

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

*******ඉහලකල*******

NCS. PHẠM VĂN DƯƠNG

**NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ XỬ LÝ
TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG
BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỘI TỰ RỬA**

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ SỞ HẠ TẦNG

Hà Nội, 2019

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

**********

NCS. PHẠM VĂN DƯƠNG

**NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ XỬ LÝ
TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG
BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỘI TỰ RỬA**

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ SỞ HẠ TẦNG

MÃ SỐ: 62.58.02.10

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. Trần Thanh Sơn

PGS.TS. Vũ Văn Hiếu

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình thực hiện đề tài “*Nghiên cứu công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa*” tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ, tạo điều kiện của Ban Giám hiệu, Khoa Sau Đại học, Khoa Kỹ thuật hạ tầng và Môi trường Đô thị, giảng viên, cán bộ các phòng, ban chức năng Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội. Đặc biệt tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới PGS.TS. Trần Thanh Sơn và PGS.TS. Vũ Văn Hiếu thầy giáo trực tiếp hướng dẫn hướng dẫn khoa học cho tác giả hoàn thành Luận án này. Tác giả xin chân thành cảm ơn bạn bè, đồng nghiệp nơi tác giả đang công tác tại Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội 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 LUẬN ÁN

NCS. Phạm Văn Dương

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan Luận án tiến sĩ: “*Nghiên cứu công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa*” là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu và tài liệu của nghiên cứu sinh trong luận án là trung thực và chưa được công bố trong bất kỳ công trình nghiên cứu nào. Tất cả những tham khảo và kế thừa đều được trích dẫn và tham chiếu đầy đủ.

TÁC GIẢ LUẬN ÁN

NCS. Phạm Văn Dương

MỤC LỤC

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT	iv
DANH MỤC HÌNH	v
DANH MỤC BẢNG	ix
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỔI TỰ RỬA	9
1.1. Các công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng phương pháp sinh học .9	
1.1.1. Công nghệ xử lý kết hợp cả nitơ và photpho bằng phương pháp sinh học ....9	
1.1.2. Công nghệ xử lý nitơ bằng phương pháp sinh học..... 10	
1.2. Bể lọc vật liệu lọc nổi trong công nghệ xử lý nước thải..... 14	
1.2.1. Bể lọc vật liệu lọc nổi không tự rửa 15	
1.2.2. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa..... 23	
1.3. Vật liệu lọc nổi cho bể lọc.....26	
1.3.1 Vật liệu lọc nổi polystyrene..... 26	
1.3.2 Vật liệu nổi dùng trong bể phản ứng sinh học ngập nước MBBR 28	
1.4. Tổng quan các nghiên cứu, ứng dụng, sáng chế liên quan đến bể lọc vật liệu lọc nổi xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.....31	
1.4.1. Các nghiên cứu có liên quan..... 31	
1.4.2. Các ứng dụng trên thực tế bể lọc vật liệu lọc nổi cho xử lý triệt để nước thải sinh hoạt 39	
1.5. Các vấn đề trọng tâm cần giải quyết trong luận án .....41	
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ KHOA HỌC CHO XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT SAU XỬ LÝ SINH HỌC BẬC 2 BẰNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỔI	43
2.1. Thành phần của nước thải sinh hoạt..... 43	
2.2. Các tiêu chuẩn xả thải của Việt Nam và thế giới .....46	
2.3. Lựa chọn vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt..... 50	
2.4. Cơ sở lý thuyết về quá trình xử lý chất lơ lửng SS của bể lọc 52	
2.4.1. Quy luật của quá trình lọc SS qua lớp vật liệu lọc..... 53	

2.4.2. Phương trình vi phân của quá trình lọc SS qua lớp vật liệu lọc dạng hạt	54
2.4.3. Phương pháp xác định thông số lọc và xác định thời gian bảo vệ	57
2.5. Cơ sở lý thuyết về quá trình xử lý sinh học qua bể phản ứng sinh học	62
2.5.1. Loại bỏ các hợp chất hữu cơ các bon.....	62
2.5.2. Quá trình nitrat hóa.....	64
2.5.3. Quá trình khử nitrat.....	66
2.5.4. Quá trình ôxy hóa yếm khí nito (Anammox)	69
2.5.5. Xác định các thông số động học của quá trình xử lý sinh học	70
CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM QUÁ TRÌNH XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT SAU XỬ LÝ SINH HỌC BẬC 2 BẰNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỘI TỰ RỬA	76
3.1. Xây dựng mô hình nghiên cứu	76
3.1.1. Yêu cầu của mô hình thực nghiệm.....	76
3.1.2. Những yếu tố ảnh hưởng và kiểm soát các yếu tố ảnh hưởng	76
3.1.3. Thiết lập mô hình thí nghiệm.....	77
3.1.4. Địa điểm đặt mô hình thí nghiệm và phân tích kết quả.....	80
3.1.5. Thời gian thực hiện thí nghiệm.....	81
3.2. Trình tự triển khai và mục đích các nghiên cứu thực nghiệm.....	82
3.2.1. Nghiên cứu quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi với lớp VLL polystyrene	82
3.2.2. Xác định cường độ rửa lọc.....	85
3.3. Kết quả nghiên cứu quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi với lớp VLL polystyrene	87
3.3.1. Kết quả thí nghiệm với $v = 5$ m/h.....	87
3.3.2. Kết quả thí nghiệm với $v = 7,5$ m/h.....	89
3.3.3. Kết quả thí nghiệm với $v = 10$ m/h	91
3.3.4. Kết quả thí nghiệm với $v = 12,5$ m/h	93
3.3.5. Kết quả thí nghiệm xác định cường độ rửa lọc.....	94
3.4. Bàn luận nghiên cứu quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi với lớp VLL polystyrene	96

3.4.1. Bàn luận với $v = 5\text{m/h}$	96
3.4.2. Bàn luận với $v = 7,5\text{ m/h}$	101
3.4.3. Bàn luận với $v = 10\text{m/h}$	105
3.4.4. Bàn luận với $v = 12,5\text{ m/h}$	108
3.5. Xác định thông số công nghệ quá trình lọc chất lơ lửng SS.....	111
3.5.1. Xác định thông số lọc a, b, T_{bv} với vận tốc lọc $v = 7,5\text{m/h}$:.....	111
3.5.2. Xác định thông số lọc a, b, T_{bv} với vận tốc lọc $v = 5\text{ m/h}$	114
3.5.3. Xác định thông số lọc a, b, T_{bv} với vận tốc lọc $v = 10\text{ m/h}$	115
3.6. Xác định thông số động học của quá trình loại bỏ chất hữu cơ hòa tan (BOD, COD), các chất vô cơ hòa tan (Amoni, tổng Nitơ).....	116
3.6.1. Xác định thông số động học của quá trình xử lý COD.....	117
3.6.2. Xác định thông số động học của quá trình xử lý BOD_5	118
3.6.3. Xác định thông số động học của quá trình xử lý NH_4^+	120
3.6.4. Xác định thông số động học của quá trình xử lý tổng Nitơ.....	121
3.7. Xây dựng phương pháp tính bể lọc vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.....	122
3.7.1. Mục tiêu và cách tiếp cận xây dựng tính toán.....	122
3.7.2. Xây dựng cơ sở tính toán thiết kế bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.....	124
3.8. Ứng dụng thực tế bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa xử lý triệt để nước thải sinh hoạt cho Trạm xử lý nước thải sinh hoạt $150\text{m}^3/\text{ngđ}$	132
3.8.1. Vị trí, quy mô, tính chất trạm xử lý nước thải ứng dụng.....	132
3.8.2. Trạm xử lý nước thải ứng dụng.....	133
3.8.3. Đánh giá kinh tế kỹ thuật cụm xử lý triệt để bằng bể lọc vật liệu lọc nổi.....	142
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	143
CÁC BÀI BÁO KHOA HỌC.....	146
ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN.....	146
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	147
PHỤ LỤC.....	156

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

BAF	Bể lọc sinh học sục khí ngập nước
BOD	Nhu cầu ôxy sinh học
C_t	Hàm lượng cặn lơ lửng đầu ra bể lọc
C_0	Hàm lượng cặn lơ lửng đầu vào bể lọc
COD	Nhu cầu ôxy hóa học
DO	Oxi hòa tan
HRT	Thời gian lưu nước
L_x	Chiều dày lớp vật liệu lọc
MBBR	Bể phản ứng sinh học đệm giá thể di động
N	Nitơ
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	Amoni theo nitơ
SS	Chất rắn lơ lửng
S_0	Hàm lượng chất đầu vào bể lọc
S_t	Hàm lượng chất đầu ra bể lọc
SRT	Tuổi của bùn
TKN	Tổng nitơ Kenden
T-N	Tổng nitơ
TSS	Tổng chất lơ lửng
TP.	Thành phố
T-P	Tổng phốt pho
VLL	Vật liệu lọc
VLLN	Vật liệu lọc nổi
VSV	Vi sinh vật
P	Phốt pho
PO_4^{3-}	Phốt phát

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Sơ đồ loại bỏ N, P đồng thời.	10
Hình 1.2. Sơ đồ xử lý nitơ bằng phương pháp sinh học.....	11
Hình 1.3. Sơ đồ quá trình khử nitrat sử dụng nguồn các bon ngoài trong hệ thống nitrat hóa – khử nitrat tách rời (riêng biệt)	12
Hình 1.4. Các dạng sơ đồ công nghệ xử lý triệt để nước thải có bể lọc	14
Hình 1.5. Các loại bể lọc vật liệu lọc nổi không tự rửa	17
Hình 1.6. Bể lọc vật liệu lọc nổi Compact-6	20
Hình 1.7. Bể lọc vật liệu nổi kết hợp với nhiều loại vật liệu	21
Hình 1.8. Sơ đồ công nghệ bể BAF	22
Hình 1.9. Nguyên lý hoạt động của bể tự rửa lọc vật liệu lọc nổi	24
Hình 1.10. Bể phản ứng sinh học kết hợp với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa AFPZ-4M	25
Hình 1.11. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa kết hợp khác	26
Hình 1.12. Bể lọc sinh học tự rửa ABioF dựa trên nguyên lý FPZ-3	27
Hình 1.13. Vật liệu nổi polystyrene	28
Hình 1.14. Các loại giá thể nổi MBBR	29
Hình 1.15. Sơ đồ công nghệ quá trình MBBR sử dụng giá thể nổi MBBR	31
Hình 1.16. Cấu tạo các bể lọc vật liệu lọc nổi được cấp sáng chế	38
Hình 1.17. Bể lọc vật liệu lọc nổi FPZ -3,.....	39
Hình 1.18. Nhà máy xử lý nước thải “Máy nông nghiệp Rivnhe”	40
Hình 2.1. Đặc trưng không gian lỗ rỗng bị lấp đầy.	54
Hình 2.2. Sự thay đổi nồng độ cặn SS trong nước theo thời gian lọc.....	54
Hình 2.3. Sơ đồ tính toán quá trình lọc qua lớp vật liệu lọc dạng hạt	55
Hình 2.4. Đồ thị quan hệ hiệu quả lọc C_t/C_0 và chiều dày x khác nhau của vật liệu lọc	58
Hình 2.5. Biểu đồ tương quan giữa chiều dày lớp vật liệu lọc và thời gian lọc	59
Hình 2.6. Đồ thị sự thay đổi cột áp theo chiều dày VLL và thời gian.....	60

Hình 2.7. Xác định hằng số tốc độ (k) và bậc phản ứng tự do (m) trong tọa độ logarit ($\log v, \log [S]$).....	72
Hình 2.8. Xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 0 trong tọa độ (S_t, t)	73
Hình 2.9. Xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 trong tọa độ ($\ln (S_t/S_0), t$).....	74
Hình 2.10. Xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 2 trong tọa độ ($\frac{S_0 - S_t}{S_0 \cdot S_t}, t$).....	74
Hình 3.1. Mô hình thí nghiệm của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa sử dụng để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.....	77
Hình 3.2. Sơ đồ xử lý nước thải trạm xử lý nước thải đặt mô hình thí nghiệm	80
Hình 3.3. Vị trí mô hình thí nghiệm tại Công ty TNHH Young One Nam Định, KCN Hòa Xá, TP. Nam Định, tỉnh Nam Định	81
Hình 3.4. Mô hình thí nghiệm xác định cường độ rửa lọc	86
Hình 3.5. Biểu đồ diễn biến nồng độ SS theo L_x ($v = 5\text{m/h}$).....	88
Hình 3.6. Biểu đồ diễn biến chỉ số COD theo L_x ($v = 5\text{m/h}$)	88
Hình 3.7. Biểu đồ diễn biến nồng độ BOD ₅ theo L_x ($v = 5\text{m/h}$).....	88
Hình 3.8. Biểu đồ diễn biến nồng độ Amonit theo theo L_x ($v = 5\text{m/h}$).....	88
Hình 3.9. Biểu đồ diễn biến nồng độ tổng Nitơ L_x ($v = 5\text{m/h}$).....	88
Hình 3.10. Biểu đồ diễn biến nồng độ PO_4^{3-} theo L_x ($v = 5\text{m/h}$).....	88
Hình 3.11. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD ₅ ($v = 5\text{m/h}$).....	89
Hình 3.12. Biểu đồ hiệu suất xử lý NH_4^+ , tổng Nitơ, PO_4^{3-} ($v = 5\text{m/h}$).....	89
Hình 3.13. Biểu đồ cột áp theo chiều dày lớp vật liệu lọc ($v = 5\text{m/h}$).....	89
Hình 3.14. Biểu đồ tăng tổn thất áp lực qua lớp vật liệu lọc ($v = 5\text{m/h}$)	89
Hình 3.15. Biểu đồ diễn biến nồng độ SS theo L_x ($v = 7,5\text{m/h}$).....	90
Hình 3.16. Biểu đồ diễn biến chỉ số COD theo L_x ($v = 7,5\text{m/h}$).....	90
Hình 3.17. Biểu đồ diễn biến nồng độ BOD ₅ theo L_x ($v = 7,5\text{m/h}$).....	90
Hình 3.18. Biểu đồ diễn biến nồng độ Amoni theo theo L_x ($v = 7,5\text{m/h}$).....	90
Hình 3.19. Biểu đồ diễn biến nồng độ tổng Nitơ theo L_x ($v = 7,5\text{m/h}$)	90
Hình 3.20. Biểu đồ diễn biến nồng độ PO_4^{3-} theo L_x ($v = 7,5\text{m/h}$).....	90
Hình 3.21. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD ₅ ($v = 7,5\text{m/h}$).....	91

Hình 3.22. Biểu đồ hiệu suất xử lý NH_4^+ , tổng Nitơ, PO_4^{3-} ($v = 7,5\text{m/h}$).....	91
Hình 3.23. Biểu đồ cột áp theo chiều dày lớp vật liệu lọc ($v = 7,5\text{m/h}$).....	91
Hình 3.24. Biểu đồ tăng tổn thất áp lực qua lớp vật liệu lọc ($v = 7,5\text{m/h}$)	91
Hình 3.25. Biểu đồ diễn biến nồng độ SS theo L_x ($v = 10\text{m/h}$).....	92
Hình 3.26. Biểu đồ diễn biến chỉ số COD theo L_x ($v = 10\text{m/h}$).....	92
Hình 3.27. Biểu đồ diễn biến nồng độ BOD_5 theo L_x ($v = 10\text{m/h}$).....	92
Hình 3.28. Biểu đồ diễn biến nồng độ Amoni theo theo L_x ($v = 10\text{m/h}$).....	92
Hình 3.29. Biểu đồ diễn biến nồng độ tổng Nitơ theo L_x ($v = 10\text{m/h}$)	92
Hình 3.30. Biểu đồ diễn biến nồng độ PO_4^{3-} theo L_x ($v = 10\text{m/h}$)	92
Hình 3.31. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD_5 ($v = 10\text{m/h}$).....	93
Hình 3.32. Biểu đồ hiệu suất xử lý NH_4^+ , tổng Nitơ, PO_4^{3-} ($v = 10\text{m/h}$).....	93
Hình 3.33. Biểu đồ cột áp theo chiều dày lớp vật liệu lọc ($v = 10\text{m/h}$).....	93
Hình 3.34. Biểu đồ tăng tổn thất áp lực qua lớp vật liệu lọc ($v = 10\text{m/h}$)	93
Hình 3.35. Biểu đồ diễn biến nồng độ SS theo L_x ($v = 12,5\text{m/h}$).....	93
Hình 3.36. Biểu đồ diễn biến chỉ số COD theo L_x ($v = 12,5\text{m/h}$).....	93
Hình 3.37. Biểu đồ diễn biến nồng độ BOD_5 theo L_x ($v = 12,5\text{m/h}$).....	94
Hình 3.38. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD_5 ($v = 12,5\text{m/h}$).....	94
Hình 3.39. Biểu đồ cột áp theo chiều dày lớp vật liệu lọc ($v = 12,5\text{m/h}$).....	94
Hình 3.40. Biểu đồ quan hệ giữa độ nở và cường độ rửa lọc.....	95
Hình 3.41. Đồ thị quan hệ giữa chiều dày lớp vật liệu lọc và tổn thất cột áp với thời gian lọc.....	112
Hình 3.42. Đồ thị quan hệ chiều dày lớp vật liệu lọc và thời gian (với $v = 7,5 \text{ m/h}$)	113
Hình 3.43. Biểu đồ xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 trong tọa độ $(\ln(\text{St}/\text{SO}), t)$ với chất hữu cơ hòa tan COD	118
Hình 3.44. Biểu đồ xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 trong tọa độ $(\ln(\text{St}/\text{S}_0), t)$ với chất hữu cơ hòa tan BOD_5	119
Hình 3.45. Biểu đồ xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 trong tọa độ $(\ln(\text{St}/\text{S}_0), t)$ với chất vô cơ hòa tan NH_4^+	121

Hình 3.46. Biểu đồ xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 trong tọa độ $(\ln(S_t/S_0), t)$ với chất vô cơ hòa tan (tổng Nitơ)	122
Hình 3.47. Sơ đồ tính toán bể lọc VLL nổi tự rửa	124
Hình 3.48. Tương quan giữa đường kính xi phông và đường kính bể lọc	130
Hình 3.49. Sơ đồ dây chuyền công nghệ trạm xử lý nước thải $150 \text{ m}^3/\text{ngđ}$	134

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Giá trị tải trọng theo BOD ₅ để thực hiện quá trình nitrat hóa trong các công trình xử lý với vi sinh vật cố định.....	12
Bảng 1.2. Thông số thiết kế cho BAF khi xử lý BOD ₅ , NH ₄ ⁺ -N.	23
Bảng 1.3. Thông số công nghệ bể lọc vật liệu lọc nổi khi xử lý nước thiên nhiên và nước thải	28
Bảng 1.4. Thông số kỹ thuật của vật liệu polystyrene	28
Bảng 1.5. Thông số thiết kế điển hình về tải trọng của MBBR.....	30
Bảng 1.6. Thông số công nghệ của một số loại giá thể MBBR dạng bánh xe.....	31
Bảng 1.7. Kết quả công tác của các bể lọc vật liệu lọc nổi tại nhà máy Rovno, Ukraina (vận tốc lọc trung bình 6 – 8 m/h).	40
Bảng 1.8. Thông số công nghệ của bể lọc vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải sau xử lý sinh học bậc 2.....	40
Bảng 2.1. Lượng chất ô nhiễm trên một người ở các nước trên thế giới [85].....	44
Bảng 2.2. Thành phần của nước thải chuyển tới các trạm xử lý nước.....	44
Bảng 2.3. Phân loại nước thải sinh hoạt.....	45
Bảng 2.4. Tổng hợp các tiêu chuẩn xả thải với chỉ tiêu SS, COD, BOD, Nitơ, Phốtpho	48
Bảng 2.5. Mối quan hệ qua hệ thống số lọc X ₀ và k từ C _t /C ₀ để tính toán tốc độ lọc	61
Bảng 3.1. Thông số kỹ thuật mô hình bể lọc VLL nổi.....	78
Bảng 3.2. Xác định vận tốc lọc thí nghiệm	83
Bảng 3.3. Biểu mẫu ghi kết quả đo áp.....	84
Bảng 3.4. Biểu mẫu ghi kết quả thí nghiệm mẫu nước	84
Bảng 3.5. Các phương pháp phân tích mẫu nước	85
Bảng 3.6. Biểu mẫu ghi kết quả thí nghiệm xác định cường độ rửa lọc.....	87
Bảng 3.7. Kết quả thí nghiệm độ nở rửa lọc với polystyrene có đường kính hạt D _e = 1,22 mm	94
Bảng 3.8. Xác định tổn thất cột áp và chiều dày VLLN (v = 7,5m/h).....	111

Bảng 3.9. Bảng giữ chiều dày vật liệu lọc và thời gian lọc ($v = 7,5\text{m/h}$)	113
Bảng 3.10. Xác định các thông số trong đồ thị quan hệ giữa $\ln(S_t/S_0)$ với t của chất hữu cơ hòa tan COD	117
Bảng 3.11. Bảng xác định các thông số trong đồ thị quan hệ giữa $\ln(S_t/S_0)$ với t của chất hữu cơ hòa tan BOD_5	118
Bảng 3.12. Xác định các thông số trong đồ thị quan hệ giữa $\ln(S_t/S_0)$ với t của chất hữu cơ hòa tan NH_4^+	120
Bảng 3.13. Bảng xác định các thông số trong đồ thị quan hệ giữa $\ln(S_t/S_0)$ với t của chất hữu cơ hòa tan (tổng Nitơ)	121
Bảng 3.14. Bảng xác định thời gian phản ứng	125
Bảng 3.15. Bảng xác định chiều dày vật liệu lọc	126
Bảng 3.16. Xác định thời gian bảo vệ của bể lọc	127
Bảng 3.17. Bảng xác định chiều cao xi phông	128
Bảng 3.18. Bảng ma trận thông số công nghệ theo BOD , $\text{NH}_4^+\text{-N}$, tổng Nitơ và SS	128
Bảng 3.19. Các thông số ô nhiễm trong nước thải để thiết kế bể lọc VLLN tự rửa	133
Bảng 3.20. Bảng xác định thời gian phản ứng bể lọc VLLN tự rửa	135
Bảng 3.21. Bảng xác định chiều dày lớp vật liệu lọc của bể lọc ứng dụng	135
Bảng 3.22. Xác định thời gian bảo vệ của bể lọc VLLN tự rửa ứng dụng	136
Bảng 3.23. Bảng xác định chiều cao xi phông	136
Bảng 3.24. Bảng tổng hợp thông số công nghệ theo BOD_5 , $\text{NH}_4^+\text{-N}$, tổng Nitơ và SS	137
Bảng 3.25. Bảng xác định đường kính bể lọc thiết kế	137
Bảng 3.26. Bảng quan hệ giữa nồng độ ôxy và nhiệt	139
Bảng 3.27. Tổng hợp thông số thiết kế của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa cho trạm xử lý $150\text{ m}^3/\text{ngđ}$	140
Bảng 3.28. Tổng hợp thông số kết quả của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa cho trạm xử lý $150\text{ m}^3/\text{ngđ}$	141

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Nước thải sinh hoạt đô thị là một trong những nguyên nhân chính gây ô nhiễm môi trường nước bởi các hàm lượng các chất lơ lửng SS, chất hữu cơ (chỉ số BOD, COD) và các chất dinh dưỡng (N, P). Chính vì vậy, các nước trên thế giới ngày càng thắt chặt yêu cầu xả thải, nâng cao yêu cầu xả thải và tiêu chuẩn xả thải ngày càng cao hơn [33, 61, 85]. Phần lớn công nghệ các trạm xử lý nước thải đô thị trên thế giới là công nghệ xử lý sinh học truyền thống bậc 2 (hệ bùn hoạt tính lơ lửng hoặc bể lọc sinh học). Tại các nước phát triển trên thế giới Nga, châu Âu, châu Mỹ để đảm bảo tiêu chuẩn thải người ta tiến hành cải tạo nâng cấp các trạm xử lý hiện hữu, xây dựng thêm các công trình xử lý bậc 3 [73, 78, 79, 81, 82]. Tại Mỹ, các công trình xử lý bậc 3 được thiết kế bổ sung cho các sơ đồ công nghệ xử lý triệt để bậc II (xử lý N, P) như A2O, AO, VIP, UTC [31, 33, 47, 49, 51, 61, 62]. Hiện nay, một trong những xu hướng nghiên cứu trên thế giới đang được quan tâm nhằm mục tiêu (i) nâng cao hiệu quả xử lý nước thải đạt tiêu chuẩn xả thải ngày càng khắt khe hơn và (ii) tái sử dụng nước thải vào các mục đích khác nhau cho các trạm xử lý nước thải hiện hữu và xây mới là nghiên cứu và phát triển, hoàn thiện các phương pháp xử lý nước thải triệt để. Tại Việt Nam, các công trình xử lý triệt để N, P và các công trình xử lý bậc 3 không được đưa vào tiêu chuẩn thiết kế TCVN 7957:2008. Theo các nghiên cứu [16, 85], yêu cầu tiêu chuẩn xả thải của Việt Nam chưa cao bằng yêu cầu xả thải của Nga, Châu Âu, Mỹ. Trong tương lai, với chiến lược ưu tiên phát triển bền vững và bảo vệ môi trường yêu cầu cho tiêu chuẩn xả thải, tiêu chuẩn bảo vệ môi trường tại Việt Nam sẽ ngày càng cao. Do đó xử lý triệt để nước thải sinh hoạt sẽ càng ngày được chú trọng cho cả mục đích cải tạo nâng cấp và xây dựng mới trạm xử lý.

Quá trình xử lý sơ cấp và thứ cấp loại bỏ phần lớn các chất hữu cơ (BOD) và chất rắn lơ lửng (SS) trong nước thải. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng mức độ xử lý này không đủ để đảm bảo xả ra nguồn tiếp nhận hoặc dùng cho tái sử dụng cho các mục đích như dịch vụ đô thị, công nghiệp và nông nghiệp. Vì vậy, các công đoạn, công trình xử lý bậc 3 bổ sung được thêm vào trong các sơ đồ công nghệ của

nhà máy xử lý nước thải để nâng cao mức độ xử lý, tăng cường loại bỏ các chất rắn, chất hữu cơ, chất dinh dưỡng hoặc chất độc hại [2]. Vì vậy, **xử lý triệt để nước thải** có thể được hiểu là công đoạn xử lý bổ sung hoặc công trình xử lý bậc 3 cần thiết để loại bỏ các chất lơ lửng cũng như hòa tan trong nước thải dưới nồng độ giới hạn sau công đoạn xử lý bậc hai. Hiện nay, xử lý nước thải triệt để có thể phân thành 3 loại chính như sau: (i) Xử lý bậc 3; (ii) Xử lý hóa học – cơ học; (iii) Xử lý kết hợp sinh học – cơ học [1]. Một cách khác để phân loại xử lý triệt để là dựa vào mục tiêu xử lý như (i) Bổ sung chất hữu cơ và loại bỏ chất rắn lơ lửng; (ii) Loại bỏ chất dinh dưỡng (N, P); (iii) Loại bỏ chất độc hại; (iv) Làm giàu oxy; (v) Khử trùng [44, 45].

Các nghiên cứu [33, 45] cho thấy rằng các công trình xử lý triệt để bậc 3 thường được áp dụng rộng rãi sau công trình xử lý sinh học bậc 2 là bể lọc nhanh với vật liệu lọc dạng hạt.

Trên thế giới, bể lọc vật liệu lọc dạng hạt được sử dụng rất đa dạng về cấu tạo, kết cấu và nguyên lý hoạt động; từ các bể lọc nhanh truyền thống đến các bể có cấu tạo đặc biệt khác nhưng phổ biến hơn cả là các loại bể: (i) Bể lọc trọng lực với vật liệu lọc là cát hoặc than; (ii) Bể lọc vừa làm việc vừa rửa lọc liên tục với dòng nước đi từ dưới lên, vật liệu lọc là cát – Bể lọc Dinasand; (iii) Bể lọc với vật liệu lọc nổi [45].

Tổng quan các nghiên cứu cho thấy, tại Việt Nam, bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ứng dụng cho xử lý triệt để nước thải (công trình xử lý bậc 3) còn chưa được nghiên cứu. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa có ưu điểm như đơn giản, dễ chế tạo, vận hành và lắp đặt. Quá trình rửa lọc được thiết kế tự động hoàn toàn trên nguyên lý thủy lực, không có van khóa và các bộ phận chuyển động; không có thiết bị điều khiển điện tử, không có thiết bị hỗ trợ như bơm và máy thổi khí; vật liệu lọc nổi được sử dụng là polymer có khối lượng nhẹ, bề mặt phát triển, giảm tổn thất so với vật liệu nặng thông thường [16].

Ngày nay, do sự phát triển của công nghệ vật liệu, vật liệu lọc tổng hợp bằng polystyrene, polytylen, nylon... được ứng dụng rộng rãi trong công nghệ xử lý nước nói chung và xử lý nước thải nói riêng. Các vật liệu lọc nổi polystyrene; PE; HDPE

có dạng nhẹ hơn nước cho phép đơn giản hóa kết cấu bể lọc. Tổng quan các tài liệu [15, 16] cho thấy, vật liệu lọc nổi có những ưu điểm nhất định so với vật liệu lọc dạng hạt truyền thống như: (i) Khối lượng riêng nhẹ hơn nên thi công vận chuyển dễ dàng; (ii) Khả năng giữ cặn cao và tốc độ gia tăng tổn thất thấp cũng như yêu cầu cường độ rửa lọc, thời gian rửa lọc sẽ nhỏ hơn vật liệu dạng hạt; (iii) Vận tốc lọc của vật liệu lọc nổi lớn hơn vật liệu dạng hạt.

Các công trình xử lý triệt để nước thải bằng phương pháp lọc (xử lý bậc 3) sẽ xảy ra quá trình giữ các phần tử bùn hoạt tính còn lại sau bể lắng 2, thành phần bùn hoạt tính tồn tại dưới dạng chất lơ lửng SS. Thành phần bùn hoạt tính dưới dạng SS là tổ hợp của cá vi sinh vật. Khi có điều kiện thích hợp quá trình xử lý sinh học có thể được tăng cường hơn. Có nghĩa là bể lọc xử lý triệt để trong một số điều kiện, chế độ làm việc nhất định cùng thực hiện hai chức năng xử lý đồng thời: Quá trình giữ cặn cơ học như phương pháp lọc bình thường; và Quá trình xử lý sinh học như bể phản ứng sinh học. Để có được hai quá trình xảy ra đồng thời cần phải: (i) Tạo điều kiện thuận lợi cho vi sinh vật bám trên bề mặt vật liệu lọc; (ii) Tăng nồng độ ôxy hòa tan đầu vào nước thải trước bể lọc; (iii) Tăng thời gian tiếp xúc hay thời gian lưu nước có thể phát triển cho vi sinh vật tức là chu kỳ lọc phải tăng. Chu kỳ lọc tăng càng cao càng tốt cho quá trình phát triển của vi sinh vật. Ba điều kiện trên đây trong thực tế có thể tạo ra được trong bể lọc vật liệu lọc nổi nhờ đặc thù cấu tạo. Tuy nhiên, những nghiên cứu về bể lọc vật liệu lọc nổi còn ít, đặc biệt là các bể lọc tự động rửa thủy lực có kết cấu đơn giản, tự động hoàn toàn theo nguyên lý thủy lực.

Xuất phát từ những vấn đề nêu trên đã gợi ý cho tác giả ý tưởng lựa chọn đề tài nghiên cứu: “**Nghiên cứu công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa**” với mong muốn là đánh giá hiệu quả làm việc bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa khi xử lý nước thải đã qua xử lý sinh học bậc 2 và tìm các thông số kỹ thuật công nghệ phục vụ cho thiết kế bể lọc tự rửa vật liệu lọc nổi.

2. Mục đích nghiên cứu

Phát triển được công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ứng dụng vào thực tế.

3. Nội dung nghiên cứu

- Đánh giá được mức độ các nghiên cứu khoa học và sự phát triển ứng dụng công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi hiện nay bao gồm: (i) Các tiêu chuẩn xả thải Việt Nam và Thế giới, khái niệm và sự cần thiết của xử lý triệt để nước thải; (ii) Các phương pháp xử lý triệt để nước thải sinh hoạt; (iii) Đặc điểm cấu tạo và các thông số công nghệ bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa và không tự rửa làm việc ở chế độ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt; (iv) Các nghiên cứu phát triển, sáng chế khoa học, ứng dụng thực tế của bể lọc nổi trong xử lý triệt để nước thải sinh hoạt;

- Tổng quan được cơ sở lý thuyết xử lý nước thải qua lớp vật liệu nổi dạng hạt trên phương diện loại bỏ chất lơ lửng (SS), loại bỏ chất hữu cơ (BOD) và loại bỏ các chất dinh dưỡng (Nito) nhằm mục tiêu xây dựng, vận hành mô hình thực nghiệm, xử lý toán học và bàn luận kết quả nghiên cứu;

- Xây dựng được mô hình thực nghiệm pilot bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa và phương pháp tiến hành thực nghiệm ở chế độ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt;

- Thực hiện nghiên cứu trên mô hình pilot và xác định được các quan hệ toán học các thông số công nghệ theo thời gian của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ở chế độ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt (i) Tốc độ gia tăng tổn thất; (ii) Hiệu quả xử lý theo SS, BOD, COD, N, P; (iii) Cường độ rửa lọc.

- Xử lý toán học các kết quả thí nghiệm nhận được để xác định các hệ số lọc (a, b) của vật liệu lọc nổi dạng hạt nhằm mục tiêu tối ưu hóa chiều dày lớp vật liệu lọc nổi, vận tốc lọc và chu kỳ lọc cho bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa làm việc ở chế độ xử lý triệt để chất lơ lửng SS;

- Xử lý toán học các kết quả thí nghiệm nhận được nhằm xác định được các thông số động học của quá trình xử lý sinh học các hợp chất hữu cơ hòa tan theo các chỉ số BOD, COD; các chất dinh dưỡng như Amoni, tổng Nitơ khi xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa;

- Xây dựng được lý thuyết tính toán bể lọc vật liệu lọc nổi cho các mức độ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt như loại bỏ đồng thời: (1) SS và BOD; (2) SS, BOD,

Amoni, tổng Nitơ, trên cơ sở tối ưu hóa được các thông số công nghệ như chiều dày vật liệu lọc, vận tốc lọc, chu kỳ lọc;

- Ứng dụng công nghệ nghiên cứu được vào thiết kế và xây dựng công trình thực tế nhằm chứng minh tính hiệu quả của công nghệ;

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

a) Đối tượng nghiên cứu

Công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.

b) Phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu trên mô hình pilot và đưa ra ứng dụng công trình bể lọc vật liệu lọc tự rửa xử lý triệt để đóng vai trò như một công trình xử lý bậc 3 để xử lý nước thải sinh hoạt đã qua xử lý sinh học bậc 2.

5. Phương pháp nghiên cứu

- *Kế thừa*: thu thập, tham khảo các kết quả nghiên cứu liên quan đã được công bố trong và ngoài nước, qua đó rút kinh nghiệm để lập định hướng nghiên cứu, kế hoạch nghiên cứu và triển khai thực nghiệm.

- *Tổng hợp*: tổng quan lý thuyết qua lớp vật liệu lọc dạng hạt; đặc tính nước thải sinh hoạt sau xử lý bậc 2, tổng hợp lý thuyết và thực tiễn xử lý nước thải triệt để theo SS, chất hữu cơ (BOD) và các chất dinh dưỡng.

- *Mô phỏng công nghệ trên mô hình vật lý*: tiến hành thực nghiệm trên mô hình pilot với nước sinh hoạt sau xử lý sinh học bậc 2 nhằm nghiên cứu khảo sát các thông số công nghệ tại các tốc độ lọc khác nhau và chiều dày lớp vật liệu lọc khác nhau.

- *Phân tích số liệu*: thống kê và xử lý số liệu bằng công cụ toán học và phần mềm chuyên dụng để tìm ra các thông số công nghệ quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt sau xử lý sinh học bậc 2 nhằm mục đích đưa công trình ra ứng dụng thực tế;

- *Mô phỏng công nghệ bằng mô hình toán học*: tìm được các quan hệ (phương trình) toán học mô phỏng quá trình công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt đã qua xử lý sinh học bậc 2 nhằm xác lập ma trận toán học làm cơ sở cho việc phát triển phần mềm tính toán về sau.

- *Phương pháp thực nghiệm*: triển khai vận hành mô hình thí nghiệm với nước thải thực tế ngoài hiện trường nhằm đánh giá khả năng ứng dụng, hiệu quả kinh tế kỹ thuật của nghiên cứu.

6. Tính mới của đề tài

Bằng thực nghiệm đã chứng minh được hiệu quả và khả năng xử lý triệt để nước thải sinh hoạt sau xử lý sinh học bậc 2 bằng bể lọc tự rửa vật liệu lọc nổi làm việc đồng thời như bể lọc nhanh (xử lý cơ học) và bể phản ứng sinh học (xử lý sinh học) theo các các chỉ số như chất lơ lửng SS, chất hữu cơ (COD, BOD), các hợp chất dinh dưỡng vô cơ NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , tổng Nitơ, và phốt phát PO_4^{3-} ;

Tìm ra được các thông số động học và các quan hệ toán học để miêu tả quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt cho bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa làm việc ở chế độ lọc nhanh cơ học (loại bỏ SS) và chế độ bể phản ứng sinh học (loại bỏ chất hữu cơ BOD và các hợp chất dinh dưỡng N);

Xây dựng được phương pháp tính toán cho bể lọc vật liệu lọc nổi xử lý triệt để bậc 3 nước thải sinh hoạt qua xử lý sinh học.

7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

- Xây dựng được cơ sở lý thuyết và phương pháp tiếp cận khoa học để nghiên cứu công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt nhằm xác định được các thông số công nghệ phục vụ tính toán thiết kế công trình trong thực tế;

- Xây dựng được cơ sở lý thuyết cho kỹ thuật phản ứng sinh hóa mới trong xử lý nước thải - công trình xử lý bậc 3 vật liệu lọc nổi xử lý nước thải sinh hoạt tích hợp đồng thời 2 quá trình xử lý cơ học và xử lý sinh học trong một công trình có khả năng tự động hoàn toàn quá trình rửa lọc kết hợp với hệ thống cấp khí nhằm tăng cường quá trình loại bỏ chất hữu cơ và chất dinh dưỡng;

- Bằng thực nghiệm đã chứng minh được độ ổn định và tin cậy của quá trình xử lý triệt để bằng bể lọc vật liệu lọc nổi xử lý nước thải sinh hoạt đã qua xử lý bậc 2 theo các chỉ số chất lơ lửng, chất hữu cơ và chất dinh dưỡng để có thể ứng dụng công trình vào thực tế;

- Kiểm chứng lý thuyết bằng ứng dụng thực tế hiệu quả của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa cho xử lý bậc 3 nước thải sinh hoạt đã qua xử lý sinh học.

8. Các khái niệm

Xử lý bậc 1: Là quá trình công nghệ kỹ thuật để xử lý (loại bỏ) các chất lơ lửng (SS) có trong nước thải. Các công trình đơn vị thuộc xử lý bậc một có thể là lắng cát, bể lắng đợt 1, bể tuyển nổi, các loại bể lọc sơ bộ [22, 44].

Xử lý bậc 2: Thường được hiểu là quá trình công nghệ kỹ thuật loại bỏ các chất hữu cơ hòa tan và lơ lửng không lắng được sau xử lý bậc 1 bằng phương pháp sinh học. Các công trình đơn vị thuộc xử lý bậc 2 là các công trình xử lý sinh học trên nguyên lý sinh trưởng lơ lửng (bùn hoạt tính) như bể aeroten hoặc sinh trưởng bám dính như bể lọc sinh học hoặc kết hợp lơ lửng và bám dính [22, 44].

Xử lý triệt để hoặc xử lý bậc 3: được định nghĩa như là một quá trình công nghệ hoặc công trình xử lý bổ sung để loại bỏ các thành phần còn lại như các chất lơ lửng (SS) và các chất hòa tan (COD, BOD₅, N-NH₄, tổng Nitơ, PO₄³⁻) trong nước thải sau xử lý bậc 2 truyền thống [44].

Vật liệu lọc nổi (VLLN): là vật liệu có khối lượng riêng nhỏ hơn nước được sử dụng trong các công trình như các dạng bể lọc nhanh, bể lọc sinh học ngập nước.

Thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc (T_{bv}): là thời gian tính từ khi bể lọc bắt đầu làm việc đến khi xuất hiện chất bẩn tới mức làm cho chất lượng nước lọc không đạt yêu cầu [6, 10, 16,18].

Thời gian làm việc của bể lọc trong 1 chu kỳ (T): là thời gian làm việc giữa 2 lần rửa lọc [6, 10, 16,18].

Thời gian làm việc giới hạn của bể lọc (T_{gh}): là thời gian tính từ khi bể lọc bắt đầu làm việc tới khi tổn thất áp lực qua bể đạt giá trị tổn thất giới hạn [6, 10, 16,18].

Tổn thất giới hạn (H_{gh}): là chiều cao chênh áp cho phép của bể lọc trong sơ đồ cao trình công nghệ [10, 18]. Với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa chính là chiều cao xi phông (tính từ mực nước lớn nhất trong bể lọc đến đỉnh xi phông).

9. Cấu trúc của luận án

Mở đầu

Chương 1: Tổng quan công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.

Chương 2: Cơ sở khoa học xử lý nước thải sinh hoạt sau xử lý sinh học bậc 2 bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.

Chương 3: Nghiên cứu thực nghiệm quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt sau xử lý sinh học bậc 2 bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.

Kết luận và kiến nghị

Các công trình nghiên cứu đã công bố của tác giả có liên quan đến Luận án

Tài liệu tham khảo

Phụ lục

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỘI TỰ RỬA

1.1. Các công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng phương pháp sinh học

1.1.1. Công nghệ xử lý kết hợp cả nitơ và phốt pho bằng phương pháp sinh học

Trong các công trình xử lý nước thải, các chất dinh dưỡng (N và P) có thể được loại bỏ từ nước thải bằng phương pháp sinh học và phương pháp lý-hóa. Phương pháp sinh học có nhiều ưu điểm hơn so với phương pháp lý hóa, đơn cử như giá thành rẻ và thân thiện với môi trường.

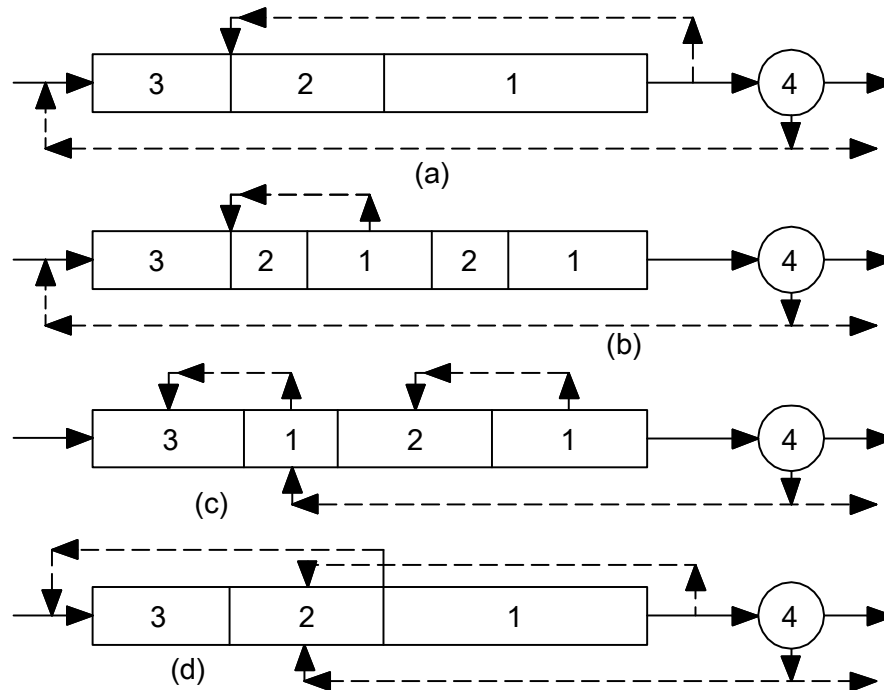
Để cùng loại bỏ nitơ và phốt pho trong nước thải sinh hoạt bằng phương pháp sinh học người ta sử dụng chủ yếu phương pháp xử lý bằng bùn hoạt tính lơ lửng. Cơ sở của phương pháp loại bỏ sinh học nitơ và phốt pho từ nước thải gồm hai phản ứng liên tiếp: nitrat hóa và khử nitrat.

Sơ đồ công nghệ thường dùng là (1) Quá trình A2/O, (2) Barenpho 5 bậc, (3) UCT, (4) VIP. Các sơ đồ công nghệ này được minh họa ở *Hình 1.1*. Nghiên cứu [44, 45] cho thấy, quá trình loại bỏ N, P bằng bùn hoạt tính đều diễn ra trong điều kiện tải trọng BOD thấp, nhỏ hơn 0,4g BOD5/ 01g chất không tro/ ngày; thông số công nghệ tiêu biểu cho các quá trình này được nêu ở [22, 45]. Hệ thống xử lý N, P bằng bùn hoạt tính vừa nói trên được gọi là hệ bùn đơn, đặc trưng bằng các vùng yếm khí, thiếu khí và hiếu khí bố trí liên tiếp nhau. Hệ bùn đơn được coi là một trong những thành tựu lớn nhất của công nghệ xử lý nước thải trong thế kỷ 20.

Khi tỷ lệ COD/TKN lớn hơn 14 có thể sử dụng bất kỳ hệ thống xử lý sinh học nào, trong khoảng 7-14 thì hiệu quả nhất sẽ là sử dụng một trong số các sơ đồ UCT, còn khi tỷ lệ COD/TKN dưới 7 cần lựa chọn công nghệ xử lý sinh học hoặc nitơ hoặc phốt pho [45].

Mặc dù công nghệ xử lý các hợp chất nitơ và phốt pho từ nước thải bằng phương pháp sinh học mang lại hiệu quả tốt, tuy nhiên, chất lượng nước xử lý sau khi xử lý qua hệ bùn đơn trong nhiều trường hợp lại không thực sự cao [33]. Trường hợp quy định của tiêu chuẩn khắt khe đối với việc xả thải nước thải có chứa

nitơ và phốt pho thì thường người ta sử dụng hệ thống xử lý tổ hợp sinh hóa để loại bỏ các chất dinh dưỡng. Công nghệ nitrat hóa - khử nitrat sinh học hoặc xử lý hóa học nước thải bằng muối sắt hoặc nhôm được sử dụng rộng rãi hơn cả [33, 45].



Hình 1.1. Sơ đồ loại bỏ N, P đồng thời.

(a) Quá trình A2/O, (b) Bardenpho 5 bậc, (c) UCT, (d) VIP.

1- Ngăn hiếu khí. 2- Ngăn thiếu khí. 3- Ngăn yếm khí. 4- Bể lắng [22, 45]

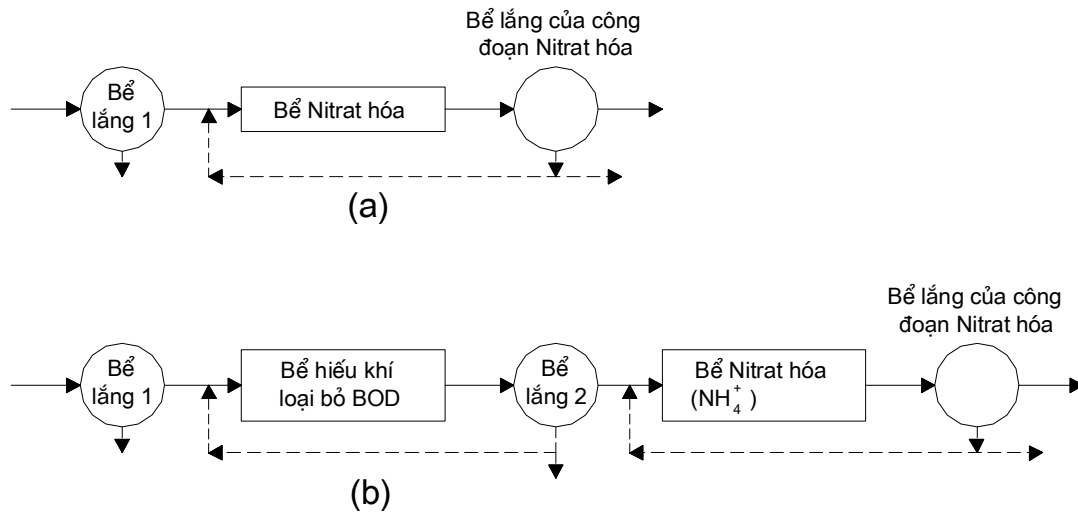
1.1.2. Công nghệ xử lý nitơ bằng phương pháp sinh học

Phương pháp sinh học để loại bỏ các hợp chất của nitơ trong nước thải là nitrat hóa sinh học và khử nitrat. Phương pháp này dựa trên các quá trình sinh học oxy hóa hợp chất của nitơ thành các nitrit và nitrat cùng với sự tái tạo các hợp chất nitơ bị oxy hóa thành nitơ tự do. Ưu điểm chính của công nghệ nitrat hóa và khử nitrat là khả năng thực hiện nó trong các công trình xử lý sinh học truyền thống. Các quá trình nitrat hóa và khử nitrat đã được nghiên cứu đầy đủ từ lâu [81, 82, 83].

Quá trình nitrat hóa sinh học loại bỏ amôni ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) từ nước thải có thể được thực hiện bằng hai cách:

- Quá trình loại bỏ BOD và amôni ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) riêng rẽ hoặc theo từng bước;

- Quá trình loại bỏ đồng thời các hợp chất hữu cơ (theo BOD) và amôni ($\text{NH}_4^+\text{-N}$). Theo nguyên lý làm việc của công trình xử lý nước thải, chúng có thể sử dụng bùn hoạt tính dạng lơ lửng (trong bể xử lý sinh học) hoặc cố định (trong bể phản ứng sinh học).



