

Hà Nội, 2022

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới **PGS.TS. Trần Thị Việt Nga** và **PGS.TS. Nguyễn Thị Ngọc Dung** - những cô giáo trực tiếp hướng dẫn và chỉ bảo, động viên, giúp đỡ tác giả hoàn thành luận án này.

Tác giả xin chân thành cám ơn Ban Giám hiệu, Khoa Sau Đại học, Bộ môn kỹ thuật sơ sở hạ tầng, Khoa Đô Thị, giảng viên, cán bộ các phòng, ban chức năng Trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội đã giúp đỡ, tạo điều kiện cho tôi hoàn thành luận án này.

Tác giả xin chân thành cám ơn các thầy cô giáo, chuyên gia, nhà khoa học đã có nhiều góp ý quý báu trong quá trình thực hiện luận án.

Tác giả xin chân thành cám ơn Ths.Nguyễn Thúy Liên, Ths Nguyễn Bình Minh – Trường Đại Học Xây Dựng Hà Nội đã hỗ trợ tôi trong quá trình thực hiện thí nghiệm luận án.

Tác giả xin chân thành cám ơn các thầy cô giáo thuộc bộ môn Cấp Thoát Nước – Khoa kỹ thuật Môi Trường - Trường Đại Học Xây Dựng Hà Nội, đã tạo điều kiện cho tôi trong quá trình thực hiện thí nghiệm luận án.

Tôi xin chân thành cám ơn bạn bè, đồng nghiệp và gia đình đã động viên, khích lệ, tạo điều kiện và giúp đỡ tôi trong suốt quá trình thực hiện và hoàn thành luận án này.

Tác giả

Phạm Văn Doanh

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả đề xuất trong luận án là trung thực, có nguồn gốc rõ ràng và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả

Phạm Văn Doanh

MỤC LỤC

MỤC LỤC i
MỞ ĐẦU 1
1. Tính cấp thiết của luận án 1
2. Mục tiêu nghiên cứu 2
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu 3
4. Phương pháp nghiên cứu 3
5. Ý nghĩa khoa học và tính thực tiễn 4
6. Điểm mới của luận án 5
7. Cấu trúc của luận án 5
8. Một số khái niệm, thuật ngữ và định nghĩa 5
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU 9
1.1. Tổng quan về nước thải đô thị tại Việt Nam 9
1.1.1. Các vấn đề chung 9
1.1.2. Đặc điểm thu gom nước thải đô thị Việt Nam 10
1.1.3. Đặc tính của nước thải đô thị tại Việt Nam 14
1.2. Tổng quan công nghệ XLNT đô thị tại Việt Nam 19
1.2.1. Công nghệ XLNT đô thị phổ biến tại Việt Nam 19
1.2.2. Tổng quan về công nghệ SBR 24
1.2.3. Hiện trạng quản lý vận hành các nhà máy XLNT tại Việt Nam 28
1.3. Tổng quan về bùn hạt hiếu khí 29
1.3.1. Giới thiệu chung về bùn hạt hiếu khí 29
1.3.2. Đặc điểm và tính chất của bùn hạt hiếu khí 31
1.4. Các nghiên cứu có liên quan 33
1.4.1. Các nghiên cứu trong nước 33
1.4.2. Các nghiên cứu trên thế giới 35
1.4.3. Các vấn đề còn tồn tại và hướng nghiên cứu của luận án 41
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KHOA HỌC NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ SBR SỬ DỤNG BÙN HẠT HIẾU KHÍ ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ. 44
2.1. Công nghệ SBR 44
2.1.1. Xử lý nước thải đô thị 44
2.1.2. Xử lý nước thải từ bùn thải trong nhà máy XLNT 46
2.1.3. Qúa trình loại bỏ COD trong bể SBR 47

2.1.4. Qúa trình loại bỏ nitơ trong bể SBR 48
2.1.5. Qúa trình loại bỏ phốt-pho trong bể SBR 49
2.2. Bùn hạt hiếu khí 50
2.2.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành và phát triển bùn hạt hiếu khí 50
2.2.2. Ưu điểm của bùn hạt hiếu khí so với bùn hoạt tính thông thường 53
2.2.3. Cơ sở khoa học xử lý cơ chất của bùn hạt hiếu khí 54
2.2.4. Khả năng loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải của bùn hạt hiếu khí 55
2.2.5. Động học của quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí 58
2.2.6. Một số công trình ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT trên thế giới 59
CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM 63
3.1. Nội dung nghiên cứu thực nghiệm của luận án 63
3.2. Tính toán và xây dựng mô hình thí nghiệm 65
3.2.1. Tính toán mô hình thí nghiệm 65
3.2.2. Xây dựng mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm 66
3.3. Nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí trên mô hình SBR trong phòng thí nghiệm 69
3.3.1. Chuẩn bị nước thải nhân tạo và bùn hoạt tính nuôi cấy 70
3.3.2. Lựa chọn và kiểm soát thông số vận hành 75
3.3.3. Trình tự tiến hành thí nghiệm 76
3.3.4. Phương pháp lấy mẫu, phân tích mẫu thí nghiệm và xử lý số liệu 77
3.4. Nghiên cứu công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Hà Nội trong phòng thí nghiệm 80
3.4.1. Chuẩn bị nước thải và bùn hạt 81
3.4.2. Lựa chọn và kiểm soát thông số vận hành 82
3.4.3. Trình tự tiến hành thí nghiệm 83
3.4.4. Phương pháp tích thí nghiệm 84
CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN 85
4.1. Sự hình thành bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm 85
4.1.1. Qúa trình hình thành bùn hạt hiếu khí tại mô hình A 85
4.1.2. Qúa trình hình thành bùn hạt hiếu khí tại mô hình B 85
4.1.3. Thành phần vi sinh của bùn hạt hiếu khí 88
4.1.4. Động học quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí ở tải trọng hữu cơ OLR 2,7÷3,0(kgCOD/m^3.ngày) 90
4.1.5. Cơ chế tạo bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR 91

4.1.6. Bàn luận 92
4.2. Đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí và khả năng XLNT của bùn hạt hiếu khí 99
4.2.1. Thành phần chất nền 99
4.2.2. Tải trọng chất hữu cơ 100
4.2.3. Lưu lượng sục khí 101
4.2.4. Cường độ sục khí 102
4.2.5. Thời gian lắng 103
4.2.6. Nhiệt độ 104
4.2.7. Độ pH 104
4.3. Kết quả loại bỏ COD, NH_4^+ - N, chỉ số MLSS và tỷ lệ MLVSS/MLSS, SVI_{30} trong quá trình nuôi bùn hạt hiếu khí 105
4.3.1. Kết quả loại bỏ COD 105
4.3.2. Kết quả loại bỏ NH_4^+- N 106
4.3.3. Chỉ số MLSS và tỷ lệ MLVSS/MLSS 107
4.3.4. Chỉ số SVI_{30} 108
4.3.5. Bàn luận 108
4.4. Ứng dụng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Hà Nội trong phòng thí nghiệm 111
4.4.1. Hiệu quả loại bỏ chất hữu cơ và dinh dưỡng 111
4.4.2. Đánh giá sự ổn định của quá trình bùn hạt hiếu khí 115
4.4.3. Bàn luận 117
4.5. Đánh giá hiệu quả ứng dụng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị và khả năng ứng dụng vào thực tế 121
4.5.1. Đánh giá khả năng xử lý cơ chất 121
4.5.2. Đánh giá khả năng ứng dụng nghiên cứu vào thực tế 123
4.5.3. Đề xuất công nghệ ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Việt Nam 123
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 126
Các công trình khoa học đã công bố của tác giả liên quan đến luận án KH1
Tài liệu tham khảo TK1
Phụ lục PL1

DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Tiếng Anh	Tiếng Việt
AO	Anoxic Oxic	Công nghệ xử lý sinh học bùn hoạt tính thiếu khí và hiếu khí
AOX	Organically Halogens	Halogen hữu cơ
AGS	Aerobic Granulation Sludge	Bùn hạt hiếu khí
A2O	Anaerobic Anoxic Oxic	Công nghệ bùn hoạt tính yếm khí - thiếu khí - hiếu khí
AS	Activated Sludge	Công nghệ xử lý nước thải bùn hoạt tính
ASBR	Anoxic Sequencing Batch Reactor	Bể phản ứng theo mẻ luân phiên trong điều kiện thiếu khí
BOD_5	Biological Oxygen Demand	Nhu cầu oxy sinh hóa sau 5 ngày
CAS	Convetional Activated Sludge	Công nghệ bùn hoạt tính truyền thống dạng liên tục
COD	Chemical Oxygen Demand	Nhu cầu oxy hoá học
DO	Dissolved Oxygen	Oxy hòa tan
HRT	Hydraulic Retention Time	Thời gian lưu nước
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids	Hỗn hợp cặn lơ lửng trong bể phản ứng sinh học
OD	Oxidation Ditch	Công nghệ mương oxy hóa
OLR	Organic Loading Rate	Tải trọng chất hữu cơ
QCVN		Quy chuẩn Việt Nam
SBR	Sequencing Batch Reactor	Bể phản ứng theo mẻ
SS	Suspended Solids	Chất rắn lơ lửng
SRT	Sludge Residence Time	Thời gian lưu bùn
SVI	Sludge Volume Index	Chỉ số thể tích bùn
SVI_{30}	Sludge Volumetric Index after 30 minutes	Chỉ số thể tích bùn sau 30 phút
TCVN		Tiêu chuẩn Việt Nam
TOC	Total Organic Carbon	Tổng Carbon hữu cơ
T-N	Total Nitrogen	Tổng Ni tơ
T-P	Total Phospho	Tổng Phốt pho

TSS	Total Suspended Solids	Tổng cặn lơ lửng
TF	Tricking Filter	Công nghệ lọc sinh học nhỏ giọt
VSS	Volatile Suspended Solids	Cặn bay hơi
XLNT		Xử lý nước thải

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1. 1. Nhà máy XLNT thu gom nước thải tại từ hệ thống thoát nước chung tại Việt Nam [18] 12
Bảng 1. 2. Nhà máy XLNT thu gom nước thải tại từ hệ thống thoát nước riêng tại Việt Nam [18] 14
Bảng 1. 3. Các thông số theo thiết kế và thực tế vận hành trong nước thải của các nhà máy XLNT tại Việt Nam 15
Bảng 1. 4. Thông số đầu vào một số nhà máy XLNT Việt Nam tiếp nhận nước thải từ hệ thống thoát nước chung 16
Bảng 1. 5. Thông số đầu vào một số nhà máy XLNT Việt Nam tiếp nhận nước thải từ hệ thống thoát nước riêng 17
Bảng 1. 6. Tải trọng hữu đầu vào một số nhà máy XLNT đô thị trên thế giới [37] 18
Bảng 1. 7. Các nhóm công nghệ SBR [15] 26
Bảng 1. 8. Sự khác nhau cơ bản về pha phản ứng của các nhóm SBR [15] 28
Bảng 1. 9. Các công trình nghiên cứu liên quan trong nước 33
Bảng 1. 10. Các công trình nghiên cứu liên quan ngoài nước 35
Bảng 1. 11. Thông số nghiên cứu của luận án 43
Bảng 3. 1. Các thông số thiết kế mô hình thí nghiệm SBR 65
Bảng 3. 2. Thành phần các chất nền và các vi chất dinh dưỡng trong nước thải nhân tạo đậm đặc cho mô hình A 72
Bảng 3. 3. Thành phần các chất nền và các vi chất dinh dưỡng pha loãng cho mô hình A 73
Bảng 3. 4. Thành phần các chất nền và các vi chất dinh dưỡng trong nước thải nhân tạo đậm đặc cho mô hình B 73
Bảng 3. 5. Thành phần các chất nền và các vi chất dinh dưỡng pha loãng cho mô hình B 74
Bảng 3. 6. Thông số vận hành của bể SBR (A) và (B) 75
Bảng 3. 7. Phương pháp phân tích các thông số thí nghiệm 77
Bảng 3. 8. Phương pháp xác định số lượng vi khuẩn theo phương pháp MPN sử dụng môi trường đặc hiệu cho từng nhóm vi sinh vật 78
Bảng 3. 9. Thông số đầu vào của nước thải được lấy từ Trạm XLNT Kim Liên- Hà Nội. 81
Bảng 3. 10. Thông số vận hành của bể SBR thí nghiệm XLNT đô thị 83
Bảng 3. 11. Phương pháp phân tích các thông số thí nghiệm 84
Bảng 4. 1. Kết quả phân tích vi sinh 89
Bảng 4. 2. So sánh kết quả nuôi bùn hạt tại 2 mô hình A và B 94

Bảng 4. 3. So sánh kết quả nuôi bùn hạt hiếu khí của luận án và một số nghiên cứu khác liên quan..... 95
Bảng 4. 4. So sánh kết quả XLNT đô thị tại Hà Nội bằng bùn hạt hiếu khí của luận án và một số nghiên cứu khác liên quan..... 119
Bảng 4. 5. Kết quả khảo sát và so sánh hiệu quả xử lý của một số nhà XLNT điển hình tại Việt Nam với kết quả nghiên cứu của luận án [14] 121

DANH MỤC CÁC ĐỒ THỊ, HÌNH VẼ

Hình 1. 1. Sơ đồ mô tả công nghệ CAS 20
Hình 1. 2. Sơ đồ mô tả công nghệ A2O 20
Hình 1. 3. Sơ đồ công nghệ OD 21
Hình 1. 4. Sơ đồ mô tả công nghệ TF 21
Hình 1. 5. Sơ đồ mô tả công nghệ SBR 22
Hình 1. 6. Sơ đồ mô tả công nghệ hồ 22
Hình 1. 7. Hình ảnh mô tả công nghệ SBR 25
Hình 1. 8. Hình ảnh bùn hạt hiếu khí được nuôi cấy thành công của Tay và cộng sự (2001) [80] 30
Hình 2. 1. Cấu trúc và Cơ chế xử lý cơ chất của bùn hạt hiếu khí. 54
Hình 3. 1. Nội dung Chương 3 63
Hình 3. 2. Sơ đồ thí nghiệm luận án 64
Hình 3. 3. Sơ đồ công nghệ mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm 67
Hình 3. 4. Bể phản ứng mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm 68
Hình 3. 5. Hệ thống cấp khí và bơm nước của mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm 69
Hình 3. 6. Sơ đồ thí nghiệm 1 70
Hình 3. 7. Sơ đồ thí nghiệm 2 70
Hình 3. 8. Bùn hoạt tính lấy từ bể xử lý của Nhà máy XLNT Yên Sở - Hà Nội 75
Hình 3. 9. Động học quá trình hình thành phát triển bùn hạt với 80
Hình 3. 10. Sơ đồ thí nghiệm 3 80
Hình 3. 11. Bùn hạt dùng thí nghiệm 82
Hình 4. 1. So sánh hình ảnh bùn hoạt tính từ mô hình A(a) sau 4 tháng nuôi cấy và bùn hoạt tính từ Nhà máy xử lý nước thải Yên Sở (b) 85
Hình 4. 2. Hình ảnh hình thành bùn hạt chụp kính hiển vi giai đoạn 1 (sau 7 ngày) 86
Hình 4. 3. Hình ảnh hình thành bùn hạt giai đoạn 2 (sau 14 ngày) 86
Hình 4. 4. Hình ảnh hình thành bùn hạt giai đoạn 3 (sau 21 ÷ 28 ngày) 87
Hình 4. 5. Hình ảnh hình thành bùn hạt giai đoạn 4 (sau 30 ÷ 35 ngày) 88
Hình 4. 6. Hình ảnh hình thành bùn hạt giai đoạn 5 (sau 35 ÷ 45 ngày) 88
Hình 4. 7. Động học quá trình hình thành phát triển bùn hạt với OLR 2,7 ÷ 3,0 ($kgCOD/m^3.ngày$) 91
Hình 4. 8. Cơ chế tạo bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR 92

Hình 4. 9. Cấu trúc bùn hạt hiếu khí chụp SEM nuôi bằng chất nền Acetate: a) Bùn 1÷2 tuần tuổi; b) Bùn 2÷3 tuần tuổi; c) Bùn 3÷4 tuần tuổi; d) Bùn 4÷5 tuần tuổi 100
Hình 4. 10. Mối liên hệ giữa lưu lượng sục khí và hiệu quả xử lý của bùn hạt hiếu khí . 102
Hình 4. 11. Mối liên hệ giữa cường độ sục khí và đường kính bùn hạt hiếu khí 103
Hình 4. 12. Kết quả xử lý COD trong quá trình nuôi bùn hạt hiếu khí 105
Hình 4. 13. Kết quả xử lý NH_4^+ - N 106
Hình 4. 14. Chỉ số MLSS và MLVSS..... 107
Hình 4. 15. Sự biến thiên chỉ số (%)MLVSS/MLSS..... 107
Hình 4. 16. Sự thay đổi SVI_{30} và đường kính bùn hạt hiếu khí..... 108
Hình 4. 17. Hiệu quả xử lý COD của bùn hạt hiếu khí đối với nước thải đô thị tại Hà Nội 111
Hình 4. 18. Hiệu quả xử lý $NH_4^+ - N$ 113
Hình 4. 19. Hiệu quả xử lý T-N..... 114
Hình 4. 20. Hiệu quả xử lý T-P..... 115
Hình 4. 21. Sự thay đổi MLSS và MLVSS trong quá trình thí nghiệm 116
Hình 4. 22. Sự thay đổi của tỷ lệ MLVSS/MLSS trong quá trình thí nghiệm 116
Hình 4. 23. Chỉ số SVI_{30} trong quá trình làm thí nghiệm..... 117
Hình 4. 24. Sơ đồ dây chuyền công nghệ ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tải trọng hữu cơ thấp 124
Hình 4. 25. Sơ đồ dây chuyền công nghệ ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tải trọng hữu cơ cao 125

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Xử lý nước thải đô thị là một trong những vấn đề quan trọng để duy trì sự phát triển bền vững của môi trường sống. Tuy nhiên, cho đến nay tại Việt Nam mới chỉ có 10% ÷15% lượng nước thải đô thị được thu gom và xử lý [18].

Thực trạng của hệ thống thu gom nước thải tại các đô thị của Việt Nam hiện nay phần lớn là hệ thống thoát nước chung; tất cả các loại nước thải, nước mưa, nước ngầm từ đất đều có thể chảy chung trong một hệ thống thoát nước [18]. Vì vậy thông số thực tế vận hành đối với các chỉ tiêu chất lượng nước như: COD, BOD_5, T-P thấp hơn nhiều so với thiết kế tương ứng chỉ 46%, 51%, 66% [3], trong khi đó T-N cao tương đương thiết kế 97% [18]. Sự chêch lệch không đều giữa các thông số dẫn đến tỷ lệ BOD_5:T-N thực tế thấp hơn nhiều so với thiết kế 48% [3], trong khi tỷ lệ BOD_5:T-P và COD:BOD_5 không chênh lệch nhiều 74%, 91% [18]. Điều này dẫn đến phần lớn các nhà máy xử lý nước thải tại Việt Nam làm việc không đạt hiệu quả như thiết kế. Tại Việt Nam áp dụng nhiều công nghệ XLNT, tuy nhiên có 6 công nghệ XLNT bằng phương pháp sinh học phổ biến nhất là: công nghệ bùn hoạt tính truyền thống (CAS), công nghệ bùn hoạt tính theo mẻ (SBR), công nghệ bùn hoạt tính hiếu khí – thiếu khí – yếm khí kết hợp (A2O), công nghệ mương oxy hóa OD, công nghệ màng vi sinh vật dính bám TF, và công nghệ xử lý sinh học trong điều kiện tự nhiên hồ sinh học [3; 15; 18].

Nếu tính các dự án xử lý nước thải đang vận hành, đang thi công, hoặc đã được phê duyệt tại Việt Nam thì tỷ lệ ứng dụng công nghệ tính theo công suất của SBR chiếm 43,8% [18]. Như vậy phần lớn các trạm xử lý nước thải tại Việt Nam áp dụng công nghệ SBR. Trong những năm gần đây công nghệ SBR đã chứng tỏ là công nghệ có nhiều ưu điểm trong XLNT, đặc biệt là nước thải sinh hoạt: thiết kế đơn giản, chiếm quỹ đất nhỏ hơn các công nghệ sinh học truyền thống, có khả năng loại bỏ chất hữu cơ, Amoni, nitơ và các chất rắn lơ lửng cao, công nghệ còn chứng tỏ SBR có khả năng chịu được sốc tải [33]. Tuy nhiên, trong thực tế vận hành của các nhà máy XLNT áp dụng công nghệ SBR tại Việt Nam dựa trên quá trình bùn hoạt tính truyền thống làm việc thiếu hiệu quả do đặc thù nước thải của đô thị Việt Nam có nồng độ chất ô nhiễm thấp (COD, BOD_5, T-P thấp) [15].

Bùn hạt hiếu khí đã được ứng dụng trong bể phản ứng theo mẻ SBR từ những năm 1970 [11; 19] và nó đã được nghiên cứu sâu rộng trong những năm sau đó với các chất nền khác nhau như: glucose, acetate, ethanol, mật mía, đường, tinh bột, phenol, axit phtalic,

chloroanilines, rượu tert-butyl, và thành phần nước thải tổng hợp khác [19; 20]. Các nghiên cứu cho thấy bùn hạt hiếu khí có thể ứng dụng rộng rãi với các chất nền khác nhau và các loại nước thải khác nhau. Nhiều nghiên cứu trên thế giới cho thấy bùn hạt hiếu khí có thể thích ứng với các loại nước thải có mức độ tải trọng hữu cơ khác nhau; theo nghiên cứu của Moy và các cộng sự (2002) [67], bùn hạt hiếu khí có thể thích ứng với nước thải có tải trọng hữu cơ OLR từ 2,5 ÷ 15 kgCOD/m^3.ngày, hoặc nghiên cứu của Liu và cộng sự (2007) [46], chứng minh bùn hạt hiếu khí có thể thích ứng tốt với nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp tại Singapor OLR từ 0,3 ÷ 0,6 kgCOD/m^3.ngày. So với bùn hoạt tính thông thường bùn hạt hiếu khí có kết cấu hạt tốt, có khả năng duy trì sinh khối cao, và có thể xử lý các hợp chất độc hại có trong nước thải [21]. Bùn hạt hiếu khí không chỉ có tác dụng loại bỏ tốt các-bon mà còn có khả năng loại bỏ nitơ và phốt pho [35], vì vậy mà nó được ứng dụng để xử lý nước thải sinh hoạt, nước thải của các nhà máy chế biến thực phẩm, nước thải chăn nuôi, nước thải công nghiệp, nước thải nhà máy thuộc da, nước thải lò mổ, nước thải nhà máy sản xuất rượu bia [35]... Đó là sự đảm bảo tin cậy cho những nghiên cứu ứng dụng bùn hạt hiếu khí bằng công nghệ SBR để xử lý nước thải đô thị tại Hà Nội.

Các đề tài nghiên cứu trong nước và quốc tế tập trung vào đánh giá hiệu quả loại bỏ chất hữu cơ; nitơ; phốt pho; nghiên cứu về tối ưu hóa các thông số vận hành để đảm bảo quá trình nuôi cấy bùn hạt hiếu khí (thời gian phân phối khí, lưu lượng sục khí) đối với nước thải công nghiệp, nước rỉ rác, nước thải của các nhà máy chế biến thực phẩm, nước thải chăn nuôi, nước thải công nghiệp, nước thải nhà máy thuộc da, nước thải lò mổ, nước thải nhà máy sản xuất rượu bia… Tuy nhiên chưa có nghiên cứu nào đi sâu với nước thải đô thị Việt Nam nói chung và tại Hà Nội nói riêng.

Luận án: "**Nghiên cứu công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị**''là cần thiết, đáp ứng được nhu cầu thực tiễn về vấn đề XLNT đô thị tại Việt Nam hiện nay.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chung: Nghiên cứu tính khả thi của việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí và ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị trong điều kiện Việt Nam.

Mục tiêu cụ thể:

– Xác định được quy trình và các thông số kỹ thuật tối ưu cho việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm.

– Đánh giá hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm (chất hữu cơ, Nitơ Amôni NH_4^+ - N, T-N, T-P) của công nghệ SBR ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Thành phố Hà Nội.

– Đánh giá khả năng áp dụng vào thực tế của việc ứng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Việt Nam.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

3.1. Đối tượng nghiên cứu

– Bùn hạt hiếu khí.

– Nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp.

3.2. Phạm vi nghiên cứu

– Nghiên cứu với nước thải nhân tạo quy mô phòng thí nghiệm.

– Nghiên cứu với nước thải đô thị thực tế tại Thành Phố Hà Nội.

– Các thông số kiểm soát trong quá trình nuôi cấy bùn hạt hiếu khí và các thông số vận hành hệ thống bể SBR ứng dụng bùn hạt hiếu khí quy mô phòng thí nghiệm: Tải trọng hữu cơ, thời gian lưu nước, thời gian lưu bùn, các thông số quá trình (MLSS, MLVSS, SVI_{30}), hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm (COD, NH_4^+ - N, T-N, T-P).

4. Phương pháp nghiên cứu

4. 1. Phương pháp khảo sát, điều tra thu thập số liệu

– Số liệu, tư liệu về thực trạng các công nghệ XLNT đang áp dụng tại Việt Nam: số lượng nhà máy XLNT, các công nghệ đang áp dụng, những vấn đề đang gặp phải.

– Số liệu về công nghệ SBR đang áp dụng tại Việt Nam: những mặt được của công nghệ và những mặt cần phát triển thêm.

– Các tài liệu về luật, nghị định, thông tư, tiêu chuẩn, quy chuẩn quốc gia liên quan đến đề tài nghiên cứu.

– Số liệu về các đề tài, bài báo khoa học có liên quan đến đề tài nghiên cứu.

4. 2. Kế thừa kết quả nghiên cứu

– Kế thừa các kết quả nghiên cứu về khảo sát, đánh giá về thực trạng các công nghệ XLNT đang áp dụng tại Việt Nam: số lượng nhà máy XLNT, các công nghệ đang áp dụng, những vấn đề đang gặp phải.

– Kế thừa các kết quả nghiên cứu về khảo sát, đánh giá về thực trạng nồng độ các chất ô nhiễm có trong nước thải đô thị sử dụng hệ thống thoát nước chung tại Việt Nam.

4. 3. Nghiên cứu cơ sở lý thuyết

– Nghiên cứu lý thuyết về công nghệ SBR.

– Nghiên cứu lý thuyết về bùn hạt hiếu khí.

4. 4. Nghiên cứu bằng mô hình trong phòng thí nghiệm

– Tiến hành chạy các mô hình bể SBR với nước thải nhân tạo trong phòng thí nghiệm để nuôi cấy bùn hạt hiếu và sử dụng bùn hạt hiếu khí nuôi cấy thành công để XLTN đô thị tại Hà Nội; theo dõi, đo và kiểm soát các thông số kỹ thuật trong quá trình thực nghiệm theo các mục tiêu nghiên cứu đã đề ra.

4. 5. Phương pháp phân tích thực nghiệm

– Áp dụng các phương pháp lấy mẫu, bảo quản và phân tích mẫu theo tiêu chuẩn hiện hành, xử lý và tổng hợp các số liệu đã phân tích.

4. 6. Phương pháp chuyên gia

– Tham vấn, học hỏi, tiếp thu ý kiến từ các chuyên gia để hoàn chỉnh nội dung luận án.

4. 7. So sánh đối chứng

– So sánh đối chứng kết quả thí nghiệm nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR và XLTN đô thị tại Hà Nội bằng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR với các kết quả thí nghiệm của các đề tài trong và ngoài nước có cùng xu hướng nghiên cứu nhằm làm nổi bật kết quả của để tài nghiên cứu.

4. 8. Phương pháp tổng hợp số liệu

– Tổng hợp và xâu chuỗi các thông tin thu thập được một cách khoa học, nhất quán và có hệ thống.

5. Ý nghĩa khoa học và tính thực tiễn

5. 1. Ý nghĩa khoa học

– Xác định các thông số để có thể nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR quy mô phòng thí nghiệm trong điều kiện Việt Nam.

– Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải của việc ứng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị có tải trọng hữu cơ thấp.

5. 2. Ý nghĩa thực tiễn

– Luận án đã nghiên cứu tổng quan về các đề tài nuôi cấy và sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT bằng mô hình công nghệ bể SBR ở Việt Nam và trên thế giới: phân tích, đánh giá thực trạng các loại công nghệ XLNT đang áp dụng; Nghiên cứu phân tích và đánh giá quá trình nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR; Nghiên cứu phân tích và đánh giá cơ chế XLNT bằng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR đối với nước thải đô thị tại Hà Nội. Thông qua việc nghiên cứu trên mô hình thực nghiệm, xác

định được các thông số kỹ thuật phục vụ trong việc tạo ra bùn hạt hiếu khí và ứng dụng vào XLNT đô thị, đối chứng với các nghiên cứu khác trong nước và trên thế giới.

– Kết quả nghiên cứu của luận án đáp ứng nhu cầu cấp thiết hiện nay về công nghệ XLNT phù hợp với đặc thù nước thải đô thị tại Việt Nam.

– Kết quả nghiên cứu của luận án là nguồn tài liệu tham khảo để giúp cho các nhà nghiên cứu có những hướng điều chỉnh, tối ưu hóa trong việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí phù hợp với điều kiện Việt nam. Cụ thể: Về nguồn dinh dưỡng để nuôi cấy: Sử dụng nước thải tổng hợp có thành phần cơ chất là acetate duy trì tải trọng hữu cơ OLR đầu vào trong khoảng từ 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày) và bổ sung thêm các chất dinh dưỡng để nuôi cấy bùn hạt hiếu khí, cường độ sục khí q = 12,5 ÷ 28,5 (m^3/m^2.giờ).

6. Điểm mới của luận án

– Nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR trong phòng thí nghiệm tại Việt Nam với chất nền acetate OLR từ 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày) với cường độ sục khí q = 12,5 ÷ 28,5 (m^3/m^2.giờ) bằng nghiên cứu thực nghiệm.

– Nghiên cứu ứng dụng thành công bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị ở Thành Phố Hà Nội có tải trọng hữu cơ thấp, làm cơ sở để cải tiến công nghệ SBR nhằm nâng cao hiệu quả xử lý nước thải đô thị trong điều kiện Việt Nam. Đề xuất dây chuyền công nghệ mới ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Việt Nam.

7. Cấu trúc của luận án

Ngoài phần mở đầu, kết luận và kiến nghị, tài liệu tham khảo, phụ lục, luận án gồm 4 chương chính:

Chương 1: Tổng quan vấn đề nghiên cứu.

Chương 2: Cơ sở khoa học của việc ứng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị.

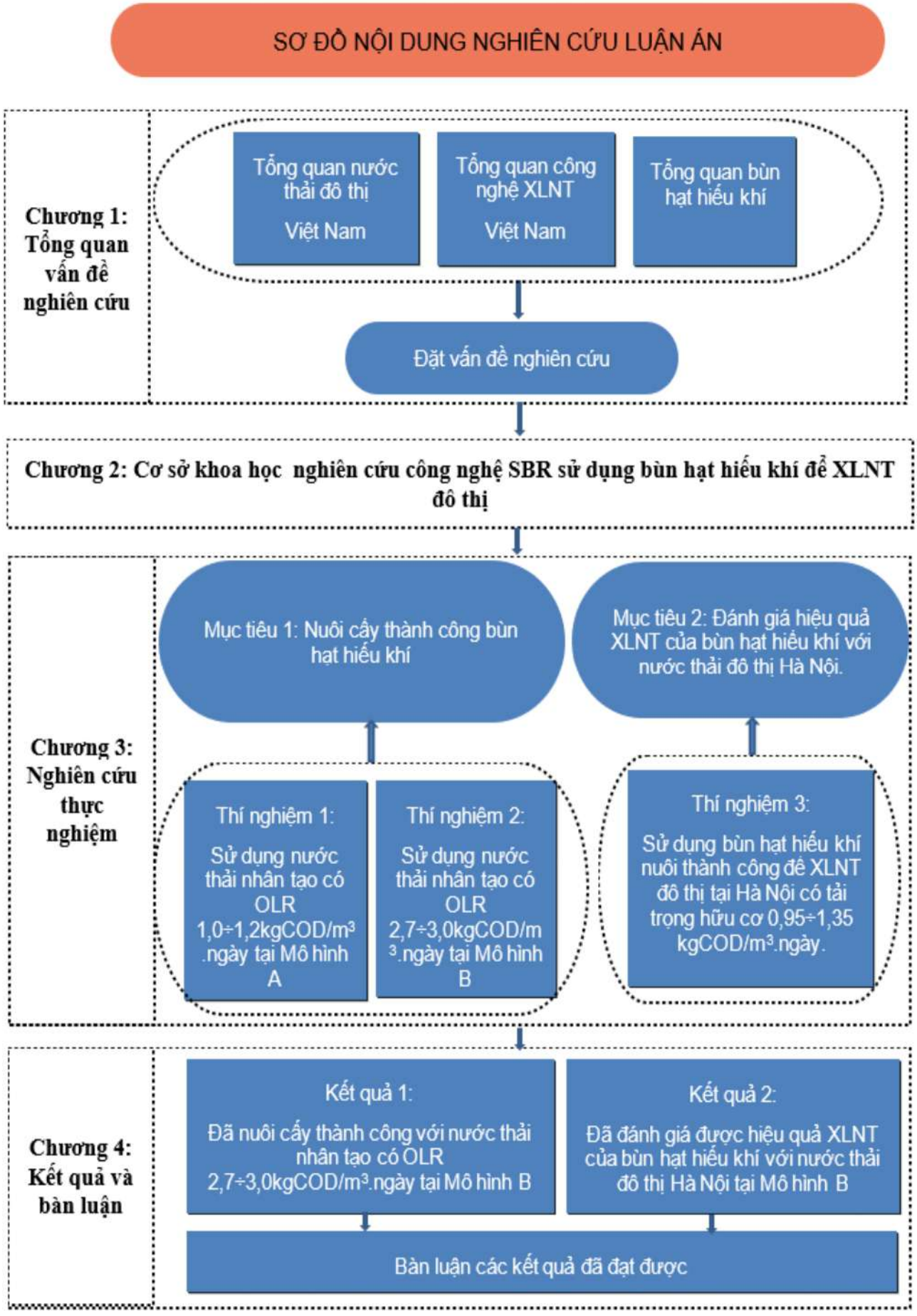
Chương 3: Nghiên cứu thực nghiệm.

Chương 4: Kết quả và bàn luận.

8. Một số khái niệm, thuật ngữ và định nghĩa

– *Công nghệ xử lý theo mẻ SBR*: Tên tiếng anh "Sequency Batch Reactor", là công nghệ xử lý nước thải theo phương pháp sinh học theo quy trình phản ứng dạng từng mẻ liên tục diễn ra trong cùng một bể. Trong một chu trình XLNT thường có 4 pha cơ bản: Pha nạp nước, pha sục khí, pha nghỉ, pha xả nước [75].

- *Nước thải đô thị*: Nước thải đô thị là nước thải phát sinh trong khu đô thị, bao gồm: nước thải sinh hoạt phát sinh trong quá trình hoạt động của con người, nước thải sản xuất, nước mưa thoát vào hệ thống cống chung của đô thị. Nước thải sinh hoạt: nước thải ăn uống, nước thải tắm rửa, nước thải từ vệ sinh nhà cửa, nước thải khu dân cư, nước thải từ công trình công cộng (bệnh viện, trường học, nhà ăn…). Nước thải từ các hoạt động sản xuất của con người như: sản xuất hóa chất, chế biến thực phẩm, sản xuất hàng tiêu dùng…Nước thải sinh hoạt chiếm phần lớn lượng nước thải đô thị nên được xem là đại diện cho nước thải đô thị và là đối tượng được lựa chọn nghiên cứu trong phạm vi luận án.
- *Nước thải sinh hoạt*: Nước thải sinh hoạt là nước được thải ra sau khi đã được sử dụng cho mục đích ăn uống, sinh hoạt, tắm rửa, vệ sinh nhà cửa…của các khu dân cư, công trình công cộng, cơ sở dịch vụ [6].
- *Sinh khối*: Là tập hợp các chủng vi sinh vật có trong nước thải, các chủng vi sinh vật này gắn kết với nhau bằng các liên kết vật lý, sinh học, hóa học để cùng thực hiện [35].
- *Xử lý sinh học*: là phương pháp XLNT dựa trên cơ sở các hoạt động sống của vi sinh vật để phân hủy các chất hữu cơ gây ô nhiễm hòa tan trong nước thải. Các vi sinh vật sử dụng các chất hữu cơ và các chất khoáng làm nguồn dinh dưỡng và sinh năng lượng để duy trì hoạt động sống của chúng. Trong quá trình sống chúng nhận các chất dinh dưỡng để xây dựng tế bào, sinh trưởng và sinh sản nên sinh khối chúng được tăng lên. Qúa trình phân hủy các chất hữu cơ nhờ vi sinh vật còn được gọi là quá trình oxy hóa sinh hóa [13].
- *Bùn hạt hiếu khí:* Tên tiếng anh "Aerobic Granular Sludge", bùn hạt hiếu khí có thể được định nghĩa là sinh khối vi khuẩn sử dụng các chất dinh dưỡng có trong nước thải. Sinh khối vi sinh vật dạng bùn hạt hiếu khí được mô tả như là một tập hợp của các vi sinh vật có mật độ dày đặc và nhỏ gọn với hình dáng bên ngoài là hình cầu [35].
- *Chất nền (Cơ chất):* Là thành phần chính của các hợp chất dinh dưỡng dùng để nuôi cấy bùn hạt hiếu khí. Chất nền dùng để nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trong đề tài là acetate [35].
- *Tải trọng hữu cơ (OLR):* là khối lượng chất hữu xác định trong một $1m^3$ trong một ngày đêm, đơn vị $kgCOD/m^3$.ngày hoặc $kgBOD/m^3$.ngày [35].
- *Cường độ sục khí:* là lưu lượng sục khí (lít hoặc m^3) trên một đơn vị diện tích (m^2) trong một đơn vị thời gian (giây, phút, hoặc giờ).



Hình M.1. Sơ đồ nội dung nghiên cứu của luận án

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Tổng quan về nước thải đô thị tại Việt Nam

1.1.1. Các vấn đề chung

Việt Nam đang đối mặt với tình trạng ô nhiễm môi trường ngày càng tăng do tốc độ đô thị hóa nhanh chóng, đặc biệt là ở các thành phố lớn. Theo báo cáo của Ngân Hàng Thế Giới từ năm 1986 tới nay dân số đô thị của Việt Nam tăng rất nhanh, tăng trung bình 3,4%/năm [14]. Sự gia tăng dân số kéo theo lưu lượng nước thải đô thị cũng tăng nhanh. Theo thống kê của bộ Xây Dựng (2019) tổng công suất nước thải đô thị tại Việt Nam khoảng 926.000 (m^3/ngày đêm). Trong những năm qua, Chính phủ Việt Nam đã xây dựng nhiều chính sách, ban hành nhiều văn bản pháp quy về việc đầu tư xây dựng các hệ thống thoát nước và xử lý nước thải [18].

Từ năm 1998, Chính phủ Việt Nam đã ban hành và áp dụng nhiều chính sách cũng như đầu tư cải thiện vệ sinh đô thị, khiến lĩnh vực thu gom và xử lý nước thải phát triển mạnh mẽ. Đến nay, cả nước có khoảng 70 nhà máy xử lý nước thải đô thị đã được xây dựng và vận hành, các nhà máy XLNT tập trung chủ yếu ở các đô thị lớn với tổng công suất xử lý nước thải ước đạt hơn 1 triệu m^3/ngày [18]. Mặc dù đạt được những kết quả đáng khích lệ, lĩnh vực vệ sinh môi trường đô thị tiếp tục phải đối mặt với những vấn đề quan trọng cần nhanh chóng giải quyết như: hầu hết nước thải được xả thẳng ra hệ thống tiêu thoát nước bề mặt, chỉ có 10% ÷ 15% lượng nước thải được xử lý, phần lớn lượng nước thải còn lại chỉ được xử lý qua bể tự hoại hoặc chảy thẳng ra nguồn tiếp nhận [18].

Mạng lưới thu gom nước thải đô thị phần lớn là mạng lưới cống chung và thiếu đồng bộ, nên lượng nước thải đô thị được thu gom chưa triệt để, chất lượng nước thải đô thị không ổn định. Vốn đầu tư vào lĩnh vực thu gom và xử lý nước thải tới nay hầu hết đều dành để xây dựng công trình xử lý, phần đầu tư cho mạng lưới thu gom chưa tương xứng nên không phải lúc nào cũng có mạng lưới thu gom phù hợp [18]. Vì vậy nước thải tiếp nhận từ hệ thống thoát nước chung của các nhà máy XLNT đang hoạt động có nồng độ BOD và các thông số khác thấp. Các nguyên nhân khiến nước thải trong hệ thống thoát nước chung có nồng độ chất ô nhiễm thấp bao gồm: tỷ lệ đấu nối hộ gia đình thấp, một chất phần hữu cơ trong nước thải được xử lý hay phân hủy sơ bộ trong bể tự hoại và cống thoát nước, nước ngầm xâm nhập vào hệ thống cống, và do nước mưa được thu gom lẫn với nước thải. Khi nồng độ hữu cơ trong nước thải là đầu vào các công trình XLNT bị thấp, có thể lựa chọn áp dụng các công nghệ xử lý chi phí thấp và cho phép nâng cấp, cải tiến dần khi nồng độ các chất ô nhiễm tăng lên. Các công trình có mức tiêu thụ điện thấp, có khả năng thu hồi tài nguyên từ bùn hoặc tái sử dụng nước thải sau xử lý còn chưa được chú trọng, ưu tiên lựa chọn từ khâu quy hoạch ở Việt Nam.

1.1.2. Đặc điểm thu gom nước thải đô thị Việt Nam

Hiện nay, phần lớn hệ thống thoát nước tại các đô thị lớn ở Việt Nam là hệ thống thoát nước chung. Theo báo cáo khảo sát quản lý thoát nước và XLNT tại Việt Nam của tổ chức JICA (2020) [18], có 60 trong tổng số 71 nhà máy XLNT có đầu vào là nước thải từ hệ thống thoát nước chung. Có 10 ÷ 11 nhà máy XLNT có đầu vào là nước thải từ hệ thống thoát nước riêng. Tại các thành phố lớn như Hà Nội, hệ thống thoát nước được xây dựng là hệ thống thoát nước chung cho nước mưa và nước thải sinh hoạt. Các chương trình, công trình nghiên cứu, đề án về thoát nước Hà Nội được thực hiện trong thời gian qua như:

- Nghiên cứu Quy hoạch tổng thể Thoát nước Hà Nội (QHTT 1995) được thực hiện theo chương trình của Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản (JICA) năm 1995.
- Quyết định số 725/QĐ-TTg tháng 05 năm 2013 của Thủ Tướng chính phủ về việc điều chỉnh Quy hoạch chung Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050 là quy hoạch tổng thể phát triển toàn diện khu vực đô thị, trong đó không chỉ chú trọng phát triển hệ thống thoát nước mà còn bao gồm cả quy hoạch sử dụng đất, dự báo dân số và kế hoạch phát triển toàn diện cơ sở hạ tầng.
- Chương trình phát triển đô thị toàn diện tại Thủ đô Hà Nội do JICA lập năm 2007. Nghiên cứu này bao gồm nhiều quy hoạch cơ sở hạ tầng, trong đó có quy hoạch thoát nước mưa và thoát nước thải [17].
- Quy hoạch thoát nước Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt. Theo quy hoạch này thì hệ thống cống cho lưu vực sông Tô Lịch được phát triển trên cơ sở hệ thống cống chung.
- Quy chuẩn QCVN 07:2016/BXD quy định việc lựa chọn hệ thống thoát nước đô thị (chung, riêng hoàn toàn, nửa riêng, riêng không hoàn chỉnh, hệ thống thoát nước hỗn hợp, hệ thống thoát nước đơn giản hay giản lược, hệ thống thoát nước đã lắng cặn, hệ thống thoát nước chân không) phải căn cứ vào điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội và môi trường cụ thể của từng địa phương. Như vậy, Việt Nam chưa có quy định bắt buộc áp dụng loại cống thu gom. Tuy nhiên, trong thực tế việc thiết kế hệ thống cống chung cho các khu đô thị mới hầu như không thể vì khó khăn trong công tác phê duyệt, do đó hầu hết các đô thị mới đều phải xây dựng hệ thống cống riêng. Giải pháp cống bao thu nước từ cống chung đang được áp dụng để thiết kế cho sông Tô Lịch 14,6 (km), sông Lừ 10 (km), nước thải thu gom sẽ được xử lý tại nhà máy XLNT Yên Xá và nhà máy XLNT Phú Đô. Nước trong các con sông hiện nay tại thời điểm không mưa chủ yếu là nước thải sinh hoạt, không bị trộn lẫn nước thủy triều như tại thành phố Hồ Chí Minh. Tương tự như sông Tô Lịch, sông Lừ, giải pháp thu gom nước thải được áp dụng cho

sông Sét 3,6 (km), Kim Ngưu 19 (km). Tuy nhiên nhà máy XLNT Yên Sở đã được xây dựng hoàn thành năm 2012 nhưng hệ thống cống bao sông Sét và sông Kim Ngưu chưa xây dựng nên nước thải được thu gom bằng đập chắn tại hạ nguồn các con sông này [15].

Các nhà máy XLNT khác đang vận hành tại Hà Nội chủ yếu là xử lý nước thải cho hệ thống cống chung. Nhà máy XLNT Hồ Tây xử lý nước thải được thu gom cho lưu vực xung quanh Hồ Tây và mương Thụy Khê; nhà máy XLNT Bảy Mẫu cho lưu vực hồ Bảy Mẫu; nhà máy XLNT Bắc Thăng Long – Vân Trì hiện tiếp nhận nước thải sinh hoạt từ KCN Thăng Long, một phần thu nước thải của khu vực xã Hải Bối - Đông Anh, nhà máy XLNT Kim Liên cho khu vực hồ Kim Liên, Trúc Bạch cho lưu vực hồ Trúc Bạch [15].

Tương tự, tại Thành Phố Hồ Chí Minh, giải pháp thu gom nước thải đô thị phần lớn là hệ thống thu gom chung được giữ nguyên hiện trạng, chỉ xây dựng mới hệ thống cống bao hai bên bờ sông và các giếng tách. Tại thành phố Hồ Chí Minh, hệ thống cống bao kênh Đôi – kênh Tẻ đã được hoàn thành, nước thải đang được thu gom về Nhà máy XLNT Bình Hưng để xử lý. Nước thải lưu vực kênh Đôi – Tẻ được thu gom bằng cách đấu nối các cống chung hiện trạng với cống bao xây dựng mới qua các giếng tách. Các kênh nhánh, bao gồm cả đoạn kênh đầu nguồn được cống hóa (biến kênh hở thành cống nước thải thu gom chung). Vì chế độ thủy triều, nên tại các giếng tách có các van 1 chiều để tránh nước sông khi triều dâng tràn vào cống bao, và cũng vì chế độ thủy triều nên không cần phải giải pháp bổ cập nước cho sông sau khi thực hiện thu gom bằng cống bao [15].

Giải pháp áp dụng tại kênh Đôi – Tẻ cũng được áp dụng cho các hệ thống kênh, rạch khác ở thành phố Hồ Chí Minh. Hệ thống cống bao của kênh Nhiêu Lộc – Thị Nghè, hay Tàu Hủ - Bến Nghé, Tân Hóa – Lò Gốm đã được xây dựng, tuy nhiên Nhà máy XLNT chưa xây dựng nên nước thải thu gom được đang được dẫn xả vào giữa sông Sài Gòn. Phương án thu gom bằng cống bao cũng được thực hiện cho dự án Tham Lương – Bến Cát – Vàm Thuật, tuy nhiên khác với trên, hệ thống thu gom cống bao đang được thực hiện song song cùng với Nhà máy XLNT Tham Lương – Bến Cát [15].

Tương tự như Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh, hầu hết hệ thống thu gom cho các nhà máy XLNT tại các đô thị của các tỉnh, thành phố khác đều là hệ thống cống chung, trừ thành phố Buôn Mê Thuật (Đắc Lắc), Bình Dương, An Giang là hệ thống thoát nước riêng. Một số hệ thống thu gom khác như hệ thống thu gom cho nhà máy XLNT Thủ Dầu Một (Bình Dương), Đà Lạt (Lâm Đồng) được thiết kế là hệ thống thu gom riêng [15]. Bình Dương, An Giang có sử dụng hệ thống thoát nước riêng và có đấu nối đến từng hộ gia đình, tuy nhiên chưa đạt 100% số hộ được đấu nối nên bản chất vẫn là hệ thống thoát nước hỗn hợp [15].

Bảng 1. 1. Nhà máy XLNT thu gom nước thải tại từ hệ thống thoát nước chung tại Việt Nam [18]

TT	Tên nhà máy XLNT	Tỉnh/ T.phố	Hệ thống thu gom chung	Tải trọng hữu cơ OLR ($kgCOD/m^3.ngày$)
1	Kim Liên	Hà nội	Chung	1,05
2	Trúc Bạch	Hà nội	Chung	0,93
3	Bắc Thăng Long	Hà nội	Chung	0,81
4	Yên Sở	Hà nội	Chung	0,79
5	Hồ Tây	Hà nội	Chung	0,58
6	Bảy Mẫu	Hà nội	Chung	0,85
7	Cầu Ngà	Hà nội	Chung	-
8	Tham Lương Bến Cát	HCMC	Chung	-
9	Bình Hưng	HCMC	Chung	0,55
10	Bình Hưng Hòa	HCMC	Chung	1,20
11	Phú Lộc	Đà Nẵng	Chung	0,60
12	Ngũ Hành Sơn	Đà Nẵng	Chung	0,48
13	Sơn Trà	Đà Nẵng	Chung	0.69
14	Hòa Cường	Đà Nẵng	Chung	0,55
15	Hòa Xuân	Đà Nẵng	Chung	1,11
16	Vĩnh Niệm	Hải Phòng	Chung	-
17	Cần Thơ	Cần Thơ	Chung	-
18	Bắc Ninh	Bắc Ninh	Chung	0,588
19	Từ Sơn	Bắc Ninh	Chung	1,02
20	Bắc Giang	Bắc Giang	Chung	0,72
21	Bãi Cháy	QuảngNinh	Chung	0,48
22	Hà Khánh	QuảngNinh	Chung	0,41
23	Vĩnh Yên	Vĩnh Phúc	Chung	-
24	Hải Dương	Hải Dương	Chung	-
25	Hô Mễ	Hà Nam	Chung	-
26	Cầu Giát	Hà Nam	Chung	-
27	TP.Thanh Hóa	Thanh Hóa	Chung	-
28	Bỉm Sơn	Thanh Hóa	Chung	-
29	Sầm Sơn	Thanh Hóa	Chung	-
30	Vinh	Nghệ An	Chung	0,99

TT	Tên nhà máy XLNT	Tỉnh/ T.phố	Hệ thống thu gom chung	Tải trọng hữu cơ OLR (kgCOD/m^3.ngày)
31	Cửa Lò(GĐ 1)	Nghệ An	Chung	-
32	Thái Hòa	Nghệ An	Chung	-
33	Đức Ninh	Quảng Bình	Chung	-
34	Nhơn Bình	Bình Định	Chung	0,65
35	Bàu Sen(2A)	Bình Định	Chung	-
36	Nam Nha Trang	Khánh Hòa	Chung	0,54
37	Cam Ranh	Khánh Hòa	Chung	-
38	Phan Rang – Tháp Chàm	Ninh Thuận	Chung	-
39	Phú Hải	Bình Thuận	Chung	-
40	Vũng Tàu	Bà Rịa- Vũng Tàu	Chung	-
41	Sóc Trăng	Sóc Trăng	Chung	-
42	Long Xuyên	An Giang	Chung	-
43	Châu Đốc	An Giang	Chung	-
44	Ninh Bình	Ninh Bình	Chung	-
45	Tam Kỳ	Quảng Nam	Chung	-
46	Chùa Cầu Hội An	Quảng Nam	Chung	-
47	Hội An	Quảng Nam	Chung	-
48	Đồng Xoài	Bình Phước	Chung	-
49	Đồng Hà	Quảng Trị	Chung	-
50	Quảng Trị	Quảng Trị	Chung	-
51	Tuy Hòa	Phú Yên	Chung	-
52	Thái Bình	Thái Bình	Chung	-
53	Dương Minh Châu	Tây Ninh	Chung	-
54	Lào Cai	Lào Cai	Chung	-
55	Vĩnh Lộc	Tuyên Quang	Chung	-
56	Na Hang	TuyênQuang	Chung	-
57	Mộc Châu	Sơn La	Chung	-
58	Nông trường	Sơn La	Chung	-
59	Phú Hải	Bình Thuận	Chung	-

Bảng 1. 2. Nhà máy XLNT thu gom nước thải tại từ hệ thống thoát nước riêng tại Việt Nam [18]

TT	Tên Nhà máy XLNT	Tỉnh/ T.phố	Hệ thống thu gom riêng	Tải trọng hữu cơ OLR (kgCOD/m^3.ngày)
1	Công nghệ cao Hòa Lạc	Hà nội	Riêng	
2	Nam Viên (Phú Mỹ Hưng)	HCMC	Riêng	-
3	Cánh Đồi (Phú Mỹ Hưng)	HCMC	Riêng	-
4	Buôn Ma Thuột	Đăk Lăk	Riêng	3,51
5	Đà Lạt	Lâm Đồng	Riêng	1,81
6	Thủ Dầu Một	Bình Dương	Riêng	-
7	Thuận An	Bình Dương	Riêng	-
8	Cao Lãnh	Đồng Tháp	Riêng	-

Như vậy, giải pháp thu gom nước thải của Việt Nam về cơ bản là cống chung hoặc hỗn hợp. Trong tương lai khi đô thị phát triển, tỷ lệ nước thải thu gom riêng sẽ tăng dần do đó có sự biến đổi của nồng độ các thông số ô nhiễm. Mặc dù có một số khu đô thị, hay khu công nghiệp đã có hệ thống cống riêng nhưng nước thải sau đó lại được đấu nối vào hệ thống thoát nước chung của đô thị, nên cuối cùng vẫn là hệ thống cống chung [18]. Những nhà máy XLNT đô thị nhận nước thải từ hệ thống cống chung có đặc thù là nước thải loãng có OLR phổ biến khoảng 0,5 ÷ 1,2 kgCOD/m^3.ngày. Một số nhà máy XLNT có nước thải đầu vào được thu gom từ hệ thống cống riêng là nước thải đặc có OLR khoảng 1,8 ÷ 3,5 kgCOD/m^3.ngày (Nhà máy XLNT Đắc Lăk – Buôn Ma Thuột và Nhà Máy XLNT Đà Lạt – Lâm Đồng) [18].

1.1.3. Đặc tính của nước thải đô thị tại Việt Nam

Nước thải đô thị Việt Nam hiện nay được xử lý bởi các trạm xử lý cục bộ tại các khu đô thị mới, cơ sở sản xuất, bệnh viện và các nhà máy XLNT tập trung cho một vùng đô thị rộng lớn bao gồm khu dân cư cũ và các khu dân cư mới, cơ sở sản xuất, bệnh viện đã có và chưa có nhà máy xử lý nước thải cục bộ.

Hệ thống thoát nước đô thị Việt Nam nói chung và Hà Nội nói riêng chưa hoàn chỉnh, nước thải hầu như đang thoát tự nhiên vào các sông, hồ, nguồn tiếp nhận khác... Hệ thống thoát nước, thu gom nước thải các lưu vực chỉ được thực hiện đồng thời khi xây dựng nhà máy XLNT,

thậm chí một số trường hợp nhà máy XLNT còn được xây dựng trước. Việc xác định tính chất nước thải tại các khu vực chưa có hệ thống thu gom là khó khăn, lấy mẫu phân tích tại từng cửa xả riêng lẻ chưa phản ánh được tính chất nước thải toàn lưu vực vì nồng độ nước thải tập trung phụ thuộc sự pha trộn các nguồn thải theo nồng độ và lưu lượng tại từng thời điểm, trong lúc khó có thể thực hiện được đồng thời đo lưu lượng và lấy mẫu tất cả các cửa xả. Do đó, việc xác định tính chất nước thải đô thị bằng số liệu thực tế chỉ thực hiện được đối với các nhà máy XLNT đang vận hành nơi nước thải đã được thu gom về, hoặc tại các sông, kênh thoát nước thải tập trung vào thời tiết không mưa.

Thực tế công tác phân tích, quản lý các thông số vận hành tại một số nhà máy XLNT là chưa đầy đủ, thậm chí một số nhà máy XLNT còn không trang bị thiết bị phân tích hiện trường, một số nhà máy XLNT khác vì nhiều lý do nên chưa vận hành ổn định, do đó công tác thu thập số liệu rất khó khăn.

Các số liệu nồng độ các thông số trong nước thải đầu vào các nhà máy XLNT cho thấy có sự khác biệt lớn giữa giá trị thiết kế và giá trị vận hành thực tế. Tổng hợp giá trị trung bình, nhỏ nhất, lớn nhất từ các số liệu đầu vào các nhà máy XLNT, nguồn thải. Thông số thực tế vận hành đối với COD, BOD_5, T-P thấp hơn nhiều so với thiết kế (tương ứng chỉ 46%, 51%, 66%) trong lúc T-N cao tương đương thiết kế (97%). Sự chêch lệch không đều giữa các thông số dẫn đến tỷ lệ BOD_5: TN thực tế thấp hơn nhiều so với thiết kế (48%), trong khi BOD_5:T-P và COD:BOD_5 không chênh lệch nhiều (74%, 91%). Thông số đầu vào các nhà máy XLNT trên thế giới cho thấy cũng có sự khác nhau giữa thiết kế và thực tế vận hành, tuy nhiên không khác nhau quá nhiều như Việt Nam [3].

Bảng 1. 3. Các thông số theo thiết kế và thực tế vận hành trong nước thải của các nhà máy XLNT tại Việt Nam

TT	Thông số chất hữu cơ	Gía trị trung bình theo thiết kế (mg/l)	Gía trị trung bình theo vận hành (mg/l)
1	COD	317	147
2	BOD_5	172	87
3	T-N	40	39
4	T-P	6	4
5	COD:BOD_5	1,88	1,71
6	BOD_5:T-N	4,94	2,39
7	BOD_5:T-P	33,16	24,40

Nguồn: Công ty Phú Điền, Công ty SFC Việt Nam (2020)

Nước thải đô thị tại Việt Nam nói chung có hàm lượng chất hữu cơ thấp (COD, BOD_5 thấp, BOD_5:T-N thấp). Nước thải đô thị tại Việt Nam có COD, BOD_5 thấp là do hệ thống thu gom chung chưa hoàn thiện, hầu hết các hộ gia đình và các tòa nhà đều có bể tự hoại do đó chất ô nhiễm hữu cơ bị phân hủy tại bể tự hoại hoặc trên hệ thống thoát nước. Tuy nhiên, quá trình phân hủy là yếm khí nên chỉ giúp giảm COD, BOD_5, hầu như không giúp giảm được T-N vì thành phần chủ yếu của T-N chỉ là NH_4^+-N và nitơ hữu cơ, không có (hoặc thấp) thành phần NO_x. Mặt khác, một số nguồn thải có nồng độ nitơ cao như nước rỉ rác, nước thải từ các cơ sở giết mổ gia súc, nước thải từ các chợ truyền thống, nước thải từ bếp ăn các hộ gia đình, nước thải từ bếp ăn các nhà hàng và khách sạn. Tỷ lệ BOD_5:T-N trong nước rỉ rác chỉ khoảng 0,6, có nghĩa BOD_5 còn thấp hơn T-N, T-N cao đến hơn 3,300 (mg/l) [15]. BOD_5 thấp, T-N cao, do đó tỷ số BOD_5:T-N thấp, thậm chí ngoài khoảng đặc trưng của nước thải sinh hoạt và nước thải thu gom chung [15].