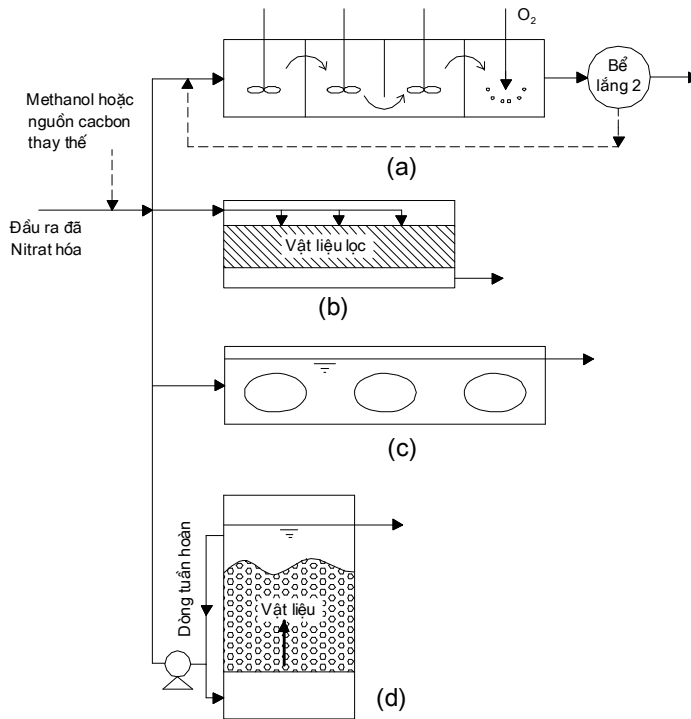
Hình 1.2. Sơ đồ xử lý nitơ bằng phương pháp sinh học [45].

- a) Quá trình loại bỏ BOD và amôni đồng thời;
 b) Quá trình loại bỏ BOD và amôni riêng rẽ

Khi tỷ lệ BOD_5/TKN nằm giữa 1 và 3 thì quá trình xử lý sinh học nước thải tương ứng với quá trình trong hệ thống nitrat hóa tách rời. Tỷ lệ vi sinh vật nitrat hóa khi đó sẽ thay đổi từ 0,21 ($\text{BOD}_5/\text{TKN} = 1$) đến 0,083 ($\text{BOD}_5/\text{TKN} = 3$) [45]. Trong sơ đồ công nghệ xử lý sinh học nước thải truyền thống người ta nhận thấy tỷ lệ vi sinh vật nitrat hóa nhỏ hơn 0,083. Khi tỷ lệ BOD_5/TKN lớn hơn 5, quá trình được xem là sự loại bỏ đồng thời BOD và N-NH_4^+ , còn khi giá trị BOD_5/TKN nhỏ hơn 3, quá trình diễn ra trong chế độ nitrat hóa tách rời - riêng biệt [45].

Bể lọc sinh học (kể cả bể lọc sinh học ngập nước) là các công trình lọc sinh học sử dụng các vi sinh vật cố định. Mức độ nitrat hóa trong bể lọc sinh học được xác định qua tải trọng hữu cơ theo BOD_5 . Trong Bảng 1.1 trình bày số liệu phụ thuộc của hiệu quả quá trình nitrat hóa trong các cấu trúc bể lọc sinh học khác nhau với tải trọng hữu cơ BOD_5 .

Hiện nay, tại vương quốc Anh, Mỹ nơi các bể lọc sinh học được sử dụng ở gần 70% các nhà máy xử lý sinh học nước thải, đang diễn ra quá trình nâng cấp và cải tạo số lượng lớn nhằm đảm bảo các yêu cầu tiêu chuẩn về làm sạch nước thải theo hàm lượng $\text{NH}_4^+\text{-N}$ với việc áp dụng tải trọng thủy lực nhỏ nhất theo khuyến cáo cho các bể lọc sinh học với chiều dày vật liệu 1,7-2,0 (m) là $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{ngày} \cdot \text{đêm}$. [33, 49].



Hình 1.3. Sơ đồ xử lý bậc 3 quá trình khử nitrat sử dụng nguồn các bon ngoài trong hệ thống nitrat hóa – khử nitrat tách rời (riêng biệt) [22, 45].

(a) – Với bùn hoạt tính lơ lửng; (b) – Bể lọc sinh học ngập nước với giá thể ngập nước cố định; (c) – Đĩa quay ngập nước; (d) – Bể phản ứng sinh học với vật liệu lọc di động.

Bảng 1.1. Giá trị tải trọng theo BOD_5 để thực hiện quá trình nitrat hóa trong các công trình xử lý với vi sinh vật cố định [22, 45].

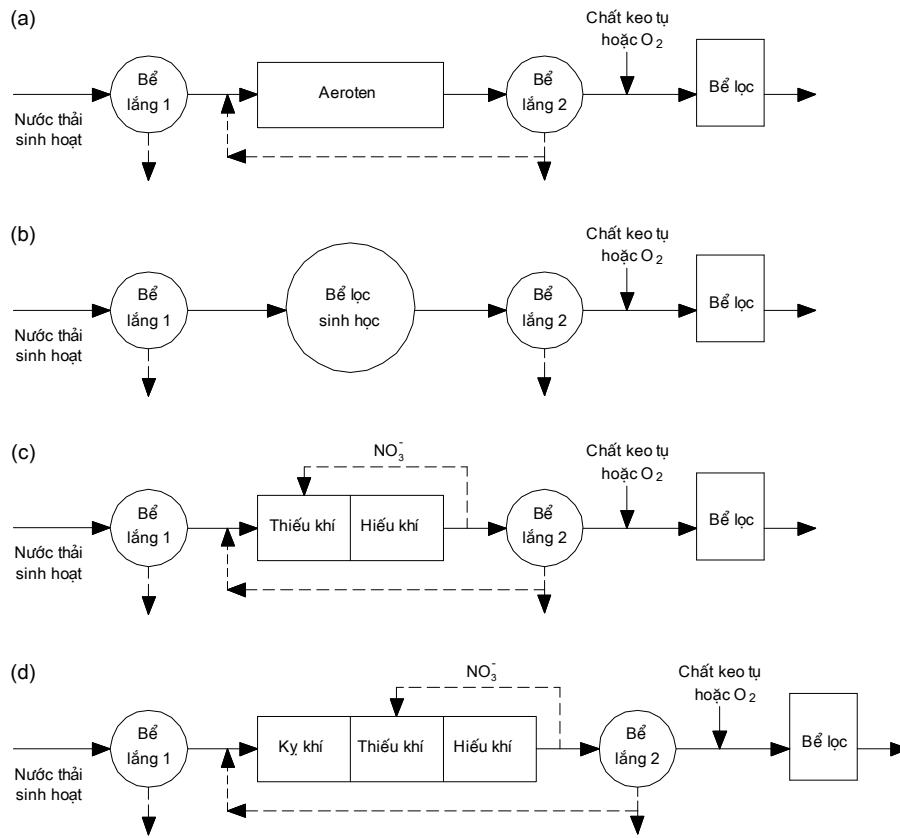
Loại công trình	Hiệu quả xử lý theo nitrat hóa (%)	Tải trọng theo BOD_5 ($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{ngày} \cdot \text{đêm}$)
Bể lọc sinh học (đá dăm, sỏi)	75-85	0,160-0,096
	85-95	0,096-0,048
Tháp lọc sinh học, bể lọc sinh học với tải nhựa	75-85	0,288-0,192
	85-95	0,192-0,096

Các quá trình xử lý sinh học các hợp chất nitơ trong nước thải có thể thực hiện bằng hai phương pháp: (1) - Sử dụng sinh khối (bùn hoạt tính), trong trạng thái lơ lửng; (2) - Sử dụng sinh khối hoạt tính cố định màng sinh học. Trong cả hai trường hợp có thể sử dụng hệ thống xử lý kết hợp và hệ thống riêng. Trong các hệ thống kết hợp trong một nhà máy sẽ thực hiện quá trình nitrat hóa và khử nitrat, còn trong hệ thống tách rời chỉ diễn ra quá trình nitrat hóa hoặc khử nitrat. Trong các hệ thống riêng sử dụng vi sinh vật nuôi cấy lơ lửng, quá trình xử lý các chất hữu cơ BOD₅ từ nước thải, quá trình nitrat hóa và khử nitrat được thực hiện bởi nguồn các bon bên ngoài (xem *Hình 1.3*). Còn trong các hệ thống riêng sử dụng vi sinh vật cố định, các quá trình khử nitrat có thể được thực hiện trong các bể xử lý sinh học, bể lọc sinh học ngập nước với giá thể ngập nước cố định, các công trình với đĩa quay ngập nước, bể phản ứng sinh học với vật liệu di động [22, 45, 82, 83, 84, 89].

Trong các hệ thống riêng khử nitrat người ta thường bổ sung thêm nguồn carbon (thức ăn) như methanol, glucose, peptone [45].

Việc sử dụng các vi sinh vật cố định màng sinh học làm cho nó có thể tăng tốc quá trình thu hồi các chất hữu cơ và gia tăng sự loại bỏ các hợp chất của nitơ. Hướng nghiên cứu mới hiện đại này của công nghệ sinh học phát triển mạnh trong các công trình có nhiều quá trình làm việc đồng thời cùng nhau của các nhà khoa học chuyên ngành khác nhau: các nhà vi trùng học, nhà sinh thái học và kỹ sư tại nhiều nước khác nhau trên thế giới [45].

Một hướng nghiên cứu khác trong việc loại bỏ các chất dinh dưỡng là sử dụng công nghệ màng (membrane bioreactor) trong lĩnh vực xử lý nước thải. Ngoài các hướng nghiên cứu kể trên các thành tựu trong công nghệ xử lý triệt để các chất dinh dưỡng N, P có thể được kể đến như: Anammox, SBR cải tiến, MBR, màng oxy hóa cải tiến.



Hình 1.4. Các dạng sơ đồ công nghệ xử lý triệt để nước thải có bể lọc

Tổng hợp các nghiên cứu có thể đưa ra các dạng sơ đồ công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt, có quá trình nitrat hóa riêng bằng bể lọc như Hình 1.4.

Trong khuôn khổ của luận án, các công trình loại bỏ chất lơ lửng SS, các hợp chất hữu cơ BOD₅, chất dinh dưỡng N, P qua lớp vật liệu lọc nổi dạng hạt được chú ý đến như là đối tượng nghiên cứu chính.

1.2. Bể lọc vật liệu lọc nổi trong công nghệ xử lý nước thải

Trong công nghệ xử lý nước, các dạng bể lọc phổ biến là (i) bể lọc với vật liệu lọc nặng hơn nước như cát, than antrazit và (ii) bể lọc với vật liệu lọc nổi.

Tổng quan tài liệu [45], các loại bể lọc vật liệu lọc nặng hơn nước dùng trong xử lý triệt để nước thải sinh hoạt gồm: (1) Bể lọc xuôi thông dụng (một hoặc nhiều lớp vật liệu lọc); (2) Bể lọc nhanh xuôi dòng (một lớp vật liệu lọc than đá); (3) Bể

lọc ngược dòng hoạt động liên tục – bể lọc DynaSand (một lớp vật liệu lọc cát) có thể một bậc hoặc hai bậc nối tiếp; (4) Bể lọc xung (vật liệu lọc cát); (5) Bể lọc áp lực (một hoặc nhiều lớp vật liệu lọc); (6) Bể lọc tự rửa thủy lực vật liệu lọc là cát. Trong loại bể trên, có bể loại một lớp vật liệu lọc; loại hai lớp vật liệu lọc hoặc loại ba lớp vật liệu lọc. Còn trong nghiên cứu tổng quan [33] thì bể lọc bậc 3 được sử dụng nhiều nhất để xử lý triệt để nước thải ở Mỹ.

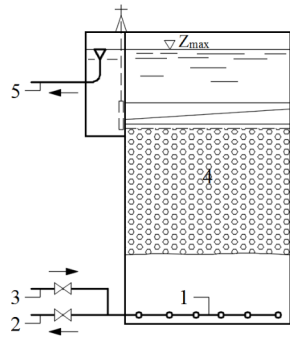
Việc áp dụng bể lọc vật liệu nổi mang lại một số ưu thế trước bể lọc cát truyền thống như (1) qui trình rửa lọc đơn giản hơn bể lọc cát, không cần trang bị bơm rửa lọc; (2) tiết kiệm năng lượng và nước; (3) tổn thất qua lớp vật liệu lọc nhỏ; (4) cấu tạo bể đơn giản giảm giá thành đầu tư xây dựng [16]. Theo các nghiên cứu [15, 16, 48, 73], việc sử dụng vật liệu nổi làm giảm giá thành chuyên chở đến chân công trình từ 15 - 25 lần so với vật liệu lọc nặng như cát. Các vật liệu lọc nổi thường được sử dụng là các hạt kính xốp, penopolyuretan, penopropylen, capron (nylon), polyetylen, polystyrene và các chất polymer nhẹ khác. Việc sử dụng vật liệu lọc nổi đồng thời cũng làm đơn giản kết cấu bể như không cần bơm rửa lọc, không sử dụng hệ thống phân phối trợ lực lớn, giảm khối lượng xây dựng hệ thống thu, tiết kiệm năng lượng và nước rửa [16].

Nghiên cứu tổng quan tài liệu bể lọc vật liệu lọc nổi bao gồm các loại sau đây: (1) Bể lọc vật liệu lọc nổi không tự rửa; (2) Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.

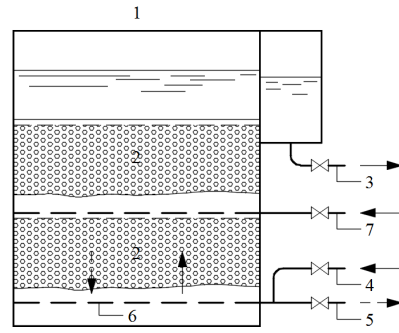
1.2.1. Bể lọc vật liệu lọc nổi không tự rửa

a) Bể lọc vật liệu lọc nổi không tự rửa có các loại FPZ-1, FPZ-2, FPZ-3, FPZ-4, FPZ-5, FPZ4-N, AFPZ-5M, FPZ-COMPACT-2, FPZ COMPACT- 10.

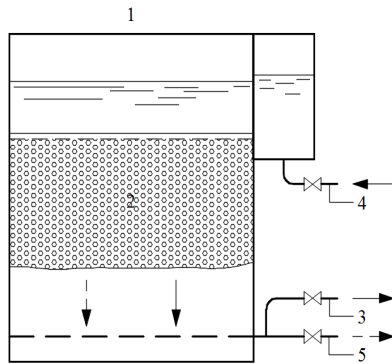
Các bể lọc vật liệu lọc nổi này có thể làm việc ở chế độ xử lý triệt để nước thải, các thông số công nghệ của bể xem *Bảng 1.3* [16] được thể hiện như *Hình 1.5* dưới đây.



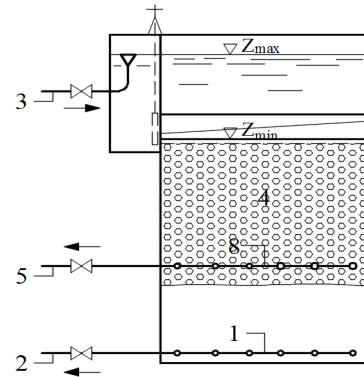
a- Bể lọc FPZ-1



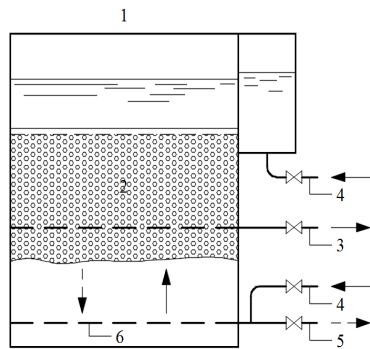
b - Bể lọc FPZ-2



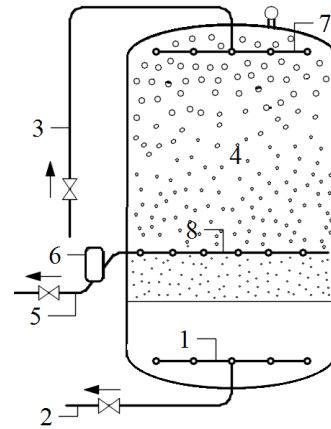
c - Bể lọc FPZ-3



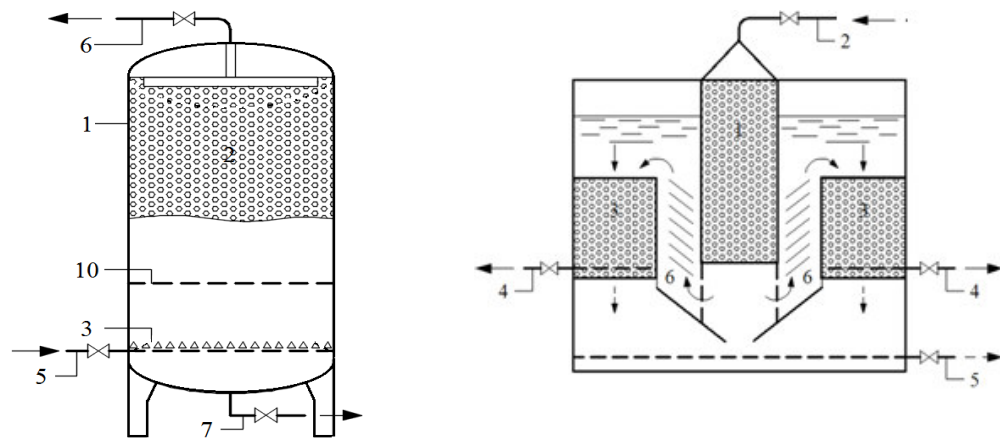
d - Bể lọc FPZ-4



e - Bể lọc FPZ-5



f - Bể lọc FPZ-4N



g - Bể lọc FPZ-COMPACT-2

h - Bể lọc FPZ-COMPACT-10

Hình 1.5. Các loại bể lọc vật liệu lọc nổi không tự rửa [16].

Bể lọc FPZ -1 (Hình 1.5-a): Có cấu tạo đơn giản và kinh tế nhất trong vận hành, sử dụng hạt polystyrene đồng nhất đường kính từ 0,7mm -1,5mm và lớp vật liệu đỡ bên trên có đường kính 2,5mm - 6mm. Nước nguồn (4) được đưa vào qua hệ thống phân phối (6) đi từ dưới lên trên đi qua lớp vật liệu lọc (2) đi qua máng thu và đi ra ngoài. Việc lựa chọn loại bể lọc vật liệu lọc nổi sẽ phụ thuộc vào các yếu tố như trạng thái các chất rắn ở trong nước (như hệ đa phân tán hay phân tán đơn), yêu cầu mức độ xử lý và sơ đồ cao trình của trạm. Vận tốc lọc và chu kỳ lọc thường sẽ được xác định chi tiết trong quá trình vận hành. Thông số công nghệ chi tiết ở [16].

Bể lọc FPZ- 2 (Hình 1.5-b): Là bể lọc có 2 lớp vật liệu lọc nổi có đường kính hữu dụng khác nhau. Lớp 1 $D = 1,0\text{mm} - 2,0\text{mm}$; Lớp 2 $D = 0,5 - 1,0\text{mm}$. Nước được đi vào từ dưới lên đi qua theo chiều giảm dần của đường kính hạt vật liệu lọc nổi có nghĩa là độ rỗng giảm dần. Kết cấu này giúp cho bể lọc giữ được nhiều cặn hơn vì cặn được giữ theo chế độ làm việc “thể tích, kết quả là tăng chu kỳ rửa cặn, giảm lượng nước rửa lọc. Ở lớp vật liệu lọc đầu tiên các hạt cặn to, có độ thô thủy lực lớn sẽ bị giữ lại. Các hạt cặn có kích thước nhỏ hơn sẽ được giữ lại trong lớp vật liệu lọc thứ 2 bằng phương pháp keo tụ tiếp xúc với hóa chất keo tụ theo ống cấp (7) được đưa vào bể lọc. Việc đưa hóa chất vào lớp vật liệu lọc thứ 2 sau lọc sơ bộ

đợt 1 và hiệu ứng “keo tụ tiếp xúc” sẽ làm giảm đáng kể lượng hóa chất sử dụng [16].

Bể lọc FPZ- 3 (Hình 1.5-c): Là dạng bể lọc vật liệu lọc nổi một lớp có đường kính hạt đồng nhất ($D = 0,5\text{mm} - 4,0\text{ mm}$) hoặc không đồng nhất ($D = 1,0\text{mm} - 4,0\text{mm}$). Trong trường hợp vật liệu lọc không đồng nhất, hạt có kích thước to, tỷ trọng thấp sẽ nổi lên trên nằm ở gần lưới chắn; hạt có đường kính nhỏ, tỷ trọng lớn hơn sẽ nằm ở phía dưới. Nước được đưa vào phía trên đi xuống dưới qua lớp vật liệu lọc theo hướng giảm dần của đường kính vật liệu lọc. Như vậy bể lọc FPZ-3 có lớp vật liệu không đồng nhất làm tăng độ giữ cặn của bể. Hệ thống thu gom nước sau xử lý (6) được đặt dưới đáy bể lọc sẽ mang nước sạch ra ngoài. Vận tốc lọc làm việc tiêu chuẩn là 4-5 m/h [16].

Bể lọc FPZ- 4 (Hình 1.5-d): Cũng có nguyên lý hoạt động tương tự như FPZ-3 với chiều lọc đi từ trên xuống dưới. Sự khác biệt ở đây là hệ thống thu nước sạch sau xử lý (8) của bể được bố trí ở giữa bể và nằm trong lớp vật liệu lọc nổi. Cấu tạo khác biệt này giúp cho hệ thống thu gom ống đục lỗ hoặc ống khía lỗ làm việc ổn định hơn. Vận tốc lọc làm việc bình thường của bể đối với lớp vật liệu lọc không đồng nhất (0,5mm - 4,0mm) dao động từ 8m - 10 m/h cao nhất trong các loại bể lọc vật liệu lọc nổi [16].

Bể lọc FPZ- 5 (Hình 1.5-e): Có cấu tạo đặc biệt kết hợp các ưu điểm của bể lọc vật liệu lọc nổi FPZ-1, FPZ-3, FPZ-5 cho phép sử dụng thể tích vật liệu lọc tối đa. Hệ thống thu gom nước sau xử lý được đặt trong lớp vật liệu lọc đồng nhất và được đưa ra ngoài theo ống (3). Nước xử lý (nước thô) được cấp vào bể từ dưới lên và từ trên xuống qua ống (4) cho phép bể lọc sử dụng hiệu quả nhất lớp vật liệu lọc khi làm việc ở chế độ lọc “thể tích”. Quá trình rửa lọc của bể FPZ-5 cũng tương tự như các loại bể lọc vật liệu lọc nổi khác [16].

Bể lọc áp lực vật liệu lọc nổi FPZ-4N (Hình 1.5-f): Là biến thể của bể lọc FPZ-4 làm việc ở chế độ áp lực. Bể được thiết kế bằng kim loại ở dạng bình kín chịu áp lực. Nước xử lý được đưa vào theo ống cấp áp lực (3) qua hệ thống phân

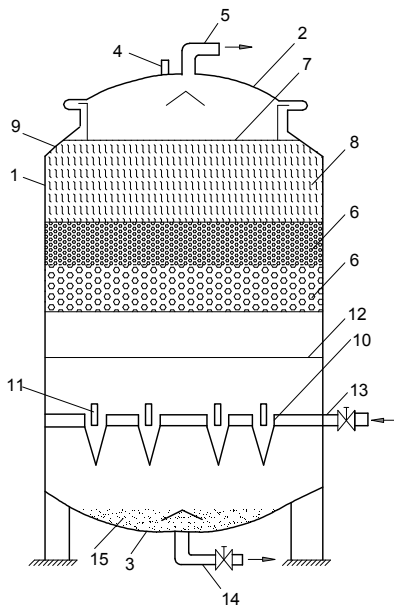
phối phía trên (7) đi qua lớp vật liệu lọc nổi (4) và hệ thống thu gom nước sạch (8) và đi ra ngoài theo ống nước sạch (5). Các hạt vật liệu lọc nổi có thể bị biến dạng thoát ra ngoài sẽ được thiết bị giữ bởi thiết bị (6) [16].

Bể lọc FPZ-COMPACT-2 (Hình 1.5-g): Là bể lọc vật liệu lọc nổi áp lực kết hợp với xử lý nước bằng cyclon thủy lực. Bể bao gồm thân bể bằng kim loại (1) bên trong bố trí vật liệu lọc nổi polystyrene (2). Khi làm việc, van (5) mở và van (7) đóng, nước thô được cấp theo ống (5) phân phối vào hệ thống cyclon thủy lực (3) đi từ dưới lên trên qua lớp vật liệu lọc nổi (2) và đi ra ngoài theo ống nước sạch (6). Cyclon thủy lực (3) sẽ loại bỏ các thành phần cặn có kích thước lớn và độ lớn thủy lực cao. Quá trình rửa lọc được thực hiện như sau: nước sạch được đưa qua ống (6) làm lớp vật liệu lọc (2) nở ra đi xuống dưới. Lúc này van (7) mở ra và van (5) đóng lại. Nước rửa lọc có chứa cặn bẩn sẽ đi ra ngoài theo đường ống (7). Lưới chắn (10) có mắt lưới phù hợp sẽ ngăn không cho vật liệu lọc lọt xuống chui vào hệ thống cyclon thủy lực hoặc đi ra ngoài [16].

Bể lọc FPZ-COMPACT-10 (Hình 1.5-h): Là thiết bị được thiết kế tích hợp giữa lắng lamen và lọc vật liệu lọc nổi với cấp phối hạt lọc khác nhau. Lớp vật liệu lọc (1) có kích thước cỡ hạt to dùng để lọc sơ bộ nước vào, lớp vật liệu lọc nổi (3) có kích cỡ nhỏ hơn dùng để lọc tinh. Giữa hai cụm chức năng lọc có bố trí các tấm lắng lamen (6) nhằm tăng cường hiệu quả xử lý cặn bẩn. Hệ thống thu gom nước sạch được đặt trong lớp vật liệu lọc thu gom và đưa nước sạch ra ngoài [16].

b) Bể lọc vật liệu lọc nổi Compact - 6

Là bể lọc áp lực Compact - 6 được ứng dụng xử lý triệt để cho nước thải sinh hoạt thành phố Vitebsk, Nga với công suất 120.000 m³/ngđ. Thông số công nghệ của bể lọc vật liệu lọc nổi - vật liệu lọc dạng sợi như sau: lớp vật liệu lọc nổi dạng hạt polystyrene có d=1,2 - 1,8 mm; L=0,5 - 0,8m; lớp vật liệu dạng sợi có d=1,8 - 2,0mm; L=0,3 - 0,4m. Vận tốc lọc cho phép 1,0 - 10,0 m/h. Cường độ rửa lọc 18 - 22 l/s.m², độ nở 20 - 25%, thời gian rửa lọc t = 4 - 5 phút [78];



Hình 1.6. Bể lọc vật liệu lọc nổi Compack-6 [78]

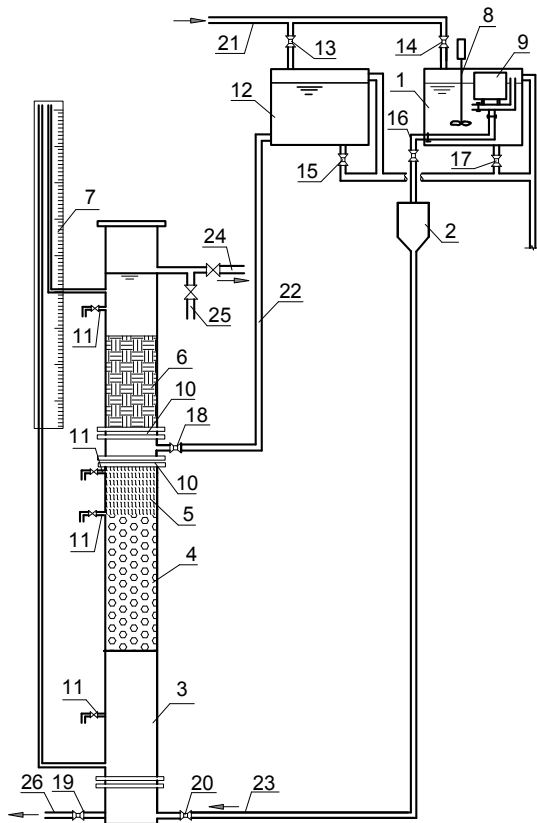
1- Vỏ bể lọc; 2- Nắp; 3 - Đáy; 4- Van xả áp lực; 5- Ống cấp nước rửa lọc và ống dẫn nước sạch; 6- Vật liệu lọc nổi; 7- Lưới chắn; 8- Vật liệu lọc dạng sợi; 9- Lưới chắn bên dưới; 10- Cụm cyclon thủy lực; 11- Ống lấy ra của cyclon thủy lực; 12- Lưới chắn bên dưới; 13- Ống cấp nước; 14- Thoát nước thải; 15- Ngăn chứa cặn

c) Bể phản ứng sinh học kết hợp với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa AFPZ-4

Một nghiên cứu phát triển tại trường Đại học Xây dựng Moscow [78] để loại bỏ các chất hữu cơ. Nguyên cứu được thực hiện với vận tốc $v = 0,5, 3$ và 5 m/h. Các quá trình xử lý sinh học chất hữu cơ hòa tan, quá trình lọc cơ học SS và hấp phụ các chất hữu cơ hòa tan được thực hiện trong một công trình. Thông số điển hình của bể lọc - hấp phụ vật liệu lọc nổi dạng hạt kết hợp với vật liệu dạng sợi và vật liệu hấp phụ than hoạt tính như sau: Vật liệu lọc nổi dạng hạt polystyrene $d = 1,2 - 1,5$ mm; $L = 0,8 - 1,0$ m; vật liệu dạng sợi từ capron: $d_s = 1,8 - 2$ mm; $L = 0,4 - 0,5$ m; hệ số lấp đầy từ $0,2 - 0,3$; Than hoạt tính: $d = 1 - 2$ mm, $L = 0,8 - 1$ m.

Dựa trên các kết quả các nghiên cứu trước của các nhà khoa học Nga, trong nghiên cứu này, các vấn đề về thủy lực qua lớp lọc vật liệu lọc nổi dạng hạt và vật liệu dạng sợi được nghiên cứu sâu và chi tiết bao gồm các tổn thất ban đầu, tổn thất qua quá trình lọc, và tổn thất khi rửa lọc. Bằng lý thuyết và thực nghiệm nghiên cứu đã đưa ra công thức tính toán tổn thất ban đầu khi lọc qua lớp vật liệu lọc nổi dạng hạt, tổn thất ban đầu khi rửa lọc.

Hạn chế của nghiên cứu là mới chỉ dừng ở việc đánh giá hiệu quả xử lý theo SS, độ màu, độ đục chứ chưa đi sâu vào tìm các thông số động học của quá trình lọc, quá trình xử lý sinh hóa và quá trình hấp phụ.

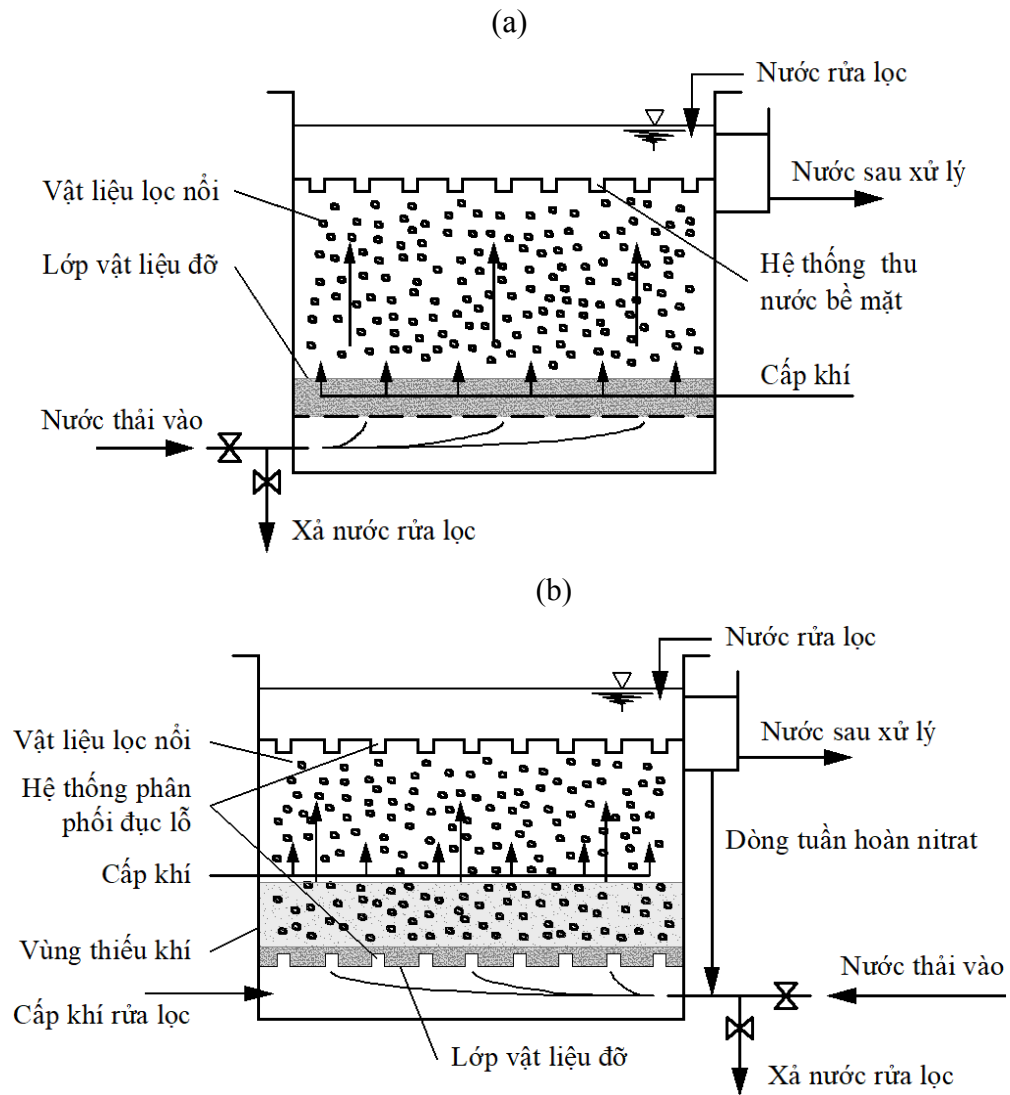


Hình 1.7. Bể lọc vật liệu nổi kết hợp với nhiều loại vật liệu [78].

1- Bể chứa nước thải đầu vào; 2- Bộ phận tách khí; 3 – Cột lọc; 4 – Vật liệu lọc nổi polystyrene; 5- Vật liệu lọc dạng sợi; 6 – Than hoạt tính; 7- Bảng đo tổn thất áp lực; 8- Máy khuấy cơ khí; 9- Định lượng; 10- Lưới chắn; 11- Vòi lấy mẫu; 12- Bể chứa nước rửa lọc; 13 đến 20 – Van khóa; 21- Ống cấp nước sạch; 22 và 23 – Các ống công nghệ; 24 - Ống dẫn nước sau xử lý; 25 và 26- Ống dẫn nước rửa lọc

d) Bể lọc sinh học sục khí ngập nước BAF

Một trong những thành tựu lớn trong công nghệ xử lý nước thải nói chung và xử lý triệt để nói riêng là bể lọc sinh học sục khí ngập nước BAF (Biological Aerated Filter). Khác với quá trình MBBR, quá trình xử lý BAF không cần bể lắng đợt 2. Chất lơ lửng SS được loại bỏ thông qua quá trình lọc qua lớp vật liệu cùng với quá trình sinh hóa khác (loại bỏ BOD₅ và loại bỏ các chất dinh dưỡng N, P). Nguyên lý hoạt động của bể BAF có thể là hướng lọc từ trên xuống, lọc từ dưới lên với các vật liệu mang khác nhau trong đó phổ biến là vật liệu nổi có bề mặt phát triển và có tỷ khối nhỏ hơn 1 [45] (Xem Hình 1.8 dưới đây). Bể lọc BAF hướng dòng chảy từ dưới lên sử dụng vật liệu Biostyr® làm từ polystyrene có kích cỡ 3,0-6,0 mm và tỷ khối khoảng 0,5 và vật liệu Biobead® làm từ đệm polyethylene có tỷ khối là 0,95. Chiều cao lớp vật liệu thiết kế từ 3 - 4m. Một số vật liệu phổ biến khác như Biopure® và Biolet® được sử dụng cho quá trình BAF.



Hình 1.8. Sơ đồ công nghệ bể BAF

(a) Bể BAF dòng chảy từ dưới lên với vật liệu nổi bình thường và (b) Bể BAF A/O dòng chảy từ dưới lên với vật liệu nổi và ngăn anoxic [45].

Đáng chú ý giải pháp công nghệ cho BAF thiết kế theo sơ đồ AO có vùng anoxic bên dưới nhằm mục đích tăng cường xử lý N (xem Hình 1.8b).

Bể BAF có thể loại bỏ BOD_5 xuống dưới 10 mg/l cho xử lý bậc II. Bể BAF tải trọng hữu cơ thấp có thể xử lý đồng thời BOD_5 và $N-NH_4^+$. Bể BAF xử lý N bậc 3 có thể đạt hàm lượng N đầu ra ít hơn 1 mg/l hoặc 1,0- 4,0 mg/l phụ thuộc vào hàm lượng $N-NH_4^+$ đầu vào và nồng độ oxy hòa tan [45].

Bảng 1.2. Thông số thiết kế cho BAF khi xử lý BOD₅, NH₄⁺-N [45].

Mô tả ứng dụng	Đơn vị tải trọng	Mức độ xử lý	Hiệu suất xử lý
Xử lý BOD ₅	Kg BOD ₅ /m ³ .ngđ	3,5 -5,5	>85%
Xử lý BOD ₅ và NH ₄ ⁺ -N đồng thời	Kg BOD ₅ /m ³ .ngđ	1,8-2,5	>85%
Xử lý N-NH ₄ ⁺ bậc 3 (riêng hoàn toàn)	Kg NH ₄ ⁺ -N/m ³ .ngđ	1-1,5	90%

Những ưu thế của BAF là yêu cầu về không gian bé, khả năng xử lý nước thải loãng tốt, không cần quan tâm đến khả năng lắng của bùn cặn, đơn giản trong vận hành và có thể đưa vào trong nhà tránh mưa gió và các điều kiện thời tiết bất lợi khác. Nhược điểm của BAF bao gồm hệ thống phức tạp để vận hành và kiểm soát, hạn chế khi áp dụng cho trạm xử lý công suất lớn, giá thành xây dựng cao (không tính giá đất), và tổn thất thủy lực cao (so với MBBR). Lưu lượng dòng chảy có tác động trực tiếp đến thiết kế và giá thành. Bể điều hòa lưu lượng có thể phải được xem xét khi mùa mưa và mùa khô.

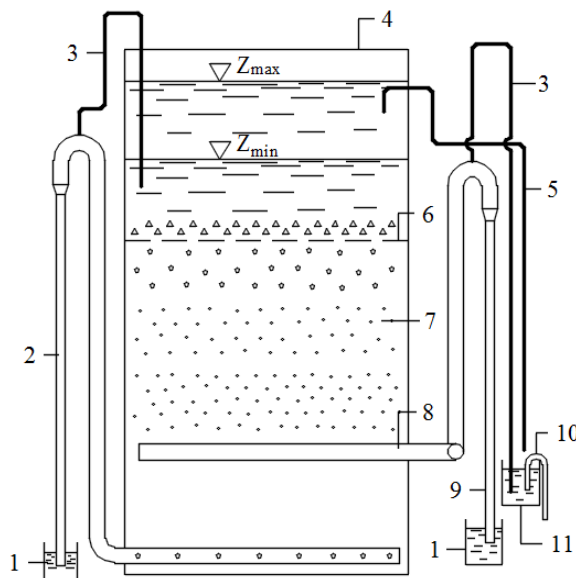
1.2.2. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa

Một trong những hướng tự động hóa thiết bị xử lý nước là tự động hóa công tác bể lọc mà tự động hóa quá trình rửa lọc là khâu then chốt. Đối với các vùng nông thôn, miền núi, việc trang bị hệ thống tự động hóa hiện đại cho hệ thống xử lý nước là không khả thi cả về kinh tế và kỹ thuật. Việc nghiên cứu tự động hóa công tác rửa lọc dựa trên nguyên lý thủy lực cho các bể lọc đã được nghiên cứu từ lâu (1960-1970) ở các nước như Nga (Liên xô cũ), Đức, Trung Quốc. Các bể lọc tự rửa vật liệu cát thạch anh đã được sử dụng rộng rãi trong cấp nước nông thôn, công nghiệp tại Nga, Đức và sau này tại Trung Quốc. Nguyên lý hoạt động của quá trình tự rửa lọc như sau: Khi nước xử lý đi qua lớp vật liệu lọc thì các chất lơ lửng, cặn bẩn được giữ lại trong lớp vật liệu lọc. Theo thời gian lượng chất bẩn giữ lại tăng lên, tổn thất thủy lực qua lớp vật liệu lọc cũng tăng lên, do đó cũng làm tăng áp suất trong hệ thống xi-phông tự rửa trang bị cho cụm bể lọc. Khi tổn thất này tăng đến một giá trị giới hạn nào, áp suất trong xi-phông cũng tăng đến mức độ giới hạn, hệ thống xi-phông tự động khởi động quá trình rửa. Nước từ trong bể chứa nước rửa

lọc chảy ngược so với quá trình lọc và tổng các chất bẩn nằm trong lớp vật liệu lọc ra ngoài. Khi mức nước trong bể chứa hạ xuống đến mức cần thiết, một hệ thống đặc biệt cho không khí lọt vào, phá vỡ chân không làm xi-phông rửa ngừng làm việc. Quá trình rửa lọc kết thúc. Ưu điểm của hệ thống rửa lọc tự động trên nguyên lý thủy lực là đơn giản hóa được quy trình vận hành bể lọc, không cần người vận hành nên thích hợp cho hệ thống cấp nước vùng nông thôn. Tuy nhiên, các bể lọc cát tự động rửa lọc trên nguyên lý thủy lực có một nhược điểm là cấu tạo bể phức tạp (kết cấu bể lồng), do đó giá thành đầu tư xây dựng cao [16].

a) Bể lọc tự rửa vật liệu lọc nổi 2 xi-phông

Một trong những cải tiến của FPZ chính là bể lọc nổi tự rửa thủy lực mà không cần bơm rửa ngược, thiết bị điện tử và các bộ phận chuyển động khác (Hình 1.9).



Hình 1.9. Nguyên lý hoạt động của bể tự rửa lọc vật liệu lọc nổi [16].

1 - Khóa thủy lực; 2 - xi phông rửa lọc; 3 - Ống ngắt hiệu ứng xi phông; 4 - Bể lọc; 5 - Ống khởi động xi-phông; 6 - Lưới giữ vật liệu lọc; 7 - Vật liệu lọc; 8 - Ống thu nước lọc; 9 - Xi-phông nước sau xử lý; 10 - Xi-phông cho khóa thủy lực; 11 - Khóa thủy lực;

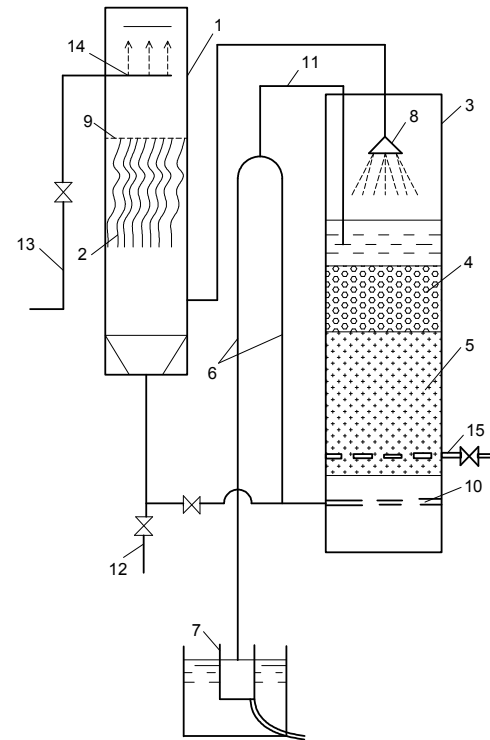
Quá trình xử lý nước thải kết hợp các đặc tính của bể lọc sinh học cố định và bể lọc có hướng chảy từ dưới lên (Rogalla, 1992). Theo Haberer và Schmitdt (1991) cho rằng, vật liệu lọc làm bằng polystyrene phù hợp hơn cho bể lọc có hướng lọc từ dưới lên so với polyethylene hoặc polypropylene bởi vì polystyrene có khối lượng riêng nhỏ hơn và khả năng nổi tốt hơn trong nước. Polystyrene là trơ và không gây nguy hiểm cho sức khỏe.

Quá trình lọc dựa trên nguyên tắc của bể phản ứng sinh học. Nguồn cung cấp oxy thông qua các quá trình đóng ngắt của xi phông. Hiệu quả xử lý đạt được nhờ

quá trình lọc cơ học và quá trình sinh học trong bể lọc. Không có thông tin chi tiết về các thông số công nghệ của bể lọc này.

b) Bể phản ứng sinh học kết hợp với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa AFPZ-4

Một nghiên cứu sâu hơn về bể phản ứng sinh học sử dụng vật liệu dạng sợi kết hợp với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa AFPZ-4 để xử lý nước ngầm, cũng như các chất hữu cơ hòa tan trong nước. Sơ đồ nguyên lý của cụm thiết bị được trình bày trong hình sau:



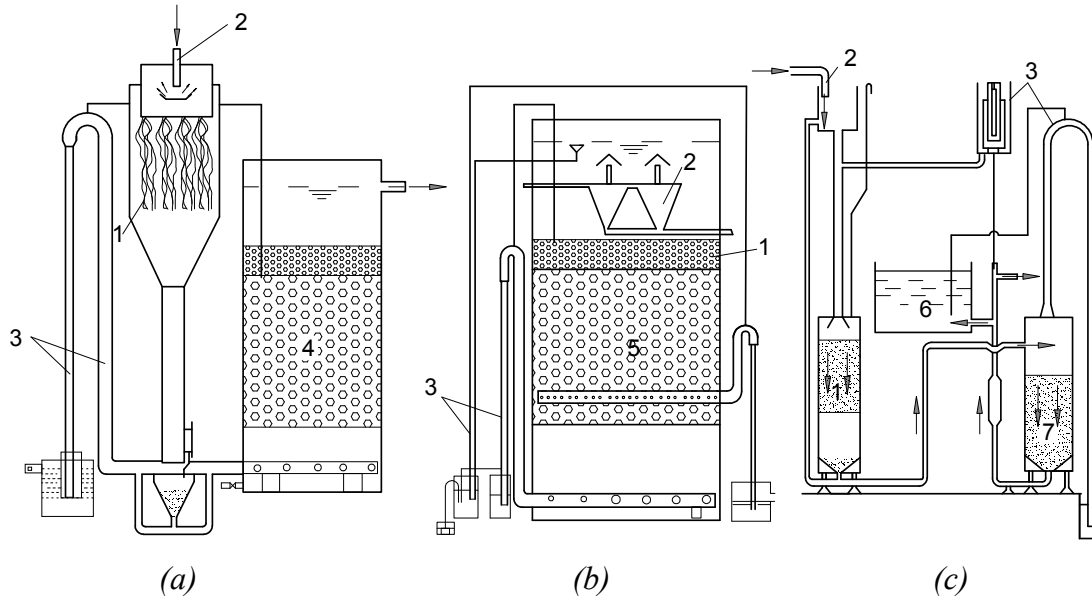
Hình 1.10. Bể phản ứng sinh học kết hợp với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa AFPZ-4M [78].

1- Bể phản ứng sinh học; 2- Vật liệu lọc dạng sợi; 3- Bể lọc nổi vật liệu lọc nổi tự rửa AFPZ – 4M; 4 – Vật liệu xúc tác ôxy hóa; 5- Vật liệu lọc nổi polystyrene; 6- Xi phông; 7- Khóa thủy lực; 8- Đầu phun; 9- Lưới đỡ vật liệu; 10- Hệ thống thu nước phía dưới; 11- Ống không khí; 12 – Hệ thống xả cặn cường bức và nước rửa lọc; 13 – Nước đầu vào; 14 – Phân phối dạng tia; 15 – Hệ thống thu nước sạch;

c) Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa kết hợp khác

Nghiên cứu xác định được cơ chế khử Fe, khử Mn, NH_4^+ và các chất hữu cơ khó ôxy hóa trong bể phản ứng sinh học là nhờ các nhóm vi sinh vật nhóm *Leptothrix ochracea*, *Leptothrix trichogenes* và *Gallionella* trên bề mặt của vật liệu mang. Vận tốc lọc qua bể phản sinh học được xác định $v = 25 - 35$ m/h, vật liệu mang có thể là dạng sợi hoặc dạng hạt polystyrene đường kính tương đương 6 - 8mm với chiều dày từ 0,7 - 1,4 m. Thời gian tiếp xúc với giá thể sinh học từ 10 - 15 phút. Bể lọc vật liệu lọc nổi có thể dùng là bể FPZ-1 và FPZ-4 với vật liệu lọc nổi dạng hạt polystyrene $d = 0,8 - 1,5\text{mm}$, $h = 0,7 - 1,4\text{m}$ và $d = 1,5 - 4$ mm, $h = 1,5 - 1,6$ m. Hệ thống cấp ôxy cho bể phản ứng sinh học ở đây là tháp làm thoáng kiểu dàn

mưa hoặc ejector áp lực thấp đảm bảo cung cấp đủ oxy cho quá trình khử Fe, Mn và NH_4^+ trong nước ngầm.



Hình 1.11. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa kết hợp khác [78].

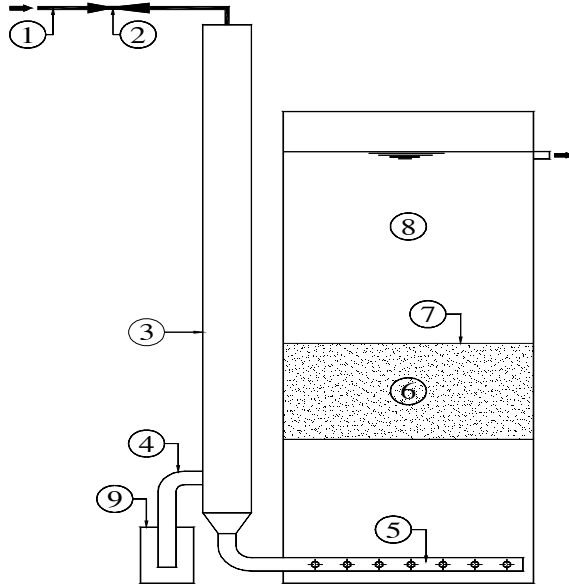
1 – Bể phản ứng sinh học; 2 – Hệ thống cấp khí; 3 – Hệ thống tự động rửa lọc thủy lực; 4 – Bể lọc vật liệu lọc nổi FPZ – 1; 5 – Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa AFPZ – 4; 6 – Bể chứa nước rửa lọc; 7 – Bể lọc vật liệu nặng hơn nước.

Một số nghiên cứu phát triển cũng đã đưa ra những giải pháp độc đáo: Bể phản ứng sinh học tích hợp với ngăn tiếp xúc tạo bông với lớp đệm lơ lửng và bể lọc vật liệu lọc nổi FPZ1 (Hình 1.11a); Bể phản ứng sinh học vật liệu bám dính dạng sợi và dạng hạt kết hợp với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa AFPZ-4 chiều lọc đi từ dưới lên (Hình 1.11b); Bể phản ứng sinh học vật liệu nổi dạng hạt kết hợp với bể lọc tự rửa vật liệu nặng hơn nước tự rửa (Hình 1.11c). Các hệ thống này đều hoạt động trên nguyên lý tự động thủy lực 100%.

d) Bể lọc AbioF tự rửa vật liệu lọc nổi xi-phông đồng tâm

Bể lọc sinh học tự rửa - Automatic BioFilter (viết tắt là ABioF) với xi-phông đồng tâm được phát triển theo kết quả nghiên cứu của PGS.TS. Trần Thanh Sơn, Khoa Kỹ thuật Hạ tầng và Môi trường Đô thị, Trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội có thể ứng dụng vào xử lý nước ngầm (khử Fe, Mn, các loại khí hòa tan), xử lý sinh

học nước thiên nhiên ô nhiễm nồng độ chất hữu cơ, nhiễm bẩn tảo, ô nhiễm NH_4^+ . Cấu tạo của bể được trình bày trong Hình 1.12. bao gồm có ống dẫn nước thô (1) được làm giàu ôxy bằng ejector (2) đi qua hệ thống automat thủy lực được cấu tạo đặc biệt từ hệ thống xi phong và đi qua hệ thống phân phối (5) và qua lớp vật liệu lọc nổi (6) đóng vai trò vật liệu tiếp xúc. Tại đây các quá trình xử lý hóa học và sinh học xảy ra, nước sạch đi qua phần chứa nước rửa lọc (8) và đi ra ngoài.



Hình 1.12. Bể lọc sinh học tự rửa ABioF dựa trên nguyên lý FPZ-3 [15, 16].

- 1 - Ống áp lực dẫn nước vào bể;
- 2 - Ejector hút khí;
- 3 - Automat thủy lực;
- 4 - Ống xi-phông;
- 5 - Hệ thống phân phối;
- 6 - Vật liệu lọc nổi;
- 7 - Lưới chắn vật liệu;
- 8 - Thê tích nước rửa lọc;
- 9 - Khóa thủy lực.

Thực chất đây là bể phản ứng tiếp xúc đa năng kết hợp các quá trình xử lý như lọc cơ học, phản ứng hóa học, phản ứng sinh hóa vào một bể. Vật liệu lọc được sử dụng cho ABioF là polystyrene hoặc các vật liệu lọc nổi khác. Tùy theo yêu cầu xử lý, loại nước xử lý, chất lượng nước nguồn, nước đầu vào vật liệu lọc lựa chọn có thể thay đổi. Về bản chất, đây là bể phản ứng tiếp xúc qua lớp vật liệu lọc nổi. Trong ABioF ôxy được hòa tan trong nước tham gia vào các phản ứng hóa học và sinh hóa. Các trạm xử lý thực nghiệm đã chứng minh độ ổn định và tin cậy khi làm việc trong khoảng thời gian từ năm 2010 cho đến nay trong lĩnh vực cấp nước. Còn nghiên cứu bể ABioF trong xử lý nước thải chưa có nghiên cứu cụ thể nào.

Bảng 1.3. Thông số công nghệ bể lọc vật liệu lọc nổi khi xử lý nước thiên nhiên và nước thải [16]

Tên bể lọc	Đặc tính của lớp vật liệu lọc			Chế độ lọc			Chế độ rửa			
	Dạng vật liệu lọc	Đường kính hạt vật liệu (mm)	Chiều dày vật liệu (m)	Hàm lượng cặn (mg/l)		Vận tốc lọc (m/h)	Chu kỳ rửa lọc (h)	Cường độ rửa lọc (l/s.m ²)	Thời gian rửa lọc (phút)	Độ nở của vật liệu %
				Đầu vào	Đầu ra					
<i>Lọc nước mặt có hóa chất</i>										
FPZ-1	Một lớp đồng nhất	1,0-1,5	1,0	100	1,5	6-7	8	12-15	3-4	40
FPZ-3	Một lớp, không nhất	1,0-4,0	1,2	150	1,5	4-5	8	10-12	3-4	50
FPZ-4		0,5-4,0	1,4	250	1,5	8-10	10	10-12	3-4	50
<i>Khử sắt trong nước ngầm</i>										
FPZ-4	Một lớp không đồng nhất	0,5-4,0	1,2	(10,0)	(0,3)	10-12	24	10-12	4-5	40
<i>Lọc không hóa chất cấp cho sinh hoạt</i>										
FPZ-1	Một lớp	0,5-2,0	0,8	100	1,5	0,8-1,2	8	10-12	3-4	50
FPZ-2	Hai lớp	1. Lớp 1 1,0-2,0 2. Lớp 2 0,5-1,0	0,7	250	1,5	1,2-1,5	8*	10-12	3-4	50
FPZ-4	Một lớp	0,5-3,0	1,2	500	1,5	2,0*	10*	10-12	3-4	50
<i>Lọc không hóa chất cho nước công nghiệp</i>										
FPZ-4	Một lớp	0,8-1,0	1,2	500	10-15	5,0	8	15	4-5	50
<i>Xử lý sinh học triệt để cho nước thải</i>										
FPZ-4	Một lớp	0,7-0,6	1,4	20(15)	3-6 (3-5)	10	12	15	5	40
FPZ-5	Một lớp	1,0-6,0	1,6	50 (15)	3-6 (3-5)	15	24	15	3	40

Chú ý: 1. Cho phép độ màu của nước khi lọc hóa chất một bậc và lọc không hóa chất đến 150⁰.

Giá trị trong ngoặc nồng độ sắt tổng và BOD₅; Ký hiệu (*) là những giá trị cho vật liệu lọc từ hạt Polystyrone nghiền

1.3. Vật liệu lọc nổi cho bể lọc

Vật liệu lọc nổi phổ biến nhất hiện nay được dùng trong bể lọc vật liệu lọc nổi là polystyrene dạng hạt. Hạt polystyrene có giá thành thấp, nhẹ và dễ chế tạo. Chi phí vận chuyển vật liệu lọc Polystyrene đến chân công trường giảm đi từ 15 - 25 lần so với vật liệu lọc nặng từ 1 tấn nguyên liệu đầu vào theo phương pháp chế tạo tại chỗ có thể thu được hơn 15 m³ vật liệu lọc [16]. Khác với quá trình rửa lọc các vật liệu lọc nặng, khi rửa lọc vật liệu lọc nổi vector lực trọng trường tác dụng lên hạt vật liệu lọc trùng với vector chuyển động của dòng nước rửa lọc bởi vì khi rửa lọc bể lọc vật liệu lọc nổi quá trình rửa được thực hiện từ trên xuống dưới, do vậy, hiệu quả rửa lọc tăng lên và thời gian rửa lọc giảm đi.

Các tính toán kinh tế kỹ thuật và phân tích điều kiện ứng dụng cụ thể của vật liệu lọc dạng hạt polystyrene đã khẳng định việc sử dụng chúng rất hiệu quả trong các thiết bị hợp khối sản xuất tại nhà máy. Đặc biệt những triển vọng ứng dụng vật liệu lọc nổi ở những nơi thiếu các vật liệu lọc truyền thống như vật liệu cát thạch anh, than antrazit, keramzit [16].

1.3.1 Vật liệu lọc nổi polystyrene

Vật liệu lọc nổi dạng hạt là những hạt có các lỗ rỗng kín, đường kính từ 0,3 – 12mm cũng như các sợi tổng hợp, polymer với tỷ trọng nhỏ hơn nước có khả năng nằm ngập trong nước vô thời hạn mà không chìm. Loại vật liệu được sử dụng nhiều nhất trong thực tế là các loại hạt polystyrene nhãn mác khác nhau (ví dụ như PSV và PSV-S của Nga), cũng như các dạng cải biến của chúng. Ngoài ra vật liệu lọc nổi còn bao gồm vật liệu kính rỗng dạng hạt, polyurethane nghiền, propylene bột; nylon, fluoropolymer, polyethylene và các vật liệu lọc nhẹ gốc polymer khác [16].

Các nghiên cứu vận hành công trình với vật liệu Polystyrene trong thực tế với thời gian 20 năm đã không phát hiện những thay đổi trong thành phần lý hóa của hạt [16].

Ở Nga, việc sản xuất hạt polystyrene lần đầu tiên được thực hiện tại nhà máy “Plast Polimer” và năm 1958. Tại các nước phương Tây (Đức, Anh, Mỹ), sản xuất polystyrene được phát triển trước, vào đầu những năm 50.

Hạt polystyrene đã được ứng dụng tại Việt Nam từ năm 1998 cho đến nay nhưng rất tiếc là chưa được chuẩn hóa thành sản phẩm thương mại qua các thông số công nghệ kỹ thuật. Đây là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến nhiều công trình bể lọc nổi polystyrene ở nước ta hoạt động không hiệu quả, không phát huy được hết các ưu điểm của vật liệu [15].

Bể lọc vật liệu lọc nổi có thể làm việc tại nhiều vị trí trong dây chuyền công nghệ xử lý đảm nhiệm các chức năng khác nhau. Như vậy, việc lựa chọn vật liệu lọc nổi có các thông số kỹ thuật công nghệ phù hợp đáp ứng được yêu cầu riêng biệt của từng công trình đơn vị có tính chất quyết định.

Các yêu cầu đối với vật liệu lọc nổi dạng hạt là (i) thành phần cỡ hạt vật liệu; (ii) mức độ đồng nhất của vật liệu; (iii) độ bền cơ học và (iv) độ bền hóa học của vật liệu đối với nước xử lý.

Việc xác định các thông số kỹ thuật của VLL nổi polystyrene phù hợp với chế độ làm việc bể lọc vật liệu lọc nổi là rất quan trọng. Các nghiên cứu trong và ngoài nước đã xác định các thông số của VLL nổi như sau:

- Đường kính hiệu dụng D_e hay còn có thể gọi đường kính tương đương;
- Độ rỗng (độ xốp) E ;
- Hệ số không đồng nhất K_d
- Trọng lượng riêng khô của hạt vật liệu lọc.
- Xác định độ bền hóa học, vật lý (độ bào mòn gãy vụn, chịu nhiệt độ T^0)

Tại Nga, việc chuẩn hóa VLL nổi theo các thông số trên cũng đã được nghiên cứu thấu đáo và đưa vào tiêu chuẩn xây dựng OST-6-05-200-83 [15]. Tại Việt Nam chuẩn hóa VLL nổi polystyrene được thực hiện theo đề tài nghiên cứu của PGS.TS. Trần Thanh Sơn [15].

Các phương pháp xác định thông số trên được quy định trong các tiêu chuẩn của Nga và trong nghiên cứu nói trên của PGS.TS. Trần Thanh Sơn. Hiện nay tại Việt Nam theo kết quả nghiên cứu của PGS.TS. Trần Thanh Sơn có hai loại vật liệu polystyrene được chuẩn hóa như *Bảng 1.4*.

Bảng 1.4. Thông số kỹ thuật của vật liệu polystyrene [15]

Hạt vật liệu lọc	Polystyrene to (P1)	Polystyrene nhỏ (P2)
Đường kính hữu dụng, De	3,19	1,22
Hệ số không đồng dạng, Kd, d80/d10	1,22	1,38
Khối lượng riêng γ_0 , kg/m ³	27,58	45,01
Độ rỗng e, %	42,00	41,00

Hệ số hình dạng (α) của hai loại vật liệu trên dao động từ 1,1 đến 1,5.

Độ bào mòn và độ nghiền vụn xác định dựa trên TCXDVN 76:1979 ở nhiệt độ 50°C và rây mắt tiêu chuẩn (đường kính 0,1mm) đưa vào máy rung 24h với tần số rung 120 lần/phút. Chỉ số bào mòn đơn vị là % thì không phát hiện ra [15].

- Độ bền hóa học và ảnh hưởng của nhiệt độ được xác lập trên cơ sở TCXDVN 76:1979 thực hiện ở nhiệt độ T=50°C, ngâm mẫu vật liệu thử nghiệm trong các dung dịch hóa chất trên trong khoảng thời gian T ít nhất là 48 tiếng. Sấy khô trong tủ sấy ở nhiệt độ T = 50°C trong vòng 24 tiếng và tiến hành xác định trọng lượng và thể tích sau khi ngâm trong dung dịch HCl 0,1M và NaOH 0,5M kết quả không biến dạng.



Hình 1.13. Vật liệu nổi polystyrene [15]

1.3.2 Vật liệu nổi dùng trong bể phản ứng sinh học ngập nước MBBR

Bể phản ứng với giá thể màng vi sinh chuyển động (*Moving Bed Biofilm Reactor, MBBR*) là một trong những công nghệ kỹ thuật được phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây [26]. Giá thể mang này làm bằng vật liệu tổng hợp polymer có bề mặt phát triển nhẹ hơn nước được đưa vào bể phản ứng sinh học đóng vai trò làm vật liệu mang các màng vi sinh chuyển động hỗn loạn nhờ sự khuấy trộn cơ học. Giá thể này sau đây được gọi tắt là “giá thể MBBR” hoặc

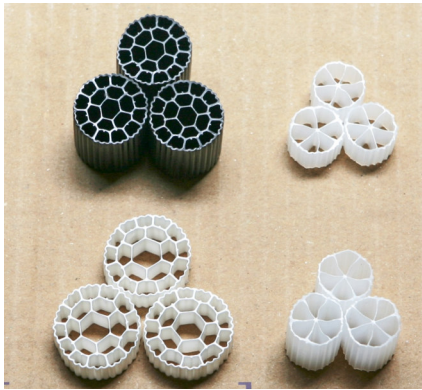
là “vật liệu nổi MBBR” cho toàn bộ luận án và cũng coi như một dạng vật liệu lọc nổi.



(a)



(b)



(c)



(d)

Hình 1.14. Các loại giá thể nổi MBBR [79]

Giá thể nổi MBBR dùng trong quá trình MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) hay còn gọi là bể phản ứng màng sinh học đệm di động. Nồng độ oxy trong vùng sục khí duy trì 4 - 6 mg/l. Nồng độ bùn hoạt tính bám dính điển hình từ 3,0 - 3,5 g/l. Thiết kế trạm xử lý với quá trình MBBR bao gồm cho cả xử lý đồng thời BOD và NH_4^+ , cho hệ A/0 hoặc A20. Khi thiết kế cho hệ A/0 hoặc A20, dòng tuần hoàn NO_3^- phải được cân nhắc khi đưa vào tính toán. MBBR cũng được sử dụng như công trình xử lý bậc 3 để loại bỏ NH_4^+ (quá trình nitrat hóa), khử nitrat (denitrification) với nguồn Carbon ngoài, hoặc loại bỏ P bằng phương pháp hóa lý (keo tụ tiếp xúc có sử dụng các hóa chất keo tụ) [45]. Khi MBBR làm việc ở sơ đồ Bardenpho, thời gian lưu nước dao động từ 3,2 - 6,3 giờ. Khi MBBR làm việc xử lý

N – thời gian lưu nước dao động khoảng 1,1 giờ. (Ødegaard, 2006., McQuarie and Bolt, 2011). Thông số thiết kế điển hình về tải trọng của MBBR như sau:

Bảng 1.5. Thông số thiết kế điển hình về tải trọng của MBBR [45].

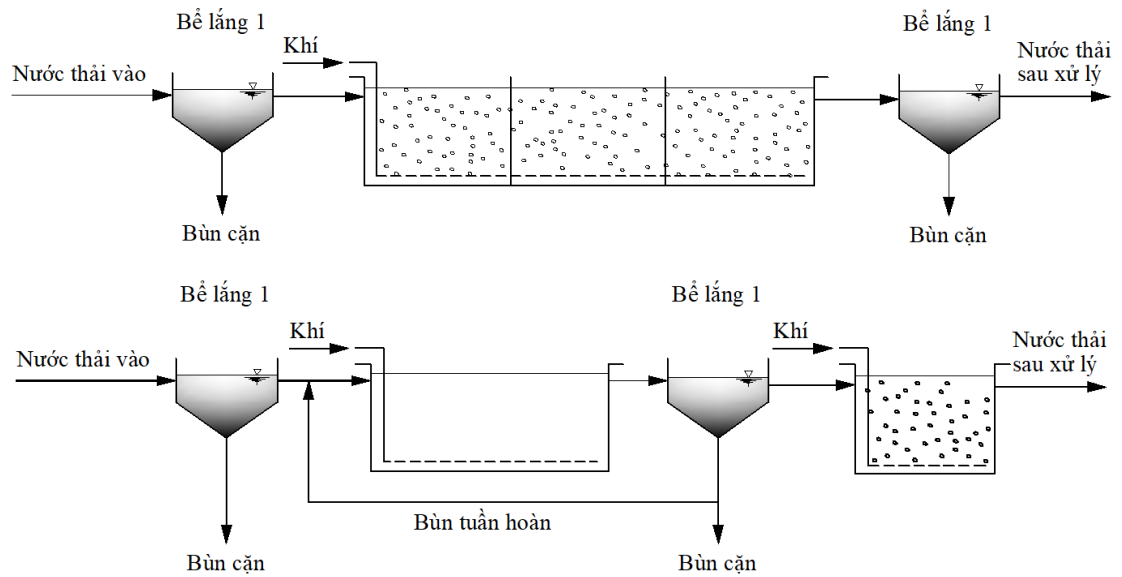
TT	Quá trình	Chất nền	Tải trọng, g/m ² .ngđ	Tải trọng thể tích, kg/m ³ .ngđ
1	Xử lý không hoàn toàn	BOD	15-20	4,5-6,0
2	Xử lý hoàn toàn (bậc 2)	BOD	5-15	1,7-5,0
3	Tiền nitrat hóa (prenitrification)	BOD	4-5	1,2-1,5
4	Nitrat hóa	N-NH ₄ ⁺	0,4-1,4	0,1-0,4
5	Tiền khử nitrat (Predenitrification)	N-NO ₃ ⁻	0,2-1,0	0,1-0,3
6	Hậu khử nitrat (Postdenitrification)	N-NO ₃ ⁻	1,0-2,0	0,3-0,6

Ưu điểm của quá trình MBBR so với quá trình bùn hoạt tính truyền thống là kích cỡ công trình nhỏ hơn, vận hành công trình đơn giản hơn vì không phải tuần hoàn bùn và kiểm soát tuổi của bùn (SRT) cũng như xả bùn dư, loại bỏ được hiện tượng bùn bị phồng, thích ứng cao với sự thay đổi lưu lượng và chất lượng nước thải theo mùa. Các nhược điểm của MBBR là tốn kém năng lượng, phải sử dụng đúng loại vật liệu, cần phải lưới chắn.

Sơ đồ công nghệ quá trình MBBR cho loại bỏ BOD và nitrat hóa đồng thời; và công trình MBBR xử lý N-NH₄⁺ bậc 3 được trình bày trong *Hình 1.15*. dưới đây.

Tổng quan các nghiên cứu thấy rằng giá thể nổi MBBR dạng bánh xe (*Hình 1.14c*) giúp tăng thêm diện tích bề mặt cho các VSV bám dính hiếu khí phân hủy các chất hữu cơ nhằm tiết kiệm chi phí.

Với diện tích bề mặt 500 - 1200 m²/m³ thì giá thể bánh xe được lựa chọn đầu tiên vì hiệu quả xử lý cao và tuổi thọ lâu [26].



Hình 1.15. Sơ đồ công nghệ quá trình MBBR sử dụng giá thể nổi MBBR [45].

- a- MBBR cho loại bỏ BOD và nitrat hóa đồng thời;
- b- Công trình MBBR xử lý $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ bậc 3;

Hiện nay trên thị trường Việt Nam phổ biến 03 loại giá thể MBBR loại bánh xe là loại có kích thước 11*10mm; 16*10mm và loại 25*10mm. Các thông số công nghệ của các giá thể MBBR loại bánh xe (Hình 1.14c) được thể hiện ở Bảng 1.6.

Bảng 1.6. Thông số công nghệ của một số loại giá thể MBBR dạng bánh xe [26].

Giá thể vi sinh	K1 (11*10mm)	K2 (16*10mm)	K3 (25*10mm)
Tổng diện tích bề mặt	1200m ²	800m ²	584m ²
Vật liệu chế tạo	HDPE/PE	HDPE/PE	HDPE/PE
Tỷ trọng (g/cm ³)	0,95 - 0,98	0,95 - 0,98	0,95 - 0,98

1.4. Tổng quan các nghiên cứu, ứng dụng, sáng chế liên quan đến bể lọc vật liệu lọc nổi xử lý triệt để nước thải sinh hoạt

1.4.1. Các nghiên cứu có liên quan

Những năm gần đây trên thế giới bể lọc tự rửa vật liệu nổi được thương mại hóa theo các sáng chế của Nga và Anh [16].

Các hướng phát triển ứng dụng trong tương lai của bể lọc vật liệu lọc nổi để xử lý nước thải là (1) Công nghệ xử lý có hóa chất trong môi trường vật liệu lọc nổi (keo tụ tiếp xúc như các loại phèn nhôm, phèn sắt, trợ keo tụ; hóa chất ôxy hóa mạnh như ozon, clo, nước javen); (2) Công nghệ sinh học (bể phản ứng sinh học với vật liệu lọc nổi xử lý nước thải); (3) Công nghệ tích hợp với các công nghệ khác như vật liệu lọc nổi làm việc cùng với các chất hấp phụ như than hoạt tính, trao đổi ion, vật liệu nổi bám dính khác như MBBR [44, 45].

Kế thừa các nghiên cứu cơ bản của Nga và Tiệp Khắc, tại Việt Nam, các công trình nghiên cứu bể lọc vật liệu nổi (không tự rửa) do các nhà khoa học Việt nam thực hiện cũng khá sớm. Điển hình là luận án của tác giả Phạm Ngọc Thái tại trường ĐH Bách Khoa BRNO Tiệp Khắc năm 1986 với đề tài “Sử dụng bể lọc vật liệu nổi trong cấp thoát nước cho các đối tượng nhỏ và quân đội”. Đề tài nhánh thuộc chương trình cấp nhà nước 66A-02-05 năm 1990 “Bể lọc nổi trong công trình xử lý chất lượng nước uống” cũng của tác giả Phạm Ngọc Thái. Năm 1998, TS. Nguyễn Văn Tín đã đề cập đến việc sử dụng bể lọc vật liệu nổi (không tự rửa) cho dây chuyền khử sắt của nước ngầm công suất nhỏ trong luận án TS. “Nghiên cứu sử dụng bể lọc vật liệu nổi trong dây chuyền công nghệ khử sắt nước ngầm bằng phương pháp làm thoáng cho các trạm công suất nhỏ”. Năm 2001, “Nghiên cứu qui trình rửa bể lọc vật liệu nổi và các thông số tính toán thiết kế hệ thống rửa bể lọc vật liệu nổi” được TS. Nguyễn Văn Tín thực hiện trong khuôn khổ đề tài NCKH cấp bộ [13, 16].

Trong xử lý nước thải sinh hoạt triệt để điển hình năm 2005, có luận án Tiến sĩ kỹ thuật của tác giả Trần Thanh Sơn với đề tài “*Xử lý triệt để nước thải trong bể phản ứng sinh học bằng sinh khối bám dính*” tại Trường Đại Xây dựng tổng hợp Quốc gia Matxcova, Liên bang Nga [85].

Năm 2016, luận án tiến sĩ của Nguyễn Thanh Phong tại trường ĐH Xây dựng Hà Nội với đề tài “*Nghiên cứu quá trình tự rửa bể lọc vật liệu lọc nổi dùng cho các*

trạm cấp nước quy mô nhỏ” nghiên cứu đề cập đến xi-phông, khóa thủy lực khởi động xi-phông của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực [13].

Trong nghiên cứu của ϕ degaard. H, Y. Ulgenes, D. Brevik, and Z. Liao (năm 1998) [50] về tăng cường xử lý bậc 3 bằng các bể lọc vật liệu lọc nổi, nghiên cứu thực hiện trên mô hình thí nghiệm tại nhà máy nước thải ở Na Uy với nồng độ nước thải đầu vào thí nghiệm có chất lơ lửng SS trong khoảng 75-300 mg/l và COD trong khoảng 150-500 mg/l, tuy nhiên, nghiên cứu chỉ đề cập vấn đề loại bỏ chất rắn lơ lửng. Với đường kính thiết bị thí nghiệm 38cm và 90cm và chiều cao cột lọc thí nghiệm 2,4m; chiều dày lớp vật liệu lọc nổi là 1m, vật liệu lọc nổi thí nghiệm là giá thể MBBR (K1) có tỷ trọng 0,95 kg/m³ kích thước 7x10mm. Nghiên cứu với hai trường hợp là không sử dụng hóa chất và sử dụng hóa chất keo tụ (polymer cation F04400SH). Thí nghiệm được thực hiện với các vận tốc lọc 2,5m/h; 5m/h; 7,5m/h; 10m/h; 15 m/h. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hiệu quả loại bỏ SS có thể đạt được là trong khoảng 75-85%, tùy thuộc vào tốc độ lọc và lượng chất rắn lơ lửng đầu vào. Việc sử dụng hóa chất keo tụ là không khả thi và có nhược điểm là làm gia tăng tổn thất cột áp mà không cải thiện hiệu quả loại bỏ SS.

Trong nghiên cứu của H. H. Ngo and S. Vigneswaran (năm 2007) [48], quá trình thực hiện thí nghiệm xử lý nước thải trong giai đoạn xử lý bậc 3 bằng bể lọc vật liệu lọc nổi. Mô hình bể lọc sử dụng vật liệu polystyrene với đường kính trung bình là $D_e = 3,8$ mm; tỷ trọng là 0,87 g/cm³ và độ rỗng là 36%. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa có chiều dày vật liệu lọc 20cm. Hóa chất keo tụ được sử dụng là phèn liều lượng (40-50 mg/l). Thí nghiệm với vận tốc lọc 2,5 m/h và 5,4 m/h. Với thời gian lọc 4h cho kết quả với hiệu suất xử lý SS là 59% ($v = 2,5$ m/h), 35% ($v = 5,4$ m/h); đặc biệt hiệu quả xử lý PO_4^{3-} là 74% ($v = 2,5$ m/h), 61% ($v = 5,4$ m/h). Nghiên cứu chỉ ra rằng, bể lọc nổi được sử dụng trong xử lý nước thải bậc 3 sẽ giúp giảm tải ô nhiễm cho bể lọc than hoạt tính ở sau bể lọc nổi.

Một nghiên cứu khác của các nhà khoa học Nhật Bản và Trung Quốc Weimin Xie, Qunhui Wang, Guanling Song, Masao Kondo, Masafumi Teraoka, Yukihide Ohsumi, Hiroaki I. Ogawa (năm 2003) [63] cho thấy, quá trình thực

nghiệm với nước thải ở giai đoạn xử lý bậc 3, mô hình bể lọc sử dụng vật liệu polystyrene với đường kính trung bình là $D_e = 4 \text{ mm}$, chiều sâu lớp vật liệu lọc là 1,4m. Kết quả nghiên cứu đạt được là khả năng loại bỏ BOD dưới 10 mg/l và tỷ lệ nitrat hóa trên 86% với tải lượng BOD là $0,7 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{ngày}$ và tổng nitơ là $0,16 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{ngày}$. Nhưng tần suất rửa ngược của mô hình này là quá nhiều 28-36 lần một ngày.

Ở Nhật Bản, có một nghiên cứu của Hitoshi Miyaki, Susumu Adachi, Koji Suda, Yasunari Kojima (năm 2000) [39], sử dụng bể lọc nổi như công trình xử lý bậc 1 và bậc 2 là lọc nano (NF) đã được phát triển và thực hiện cho việc tái sử dụng nước tại một nhà máy nước giải khát. Nhà máy này sản xuất cả nước giải khát có ga và không ga, sử dụng lượng lớn nước ngọt trong quy trình sản xuất. Trong xử lý nước thải, từ việc rửa chai và lon, cũng như làm mát nước với quá trình khử trùng, NF được áp dụng để loại bỏ các chất hữu cơ hòa tan. Hệ thống NF (công suất xử lý: $33 \text{ m}^3/\text{h}$; thu hồi nước 85%), tạo thành hệ thống thu hồi nước chính tại nhà máy này, đã cho thấy hiệu quả kinh tế do máy bơm cấp nước NF hoạt động hiệu quả, được vận hành với khả năng thu hồi nước cao và áp lực thấp. Bộ lọc nổi hình cầu làm bằng vật liệu polystyrene (đường kính $d = 0,6 - 1,2 \text{ mm}$). Các dòng chảy lọc là đi từ dưới lên. Một máy khuấy được sử dụng trong quá trình rửa để tách các chất rắn lơ lửng. Nước rửa được lấy từ phần đáy. Chất lượng nước lọc tương đương với một bộ lọc cát thông thường. Hiệu quả loại bỏ BOD là 80%. Tuy nhiên, bộ lọc này sử dụng nước rửa ít hơn nhiều, do đó góp phần làm tăng tỷ lệ nước tái chế.

Nghiên cứu của B. Rusten et al. (1999) [30] về bể phản ứng sinh học ngập nước dạng mới (SABF) với vật liệu nổi polymer lơ lửng khối lượng riêng nhỏ hơn 1 g/cm^3 , diện tích riêng $400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ nhằm loại bỏ các chất hữu cơ có trong nước thải công nghiệp. Kết quả nghiên cứu [30] cho thấy, hiệu suất loại bỏ theo COD đạt tới 85%, tải trọng thể tích theo hữu cơ đạt $500 \text{ gCOD/m}^3 \cdot \text{h}$.

Nghiên cứu của M. Payraudeau et al. (2000) [47] về ảnh hưởng của nhiệt độ và tải trọng hữu cơ tính theo COD lên quá trình nitrat hóa bậc 3 trong bể lọc sinh học vật liệu lọc nổi chiều lọc đi từ dưới lên, tải trọng amôni trong nghiên cứu thay

đôi từ 0,3 đến 2,7 kg NTK/m³/ngày. Thực nghiệm đã chứng tỏ hiệu suất xử lý loại bỏ Nitơ cao thậm chí ở điều kiện nhiệt độ thấp và tải trọng hữu cơ (carbon) tính theo COD cao. Nghiên cứu thực nghiệm tiến hành trong 4 năm đã chứng tỏ hiệu suất xử lý amôni rất cao, thậm chí đạt đến 94% khi tải trọng hữu cơ đạt 1,5 đến 9 kgCOD/m³/ngày. Thực nghiệm cũng chứng tỏ rằng, quá trình nitrat hóa không bị ảnh hưởng khi nhiệt độ dưới 4⁰C. Nước thải có nồng độ trung bình đầu vào: Amôni 22,6 mg/l, tổng nitơ 26,5 mg/l và BOD₅ 20mg/l; Nồng độ trung bình chất hữu cơ đầu ra: BOD₅= 6mg/l. Tồn thất qua lớp vật liệu dao động từ 50cm đến 70cm.

Nghiên cứu của Frank Rogalla and Marie-Marguerite Bourbigot (1990) [34], quá trình loại bỏ hoàn toàn chất hữu cơ (COD) kết hợp đồng thời với xử lý N (quá trình ôxy hóa amôni, nitrat hóa và khử nitrat) qua bể lọc sinh học ngập nước vật liệu lọc nổi (BAF/BIOCARBONE) có sục khí được thiết kế theo sơ đồ A/0 cho xử lý triệt để được Frank Rogalla and Marie-Marguerite Bourbigot (1990) nghiên cứu. Thiết kế cho phép loại bỏ hết chất hữu cơ cùng quá trình xử lý nitơ (quá trình ôxy hóa amôni, nitrat hóa và khử nitrat) kết hợp với giữ lại cặn SS với tải trọng có thể đến 10kgCOD/m³ VLL. Đặt thù của bể là chia làm 2 phần theo phương thẳng đứng, trong đó phần 1 phía trên sục khí (aerobic), phần 2 phía dưới không sục khí (anoxic). Nước vào bể lọc đi từ dưới lên trên với vận tốc lọc 7 m/h; chiều cao 3-4m. Nghiên cứu được thực hiện tại Pháp và không đề cập đến đặc tính của vật liệu lọc được sử dụng.

Nghiên cứu của N. Puznava, M. Payraudeau and D. Thornberg (2001) [49], liên quan đến bể lọc sinh học ngập nước vật liệu lọc nổi (BAF) xử lý nitơ với hai quá trình nitrat hóa và khử nitrat hóa đồng thời. Việc kiểm soát thời gian sục khí thực trong bể bằng hệ Scanda dựa trên nồng độ amôni đầu ra và nồng độ ôxy hòa tan trong bể. Cho phép duy trì nồng độ ôxy thấp từ 0,3 đến 0,5 mgO₂/l. Kết quả nghiên cứu cho phép giảm 50% lượng khí cấp cho bể BAF và giảm tỷ lệ tuần hoàn so với chế độ vận hành truyền thống nhưng vẫn đảm bảo hiệu quả xử lý giống nhau.

Nghiên cứu của Taira Hidaka, Hiroshi Tsuno, Naoyuki Kishimoto (2003) [55] sử dụng bể lọc sinh học với vật liệu lọc nổi ngập nước được cố định và có sục

khí cho quá trình xử lý triệt để. Nồng độ đầu ra theo SS, COD, BOD, tổng nitơ và tổng phốt pho là 3 mg/l, 20 mg/l, 5 mg/l, 2 mg/l và 0,2 mg/l. Hệ thống xử lý được thiết kế theo sơ đồ A/0 (nghiên cứu tương tự được PGS.TS Trần Thanh Sơn nghiên cứu [83] với giá thể cố định tại Trường đại học xây dựng quốc gia Moscow MGSU).

Nghiên cứu của Jinwoo Jeong, Taira Hidaka, Hiroshi Tsuno, Toshiyuki Oda (2006) [49] liên quan đến việc áp dụng quá trình lọc sinh học cho xử lý bậc 3 để nâng cao hiệu quả xử lý nitơ với vật liệu mang nổi. Hệ thống gồm có bể lọc cho quá trình nitrat hóa và bể lọc thiết kế theo nguyên tắc A/0 theo phương thẳng đứng. Chất hữu cơ bên ngoài được sử dụng là methanol. Tải trọng thể tích theo nitơ lớn nhất vào mùa đông là 0,54 kgN/m³VLL. ngày cho bể nitrat hóa và 4 kg N/m³ VLL. ngày cho bể lọc khử nitrat thiết kế theo sơ đồ A/0.

Nghiên cứu của A.T.Mann và cộng sự [26] đã đề cập đến mô phỏng toán học cho bể lọc sinh học ngập nước có sục khí (BAF) với vật liệu lọc nổi từ polystyrene với tỷ khối 0,92. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, phản ứng bậc 1 phù hợp với quá trình sinh hóa của bể, tỷ lệ khí sục vào là 10/1 khí nước, tải trọng hữu cơ dao động từ 0,57 đến 1,4 kg sCOD/m³. ngày cho hiệu quả xử lý theo COD cao.

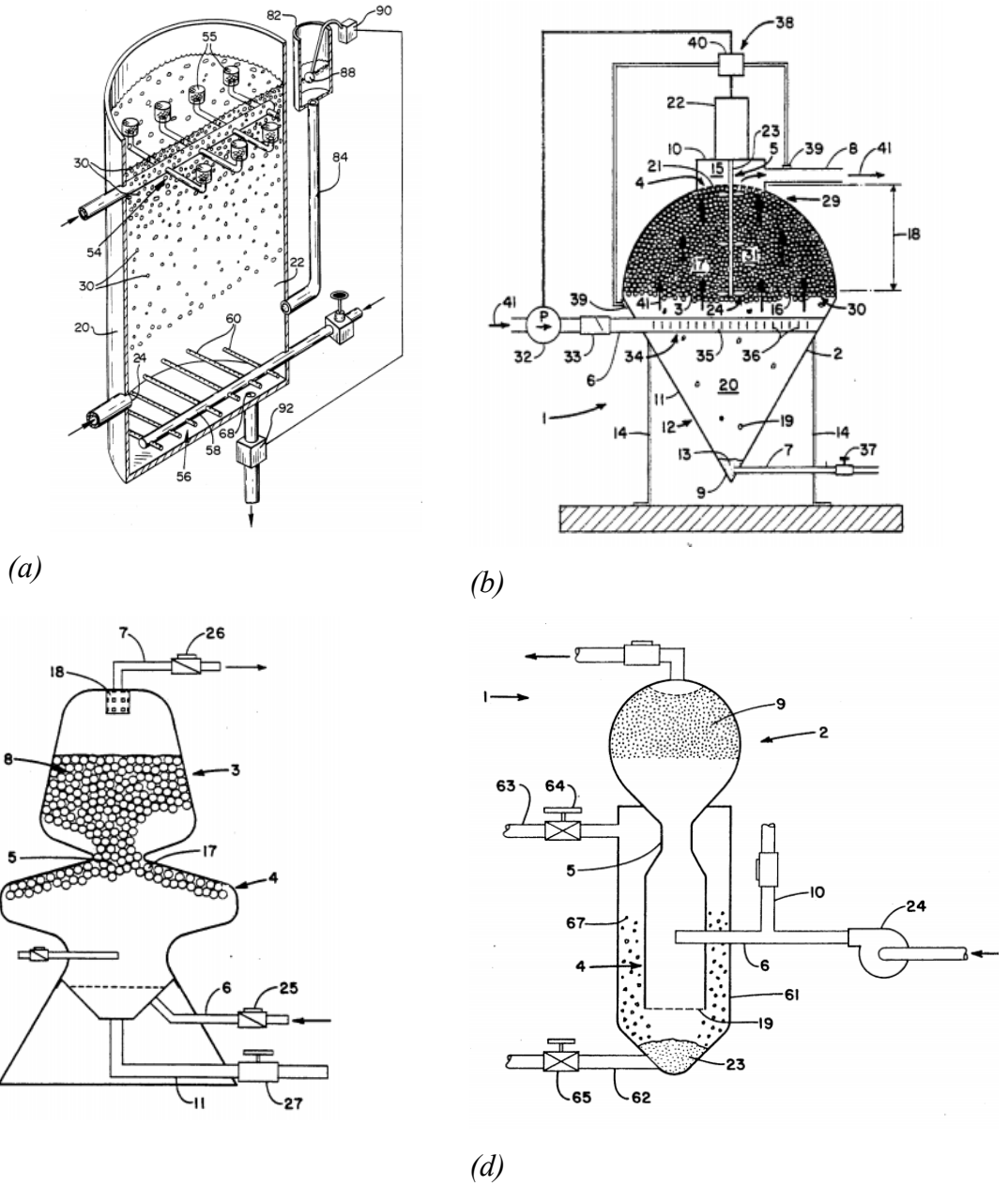
Nghiên cứu của Allan T. Mann *et al.* (1999) [26] cho thấy, bể lọc sinh học sục khí có khả năng tổ hợp hai quá trình (i) xử lý sinh học và (ii) loại bỏ các chất lơ lửng SS trong một bể. Trong những thập kỷ gần đây, bể lọc BAF được phát triển không những chỉ cạnh tranh với hệ thống xử lý bậc 2 truyền thống như bể lọc sinh học và bể aeroten mà còn được phát triển như là hệ thống xử lý bậc 3. Thực tế, vật liệu lọc nổi được chứng tỏ như là một giải pháp tốt nhất khi lưu lượng lớn nhất (Q_{max}) với điều kiện sức về tải trọng so với vật liệu nặng cũng bằng polystyrene. Bể lọc sinh học sục khí (BAF) sử dụng vật liệu lọc polymer với diện tích bề mặt riêng lớn cho cả xử lý bậc 2 và bậc 3 trong dây chuyền công nghệ xử lý nước thải. Loại bỏ BOD, SS, và quá trình nitrat hóa có thể được thực hiện đồng thời trong một bể phản ứng (Mann *et al.*, 1995). BAF được thực hiện với các cấu hình khác nhau bao gồm dòng nước đi từ dưới đi lên (upflow) và trên đi xuống (downflow) và các dạng vật lọc (vật liệu mang – nổi hoặc chìm) (Stensel *et al.*, 1988). Tải trọng thể

tích tính theo chất hữu cơ của dạng bể này luôn cao và thường đạt vào khoảng 2,5 kgBOD₅/m³.ngđ (Smith *et al.*, 1990) so với 0,06 kgBOD₅/m³.ngđ đối với bể lọc sinh học truyền thống và 0,38 kgBOD₅/m³.ngđ cho bể aeroten; thêm vào đó kết quả nghiên cứu của Peladan và cộng sự (1997) lên đến 18 kg COD/m³.ngđ cho bể BAFs vận tốc cao. Giá trị tải trọng cao như vậy cũng có thể đạt được khi nồng độ sinh khối trong BAFs gấp 8 đến 9 lần trong bể aeroten.

Nghiên cứu Rebecca Moore, Joanne Quarmby and Tom Stephenson (2001) [58] chỉ ra rằng bể lọc sinh học sục khí là một giải pháp hấp dẫn cho công nghệ xử lý tương lai. BAFs có thể tổ hợp các quá trình loại bỏ SS, BOD và N-NH₄⁺ trong một công trình và có thể được sử dụng cho cả giai đoạn xử lý bậc 2 hoặc xử lý bậc 3 trong dây chuyền công nghệ. Việc lựa chọn vật liệu lọc là vấn đề cực kỳ quan trọng trong thiết kế và vận hành của bể BAF để có thể đạt được các mức độ và xử lý cần thiết. Nghiên cứu được thực hiện cho 2 dải kích thước vật liệu lọc làm từ sét bột được gọi là Star Light áp dụng vào trong 2 bể phản ứng thực nghiệm pilot bể phản ứng làm việc với tải trọng là 12kg COD/m³.ngđ và 4 kgSS/m³.ngđ.

Nghiên cứu của Leopoldo và cộng sự năm 1999 [43] cũng đã chỉ ra rằng bể BAFs có thể xử lý đồng thời amôni các hợp chất hữu cơ cacbon và SS trong cùng một bể. Loại bỏ các chất dinh dưỡng (nitơ và photpho) cũng có thể thực hiện đồng thời các tải trọng của bể theo BOD, N-NH₄⁺ và N-NO₃⁻ có thể đến 4,1 kgBOD/m³.ngđ, 1,27 N-NH₄⁺/m³.ngđ và 5 kg N-NO₃⁻/m³.ngđ. Nghiên cứu cũng đã chỉ ra những ưu thế của bể BAFs nhỏ gọn công suất cao có thể áp dụng cho những nơi có diện tích bị giới hạn. Mặc dù có rất nhiều cấu hình khác nhau, tuy nhiên, quá trình cũng cần phải có những tối ưu hóa nhất định đặc biệt là liên quan đến dạng vật liệu lọc, cường độ rửa lọc và sục khí (kỹ thuật phản ứng). Bể BAFs thường được vận hành với tải trọng thủy lực từ 1-10 m³/m².h (Stensel *et al.*, 1988), nhưng những bể lọc BAFs có dòng từ dưới lên có khả năng loại bỏ 90% N-NH₄⁺ với tải trọng thủy lực 30 m³/m².h khi xử lý nước thải bề mặt hoặc là nước thải (Peladan *et al.*, 1997).

Một số sáng chế bể lọc vật liệu lọc nổi có cấu tạo đặc biệt (xem Hình 1.16).



Hình 1.16. Cấu tạo các bể lọc vật liệu lọc nổi được cấp sáng chế [27, 59, 60]

Sáng chế của Andrew K. Hsiung, Corvallis, Oreg (1985) [27] (Hình 1.16a) là một sáng chế về bể lọc vật liệu nổi tự rửa dạng phao. Số sáng chế: 4.547.286 cấp bởi Hoa Kỳ.

Sáng chế của Ronald F. Malone (1992) [59] (Hình 1.16b) về bể lọc sinh học

vật liệu lọc nổi. Số sáng chế: 5.126.042 cấp bởi Hoa Kỳ.

Cũng một sáng chế nữa của của Ronald F. Malone (1993) [60] (*Hình 1.16c* và *Hình 1.16d*). Số sáng chế: 5.232.586 cấp bởi Hoa Kỳ.

1.4.2. Các ứng dụng trên thực tế bể lọc vật liệu lọc nổi cho xử lý triệt để nước thải sinh hoạt

Các trạm xử lý được phát triển bởi các nhà khoa học Nga để xử lý triệt để nước thải bằng các bể lọc vật liệu lọc nổi đã làm việc rất ổn định và thành công trong thời gian dài cho các trạm xử lý nước thải công suất từ 2.000-100.000 m³/ngđ. Các ưu điểm của bể lọc vật liệu lọc nổi là độ ổn định các thông số về công nghệ khi vận hành, hiệu quả xử lý đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn, đầu tư cơ bản thấp, các chi phí vận hành và duy tu bảo dưỡng thấp [35].

Một trong những trạm xử lý triệt để nước thải đầu tiên để xử lý nước thải sinh hoạt từ cụm xử lý sinh học được cải tạo tại trạm xử lý nước thải của thành phố Rovno, Ukraina (*Hình 1.17* và *Bảng 1.7*). Đặc thù của loại bể lọc này là chúng được trang bị hệ thống tự rửa thủy lực - hệ thống xi phong có đường kính 800mm và hệ thống thu gom nước sạch – hệ thống xi phong đường kính 600 mm (dạng bể lọc tự rửa *Hình 1.17*). Sự bố trí tương hỗ lẫn nhau của hệ thống xi phong và các chế độ công nghệ của công trình được liên kết bằng các thông số công nghệ của bể lọc.



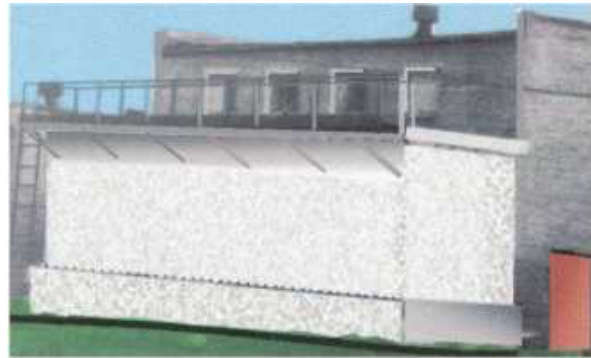
Hình 1.17. Bể lọc vật liệu lọc nổi FPZ -3, 4-150 của Nga [1].

Trạm xử lý nước thải sinh học của nhà máy “Máy nông nghiệp Rivnhe” [35]. Một trạm xử lý triệt để bằng bể lọc vật liệu lọc nổi dạng FPZ- 4 bể (có dạng như *Hình 1.18*) nhưng hệ thống thu gom nước sau lọc nằm trong lớp vật liệu lọc. Công suất nhà máy 12.000 m³ /ngđ được xây dựng theo thiết kế của Viện nghiên cứu máy thủy lực nông nghiệp Kishnev (Nga).

Bảng 1.7. Kết quả công tác của các bể lọc vật liệu lọc nổi tại nhà máy Rovno, Ukraina (vận tốc lọc trung bình 6 – 8 m/h)[35].

Số lượng bể lọc	SS, mg/l		COD, mg/l		BOD, mg/l		NH ₄ ⁺ , mg/l	
	Vào	Ra	Vào	Ra	Vào	Ra	Vào	Ra
1	6	1,5	52,3	24,1	-	-	-	-
2	13	1,9	48	21	11,5	4,5	-	-
2	5,5	2,5	32	16	-	-	0,24	0,07
1	12,5	1,9	36	16	-	-	-	-
1	17	2,1	42	20	14,2	5,2	1,7	0,33
3	10	3	45,2	29	8,7	3,6	0,14	-
1	16	4	40,2	24,1	12,2	5,8	-	-

Đường kính xi phông lấy nước sạch ra là 250mm và đường kính xi-phông rửa lọc 350mm. Kết quả vận hành cụm xử lý triệt để nước thải bằng bể lọc vật liệu lọc nổi này đã chứng minh hiệu quả xử lý: vận tốc lọc trung bình 8-10 m/h; chu kỳ lọc trung bình 24h; thời gian rửa lọc 1-4 phút [35];



Hình 1.18. Nhà máy xử lý nước thải “Máy nông nghiệp Rivne” [35].

Kinh nghiệm vận hành thực tế cho thấy trong suốt 15 năm vận hành bể lọc vật liệu lọc nổi FPZ trong sơ đồ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt sau quá trình xử lý sinh học bậc 2, không có sự biến dạng của vật liệu lọc nào được phát hiện [35].

Trong xử lý nước thải bể lọc vật liệu lọc nổi ứng dụng ở Việt Nam từ năm 1995 được TS. Trịnh Xuân Lai ứng dụng vào xử lý nước thải Bệnh viện Đa khoa Khánh Hòa, Ninh Thuận, Long Xuyên [11]. Mặc dù các trạm xử lý này hoạt động tốt và ổn định nhưng không có một nghiên cứu tổng kết nào cũng như các công bố khoa học về thông số công nghệ được thực hiện.

Bảng 1.8. Thông số công nghệ của bể lọc vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải sau xử lý sinh học bậc 2 [35].

Kiểu kết cấu bể	Đường kính hạt VLL (mm)	Chiều dày lớp VLL (m)	Nồng độ, mg/l		Vận tốc lọc (m/h)	Chu kỳ lọc (h)	Cường độ rửa lọc (l/s.m ²)	Thời gian rửa lọc (phút)
			Vào	Ra				
Chiều lọc đi từ dưới lên	1,5-2	1,0-1,2	20/15 (*)	2-6/ 2-5 (*)	5-7	8-12		2-4
Chiều lọc đi từ trên xuống	3-5 1-2	0,8-1,0	30/20 (*)	2-6/ 2-5 (*)	6-8	24-72	14	3-6

Ghi chú: (*) Tỷ số là SS; Mẫu là BOD₅

1.5. Các vấn đề trọng tâm cần giải quyết trong luận án

Tổng quan các tài liệu cho thấy có rất nhiều loại dạng bể lọc tự rửa như bể lọc tự rửa vật liệu lọc nổi dạng AbioF [15] đã được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi với nước sạch nhưng chưa được nghiên cứu với nước thải. Bể phản ứng sinh học nói chung và bể lọc vật liệu lọc nổi nói riêng có khả năng loại bỏ tốt SS, BOD và chất dinh dưỡng khi làm việc ở chế độ xử lý bậc 3 [33]. Các nghiên cứu chỉ ra rằng, duy trì nồng độ oxy hòa tan (DO) = 4-5 mg/l trong bể phản ứng sinh học sẽ tránh được sự ức chế quá trình nitrat hóa [33]. Kết quả nghiên cứu của A. T. Manm và cộng sự [26] phản ứng bậc 1 phù hợp với quá trình sinh hóa của bể lọc vật liệu lọc nổi. Quá trình nitrat hóa trong bể lọc nhanh vật liệu lọc nổi khi thời gian tiếp xúc ít là khả thi nhưng chưa có các kết quả nghiên cứu cụ thể [33]. Các vận tốc lọc của bể lọc trong xử lý triệt để nước thải là rất khác nhau. Vấn đề gia tăng tổn thất chưa thấy nói đến trong các nghiên cứu. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa có thể kết hợp với loại bể khác (bể phản ứng sinh học) tạo thành hệ bể tự rửa thủy lực [78].