Bảng 1. 4. Thông số đầu vào một số nhà máy XLNT Việt Nam tiếp nhận nước thải từ hệ thống thoát nước chung

TT	Nhà máy XLNT / lưu vực	Thông số đầu vào (mg/l)						
		COD	BOD_5	T-N	T-P	COD :BOD_5	BOD_5 :T-N	BOD_5 :T-P
1	Bắc Giang, Bắc Giang	120	90			1,33	-	-
2	Bắc Ninh, Bắc Ninh	98	66	39	3	1,48	1,69	22
3	Bắc Thăng Long Vân Trì, Hà Nội	135	85	38	5,4	1,59	2,24	15,7
4	Bãi Cháy, Quảng Ninh	80	36	0,1	1	2,22		36
5	Bảy Mẫu, Hà Nội	141	79	48	6	1,8	1,64	13,1
6	Bình Hưng, thành phố Hồ Chí Minh	91	47	22	4,9	1,95	2,08	9,5
7	Bình Hưng Hòa, thành phố Hồ Chí Minh	203	78	35	1,7	2,6	2,23	45,9
8	Hà Khánh, Quảng Ninh	68	45	0,2		1,51		
9	Hồ Tây, Hà Nội	98	78	32	5	1,26	2,44	15,6
10	Hòa Cường, Đà Nẵng	92	67	18	0,9	1,37	3,76	74,4
11	Hòa Xuân, Đà Nẵng	185	89	42	3,5	2,08	2,1	25,8
12	Kim Liên, Hà Nội	145	73	40	6,5	2	1,81	11,2
13	Ngũ Hành Sơn, Đà Nẵng	68	48	16	1,4	1,41	3,08	34,3

TT	Nhà máy XLNT / lưu vực	Thông số đầu vào (mg/l)						
		COD	BOD_5	T-N	T-P	COD :BOD_5	BOD_5 :T-N	BOD_5 :T-P
14	Nha Trang, Khánh Hòa	90	65	35	2,5	1,38	1,86	26
15	Phú Lộc, Đà Nẵng	100	72	21	1,3	1,4	3,35	55,2
16	Nhơn Bình, Quy Nhơn, Bình Định	108	59	34	6,3	1,82	1,73	9,4
17	Sơn Trà (cũ), Đà Nẵng	100	74	18	5	1,36	4,1	14,8
18	Sơn Trà (mới), Đà Nẵng	115	127	45	0,7	0,91	2,82	
19	Trúc Bạch, Hà Nội	155	78	34	6,5	2	2,28	11,9
20	Từ Sơn, Bắc Ninh	170	76	42	5,5	2,24	1,81	13,8
21	Vinh, Nghệ An	165	83	48		1,99	1,73	
22	Yên Sở, Hà Nội	132	76	47	5,5	1,74	1,62	13,8
23	Tô Lịch / Yên Xá, Hà Nội		92	49	5,6		1,88	16,4

Nguồn: Công ty Phú Điền, Công ty SFC Việt Nam (2020)

Bảng 1. 5. Thông số đầu vào một số nhà máy XLNT Việt Nam tiếp nhận nước thải từ hệ thống thoát nước riêng

TT	Nhà máy XLNT / lưu vực	Thông số đầu vào (mg/l)						
		COD	BOD_5	T-N	T-P	COD :BOD_5	BOD_5 :T-N	BOD_5 :T-P
1	Buôn Ma Thuột, Đắc Lăk	564	336	93		1,68	3,61	
2	Đà Lạt, Lâm Đồng	302	151	56	6,5	2	2,71	23,1

Nguồn: Công ty Phú Điền, Công ty SFC Việt Nam (2020)

Từ số liệu (Bảng 1.4 và 1.5) phần lớn nước thải đô thị tại Việt Nam được thu gom từ hệ thống cống chung có đặc thù là nước thải loãng (có COD từ 90 ÷ 200 mg/l; BOD_5 từ 47 ÷ 127 mg/l; BOD_5/T-N từ 1,6 ÷ 2,4 mg/l). Một số nhà máy XLNT như: Buôn Ma Thuột - Đắc Lăk; Đà Lạt, Lâm Đồng tiếp nhận nước thải từ hệ thống thu gom riêng có đặc trưng là nước thải vừa và đặc (có COD từ 302 ÷ 564 mg/l; BOD_5 từ 151 ÷ 336 mg/l; BOD_5/T-N từ 2,71 ÷ 3,61 mg/l).

Theo cách phân loại điển hình đối với nước thải đô thị có thể chia ra làm 3 mức như sau: nước thải loãng có hàm lượng chất hữu cơ theo COD < 250 (mg/l), nước thải vừa có COD từ 250 ÷ 430 (mg/l), nước thải đặc có COD từ 430 ÷ 800 (mg/l) [15].

Nếu so sánh về tải trọng hữu cơ đầu vào các nhà máy XLNT tại Việt Nam với tải trọng hữu cơ đầu vào các nhà máy XLNT trên thế giới, phần lớn các nhà máy XLNT tại Việt Nam có tải trọng hữu cơ thấp hơn [18; 37]. Thông số tải trọng hữu đầu vào một số nhà máy XLNT đô thị trên thế giới được trình bày tại bảng dưới đây sẽ chứng minh điều đó:

Bảng 1. 6. Tải trọng hữu đầu vào một số nhà máy XLNT đô thị trên thế giới [37]

TT	Địa điểm	Công suất nhà máy XLNT (m^3/ngày)	Tải trọng hữu cơ đầu vào OLR (Kg COD/ m^3. ngày)	Loại nước thải
1	Thành phố Kingaroy, Australia	3004	3,07	Nước thải đô thị
2	Thành phố Longford, Australia	2838	3,25	Nước thải đô thị
3	Thành phố Sydney, Australia	32600	4,17	Nước thải đô thị
4	Thành phố Rio de Janeiro, Brazil	43200	3,08	Nước thải đô thị
5	Thành phố Oissery, Pháp	2000	5,40	Nước thải đô thị
6	Thành phố halon-sur-Saône, Pháp	5789	7,18	Nước thải đô thị
7	Thành phố Altena, Đức	9000	1,67	Nước thải đô thị
8	Thành phố Sha Tin, Hong Kong	1000	3,85	Nước thải đô thị
9	Thành phố Carrigtwohill, Ireland	7000	3,96	Nước thải đô thị
10	Thành phố Clonakilty, Ireland	5000	4,06	Nước thải đô thị
11	Thành phố Quezon, Philippines	5046	1,46	Nước thải đô thị
12	Thành phố Ryki, Ba Lan	6000	6,31	Nước thải đô thị
13	Thành phố Faro-Olhão, Bồ Đào Nha	22000	5,63	Nước thải đô thị
14	Thành phố Frielas, Bồ Đào Nha	12000	3,08	Nước thải đô thị
15	Thành phố Jeddah, Saudi Arabia	363966	5,71	Nước thải đô thị
16	Thành phố Overstrand, Nam Phi	5000	5,20	Nước thải đô thị
17	Thành phố Dinxperlo, Hà Lan	3100	2,98	Nước thải đô thị
18	Thành phố Dodewaard, Hà Lan	9528	6,68	Nước thải đô thị
19	Thành phố Blackburn, Anh	66000	4,50	Nước thải đô thị
20	Thành phố Dungannon, Anh	8000	3,01	Nước thải đô thị
21	Thành phố Walsall Wood, Anh	5000	4,85	Nước thải đô thị

1.2. Tổng quan công nghệ XLNT đô thị tại Việt Nam

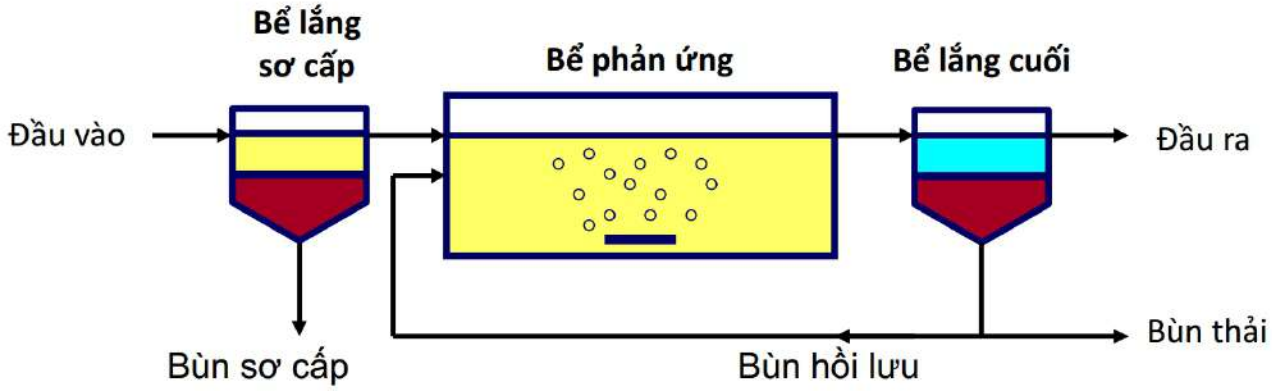
1.2.1. Công nghệ XLNT đô thị phổ biến tại Việt Nam

Tính đến nay, tại các đô thị Việt Nam có khoảng 70 nhà máy XLNT tập trung đang hoạt động. Công suất các nhà máy khác nhau, một số nhà máy có công suất nhỏ vài nghìn m^3/ngày (Trúc Bạch, Bãi Cháy, Sầm Sơn, Na Hang, Ngũ Hành Sơn, Bắc Ninh, Bắc Giang, Vĩnh Yên, Hồ Mễ…), một số nhà máy có công suất lớn vài chục nghìn m^3/ngày (Vinh, Cầu Ngà, Bình Hưng Hòa, Bắc Thăng Long, Phú Lộc…), thậm trí có những nhà máy công suất đến vài trăm nghìn m^3/ngày (Yên Sở, Bình Hưng, Tham Lương). Đa phần các nhà máy đều tiếp nhận nước thải từ các hệ thống thoát nước chung, trong đó chỉ có 7 nhà máy XLNT tiếp nhận từ hệ thống thoát nước riêng bao gồm Đà Lạt (Lâm Đồng), Buôn Ma Thuột (Đắc Lawk), Hội An (Quảng Nam), Châu Đốc (An Giang), Thủ Dầu Một (Bình Dương), Cảnh Đồi và Nam Viên (TP Hồ Chí Minh) [18].

Các công nghệ XLNT đô thị tại Việt Nam có nhiều loại, hiện nay có 6 công nghệ chính áp dụng cho các nhà máy XLNT đô thị Việt Nam gồm công nghệ bùn hoạt tính truyền thống (CAS), công nghệ bùn hoạt tính dạng mẻ (SBR), công nghệ bùn hoạt tính Hiếu – Thiếu – Yếm khí kết hợp A2O, công nghệ mương oxy hóa (OD), lọc sinh học kiểu nhỏ giọt (TF), công nghệ Hồ (gồm hồ hiếu khí, yếm khí hay ổn định, sục khí, tùy nghi). Trong số này, CAS có 6 nhà máy như Bảy Mẫu (Hà Nội), Vĩnh Niệm (Hải Phòng), Vĩnh Yên (Vĩnh Phúc), Vinh (Nghệ An), Cam Ranh (Khánh Hòa) và Bình Hưng (TP Hồ Chí Minh). Công nghệ SBR là công nghệ được sử dụng nhiều nhất gồm có 14 nhà máy, trong đó có 4 nhà máy sử dụng công nghệ SBR cải tiến như Cầu Ngà (Hà Nội), Hồ Tây (Hà Nội), Cao Lãnh (Đồng Tháp), Bắc Ninh (TP Bắc Ninh). Ngoài ra công nghệ A2O có 6 nhà máy, công nghệ AO có 3 nhà máy, mương oxy hóa OD có 7 nhà máy... Ngoài ra còn có một số nhà máy áp dụng công nghệ đơn giản như hồ kỵ khí tại Ngũ Hành Sơn, hồ sinh học như trạm Buôn Ma Thuột và Thanh Hóa, hồ sục khí như trạm Bình Hưng Hòa, lọc sinh học nhỏ giọt (TF) như trạm Đà Lạt, Trạm Bình Nhơn (Bình Định). Sơ đồ các công nghệ CAS, SBR, A2O, OD, TF, Hồ [18]. (xem tại Hình 1.1 ÷ Hình 1.6).

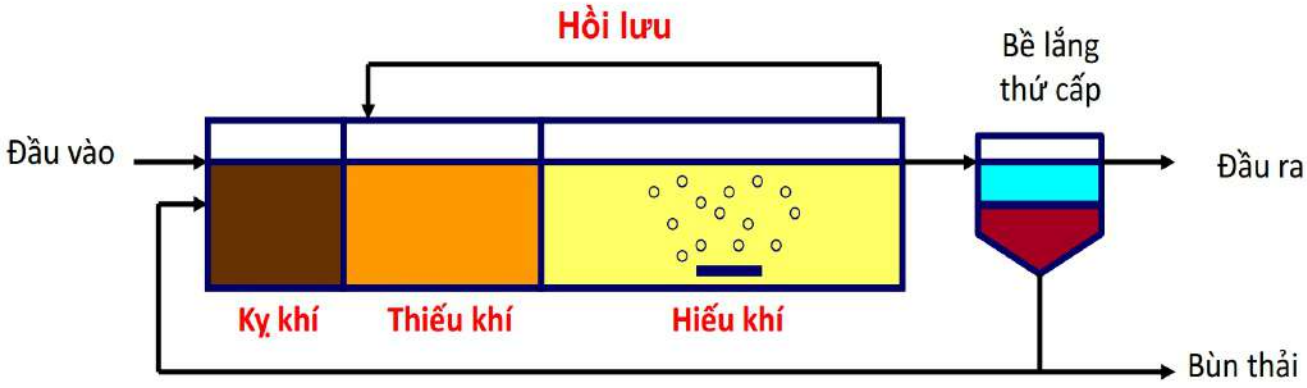
CAS là công nghệ trong đó quá trình phản ứng sinh học và quá trình lắng xảy ra trong các bể riêng biệt. Nước thải được tiếp nhận liên tục vào bể sục khí (bể Aeroten), quá trình sục khí vừa cấp khí Oxy cho vi sinh vật, vừa duy trì vi sinh vật ở trạng thái lơ lửng trong nước thải. Vi sinh vật sử dụng chất ô nhiễm trong nước thải như nguồn thức ăn để phát triển, sinh ra tế bào mới, do đó chất ô nhiễm được xử lý. Quá trình này thường là hiếu khí, hoặc hiếu – thiếu – yếm khí kết hợp nếu sục khí gián đoạn, tuy nhiên công nghệ CAS áp dụng cho các nhà máy XLNT ở Việt Nam là sục khí liên tục. Nước thải sau phản ứng sinh học tự chảy tràn sang bể

lắng. Tại bể lắng, vi sinh vật ở dạng bùn lắng xuống đáy bể theo nguyên lý lắng trọng lực, nước trên mặt bể chảy tràn vào máng thu nước và ra ngoài. Một phần bùn lắng dưới đáy bể lắng sẽ được hồi lưu lại bể sục khí, một phần bùn dư được thải bỏ.



Hình 1. 1. Sơ đồ mô tả công nghệ CAS

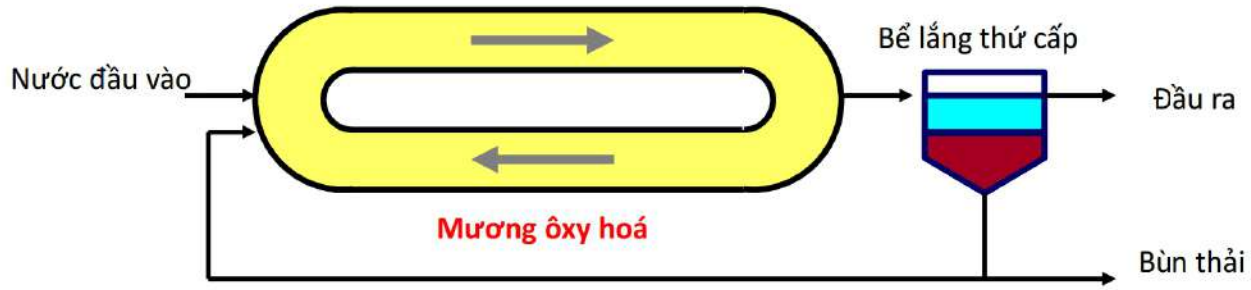
A2O là biến thể của CAS, theo đó quá trình phản ứng sinh học và quá trình lắng xảy ra trong 2 bể riêng biệt nhưng bể phản ứng sinh học được chia thành 3 ngăn duy trì các điều kiện yếm khí, thiếu khí và hiếu khí khác nhau. Nước thải đầu tiên được tiếp nhận vào ngăn yếm khí được khuấy trộn để duy trì vi sinh vật trong bùn hồi lưu từ bể lắng ở trạng thái lơ lửng. Sau quá trình thiếu khí, hỗn hợp bùn – nước thải tự chảy sang ngăn tiếp theo được khuấy trộn (không cấp oxy) với hỗn hợp bùn - nước thải hồi lưu từ bể hiếu khí nơi có NO_3^- do quá trình nitrat hóa xảy ra ở ngăn hiếu khí. Vi sinh vật sử dụng oxy của phần tử NO_3^- để phát triển. Hỗn hợp bùn – nước thải từ ngăn thiếu khí tiếp tục tự chảy sang ngăn hiếu khí – khí oxy được cấp vào để duy trì điều kiện hiếu khí trong ngăn này. Nước thải sau đó được lắng tại bể lắng riêng biệt, bùn được hồi lưu theo nguyên lý tương tự như CAS.



Hình 1. 2. Sơ đồ mô tả công nghệ A2O

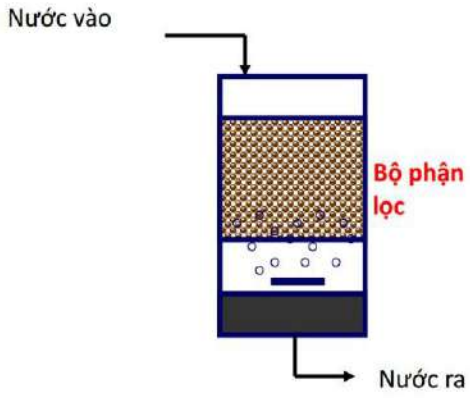
OD cũng là công nghệ trong đó quá trình phản ứng sinh học và quá trình lắng xảy ra trong 2 bể riêng biệt tương tự như CAS, A2O. Tuy nhiên bể phản ứng sinh học của OD được cấu tạo để nước chảy theo tuần tự dọc theo chiều dài của bể. Thiết bị sục khí bề mặt dạng roto vừa có

tác dụng cấp khí, vừa có tác dụng đẩy nước chảy theo chiều dài bể. Thiết bị cấp khí được lắp đặt tại một số vị trí để tạo ra các vùng hiếu khí (gần roto) và thiếu khí, yếm khí (khi chảy xa vùng roto). Nước thải sau đó được lắng tại bể lắng riêng biệt, bùn được hồi lưu theo nguyên lý tương tự như CAS và A2O.



Hình 1. 3. Sơ đồ công nghệ OD

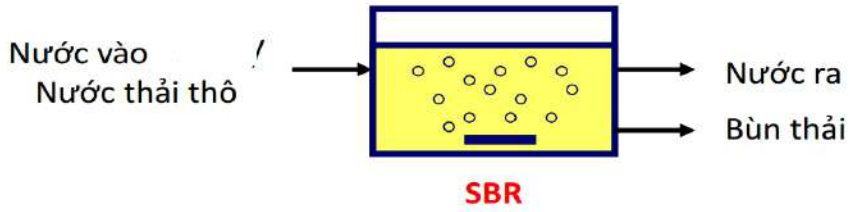
TF cũng là công nghệ trong đó quá trình phản ứng sinh học và quá trình lắng xảy ra trong 2 bể riêng biệt tương tự như CAS, A2O, OD, tuy nhiên điểm khác biệt là quá trình phản ứng sinh học theo nguyên lý hoàn toàn khác. Bể lọc nhỏ giọt được thiết kế có lớp đệm như là giá thể để vi sinh vật bám dính vào đệm thành một lớp màng mỏng. Đầu tiên, nước thải được bơm lên đỉnh tháp, qua một giàn phun vào lớp đệm. Nước thải khi chảy qua lớp đệm, tiếp xúc với vi sinh vật sẽ diễn ra quá trình phản ứng sinh học. Oxy được cấp bằng quạt từ đáy tháp thổi ngược lên, hoặc được cung cấp bởi quá trình tiếp xúc tự nhiên với không khí trong quá trình nước thải rơi từ đỉnh tháp xuống đáy tháp. Nước thải sau khi rơi xuống đáy tháp được hồi lưu, bơm cùng nước thải vào ngược lại đỉnh tháp. Nước thải sau đó được lắng tại bể lắng riêng biệt tương tự như CAS và A2O nhưng không có hồi lưu bùn. Bùn dư định kỳ rút từ bể lắng.



Hình 1. 4. Sơ đồ mô tả công nghệ TF

SBR khác với CAS, A2O, OD, TF là toàn bộ quá trình phản ứng và lắng xảy ra trong cùng một bể, do đó SBR thường phải có 2 bể luân phiên nhau. Nước thải được tiếp nhận vào 1 bể SBR,

tiếp xúc với vi sinh vật có sẵn trong bể được duy trì ở trạng thái lơ lửng (sục khí để duy trì điều kiện hiếu khí hoặc khuấy trộn để duy trì điều kiện thiếu khí, yếm khí) và diễn ra quá trình phản ứng sinh học. Sau quá trình phản ứng sinh học, việc sục khí (hoặc khuấy trộn) dừng lại, vi sinh vật được lắng xuống đáy bể và nước trong được rút ra ngoài, bùn dư được rút ra. Thường thì nước thải không được tiếp nhận vào bể khi đang diễn ra quá trình lắng và rút nước (trừ SBR liên tục), khi đó nước thải được tiếp nhận vào bể thứ 2. Cứ thế 2 (hoặc nhiều bể) luân phiên lặp đi lặp lại quá trình này, SBR đang áp dụng cho các nhà máy XLNT ở Việt Nam là SBR tiếp nhận nước thải gián đoạn.



Hình 1. 5. Sơ đồ mô tả công nghệ SBR

Hồ sinh học là phương pháp xử lý đơn giản nhất và đã được áp dụng từ rất lâu khi điều kiện về mặt bằng còn nhiều. Khi nước thải vào hồ, do vận tốc dòng chảy nhỏ, các loại cặn lắng xuống đáy. Các chất hữu cơ còn lại trong nước thải sẽ bị các vi sinh vật hấp thụ và oxy hóa bởi vi sinh vật, rong, tảo và các thực vật bậc cao có trong nước thải. Lượng oxy cho quá trình sinh hóa chủ yếu là do không khí xâm nhập qua mặt thoáng của hồ và do quá trình quang hợp của thực vật nước. Hồ hiếu khí có chiều sâu khoảng 0,3 ÷ 0,6 (m); hồ tùy tiện có chiều sâu khoảng 1,5 ÷ 2,5 (m) với thời gian lưu từ 25 đến hơn 180 ngày; hồ sục khí có chiều sâu khoảng 3 ÷ 6 (m) với thời gian lưu khoảng 5 ÷ 30 ngày; hồ yếm khí có chiều sâu khoảng 2,5 ÷ 6 (m) và thời gian lưu khoảng 30 ÷ 50 ngày. Vì chất rắn lơ lửng trong hồ thấp nên không cần bể lắng sau quá trình xử lý như các công nghệ khác.



Hình 1. 6. Sơ đồ mô tả công nghệ hồ

Hiện chưa có nơi có thể cung cấp đầy đủ số liệu về suất đầu tư, chi phí vận hành, diện tích chiếm đất của các nhà máy XLNT, việc thu thập chủ yếu dựa vào các tài liệu, thông tin được

cung cấp bởi chủ đầu tư hoặc các đơn vị đang quản lý vận hành. Mặt khác, một số đơn vị hạch toán chi phí đầu tư và vận hành gộp chung nhà máy XLNT và mạng thu gom, không tách bạch được do đó số liệu không đầy đủ cho tất cả các nhà máy XLNT. Mặt khác, quá trình thực hiện xây dựng các nhà máy XLNT từ khi lập nghiên cứu khả thi cho đến khi hoàn thành đưa vào vận hành kéo dài từ 5 đến hơn 10 năm. Hầu hết các nhà máy XLNT đang vận hành chỉ thiết kế để đạt được cột B của các Quy chuẩn cho phép tại Việt Nam.

Hiệu suất loại bỏ BOD_5 (trong nước thải vào) lớn nhất có thể đạt được bởi các công nghệ SBR, CAS, A2O, OD là 95% [14], vì vậy trường hợp nước thải đặc có BOD_5 lớn nhất là 350 (mg/l) thì BOD_5 sau xử lý có thể đạt được 17,5 (mg/l), đạt các quy chuẩn Việt Nam hiện hành. Trong khi đó lọc sinh học chỉ đạt được hiệu suất tối đa 85% thì trong một số trường hợp khi BOD_5 trong nước thải đầu vào cao sẽ không đạt quy chuẩn Việt Nam. Hồ sinh học thì hiệu suất xử lý tùy thuộc vào thời gian lưu (từ 5 đến 180 ngày), thời gian càng dài chất lượng càng tốt. Hồ thường để xử lý BOD_5 đạt từ $15 \div 40$ (mg/l) [15]. Giới hạn COD trong quy chuẩn Việt Nam cao hơn 3 lần so với BOD_5, trong khi tỷ lệ COD:BOD_5 vào thấp nên các công nghệ hiện có hoàn toàn cũng có thể xử lý COD đạt quy chuẩn Việt Nam.

Như vậy, với chỉ số COD, BOD_5 thấp như hiện nay thì các công nghệ đều có thể đáp ứng. Tuy nhiên, trong tương lai trường hợp nồng độ tăng cao (khi tỷ lệ thu gom riêng lớn) thì đối với công nghệ lọc sinh học, hồ phải nâng cấp mới có thể đạt yêu cầu. Thông số SS được xử lý bằng lắng cơ học, hiệu suất xử lý phụ thuộc vào mức độ dễ lắng của vi sinh vật sau quá trình xử lý sinh học, không phụ thuộc nhiều vào tính đặc thù của nước thải mà phụ thuộc vào giải pháp công nghệ. Nói chung, các công nghệ hiện nay có thể xử lý được SS đạt được quy chuẩn, đặc biệt là SBR có thể xử lý được SS đạt được đến 5 mg/l, trong khi giới hạn cho phép của SS trong quy chuẩn là 40,5 mg/l [14].

Trong các công nghệ đang áp dụng để XLNT tại Việt Nam hiện nay thì công nghệ bể xử lý theo mẻ(SBR) là phổ biến nhất [18]. Trong những năm gần đây công nghệ SBR đã chứng minh được là một công nghệ có nhiều ưu điểm trong XLNT, đặc biệt là nước thải sinh hoạt: thiết kế đơn giản (các quá trình xử lý đều diễn ra trong một bể), có khả năng loại bỏ BOD và các chất rắn lơ lửng cao, công nghệ SBR có khả năng loại bỏ chất hữu cơ nhờ hai quá trình thiếu khí và hiếu khí và chịu được sốc tải [27; 33]. Tuy nhiên, trong thực tế vận hành của các nhà máy XLNT tại Việt Nam hiện nay các công nghệ xử lý phần lớn làm việc thiếu hiệu quả do đặc thù nước thải của đô thị Việt Nam [15]. Nếu tính các dự án xử lý nước thải đang vận hành, đang thi công, đã được phê duyệt tại Việt Nam thì tỷ lệ ứng dụng công nghệ tính theo công suất là: Các nhà máy áp dụng công nghệ SBR chiếm 43,81% công suất, nhà máy áp dụng công nghệ

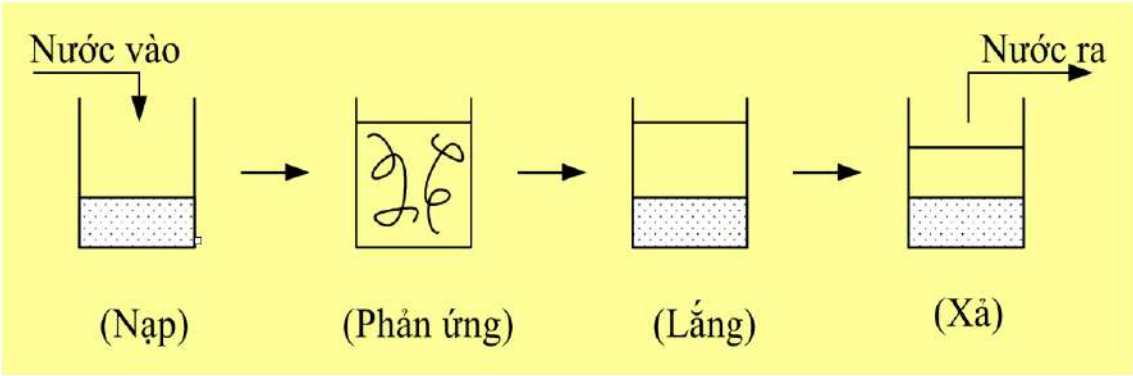
CAS chiếm 16,7% công suất, áp dụng công nghệ Hồ chiếm 13% công suất, nhà máy áp dụng công nghệ OD chiếm 9,5% công suất, nhà máy áp dụng công nghệ TF chiếm 4,5% công suất, nhà máy áp dụng công nghệ A2O chiếm 6,9% công suất , công nghệ MBBR 1,5%, công nghệ AO 1,3%, công nghệ khác 1,5% . Như vậy phần lớn các trạm xử lý nước thải trong nước là áp dụng công nghệ SBR [18].

Với nồng độ COD, BOD_5 thấp như nước thải đô thị tại Việt Nam thì các công nghệ XLNT đều có thể đáp ứng yêu cầu XLNT đô thị. Tuy nhiên, trong tương lai trường hợp nồng độ tăng cao (khi tỷ lệ thu gom riêng lớn) thì đối với công nghệ lọc sinh học, hồ phải nâng cấp mới có thể đạt được hiệu quả xử lý theo yêu cầu của TCVN. Nói chung, các công nghệ XLNT hiện nay có thể xử lý được đạt được QCVN 14/2008-BTNMT đối với nước thải đô thị, đặc biệt là SBR có bể selector có thể xử lý được SS đạt được đến 5 mg/l [15], trong khi giới hạn cho phép của SS trong QCVN 14/2008-BTNMT cột A là 50 mg/l. Tuy nhiên, nồng độ COD trong nước thải đô thị là không cao, mặc dù vượt quá QCVN nhưng về cơ bản có thể đạt được QCVN khi xử lý khi loại bỏ bùn dư sinh học. Vấn đề còn lại là xử lý T-N, T-P trong điều kiện tỷ lệ BOD_5:T-N và BOD_5:T-P thấp (thiếu nguồn C), nitơ trong nước thải đầu vào chủ yếu tồn tại ở dạng nitơ hữu cơ và amoni (không có oxit nitơ). Có trường hợp yêu cầu phải bổ sung nguồn Carbon từ bên ngoài để xử lý nitơ khi yêu cầu nước thải sau xử lý đạt QCVN 14/2008-BTNMT cột A [15]. Việc phải bổ sung nguồn C từ bên ngoài trong thực tế đã xảy ra đối với trường hợp nhà máy XLNT Yên Sở, làm tăng chi phí vận hành lớn vượt quá khả năng chi trả của ngân sách.

1.2.2. Tổng quan về công nghệ SBR

Công nghệ xử lý nước thải SBR là do quá trình cải tiến từ công nghệ bùn hoạt tính truyền thống. Ngày nay nhiều nước trên thế giới trong đó có Việt Nam có xu hướng áp dụng công nghệ SBR vào XLNT vì những lý do sau: tiết kiệm không gian và diện tích xây dựng trạm, công suất tăng so với công nghệ bùn hoạt tính truyền thống, vận hành đơn giản, có thể xử lý được nhiều loại nước thải với các mức độ yêu cầu khác nhau, chi phí xây dựng và quản lý vận hành thấp…

Bể phản ứng theo mẻ (SBR) là quy trình công nghệ bùn hoạt tính vận hành theo chu kỳ "nạp nước, sục khí, nghỉ, xả nước". Trên thế giới bể phản ứng theo mẻ được bắt đầu nghiên cứu từ những năm 1970, thậm chí từ những năm 1914 các thiết kế bể xử lý nước thải của Arden và Lockett thì các bể này đã vận hành theo nguyên tắc của bể SBR. Sự khác nhau quan trọng giữa SBR và các công nghệ bùn hoạt tính thông thường khác là trong bể SBR quá trình phản ứng, lắng xảy ra trong một bể. Về cơ bản, một chu kỳ SBR có 4 giai đoạn (pha) phản ứng với thời gian và lượng nước trong bể tương ứng các pha như hình dưới.

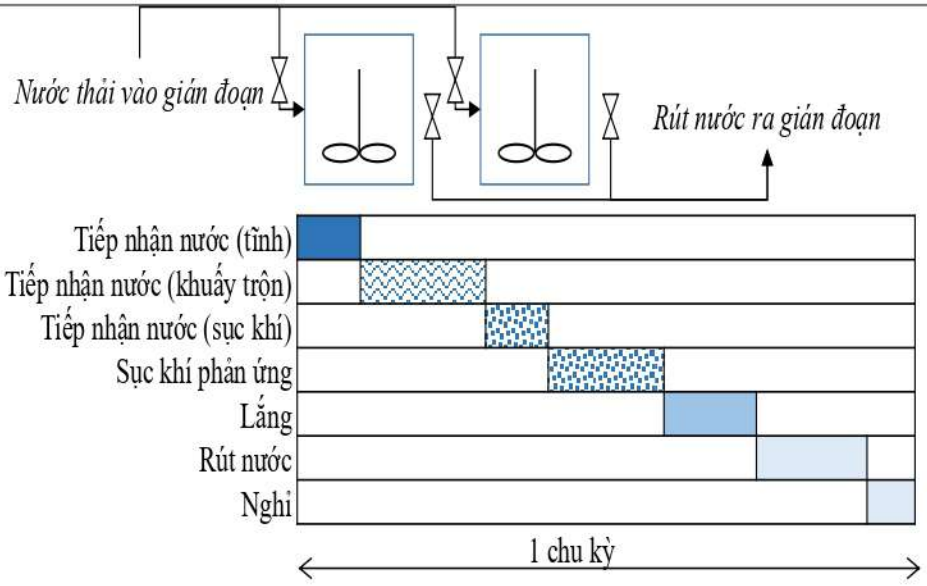
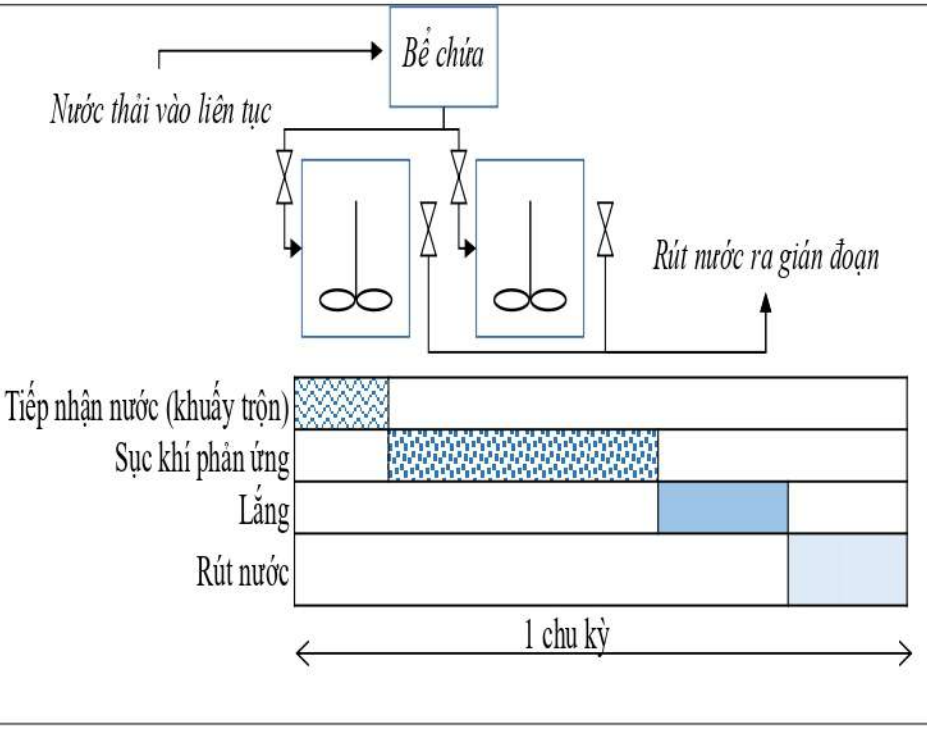


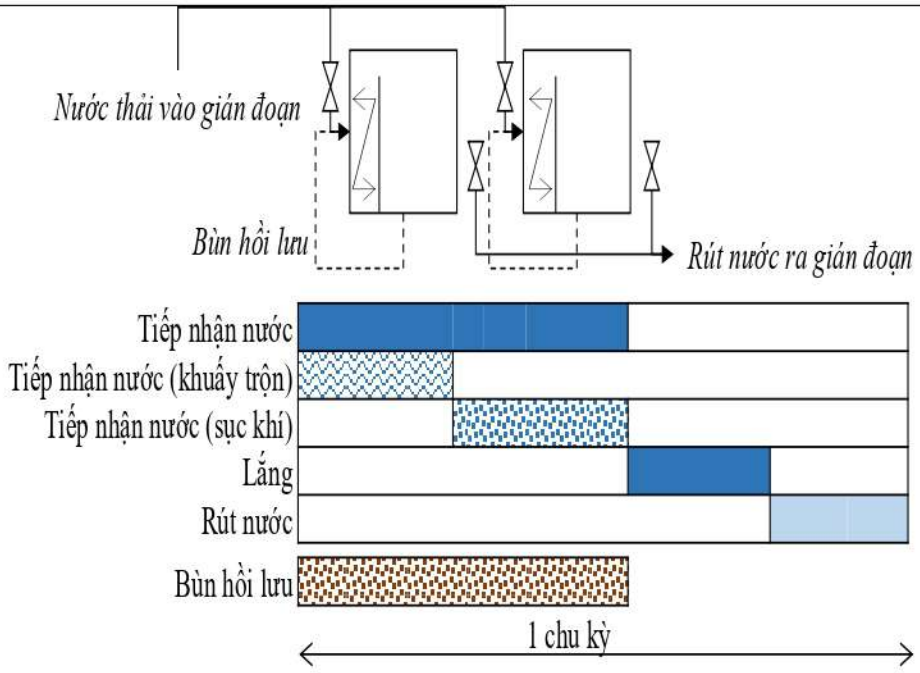
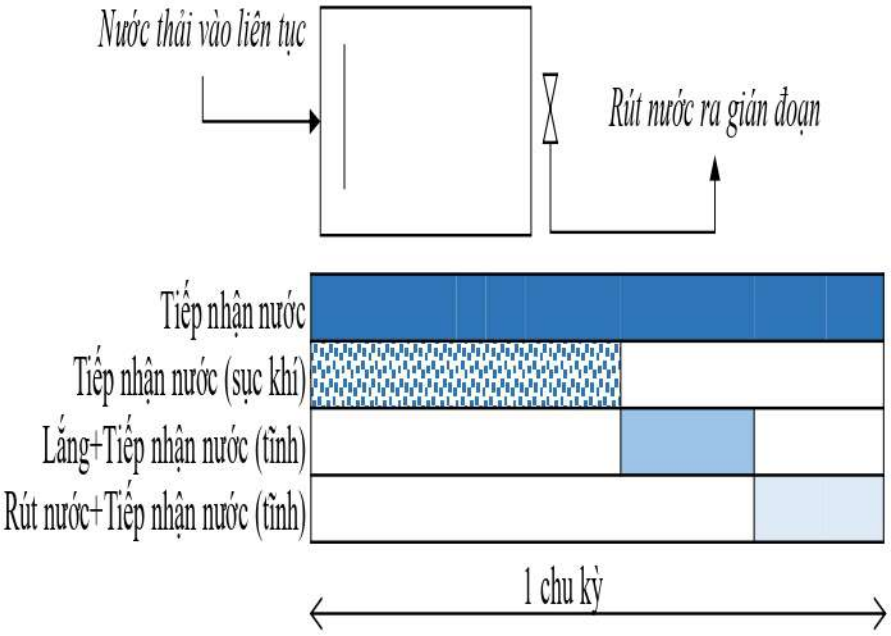
Hình 1. 7. Hình ảnh mô tả công nghệ SBR

Đầu tiên, nước thải được nạp vào bể trong thời gian khoảng 25% thời gian của một chu kỳ. Trong giai đoạn nạp nước vào có thể không khuấy trộn hay sục khí, hoặc có khuấy trộn hoặc có sục khí – quá trình này gọi là pha "Nạp nước". Sau pha "Nạp nước" là pha "Phản ứng". Tại pha "Phản ứng", vi sinh vật được duy trì trạng thái lơ lửng để tiếp xúc với nước thải, sử dụng các chất ô nhiễm trong nước thải làm thức ăn. Pha "Phản ứng" thường được duy trì dưới điều kiện hiếu khí, hoặc kết hợp một hoặc cả hai điều kiện thiếu khí, yếm khí phụ thuộc vào kiểu xử lý được áp dụng. Sau pha "Phản ứng", việc khuấy trộn dừng lại, bùn sinh học lắng xuống đáy bể tạo thành lớp nước trong phía trên, giai đoạn này gọi là "Pha lắng". Sau "Pha lắng" nước trong được rút ra khỏi bể, giai đoạn này gọi là "Pha xả nước". Với nước thải đô thị thì thời gian 1 chu kỳ thường 4 ÷ 6 giờ [19; 75].

Hiện nay công nghệ SBR đang là một công nghệ XLNT phổ biến nhất tại Việt Nam vì tính đơn giản trong thiết kế và vận hành. Công nghệ này đã thể hiện được tính linh hoạt và hiệu quả trong việc XLNT các loại nước thải khác nhau như: nước thải đô thị, nước thải công nghiệp, nước thải nhà máy thuộc da, nước thải nhà máy bia, sữa, nước thải rỉ rác…ở các điều kiện khác nhau. Các nghiên cứu phân loại hệ thống SBR được chia thành 4 nhóm [15]:

Bảng 1. 7. Các nhóm công nghệ SBR [15]

TT	Tên nhóm SBR – thông số kỹ thuật	Sơ đồ công nghệ
Nhóm 1	Tiếp nhận nước thải vào theo chu kỳ, pha phản ứng, pha lắng, pha rút nước và pha nghỉ. Đây chính là nhóm SBR cơ bản.	
Nhóm 2	Tiếp nhận nước thải vào theo chu kỳ, pha phản ứng, pha lắng, pha rút nước và không có pha nghỉ. Nhóm này có thể có bể chứa nước (hay bể điều hòa) hoặc không.	

TT	Tên nhóm SBR – thông số kỹ thuật	Sơ đồ công nghệ
Nhóm 3	Tiếp nhận nước thải theo chu kỳ vào ngăn lựa chọn (selector) phía trước ngăn phản ứng, ngăn phản ứng có pha phản ứng, pha lắng, pha rút nước và không có pha nghỉ.	
Nhóm 4	Tiếp nhận nước thải vào liên tục bằng ngăn phân phối dòng, pha phản ứng, pha lắng, pha rút nước và không có pha nghỉ.	

Trong đó, nhóm 3 có sự khác biệt là sử dụng một ngăn lựa chọn vi sinh vật có thể tích cố định mà các hệ thống SBR nhóm khác không sử dụng. Với hệ thống này, nước thải đầu vào không được tiếp nhận trong pha lắng và rút nước, có hồi lưu bùn từ ngăn phản ứng chính về ngăn lựa chọn vi sinh vật. Công nghệ bùn hoạt tính tuần hoàn theo chu kỳ (nhóm 3) chính là công nghệ SBR cải tiến có tên thương mại là C-Tech áp dụng tại Nhà máy XLNT Yên Sở. Các hướng cải

tiến công nghệ SBR để nâng cao hiệu quả XLNT có đặc điểm chung là tăng thêm ngăn bể hoặc thay đổi quy trình vận hành trong một chu kỳ [15]. Những cải tiến để giảm thời gian lắng là chưa thực hiện được. Vì vậy, với ưu điểm vượt trội về vận tốc lắng của bùn hạt hiếu khí, việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trong bể SBR để XLNT là hướng đi khả thi.

Bảng 1. 8. Sự khác nhau cơ bản về pha phản ứng của các nhóm SBR [15]

TT	Pha	SBR nhóm 1	SBR nhóm 2	SBR nhóm 3	SBR nhóm 4
1	Tiếp nhận nước thải (tĩnh)	√			√
2	Tiếp nhận nước thải (khuấy trộn)	√	√		
3	Tiếp nhận nước (sục khí)	√		√	√
4	Sục khí	√	√		
5	Lắng	√	√	√	
6	Lắng / Tiếp nhận nước				√
7	Rút nước	√	√	√	
8	Lắng / Rút nước				√
9	Nghỉ	√			

1.2.3. Hiện trạng quản lý vận hành các nhà máy XLNT tại Việt Nam

a. Công suất vận hành thực tế và công suất thiết kế tại các nhà máy XLNT

Theo số liệu (từ PL1- Bảng 1.2) hầu hết các nhà máy XLNT đô thị tại Việt Nam hoạt động không hết công suất thiết kế công suất hoạt động của các nhà máy dao động phổ biến 50 ÷ 70% công suất thiết kế. Một số nhà máy chỉ hoạt động 10 ÷ 15% công suất thiết kế. Một số nhà máy XLNT như: Kim Liên, Trúc Bạch (Hà Nội), Bình Hưng (Thành phố Hồ Chí Minh), Sơn Trà (Đà Nẵng), Bãi Cháy (Quảng Ninh) có công suất hoạt động bằng hoặc cao hơn công suất thiết kế trong khi các nhà máy còn lại đều hoạt động dưới công suất thiết kế. Nhà máy có công suất hoạt động thấp nhất là Bắc Thăng Long (Hà Nội), Tham Lương Bến Cát, Tuy Hòa với công suất chỉ đạt từ 5 đến 25% do nhà máy chưa hoàn thiện hệ thống cống thu gom nước thải hoặc tiếp nhận nước thải không đúng với phạm vi thiết kế ban đầu. Đây là bằng chứng cho thấy hiệu quả đầu tư kém do thi công không đồng bộ công trình xử lý nước thải và mạng lưới thu gom cũng như chưa thực hiện chương trình khuyến khích thực hiện đấu nối hộ gia đình.

b. Chất lượng nước thải đầu vào tại các nhà máy XLNT

Chất lượng nước thải đầu vào các nhà máy XLNT có sự khác biệt về đặc tính giữ hai phương pháp thu gom của hệ thống thoát nước là: hệ thống thoát nước chung và hệ thống thoát nước

riêng. Hệ thống thoát nước riêng có tỷ lệ đấu nối hộ gia đình trực tiếp vào cống thoát nước cao không bị ảnh hưởng nhiều bởi nước mưa và nước ngầm (có thể cho phép đấu nối trực tiếp không qua bể tự hoại), do vậy nước thải đầu vào có nồng độ chất ô nhiễm cao hơn nhiều so với nước thải chảy trong hệ thống thoát nước chung, như nhà máy XLNT tại Đà Lạt – Lâm Đồng và nhà máy XLNT Buôn Ma Thuột - Đắc Lăk.

c. Chất lượng nước thải đầu ra tại các nhà máy XLNT

Hầu hết các nhà máy XLNT đều xử lý đạt tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành của Việt Nam trong việc loại bỏ COD dù tiếp nhận nước thải từ hệ thống thoát nước chung hay riêng. Công suất hoạt động và nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải đầu vào thấp hơn thiết kế giúp hầu hết các nhà máy xử lý nước thải tiếp nhận nước từ hệ thống thoát nước chung dễ dàng xử lý đạt tiêu chuẩn, cho dù áp dụng công nghệ xử lý nào. Theo kết quả khảo sát của 47 trạm xử lý có 30 trạm có mức độ xử lý đạt mức B, 17 trạm có mực độ xử lý đạt mức A của Quy chuẩn 14:2008/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt [18]. Tuy nhiên việc loại bỏ T-N và T-P còn hạn chế [18].

1.3. Tổng quan về bùn hạt hiếu khí

1.3.1. Giới thiệu chung về bùn hạt hiếu khí

Bùn hạt hiếu khí bao gồm các cấu trúc tế bào mà trong đó có sự tương tác giữa các quá trình; vật lý, sinh học, hóa học. Trong một môi trường phù hợp các vi sinh vật có khả năng liên kết và tập hợp lại với nhau thành một khối vi sinh vật. Qua quá trình tự cố định của các vi sinh vật, hạt sẽ được hình thành. Trong cấu trúc hạt có rất nhiều loài vi sinh vật, trung bình mỗi một gram sinh khối có hàng triệu vi sinh vật khác nhau, các vi sinh vật này có vai trò phân hủy và xử lý các chất hữu cơ và các chất độc hại có trong nước thải. So với bùn hoạt tính thông thường, bùn hạt hiếu khí có cấu trúc liên tục hơn, cấu trúc hạt bền hơn, vi sinh vật có khả năng xử lý tốt các chất có trong nước thải. Chính vì những đặc điểm này mà bùn hạt hiếu khí luôn duy trì sinh khối cao và chịu được nước thải có tải trọng chất hữu cơ cao và nước thải có tải trọng chất hữu cơ luôn thay đổi [79].



Hình 1. 8. Hình ảnh bùn hạt hiếu khí được nuôi cấy thành công của Tay và cộng sự (2001) [80]

Tại Hà Lan, bùn hạt được phát hiện vào năm 1976 tại một nhà máy. Đó là khi người ta làm thí nghiệm cho xử lý nước thải tại một nhà nhà máy sản xuất đường tại Breda với quy mô pilot thí nghiệm là 6 (m^3). Bùn hạt đã chứng minh được khả năng xử lý tốt các chất thải có trong nước thải và các hoạt động lên men vi sinh Methanogenic đã được áp dụng rộng rãi để xử lý nước thải theo phương pháp kỵ khí bằng công nghệ UASB [93]. Bùn hạt là một cộng đồng vi khuẩn dày đặc bao gồm hàng triệu sinh vật trong mỗi gram sinh khối. Không một loài nào trong trong các quần thể nhỏ bé đó có khả năng phân hủy hoàn toàn các chất có trong nước thải. Toàn bộ quá trình phân hủy các chất thải là một quá trình tương tác phức tạp giữa các loài vi sinh vật cùng có trong một quần thể, bởi vì mật độ hoạt động sinh học của các vi sinh vật trong bùn hạt rất cao. Do đó, khối lượng lớn chất thải có thể được xử lý trong hạt bùn nhỏ bé với một thể tích bể xử lý nhỏ gọn. Tuy nhiên, bùn hạt kỵ khí có một số nhược điểm như: thời gian tạo hạt kéo dài (hay thời gian khởi động hệ thống), hệ thống hoạt động cần duy trì nhiệt độ cao, bùn hạt kỵ khí không phù hợp cho xử lý nước thải có tải trọng hữu cơ thấp, việc loại bỏ các chất dinh dưỡng có trong nước thải đối với bùn hạt kỵ khí là không hiệu quả. Để khắc phục những điểm yếu kể trên người ta đã nghiên cứu phát triển công nghệ XLNT bằng cách tạo bùn hạt hiếu khí. Qúa trình nghiên cứu phát triển về bùn hạt hiếu khí lần đầu tiên được trình bày trong báo cáo của Mishima và Nakamura [64]. Bùn hạt hiếu khí có đường kính 2 ÷ 8 (mm) được nuôi cấy và phát triển trong bể xử lý hiếu khí dòng chảy ngược được cấp khí liên tục. Sau này người ta phát hiện ra rằng bùn hạt hiếu khí đã được tìm thấy trong các bể xử lý theo mẻ (SBR). Nó đã được sử dụng trong xử lý nước thải có chứa các chất hữu cơ có độ bền cao, nitơ và phốt pho và các chất độc hại [44].

Bùn hạt hiếu khí có thể được định nghĩa là sinh khối vi khuẩn sử dụng các chất dinh dưỡng có trong nước thải. Sinh khối vi sinh vật dạng hạt được mô tả như là một tập hợp của các vi sinh vật có mật độ dày đặc và nhỏ gọn với hình dáng bên ngoài là hình cầu. Khái niệm về bùn hạt hiếu khí đã được phát triển trong những năm gần đây. Bùn hạt hiếu khí là quá trình tự cố định của các vi sinh vật thành một khối hình cầu. Sự tăng trưởng của bùn hạt hiếu khí được coi là một trường hợp đặc biệt của màng sinh học tăng trưởng. Hầu hết các hạt hiếu khí chỉ được nuôi trong bể xử lý SBR. Công nghệ xử lý nước thải SBR là một công nghệ cải tiến từ công nghệ XLNT bằng bùn hoạt tính truyền thống đã có và nó được sử dụng phổ biến cho việc xử lý nước thải công nghiệp và nước thải đô thị tại Việt Nam và trên thế giới. So với bùn hoạt tính thông thường thì bùn hạt hiếu khí hình thành trong bể SBR có mật độ dày đặc, cấu trúc của vi sinh vật mạnh mẽ, khả năng xử lý tốt, duy trì sinh khối cao và khả năng chịu được nước thải có tải trọng hữu cơ cao. Bùn hạt hiếu khí có thể được hình thành bởi các vi khuẩn tự bám dính trong khi vi khuẩn khác không có khả năng tập hợp một cách tự nhiên do lực đẩy tĩnh điện và tương tác hydrat hóa giữa các vi sinh vật.

Sự hình thành Bùn hạt hiếu khí là một yếu tố quan trọng trong quá trình ứng dụng vào XLNT. Cách tạo hạt và những nguyên nhân ảnh hưởng đến quá trình tạo hạt vẫn chưa được nghiên hiểu đầy đủ. Nhưng có một số yếu tố quan trọng đã được các nhà khoa học tập trung nghiên cứu, bao gồm: thành phần chất nền, tải trọng hữu cơ, cách thiết kế mô bình bể SBR, thời gian lắng, cường độ sục khí [54].

1.3.2. Đặc điểm và tính chất của bùn hạt hiếu khí

a. Hình dáng bùn hạt hiếu khí

Hình dáng hình học của bùn hạt hiếu khí là dạng hình cầu. Đường kính trung bình của hạt hiếu khí thay đổi trong khoảng 0,2 ÷ 5 (mm). Kích thước hạt được quyết định chủ yếu là do sự cân bằng giữa tăng trưởng hạt và độ mài mòn do lực cắt thủy động lực học tương đối mạnh trong bể xử lý hiếu khí gây ra [49; 50; 51].

b. Mật độ và độ bền của bùn hạt hiếu khí

Trọng lượng riêng của bùn hạt hiếu khí thông thường vào khoảng 1,004 ÷ 1,065. Các hạt có độ bền vật lý cao, có khả năng chịu mài mòn và lực cắt cao do quá trình sục khí gây ra. Bùn hạt hiếu khí kích thước có xu hướng nhỏ gọn hơn so với bùn hạt kỵ khí [32].

c. Tỷ lệ sử dụng oxi của bùn hạt hiếu khí

Sự hoạt động của các vi sinh vật trong bùn hạt hiếu khí được đặc trưng bởi nhu cầu sử dụng oxy. Việc sử dụng oxy và sản xuất carbon dioxit có mối quan hệ tuyến tính với nhau trong các phản ứng sinh hóa kết hợp với các quá trình trao đổi chất của các vi khuẩn. Khi nhu cầu sử

dụng oxy cao thì quá trình trao đổi chất diễn ra nhanh hơn và nhiều hơn, các chất nền được chuyển hóa thành carbon dioxit. Nhu cầu sử dụng oxi là một đặc tính quan trọng để đánh giá khả năng xử lý nước thải của bùn hạt hiếu khí trong xử lý nước thải công nghiệp và nước thải sinh hoạt có tải trọng cao và xử lý nước thải có các thành phần các chất hóa học phức tạp [34; 83; 103].

d. Qúa trình lắng

Chỉ số thể tích bùn SVI của bùn hạt hiếu khí có thể thấp hơn 50 (ml/g), nó thấp hơn nhiều so với bùn hoạt tính thông thường. Điều này chứng minh rằng từ góc độ kỹ thuật, khả năng lắng của bùn hạt hiếu khí có thể tốt hơn so với bùn hoạt tính thông thường. Vận tốc lắng của bùn hạt hiếu khí có liên quan chặt chẽ với kích thước hạt và cấu trúc hạt, vận tốc lắng dao động 30 ÷ 70 (m/h), vận tốc lắng của bùn hạt hiếu khí cao hơn tối thiểu ba lần so với bùn hoạt tính thông thường [52; 53].

e. Tính kỵ nước trên bề mặt tế bào của các vi khuẩn

Tính kỵ nước trên bề mặt tế bào của vi khuẩn là một đặc tính quan trọng trong việc hình thành bùn hạt hiếu khí và quá trình tự cố định của các vi khuẩn. Đặc tính kỵ nước của bùn hạt hiếu khí cao hơn 2 lần so với bùn hoạt tính thông thường [52; 54].

f. Nhiệt độ bảo quản bùn của hạt hiếu khí

Sự hoạt động của bùn hạt hiếu khí và tính ổn định của hạt còn phụ thuộc vào một yếu tố đó là nhiệt độ. Nếu nhiệt độ càng cao dẫn đến sự hô hấp nội bào kém đi, là nguyên nhân trực tiếp gây ra hiện tượng phá vỡ hạt. Sự toàn vẹn của cấu trúc hạt phụ thuộc vào nhiệt độ, thời gian duy trì nhiệt độ, đặc tính của hạt, phương thức bảo quản hạt. So với bùn hạt tươi, độ hoạt tính của bùn hạt và khả năng xử lý của bùn hạt bảo quản giảm 7 ÷ 8 lần [81; 82].

g. Sự đa dạng của vi sinh vật

Khi dùng kính hiển vi điện tử dùng đầu dò laser oligonucleotide để nghiên cứu cấu trúc của bùn hạt hiếu khí đã thấy rằng vi khuẩn hiếu khí amoni-oxy hóa Nitrosomonas đã được tìm thấy chủ yếu ở độ sâu từ 70 (μm) đến 100 (μm) tính từ mặt hạt, và bùn hạt hiếu khí chứa các khe và các lỗ chân lông có độ sâu 900 (μm) dưới bề mặt hạt. Các vi khuẩn kỵ khí Bacteroides cũng được phát hiện ở độ sâu 800 ÷ 900 (μm) tính từ bề mặt hạt, trong khi đó một lớp tế bào vi khuẩn đã chết đã nằm ở độ sâu từ 800 (μm) đến 1000 (μm). Kết quả là hạt nhỏ hơn sẽ có hiệu quả xử lý nước thải hiếu khí tốt hơn là những hạt có kích thước lớn [60; 61; 84; 96].

Tính đa dạng của các vi sinh vật trong bùn hạt đã được nghiên cứu bởi công nghệ phân tử sinh học [139; 118; 138]. Vi khuẩn dị dưỡng, vi khuẩn nitrat, vi khuẩn khử nitơ, vi khuẩn tích tụ phốt pho, vi khuẩn tích lũy glycogen đã được tìm thấy trong bùn hạt hiếu khí và phát triển ở

các điều kiện và mức độ khác nhau [61; 96; 97; 98]. Sự đa dạng của các vi sinh vật hiếu khí có liên quan chặt chẽ đến thành phần các chất có trong nước thải, cấu trúc của hạt, sự phát triển của hạt. Sự xuất hiện của các vi khuẩn kỵ khí trong bùn hạt hiếu khí làm tăng khả năng sinh các axit hữu cơ và các loại khí trong hạt, điều này có thể phá hủy các hạt hoặc làm giảm tính ổn định của hạt.

1.4. Các nghiên cứu có liên quan

Trong lĩnh vực xử lý nước thải đô thị, trong nước và trên thế giới đã có rất nhiều đề tài khoa học nghiên cứu với nhiều loại công nghệ khác nhau, nhiều trường phái lý thuyết khác nhau. Trong phạm vi luận án này sẽ nêu một số đề tài nghiên cứu có liên quan đến công nghệ SBR và bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị.

1.4.1. Các nghiên cứu trong nước

Hiện nay, trong nước cũng có một số đề tài tập trung nghiên cứu bùn hạt hiếu khí với nước thải công nghiệp: như nghiên cứu cơ chế hình thành bùn hạt, nghiên cứu ảnh hưởng của lưu lượng sục khí đến quá trình hình thành hạt, hoặc nghiên cứu hiệu quả XLNT của bùn hạt hiếu khí đối với nước thải công nghệp.

Bảng 1. 9. Các công trình nghiên cứu liên quan trong nước

TT	Thông tin đề tài nghiên cứu
1	*Tên đề tài nghiên cứu:* Sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí ở các lưu lượng sục khí khác nhau trên bể SBR [5].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Nguyễn Đăng Hải, Trần Quang Lộc, Trần Thị Tú, Hoàng Ngọc Tường Vân và Nguyễn Quang Hưng - Viện Tài nguyên và Môi trường. Đại học Huế - 24/4/2015.
	Nội dung nghiên cứu: Đề tài nghiên cứu ảnh hưởng của các mức sục khí khác nhau đến sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí trên bể phản ứng theo mẻ luân phiên (SBR). Nghiên cứu được thực hiện với hai mức lưu lượng sục khí 2,5 (lít/phút) và 4 (lít/phút) với nước thải tổng hợp có nguồn cacbon từ glucose. Sử dụng mô hình SBR có dung tích làm việc khoảng 5 (lít)với OLR 2,4 kgCOD/m^3.ngày. Lưu lượng sục khí ở 2 chế độ: 2,5 (lít/phút) và 4 (lít/phút). Thời gian vận hành là 35 ngày.
	Kết quả nghiên cứu: Với lưu lượng sục khí 2,5 (lít/phút), bùn hạt hình thành sau 25 ngày với kích thước lớn 4 ÷ 5 (mm) nhưng không đồng đều và không ổn định với sự phát triển và chiếm ưu thế của vi khuẩn dạng sợi. Trong khí đó với lưu lượng sục khí 4 (lít/phút), bùn hạt hiếu khí hình thành lâu hơn sau 35 ngày với kích thước hạt bùn nhỏ hơn, dao động trong khoảng 2 ÷ 3 mm nhưng tròn đều và ổn định hơn. Bùn hạt hiếu khí tạo được đều cho khả năng xử lý COD tốt dao động trong khoảng 85 ÷ 95%.
2	*Tên đề tài nghiên cứu:* Nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí khử COD và Ammonia trên bể SBR [11].