Các vấn đề cần được nghiên cứu tiếp:

Nghiên cứu quá trình loại bỏ SS, BOD, COD các chất dinh dưỡng, tổn thất áp lực với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.

Nghiên cứu tìm ra các thông số công nghệ (tốc độ gia tăng tồn thất, chu kỳ rửa lọc, hệ số lọc a và b) của bể vật liệu lọc nổi tự rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt với các vận tốc lọc khác nhau.

Nghiên cứu xác định các thông số động học của quá trình xử lý sinh học các chất hữu cơ hòa tan BOD, COD và chất dinh dưỡng (amôni, tổng nitơ).

Nghiên cứu xây dựng lý thuyết tính toán bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa cho các trường hợp loại bỏ đồng thời: (1) SS và BOD; (2) SS, BOD, amôni, tổng nitơ. Trên cơ sở đó tối ưu hóa các thông số công nghệ như chiều dày vật liệu lọc, vận tốc lọc, chu kỳ lọc.

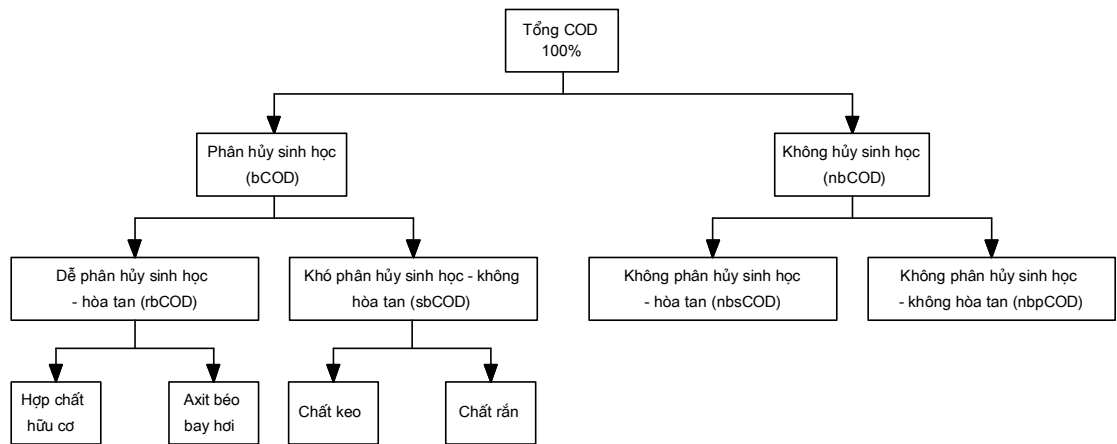
Nghiên cứu ứng dụng thử nghiệm kết quả nghiên cứu ra thực tế nhằm minh chứng tính hiệu quả của công nghệ.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ KHOA HỌC CHO XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT SAU XỬ LÝ SINH HỌC BẬC 2 BẰNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỔI

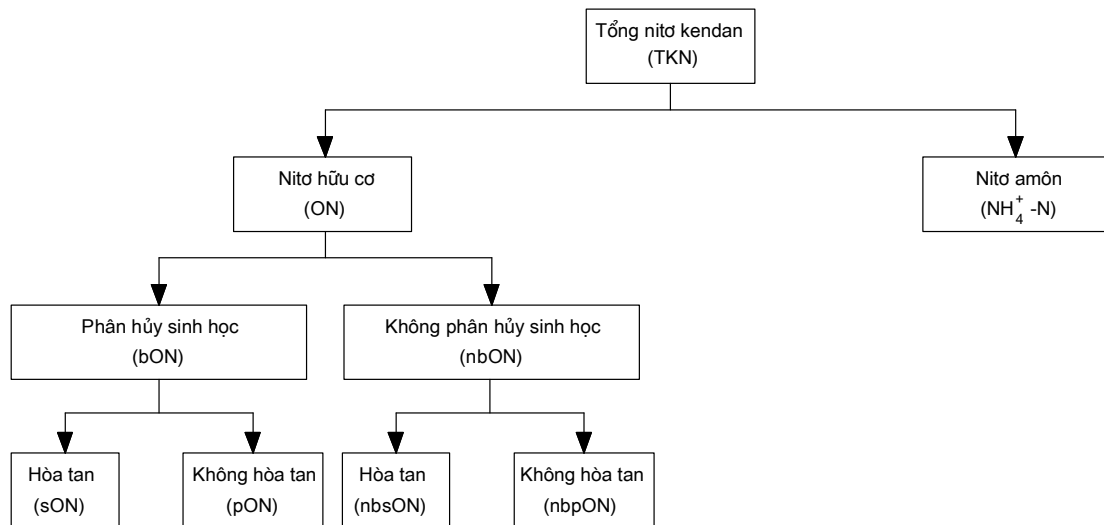
2.1. Thành phần của nước thải sinh hoạt

Trong nước thải sinh hoạt các thành phần ô nhiễm chiếm tỷ trọng như sau: 90% nitơ, 80% phốt phát, 80% kali, 70% COD, dư lượng thuốc và hóa chất, các mầm bệnh [1, 45].

Thành phần hữu cơ trong nước thải sinh hoạt được thể hiện theo sơ đồ sau [1, 45]:



Thành phần nitơ trong nước thải sinh hoạt được thể hiện theo sơ đồ sau [1, 45]:



Nguồn gốc chính của sự xâm nhập các chất hữu cơ BOD, Nitơ, Phốt pho vào nguồn nước đó là từ nước thải sinh hoạt.

Tồn tại sự khác biệt khá lớn về thành phần, chất lượng nước thải sinh hoạt đối với các nước khác nhau trên thế giới. Nguyên nhân chính của sự khác biệt đó là do hệ thống thoát nước thải, các tiêu chuẩn thoát nước và tải lượng ô nhiễm trên đầu người ở các nước khác nhau, điều kiện khí hậu khác nhau.

Bảng 2.1. Tải lượng ô nhiễm trên một người ở các nước trên thế giới [85]

Quốc gia	BOD (kg/người. năm)	Các chất lơ lửng (kg/ người. năm)	Tổng lượng nito (kg/ người. năm)	Tổng lượng phot pho (kg/ người. năm)
Đan Mạch	20-25	30-35	5-7	1,5-2
Brazil	20-25	20-25	3-5	0,6-1
Ai Cập	10-15	15-25	3-5	0,4-0,6
Đức	18-22	30-35	4-6	1,2-1,6
Ấn độ	10-15	-	-	-
Ý	18-22	20-30	3-5	0,6-1
Thụy Điển	25-30	30-35	4-6	0,8-1,2
Thổ Nhĩ Kỳ	10-15	15-25	3-5	0,4-0,6
Hoa Kỳ	30-35	30-35	5-7	1,5-2

Trong *Bảng 2.1.* trình bày các thông tin về lượng tác nhân ô nhiễm trong nước thải trên đầu người ở các nước khác nhau. Vì vậy, trong nhiều trường hợp không thể sao chép máy móc các công nghệ đã được áp dụng ở nước ngoài.

Bảng 2.2. Thành phần của nước thải chuyển tới các trạm xử lý nước ở Việt Nam và các nước trên thế giới

STT	Nhà máy xử lý nước thải	Địa điểm	BOD (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)
1	Kim Liên [17]	Hà Nội	115	18	40	6.5
2	Trúc Bạch [17]		135	-	34	6.5
3	Bắc Thăng Long [17]		85	-	38	5.4
4	Yên Sở [17]		45	28	34	7.2
5	Bình Hưng [17]	Tp. HCM	42	-	11	

STT	Nhà máy xử lý nước thải	Địa điểm	BOD (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)
6	Bình Hưng Hòa [17]		78	17.9	-	
7	Sơn Trà [17]	Đà Nẵng	37	-	18	1.7
8	Hòa Cường [17]		63	-	23.6	1.9
9	Phú Lộc [17]		96	-	28.3	2.2
10	Ngũ Hành Sơn [17]		31	-	15.6	1.4
11	Bãi Cháy [17]	Quảng Ninh	36	1.3	-	-
12	Hà Khánh [17]		45	1.1	-	-
13	Đà Lạt [17]	Đà Lạt	380	68	95	19.7
14	Buôn Ma Thuột [17]	BMT	336	36.4	93.7	11.2
15	Bắc Giang [17]	Bắc Giang	90	-	-	-
16	Kuryanovskaya [85]	Nga	98-121	18,5-20,3	21,0-23,0	2,6-3,4
17	Luberetskaya [85]	Nga	69-109	18,6-18,7	22-24	4,3-4,7
18	Các nước Tây Âu [85]		300-350	30-50	50-80	10

Trong *Bảng 2.2.* là các chỉ số tính chất chất lượng nước thải của một số nhà máy xử lý nước thải ở Việt Nam, Nga và một số nước Tây Âu. *Bảng 2.2.* cho thấy tồn tại sự khác biệt khá lớn, thành phần nước thải chuyển tới các nhà máy xử lý nước thải là rất khác nhau.

Theo thành phần cấu tạo, nước thải sinh hoạt có thể phân thành 4 nhóm với các tính chất cơ bản được nêu trong *Bảng 2.3.*

Bảng 2.3. Phân loại nước thải sinh hoạt [45]

Các thông số	Đơn vị (mg/lít)	Nước thải sinh hoạt			
		Rất đặc	Đặc	Trung bình	Loãng
BOD ₂₀	mg O ₂ /lít	530	380	230	150
BOD ₅	mg O ₂ /lít	350	250	150	100
COD	mg O ₂ /lít	740	530	320	210
Tổng lượng cacbon hữu cơ	mg C/lít	250	180	110	70

Các thông số	Đơn vị (mg/lít)	Nước thải sinh hoạt			
		Rất đặc	Đặc	Trung bình	Loãng
Tổng lượng nitơ	mg N/lít	80	50	30	20
Nitơ amôni NH_4^+	mg NH_4 / lít	50	30	18	12
Nitrit NO_2^-	mg NO_2 / lít	0,1	0,1	0,1	0,1
Nitrat NO_3^-	mg NO_3 / lít	0,5	0,5	0,5	0,5
Nitơ hữu cơ	mg / lít	30	20	12	8
Tổng lượng phốt pho	mg P/ lít	23 (14)*	16 (10)*	10 (6)	6 (4)*
Octo phốt phát	mg P/ lít	14 (10)	10 (7)	6 (4)	4 (3)
Poli phốt phát	mg P/ lít	5 (0)	3 (0)	2 (0)	11 (0)
Phốt phát hữu cơ	mg P/ lít	4 (4)	3 (3)	2 (2)	1 (1)

* Các số trong ngoặc đơn dùng cho các khu vực sử dụng chất tẩy rửa không chứa phốt phát [45]

Từ *Bảng 2.2.* và *Bảng 2.3.* thấy rằng, nước thải trước khi vào các trạm xử lý nước thải ở Việt Nam đa số là nước thải loãng theo cách phân loại ở *Bảng 2.3.* Chỉ có Lâm Đồng và Buôn Ma Thuột là nước thải xếp vào loại trung bình và đặc vì sử dụng hệ thống thoát nước riêng [17].

Nitơ và phốt pho là những thành phần có trong nước thải, chúng luôn tồn tại trong các nguồn nước mặt hoặc gần hơn nữa là nguồn nước sinh hoạt, sản xuất. Chúng là nguồn gốc phát sinh tảo xanh lục trong các nguồn nước mặt gây ra hiện tượng phú dưỡng, làm giảm lượng ôxy hòa tan, làm giảm chất lượng nước và gây hủy hoại hệ sinh thái dưới mặt nước. Vì vậy, việc loại bỏ các nguyên tố hữu cơ từ nước thải là một trong những nhiệm vụ chính trong việc bảo vệ môi trường sống.

2.2. Các tiêu chuẩn xả thải của Việt Nam và thế giới

Các tác động không mong muốn của nước thải sau khi xử lý xả ra nguồn tiếp nhận là gây ra hiện tượng phú dưỡng. Ở các nước châu Âu, châu Mỹ đã được lưu ý tới vào những năm 50 của thế kỷ XX. Điều này kéo theo sự cần thiết phải nghiên cứu các điều kiện đặc biệt trong xả nước thải và giới hạn hàm lượng các chất dinh dưỡng trong nước thải. Cơ sở của tiêu chuẩn thứ nhất đã được đặt nền móng bởi lý thuyết các nhân tố giới hạn trong sinh học và kết luận rằng, để ngăn ngừa hiện tượng phú dưỡng cần phải giảm nồng độ của các chất dinh dưỡng đến một mức độ xác định. Trong đa số các trường hợp, thành phần chất dinh dưỡng cần phải giới

hạn vừa nêu là photpho (Hoa Kỳ, Thụy Sĩ, Phần Lan,...) và Nitơ (Đan Mạch). Các tiêu chuẩn đầu tiên đề cập tới yêu cầu đảm bảo hàm lượng photphat trong nước được làm sạch, đưa trở lại nguồn nước với nồng độ dưới 2 mg/lít.

Do tình trạng nguồn nước ngày càng xấu đi nên các yêu cầu với chất lượng nước thải trên toàn thế giới được thắt chặt đáng kể và ngày càng không chỉ liên quan tới photpho mà cả với nitơ. Ở nước ngoài, các hợp chất của nitơ thường được tiêu chuẩn hóa bởi nồng độ tổng nitơ, một số ít trường hợp được tiêu chuẩn hóa bởi nồng độ muối amôni có trong nước đã được xử lý. Ví dụ như ở Thụy Sĩ, yêu cầu đảm bảo nồng độ amôni trong nước thải đã qua lọc trước khi đổ vào nguồn nước phải nhỏ hơn 0,65 mg/lít, đồng thời nồng độ của nó trong nguồn nước không được vượt quá 0,5 mg/lít trong những điều kiện bất lợi hơn. Ở Hoa Kỳ, việc tiêu chuẩn hóa nồng độ giới hạn cho phép của nitơ trong nước thải ở mức độ 10 mg/lít [82]. Tại Đan Mạch, yêu cầu với hàm lượng nitơ chung khắt khe hơn, nồng độ nitơ trong nước đã xử lý không được vượt quá 8 mg/lít, lượng tổng photpho không vượt quá 1,5 mg/lít. Hà Lan cũng giới hạn hàm lượng tổng nitơ 10 mg/lít và tổng photpho 1,0 mg/lít. Ở Pháp, tùy thuộc vào phân hạng nguồn nước, các yêu cầu về hàm lượng photpho dao động từ 5 đến 50 mg/lít. Tại Đức, đã thiết lập tiêu chuẩn hàm lượng photpho trong nước đã xử lý là 1 mg/lít đối với các công trình có công suất phục vụ trên 100.000 người và 2 mg/lít đối với công trình công suất phục vụ từ 20.000 đến 100.000 người [85].

Tại Vương quốc Anh, đã xem xét việc tiêu chuẩn hóa của quốc gia [75]. Sau đó văn bản quốc tế liên quan đã thiết lập các yêu cầu với chất lượng của nước thải làm sạch tại Chỉ thị 91/271 của EU vào năm 1991 [75].

Ở Việt Nam hầu hết các nhà máy xử lý nước thải đang hoạt động (16/17 nhà máy) thuộc “loại B” [17]. Giá trị tối đa cho phép được quy định rõ ràng cho hầu hết các thông số ô nhiễm như BOD, COD và Tổng chất rắn lơ lửng (TSS); mặc dù vậy trong một số trường hợp lại khó thực hiện được giá trị tối đa cho phép của các thông số chất dinh dưỡng như amôni và tổng nitơ trong nước thải sau xử lý. Gần đây nhất, QCVN 40:2011 quy định giá trị tối đa cho phép của thông số amôni và tổng nitơ trong nước thải xả vào nguồn nước không dành cho mục đích cấp nước sinh hoạt lần lượt là 10mg/l và 40mg/l. Các giá trị này tuy không cao bằng quy định của một số nước khác nhưng có thể vẫn phải thực hiện nitrát hóa (chuyển hóa amôni thành nitrat) và khử nitơ tùy theo nồng độ amôni và nitơ trong nước thải đầu vào.

Bảng 2.4. Tổng hợp các tiêu chuẩn xả thải với chỉ tiêu SS, COD, BOD, Nito, Phốtpho

STT	Chỉ số	EU [85]		Nga [85]		Singapore [61]		Nhật Bản [61]		Việt Nam (QCVN 40:2011)	
		Phạm vi áp dụng	Nồng độ	Phạm vi áp dụng	Nồng độ	Phạm vi áp dụng	Nồng độ	Phạm vi áp dụng	Nồng độ	Phạm vi áp dụng	Nồng độ
1	BOD ₅		25 mg/l	(1) + (2)	BOD ₂₀ = 3 mg/l	(I)	50 mg/l	Sông	≤ (1-10) mg/l	(A)	30 mg/l
								Hồ	-		
				(3)	BOD ₂₀ = 3 mg/l	(II)	BOD ₅ = 20 mg/l	Biển	-	(B)	50 mg/l
2	COD		125 mg/l	(1)	15 mg/l	(I)	100 mg/l	Sông	-	(A)	75 mg/l
								Hồ	≤ (1-8) mg/l		
				(3)	30 mg/l	(II)	60 mg/l	Biển	≤ (2-8) mg/l	(B)	150 mg/l
3	SS		35 mg/l	(3) + (4)	0,25 mg/l	(I)	50 mg/l	Sông	≤ (25-100) mg/l	(A)	50 mg/l
								Hồ	≤ (1-15) mg/l		
				(3) + (5)	0,75 mg/l	(II)	30 mg/l	Biển	-	(B)	100 mg/l

4	Nito	(*)	Tổng Nito = 15 mg/l	(2)	NH ₄ ⁺ = 0,39 mg/l; NO ₂ ⁻ = 0,02 mg/l; NO ₃ ⁻ = 9,1 mg/l	(I)	-	Sông	-	(A)	NH ₄ ⁺ = 5mg/l; Tổng Nito = 15 mg/l
						Hồ	Tổng Nito <= 0,1-1 mg/l				
		(**)	Tổng Nito = 10 mg/l			(II)	NO ₃ ⁻ = 20 mg/l	Biển	Tổng Nito <= 0,2-1 mg/l	(B)	NH ₄ ⁺ = 10mg/l; Tổng Nito = 40mg/l
5	Tổng Phốt pho	(*)	2 mg/l	(2)	PO ₄ ³⁻ = 2 mg/l	(I)	PO ₄ ³⁻ = 5 mg/l	Sông	-	(A)	4mg/l
						Hồ	<= 0,05-0,1 mg/l				
		(**)	1 mg/l			(II)	PO ₄ ³⁻ = 2 mg/l	Biển	<= 0,02-0,09 mg/l	(B)	6mg/l

Ghi chú

- (1) Nguồn nước dùng cho ăn uống
 (2) Nguồn nước dùng cho nuôi trồng thủy sản
 (3) Nguồn nước dùng cho mục đích công cộng
 (4) Nguồn nước dùng cho nuôi trồng thủy sản loại 1
 (5) Nguồn nước dùng cho nuôi trồng thủy sản loại 2
 (I) Nguồn nước

- (II) Nguồn nước bị kiểm soát
 (A) Nguồn tiếp nhận loại A
 (B) Nguồn tiếp nhận loại B
 (*) Dưới 100 nghìn dân
 (**) Trên 100 nghìn dân

Trong *Bảng 2.4.* trình bày các quy định về công nghệ xử lý nước thải của các nước EU, Nga, Singapore, Nhật Bản và Việt Nam. Từ đây, có thể thấy các quy định của Nhật Bản là cao nhất. Quy định của EU nằm ở mức trung bình giữa Nhật Bản và Nga. Quy định của Việt Nam nằm ở vị trí thấp nhất trong bảng các nước được khảo sát.

Tổng quan tài liệu [17] có 1 trong 15 trạm xử lý nước thải trong nghiên cứu này ở Việt Nam đạt và áp dụng QCVN 40:2011 cột A. Qua *Bảng 2.4* nhận thấy rằng, quy định của Việt Nam về xả thải là thấp nhất. Với hiện trạng ô nhiễm môi trường nước mặt nghiêm trọng tại Việt Nam [4], có thể nhận định rằng thời gian tới Việt Nam sẽ có những quy định khắt khe hơn về quy chuẩn xả thải. Chính vì thế, việc nghiên cứu xử lý triệt để nước thải sinh hoạt là hướng nghiên cứu cần thiết với thực trạng và xu hướng hiện nay của Việt Nam. Trong nghiên cứu của luận án các thông số BOD₅, COD, SS, NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ được lấy theo QCVN 40:2011 vì QCVN 14:2008 không có thông số COD còn các thông số còn lại của 2 quy chuẩn tương đồng nhau.

2.3. Lựa chọn vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt

2.3.1. Cơ sở lựa chọn vật liệu lọc nổi

Một trong những điểm quan trọng là xác định tính chất cơ lý hóa của vật liệu lọc nổi phù hợp để đưa vào công trình xử lý. Hạt polystyrene đã có một lịch sử ứng dụng tại Việt Nam từ năm 1998 cho đến nay nhưng rất tiếc là chưa được chuẩn hóa thành sản phẩm thương mại qua các thông số công nghệ kỹ thuật. Đây là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến nhiều công trình bể lọc nổi polystyrene ở nước ta hoạt động không hiệu quả, không phát huy được hết các ưu điểm của vật liệu [16].

Như chúng ta biết ở chương I, bể lọc vật liệu lọc nổi có thể làm việc tại nhiều vị trí trong dây chuyền công nghệ xử lý đảm nhiệm các chức năng khác nhau. Nó có thể làm việc trực tiếp tại các công trình thu kết hợp xử lý, công trình xử lý sơ bộ, công trình bể lọc nhanh, công trình lọc tiếp xúc và thậm chí bể lọc sinh học xử lý nước ô nhiễm hữu cơ. Như vậy việc lựa chọn đúng đắn vật liệu lọc nổi có các thông

số kỹ thuật công nghệ phù hợp đáp ứng được yêu cầu riêng biệt của từng công trình đơn vị có tính chất quyết định [16].

Các yêu cầu đối với vật liệu lọc nổi dạng hạt là (i) thành phần cỡ hạt vật liệu; (ii) mức độ đồng nhất của vật liệu; (iii) độ bền cơ học và (iv) độ bền hóa học của vật liệu đối với nước xử lý [16].

Mức độ đồng nhất của vật liệu ảnh hưởng đến công tác của bể lọc. Việc sử dụng vật liệu lọc có kích cỡ lớn sẽ làm giảm chất lượng nước xử lý. Việc sử dụng vật liệu lọc có kích cỡ nhỏ sẽ làm giảm chu kỳ lọc, tăng lượng nước rửa lọc và tăng chi phí vận hành trạm xử lý. Sử dụng vật liệu lọc có hệ số không đồng nhất lớn theo kích cỡ hạt vượt quá giá trị giới hạn sẽ dẫn đến hiệu quả quá trình rửa lọc kém đi vì các hạt vật liệu kích cỡ bé, khối lượng lớn hơn sẽ bị cuốn đi trước khi nước rửa đi qua phần vật liệu chính khi không có lưới chặn dưới (trong trường hợp này phải hạ cường độ rửa lọc xuống tránh thất thoát vật liệu). Tuy nhiên, nếu bể lọc làm việc với các lớp vật liệu lọc có độ lớn khác nhau và nước lọc đi theo chiều giảm dần của kích cỡ hạt sẽ làm tăng khả năng chứa cặn của bể lọc. Thành phần vật liệu lọc được lựa chọn đúng đắn cũng làm cơ sở để tính toán độ nở cần thiết khi rửa lọc đảm bảo quá trình lọc làm việc có hiệu quả. Bên cạnh đó, khi xử lý nước bằng bể lọc tiếp xúc (keo tụ tiếp xúc) hay bể lọc sinh học, việc lựa chọn đúng đắn kích cỡ hạt phù hợp luôn là công việc quan trọng để đảm bảo công trình làm việc hiệu quả [16].

2.3.2. Lựa chọn vật liệu lọc nổi

Liên quan đến vật liệu polystyrene, các nghiên cứu tổng quan ứng dụng vật liệu lọc nổi cho thấy: (i) Vật liệu lọc nổi dạng hạt polystyrene đường kính hữu dụng $d < 3\text{mm}$ được sử dụng cho xử lý triệt để bậc 3 nước thải sau khi xử lý sinh học bậc 2 [43]; (ii) Vật liệu polystyrene đường kính $d=0,7-1,6\text{mm}$ cho bể FPZ 4 và $d=1,0-6,0\text{mm}$ cho bể FPZ5 để xử lý bậc 3 nước thải tại Nga và Tiệp [16]; (iii) Các ứng dụng với bể lọc làm việc theo nguyên lý từ dưới lên tại Nga thì vật liệu polystyrene có đường kính từ 1,5 - 2mm [35]; (iv) Vật liệu lọc polystyrene được chuẩn hóa

đường kính hữu dụng $d=1,22\text{mm}$ và $d=1,39\text{mm}$ sử dụng tại Việt Nam theo nghiên cứu [15].

Vật liệu giá thể MBBR loại bánh xe là loại có kích thước $11*10\text{mm}$; $16*10\text{mm}$ và loại $25*10\text{mm}$. Các thông số công nghệ của các giá thể MBBR loại bánh xe (*Hình 1.14c*) được thể hiện ở *Bảng 1.6* có độ rỗng là rất lớn.

Các nghiên cứu tổng quan chỉ ra rằng, đường kính hạt vật liệu càng nhỏ thì khả năng giữ cặn (SS) và loại bỏ chất hữu cơ tính theo BOD càng lớn. Bên cạnh đó, các nghiên cứu khác [44, 45] cũng chỉ ra rằng, nếu hệ bùn hoạt tính của xử lý bậc 2 (ví dụ như A/O, A2O) có khả năng loại bỏ N tốt, thì hiệu quả xử lý N trong công trình bậc 3 đằng sau bằng hạt vật liệu kích thước nhỏ cũng cao hơn so với hiệu quả xử lý N ở công trình bậc 3 tương tự sau aeroten thường. Chi tiết hơn các thông số công nghệ của các nghiên cứu này không được phát hiện.

Vì vậy, kế thừa các nghiên cứu và ứng dụng trên, luận án đã lựa chọn vật liệu polystyrene đã được chuẩn hóa tại Việt Nam có đường kính hạt $D_e = 1,22 \text{ mm}$; tỷ trọng 45kg/m^3 ; độ rỗng 40%; hệ số không đồng nhất $K_d (d_{80}/d_{10}) = 1,38$; độ bền khi nén 0,5 - 1Mpa; khả năng chịu nhiệt độ 50 - 60⁰C cho nghiên cứu trong luận án.

2.4. Cơ sở lý thuyết về quá trình xử lý chất lơ lửng SS của bể lọc

Khi lọc nước thải sau xử lý bậc 2 có chứa các chất lơ lửng SS qua lớp vật liệu lọc nổi dạng hạt có thể xảy ra các quá trình sau [10, 16]:

- (1) Chất lơ lửng SS chứa trong nước thải lắng đọng thành màng mỏng trên bề mặt lớp vật liệu lọc (thường gọi là màng lọc sinh học);
- (2) Chất lơ lửng SS dính bám trong các lỗ rỗng của lớp vật liệu lọc;
- (3) Một phần chất lơ lửng SS dính bám trên bề mặt tạo thành màng lọc, còn một phần khác lắng đọng trong các lỗ rỗng của vật liệu lọc.

Khi chất lơ lửng SS dính bám thành màng lọc trên mặt lớp vật liệu lọc tức là đã tạo ra một lớp phụ có độ rỗng rất bé, có khả năng giữ lại những chất lơ lửng SS rất bé phân tán trong nước. Tôn thất thủy lực của màng lọc tăng nhanh, do vậy phải

tiến hành rửa bể lọc, để giữ cặn bản SS chứa trong lớp vật liệu lọc trên cùng kể cả màng lọc [10].

Khi vận tốc lọc lớn, màng lọc không được tạo thành bởi vì lực thủy động quá lớn sẽ phá vỡ các vòm do chất lơ lửng tạo ra ở các lỗ rỗng của lớp vật liệu lọc, cặn SS sẽ bị đẩy lên lớp trên cùng của vật liệu lọc (với bể lọc nước theo chiều từ dưới lên) [10].

Màng lọc thường được tạo ra trên bề mặt của lớp vật liệu lọc chậm. Trong các bể lọc nhanh màng lọc thường không được tạo ra, chất lơ lửng SS cùng với nước đi vào chiều dày của lớp vật liệu lọc, bị dính kết và hấp phụ lên bề mặt hạt lớp vật liệu lọc. Đường kính của hạt vật liệu lọc và vận tốc lọc càng lớn thì chiều sâu xâm nhập của chất lơ lửng SS vào lớp vật liệu lọc càng sâu. Tính chất của chất lơ lửng SS ảnh hưởng lớn đến sự hấp phụ và dính kết của SS lên bề mặt của các hạt lớp vật liệu lọc [10].

2.4.1. Quy luật của quá trình lọc SS qua lớp vật liệu lọc

Khi xử lý nước thải qua lớp vật liệu lọc, chất lơ lửng SS bị lớp vật liệu lọc giữ lại, SS tích lũy dần trong các lỗ rỗng làm tăng tổn thất thủy lực của lớp vật liệu lọc [10].

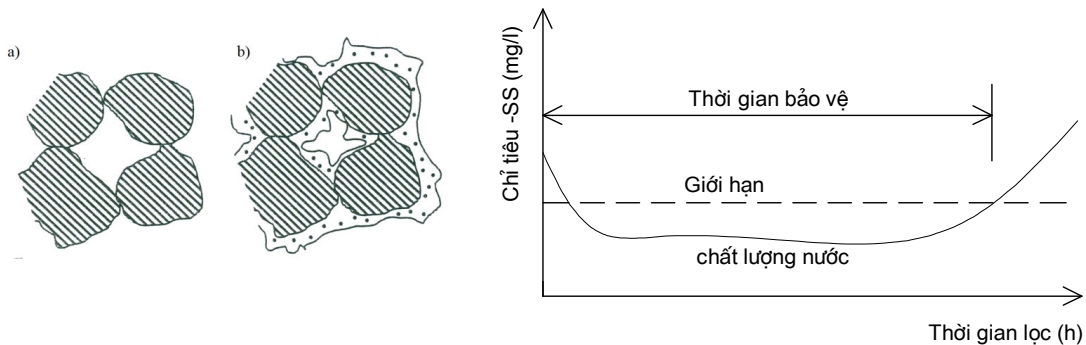
Lọc SS trong nước là quá trình làm việc cơ bản của bể lọc, còn tăng tổn thất áp lực của bể lọc là quá trình đi kèm với quá trình lọc cơ học (lọc SS). Nên cả hai quá trình cần phải xét đến khi tính toán, thiết kế bể lọc [10].

Trong quá trình lọc, chất lơ lửng SS được giữ lại trên bề mặt hạt vật liệu lọc nhờ tác dụng của dính kết. Cặn lơ lửng SS lắng đọng trong lớp vật liệu lọc có cấu trúc không bền vững, dưới tác động thủy lực khi nước thải chuyển động qua lỗ rỗng của lớp vật liệu, cấu trúc của cặn bị phá vỡ và một phần cặn được dính kết vào bề mặt hạt lọc bị tách ra theo nước thải vào các lớp nằm trong sâu hơn, ở đây do lực dính kết lớn hơn lực thủy động những hạt cặn SS này lại được dính kết vào bề mặt của hạt mới [10].

Hiệu quả lọc SS ở mỗi lớp lọc nguyên tố là kết quả của hai quá trình ngược nhau: quá trình cặn SS tách ra khỏi nước và gắn lên bề mặt của hạt vật liệu lọc dưới

tác dụng của lực dính kết và quá trình tách các hạt SS đã bám lên bề mặt của hạt vật liệu lọc để chuyển chúng ngược lại vào nước dưới tác dụng của thủy động [10]. Quá trình lọc SS ở mỗi lớp lọc nguyên tố xảy ra cho đến khi mà cường độ dính kết các hạt cặn SS vào bề mặt vật liệu lọc còn lớn hơn cường độ tách chúng. Do quá trình tích lũy ngày càng nhiều chất lơ lửng SS trong các lỗ rỗng của vật liệu lọc, cường độ tách cặn do thủy động gây ra ngày càng tăng. Hiện tượng dính kết và tách cặn quyết định sự tiến triển của quá trình lọc SS, theo chiều dày lớp vật liệu lọc và thời gian lọc [10].

Theo thời gian vai trò của lớp vật liệu lọc phía trên (theo chiều lọc) giảm dần, còn vai trò của các lớp vật liệu lọc phía dưới thì tăng dần và chiều dày của lớp vật liệu lọc cần thiết L_x cũng tăng dần lên. Cuối cùng đến một thời điểm khi mà toàn bộ chiều dày của lớp vật liệu lọc có trong bể lọc không đủ để lọc chất lơ lửng SS đến độ quy định, nồng độ SS trong nước cần xử lý bắt đầu tăng lên rất nhanh.



Hình 2.1. Đặc trưng không gian lỗ rỗng bị lấp đầy [10, 16].

Hình 2.2. Sự thay đổi nồng độ cặn SS trong nước theo thời gian lọc [10].

Thời gian làm việc mà lớp vật liệu lọc có chiều dày L đảm bảo lọc giảm chất lơ lửng SS đến quy định được gọi là thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc (T_{bv}).

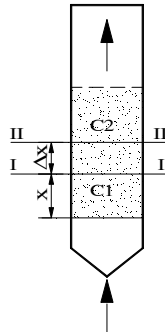
Nhiệm vụ cơ bản của việc nghiên cứu quá trình lọc nước là xác định thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc (T_{bv}) [6, 10, 16, 75, 77].

2.4.2. Phương trình vi phân của quá trình lọc SS qua lớp vật liệu lọc dạng hạt

Lấy 2 mặt cắt I-I và II-II của một lớp vật liệu lọc mỏng có độ dày là Δx cách bề mặt của lớp vật liệu lọc là x (xem Hình 2.3). Diện tích mặt cắt của lớp vật liệu

lọc bằng 1 đơn vị diện tích. Nước nguồn có nồng độ chất lơ lửng C_1 chảy tới mặt cắt I-I và sau mặt cắt II-II có nồng độ C_2 . Sự giảm đi của nồng độ chất lơ lửng trong một lớp vật liệu lọc rất nhỏ Δx là [10, 16]:

$$\Delta C = -(C_2 - C_1) = -\frac{\partial C}{\partial x} \cdot \Delta X \quad (2.1)$$



I, II - Mặt cắt ngang qua lớp vật liệu lọc;

X - Chiều dày lớp vật liệu từ mặt cắt I đến bề mặt lớp vật liệu lọc;

ΔX - Lớp vật liệu lọc mỏng có độ dày nhỏ;

C1 - Nồng độ chất lơ lửng chảy tới mặt cắt I-I;

C2 - Nồng độ chất lơ lửng chảy sau mặt cắt II-II;

Hình 2.3. Sơ đồ tính toán Mũi tên - Hướng nước chảy.

quá trình lọc qua lớp vật liệu

lọc dạng hạt [16]

Đạo hàm $\frac{\partial C}{\partial x}$ là đại lượng gradient của nồng độ chất lơ lửng có nghĩa là sự

thay đổi của nó trên một đơn vị độ dày. Gradient nồng độ chất lơ lửng được biểu diễn bằng đạo hàm riêng do đó nồng độ chất lơ lửng trong từng mặt cắt phụ thuộc vào hai biến số: x – khoảng cách tới bề mặt vật liệu lọc và t – là thời gian lọc. Dấu trừ (-) trong phương trình (2.1) chỉ ra rằng nồng độ chất lơ lửng xả đi khi khoảng cách x tăng lên. Có thể xem hiệu quả lọc nước là kết quả của hai quá trình ngược nhau. (1) quá trình giữ các hạt lơ lửng trong lớp vật liệu lọc bằng khả năng bám dính, hút chúng vào lớp vật liệu lọc và (2). Quá trình bứt phá các hạt chất bẩn bám dính dưới tác dụng thủy lực của dòng nước. Ta có thể đi đến kết luận rằng, sự giảm đi của chất bẩn trong lớp vật liệu lọc Δx có thể được biểu diễn bằng đẳng thức [10, 16].

$$\Delta C = (\Delta C_1 - \Delta C_2) \quad (2.2)$$

Với: ΔC_1 : Sự suy giảm nồng độ chất lơ lửng do lực bám dính vào vật liệu lọc

ΔC_2 : Sự gia tăng của nồng độ các chất lơ lửng do lực bứt ra của dòng nước.

Sự suy giảm nồng độ của chất lơ lửng do lực bám dính có thể cho rằng nó tỷ lệ thuận với nồng độ trung bình của chất lơ lửng trong thể tích được giới hạn bởi lớp C. Ngoài ra, nó tỷ lệ thuận với chiều dày Δx . Như vậy ta có [10, 16]:

$$\Delta C_1 = b \times C \times \Delta x \quad (2.3)$$

Với: b - Thông số quá trình lọc xác định bởi cường độ bám dính phân tử chất bẩn và phụ thuộc vào điều kiện lọc. Sự gia tăng của nồng độ các chất lơ lửng do sự bứt phá của dòng nước có thể được cho là tỷ lệ thuận với số lượng chất bẩn được tích góp lại đến thời điểm nhất định [10, 16].

$$\Delta C_2 = a \times \rho \times \Delta x \quad (2.4)$$

Với: ρ - Là mật độ chất bẩn lấp đầy vật liệu lọc, có nghĩa là lượng chất bẩn tích lũy được trong một đơn vị thể tích của lớp vật liệu lọc Δx đến thời điểm nhất định;

a - Là thông số lọc xác định cường độ bứt các hạt chất bẩn và phụ thuộc vào điều kiện lọc.

Thay các giá trị ΔC_1 , ΔC_2 vào phương trình (2.2) ta có [10, 16]:

$$-\frac{\partial C}{\partial x} = bC - a\rho \quad (2.5)$$

Trong phương trình (2.5) có hai biến giá trị là C và ρ . Có nghĩa là một phương trình (2.5) không đủ điều kiện để mô tả quá trình lọc. Qua một đơn vị diện tích của mặt cắt trong một đơn vị thời gian thì có một khối lượng thể tích nước bằng vận tốc lọc v đi qua. Có nghĩa là, khối lượng chất bẩn giữ trong lớp vật liệu lọc có diện tích là 1 đơn vị trong 1 đơn vị thời gian bằng [10, 16]:

$$\Delta Q = v \cdot \Delta C = -v \cdot \frac{\partial C}{\partial x} \Delta C \quad (2.6)$$

Khối lượng chất bản nằm trong lớp vật liệu lọc có chiều dày là Δx sẽ là $\rho \times \rho x$, còn vận tốc tích lũy chất bản trong lớp vật liệu lọc hay là lượng chất bản tích được trong lớp vật liệu lọc trong một đơn vị thời gian bằng [10, 16].

$$\Delta Q = \frac{\partial \rho}{\partial \tau} \Delta x \quad (2.7)$$

Từ (2.6) và (2.7) được phương trình [16, 18]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} = -v \frac{\partial C}{\partial x} \quad (2.8)$$

Phương trình (2.8) là phương trình vi phân cân bằng vật chất. Nó chỉ ra rằng lượng chất bản được lấy ra từ nước bởi lớp vật liệu lọc Δx trong một đơn vị thời gian bằng lượng chất bản tích lũy được trong lớp vật liệu lọc đó cũng sau một khoảng thời gian như thế.

Từ phương trình vi phân (2.5) theo thời gian và phương trình cân bằng vật chất (2.8) ta nhận được [10, 16]:

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x \cdot \partial \tau} + a \cdot v \cdot \frac{\partial C}{\partial x} + b \frac{\partial C}{\partial \tau} = 0 \quad (2.9)$$

Phương trình vi phân này miêu tả quá trình lọc nước qua lớp vật liệu lọc dạng hạt. Để xác định được thông số lọc a , b từ phương trình vi phân (2.9) có thể xác định bằng thực nghiệm [10, 16, 75, 77].

2.4.3. Phương pháp xác định thông số lọc và xác định thời gian bảo vệ

a) *Xác định thông số lọc a , b bằng thực nghiệm*

* *Tổng hợp các tài liệu [6, 10, 16, 75, 77], thông số lọc a và b được xác định bằng công thức :*

$$b = \frac{X_0}{x_0} \quad \text{và} \quad \frac{a}{b} = \frac{n}{k} \quad (2.10)$$

Trong đó:

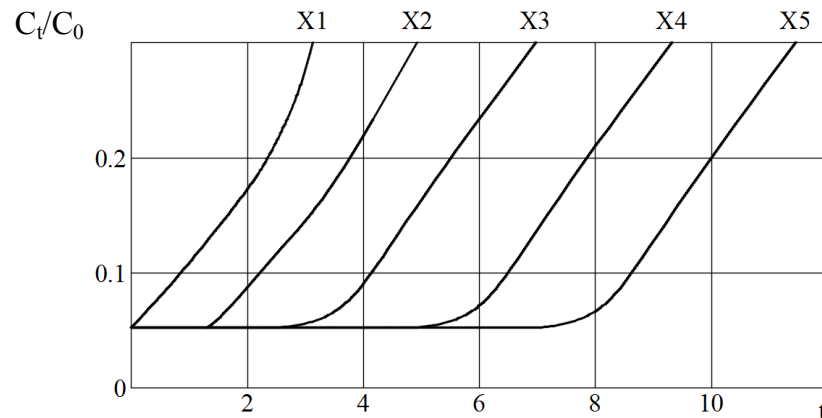
- a - Cường độ bút của hạt cặn;
- b - Hệ số cường độ bám dính của cặn;

k và X_0 - Hằng số, giá trị của nó phụ thuộc vào hiệu quả lọc SS (tỷ lệ SS sau lọc (C_t) và SS trước khi lọc (C_0)), tra *Bảng 2.5*;

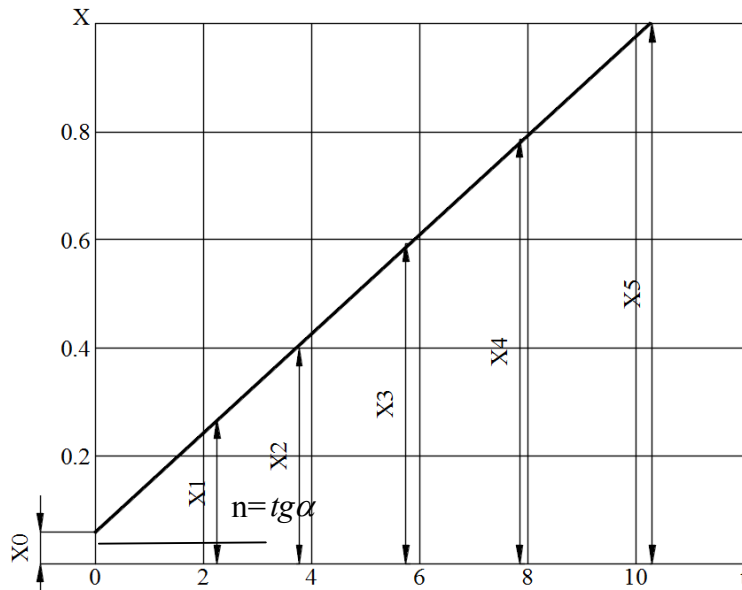
n , x_0 - Thu được bằng thực nghiệm. Tổng hợp các tài liệu [6, 10, 16, 75, 77] thông số lọc n và x_0 được xác định bằng 2 phương pháp như sau :

Phương pháp 1: Xác định n , x_0 theo hiệu quả xử lý (C_t/C_0) [1, 7, 16, 22, 24]

Giá trị x_0 và n có thể tìm được bằng cách, từ kết quả thực nghiệm nhận được xây dựng đồ thị $C = C_t/C_0 = f(t)$ với chiều cao của lớp vật liệu lọc. Trên đồ thị đường dẫn hướng, đường thẳng vuông góc với trục tung, với những giá trị tương ứng của C_t/C_0 (*Hình 2.4*).



Hình 2.4. Đồ thị quan hệ hiệu quả lọc C_t/C_0 và chiều dày x khác nhau của vật liệu lọc [10, 16, 75, 77]



Hình 2.5. Biểu đồ tương quan giữa chiều dày lớp vật liệu lọc và thời gian lọc [1, 7, 16, 22, 24]

Những giao điểm của đường thẳng đó với các đường cong, tương ứng với những chiều cao khác nhau của lớp vật liệu lọc, xác định thời gian đảm bảo tác dụng của lớp vật liệu lọc T_{bv} . Những giá trị này được đặt trong đồ thị với hệ tọa độ $x = f(t_{bv})$ (Hình 2.4).

Từ đồ thị Hình 2.5 biết được giá trị (x_0) và (n) và từ đó tính được thông số a và b .

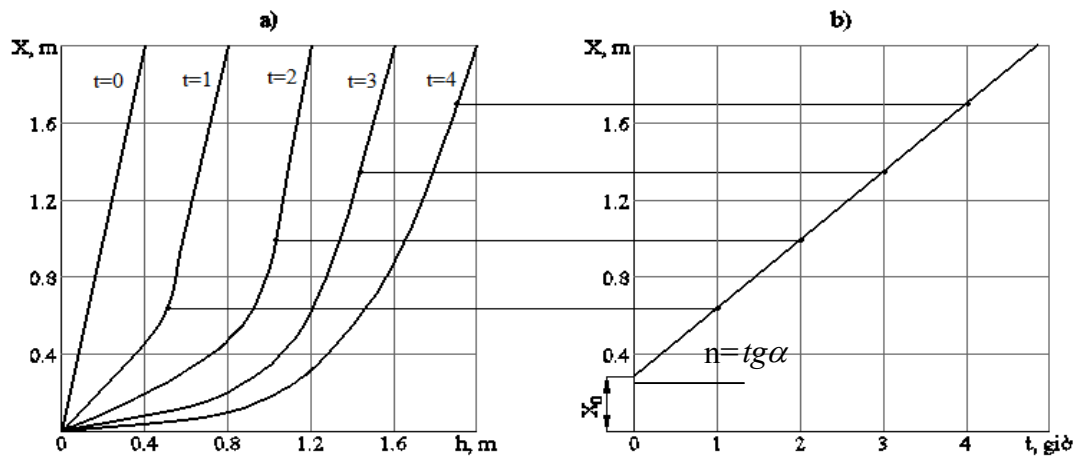
*** Phương pháp 2: xác định n , x_0 theo tổn thất áp lực [16, 77]**

Xác định n , x_0 theo phương pháp thứ nhất là công việc cần nhiều công sức và phức tạp [16, 77]. Một phương pháp khác đơn giản hơn cho phép xác định các thông số lọc chỉ qua các chỉ số tổn thất [16, 77]. Trong trường hợp này kết quả thực nghiệm thực hiện như sau:

Sau một khoảng thời gian xác định chúng ta thu được kết quả đo tổn thất qua từng lớp vật liệu lọc và dùng các thông số đó để xây dựng đường cong sự thay đổi tổn thất theo chiều sâu lớp vật liệu và theo thời gian lọc (Hình 2.6a). Sau đó chúng

ta xác định chiều dày lớp vật liệu lọc bằng cách dựng các tiếp tuyến (với đường cong) là những đường thẳng phân bố tổn thất áp lực song song với đường thẳng tổn thất thời điểm đầu của quá trình lọc, tức là đường tổn thất trong lớp vật liệu sạch ($t=0$). Vẽ điểm nhận được lên đồ thị (Hình 2.6b). Điểm mà theo trục tung thể hiện độ dày của lớp chất bản, còn theo trục hoành – giá trị tương ứng với thời gian lọc. Đường thẳng nhận được có dạng $y=nx+x_0$. Giao với trục tung tại điểm x_0 , tạo góc nghiêng với đường thẳng $n=tg\alpha$. Sau đó thông số lọc a, b xác định theo công thức (2.10).

$$b = \frac{X_0}{x_0} \quad \text{và} \quad \frac{a}{b} = \frac{n}{k}$$



Hình 2.6. Đồ thị sự thay đổi cột áp theo chiều dày VLL và thời gian [16, 77]

b) Xác định thời gian bảo vệ lớp vật liệu lọc

Xác định thời gian bảo vệ là nhiệm vụ chính khi nghiên cứu quy luật của quá trình lọc [6, 10, 16, 75, 77].

Bể lọc lớp vật liệu lọc, vận tốc lọc, thời gian giữa hai lần rửa tối ưu khi đảm bảo điều kiện $T_{bv} = T_{gh}$ (thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc bằng thời gian làm việc đạt đến tổn thất giới hạn) [10, 16, 77].

Trường hợp $T_{bv} > T_{gh}$ khi đó bể lọc phải rửa do tổng thất áp lực trong lớp vật liệu lọc tăng vượt quá chiều cao chênh áp của bể (tổn thất giới hạn). Trong khi đó chất lượng nước lọc vẫn đảm bảo được tiêu chuẩn sau một thời gian làm việc nữa.

Bể lọc như vậy hoặc có lớp vật liệu quá dày, hoặc làm việc với tốc độ lọc quá bé. Đối với các bể lọc thiết kế có chiều cao hoặc diện tích quá lớn đều gây tổn kém trong xây dựng [10, 16, 77].

Trường hợp $T_{bv} < T_{gh}$ phải rửa lọc do chất lượng nước lọc xấu không đạt yêu cầu. Trong trường hợp này lớp vật liệu lọc quá mỏng, hoặc vận tốc lọc quá lớn. Khi thời gian làm việc của bể lọc ngắn, dẫn đến bể lọc phải rửa lọc nhiều [10, 16, 77].

Các tài liệu [6, 10, 16, 75, 77] chỉ ra rằng, để đảm bảo an toàn với chất lượng nước đảm bảo tiêu chuẩn quy định và hiệu quả kinh tế thường chọn $T_{bv} = (1,2 - 1,3)T_{gh}$ và chu kỳ lọc $T = T_{gh}$.