TT	Thông tin đề tài nghiên cứu
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Nguyễn Trọng Lực, Nguyễn Phước Dân, Trần Tây Nam,. Sở Khoa học và Công nghệ Phú Yên, Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-HCM-27/2/2009.
	Nội dung nghiên cứu: Đề tài sử dụng nước thải tổng hợp có nguồn cacbon là glucose để nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trên bể khí nâng từng mẻ luân phiên (SBAR) với hạt vỏ sò nghiền có kích thước 150 ÷ 200 (µm) làm chất mang. Bể SBAR được vận hành ở thời gian lưu nước (HRT) 5,1 giờ, vận tốc khí cấp vào duy trì ổn định 4 (lít/phút) tương ứng vận tốc khí nâng 4,2 cm/s. Thí nghiệm được thực hiện ở hai tải trọng chất hữu cơ (OLR) 2,6 và 5,2 kgCOD/m^3.ngày ứng với nồng độ COD và N-ammonia lần lượt là 600; 1200 (mg/l) và 26; 60 (mg/l).
	Kết quả nghiên cứu: Bùn hạt bằng đầu hình thành sau 61 ngày, kích thước hạt bùn 1 ÷ 2(mm) và tăng kích thước lên 5 (mm) sau 80 ngày. Bùn hạt có vận tốc lắng 36 ÷ 54 (m/h), SVI 11,4 ÷ 44,2 (ml/g). Bùn hạt có khả năng xử lý COD trên 96% và ammonia 75 ÷ 90%. Quá trình nitrat hóa và khử nitrat diễn ra đồng thời trong bùn hạt.
3	*Tên đề tài nghiên cứu:* Sự hình thành và ổn định của bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR trong xử lý nước thải chế biến tinh bột sắn [9].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Nguyễn thị Phương Thanh, Nguyễn văn Phước, Trương thị Bích Hồng, Bùi mạnh Hà – Viện tài nguyên và môi trường, Đại học quốc gia TPHCM -19/4-2016.
	Nội dung nghiên cứu: Nghiên cứu đánh giá hiệu suất của bể SBAR trong xử lý nước thải chế biến bột sắn. Sử dụng mô hình SBAR có dung tích làm việc khoảng 3 (lít)với nguồn dinh dưỡng là nước thải chế biến tinh bột sắn có OLR từ 2,5 tăng đến 10 kgCOD/m^3.ngày. Lưu lượng sục khí 5 (lít/phút).
	Kết quả nghiên cứu: Bùn hạt bắt đầu hình thành sau 2 tuần, đường kính hạt ổn định ở mức 3 ÷ 4 (mm)khi tải trọng hữu cơ đạt ở mức OLR từ 2,5 ÷ 7,5 kgCOD/m^3.ngày. Bùn hạt có khả năng xử lý COD trên 93 ÷ 96% và ammonia 79,7 ÷ 82,6%. Nghiên cứu chứng tỏ khả năng XLNT của bùn hạt hiếu khí đối với nước thải công nghiệp.
4	*Tên đề tài nghiên cứu:* Nghiên cứu sự hình thành bùn hạt hiếu khí và đánh giá khả năng giảm nghẹt màng của mô hình bùn hạt hiếu khí kết hợp lọc màng (AGMBR) [10].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Trương Thị Bích Hồng – Đại học quốc gia TPHCM.
	Nội dung nghiên cứu: Đánh giá quá trình hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí, đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố vận hành đến quá trình ổn định của bùn hạt hiếu khí, đánh giá khả năng lọc màng của bùn hạt hiếu khí, xác định thành phần và hàm lượng polymer ngoại bào (EPS) trong hỗn hợp chất lỏng khuấy trộn, đánh giá khả năng ổn định của bùn hạt hiếu khí trong bể AGMBR, đánh giá hiệu quả xử lý cơ chất (COD, N-NH_4^+, T-P).
	Kết quả nghiên cứu: Bùn hạt hiếu khí phát triển ổn định trong mô hình SBR trên nước thải tinh bột mì có tải trọng hữu cơ OLR = 0,5 ÷ 10 kgCOD/m^3.ngày), MLSS = 9 ÷ 10 (g/l), MLVSS/MLSS > 90%, F/M = 0,6 ÷ 1,4 (kgCOD/kgMLSS.ngày) với hiệu quả xử lý COD, N-NH_4^+ đạt giá trị trên 90%. Hiệu quả xử lý T-N và T-P là 49,4 ÷ 66,1% và 46,8 ÷ 62,5%.

TT	Thông tin đề tài nghiên cứu
	Điều kiện vận hành tối ưu cho quá trình ổn định của bùn hạt hiếu khí $q_{khí}$ = 4,8 (lít/phút), OLR = 7,5 (kgCOD/m^3.ngày). Cơ chế gây nghẹt màng chính trong mô hình AGMBR là do nghẹt lỗ (50,3 ÷ 54,8%) và mô hình MBR là do nghẹt bề mặt (67,2%).
5	*Tên đề tài nghiên cứu:* Nghiên cứu công nghệ tạo bùn hạt hiếu khí nhằm nâng cao hiệu quả xử lý nước thải của nhà máy liên hợp bột và giấy [12].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Võ Thành Lê - Viện công nghiệp Giấy và Xenluylô.
	Nội dung nghiên cứu: Xây dựng được quy trình công nghệ nuôi bùn hạt hiếu khí từ bùn hoạt tính thông thường với quy mô phòng thí nghiệm với điều kiện công nghệ tối ưu như sau: tỷ lệ trao đổi nước là 60%, tải lượng hữu cơ sử dụng nuôi bùn hạt giai đoạn thích nghi là 2,4 (kg/m^3 ngày đêm), ứng với lượng COD là 600 (mg/l) và khả năng chịu tải của bùn hạt sau hình thành gấp 3 lần so với tải lượng ban đầu là 7,22 (kg/m^3.ngày), ứng với lượng COD là 1800 (mg/l).
	Kết quả nghiên cứu: Tiến hành nuôi tạo thành công 05 lít bùn hạt hiếu khí trên mô hình pilot 18 lít/mẻ với chất lượng bùn hạt như sau: thời gian hình thành bùn hạt là 23 ngày, chỉ số lắng SVI 48,8 ÷ 60 (ml/g), giá trị MLSS là 5,980 mg/l với MLSS/MLVSS là 0,86, kích thước hạt > 4,0 (mm) đạt 35% và đạt 40% vào ngày thứ 30. Đã sử dụng 5 (lít) bùn hạt hiếu khí để ứng dụng xử lý nước thải nhà máy liên hiệp bột và giấy. Tổng công ty giấy Việt Nam với quy mô 1 (m3/mẻ) với hiệu suất xử lý COD đạt 81,82% và tăng > 10% so với bùn hoạt tính.

Qua nội dung trình bày tại Bảng 1.9, các nghiên cứu trong nước chưa nhiều về số lượng, lĩnh vực nghiên cứu chưa sâu. Một số nghiên cứu tập trung vào việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí và đánh giá hiệu quả xử lý của bùn hạt hiếu khí đối với nước thải công nghiệp như: nước thải nhà máy chế biến bột giấy, nước thải khu công nghiệp, nước thải từ nhà máy rác… , hoặc dùng bùn hoạt tính nuôi cấy bùn hạt hiếu khí có nguồn gốc từ nước thải công nghiệp, hoặc nuôi bùn hạt có chất mang làm giá thể để tạo hạt… Nghiên cứu về nuôi bùn hạt hiếu khí bằng nguồn bùn hoạt tính từ nhà máy XLNT đô thị và đánh giá hiệu quả xử lý chất hữu cơ của bùn hạt hiếu khí đối với nước thải đô thị là chưa có, đặc biệt là nghiên cứu đối với nước thải đô thị tại Hà Nội.

1.4.2. Các nghiên cứu trên thế giới

Trên thế giới việc nghiên cứu bùn hạt hiếu khí trên trong bể phản ứng theo mẻ SBR từ những năm 1970 và nó đã được nghiên cứu sâu trong vòng khoảng chục năm sau đó với các chất nền khác nhau như: glucose, acetate, ethanol, mật mía, đường, tinh bột, phenol, axit phtalic, chloroanilines, rượu tert-butyl, và thành phần nước thải tổng hợp khác [11; 19]. Những nghiên cứu này chủ yếu nghiên cứu cơ chế hình thành bùn hạt như: nghiên cứu về cường độ sục khí, thời gian phân phối khí, lưu lượng sục khí..

Bảng 1. 10. Các công trình nghiên cứu liên quan ngoài nước

TT	Thông tin đề tài nghiên cứu
1	*Tên đề tài nghiên cứu:* Aerobic granular sludge formation for high strength agro-based wastewater treatment [69].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Nohayati Abdullah và cộng sự (2011).
	Nội dung nghiên cứu: Nghiên cứu khảo sát sự hình thành bùn hạt hiếu khí trong bể SBR được nuôi bằng nước thải của nhà máy dầu cọ. Sử dụng mô hình SBR với OLR là 2,5 (kgCOD/m^3.ngày), thể tích hoạt động chiếm 50% dung tích bể, vận tốc sục khí là 2,5 (cm/s). Chế độ vận hành: pha hiếu khí 110 (phút), pha thiếu khí 45 (phút), pha nạp nước thải 5 (phút), pha lắng 15 (phút), pha xả nước 3 (phút), pha nghỉ 2 (phút).
	Kết quả nghiên cứu: Bùn hạt bắt đầu hình thành sau 17 ngày làm thí nghiệm, chỉ số MLSS tăng. Bùn hạt trưởng thành ổn định trong khoảng 8 tuần. Bùn có khả năng lắng tốt, chỉ số MLSS tăng nhanh. Loại bỏ COD và amoni đạt được tối đa lần lượt là 91,1% và 97,6% trong khi độ tẩy màu chỉ đạt trung bình 38%.
2	*Tên đề tài nghiên cứu:* Aerobic granular sludge technology: mechanisms of granulation and biotechnological applications [86].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: T.V.Nancharaiah và cộng sự (2017).
	Nội dung nghiên cứu: Sử dụng mô hình SBR trong phòng thí nghiệm nghiên cứu sự hình thành bùn hạt với vận tốc lắng tối thiểu giai đoạn bắt đầu hình thành bùn hạt là > 1(m/h); giai đoạn bùn hạt trưởng thành là > 4m/h. Qúa trình n ghiên cứu có bổ sung các chất ngoại bào.
	Kết quả nghiên cứu: Vận tốc sục khí từ 1,2 (cm/s) trở lên là cần thiết cho quá trình hình thành bùn hạt với nước thải tải trọng thấp (COD ~ 300 mgCOD/l), vận tốc sục khí từ 0,4 (cm/s) trở lên, thời gian lắng là 2 ÷ 10 phút, thể tích hoạt động từ 20 ÷ 80%. Bổ sung các hợp chất của Ca, Mg hoặc ZVI có thể tăng tốc quá trình hình thành bùn hạt và làm bùn hạt đặc chắc hơn.
3	*Tên đề tài nghiên cứu:* Aerobic granular sludge cultivated under the selective pressure as a driving force [71].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Qiang Wang và cộng sự (2004).
	Nội dung nghiên cứu: Nghiên cứu việc nuôi bùn hạt hiếu khí từ bùn hoạt tính của nhà máy XLNT sinh hoạt thông thường với nguồn dinh dưỡng là glucose, thời gian thí nghiệm là 67 ngày. Sử dụng mô hình bể SBR có thể tích hoạt động là 19,5 ÷ 50% với OLR từ 1,8 ÷ 4,8 (kgCOD/m^3.ngày). Vận tốc sục khí là 0,35 ÷ 1,75 (cm/h); nhiệt độ vận hành cố định: 20^0C. Nước thải nhân tạo bao gồm: glucose, pepton, chiết xuất thịt, NH_4Cl, hợp chất của Fe, Mg, Ca và chất nền. Giai đoạn 25 ngày đầu nước thải thí nghiệm OLR là 1,8 (kgCOD/m^3.ngày) với HRT là 15,4 giờ. Giai đoạn 56 ngày tiếp theo nước thải thí nghiệm OLR là 3,2 (kgCOD/m^3.ngày) với HRT là 9 giờ.
	Kết quả nghiên cứu: Bắt đầu xuất hiện hạt bùn sau 2 tuần với OLR 4,8 (kgCOD/m^3.ngày) và HRT là 5,9 giờ, vận tốc sục khí là 0,0175 (m/s), vận tốc lắng tối thiểu tăng từ 10,8 lên 32,4 (m/h). Nồng độ cặn lơ lửng tăng trong giai đoạn đầu và giảm cùng với quá trình hình thành bùn hạt.
4	*Tên đề tài nghiên cứu:* Aerobic Grannular Sludge in a Sequencing batch reactor [34].

TT	Thông tin đề tài nghiên cứu
	Tên tác giả và nhóm tác giả: E. Morgenroth và cộng sự (1997).
	Nội dung nghiên cứu: Đề tài nghiên cứu nuôi bùn hạt hiếu khí bằng mật mía trong phòng thí nghiệm. Sử dụng mô hình bể SBR với thành phần nước thải nhân tạo bao gồm: mật mía, NH_4Cl, Na_2HPO_4 với tỷ lệ (nước máy – mật mía – các chất dinh dưỡng tương ứng là 92 : 1 : 1). Nồng độ các chất tương ứng: COD là 400 (mg/l); T-N là 22 (mg/l); T-P là 3,6 (mg/l); Ca là 80 (mg/l); Mg là 20 (mg/l). Thời gian pha lắng là 1 phút để giữ lại hạt bùn với vận tốc lắng từ 30 ÷ 40 (m/h). Vận hành với thời gian 8h một chu kỳ, thể tích hoạt động 35% dung tích bể.
	Kết quả nghiên cứu: Ngày thứ 56: giảm thời gian vận hành một pha xuống còn 6 giờ, thể tích hoạt động 45%: bùn hạt bắt đầu hình thành và chiếm phần lớn thể tích sau 70 ngày. Sau 130 ngày xuất hiện thêm nhiều sợi. Hiệu suất xử lý COD ổn định ở 87%. Từ ngày thứ 142 đến 155 hiệu suất giảm còn 56%.
5	*Tên đề tài nghiên cứu:* Aerobic granular sludge: Recent advances [39].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Lee DJ, Show Ky, Tay và cộng sự (2008).
	Nội dung nghiên cứu: Sử dụng mô hình bể SBR và nước thải thải nhân tạo để tạo bùn hạt. Nghiên cứu vai trò của vi chất đến sự hình thành và phát triển bùn hạt. Hỗn hợp nước thải sử dụng là glucose. Bổ sung các hợp chất của Ca, Mg, Fe.
	Kết quả nghiên cứu: Muối của Ca có thể tăng tốc quá trình hình thành hạt: chỉ cần 16 ngày với nồng độ Ca^{2+} là 100 (mg/l). Mất khoảng 32 ngày hình thành bùn hạt nếu không bổ sung Ca^{2+}. Thời gian vận hành phù hợp nhất là 4 (giờ) một lần pha. Có thể cải thiện sự ổn định của hạt bùn bằng một thời gian đói tối ưu cho hệ vi sinh vật.
6	*Tên đề tài nghiên cứu:* High organic loading influences the physical characteristics of aerobic sludge granules [67].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: B. Y. P. Moy và cộng sự (2002).
	Nội dung nghiên cứu: Nghiên cứu sự ảnh hưởng của tải trọng hữu cơ cao đến bùn hạt hiếu khí. Sử dụng 2 cột mô hình bể SBR với nguồn cacbon chính là glucose và acetate. Vận tốc sục khí là 2,4 (lít/phút). Thời gian vận hành một chu kỳ là 4 giờ với thể tích hoạt động là 50%. OLR được tăng dần, đồng thời bổ sung các nguyên tố vi lượng.
	Kết quả nghiên cứu: Từ tuần vận hành thứ 3, quá trình hình thành bùn hạt bắt đầu. Với mô hình sử dụng glucose duy trì OLR ở mức 6 ($kgCOD/m^3$.ngày) thêm 3 tuần tiếp theo đường viền lông trở nên mịn hơn, hạt có hình dạng bất kỳ khi OLR ở mức 9 ($kgCOD/m^3$.ngày). Hạt bùn có đường kính lớn hơn khi OLR tăng từ 12 ÷ 15 ($kgCOD/m^3$.ngày). Chỉ số SVI giảm, hạt bùn đặc và gọn hơn cùng với khả năng lắng tốt hơn. Với mô hình sử dụng acetate: duy trì OLR ở mức 6 ($kgCOD/m^3$.ngày) thêm 4 tuần tiếp theo, đường kính hạt tăng từ 2 ÷ 4 (mm). Hạt bùn hình thành cấu trúc gọn thông thường, OLR tăng dần tới quá trình lắng tốt hơn.
7	*Tên đề tài nghiên cứu:* Formation, physical characteristics and microbial community structure of aerobic granules in a pilot - scale sequencing batch reactor for real wastewater treatment [99].

TT	Thông tin đề tài nghiên cứu
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Yong-Qiang Liu, Benjamin Moy, Yun-Hua Kong, Joo-Hwa Tay (2010).
	Nội dung nghiên cứu: Thí nghiệm nuôi cấy bùn hạt được thực hiện trên mô hình bể SBR có đường kính 20 (cm) và chiều cao 100 (cm), không khí được phân phối bằng đá bọt ở đáy bể, mô hình thí nghiệm được đặt ở nhà máy XLNT trong khu công nghiệp với 40% nước thải sinh hoạt và 60% nước thải công nghiệp. COD dao động 250 (mg/l) đến 1800 (mg/l). Thời gian thực hiện thí nghiệm khoảng 400 ngày.
	Kết quả nghiên cứu: Sau 50 ngày chạy thí nghiệm, bùn hạt hiếu khí bắt đầu hình thành, thí nghiệm chứng minh việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trên quy mô lớn là hoàn toàn khả thi. Bùn hạt có khả năng xử lý COD trên 80 ÷ 98% và ammoni khoảng 50%.
8	*Tên đề tài nghiên cứu:* Aerobic Granular Sludge for Leachate Treatment [35].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Gaetano Di Bellaa, Michele Torregrossa và các cộng sự (2014).
	Nội dung nghiên cứu: Đề tài nghiên cứu khả năng xử lý nước thải của bùn hạt hiếu khí trên mô hình bể SABR và mô hình bể SBBR trong phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường đối với nước thải tổng hợp, nước thải rỉ rác. Thí nghiệm được thực hiện trên mô hình có dung tích làm việc 3,5 (lít). Thời gian nghiên cứu 100 ngày, trong đó giai đoạn nuôi bùn hạt là 70 ngày, giai đoạn thí nghiệm XLNT với nước rác là 30 ngày. Tốc độ nạp chất hữu cơ OLR từ 4,8 ÷ 7,2 (kgCOD/m^3.ngày).
	Kết quả nghiên cứu: Sau 100 ngày thí nghiệm kết quả thu được như sau: Bùn hạt đã hình thành, bùn hạt có khả năng xử lý COD trên 40 ÷ 50% đối với nước rác đậm đặc và 50 ÷ 60% đối với nước rỉ rác pha loãng.
9	*Tên đề tài nghiên cứu:* COD removal and nitrification of low-strength domestic wastewater in aerobic granular sludge sequencing batch reactors [46].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Yong-Qiang Liu , Benjamin Yan-Pui Moy, Joo-Hwa Tay và các cộng sự (2007).
	Nội dung nghiên cứu: Nghiên cứu tính khả thi của việc loại bỏ COD và ni-tơ trong nước thải sinh hoạt tại Singapore có tải trọng hữu cơ thấp bằng bùn hạt hiếu khí trên mô hình bể SBR ở hai mức nhiệt độ 25^0 C và 35^0 C. Thí nghiệm nuôi cấy bùn hạt được thực hiện trên mô hình bể SBR có đường kính 5 (cm) và chiều cao 120 (cm) với thể tích làm việc 2,5 (lít). Chu kỳ làm việc của bể là 5 (giờ). Không khí được phân phối bằng đá bọt ở đáy bể với tốc độ 3,5 (lít/phút). Nguồn nước thải nuôi cấy được lấy từ nhà máy XLNT địa phương với COD dao động 1000 (mg/l). Thời gian thực hiện thí nghiệm khoảng 4 tháng.
	Kết quả nghiên cứu: Sau 30 ngày thí nghiệm kết quả thu được như sau: Bùn hạt đã hình thành, bùn hạt có khả năng xử lý COD trên 90%. Ngoài ra bùn hạt được hình thành và thí nghiệm ở nhiệt độ 25^0 C cho thấy sự ổn định trong 4 tháng thí nghiệm.
10	*Tên đề tài nghiên cứu:* Growth kinetics of aerobic granules developed in sequencing batch reactors [72].

TT	Thông tin đề tài nghiên cứu
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Shu-Fang Yang, Joo-Hwa Tay, Yu Liu và các cộng sự (2003).
	Nội dung nghiên cứu: Nghiên cứu đánh giá khả năng loại bỏ chất hữu cơ và ni-tơ có trong nước thải nhân tạo của bùn hạt hiếu khí trên mô hình bể SBR. Thí nghiệm nuôi cấy bùn hạt được thực hiện trên 4 mô hình bể SBR có đường kính 6 (cm) và chiều cao 80 (cm) với thể tích làm việc 2,4 (lít). Lưu lượng sục khí 4 (lít/phút), nồng độ DO là 2 (mg/l). Chu kỳ vận hành tất cả các mô hình SBR là 4 (giờ). COD đầu vào dao động quanh mức 600 (mg/l).
	Kết quả nghiên cứu: Sau 20 ngày thí nghiệm bông bùn được hình thành có kích thước trung bình 90 (µm). Bùn hạt tại 4 bể SBR hình thành có kích thước từ 0,4 ÷ 1,9(mm). Sau 1 năm thực hiện thí nghiệm kết quả cho thấy hiệu quả loại bỏ COD vào khoảng 95%. Các mô hình hoạt động ổn định.
11	*Tên đề tài nghiên cứu:* N - Removal in a Granular Sludge Sequencing Batch Airlift Reactor [23].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Beun, Heijnen, M. van Loosdrecht và các cộng sự (2001).
	Nội dung nghiên cứu: Nghiên cứu đánh giá khả năng loại bỏ ni-tơ có trong nước thải nhân tạo điều kiện phòng thí nghiệm của bùn hạt hiếu khí trên mô hình bể SBAR. Thí nghiệm nuôi cấy bùn hạt được thực hiện trên mô hình bể SBAR với thời gian thí nghiệm là 142 ngày.
	Kết quả nghiên cứu: Sau 50 ngày thí nghiệm bùn hạt hiếu khíđược hình thành có kích thước trung bình 2,5 (mm). Mật độ sinh khối vào khoảng 50 (g) sinh khối/1(lít) bùn hạt. Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng nồng độ DO càng cao thì làm chậm quá trình khử ni-tơ.
12	*Tên đề tài nghiên cứu:* Generation and properties of aerobic granular sludge [32].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: T. Etterer and P.A. Wilderer(2001).
	Nội dung nghiên cứu: Nghiên cứu thí nghiệm nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trên bể SBR trong điều kiện hiếu khí và kỵ khí xen kẽ. Nước thải đầu vào có tải trọng hữu cơ là 3,6 (kg COD/m^3 .ngày).
	Kết quả nghiên cứu: Bùn hạt được hình thành sau thời gian 8 tuần thí nghiệm, đường kính hạt trung bình là 2 ÷ 3 (mm). Trong giai đoạn thứ hai, các điều kiện kỵ khí /hiếu khí được áp dụng xen kẽ để nuôi Bùn hạt có đường kính trung bình 3(mm). Mật độ trung bình tương ứng của bùn hạt là 1,044 (g/ml) và 1,048 (g/ml). Vận tốc lắng lên đến 2,0 (cm/s). Độ xốp hạt trung bình là 72%.
13	*Tên đề tài nghiên cứu:* Microscopic observation of aerobic granulation in sequential aerobic sludge blanket reactor [79].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: J.H. Tay, Q.S. Liu and Y. Liu (2001).
	Nội dung nghiên cứu: Đề tài nghiên cứu chứng minh quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí trong 2 bể SBR với chất nền tương ứng là glucose và acetate. Qúa trình hình thành hạt được quan sát dưới kính hiển vi điện tử.
	Kết quả nghiên cứu: Kết quả các hạt bùn được hình thành sau 3 tuần làm thí nghiệm. Các hạt bùn được nuôi bằng chất nền là glucose và acetate có tính chất tương tự nhau

TT	Thông tin đề tài nghiên cứu
	về vận tốc lắng, kích thước, mật độ và sinh khối. Tuy nhiên sự đa dạng sinh vật của các loại bùn hạt là không giống nhau. Cấu trúc hạt bùn chắc chắn.
14	*Tên đề tài nghiên cứu:* Size effect on the physical characteristics of the aerobic granule in a SBR [68].
	Tên tác giả và nhóm tác giả: Toh, Moy, Ivanov, Tay (2002).
	Nội dung nghiên cứu: Đề tài nghiên cứu đi sâu vào tính chất vật lý của hạt, tốc độ lắng, chỉ số thể tích bùn, vận tốc lắng, tính kỵ nước của bề mặt bùn hạt, độ bền của bùn hạt và các đặc tính cấu trúc khác của bùn hạt.
	Kết quả nghiên cứu: Khi kích thước tăng lên, tổng mật độ hạt và mật độ sinh khối tăng nhưng không song song với sự gia tăng kích thước của hạt, trong khi độ bền hạt và tính kỵ nước trên bề mặt và chỉ số SVI giảm. Tuy nhiên, kích thước đường kính hạt vượt 4 (mm), thì các chỉ số sẽ không theo xu hướng ban đầu, nguyên nhân do thay đổi cấu trúc bên trong và bên ngoài bùn hạt. Bùn hạt có đường 1÷ 3 (mm).

Từ nội dung nghiên cứu tại Bảng 1.10 có thể thấy phạm vi nghiên cứu của các đề tài trên thế giới rộng hơn các đề tài nghiên cứu trong nước, nội dung nghiên cứu sâu hơn. Các đề tài nước ngoài nghiên cứu nuôi bùn hạt hiếu khí với nhiều loại chất nền khác nhau như: glucose, acetate, ethanol, mật mía, đường, tinh bột, phenol, axit phtalic, chloroanilines, rượu tert-butyl, và thành phần nước thải tổng hợp khác [11; 19]. Ngoài ra, những nghiên cứu này cũng đề cập đến các yếu tố ảnh hưởng đến cơ chế hình thành bùn hạt như: ảnh hưởng của cường độ sục khí, ảnh hưởng của thời gian phân phối khí, ảnh hưởng của lưu lượng sục khí.. Kết quả nghiên cứu của các đề tài trên thế giới bước đầu thu được những kết quả thành công. Tuy nhiên nghiên cứu về việc nuôi bùn hạt hiếu khí và ứng dụng đối với nước thải đô thị tại Việt Nam là chưa có.

Qua phần tổng quan các đề tài nghiên cứu trong nước và trên thế giới, có thể kết luận một số vấn đề cơ bản như sau:

– Để nuôi cấy hạt hiếu khí, tại Việt Nam và trên thế giới người ta sử dụng nhiều loại chất nền khác nhau như: glucose, acetate, phenol, tinh bột, etanol, mật đường, sacaroza và các loại nước thải tổng hợp khác nhau.

– Các nghiên cứu nuôi cấy bùn hạt rất khó thành công trong hệ thống có tải trọng hữu cơ nhỏ hơn 2 (kgCOD/m^3.ngày) hoặc lớn hơn 20 (kgCOD/m^3.ngày).

– Các nghiên cứu nuôi cấy bùn hạt thành công trong điều kiện tải trọng hữu cơ cao nằm trong khoảng 2,5 ÷ 15 (kgCOD/m^3.ngày).

– Hiệu quả xử lý nước thải của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR rất tốt khi so sánh với bùn hoạt tính truyền thống. Hiệu quả loại bỏ các chất hữu cơ,

Nitơ Amôni NH_4^+ - N, T-N, T-P… luôn cao hoặc bằng bùn hoạt tính truyền thống tùy thuộc điều kiện cụ thể.

– Chưa có nghiên cứu nào nuôi cấy bùn hạt hiếu khí bằng bùn hoạt tính lấy từ nhà máy XLNT đô thị tại Hà Nội và chưa có nghiên cứu đánh giá hiệu quả của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Hà Nội.

Các kết luận trên là căn cứ để xác định phạm vi nghiên cứu của luận án.

1.4.3. Các vấn đề còn tồn tại và hướng nghiên cứu của luận án

a. Các vấn đề còn tồn tại

Phần tổng quan đã phân tích, đánh giá: đặc điểm thu gom nước thải đô thị Việt Nam; tính chất của nước thải đô thị Việt Nam; các công nghệ XLNT đang áp dụng tại Việt Nam; hiện trạng quản lý vận hành các nhà máy XLNT; tổng quan về đặc điểm và những ưu điểm của bùn hạt hiếu khí trong XLNT; các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến ứng dụng bùn hạt hiếu khí trong XLNT. Có thể thấy có một số vấn đề còn tồn tại như sau:

– Nước thải đô thị Việt Nam phần lớn được thu gom bằng hệ thống cống chung. Nước thải đô thị có đặc trưng nồng độ thấp - nước thải (nồng độ đặc trưng theo COD từ 90 ÷ 200 mg/l; BOD_5 từ 47 ÷ 90 mg/l). Một số nhà máy XLNT nhận nước thải từ hệ thống cống riêng có nước thải đầu vào là nước thải đặc có COD từ 300 ÷ 564 (mg/l) [18].

– Nước thải thu gom từ hệ thống cống chung của các đô thị Việt Nam có tỷ lệ C/N thấp, (BOD_5:T-N dao động từ 1,6 ÷ 2,4 mg/l). Hầu hết các nhà máy XLNT đều xử lý đạt tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành của Việt Nam trong việc loại bỏ COD. Tuy nhiên, việc xử lý triệt để T-N và T-P để đáp ứng yêu cầu chất lượng nước sau xử lý là cột A – QCVN 14/2008-BTNMT còn hạn chế [18].

– Các công nghệ XLNT đô thị được áp dụng rộng rãi ở Việt Nam bao gồm: Công nghệ bùn hoạt tính truyền thống, Công nghệ bùn hoạt tính cải tiến (SBR, OD), Công nghệ bể lọc sinh học, Công nghệ hồ sinh học. Trong đó công nghệ SBR chiếm tỷ trọng cao nhất, nếu tính theo công suất thiết kế chiếm khoảng 43,81% [18].

– Bùn hạt hiếu khí đã được nghiên cứu và ứng dụng trong XLNT trên thế giới trong những năm gần đây. Tuy nhiên tại Việt Nam mới chỉ nghiên cứu với một số đối tượng nước thải đậm đặc (nước thải công nghiệp thực phẩm). Còn thiếu các nghiên cứu nuôi cấy và ứng dụng bùn hạt hiếu khí, đặc biệt là nghiên cứu nuôi bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị Việt Nam trong điều kiện tại Việt Nam.

– Nước thải đô thị tại Việt Nam được thu gom hệ thống cống chung có đặc thù là nước thải

loãng có OLR phổ biến khoảng 0,5 ÷ 1,2 kgCOD/m^3.ngày. Một số nhà máy XLNT có nước thải đầu vào được thu gom từ hệ thống cống riêng là nước thải đặc có OLR khoảng 1,8 ÷ 3,5 kgCOD/m^3.ngày (Nhà máy XLNT Đắc Lắc – Buôn Ma Thuột và Nhà Máy XLNT Đà Lạt – Lâm Đồng).

b. Hướng nghiên cứu của luận án

Căn cứ vào những vấn đề tồn tại đã trình bày ở phần trên, nội dung nghiên cứu của luận án có các hướng như sau:

–Nghiên cứu nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm tại Việt Nam ở mức tải trọng hữu cơ thấp OLR nhỏ hơn 2,0 kgCOD/m^3 (từ 1,0 ÷ 1,2 kgCOD/m^3) để đánh giá khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí.

–Nghiên cứu nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm tại Việt Nam ở mức tải trọng hữu cơ OLR cao lớn hơn 2,5 kgCOD/m^3 (từ 2,7 ÷ 3,0 kgCOD/m^3) và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí.

–Nghiên cứu ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Hà Nội có tải trọng hữu cơ thấp OLR dao động 0,95 ÷ 1,35 (kgCOD/m^3.ngày) để đánh giá hiệu quả XLNT của bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR đối với nước thải đô thị tại Việt Nam.

–Đề xuất giải pháp công nghệ phù hợp ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Việt Nam, bổ sung thêm vào kho tàng cơ sở lý thuyết trong lĩnh vực XLNT trên thế giới và tại Việt Nam, từ đó có thể nhân rộng, triển khai áp dụng vào thực tế phù hợp với điều kiện Việt Nam.

–Qua phần tổng quan các nghiên cứu, có thể rút ra thông số nghiên cứu luận án được trình bày tại Bảng 1.11.

Bảng 1. 11. Thông số nghiên cứu của luận án

TT	Yếu tố đánh giá	Nghiên cứu trên thế giới			Thông số nghiên cứu của luận án
		Nuôi bùn hạt hiếu khí thành công	Khó nuôi bùn hạt hiếu khí	Khả năng thích ứng tốt của bùn hạt hiếu khí khi XLNT	
1	Tải trọng hữu cơ OLR ($kgCOD/m^3$.ngày)	2,5 ÷15	< 2 hoặc > 20	0,3 ÷ 20	- Nghiên cứu 1 (nước thải nhân tạo): 1,0 ÷ 1,2 ($kgCOD/m^3$.ngày) - Nghiên cứu 2 (nước thải nhân tạo): 2,7 ÷ 3,0 ($kgCOD/m^3$.ngày) - Nghiên cứu 3 (nước thải thật): 0,95 ÷ 1,35 ($kgCOD/m^3$.ngày)
2	Lưu lượng sục khí (lít/phút)	0,5 ÷ 8,0	< 0,5 hoặc > 10	0,5 ÷ 8,0	1,0 ÷ 5,0
3	Cường độ sục khí (m^3/m^2.giờ)	6 ÷ 37	< 6 hoặc > 37	6 ÷ 37	12,5 ÷ 28,5

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KHOA HỌC NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ SBR SỬ DỤNG BÙN HẠT HIẾU KHÍ ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ.

2.1. Công nghệ SBR

2.1.1. Xử lý nước thải đô thị

Trong nghiên cứu của Bernardes và Klapwijk [21] chứng minh chất nền trong nước thải đóng một vai trò quan trọng trong XLNT, các tác giả đã tiến hành nghiên cứu để đánh giá khảo sát hiệu quả làm việc của công nghệ SBR đối với việc loại bỏ Nitơ, Các bon, Phốt Pho đối với nước thải đô thị của nhà máy XLNT Bennekom tại Hà Lan với công suất 22000 (m^3/ngày đêm). Nhóm nghiên cứu đã làm hai mô hình thí nghiệm bể SBR hình trụ có dung tích là: 0,35 (m^3) và 1,3 (m^3). Nước thải của nhà máy sau khi bổ sung axit axetic có các thông số đầu vào COD là 443 (mg/l), T-N là 71 (mg/l), và T-P = 7 (mg/l). Thí nghiệm được thực hiện trong 5 tháng với chu kỳ hoạt động là 4 giờ. Kết quả hoạt động cho thấy hệ thống SBR thí nghiệm hoạt động khá tốt, kết quả loại bỏ N, P là khá tốt khi mà T-N còn 12 mg/l, và TP còn 1 mg/l. Thí nghiệm đã chứng minh rằng nồng độ các chất nền có trong nước thải rất quan trọng đối với việc phân hủy sinh học và khử Nitơ, loại bỏ Phốt pho. Trong khi đó thông thường các chất bên ngoài dễ phân hủy là các axit béo hoặc các hỗn hợp rượu.

Với các mục đích tương tự hai nhà khoa học Umble và Ketchum [92] đã làm thí nghiệm với công nghệ SBR trong xử lý nước thải đô thị. Dựa trên khả năng XLNT linh hoạt của công nghệ SBR trong việc loại bỏ chất hữu cơ, loại bỏ chất rắn lơ lửng, và nitrat hóa. Các nhà khoa học đã điều chỉnh chu kỳ hoạt động lên 12 giờ của các mô hình thí nghiệm và thu được kết quả xử lý là: loại bỏ 98% BOD_5 , 90%TSS, 89% NH_4^+ - N. Đây là một trường hợp khá đặc biệt vì quá trình xử lý có cả xử lý bậc 3 và có mục đích thu hồi các chất dinh dưỡng cho mục đích nuôi trồng thủy sản.

Tuy nhiên gần đây một số tác giả như Beccari và các cộng sự [20] đã có một số nghiên cứu khác. Các tác giả đã nghiên cứu vấn đề loại bỏ COD bằng sự lên men axitogen từ các chất thải hữu cơ có trong rác thải đô thị, đây là một chất nền để tiến hành nghiên cứu. Các thí nghiệm được thực hiện trên các mô hình Pilot bể SBR được đặt tại nhà máy XLNT Fusina (Venice, Italy). Kết quả thu được rất khả quan trong vấn đề khử Nitơ và sự hoạt động hiệu quả của hệ thống SBR. Sự thành công của nghiên cứu này đã mở ra một hướng mới đó là sử dụng các chất nền là các nguồn carbon tự nhiên thay thế cho các nguồn carbon hóa học đắt tiền giúp tiết giảm chi phí trong quá trình XLNT.

Cũng có những trường hợp công nghệ SBR sẽ được kết hợp với các bể xử lý khác để tận dụng nguồn carbon sẵn có. Ví dụ: Li và các cộng sự [56; 57] đã mô tả quá trình XLNT đô

thị thông qua hai quá trình xử lý kỵ khí. Bể xử lý (acidogenesis + denitrification và methanogenesis) có chức năng loại bỏ carbon, còn SBR có chức năng xử lý các chất dinh dưỡng. Vì vậy các axit béo dễ bay hơi được sinh ra trong bể xử lý các chất có tính axit sẽ được sử dụng làm nguồn carbon trong bể SBR. Qúa trình này giúp tiết kiệm chi phí phải bổ sung carbon từ bên ngoài vào để xử lý khử nitơ, loại bỏ phốt phát.

Một ví dụ khác về sự kết hợp của 2 quá trình kỵ khí – hiếu khí trong vấn đề XLNT, đó là nghiên cứu về XLNT sinh hoạt vùng nhiệt đới trong báo cáo của De Sousa and Foresti [29]. Nghiên cứu được thực hiện trên một mô hình thí nghiệm bể UASB có dung tích 4(lít) và hai mô hình bể SBR hình trụ giống hệt nhau có dung tích 3,6 (lít). Khi hai hệ thống kết hợp như vậy thì người ta thấy hệ thống UASB sẽ có chức năng loại bỏ phần lớn các chất hữu cơ, trong khi hệ thống SBR sẽ oxy hóa và loại bỏ một phần chất hữu cơ còn lại đồng thời thực hiện quá trình loại bỏ nitơ. Để đánh giá hiệu suất xử lý của hệ thống, người ta lắp đặt thiết bị giám sát và với chất nền mô phỏng là nước thải sinh hoạt vận hành hệ thống liên tục 38 tuần. Kết quả thu được đã khẳng định giả thuyết ban đầu về tính hiệu quả của việc xử lý BOD_5 và VSS. Khi hai hệ thống kỵ khí và hiếu khí kết hợp thì có thể làm tốt công việc xử lý nước thải bằng phương pháp hiếu khí thông thường. Khi đó hệ thống sẽ hoạt động với tiêu thụ năng lượng thấp hơn, lượng bùn dư ít hơn, hiêu quả xử lý các chất dinh dưỡng cao hơn.

Các hệ thống SBR đã chứng minh được hiệu quả xử lý khi thay thế các hệ thống khác. Dollerer và các cộng sự (1996) đã nghiên cứu xử lý nước thải đô thị trong 2,5 năm. Các nhà khoa học đã nghiên cứu trên 3 mô hình của 3 bể xử lý: bể xử lý hỗn hợp, bể xử lý 3 bước, bể xử lý SBR [30; 31]. Qua đó xác định ảnh hưởng của việc trộn các hợp chất cũng như đánh giá hiệu quả xử lý nước thải của các công nghệ, mặt khác cũng muốn chứng minh rằng hiệu quả sẽ tăng lên khi có sự kết hợp giữa các công nghệ.

Các nghiên cứu bằng mô hình toán học cũng đã được ứng dụng trong nghiên cứu về tính hiệu quả của công nghệ SBR trong XLNT đô thị. Trong rất nhiều các mô hình toán được trình bày, thì mô hình của tác giả Boston và các cộng sự là một trong những mô hình toán khá thành công [26]. Thuật toán đã mô tả thành công khả năng xử lý loại bỏ Nitơ và các chất dinh dưỡng có trong nước thải sinh hoạt của hệ thống SBR. Kết quả nghiên cứu được thực hiện trên mô hình Pilot 1(m3) của hệ thống SBR trong 3 tháng được đem ra so sánh với mô hình toán học về các thông số như: khả năng XLNT tốt, khả năng loại bỏ chất hữu cơ, khả năng xử lý loại bỏ Nitơ. Kết quả chứng minh rằng mô hình toán học có khả năng dự báo tốt các tình huống xảy ra. Một mô hình toán tiên tiến có khả năng mô tả sự thay đổi N và P trong

hệ thống SBR khi XLNT đô thị hoặc XLNT công nghiệp, từ đó có thể đưa ra các cải tiến về thiết kế công nghệ, cải tiến về quy trình vận hành…

Tại Đức công nghệ SBR được áp dụng tại 1,3% số nhà máy XLNT tại nước này. Ví dụ: ở Bavaria có rất nhiều các công ty XLNT áp dụng công nghệ SBR. Theo nội dung báo cáo nghiên cứu của Teichgraber và các cộng sự [88] đã nghiên cứu và tìm ra những vấn đề để đơn giản hóa việc thiết kế công nghệ SBR.

Nghiên cứu của Steinmetz [77] đã chỉ ra một cách đầy đủ và quy củ về công nghệ SBR bằng cách chứng minh tính hiệu quả của công nghệ SBR áp dụng đối với 2 nhà máy XLNT đô thị có công suất 15000 (m^3/ngày) và 25000 (m^3/ngày). Kết quả cho thấy rằng công nghệ SBR áp dụng tại hai nhà máy vận hành rất tốt và ổn định, ngay cả trong trường hợp nước thải đô thị đầu vào có nhiệt độ thấp và có tải trọng chất hữu cơ lớn.

Trường hợp của Keller và các cộng sự [38] thì lại đạt được sự thành công trong nghiên cứu với mô hình bể SBR trong XLNT sinh hoạt. Hệ thống là một bể đơn đã thành công trong việc loại bỏ các chất hữu cơ

Cuối cùng, một ví dụ khác về khả năng ứng dụng ở quy mô công nghiệp của công nghệ SBR trong XLNT đó là các bể xử lý nước thải của nhà máy chế biến rác hữu cơ. Tại Barcelona - Tây Ban Nha có nhà máy xử lý rác công suất 4 lò ủ rác lả 6700 (m^3)/1 lò. Tại nhà máy người ta sử dụng công nghệ SBR để XLNT rỉ rác với công suất 2000 (m^3). Trong khi tỷ lệ nước thải được xử lý là 220 (m^3/ngày). Điều này làm tăng thời gian lưu nước lên 10 ngày. Sau khi xử lý người ta nhận thấy rằng COD từ 7200 (mg/l) xuống còn dưới 1500 (mg/l), T-N từ 2300 (mg/l) xuống còn dưới 200 (mg/l).

2.1.2. Xử lý nước thải từ bùn thải trong nhà máy XLNT

Trong các nhà máy XLNT, nước thải từ bùn thải có thể chứa đến 25% tổng lượng Nitơ trong dòng vật chất. Dòng vật chất này thường có xu hướng quay trở lại đầu vào của hệ thống XLNT. Việc loại bỏ hàm lượng nitơ này (800 ÷ 1000 mg/l NH_4^+ - N) có thể làm được nếu có thể mở rộng thêm quy mô các bể xử lý hiếu khí. Đây là một sự đầu tư khá tốn kém, vì vậy để tiết kiệm chi phí vận hành cũng như tiết kiệm về không gian đã có một vài lựa chọn về công nghệ như: phương pháp hóa học dùng Magnesium Ammonium Phosphate (MAP) để kết tủa và bay hơi, phương pháp tách nước, hay dùng phương pháp lọc màng… Các giải pháp này đều có ưu nhược điểm của nó, phương pháp MAP khả thi nhưng đắt vì chi phí hóa chất. Biện pháp xử lý tách nước có rẻ hơn so với phương pháp trên nhưng vẫn còn đắt hơn phương pháp sinh học vì chi phí cho hóa chất, chi phí cho xử lý hỗn hợp chất Amoni sunphat

thành phân bón. Vì vậy phương pháp xử lý sinh học là lựa chon phù hợp nhất, một trong những lựa chọn hàng đầu đó là sử dụng công nghệ SBR để XLNT tập trung.

Trong báo cáo khoa học của Vandaele - Arnold và các cộng sự [93], các tác giả đã so sánh sự làm việc của hai hệ thống SBR (bể xử lý theo mẻ) và SBBR (bể xử lý theo mẻ có màng lọc). Các tác giả đã kết luận rằng cả hai giải pháp này đều loại bỏ hiệu quả hàm lượng Amoni cao có trong nước thải. Nitơ có thể bị loại bỏ trên 90% trong cả hai hệ thống XLNT. Bên trên là các ví dụ minh chứng về tính hiệu quả của công nghệ SBR trong XLNT sinh hoạt, dưới đây ta sẽ nghiên cứu đối với XLNT công nghiệp. Trong XLNT công nghiệp thách thức lớn nhất là nồng độ Cac-bon và nồng độ các chất dinh dưỡng có trong nước thải. Các nghiên cứu dưới đây là minh chứng cụ thể nhất cho khả năng thích ứng của công nghệ SBR với các loại nước thải.

2.1.3. Qúa trình loại bỏ COD trong bể SBR

Các quá trình phản ứng xảy ra trong bể SBR là do các vi sinh vật hiếu khí hoạt động phân huỷ các chất hữu cơ trong nước thải. Theo Eckenfelder W.W và Conon D.J (1961) quá trình phân huỷ hiếu khí nước thải trong bể SBR gồm 3 giai đoạn sau:

- *Giai đoạn 1*: Oxy hoá các chất hữu cơ, tốc độ oxy hoá bằng tốc độ tiêu thụ oxi.

$$C_xH_yO_z + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + H \quad (2.1)$$

Ở giai đoạn này bùn hoạt tính và bùn hạt hình thành và phát triển. Hàm lượng oxy cần cho vi sinh vật sinh trưởng và phát triển cần nhiều. Đặc biệt ở thời gian đầu dinh dưỡng trong nước thải rất phong phú trong khi lượng sinh khối trong thời gian này rất ít. Sau khi vi sinh vật thích nghi với môi trường, chúng sinh trưởng rất mạnh theo cấp số nhân. Vì vậy, lượng tiêu thụ oxy tăng cao dần. Các hợp chất hidratcacbon bị phân huỷ hiếu khí chủ yếu.

- *Giai đoạn 2*: Giai đoạn tổng hợp xây dựng tế bào

$$C_xH_yO_z + O_2 \rightarrow \text{Tế bào vi sinh vật} + CO_2 + H_2O + C_5H_7NO_2 - H \quad (2.2)$$

Trong giai đoạn này vi sinh vật phát triển ổn định và tốc độ tiêu thụ oxy ở mức gần ít thay đổi, giai đoạn này các chất bẩn hữu cơ bị phân huỷ nhiều nhất. Hoạt lực enzim của bùn hoạt tính trong giai đoạn này cũng đạt tới mức cực đại và kéo dài trong một thời gian tiếp theo. Điểm cực đại của enzim oxy hoá của bùn hoạt tính (sinh khối vi sinh vật) tới mức ổn định. Qua các thông số hoạt động cho thấy ở giai đoạn thứ nhất tốc độ tiêu thụ oxy (hay tốc độ oxy hoá) rất cao, có khi gấp 3 lần ở giai đoạn thứ 2.

- *Giai đoạn 3*: Tự oxy hoá chất liệu tế bào (tự phân hủy)

$$C_5H_7NO_2 + 5\ O_2 \rightarrow 5\ CO_2 + 2H_2O + NH_3 \pm H \quad (2.3)$$

Sau một thời gian dài tốc độ oxy hoá hầu như ít thay đổi và có chiều hướng giảm dần, tốc độ tiêu thụ oxy lại tăng lên, đây là giai đoạn nitrat hoá các muối amon. Trong 3 loại phản ứng H là năng lượng được sinh ra hay hấp thụ vào. Các chỉ số x,y,z tuỳ thuộc vào dạng chất hữu cơ chứa cacbon bị oxy hoá. Đối với các hợp chất hữu cơ chứa nitơ và lưu huỳnh có thể được diễn giải theo các phương trình trên.

Các vi sinh vật có trong nước thải hầu hết là các vi khuẩn hiếu khí, kỵ khí hoặc tùy tiện. Bao gồm các chủng vi khuẩn: Pseudomonas, Bacillus, Alcaligenes, Flavobacterium, Cytophaga, Micrococcus, Lactobacillus, Achromobacter, Spirochaeta, Clostridium... Trong số này, chủng Pseudomonas gặp ở hầu hết các loại nước thải, tiếp đến là Bacillus, Alcaligenes, Flavobacterium, Pseudomonas .Những chủng này hầu như có thể đồng hoá được mọi chất hữu cơ, kể cả các hợp chất hữu cơ như polyvinyl alcohol, các chủng vi khuẩn này sống khá lâu trong môi trường nước. Vì vậy, những chủng này có vai trò quan trọng trong quá trình phân huỷ các chất hữu cơ trong bể SBR.

2.1.4. Qúa trình loại bỏ nitơ trong bể SBR

Quá trình loại bỏ nitơ trong bể SBR trải qua 2 giai đoạn: giai đoạn đầu tiên là oxy hóa hợp chất nitơ hay còn gọi là quá trình nitrat hóa, giai đoạn thứ hai là quá trình khử nitrat.

a. Quá trình Nitrat hóa

Quá trình này được diễn ra trong pha sục khí của bể SBR với 2 phản ứng liên tiếp như sau:

$$2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2 + 2H_2O + H^+ + \text{tế bào mới} \quad (2.4)$$

$$2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^- + \text{tế bào mới} \quad (2.5)$$

Tổng hợp 2 phản ứng trên ta có một phương trình tổng thể như sau:

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_2O \quad (2.6)$$

Hai phản ứng (2.4), (2.5) được thực hiện nhờ vào chủng vi sinh vật Nitrosomanas và Nitrobacter. Hai phản ứng này mô tả tỷ lượng của amoni và oxy do vi sinh vật thực hiện để có thể duy trì sự tồn tại, phát triển của vi sinh vật.

b. Quá trình khử Nitrat

Trong giai đoạn này sẽ có 4 bậc liên tiếp sẽ làm giảm những hóa trị của nitơ lần lượt từ +5 về +3, +2, +1. Phương trình tổng thể như sau:

$$NO_3^- \Rightarrow NO_2^+ \Rightarrow NO\ (\text{khí}) \Rightarrow NO_2\ (\text{khí}) \Rightarrow N_2\ (\text{khí}) \quad (2.7)$$

Theo phản ứng của Nitrat với những chất hữu cơ là Methanol, sẽ có phương trình hóa học sau:

$$6NO_3 + 5CH_3OH \Rightarrow 3N_2 + 5CO_2 + 7H_2O + 6OH^- \quad (2.8)$$

Sau khi sử dụng chất hữu cơ từ những nguồn nước thải $C_{18}H_{19}O_9N$ thì sẽ có phương trình hóa học sau:

$$C_{18}H_{19}O_9N + NO_3^- + H^+ \Rightarrow N_2 + CO_2 + HCO_3^- + NH_4^+ + H_2O \quad (2.9)$$

2.1.5. Qúa trình loại bỏ phốt-pho trong bể SBR

Phốt-pho sẽ được tiêu thụ bởi hoạt động của vi khuẩn trong bể phản ứng SBR. Bằng cách kiểm soát và vận hành phù hợp, vi khuẩn sẽ xử lý hiệu quả lượng Phốt-pho trong nước thải thông qua quá trình cố định tế bào.

Phốt-pho thường tồn tại trong nước thải ở dạng orthophốtphát (PO_4^{-3}), polyphốtphát (P_2O_7) và phốt-pho hữu cơ. Hai dạng tồn tại trên chiếm 70% lượng phốt-pho trong nước thải. Vi sinh vật sẽ sử dụng phốt-pho trong quá trình tổng hợp tế bào và vận chuyển năng lượng. Khoảng 10 đến 30% lượng phốt-pho sẽ bị xử lý sau quá trình sinh học bậc 2 của hệ thống. Do đó, cần phải tiêu thụ một lượng phốt-pho nhiều hơn quá trình sinh trưởng thông thường để đạt hiệu quả xử lý đầu ra. Trong điều kiện hiếu khí nhất định, vi sinh vật sẽ tiêu thụ phốt-pho nhiều hơn bình thường. Phốt-pho cũng được giải phóng từ tế bào trong quá trình thiếu khí. Xử lý phốt-pho bằng phương pháp sinh học được hoàn thiện bằng cách duy trì các điều kiện thích hợp trong bể phản ứng.

Acinetobacter là một chủng vi khuẩn phổ biến có chức năng xử lý phốt-pho. Chủng vi khuẩn trên thường sử dụng VFAs (Volatile Fatty Acid) làm nguồn cơ chất để giải phóng phốt-pho tích tụ trong điều kiện kỵ khí cũng như cạnh tranh với các chủng khuẩn dị dưỡng khác. Nếu như sau vùng kỵ khí là một vùng hiếu khí thì vi sinh vật có khả năng tiêu thụ phốt-pho cao hơn mức bình thường. Phốt-pho không những cần thiết cho quá trình tổng hợp, sinh trưởng, vận chuyển năng lượng mà còn được vi sinh vật tích trữ để sử dụng về sau. Bùn thải nếu có lượng phốt-pho dư thì lượng phốt-pho dư sẽ được xử lý và loại bỏ bằng cách xử lý bùn hoặc dòng chảy bên trong điều kiện thiếu khí. Việc xử lý phốt-pho đòi hỏi cả hai giai đoạn hiếu khí - kỵ khí dưới dạng 2 bể riêng biệt hoặc 2 vùng trong một bể.

Như đã nêu ở trên, hai cơ chế chính để xử lý phốt-pho là xử lý bùn hoặc dòng chảy bên trong điều kiện thiếu khí. Hai quá trình xử lý phổ biến là Phostrip và Bardenpho. Cả hai dạng trên đều sử dụng nguyên lý tiếp xúc kỵ khí – hiếu khí nối tiếp nhau nhưng có vài điểm khác biệt. Trong quá trình Phostrip, các vi sinh vật sẽ giải phóng phốt-pho trong điều kiện kỵ khí và tập trung lượng phốt-pho ở dòng chảy bên cho quá trình xử lý hóa học.

Với cơ chế hoạt động trong bể SBR với 4 pha (nạp nước – sục khí – nghỉ - xả nước) trong 1 chu kỳ sẽ tạo ra các quá trình hiếu khí - kỵ khí, đây là điều kiện để quá trình xử lý phốt-pho xảy ra.

2.2. Bùn hạt hiếu khí

2.2.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành và phát triển bùn hạt hiếu khí

a. Thành phần của chất nền

Việc nuôi bùn hạt hiếu khí đã được nghiên cứu trên các chất nền khác nhau bao gồm glucose, acetate, ethanol, phenol, và nước thải tổng hợp [22; 70; 80]. Bùn hạt hiếu khí đã được nuôi thành công trong quy mô phòng thí nghiệm trên mô hình bể SBR để xử lý nước thải giàu chất hữu cơ. Trong những năm gần đây người ta đã nghiên cứu tính khả thi của việc hình thành bùn hạt hiếu khí trong bể SBR, đây là một bước đi quan trọng để có thể mở rộng quy mô áp dụng vào thực tế [28]. Các nghiên cứu chỉ ra rằng các hạt bùn hiếu khí được nuôi cấy bằng glucose là một cấu trúc dạng sợi, trong khi hạt hiếu khí nuôi cấy bằng acetate có cấu trúc hạt nhỏ gọn hơn.

b. Tải trọng hữu cơ có trong nước thải

Tải trọng hữu cơ là các thông số hoạt động quan trọng trong quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí. Các nghiên cứu về màng sinh học đã chứng minh rằng cấu trúc của màng sinh học có liên quan chặt chẽ với tải trọng hữu cơ [82]. Trong sự hình thành của các hạt hiếu khí thì tải trọng hữu cơ là một trong những yếu tố quan trọng nhất. Tăng tỷ lệ chất hữu cơ đồng nghĩa với tăng cường sự hình thành của các hạt hiếu khí trong các hệ thống SBR. Sự ảnh hưởng của tải trọng hữu cơ lên sự hình thành bùn hạt hiếu khí có thể trên một phạm vi rất rộng từ 2,5 ÷ 15 (kgCOD/m^3.ngày) [50; 51]. Theo báo cáo của Tay và cộng sự cho rằng rất khó để tạo thành hạt với tải trọng hữu cơ thấp hơn 2 (kgCOD/m^3ngày) [85]. Các nghiên cứu về tác dụng của tải trọng hữu cơ về sự hình thành và ổn định của bùn hạt hiếu khí cho thấy rằng tỷ lệ chất hữu cơ thấp dẫn đến hình thành chậm hơn của hạt và mất thời gian lâu hơn để đạt trạng thái ổn định. Các đặc tính vật lý cũng như kích thước trung bình của bùn hạt hiếu khí phụ thuộc vào tải trọng hữu cơ. Theo báo cáo của Liu và các cộng sự kích thước trung bình của hạt hiếu khí được tăng lên với sự gia tăng của tải trọng hữu cơ đi vào hệ thống. Khi tải trọng hữu cơ tăng có thể nâng cao tốc độ tăng trưởng sinh khối, điều này kéo theo cấu trúc ba chiều của các cộng đồng vi khuẩn có thể yếu hơn [48].

c. Cường độ sục khí

Sự hình thành hạt và ổn định của bùn hạt hiếu khí phụ thuộc vào cường độ sục khí [74; 79]. Các nghiên cứu cho thấy các lực tác động lên các hạt trong qua trình sục khí là một trong những yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến hình thành bùn hạt hiếu khí. Lực tác động cao trong bể SBR dẫn đến mật độ hạt dày đặc hơn và có đường kính nhỏ hơn [28]. Khi Tay và các cộng sự làm thí nghiệm thay đổi cường độ sục khí trên bốn mô hình bể SBR, kết quả cho

thấy rằng bùn hạt chỉ hình thành ở các bể SBR ở vận tốc khí bề mặt lớn hơn 1,2 (cm/s) [81; 82]. Bùn hạt hiếu khí đều đặn hơn, tròn hơn, và nhỏ gọn khi cường độ sục khí cao. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc sản sinh polysaccharide ngoại bào có liên quan chặt chẽ với cường độ sục khí và tính ổn định của bùn hạt hiếu khí [79]. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng polysaccharides đóng một vai trò quan trọng trong sự hình thành các cấu trúc của vi sinh vật. Việc tăng cường sản sinh polysaccharides ngoại bào khi cường độ sục khí cao có thể góp phần vào việc làm cho cấu trúc bùn hạt hiếu khí nhỏ gọn và mạnh mẽ hơn. Theo báo cáo của Zhang và các cộng sự cho rằng các protein ngoại bào có thể đóng một vai trò quan trọng nhất định trong việc kiểm soát hình thành và ổn định của bùn hạt hiếu khí. Cường độ sục khí tốt nhất cho sự hình thành bùn hạt hiếu khí trong bể SBR là 6 ÷ 37 (m^3/m^2.giờ) là tốt nhất cho sự hình thành bùn hạt hiếu khí [101]. Nếu cường độ sục khí mà bé hơn 6 (m^3/m^2.giờ) thì sẽ làm cho bùn hạt dễ lắng xuống dưới đáy bể, ngược lại nếu cường độ sục khí mà lớn hơn 37 (m^3/m^2.giờ) sẽ làm cho hạt bùn vỡ dần cấu trúc của hạt [101; 102].

d. Thời gian chọn lọc vi sinh vật

Thời gian chọn lọc vi sinh vật là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành bùn hạt hiếu khí, nó quyết định thành phần của cộng đồng vi sinh vật. Đó là khoảng thời gian nhất định ưu tiên lựa chọn được các vi khuẩn có ích cho sự hình thành bùn hạt đồng thời loại bỏ bùn kém chất lượng. Theo nghiên cứu của Tremblay và cộng sự cho rằng bùn hạt hiếu khí đã được nuôi thành công và trở thành hạt ưu thế trong bể SBR khi thời gian tuyển chọn vi sinh là 5 phút. Hỗn hợp bùn hạt hiếu khí và bùn hoạt tính không phát triển thêm khi quan sát trong SBR có thời gian tuyển chọn vi sinh là 20, 15, và 10 phút [95]. Những phát hiện này chứng minh một thực tế là bùn hạt hiếu khí bị ảnh hưởng bởi thời gian tuyển chọn vi sinh. Nó ảnh hưởng đến sự hình thành và đặc điểm của hạt. Do đó, việc lựa chọn thời gian tuyển chọn vi sinh tối ưu là rất quan trọng trong hình thành bùn hạt hiếu khí, giúp cho bùn hạt có khả năng thực hiện tốt chức năng xử lý nước thải.

e. Thời gian lưu nước

Thời gian lưu nước là một trong những yếu tố cần thiết và quan trọng để kích thích sự sinh trưởng và phát triển của vi sinh vật. Khi thời gian lưu nước ngắn nó sẽ kích thích hoạt động của các vi sinh vật và kích thích sản xuất các tế bào polysaccharides và cũng cải thiện tính kỵ nước của tế bào. Các nghiên cứu chứng minh khi thời gian tuyển chọn vi sinh vật và thời gian lưu nước ngắn là lựa chon tối ưu cho sự hình thành và phát triển bùn hạt hiếu khí.

f. Qúa trình thiếu khí

Pha thiếu khí đóng một vai trò quan trọng vào sự hình thành và phát triển hạt hiếu khí. Các pha được tiến hành trong bể SBR tuần tự như sau: cấp nước vào, sục khí, nghỉ, xả. Do đó các vi sinh vật trong bể SBR cũng sẽ phải thích nghi theo các quá trình trên. Sự hình thành bùn hạt hiếu khí được khởi đầu do cường độ sục khí và quá trình thiếu khí tạo ra. Trong giai đoạn thiếu khí vi khuẩn kỵ khí hoạt động mạnh, thúc đẩy quá trình hình thành bông bùn [79; 80], đây là cách mà các sinh vật thích nghi để đối phó với sự thiếu khí. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng các bông bùn đó sẽ kỵ nước hơn tạo điều kiện cho quá trình dính bám tạo hạt trong điều kiện thiếu khí [25; 79; 80], hạt bùn trở nên chắc chắn và kết dính hơn.

Tất cả các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành bùn hạt hiếu khí đều có thể thực hiện và điều chỉnh dễ dàng đối với công nghệ SBR, vì vậy bùn hạt hiếu khí thường được nghiên cứu nuôi cấy và ứng dụng trên bể SBR.

g. Điều kiện công nghệ

Tạo bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ bể SBR được trình bày trong nghiên cứu khoa học của Liu và Tay [54]. Các yếu tố nghiên cứu chính tác động đến sự hình thành của bùn hạt hiếu khí là thời gian lắng và tải trọng hữu cơ [55]. Vì vậy việc chọn thời gian lắng ngắn thường được áp dụng để tạo bùn hạt hiếu khí với cơ chế chọn các hạt có vận tốc lắng nhanh ở lại và loại các hạt có vận tốc lắng kém. McSwain và cộng sự đã phát hiện ra các hạt được hình thành khi áp dụng thời gian lắng 5 ÷ 10 (phút), mặc dù thời gian lắng ngắn sẽ rửa trôi nhiều sinh khối [60]. Nếu duy trì thời gian lắng ngắn trong một thời gian dài sẽ sàng lọc các sinh khối nhẹ, chọn lọc được nhiều bùn dạng hạt ở lại.

Bên cạnh thời gian lắng, yếu tố tải trọng hữu cơ và thành phần nước thải là những điều kiện chính trong quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí. Tải trọng hữu cơ OLR từ 2,5 ÷ 15 (kgCOD/m^3.ngày) dễ tạo bùn hạt hiếu khí, tùy thành phần chất nền [67; 72]. Tuy nhiên các nghiên cứu cũng chứng minh bùn hạt hiếu khí bắt đầu tan khi tải trọng hữu cơ OLR lớn hơn 20 (kgCOD/m^3.ngày). Ngược lại, theo nghiên cứu Tay và cộng sự chứng minh rằng rất khó để hình thành Bùn hạt khi OLR thấp hơn 2 (kgCOD/m^3.ngày) [85; 86]. Nghiên cứu cho thấy OLR thấp dẫn đến sự hình thành hạt chậm hơn và thời gian dài hơn.

Một trong những điều kiện tạo bùn hạt hiếu khí là áp dụng thời gian cấp nước vào ngắn để tạo điều kiện cho các hạt nhỏ gọn hình cầu phát triển, quá trình chuyển đổi và phân hủy sinh học các chất nền được dự trữ trong vi sinh vật diễn ra nhanh chóng trong điều kiện cấp nước ngắn. Giai đoạn này là "giai đoạn đói" của các vi sinh vật và có thể thực hiện dễ dàng với công nghệ SBR [60]. Trong giai đoạn này chất hữu cơ bị Oxy hóa và được lưu giữ trong tế bào vi khuẩn dưới dạng glycogen và Lipid [46]. Việc áp dụng thời gian cấp nước ngắn nhằm

hạn chế sự cạnh tranh giữa các vi khuẩn hình sợi với các vi khuẩn khác, "giai đoạn đói" sẽ hạn chế tối đa sự phát triển của vi sinh vật, các chất nền được tích lũy trong tế bào vi sinh vật tạo cơ sở hình thành bùn hạt. Hơn nữa, một số nghiên cứu khác đã thấy vi khuẩn trở nên kỵ nước hơn trong "giai đoạn đói" có tính chu kỳ, tạo điều kiện cho sự kết hợp của vi sinh vật [60].

h. Điều kiện môi trường

Những nghiên cứu sâu hơn về các thông số môi trường ảnh hưởng đến quá trình hình thành Bùn hạt hiếu khí được trình bày trong nghiên cứu của Liu and Tay [54]. Các nghiên cứu đã chứng minh rằng cấu trúc vi mô của hạt phụ thuộc vào cơ chất dùng để nuôi bùn hạt hiếu khí. Ngoài ra tỷ lệ C/N có ảnh hưởng đáng kể đến hình thái và đặc điểm của bùn hạt. Nghiên cứu về ảnh hưởng của các hóa chất khác nhau đến sự hình thành của bùn hạt hiếu khí cũng được tiến hành trong nhiều năm qua, các ion hóa trị hai như canxi Ca^{2+} có tác dụng hút các điện tích âm trên bề mặt tế bào vi khuẩn hoặc các chất cao phân tử ngoại bào để nâng cao quá trình tạo hạt.

2.2.2. Ưu điểm của bùn hạt hiếu khí so với bùn hoạt tính thông thường

Căn cứ vào các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước về bùn hoạt tính thông thường và bùn hạt hiếu khí, ta có thể lập bảng so sánh một số chỉ tiêu cơ bản của 2 dạng bùn.

Bảng 2. 1. Tính chất của bùn hạt hiếu khí và bùn hoạt tính thông thường [13; 35]

TT	Đặc điểm so sánh	Bùn hạt hiếu khí	Bùn hoạt tính thông thường
1	Khả năng lắng	30 ÷ 70(m/h)	8 ÷ 10(m/h)
2	Nồng độ sinh khối	> 10 g/l	< 5 g/l
3	Chỉ số SVI_{30}	< 50(ml/g)	60 ÷ 200(ml/g)
4	Thành phần vi sinh vật	Đa dạng, bao gồm cả chủng vi khuẩn hiếu khí, kỵ khí, tùy tiện	Chủng vi khuẩn hiếu khí là chủ yếu
5	Khả năng chịu sốc tải	Chịu được sốc tải	Chịu sốc tải kém
6	Tải trọng hữu cơ	Tải trọng hữu cơ cao (2 ÷ 15 $kgCOD/m^3$.ngày)	Tải trọng hữu cơ thấp (< 2,5 $kgCOD/m^3$.ngày)
7	Tỉ trọng hạt bùn	1,004 ÷ 1,065	
8	Kích thước	0,2 ÷ 5(mm)	3 ÷ 150(µm)
9	Tuổi bùn	Khoảng 12÷ 15 ngày	Khoảng 6 ÷ 7 ngày

Qua bảng so sánh trên ta có thể thấy bùn hạt hiếu khí có một số ưu điểm nổi bật so với bùn hoạt tính thông thường như:

a. Khả năng lắng

Khả năng lắng của bùn hạt hiếu khí cao hơn 4 ÷ 7 lần so với bùn hoạt tính thông thường. Ưu điểm này giúp giảm dung tích các bể lắng đợt 2, đồng thời làm tăng công suất của nhà máy XLNT, giúp giảm chi phí vận hành và xây dựng trạm.

b. Khả năng chịu sốc tải

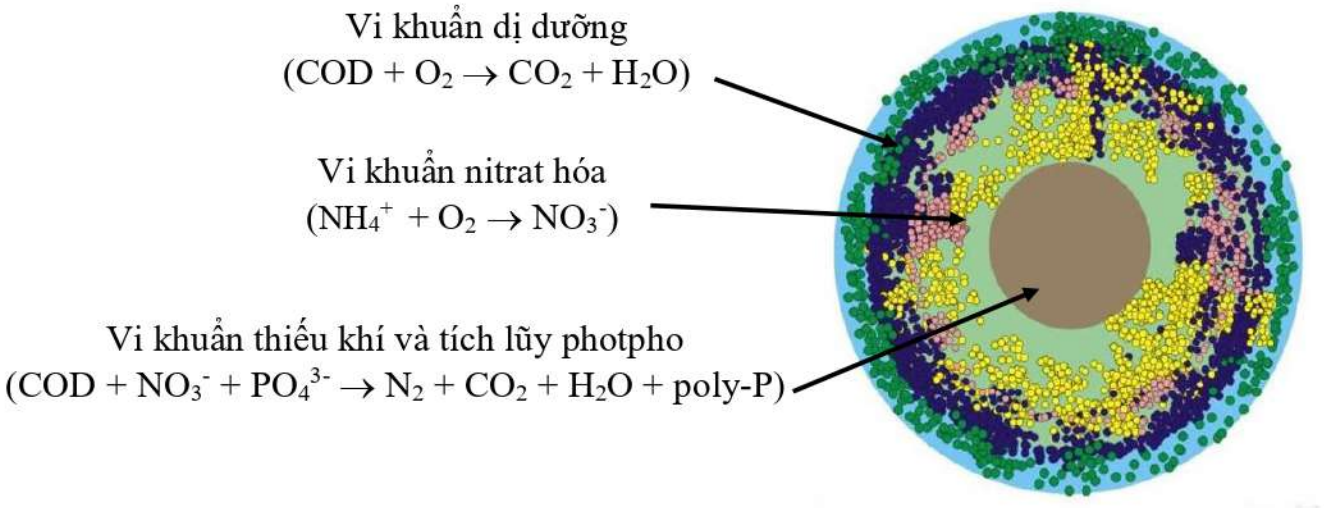
Ưu điểm này giúp khả năng làm việc của trạm XLNT có tính thích nghi cao hơn trong bối cảnh chất lượng nước thải đầu vào tại Việt Nam luôn có sự biến động lớn.

c. Khả năng chịu được tải trọng hữu cơ cao

Ưu điểm này giúp khả năng làm việc của trạm XLNT có tính thích nghi cao với nhiều loại nước thải. Bùn hạt hiếu khí có thể thích ứng được với nước thải sinh hoạt, nước thải đô thị, nước thải công nghiệp.

Ngoài ra bùn hạt hiếu khí còn có một số ưu điểm khác so với bùn hoạt tính thông thường như chỉ số SVI thấp, các chủng vi sinh vật đa dạng hơn.

2.2.3. Cơ sở khoa học xử lý cơ chất của bùn hạt hiếu khí



Hình 2. 1. Cấu trúc và Cơ chế xử lý cơ chất của bùn hạt hiếu khí.

Khả năng xử lý cơ chất có trong nước thải của bùn hạt hiếu khí là do sự hoạt động của vi sinh vật có trong hạt bùn, sự đa dạng về chủng loại các vi sinh vật trong hạt bùn giúp bùn hạt hiếu khí có nhiều ưu điểm trong xử lý cơ chất có trong nước thải. Để dễ hình dung tạm chia cấu trúc bùn hạt làm 3 lớp dựa theo tỷ lệ chủng loại vi sinh vật chiếm ưu thế.

Lớp thứ nhất, là lớp ngoài cùng của bùn hạt bao gồm nhiều vi khuẩn dị dưỡng hoạt động mạnh, nên quá trình loại bỏ COD xảy ra ở bề mặt hạt là chủ yếu. Các vi sinh vật hấp thụ dinh

dưỡng và oxi có trong nước thải và thải ra CO_2 và nước. Qúa trình đó diễn ra theo công thức sau:

$$COD + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O \quad (2.10)$$

Lớp thứ hai, dưới lớp ngoài cùng của bùn hạt bao gồm nhiều vi khuẩn nitrat hóa hoạt động mạnh, nên quá trình loại bỏ ni-tơ xảy ra ở lớp này là chủ yếu. Qúa trình đó diễn ra theo công thức sau:

$$NH_4^+ + O_2 \rightarrow H^+ + NO_2^- + H_2O \quad (2.11)$$

$$NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NH_3^- \quad (2.12)$$

$$NH_4^+ + NO_2^- \rightarrow N_2 + H_2O \quad (2.13)$$

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO^- \rightarrow N_2O \rightarrow N_2 \quad (2.14)$$

Lớp thứ ba, là lớp trong cùng của bùn hạt bao gồm nhiều vi khuẩn kỵ khí hoạt động mạnh và quá trình tích lũy phốt pho, quá trình loại bỏ phốt pho và nitơ, lưu huỳnh xảy ra ở lớp này là chủ yếu. Qúa trình đó diễn ra theo công thức sau:

$$COD + SO_4^{2-} + NO_3^- + PO_4^{3-} \rightarrow N_2 + CO_2 + H_2S + H_2O + \text{poly-P} \quad (2.15)$$

Ngoài ra, trong hạt bùn có nhiều vi khuẩn tham gia vào quá trình chuyển hóa kim loại để thu nhận năng lượng và thực hiện các phản ứng phụ. Các quá trình đó diễn ra như sau:

$$KL + H_2 + O_2 \rightarrow KL^+ + CO_2 \quad (2.16)$$

2.2.4. Khả năng loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải của bùn hạt hiếu khí

Bùn hạt hiếu khí có thể được sử dụng cho việc loại bỏ các hợp chất hữu cơ, các chất dinh dưỡng (nitơ, phốt pho), kim loại nặng và các chất độc hại. Sau nhiều năm nghiên cứu về điều kiện hoạt động để tạo hạt và mô tả đặc tính của hạt với các loại nước thải tổng hợp, một số nghiên cứu hiện đang tập trung vào việc áp dụng công nghệ này vào xử lý nước thải thực tế với các loại khác nhau như: nước thải từ sữa, nước thải gia súc và nước thải công nghiệp.

Các nghiên cứu liên quan đến bùn hạt hiếu khí đều cho thấy chúng có nhiều ưu điểm như: Khả năng xử lý chất hữu cơ, N, P tốt, tốc độ trao đổi chất ổn định, khả năng phục hồi và chịu sốc tải trọng tốt, thời gian lưu trữ sinh khối dài. Bùn hạt hiếu khí được coi là một giải pháp xử lý nước thải hiệu quả cao [101].

a. Xử lý các chất hữu cơ độc hại trong nước thải

Bùn hạt hiếu khí đã được ứng dụng thành công để xử lý nước thải có nồng độ các chất hữu cơ cao. Khi nghiên cứu về khả năng loại bỏ COD của bùn hạt hiếu khí. Người ta thấy nếu bùn hạt hiếu khí hoạt động ổn định nó có thể XLNT có tải trọng hữu cơ duy trì ở mức từ 6 ÷

15 kgCOD/m^3.ngày mà không ảnh hưởng đến sự ổn định của bùn hạt [67]. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu đã chứng minh bùn hạt hiếu khí có khả năng phân hủy phenol và pyridin [39].

Phenol được coi là chất độc đối với các loài thủy sinh, ngoài ra những chất tạo mùi trong chế biến thực phẩm khi được thải vào hệ thống thoát nước cũng được coi là chất độc hại. Bùn hạt hiếu khí đã được sử dụng để loại bỏ Phenol [42; 43]. Tay và các cộng sự đã chứng minh rằng bùn hạt hiếu khí có thể phân hủy phenol ở một tỷ lệ cụ thể không vượt quá 1 (gphenol/gVSS.ngày) với nồng độ 500 (mg/l) phenol hoặc với tốc độ giảm 0,53 (gphenol/gVSS.ngày) ở nồng độ 1900 (mg/l) phenol. Lee và cộng sự cũng chứng minh bùn hạt hiếu khí có thể phân hủy phenol ở 1,18 (gphenol/gVSS.ngày) [39; 40].

Pyridine và các dẫn xuất của nó là sản phẩm phụ của quá trình khí hóa than và dầu đá phiến, các chất này được sử dụng làm chất xúc tác trong ngành công nghiệp dược phẩm. Bùn hạt hiếu khí cũng có thể phân hủy hiệu quả chất Pyridine với nồng độ ban đầu 200 ÷ 2500 (mg/l) bằng các quá trình tương tác enzyme.

b. Khả năng loại bỏ Ni-tơ, Phốt Pho trong nước thải

Việc loại bỏ nitơ được thực hiện qua quá trình nitrat hóa và khử nitơ. Nitrit và nitrat sinh ra từ quá trình nitrat hóa được khử thành nitơ dạng khí bằng chất khử nitơ. Một số nhà khoa học đã nghiên cứu việc loại bỏ đồng thời các chất hữu cơ và nitơ bằng bùn hạt hiếu khí. Qúa trình này là do cùng tồn tại của quá trình dị dưỡng, quá trình nitrat hóa và quá trình khử nitơ nhờ các nhóm vi sinh vật trong hạt bùn hiếu khí. Theo nghiên cứu qúa trình khử nitrat hóa lên đến 97% và hiệu quả loại bỏ COD là 95% [97].

Nồng độ oxy hòa tan có ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu quả của quá trình khử nitơ bằng bùn hạt hiếu khí. Mosquera-Corral đã xác định được vai trò quan trọng của oxy trong đồng thời hai quá trình nitrat hóa và khử nitrat. Nồng độ oxy thấp dẫn đến tốc độ nitrat hóa thấp và tỷ lệ khử nitơ cao [65; 66].

Schwarzenbeck và Wilderer (1997) cũng chứng minh và công nhận một quan điểm cho rằng tốc độ tăng trưởng sinh khối thấp so với tốc độ vận chuyển khuếch tán dẫn đến sự phát triển của các màng sinh học mịn. Qúa trình lựa chọn chậm sinh vật phát triển sẽ dẫn đến bùn dạng hạt ổn định ở mức nồng độ oxy thấp [72].

Hiệu suất nitrat hóa của bùn hạt hiếu khí đã được đánh giá trong quá trình nuôi cấy bùn hạt trong bể phản ứng dòng chảy ngược hiếu khí (AUFB) với nước thải có nồng độ amoniac cao

1000–1400 gN/m^3. Có thể đồng thời loại bỏ COD, N ở độ nồng độ oxy thấp (20%), vì quá trình sinh trưởng dị dưỡng bên trong bùn hạt hiếu khí [38; 87; 92].

Hạt vi sinh tích tụ phốt pho được nuôi cấy tại tỷ lệ P/COD với chất nền khác nhau trong khoảng từ 1/100 đến 10/10 trong bể SBR của nghiên cứu bởi Lin và cộng sự cho thấy [47; 48]: Các bùn hạt hiếu khí có tích lũy P đặc trưng tiềm năng hấp thu đồng thời cacbon hữu cơ hòa tan và giải phóng photphat trong giai đoạn kỵ khí, tiếp theo là quá trình photphat nhanh hấp thu trong giai đoạn hiếu khí. Qúa trình tích lũy Phốt pho giảm khi tỷ lệ P/COD chất nền tăng lên. Qúa trình tích lũy P trong bùn hạt từ 1,9% đến 9,3%, tùy thuộc vào tỷ lệ P/COD.

Kết quả tương tự đã được ghi nhận bởi nghiên cứu của Cassidy và Belia(2005) với tỷ lệ P/COD và quá trình tích lũy P trong bùn hạt là 2,8% [23].

Sự loại bỏ COD và P là hơn 98%, loại bỏ N và VSS hơn 97% trong việc xử lý nước thải lò mổ với của bùn hạt hiếu khí trong bể SBR cũng được báo cáo bởi nghiên cứu của Beun và Belanger [25; 26].

Quá trình nitrat hóa, khử nitrat và khử phốt pho được nghiên cứu trong bể SBR với quy mô phòng thí nghiệm bằng cách thay đổi thời gian của quá trình hiếu khí và kỵ khí trong 450 ngày bởi Ling và cộng sự (1999) [41]. Quá trình loại bỏ phốt pho tốt và nitrat hóa diễn ra thường xuyên trong SBR với sự thống trị của Accumulibacter (một sinh vật tích tụ polyphosphat, PAO) và Competibacter (một glycogen sinh vật không tích lũy polyphosphat, GAO). Accumulibacter chiếm ưu thế trong vùng 200 (µm) ngoài cùng của hạt trong khi Competibacter chiếm ưu thế trong khu vực trung tâm hạt.

c. Khả năng loại bỏ kim loại nặng trong nước thải

Một số sinh vật bao gồm tảo biển, nấm, bùn hoạt tính và bùn phân hủy được sử dụng làm chất hấp thụ sinh học. Chất hấp phụ chính hiện đang được sử dụng ở dạng sinh khối lơ lửng nhưng có một số nhược điểm như tính ổn định sau tách chất hấp thụ sinh học kém và tái sinh sau khi sử dụng cũng hạn chế [93; 94].

Khả năng hấp thụ sinh học tối đa đồng (II) và kẽm (II) của bùn hạt hiếu khí là liên quan chặt chẽ đến nồng độ ban đầu của đồng và kẽm trong bể phản ứng và lần lượt là 246,1 (mg/g) và 180 (mg/g) [90; 91]. Bùn hạt hiếu khí có một vai trò đầy tiềm năng trong việc hấp thụ các hóa chất độc hại do bùn hạt có diện tích bề mặt lớn, có độ xốp và khả năng lắng tốt [90; 91].

Các kim loại nặng độc hại đã được loại bỏ bởi bùn hạt hiếu khí bằng cách hấp thụ sinh học. Việc loại bỏ thuốc nhuộm cation, Rhodamine B, bằng cách sử dụng bùn hạt hiếu khí để hấp

phụ. Mật độ hấp phụ tối đa của bùn hạt hiếu khí lớn hơn ba lần so với khả năng hấp thụ của các bông bùn [58; 59].

d. Khả năng loại bỏ vật chất dạng hạt trong nước thải

Schwarzenbeck và cộng sự đã nghiên cứu thành công việc nuôi bùn hạt hiếu khí trong bể SBR khi XLNT từ quá trình sản xuất mạch nha có hàm lượng chất hữu cơ dạng hạt cao. Tải trọng hữu cơ là 3,2 (kgCOD/m^3.ngày) và nồng độ bùn hạt hiếu khí đầu vào là 0,95 (g/l) MLSS, kết quả cho thấy đã loại bỏ trung bình 50% tổng COD và 80% trong COD hòa tan [72; 73]. So sánh giữa bùn hạt hiếu khí và bông bùn trong cùng điều kiện vận hành cho thấy không có sự khác biệt đáng kể về hiệu quả xử lý, mặc dù bùn hạt hiếu khí thể hiện hoạt động trao đổi chất cao hơn. Trong quá trình loại bỏ chất hữu cơ dạng hạt bằng cách tạo bùn hạt hiếu khí, hai cơ chế đã được quan sát thấy đó là: trong quá trình hình thành bùn hạt ban đầu, các hạt được đưa vào các màng sinh học và sự phát triển động vật nguyên sinh trên bề mặt bùn hạt hiếu khí tạo ra khả năng loại bỏ COD dạng hạt.

2.2.5. Động học của quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí

Động học của quá trình hình thành và phát triển bùn hạt hiếu khí được mô tả qua phương trình bậc 1 [97]. Sự phát triển kích thước của bùn hạt hiếu khí cân bằng với tốc độ gia tăng kích thước hạt bùn [97]. Tuy nhiên kích thước của hạt bùn lại phát triển tỷ lệ nghịch với cường độ sục khí. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/COD trong cơ chất nuôi dưỡng bùn hạt cũng tác động tương tự đến sự phát triển của bùn hạt, nếu tỷ lệ N/COD càng cao thì tốc độ tăng trưởng của bùn hạt hiếu sẽ chậm lại [97]. Mô hình động học được đề xuất là công cụ hữu ích để nghiên cứu động học tăng trưởng, mô hình động học cũng chứng minh rằng quá trình sinh trưởng của bùn hạt hiếu khí và màng sinh học là tương tự nhau. Mô hình động học sẽ giúp hiểu rõ hơn về quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí. Trong một điều kiện nhất định quá trình tăng trưởng và quá trình vỡ của hạt bùn cân bằng nhau, lúc đó kích thước của hạt bùn sẽ dần đạt đến kích thước của D_e (gọi là thời điểm cân bằng). Tốc độ thay đổi mật độ vi sinh vật trong hạt bùn tại thời điểm cân bằng khác với tốc độ thay đổi mật độ vi sinh tại thời điểm bất kỳ (t) [97]. Vì vậy sự khác biệt giữ D và D_e luôn kích thích quá trình phát triển của bùn hạt hiếu khí. Qúa trình tăng trưởng vi sinh vật và động lực tăng trưởng của bùn hạt luôn có mối quan hệ bậc 1 với nhau. Tỷ lệ thay đổi mật độ vi sinh vật là một hàm bậc nhất của động lực tăng trưởng bùn hạt hiếu khí. Động học về quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí sẽ là một hàm có phương trình sau:

$$\frac{dD}{dt} = \mu(D_e - D)\ [97] \qquad (2.17)$$

Trong đó: + D - là đường kính bùn hạt tại thời điểm t

+ D_e - là đường kính bùn hạt ở trạng thái cân bằng

+ μ - là tỷ lệ tăng trưởng đường kính tính theo ngày

Phương trình (2.1) có thể được viết lại như sau:

$$\frac{dD}{(D_e - D)} = \mu.dt \quad (2.18)$$

Các nghiên cứu về quá trình nuôi bùn hạt đã chứng minh rằng sự hình thành bùn hạt hiếu khí không phát triển ngay lập tức mà nó giai đoạn trễ. Giai đoạn trễ hình thành vì vi khuẩn chưa thích nghi hoàn toàn với điều kiện môi trường. Vì vậy giai đoạn này nằm ngoài ứng dụng của phương trình (2.17). Vì vậy đường kính bùn hạt cuối giai đoạn trễ có thể được dùng làm giá trị ban đầu. Từ phương trình (2.18) ta có:

$$D - D_0 = (D_e - D_0)[\ 1- e^{-\mu(t-t_0)}] \text{ [97]} \quad (2.19)$$

Trong đó: + D_0 - là đường kính bùn hạt tại thời điểm t_0

+ t_0 – là thời điểm kết thúc giai đoạn trễ (giai đoạn vi sinh vật bắt đầu thích nghi).

2.2.6. Một số công trình ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT trên thế giới

Trong những năm gần đây, việc sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT có xu hướng gia tăng ở nhiều mức độ khác nhau trên thế giới. Mặc dù việc sử dụng bùn hạt hiếu khí trong các nhà máy XLNT tại Việt Nam vẫn chưa diễn ra. Trong khuôn khổ luận án, sẽ giới thiệu một số nhà máy XLNT trên thế giới sử dụng bùn hạt hiếu khí.

a. Nhà máy XLNT Opfikon Kloten – Thụy Sỹ

- *Công suất thiết kế* : 26000 (m^3/ngày).
- *Loại nước thải xử lý*: nước thải đô thị.
- *Giải pháp công nghệ:* tiền xử lý→lắng cát→ công nghệ bùn hạt hiếu khí→sục ozon→lọc cát.

Nhà máy được tiến hành xây dựng và thử nghiệm từ năm 2014, mục đích là XLNT đô thị cho thành phố Opfikon Kloten. Qúa trình thử nghiệm được tiến hành bởi tập đoàn Nereda(Hà Lan) nhằm đánh giá hiệu quả XLNT của công nghệ bùn hạt hiếu khí ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau trong mùa đông ở Thụy Sỹ, kết quả thử nghiệm đã thành công với hiệu suất xử lý amoni, ni tơ, phốt pho đạt tiêu chuẩn của địa phương [37].

b. Nhà máy XLNT Wemmershoek – Nam Phi

- *Công suất thiết kế* : 5000 (m^3/ngày).
- *Loại nước thải xử lý*: nước thải đô thị.

- *Giải pháp công nghệ:* tiền xử lý→ công nghệ bùn hạt hiếu khí→sục clo→hồ điều hòa.

Nhà máy được tiến hành xây dựng và thử nghiệm từ năm 2015, mục đích là nâng cao công suất của nhà máy XLNT cho thành phố Wemmershoek mà không cần mở rộng nhà máy. Kết quả thử nghiệm sử dụng bùn hạt hiếu khí đã thành công với việc nâng cao công suất XLNT của nhà máy trong khi vẫn đảm bảo hiệu suất xử lý amoni, ni tơ, phốt pho đạt tiêu chuẩn của địa phương, nước thải sau xử lý được xả vào sông tại địa phương phục vụ mục đích tưới tiêu [37].

c. Nhà máy XLNT Highworth – Vương Quốc Anh

- *Công suất thiết kế* :1444 (m^3/ngày).
- *Loại nước thải xử lý*: nước thải đô thị.
- *Giải pháp công nghệ:* tiền xử lý→ xử lý sơ bộ→công nghệ bùn hạt hiếu khí→lọc→khử trùng.

Nhà máy được tiến hành xây dựng và thử nghiệm từ năm 2017, mục đích là XLNT cho khoảng 9000 dân tại thành phố *Swindon* để thay thế nhà máy XLNT đã cũ. Sự hoạt động của nhà máy nhằm nâng cao chất lượng nước thải sau xử lý đảm bảo sự bền vững của môi trường sống, kết quả thử nghiệm sử dụng bùn hạt hiếu khí đã thành công với mục tiêu đã đặt ra [37].

d. Nhà máy XLNT Clonakilty – Ireland

- *Công suất thiết kế* : 5000 (m^3/ngày).
- *Loại nước thải xử lý*: nước thải đô thị.
- *Giải pháp công nghệ:* tiền xử lý→ công nghệ bùn hạt hiếu khí→ khử trùng.

Nhà máy XLNT được tiến hành xây dựng và thử nghiệm từ năm 2015, mục đích là XLNT cho khoảng 23000 dân tại thị trấn Country Cork, đây là thị trấn đông dân thứ 2 của Ireland. Nhà máy được xây dựng để thay thế nhà máy XLNT cũ, đồng thời nhằm nâng cao chất lượng nước thải sau xử lý vì nơi này nằm trong khu bảo tồn đặc biệt của quốc gia nên đòi hỏi chất lượng sau xử lý cao. Công nghệ bùn hạt hiếu khí đã được lựa chọn. Kết quả nhà máy đã cải tạo nâng cấp thành công, nước thải sau xử lý đạt tiêu chuẩn XLNT của liên minh châu âu [37].

e. Nhà máy XLNT Ringsend – Ireland

- *Công suất thiết kế* : 600.000 (m^3/ngày).
- *Loại nước thải xử lý*: nước thải đô thị.
- *Giải pháp công nghệ:* tiền xử lý→lắng cát→ công nghệ bùn hạt hiếu khí→khử trùng.

Nhà máy XLNT được tiến hành xây dựng và thử nghiệm từ năm 2003, trong nhà máy có 24 bể SBR, đây là nhà máy xử lý tới 40% lượng nước thải của Ireland. Năm 2017 được tiến

hành cải tảo nâng cấp nhằm nâng cao công suất và hiệu quả xử lý. Công nghệ bùn hạt hiếu khí đã được lựa chọn để tiến hành cải tạo. Kết quả nhà máy đã cải tạo nâng cấp thành công, nước thải sau xử lý đạt tiêu chuẩn XLNT của liên minh châu âu [37].

f. Nhà máy XLNT Kingaroy – Australia

- *Công suất thiết kế* : 10.800 (m^3/ngày).
- *Loại nước thải xử lý*: nước thải đô thị.
- *Giải pháp công nghệ:* tiền xử lý→ công nghệ bùn hạt hiếu khí→lọc áp lực →khử trùng.

Nhà máy XLNT được tiến hành xây dựng và thử nghiệm từ năm 1940, do đó nó không thể đáp ứng nhu cầu về công suất và chất lượng xử lý nước thải. Năm 2016, nhà máy được tiến hành cải tảo nâng cấp nhằm nâng cao công suất và hiệu quả xử lý. Công nghệ bùn hạt hiếu khí đã được lựa chọn để tiến hành cải tạo. Kết quả nhà máy đã cải tạo nâng cấp thành công, nước thải sau xử lý đạt tiêu chuẩn XLNT của địa phương. Nước thải của nhà máy được tái sử dụng cho các sân thể thao như sân golf ở khu vực lân cận [37].

g. Nhà máy XLNT Quakers Hill – Australia

- *Công suất thiết kế* : 32.600 (m^3/ngày).
- *Loại nước thải xử lý*: nước thải đô thị.
- *Giải pháp công nghệ:* tiền xử lý→lắng cát→ công nghệ bùn hạt hiếu khí→lọc→ khử trùng.

Nhà máy XLNT được tiến hành xây dựng và thử nghiệm từ năm 2020. Công nghệ bùn hạt hiếu khí đã được lựa chọn để tiến hành cải tạo. Kết quả vận hành cho thấy bùn hạt hiếu khí lắng nhanh hơn so với bùn hoạt tính của các công nghệ khác nên hiệu quả xử lý được nâng cao, nước thải sau xử lý đạt tiêu chuẩn XLNT của địa phương [37].

h. Nhà máy XLNT Deodoro – Rio de Janeiro

- *Công suất thiết kế* : 86.400 (m^3/ngày).
- *Loại nước thải xử lý*: nước thải đô thị.
- *Giải pháp công nghệ:* tiền xử lý→ công nghệ bùn hạt hiếu khí→ khử trùng.

Nhà máy XLNT được tiến hành xây dựng để vụ phụ Olympic 2016 và cải thiện chất lượng cuộc sống của người dân địa phương. Công nghệ bùn hạt hiếu khí đã được lựa chọn để tiến hành xây dựng nhà máy. Đây là nhà máy sử dụng bùn hạt hiếu khí lớn nhất ở Nam Mỹ. Hiện nay nhà máy đã đi vào hoạt động [37].

i. Một số nhà máy khác

Ngoài các nhà máy XLNT kể trên đã sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị, hiện nay trên thế giới còn có hàng chục nhà máy dùng bùn hạt hiếu khí để XLNT công nghiệp hoặc nước thải đô thị có lẫn nước thải công nghiệp đã hoạt động hoặc đang xây dựng như:

- *Nhà máy XLNT Longford – Australia*: Công suất 2.838 (m^3/ngày), xử lý nước thải công nghiệp và đô thị. Bắt đầu khởi công xây dựng đầu năm 2021 [37].
- *Nhà máy XLNT* Sappi Lanaken – *Bỉ*: Công suất 14.400 (m^3/ngày), xử lý nước thải công nghiệp cho nhà máy giấy. Bắt đầu hoạt động năm 2018 [37].
- *Nhà máy XLNT* Araguaína, Tocantis, Brazil: Công suất 52.704 (m^3/ngày), xử lý nước thải đô thị. Bắt đầu khởi công năm 2019, đến nay chưa hoàn thành [37].
- *Nhà máy XLNT* Bangu, Rio de Janeiro, Brazil: Công suất 77.760 (m^3/ngày), xử lý nước thải đô thị. Bắt đầu khởi công năm 2020, đến nay chưa hoàn thành [37].
- *Nhà máy XLNT* Fleury, France: Công suất 1554 (m^3/ngày), xử lý nước thải đô thị. Bắt đầu hoạt động năm 2020 [37].
- *Nhà máy XLNT* Quezon City, Philippines: Công suất 7560 (m^3/ngày), xử lý nước thải đô thị. Bắt đầu hoạt động năm 2019 [37].

CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

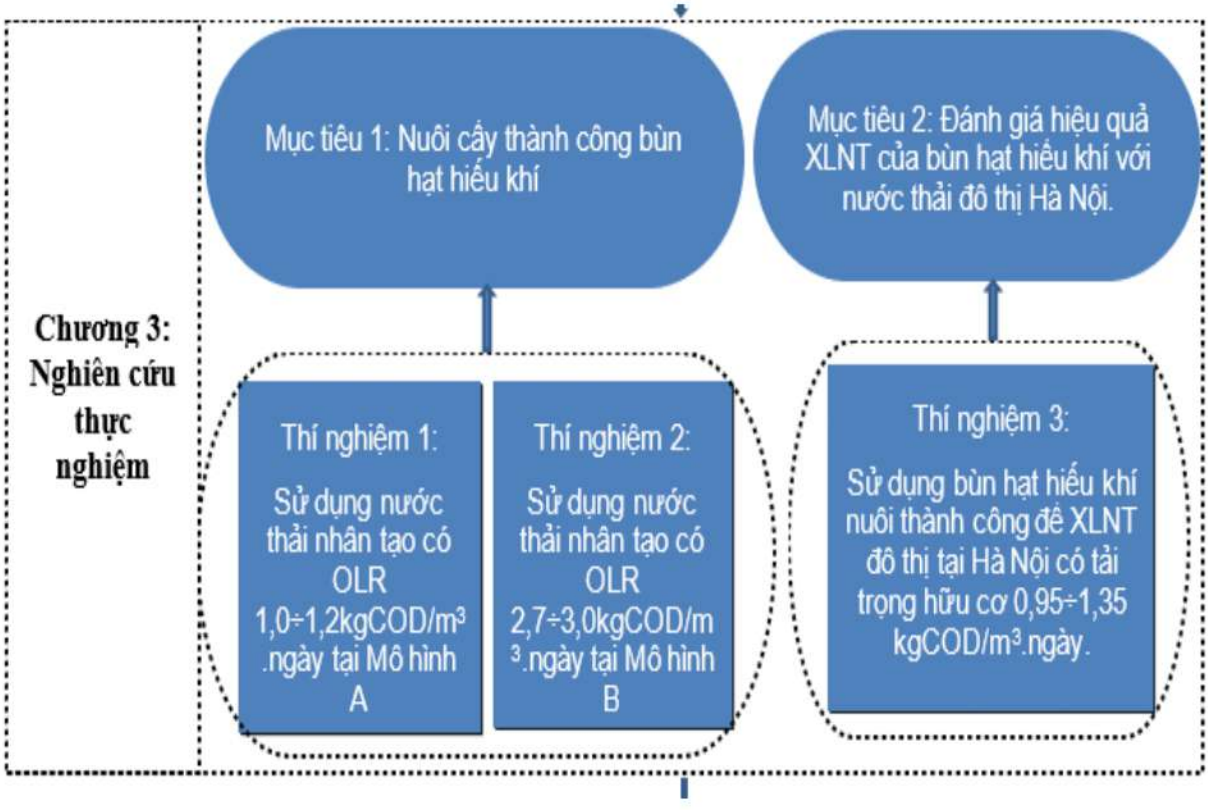
Nội dung Chương 3 sẽ trình bày phương pháp xây dựng mô hình công nghệ SBR trong phòng thí nghiệm để nuôi bùn hạt hiếu khí và XLNT đô thị tại Hà Nội. Đồng thời, trình bày cách pha nước thải nhân tạo, vận hành mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm và cách lấy mẫu phân tích các kết quả thí nghiệm liên quan của luận án.

3.1. Nội dung nghiên cứu thực nghiệm của luận án

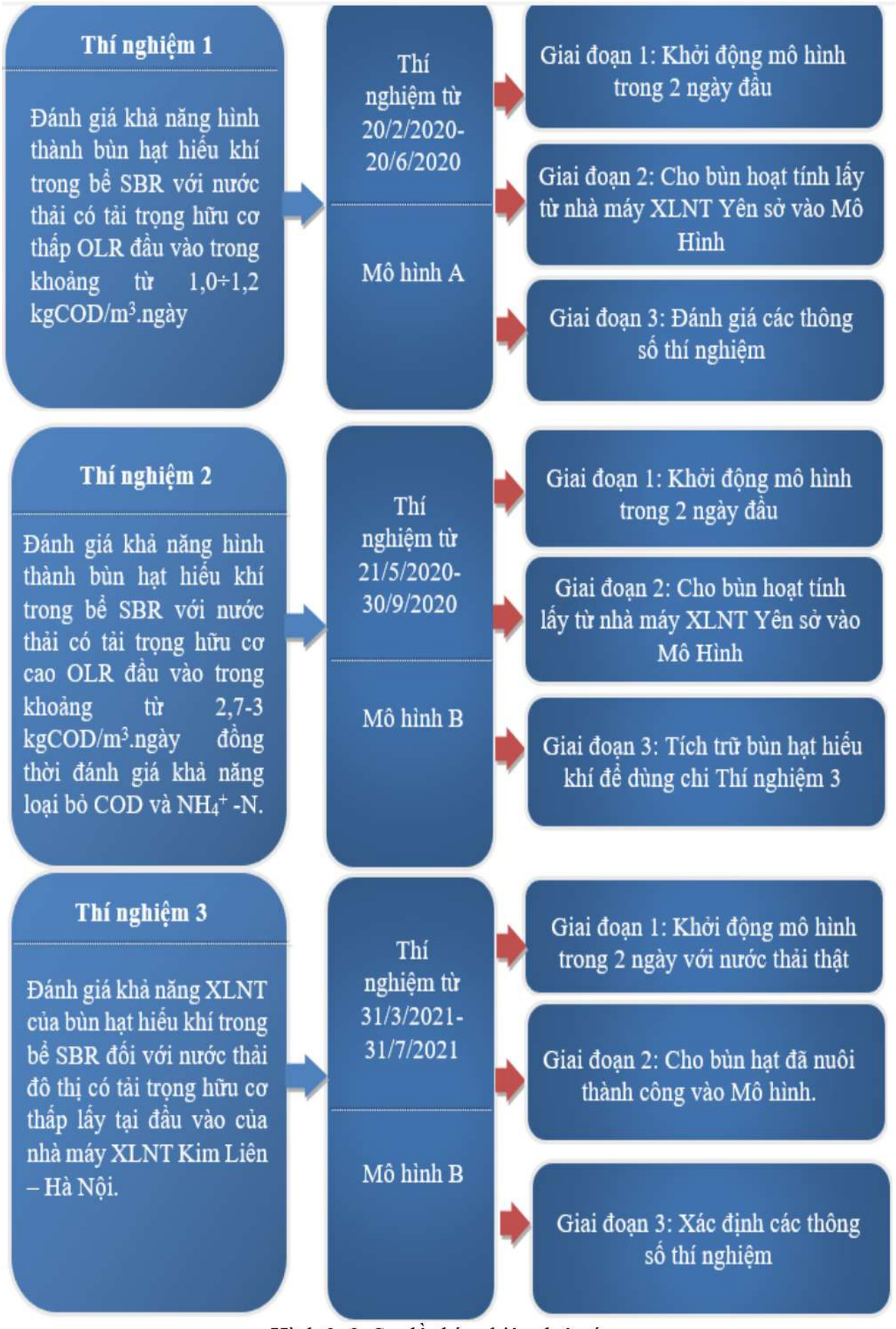
Các nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành trong phòng thí nghiệm bộ môn Cấp thoát nước, Trường Đại học xây Dựng Hà Nội, bao gồm 3 thí nghiệm:

- **Thí nghiệm 1**: Đánh giá khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí trong bể SBR với nước thải nhân tạo có tải trọng hữu cơ thấp OLR đầu vào trong khoảng từ 1,0 ÷ 1,2 (kgCOD/m^3.ngày) tại mô hình A.
- **Thí nghiệm 2**: Đánh giá khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí trong bể SBR với nước thải nhân tạo có tải trọng hữu cơ cao OLR đầu vào trong khoảng từ 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày) đồng thời đánh giá khả năng loại bỏ COD và NH_4^+ -N tại mô hình B.
- **Thí nghiệm 3**: Đánh giá khả năng XLNT của bùn hạt hiếu khí trong bể SBR tại mô hình B đối với nước thải đô thị thật có tải trọng hữu cơ thấp 0,95 ÷ 1,35 (kgCOD/m^3.ngày) lấy tại đầu vào của nhà máy XLNT Kim Liên – Hà Nội .

Nội dung Chương 3 được thể hiện trong Hình 3.1 và Hình 3.2



Hình 3. 1. Nội dung Chương 3



Hình 3. 2. Sơ đồ thí nghiệm luận án

3.2. Tính toán và xây dựng mô hình thí nghiệm

3.2.1. Tính toán mô hình thí nghiệm

Các thông số thiết kế mô hình thí nghiệm SBR được trình bày trong Bảng 3.1.

Bảng 3. 1. Các thông số thiết kế mô hình thí nghiệm SBR

TT	Ký hiệu	Đơn vị	Mô tả	Tính toán
1	V_R	lít	Tổng dung tích bể phản ứng	$V_0 + V_F$
2	V_F	lít	Dung tích nước thải	-
3	V_0	lít	Dung tích nước thải và bùn tuần hoàn(phần giữ lại)	-
4	V_b	lít	Dung tích bùn	-
5	V_d	lít	Dung tích nước lấy ra	-
6	T_c	phút	Tổng thời gian cho 1 chu kỳ	$\sum_{ti}$
7	T_i	phút	Thời gian cho 1 pha	
8	T_f	phút	Thời gian cấp nước(nạp nước)	
9	T_a	phút	Thời gian sục khí	-
10	T_s	phút	Thời gian lắng	
11	T_d	phút	Thời gian xả nước	
12	FTR	-	Tỷ lệ thời gian cấp dinh dưỡng	t_f/t_c
13	V_e	-	Tỷ lệ trao đổi thể tích	V_F / V_R
14	Y_H	-	Thông số biểu hiện cho nồng độ cơ chất cần xác định ở đầu ra.	-
15	HRT	Giờ	Thời gian lưu nước	V_R/Q
16	M	g/lít	Tổng khối lượng bùn	-
17	V_0	g/lít	Khối lượng bùn lắng	-
18	SVI	ml/g	Chỉ số thể tích bùn	-
19	S_F	-	Là hệ số an toàn khi thiết kế mô hình	Thường lấy 0,25

Các bước tính toán và thiết lập mô hình thí nghiệm SBR như sau:

– Tính thời gian lưu nước trong mô hình: $HRT = V_R/Q$ (giờ) (3.1)

– Tính thời gian hiệu quả của 1 chu kỳ: $E = \frac{T_c - T_s - T_d - T_a}{T_c}$ (3.2)

– Tính tổng khối lượng bùn: $M = Y_H.Q.C_S.HRT.\frac{1}{E}$ (g/lít) (3.3)

– Tính khối lượng bùn lắng: $V_0 = M.SVI.S_F$ (lít) (3.4)

– Chọn tỷ lệ trao đổi thể tích, tốt nhất chọn $V_e = 0,5$ (3.5)

– Tính thời gian cho 1 chu kỳ: $T_c = (V_0 . V_e)\backslash Q(1- V_e)$ (phút) (3.6)

– Chọn dung tích bể phản ứng

– Chọn số mô hình bể SBR theo yêu cầu thí nghiệm

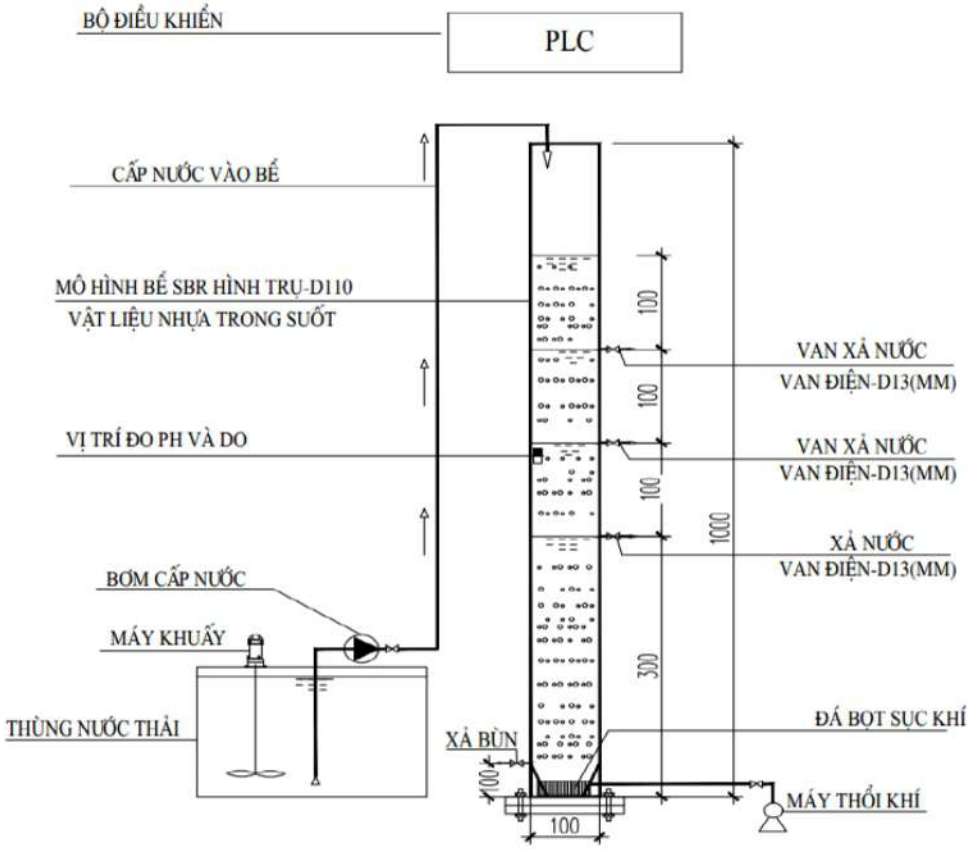
– Kiểm tra số liệu thời gian nghỉ T_s, và thời gian xả nước T_d

– Xác định dạng hình học của mô hình thí nghiệm

Căn cứ vào mục tiêu thí nghiệm và quá trình tính toán, thiết lập 02 mô hình thí nghiệm có các thông số như sau: 2 mô hình bể SBR giống nhau làm bằng nhựa Acrylic trong suốt có đường kính ống 0,110 (m), chiều cao 1 (m), thể tích nước xả trong 1 chu kỳ của mỗi bể là 2,5 (lít), đặt tên lần lượt cho 2 mô hình là A và B. Hai bể SBR cùng làm việc với 6 chu kỳ trong 1 ngày, thời gian 1 chu kỳ là 4 giờ, trong 1 chu kỳ gồm 4 pha: pha nạp nước 1 ÷ 2 phút, pha sục khí 180 phút, pha lắng 20 ÷ 30 phút, pha xả 10 ÷ 15 phút.

3.2.2. Xây dựng mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm

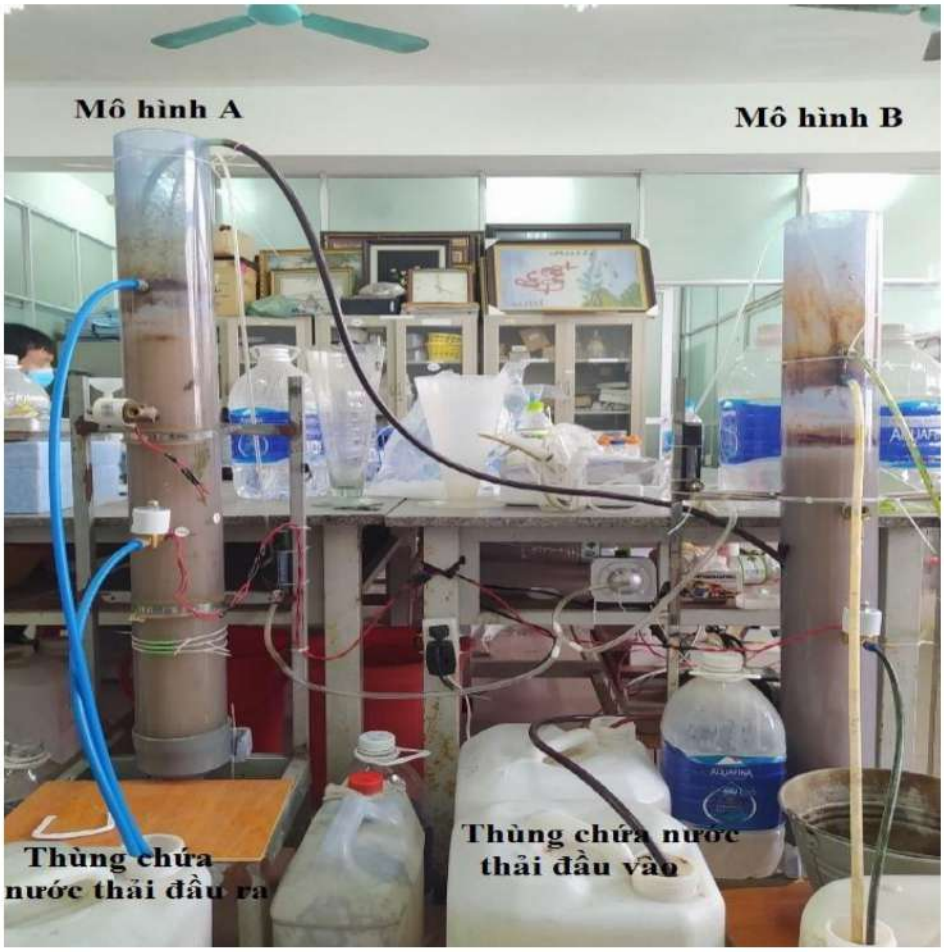
Mô hình thí nghiệm SBR được đặt tại phòng thí nghiệm của trường Đại Học Xây Dựng Hà Nội, xây dựng 2 mô hình công nghệ SBR giống nhau (mô hình A và mô hình B). Mô hình công nghệ SBR gồm 3 phần chính: phần bể phản ứng, phần cấp khí, phần điều khiển (Hình 3.3). Mô hình A sử dụng cho nghiên cứu với nước thải nhân tạo có tải trọng hữu cơ thấp OLR đầu vào trong khoảng từ 1,0 ÷ 1,2 (kgCOD/m^3.ngày). Mô hình B sử dụng cho nghiên cứu với nước thải nhân tạo có tải trọng hữu cơ cao đầu vào trong khoảng từ 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày).



Hình 3. 3. Sơ đồ công nghệ mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm

a. Phần bể phản ứng

Bể phản ứng SBR được làm từ ống nhựa Acrylic hình trụ trong suốt dung tích chứa nước 5 (lít), đường kính ống 0,11 (m), chiều cao 1(m), thể tích nước xử lý một chu kỳ của mô hình bể SBR là 2,5 (lít). Bể hoạt động theo chu kỳ lặp lại theo trình tự thời gian đã được cài đặt trước. Nhiệt độ hoạt động của mô hình là nhiệt độ phòng t = 27 ÷ 35^0 C. Cấp nước vào mô hình là một máy bơm Groundfos có công suất 2,5 ÷ 3 (lít/phút), xả nước của mô hình thông qua hệ thống van điện tử có chế độ đóng và mở van được lập trình sẵn. Nước thải dùng để thí nghiệm được chứa trong thùng chứa dung tích 30 (lít) có máy khuấy với tốc độ 190 ÷ 200 (vòng /phút). Trên mô hình có gắn thiết bị đo DO, pH, nhiệt độ tự động. Toàn bộ hệ thống bơm cấp nước vào, máy thổi khí, van xả nước, chế độ nghỉ của mô hình thí nghiệm sẽ được điều khiển bởi hộp đen PLC.



Hình 3. 4. Bể phản ứng mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm

b. Phần cấp khí

Hệ thống cấp khí cho mô hình là máy thổi khí có lưu lượng 30 ÷ 40 (lít/phút), trên hệ thống cấp khí lắp đặt van điều tiết lưu lượng để đảm bảo cấp khí cho mô hình 1 ÷ 5 (lít/phút). Máy thổi khí sẽ cung cấp không khí với lưu lượng ổn định, nồng độ oxy hòa tan DO là 2 ÷ 4 (mg/l) thông qua hệ thống đĩa phân phối khí bọt mịn là các viên đá bọt đặt dưới đáy bể phản ứng. Toàn bộ hệ thống cấp khí sẽ được điều khiển bởi hộp đen PLC cài đặt tự động.



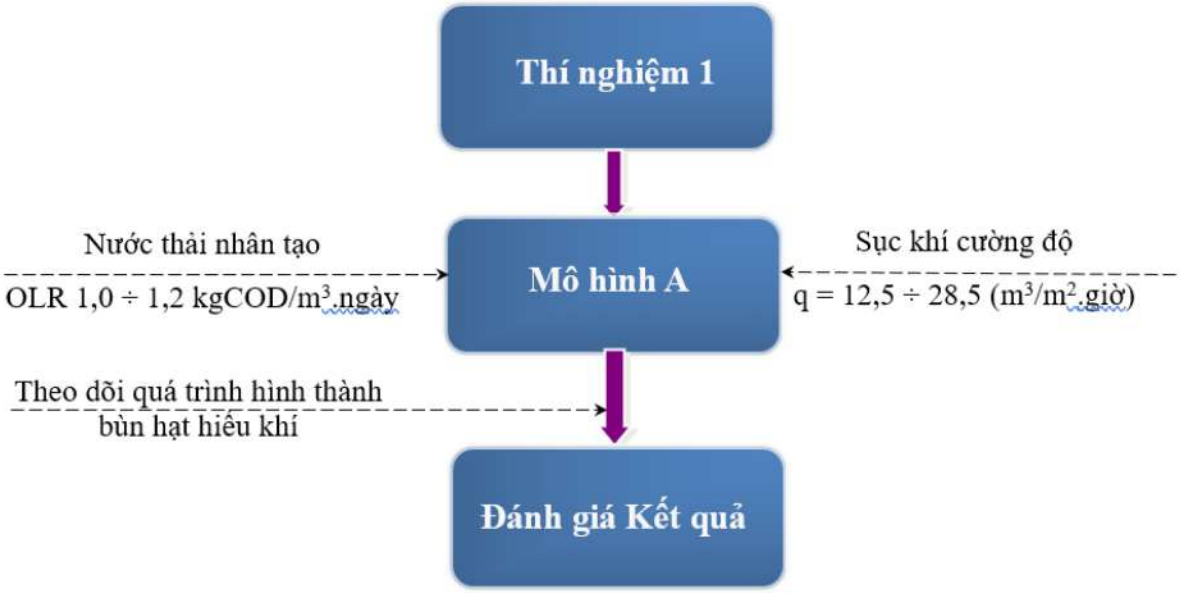
Hình 3. 5. Hệ thống cấp khí và bơm nước của mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm

c. Phần điều khiển PLC

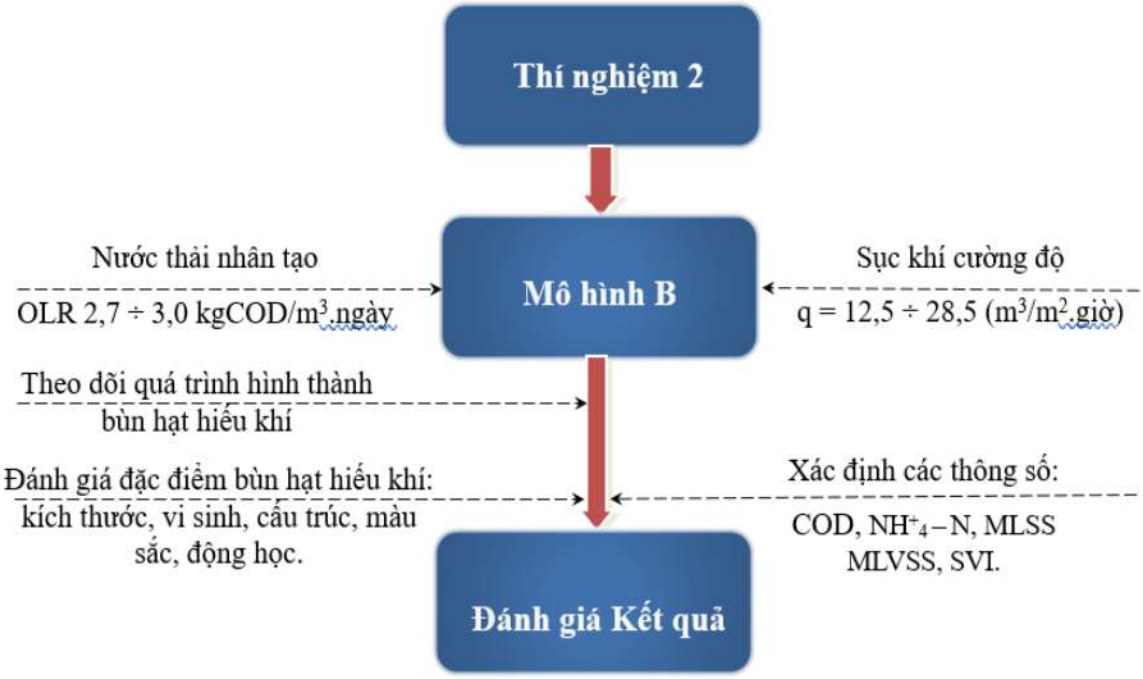
Hộp điều khiển toàn bộ quá trình hoạt động của mô hình SBR là một hộp đen (PLC). Hộp PLC điều khiển chế độ cấp nước của máy bơm, điều khiển chế độ cấp khí cho mô hình, điều khiển chế độ nghỉ, điều khiển chế độ xả nước đã xử lý. Tất cả các chế độ được điều khiển với độ chính xác về mặt thời gian tính theo đơn vị giây. Hộp đen có thể thay đổi chế độ vận hành thông qua phần mềm do con người cài đặt.

3.3. Nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí trên mô hình SBR trong phòng thí nghiệm

Dựa trên mục tiêu của luận án, nội dung nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí được thực hiện trên 2 thí nghiệm có sơ đồ như Hình 3.6 và Hình 3.7.