Phương pháp thực nghiệm và xử lý kết quả thực nghiệm khi lọc triệt để chất lơ lửng khỏi nước thải. Thì phương pháp được sử dụng để xác định các thông số lọc với vật liệu dạng hạt là dựa trên cơ sở lý thuyết mô phỏng công nghệ quá trình lọc được nói đến trong các tài liệu [6, 10, 16, 75, 77].

Thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc :

$$T_{bv} = \frac{1}{k} \cdot \frac{b}{a} \cdot \left(x - \frac{X_0}{b} \right) \quad (2.11)$$

Trong đó: T_{bv} - Thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc, giờ.

x - Chiều dày của lớp vật liệu lọc, m.

k, X_0 - Hằng số phụ thuộc vào độ lớn của C_t/C_0 . Xác định theo *Bảng 2.5*.

a - Thông số lọc đặc trưng cường độ bứt các hạt cặn.

b - Thông số lọc đặc trưng cho cường độ bám dính của chất lơ lửng và hạt vật liệu lọc.

Bảng 2.5. Mối quan hệ qua hệ thống số lọc X_0 và k từ C_t/C_0 để tính toán tốc độ lọc [10, 16, 75, 77].

C_t/C_0	0,03	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	
CΦ	X_0	4,2	3,7	3,0	2,2	1,8	1,2	0,92	0,7
	k	1,86	1,69	1,51	1,45	1,36	1,23	1,10	1,00

Tổng quan các tài liệu [6, 10, 16, 75, 77], sau khi xác định được thời gian bảo vệ vật liệu lọc có thể xác định chu kỳ lọc (T) theo công thức sau : $T_{bv} = (1,2 \div 1,3) T$.

c) *Mối liên hệ giữa thông số lọc a, b, đường kính vật liệu lọc d của các vận tốc lọc v khác nhau được xác định theo công thức sau:*

Khi bể lọc được thực hiện trong điều tương tự như điều kiện của quá trình mô hình hóa (như: tốc độ lọc, đường kính của vật liệu lọc d, nhưng sử dụng cùng một loại nước) thông số lọc có thể được tính bằng cách sử dụng các công thức [10, 16, 77]:

$$b_2 = b_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0,7} \quad (2.12)$$

$$\left(\frac{a}{b} \right)_2 = \left(\frac{a}{b} \right)_1 \cdot \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{1,7} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0,7} \quad (2.13)$$

Trong đó:

a_1, b_1, d_1 : Hệ số cường độ bứt cặn, hệ số cường độ bám dính của cặn, đường kính hạt vật liệu lọc ứng với vận tốc lọc v_1 ;

a_2, b_2, d_2 : Hệ số cường độ bứt cặn, hệ số cường độ bám dính của cặn, đường kính hạt vật liệu lọc ứng với vận tốc lọc v_2 ;

2.5. Cơ sở lý thuyết về quá trình xử lý sinh học qua bể phản ứng sinh học

2.5.1. Loại bỏ các hợp chất hữu cơ các bon

Công đoạn khử các chất hữu cơ các bon gồm ba quá trình chính là: quá trình tăng trưởng sinh khối của vi sinh vật dị dưỡng; quá trình hô hấp nội sinh; quá trình thủy phân các chất hữu cơ chậm phân hủy sinh học [85].

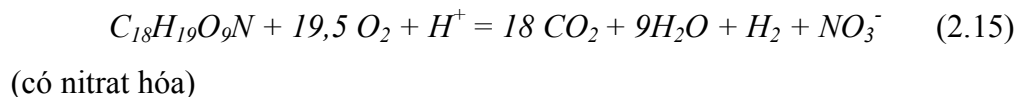
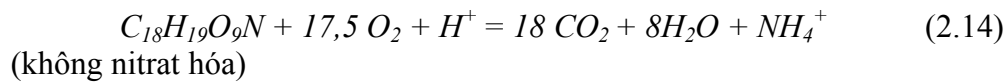
- Quá trình tăng trưởng sinh khối của vi sinh vật dị dưỡng: sự tăng trưởng của môi trường sinh khối dị dưỡng heterotrophic chỉ có thể xảy ra trong môi trường có sẵn chất nền là các chất hữu cơ chứa cacbon phân hủy sinh học nhanh làm thức ăn và cấp năng lượng cho vi sinh vật hoạt động.

- Quá trình hô hấp nội sinh: là tổng hợp toàn bộ quá trình hoạt động sinh hóa của vi sinh trong môi trường thiếu hoặc không có thức ăn cung cấp từ bên ngoài tế

bào làm nguồn năng lượng để tổng hợp thành sinh khối. Vi khuẩn lấy thức ăn là các chất nền đã được hấp thụ chứa bên trong tế bào làm nguồn thức ăn để duy trì sự sống.

- Quá trình thủy phân các chất hữu cơ chậm phân hủy sinh học: chủ yếu có trong nước thải sinh hoạt. Việc tách riêng và mô tả chi tiết các phản ứng thủy phân các hợp chất hữu cơ cấu tạo phức tạp thành các hợp chất hữu cơ có liên kết đơn giản để bị thủy phân sinh học thực tế là không có khả năng, khi nghiên cứu hệ thống xử lý nước thải liên quan đến bùn hoạt tính.

Quá trình loại bỏ nhu cầu sinh học về ôxy được thực hiện bởi vi sinh vật dị dưỡng thì quá trình đó có thể được viết dưới 2 phương trình ôxy hóa sau đây [85]:



Quá trình loại bỏ các chất hữu cơ nêu trên mô tả rất đơn giản quá trình loại bỏ nhu cầu sinh học về ôxy, kết quả cuối cùng của quá trình này là nitơ amôni (không nitrat hóa) và nitrat (nitrat hóa). Quá trình phân rã nitơ hữu cơ kèm theo sự tạo thành nitơ amôni (NH_4^+) được gọi là *quá trình amôni hóa* hoặc *khoáng hóa nitơ*.

Các yếu tố quan trọng ảnh hưởng tới các quá trình loại bỏ chất hữu cơ COD, BOD gồm: nhiệt độ; ôxy; các chất độc; các chất dinh dưỡng:

- Ảnh hưởng của nhiệt độ theo công thức sau [45]: $k_t = k_{20} \cdot \theta^{(T-20)}$

Trong đó: k_t - Hệ số tốc độ phản ứng tại nhiệt độ T;

k_{20} - Hệ số tốc độ phản ứng tại 20⁰C;

θ - Hệ số điều chỉnh nhiệt độ;

- Ảnh hưởng của ôxy:

Để ôxy hoá các chất hữu cơ, các vi sinh vật cần có ôxy và nó chỉ có thể sử dụng ôxy hòa tan. Nồng độ ôxy hòa tan DO được duy trì 4- 5mg/l.

- Ảnh hưởng của các chất độc hại:

Các kim loại nặng như đồng, crôm, niken, kẽm, thủy ngân, chì và các anion như xyanua, florua, arsenat và bicromat tồn tại trong quá trình phân hủy sẽ gây phản ứng hoặc là giữ nguyên yếu tố enzym, hoặc là phá hủy bản chất làm biến đổi tính chất thẩm của tế bào vi sinh. Khi lượng kim loại vượt quá giới hạn cho phép thì chính bản thân một số chất chuyển hóa trở thành chất ức chế các hoạt động vi sinh [85].

- Ảnh hưởng của các chất dinh dưỡng:

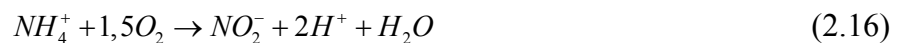
Lượng nitơ và phốt pho cần thiết cho quá trình xử lý sinh học phụ thuộc vào nồng độ nhu cầu sinh học về ôxy của nước thải trong điều kiện tỷ lệ BOD₅: N : P, với tỷ lệ BOD₅: N : P = 100:5:1 được xem là tỷ lệ tối ưu, nó là tỷ lệ thuận lợi nhất để thực hiện quá trình xử lý sinh học [45].

2.5.2. Quá trình nitrat hóa

Quá trình nitrat hóa là phần trọng yếu của các hoạt động trao đổi chất của nhóm vi sinh tự dưỡng (autotrophic) và hợp chất nitơ vô cơ. Quá trình tiến triển theo hai bước kế tiếp nhau [1, 5, 12, 14, 44]:

- Bước 1: Năng lượng được lấy từ phản ứng ôxy hóa biến amôni N-NH₄⁺ thành nitrit NO₂⁻;

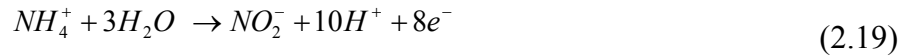
- Bước 2: Ôxy hóa tiếp NO₂⁻ thành NO₃⁻ và đóng vai trò là nguồn cung cấp năng lượng cho quá trình sinh trưởng của vi sinh.



Trong phản ứng (2.17), vi khuẩn tự dưỡng tác động đến phản ứng có tên là nitrobacter. Thức ăn của vi sinh tự dưỡng để tạo nên tế bào và phát triển sinh khối là cacbon trong các hợp chất vô cơ, chủ yếu là CO₂ và có thể là HCO₃⁻, CO₃²⁻. Tổng hợp hai phản ứng (2.16) và (2.17) có:



Trong phản ứng ôxy hóa (2.18) amôni NH₄⁺ đóng vai trò là chất cho electron còn ôxy là chất nhận electron theo các phương trình phản ứng cân bằng sau:



Tổng hợp hai phản ứng (2.19) và (2.20) có:

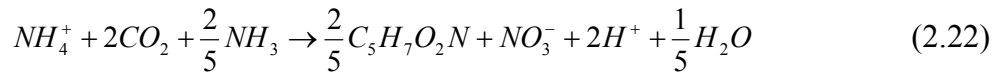


Từ các phương trình cân bằng sự cho nhận electron trong quá trình ôxy hóa NH_4^+ thành NO_3^- nhờ tác động của vi sinh vật dị dưỡng trong (2.21) ta có:

Cứ 1 gam nitơ trong chất cho electron NH_4^+ cần $2 \times \frac{32}{14} = 4,57$ gam ôxy để

nhận electron giải phóng ra tương ứng.

Trong phản ứng (2.21) chưa kể đến lượng nitơ - N trong NH_4^+ được tổng hợp làm thành phần của tế bào vi sinh tự dưỡng nên lượng ôxy của toàn quá trình sẽ giảm. Quá trình tăng trưởng của vi sinh tự dưỡng trong giai đoạn nitrat hóa được tính toán theo phản ứng tổng hợp của sinh khối với giả thiết thành phần cấu tạo tế bào của vi sinh là $C_5H_7O_2N$.



Phương trình (2.22) có thể dùng để xác định hệ số sinh sản ra sinh khối của vi sinh tự dưỡng autotrophic Y_A . Trị số $Y_A = 0,24g$ tế bào theo COD/g N (do Henze và cộng sự 1987) xác định và đã được thừa nhận rộng rãi trong tính toán nitrat hóa [12]. Từ phương trình (2.22) về cân bằng electron cho thấy có $2H^+$ (proton) được giải phóng sẽ kết hợp với hai phân tử HCO_3^- để cung cấp CO_2 làm thức ăn tạo ra tế bào vi sinh.



Từ phương trình (2.24) cho thấy, để ôxy hóa phân tử N- NH_4^+ thành N- NO_3^- cần tiêu thụ 2 phân tử HCO_3^- và tính ra độ kiềm theo $CaCO_3$ là 7,14 gam cho 1 gam N - NH_4^+ [12].

Để ôxy hóa 1 gam N- NH_4^+ thành NO_3^- tiêu thụ $(4,57 - 0,24)g O_2 = 4,33g O_2/lg$

N-NH_4^+ và lượng kiềm 7,14g $\text{CaCO}_3/\text{lg N-NH}_4^+$ sản sinh ra 0,24g sinh khối tính theo COD/lg N-NH_4^+ [12].

Các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình nitrat hóa bao gồm: (a) nồng độ hữu cơ, (b) nhiệt độ, (c) nồng độ ôxy hoà tan, (d) pH, và (e) các thành phần độc hại.

- Nồng độ chất hữu cơ: Các vi khuẩn nitrat chuyển đổi amôni thành nitrit và nitrat nhiều hiệu quả hơn khi các bon hữu cơ (BOD_5) có nồng độ thấp. Tỷ lệ giữa lượng hữu cơ (tính theo BOD_5) và lượng nitơ (tính bằng tổng Nitơ - TKN) có thể được sử dụng như một chỉ số đánh giá quá trình nitrat hóa. Tỷ lệ nitrat hóa đạt cao khi tỷ lệ BOD_5/TKN thấp. Tỷ lệ BOD_5/TKN tốt nhất dưới 3,0 [1, 5].

- Ôxy hòa tan: nồng độ ôxy nhỏ nhất để xảy ra quá trình nitrat hóa sinh học là 2,0 mg/l. Nồng độ ôxy nên duy trì từ 4 - 5 mg/l [1, 5].

- Độ kiềm: kiềm bị khử trong quá trình nitrat hóa tạo ra CO_2 . Sự chuyển hóa kiềm có thể làm giảm đáng kể pH do sự hình thành axit yếu CO_2 . Nếu độ kiềm tự nhiên trong nước thải là đủ để độ kiềm sau khi quá trình nitrat hóa, mức độ giảm pH có thể không đáng kể. Tuy nhiên, nếu lượng kiềm ban đầu quá thấp có thể làm giảm đáng kể tốc độ nitrat hóa [1, 5].

- pH: độ pH tối ưu cho quá trình nitrat hóa được ghi nhận nằm trong khoảng 7,2 – 8,5. $\text{pH} < 6,2$ hoặc $\text{pH} > 10$ ức chế hầu như hoàn toàn quá trình hoạt động của vi sinh vật [1, 5].

- Nhiệt độ: vi khuẩn nitrat hóa thực hiện hiệu quả hơn ở nhiệt độ trên 10°C . Hiệu quả của quá trình nitrat hóa đạt được trong điều kiện ấm tốt hơn so với nhiệt độ thấp [1, 5].

- Độc tính: vi khuẩn nitrat rất dễ bị ảnh hưởng bởi các chất độc hại – nhạy cảm hơn nhiều so với các vi khuẩn ổn định chất hữu cơ chứa các bon (BOD) [1, 5].

2.5.3. Quá trình khử nitrat

Khử nitrat hóa là quá trình sinh hóa biến đổi nitơ vô cơ đã được ôxy hóa từ NO_3^- thành N_2 trong môi trường không có ôxy hòa tan (thiếu khí - anoxic). Khử nitrat dựa trên phản ứng khử nitơ đã được ôxy hóa, trong đó nitơ đóng vai trò là chất nhận electron cuối cùng trong chuỗi các phản ứng ôxy hóa – khử xảy ra trong

môi trường nổi tiếp từ hiếu khí và thiếu khí. Trong phản ứng oxy hóa từ NH_4^+ thành NO_3^- thì oxy hòa tan đóng vai trò là chất nhận electron; còn trong phản ứng khử NO_3^- thành N_2 trong môi trường thiếu khí - không có oxy hòa tan được diễn ra nhờ vi sinh vật dị dưỡng lấy thức ăn là cacbon hữu cơ làm năng lượng để phát triển và tác động vào phản ứng khử NO_3^- và biến nitơ thành chất nhận electron làm cho nitơ mang điện tích +5 thành N_2 không mang điện tích) [1, 5, 12, 14, 44]:

Quá trình khử nitrat diễn ra theo hai bước:

+ Bước 1: Nitrat được khử thành nitrit với hai electron được chuyển từ sự oxy hóa các chất hữu cơ sang nitrat (NO_3^-);

+ Bước 2: Nitrit được khử tiếp đến sản phẩm cuối cùng theo trình tự sau:



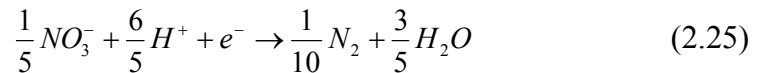
Trong quá trình khử nitrat, chất nhận electron là nitơ trong nitrat đóng vai trò là chất phải khử thành N_2 thoát ra ngoài khí quyển nhờ tác động của vi sinh vật dị dưỡng nên cần phải có thức ăn và năng lượng hoạt động cho các loại vi sinh này. Do đó, cần phải có đủ lượng các chất hữu cơ bị phân hủy sinh học cho phản ứng khử NO_3^- xảy ra hoàn toàn. Các chất hữu cơ bị phân hủy sinh học vừa đóng vai trò là chất cho electron vừa đóng vai trò là chất cấp nguồn cacbon hữu cơ cho vi sinh. Có ba nguồn cacbon hữu cơ khác nhau để làm hai nhiệm vụ (cho electron và cấp nguồn cacbon hữu cơ) là:

- Nguồn cacbon cấp từ ngoài vào (như Methanol - CH_3OH), rỉ đường, gheco...;

- Nguồn cacbon nội tại là lượng các chất hữu cơ chịu sự phân hủy sinh học có sẵn trong nước thải;

- Nguồn cacbon hữu cơ phát sinh trong quá trình hô hấp nội sinh của sinh khối khi sinh khối bị phân rã (các chất hữu cơ sinh ra khi xử lý ổn định cặn và lượng các chất hữu cơ có trong nước thải khi cô đặc cặn...).

Phản ứng khử nitrat trong đó các chất hữu cơ là chất cho electron và NO_3^- là chất nhận electron được mô tả như sau:

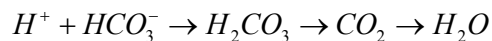


Từ phương trình sinh hóa (2.25) cho thấy: Để chuyển electron e^- từ COD sang N trong nitrat cần $1/5 NO_3^-$ tức cần $14/5 = 2,8g$ nitơ - nitrat.

Từ hệ thống phương trình (2.20) cho thấy: Để di chuyển 1 electron cần lượng ôxy hay lượng COD là $1/8 \cdot 2O_2 = 1/8 \cdot 2 \cdot 32 = 8$ (g ôxi) hay 8 (g COD) [12].

Như vậy, cần 8 gam COD để cấp 1 electron chuyển cho 2,8 g N trong NO_3^- nhận 1 electron. Và để khử lgam nitơ - nitrat cần $8/2,8 = 2,86$ g COD. Dưới điều kiện thiếu khí năng lượng của phản ứng khử nitrat sản ra thấp hơn so với phản ứng ôxy hóa trong môi trường hiếu khí [12].

Trong quá trình khử $NO_3^- - N$ trong bể thiếu khí theo (2.25) mỗi phân tử $NO_3^- - N$ dùng để nhận electron từ COD chuyển sang cũng thu nhận đồng thời một phân tử proton H^+ cho nên đã giải phóng ra môi trường một phân tử HCO_3^- :



Do đó: 1 gam $NO_3^- - N$ được giải phóng ra môi trường 1 lượng kiềm là 4,35 gam kiềm tính theo HCO_3^- . Hoặc 3,57 gam kiềm tính theo $CaCO_3$ [12].

Các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình khử nitrat bao gồm (a) chất hữu cơ, (b) nhiệt độ, (c) nồng độ ôxy hoà tan, và (d) pH:

- Ảnh hưởng của pH: cũng giống như các quá trình xử lý sinh học khác, khoảng pH tối ưu cho quá trình khử nitrat nằm trong một khoảng khá rộng từ 7-9, ngoài vùng tối ưu tốc độ khử nitrat giảm nhanh. Tại pH > 10 và pH < 6 tốc độ khử nitrat chỉ còn lại vài phần trăm so với vùng tối ưu. Các vi khuẩn khử nitrat có khả năng xuất hiện các khí có độc tính cao đối với vi sinh vật từ quá trình khử nitrat như N_2O , NO. Chúng có khả năng đầu độc vi sinh vật với nồng độ thấp [1, 5].

- Ảnh hưởng của nhiệt độ: ảnh hưởng của nhiệt độ lên quá trình khử nitrat tương tự như đối với quá trình xử lý hiếu khí của vi sinh vật tự dưỡng. Tốc độ tăng gấp đôi khi tăng thêm 10^0C trong khoảng 5 - 25^0C . Quá trình khử nitrat cũng có thể xảy ra trong vùng nhiệt độ $50- 60^0C$, mặc dù ít được sử dụng trong thực tế [1, 5].

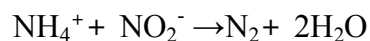
- Ảnh hưởng của chất nền: bản chất của chất hữu cơ cũng ảnh hưởng đến tốc độ khử nitrat, các chất hữu cơ tan, dễ phân hủy tạo điều kiện tốt thúc đẩy tốc độ khử nitrat. Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy tốc độ khử nitrat tăng dần khi sử dụng chất hữu cơ từ phần hủy nội sinh, từ nguồn nước thải và chủ động đưa vào hệ thống như metanol, axit axetic [1, 5].

- Yếu tố kìm hãm quá trình khử nitrat hóa: Tuy rằng các loại vi khuẩn khử nitrat ít bị ức chế bởi các độc tố nhưng vẫn là vấn đề cần quan tâm. Ôxy có tác dụng ức chế enzym khử nitrat và vì vậy làm giảm tốc độ khử nitrat. Ôxy cũng là tác nhân ức chế enzym khử nitrat với mức độ mạnh hơn so với enzym khử nitrit. Bằng chứng từ các nghiên cứu cho thấy, với hệ khử nitrat tĩnh đang hoạt động nếu đưa thêm ôxy vào hệ thì sẽ xuất hiện hiện tượng tích lũy nitrit và nếu ngừng cấp ôxy và sục khí argon vào hệ thì hiện tượng tích lũy nitrit dừng lại. Nồng độ ôxy hòa tan phát huy tác dụng kìm hãm khi nó đạt trên 13% so với ôxy hòa tan trong nước.

Nitrit cũng là yếu tố kìm hãm tốc độ khử nitrat. Tại pH = 7, nồng độ NO₂ - N > 14 mg/l bắt đầu ức chế quá trình vận chuyển chất của vi sinh vật và làm dừng quá trình khi nồng độ đạt 350mg/l [1, 5].

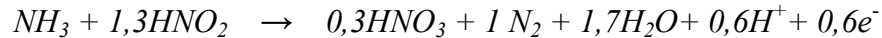
2.5.4. Quá trình ôxy hóa yếm khí nitơ (Anammox)

Quá trình ôxy hóa yếm khí amôni đã được Mulder phát hiện vào năm 1992, và đăng ký bản quyền 1995 (*Mulder et al. 1995, 1992*). Khi đó quá trình ôxy hóa yếm khí ni-tơ amôni đã được đặt tên là *Anammox*. Tác động vi sinh vật lên các quá trình ôxy hóa yếm khí muối amôni được nghiên cứu vào cuối những năm 90 của thế kỷ trước. (*Jetten et al. 1999, 2001*) [14, 85].

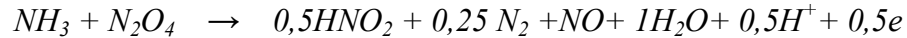


Bằng thực nghiệm, người ta đã chứng minh được rằng quá trình ôxy hóa yếm khí amôni (Annamox) được thực hiện bởi các nhóm dinh dưỡng vô cơ khác nhau như (1) *planctomycete: Cadidatus "Brodia anammoxidans"*, dưới dạng rút gọn *B.anammoxidans* và *Kuenenia stuttgartiensis* dưới dạng rút gọn *K. Stuttgartiensis* và (2) *Nitrosomonas* (như *N. Eutropha*). [*Kuenen&Jetten2001*] [85].

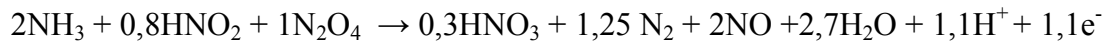
Phản ứng sinh hóa quá trình Annamox được thực hiện nhờ *B.anammoxidans* có sự tham gia của NO_2^- và có thể viết dưới dạng phương trình [85]:



Sản phẩm phản ứng sinh hóa của quá trình Annamox thực hiện bởi *Nitrosomonas*, là nitơ dioxit N_2O_4 và có thể viết theo phương trình [85]:



Khi đó phương trình phản ứng chung có thể biểu diễn dưới dạng [85]:



Cũng giống như với bất kỳ quá trình sinh học nào, quá trình Annamox bị ảnh hưởng bởi các yếu tố bên ngoài: nhiệt độ, pH, chất nền (NO_2^-) ... Nhiệt độ ($^\circ\text{C}$) trong khoảng 20 - 43 $^\circ\text{C}$ và pH 6,7 - 8,3 là điều kiện tốt cho quá trình Annamox [14, 85].

2.5.5. Xác định các thông số động học của quá trình xử lý sinh học

Trong bể lọc sinh học ngập nước tồn tại đồng thời nhiều quá trình động học và động lực học: cơ chất được đưa từ ngoài vào bể lọc do dòng chảy (đối lưu), khuếch tán của cơ chất qua màng thủy lực, khuếch tán và phản ứng hóa học trong màng vi sinh vật. Tất cả các quá trình trên xảy ra nối tiếp nhau và đều ảnh hưởng đến tốc độ xử lý, tuy nhiên giai đoạn có tốc độ chậm nhất sẽ khống chế toàn bộ quá trình lọc sinh học; quá trình chậm nhất thường là quá trình khuếch tán và sinh hóa xảy ra trong màng vi sinh vật và đặc trưng bởi hằng số tốc độ [5].

Hiện nay có hai cách xác định tốc độ phản ứng sinh hóa oxy hóa các chất hữu cơ trong các quá trình xử lý sinh học nước thải. **Cách thứ nhất** là sử dụng lý thuyết động học của phản ứng hóa học [Eckenfelder, W.W. 1996], **cách thứ hai** là sử dụng lý thuyết động học của phản ứng sinh học (lên men), tức là phương trình Michaelis-Menten hoặc là phương trình Monod [Mc. Carty, P.L&Lawrence] [5, 8, 9, 14, 15]. Theo tài liệu [5] chỉ ra rằng, cách thứ nhất là sử dụng lý thuyết động học của phản ứng hóa học [Eckenfelder, W.W. 1996] phù hợp với bể lọc sinh học ngập nước và đây cũng là phương pháp được lựa chọn để xử lý kết quả thí nghiệm.

Động học của phản ứng hóa học:

Trên cơ sở định luật khối lượng phản ứng ta có thể viết phương trình tốc độ phản ứng sinh hóa dưới dạng vi phân [8, 9, 14, 15]:

$$v = -\frac{dS}{dt} = kS^m \quad (2.26)$$

Trong đó:

k : Hệ số tỷ lệ (hoặc hằng số tốc độ phản ứng sinh hóa);

m : Số mũ (trình tự phản ứng), $m = 1, 2, 3$;

S : Nồng độ chất nền (Khối lượng. Thể tích⁻¹);

t : Thời gian;

$v = \frac{dS}{dt}$: Tốc độ phản ứng, (Khối lượng . Thể tích⁻¹ . Thời gian⁻¹)

Dấu (-) thể hiện nồng độ chất nền (S) trong phản ứng giảm xuống.

Nếu S là chất nền của phản ứng, phương trình sẽ có dạng:

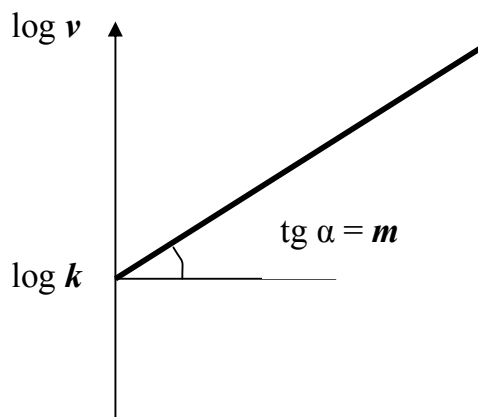
$$v = \frac{dS}{dt} = kS^m \quad (2.27)$$

Phương pháp tổng quát xác định bậc và tốc độ phản ứng.

Đối với phản ứng bậc tự do, hằng số tốc độ phản ứng có thể xác định bằng phép logarit định luật khối lượng các chất tham gia phản ứng (2.28):

$$\log v = \log k + m \cdot \log S \quad (2.28)$$

Phương trình (2.28) có dạng $y = A.x + B$ xử lý dưới dạng tọa độ logarit ($\log v$, $\log S$), từ đây có thể xác định được số mũ m và hằng số k . Tang của góc (α) nghiêng bằng chỉ số m , còn điểm cắt giữa đường thẳng với trục tọa độ bằng logarit hằng số k . (xem Hình 2.7). Để xác định mức độ và hằng số của phản ứng sinh hóa k bằng các phương pháp đã nêu trên, chúng ta xử lý số liệu ở thực nghiệm và sau khi biến đổi chúng trong các tọa độ ($\log v$, $\log S$) sẽ xác định được chỉ số mức độ $m = \text{tg } \alpha$ và giá trị hằng số k (xem Hình 2.7).



Hình 2.7. Xác định hằng số tốc độ (k) và bậc phản ứng tự do (m) trong tọa độ
logarit ($\log v, \log [S]$)

Đối với quá trình lên men hoặc đối với các quá trình xử lý nước thải thông thường phương trình này là triệt tiêu hoặc có thể viết dưới dạng bậc một.

Từ phương trình (2.27), ta có:

$$\frac{dS}{S^m} = -k \cdot dt \quad (2.29)$$

Lấy vi phân hai vế phương trình (2.29) tại thời điểm $t_0 = 0$

$$\int_{S_0}^{S_t} \frac{dS}{S^m} = - \int_{t=0}^t k \cdot X \cdot dt \quad (2.30)$$

Từ lý thuyết vi phân và tích phân, xác định được:

1) Nếu $m = 1$ thì

$$\int_{S_0}^{S_t} \frac{dS}{S^m} = \ln S \quad 1$$

2) Nếu $m \neq 1$, thì

$$\int_{S_0}^{S_t} \frac{dS}{S^m} = \frac{1-m}{S^{m-1}}$$

Xét phương trình bậc 0: ($m = 0$)

Phương trình (2.26) có dạng:

$$v = - \frac{dS}{dt} = k \quad (2.31)$$

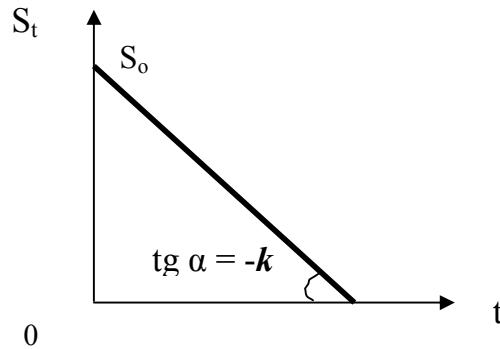
$$dS = - k \cdot dt$$

$$\int_{S_0}^{S_t} dS = -k \int_{t=0}^t dt$$

$$S_t - S_0 = -k \cdot t$$

$$\Rightarrow S_t = S_0 - k \cdot t \quad (2.32)$$

Như vậy, để phản ứng **bậc 0** tối ưu hóa thì hệ tọa độ (S, t) trong trường hợp này tang của góc (α) bằng hằng số tốc độ thu hồi chất nền (xem Hình 2.8).



Hình 2.8. Xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 0 trong tọa độ (S, t)

Xét phương trình bậc 1: $(m = 1)$

Phương trình (2.26) có dạng:

$$v = -\frac{dS}{dt} = k \cdot S \quad (2.33)$$

$$\frac{dS}{S} = -k \cdot dt$$

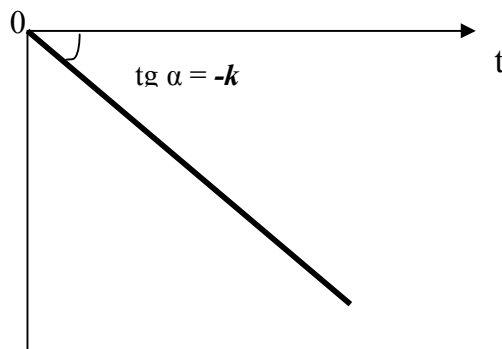
$$\int_{S_0}^{S_t} \frac{dS}{S} = -k \int_{t_0=0}^t dt$$

$$\Rightarrow \ln S_t - \ln S_0 = -k \cdot t$$

$$\Rightarrow \ln \frac{S_t}{S_0} = -k \cdot t \quad (2.34)$$

Hoặc
$$\frac{S_t}{S_0} = e^{-k \cdot t} \quad (2.35)$$

Trong trường hợp này, phương trình bậc 1 là đường thẳng trong hệ tọa độ $(\ln(S_t/S_0), t)$, khi đó tang góc nghiêng bằng hằng số tốc độ thu hồi chất nền (xem Hình 2.9).



Hình 2.9. Xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 trong tọa độ $(\ln(S_t/S_0), t)$

Xét phương trình bậc 2: (m = 2)

Phương trình (2.26) có dạng:

$$v = -\frac{dS}{dt} = k.S^2 \quad (2.36)$$

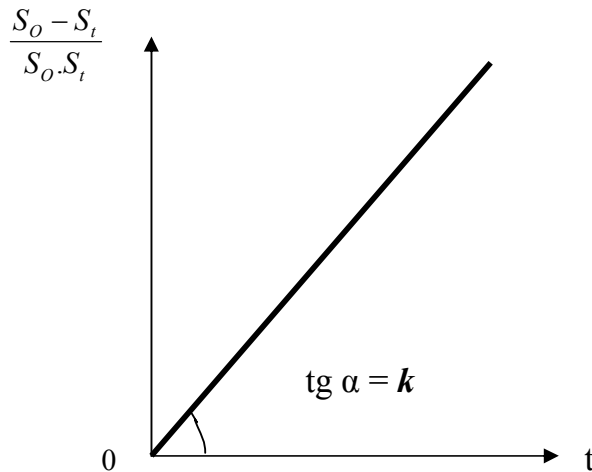
$$\frac{dS}{S^2} = -k.dt$$

$$\int_{S_0}^{S_t} \frac{dS}{S^2} = -k \int_{t_0=0}^t dt$$

$$\Rightarrow \frac{1}{S_t} - \frac{1}{S_0} = k.t$$

$$\text{Hoặc } \frac{S_0 - S_t}{S_0 \cdot S_t} = k.t \quad (2.37)$$

Tức là, phương trình bậc 2 là hệ tọa độ $((S_t S_0)/(S_t S_0), t)$, và tang góc nghiêng tương ứng với hằng số tốc độ thu hồi chất nền (xem Hình 2.10).



Hình 2.10. Xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 2 trong tọa độ $(\frac{S_0 - S_t}{S_0 \cdot S_t}, t)$

Theo kết quả nghiên cứu của A. T. Mann and T. Stephenson (1997) [26] thì kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng phản ứng bậc 1 phù hợp với quá trình sinh hóa của bề lọc vật liệu lọc nổi polystyrene.

CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM QUÁ TRÌNH XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT SAU XỬ LÝ SINH HỌC BẬC 2 BẰNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỘI TỰ RỬA

3.1. Xây dựng mô hình nghiên cứu

3.1.1. Yêu cầu của mô hình thực nghiệm

- Mô hình bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa là bể lọc có khả năng lọc cơ học (xử lý SS) và xử lý sinh học (xử lý COD, BOD, nitơ, photpho). Nước thải vào mô hình là nước thải thực sau công đoạn xử lý sinh học bậc 2.

- Mô hình có khả năng điều chỉnh và kiểm soát được lưu lượng, nồng độ ôxy theo chế độ vận hành tương ứng.

- Mô hình có thể tự rửa được bằng thủy lực và chiều cao xi-phông có thể thay đổi được.

- Mô hình có các vị trí lấy mẫu, có hệ thống bảng đo tổn thất áp lực qua lớp vật liệu lọc, có đồng hồ đo lưu lượng và áp lực của bơm nước thải trước khi vào bể lọc.

- Mô hình phải được xây dựng tuân thủ theo lý thuyết đồng dạng được quy định theo các tài liệu [75, 77].

3.1.2. Những yếu tố ảnh hưởng và kiểm soát các yếu tố ảnh hưởng

- Các yếu tố ảnh hưởng như: nhiệt độ, pH, độ kiềm, nồng độ ôxy hòa tan, chất độc hại.

- Kiểm soát các yếu tố ảnh hưởng:

+ Nhiệt độ: thực hiện lấy mẫu phân tích với điều kiện thuận lợi cho xử lý sinh học, thí nghiệm chọn thời gian thực hiện trong điều nhiệt độ khoảng từ 20 - 30⁰C.

+ pH và độ kiềm của nước thải trước khi vào mô hình thí nghiệm được kiểm soát đảm bảo điều kiện vận hành tốt nhất của mô hình thí nghiệm pH từ 7 - 9; độ kiềm dao động từ 100 - 200 mg/l CaCO₃.

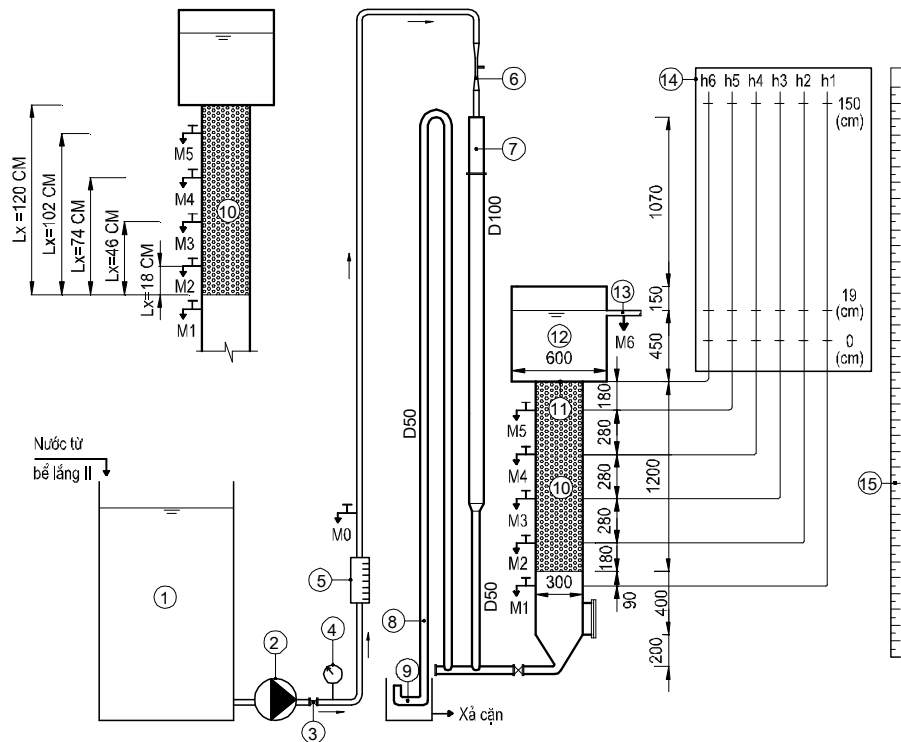
+ Nồng độ ôxy hòa tan trong mô hình thí nghiệm luôn được duy trì ở mức từ 4-5 mgO₂/l trong suốt thời gian thực nghiệm.

+ Các chất độc hại: sẽ chọn địa điểm thí nghiệm mà nguồn nước thải sinh hoạt được đảm bảo không có các chất độc hại với quá trình xử lý sinh học.

3.1.3. Thiết lập mô hình thí nghiệm

Từ yêu cầu của mô hình và các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình xảy ra trong mô hình đưa ra sơ đồ tổng thể mô hình như Hình 3.1.

Mô hình thực nghiệm được xây dựng là mô hình vật lý bể lọc VLL nổi tự rửa đa năng với đường kính $D = 300\text{mm}$ và chiều cao $H = 2,25\text{m}$ theo đúng lý thuyết tương tự về mô phỏng thực nghiệm, đảm bảo các quá trình lý, hóa, sinh xảy ra trong bể lọc là gần với các quá trình trong thực tế nhất [6, 10, 15, 75].



Hình 3.1. Mô hình thí nghiệm của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa sử dụng để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt

- | | |
|--|------------------------|
| (1) Thùng chứa nước thải từ bể lắng 2 đến; | (2) Bơm nước thải; |
| (3) Van điều chỉnh lưu lượng; | (4) Đồng hồ đo áp lực; |
| (5) Lưu lượng kế; | (6) Ejector ; |
| (7) Ống ổn định áp lực; | (8) Xi phong thủy lực; |

(9) Khóa thủy lực;

(10) Vật liệu lọc;

(11) Lưới lọc;

(12) Thùng chứa nước rửa lọc;

(13) Nước thải sau xử lý;

(14) Bảng áp;

a) Những thiết bị dùng trong mô hình

- Thùng chứa nước thải từ bể lắng 2 đến: 02 thùng 250 lít thông nhau.
- Bom nước thải Shimizu (Indonesia) lưu lượng 34 lít/phút; áp lực = 33 m.
- Đồng hồ đo áp lực của Badotherm (Hà Lan) loại 10 bar.
- Lưu lượng kế (Đài Loan) loại 20 lít/phút.
- Ca chia thể tích thủy tinh 500ml. Để phục vụ công tác xác định lưu lượng theo phương pháp thể tích.
- Ejector làm giàu oxy, Ejector được thiết kế theo nguyên cứu [15]. Lượng oxy được điều chỉnh bởi van đặt trên đường ống hút khí theo chỉ số thiết bị đo oxy hòa tan.
- Bảng đo áp có 06 ống, chiều cao 2m.
- Ngoài ra còn các thiết bị điện, điều khiển khác.
- Bể lọc vật liệu lọc nổi được chế tạo bằng inox 304, kích thước chi tiết thể hiện trên mô hình ở Hình 3.1 và Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Thông số kỹ thuật mô hình bể lọc VLL nổi

TT	Thông số mô hình thực nghiệm	Đơn vị	Giá trị
1	Đường kính cột lọc	mm	300
2	Đường kính phần bể chứa nước rửa lọc	m	0,6
3	Chiều cao phần chứa nước rửa lọc	m	0,45
4	Chiều cao vật liệu lọc	m	1,2
5	Khoảng chiều cao để vật liệu giãn nở khi rửa lọc	m	0,6
6	Đường kính ống phân phối nước vào bể	mm	100

TT	Thông số mô hình thực nghiệm	Đơn vị	Giá trị
7	Đường kính xi phông rửa lọc	mm	50
8	Đường kính khóa thủy lực	mm	50
9	Chiều cao khóa thủy lực	mm	170
10	Chênh cao giữa đỉnh xi phông với mực nước max trong bể lọc	m	122
11	Bảng đo áp trên có gắn 6 ống đo áp suất và thước chia đến giá trị 1 mm	mm	2000

b) Nguyên lý hoạt động của mô hình thực nghiệm

Nước thải từ bể lắng 2 (sau công trình xử lý sinh học bậc 2) được đưa đến thùng chứa (1). Nước từ thùng chứa (1) được bơm dưới áp lực cao của bơm qua ejector (6) nước thải được trộn với không khí. Sau ejector áp lực nước giảm đột ngột tại cột ổn định áp (7). Hỗn hợp nước được làm giàu O₂ đi vào trong lớp vật liệu lọc tiếp xúc làm cho các quá trình xử lý sinh học xảy ra trong bể lọc, cặn SS được giữ lại trong lớp vật liệu lọc. Nồng độ O₂ hòa tan được duy trì ở mức 4-5 mgO₂/l nhờ ejector; còn pH = 7 - 9, nhiệt độ t = 20⁰C - 30⁰C, độ kiềm 100 - 200 mg/l CaCO₃ được duy trì bởi quá trình vận hành của chính trạm xử lý nơi đặt thiết bị thí nghiệm.

Trong quá trình làm việc, cặn và màng sinh học dần dần chiếm đầy lỗ rỗng, làm gia tăng tổn thất qua lớp vật liệu lọc dẫn tới mực nước trong ống ổn định áp (7) dâng lên, theo nguyên lý của bình thông nhau thì mực nước bên ống xi-phông (8) cũng dâng lên đồng thời khi mực nước dâng cao hơn đỉnh xi phông sẽ tràn vào khóa thủy lực (9) ngăn cản mối liên hệ của phần bên trong xi-phông với môi trường ngoài đồng thời ejector sẽ hút hết lượng khí trong ống xi-phông, do không được liên hệ với không khí nên trong ống xi-phông hình thành chân không lúc này xi-phông bắt đầu làm việc khởi động quá trình rửa lọc. Quá trình rửa lọc sẽ dừng lại khi mực nước trong thùng chứa (12) xuống thấp nhất khởi động ống phá hiệu ứng xi-phông.

Bảng đo áp sẽ cho biết quá trình tổn thất áp lực theo thời gian tại các lớp vật liệu lọc có chiều dày khác nhau.

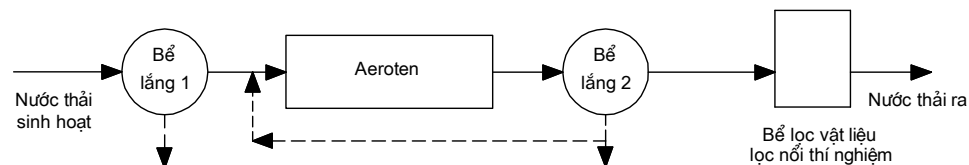
3.1.4. Địa điểm đặt mô hình thí nghiệm và phân tích kết quả.

Với những yêu cầu nêu trên để chọn được một trạm xử lý nước thải sinh hoạt xử lý bậc 2 bằng phương pháp sinh học, quan trọng hơn cả phải là một trạm xử lý nước thải hoạt động liên tục, trạm xử lý có hệ thống kiểm soát chất lượng tốt và vận hành ổn định, ngoài ra có hệ mạng lưới thu gom riêng hoàn toàn.

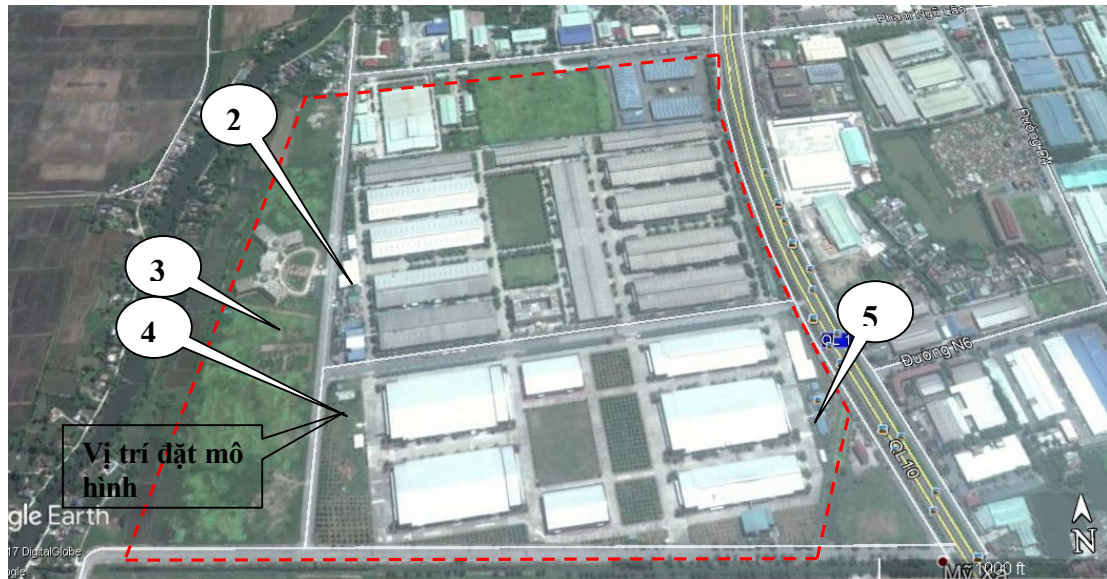
Sau khi thu thập thông tin về các trạm xử lý nước thải đang vận hành qua Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, Bắc Ninh, Nam Định. Nghiên cứu sinh đã chọn được nơi đặt mô hình thí nghiệm là Trạm xử lý nước thải sinh hoạt công suất 800m³/ngđ của Công ty TNHH Young One Nam Định (nhà đầu tư Hàn Quốc), tại KCN Hòa Xá, TP. Nam Định, tỉnh Nam Định;

Trong phạm vi Công ty TNHH Young One Nam Định có hệ thống mạng lưới thu gom nước thải sinh hoạt riêng, nước thải sản xuất riêng, nước mưa riêng. Tại công ty có 04 trạm xử lý nước thải gồm: 02 trạm xử lý nước thải dệt nhuộm và 02 trạm xử lý nước thải sinh hoạt.

Công nghệ trạm xử lý nước thải sinh hoạt 800 m³/ngđ của Young One như *Hình 3.2* dưới đây.



Hình 3.2. Sơ đồ xử lý nước thải trạm xử lý nước thải đặt mô hình thí nghiệm



Hình 3.3. Vị trí mô hình thí nghiệm tại Công ty TNHH Young One Nam Định, KCN Hòa Xá, TP. Nam Định, tỉnh Nam Định

(1) Ranh giới của Công ty TNHH Young One Nam Định; (2) Trạm xử lý nước thải dệt nhuộm $1.000 \text{ m}^3/\text{ngđ}$; (3) Trạm xử lý nước thải sinh hoạt $280 \text{ m}^3/\text{ngđ}$; (4) Trạm xử lý nước thải sinh hoạt $800 \text{ m}^3/\text{ngđ}$; (5) Trạm xử lý nước thải dệt nhuộm $700 \text{ m}^3/\text{ngđ}$ [24].

Sau khi chọn địa điểm đặt mô hình thí nghiệm ở TP. Nam Định, tỉnh Nam Định, nghiên cứu sinh ký hợp đồng phân tích với Phòng thí nghiệm của Trung tâm quan trắc và phân tích tài nguyên môi trường thuộc Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Nam Định, tại số 192 đường Cù Chính Lan, thành phố Nam Định. Phòng thí nghiệm này được đầu tư 100% vốn vay của WB hoàn thành đưa vào sử dụng năm 2015, cách địa điểm thí nghiệm 5,0 km.

3.1.5. Thời gian thực hiện thí nghiệm

Cụm mô hình thí nghiệm được lắp đặt và thí nghiệm tại Trạm xử lý nước thải sinh hoạt công suất $800 \text{ m}^3/\text{ngđ}$ của Công ty TNHH Young One Nam Định bắt đầu từ ngày 26/7/2016 đến ngày 28/5/2017.

Mô hình thí nghiệm được hiệu chỉnh cho chạy ổn định và liên tục trong thời gian 10 tháng. Thời gian lấy mẫu ghi trong cột “Thời gian GMT” của phụ lục 1 các kết quả thí nghiệm, thời gian lấy mẫu nghiên cứu được thực hiện ở tháng 4, 5 để đảm bảo nhiệt độ ổn định từ 24⁰C đến 28⁰C.

3.2. Trình tự triển khai và mục đích các nghiên cứu thực nghiệm

Các quá trình thí nghiệm được thực hiện theo hai nghiên cứu chính là (1) nghiên cứu quá trình xử lý triệt để và (2) quá trình rửa lọc lớp vật liệu lọc nổi được miêu tả chi tiết như sau:

3.2.1. Nghiên cứu quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi với lớp VLL polystyrene

a) Mục tiêu nghiên cứu:

- Xác định hiệu quả xử lý triệt để nước thải sinh hoạt theo các thông số SS, COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.
- Xác định quy luật tổn thất cột áp trong quá trình làm việc của bể lọc.
- Xác định các thống số công nghệ của quá trình lọc chất lơ lửng SS.
- Xác định các thông số động học của quá trình loại bỏ các chất hữu cơ và các chất dinh dưỡng.

b) Điều kiện vận hành:

- *Mô hình thí nghiệm:* như Hình 3.1.
- *Nồng độ oxy hòa tan:* luôn duy trì ở mức từ 4 - 5mg O₂/l tại vị trí tích trữ nước sạch sau xử lý của bể lọc vật liệu nổi tự rửa.
- *Vật liệu lọc:* vật liệu lọc (10) là polystyrene có đường kính hạt D_e = 1,22 mm; tỷ trọng 45kg/m³; độ rỗng 40%; hệ số không đồng nhất K_d (d₈₀/d₁₀) = 1,38; độ bền khi nén 0,5 - 1Mpa; khả năng chịu nhiệt độ 50 - 60⁰C. Theo nghiên cứu tổng quan thì đây là vật liệu lọc thích hợp nhất được lựa chọn cho thí nghiệm để xử lý triệt để nước thải qua lớp vật liệu lọc nổi dạng hạt đã được chuẩn hóa tại Việt Nam [15].

○ Các vận tốc lọc nghiên cứu: $v = 5\text{ m/h}$; $v = 7,5\text{ m/h}$; $v = 10\text{ m/h}$; $v = 12,5\text{ m/h}$;

c) Phương pháp thực hiện

Bước 1: Trước khi bắt đầu tiến hành lấy mẫu một chu kỳ lọc bất kỳ tiến hành kiểm tra chất lượng nước thải sau bể lắng 2 với thông số nhiệt độ, pH, COD, NH_4^+ bằng thiết bị đo online của trạm xử lý nước thải thí nghiệm (xem hình phụ lục 4). Nếu nước thải sau bể lắng 2 ổn định thì bắt đầu tiến hành các bước tiếp theo.

Bước 2: - Khởi động xi-phông cho bể lọc đang hoạt động rửa lọc và bắt đầu một chu kỳ lọc mới.

- Xác định vận tốc lọc theo phương pháp thể tích, bằng cách điều chỉnh lưu lượng bơm (2) bằng van (3) sau đó thể tích nước ra khỏi bể lọc theo thời gian như bảng sau:

Bảng 3.2. Xác định vận tốc lọc thí nghiệm

STT	Vận tốc lọc (m/h)	Lưu lượng lọc (lít/phút)	Thể tích đo (lít)	Thời gian đo (s)
1	4	4,7	7,5	95,5
2	5	5,9	7,5	76,5
3	7,5	8,8	7,5	51
4	10	11,8	7,5	38
5	12,5	14,7	7,5	30,5

- Lưu lượng kế (5) được dùng để đối chiếu, quan sát, phát hiện toàn bộ chu kỳ lọc xem có sự thay đổi lưu lượng không.

- Tiến hành kiểm tra nồng độ oxy hòa tan tại thùng chứa nước rửa lọc (12) bằng máy đo nồng độ oxy hòa tan YSI MODEL PRO ODO (Mỹ), trong toàn bộ quá trình thí nghiệm DO luôn được duy trì trong khoảng 4-5 mg/l.

Bước 3. - Tiến hành đọc kết quả đo áp trên bảng đo áp (14)

- Thời gian $t = 0\text{h}$ được tính từ khi nước sau lọc ra khỏi vị trí ống (13).

- Kết quả đo áp được thực hiện 30 phút một lần và được ghi vào sổ ghi theo mẫu sau:

Bảng 3.3. Biểu mẫu ghi kết quả đo áp

STT	Thời gian GMT	Thời gian lọc (h)	Cột áp						Ghi chú thời điểm lấy mẫu
			h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h4 (cm)	h5 (cm)	h6 (cm)	
...

Bước 4: Lấy mẫu phân tích

- Thời gian lấy mẫu phân tích: trong 12h giờ lọc đầu tiên của một chu kỳ thì cứ 1h lấy mẫu một lần. Sau 12h giờ lọc trở đi thì cứ 2h, 3h, 6h lấy mẫu một lần.

- Mẫu được lấy vào các chai sạch dung tích 330ml, mỗi mẫu lấy 03 chai.

- Mẫu được ký hiệu như sau: chữ cái (mỗi vận tốc lọc 1 chữ cái khác nhau) – chữ số (thể hiện vị trí lấy mẫu như sơ đồ Hình 3.3) – chữ số (thể hiện thứ tự lấy mẫu trong chu kỳ lọc).

Ví dụ: Mẫu tên E 1-10 tức là “E” vận tốc lọc 5 m/h với vật liệu polystyrene – “1” vị trí lấy mẫu M1 – “10” lần lấy mẫu thứ 10 trong chu kỳ lọc.

- Các chỉ tiêu phân tích: tất cả mẫu đều phân tích chỉ tiêu SS, COD, BOD. Còn các mẫu phân tích đầy đủ chỉ tiêu SS, COD, BOD, pH, độ kiềm, NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , tổng nitơ, PO_4^{3-} được phân tích 12h một lần trong mỗi chu kỳ lọc. Kết quả phân tích được ghi vào bảng như sau:

Bảng 3.4. Biểu mẫu ghi kết quả thí nghiệm mẫu nước

STT	Thời gian GMT	Thời gian lọc (h)	Vị trí lấy mẫu	Tên mẫu	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	Các chỉ tiêu khác
...

d) Các phương pháp phân tích được sử dụng như sau:

Bảng 3.5. Các phương pháp phân tích mẫu nước

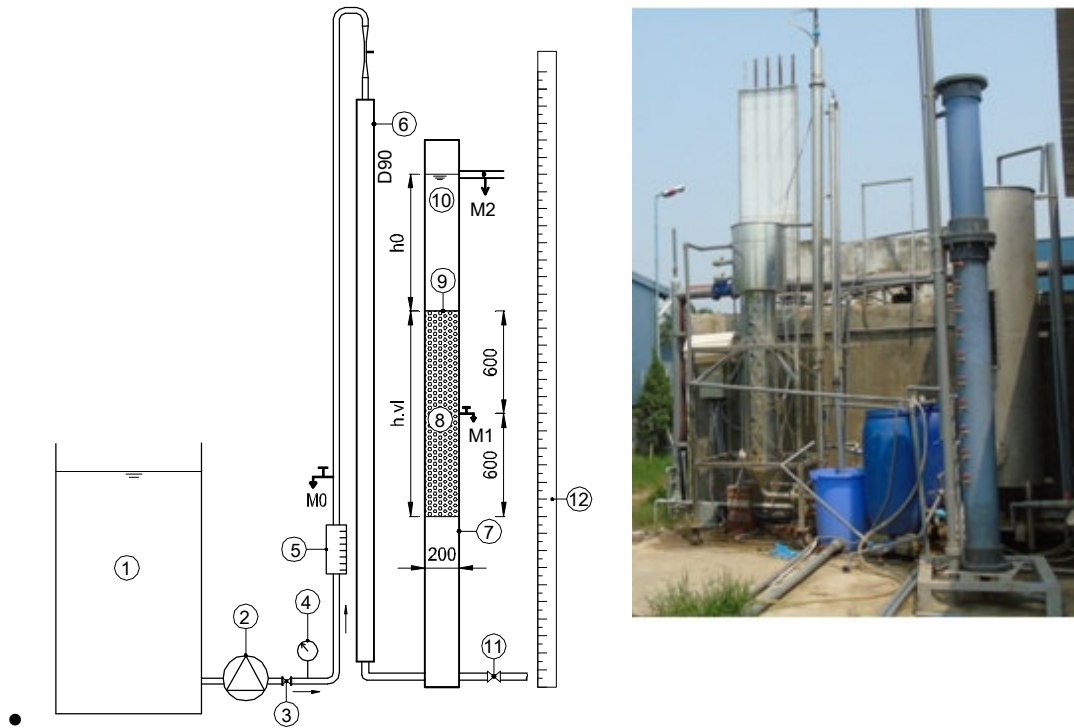
TT	Thông số	Phương pháp
01	pH	TCVN6492:2011
02	Tổng chất rắn lơ lửng	TCVN6625:2000
03	COD	SMEWW5220C:2012
04	BOD ₅ (20 ⁰ C)	TCVN6001-1:2008
05	Nitrat (NO ₃ ⁻) (tính theo N)	SMEWW4500NO ₃ ⁻ .E:2012
06	Nitrit (NO ₂ ⁻) (tính theo N)	TCVN6178:1996
07	Amôni (theo N)	TCVN5988:1995
08	Tổng Nitơ	TCVN6638:2000
09	Phosphat (PO ₄ ³⁻) (tính theo P)	TCVN6202-2008

3.2.2. Xác định cường độ rửa lọc.**a) Mục đích nghiên cứu:**

- Xác định mối quan hệ giữa cường độ rửa lọc và độ nở của vật liệu lọc nổi khi rửa.
- Đánh giá hiệu quả của quá trình rửa lọc qua lớp vật liệu lọc nổi.

b) Điều kiện vận hành:

- *Mô hình thí nghiệm:* như Hình 3.4.
- *Vật liệu:* polystyrene thông số kỹ thuật của vật liệu như đã nêu ở nghiên cứu 1.



Hình 3.4. Mô hình thí nghiệm xác định cường độ rửa lọc

- | | |
|--|-------------------------------|
| (1) Thùng chứa nước thải từ bể lắng 2 đến; | (2) Bơm nước thải; |
| (3) Van điều chỉnh lưu lượng; | (4) Đồng hồ đo áp lực; |
| (5) Lưu lượng kế; | (6) Ống ổn định áp lực; |
| (7) Bể lọc PVC trong suốt D200 mm | (8) Vật liệu lọc; |
| (9) Lưới lọc; | (10) Thùng chứa nước rửa lọc; |
| (11) Van xả lọc; | (12) Thước đo; |

c) Phương pháp thực hiện:

Bước 1: Bơm nước từ thùng chứa (1) qua bơm (2) lên cột ổn định áp lực (6) nước đi vào cột lọc (7) qua lớp vật liệu (8) và đi lên phần chứa nước (10). Khi thùng chứa nước (10) đầy thì ngừng bơm.

Bước 2: Tiến hành rửa lọc với cường độ nhất định bằng cách điều chỉnh van (11). Dùng đồng hồ bấm thời gian rửa. Lặp lại thí nghiệm với các cường độ rửa lọc khác nhau và vật liệu khác nhau.

Bước 3: Ghi các kết quả thí nghiệm vào bảng.

Bảng 3.6. Biểu mẫu ghi kết quả thí nghiệm xác định cường độ rửa lọc

STT	h_0 (cm)	h_{vl} (cm)	$h_{n\ddot{o}}$ (cm)	E (%)	t (s)	Q (m ³ /h)	q (l/s.m ²)
...

Trong đó:

h_0 - Chiều cao mực nước trên thùng chứa nước rửa lọc, (cm).

h_{vl} - Chiều cao vật liệu lọc ban đầu, (cm).

h_{vl-r} - Chiều cao vật liệu lọc khi rửa, (cm).

E - Độ giãn nở của vật liệu lọc khi rửa, (%).

t - Thời gian rửa lọc, (phút).

Q - Lưu lượng chảy qua ống xả nước rửa lọc, (m³/h).

q - Cường độ rửa lọc, (l/s.m²).

3.3. Kết quả nghiên cứu quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi với lớp VLL polystyrene

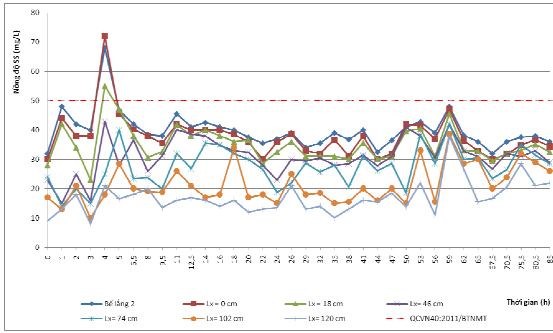
3.3.1. Kết quả thí nghiệm với $v = 5$ m/h.

- Kết quả thí nghiệm ở phụ lục 1.1A vẽ được các đồ thị về nồng độ các chất đầu vào bể lọc (trước khi lọc), đầu ra khỏi bể lọc (sau khi lọc) và đồ thị diễn biến chất lượng nước theo chiều dày lớp vật liệu lọc.

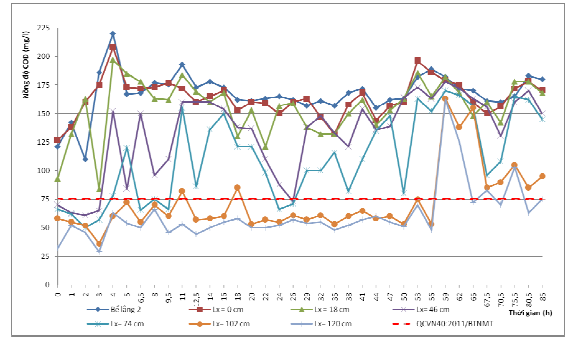
- Đồ thị về hiệu suất xử lý thì được xây dựng trên kết quả bảng PL 2.6 và bảng PL 2.7.

- Kết quả thí nghiệm ở phụ lục 1.1B vẽ được đồ thị quan hệ cột áp theo chiều dày từng lớp vật liệu lọc và thời gian (Hình 3.13). Còn đồ thị tổn thất qua lớp vật liệu lọc (giá trị của $h_1 - h_6$) và thời gian lọc (Hình 3.14) dùng để xác định chiều cao xi-phông cũng được xác định từ phụ lục 1.1B.

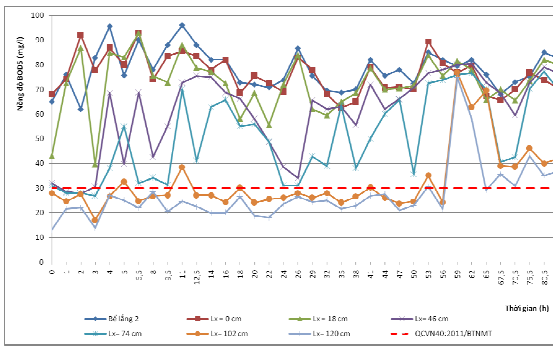
- Kết quả tính toán tải trọng thể tích và tải trọng trung bình lên bùn cặn được thể hiện ở mục PL2.2.1 của Phụ lục 2.



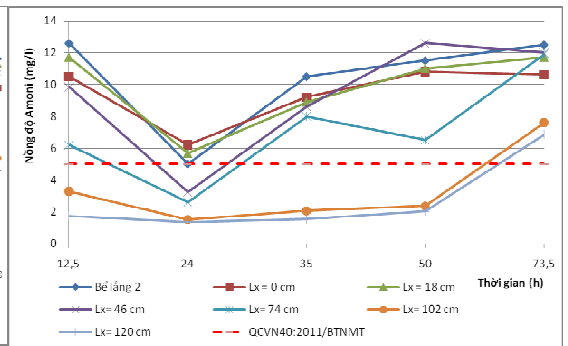
Hình 3.5. Biểu đồ diễn biến nồng độ SS theo Lx (v = 5m/h)



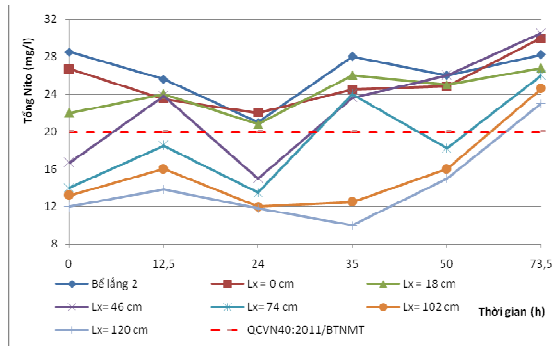
Hình 3.6. Biểu đồ diễn biến chỉ số COD theo Lx (v = 5m/h)



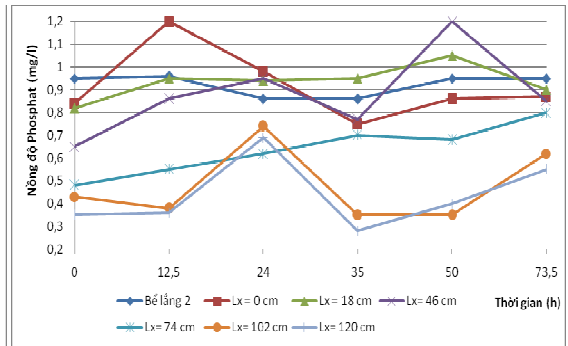
Hình 3.7. Biểu đồ diễn biến nồng độ BOD₅ theo Lx (v = 5m/h)



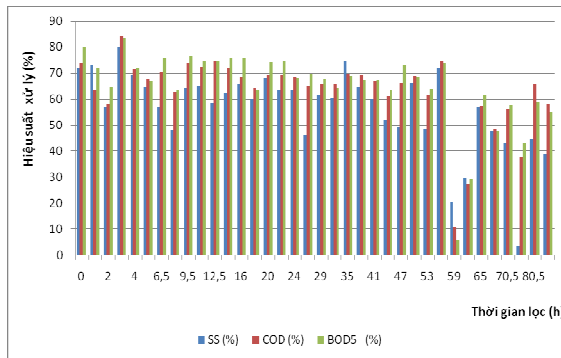
Hình 3.8. Biểu đồ diễn biến nồng độ Amonit theo Lx (v = 5m/h)



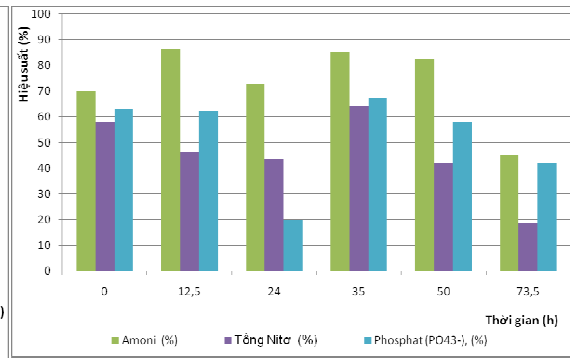
Hình 3.9. Biểu đồ diễn biến nồng độ tổng Nitơ Lx (v = 5m/h)



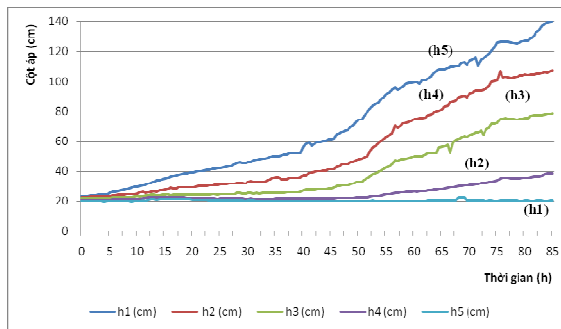
Hình 3.10. Biểu đồ diễn biến nồng độ PO₄³⁻ theo Lx (v = 5m/h)



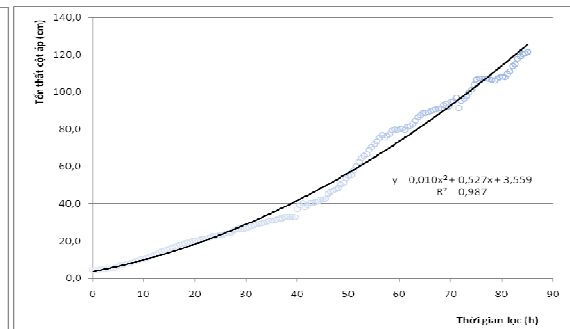
Hình 3.11. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD₅ ($v = 5m/h$)



Hình 3.12. Biểu đồ hiệu suất xử lý NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ ($v = 5m/h$)



Hình 3.13. Biểu đồ cột áp theo chiều dày lớp vật liệu lọc ($v = 5m/h$)



Hình 3.14. Biểu đồ tăng tổn thất áp lực qua lớp vật liệu lọc ($v = 5m/h$)

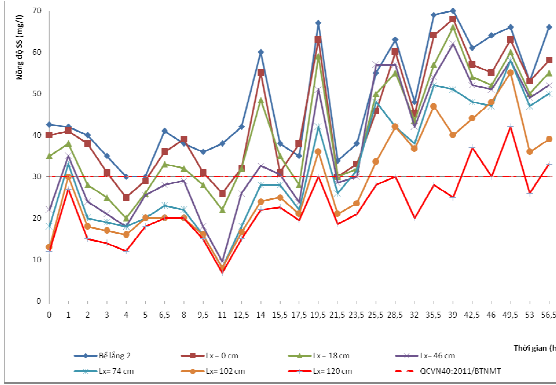
3.3.2. Kết quả thí nghiệm với $v = 7,5 m/h$

- Kết quả thí nghiệm ở phụ lục 1.2A vẽ được các biểu đồ Hình 3.15 đến Hình 3.20 về diễn biến SS, COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ theo chiều dày lớp vật liệu lọc và thời gian lọc.

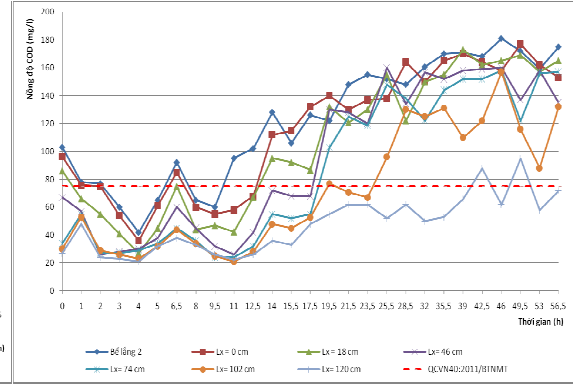
- Còn các đồ thị về hiệu suất xử lý SS, COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ Hình 3.21, và Hình 3.22 thì được xây dựng từ bảng PL2.8 và bảng PL2.9.

- Kết quả thí nghiệm ở phụ lục 1.2B vẽ được đồ thị quan hệ cột áp theo chiều dày từng lớp vật liệu lọc và thời gian (Hình 3.23). Còn đồ thị tổn thất qua lớp vật liệu lọc (giá trị của h1 - h6) và thời gian lọc (Hình 3.24) dùng để xác định chiều cao xi phong cũng được xác định từ phụ lục 1.2B.

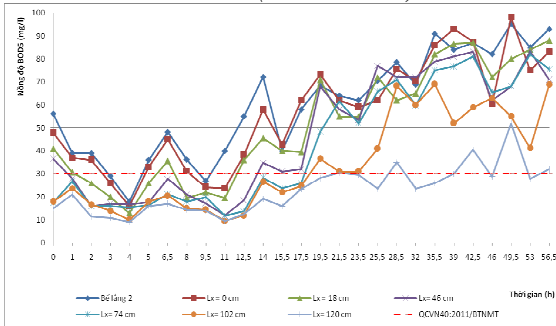
- Kết quả tính toán tải trọng thể tích và tải trọng trung bình lên bùn cặn được thể hiện ở mục PL2.2.2 của phụ lục 2.



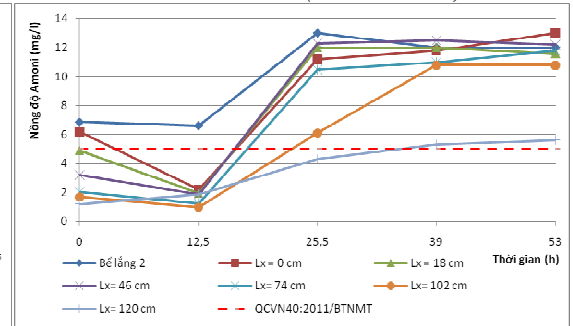
Hình 3.15. Biểu đồ diễn biến nồng độ SS theo Lx (v = 7,5m/h)



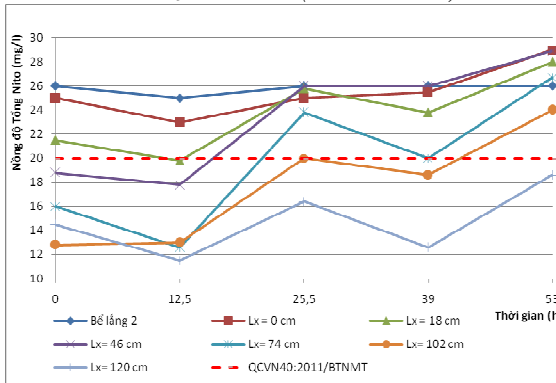
Hình 3.16. Biểu đồ diễn biến chỉ số COD theo Lx (v = 7,5m/h)



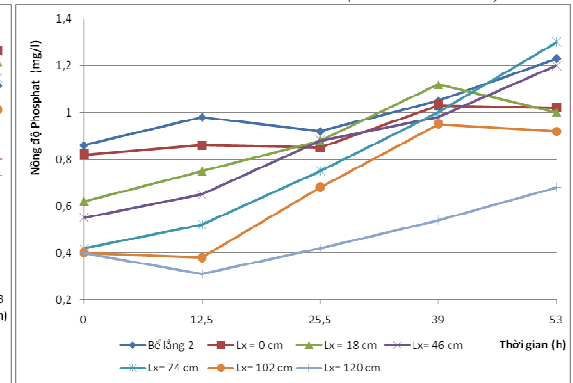
Hình 3.17. Biểu đồ diễn biến nồng độ BOD₅ theo Lx (v = 7,5m/h)



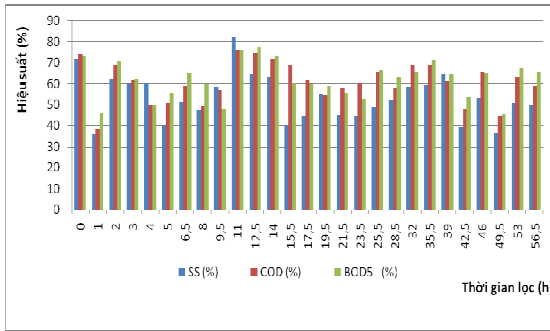
Hình 3.18. Biểu đồ diễn biến nồng độ Amoni theo Lx (v = 7,5m/h)



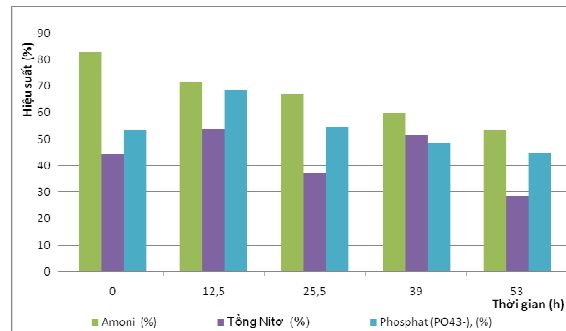
Hình 3.19. Biểu đồ diễn biến nồng độ tổng Nitơ theo Lx (v = 7,5m/h)



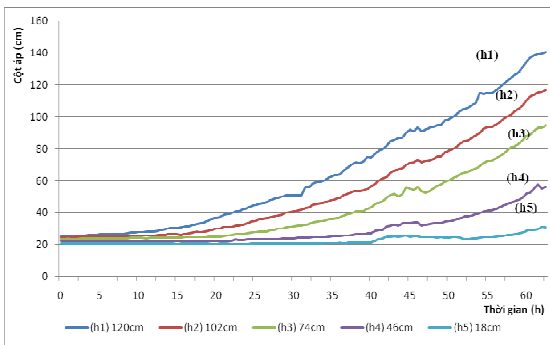
Hình 3.20. Biểu đồ diễn biến nồng độ PO₄³⁻ theo Lx (v = 7,5m/h)



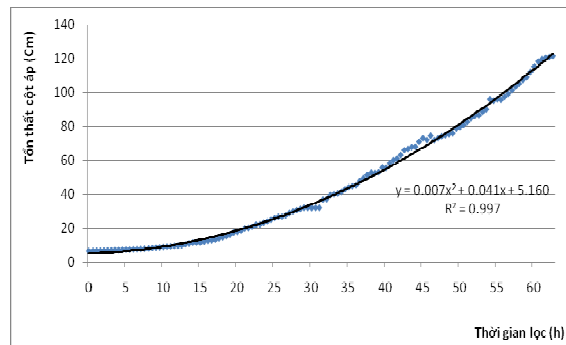
Hình 3.21. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD₅ (v = 7,5m/h)



Hình 3.22. Biểu đồ hiệu suất xử lý NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ (v = 7,5m/h)



Hình 3.23. Biểu đồ cột áp theo chiều dày lớp vật liệu lọc (v = 7,5m/h)



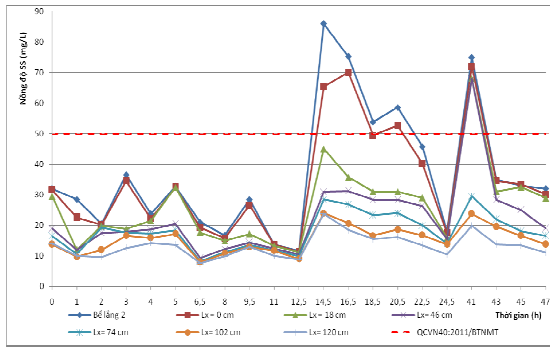
Hình 3.24. Biểu đồ tăng tổn thất áp lực qua lớp vật liệu lọc (v = 7,5m/h)

3.3.3. Kết quả thí nghiệm với v = 10 m/h

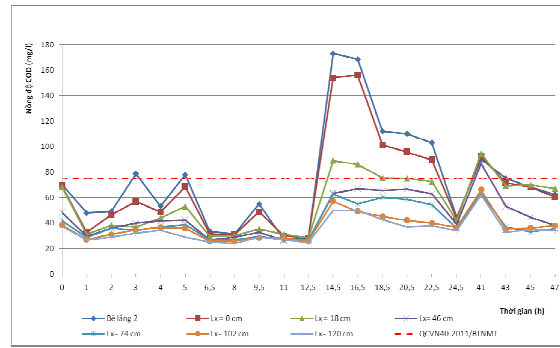
- Kết quả thí nghiệm ở phụ lục 1.3A vẽ được các các biểu đồ Hình 3.25 đến Hình 3.30 về diễn biến SS, COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ theo chiều dày lớp vật liệu lọc và thời gian lọc.

- Kết quả thí nghiệm ở phụ lục 1.3B vẽ được biểu đồ Hình 3.33 và Hình 3.34 về cột áp theo chiều dày lớp vật liệu lọc tăng tổn thất áp lực qua lớp vật liệu lọc.

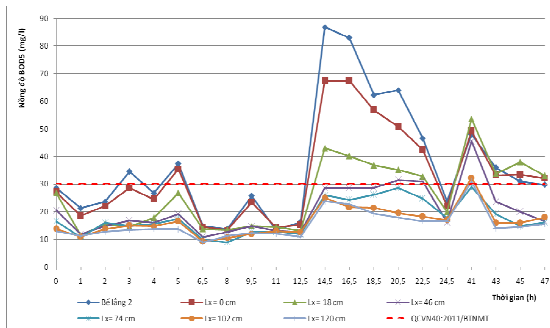
- Còn các đồ thị về hiệu suất xử lý SS, COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ Hình 3.31 và Hình 3.32 thì được xây dựng trên bảng PL 2.10 và bảng PL 2.11.



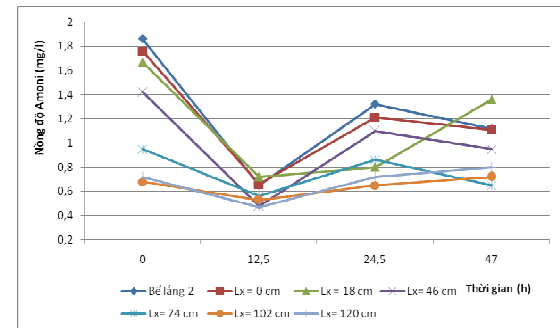
Hình 3.25. Biểu đồ diễn biến nồng độ SS theo Lx (v = 10m/h)



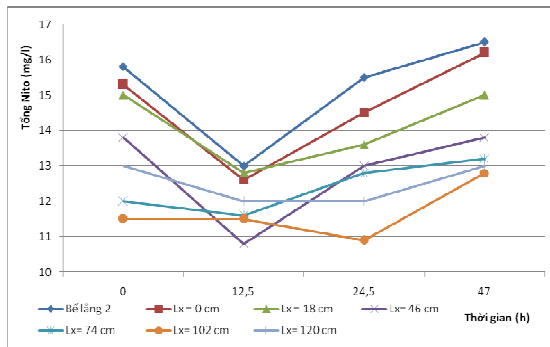
Hình 3.26. Biểu đồ diễn biến chỉ số COD theo Lx (v = 10m/h)



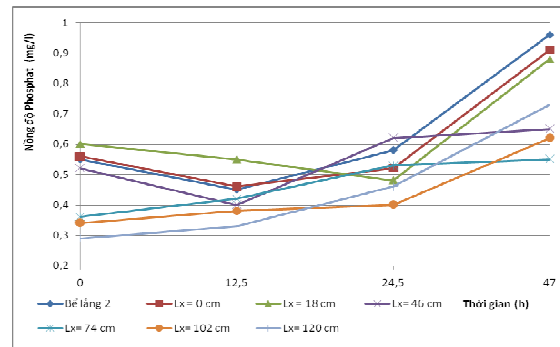
Hình 3.27. Biểu đồ diễn biến nồng độ BOD₅ theo Lx (v = 10m/h)



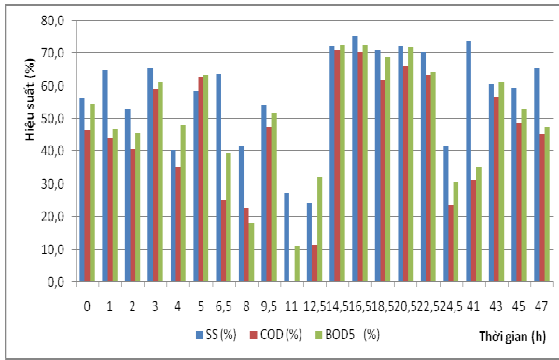
Hình 3.28. Biểu đồ diễn biến nồng độ Amôni theo theo Lx (v = 10m/h)



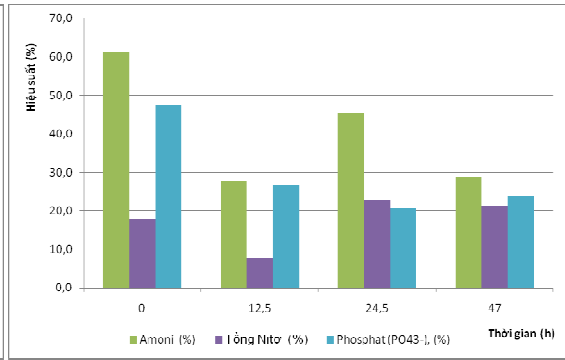
Hình 3.29. Biểu đồ diễn biến nồng độ tổng Nito theo Lx (v = 10m/h)



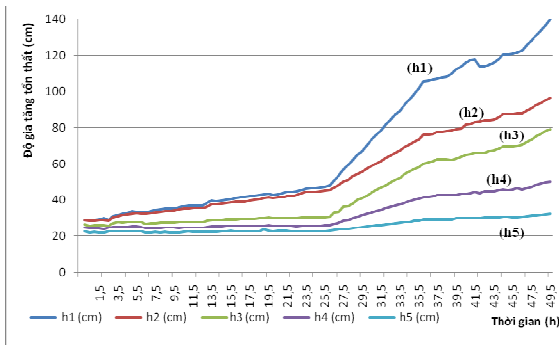
Hình 3.30. Biểu đồ diễn biến nồng độ PO₄³⁻ theo Lx (v = 10m/h)



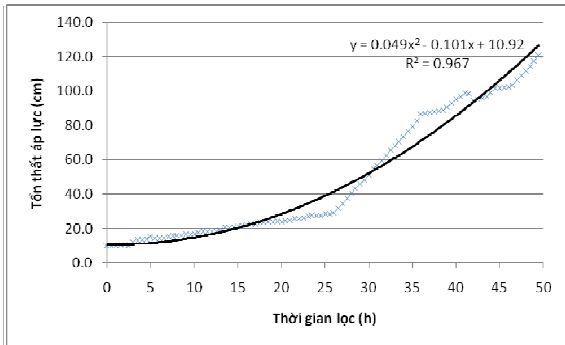
Hình 3.31. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD₅ (v = 10m/h)



Hình 3.32. Biểu đồ hiệu suất xử lý NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ (v = 10m/h)



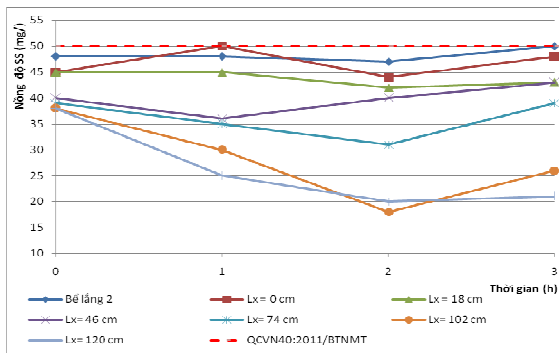
Hình 3.33. Biểu đồ cột áp theo chiều dày lớp vật liệu lọc (v = 10m/h)



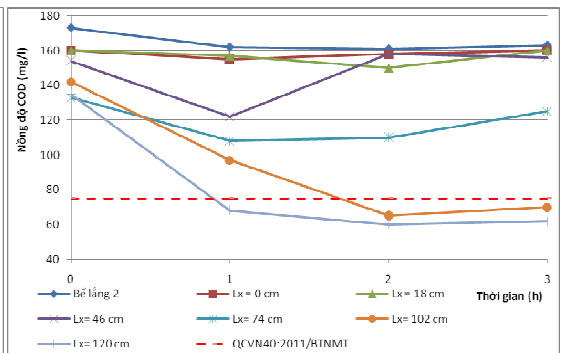
Hình 3.34. Biểu đồ tăng tổn thất áp lực qua lớp vật liệu lọc (v = 10m/h)

3.3.4. Kết quả thí nghiệm với v = 12,5 m/h

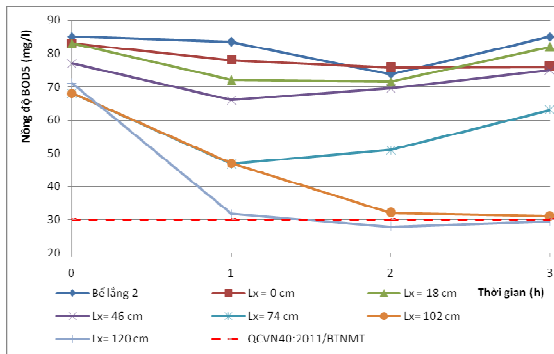
- Kết quả thí nghiệm ở phụ lục 1.4A vẽ được các các biểu đồ Hình 3.35 đến Hình 3.37 về diễn biến SS, COD, BOD₅ theo chiều dày lớp vật liệu lọc và thời gian lọc.



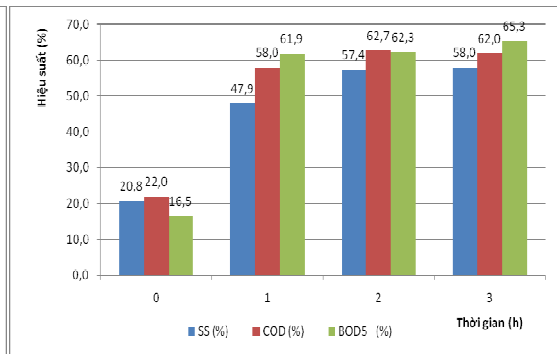
Hình 3.35. Biểu đồ diễn biến nồng độ SS theo Lx (v = 12,5m/h)



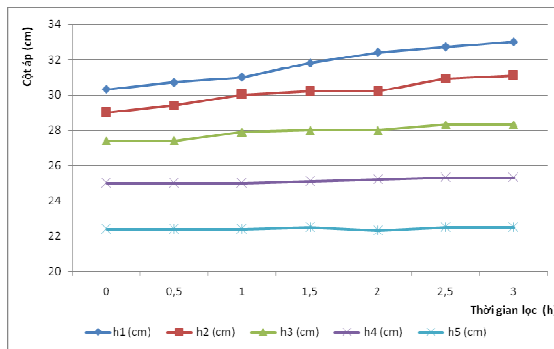
Hình 3.36. Biểu đồ diễn biến chỉ số COD theo Lx (v = 12,5m/h)



Hình 3.37. Biểu đồ diễn biến nồng độ BOD₅ theo Lx ($v = 12,5\text{m/h}$)



Hình 3.38. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD₅ ($v = 12,5\text{m/h}$)



Hình 3.39. Biểu đồ cột áp theo chiều dày lớp vật liệu lọc ($v = 12,5\text{m/h}$)

- Còn các đồ thị về hiệu suất xử lý SS, COD, BOD₅ Hình 3.38 thì được xây dựng trên bảng PL2.12. Phụ lục 1.4B vẽ được biểu đồ Hình 3.39 về biểu đồ cột áp theo chiều dày lớp vật liệu lọc.

3.3.5. Kết quả thí nghiệm xác định cường độ rửa lọc

Thí nghiệm xác định cường độ rửa lọc với vật liệu lọc là polystyrene có đường kính hạt $D_e = 1,22\text{ mm}$; tỷ trọng 45kg/m^3 ; độ rỗng 40%; hệ số không đồng nhất $K_d (d_{80}/d_{10}) = 1,38$. Kết quả thí nghiệm thể hiện ở Bảng 3.7 dưới đây.

Bảng 3.7. Kết quả thí nghiệm độ nở rửa lọc với polystyrene có đường kính hạt $D_e = 1,22\text{ mm}$

STT	h_0 (cm)	h_{v1} (cm)	$h_{n\acute{o}}$ (cm)	E (%)	t (s)	Q (l/s)	q (l/s.m ²)
1	80	120	128	6,7	175	0,1435	4,57
2	80	120	134,5	12,1	140	0,1794	5,71

STT	h_0 (cm)	h_{vl} (cm)	$h_{n\acute{o}}$ (cm)	E (%)	t (s)	Q (l/s)	q (l/s.m ²)
3	80	120	150	25,0	130	0,1932	6,15
4	80	120	157	30,8	105	0,2392	7,62
5	80	120	161	34,2	96	0,2617	8,33
6	80	120	172	43,3	84	0,2990	9,52
7	80	120	188	56,7	67	0,3749	11,94
8	80	120	194	61,7	63	0,3987	12,70
9	80	120	198	65,0	61	0,4118	13,11

Trong đó:

h_0 : Chiều cao mực nước trên thùng chứa nước rửa lọc, (cm).

h_{vl} : Chiều cao vật liệu lọc ban đầu, (cm).

$h_{n\acute{o}}$: Chiều cao vật liệu lọc khi rửa, (cm).

E : Độ nở của vật liệu lọc khi rửa, (%).

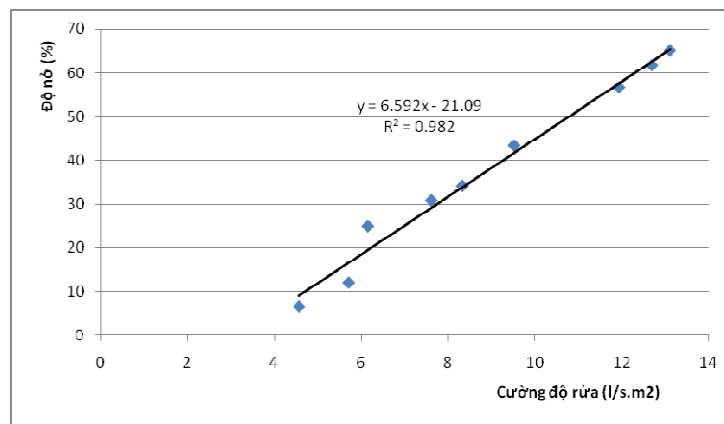
t : Thời gian rửa lọc, (phút).

v : Vận tốc nước rửa lọc chảy qua cột lọc, (m/h).

Q : Lưu lượng chảy qua ống xả nước rửa lọc, (m³/h).

q : Cường độ rửa lọc, (l/s.m²).

Khi rửa lọc có hiện tượng tạo thành dòng xoáy ngay trong lòng vật liệu lọc và dòng xoáy này tồn tại trong suốt quá trình rửa lọc. Hạt polystyrene có đường kính hạt $D = 1,22$ mm có tính chất rũ cặn rất tốt.



Hình 3.40. Biểu đồ quan hệ giữa độ nở và cường độ rửa lọc

Độ nở của vật liệu lọc phụ thuộc vào cường độ rửa lọc. Từ biểu đồ *Hình 3.40* có thể xác định được cường độ rửa lọc của bể lọc vật liệu nổi polystyrene theo công thức thực nghiệm sau:

$$q = \frac{E + 21.09}{6.592} \quad (3.1)$$

3.4. Bàn luận nghiên cứu quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi với lớp VLL polystyrene

3.4.1. Bàn luận với $v = 5m/h$

Từ *Hình 3.5* đến *Hình 3.14* và Bảng PL 2.1, phụ lục 2 và so sánh với QCVN 40:2011/BTNMT có thể nhận thấy như sau:

*** Nồng độ của các thành phần trong nước thải từ bể lắng 2 tới bể lọc**

Có thể nhận thấy rằng hầu như trong toàn bộ chu kỳ lọc nồng độ SS trước khi vào bể lọc khá ổn định, dao động từ 32-68 mg/l với giá trị trung bình là 39,81 mg/l đặc trưng cho chỉ số SS của mức độ xử lý loại A. Giá trị SS đầu vào chỉ vượt giá trị cột A của QCVN 40:2011/BTNMT tại thời điểm 4h-6h.

Nồng độ COD từ bể lắng 2 tới trung bình 167,65 mg/l. Trong 5h đầu chu kỳ lọc COD tăng từ 121 mg/l đến 220 mg/l, sau đó dao động từ 155 – 193 mg/l. Trong toàn bộ chu kỳ lọc COD từ bể lắng 2 tới đều vượt cột A và B của QCVN 40:2011/BTNMT.

Nồng độ BOD₅ từ bể lắng 2 tới trung bình 78,25 mg/l trong toàn bộ chu kỳ lọc dao động từ 62-96 mg/l và BOD₅ trước lọc đều vượt cột A và đảm bảo cột B của QCVN 40:2011/BTNMT.

Nồng độ Amôni đầu vào trước khi lọc trung bình 10,12 mg/l cao hơn cột A của QCVN 40:2011/BTNMT và dao động 5-12,6 mg/l.

Nồng độ Nitơ tổng trước lọc trung bình 26,22 mg/l cũng cao hơn cột A của QCVN 40:2011/BTNMT, dao động 21-28,5 mg/l.

Nồng độ Phốt phát trước lọc trung bình 0,92 mg/l thấp hơn nhiều cột A của QCVN 14:2008/BTNMT và dao động từ 0,9-1 mg/l.

Có thể nhận thấy rằng nước thải sau xử lý sinh học bậc 2 trước khi vào bể lọc vật liệu lọc nổi không đáp ứng giá trị của cột A quy chuẩn QCVN 40:2011/BTNMT và quy chuẩn QCVN 14:2008/BTNMT. Một số yếu tố quan trọng nhất cần phải giảm đó là SS, COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nitơ.

*** Nồng độ của các thành phần trong nước thải sau xử lý triệt để**

Kết quả thí nghiệm từ đồ thị *Hình 3.5* cho thấy rằng nồng độ chất lơ lửng sau xử lý ổn định SS < 20mg/l trong khoảng thời gian 50h lọc đầu tiên. Sau 50h nồng độ chất lơ lửng SS của nước thải dao động xung quanh giá trị 30mg/l và bắt đầu tăng dần đến cuối chu kỳ 85h khi bể lọc bắt đầu rửa lọc. Có thể quan sát được rằng trong cả chu kỳ lọc nồng độ chất lơ lửng SS luôn đáp ứng được yêu cầu quy chuẩn QCVN 40 :2011 cột A (SS ≤50 mg/l).

Nồng độ COD sau lọc trung bình 61,39 mg/l, trong 56h lọc đầu tiên COD dao động quanh giá trị từ 29- 70 mg/l, tại thời điểm t = 59h COD tăng đến 162 mg/l vượt cột A theo COD của QCVN 40:2011/BTNMT. Sau đó COD giảm dần ở gần cận kề mức cột A là 75 mg/l.

Nồng độ BOD₅ sau lọc trung bình 78,25 mg/l, trong 50h lọc đầu tiên BOD₅ dao động quanh giá trị từ 13- 26,5 mg/l. Các giờ lọc tiếp theo tại thời điểm t = 59h BOD₅ tăng đến 74,8 mg/l vượt cột A của QCVN 40:2011/BTNMT. Sau đó BOD₅ giảm dần nhưng ở gần cận kề mức cột giá trị cột A theo BOD₅ là 30 mg/l.

Nồng độ amôni trong nước thải sau xử lý luôn luôn ổn định tại khoảng giá trị 1,36 mg/l đến 2,6 mg/l trong 50 giờ lọc đầu tiên.

Tổng Nitơ sau xử lý ổn định trong khoảng giá trị 11,8 mg/l đến 15 mg/l trong suốt 50 giờ lọc đầu tiên. Và trong 50h đầu tiên thì nồng độ amôni và tổng Nitơ đạt cột A theo amôni là 5 mg/l và tổng Nitơ là 20 mg/l của QCVN 40:2011/BTNMT.

*** Sự gia tăng tổn thất áp lực**

Tổn thất ban đầu qua lớp vật liệu sạch và tổn thất áp lực của quá trình lọc được xác định bằng các bảng đo áp lực của mô hình (xem *Hình 3.1*) cho các lớp vật liệu lọc với chiều dày vật liệu lọc lần lượt là 120, 102, 74, 46, 18 cm.

Kết quả thí nghiệm với $v = 5\text{m/h}$ cho thấy tổn thất áp lực ban đầu qua lớp vật liệu sạch (chưa làm việc hay bắt đầu chu kỳ) là 20cm và không có sự khác nhau đáng kể giữa các lớp vật liệu lọc.

Kết quả nghiên cứu về sự gia tăng tổn thất theo chiều dày lớp vật liệu lọc bể lọc như trong *Hình 3.13* và *Hình 3.14*.