Hình 3. 6. Sơ đồ thí nghiệm 1



Hình 3. 7. Sơ đồ thí nghiệm 2

3.3.1. Chuẩn bị nước thải nhân tạo và bùn hoạt tính nuôi cấy

a. Chuẩn bị hóa chất

Nước thải dùng làm thí nghiệm là nước thải nhân tạo thải tổng hợp có thành phần cơ chất chủ yếu là Acetate độ tinh khiết 99% xuất xứ Trung Quốc để duy trì giá trị COD với tỷ lệ 1(g) acetate ≈ 1,066 (g)COD và bổ sung thêm các vi chất dinh dưỡng như: amoni, photpho, một số vi lượng để nuôi cấy bùn hạt hiếu khí.

Nước thải tổng hợp được chuẩn bị bằng cách hòa tan khối lượng đã xác định trước các hóa chất vào nước máy. Nước máy sử dụng để pha hoá chất đã được phân tích hàm lượng cloramin (dưới 0,1 mg/lít) để đảm bảo không làm ảnh hưởng đến hệ vi sinh vật trong bể phản ứng. Đặc điểm, thành phần nước thải tổng hợp được trình bày tại các bảng dưới đây.

Mô hình A

Mô hình A sử dụng nước thải tải trọng hữu cơ thấp, mô phỏng theo đặc điểm của nước thải đô thị tại Việt Nam. Sử dụng nước thải tổng hợp có thành phần cơ chất là natri acetate, duy trì COD đầu vào trong khoảng 350 ÷ 400 (mg/l), tương ứng tải trọng hữu cơ OLR là 1,0 ÷ 1,2 (kgCOD/m^3.ngày) và bổ sung thêm các chất dinh dưỡng amoni là 45 ÷ 50 (mg/l), phốt-pho là 10 (mg/l), và các vi lượng để nuôi cấy bùn hạt hiếu khí. Các loại hoá chất được sử dụng bao gồm:

- *Sodium acetate trihydrate*: cơ chất hữu cơ chính để duy trì COD đầu vào trong dung dịch nước thải.
- *Magnesium sunfate heptahydrate*: có chức năng kích thích sự hình thành bùn hạt.
- *Potassium chloride*: có chức năng ổn định dung dịch.
- *Ammonium chloride*: cơ chất chính cung cấp nitơ, duy trì nồng độ chất dinh dưỡng chứa Nitơ trong dung dịch nước thải.
- *Potasium hydrogen phosphate*: cơ chất chính cung cấp photpho, duy trì nồng độ chất dinh dưỡng chứa photpho trong dung dịch nước thải.

Các loại hoá chất được đóng trong lọ 500 (g) mỗi loại. Hóa chất sau khi nhận được từ nhà cung cấp sẽ được bảo quản ở nhiệt độ phòng để sử dụng chuẩn bị nước thải nhân tạo phục vụ vận hành mô hình. Hoá chất được định lượng theo khối lượng, sử dụng cân có độ chính xác 0,0001 (g) để cân lượng hoá chất cần thiết, đưa dung dịch nước thải đạt nồng độ theo yêu cầu.

Mô hình B

Mô hình B sử dụng nước thải tải trọng hữu cơ cao. Sử dụng nước thải tổng hợp có thành phần cơ chất là natri acetate, duy trì COD đầu vào trong khoảng 900 ÷ 1000 (mg/l), tương ứng tải trọng hữu cơ OLR là 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^{-3}.ngày) và bổ sung thêm các chất dinh dưỡng amoni là 45 ÷ 50 (mg/l), phốt-phot là 10 (mg/l), và các vi lượng để nuôi cấy bùn hạt hiếu khí. Các loại hoá chất được sử dụng bao gồm:

- *Sodium acetate trihydrate*: cơ chất hữu cơ chính để duy trì COD đầu vào trong dung dịch nước thải.
- *Magnesium sunfate heptahydrate*: có chức năng kích thích sự hình thành bùn hạt.
- *Potassium chloride*: có chức năng ổn định dung dịch.

- *Ammonium chloride*: cơ chất chính cung cấp Nitơ, duy trì nồng độ chất dinh dưỡng chứa Nitơ trong dung dịch nước thải.
- *Potasium hydrogen phosphate*: cơ chất chính cung cấp photpho, duy trì nồng độ chất dinh dưỡng chứa photpho trong dung dịch nước thải.

Các loại hoá chất được đóng trong lọ 500 (g) mỗi loại. Hóa chất sau khi nhận được từ nhà cung cấp sẽ được bảo quản ở nhiệt độ phòng để sử dụng chuẩn bị nước thải nhân tạo phục vụ vận hành mô hình. Hoá chất được định lượng theo khối lượng, sử dụng cân có độ chính xác 0,0001 (g) để cân lượng hoá chất cần thiết, đưa dung dịch nước thải đạt nồng độ theo yêu cầu.

b. Pha nước thải nhân tạo

Mô hình A

Nước thải nhân tạo được chuẩn bị bằng cách hòa tan khối lượng đã xác định các hóa chất vào nước máy đã được đuổi clo dư. Nước máy sử dụng để pha hoá chất được phân tích hàm lượng cloramin dưới 0,1 (mg/l) để đảm bảo không làm ảnh hưởng đến hệ vi sinh vật trong bể phản ứng. Do điều kiện vận hành thực tế và để giảm sai số trong quá trình cân hoá chất pha nước thải, pha nước thải với nồng độ đậm đặc hơn và lưu mẫu vào tủ lạnh để dùng 1 ÷ 2 tuần. Đặc điểm, thành phần nước thải tổng hợp đậm đặc được trình bày tại các Bảng 3.2.

Bảng 3. 2. Thành phần các chất nền và các vi chất dinh dưỡng trong nước thải nhân tạo đậm đặc cho mô hình A

TT	Công thức hóa học	Tên hóa chất	Nồng độ (g/l)
1	$C_2.H_4O_2Na.3H_2O$	Sodium acetate trihydrate	42,367
2	$MgSO_4.7H_2O$	Magnesium sunfate heptahydrate	8,800
3	KCl	Potassium chloride	3,500
4	NH_4Cl	Ammonium chloride	10,600
5	K_2HPO_4	Potassium phosphate dibasic	1,840
6	$KH_2 PO_4$	Potassium dihydrogen phosphate	1,100

Dung dịch nước thải nhân tạo hoàn chỉnh được pha từ hai dung dịch thành phần (dung dịch COD và dung dịch dinh dưỡng) và nước máy để đạt đến nồng độ các chất như yêu cầu.

Các dung dịch thành phần sử dụng nước tinh khiết pha với các hoá chất có thành phần và khối lượng như đã tính toán. Các dung dịch này được chuẩn bị để vận hành mô hình trong

khoảng 1 ÷ 2 tuần và được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 4^0C. Quy trình pha nước thải nhân tạo từ các dung dịch thành phần như sau:

- Sử dụng bình định mức loại 100 ml để lấy chính xác 100ml dung dịch COD.
- Sử dụng bình định mức loại 100 ml để lấy chính xác 100ml dung dịch dinh dưỡng.
- Pha loãng 200 ml dung dịch trên với nước máy đạt đến thể tích 5(lít). Làm tương tự đến khi đạt thể tích nước thải cần thiết để vận hành mô hình theo tính toán thiết kế, mô hình tiêu thụ 15 (lít) nước thải nhân tạo cho một ngày vận hành.
- Để đảm bảo duy trì tải lượng các chất hữu cơ, chất dinh dưỡng, tiến hành pha nước thải nhân tạo mỗi ngày 1 lần để duy trì hoạt động của mô hình. Thành phần định tính và định lượng của các dung dịch thành phần đã pha loãng được thể hiện trong các Bảng 3.3.

Bảng 3. 3. Thành phần các chất nền và các vi chất dinh dưỡng pha loãng cho mô hình A

TT	Công thức hóa học	Tên hóa chất	Nồng độ (g/l)
1	$C_2.H_4O_2Na.3H_2O$	Sodium acetate trihydrate	0,847
2	$MgSO_4.7H_2O$	Magnesium sunfate heptahydrate	0,176
3	KCl	Potassium chloride	0,070
4	NH_4Cl	Ammonium chloride	0,212
5	K_2HPO_4	Potassium phosphate dibasic	0,037
6	$KH_2 PO_4$	Potassium dihydrogen phosphate	0,022

Mô hình B

Nước thải nhân tạo được chuẩn bị bằng cách hòa tan khối lượng đã xác định các hóa chất vào nước máy đã được đuổi clo dư. Nước máy sử dụng để pha hoá chất được phân tích hàm lượng cloramin dưới 0,1 (mg/l) để đảm bảo không làm ảnh hưởng đến hệ vi sinh vật trong bể phản ứng. Do điều kiện vận hành thực tế và để giảm sai số trong quá trình cân hoá chất pha nước thải, pha nước thải với nồng độ đậm đặc hơn lưu mẫu vào tủ lạnh để dùng 1 ÷ 2 tuần. Đặc điểm, thành phần nước thải tổng hợp đậm đặc được trình bày tại các Bảng 3.4.

Bảng 3. 4. Thành phần các chất nền và các vi chất dinh dưỡng trong nước thải nhân tạo đậm đặc cho mô hình B

TT	Công thức hóa học	Tên chất	Nồng độ (g/l)
1	$C_2.H_4O_2Na.3H_2O$	Sodium acetate trihydrate	105,920
2	NH_4Cl	Ammonium chloride	10,600

TT	Công thức hóa học	Tên chất	Nồng độ (g/l)
3	$KH_2 PO_4$	Potassium dihydrogen phosphate	1,760

Dung dịch nước thải nhân tạo hoàn chỉnh được pha từ hai dung dịch thành phần (dung dịch COD và dung dịch dinh dưỡng) và nước máy để đạt đến nồng độ các chất như yêu cầu.

Các dung dịch thành phần sử dụng nước tinh khiết pha với các hoá chất có thành phần và khối lượng như đã tính toán. Các dung dịch này được chuẩn bị để vận hành mô hình trong khoảng 1 ÷ 2 tuần và được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 4^0C. Quy trình pha nước thải nhân tạo từ các dung dịch thành phần như sau:

- Sử dụng bình định mức loại 100 ml để lấy chính xác 100 ml dung dịch COD.
- Sử dụng bình định mức loại 100 ml để lấy chính xác 100 ml dung dịch Dinh dưỡng.
- Pha loãng 200 ml dung dịch trên với nước máy đạt đến thể tích 5 (lít). Làm tương tự đến khi đạt thể tích nước thải cần thiết để vận hành mô hình theo tính toán thiết kế, mô hình tiêu thụ 15 (lít) nước thải nhân tạo cho một ngày vận hành.
- Để đảm bảo duy trì tải lượng các chất hữu cơ, chất dinh dưỡng, tiến hành pha nước thải nhân tạo mỗi ngày 1 lần để duy trì hoạt động của mô hình.

Thành phần định tính và định lượng của các dung dịch thành phần đã pha loãng được thể hiện trong các Bảng 3.5.

Bảng 3. 5. Thành phần các chất nền và các vi chất dinh dưỡng pha loãng cho mô hình B

TT	Công thức hóa học	Tên chất	Nồng độ (g/l)
1	$C_2.H_4O_2Na.3H_2O$	Sodium acetate trihydrate	2,118
2	NH_4Cl	Ammonium chloride	0,212
3	$KH_2 PO_4$	Potassium dihydrogen phosphate	0,035

c. Chuẩn bị bùn nuôi cấy

Bùn nuôi cấy là bùn hoạt tính được lấy tại bể phản ứng của nhà máy xử lý nước thải đô thị Yên Sở - Hà Nội và có tính chất như sau: MLSS từ 900 ÷ 1020 (mg/l), MLVSS/MLSS 79,14%, SVI 227÷ 245 (ml/gSS). Bùn được đưa vào mô hình SBR theo tỷ lệ 2,5/5 thể tích nước trong bể phản ứng.



Hình 3. 8. Bùn hoạt tính lấy từ bể xử lý của Nhà máy XLNT Yên Sở - Hà Nội

Bảng 3. 6. Thông số vận hành của bể SBR (A) và (B)

TT	Thông số	Đơn vị	Mô hình A	Mô hình B
1	Bùn nuôi cấy	-	Bùn hoạt tính	Bùn hoạt tính
2	Nhiệt độ thí nghiệm	°C	25-35^{0}C	25-35^{0}C
3	$pH_{vào}$	-	6 ÷ 8	6 ÷ 8
4	OLR	kgCOD/m^3.ngày	1,0 ÷1,2	2,7 ÷ 3,0
5	Nồng độ Oxy DO	mg/l	2,0 ÷ 4,0	2,0 ÷ 4,0
6	$COD_{vào}$	mg/l	350 ÷ 400	900 ÷ 1000
7	Chu kỳ	Giờ	4	4
8	Pha nạp nước	Phút	1 ÷ 2	1 ÷ 2
9	Pha sục khí	Phút	180	180
10	Pha lắng	Phút	20 ÷ 30	20 ÷ 30
11	Pha xả	Phút	10 ÷ 15	10 ÷ 15
12	Cường độ sục khí	m^3/m^2.giờ	12,5 ÷ 28,5	12,5 ÷ 28,5

3.3.2. Lựa chọn và kiểm soát thông số vận hành

Dựa trên thông tin từ các nghiên cứu đã thực hiện và các điều kiện vận hành thực tế, lựa chọn các thông số vận hành cho mô hình như sau:

Thiết kế thời gian hoạt động cho một chu kỳ của hệ thống SBR từ 4 giờ, một ngày gồm 6 chu kỳ hoạt động. Dựa trên các báo cáo của các nghiên cứu trước đây, chu kỳ hoạt động 4 giờ là khoảng thời gian lý tưởng để hỗ trợ quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí trên hệ thống SBR. Trong 1 chu kỳ hoạt động của mô hình SBR chia làm 4 pha như sau:

- *Pha nạp nước:* dựa trên đặc điểm thiết bị bơm nước thải, lưu lượng nước thải bơm vào là cố định nên lượng nước bơm vào cho 1 chu kỳ hoạt động phụ thuộc vào thời gian hoạt động của máy bơm. Pha nạp nước thải có thời gian là 81 giây tương ứng với lượng nước bơm vào là 2,5 lít.
- *Pha sục khí:* thiết kế thời gian sục khí là 3 giờ. Tuy nhiên do đặc điểm của pha nạp nước thải, kéo dài thời gian sục khí thêm 13 phút, để đảm bảo một chu kỳ hoạt động của hệ thống kéo dài 4 giờ. Lưu lượng sục khí là 1 ÷ 5 (lít/phút), kiểm soát lưu lượng khí thông qua lưu lượng kế.
- *Pha lắng:* thiết kế thời gian lắng là 20 ÷ 30 phút, loại bỏ các bông bùn hoạt tính có khả năng lắng kém, giữ lại những bông bùn có khả năng lắng tốt, có lợi cho quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí.
- *Pha xả nước:* thiết kế thời gian xả nước là 10 ÷ 15 phút, sử dụng van điện tự động, thu nước sau xử lý, đồng thời rửa trôi loại bỏ bông bùn có khả năng lắng kém.

3.3.3. Trình tự tiến hành thí nghiệm

a. Lắp đặt và khởi động mô hình

- Mô hình được lắp đặt trực tiếp tại Phòng thí nghiệm của bộ môn Cấp thoát nước Trường Đại Học Xây Dựng Hà Nội.
- Sau quá trình lắp ráp và dựng mô hình trên giá, thực hiện vận hành thử nghiệm bằng nước sạch để kiểm tra các thiết bị: máy bơm, máy thổi khí, van điện xả nước độ kín, khít của mô hình, đặc biệt là ở các mối nối.
- Sau quá trình kiểm tra, vận hành thử, tiến hành khởi động mô hình. Đưa vào cột phản ứng 2,5 lít bùn hoạt tính từ nhà máy xử lý nước thải Yên Sở để làm nguồn bùn vi sinh vật cho mô hình.
- Khởi động mô hình và để mô hình chạy tự động bằng chương trình đã được cài đặt trước trong bộ điều khiển PLC.

b. Theo dõi và vận hành mô hình

- Mô hình được quan sát hàng ngày trong quá trình vận hành.
- Duy trì lưu lượng khí cung cấp theo tính toán, sử dụng máy thổi khí lưu lượng cố định, kiểm soát bằng lưu lượng kế.
- Tiến hành kiểm tra các thiết bị, van khoá hàng ngày, lấy mẫu định kỳ theo kế hoạch.
- Vệ sinh van xả nước và buồng bơm thường xuyên để đảm bảo vận hành ổn định, không bị tràn bùn.

3.3.4. Phương pháp lấy mẫu, phân tích mẫu thí nghiệm và xử lý số liệu

a. Phương pháp phân tích mẫu thí nghiệm

Qúa trình lấy mẫu và phân tích được thực hiện tại phòng thí nghiệm của trường Đại Học Xây Dựng Hà Nội. Trong quá trình vận hành và giám sát mô hình, có hai loại mẫu thí nghiệm được thực hiện để theo dõi quá trình vận hành, quá trình hình thành bùn hạt hiếu khi và sơ bộ đánh giá hiệu quả xử lý.

Các thông số sau sẽ được phân tích trong quá trình nghiên cứu bao gồm: COD, NH_4^+, T-N, T-P, pH, DO, TS, VS. Các phương pháp phân tích thông số được thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) và được trình bày trong Bảng 3.7.

Bảng 3. 7. Phương pháp phân tích các thông số thí nghiệm

TT	Chỉ số phân tích	Đơn vị đo	Phương pháp phân tích	Tần suất phân tích
1	COD	mg/l	Phương pháp Dicromat, TCVN 6491:1999	5 ngày 1 lần phân tích
2	NH_4^+	mg/l	Phương pháp trắc quang – Phương pháp phenat, theo chỉ dẫn của thiết bị Method 10031 - Hach	5 ngày 1 lần phân tích
3	T-N	mg/l	Phương pháp trắc quang – Phương pháp phenat, Theo chỉ dẫn của thiết bị Method 10072 -Hach	5 ngày 1 lần phân tích
4	T-P	mg/l	Phương pháp trắc quang – Phương pháp phenat, Theo chỉ dẫn của thiết bị Method 8190 -Hach	5 ngày 1 lần phân tích
5	pH	-	Đo bằng sensor, máy pH cầm tay WTW 340i, Đức	Đo hàng ngày
6	DO	mg/l	Đo bằng sensor, Máy đo DO cầm tay, Oron, Mỹ	Đo hàng ngày
7	Nhiệt độ		Nhiệt kế thông thường	Đo hàng ngày
8	TS	mg/l	Phương pháp trọng lượng, TCVN 6625-2000	5 ngày 1 lần phân tích
9	VS	mg/l	Phương pháp trọng lượng, TCVN 6625-2000	5 ngày 1 lần phân tích
10	Đo đường kính bùn hạt hiếu khí	mm	Dùng kính hiển vi điện tử, và thước đo theo TCVN	Đo theo các giai đoạn hình thành bùn hạt

b. Phương pháp xác định thông số MLSS, MLVSS, SVI

– Tổng khối lượng bùn hoạt tính MLSS

$$MLSS = \frac{B - A}{V_m} x100\ (\frac{mg}{L}) \quad (3.7)$$

Trong đó: B - là trọng lượng mẫu giấy có sinh khối (g)

A - là trọng lượng mẫu giấy không có sinh khối (g).

V_m - là thể tích mẫu (ml)

– Hỗn hợp chất rắn lơ lửng dễ bay MLVSS

$$MLVSS = \frac{MLSS - G}{V_m} x100(\frac{mg}{L}) \quad (3.8)$$

Trong đó: MLSS - là trọng lượng bùn hoạt tính (g)

G - là trọng lượng mẫu sau khi nung (g).

V_m - là thể tích mẫu (ml)

– Chỉ số thể tích bùn SVI

$$SVI = \frac{V_{bl}}{MLSS} x1000(\frac{ml}{g}) \quad (3.9)$$

Trong đó: V_{bl} - thể tích bùn lắng (ml)

***c. Phương pháp xác định* thành phần vi sinh vật**

Xác định số lượng vi sinh vật trong mẫu bùn hạt hiếu khí và bùn hoạt tính được xác định tại Viện Vi sinh vật và Công nghệ sinh học – ĐHQGHN. Số lượng mẫu phân tích là : 5 mẫu và chia làm 2 đợt phân tích. Phương pháp phân tích được trình bày ở Bảng 3.8.

Bảng 3. 8. Phương pháp xác định số lượng vi khuẩn theo phương pháp MPN sử dụng môi trường đặc hiệu cho từng nhóm vi sinh vật

TT	Nhóm VSV	Môi trường sử dụng
1	Vi khuẩn hiếu khí	- Môi trường LB (g/l): Tryptone (10 g); Cao nấm men (5 g); NaCl (5 g). - Điều kiện nuôi cấy: 30°C, nuôi lắc 160 rpm, thời gian 72 h - Xác định sinh trưởng: đo OD_{600}
2	Vi khuẩn thiếu khí	- Môi trường MRS (g/l): Peptone (10 g); Cao thịt (10 g); Cao nấm men (5 g); Glucose (20 g); Tween80 (1 g); KH_2PO_4 (2 g); CH_3COONa (5 g); $C_6H_5O_7(NH_4)_3$ (2 g); $MgSO_4.7H_2O$ (0,2 g); $MnSO_4.nH_2O$ (0,05 g). - Điều kiện nuôi cấy: 30°C, nuôi tĩnh, thời gian 72h. - Xác định sinh trưởng: đo OD_{600}
		- Môi trường khoáng kỵ khí cho nhóm methanogens (g/l): NaCl (1g);

TT	Nhóm VSV	Môi trường sử dụng
3	Vi khuẩn kỵ khí	$MgCl_2.6H_2O$ (0,4 g); $CaCl_2.2H_2O$ (0,15 g); KCl (0,5 g); KH_2PO4 (0,2 g); NH_4Cl (0,25g). Khử trùng 121°C, 20 phút, để nguội. Bổ sung các chất không bền nhiệt đã khử trùng riêng (ml/L): Hỗn hợp vi lượng (1 ml); $NaHCO_3$ 1M (30 ml); Vitamin B12 (1 ml); Hỗn hợp vitamin (1 ml); Ascobate 1M (2,5ml), Na-acetate 10 mM. - Hỗn hợp vi lượng (mg/l): HCl 25% (7,7 M) (13 ml); $FeSO_4.7H_2O$ (200 mg); H_3BO_3 (30 mg); $MnCl_2.4H_2O$ (100 mg); $CoCl_2.6H_2O$ (190 mg); $NiCl_2.6H_2O$ (24 mg); $CuCl_2.2H_2O$ (2 mg); $ZnSO_4.7H_2O$ (144 mg); $Na_2MO_4.2H_2O$ (36 mg). - Hỗn hợp vitamin (mg/100 ml đệm): Na_2HPO_4/NaH_2PO_4 25 mM pH 7,1 (100 ml); 4-Aminobenzoic acid (4 mg); D(+)- Biotin (Vitamine H) (1 mg); Nicotinic acid (Niacin) (10 mg); Calcium-D(+)-Pantothenat (5 mg); Pyridoxin 2 HCl (15 mg); Lipoic acid (1,5 mg); Folic acid (4 mg); Na-2-Mercaptoethan sulfonate (25 mg). - Điều kiện nuôi cấy: 37°C trong 10 - 15 ngày. - Xác định sinh trưởng: đo CH_4 sinh ra trong các ống MPN bằng thiết bị GC (Agilent 7890A)

d. Phương pháp xây dựng mô hình toán để xác định phương trình động học của quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí

Từ phương trình 2.19 (chương 2) ta có phương trình tổng quát:

$$D\text{-}D_0 = (D_e - D_0)[\ 1\text{-}\ e^{-\mu(t-t_0)}\ ] \qquad (3.10)$$

Trong đó: + D_0 - là đường kính bùn hạt tại thời điểm t_0

+ t_0 – là thời điểm kết thúc giai đoạn trễ(giai đoạn vi sinh vật bắt đầu thích nghi).

+ D - là đường kính bùn hạt tại thời điểm t

+ D_e - là đường kính bùn hạt ở trạng thái cân bằng

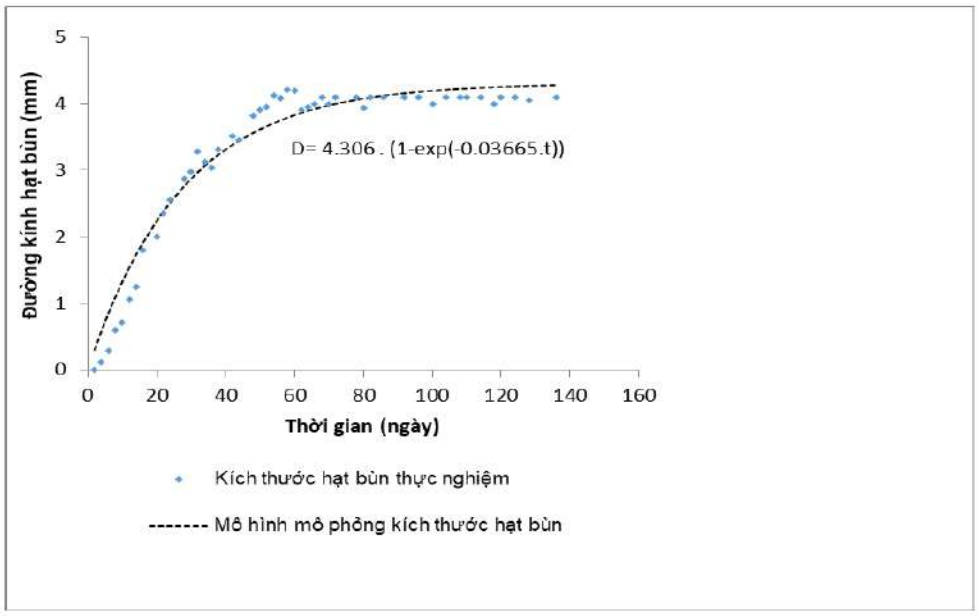
+ μ - là tỷ lệ tăng trưởng cụ thể tính theo ngày

Căn cứ vào kết quả và điều kiện thí nghiệm, phương pháp xác định phương trình động học của luận án như sau:

Theo kết quả nghiên cứu nuôi bùn hạt hiếu khí, quá trình bùn tăng trưởng kích thước và đạt đến kích thước cân bằng khoảng 40 ÷ 42 ngày.

Phương trình mô tả các thông số động học của quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí theo thời gian với tải trọng hữu cơ OLR 2,7 ÷ 3,0 kgCOD/m^3.ngày. được mô phỏng theo phương trình động học:

$$D = 4{,}306(1 - e^{-0{,}03665t}) \quad (3.11)$$

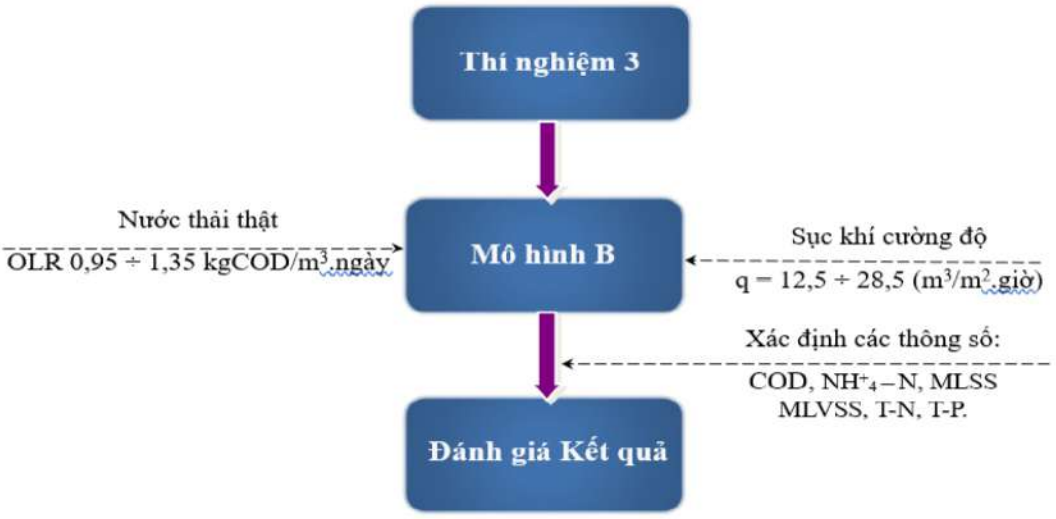


Hình 3. 9. Động học quá trình hình thành phát triển bùn hạt với OLR 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày)

Vì đường kính bùn hạt được xác định sau ngày thứ 5 nên t ≥ 5. Như vậy sự tăng trưởng kích thước đường kính bùn hạt hiếu khí là một hàm số mũ e theo thời gian.

3.4. Nghiên cứu công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Hà Nội trong phòng thí nghiệm

Nghiên cứu ứng dụng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí nuôi thành công để XLNT đô thị tại Hà Nội có tải trọng hữu cơ thấp trong phòng thí nghiệm được thể hiện như Hình 3.10. Thời gian nghiên cứu bắt đầu từ ngày 31/03/2021 và kết thúc 31/07/2021. Ngày lấy mẫu phân tích được tính từ lúc khởi động mô hình thí nghiệm.



Hình 3. 10. Sơ đồ thí nghiệm 3

3.4.1. Chuẩn bị nước thải và bùn hạt

a. Nước thải

Nước thải đô thị dùng cho thí nghiệm được lấy từ Trạm XLNT Kim Liên-phố Đông Tác, Kim Liên, Đống Đa, Hà Nội. Trạm XLNT có công suất 3700 (m^3/ngày), thu nước của thải đô thị của phường Kim Liên. Thời gian lấy mẫu làm thí nghiệm Trạm XLNT hoạt động bình thường với đầy đủ công suất thiết kế.

Vị trí lấy nước thải nằm ở bể điều hoà (bể điều hòa của Trạm xử lý có chức năng điều hòa lưu lượng và nồng độ các chất có trong nước thải trước khi nước thải chảy vào các khối bể xử lý khác của trạm), bể điều hòa được đặt sau trạm bơm nước thải của Trạm xử lý và là bể tiếp nhận nước thải từ mạng lưới thoát nước bên ngoài vào trạm. Do đặc điểm vận hành nên nước thải được lấy từ Trạm xử lý hai lần một tuần, và vận chuyển về phòng thí nghiệm. Nước thải được đựng trong các can nhựa loại 20 lít và bảo quản ở điều kiện tiêu chuẩn (ngăn mát của tủ lạnh ở nhiệt độ 4^0C).

Đặc điểm, thành phần nước thải đầu vào thí nghiệm như sau: nồng độ COD từ 163 ÷ 212 (mg/l); NH_4^+-N từ 14 ÷ 70 (mgN/l); T-N từ 31 ÷ 43 (mgN/l); T-P từ 1,5 ÷ 2,16 (mgP/l).

Bảng 3. 9. Thông số đầu vào của nước thải được lấy từ Trạm XLNT Kim Liên- Hà Nội

TT	Ngày lấy mẫu	COD đầu vào (mg/l)	BOD_5 đầu vào (mg/l)	NH_4^+-N đầu vào (mgN/l)	T-N đầu vào (mgN/l)	T-P đầu vào (mgP/l)	Ghi chú
1	Ngày 10	165	96	27	31	1,80	Nước thải được lấy từ bể điều hòa của Trạm XLNT Kim Liên
2	Ngày 20	163	95	28	36	1,70	
3	Ngày 30	176	103	32	38	2,40	
4	Ngày 40	158	92	36	37	2,30	
5	Ngày 50	200	117	54	41	1,50	
6	Ngày 60	152	89	58	37	1,60	
7	Ngày 70	176	103	54	43	1,70	
8	Ngày 80	180	105	52	33	2,16	
9	Ngày 90	182	106	46	36	2,00	
10	Ngày 100	166	97	42	36	1,68	
11	Ngày 110	212	124	40	38	1,98	

b. Bùn hạt thí nghiệm

Bùn hạt hiếu khí dùng trong thí nghiệm là nguồn bùn được nuôi cấy trong phòng thí nghiệm của Bộ môn Cấp thoát nước, Khoa Kỹ thuật Môi trường, trường Đại học Xây dựng Hà Nội. Bùn hạt hiếu khí được nuôi cấy thành công trong thời gian 4 ÷ 6 tuần với chất nền là Acetate, có kích thước 3 ÷ 5 (mm), màu nâu, cấu trúc tròn đều, độ bền của hạt cao, có thể hoạt động ổn định với lưu lượng sục khí 1 ÷ 5 (lít/phút) ở điều kiện nhiệt độ 20 ÷ 35°C. Nghiên cứu sử dụng 2,5 (lít) dung dịch bùn hạt hiếu khí có nồng độ bùn MLSS 8 (g/l), MLVSS 7,8 (g/l), để làm thí nghiệm. Bùn được đưa vào mô hình SBR theo tỷ lệ 2,5/5 thể tích nước trong bể phản ứng.



Hình 3. 11. Bùn hạt dùng thí nghiệm

3.4.2. Lựa chọn và kiểm soát thông số vận hành

Thiết kế thời gian hoạt động cho một chu kỳ của hệ thống SBR là 4 (giờ), một ngày gồm 6 chu kỳ hoạt động. Theo các nghiên cứu trước đây [34; 32; 67; 69; 71]..., chu kỳ hoạt động 4 (giờ) là khoảng thời gian lý tưởng để hỗ trợ quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí trên hệ thống SBR. Trong 1 chu kỳ hoạt động của mô hình SBR chia làm 4 pha như sau:

- *Pha nạp nước:* dựa trên đặc điểm thiết bị bơm nước thải, lưu lượng nước thải bơm vào là cố định nên lượng nước bơm vào cho 1 chu kỳ hoạt động phụ thuộc vào thời gian hoạt động của máy bơm. Pha nạp nước thải có thời gian là 81 giây tương ứng với lượng nước bơm vào là 2,5 lít.
- *Pha sục khí:* thiết kế thời gian sục khí là 3 giờ. Tuy nhiên do đặc điểm của pha nạp nước thải, kéo dài thời gian sục khí thêm 13 phút, để đảm bảo một chu kỳ hoạt động của hệ thống kéo dài 4 giờ. Lưu lượng sục khí là 1 ÷ 5 (lít/phút), kiểm soát lưu lượng khí thông qua lưu lượng kế.
- *Pha lắng:* thiết kế thời gian lắng là 20 ÷ 30 phút.

– *Pha xả nước:* thiết kế thời gian xả nước là 10 ÷ 15 phút.

Bảng 3. 10. Thông số vận hành của bể SBR thí nghiệm XLNT đô thị

TT	Thông số	Đơn vị	Thông số vận hành
1	MLSS Bùn hạt	g/l	8
2	Nhiệt độ thí nghiệm	°C	25 ÷ 35^{0}C
3	$pH_{vào}$	-	6 ÷ 8
4	Nồng độ Oxy DO	mg/l	2,0 ÷ 4,0
5	$COD_{vào}$	mg/l	163 ÷ 212
6	Chu kỳ	Giờ	4
7	Pha nạp nước	Phút	1 ÷ 2
8	Pha sục khí	Phút	180
9	Pha lắng	Phút	20 ÷ 30
10	Pha xả	Phút	10 ÷15
11	NH_4^+ - N	mgN/l	14 ÷ 70
12	T-N	mgN/l	31 ÷ 43
13	T-P	mgP/l	1,5 ÷ 2,16

3.4.3. Trình tự tiến hành thí nghiệm

a. Lắp đặt và khởi động mô hình

– Mô hình được lắp đặt tại Phòng thí nghiệm của trường Đại Học Xây Dựng Hà Nội.

– Mô hình được vận hành thử nghiệm bằng nước sạch để kiểm tra các thiết bị: máy bơm, máy thổi khí, van điện xả nước, độ kín của mô hình, đặc biệt là ở các mối nối và chế độ thủy lực.

– Sau quá trình kiểm tra, vận hành thử, tiến hành khởi động mô hình: Đưa vào bể phản ứng SBR 2,5 lít bùn hạt hiếu khí (đã được nuôi cấy thành công từ thí nghiệm 2 của luận án) để làm nguồn bùn vi sinh cho hệ thống.

– Khởi động mô hình và để mô hình chạy tự động bằng chương trình đã được cài đặt trước trong bộ điều khiển PLC.

b. Theo dõi và vận hành mô hình

– Mô hình được quan sát hàng ngày trong quá trình vận hành.

– Duy trì lưu lượng khí cung cấp theo tính toán, sử dụng máy thổi khí lưu lượng cố định, kiểm soát bằng lưu lượng kế.

– Tiến hành kiểm tra các thiết bị, van khoá hàng ngày, lấy mẫu định kỳ theo kế hoạch.

– Vệ sinh van xả nước và buồng bơm thường xuyên để đảm bảo vận hành ổn định, không bị tràn bùn.

3.4.4. Phương pháp tích thí nghiệm

Tương tự quá trình nuôi cấy bùn hạt hiếu khí, trong quá trình vận hành chạy thí nghiệm đối với nước thải thật, có hai loại mẫu thí nghiệm được lấy mẫu để theo dõi quá trình vận hành. Đó là: mẫu nước và mẫu bùn.

Các thông số sau sẽ được phân tích trong quá trình nghiên cứu bao gồm: COD, NH_4^+ - N, T-N, T-P, pH, DO, TS, VS. Các phương pháp phân tích thông số được thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) và được trình bày trong Bảng 3.11.

Bảng 3. 11. Phương pháp phân tích các thông số thí nghiệm

TT	Tên chỉ số phân tích	Đơn vị đo	Phương pháp phân tích	Tần suất phân tích
1	COD	mg/l	Phương pháp Dicromat, TCVN 6491:1999	10 ngày 1 lần phân tích
2	NH_4^+ - N	mg/l	Phương pháp trắc quang – Phương pháp phenat, theo chỉ dẫn của thiết bị Method 10031 - Hach	10 ngày 1 lần phân tích
3	T-N	mg/l	Phương pháp trắc quang – Phương pháp phenat, Theo chỉ dẫn của thiết bị Method 10072 -Hach	10 ngày 1 lần phân tích
4	T-P	mg/l	Phương pháp trắc quang – Phương pháp phenat, Theo chỉ dẫn của thiết bị Method 8190 -Hach	10 ngày 1 lần phân tích
5	pH	-	Đo bằng sensor, máy pH cầm tay WTW 340i, Đức	Đo hàng ngày
6	DO	mg/l	Đo bằng sensor, Máy đo DO cầm tay, Oron, Mỹ	Đo hàng ngày
7	Nhiệt độ		Nhiệt kế thông thường	Đo hàng ngày
8	TS	mg/l	Phương pháp trọng lượng, TCVN 6625-2000	10 ngày 1 lần phân tích
9	VS	mg/l	Phương pháp trọng lượng, TCVN 6625-2000	10 ngày 1 lần phân tích

CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

4.1. Sự hình thành bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm

Thí nghiệm nuôi bùn hạt hiếu khí được thực hiện trên 2 mô hình công nghệ bể SBR (mô hình A và mô hình B) với các điều kiện vận hành khác nhau để xác định được các điều kiện và thông số tối ưu cho sự hình thành bùn hạt.

4.1.1. Qúa trình hình thành bùn hạt hiếu khí tại mô hình A

Sau 4 tháng vận hành nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm với nước thải nhân tạo có tải trọng hữu cơ thấp OLR 1,0 ÷ 1,2 (kgCOD/m^3.ngày), chưa có bất kỳ dấu hiệu nào của quá trình hình thành bùn hạt được ghi nhận ở mô hình A. Khả năng xử lý của bùn hoạt tính ổn định trong thời gian làm thí nghiệm, khả năng lắng của bùn tốt nhưng vẫn mang những đặc trưng của bông bùn hoạt tính thông thường, màu sắc của bùn có thay đổi so với bùn hoạt tính lấy về từ Nhà máy XLNT Yên Sở tại thời điểm ban đầu, bùn hoạt tính chuyển từ xám-đen sang vàng-nâu (Hình 4.1).



Hình 4. 1. So sánh hình ảnh bùn hoạt tính từ mô hình A(a) sau 4 tháng nuôi cấy và bùn hoạt tính từ Nhà máy xử lý nước thải Yên Sở (b)

4.1.2. Qúa trình hình thành bùn hạt hiếu khí tại mô hình B

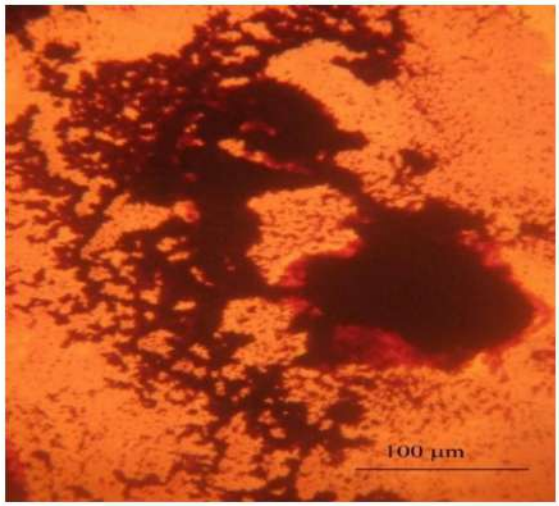
Thời gian hình thành bùn hạt hiếu khí diễn ra trong khoảng thời gian 4 ÷ 6 tuần. Quá trình này diễn ra từ từ, tuy nhiên có thể chia ra làm 5 giai đoạn chính như sau:

a. Giai đoạn 1

Sau 7 ngày đầu tiên khó có thể nhận thấy sự thay đổi đường kính bùn hạt bằng mắt thường. Bông bùn hoạt tính chuyển dần thành các mầm bùn cấu trúc lớn hơn, có nhiều mầm bùn dạng que hơn, và các mầm bùn có xu thế kết thành từng đám, có nhiều dịch nhầy xung quanh các mầm bùn. Tại thời điểm này, bông bùn vẫn chiếm ưu thế. Quan sát dưới kính hiển vi điện

tử, các hạt bông bùn có kích thước phổ biến < 98 ÷ 300 (µm), chỉ số SVI_{30} < 135 ÷ 165 (ml/g).

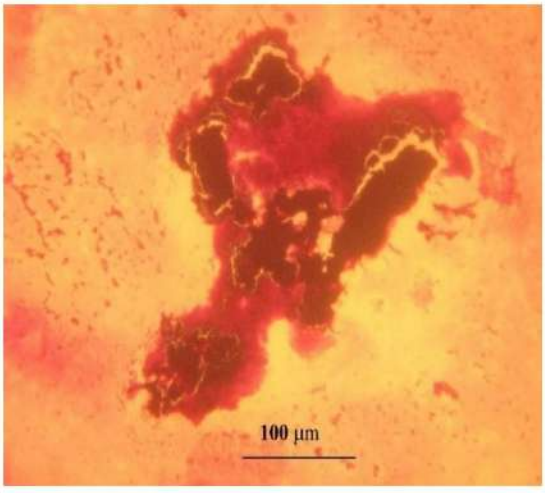
Trong giai đoạn này, quá trình loại bùn diễn ra mạnh mẽ, do thời gian lắng bùn duy trì ở mức độ thấp (30 phút) một lượng đáng kể bùn nhẹ (có khả năng lắng kém) bị rửa trôi cùng với nước thải đầu ra. Bùn vẫn duy trì màu đen như khi lấy về từ Nhà máy xử lý nước thải.



Hình 4. 2. Hình ảnh hình thành bùn hạt chụp kính hiển vi giai đoạn 1 (sau 7 ngày)

b. Giai đoạn 2

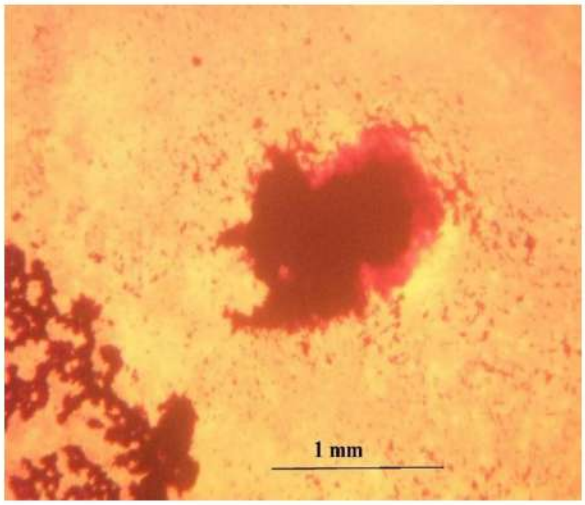
Sau 14 ngày vận hành, có thể quan sát được sự hình thành và sự chiếm ưu thế của các cụm bông bùn và các mầm hạt bùn dạng vệt dài, kích thước bùn bắt đầu có sự gia tăng nhanh chóng. Quan sát dưới kính hiển vi điện tử cho thấy các vi sinh vật bắt đầu có dấu hiệu tụ lại thành từ cụm nhỏ, chúng tạo thành từ vệt có kích thước bất kỳ, đường biên có nhiều tua, sợi nhỏ, kích thước hạt bùn từ 1,5 ÷ 2,0 (mm) chiếm số đông, SVI_{30} < 108 (ml/g). Tuy nhiên hình dạng mầm bùn chưa ổn định. Bùn trong bể phản ứng có khả năng lắng tốt hơn giai đoạn 1, hiện tượng bùn bị rửa trôi theo nước thải khi xả đầu ra còn ít hơn giai đoạn 1. Mầm bùn chuyển dần sang màu vàng cát.



Hình 4. 3. Hình ảnh hình thành bùn hạt giai đoạn 2 (sau 14 ngày)

c. Giai đoạn 3

Sau 21 ÷ 28 ngày nuôi cấy, những hạt bùn nhỏ bắt đầu xuất hiện nhưng không có hình dạng và kích thước cố định, quan sát bằng kính hiển vi cho thấy đường biên rõ ràng đang dần hình thành, không còn có viền sợi bao xung quanh. Khả năng lắng bắt đầu tăng, lượng cặn lơ lửng trong nước thải đầu ra có sự gia tăng rõ rệt. Sau 28 ngày vận hành, hạt bùn tiếp tục phát triển và cấu trúc không có sự thay đổi, kích thước và số lượng hạt bùn trong bể phản ứng có sự gia tăng rõ rệt. Hạt bùn đã có thể quan sát và nhận biết bằng mắt thường. Kích thước hạt bùn 2,5 ÷ 2,9 (mm) chiếm đa số, chỉ số $SVI_{30} < 80$ (ml/g). Hình dáng hạt bùn có nhiều hạt hình tròn.



Hình 4. 4. Hình ảnh hình thành bùn hạt giai đoạn 3 (sau 21 ÷ 28 ngày)

d. Giai đoạn 4

Sau 5 tuần vận hành, bùn hạt hiếu khí hình thành từ nguồn bùn hoạt tính đã rõ ràng hơn. Kích thước hạt bùn lớn 3 ÷ 4 (mm), cấu trúc hạt bùn hạt ổn định, tuy nhiên độ rỗng trong hạt lớn nên hạt dễ bị giãn nở kích thước khi được lấy ra ngoài quan sát . Ở giai đoạn này có sự phát triển mạnh của vi khuẩn dạng sợi bên ngoài và hạt bùn mềm. Có thể quan sát hạt bùn trong bể phản ứng bằng mắt thường, tuy nhiên khả năng lắng tuy có tăng hơn giai đoạn trước nhưng vẫn còn nhiều hạn chế. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trên thế giới, nghiên cứu chỉ ra rằng bùn hạt hình thành với kích thước phổ biến là 3 ÷ 5 (mm), chỉ số $SVI_{30} < 65$ (ml/g) với sự phát triển mạnh của vi khuẩn dạng sợi. Hạt bùn có dạng hình tròn, bề mặt hạt nhẵn, màu hạt bùn vàng-nâu.



Hình 4. 5. Hình ảnh hình thành bùn hạt giai đoạn 4 (sau 30 ÷ 35 ngày)

e. Giai đoạn 5

Sau 6 tuần vận hành, bùn hạt hiếu khí có cấu trúc hạt gọn hơn, có sự phát triển mạnh của vi khuẩn dạng sợi bên ngoài, cấu trúc bền chắc khó bị vỡ. Kích thước hạt bùn lớn 3 ÷ 4 (mm), chỉ số $SVI_{30} < 51$ (ml/g), cấu trúc hạt bùn hạt ổn định. Có thể quan sát hạt bùn trong bể phản ứng bằng mắt thường hoặc lấy ra thí nghiệm, khả năng lắng tốt. Hạt bùn có dạng hình tròn, bề mặt hạt nhẵn, màu hạt bùn vàng - nâu.



Hình 4. 6. Hình ảnh hình thành bùn hạt giai đoạn 5 (sau 35 ÷ 45 ngày)

4.1.3. Thành phần vi sinh của bùn hạt hiếu khí

Xác định số lượng vi sinh vật trong mẫu bùn hạt hiếu khí được xác định tại Viện Vi sinh vật và Công nghệ sinh học – ĐHQGHN.

Mục tiêu của phân tích vi sinh là xác định thành phần và số lượng một số chủng loại vi sinh vật chiếm ưu thế trong hạt bùn, để từ đó có những đánh giá về thành phần vi sinh vật của bùn hạt. Trên cơ sở phạm vi của đề tài, đã xác định 3 chủng loại vi sinh vật chính sau: Vi khuẩn

hiếu khí, Vi khuẩn thiếu khí (lên men sinh axit), Vi khuẩn kỵ khí (sinh methane). Phân tích vi sinh giúp ta hiểu hơn về thành phần vi sinh vật, cũng như số lượng vi sinh vật có trong bùn hạt hiếu khí. Từ kết quả phân tích vi sinh, ta có thể so sánh số lượng vi sinh vật có trong bùn hạt với bùn hoạt tính thông thường.

Số lượng mẫu phân tích là : 5 mẫu và chia làm 2 đợt phân tích. Kết quả phân tích được trình bày ở Bảng 4.1.

Bảng 4. 1. Kết quả phân tích vi sinh

TT	Mẫu	Nhóm VSV	Số lượng VSV (MPN/ml)
Đợt 1: 2 mẫu			
1	Bùn hạt mô hình(A)	Vi khuẩn hiếu khí	$2,5 \times 10^7$
		Vi khuẩn thiếu khí	$3,7 \times 10^7$
		Vi khuẩn kỵ khí	$1,2 \times 10^3$
2	Bùn hạt mô hình(B)	Vi khuẩn hiếu khí	$9,1 \times 10^7$
		Vi khuẩn thiếu khí	$2,3 \times 10^8$
		Vi khuẩn kỵ khí	$1,1 \times 10^4$
Đợt 2: 3 mẫu			
3	Bùn hoạt tính	Vi khuẩn hiếu khí	$1,95 \times 10^7$
		Vi khuẩn thiếu khí	$5,8 \times 10^6$
		Vi khuẩn kỵ khí	Ngưỡng phân tích
4	Bùn hoạt tính mô hình(A)	Vi khuẩn hiếu khí	$1,1 \times 10^9$
		Vi khuẩn thiếu khí	$6,7 \times 10^8$
		Vi khuẩn kỵ khí	Ngưỡng phân tích
5	Bùn hạt mô hình(B)	Vi khuẩn hiếu khí	$5,96 \times 10^8$
		Vi khuẩn thiếu khí	$4,3 \times 10^7$
		Vi khuẩn kỵ khí	4×10^1

Dựa vào kết quả phân tích vi sinh ta thấy số lượng vi sinh vật tồn tại trong bùn hạt hiếu khí cao hơn hẳn số lượng vi sinh vật trong bùn hoạt tính. Mật độ tồn tại của vi sinh vật càng lớn thì khả năng xử lý nước thải càng cao của bùn hạt hiếu khí. Một vấn đề khác, trong hạt bùn luôn có các vi sinh vật kỵ khí, và vi sinh vật hiếu khí nên quá trình loại bỏ nitơ và các chất hữu cơ phức tạp sẽ tốt hơn bùn hoạt tính thông thường.

4.1.4. Động học quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí ở tải trọng hữu cơ OLR 2,7÷3,0(kgCOD/m^3.ngày)

Động học quá trình hình thành hạt liên quan đến sự tăng trưởng kích thước bùn hạt theo thời gian nuôi bùn. Các yếu tố liên quan đến động học bao gồm yếu tố tải trọng hữu cơ đầu vào, cường độ sục khí, tỷ lệ N/COD [97].

Từ phương trình động học của quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí được trình bày tại Chương 3 ta có:

$$D = 4{,}306(1 - e^{-0{,}03665t}) \quad (4.1)$$

Trong đó: D – là đường kính hạt bùn hiếu khí tại thời điểm bất kỳ, tính bằng mm.

t – là thời điểm xác định kích thước bùn hạt, tính bằng ngày.

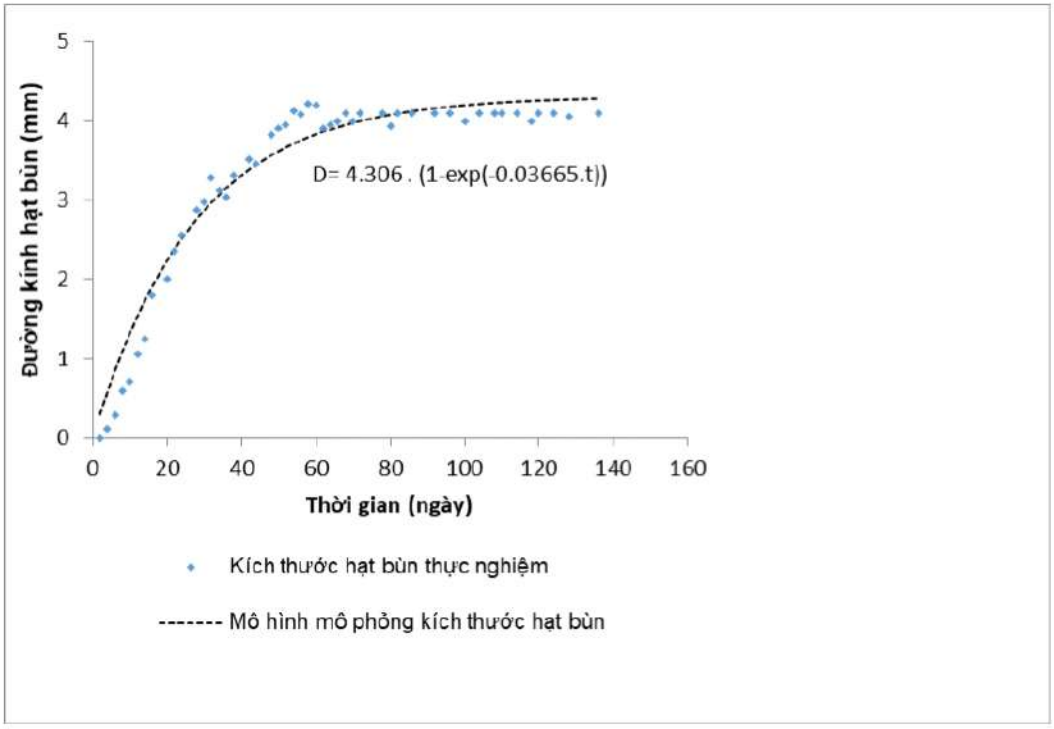
Phương trình động học trên phản ánh quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí trong hệ phản ứng SBR vận hành với thời gian lắng (20 ÷ 25 phút), lưu lượng thổi khí 1,5 ÷ 5,0 (L/phút), cường độ sục khí 12,5 ÷ 28.5 (m^3/m^2.h). Nước thải đầu vào có N/COD xấp xỉ 0,2 tương ứng với OLR 2,7 ÷ 3,0 (kg COD/m^3.ngày), pH 6,1 ÷ 8,0.

Các thông số vận hành và đặc tính nước thải ảnh hưởng tới tốc độ hình thành bùn hạt, thời gian trễ và đường kính bùn hạt hiếu khí tại thời điểm cân bằng (D_e) xác định trong nghiên cứu này, tương đồng với các công bố khoa học trên thế giới. Với nước thải có tải lượng hữu cơ OLR 2,7 ÷ 3,0 (kg COD/m^3.ngày), D_e được xác định là 4,3 (mm), lớn hơn kết quả đo được của các nghiên cứu tương tự [97; 32; 35; 39; 85]. Với nước thải có tải lượng hữu cơ thấp OLR 1,0 ÷ 1,2 (kg COD/m^3.ngày), nghiên cứu này không quan sát thấy hạt bùn hình thành. Nghiên cứu của Yang và cộng sự (2003) ghi nhận OLR tăng từ 1,5 đến 3 và 9 kg COD/m^3.ngày, D_e tăng từ 1,5 đến 1,7 và 2,0 (mm) [97]. Hàm lượng hữu cơ sẽ kích thích sự hình hành cấu trúc màng sinh học, mật độ vi sinh và sinh khối tế bào hiếu khí dị dưỡng oxy hóa carbohydrate trong nước thải. Tỷ lệ N/COD lớn (xấp xỉ 0,2) tương ứng với pha trễ 5 ÷ 7 ngày và tỷ lệ tăng trưởng bùn hạt μ = 0.03665/ngày, kết quả này khá chậm trong nghiên cứu. Điều này được lý giải do thời gian và tốc độ hình thành nhóm vi khuẩn nitrat hóa chậm hơn nhóm vi khuẩn hiếu khí dị dưỡng, vì vậy tỉ lệ này càng cao sẽ trì hoãn và làm giảm kích thước bùn hạt trong bể phản ứng.

Cường độ sục khí và lưu lượng sục khí cũng ảnh hưởng tới tỷ lệ tăng trưởng của bùn hạt hiếu khí (μ) và kích thước cân bằng D_e của bùn hạt hiếu khí trong hệ phản ứng. Yang và cộng sự (2003) đo lực cắt thổi khí trong dải 1,2 ÷ 3,6 (cm/s) lớn hơn trong nghiên cứu này. Kết quả của các nghiên cứu trước đây cho thấy, cường độ thổi khí và lực cắt càng lớn sẽ giảm đường

kính hạt bùn và tốc độ hình thành bùn hạt, nên cường độ thổi khí dải thấp (tương ứng với lực cắt thổi khí <1,2 cm/s) được khuyến cáo, nhưng vẫn đảm bảo pha hiếu khí - thiếu khí tương ứng trong bể SBR.

Tuy nhiên, do điều kiện thay đổi các chế độ vận hành và đặc tính nước thải trong nghiên cứu này chưa phân bố rộng, sự ảnh hưởng của các thông số vận hành và đặc tính nước thải ảnh hướng tới tốc độ hình thành bùn hạt, thời gian trễ và đường kính bùn hạt tại thời điểm cân bằng (D_e) cần được nghiên cứu sâu rộng hơn, mở rộng với các loại nước thải thực tế.



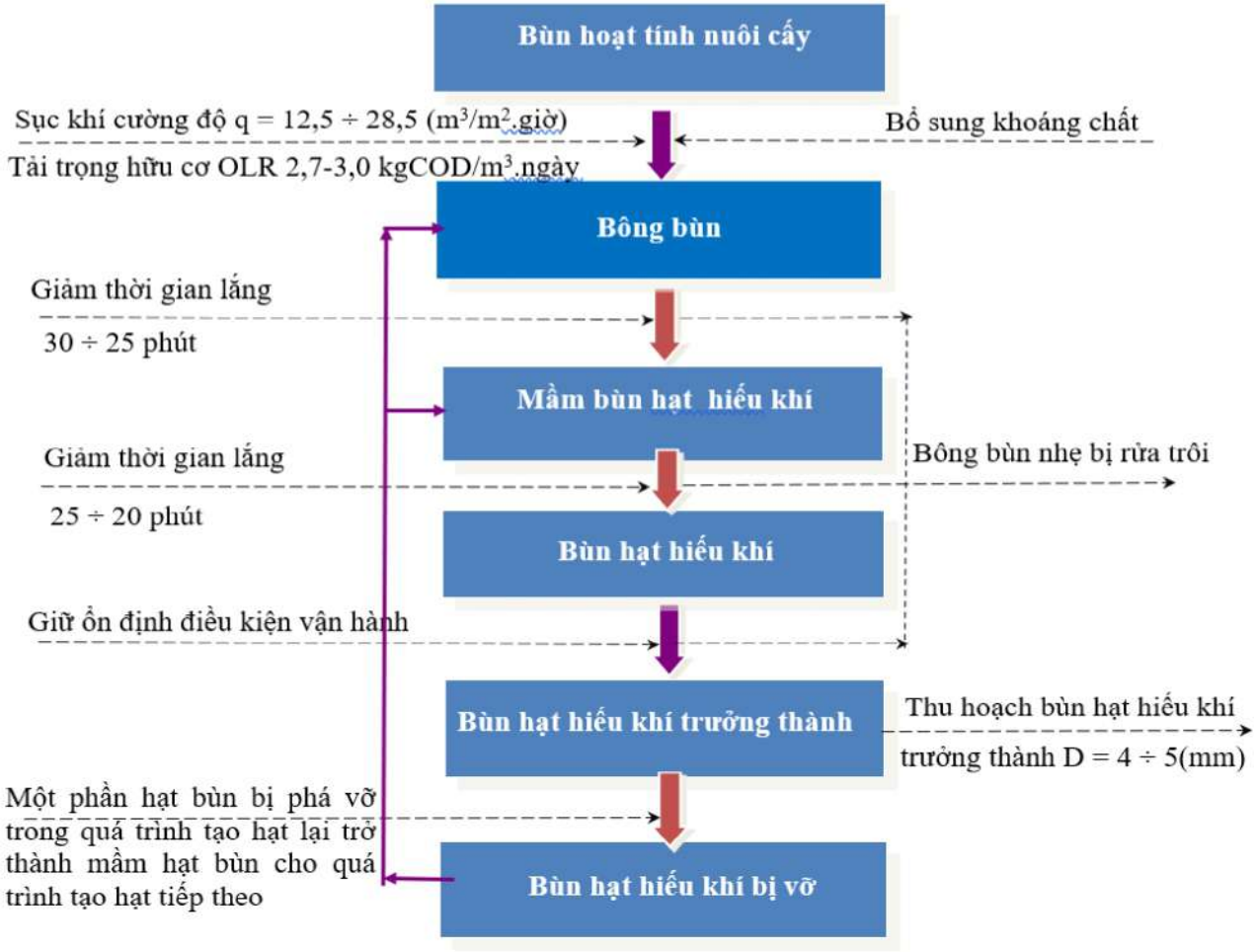
Hình 4. 7. Động học quá trình hình thành phát triển bùn hạt với OLR 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày)

Kết quả thí nghiệm và mô hình động học dự báo sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí với độ tin cậy 0,985 tương đương 98%.

4.1.5. Cơ chế tạo bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR

Việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí được thực hiện thuận lợi trong bể SBR (đã được trình bày tại chương 2) bởi đặc điểm chế độ hoạt động theo mẻ của công nghệ này. Khi phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí ngoài yếu tố tải trọng hữu cơ thì các yếu tố cơ học khác có thể được thực hiện dễ dàng đối với quy trình hoạt động của bể SBR. Khi chế độ vận hành phù hợp sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí. Quá trình hoạt động theo mẻ tạo điều kiện giàu và nghèo cơ chất luân phiên trong bể phản ứng theo mẻ, tạo ra thời kỳ đói ở vi sinh vật, vì vậy vi sinh vật tiết ra nhiều các hợp chất EPS kết dính với nhau để tạo thành hạt. Chế độ vận hành với thời gian lưu nước

và thời gian lắng đủ ngắn đã loại bỏ nhanh sinh khối lơ lửng nhằm hạn chế sự cạnh tranh của bùn bông so với bùn hạt hiếu khí nên đã thúc đẩy quá trình tạo hạt. Cơ chế của quá trình tạo bùn hạt hiếu khí trong nghiên cứu này bao gồm 3 giai đoạn: thích nghi, tạo mầm bùn hạt và tạo hạt trưởng thành được trình bày trong Hình .4.8.



Hình 4. 8. Cơ chế tạo bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR

4.1.6. Bàn luận

Từ kết quả nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trên 2 mô hình A và B cho thấy khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí đối với nước thải có tải trọng hữu cơ thấp từ 1,0÷1,2 (kgCOD/m^3.ngày) là rất khó khăn tại mô hình A. Nếu tải trọng hữu cơ càng thấp thì thời gian hình thành hạt sẽ kéo dài thậm chí không thể hình thành bùn hạt hiếu khí. Trên thế giới đã có những nghiên cứu nuôi cấy bùn hạt ở mức tải trọng hữu cơ OLR < 2,0 (kgCOD/m^3.ngày). Như các nghiên cứu của Tay và cộng sự (2004) [85; 86], kết quả của nghiên cứu này cho thấy việc tạo bùn hạt hiếu khí ở mức tải trọng hữu cơ thấp như trên là rất khó. Nhóm tác giả này quan sát hơn 1 năm thí nghiệm mới có dấu hiệu hình thành bùn hạt nhưng kết quả không nhiều. Dựa trên kinh nghiệm của các nghiên cứu trên thế giới trong việc nuôi bùn hạt, các nhà khoa học đã biết được sự khó khăn trong việc nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí với nước thải có tải

trọng hữu cơ thấp nên có rất ít tác giả nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí với nước thải có tải trọng hữu cơ OLR < 2,0 (kgCOD/m^3.ngày). Vì vậy, kết quả nghiên cứu của luận án tại Mô hình A đã chứng minh nuôi bùn hạt hiếu khí trong bể SBR đối với nước thải có tải trọng hữu cơ thấp OLR < 2,0 (kgCOD/m^3.ngày) khó khăn trong điều kiện phòng thí nghiệm tại Việt Nam. Kết quả này cho thấy việc nuôi cấy bùn hạt với nước thải đô thị tại Việt Nam là khó khăn vì nước thải đô thị Việt Nam phần lớn có tải trọng hữu cơ thấp.

Tuy kết quả nuôi bùn hạt hiếu khí tại mô hình A không thành công trong thời gian làm thí nghiệm, nhưng hiệu quả XLNT của bùn hoạt tính trong bể SBR vẫn rất tốt. Giai đoạn 1 ÷ 5 ngày đầu tiên là giai đoạn khởi động của mô hình, bùn hoạt tính cho vào mô hình chưa thích nghi hoàn toàn với môi trường trong bể nên hiệu suất xử lý chưa cao, với hiệu suất loại bỏ 57 ÷ 60%COD, 25 ÷ 30% NH_4^+ - N. Trong các ngày 10 ÷ 25 ngày tiếp theo do vi sinh vật trong bùn hoạt tính đã dần thích nghi nên hiệu quả xử lý cũng tăng theo hiệu suất loại bỏ COD tăng từ 60% lên 90%, NH_4^+ - N tăng từ 45% lên 89%. Đến giai đoạn tiếp theo, do bùn hoạt tính đã thích nghi hoàn toàn với môi trường thí nghiệm nên hiệu quả xử lý cũng ổn định và luôn duy trì ở mức cao, với hiệu suất loại bỏ trên 92%COD, 90% NH_4^+ - N.

Tại Mô hình B, kết quả đã nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí với OLR là 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày). Kết quả thí nghiệm nuôi bùn hạt hiếu khí đã có kết quả sau 4 ÷ 5 tuần làm thí nghiệm. Bùn hạt hình thành và trưởng thành rất tốt, kết quả nghiên cứu của luận án cũng tương tự với nhiều nghiên cứu cùng lĩnh vực ở trong nước và trên thế giới.

Các nghiên cứu trong nước cùng lĩnh vực như: nghiên cứu của nhóm tác giả trường Đại Học Tài Nguyên và Môi Trường, Đại học Huế (2015) [5], nhóm tác giả này đã nghiên cứu nuôi bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm với OLR là 2,4 (kgCOD/m^3.ngày), nước thải tổng hợp dùng để thí nghiệm được là nước thải công nghiệp, nguồn bùn hoạt tính dùng để nuôi cấy là bùn hoạt tính từ nhà máy XLNT khu công nghiệp Phú Bài. Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của lưu lượng sục khí đến sự hình thành của bùn hạt. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy lưu lượng sục khí có ảnh hưởng nhất định đến sự hình thành bùn hạt.

Hoặc nghiên cứu của nhóm tác giả Trương thị Bích Hồng và cộng sự - Đại Học Quốc gia TP Hồ Chí Minh (2016) đã nghiên cứu nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí với nước thải công nghiệp từ nhà máy sản xuất bột sắn có tải trọng hữu cơ cao OLR từ 0,5 ÷ 10 (kgCOD/m^3.ngày) [9].

Tương tự như đề tài của tác giả Võ Thành Lê – Viện công nghiệp giấy Xenluylo (2018) đã nghiên cứu hiệu quả XLNT của bùn hạt hiếu khí với nước thải nhà máy giấy có OLR từ 2,4 ÷ 7,22 (kgCOD/m^3.ngày) [12].

Trên thế giới cũng có nhiều đề tài nghiên cứu nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí như của nhóm tác giả Qiang Wang và cộng sự (2004) [71] đã nghiên cứu nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí sau 56 ngày với nước thải sinh hoạt thông thường có OLR từ 1,8 ÷ 4,8 (kgCOD/m^3.ngày).

Hoặc nghiên cứu của nhóm tác giả Nohayati Abdullah và cộng sự (2011) [69], nhóm tác giả đã nghiên cứu nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí trong 8 tuần với nước thải nhà máy chế biến dầu cọ có OLR là 2,5 (kgCOD/m^3.ngày).

Tương tự với nghiên cứu của E.Morgenroth và cộng sự (1997) [34], nhóm tác giả đã nghiên cứu nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí trong 56 ngày với nước thải nhà máy chế biến đường.

Có thể thấy, trong nước và trên thế giới đã có một số đề tài nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí thành công với các loại nước thải khác nhau và mức độ tải trọng hữu cơ khác nhau, hoặc nghiên cứu các yếu tố vận hành khác. Tuy nhiên, việc nuôi thành công bùn hạt hiếu khí với nước thải đô thị tại Việt Nam tại Mô hình B của luận án có OLR 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày) trong điều kiện phòng thí nghiệm là chưa có. Đây là điểm mới của luận án.

Bảng 4. 2. So sánh kết quả nuôi bùn hạt tại 2 mô hình A và B

TT	Nội dung so sánh	Mô hình A	Mô hình B
1	Tải trọng hữu cơ đầu vào của nước thải thí nghiệm kgCOD/m^3.ngày.	1,0 ÷ 1,2	2,7 ÷ 3,0
2	Nguồn bùn hoạt tính nuôi cấy.	Lấy từ nhà máy XLNT Yên Sở	Lấy từ nhà máy XLNT Yên Sở
3	Kích thước bùn hạt giai đoạn 1 (sau 7 ngày nuôi bùn đầu tiên).	Không có dấu hiệu thay đổi kích thước bùn hoạt tính.	Kích thước phổ biến < 98 ÷ 300 (µm). Có thể quan sát bằng kính hiển vi điện tử.
4	Kích thước bùn hạt giai đoạn 2 (sau 14 ngày nuôi bùn).	Không có dấu hiệu thay đổi kích thước bùn hoạt tính.	Kích thước phổ biến từ 1,5 ÷ 2,0 (mm). Có thể quan sát được hạt bùn bằng mắt thường.
5	Kích thước bùn hạt giai đoạn 3 (sau 21 ÷ 28 ngày nuôi bùn).	Bùn hoạt tính có dấu hiệu đổi từ mà xám - đen sang vàng - nâu.	Kích thước phổ biến từ 2,5 ÷ 2,9 (mm). Có thể quan

TT	Nội dung so sánh	Mô hình A	Mô hình B
			sát được hạt bùn bằng mắt thường.
6	Kích thước bùn hạt giai đoạn 4 (sau 30 ÷ 35 ngày nuôi bùn).	Bùn hoạt tính có dấu hiệu đổi từ mà xám - đen sang vàng - nâu.	Kích thước phổ biến từ 3,0 ÷ 5,0 (mm). Hạt vẫn có độ rỗng, hạt dạng hình cầu.
7	Kích thước bùn hạt giai đoạn 5 (sau 35 ÷ 45 ngày nuôi bùn).	Bùn hoạt tính có dấu hiệu đổi từ mà xám - đen sang vàng - nâu.	Kích thước phổ biến từ 3,0 ÷ 4,0 (mm). Hạt đặc chắc, cấu trúc gọn, hình cầu.
8	Hiệu quả loại bỏ COD	≥ 90%	≥ 90%
9	Hiệu quả loại bỏ NH_4^+ - N	≥ 90%	≥ 80%
10	Chỉ số SVI_{30}	-	< 51(ml/g) khi hạt trưởng thành.

Bảng 4. 3. So sánh kết quả nuôi bùn hạt hiếu khí của luận án và một số nghiên cứu khác liên quan

Thông tin so sánh / Tên đề tài, tên tác giả so sánh	Nguồn bùn hoạt tính và nước thải dùng nuôi bùn hạt	Tải trọng hữu cơ đầu vào (kgCOD/ m^3.ngày)	Thời gian hình thành bùn hạt trưởng thành (ngày)	Kích thước hạt trưởng thành (mm)	Hiệu quả xử lý COD (%)	Hiệu quả xử lý NH_4^+ - N (%)
Kết quả nghiên cứu của luận án	Bùn hoạt tính lấy từ nhà máy XLNT đô thị Yên Sở - Hà Nội, Việt Nam.	2,7 ÷ 3,0	35 ÷ 45	3,0 ÷ 4,0	≥ 90%	≥ 80%
Nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí khử COD và Ammonia trên bể SBR. Nguyễn Trọng Lực, Nguyễn Phước Dân, Trần Tây Nam. Sở Khoa học và Công nghệ Phú Yên,	Bùn hoạt tính nuôi cấy được lấy từ khu công nghiệp Lê Minh Xuân – Bình Chánh – TP Hồ Chí Minh. Qúa trình nuôi bùn có dùng	2,6 ÷ 5,2	45	1,0 ÷ 2,0	≥ 96%	≥ 75%

Thông tin so sánh / Tên đề tài, tên tác giả so sánh	Nguồn bùn hoạt tính và nước thải dùng nuôi bùn hạt	Tải trọng hữu cơ đầu vào (kgCOD/ m^3.ngày)	Thời gian hình thành bùn hạt trưởng thành (ngày)	Kích thước hạt trưởng thành (mm)	Hiệu quả xử lý COD (%)	Hiệu quả xử lý NH_4^+ - N (%)
Trường Đại Học Bách Khoa TPHCM (2009) [11]	chất mang là vỏ sò nghiền.					
Sự hình thành và ổn định của bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR trong xử lý nước thải chế biến tinh bột sắn. Nguyễn thị Phương Thanh, Nguyễn văn Phước, Trương thị Bích Hồng, Bùi mạnh Hà – Viện tài nguyên và môi trường, Đại học quốc gia TPHCM (2016) [9].	Bùn hoạt tính và nước thải nuôi cấy được lấy từ nhà máy chế biến tinh bột sắn.	2,5 ÷ 10	14÷21	3,0 ÷ 4,0	≥ 93%	≥ 80%
Nghiên cứu sự hình thành bùn hạt hiếu khí và đánh giá khả năng giảm nghẹt màng của mô hình bùn hạt hiếu khí kết hợp lọc màng (AGMBR). Trương Thị Bích Hồng – Đại học quốc gia TPHCM [10].	Bùn hoạt tính và nước thải được lấy từ nhà máy chế biến bột mì.	0,5 ÷ 10	Sau 14 tuần nuôi bùn	0,5 ÷ 2,5	≥ 90%	≥ 90%
Nghiên cứu công nghệ tạo bùn hạt hiếu khí	Bùn hoạt tính và nước thải được lấy từ	2,4 ÷ 7,2	Sau 23 ngày nuôi bùn	> 4,0	≥ 82%	-

Thông tin so sánh / Tên đề tài, tên tác giả so sánh	Nguồn bùn hoạt tính và nước thải dùng nuôi bùn hạt	Tải trọng hữu cơ đầu vào (kgCOD/ m^3.ngày)	Thời gian hình thành bùn hạt trưởng thành (ngày)	Kích thước hạt trưởng thành (mm)	Hiệu quả xử lý COD (%)	Hiệu quả xử lý NH_4^+ - N (%)
nhằm nâng cao hiệu quả xử lý nước thải của nhà máy liên hợp bột và giấy. Võ Thành Lê - Viện công nghiệp Giấy và Xenluylô [12].	nhà máy chế biến bột giấy.					
Aerobic granular sludge formation for high strength agro-based wastewater treatment. Nohayati Abdullah và cộng sự (2011) [69].	Bùn hoạt tính và nước thải được lấy từ nhà máy chế biến tinh dầu cọ.	2,5	Sau 8 tuần nuôi bùn	-	≥ 91%	≥ 97%
Aerobic Grannular Sludge in a Sequencing batch reactor. E. Morgenroth và cộng sự (1997) [34].	Bùn hoạt tính và nước thải được lấy từ nhà máy chế biến mật mía.	COD đầu vào 400 (mg/l)	Sau 130 ngày nuôi bùn	-	≥ 87%	-
High organic loading influences the physical characteristics of aerobic sludge granules. B. Y. P. Moy và cộng sự (2002) [67].	Bùn hoạt tính lấy từ nhà máy XLNT tại địa phương và nước thải nhân tạo.	6 ÷ 15	Sau 3 tuần nuôi bùn	2 ÷ 4		

Thông tin so sánh / Tên đề tài, tên tác giả so sánh	Nguồn bùn hoạt tính và nước thải dùng nuôi bùn hạt	Tải trọng hữu cơ đầu vào (kgCOD/ m^3.ngày)	Thời gian hình thành bùn hạt trưởng thành (ngày)	Kích thước hạt trưởng thành (mm)	Hiệu quả xử lý COD (%)	Hiệu quả xử lý NH_4^+ - N (%)
Formation, physical characteristics and microbial community structure of aerobic granules in a pilot - scale sequencing batch reactor for real wastewater treatment. Yong-Qiang Liu, Benjamin Moy, Yun-Hua Kong, Joo-Hwa Tay (2010) [99].	Bùn hoạt tính và nước thải được lấy từ nhà máy XLNT khu công nghiệp tại địa phương.	COD đầu vào 250 ÷ 1800 (mg/l)	Sau 7 tuần nuôi bùn	-	≥ 80%	≥ 50%
Aerobic Granular Sludge for Leachate Treatment. Gaetano Di Bellaa, Michele Torregrossa và các cộng sự (2014) [35].	Bùn hoạt tính và nước thải được lấy từ nhà máy XLNT rỉ rác tại địa phương.	4,8 ÷ 7,2	Sau 10 tuần nuôi bùn	--	40 ÷ 50%	

Căn cứ nội dung so sánh tại Bảng 4.3, kết quả nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí của luận án có nhiều điểm tương đồng với các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước như: thời gian hình thành bùn hạt, kích thước bùn hạt, hiệu quả xử lý COD, NH_4^+ - N trong quá trình nuôi bùn hạt... Tuy nhiên, việc nuôi bùn hạt bằng bùn hoạt tính lấy từ nhà máy XLNT đô thị tại Việt Nam và nước thải dùng để nuôi cấy bùn hạt hiếu khí có tải trọng hữu cơ là 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày) thì chỉ có trong nội dung của luận án.

4.2. Đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí và khả năng XLNT của bùn hạt hiếu khí

4.2.1. Thành phần chất nền

Bùn hạt hiếu khí đã được nuôi cấy thành công trên mô hình công nghệ SBR trong phòng thí nghiệm với chất nền là acetate có OLR từ 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày).

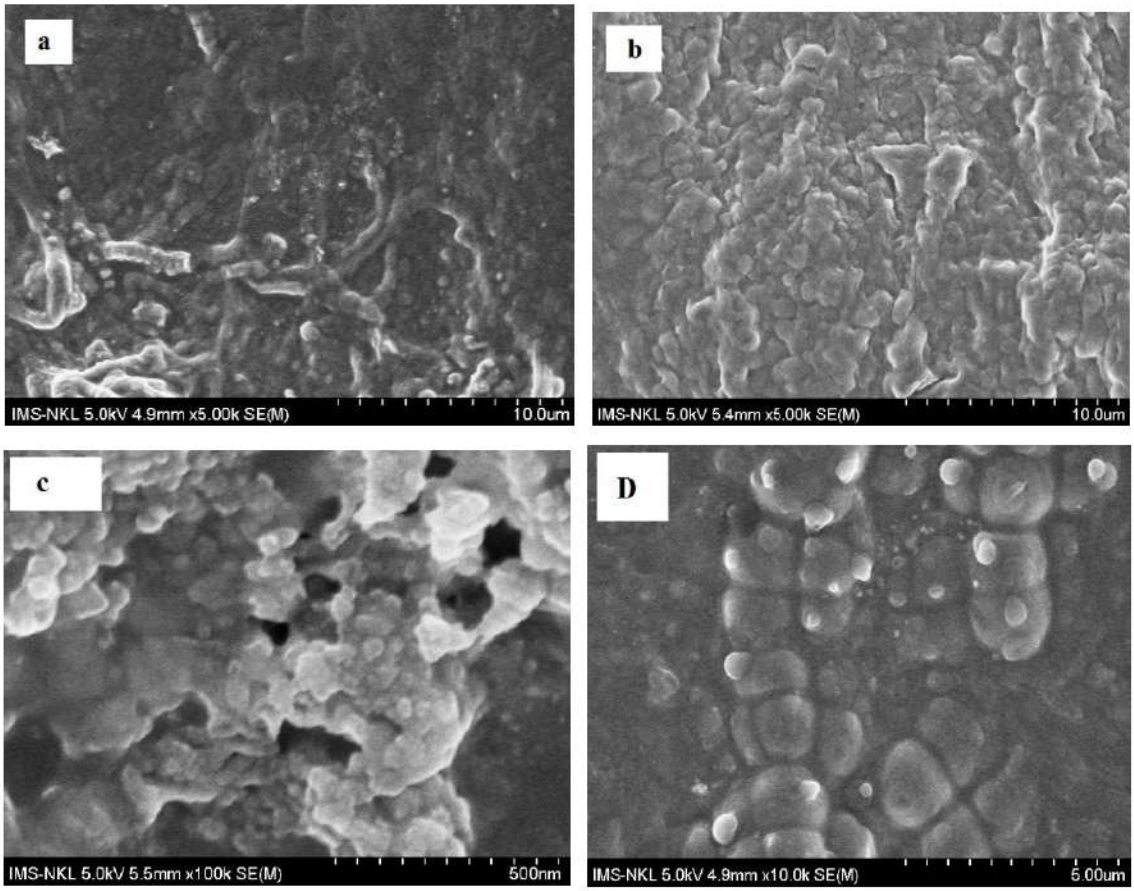
Quan sát cấu trúc bùn hạt hiếu khí được nuôi cấy thành công dưới kính hiểm vi điện tử (SEM) có thể thấy cấu trúc vi khuẩn dạng sợi chiếm ưu thế. Trong giai đoạn 3 tuần đầu của quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí chúng ta thấy cấu trúc dạng sợi còn lỏng lẻo và có nhiều khe rỗng. Các tuần tiếp theo (từ tuần thứ 4 trở đi) cấu trúc bùn hạt đặc, chắc hơn, bề mặt nhẵn hơn và ít khe rỗng hơn. Màu bùn hạt là màu vàng nâu, đây là màu đặc trưng của bùn hạt khi chất nền là acetate [85]. Các nghiên cứu liên quan trên thế giới có kết quả tương tự như:

Nghiên cứu của Tay và các cộng sự (2001), đã nghiên cứu sự hình thành bùn hạt hiếu khí được nuôi bằng chất nền là glucose và acetate [85]. Sau khi nuôi thành công bùn hạt, nhóm tác giả đem bùn hạt quan sát qua kính kiển vi điện tử (SEM), kết quả cho thấy trong cấu trúc bùn hạt có nhiều lông tơ, kết cấu lỏng lẻo và không đều do vi khuẩn dạng sợi chiếm ưu thế. Bùn hạt hiếu khí được nuôi bằng chất nền là glucose và acetate đều có mặt ngoài hình tròn và rất đều đặn. Nhưng bùn hạt được nuôi cấy bằng glucose có bề mặt ngoài mịn hơn so với bùn hạt được nuôi cấy bằng acetate do vi khuẩn dạng sợ chiếm ưu thế hơn.

Khi quan sát dưới kính hiển vi điện tử (SEM), người ta đã quan sát thấy bề mặt ngoài của bùn hạt glucose có các vi khuẩn hình sợi chiếm ưu thế. Các hạt hiếu khí được nuôi bằng acetate có cấu trúc vi mô rất nhỏ gọn, các tế bào kết nối chặt chẽ với nhau và vi khuẩn hình que chiếm ưu thế. Điều đó nó gợi ý rằng quá trình hình bùn hạt hiếu khí là một quá trình các tập hợp vi khuẩn được nén lại dần dần thành các cấu trúc bền chắc hơn.

Tương tự các nghiên cứu của De Kreuk và van Loosdrecht (2006) [28] cũng cho thấy các hạt hiếu khí được nuôi cấy bằng glucose là một cấu trúc dạng sợi, trong khi hạt hiếu khí nuôi cấy bằng acetate có cấu trúc hạt nhỏ gọn hơn.

Tóm lại, thành phần chất nền là yếu tố chính tạo nên thành phần vi sinh vật nào chiếm ưu thế trong cấu trúc bùn hạt hiếu khí, và là yếu tố chính tạo ra màu sắc của bùn hạt hiếu khí trưởng thành. Kết quả này đã được chứng minh trong nghiên cứu của luận án và các nghiên cứu khác trên thế giới.



Hình 4. 9. Cấu trúc bùn hạt hiếu khí chụp SEM nuôi bằng chất nền Acetate: a) Bùn 1÷2 tuần tuổi; b) Bùn 2÷3 tuần tuổi; c) Bùn 3÷4 tuần tuổi; d) Bùn 4÷5 tuần tuổi

4.2.2. Tải trọng chất hữu cơ

Tải trọng hữu cơ là một trong các thông số hoạt động quan trọng nhất trong quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí và duy trì sự ổn định của nồng độ bùn. Trong nội dung luận án, hai thí nghiệm nuôi cấy bùn hạt hiếu khí đã được thực hiện: một thí nghiệm được thực hiện với nước thải có tải trọng hữu cơ thấp tại mô hình A (OLR khoảng 1,0 ÷ 1,2 kgCOD/m^3.ngày), và một thí nghiệm thực hiện với nước thải có tải trọng hữu cơ cao tại mô hình B (OLR khoảng 2,7 ÷ 3,0 kgCOD/m^3.ngày).

Tại mô hình A kết quả thí nghiệm cho thấy sau khoảng 4 tháng thí nghiệm bùn hạt hiếu khí vẫn chưa hình thành. Kết quả này cho thấy nếu nước thải loãng thì nuôi bùn hạt hiếu khí là rất khó. Điều này là phù hợp với các giả thiết và phạm vi nghiên cứu đã đặt ra ở Chương 1 và Chương 2 của luận án, kết quả nghiên cứu này cũng khẳng định thêm quan điểm cho rằng sẽ rất khó khăn trong việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí nếu nước thải có OLR < 2,0 (kgCOD/m^3.ngày) [85; 86].

Tại mô hình B đã nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí với nước thải có OLR là 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày) và nguồn bùn hoạt tính nuôi cấy được lấy từ Nhà máy XLNT Yên Sở - Hà Nội sau 42 ÷ 45 ngày làm thí nghiệm. Có thể thấy, tải trọng hữu cơ ngoài việc cung cấp

lượng cacbon cần thiết để phát triển sinh khối của vi sinh vật trong hệ phản ứng, còn kích thích hình thành bùn hạt, tạo điều kiện để phát triển hạt bùn có kích thước rõ ràng, cấu tạo đặc chắc, đảm bảo yếu tố cơ bản phù hợp với đặc tính của bùn hạt.

Các nghiên cứu trên thế giới đã chứng minh rằng cấu trúc của màng sinh học có liên quan chặt chẽ với tải trọng hữu cơ [32]. Sự ảnh hưởng của tải trọng hữu cơ lên sự hình thành bùn hạt hiếu khí có thể trên một phạm vi rất rộng từ 2,5 ÷ 15 (kgCOD/m^3.ngày) [35]. Vì vậy nếu tải trọng hữu cơ thấp bùn hạt hiếu khí sẽ khó duy trì sinh khối cần thiết để tạo hạt. Ngược lại nếu tải trọng hữu cơ càng cao (điều kiện OLR <15 (kgCOD/m^3.ngày) thì càng kích thích sự hình thành bùn hạt nhanh chóng [85].

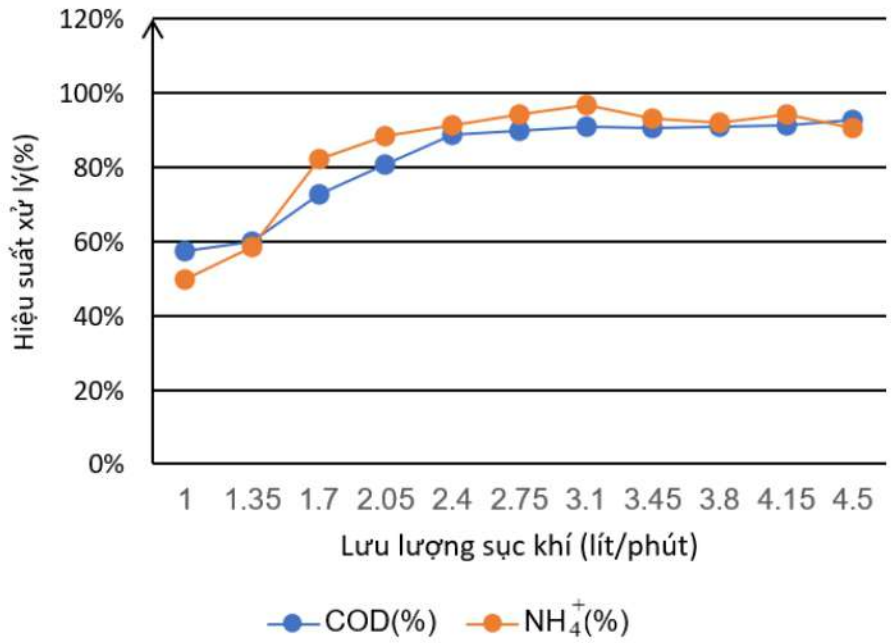
4.2.3. Lưu lượng sục khí

Lưu lượng sục khí cũng là một yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành bùn hạt hiếu khí, lưu lượng sục khí đại diện cho yếu tố nồng độ oxy có trong nước thải, đây là những yếu tố ảnh hưởng chính đến quá trình hình thành bùn hạt. Với nồng độ DO từ 2 ÷ 4 mg/l thì bùn hạt có khả năng hình thành cao hơn [28].

Từ kết quả vận hành của hai mô hình A và B, có thể thấy lưu lượng sục khí lớn sẽ thúc đẩy và tăng tốc quá trình hình thành bùn hạt. Khi mô hình B được sục khí với lưu lượng 1 ÷ 1,5(lít/phút) thì chưa ghi nhận được bất kỳ dấu hiệu nào của quá trình hình thành bùn hạt sau khoảng 5 ngày vận hành. Khi điều chỉnh với lưu lượng sục khí 1,5 ÷ 5 (lít/phút) đã xuất hiện các hạt bùn nhỏ đầu tiên chỉ sau 21 ngày vận hành. Từ đó có thể thấy, yếu tố này không chỉ đóng vai trò cung cấp oxi cho quá trình trao đổi chất của các vi sinh vật trong hệ phản ứng, mà còn đóng vai trò quan trọng trong quá trình hình thành bùn hạt.

Lưu lượng sục khí là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả xử lý nước thải của bùn hạt hiếu khí. Giai đoạn 1 ÷ 5 ngày đầu làm thí nghiệm, đã vận hành mô hình với lưu lượng sục khí tại Mô hình B là 1 ÷ 1,5 (Lít/phút). Tuy nhiên hiệu suất xử lý không cao COD < 64%, NH_4^+ - N < 25% do quá trình hình thành bùn hạt chưa xảy ra. Khi lưu lượng sục khí không đủ lớn tốc độ xáo trộn bùn hoạt tính không đảm bảo, lưu lượng sục khí được điều chỉnh tăng dần về mức 1,5 ÷ 5 (lít/phút), kết quả là bùn hạt hiếu khí bắt đầu xuất hiện và hiệu suất xử lý tăng dần và đạt sự ổn định cao trong các tuần tiếp theo COD từ 61 ÷ 95%, NH_4^+ - N từ 32 ÷ 60%. Tuy nhiên nếu tiếp tục tăng lưu lượng cấp khí vượt 5 (lít/phút) thì hiệu suất xử lý bắt đầu giảm dần. Hiện tượng này có thể giải thích như sau: Nếu lưu lượng sục khí quá lớn dẫn đến lực cắt tác động lên bùn hạt lớn, làm cho bùn hạt dễ vỡ, cấu trúc bùn hạt phát triển không ổn định, vì vậy hiệu quả xử lý sẽ đạt hiệu quả không cao. Ngược lại nếu lưu lượng cấp khí quá nhỏ thì sẽ kích thích sự phát triển của các vi sinh vật kỵ khí, nên trong bể phản ứng các

vi sinh vật hiếu khí không đủ sinh khối cần thiết để xử lý nước thải hiệu quả theo mong muốn. Từ kết quả thí nghiệm có thể thấy, hiệu suất xử lý đạt hiệu quả cao khi lưu lượng sục khí dao động từ 1,5 ÷ 5 (lít/phút). Kết quả này của nghiên cứu cũng tương đồng với nhiều kết quả nghiên cứu khác trên thế giới [22; 39; 46]. Việc tăng lưu lượng sục khí từ 2,5 (lít/phút) lên 3,5 (lít/phút) giúp tăng hiệu quả xử lý COD từ 80% lên trên 90% đối với nước thải đô thị tại Singapor [46]. Trong thí nghiệm của luận án, lưu lượng sục khí được điều chỉnh có giá trị từ 1 ÷ 5 (lít/phút). Đây là khoảng giá trị an toàn cho quá trình nuôi bùn hạt hiếu khí [28]. Trong quá trình tăng dần lưu lượng sục khí, có thể thấy lưu lượng sục khí có ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý, sự ảnh hưởng được thể hiện qua Hình 4.10 bên dưới.



Hình 4. 10. Mối liên hệ giữa lưu lượng sục khí và hiệu quả xử lý của bùn hạt hiếu khí

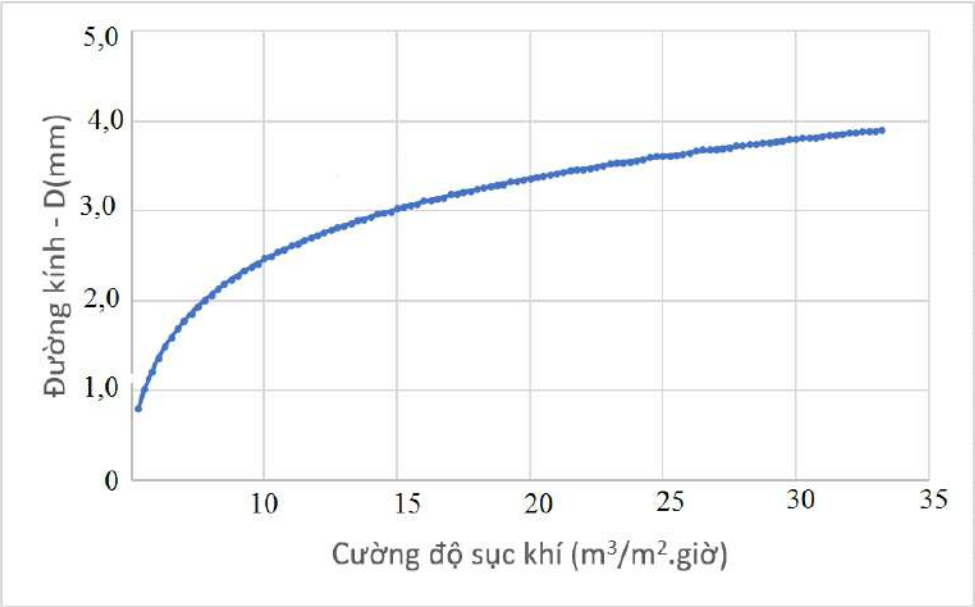
4.2.4. Cường độ sục khí

Yếu tố cường độ sục khí rất quan trọng đối với sự phát triển đường kính hạt bùn. Nếu để cường độ sục khí quá lớn sẽ dẫn đến phá vỡ hạt. Ngược lại nếu để cường độ sục khí quá nhỏ sẽ không đủ gây xáo trộn đều các hạt bùn, làm cho bùn bị lắng xuống. Kết quả nghiên cứu tại mô hình B cho thấy cường độ sục khí thuận lợi nhất cho quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí là q = 12,5 ÷ 28,5 (m^3/m^2.giờ).

Theo các nghiên cứu trên thế giới thì cường độ sục khí an toàn để có thể phát triển bùn hạt là q = 6 ÷ 37 (m^3/m^2.giờ) [101; 102]. Nếu cường độ sục khí mà bé hơn 6 (m^3/m^2.giờ) thì sẽ làm cho bùn hạt dễ lắng xuống dưới đáy bể, ngược lại nếu cường độ sục khí mà lớn hơn 37 (m^3/m^2.giờ) sẽ làm cho hạt bùn vỡ dần cấu trúc của hạt [101; 102]. Theo nghiên cứu của

Yang, Liu, Tay (2004) về mối quan hệ giữ cường độ sục khí và sự tăng trưởng đường kính bùn hạt là một hàm số bậc 1 [97].

Căn cứ vào kết quả thí nghiệm của luận án, ta vẽ được biểu đồ mối liên hệ giữa cường độ sục khí và đường kính bùn hạt hiếu khí được trình bày tại Hình 4.11. Ta thấy cường độ sục khí thuận lợi nhất cho sự hình thành và phát triển bùn hạt là q = 12,5 ÷ 28,5 (m^3/m^2.giờ).



Hình 4. 11. Mối liên hệ giữa cường độ sục khí và đường kính bùn hạt hiếu khí

4.2.5. Thời gian lắng

Thời gian lắng có vai trò quan trọng đối với sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí. Khi thời gian lắng càng ngắn, những hạt bùn có khả năng lắng nhanh sẽ được lựa chọn, ngược lại những hạt bùn có khả năng lắng kém sẽ không lắng được và trôi theo dòng nước tại pha xả ra ngoài. Trong thời gian thực hiện thí nghiệm, để nâng cao hiệu quả tạo hạt thời gian của pha lắng được điều chỉnh giảm liên tục từ 30 (phút) xuống 20 (phút). Trung bình cứ 5 ngày điều chỉnh giảm thời gian lắng xuống 2 phút/1 lần giảm. Kết quả cho thấy hiệu quả tạo bùn hạt tăng dần và hiệu quả xử lý không giảm và đạt mức ổn định ở thời gian lắng 20 phút. Nguyên nhân khi giảm thời gian lắng xuống, các bông bùn lơ lửng sẽ bị đào thải, đây là những bông bùn có khả năng xử lý nước thải kém. Những hạt bùn có khả năng lắng tốt hơn được giữ lại, đây là những hạt bùn có khả năng xử lý nước thải tốt hơn. Ngoài ra, trong giai đoạn này quá trình hình thành và phát triển của bùn hạt xảy ra mạnh mẽ hơn. Vì trong giai đoạn lắng không cấp thêm nước thải vào gọi là "giai đoạn đói ăn của vi khuẩn". Giai đoạn này đóng một vai trò quan trọng đối với sự hình thành các hạt hiếu khí, đồng thời cũng là giai đoạn quan trọng đối với khả năng xử lý hiệu quả của bùn hạt hiếu khí. Sự hình thành hạt hiếu khí được bắt đầu bởi giai đoạn đói. Nó làm cho vi khuẩn kỵ nước hơn, thúc đẩy quá

trình tạo hạt từ các bông bùn. Đây là cách thức tập hợp của các tế bào chống lại giai đoạn đói thức ăn. Khi bùn hạt tăng trưởng, mật độ sinh khối cao hơn dẫn đến khả năng loại bỏ các chất hữu cơ có trong nước thải cũng cao hơn. Tuy nhiên nếu thời gian lắng quá ngắn sẽ dẫn đến rửa trôi thêm nhiều hạt bùn, kéo theo hiệu suất làm việc chung của hệ xử lý giảm xuống, nên việc giảm thời gian lắng chỉ ở một mức độ nhất định. Đối với thí nghiệm của luận án thời gian lắng tối ưu là 20 phút. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với nhiều nghiên cứu trên thế giới đã nghiên cứu quá trình XLNT của bùn hạt hiếu khí trên công nghệ SBR với thời gian lắng 15 ÷ 20 phút. Các nghiên cứu của Beun, Hendriks, Loosdrecht (1999) hoặc nghiên cứu của Liu, Moy và cộng sự (2007) cho kết quả tương tự [22; 39; 46].

4.2.6. Nhiệt độ

Các nghiên cứu về sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí chưa nhiều. Các nghiên cứu trên thế giới phần lớn chỉ đánh giá được nhiệt độ bảo quản của bùn hạt hiếu khí. Các nghiên cứu của Liu, Moy và cộng sự (2007) mới đánh giá được nhiệt độ bảo quản của bùn hạt hiếu khí ở 4 ÷ 5^0C khoảng 4 tháng [46].

Vì vậy trong nội dung luận án chỉ đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ phòng trong thời gian làm thí nghiệm. Điều kiện thí nghiệm là nhiệt độ phòng luôn biến đổi từ 25 ÷ 35^0C. Qua các phân tích thí nghiệm, nhóm nghiên cứu thấy khi nhiệt độ dao động nhưng hiệu quả xử lý về cơ bản vẫn ổn định, nồng độ bùn và tốc độ lắng vẫn ổn định. Điều này chứng minh nhiệt độ môi trường dao động không nhiều tại Việt Nam sẽ ít ảnh hưởng đến hiệu quả làm việc của bùn hạt hiếu khí. Như vậy có thể kết luận rằng nhiệt độ môi trường từ 25 ÷ 35^0C hầu như không ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý của bùn hạt hiếu khí.

4.2.7. Độ pH

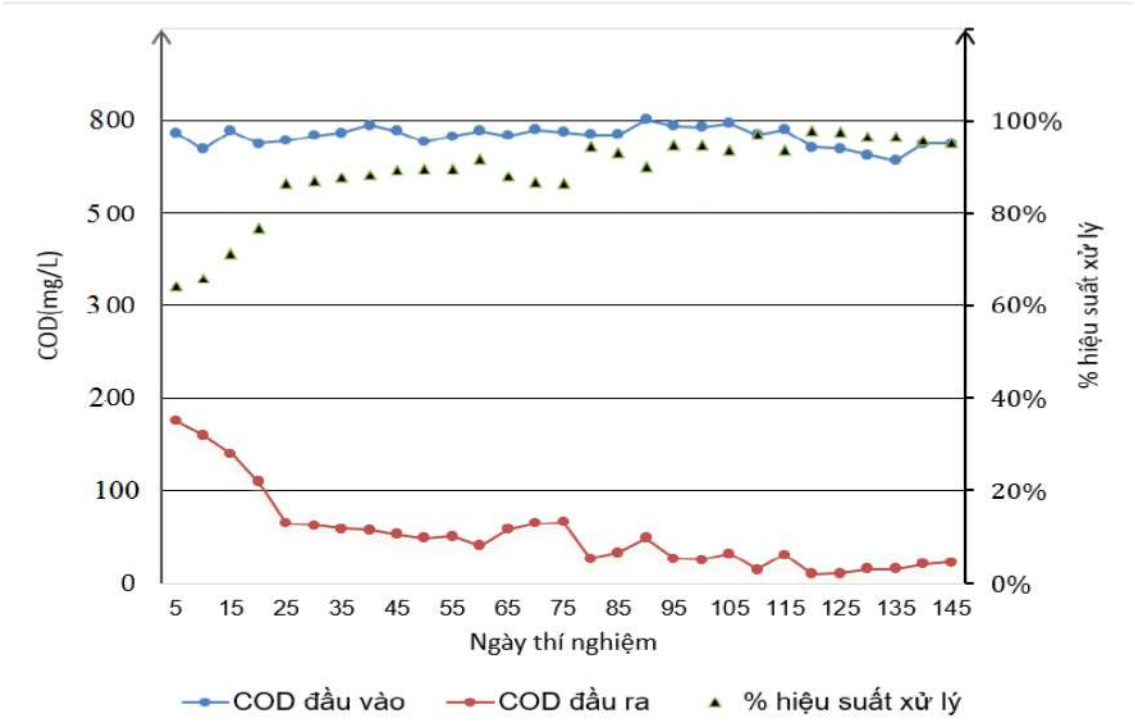
Thí nghiệm được thực hiện với nước thải đô thị có độ pH = 6,1 ÷ 8,0, trong quá trình làm thí nghiệm tác giả nhận thấy rằng khi pH giảm, quá trình Nitrat và khử Nitơ diễn ra chậm hơn mặc dù các điều kiện thí nghiệm khác không thay đổi. Nguyên nhân do thiếu sự khử nitơ trong bùn hạt, sự kết tủa hóa học của Phốt pho trong bùn hạt có thể không xảy ra, do đó làm giảm mật độ hạt làm cho hạt lắng kém. Kết quả thí nghiệm của nhóm nghiên cứu cũng phù hợp với một số nghiên cứu trên thế giới [22; 39; 46]. Các đề tài này chứng minh khi pH càng thấp thì khả năng xử lý của bùn hạt càng kém và thiếu ổn định.

4.3. Kết quả loại bỏ COD, NH_4^+ - N, chỉ số MLSS và tỷ lệ MLVSS/MLSS, SVI_{30} trong quá trình nuôi bùn hạt hiếu khí

Căn cứ vào kết quả nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí tại mô hình B, khả năng XLNT của bùn hạt hiếu khí trong quá trình nuôi bùn hạt tại mô hình B được đánh giá qua hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm.

4.3.1. Kết quả loại bỏ COD

Để xác định COD, trung bình 5 ngày sẽ lấy mẫu phân tích 1 lần. Thời gian phân tích kéo dài khoảng 4 ÷ 5 tháng, thí nghiệm bắt đầu từ ngày 22/04/2020 và kết thúc 11/09/2020, ngày thứ 5 (ngày 5) lấy mẫu phân tích được tính sau 5 ngày đầu tiên khởi động mô hình, các ngày sau có cách tính thời gian tương tự. Kết quả phân tích COD của nước thải đầu vào và nước thải đầu ra được trình bày tại Hình 4.12.



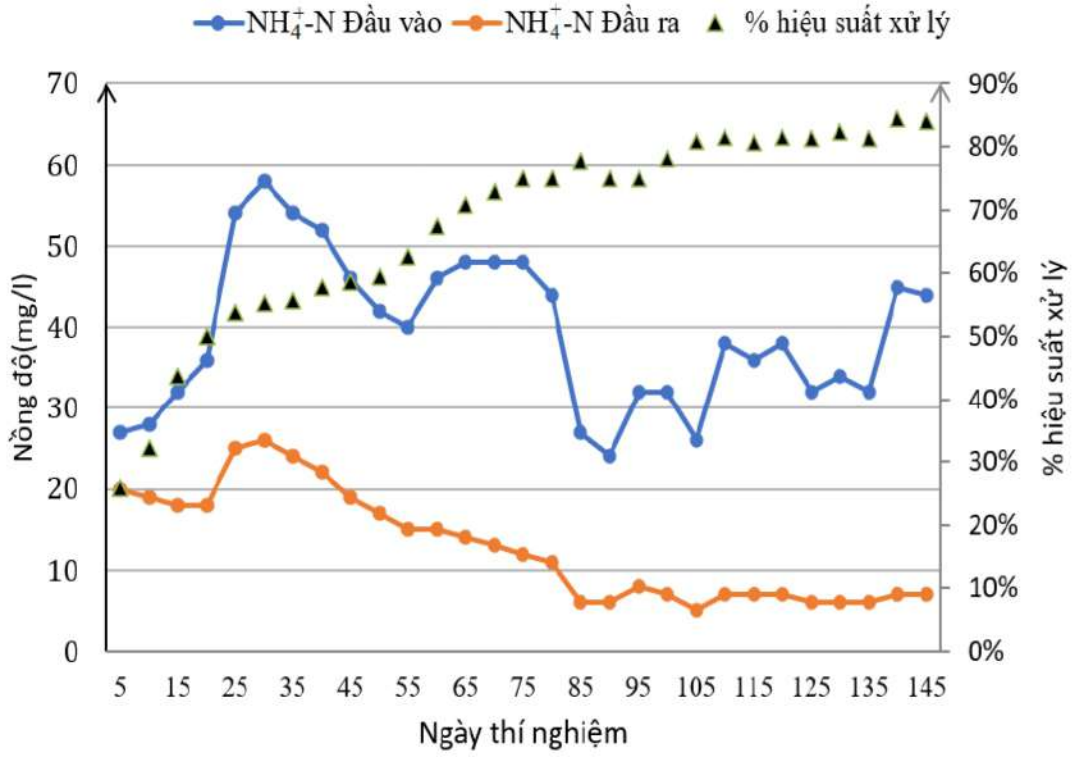
Hình 4. 12. Kết quả xử lý COD trong quá trình nuôi bùn hạt hiếu khí

Giai đoạn khoảng 4 ÷ 5 ngày đầu khởi động mô hình, hiệu quả loại bỏ COD chưa cao và không ổn định chỉ ở mức 40 ÷ 50%. Các ngày 5 ÷ 25 tiếp theo, hiệu quả xử lý tăng dần từ 60 ÷ 80%, hiệu quả loại bỏ cũng không ổn định. Từ ngày thứ 30 ÷ 35 trở đi hiệu quả loại bỏ COD luôn ở mức cao 80 ÷ 90% và luôn duy trì mức độ ổn định. Điều này có thể lý giải do sự hoạt động của các vi khuẩn trong bể phản ứng SBR đã đạt trạng thái ổn định. Hiệu quả xử lý tăng cùng với sự gia tăng sinh khối trong bể và sự tăng kích thước hạt bùn. Sau 5 tuần vận hành, hiệu suất xử lý COD đầu ra luôn lớn hơn 90% hiệu quả đạt được cao nhất 97,7%. Sự thay đổi trong các giai đoạn có thể được giải thích do từ tuần thứ 5, bùn hạt tăng nhanh

kích thước 3 ÷ 4 (mm) nên hiệu quả xử lý tốt hơn. Như vậy, có thể thấy hiệu quả loại COD của bùn hạt phụ thuộc vào kích thước, độ ổn định của hạt bùn và nồng độ sinh khối trong bể.

4.3.2. Kết quả loại bỏ NH_4^+- N

Tương tự như quá trình xác định hiệu quả loại bỏ COD, để xác định chỉ số NH_4^+ - N, trung bình 5 ngày sẽ lấy mẫu phân tích 1 lần. Thời gian phân tích kéo dài khoảng 4 ÷ 5 tháng, thí nghiệm bắt đầu từ ngày 22/04/2020 và kết thúc 11/09/2020, ngày thứ 5 (ngày 5) lấy mẫu phân tích được tính sau 5 ngày đầu tiên khởi động mô hình, các ngày sau có cách tính thời gian tương tự. Kết quả phân tích chỉ số NH_4^+ - N của nước thải đầu vào và nước thải đầu ra được trình bày tại Hình 4.13.

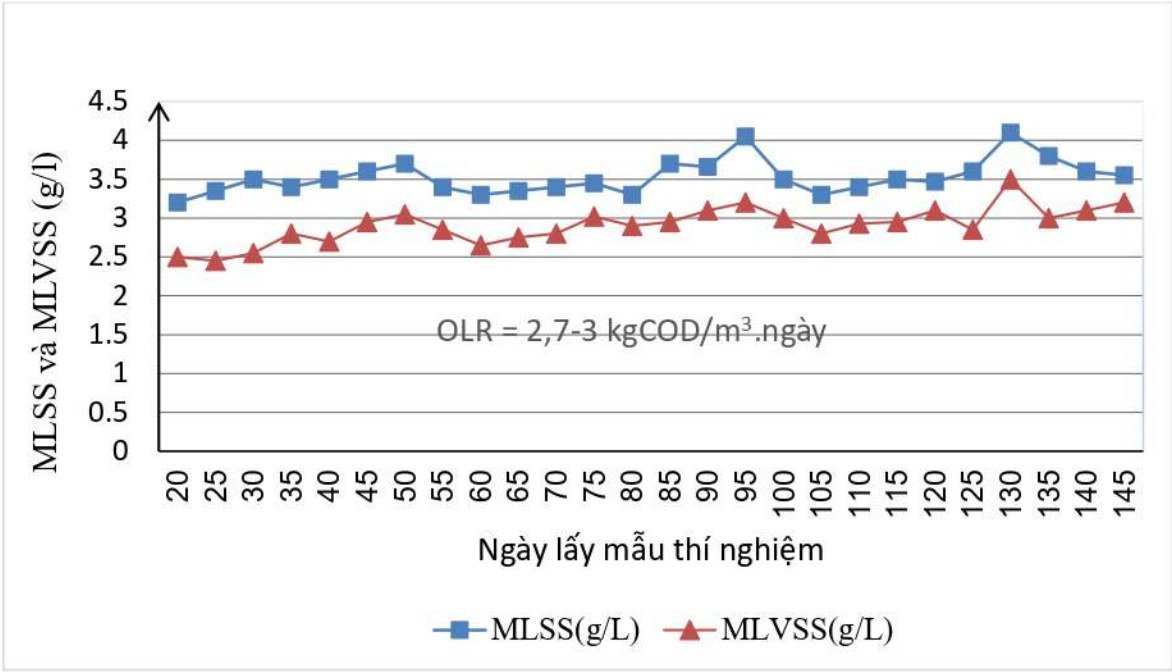


Hình 4. 13. Kết quả xử lý NH_4^+ - N

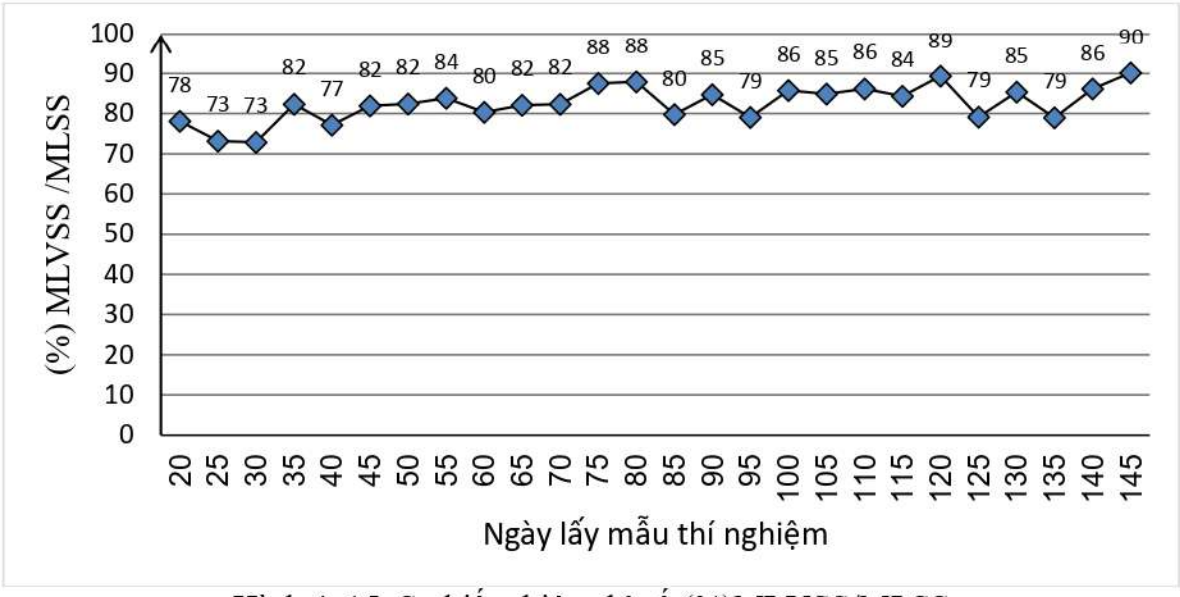
Giai đoạn khoảng 4 ÷ 5 ngày đầu khởi động mô hình, hiệu quả loại bỏ NH_4^+ - N chưa cao và không ổn định chỉ ở mức 20 ÷ 30%. Các ngày tiếp theo, hiệu quả xử lý tăng dần từ 40 ÷ 70%, hiệu quả loại bỏ cũng ổn định dần. Từ ngày thứ 70 trở đi hiệu quả loại bỏ NH_4^+ - N luôn ở mức cao trên 80% và luôn duy trì mức độ ổn định. Điều này có thể lý giải bằng sự hoạt động hiệu quả của bùn hạt hiếu khí tăng dần khi sự phát triển của bùn hạt hiếu khí đã đạt mức ổn định. Khi bùn hạt đã có cấu trúc ổn định và nồng độ bùn tăng cao thì hiệu quả xử lý cũng sẽ ổn định theo.

4.3.3. Chỉ số MLSS và tỷ lệ MLVSS/MLSS

Chỉ số MLSS, MLVSS và tỷ lệ MLVSS/MLSS trong thời gian 145 ngày thí nghiệm được thể hiện tại Hình 4.14 và 4.15.



Hình 4. 14. Chỉ số MLSS và MLVSS



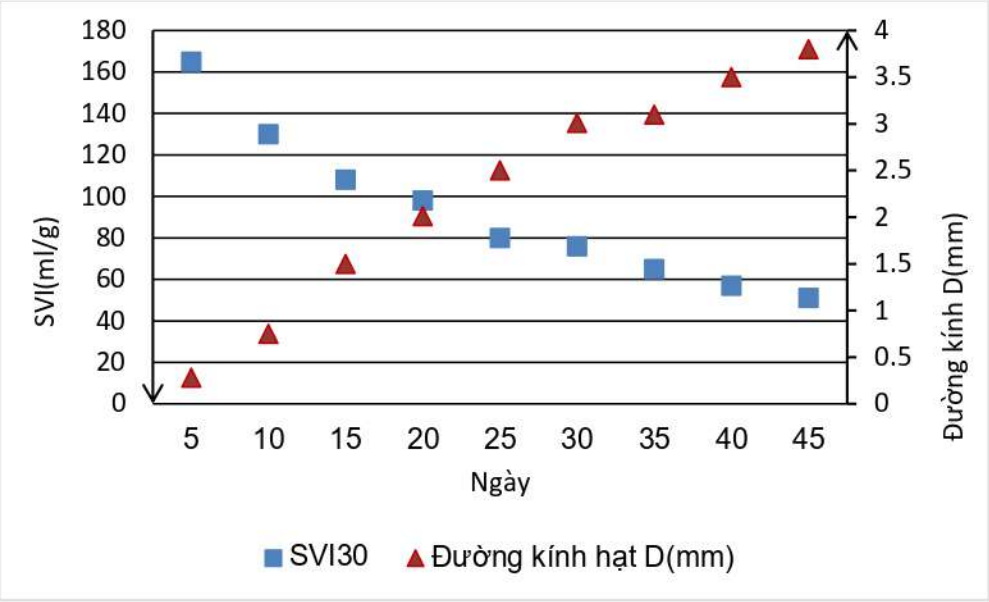
Hình 4. 15. Sự biến thiên chỉ số (%)MLVSS/MLSS

Giá trị MLSS và MLVSS biến thiên qua các giai đoạn làm thí nghiệm, MLSS dao động ở mức 3,2 ÷ 4,0 (g/l), MLVSS là 2,45 ÷ 3,2 (g/l), MLVSS/MLSS dao động từ 73 ÷ 90%. Gía trị trên được ổn định vì sau 42 ÷ 45 ngày, khi bùn hạt đã được nuôi trưởng thành bùn hạt được thu hoạch định kỳ để phục vụ cho thí nghiệm 3. Đó là thí nghiệm dùng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị thực tế tại Hà Nội. Qúa trình thu hoạch bùn hạt luôn đảm bảo cho giá trị MLSS trong bể nuôi bùn có ít sự thay đổi nhất.

4.3.4. Chỉ số SVI_{30}

Để đánh giá khả năng lắng của bùn hạt hiếu khí ta dùng chỉ số SVI_{30} . Trong quá trình hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí chỉ số SVI_{30} luôn có xu hướng giảm dần, và ổn định khi bùn hạt hiếu khí đạt đến sự phát triển trưởng thành.

- Giai đoạn 1 (sau 7 ngày làm thí nghiệm): Chỉ số SVI_{30} thay đổi chậm và có giá trị < 165 (ml/g) là phổ biến.
- Gia đoạn 2 (sau 14 ngày làm thí nghiệm): Chỉ số SVI_{30} có xu hướng giảm giá trị < 108 (ml/g) là phổ biến.
- Gia đoạn 3 (sau 21 ÷ 28 ngày làm thí nghiệm): Chỉ số SVI_{30} có xu hướng giảm nhanh hơn các giai đoạn 1 và 2, giá trị < 80 (ml/g) là phổ biến.
- Gia đoạn 4 (sau 30 ÷ 35 ngày làm thí nghiệm): Chỉ số SVI_{30} vẫn có xu hướng giảm nhanh, giá trị < 65 (ml/g) là phổ biến.
- Gia đoạn 5 (sau 35 ÷ 45 ngày làm thí nghiệm): Chỉ số SVI_{30} giảm về giá trị < 51 (ml/g). Chỉ số SVI_{30} có giá trị ổn định trong giai đoạn này và các giai đoạn nuôi bùn hạt hiếu khí sau đó.



Hình 4. 16. Sự thay đổi SVI_{30} và đường kính bùn hạt hiếu khí

4.3.5. Bàn luận

a. Qúa trình loại bỏ COD

Trong quá trình nuôi bùn hạt hiếu khí, quá trình hình thành hạt và quá trình loại bỏ các chất hữu cơ trong nước thải luôn diễn ra đồng thời. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả XLNT trong quá trình hình tạo bùn hạt rất tốt. Giai đoạn 1 ÷ 5 ngày đầu tiên là giai đoạn khởi động của mô hình, bùn hoạt tính cho vào mô hình chưa thích nghi hoàn toàn với môi trường trong

bể nên hiệu suất xử lý chưa cao, với hiệu suất loại bỏ 64 ÷ 65%COD. Trong các tuần tiếp theo bùn hạt hiếu khí dần hình thành nên hiệu quả xử lý cũng tăng theo hiệu suất loại bỏ COD tăng từ 65% lên 91%. Đến giai đoạn bùn hạt hiếu khí hình thành và phát triển ổn đinh quả xử lý cũng ổn định và luôn duy trì ở mức cao. Hiệu quả loại bỏ bỏ trên 95%COD. So sánh kết quả nghiên cứu xử lý cơ chất của luận án và kết quả của các nghiên cứu trong và ngoài nước cũng cho kết quả tương tự như: nghiên cứu của nhóm tác giả trường Đại Học Tài Nguyên và Môi Trường, Đại học Huế (2015) cho thấy kết quả loại bỏ COD 85 ÷ 95% khi nghiên cứu với nước thải khu công nghiệp Phú Bài [5]; kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả Trương Thị Bích Hồng và cộng sự - Đại Học Quốc gia TP Hồ Chí Minh (2016) cho kết quả loại bỏ trên 90%COD khi nghiên cứu với nước thải nhà máy chế biến bột sắn, [9]; Nohayati Abdullah và cộng sự (2011) cho kết quả loại bỏ trên 91 ÷ 97%COD khi nghiên cứu với nước thải nhà máy chế biến dầu cọ [69]; E.Morgenroth và cộng sự (1997) cho kết quả loại bỏ ổn định ở 87%COD khi nghiên cứu với nước thải nhà máy chế biến đường mía [34]; Yong Qiang Liu, Benjamin Moy và cộng sự (2010) cho kết quả loại bỏ 81 ÷ 90%COD khi nghiên cứu với nhà máy XLNT sinh hoạt thông thường [99]; Gaetano Di Bella và cộng sự (2014) cho kết quả loại bỏ 50 ÷ 60%COD nghiên cứu với nước rỉ rác [35].