Sau thời gian lọc (85 giờ), tổn thất cột áp có mức tối đa là 140 cm (bằng chiều cao của đỉnh xi-phông). Tổn thất cột áp trung bình cho cả chu kỳ lọc là 1,43 cm/giờ. Đây là thông số quan trọng để xác định sơ bộ chu kỳ lọc trong thiết kế bể lọc nổi tự rửa thủy lực. Nói cách khác, giá trị này được sử dụng để thiết kế chiều cao xi-phông của bể lọc.

Kết quả của sự gia tăng tổn thất trên đồ thị tăng dần theo chiều dày vật liệu lọc từ 18 cm đến 120 cm chiều dày vật liệu lọc và theo thời gian lọc được thể hiện trong *Hình 3.13*. Đường h1 là tập hợp chỉ số áp lực trước khi vào lớp vật liệu lọc; h2, h3, h4, h5, h6 tương ứng với chỉ số áp lực của chiều dày vật liệu lọc $L_x=18\text{cm}$, 46cm, 74cm, 102 cm, 120cm (xem *Hình 3.1*). Có thể nhận thấy rằng đường h1 không có tổn thất và song song với trục hoành. Đường h2 (với chiều dày $L_x=18\text{cm}$) nằm gần trùng với đường h1, chứng tỏ tổn thất qua lớp vật liệu này rất bé kể cả khi làm việc chứa cặn cho toàn bộ chu kỳ lọc. Đường h3 (với chiều dày $L_x=46\text{cm}$) gần như đường thẳng nhưng có độ dốc nhỏ so với h2 và tăng nhẹ về cuối chu kỳ, chứng tỏ lượng cặn chứa trong 46 cm lớp vật liệu lọc không quá nhiều so với các lớp khác. Thêm vào đó, khoảng cách giữa các lớp về sau đều nhau hơn chứng tỏ cặn đã dịch chuyển sâu vào lớp vật liệu lọc và phân bố rất đều trong toàn bộ thể tích vật liệu lọc tức là bể lọc làm việc ở chế độ lọc thể tích [16, 77, 78]. Đây là điểm khác biệt hoàn toàn so với lọc cát. Ngoài ra, có thể nhận thấy quy luật gia tăng tổn thất ở đây là tăng theo đường cong parabol bậc 2 với độ cong càng tăng khi chiều dày vật liệu lọc càng tăng. Điểm này cũng tạo ra sự khác biệt so với lọc nhanh bằng cát trong xử lý nước thải sinh hoạt khi mà tổn thất với vật liệu là cát tăng theo tuyến tính [45]. Các

nghiên cứu của PGS.TS. Trần Thanh Sơn và cộng sự [15] và của Dzurba [78] cũng đã đề cập đến hiện tượng này nhưng mới dừng ở nghiên cứu cho xử lý nước sạch.

Tốc độ gia tăng tổn thất trung bình (1,43 cm/h) khi lọc triệt để bậc 3 nước thải sinh hoạt qua lớp vật liệu lọc nổi rõ ràng là nhỏ hơn so với bể lọc vật liệu lọc cát tương ứng dẫn đến là chu kỳ của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa có thể kéo dài hơn 3 ngày (56h), thay vì 8h như bể lọc cát. Ưu điểm này của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa sẽ làm giảm đáng kể lượng nước rửa lọc khi ứng dụng vào thực tế.

Kết quả xử lý toán học cho phép xác định chính xác động học của quá trình gia tăng tổn thất theo thời gian của bể lọc khi làm việc với lớp vật liệu lọc 120cm và được trình bày trong *Hình 3.14*, phương trình gia tăng tổn thất nhận được là:

$$\Delta h = 0,01t^2 + 0,527t + 3,559$$

Với: Δh : Tổn thất áp lực khi bể lọc làm việc qua lớp vật liệu lọc (cm);

t: Thời gian lọc (h).

***Hiệu quả của xử lý bậc 3 (xử lý triệt để)**

Như mô tả ở trên, chất lượng nước thải đã xử lý sau bể lắng 2 từ nhà máy xử lý nước thải sinh hoạt tại nơi thí nghiệm với công trình xử lý bậc 2 là bể Aeroten không đáp ứng được giá trị quy định ở cột A của QCVN 40: 2011/BTNMT với một số chỉ tiêu như SS, COD, BOD₅, amôni, tổng Nito. Trong nghiên cứu, nước được xử lý ở quá trình xử lý bậc 3 với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực. Kết quả thí nghiệm cho thấy, hiệu quả của quá trình xử lý đối với SS, COD, BOD₅, tương ứng là 58,10%, 65,12%, 66,89%, (bảng PL2.6). Còn amôni là 73,58%, tổng Nito là 45,47% (bảng PL2.7) so sánh với hiệu suất xử lý Nito với bể lọc cát truyền thống là 8% - 50%, bể lọc cát tuần hoàn (bể Dynassan) 15% - 84% [14] thì thấy rằng, bể lọc thí nghiệm có hiệu suất xử lý Nito tốt hơn bể lọc cát truyền thống và ngang bằng với bể lọc Dynassan. Nước thải sau quá trình xử lý triệt để tất cả nồng độ SS, COD, BOD₅, amôni, tổng Nito đáp ứng giá trị cột A theo QCVN 40 :2011/BTNMT trong thời gian 50h lọc đầu tiên, còn 35h giờ sau của chu kỳ lọc có những thời điểm vượt giá trị cột A theo QCVN 40 :2011/BTNMT. Nước được xử lý ở 50h lọc đầu tiên có

thể được tái sử dụng cho một số mục đích như làm sạch đường phố, máy móc hay sử dụng cho nông nghiệp.

Hiệu quả loại bỏ nồng độ các chất hữu cơ đạt yêu cầu cao là do những thành phần vi sinh vật dưới dạng SS sau xử lý sinh học bậc 2 được giữ lại ở trong bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa. Hệ bùn hoạt tính này có tuổi bùn cao và tích tụ vào bể lọc theo thời gian lọc. Lúc này bể lọc vật liệu lọc nổi làm việc như một bể phản ứng sinh học. Theo tính toán ở mục PL 2.2.1, phụ lục 2 có thể thấy khối lượng cặn lơ lửng (sinh khối, bùn hoạt tính) tích lũy theo thời gian trong bể lọc tăng dần theo tuyến tính và đạt tới hơn 0,623 kg ở cuối chu kỳ lọc (85h). Hàm lượng bùn cặn trung bình theo tính toán đạt tới 7,35 kg bùn/1m³ thể tích vật liệu lọc. Xử lý toán học cho thấy, tốc độ ôxy hóa riêng của bùn hoạt tính tăng dần theo thời gian và quan hệ tốc độ ôxy hóa riêng có xu hướng tuyến tính theo thời gian. Đầu chu kỳ tốc độ ôxy hóa riêng là $\rho = 1,6$ g BOD₅/1g bùn. 1 giờ và cuối chu kỳ lọc $\rho = 2,6$ g BOD₅/1g bùn. 1 giờ. Việc tốc độ ôxy hóa riêng gia tăng được giải thích bằng hệ vi sinh vật (bùn cặn SS) đi vào lớp vật liệu lọc đã thích ứng theo thời gian và phát triển thành hệ vi sinh vật mới phù hợp với điều kiện mới (nghèo nguồn các bon, chất dinh dưỡng và tỷ lệ COD/BOD thấp và hệ vi sinh làm việc ở chế độ ôxy hóa nội bào).

Kết quả xử lý toán học trên cơ sở bể lọc làm việc như một bể phản ứng sinh học cho phép nhận giá trị tải trọng thể tích $q = 4,85$ kg BOD₅/1m³ thể tích VLL.ngđ. Trong sơ đồ thí nghiệm thì đây là sơ đồ nitrat hóa riêng vì các chất hữu cơ đã được loại bỏ trong bể Aeroten ở trạm xử lý nước thải khu công nghiệp. Như bên trên đánh giá hiệu quả xử lý chất hữu cơ của trạm xử lý khu công nghiệp rất tốt, nước sau xử lý có đầy đủ mọi điều kiện cho quá trình nitrat hóa riêng hoàn toàn. Để xác định cường độ của quá trình Nitrat hóa riêng dùng phương pháp thực nghiệm và đo bằng tốc độ ôxy hóa riêng (lượng amôni NH₄⁺ tính bằng gam được ôxy hóa bởi 1 gam bùn hoạt tính trong một đơn vị thời gian trong 1 giờ hoặc ngày). Ngoài ra, hiệu quả của quá trình nitrat hóa còn phụ thuộc vào nhiệt độ, tỷ lệ lượng chất hữu cơ tính bằng BOD/Tổng Nito. Theo các nghiên cứu, khi điều kiện tối ưu thì tốc độ quá trình

Nitrat hóa thay đổi trong khoảng 0,05 – 0,6 gNH₄⁺/1gam bùn cặn trong một ngày (tức là 1,2 – 14,4 mgNH₄⁺ /1 gam bùn cặn trong một giờ) [44, 45]. Theo tính toán, tốc độ Nitrat hóa của thí nghiệm là 2,8-3,41 mgNH₄⁺/1gam bùn.giờ. Điều này chứng tỏ, quá trình Nitrat hóa xảy ra tốt khi xử lý qua bể lọc vật liệu lọc tự rửa.

3.4.2. Bàn luận với $v = 7,5 \text{ m/h}$

Từ Hình 3.15 đến Hình 3.24 và Bảng PL2.2, phụ lục 2 và so sánh với QCVN 40:2011/BTNMT có thể nhận thấy nồng độ các chất trước và sau khi lọc như sau:

*** Nồng độ của các thành phần trong nước thải từ bể lắng 2 tới bể lọc**

Nồng độ SS trước lọc trung bình 39,69 mg/l trong cả chu kỳ lọc khá ổn định dao động từ 30-70 mg/l. Chỉ có từ 0h -12h là không vượt cột A của QCVN 40:2011/BTNMT còn lại vượt cột A.

Nồng độ COD từ bể lắng 2 tới trung bình 121,50 mg/l. Trong 4h đầu, chu kỳ lọc COD giảm dần 100 mg/l đến 40 mg/l, sau đó tăng từ 40 – 180 mg/l. Trong toàn bộ chu kỳ lọc, COD từ bể lắng 2 tới từ 3h-5h, 6h-7h là không vượt cột A của QCVN 40:2011/BTNMT còn lại đều vượt.

Nồng độ BOD₅ từ bể lắng 2 tới trung bình 60,11 mg/l trong toàn bộ chu kỳ lọc dao động từ 20-100 mg/l và BOD₅ trước lọc đều vượt cột A của QCVN 40:2011/BTNMT.

Nồng độ Amôni đầu vào trước khi lọc trung bình 10,09 mg/l cao hơn cột A của QCVN 40:2011/BTNMT và dao động 6,6- 13 mg/l.

Tổng Nitơ trước lọc trung bình 25,80 mg/l cũng cao hơn cột A của QCVN 40:2011/BTNMT, dao động 25-26 mg/l.

Phốtphát trước lọc trung bình 1,01 mg/l thấp hơn nhiều cột A của QCVN 14:2008/BTNMT và dao động từ 0,86-1,23 mg/l.

Từ những bàn luận trên thấy rằng, nước thải sau xử lý sinh học bậc 2 không đáp ứng giá trị của cột A quy chuẩn QCVN 40:2011/BTNMT và quy chuẩn QCVN

14:2008/BTNMT. Một số yếu tố quan trọng nhất cần phải giảm đó là SS, COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nitơ.

*** Nồng độ của các thành phần trong nước thải sau xử lý triệt để**

Kết quả thí nghiệm từ đồ thị *Hình 3.15* cho thấy rằng, nồng độ chất lơ lửng sau xử lý ổn định SS < 30mg/l trong khoảng thời gian 39h lọc đầu tiên. Sau 39h, nồng độ chất lơ lửng SS của nước thải dao động xung quanh giá trị 35mg/l và bắt đầu tăng dần đến cuối chu kỳ 62,5h khi bể lọc bắt đầu rửa lọc. Có thể quan sát được rằng, trong 39h đầu của chu kỳ lọc nồng độ chất lơ lửng SS luôn đáp ứng được yêu cầu quy chuẩn QCVN 40 :2011 cột A (SS ≤ 50 mg/l).

Nồng độ COD sau lọc trong 39h lọc đầu tiên dao động quanh giá trị từ 20- 70 mg/l. Sau thời điểm t=39h, COD tăng dần đến 95 mg/l vượt cột A theo COD của QCVN 40:2011/BTNMT. Nồng độ BOD₅ sau lọc trung bình trong 39h lọc đầu tiên dao động từ 10- 30 mg/l. Các giờ lọc tiếp theo BOD₅ tăng đến 40 mg/l và đều vượt cột A của QCVN 40:2011/BTNMT sau thời gian lọc 39h.

Nồng độ amôni trong nước thải sau xử lý tăng dần từ 1,2 mg/l đến 4,8 mg/l trong 39 giờ lọc đầu tiên. Hiệu suất xử lý trung bình amôni đạt giá trị 66,2% (bảng PL2.9). Tổng Nitơ sau xử lý ổn định trong khoảng giá trị 11,5 mg/l đến 16,4 mg/l trong suốt 39 giờ lọc đầu tiên. Hiệu suất xử lý trung bình tổng Nitơ đạt giá trị 43,3% (bảng PL2.9). Từ đồ thị *Hình 3.18* nhận thấy rằng, trong 39h đầu tiên thì nồng độ Amôni và tổng Nitơ đạt cột A theo Amôni là 5 mg/l và tổng Nitơ là 20 mg/l của QCVN 40:2011/BTNMT còn sau 39h lọc chỉ có tổng Nitơ đạt.

*** Sự gia tăng tổn thất áp lực**

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự gia tăng cột áp tăng theo chiều dày lớp vật liệu lọc bề lọc như trong *Hình 3.23* và *Hình 3.24*.

Các ống đo áp được xác định tương ứng với chiều dày vật liệu lọc lần lượt là 120, 102, 74, 46, 18 cm. Tổn thất áp lực ban đầu với chiều dày vật liệu lọc khác nhau không có sự chênh lệch đáng kể, khoảng 20 cm.

Sau thời gian lọc (62,5 giờ), tổn thất cột áp có mức tối đa là 140 cm (bằng chiều cao của đỉnh xi phông). Tổn thất cột áp trung bình cho cả chu kỳ lọc là 1,84 cm/giờ. Giá trị này rất quan trọng để xác định chu kỳ lọc trong thiết kế bể lọc nổi tự rửa thủy lực. Nói cách khác, giá trị này được sử dụng để thiết kế hệ thống xi phông của bể lọc.

Kết quả của sự gia tăng tổn thất trên đồ thị tăng dần theo chiều dày vật liệu lọc từ 18 cm đến 120 cm chiều dày vật liệu lọc. Đường số 5 tương ứng với chiều dày vật liệu lọc là 18 cm, mức tổn thất cột áp được duy trì như mức ban đầu. Trên thực tế, đường số 5 gần như là đường theo chiều ngang trong 39h giờ lọc đầu tiên. Điều này cho thấy rằng hầu như không có SS tích tụ trong lớp này (lớp trên cùng gần lưới). Độ dốc của đường h1 của lớp 120 cm là lớn nhất so với các đường khác trong biểu đồ (h2, h3, h4, h5). Dựa trên lý thuyết bể lọc và phân tích đồ thị, theo đó có khoảng 50% chất rắn lơ lửng tích tụ trong 46cm lớp vật liệu lọc đầu tiên. Bởi vì tổn thất cột áp là một hàm của vận tốc lọc và nồng độ SS đầu vào, vận tốc lọc càng lớn độ sâu lớp lọc càng lớn thì hầu hết chất rắn lơ lửng tích tụ trong toàn bộ lớp vật liệu lọc. Như vậy, một trong những mục tiêu quan trọng đối với nghiên cứu tiếp theo đó chính là tối ưu hóa các thông số kỹ thuật cho bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực.

*** Hiệu quả của xử lý bậc 3 (xử lý triệt để)**

Như mô tả ở trên, chất lượng nước thải đã xử lý sau bể lắng 2 từ nhà máy xử lý nước thải sinh hoạt tại nơi thí nghiệm với công trình xử lý bậc 2 không đáp ứng được giá trị quy định ở cột A của QCVN 40: 2011/BTNMT với một số chỉ tiêu như COD, BOD₅, Amoni, tổng Nitơ. Trong nghiên cứu, nước được xử lý ở quá trình xử lý bậc 3 với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực. Kết quả thí nghiệm cho thấy, hiệu quả của quá trình xử lý đối với SS, COD, BOD₅, tương ứng là 53,32%, 60,67%, 61,48%, (bảng PL2.8). Còn Amôni là 66,02%, tổng Nitơ là 43,03% (bảng PL2.9) so sánh với hiệu suất xử lý Nitơ với bể lọc cát truyền thống là 8% – 50%, bể lọc cát tuần hoàn (bể Dynassan) 15%-84% [14] thì thấy rằng, bể lọc thí nghiệm có hiệu suất xử lý Nitơ tốt hơn bể lọc cát truyền thống và ngang bằng với bể lọc

Dynasan. Nước thải sau quá trình xử lý triệt để tất cả nồng độ SS, COD, BOD₅, Amoni, tổng Nitơ đáp ứng giá trị cột A theo QCVN 40 :2011/BTNMT trong thời gian 39h lọc đầu tiên, còn 23,5h giờ sau của chu kỳ lọc có những thời điểm vượt giá trị cột A theo QCVN 40 :2011/BTNMT. Nước được xử lý ở 39h lọc đầu tiên có thể được tái sử dụng cho một số mục đích như làm sạch đường phố, máy móc hay sử dụng cho nông nghiệp.

Hiệu quả loại bỏ nồng độ các chất hữu cơ đạt yêu cầu cao là do những thành phần vi sinh vật dưới dạng SS sau xử lý sinh học bậc 2 được giữ lại ở trong bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa. Hệ bùn hoạt tính này có tuổi bùn cao và tích tụ vào bể lọc theo thời gian lọc. Lúc này bể lọc vật liệu lọc nổi làm việc như một bể phản ứng sinh học. Có thể thấy khối lượng cặn lơ lửng (sinh khối, bùn hoạt tính) tích lũy theo thời gian trong bể lọc tăng dần theo tuyến tính và đạt tới hơn 0,83kg ở gần cuối chu kỳ lọc (56,5h). Hàm lượng bùn cặn trung bình theo tính toán đạt tới 9,79kg bùn/1m³ thể tích vật liệu lọc. Xử lý toán học cho thấy tốc độ ôxy hóa riêng của bùn hoạt tính tăng dần theo thời gian và quan hệ tốc độ ôxy hóa riêng có xu hướng tuyến tính theo thời gian. Đầu chu kỳ (t=1h) tốc độ ôxy hóa riêng là $\rho = 1,2 \text{ gBOD}_5/1\text{g bùn. 1 giờ}$ và gần cuối chu kỳ lọc (t=56,5h) $\rho = 1,6 \text{ gBOD}_5/1\text{g bùn. 1 giờ}$. Tốc độ ôxy hóa riêng gia tăng được giải thích bằng hệ vi sinh vật (bùn cặn SS) đi vào lớp vật liệu lọc đã thích ứng theo thời gian và phát triển thành hệ vi sinh vật mới phù hợp với điều kiện mới (nghèo nguồn các bon, chất dinh dưỡng và tỷ lệ COD/BOD thấp, và hệ sinh làm việc ở chế độ ôxy hóa nội bào).

Kết quả xử lý toán học trên cơ sở bể lọc làm việc như một bể phản ứng sinh học cho phép nhận giá trị tải trọng thể tích $q = 6,46\text{kg BOD}_5/1\text{m}^3 \text{ thể tích VLL.ngđ}$. Trong sơ đồ thí nghiệm thì đây là sơ đồ nitrat hóa riêng vì các chất hữu cơ đã được loại bỏ trong bể AO ở trạm xử lý nước thải khu công nghiệp. Như bên trên đánh giá hiệu quả xử lý chất hữu cơ của trạm xử lý khu công nghiệp rất tốt, nước sau xử lý có đầy đủ mọi điều kiện cho quá trình nitrat hóa riêng hoàn toàn. Để xác định cường độ của quá trình Nitrat hóa riêng dùng phương pháp thực nghiệm và đo bằng tốc độ ôxy hóa riêng (lượng amôni NH_4^+ tính bằng gam được ôxy hóa bởi 1 gam bùn hoạt

tính trong một đơn vị thời gian trong 1 giờ hoặc ngày). Ngoài ra hiệu quả của quá trình nitrat hóa còn phụ thuộc vào nhiệt độ, tỷ lệ lượng chất hữu cơ tính bằng BOD/Tổng Nitơ. Theo các nghiên cứu, khi điều kiện tối ưu thì tốc độ quá trình Nitrat hóa thay đổi trong khoảng 0,05 – 0,6 gNH₄⁺/1gam bùn cặn trong một ngày (tức là 1,2 – 14,4 mgNH₄⁺ /1 gam bùn.h) [44, 45]. Theo tính toán, tốc độ Nitrat hóa của thí nghiệm là 2,2 – 3,01 mgNH₄⁺/1 gam bùn cặn.giờ. Điều này chứng tỏ, quá trình Nitrat hóa xảy ra tốt khi xử lý qua bể lọc vật liệu lọc tự rửa.

3.4.3. Bàn luận với $v = 10m/h$

Từ Hình 3.25 đến Hình 3.34 và Bảng PL2.3, phụ lục 2 và so sánh với QCVN 40:2011/BTNMT có thể nhận thấy nồng độ các chất trước và sau khi lọc như sau:

*** Nồng độ của các thành phần trong nước thải từ bể lắng 2 tới bể lọc**

Nồng độ SS trước lọc trung bình 37,05 mg/l trong cả chu kỳ lọc không ổn định. Đầu chu kỳ lọc từ 0h – 12,5h SS giảm dần từ 36 mg/l xuống 11,6 mg/l và tăng đột biến trong khoảng từ 12,5h đến 14,5h SS từ 11,6 mg/l lên 86 mg/l; giảm dần từ 14,5h – 24,5h SS từ 86 mg/l xuống 18 mg/l và tiếp tục tăng đột biến từ 24,5h - 41h SS từ 18 mg/l lên 75 mg/l sau đó giảm dần từ thời gian 41h đến hết chu kỳ SS 32 mg/l. Trong đa số thời gian lọc SS vào vượt cột A của QCVN 40:2011/BTNMT.

Nồng độ COD từ bể lắng 2 tới trung bình 74,22 mg/l. Trong cả chu kỳ lọc không ổn định. Đầu chu kỳ lọc từ 0h – 12,5h COD giảm dần từ 78,8 mg/l xuống 28 mg/l và tăng đột biến trong khoảng từ 12,5h đến 14,5h COD từ 28 mg/l lên 173 mg/l; giảm dần từ 14,5h – 24,5h COD từ 173 mg/l xuống 44,5 mg/l và tiếp tục tăng đột biến từ 24,5h đến 41h sau đó giảm dần từ thời gian 41h đến hết chu kỳ COD 62,5 mg/l. Trong toàn bộ chu kỳ lọc COD nhiều thời điểm vượt cột A của QCVN 40:2011/BTNMT và có thời điểm vượt rất nhiều.

Nồng độ BOD₅ từ bể lắng 2 tới trung bình 36,55 mg/l. Trong cả chu kỳ lọc không ổn định. Đầu chu kỳ lọc từ 0h – 12,5h BOD₅ giảm dần từ 78,8 mg/l xuống 28 mg/l và tăng đột biến trong khoảng từ 12,5h đến 14,5h BOD₅ từ 28 mg/l lên 173 mg/l; giảm dần từ 14,5h – 24,5h BOD₅ từ 173 mg/l xuống 44,5 mg/l và tiếp tục tăng đột biến từ 24,5h đến 41h sau đó giảm dần từ thời gian 41h đến hết chu kỳ BOD₅

62,5 mg/l. Trong toàn bộ chu kỳ lọc BOD₅ nhiều thời điểm vượt cột A của QCVN 40:2011/BTNMT và có thời điểm vượt rất nhiều.

Riêng nồng độ Amôni đầu vào trước khi lọc trung bình 1,24 mg/l thấp hơn nhiều cột A của QCVN 40:2011/BTNMT và dao động 0,65 – 1,86 mg/l.

Còn tổng Nitơ trước lọc trung bình 15,2 mg/l cũng cao hơn cột A của QCVN 40:2011/BTNMT, dao động 13-16,5 mg/l.

Riêng Phốtphat trước lọc trung bình 0,64 mg/l thấp hơn nhiều cột A của QCVN 14:2008/BTNMT và dao động từ 0,45-0,96 mg/l.

Từ những lý luận trên thấy rằng, nước thải sau xử lý sinh học bậc 2 không đáp ứng giá trị của cột A quy chuẩn QCVN 40:2011/BTNMT và quy chuẩn QCVN 14:2008/BTNMT. Một số yếu tố quan trọng nhất cần phải giảm trong đó là SS, COD, BOD₅, tổng Nitơ.

*** Nồng độ của các thành phần trong nước thải sau xử lý triệt để**

Kết quả thí nghiệm từ đồ thị *Hình 3.25* cho thấy rằng, nồng độ chất lơ lửng sau xử lý ổn định trong khoảng thời gian 12,5h lọc đầu tiên SS từ 8,8 mg/l đến 14,2 mg/l Sau 12,5h thì SS có nhiều biến động giống SS đầu vào như tăng đột biến ở thời điểm 12,5h – 14,5h, giảm dần đến thời điểm 14,5h - 24,5h và lại tăng vào thời điểm từ 24,5h – 41h sau đó giảm dần đến cuối thời gian lọc. Trong cả chu kỳ lọc, SS đầu ra thấp hơn giá trị cột A của QCVN 40 :2011/BTNMT.

Nồng độ COD sau lọc trong 12,5h lọc đầu tiên COD dao động quanh giá trị từ 24,2- 37,5 mg/l thấp hơn giá trị cột A theo COD của QCVN 40:2011/BTNMT. Còn sau 12,5h có những thời điểm không đạt cột A.

Nồng độ BOD₅ sau lọc diễn biến giống SS sau lọc và cũng luôn đạt giá trị cột A theo BOD của QCVN 40:2011/BTNMT trong cả thời gian lọc.

Nồng độ Amôni trong nước thải sau xử lý ổn định và rất thấp dao động từ 0,47 mg/l – 0,8 mg/l. Và luôn đạt giá trị cột A của của QCVN 40:2011/BTNMT.

Nồng độ tổng Nitơ trong nước thải sau xử lý ổn định dao động từ 12 mg/l – 13 mg/l, và luôn đạt giá trị cột A của của QCVN 40:2011/BTNMT.

Từ đồ thị *Hình 3.25* đến *Hình 3.30* nhận thấy rằng, với quá trình lọc vận tốc $v = 10$ m/h nước thải đầu vào có những biến động rất lớn nhưng kết quả nước thải đầu ra cũng bị biến động theo nhưng rất nhỏ và luôn đạt yêu cầu.

*** Sự gia tăng tổn thất áp lực**

Kết quả nghiên cứu cho thấy, sự gia tăng cột áp tăng theo chiều dày lớp vật liệu lọc bề lọc như trong *Hình 3.33* và *Hình 3.34*.

Các ống đo áp được xác định tương ứng với chiều dày vật liệu lọc lần lượt là 120, 102, 74, 46, 18 cm. Cột áp với thời điểm $t=0$ h của h_1 là 29 cm.

Kết quả của sự gia tăng tổn thất trên đồ thị tăng dần theo chiều dày vật liệu lọc từ 18 cm đến 120 cm chiều dày vật liệu lọc. Đường số 5 tương ứng với chiều dày vật liệu lọc là 18 cm, mức tổn thất cột áp được duy trì như mức ban đầu. Trên thực tế, đường số 5 gần như là đường theo chiều ngang trong 27,5h giờ lọc đầu tiên. Điều này cho thấy rằng hầu như không có SS tích tụ trong lớp này (lớp trên cùng gần lưới). Độ dốc của đường số 1 của lớp 120 cm là lớn nhất so với các đường khác trong biểu đồ (2, 3, 4, 5). Dựa trên lý thuyết về lọc và phân tích đồ thị, theo đó có khoảng 50% chất rắn lơ lửng tích tụ trong 46cm lớp vật liệu lọc đầu tiên. Bởi vì tổn thất cột áp là một hàm của vận tốc lọc và nồng độ SS đầu vào, vận tốc lọc càng lớn độ sâu lớp lọc càng lớn thì chất rắn lơ lửng càng tích tụ trong lớp vật liệu lọc. Như vậy, một trong những mục tiêu quan trọng nhất đối với nghiên cứu tiếp theo đó chính là tối ưu hóa các thông số kỹ thuật cho bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực.

*** Hiệu quả của xử lý bậc 3 (xử lý triệt để)**

Như mô tả ở trên, chất lượng nước thải đã xử lý sau bể lắng 2 từ nhà máy xử lý nước thải sinh hoạt tại nơi thí nghiệm với công trình xử lý bậc 2 không đáp ứng được giá trị quy định ở cột A của QCVN 40: 2011/BTNMT với một số chỉ tiêu như COD, BOD₅, Amoni, tổng Nitơ. Trong nghiên cứu, nước được xử lý ở quá trình xử lý bậc 3 với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực. Kết quả thí nghiệm cho thấy, hiệu quả của quá trình xử lý trung bình đối với SS, COD, BOD₅, tương ứng là 47,75%, 44,85%, 50,07%, (bảng PL2.10). Còn Amôni là 40,75%, tổng Nitơ là

17,3% (bảng PL2.11) so sánh với hiệu suất xử lý Nitơ với bể lọc cát truyền thống là 8% – 50%, bể lọc cát tuần hoàn (bể Dynassan) 15%-84% [14] thì thấy rằng bể lọc thí nghiệm có hiệu suất xử lý Nitơ như bể lọc cát truyền thống và ngang bằng với bể lọc Dynassan. Nước thải sau quá trình xử lý triệt để tất cả nồng độ SS, COD, BOD₅, Amoni, tổng Nitơ đáp ứng giá trị cột A theo QCVN 40 :2011/BTNMT trong thời gian 12,5h lọc đầu tiên, còn những giờ sau của chu kỳ lọc có những thời điểm vượt giá trị cột A theo QCVN 40 :2011/BTNMT.

Hiệu quả loại bỏ nồng độ các chất hữu cơ đạt yêu cầu cao là do những thành phần vi sinh vật dưới dạng SS sau xử lý sinh học bậc 2 được giữ lại ở trong bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa. Hệ bùn hoạt tính này có tuổi bùn cao và tích tụ vào bể lọc theo thời gian lọc. Lúc này bể lọc vật liệu lọc nổi làm việc như một bể phản ứng sinh học. Có thể thấy khối lượng cặn lơ lửng (sinh khối, bùn hoạt tính) tích lũy theo thời gian trong bể lọc tăng dần theo tuyến tính và đạt tới hơn 1,158 kg ở gần cuối chu kỳ lọc (47h). Hàm lượng bùn cặn trung bình theo tính toán đạt tới 13,67 kg bùn/1m³ thể tích vật liệu lọc. Xử lý toán học cho thấy, tốc độ ôxy hóa riêng của bùn hoạt tính tăng dần theo thời gian và quan hệ tốc độ ôxy hóa riêng có xu hướng tuyến tính theo thời gian. Đầu chu kỳ (t=1h) tốc độ ôxy hóa riêng là $\rho = 0,9 \text{ gBOD}_5/1\text{g}$ bùn. 1 giờ và gần cuối chu kỳ lọc (t=56,5h) $\rho = 2,1 \text{ gBOD}_5/1\text{g}$ bùn. 1 giờ. Việc tốc độ ôxy hóa riêng gia tăng được giải thích bằng hệ vi sinh vật (bùn cặn SS) đi vào lớp vật liệu lọc đã thích ứng theo thời gian và phát triển thành hệ vi sinh vật mới phù hợp với điều kiện mới (nghèo nguồn các bon, chất dinh dưỡng và tỷ lệ COD/BOD thấp, và hệ vi sinh làm việc ở chế độ ôxy hóa nội bào).

Kết quả xử lý toán học trên cơ sở bể lọc làm việc như một bể phản ứng sinh học cho phép nhận giá trị tải trọng thể tích $q = 4,23\text{kg BOD}_5/1\text{m}^3$ thể tích VLL.ngđ. Giá trị này lớn hơn bể lọc sinh học tải trọng cao $q = 0,6-3,2 \text{ kg BOD}/1\text{m}^3$ thể tích VLL. ngđ của bể lọc sinh học tốc độ cao [14].

3.4.4. Bàn luận với $v = 12,5 \text{ m/h}$.

Từ Hình 3.35 đến Hình 3.39 và Bảng PL2.4, phụ lục 2 và so sánh với QCVN 40:2011/BTNMT có thể nhận thấy nồng độ các chất trước và sau khi lọc như sau:

*** Nồng độ của các thành phần trong nước thải từ bể lắng 2 tới bể lọc**

Vì thí nghiệm thực hiện với vận tốc rất lớn và chỉ đo kết quả trong 3h đầu của chu kỳ lọc để kiểm tra, đánh giá khả năng xử lý của bể lọc với vận tốc cao.

Trong 3h giờ đầu của chu kỳ lọc thì SS, COD, BOD₅ khá ổn định giá trị trung bình lần lượt là 48,25 mg/l; 164,75 mg/l; 81,83 mg/l. So sánh với giá trị cột A của QCVN 40:2011/BTNMT thì thấy rằng, SS chạm ngưỡng cột A, còn COD, BOD₅ vượt ngưỡng giá trị cột A.

*** Nồng độ của các thành phần trong nước thải sau xử lý triệt để**

Nồng độ SS sau xử lý từ 38 mg/l – 21 mg/l đạt giá trị cột A của QCVN 40 :2011/BTNMT.

Nồng độ COD sau lọc từ 68 mg/l -62 mg/l sát ngưỡng giá trị cột A theo COD của QCVN 40:2011/BTNMT.

Nồng độ BOD₅ sau lọc từ 31,8 mg/l-27,8 mg/l vượt ngưỡng và chạm ngưỡng giá trị cột A theo BOD₅ của QCVN 40:2011/BTNMT.

*** Sự gia tăng tổn thất áp lực**

Kết quả nghiên cứu cho thấy, sự gia tăng cột áp tăng theo chiều dày lớp vật liệu lọc bể lọc như trong *Hình 3.39*.

Các ống đo áp được xác định tương ứng với chiều dày vật liệu lọc lần lượt là 120, 102, 74, 46, 18 cm. Cột áp với thời điểm t=0h của h1 là 30,3 cm và sau 3h lọc đầu tiên là 33 cm. Tổn thất cột áp trung bình cho 3h lọc đầu tiên là $(33-30,3)/3= 0,9$ cm/giờ.

*** Hiệu quả của xử lý bậc 3 (xử lý triệt để)**

Từ *Hình 3.38* thấy hiệu quả xử lý SS trong 3h lọc đầu tiên từ 20,8%-58%. Còn hiệu suất xử lý COD từ 22%-62,7%. Và hiệu suất xử lý BOD₅ từ 16,5% - 65,3%.

Qua đó thấy rằng, với vận tốc lọc 12,5 m/h bể lọc đã không đạt yêu cầu giá trị cột A của QCVN 40 :2011/BTNMT ngay từ những giờ lọc đầu tiên. Việc này không xảy ra với các vận tốc đã khảo sát 5m/h, 7,5 m/h và 10 m/h. Vì thế, nghiên cứu không thực hiện thí nghiệm với các vận tốc lớn hơn 12,5 m/h.

Bàn luận chung:

Dải vận tốc lọc được quy định trong tiêu chuẩn thiết cho bể lọc nhanh dao động từ 5 m/h-10m/h; Một số nghiên cứu cho thấy, bể lọc có thể làm việc đến 15 và 20m/h. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, hiệu quả xử lý theo SS cho xử lý triệt để đạt giá trị (trung bình 58,1%; 53,2%; 47,75% với vận tốc $v=5\text{m/h}$; $7,5\text{m/h}$; 10m/h) giảm dần khi vận tốc lọc tăng. Đây cũng là qui luật chung của bể lọc nhanh vận tốc tăng lực bứt phá hạt cặn (đặc trưng cho hệ số a) càng lớn, hạt cặn đi càng sâu vào trong lớp vật liệu, đồng thời lượng hạt cặn SS ở lớp cuối cũng đi ra nhiều hơn [5,10], có nghĩa là nồng độ SS trong nước sau xử lý lớn hơn;

Quá trình loại bỏ chất hữu cơ (tính theo BOD_5) và amôni NH_4^+ của bể lọc triệt để cũng đạt được hiệu quả cao, BOD_5 dao động trung bình từ (44,85% đến 64,4% tương ứng với vận tốc $v=10\text{ m/h}$; 5 m/h), NH_4^+ dao động trung bình từ (40,75% đến 73,6% tương ứng với vận tốc $v=10\text{ m/h}$; 5 m/h) có thể được giải thích bằng hoạt động của màng sinh học bám trên bề mặt phát triển của vật liệu lọc nổi polystyrene và lớp cặn SS mà bản chất là hệ vi sinh vật trôi ra từ cụm xử lý bậc 2 aeroten được giữ lại trong lòng lớp vật liệu lọc [5, 10, 14, 22]. Bể lọc hoạt động càng lâu, thì quá trình xử lý sinh học càng ổn định. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra thậm chí trong quá trình xử lý nước ngầm, quá trình nitrat hóa sinh học trong bể lọc nhanh (cát) xảy ra mạnh làm kìm hãm quá trình khử sắt trong dây chuyền xử lý nước ngầm công nghệ làm thoáng tiếp xúc. Nghiên cứu cơ bản của các nhà khoa học Thủy Điện, Na Uy cho phép phát triển công nghệ loại bỏ amôni trong nước ngầm bằng phương pháp sinh học trong bể lọc nhanh (vật liệu cát thạch anh).

Có thể nhận thấy, giá trị tổng N trong nước xử lý giảm, trung bình giao động từ giá trị 17,3% (với $v=10\text{m/h}$) đến 45,5% (với $v=5\text{m/h}$). Có nghĩa là, các quá trình khử N khác ví dụ như quá trình khử nitrat phải xảy ra mặc dù nồng độ ôxy hòa tan được duy trì cao ($\text{DO}=4\text{-}5\text{mg/l}$). Điều này chỉ có thể giải thích bằng năng lực của màng sinh học mà cấu tạo có các lớp từ trong ra ngoài lần lượt là yếm khí, thiếu khí, hiếu khí [44, 45]. Nếu lượng màng sinh học bám dính càng nhiều thì hiệu quả khử N càng tốt [44, 45]. Trong một số điều kiện nhất định, theo một số nghiên cứu có thể

xuất hiện rõ rệt lớp màng anammox trong chiều dày lớp màng sinh học bám dính [14, 85]. Do khuôn khổ của luận án là nghiên cứu ứng dụng vì thế không khảo sát các chủng vi sinh vật.

Nồng độ P trong nước thải xử lý có giảm chứng tỏ có sự sinh trưởng trong quá trình xử lý sinh học (tính lũy phốt pho) nhưng hiệu quả xử lý không cao. Điều này có thể giải thích do nước sau xử lý có nồng độ chất hữu cơ loãng, do vậy tốc độ sinh trưởng không cao, vì vậy hiệu quả xử lý P thấp.

3.5. Xác định thông số công nghệ quá trình lọc chất lơ lửng SS

3.5.1. Xác định thông số lọc a , b , T_{bv} với vận tốc lọc $v = 7,5\text{m/h}$:

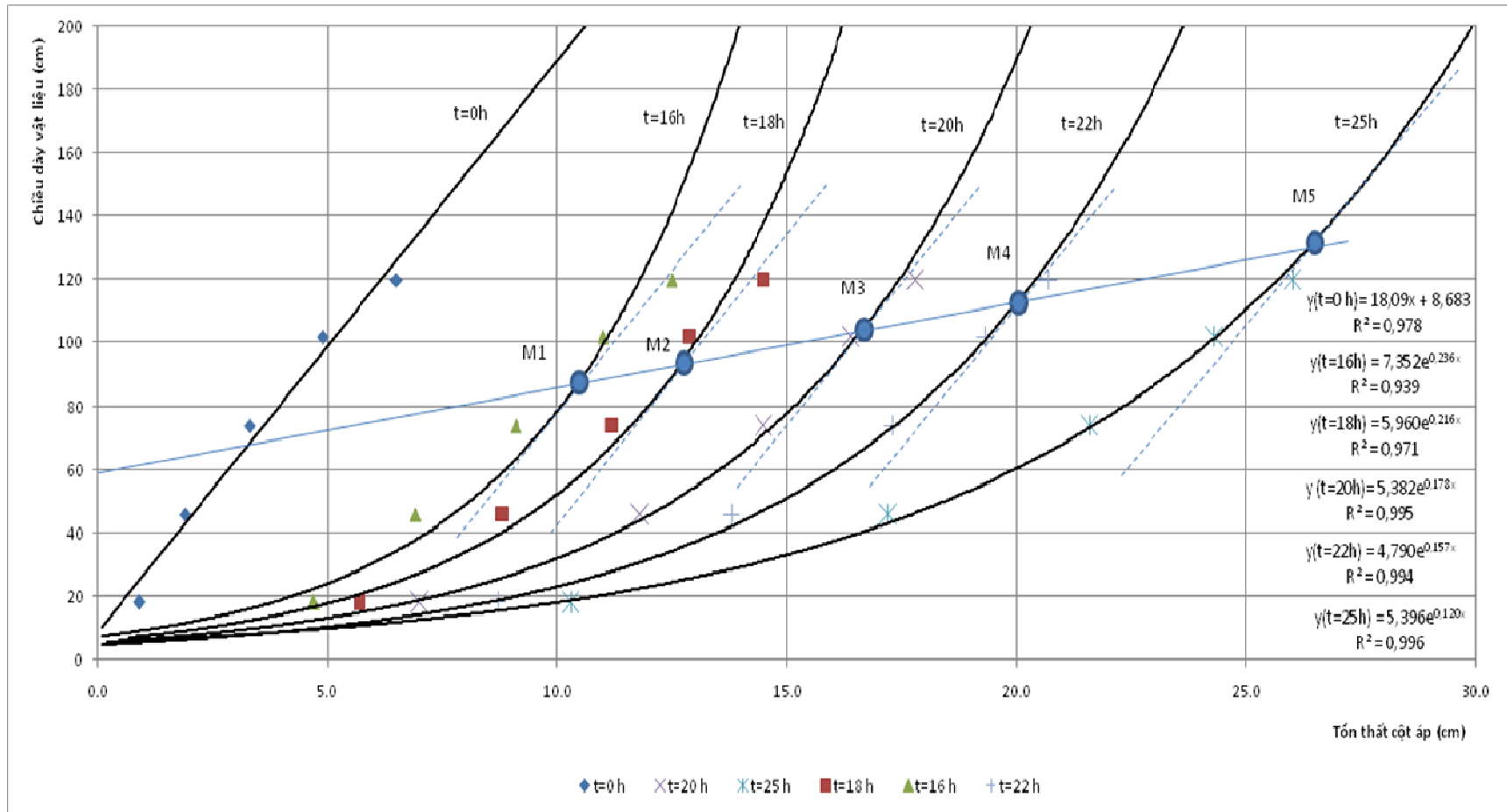
Lý thuyết về xác định thông số lọc a , b được trình bày ở mục 2.4.3 chương 2. Căn cứ vào kết quả thực nghiệm sử dụng phương pháp thứ 2 ở mục 2.4.3 để xác định n , x_0 .

Từ phụ lục 1.2B. Kết quả đo cột áp của bể lọc (1 lớp VLL polystyrene, $v = 7,5\text{m/h}$) lập được *Bảng 3.8* dưới đây.

Bảng 3.8. Xác định tổn thất cột áp và chiều dày VLLN ($v = 7,5\text{m/h}$)

STT	Thời gian GMT	Thời gian lọc (h)	Tổn thất cột áp qua chiều dày vật liệu lọc (cm)				
			h1-h2	h1-h3	h1-h4	h1-h5	h1-h6
			Lx=18 cm	Lx=46 cm	Lx=74 cm	Lx=102 cm	Lx=120 cm
1	19:00:00 (13/04/2017)	0 h	0,9	1,9	3,3	4,9	6,5
2	11:00:00	16 h	4,7	6,9	9,1	11,0	12,5
3	13:00:00	18 h	5,7	8,8	11,2	12,9	14,5
4	15:00:00	20 h	7,0	11,8	14,5	16,4	17,8
5	17:00:00	22 h	8,7	13,8	17,3	19,3	20,7
6	20:00:00	25 h	10,3	17,2	21,6	24,3	26,0

Từ kết quả *Bảng 3.8* vẽ được đồ thị *Hình 3.41*.

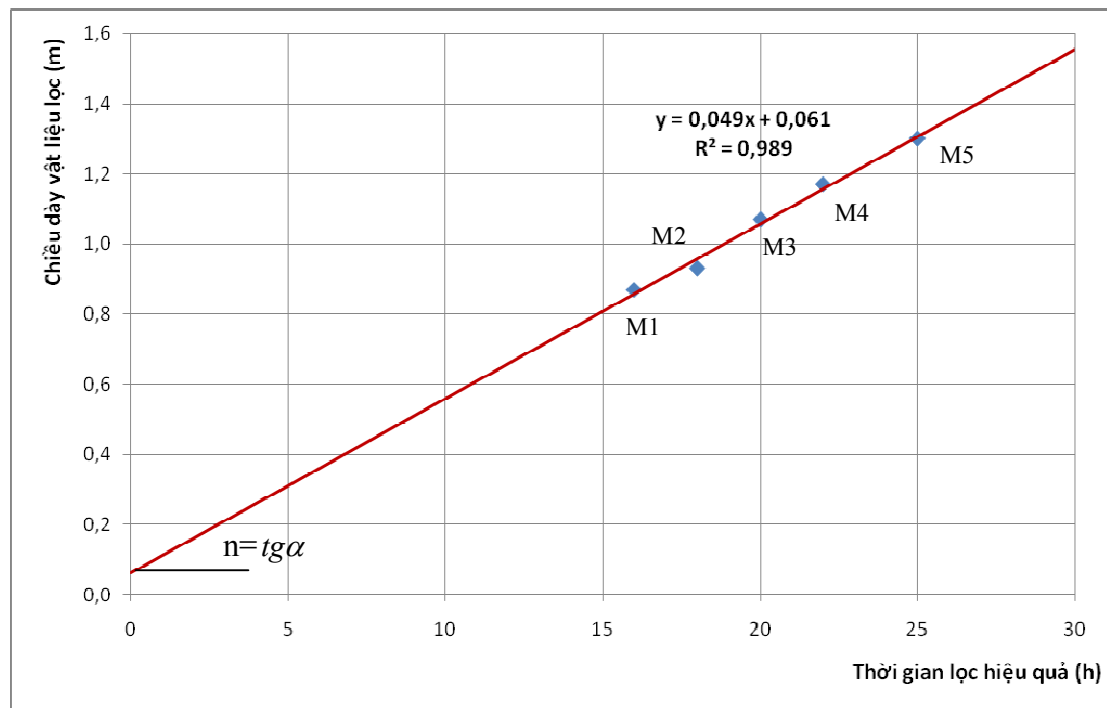


Hình 3.41. Đồ thị quan hệ giữa chiều dày lớp vật liệu lọc và tổn thất cột áp với thời gian lọc

Từ đồ thị *Hình 3.41* kẻ các đường thẳng song song với đường thẳng ($t=0h$), tiếp tuyến với các đường cong $t=16h$ tại điểm M1, $t= 18h$ tại điểm M2, $t= 20h$ tại điểm M3, $t= 22h$ tại điểm M4, $t= 25h$ tại điểm M5. Tung độ của các điểm M1 đến M5 là chiều dày vật liệu lọc tương ứng với thời gian lọc hiệu quả. Kết quả được thể hiện ở *Bảng 3.9*.

Bảng 3.9. Bảng giữ chiều dày vật liệu lọc và thời gian lọc ($v = 7,5m/h$)

STT	Thời gian lọc (h)	Chiều dày (m)	Ghi chú
1	16	0,87	điểm M1
2	18	0,93	điểm M2
3	20	1,07	điểm M3
4	22	1,17	điểm M4
5	25	1,30	điểm M5



Hình 3.42. Đồ thị quan hệ chiều dày lớp vật liệu lọc và thời gian ($v = 7,5 m/h$)

Từ đồ thị *Hình 3.42* xác định được $x_0 = 0,061$; $n = 0,049$.