Từ các kết quả so sánh trên có thể thấy kết quả loại bỏ COD trong nghiên cứu này là rất tốt, kết quả nghiên cứu này sẽ làm cơ sở khoa học cho việc ứng dụng vào trong thực tế tại Việt Nam.

b. Qúa trình loại bỏ NH_4^+ - N

Tương tự quá trình loại bỏ COD, quá trình loại bỏ NH_4^+ - N trong nước thải luôn diễn ra đồng thời với quá trình nuôi bùn hạt hiếu khí và quá trình hình thành hạt. Qúa trình loại bỏ NH_4^+ - N khi SRT tăng lên đủ để các vi khuẩn amoni hóa phát triển trên bề mặt hạt. Do thiếu chất nền nitrit, vi khuẩn oxy hóa nitrit phát triển chậm hơn. Nguyên nhân phát triển chậm hơn là quá trình oxy hóa nitrit thành nitrat. Hiệu quả xử lý sẽ ổn định dần khi cấu trúc và sự tăng trưởng của bùn hạt đạt tới sự ổn định. Giai đoạn 1 ÷ 5 ngày đầu tiên là giai đoạn khởi động của mô hình, bùn hoạt tính cho vào mô hình chưa thích nghi hoàn toàn với môi trường trong bể nên hiệu suất xử lý chưa cao, với hiệu suất loại bỏ 25 ÷ 30% NH_4^+ - N. Trong các tuần tiếp theo bùn hạt hiếu khí dần hình thành nên hiệu quả xử lý cũng tăng theo hiệu suất loại bỏ NH_4^+ - N tăng từ 32% lên 60%. Đến giai đoạn bùn hạt hiếu khí hình thành và phát triển ổn đinh quả xử lý cũng ổn định và luôn duy trì ở mức cao. Hiệu quả loại bỏ bỏ trên 84% NH_4^+ - N.

So sánh kết quả nghiên cứu của luận án và kết quả của các nghiên cứu trong và ngoài nước cũng cho kết quả tương tự.

Đối với các đề tài trong nước, điển hình có các đề tài sau: kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả Trương Thị Bích Hồng và cộng sự - Đại Học Quốc gia TP Hồ Chí Minh (2016) cho kết quả loại bỏ NH_4^+ - N từ 79 ÷ 82% khi nghiên cứu với nước thải nhà máy chế biến bột sắn [9]; kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả Nguyễn Trọng Lực, Nguyễn Phước Dân và cộng sự - Đại Học Quốc gia TP Hồ Chí Minh (2009) cho kết quả loại bỏ NH_4^+ - N từ 75 ÷ 90% khi nghiên cứu nuôi bùn hạt hiếu khí với chất mang là vỏ sò nghiền [11].

Đối với các đề tài ngoài nước, điển hình có các đề tài sau: kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả Yong Qiang Liu, Benjamin Moy và cộng sự (2010) cho kết quả loại bỏ trên 50% NH_4^+ - N khi nghiên cứu với nhà máy XLNT sinh hoạt thông thường [99]; kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả Yong Qiang Liu, Benjamin Moy và cộng sự (2007) cho kết quả loại bỏ trên 90% NH_4^+ - N khi nghiên cứu với nước thải tải trọng hữu cơ thấp tại Singapor [46].

Tương tự như kết quả loại bỏ COD, các kết quả so sánh trên có thể thấy kết quả loại bỏ NH_4^+ - N của luận án là rất tốt, kết quả nghiên cứu này sẽ làm cơ sở khoa học cho việc ứng dụng vào trong thực tế tại Việt Nam.

c. Chỉ số MLSS và MLVSS

Nồng độ bùn liên quan đến SRT, khi SRT quá thấp sẽ làm giảm nồng độ bùn và ảnh hưởng đến khả năng XLNT. Thời gian đầu do quá trình rửa trôi nên chỉ số MLSS thay đổi liên tục, mặc dù quá trình loại bỏ COD và NH_4^+ - N vẫn diễn ra khi SRT thay đổi. Khi các hạt bùn lớn xuất hiện nhiều hơn chỉ số MLSS ổn định nên hiệu suất loại bỏ nitơ tương đối ổn định. Kết quả phân tích chỉ số giá trị MLSS và MLVSS có sự dao động trong quá trình làm thí nghiệm, MLSS dao động ở mức 3,2 ÷ 4,0 (g/l), MLVSS là 2,45 ÷ 3,2 (g/l), MLVSS/MLSS dao động từ 73 ÷ 90%.

Nếu so sánh với các đề tài nghiên cứu khác trong nước như: kết quả nghiên cứu của tác giả Trương thị Bích Hồng - Đại Học Quốc gia TP Hồ Chí Minh (2019) khi nghiên cứu ứng dụng bùn hạt hiếu khí kết hợp với màng lọc cho kết quả loại chỉ số MLSS = 9 ÷ 10 (g/l), MLSS/MLVSS > 90% [10]; hoặc kết quả nghiên cứu của tác giả Võ Thành Lê – Viện công nghiệp giấy Xenluylo (2018) đã nghiên cứu hiệu quả XLNT của bùn hạt hiếu khí với nước thải nhà máy giấy có MLSS = 5,98 (g/l), MLSS/MLVSS đạt 86% [12].

Hoặc các kết quả quả nghiên cứu trên thế giới như: nhóm tác giả Liu, Tay và cộng sự (2001) cho kết quả MLSS = 5,9 ÷ 8,6 (g/l), MLSS/MLVSS đạt 90% khi nghiên cứu nuôi bùn hạt hiếu khí với nước thải tải trọng hữu cơ cao tại Singapor [79]. Hoặc kết quả nghiên cứu của

nhóm tác giả Tay, Shun Pan và cộng sự (2004) cho kết quả MLSS = 12 (g/l) khi nghiên cứu nuôi bùn hạt hiếu khí với nước thải tải trọng hữu cơ cao trong phòng thí nghiệm có OLR 4 ÷ 8 (kgCOD/m^3.ngày) [78].

Qua sự so sánh kết quả đạt được của luận án và các kết quả nghiên cứu trên thế giới có thể thấy giá trị MLSS thay đổi rất nhiều tùy thuộc vào các loại nước thải và tùy thuộc vào tải trọng hữu cơ. Gía trị MLSS của luận án ổn định ở mức thấp hơn là do đã có sự thu hoạch bùn hạt để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

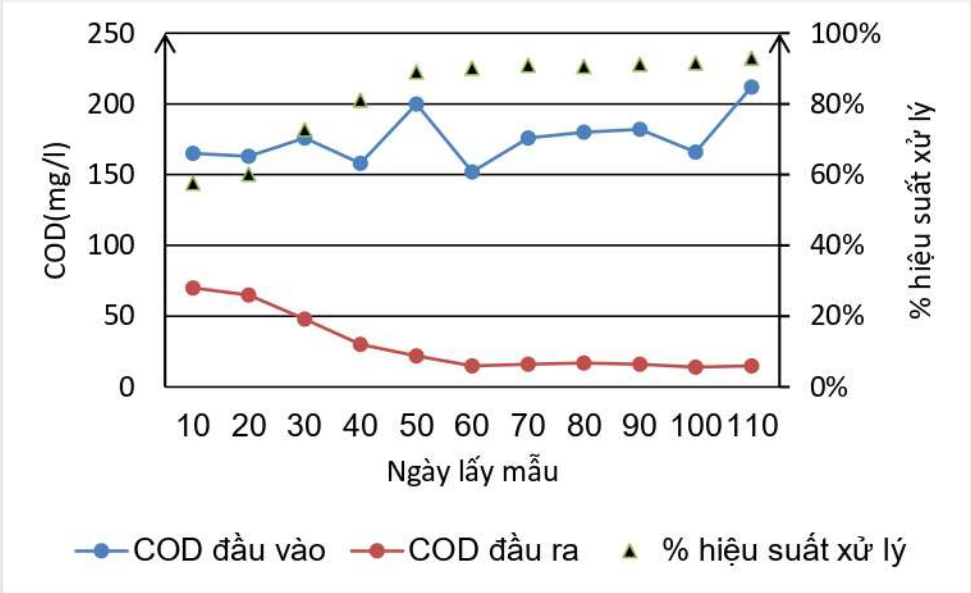
4.4. Ứng dụng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Hà Nội trong phòng thí nghiệm

Trong mục này sẽ đánh giá hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải đô thị (chất hữu cơ, Nitơ, Phốt pho) cũng như sự ổn định của quá trình sinh học sử dụng bùn hạt hiếu khí trong mô hình bể SBR (thông qua các thông số bùn).

4.4.1. Hiệu quả loại bỏ chất hữu cơ và dinh dưỡng

a. Hiệu quả loại bỏ COD

Để xác định chỉ số COD, trung bình 10 ngày sẽ lấy mẫu phân tích 1 lần. Thời gian nghiên cứu bắt đầu từ ngày 31/03/2021 và kết thúc 31/07/2021. Ngày lấy mẫu phân tích được tính từ lúc khởi động mô hình thí nghiệm. Kết quả phân tích COD của nước thải đầu vào và nước thải đầu ra, hiệu suất xử lý được trình bày tại Hình 4.17.



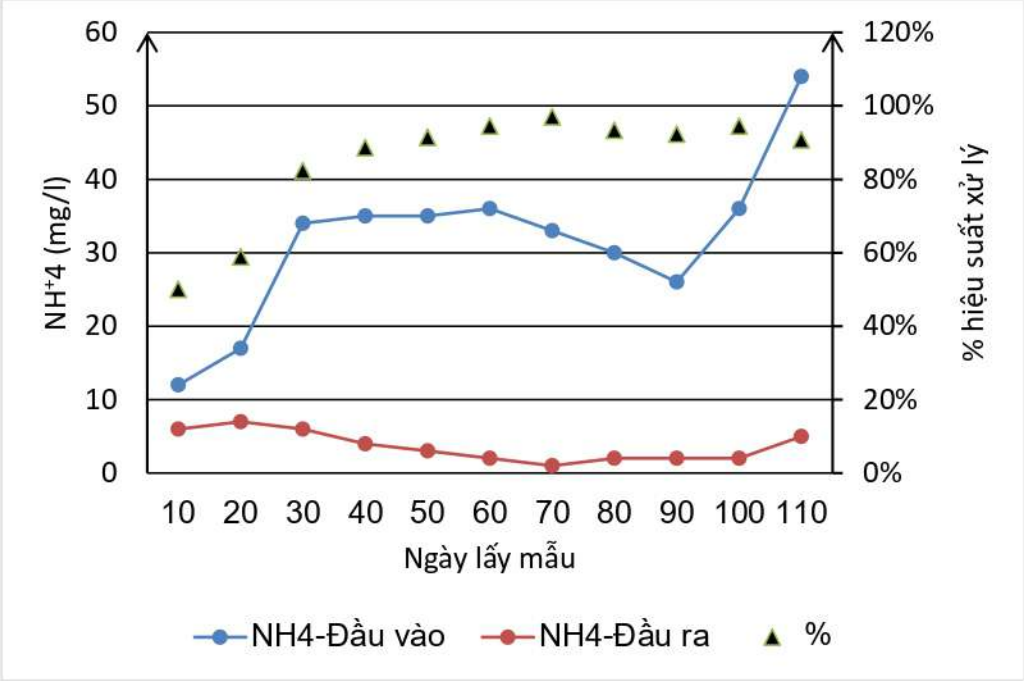
Hình 4. 17. Hiệu quả xử lý COD của bùn hạt hiếu khí đối với nước thải đô thị tại Hà Nội

Từ kết quả thí nghiệm xử lý nước thải thật của bùn hạt hiếu khí trên công nghệ SBR có thể thấy hiệu quả loại bỏ COD trong nước thải sau khi xử lý có sự tăng dần sau nhiều ngày thí nghiệm. Giai đoạn 1÷ 5 ngày đầu tiên là giai đoạn khởi động của mô hình, bùn hạt hiếu khí cho vào chưa thích nghi hoàn toàn với môi trường trong bể nên hiệu suất xử lý chưa cao, với

hiệu suất loại bỏ 50÷ 60%COD. Trong các tuần tiếp theo do vi sinh vật trong bùn hạt đã dần thích nghi nên hiệu quả xử lý cũng tăng theo hiệu suất loại bỏ COD tăng từ 60% lên 90% trong khoảng thời gian 10 ÷ 25 ngày. Đến giai đoạn tiếp theo, do bùn hạt đã thích nghi hoàn toàn với môi trường thí nghiệm nên hiệu quả xử lý cũng ổn định và luôn duy trì ở mức cao, với hiệu suất loại bỏ trên 92%COD. Điều này có thể lý giải do sự hoạt động của các vi khuẩn trong bể phản ứng SBR đã đạt trạng thái ổn định. Kết quả thí nghiệm chứng minh việc sử dụng bùn hạt hiếu khí để loại bỏ các chất hữu cơ có trong nước thải đô thị tại Việt Nam là hoàn toàn khả thi.

b. Hiệu quả loại bỏ $NH_4^+ - N$

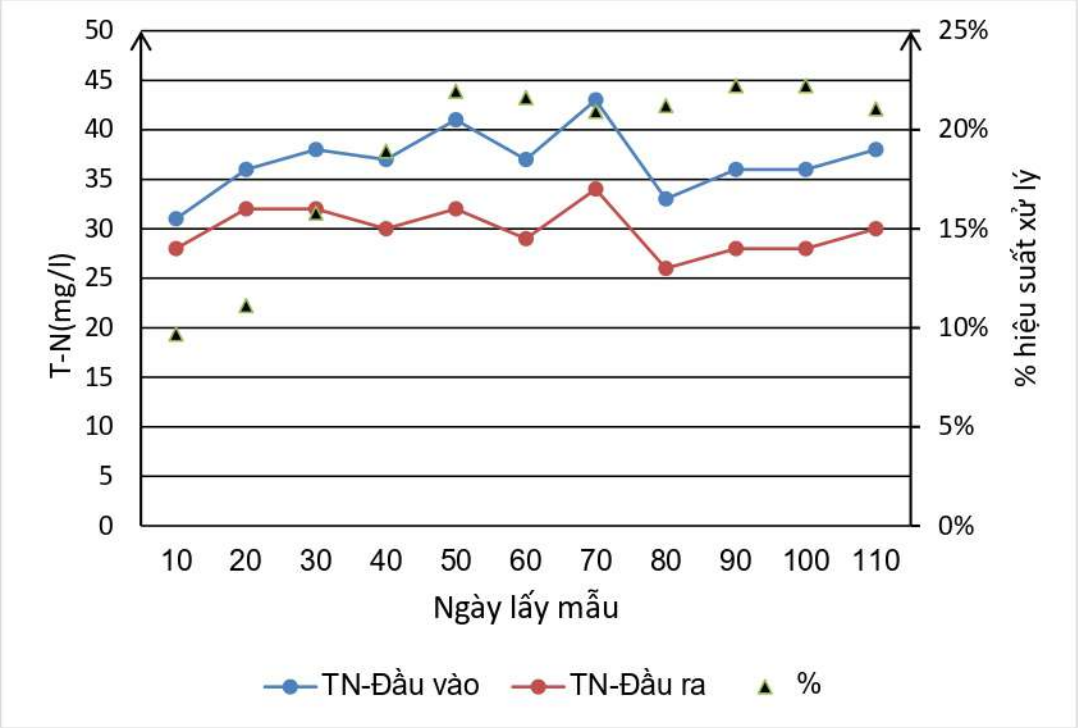
Tương tự như kết quả xử lý COD, kết quả xử lý NH_4^+ - N của bùn hạt hiếu khí trên công nghệ SBR có sự tăng dần sau nhiều ngày thí nghiệm. Giai đoạn 1÷ 5 ngày đầu tiên là giai đoạn khởi động của mô hình, bùn hạt hiếu khí cho vào chưa thích nghi hoàn toàn với môi trường trong bể nên hiệu suất xử lý chưa cao, với hiệu suất loại bỏ 25 ÷ 30% NH_4^+ - N. Trong các tuần tiếp theo do vi sinh vật trong bùn hạt đã dần thích nghi nên hiệu quả xử lý cũng tăng theo hiệu suất loại bỏ NH_4^+ - N tăng từ 45% lên 89% trong khoảng thời gian 10 ÷ 25 ngày. Đến giai đoạn tiếp theo, do bùn hạt đã thích nghi hoàn toàn với môi trường thí nghiệm nên hiệu quả xử lý cũng ổn định và luôn duy trì ở mức cao, với hiệu suất loại bỏ trên 80% NH_4^+ - N. Hiệu quả xử lý có giao động thay đổi trong khoảng thời gian sau 35 ngày. Tuy nhiên xu hướng vẫn ổn định và đạt hiệu suất ở mức cao. Kết quả thí nghiệm chứng minh việc sử dụng bùn hạt hiếu khí để loại bỏ các chất hữu cơ có trong nước thải đô thị tại Việt Nam là hoàn toàn khả thi. Kết quả phân tích chỉ số NH_4^+ - N của nước thải đầu vào và nước thải đầu ra, hiệu suất xử lý được trình bày tại Hình 4.18.



Hình 4. 18. Hiệu quả xử lý $NH_4^+ - N$

c. Hiệu quả loại bỏ T–N

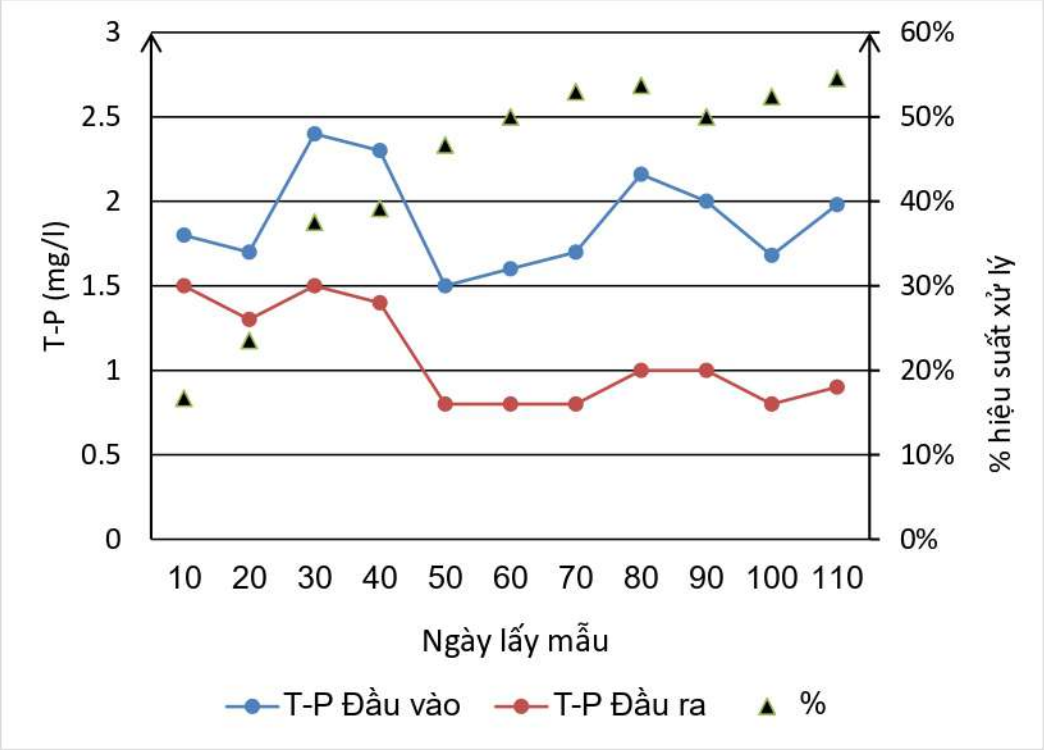
Thí nghiệm bùn hạt hiếu khí XLNT đô thị có tải trọng hữu cơ thấp trên công nghệ SBR cho kết quả xử lý T-N không cao nếu so sánh với các nghiên cứu khác tương tự trên thế giới [22; 39; 46]. Hiệu quả cao nhất chỉ từ 20 ÷ 21%, hiệu quả xử lý T-N có sự tăng dần sau nhiều ngày thí nghiệm. Giai đoạn 1 ÷ 5 ngày đầu tiên là giai đoạn khởi động của mô hình, bùn hạt hiếu khí cho vào chưa thích nghi hoàn toàn với môi trường trong bể nên hiệu suất xử lý chưa cao và chưa ổn định, với hiệu suất loại bỏ 9 ÷ 10% T-N. Trong các tuần tiếp theo do vi sinh vật trong bùn hạt đã dần thích nghi nên hiệu quả xử lý cũng tăng theo hiệu suất loại bỏ T-N tăng từ 15% lên 20% trong khoảng thời gian 10 ÷ 25 ngày. Hiệu quả xử lý có giao động thay đổi trong khoảng thời gian sau 35 ngày. Tuy nhiên xu hướng vẫn ổn định và đạt hiệu suất ở mức trung bình là 20-21%. Việc loại bỏ T-N là do trong cấu trúc bùn hạt bao gồm các vi sinh vật sống ở bề mặt hạt, vi sinh vật thiếu khí và vi sinh vật kỵ khí sống ở các lớp dưới bề mặt hạt. Các vi sinh vật này hoạt động sẽ tạo ra các quá trình hiếu khí - thiếu khí – kỵ khí, đây là cơ chế để loại bỏ T-N trong nước thải. Kết quả phân tích chỉ số T-N của nước thải đầu vào và nước thải đầu ra, hiệu suất xử lý được trình bày tại Hình 4.19.



Hình 4. 19. Hiệu quả xử lý T-N

d. Hiệu quả loại bỏ T–P

Tương tự như quá trình loại bỏ T-N, việc loại bỏ T-P trong nước thải cũng đạt hiệu suất không cao nếu so sánh với các nghiên cứu khác tương tự trên thế giới [22; 39; 46]. Kết quả loại bỏ T-P của thí nghiệm ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị trên công nghệ SBR đạt mức trung bình. Hiệu quả cao nhất chỉ từ 45 ÷ 54%, hiệu quả xử lý T-P có sự tăng dần sau nhiều ngày thí nghiệm. Giai đoạn 1 ÷ 5 ngày đầu tiên là giai đoạn khởi động của mô hình, bùn hạt hiếu khí cho vào chưa thích nghi hoàn toàn với môi trường trong bể nên hiệu suất xử lý chưa cao, với hiệu suất loại bỏ 16 ÷ 23%T-P. Trong các tuần tiếp theo do vi sinh vật trong bùn hạt đã dần thích nghi nên hiệu quả xử lý cũng tăng theo hiệu suất loại bỏ T-P tăng từ 35% lên 50% trong khoảng thời gian 10 ÷ 25 ngày. Trong các ngày tiếp theo, hiệu quả xử lý ổn định ở mức trung bình là 50 ÷ 52%. Kết quả phân tích chỉ số T-P của nước thải đầu vào và nước thải đầu ra được trình bày tại Hình 4.20.



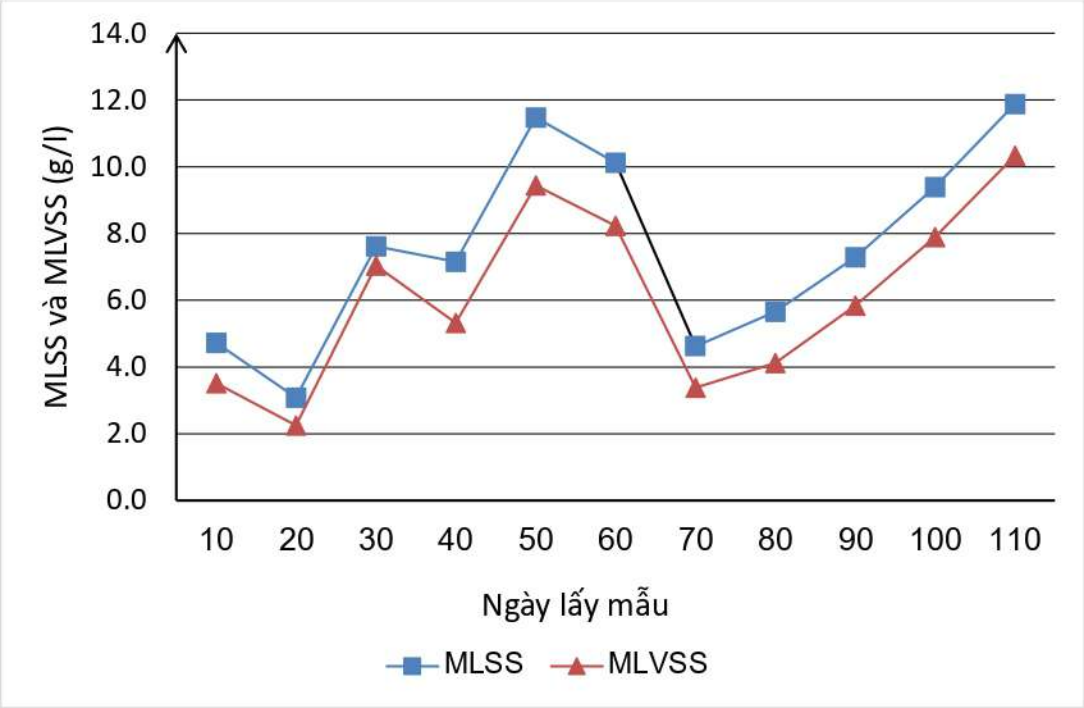
Hình 4. 20. Hiệu quả xử lý T-P

4.4.2. Đánh giá sự ổn định của quá trình bùn hạt hiếu khí

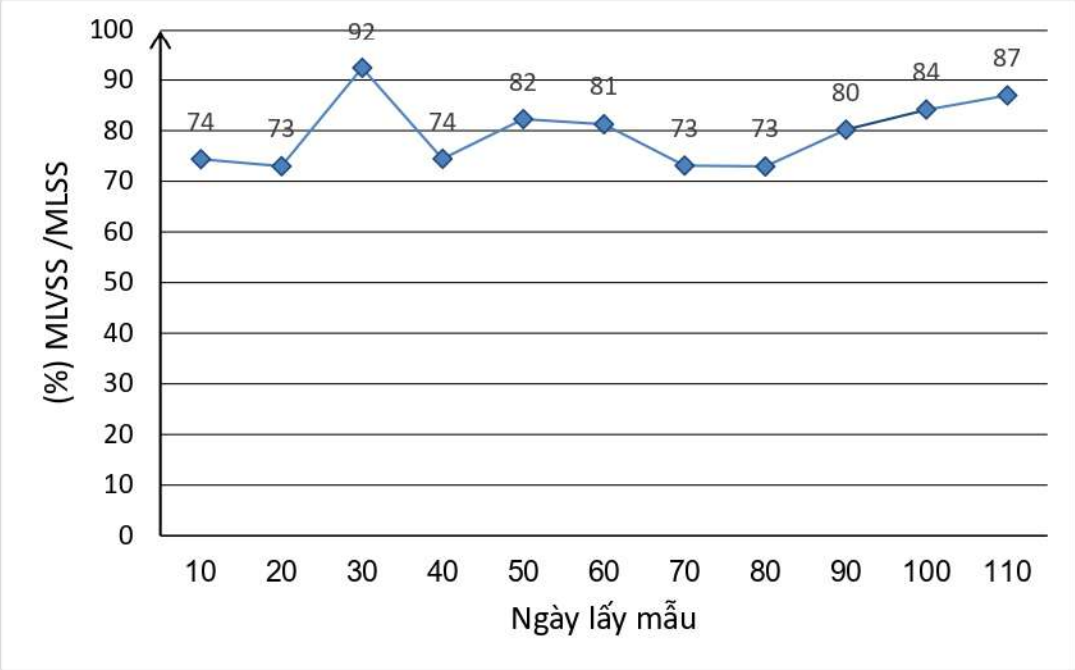
a. Nồng độ bùn MLSS và tỷ lệ MLVSS/MLSS

Gía trị MLSS và MLVSS luôn biến thiên trong quá trình làm thí nghiệm, trong giai đoạn từ ngày thứ 5 ÷ 20 MLSS có dấu hiệu bị giảm từ 4,5 ÷ 3,8 (g/l) tương đương khoảng 15%. Giai đoạn từ ngày 20 ÷ 50 MLSS tăng từ 3,8 ÷ 11,5 (g/l), đây là mức tăng cao nhất trong quá trình làm thí nghiệm. Từ ngày thứ 50 ÷ 70 lại có dấu hiệu giảm từ 11,5 ÷ 4,2 (g/l), quá trình giảm nồng độ bùn có thể do trong quá trình chạy thí nghiệm nguồn điện cấp cho máy thổi khí bị gián đoạn; tuy nhiên sau khi điều chỉnh mô hình ổn định giá trị MLSS lại tăng từ 4,2 ÷ 11,8 (g/l). Tương tự, chỉ số MLVSS cũng có sự dao động trong quá trình thí nghiệm và dao động từ 2,1 ÷ 10,2 (g/l). Tỷ lệ% MLVSS/MLSS luôn ổn định trong suốt quá trình làm thí nghiệm là 74 ÷ 92%. Từ kết quả thí nghiệm có thể thấy, nồng độ bùn hạt hiếu trong quá trình XLNT đô thị tải trọng thấp có sự dao động, nhưng sự dao động không lớn. Giai đoạn chỉ số MLSS của bùn hạt hiếu khí trong bể SBR giảm sâu nhất so với lúc ban đầu là giai đoạn ngày thứ 5 ÷ 20, mức giảm khoảng 15%. Giai đoạn giảm thấp thứ 2 là ngày thứ 70, với mức giảm so với thời điểm ban đầu là khoảng 6,6%. Như vậy, nếu muốn ứng dụng hiệu quả bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị có tải trọng hữu cơ thấp thì phải có giải pháp bổ sung nồng độ bùn hao hụt và thay thế lượng bùn quá tuổi. Theo các nghiên cứu trên thế giới tuổi của bùn hạt hiếu khí khoảng 12 ÷ 15 ngày [13; 35].

Chỉ số MLSS, MLVSS và tỷ lệ MLVSS/MLSS trong thời gian thí nghiệm được thể hiện Hình 4.21 và Hình 4.22.



Hình 4. 21. Sự thay đổi MLSS và MLVSS trong quá trình thí nghiệm

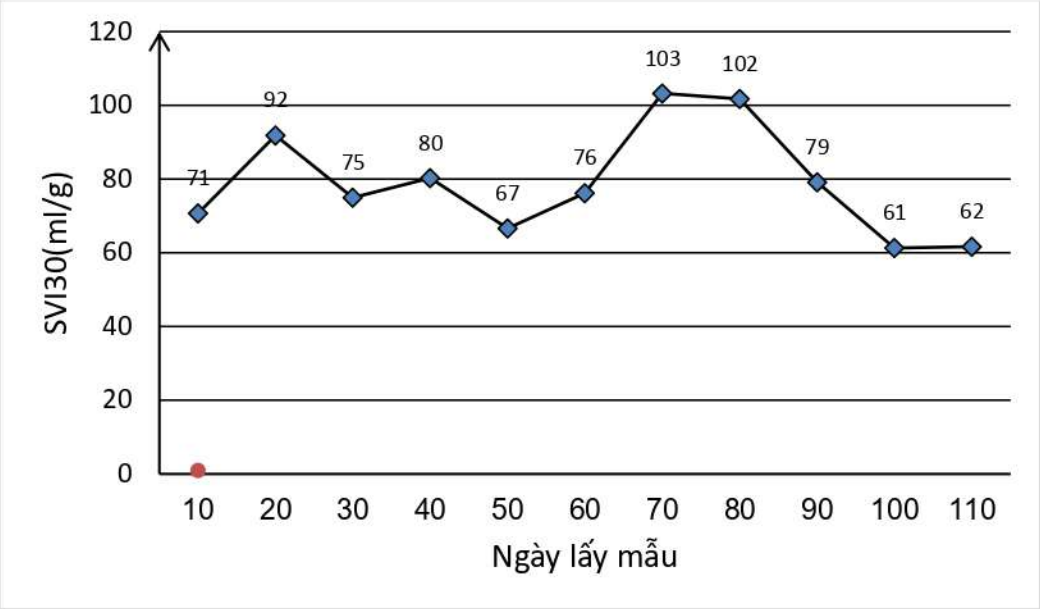


Hình 4. 22. Sự thay đổi của tỷ lệ MLVSS/MLSS trong quá trình thí nghiệm

b. Chỉ số SVI_{30}

Chỉ số SVI_{30} luôn biến thiên trong quá trình làm thí nghiệm, trong giai đoạn từ ngày thứ 5 ÷ 20, SVI_{30} có dấu hiệu bị giảm từ 71 ÷ 92 (ml/g). Giai đoạn từ ngày 20 ÷ 50, SVI_{30} giảm từ 92 ÷ 67 (ml/g). Từ ngày thứ 50 ÷ 70 lại có dấu hiệu tăng từ 67 ÷ 103 (ml/g), quá trình tăng chỉ số SVI_{30} có thể do trong quá trình chạy thí nghiệm nguồn điện cấp cho máy thổi khí bị

gián đoạn làm cho một số hạt bùn bị vỡ; tuy nhiên sau khi điều chỉnh mô hình ổn định giá trị SVI_{30} lại giảm và ổn định ở mức từ 79 ÷ 61 (ml/g).



Hình 4. 23. Chỉ số SVI_{30} trong quá trình làm thí nghiệm

4.4.3. Bàn luận

a. Sự ổn định của bùn hạt hiếu khí

Nước thải sinh hoạt đô thị luôn chứa nhiều hợp chất hữu cơ khác nhau, các chất hữu cơ như nitơ và phốt pho có thể có ở dạng hạt hoặc hòa tan, tính chất nước thải thường không ổn định. Đối với các chất hữu cơ dạng hòa tan có thể tách ra khỏi nước thải bằng phương pháp bùn hoạt tính. Tuy nhiên đối với chất hữu cơ dạng hạt có thể là yếu tố thúc đẩy quá trình tạo bùn hạt [45]. Theo quan sát trong quá trình ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị, bùn hạt nhỏ có xuất hiện khi XLNT đô thị, tuy nhiên có sự dao động và không ổn định theo thời gian làm cho giá trị MLSS thay đổi, bùn hạt có dấu hiệu vỡ do sự thay đổi của tải trọng hữu cơ nước thải đầu vào. Quá trình khởi động mô hình thí nghiệm với nước thải đô thị lâu hơn so với nước thải nhân tạo. Nguyên nhân có thể là do khả năng phân hủy sinh học của các chất hữu cơ trong nước thải đô thị thấp hơn nước thải nhân tạo. Điều này có nghĩa là không chỉ tải trọng hữu cơ OLR quan trọng đối với quá trình tạo bùn hạt hiếu khí mà số lượng chất hữu cơ có trong nước thải cũng đóng vai trò quan trọng [55]. Trong nước chưa có nghiên cứu nào ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị nên chưa thể có sự so sánh, bàn luận, đây là điểm mới của đề. Tuy nhiên trên thế giới đã có ứng dụng bùn hạt hiếu khí trong lĩnh vực XLNT, việc đánh giá sự ổn định của bùn hạt hiếu khí cũng được tiến hành. Tùy đặc điểm nước thải từng nơi mà sự ổn định của bùn hạt có sự khác nhau. Nghiên cứu của nhóm tác giả Yong Qiang Liu, Benjamin Moy và cộng sự (2007) khi nghiên

cứu với nước thải sinh hoạt có tải trọng hữu cơ thấp tại Singapor, kết quả cho thấy sự ổn định của bùn hạt hiếu khí là rất tốt [45]. Hoặc nghiên cứu của Beun, Heijnen và cộng sự (2001), nghiên cứu về quá trình loại bỏ Nitơ của bùn hạt hiếu khí đối với nước thải đậm đặc. Kết quả trong 142 ngày làm thí nghiệm nồng độ bùn hạt hiếu khí tăng dần và ổn định [23].

b. Khả năng loại bỏ dinh dưỡng trong nước thải

Thời gian đầu của quá trình làm thí nghiệm, bùn hạt hiếu khí chưa thích nghi hoàn toàn với môi trường nước thải đô thị tại Hà Nội, hiệu suất loại bỏ các chất dinh dưỡng trong nước thải không cao và không ổn định, đặc biệt là quá trình loại bỏ ni-tơ. Tuy nhiên sau đó, hệ bùn hạt hiếu khí trong bể SBR hoạt động ổn định hơn, thời gian lưu bùn (SRT) tăng nên hiệu suất loại bỏ các chất dinh dưỡng cũng ổn định và tăng dần. Hiệu suất loại bỏ T-N thấp là do luôn có sẵn cacbon trong thời gian yếm khí. Nên quá trình khử nitơ không được hiệu suất cao, sự hấp thụ cacbon giảm đáng kể.

Qúa trình loại bỏ phốt pho diễn ra bình thường, phốt pho được lấy từ các quá trình trung gian là chủ yếu. Tuy nhiên, khi hệ bùn hạt hiếu khí hoạt động ổn định quần thể các vi sinh vật tích lũy phốt pho gia tăng, những sinh vật này phát triển mạnh tạo thành các quần thể vi khuẩn lớn giúp tăng cường độ chặt của bùn hạt. Khi tải trọng hữu cơ càng cao thì quần thể các vi sinh vật tích lũy phốt pho càng phát triển mạnh. Vì vậy nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp là nguyên nhân khiến hiệu suất loại bỏ T-P và T-N khó khăn hơn.

Kết quả thí nghiệm cho thấy việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Việt Nam trên mô hình công nghệ SBR là khả thi vì hiệu quả xử lý COD và NH_4^+ - N phù hợp với QCVN hiện hành. Hiệu quả loại bỏ trung bình COD trên 90% , NH_4^+ - N trên 80%, T-P là 45 ÷ 54% khi mô hình đạt trạng thái hoạt động ổn định là một kết quả tốt. Tuy nhiên kết quả loại bỏ T-N là 20 ÷ 21%, chỉ ở mức trung bình và thấp, điều này cho thấy còn nhiều vấn đề cần khắc phục đối với việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị có tải trọng hữu cơ thấp tại Việt Nam. Kết quả nghiên cứu của luận án cho thấy sự tương đồng với các kết quả nghiên cứu trên thế giới như:

Nghiên cứu của Nohayati Abdullah và cộng sự (2011) [69]; E.Morgenroth và cộng sự (1997) [34]; Yong Qiang Liu, Benjamin Moy và cộng sự (2010) [99]; Gaetano Di Bella và cộng sự (2014) [35].

Ngoài các đề tài nghiên cứu, bùn hạt hiếu khí cũng đã chứng minh sự hiệu quả trên thế giới khi đem ứng dụng vào thực tế, có một số nhà máy ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị và cho hiệu quả khá tốt như: Nhà máy XLNT Opfikon Kloten – Thụy Sỹ, công suất thiết kế 26000 (m^3/ngày), xử lý nước thải đô thị; Nhà máy XLNT Wemmershoek – Nam Phi, công

suất thiết kế 5000 (m^3/ngày), xử lý nước thải đô thị; Nhà máy XLNT Highworth – Vương Quốc Anh, công suất thiết kế 1444 (m^3/ngày); Nhà máy XLNT Clonakilty – Ireland, công suất thiết kế 5000 (m^3/ngày). Tất cả các nhà máy này đều cho kết quả đã thành công với hiệu suất xử lý COD, amoni, nitơ, phốt pho đạt tiêu chuẩn của địa phương [37].

Bảng 4. 4. So sánh kết quả XLNT đô thị tại Hà Nội bằng bùn hạt hiếu khí của luận án và một số nghiên cứu khác liên quan

Thông tin so sánh / **Tên đề tài, tên tác giả so sánh**	**Nước thải xử lý**	**Hiệu quả xử lý T-N (%)**	**Hiệu quả xử lý T-P (%)**	**Chỉ số SVI_{30} (ml/g)**	**Hiệu quả xử lý COD (%)**	**Hiệu quả xử lý NH_4^+ - N (%)**
Kết quả nghiên cứu của luận án	Nước thải lấy từ Trạm XLNT đô thị Kim Liên - Hà Nội, Việt Nam.	≥ 20 đến 21%	≥ 50 đến 52%	61 đến 62	≥ 92%	≥ 80%
Nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí khử COD và Ammonia trên bể SBR. Nguyễn Trọng Lực, Nguyễn Phước Dân, Trần Tây Nam. Sở Khoa học và Công nghệ Phú Yên, Trường Đại Học Bách Khoa TPHCM (2009) [11].	Nước thải tổng hợp.	-	-	11,4 đến 44,2	≥ 96%	≥ 75%
Nghiên cứu sự hình thành bùn hạt hiếu khí và đánh giá khả năng giảm nghẹt màng của mô hình bùn hạt hiếu khí kết hợp lọc màng (AGMBR). Trương Thị Bích Hồng – Đại học quốc gia TPHCM [10].	Nước thải được lấy từ nhà máy chế biến bột mì.	49,4 đến 66,1	46,8 đến 62,5	-	≥ 90%	≥ 90%
Nghiên cứu công nghệ tạo bùn hạt hiếu khí nhằm nâng cao hiệu quả xử lý nước thải của nhà máy liên hợp bột và	Nước thải được lấy từ nhà máy chế biến bột giấy.	-	-	48,8 đến 60	≥ 82%	-

Thông tin so sánh / Tên đề tài, tên tác giả so sánh	Nước thải xử lý	Hiệu quả xử lý T-N (%)	Hiệu quả xử lý T-P (%)	Chỉ số SVI_{30} (ml/g)	Hiệu quả xử lý COD (%)	Hiệu quả xử lý NH_4^+ - N (%)
giấy. Võ Thành Lê - Viện công nghiệp Giấy và Xenluylô [12].						
Aerobic granular sludge formation for high strength agro-based wastewater treatment. Nohayati Abdullah và cộng sự (2011) [69].	Nước thải được lấy từ nhà máy chế biến tinh dầu cọ.	-	-	-	≥ 91%	≥ 97%
Aerobic Grannular Sludge in a Sequencing batch reactor. E. Morgenroth và cộng sự (1997) [34].	Nước thải được lấy từ nhà máy chế biến mật mía.	-	-	-	≥ 87%	-
Formation, physical characteristics and microbial community structure of aerobic granules in a pilot - scale sequencing batch reactor for real wastewater treatment. Yong-Qiang Liu, Benjamin Moy, Yun-Hua Kong, Joo-Hwa Tay (2010) [99].	Nước thải được lấy từ nhà máy XLNT khu công nghiệp tại địa phương.	-	-	-	≥ 80%	≥ 50%
Aerobic Granular Sludge for Leachate Treatment. Gaetano Di Bellaa, Michele Torregrossa và các cộng sự (2014) [35].	Nước thải được lấy từ nhà máy XLNT rỉ rác tại địa phương.	-	-	-	40 đến 50%	-
COD removal and nitrification of low-strength domestic wastewater in aerobic granular sludge sequencing batch reactors. Yong-Qiang Liu , Benjamin Yan-Pui	Nước thải sinh hoạt tại Singapore có tải trọng hữu cơ thấp.	-	-	-	≥ 90%	-

Thông tin so sánh / Tên đề tài, tên tác giả so sánh	Nước thải xử lý	Hiệu quả xử lý T-N (%)	Hiệu quả xử lý T-P (%)	Chỉ số SVI_{30} (ml/g)	Hiệu quả xử lý COD (%)	Hiệu quả xử lý NH_4^+ - N (%)
Moy, Joo-Hwa Tay và các cộng sự (2007). [46].						
Growth kinetics of aerobic granules developed in sequencing batch reactors. Shu-Fang Yang, Joo-Hwa Tay, Yu Liu và các cộng sự (2003). [72].	Nước thải nhân tạo.	-	-	-	95%	-

Từ nội dung tại Bảng 4.4 có thể thấy, các đề tài nghiên cứu trong nước và trên thế giới có kết quả nghiên cứu tương đồng so với kết quả nghiên cứu của luận án, các đề tài này nghiên cứu với nhiều đối tượng nước thải khác nhau. Tuy nhiên, chỉ có nội dung của luận án là nghiên cứu với nước thải đô thị tại Hà Nội. Đây là điểm mới nổi bật của luận án. Nếu so sánh với các nghiên cứu khác liên quan, có thể thấy kết quả nghiên cứu của luận án có hiệu quả xử lý cơ chất rất tốt, hiệu quả xử lý của bùn hạt hiếu khí đối với nước thải đô thị tại Hà Nội luôn ở mức cao. Đặc biệt là hiệu quả loại bỏ COD, NH_4^+ - N, T-P.

4.5. Đánh giá hiệu quả ứng dụng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị và khả năng ứng dụng vào thực tế

4.5.1. Đánh giá khả năng xử lý cơ chất

Khả năng xử lý cơ chất của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị đã được chứng minh qua kết quả thí nghiệm của luận án. Hiệu quả loại bỏ chất dinh dưỡng BOD_5, COD, NH_4^+ - N, khá cao nếu so sánh với hệ thống quy chuẩn hiện hành tại Việt Nam và so sánh với một số nhà máy XLNT đang áp dụng công nghệ bùn hoạt tính truyền thống tại Việt Nam. Số liệu đánh giá, so sánh xem Bảng 4.2.

Bảng 4. 5. Kết quả khảo sát và so sánh hiệu quả xử lý của một số nhà XLNT điển hình tại Việt Nam với kết quả nghiên cứu của luận án [14]

TT	Tên nhà máy/trạm XL	Thông số khảo sát đầu ra			
		COD (mg/l)	BOD_5 (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)
1	Kim Liên	22	11	16	0,4

TT	Tên nhà máy/trạm XL	Thông số khảo sát đầu ra			
		COD (mg/l)	BOD_5 (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)
2	Trúc Bạch	24	12	15	0,4
3	Yên Sở	24	10	8	-
4	Bắc Thăng Long	17	9	13	-
5	Bình Hưng	30	3	7	0,7
6	Bình Hưng Hòa	50	30	-	0,1÷0,3
7	Bãi Cháy - TP Hạ Long	32	20	-	-
8	Hà Khánh - TP Hạ Long	68	23	-	-
9	Phú Lộc	76	38	21	2
10	Ngũ Hành Sơn	47	29	13	2
11	Sơn Trà	50	26	14	6
12	Hòa Cường	66	33	19	2
13	TP Đà Lạt	65	14	8	-
14	Buôn Ma Thuột	98	45	23	-
15	TP Bắc Giang	25	-	-	-
16	Kết quả nghiên cứu trong luận án	15÷22	8÷9	26÷30	0,8÷1,5
17	QCVN 14:2008/BTNMT (Cột B)	-	50	50	10
18	QCVN 14:2008/BTNMT (Cột A)	-	30	30	6
19	QCVN 40:2011/BTNMT (Cột B)	150	50	40	6
20	QCVN 40:2011/BTNMT (Cột A)	75	30	20	4

Từ kết quả khảo sát và so sánh có thể thấy, hiệu quả loại bỏ cơ chất của các nhà máy XLNT điển hình tại Việt Nam có sự thay đổi rất lớn, tùy thuộc vào công nghệ áp dụng và nồng độ cơ chất nước thải đầu vào. Mặc dù các nhà máy XLNT đều xử lý nước thải đô thị có tải trọng thấp. Hiệu suất loại bỏ BOD_5, COD, NH_4^+-N, T-N, T-P của các nhà máy XLNT và trong luận án này đều đạt QCVN 14:2008/BTNMT (Cột B) và QCVN 40:2011/BTNMT (Cột B) đối với nước thải đô thị, có một số chỉ tiêu xử lý đạt cột A. Điều này chứng minh việc sử dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT nước thải đô thị tại Việt Nam là khả thi. Tuy nhiên, để có thể áp dụng rộng rãi vào trong thực tế cần có nhiều nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng khi chuyển công nghệ từ phòng thí nghiệm ra ngoài hiện trường vì trong giới hạn luận án chưa thể nghiên cứu hết. Ngoài ra nếu muốn ứng dụng bùn hạt hiếu

khí vào XLNT đô thị cần đưa ra sơ đồ dây chuyền công nghệ phù hợp với điều kiện đặc trưng nước thải tại Việt Nam. Phần đề xuất công nghệ sẽ được trình bày ở các mục sau.

4.5.2. Đánh giá khả năng ứng dụng nghiên cứu vào thực tế

Thông qua kết quả khảo sát thực tế tại các nhà máy XLNT tại Việt Nam và việc phân tích đối chứng giữa kết quả thực nghiệm của luận án cho thấy ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị loãng tại Việt Nam là có cơ sở khoa học vì những lý do sau:

- Hiệu quả loại bỏ BOD_5, COD, NH_4^+ - N, T-P, ổn định và đạt hiệu suất cao khi so sánh với các nhà máy XLNT cùng áp dụng công nghệ SBR và các nhà máy sử dụng công nghệ khác.
- Phù hợp với nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp, vì hầu hết các đô thị tại Việt Nam hiện nay đều sử dụng hệ thống cống chung nên nước thải đều có tải trọng hữu cơ thấp.
- Các nhà máy XLNT tại Việt Nam áp dụng công nghệ SBR rất phổ biến, vì vậy việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR sẽ rất thuận lợi.

Dựa trên kết quả nghiên cứu của luận án sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Hà Nội, hiệu quả loại bỏ trung bình COD trên 90% , NH_4^+ - N trên 80%, T-P là 45 ÷ 54% khi mô hình đạt trạng thái hoạt động ổn định là một kết quả tốt. Tuy nhiên kết quả loại bỏ T-N là 20 ÷ 21%, chỉ ở mức trung bình và thấp. Kết quả nghiên cứu của luận án là cơ sở cho thấy còn một số vấn đề cần khắc phục đối với việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị có tải trọng hữu cơ thấp tại Việt Nam. Đặc biệt là hiệu quả loại bỏ T-N đối với công nghệ này còn thấp. Những hạn chế khi áp dụng vào thực tế việc sử dụng bùn hạt hiếu khí trên bể SBR để XLNT đô thị tại loãng Việt Nam có thể gặp phải bao gồm:

- Hiệu quả loại bỏ T-N không cao, chỉ đạt mức trung bình hoặc thấp, đây là vấn đề khó khăn đối với các loại công nghệ XLNT đang áp dụng tại Việt Nam do đặc thù nước thải đô thị tại Việt Nam có tải trọng hữu cơ thấp.

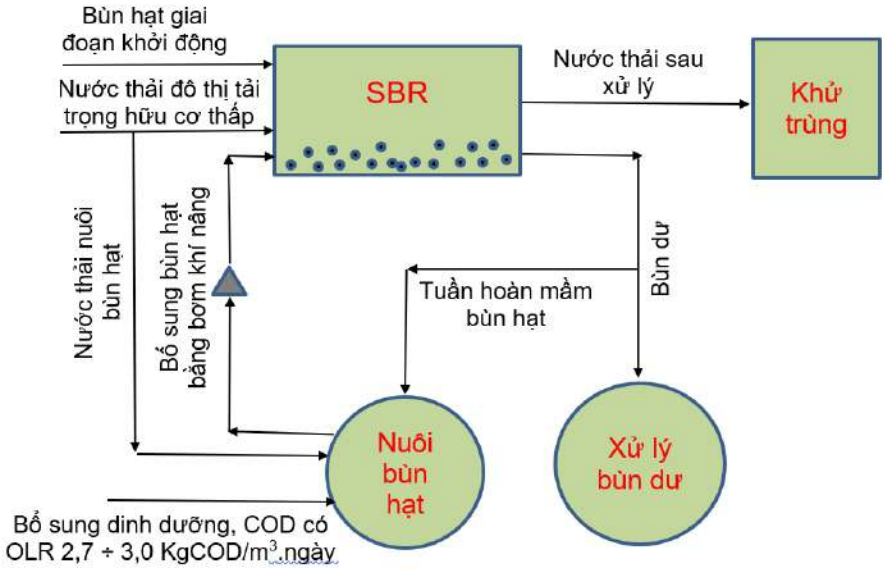
Vì vậy khi áp dụng công nghệ này vào các nhà máy XLNT tại Việt Nam cần phải tùy trường hợp cụ thể và phải có cải tiến thêm về khả năng loại bỏ T-N, nếu như yêu cầu xử lý triệt để.

4.5.3. Đề xuất công nghệ ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Việt Nam

Dựa trên kết quả nghiên cứu nuôi bùn hạt trong phòng thí nghiệm và kết quả ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Hà Nội, một số giải pháp công nghệ được đề xuất để làm cơ sở khoa học ứng dụng trong thực tế tại Việt Nam.

***a. Trường hợp đối với nước thải đô thị loãng có OLR* < 2,0 (kgCOD/m^3.ngày)**

Trong trường hợp này việc nuôi thành công bùn hạt và duy trì nồng độ bùn trong bể phản ứng là khó khăn. Vì vậy trên sơ đồ công nghệ cần có giải pháp bổ sung và duy nồng độ bùn hạt ổn định. Bùn hạt sẽ được nuôi tại một bể riêng với sự bổ sung nguồn dinh dưỡng, COD phù hợp. Lượng bùn hạt cần bổ sung bao gồm bùn bị tan và rửa trôi đi, bùn già. Việc bổ sung bùn hạt để luôn đảm bảo tỷ lệ F/M theo yêu cầu. Sơ đồ có dạng như Hình 4.24.



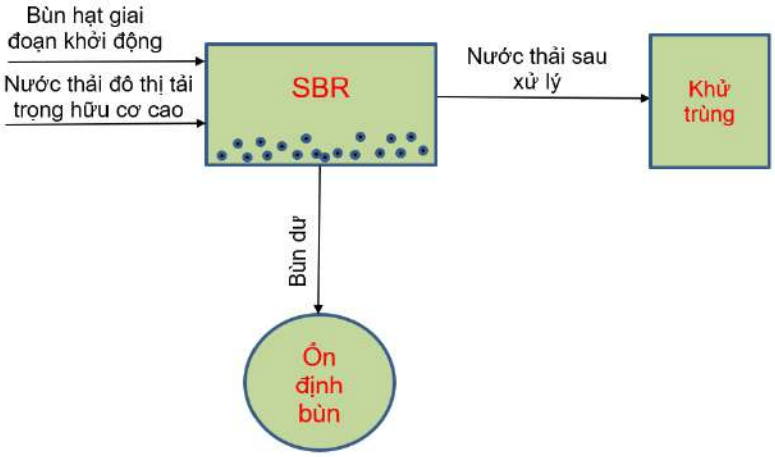
Hình 4. 24. Sơ đồ dây chuyền công nghệ ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tải trọng hữu cơ thấp

Quy trình hoạt động của sơ đồ công nghệ như sau: Nước thải đầu vào bể phản ứng SBR là nước thải đô thị loãng có tải trọng hữu cơ thấp. Trong giai đoạn đầu tiên (giai đoạn khởi động), bùn hạt hiếu khí được đưa vào bể phản ứng đảm bảo tỷ lệ F/M tùy theo mức độ yêu cầu xử lý. Đối với nước thải đô thị loãng có tải trọng hữu cơ thấp, cần phải duy trì ổn định nồng độ bùn hạt nên trong sơ đồ dây chuyền công nghệ có thêm công đoạn nuôi bùn hạt tại một bể riêng. Nước thải dùng để nuôi bùn hạt là nước thải đô thị và có bổ sung thêm nguồn dinh dưỡng từ bên ngoài vào để nước thải nuôi bùn đậm đặc hơn, có tải trọng hữu cơ cao. Theo như kết quả nghiên cứu của luận án nước thải có tải trọng hữu cơ OLR 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày) là đảm bảo nuôi bùn hạt hiếu khí thành công để bổ sung lượng bùn hao hụt tại bể phản ứng trong quá trình vận hành. Theo kết quả thí nghiệm 3, sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Hà Nội, có mộ số thời điểm chỉ số MLSS giảm khoảng 6,6 ÷ 15% so với thời điểm ban đầu. Ngoài ra tuổi bùn hạt hiếu khí kéo dài khoảng 12 ÷ 15 ngày [13; 35], nên cũng cần được thay thế bổ sung. Vì vậy lượng bùn hạt hao hụt cần bổ sung thì tùy theo điều kiện vận hành thực tế để điều chỉnh cho phù hợp. Như vậy, đối với thực trạng nước thải đô thị tại Việt Nam phần lớn là nước thải loãng có tải trọng hữu cơ thấp, nếu muốn

ứng dụng có hiệu quả bùn hạt hiếu khí vào XLNT thì cần phải duy trì nguồn bùn hạt bổ sung từ bên ngoài. Hiện nay trên thế giới các nhà máy XLNT cải tạo từ công nghệ bùn hoạt tính truyền thống sang dùng bùn hạt hiếu khí đề đi theo xu hướng này [37].

b. Trường hợp đối với nước thải đô thị đặc có OLR > 2,5 (kgCOD/m^3.ngày)

Theo kết quả nghiên cứu của luận án đã nuôi cấy thành công bùn hạt với nước thải có OLR 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày). Vì vậy, đối với nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ cao nồng độ bùn hạt luôn được đảm bảo do quá trình hình thành bùn ngay trong bể phản ứng. Trên sơ đồ công nghệ không cần có giải pháp bổ sung và duy nồng độ bùn hạt để luôn đảm bảo tỷ lệ F/M theo yêu cầu. Sơ đồ có dạng như Hình 4.25.



Hình 4. 25. Sơ đồ dây chuyền công nghệ ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tải trọng hữu cơ cao

Đối với nước thải đặc có tải trọng hữu cơ cao, trong bể phản ứng đã cho bùn hạt vào từ giai đoạn khởi động. Vì vậy song song với quá trình XLNT trong bể phản ứng là quá trình hình thành bùn hạt ngay trong bể. Vì vậy không cần phải bổ sung nguồn bùn hạt từ bên ngoài vào trong hệ thống. Vấn đề đặt ra lúc này là xử lý lượng bùn dư để luôn đảm bảo tỷ lệ F/M. Đối với bùn hạt hiếu khí, việc rút và ổn định bùn dư giống với bùn hoạt tính thông thường. Lượng bùn dư được rút ra tùy theo điều kiện tính toán thực tế của từng công trình cụ thể.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

Luận án "Nghiên cứu công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị" đã rút ra được những kết luận sau:

1. Đã xác định được quy trình và các thông số kỹ thuật nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí trong bể SBR đối với nước thải có tải trọng hữu cơ cao trong phòng thí nghiệm tại Việt Nam. Trong nội dung luận án, đã nuôi cấy thành bùn hạt hiếu khí với tải trọng hữu cơ 2,7 ÷ 3,0 (kgCOD/m^3.ngày), cường độ sục khí tối ưu cho quá trình ổn định của bùn hạt hiếu khí là q = 12,5 ÷ 8,5 (m^3/m^2.giờ). Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trên thế giới chỉ nuôi thành công bùn hạt hiếu khí với mức tải trọng hữu cơ 2,5 ÷ 15 (kgCOD/m^3.ngày) [35], cường độ sục khí q = 6 ÷ 37 (m^3/m^2.giờ) [101; 102]. Cụ thể:

+ Thời gian nuôi bùn thành công là 35 ÷ 45 (ngày) để bùn đạt đến kích thước ổn định và trưởng thành.
+ Kích thước ủa bùn hạt hiếu khí trưởng thành là d = 3 ÷ 4 (mm).
+ Hạt bùn có dạng hình cầu, màu vàng nâu, cấu trúc hạt đặc chắc khi trưởng thành.
+ Chỉ số SVI_{30} < 51 (ml/g).
+ Thời gian lắng 20 ÷ 25 (phút).

2. Đã đánh giá được khả năng loại bỏ (xử lý) các chất hữu cơ (COD; NH_4^+ - N; T-N; T-P) trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị có tải trọng hữu cơ thấp (nước thải lấy tại Trạm XLNT Kim Liên – Hà Nội), cụ thể:

+ COD giảm từ 212 (mg/l) xuống còn 17 (mg/l). Hiệu quả xử lý COD trên 92%
+ NH_4^+ - N giảm từ 40 (mg/l) xuống còn 8 (mg/l). Hiệu quả xử lý NH_4^+ - N trên 80%.
+ T-N giảm từ 38 (mg/l) xuống còn 28 ÷ 30 (mg/l). Hiệu quả xử lý T-N từ 20% ÷ 21%.
+ T-P giảm từ 1,98 (mg/l) xuống còn 0,8 ÷ 1,0 (mg/l). Hiệu quả xử lý T-P từ 50% ÷ 52%.
+ Mô hình công nghệ SBR hoạt động 6 chu kỳ/1 ngày, thời gian 1 chu kỳ là 4 (giờ), thời gian sục khí là 3 (giờ), thời gian lắng 20 ÷ 25 (phút).

  Nguyên nhân của hiệu quả xử lý T-N thấp vì nhiều lý do mà trong phạm vi nội dung luận án chưa thể đánh giá được hết.

3. Kết quả nghiên cứu của luận án cho thấy khả năng áp dụng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị là có cơ sở khoa học vì những lý do sau:

+ Hiệu quả loại bỏ COD, NH_4^+-N ổn định và đạt hiệu suất cao khi so sánh với các nhà máy XLNT khác đang áp dụng công nghệ SBR tại Việt Nam và so sánh với quy chuẩn xả thải hiện hành tại Việt Nam (QCVN 14/2008-BTNMT và QCVN 40:2011/BTNMT).
+ Phù hợp với nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp, vì hầu hết các đô thị tại Việt Nam đều sử dụng hệ thống thoát nước chung nên nước thải thường có tải trọng hữu cơ thấp.
+ Các nhà máy XLNT tại Việt Nam áp dụng công nghệ SBR rất phổ biến, việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR rất thuận lợi.
+ Thời gian lắng của bùn hạt hiếu khí ngắn, từ 20 ÷ 25 (phút). Đây là ưu điểm vượt trội của bùn hạt hiếu khí so với bùn hoạt tính thông thường.

Tuy nhiên, việc xử lý (loại bỏ) T-N chưa cao, vì vậy việc áp dụng rộng rãi bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Việt Nam cần thêm thời gian và nhiều nghiên cứu khác.

KIẾN NGHỊ

Do điều kiện thí nghiệm còn hạn chế nên nghiên cứu này chưa thực hiện được một số thí nghiệm yêu cầu thời gian dài và thiết bị phân tích hiện đại, chi phí lớn. Do đó, để làm sáng tỏ thêm bản chất của các quá trình, các hướng nghiên cứu thêm được đưa ra như sau:

Đối với quá trình bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR:

1. Nghiên cứu đã nuôi thành công bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm ở mức tải trọng hữu cơ cao. Do đó, kiến nghị bổ sung phương pháp nuôi bùn hạt của luận án vào danh sách các phương pháp nuôi bùn hạt hiếu khí.
2. Nghiên cứu đã xác định được hiệu quả loại bỏ COD, NH_4^+ - N, T-P, T-N của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Hà Nội. Vì vậy, kiến nghị nghiên cứu thêm việc áp dụng công nghệ trên với các loại nước thải khác.
3. Cần có những nghiên cứu nâng cao hiệu suất xử lý T-N với việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để xử lý nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp.

Đối với quá trình ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị:

1. Nghiên cứu chỉ dừng lại ở việc nuôi bùn hạt hiếu khí và ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Hà Nội có tải trọng hữu cơ thấp trong quy mô phòng thí nghiệm, để có thể áp dụng hiệu quả vào thực tế cần có những nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng khi chuyển từ phòng thí nghiệm ra áp dụng thực tế.
2. Nghiên cứu ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR đối với nhiều loại nước thải khác nhau và trên quy mô lớn hơn để đánh giá ảnh hưởng của tính chất các loại nước thải đến khả năng ổn định của bùn hạt hiếu khí trong thực tế.

KH1

CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

Các bài báo khoa học

1. Phạm Văn Doanh, Trần Thị Việt Nga, Nguyễn Bình Minh (2021), "Đánh giá khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR trong phòng thí nghiệm" , *Tạp chí Khoa học và công nghệ Việt Nam*, ISSN 1859 – 4794, DOI: 10.31276/VJST.64(1).01-05.
2. Phạm Văn Doanh, Trần Thị Việt Nga, Nguyễn Bình Minh (2021), "Ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để xử lý nước thải có tải trọng hữu cơ thấp" , *Tạp chí Khoa học và công nghệ Việt Nam*, ISSN 1859 – 4794, DOI: 10.31276/VJST.63(11).16-20.
3. Phạm Văn Doanh, Trần Thị Việt Nga, Nguyễn Bình Minh (2021), "Đánh giá các yếu tố ảnh hưởng của các yếu tố đến hiệu quả xử lý nước thải của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR" , *Tạp chí Vật liệu xây dựng*, ISSN 1859 – 381X, 5(2021).62-66.
4. Phạm Văn Doanh(2019), "Tổng quan tình hình nghiên cứu công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị", *Tạp chí Xây Dựng*, ISSN 0866 – 8762, 621, 239 – 241.

Công trình khoa học

1. "Nghiên cứu ứng dụng công nghệ SBR cải tiến sử dụng bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị ở Việt Nam " *, Đề tài NCKH cấp bộ, Bộ xây dựng, mã số RD 53-19, chủ nhiệm đề tài Trần Thị Việt Nga.*

Tài liệu tham khảo

Tài liệu trong nước

1. Bộ Xây Dựng (2008), *TCVN 7957 – 2008: Thoát nước – Mạng lưới và công trình bên ngoài – Tiêu chuẩn thiết kế.*
2. Bộ Tài Nguyên và Môi Trường (2008), *QCVN 14: 2008/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật Quốc Gia QCVN 14:2008/ BTNMT về nước thải sinh hoạt.*
3. Công ty CP Đầu tư Xây dựng và Thương mại Phú Điền, *Báo cáo thực trạng các nhà máy XLNT tại Việt Nam 2019.*
4. Nguyễn Đăng Hải, Trần Quang Lộc, Trần Đặng Bảo Thuyên, Nguyễn Thị Cẩm Yến, Lê Thị Diễm Kiều, *Nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí trên bể phản ứng theo mẻ luân phiên. Viện Tài nguyên và Môi trường* .Đại học Huế 10/10/2015.
5. Nguyễn Đăng Hải, Trần Quang Lộc, Trần Thị Tú, Hoàng Ngọc Tường Vân và Nguyễn Quang Hưng. *Sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí ở các lưu lượng sục khí khác nhau trên bể SBR*. Viện Tài nguyên và Môi trường. Đại học Huế -24/4/2015.
6. Trần Đức Hạ, *Xử lý nước thải sinh hoạt quy mô vừa và nhỏ.* Nhà xuất bản KHKT, Hà Nội - 2002.
7. Trần Đức Hạ, *Xử lý nước thải đô thị.* Nhà xuất bản KHKT, Hà Nội - 2006.
8. Trần Đức Hạ, Trần Thị Hiền Hoa, Nguyễn Quốc Hòa, Trần Công Khánh, Trần Thị Việt Nga, Lê Thị Hiền Thảo, *Cơ sở hóa học và vi sinh vật học trong kĩ thuật môi trường.* Nhà xuất bản giáo dục Việt Nam - 2011.
9. Trương thị Bích Hồng, Nguyễn Phương Thanh, Bùi Việt Hà, Nguyễn Văn Phước, *Sự hình thành và ổn định của bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR trong XLNT chế biến tinh bột sắn*. Viện tài Nguyên môi trường - ĐHQG-TPHCM-19/4/2016.
10. Trương thị Bích Hồng, *Sự hình thành bùn hạt hiếu khí và đánh giá khả năng giảm nghẹt màng của mô hình bùn hạt hiếu khí kết hợp lọc màng (AGMBR)*. Luận án tiến sỹ - ĐHQG-TPHCM -2019.
11. Nguyễn Trọng Lực, Nguyễn Phước Dân, Trần Tây Nam, *Nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí khử COD và Ammonia trên bể SBR*. Sở Khoa học và Công nghệ Phú Yên, Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-TPHCM-27/2/2009.
12. Võ Thành Lê, *Nghiên cứu công nghệ tạo bùn hạt hiếu khí nhằm nâng cao hiệu quả xử lý nước thải của nhà máy liên hợp bột và giấy*. Viện công nghiệp giấy và xenluylo 2018.
13. Trần Hiếu Nhuệ, Lâm Minh Triết, *Xử lý nước thải – tập 1, 2*. Nhà xuất bản Xây Dựng Hà Nội - 2018.

14. Ngân hàng thế giới, *Đánh giá hoạt động quản lý nước thải đô thị tại Việt Nam 2013*.
15. Nguyễn Phương Quý, *"Nghiên cứu, đánh giá một số chất ô nhiễm chủ yếu trong sông Cầu Bây, Hà Nội"*. Luận án Tiến Sỹ 2016.
16. Thủ tướng Chính Phủ / UBND thành phố Hà Nội, *Quy hoạch thoát nước thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn 2050*, Thủ tướng chính phủ phê duyệt tại quyết định số 725/TTg ngày 10/5/2013, Hà Nội, 2013, pp. 7.38-7.44.
17. JICA, *Chương trình phát triển đô thị toàn diện tại Thủ đô Hà Nội,* 2007, pp. 20-31. Báo cáo hội thảo 2007.
18. JICA, *Quản lý thoát nước, xử lý nước thải tại Việt Nam và kinh nghiệm của Nhật Bản*. Báo cáo hội thảo 2020.

Tài liệu nước ngoài

19. A.H. Mahvi. *Sequencing batch reactor: a promising techonology in wastewater treatment*. Iran. J. Environ . Health . Sci .Eng , 2008.
20. Beccari, M.; Cecchi, F.; Majone, M.; Musacco, *A. Improved biological nutrient removal resulted from the integrated treatment of wastewater and municipal solid waste*. Ann. Chim. 1998, 88(11-12), 773.
21. Bernardes, R. S.; Klapwijk, A. *Biological nutrient removal in a sequencing batch reactor treating domestic wastewater*. Water Sci. Technol. 1996.
22. Beun, JJ.; Hendriks, A.; van Loosdrecht, M.C.M.; Morgenroth, E.; Wilderer, PA.; Heijnen, JJ. (1999) *Aerobic granulation in a sequencing batch reactor*. Water Res, 33, 2283.
23. Beun, J. J. Heijnen, M. C. M. van Loosdrecht. *N-Removal in a Granular Sludge Sequencing Batch Airlift Reactor*. Kluyver laboratory for Biotechnology, Delft University of Technology, Julianalaan 67, 2628 BC Delft, The Netherlands- 4/5/2001.
24. Belanger, D.; Bergevin, P.; Lapierre, J.; Zaloum, R. *Conception, control and efficiency of a sequencing batch reactor for the purification of wastewater from an slaughterhouse*. Sci. Tech. Eau 1986.
25. Bossier, P.; Verstraete, W. (1996) *Triggers for microbial aggregation in activated sludge*? Appl Microbiol Biotechnol, 45, 1.
26. Boston: McGraw Hill. McSwain, BS.; Irvine, RL.; Wilderal, PA. (2003) *The effect of intermittent feeding on aerobic granule structure. 5th International Conference on Biofilm Systems by International Water Association*. South Africa: Cape Town.

27. Carucci, A.; Chiavola, A.; Majone, M.; Rolle, E. *Treatment of tannery wastewater in a sequencing batch reactor*. Water Sci.Technol. 1999.

28. De Kreuk, M.K.; van Loosdrecht, M.C.M. (2006) *Formation of Aerobic Granules with Domestic Sewage. Journal of Environmental Engineering.*

29. De Sousa, J. T.; Foresti, E. *Domestic sewage treatment in an upflow anaerobic sludge blanket sequencing batch reactor system*. Water Sci. Technol. 1996, 33 (3), 73.

30. Dollerer, J.; Wilderer, P. A. *Biological treatment of leachates from hazardous waste landfills using SBBR technology*. Water Sci. Technol. 1996.

31. Doyle, J.; Watts, S.; Solley, D.; Keller, J. *Exceptionally high-rate nitrification in sequencing batch reactors treating high ammonia landfill leachate*. Water Sci. Technol. 2001.

32. Etterer, T.; Wilderer, PA. (2001) *Generation and properties of aerobic granular sludge*. Water Sci Technol, 43, 19.

33. Er.Devendra Dohare, Er.Parth Bochare, *"Sequencing Batch Reactors: Tacking Packaged Wastewater Treatment to New Heights - A Review,"* International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), vol. 5, no. 10, pp. 131-138, Oct., 2014.

34. E.Morgenroth, Sherden, van Loosdrecht MCM, Heijnen, Wilderer . *Aerobic granular sludge in a sequencing batch reactor*. Water Res 1997.

35. Gaetano Di Bellaa, Michele Torregrossa. *Aerobic Granular Sludge for Leachate Treatment*. Facoltà di Ingegneria e Architettura dell'Università Kore di Enna, Cittadella Universitaria 94100 Enna, Italy, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, Aerospaziale, dei Materiali, Università degli Studi di Palermo-2014.

36. Garrido, J. M.; Omil, F.; Arrojo, B.; Me´ndez, R.; Lema, J.M. *Carbon and nitrogen removal from a wastewater of an industrial dairy laboratory with a coupled anaerobic filtersequencing batch reactor system*. Water Sci. Technol. 2001.

37. https://www.royalhaskoningdhv.com/en-gb/nereda/nereda-plants-a-to-z.

38. Keller, J.; Watts, S.; Battye-Smith, W.; Chong, R. *Fullscale demonstration of biological nutrient removal in a single tank SBR process*. Water Sci. Technol. 2001.

39. Lee DJ, Show KY, Tay JH. *Aerobic granular sludge: recent advances*. Biotechnol Adv 2008;26:411–23.

40. Lee YS. *A study on organics and nutrients removal mechanisms in livestock wastewater treatment using EGSB*. Key Eng Mater 2005;277–279:462–9.

41. Ling, L.; Lo, K. V. *Brewery wastewater treatment using suspended and attached growth sequencing batch reactors*. J. Environ. Sci. Health A 1999.
42. Liu, Y.; Tay, STL; Jiang , HL. (2002) *Aggregation of immobilized activated sludge cells into aerobically grown microbial granules for the aerobic biodegradation of phenol*. Lett Appl Microbiol, 35, 439.
43. Liu, Y.; Tay, STL; Jiang , HL. (2003) *Ca^{2+}augmentation for enhancement of aerobically grown microbial granules in sludge blanket reactors*. Biotechnol Lett, 25, 95.
44. Liu, Y.; Tay, JH. (2004) *State of the art of biogranulation technology for wastewater treatment Biotechnology Advances*, 22, 533.
45. Liu, QS.; Liu, Y.; Tay, STL.; Show, KY.; Ivanov, V.; Moy, BYP. (2005) *Startup of pilot-scale aerobic granular sludge reactor by stored granules*. Environ Technol, 26, 1363.
46. Liu, Y.; Moy, BYP.; Tay, JH. (2007) *COD Removal and Nitrification of Low-strength Domestic Wastewater in Aerobic Granular Sludge Sequencing Batch Reactors*. Enzyme and Microbial Technology, in press.
47. Linda Jonsson, *"Control of Sludge Bulking in an SBR-plant,"* SLU University, Berlin, 2005.
48. Lin, Y.M.; Liu, Y.; Tay, JH. (2003) *Development and characteristics of phosphorous-accumulating granules in sequencing batch reactor*. Appl Microbiol Biotechnol, 62, 430.
49. Liu, Y.; Tay, JH. (2002) *The essential role of hydrodynamic shear force in the formation of biofilm and granular sludge*. Water Res, 36, 1653.
50. Liu, Y.; Yang, SF.; Tan, SF.; Lin, YM.; Tay, JH. (2002) *Aerobic granules: a novel zinc biosorbent*. Lett Appl Microbiol, 35, 548.
51. Liu, QS.; Tay, JH.; Liu, Y. (2003a) *Substrate concentration-independent aerobic granulation in sequential aerobic sludge blanket reactor*. Environ Technol, 24, 1235.
52. Liu Y, Lin YM, Yang SF, Tay JH. *A balanced model for biofilms developed at different growth and detachment forces*. Nanyang Technological University, Singapore 2002.
53. Liu Y, Yang SF, Tay JH. *Elemental compositions and characteristics of aerobic granules cultivated at different substrate N/C ratios*. Appl Microbiol Biotechnol, 61, 556.
54. Liu, Y.; Tay, JH. (2004) *State of the art of biogranulation technology for wastewater treatment*. Biotechnology Advances, 22, 533.

55. Liu, QS.; Liu, Y.; Tay, STL.; Show, KY.; Ivanov, V.; Moy, BYP. (2005) *Startup of pilot-scale aerobic granular sludge reactor by stored granules*. Environ Technol, 26, 1363.
56. Li, Z.H.; Kuba, T.; Kusuda, T. (2006a) *Selective Force and Mature Phase Affect the Stability of Aerobic Granule:An Experimental Study by Applying Different Removal Methods of Sludge*. Enzyme and Microbial Technology, 39,976.
57. Li, Z.H.; Kuba, T.; Kusuda, T. (2006b) *The influence of starvation phase on the properties and the development of aerobic granules*. Enzyme and Microbial Technology, 38, 670.
58. Liu Y, Tay JH. *State of the art of biogranulation technology for wastewater treatment*. Biotechnol Adv 2004.
59. Liu Y, Tay JH. *The essential role of hydrodynamic shear force in the formation of biofilm and granular sludge*. Water Res 2002.
60. McSwain, BS; Irvine, RL; Wilderal, PA. (2003) *The effect of intermittent feeding on aerobic granule structure*. 5th International Conference on Biofilm Systems.
61. Meyer, RL; Saunders, AM; Zeng, RJ; Keller, J; Blackall, LL. (2003) *Microscale structure and function of anaerobic–aerobic granules containing glycogen accumulating organisms*. FEMS Microbiol Ecol.
62. Mervyn C. Goronzy, Peter A. Wilderer, Robert L. Irvine, *"Sequencing batch reactor technology*," International Water Association, 2000.
63. Mervyn C Goronszy, Gunnar Demoulin, Mark Newland, *"Aerated Denitrification in Full-scale Activated Sludge Facilities,*" Pergamon, 1997.
64. MISHIMA K., NAKAMURA M. *Self-immobilization of aerobic activated sludge – a pilot study of the aerobic upflow sludge blanket process in municipal sewage treatment.* Water Sci. Technol. 23 (4-6), 981, 1991.
65. Mohamed, F.; Saed, M. *Wastewater management in a dairy farm*. Water Sci. Technol. 1995.
66. Mohseni, B. A.; Bazari, H. *Biological treatment of milk factory wastewater by sequencing batch reactor. In Proceedings of the 2nd International Symposium on Sequencing Batch Reactor Technology*; IWA Publishing: London, 2000.
67. Moy, BYP; Toh, SK; Liu; Tay. (2002) *High organic loading influences the physical characteristics of aerobic sludge granules*. Lett Appl Microbiol, 34, 407.
68. Moy, Tay JH, Toh SK, Ivanov, Tay STL. *Size effect on the physical characteristics of the aerobic granule in a SBR*. Nanyang Technological University, Singapore 2002.

69. Norhayati Abdullah, Zaini Ujang, Adibah Yahya. *Aerobic granular sludge formation for high strength agro-based wastewater treatment.* Universiti Teknologi Malaysia, 81310 Skudai, Johor, Malaysia 2011.
70. Peng D, Bernet N, Delgenes JP, Moletta R. (1999) *Aerobic granular sludge—a case report.* Water Res.
71. Qiang Wang, Guocheng Du, Jian Chen. *Aerobic granular sludge cultivated under the selective pressure as a driving force.* School of Biotechnology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China 2004.
72. Schwarzenbeck N, Erley R, Wilderer PA. *Growth of aerobic granular sludge in a SBR-system treating wastewater rich in particulate matter*. 5th International conference on biofilm systems, 14– 19 September, Cape Town,South Africa.
73. Schwarzenbeck N, Borges JM, Wilderer PA. *Treatment of dairy effluents in an aerobic granular sludge sequencing batch reactor*. Appl Microbiol Biotechnol 2005.
74. Shin HS, Lim KH, Park HS. (1992) *Effect of shear stress on granulation in oxygen aerobic upflow sludge reactors*. Water Sci Technol.
75. Sunil S. Mane, Dr.G.R.Munavalli, *"Sequencing Batch Reactor - Application to Wastewater - A Review,"* in International Conference SWRDM-2012, Kolhapur, India, 2012.
76. Shu-Fang Yang, Joo-Hwa Tay, Yu Liu . *A novel granular sludge sequencing batch reactor for removal of organic and nitrogen from wastewater* .Singapore 639798.
77. Steinmetz, H. *Full-scale application of SBR technology in municipal wastewater treatment plants with advanced nutrient removal. In Proceedings of the 2nd International Symposium on Sequencing Batch Reactor Technology*; IWA Publishing: London, 2000.
78. Shun Pan, Joo-Hwa Tay, Yanxin He, and Stephen Tiong Lee Tay. *Effect of Organic Loading Rate on Aerobic Granulation*. J. Environ. Eng. 2004.
79. Tay JH, Liu QS, Liu Y. (2001a) *Microscopic observation of aerobic granulation in sequential aerobic sludge blanket reactor.* J Appl Microbiol.
80. Tay JH, Liu QS, Liu Y. (2001c) *The role of cellular polysaccharides in the formation and stability of aerobic granules*. Lett Appl Microbiol.
81. Tay JH, Yang SF, Liu Y. (2002b) *Hydraulic selection pressure-induced nitrifying granulation in sequencing batch reactors.* Appl Microbiol Biotechnol.

82. Tay JH, Liu QS, Liu Y. (2002c*) Characteristics of aerobic granules grown on glucose and acetate in sequential aerobic sludge blanket reactors*. Environ Technol.

83. Tay JH, Ivanov V, Pan S, Tay STL. (2002d) *Specific layers in aerobically grown microbial granules*. Lett Appl Microbiol.

84. Tay STL, Ivanov V, Yi S, Zhuang WQ, Tay JH. (2002e) *Presence of anaerobic Bacteroides in aerobically grown microbial granules*. Microb Ecol.

85. Tay, JH.; Pan, S.; He, YX.; Tay, STL. (2004) *Effect of organic loading rate on aerobic granulation*. I: reactor performance. J Environ Eng, 130, 1094.

86. T. V. Nancharaiah, G.Kiran Kumar Reddy. *Aerobic granular sludge technology: mechanisms of granulation and biotechnological applications*. Bioresource Technology (2017).

87. Tsuneda, S.; Nagano, T.; Hoshino, T.; Ejiri, Y.; Noda, N.; Hirata A. (2003) *Characterization of nitrifying granules produced in an aerobic upflow fluidized bed reactor*. Water Res, 37, 4965.

88. Teichgra¨ber, B.; Schreff, D.; Ekkerlein, C.; Wilderer, P. A. *SBR technology in GermanysAn overview*. Water Sci. Technol. 2001.

89. Traut, M.; Coetzee, M.; Robinson, H. D.; Novella, P. H. *Treatment of landfill leachate in a sequencing batch reactor (SBR)sA pilot-scale study*. In Proceedings of the 15th International Conference on Solid Waste Technology Management; Mersky, R. L., Ed.; University of Pennsylvania: Philadelphia, PA, 1999.

90. United State Environmental Protection Agency (US.EPA), *"Wastewater Technology Fact Sheet: Sequencing Batch Reactors*," US.EPA, Washington, D.C., 1999.

91. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). (2000) *Sequencing Batch Reactor Systems*. EPA 625/R-00-008. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.

92. Umble, AK; Ketchum, LH, Jr. *A strategy for coupling municipal wastewater treatment using the sequencing batch reactor with effluent nutrient recovery through aquaculture*. Water Sci. Technol. 1997.

93. Vandaele, S.; Bollen, F.; Thoeye, C.; November, E.; Verachtert, H.; Van Impe, J. F. *A comparison of SBR and SBBR for nitrogen removal out of ammonia rich sludge liquors and problems encountered*. In Proceedings of the 2nd International Symposium on Sequencing Batch Reactor Technology; IWA Publishing: London, 2000.

94. Vite, G.; Moreno, J. S*trategies to enhance the biodegradation of toxic compounds using discontinuous processes*. Water Sci. Technol. 2001.

95. Villeneuve, F.; Tremblay, H. *Sequencing batch reactor technology: An old technique applied to the treatment of pulp and paper mill effluents*. In Proceedings of the 1995 Environmental Conference; TAPPI Press: Norcross, GA, 1995.

96. Yang , SF.; Liu, Y.; Tay, JH. (2003b) *A novel granular sludge sequencing batch reactor for removal of organic and nitrogen from wastewater*. J Biotechnol, 106, 77.

97. Yang, SF.; Liu, QS.; Tay, JH.; Liu, Y. (2004a) *Growth kinetics of aerobic granules developed in sequencing batch reactors*. Lett Appl Microbiol, 38, 106.

98. Yang, SF.; Tay, JH.; Liu, Y. (2004b) *Inhibition of free ammonia to the formation of aerobic granules*. Biochem Eng J, 17, 41.

99. Yong-Qiang Liu, Benjamin Moy, Yun-Hua Kong, Joo-Hwa Tay. *Formation, physical characteristics and microbial community structure of aerobic granules in a pilot-scale sequencing batch reactor for real wastewater treatment*. Nanyang Technological University, Singapore 2010.

100. Yi, S.; Tay, JH.; Maszenan, AM.; Tay, STL. (2003) *A culture-independent approach for studying microbial diversity in aerobic granules*. Water Sci Technol, 47, 283.

101. Zhang, L.; Feng, X.; Zhuc, N.; Chena, J. (2007) *Role of extracellular protein in the formation and stability of aerobic granules*. Enzyme and Microbial Technology, 41, 551.

102. Zaloum, R.; Abbott, M. *Anaerobic pretreatment improves single sequencing batch reactor treatment of landfill leachates*. Water Sci. Technol. 1997.

103. Zhu, J.; Wilderer, PA. (2003) *Effect of extended idle conditions on structure and activity of granular activated sludge*. Water Res. 2013.

Phụ lục

Phụ lục 1: Hiện trạng các nhà máy XLNT tại Việt Nam

Phụ lục 2: Một số hình ảnh thí nghiệm

Phụ lục 3: Phương pháp phân tích và lấy mẫu thí nghiệm

Phụ lục 4: Các bài báo

PL - 1

PL1-Bảng 1.1. Tổng công suất thiết kế và số lượng nhà máy XLNT đang hoạt động tại Việt Nam được phân loại theo phương pháp xử lí

TT	Phương pháp xử lí	Tổng công suất thiết kế ($m^{3/}$ ngày)	Số lượng nhà máy XLNT	Công suất thiết kế trung bình (m^3/ngày)	Giao động công suất thiết kế (m^3/ngày)
1	Bể phản ứng theo mẻ (SBR)	606,000	19	32,000	3,500-200,000
2	Bùn than hoạt tính truyền thống (CAS)	231,000	7	33,000	4,000-141,000
3	Hồ sinh học	181,000	15	12,000	1,500-47,600
4	Mương ô xy hóa (OD)	132,000	7	19,000	4,500-40,000
5	A_2O	96,000	6	16,000	2,500-41,000
6	Lọc nhỏ giọt (TF)	62,000	6	10,000	2,000-32,000
7	Bể phản ứng màng sinh học (MBBR)	20,000	3	7,000	1,200-14,200
8	AO	18,000	2	9,000	5,000-13,180
9	Khác (xử lý cơ học)	13,000	1	13,000	13,000
10	Chưa xác định rõ	25,000	5	5,000	1,200-15,000
11	**Tổng số**	**1,383,000**	**71**	**19,000**	**1,200- 200,000**

PL - 1

PL1-Bảng 1.2. Các nhà máy xử lý nước thải đang hoạt động (tính đến 2020)

TT	Tên nhà máy XLNT	Tỉnh/ T.phố	Hiện trạng	Năm bắt đầu	CS thiết kế (m^3/ng)	CS thực tế (m^3/ng)	Loại cống	Quy trình xử lý	Đơn vị vận hành
1	Kim Liên	Hà nội	Đang vận hành	2005	3,700	3,700	Chung	A2O	Cty TN Hà nội
2	Trúc Bạch	Hà nội	Đang vận hành	2005	2,500	2,500	Chung	A2O	Cty TN Hà nội
3	Bắc Thăng Long	Hà nội	Đang vận hành	2009	41,000	7,000	Chung	A2O	ONMC(Cty CP Quản lý nước và vận hành xử lý nước thải việt nam)
4	Yên Sở	Hà nội	Đang vận hành	2012	200,000	120,000	Chung	SBR	SFC/ONCM
5	Hồ Tây	Hà nội	Đang vận hành	2014	22,800	15,800	Chung	SBR cải tiến	SFC/ONCM
6	Bảy Mẫu	Hà nội	Đang vận hành	2016	13,300	11,000	Chung	CAS	SFC/ONCM
7	Cầu Ngà	Hà nội	Đang vận hành	2016	20,000	-	Chung	SBR cải tiến	Phú Điền
8	Công nghệ cao Hòa Lạc	Hà nội	Đang vận hành	2020	36,000	-	Riêng	A2O	TBD
9	Tham Lương Bến Cát (GĐ 1)	HCMC	Đang vận hành		131,000	-	Chung	SBR	Phú Điền
10	Bình Hưng	HCMC	Đang vận hành	2009	141,000	114,300	Chung	CAS	Phú Điền

TT	Tên nhà máy XLNT	Tỉnh/ T.phố	Hiện trạng	Năm bắt đầu	CS thiết kế (m^3/ng)	CS thực tế (m^3/ng)	Loại cống	Quy trình xử lý	Đơn vị vận hành
11	Bình Hưng Hòa	HCMC	Đang vận hành	2008	30,000	28,650	Chung	Hồ sục khí	UDC
12	Nam Viên (Phú Mỹ Hưng)	HCMC	Đang vận hành	2009	15,000	15,000	Riêng	OD	Cty Phát triển Phú Mỹ Hưng
13	Cánh Đồi (Phú Mỹ Hưng)	HCMC	Đang vận hành	2007	10,000	10,000	Riêng	OD	Cty Phát triển Phú Mỹ Hưng
14	Phú Lộc	Đà Nẵng	Đang vận hành	2006	40,000	34,000	Chung	SBR	DaNang DWTC
15	Ngũ Hành Sơn	Đà Nẵng	Đang vận hành	2006	15,800	15,000	Chung	Hồ kỵ khí	DaNang DWTC
16	Sơn Trà	Đà Nẵng	Đang vận hành	2006	25,500	25,000	Chung	SBR	DaNang DWTC
17	Hòa Cường	Đà Nẵng	Đang vận hành	2006	47,600	37,000	Chung	Hồ kỵ khí	DaNang DWTC
18	Hòa Xuân	Đà Nẵng	Đang vận hành	2015	20,000	20,000	Chung	SBR	Phú Điền
19	Vĩnh Niệm	Hải Phòng	Đang vận hành	2020	36,000	-	Chung	CAS	HP SADCO + Phú Điền
20	Cần Thơ	Cần Thơ	Đang vận hành	2017	30,000	20,000	Chung	sinh học nhỏ giọt	Cần Thơ Wassco
21	Bắc Ninh	Bắc Ninh	Đang vận hành	2013	17,500	17,500	Chung	SBR cải tiến	Phú Điền
22	Từ Sơn	Bắc Ninh	Đang vận hành	2015	33,000	-	Chung	SBR	Phú Điền
23	Bắc Giang	Bắc Giang	Đang vận hành	2010	10,000	8,000	Chung	mương oxy hóa	TBD
24	Bãi Cháy	Quảng Ninh	Đang vận hành	2007	3,500	3,500	Chung	SBR	TBD

TT	Tên nhà máy XLNT	Tỉnh/ T.phố	Hiện trạng	Năm bắt đầu	CS thiết kế (m^3/ng)	CS thực tế (m^3/ng)	Loại cống	Quy trình xử lý	Đơn vị vận hành
25	Hà Khánh	Quảng Ninh	Đang vận hành	2009	7,000	7,500	Chung	SBR	TBD
26	Vĩnh Yên	Vĩnh Phúc	Đang vận hành	2015	5,000	5,000	Chung	CAS	TBD
27	Hải Dương	Hải Dương	Đang vận hành	2013	13,000	-	Chung	Xử lý cơ học	TBD
28	Hô Mễ	Hà Nam	Đang vận hành	2015	2,500	2,500	Chung	Ky khí,hiếm khí và ky khí vs màng cố định	TBD
29	Cầu Giát	Hà Nam	Đang vận hành		1,200	-	Chung	TBD	TBD
30	TP.Thanh Hóa	Thanh Hóa	Đang vận hành	2013	15,000	12,750		Hồ sinh học	TBD
31	Bỉm Sơn	Thanh Hóa	Đang vận hành		7,000	-	Chung	SBR	BimSon URENCO
32	Sầm Sơn	Thanh Hóa	Đang vận hành	2015	4,000	-	Chung	TBD	TBD
33	Vinh	Nghệ An	Đang vận hành	2013	25,000	25,000	Chung	CAS	TBD
34	Cửa Lò(GĐ 1)	Nghệ An	Đang vận hành	2014	3,700	3,700	Chung	SBR	TBD
35	Thái Hòa	Nghệ An	Đang vận hành	2018	4,500	4,500	Chung	OD	TBD
36	Đức Ninh	Quảng Bình	Đang vận hành	2014	10,000		Chung	Phả sục khí	TBD
37	Nhơn Bình	Bình Định	Đang vận hành	2014	14,000	13,200	Chung	Hóa chất tăng cường+ Lọc nhỏ giọt	Công ty MTĐT Quy Nhơn

TT	Tên nhà máy XLNT	Tỉnh/ T.phố	Hiện trạng	Năm bắt đầu	CS thiết kế (m^3/ng)	CS thực tế (m^3/ng)	Loại cống	Quy trình xử lý	Đơn vị vận hành
38	Bàu Sen(2A)	Bình Định	Đang vận hành		2,300	1,610	Chung	Hóa chất tăng cường+ Lọc nhỏ giọt	Công ty MTĐT Quy Nhơn
39	Buôn Ma Thuột	Đăk Lăk	Đang vận hành	2006	8,500	5,700	Riêng	Hồ sinh học	Buôn Ma Thuột URENCO
40	Buôn Ma Thuột (mở rộng)	Đăk Lăk	Đang vận hành	2019	14,200	5,700	Riêng	Công nghệ MMBR kết hợp lọc đĩa và khử trùng bằng tia UV	Buôn Ma Thuột URENCO
41	Đà Lạt	Lâm Đồng	Đang vận hành	2006	7,400	7,400	Riêng	Bể lọc nhỏ giọt	Cty CTN Lâm Đồng
42	Đà Lạt (mở rộng)	Lâm Đồng	Đang vận hành	2018	5,000	-	Riêng	AO-MMBR	Cty CTN Lâm Đồng
43	Nam Nha Trang	Khánh Hòa	Đang vận hành	2014	40,000	20,000	Chung	OD	
44	Cam Ranh	Khánh Hòa	Đang vận hành	2014	4,000	-	Chung	CAS	Công ty CP đô thị Cam Ranh
45	Phan Rang – Tháp Chàm	Ninh Thuận	Đang vận hành	2012	5,000	3,000	Chung	Phá sục khí	TBD

TT	Tên nhà máy XLNT	Tỉnh/ T.phố	Hiện trạng	Năm bắt đầu	CS thiết kế (m^3/ng)	CS thực tế (m^3/ng)	Loại cống	Quy trình xử lý	Đơn vị vận hành
46	Phú Hải	Bình Thuận	Đang vận hành	2015	5,000	3,100	Chung	Xử lí sinh học	Công ty CP CTN Bình Thuận
47	Thủ Dầu Một	Bình Dương	Đang vận hành	2013	17,650	14,000	Riêng	SBR	BIWASE
48	Thuận An	Bình Dương	Đang vận hành	2017	17,000	10,000	Riêng	SBR	BIWASE
49	Dĩ An	Bình Dương	Đang vận hành	2018	20,000	6,000		ASBR	TBD
50	Tân Uyên	Bình Dương	Đang vận hành	2019	15,000	3,000		TBD	TBD
51	Vũng Tàu	Bà Rịa-Vũng Tàu	Đang vận hành	2016	22,000	-	Chung	Mương Oxy hóa	BUSADCO
51	Sóc Trăng	Sóc Trăng	Đang vận hành	2013	13,180	5,346	Chung	AO	Tổng công ty công trình công cộng Sóc Trăng
53	Long Xuyên	An Giang	Đang vận hành	2019	30,000	-	Chung	Mương oxy hóa	Phú Điền/SHC
54	Châu Đốc	An Giang	Đang vận hành	2016	5,000	-	Chung	Phá sục khí	
55	Ninh Bình	Ninh Bình	Đang vận hành	2018	15,000	-	Chung	Phá sục khi	Ninh Bình URENCO
56	Tam Kỳ	Quảng Nam	Đang vận hành	2018	8,000	-	Chung	Phá sục khí	Tam Kỳ URENCO
57	Chùa Cầu Hội An	Quảng Nam	Đang vận hành	-	-	-	Chung	-	-
58	Hội An	Quảng Nam	Đang vận hành		2,000	-	Chung	PTF	-

TT	Tên nhà máy XLNT	Tỉnh/ T.phố	Hiện trạng	Năm bắt đầu	CS thiết kế (m^3/ng)	CS thực tế (m^3/ng)	Loại cống	Quy trình xử lý	Đơn vị vận hành
59	Đồng Xoài	Bình Phước	Đang vận hành	2018	10,000	-	Chung	Hồ sinh học	Cty CTN BÌnh Phước
60	Đồng Hà	Quảng Trị	Đang vận hành	2017	5,000	-	Chung	SBR	Dong Ha URENCO
61	Quảng Trị	Quảng Trị	Đang vận hành	2016	5,000	-	Chung	SBR	TBD
62	Gia Nghĩa	Đắk Nông	Đang vận hành	2014	4,000	-	Riêng	Hồ sinh học	Na Uy
62	Tuy Hòa	Phú Yên	Đang vận hành	2015	4,000	800	Chung	Hồ sinh học	Phú Yên WSS
63	Thái Bình	Thái Bình	Đang vận hành		10,000	-	Chung	A2O	Công ty CP kí thuật SEEN
64	Dương Minh Châu	Tây Ninh	Đang vận hành	2018	1,200	80	Chung	AO-MBBR	TBD
65	Lào Cai	Lào Cai	Đang vận hành thử nghiệm		4,300	-	Chung	Lọc	TBD
66	Vĩnh Lộc	Tuyên Quang	Đang vận hành	2015	1,500	1,500	Chung	Hồ sinh học	TBD
67	Na Hang	Tuyên Quang	Đang vận hành	2015	1,500	1,500	Chung	Hồ sinh học	TBD
68	Mộc Châu	Sơn La	Đang vận hành		1,500	-	Chung	TBD	TBD
69	Nông trường	Sơn La	Đang vận hành		3,000	-	Chung	TBD	TBD
70	Cao Lãnh	Đồng Tháp	Đang vận hành thử nghiệm	2019	10,000	3,000	Riêng	SBR cải tiến	DOWASEN

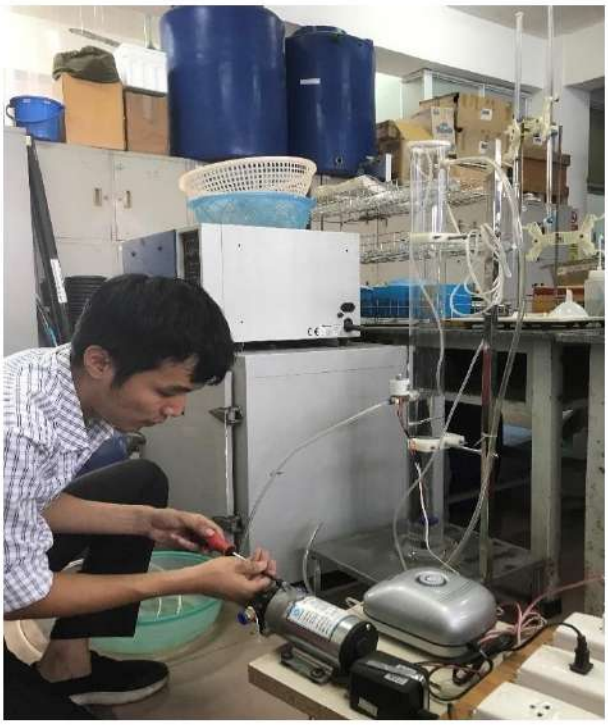
TT	Tên nhà máy XLNT	Tỉnh/ T.phố	Hiện trạng	Năm bắt đầu	CS thiết kế (m^3/ng)	CS thực tế (m^3/ng)	Loại cống	Quy trình xử lý	Đơn vị vận hành
71	Phú Hải	Bình Thuận	Đang vận hành	2015	5,000	3,100	Chung	Xử lí sinh học	Công ty CP CTN Bình Thuận

PL - 2





PL2-Hình 1. Lắp đặt mô hình bể SBR tại phòng thí nghiệm



PL2-Hình 2. Lắp đặt mô hình bể SBR tại phòng thí nghiệm



PL2-Hình 3. Hệ thống điều khiển của mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm




PL2-Hình 4. Vận hành mô hình tại phòng thí nghiệm với nước thải nhân tạo



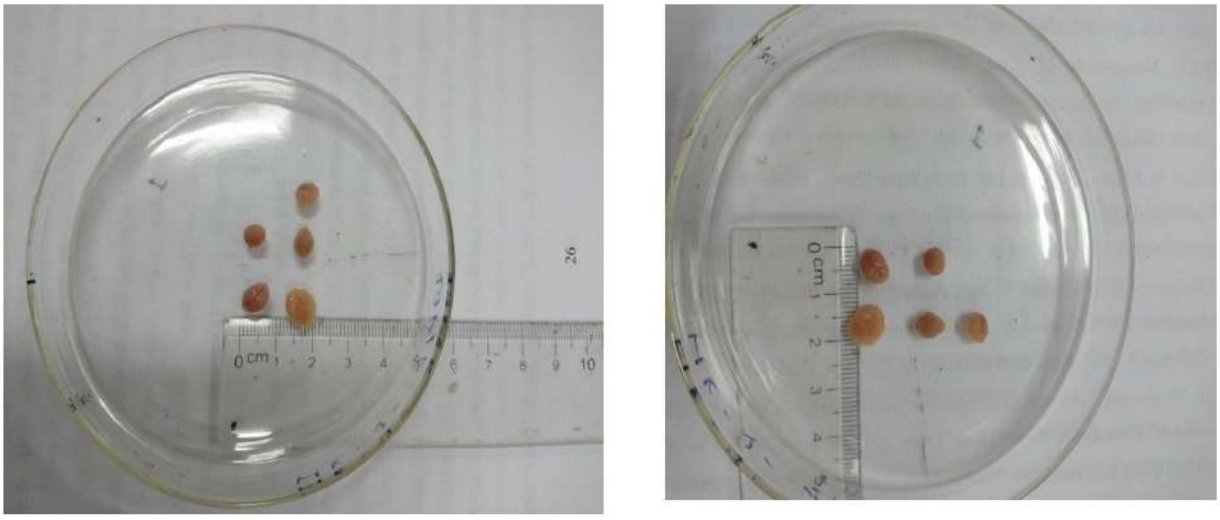

PL2-Hình 5. Bùn hoạt tính lấy từ trạm XLNT Yên Sở



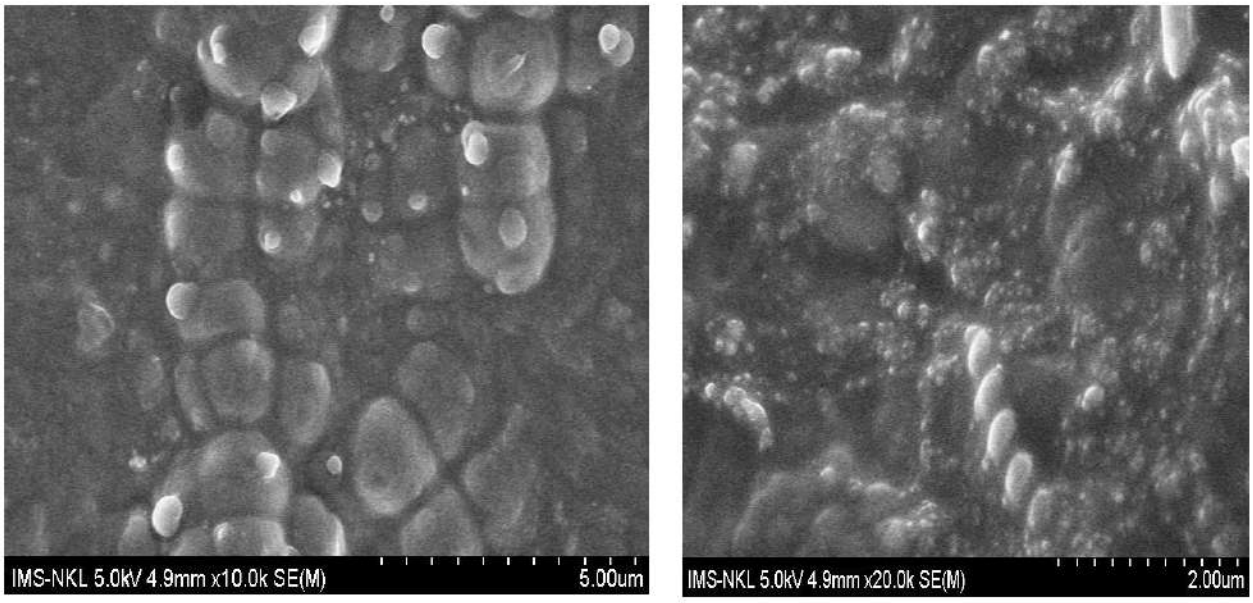
PL2-Hình 6. Bùn Hạt hiếu khí bắt đầu hình thành sau 2-3 tuần đầu làm thí nghiệm



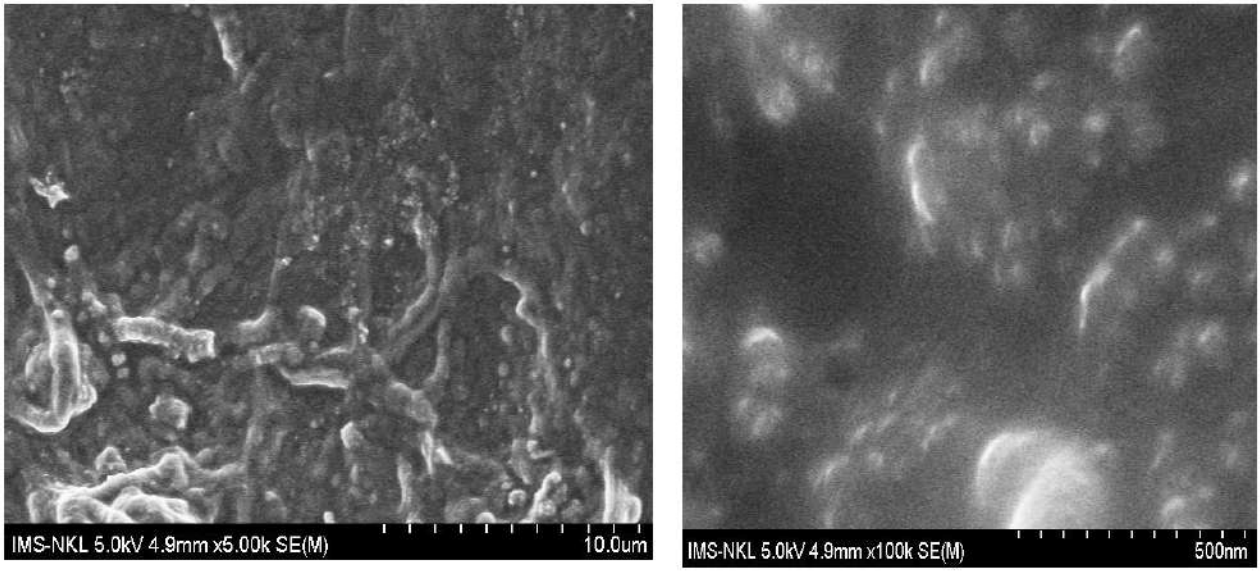
PL2-Hình 7. Bùn Hạt hiếu khí được nuôi thành công trong phòng thí nghiệm



PL2-Hình 8. Đo kích thước bùn hạt hiếu khí



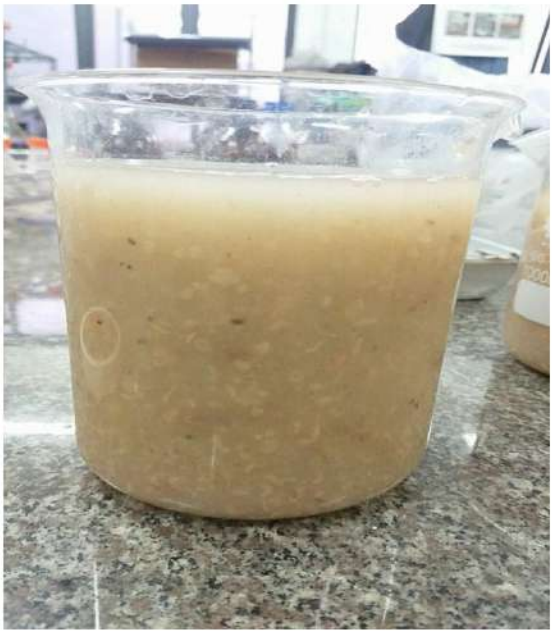
PL2-Hình 9. Một số hình ảnh chụp SEM của bùn hạt hiếu khí



PL2-Hình 10. Một số hình ảnh chụp SEM của bùn hạt hiếu khí



PL2-Hình 11. Lấy nước thải thật tại Trạm XLNT Kim Liên



PL2-Hình 12. Bùn hạt hiếu khí dùng chạy nước thải thật tại Trạm XLNT Kim Liên



PL2-Hình 13. Máy gia nhiệt Hach DRB 200



PL2-Hình 14. Lọ đựng hóa chất thí nghiệm



PL2-Hình 15. Máy đo quang Hach DR890



PL2-Hình 16. Ống vital NH_3-N



PL2-Hình 17. Ống Falcon 50ml đựng mẫu nước



PL2-Hình 18. Ống Vital COD

PL – 3

1. Phương pháp phân tích mẫu thí nghiệm

a) Mẫu nước

➢ *Phân tích COD*

– Mẫu phân tích để nguội ở nhiệt độ phòng.

– Bật máy gia nhiệt HACH DRB 200, cài đặt chế độ gia nhiệt dành cho COD là 150^0C, thời gian 120 phút.

– Chuẩn bị các ống vital COD, dải đo 0 ÷ 1500 (mg/l) tương ứng với số lượng mẫu phân tích, cộng thêm một ống để làm mẫu trắng so sánh.

– Cho 2 (ml) nước cất vào ống làm mẫu trắng, đậy nắp và đánh dấu mẫu trắng.

– Lắc đều ống Falcon đựng mẫu, cho 2 (ml) nước mẫu vào ống vital COD. Đậy nắp và đánh dấu tương ứng với tên mẫu trên ống Falcon.

– Lắc đều tất cả các ống vital, sau đó cho vào máy Hach DRB200 để gia nhiệt trong 120 phút ở nhiệt độ 150^0C.

– Sau quá trình gia nhiệt, lấy các ống Vital ra, để nguội đến nhiệt độ phòng rồi thực hiện đo bằng máy đo quang Hach DR890 – Portable Colorimeter.

– Bật máy đo quang, cài đặt chương trình 17 (Nhấn Program, nhập số 17 rồi nhấn enter).

– Dùng giấy mềm lau sạch các ống Vital COD. Cho ống vital COD đựng mẫu trắng (Blank) vào máy và chọn Zero để máy nhận mẫu trắng.

– Cho lần lượt các ống vital đựng mẫu vào và nhấn Read để máy đo và hiển thị kết quả trên màn hình. Ghi lại các giá trị hiển thị trên màn hình tương ứng với các mẫu thực hiện phân tích.

– Mỗi mẫu được thực hiện đo ba lần rồi lấy giá trị trung bình để đảm bảo độ chính xác.

➢ *Phân tích Amoni – NH_4^+*

– Mẫu phân tích để nguội ở nhiệt độ phòng.

– Sử dụng giấy lọc kích thước mắt lọc 0,45 (μm) để lọc mẫu nếu trong dung dịch mẫu có nhiều cặn lơ lửng, để đảm bảo độ chính xác của quá trình phân tích. Đánh dấu các bình đựng nước mẫu sau lọc tương ứng với tên mẫu trên ống Falcon.

– Chuẩn bị các ống Vital NH_4^+, dải đo 0 ÷ 50 (mg/l) tương ứng với số lượng mẫu phân tích, cộng thêm một ống để làm mẫu trắng so sánh.

– Đối với mẫu trắng, cho 0,1ml nước cất vào ống vital NH_3-N, đậy nắp và đánh dấu mẫu trắng.

- Lắc đều các ống Falcon hoặc bình đựng nước mẫu sau lọc, cho 0,1 (ml) nước mẫu vào các ống vital NH_3-N tương ứng, đậy nắp và đánh dấu theo tên mẫu trên ống Falcon.
- Lần lượt cho vào các ống NH_3-N, gói thuốc thử Amonium Salycilate và gói thuốc thử Amonium Cyanuarate. Đậy nắp các ống và lắc đều trong 15 giây để thuốc thử tan hết.
- Cài đặt máy đo quang DR890 cho chỉ tiêu NH_3-N.
- Chọn Timer, máy đo sẽ hiện khoảng thời gian mặc định 20 phút, bấm enter để máy tự động đếm thời gian phản ứng của các ống vital NH_3-N.
- Dùng giấy mềm lau sạch các ống vital NH_3-N. Cho ống vital NH_3-N đựng mẫu trắng (Blank) vào máy và chọn Zero để máy nhận mẫu trắng.
- Cho lần lượt các ống vital đựng mẫu vào và nhấn Read để máy đo và hiển thị kết quả trên màn hình. Ghi lại các giá trị hiển thị trên màn hình tương ứng với các mẫu thực hiện phân tích.

b) Mẫu bùn

➢ *Dụng cụ phân tích*

- Tủ sấy, có khả năng sấy ở nhiệt độ 105^0C.
- Tủ nung, có khả năng nung ở nhiệt độ 550^0C.
- Bình hút ẩm, có chứa hạt hút ẩm.
- Cân phân tích, có thể cân chính xác đến 0,1 (mg).
- Cốc đựng mẫu bằng sứ.

➢ *Phân tích mẫu*

- Chuẩn bị cốc đựng mẫu

+ Làm khô cốc bằng tủ sấy ở nhiệt độ 103 ÷105^0C trong 2 ÷ 3 giờ.
+ Làm nguội cốc về nhiệt độ phòng trong bình hút ẩm.
+ Cân cốc đựng mẫu bằng cân phân tích được.

- Xác định tổng chất rắn – TS

+ Lắc đều ống Falcon đựng mẫu, rót một lượng mẫu khoảng 30 ÷ 50% thể tích cốc đựng mẫu đã cân ở trên.
+ Cân cốc có mẫu bằng cân phân tích được.
+ Sau khi cân, đặt cốc có mẫu vào tủ sấy, sấy ở nhiệt độ 105^0C đến khối lượng không đổi (khoảng 24 ÷ 48 giờ).
+ Làm nguội mẫu sau sấy về nhiệt độ phòng trong bình hút ẩm.

+ Cân cốc mẫu sau sấy bằng cân phân tích được.

– Xác định chất rắn bay hơi – VS

+ Thực hiện tương tự các bước ở trên.

+ Tiến hành nung mẫu sau sấy trong tủ nung ở nhiệt độ 550^0C trong 2 ÷ 3 giờ.

+ Làm nguội mẫu sau nung về nhiệt độ phòng trong bình hút ẩm.

+ Cân cốc mẫu sau nung bằng cân phân tích được.

2. Phương pháp lấy mẫu thí nghiệm quá trình nuôi bùn hạt hiếu khí

a)Lấy mẫu nước

– Các mẫu nước thải được thu thập định kỳ 2 lần một tuần, cách nhau 3÷5 ngày tuỳ thuộc vào điều kiện vận hành cụ thể. Có 2 loại mẫu nước được thu thập bao gồm:

– Mẫu nước thải đầu vào, các bước tiến hành như sau:

+ Đậy nắp, lắc đều bình chứa nước thải đầu vào, đảm bảo mẫu đồng nhất.

+ Rót nước thải từ bình chứa ra cốc thuỷ tinh 500 ml, khuấy đều.

+ Đổ nước thải đã lấy từ cốc vào ống Falcon 50 ml, dán nhãn ghi đầy đủ thông tin về tên mẫu, ngày lấy mẫu.

– Mẫu nước thải đầu ra, các bước tiến hành như sau:

+ Đậy nắp, lắc đều bình chứa nước thải đầu ra, đảm bảo mẫu đồng nhất.

+ Rót nước thải từ bình chứa ra cốc thuỷ tinh 500 ml, khuấy đều.

+ Đổ nước thải đã lấy từ cốc vào ống Falcon 50 ml, dán nhãn ghi đầy đủ thông tin về tên mẫu, ngày lấy mẫu.

– Để đảm bảo đánh giá chính xác, các mẫu nước thải đầu vào và đầu ra đều được lấy trong cùng một chu kỳ hoạt động của hệ thống SBR. Các mẫu chưa phân tích ngay được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 4^0C.

b)Lấy mẫu bùn

– Mẫu bùn được thu thập để đánh giá sự thay đổi của bùn trong thời gian thực hiện thí nghiệm, giám sát quá trình hình thành bùn hạt.

– Mẫu bùn được thu thập khoảng 1 ÷ 3 tuần một lần, tuỳ thuộc vào điều kiện vận hành cụ thể. Quy trình lấy mẫu bùn phụ thuộc vào mục đích thí nghiệm, cụ thể như sau:

– Thí nghiệm phân tích nồng độ bùn MLSS:

+ Mẫu được lấy trong pha sục khí.

+ Sử dụng ca nhựa có dây kéo thả trực tiếp vào cột mô hình để lấy mẫu rồi đổ ra cốc thuỷ tinh loại 500ml.
+ Khuấy đều để đảm bảo mẫu đồng nhất rồi đổ vào ống Falcon 50ml. Trường hợp chưa phân tích ngay, mẫu được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 4^0C.

– Thí nghiệm phân tích tổng chất rắn TS và chất rắn dễ bay hơi VS:

+ Mẫu được lấy sau khi kết thúc pha xả nước đầu ra.
+ Sử dụng ca nhựa có dây kéo thả trực tiếp vào cột mô hình để lấy mẫu rồi đổ ra cốc thuỷ tinh loại 500 ml.
+ Khuấy đều để đảm bảo mẫu đồng nhất rồi đổ vào ống Falcon 50ml. Trường hợp chưa phân tích ngay, mẫu được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 4^0C.

3. Phương pháp lấy mẫu thí nghiệm quá trình XLNT đô thị Hà Nội bằng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR

a) Mẫu nước

Các mẫu nước thải được thu thập định kỳ 2 lần một tuần, cách nhau 3 ÷ 5 ngày tuỳ thuộc vào điều kiện vận hành cụ thể. Có 2 loại mẫu nước được thu thập bao gồm: mẫu nước thải đầu vào và mẫu nước thải đầu ra.

– Mẫu nước thải đầu vào:

+ Đậy nắp, lắc đều bình chứa nước thải đầu vào, đảm bảo mẫu đồng nhất.
+ Rót nước thải từ bình chứa ra cốc thuỷ tinh 500 ml, khuấy đều.
+ Đổ nước thải đã lấy từ cốc vào ống Falcon 50 ml, dán nhãn ghi đầy đủ thông tin về tên mẫu, ngày lấy mẫu.

– Mẫu nước thải đầu ra:

+ Đậy nắp, lắc đều bình chứa nước thải đầu ra, đảm bảo mẫu đồng nhất.
+ Rót nước thải từ bình chứa ra cốc thuỷ tinh 500 ml, khuấy đều.
+ Đổ nước thải đã lấy từ cốc vào ống Falcon 50 ml, dán nhãn ghi đầy đủ thông tin về tên mẫu, ngày lấy mẫu.

Để đảm bảo đánh giá chính xác, các mẫu nước thải đầu vào và đầu ra đều được lấy trong cùng một chu kỳ hoạt động của hệ thống SBR. Các mẫu chưa phân tích ngay được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 4^0C.

b)Mẫu bùn

Mẫu bùn được thu thập để đánh giá sự thay đổi của bùn trong thời gian thực hiện thí nghiệm, giám sát quá trình hình thành bùn hạt.

Mẫu bùn được thu thập khoảng 1 ÷ 3 tuần một lần, tuỳ thuộc vào điều kiện vận hành cụ thể. Quy trình lấy mẫu bùn phụ thuộc vào mục đích thí nghiệm, cụ thể như sau:

– Thí nghiệm phân tích nồng độ bùn MLSS:

+ Mẫu được lấy trong pha sục khí.

+ Sử dụng ca nhựa có dây kéo thả trực tiếp vào cột mô hình để lấy mẫu rồi đổ ra cốc thuỷ tinh loại 500 ml.

+ Khuấy đều để đảm bảo mẫu đồng nhất rồi đổ vào ống Falcon 50 ml. Trường hợp chưa phân tích ngay, mẫu được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 4^0C .

– Thí nghiệm phân tích tổng chất rắn TS và chất rắn dễ bay hơi VS:

+ Mẫu được lấy sau khi kết thúc pha xả nước đầu ra.

+ Sử dụng ca nhựa có dây kéo thả trực tiếp vào cột mô hình để lấy mẫu rồi đổ ra cốc thuỷ tinh loại 500 ml.

+ Khuấy đều để đảm bảo mẫu đồng nhất rồi đổ vào ống Falcon 50 ml. Trường hợp chưa phân tích ngay, mẫu được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 4^0C.