Từ bảng PL2.2 phụ lục 2 với vận tốc $v = 7,5\text{m/h}$, có nồng độ SS trung bình đầu vào bể lọc $C_0^{tb} = 48,20\text{ mg/l}$ và nồng độ SS đầu ra khỏi bể lọc $C_t^{tb} = 22,50\text{ mg/l}$;

$$\Rightarrow \frac{C_t^{tb}}{C_0^{tb}} = \frac{48,20}{22,5} \approx 0,5$$

Tra Bảng 2.5 chương 2 xác định được $X_0 = 0,7$ và $k = 1,0$

Thay vào công thức 2.10 xác định được:

$$b = \frac{X_0}{x_0} = \frac{0,7}{0,061} = 11,48$$

$$a = \frac{n}{k} \cdot b = \frac{0,049}{1,0} \cdot 11,48 = 0,562$$

Thay vào công thức 2.11 chương 2 xác định được thời gian bảo vệ với vận tốc lọc $v = 7,5\text{m/h}$, chiều dày vật liệu 1,2m:

$$T_{bv} = \frac{1}{k} \cdot \frac{b}{a} \cdot \left(x - \frac{X_0}{b} \right) = \frac{1}{1,0} \cdot \frac{11,48}{0,562} \cdot \left(1,2 - \frac{0,7}{11,48} \right) = 23,24(h)$$

3.5.2. Xác định thông số lọc a , b , T_{bv} với vận tốc lọc $v = 5\text{ m/h}$

- Xác định cường độ bám dính (b_2) của cặn với vận tốc lọc $v_2 = 5\text{m/h}$, khi đã biết b_1 của cặn với vận tốc lọc $v_1 = 7,5\text{m/h}$ theo công thức 2.12 như sau:

$$b_2 = b_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0,7}$$

Trong đó:

b_2 : hệ số cường độ bám dính của cặn với vận tốc lọc 5 m/h;

v_2 : vận tốc lọc ứng với b_2 , $v_2 = 5\text{ m/h}$;

d_2 : đường kính hạt VLL polystyrene với vận tốc lọc 5 m/h; $d_2 = 1,22\text{mm}$;

b_1 : hệ số cường độ bám dính của cặn với vận tốc lọc 7,5 m/h; $b_1 = 11,48$;

v_1 : vận tốc lọc ứng với b_1 , $v_1 = 7,5\text{ m/h}$;

d_1 : đường kính hạt VLL polystyrene với vận tốc lọc 7,5 m/h, $d_1 = 1,22\text{mm}$;

$$\Rightarrow b_2 = b_1 \cdot \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0,7} = 11,48 \cdot \left(\frac{7,5}{5,0} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{1,22}{1,22} \right)^{0,7} = 15,24$$

- Xác định cường độ bút của cặn (a_2) của cặn với vận tốc lọc $v_2 = 5\text{m/h}$, khi đã biết a_1 của cặn với vận tốc lọc $v_1 = 7,5\text{m/h}$ theo công thức 2.13 như sau:

$$\left(\frac{a}{b}\right)_2 = \left(\frac{a}{b}\right)_1 \cdot \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{1,7} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{0,7}$$

Trong đó:

a_2 : Hệ số cường độ bút của cặn với vận tốc lọc 5 m/h;

a_1 : Hệ số cường độ bút của cặn với vận tốc lọc 7,5 m/h; $a_1 = 0,562$;

$v_1 = 7,5\text{ m/h}$; $b_1 = 11,48$; $d_1 = 1,22\text{mm}$; $v_2 = 5\text{ m/h}$; $d_1 = 1,22\text{mm}$ các giá trị này đã nêu ở trên;

$$\Rightarrow a_2 = b_2 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)_1 \cdot \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{1,7} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{0,7} = 15,42 \cdot \left(\frac{0,562}{11,48}\right) \cdot \left(\frac{5,0}{7,5}\right)^{1,7} \cdot \left(\frac{1,22}{1,22}\right)^{0,7} = 0,375$$

- Xác định T_{bv} với vận tốc lọc $v = 5\text{ m/h}$:

Từ bảng PL2.1 phụ lục 2 với vận tốc $v = 5\text{m/h}$, có nồng độ SS trung bình đầu vào bể lọc $C_0^{tb} = 39,69\text{ mg/l}$ và nồng độ SS đầu ra khỏi bể lọc $C_t^{tb} = 16,84\text{ mg/l}$;

$$\Rightarrow \frac{C_t^{tb}}{C_0^{tb}} = \frac{16,84}{39,69} \approx 0,4$$

Tra *Bảng 2.5* chương 2 xác định được $X_0 = 0,92$ và $k = 1,1$

$$T_{bv} = \frac{1}{k} \cdot \frac{b}{a} \cdot \left(x - \frac{X_0}{b}\right) = \frac{1}{1,1} \cdot \frac{15,242}{0,375} \cdot \left(1,2 - \frac{0,92}{15,242}\right) = 42,12(h)$$

3.5.3. Xác định thông số lọc a , b , T_{bv} với vận tốc lọc $v = 10\text{ m/h}$

- Tương tự như xác định a , b , T_{bv} với vận tốc $v = 5\text{m/h}$;

- Xác định cường độ bám dính (b_2) của cặn với vận tốc lọc $v_2 = 10\text{m/h}$, khi đã biết b_1 của cặn với vận tốc lọc $v_1 = 7,5\text{m/h}$ theo công thức 2.12 như sau:

$$b_2 = b_1 \cdot \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{0,7}$$

Trong đó:

$$v_2 = 10 \text{ m/h}; d_2 = 1,22\text{mm};$$

$$v_1 = 7,5 \text{ m/h}; b_1 = 11,48; d_1 = 1,22\text{mm};$$

$$\Rightarrow b_2 = b_1 \cdot \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{0,7} = 11,48 \cdot \left(\frac{7,5}{10,0}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{1,22}{1,22}\right)^{0,7} = 9,382$$

- Xác định cường độ bút của cặn (a_2) với vận tốc lọc $v_2 = 10\text{m/h}$, khi đã biết a_1 của cặn với vận tốc lọc $v_1 = 7,5\text{m/h}$ theo công thức 2.13 như sau:

$$\left(\frac{a}{b}\right)_2 = \left(\frac{a}{b}\right)_1 \cdot \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{1,7} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{0,7}$$

Trong đó:

$$v_2 = 10 \text{ m/h}; b_2 = 9,382; d_2 = 1,22\text{mm};$$

$$v_1 = 7,5 \text{ m/h}; b_1 = 11,48; d_1 = 1,22\text{mm};$$

$$\Rightarrow a_2 = b_2 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)_1 \cdot \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{1,7} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{0,7} = 9,382 \cdot \left(\frac{0,562}{11,48}\right) \cdot \left(\frac{10,0}{7,5}\right)^{1,7} \cdot \left(\frac{1,22}{1,22}\right)^{0,7} = 0,75$$

- Xác định T_{bv} với vận tốc lọc $v = 10 \text{ m/h}$:

Từ bảng PL2.3 phụ lục 2 với vận tốc $v = 10\text{m/h}$, có nồng độ SS trung bình đầu vào bể lọc $C_0^{tb} = 37,05 \text{ mg/l}$ và nồng độ SS đầu ra khỏi bể lọc $C_t^{tb} = 13,3 \text{ mg/l}$;

$$\Rightarrow \frac{C_t^{tb}}{C_0^{tb}} = \frac{13,3}{37,05} \approx 0,4$$

Tra Bảng 2.5 chương 2 xác định được $X_0 = 0,92$ và $k = 1,1$

$$T_{bv} = \frac{1}{k} \cdot \frac{b}{a} \cdot \left(x - \frac{X_0}{b}\right) = \frac{1}{1,1} \cdot \frac{9,382}{0,75} \cdot \left(1,2 - \frac{0,92}{9,382}\right) = 12,54(h)$$

3.6. Xác định thông số động học của quá trình loại bỏ chất hữu cơ hòa tan (BOD, COD), các chất vô cơ hòa tan (Amoni, tổng Nitơ)

Dựa vào lý thuyết xác định nêu ở mục 2.2.3 chương 2 xét phương trình 2.35

với dạng bậc 1: $\frac{S_t}{S_0} = e^{-k.t}$

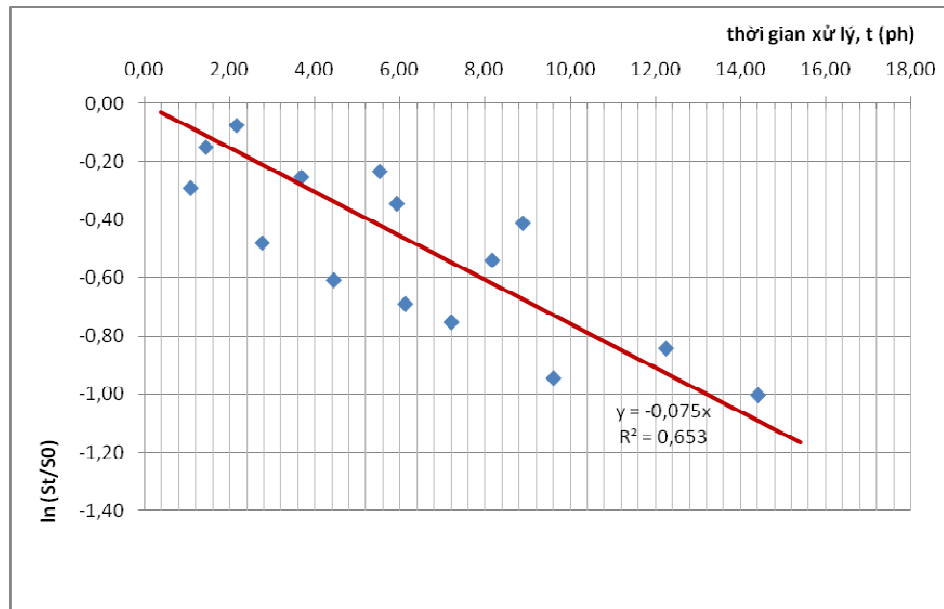
Để xác định được k vẽ đồ thị như *Hình 2.9*. Để xây dựng được đồ thị như *Hình 2.9* lấy kết quả tổng hợp các thông số trung bình trong các bảng PL2.1 đến bảng PL2.3 ở trong phụ lục 2 lập ra các *Bảng 3.10* đến *Bảng 3.13* dưới đây.

3.6.1. Xác định thông số động học của quá trình xử lý COD

Bảng 3.10. Xác định các thông số trong đồ thị quan hệ giữa $\ln(S_t/S_0)$ với t của chất hữu cơ hòa tan COD

STT	h (cm)	v (m/h)	t (ph)	S_0 (mg/l)	S_t (mg/l)	S_t/S_0	$\ln(S_t/S_0)$
1	18	5,0	2,16	167,3	155,29	0,93	-0,07
2	46	5,0	5,52	167,3	132,27	0,79	-0,23
3	74	5,0	8,88	167,3	110,67	0,66	-0,41
4	102	5,0	12,24	167,3	75,6	0,45	-0,79
5	120	5,0	14,40	167,3	61,15	0,37	-1,01
6	18	7,5	1,44	121,5	104,62	0,86	-0,15
7	46	7,5	3,68	121,5	94,33	0,78	-0,25
8	74	7,5	5,92	121,5	86,09	0,71	-0,34
9	102	7,5	8,16	121,5	70,83	0,58	-0,54
10	120	7,5	9,60	121,5	47,2	0,39	-0,95
11	18	10,0	1,08	74,22	55,54	0,75	-0,29
12	46	10,0	2,76	74,22	45,95	0,62	-0,48
13	74	10,0	4,44	74,22	40,42	0,54	-0,61
14	102	10,0	6,12	74,22	37,23	0,50	-0,69
15	120	10,0	7,20	74,22	34,94	0,47	-0,75

Ghi chú: h : Chiều dày lớp VLL (cm); v : Vận tốc lọc qua lớp VLL (m/h); t : Thời gian xử lý theo chiều dày lớp VLL; $t = (h/100) * 60/v$ (phút); S_0 : Nồng độ chất trước khi vào lớp vật liệu lọc (mg/l); S_t : Nồng độ chất theo chiều dày lớp vật liệu lọc (mg/l)



Hình 3.43. Biểu đồ xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 trong tọa độ $(\ln(S_t/S_0), t)$ với chất hữu cơ hòa tan COD

Từ đồ thị Hình 3.43 xác định được hằng số tốc độ phản ứng $k_{\text{COD}} = 0,075$

với chất hữu cơ hòa tan (COD) của phương trình: $\frac{S_t}{S_0} = e^{-k.t}$

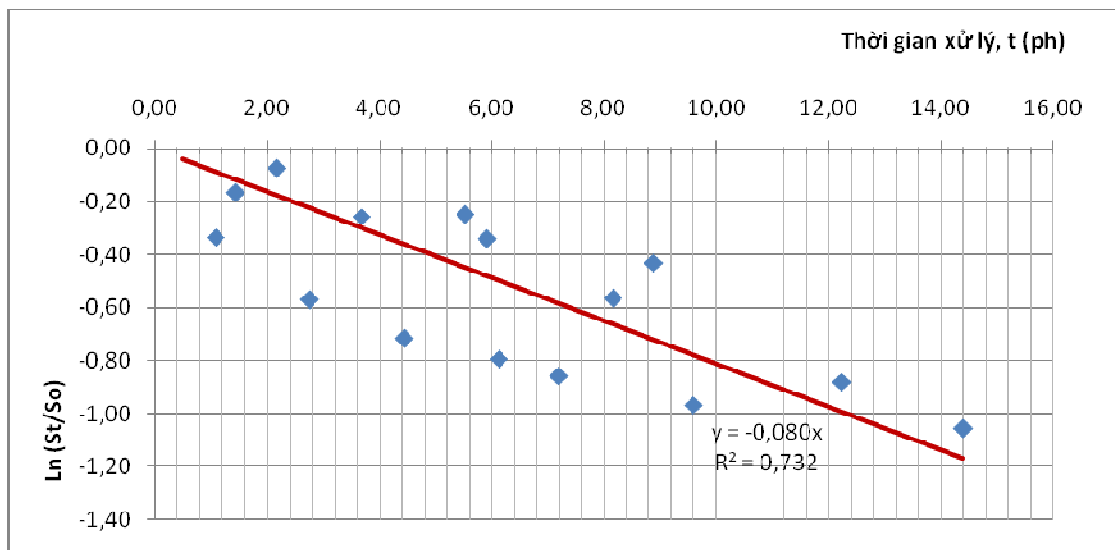
3.6.2. Xác định thông số động học của quá trình xử lý BOD₅

Bảng 3.11. Bảng xác định các thông số trong đồ thị quan hệ giữa $\ln(S_t/S_0)$ với t của chất hữu cơ hòa tan BOD₅

STT	h (cm)	v (m/h)	t (ph)	S ₀ (mg/l)	S _t (mg/l)	S _t /S ₀	ln(S _t /S ₀)
1	18	5,0	2,16	78,13	72,19	0,92	-0,08
2	46	5,0	5,52	78,13	60,44	0,77	-0,26
3	74	5,0	8,88	78,13	50,27	0,64	-0,44
4	102	5,0	12,24	78,13	34,09	0,44	-0,83
5	120	5,0	14,40	78,13	26,96	0,35	-1,06

STT	h (cm)	v (m/h)	t (ph)	S ₀ (mg/l)	S _t (mg/l)	S _t /S ₀	ln(S _t /S ₀)
6	18	7,5	1,44	60,11	50,88	0,85	-0,17
7	46	7,5	3,68	60,11	46,44	0,77	-0,26
8	74	7,5	5,92	60,11	42,72	0,71	-0,34
9	102	7,5	8,16	60,11	34,13	0,57	-0,57
10	120	7,5	9,60	60,11	22,86	0,38	-0,97
11	18	10,0	1,08	36,55	26,15	0,72	-0,33
12	46	10,0	2,76	36,55	20,63	0,56	-0,57
13	74	10,0	4,44	36,55	17,82	0,49	-0,72
14	102	10,0	6,12	36,55	16,55	0,45	-0,79
15	120	10,0	7,20	36,55	15,51	0,42	-0,86

Ghi chú: h: Chiều dày lớp VLL (cm); v: Vận tốc lọc qua lớp VLL (m/h); t: Thời gian xử lý theo chiều dày lớp VLL; $t = (h/100) * 60/v$ (phút); S₀: Nồng độ chất trước khi vào lớp vật liệu lọc (mg/l); S_t: Nồng độ chất theo chiều dày lớp vật liệu lọc (mg/l)



Hình 3.44. Biểu đồ xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 trong tọa độ $(\ln(S_t/S_0), t)$ với chất hữu cơ hòa tan BOD₅

Trên cơ sở xử lý toán học các số liệu nhận được từ *Hình 3.44* xác định được hằng số tốc độ phản ứng $k_{\text{BOD}_5} = 0,080$ với chất hữu cơ hòa tan (BOD_5) của phương

$$\text{trình: } \frac{S_t}{S_0} = e^{-k.t}$$

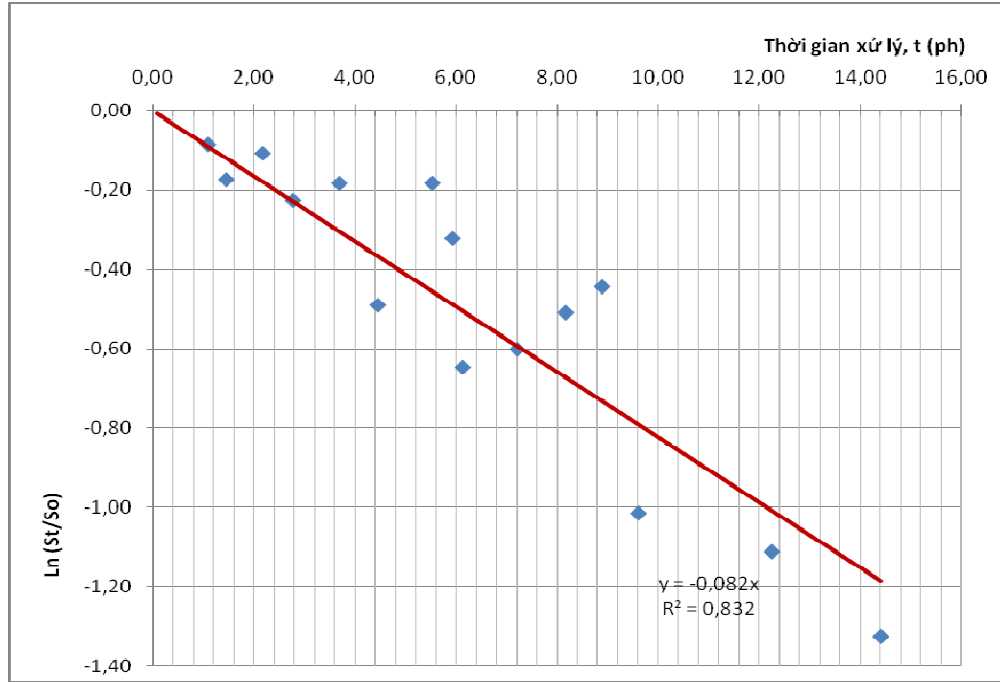
3.6.3. Xác định thông số động học của quá trình xử lý NH_4^+

Từ đồ thị *Hình 3.45* xác định được hằng số tốc độ phản ứng $k_{\text{NH}_4^+} = 0,082$ với chất vô cơ hòa tan (NH_4^+) của phương trình: $\frac{S_t}{S_0} = e^{-k.t}$

Bảng 3.12. Xác định các thông số trong đồ thị quan hệ giữa $\ln(S_t/S_0)$ với t của chất hữu cơ hòa tan NH_4^+

STT	h (cm)	v (m/h)	t (ph)	S_0 (mg/l)	S_t (mg/l)	S_t/S_0	$\ln(S_t/S_0)$
1	18	5,0	2,16	10,12	9,1	0,90	-0,11
2	46	5,0	5,52	10,12	8,44	0,83	-0,18
3	74	5,0	8,88	10,12	6,5	0,64	-0,44
4	102	5,0	12,24	10,12	3,33	0,33	-1,11
5	120	5,0	14,40	10,12	2,69	0,27	-1,32
6	18	7,5	1,44	10,09	8,49	0,84	-0,17
7	46	7,5	3,68	10,09	8,41	0,83	-0,18
8	74	7,5	5,92	10,09	7,32	0,73	-0,32
9	102	7,5	8,16	10,09	6,07	0,60	-0,51
10	120	7,5	9,60	10,09	3,66	0,36	-1,01
11	18	10,0	1,08	1,24	1,14	0,92	-0,08
12	46	10,0	2,76	1,24	0,99	0,80	-0,23
13	74	10,0	4,44	1,24	0,76	0,61	-0,49
14	102	10,0	6,12	1,24	0,65	0,52	-0,65
15	120	10,0	7,20	1,24	0,68	0,55	-0,60

Ghi chú: h : Chiều dày lớp VLL (cm); v : Vận tốc lọc qua lớp VLL (m/h); t : Thời gian xử lý theo chiều dày lớp VLL; $t = (h/100) * 60/v$ (phút); S_0 : Nồng độ chất trước khi vào lớp vật liệu lọc (mg/l); S_t : Nồng độ chất theo chiều dày lớp vật liệu lọc (mg/l)



Hình 3.45. Biểu đồ xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 trong tọa độ $(\ln(S_t/S_0), t)$ với chất vô cơ hòa tan NH_4^+

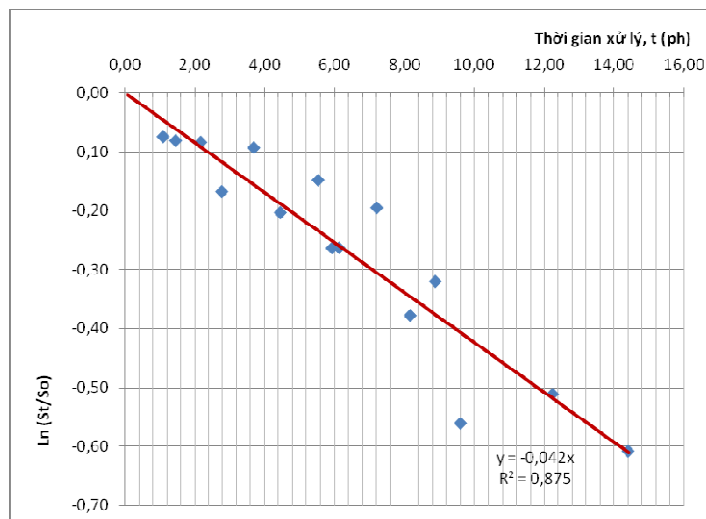
3.6.4. Xác định thông số động học của quá trình xử lý tổng Nitơ

Bảng 3.13. Bảng xác định các thông số trong đồ thị quan hệ giữa $\ln(S_t/S_0)$ với t của chất hữu cơ hòa tan (tổng Nitơ)

STT	h (cm)	v (m/h)	t (ph)	S_0 (mg/l)	S_t (mg/l)	S_t/S_0	$\ln(S_t/S_0)$
1	18	5,0	2,16	26,22	24,1	0,92	-0,08
2	46	5,0	5,52	26,22	22,6	0,86	-0,15
3	74	5,0	8,88	26,22	19,03	0,73	-0,32
4	102	5,0	12,24	26,22	15,72	0,60	-0,51
5	120	5,0	14,40	26,22	14,27	0,54	-0,61
6	18	7,5	1,44	25,8	23,78	0,92	-0,08
7	46	7,5	3,68	25,8	23,5	0,91	-0,09
8	74	7,5	5,92	25,8	19,82	0,77	-0,26

STT	h (cm)	v (m/h)	t (ph)	S ₀ (mg/l)	S _t (mg/l)	S _t /S ₀	ln(S _t /S ₀)
9	102	7,5	8,16	25,8	17,68	0,69	-0,38
10	120	7,5	9,60	25,8	14,72	0,57	-0,56
11	18	10,0	1,08	15,2	14,1	0,93	-0,08
12	46	10,0	2,76	15,2	12,85	0,85	-0,17
13	74	10,0	4,44	15,2	12,4	0,82	-0,20
14	102	10,0	6,12	15,2	11,68	0,77	-0,26
15	120	10,0	7,20	15,2	12,5	0,82	-0,20

Ghi chú: h: Chiều dày lớp VLL (cm); v: Vận tốc lọc qua lớp VLL (m/h); t: Thời gian xử lý theo chiều dày lớp VLL; $t = (h/100) * 60/v$ (phút); S₀: Nồng độ chất trước khi vào lớp vật liệu lọc (mg/l); S_t: Nồng độ chất theo chiều dày lớp vật liệu lọc (mg/l)



Hình 3.46. Biểu đồ xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 trong tọa độ $(\ln(S_t/S_0), t)$ với chất vô cơ hòa tan (tổng Nitơ)

Từ đồ thị Hình 3.46 xác định được hằng số tốc độ phản ứng $k_{\text{tổng Nitơ}} = 0,042$

với chất vô cơ hòa tan (tổng Nitơ) của phương trình: $\frac{S_t}{S_0} = e^{-k.t}$

3.7. Xây dựng phương pháp tính bể lọc vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt

3.7.1. Mục tiêu và cách tiếp cận xây dựng tính toán

Mục tiêu:

Xây dựng được cách tiếp cận và phương pháp tính toán bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt trên cơ sở yêu cầu mức độ xử lý khác nhau và cụ thể cho các trường hợp sau: (1) Xử lý theo SS, COD và BOD₅; (2) Xử lý theo COD, BOD₅ và Amoni; (3) Xử lý theo COD, BOD₅ và tổng Nitơ.

Cách tiếp cận:

Xác định các thông số công nghệ của bể lọc vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải theo chỉ số BOD₅, COD, Amoni, tổng Nitơ dựa trên phương trình lý thuyết động học của phản ứng sinh hóa mục 2.2.4 chương 2. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm ở mục 3.6. chương 3 cho phép xác định được hằng số tốc độ phản ứng theo BOD₅, COD, Amoni, tổng Nitơ bằng phương pháp sinh học. Trên cơ sở đó đưa ra được thời gian phản ứng; chiều dày vật liệu lọc cần thiết để xử lý triệt để BOD₅, COD, Amoni, tổng Nitơ theo các vận tốc lọc khác nhau.

Xác định thông số công nghệ của bể lọc vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải theo chỉ số SS dựa trên lý thuyết lọc cơ học qua lớp vật liệu dạng hạt mục 2.1.3 chương 2. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm và xử lý toán học ở mục 3.5 chương 3 cho phép xác định được thời gian bảo vệ của bể lọc, tốc độ gia tăng tổn thất, chiều cao xi phông theo các vận tốc lọc khác nhau.

Lập ma trận để tối ưu hóa các thông số công nghệ (vận tốc lọc, chiều dày vật liệu lọc, thời gian bảo vệ bể lọc, chiều cao xi phông) dựa trên yêu cầu của mức độ xử lý, yêu cầu về cấu tạo bể lọc, kinh tế để đánh giá lựa chọn thông số công nghệ tối ưu.

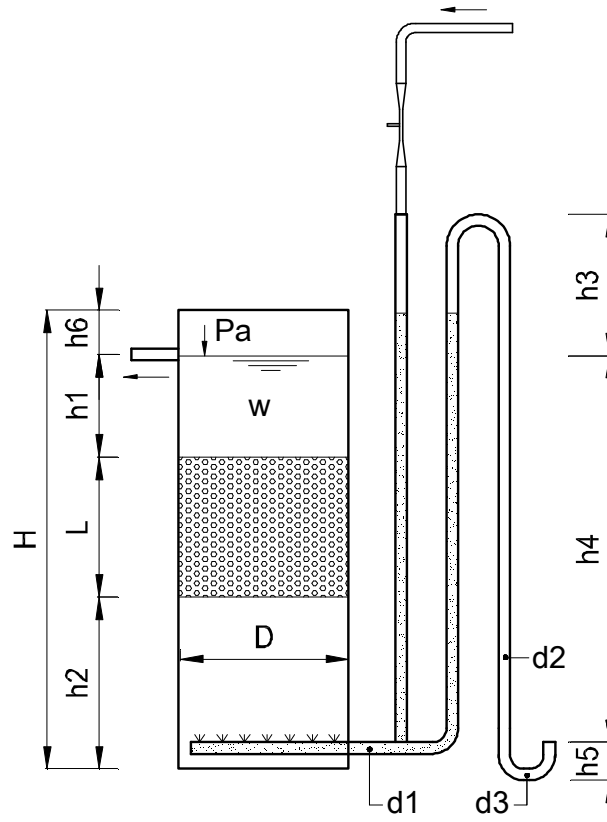
Dựa trên kết quả thu được sẽ tính toán thiết kế bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa theo nhiệm vụ đề ra bao gồm: xác định diện tích bể lọc, số bể lọc cần thiết và diện tích lọc của một bể.

Sau đó xác định kích thước công nghệ của bể lọc vật liệu lọc nổi: xác định thể tích nước rửa lọc bên trên lớp vật liệu lọc nổi dựa trên thời gian và cường độ rửa

lọc cần thiết, xác định chiều cao của bể lọc, đường kính xi phông, đường kính khóa thủy lực, đường kính ống phân phối, ejector.

3.7.2. Xây dựng cơ sở tính toán thiết kế bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt

a) Sơ đồ tính toán



Hình 3.47. Sơ đồ tính toán bể lọc VLL nổi tự rửa

Trong đó:

- D : Đường kính bể lọc;
- h1 : Chiều cao phần chứa nước rửa lọc;
- L : Chiều cao vật liệu lọc;
- h2 : Khoảng chiều cao để vật liệu giãn nở khi rửa lọc;
- h3 : Chiều cao giữa mực nước max trong bể lọc với đỉnh xi phông;
- h4 : Chiều cao giữa mực nước max trong bể lọc với miệng khóa thủy lực;

- h5 : Chiều cao khóa thủy lực;
- h6 : Chiều cao bảo vệ của bể lọc;
- d1 : Đường kính ống phân phối nước vào bể;
- d2 : Đường kính xi phông rửa lọc;
- d3 : Đường kính khóa thủy lực;

b) *Trình tự tính toán*

Bước 1: Xác định thời gian phản ứng của COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nito

Với thông số COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nito đầu vào và đầu ra S₀, S_t đã biết; biết hằng số tốc độ phản ứng của COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nito là k_{COD} = 0,075; k_{BOD} = 0,08; k_{NH4+} = 0,082; k_{tổng Nito} = 0,042 (mục 3.6 chương 3). Xác định được thời gian phản ứng của COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nito theo công thức:

$$\frac{S_t}{S_0} = e^{-k.t}$$

Trong đó:

S₀: Nồng độ chất nền vào bể lọc vật liệu lọc nổi (mg/l);

S_t: Nồng độ chất nền sau xử lý (mg/l);

k: Hằng số tốc độ phản ứng;

t: Thời gian phản ứng (phút);

Kết quả tính toán ở trên lập được *Bảng 3.14*.

Bảng 3.14. Bảng xác định thời gian phản ứng

STT	Chỉ số	S ₀ (mg/l)	S _t (mg/l)	k	t (phút)
1	COD (mg/l)	...	...	0,075	...
2	BOD ₅ (mg/l)	...	...	0,080	...
3	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	...	...	0,082	...
4	Tổng Nito mg/l)	...	...	0,042	...

Bước 2: Xây dựng ma trận xác định chiều dày vật liệu lọc

Biết thời gian phản ứng lựa chọn vận tốc lọc từ 5 m/h; 7,5 m/h; 10 m/h để xác định được chiều dày vật liệu lọc tương ứng với vận tốc đã chọn theo công thức sau:

$$L = \frac{t}{60.v}$$

Trong đó:

L : chiều dày lớp vật liệu lọc nổi (m);

t : thời gian phản ứng (phút);

v : vận tốc lọc (m/h);

Bảng 3.15. Bảng xác định chiều dày vật liệu lọc

STT	Chỉ số	Với v = 5 m/h		Với v = 7,5 m/h		Với v = 10 m/h	
		Vận tốc lọc (m/h)	Lx (m)	Vận tốc lọc (m/h)	Lx (m)	Vận tốc lọc (m/h)	Lx (m)
1	COD (mg/l)	...	...	...	...	...	...
2	BOD ₅ (mg/l)	...	...	...	...	...	...
3	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	...	...	...	...	...	...
4	Tổng Nitơ (mg/l)	...	...	...	...	...	...

Căn cứ vào bảng tổng hợp trên chọn được chiều dày vật liệu lọc ứng với mỗi vận tốc lọc khác nhau như sau:

Với vận tốc lọc v = 5m/h xử lý theo COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nitơ có 4 giá trị chiều dày vật liệu lọc khác nhau (từ Lx1 đến Lx4) chọn giá trị Lx lớn nhất.

Tương tự như thế áp dụng với các vận tốc lọc còn lại v = 7,5m/h và v = 10m/h;

Bước 3: Xác định thời gian bảo vệ (T_{bv})

Ứng với chiều dày vật liệu lọc v = 5 m/h; v = 7,5 m/h và v = 10m/h đã xác định được ở bước trên theo công thức sau:

$$T_{bv} = \frac{1}{k} \cdot \frac{b}{a} \cdot \left(x - \frac{X_0}{b} \right)$$

Trong đó:

T_{bv} : Thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc (h) ;

x : Chiều dày của lớp vật liệu lọc (m);

k, X₀: Hằng số phụ thuộc vào độ lớn của C_t/C₀ (nồng độ SS đầu vào (C₀) và SS đầu ra (C_t)), xác định theo *Bảng 2.5* chương 2.

a : Thông số lọc đặc trưng cường độ bút các hạt cặn ứng với các vận tốc khác nhau xác định ở mục 3.5 chương 3.

b : Thông số lọc đặc trưng cho cường độ bám dính của chất lơ lửng và hạt vật liệu lọc ứng với các vận tốc khác nhau xác định ở mục 3.5 chương 3.

Bảng 3.16. Xác định thời gian bảo vệ của bể lọc

STT	Các thông số	Vận tốc lọc (m/h)			Ghi chú
		7,5	5	10	
1	Chiều dày vật liệu x (m)	...	...	...	Xác định ở bước 2
2	Đường kính hạt vật liệu d (mm)	...	...	...	Biết trước
3	Hệ số cường độ bút của cặn a	...	...	...	Nội suy theo công thức 2.12 chương 2
4	Hệ số cường độ bám dính b	...	...	...	Nội suy theo công thức 2.11 chương 2
5	Tỷ lệ C_t^{tb}/C_0^{tb}	...	...	...
6	Hệ số X_0	...	...	...	Tra bảng 2.1 chương 2
7	Hệ số k	...	...	...	Tra bảng 2.1 chương 2
8	Thời gian bảo vệ T_{bv} (h)	...	...	...
9	Chu kỳ lọc T (h)	...	...	...	$T_{bv}=1,2\div 1,3T$

Bước 4. Xác định chiều cao xi phông của bể lọc

Với các vận tốc $v = 5$ m/h; $v = 7,5$ m/h và $v = 10$ m/h có thời gian bảo vệ khác nhau và chu kỳ lọc khác nhau đã xác định được ở bước 3 thay vào phương trình xác định tổn thất qua lớp vật liệu lọc xác định ở mục 3.7 chương 3:

* Phương trình xác định tổn thất cột áp qua lớp vật liệu lọc với $v = 5$ m/h:

$$h_3 = 0,01T^2 + 0,527T + 3,559 \text{ (cm)}$$

Trong đó:

h_3 : Tổn thất cột áp qua lớp vật liệu lọc (cm);

T: Thời gian làm việc của bể lọc (h);

* Phương trình xác định tổn thất cột áp qua lớp vật liệu lọc với $v = 7,5 \text{ m/h}$:

$$h_3 = 0,0283T^2 + 0,111T + 5,209 \text{ (cm)}$$

* Phương trình xác định tổn thất cột áp qua lớp vật liệu lọc với $v = 10 \text{ m/h}$:

$$h_3 = 0,012T^2 - 0,075T + 10,98 \text{ (cm)}$$

Bảng 3.17. Bảng xác định chiều cao xi phông

STT	Vận tốc lọc, v (m/h)	Chu kỳ lọc T (h)	Chiều cao xi phông, h_3 (cm)	Ghi chú
1	5	...	...
2	7,5	...	...
3	10	...	...

Bước 5. Lập ma trận thông số công nghệ theo BOD_5 , NH_4^+-N , tổng Nitơ và SS

Từ kết quả tính toán ở *Bảng 3.14* đến *Bảng 3.17* lập được bảng tổng hợp các thông số v , L , T_{bv} của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ở *Bảng 3.18* dưới đây.

Bảng 3.18. Bảng ma trận thông số công nghệ theo BOD , NH_4^+-N , tổng Nitơ và SS

STT	Vận tốc lọc, (m/h)	Chiều dày vật liệu lọc, L_x (cm)	Chu kỳ lọc, T (h)	Chiều cao xi phông (cm)
1	5	...	...	...
2	7,5	...	...	...
3	10	...	...	...

Theo các khuyến cáo với bài toán kỹ thuật thực tế và các quy phạm hiện hành thì nên lấy chiều dày vật liệu lọc của bể lọc nổi không quá 2,0 m [15, 16, 78] và chiều cao xi phông không quá 7,0 m [15, 16, 78]. Ngoài ra còn căn cứ yếu tố kinh tế để lựa chọn vận tốc lọc tối ưu cho bể lọc.

Ở bước này xác định được vận tốc lọc (v), chiều dày vật liệu lọc, chu kỳ lọc (T), chiều cao xi phông h_3 cho tính toán bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.

Bước 6. Xác định đường kính của bể lọc vật liệu lọc nổi

- Xác định diện tích lọc cần thiết:

$$F = \frac{Q}{v}$$

Trong đó:

F : Diện tích lọc cần thiết (m²);

Q: Lưu lượng nước thải cần xử lý (m³/h);

v : Vận tốc lọc (m/h);

- Xác định diện tích cho một bể lọc thiết kế:

$$f = \frac{F}{n}$$

Trong đó:

F : Diện tích lọc cần thiết (m²);

f : Diện tích cho một bể lọc thiết kế (m²);

n : Số bể lọc thiết kế;

- Đường kính bể lọc:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times f}{3,14}}$$

Trong đó:

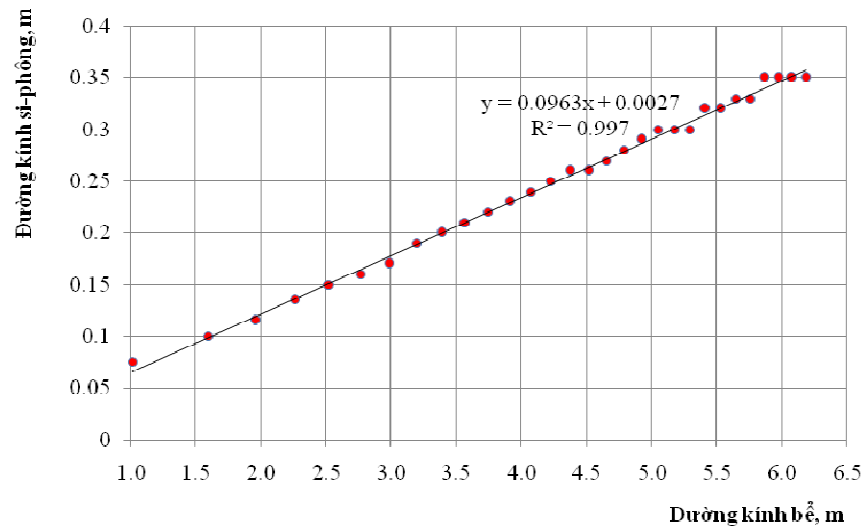
f : Diện tích cho một bể lọc thiết kế (m²);

D: Đường kính bể lọc thiết kế (m);

Bước 7. Tính toán đường kính xi-phông rửa lọc

Tính toán các thông số của xi-phông rửa lọc gồm đường kính xi-phông, chiều cao khóa xi-phông đã được nghiên cứu chi tiết ở tài liệu [13, 15, 16]:

- ***Xác định đường kính xi-phông:***



Hình 3.48. Tương quan giữa đường kính xi phông và đường kính bể lọc [15, 16]

Khi tính toán, đường kính ống xi-phông được chọn sơ bộ trước, sau đó tính toán kiểm tra theo các công thức dưới để đảm bảo điều kiện thời gian rửa lọc, cường độ rửa lọc. Theo nghiên cứu [15, 16] có thể xác định được quan hệ giữa đường kính bể lọc và đường kính xi-phông theo đồ thị sau:

Bước 8. Xác định chiều cao bể lọc

* *Xác định chiều cao nước rửa lọc:*

Chọn cường độ rửa lọc q ($l/s.m^2$); và thời gian rửa lọc t_r (s)

Chiều cao nước rửa lọc (m):

$$h_1 = \frac{q \times t_r}{1000} \quad (3.2)$$

* *Xác định độ giãn nở vật liệu (%):*

Theo công thức thực nghiệm ở mục 3.4 chương 3 ở chương xác định được độ giãn nở vật liệu:

$$E = 6,592 \times q - 21,09$$

Trong đó:

E : Cường độ giãn nở của vật liệu lọc (%);

q: Chọn cường độ rửa lọc ($l/s.m^2$);

* *Xác định chiều cao để vật liệu giãn nở khi rửa lọc:*

$$h_2 = L \times E + h_d + d_1$$

Trong đó:

$h_d = 0,3$ m - Chiều cao bảo vệ để tránh VLL thất thoát ra ngoài khi rửa lọc;

d_1 : Đường kính ống phân phối (m);

L: Chiều dày lớp vật liệu lọc (m);

* Chiều cao bể lọc được xác định theo công thức:

$$H = h_1 + h_2 + h_6 + L$$

Trong đó:

H: Chiều cao bể lọc (m);

h_1 : Chiều cao nước rửa lọc (m);

h_2 : Chiều cao để vật liệu giãn nở khi rửa lọc (m);

Bước 9: Xác định lượng khí cần cấp

a) Tính toán nhu cầu oxy cần thiết [1, 44]

* Xác định lượng bùn phát sinh:

$$P_x = Y_{\text{obs}} * Q * (C_{\text{SS vào}} - C_{\text{SS ra}}) \quad (\text{g/ngày})$$

Trong đó:

Y_{obs} - Hệ số tăng trưởng sinh khối, $Y_{\text{obs}} = 0,12$ g-VSS/g-bCOD;

$C_{\text{SS vào}}$ - Nồng độ SS trước khi xử lý (g/m^3);

$C_{\text{SS ra}}$ - Nồng độ SS sau khi xử lý (g/m^3);

* Xác định lượng nitơ bị ôxy hóa:

$$\text{NO}_x = \text{TKN} - N_e - 0,12 * P_x / Q$$

Trong đó:

TKN - Tổng nitơ theo Kjeldahl đầu vào trước khi xử lý (g/m^3);

N_e - NH_4^+ đầu ra sau xử lý (g/m^3);

* Xác định nhu cầu oxy cần thiết:

$$R_0 = Q(S_0 - S) - 1,42.P_x + 4,33 * Q * (\text{NO}_x) \quad (\text{g/ngày})$$

Trong đó:

S_0, S - Nồng độ BOD₅ của đầu vào và đầu ra (g/m^3);

b) Tính toán lượng không khí cần cấp [1, 44]:

* *Xác định nồng độ ôxy bão hòa:*

- Với $P_b = P_a$ (vị trí đặt công trình có áp suất bằng áp suất khí quyển).

- Nồng độ ôxy ở 20°C là $C_{20} = 9,08 \text{ mg/l}$;

- Nồng độ ôxy C_t ở nhiệt độ T tra theo bảng sau [1, 44]:

T ($^{\circ}\text{C}$)	0	8	12	20	28	36
C_t (mg/l)	14,6	11,8	10,77	9,08	7,81	6,82

Giả thiết với nồng độ ôxy thoát khỏi bể là $O_t = 19\%$. Nồng độ ôxy cần:

$$C_s = C_t \frac{1}{2} \left(1 + \frac{O_t}{21} \right) \quad (\text{mg / l})$$

* *Xác định tốc độ hòa tan ôxy SOTR với $\alpha=0,65$; $\beta=0,95$ và $F=0,9$; $AOTR = R_0$*

$$SOTR = AOTR \left[\frac{C_{20}}{\alpha F (\beta C - C_L)} \right] (1,024^{20-T}) \quad (\text{kg / h})$$

* *Xác định lưu lượng không khí cần cấp*

$$Q_{kk} = \left(\frac{SOTR}{E * 60 * 0,27} \right) \quad (\text{m}^3 / \text{ph})$$

Với $E = 35\%$ [1, 44]

Khi xác định được lượng không khí cần cấp, lựa chọn ejector theo các hãng sản xuất. Hoặc thiết kế, chế tạo ejector theo nghiên cứu [15].

Các bước trên là trình tự tính toán khi xử lý triệt để đồng thời SS, BOD₅, COD, NH₄⁺, tổng Nitơ. Các trường hợp xử lý khác như (1) Xử lý theo SS, COD và BOD₅; (2) Xử lý theo COD, BOD₅ và Amoni; (3) Xử lý theo COD, BOD₅ và tổng Nitơ cũng thực hiện tương tự.

3.8. Ứng dụng thực tế bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa xử lý triệt để nước thải sinh hoạt cho Trạm xử lý nước thải sinh hoạt 150m³/ngđ

3.8.1. Vị trí, quy mô, tính chất trạm xử lý nước thải ứng dụng

a) Vị trí

Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa xử lý triệt để nước thải sinh hoạt được ứng dụng ở huyện Đan Phượng, thành phố Hà Nội. Vị trí mặt bằng trạm xử lý, mặt bằng tổng thể khu vực ứng dụng bể lọc xem hình PL3.1 phụ lục 3.

b) Đặc điểm nước thải và hệ thống thoát nước

- Công ty có hệ thống mạng lưới thu gom nước mưa và nước thải sinh hoạt riêng hoàn toàn.

- Đặc điểm nước thải sinh hoạt của trạm xử lý: là nước thải sinh hoạt từ nhà ăn, các khu văn phòng, phòng học, hội trường, ký túc xá.

c) Quy mô, công suất trạm xử lý

Trạm xử lý xây mới với công suất 150 m³/ngđ.

d) Yêu cầu nước thải sau xử lý

Nước thải sau xử lý đạt cột A theo QCVN 14:2018/BTNMT.

3.8.2. Trạm xử lý nước thải ứng dụng

a) Sơ đồ dây chuyền công nghệ

Trạm xử lý nước thải sinh hoạt ứng dụng có công suất 150 m³/ngđ có sơ đồ dây chuyền công nghệ như Hình 3.49.

b) Kích thước các công trình trước khi nước thải vào bể lọc

Với thông số nước thải đầu vào như Bảng 3.19 và nước thải sau bể lắng 2 đạt cột B của QCVN 14:2008/BTNMT. Kích thước các công trình xem phụ lục 3.

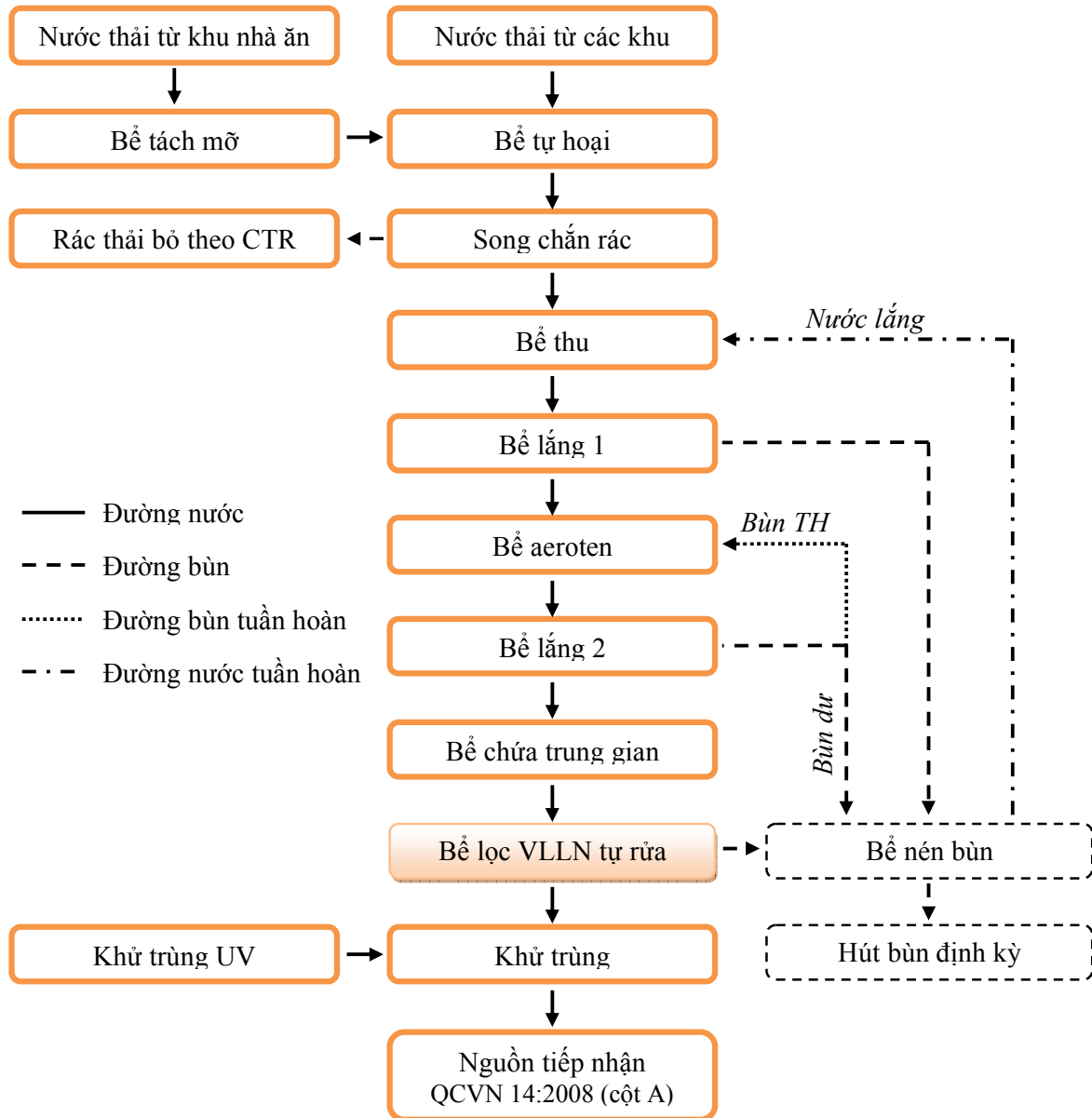
c) Tính toán bể lọc vật liệu lọc nổi

- Trạm xử lý nước thải thiết kế có công suất 150 m³/ngđ với các thông số như sau:

Bảng 3.19. Các thông số ô nhiễm trong nước thải để thiết kế bể lọc VLLN tự rửa

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị thiết kế	
			Trước bể lọc	Sau bể lọc
1	SS	mg/l	100	50
2	BOD ₅	mg/l	50	30

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị thiết kế	
			Trước bể lọc	Sau bể lọc
3	COD	mg/l	150	75
4	Amôni (tính theo N)	mg/l	10	5
5	Tổng nitơ	mg/l	40	20



Hình 3.49. Sơ đồ dây chuyền công nghệ trạm xử lý nước thải 150 m³/ngđ

Bước 1: Xác định thời gian phản ứng của COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nito

Với thông số COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nito đầu vào và đầu ra S₀, S_t ở Bảng 3.20 và lý thuyết nêu ở mục 3.8.2 xác định được:

Bảng 3.20. Bảng xác định thời gian phản ứng bể lọc VLLN tự rửa

STT	Chỉ số	S ₀ (mg/l)	S _t (mg/l)	k	t (phút)
1	COD (mg/l)	150	75	0,075	9,24
2	BOD ₅ (mg/l)	50	30	0,08	6,39
3	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	10	5	0,082	8,45
4	Tổng Nito mg/l)	40	20	0,042	16,50

Bước 2: Xây dựng ma trận xác định chiều dày vật liệu lọc

Lựa chọn vận tốc lọc từ 5 m/h; 7,5 m/h; 10 m/h để xác định được chiều dày vật liệu lọc tương ứng với vận tốc đã chọn.

Căn cứ vào bảng tổng hợp *Bảng 3.21*, chọn được chiều dày vật liệu lọc ứng với mỗi vận tốc lọc v = 5m/h; 7,5 m/h; 10 m/h xử lý theo COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nito chọn chiều dày vật liệu lọc lớn nhất lần lượt là 1,38m; 2,06m và 2,75m.

Bảng 3.21. Bảng xác định chiều dày lớp vật liệu lọc của bể lọc ứng dụng

STT	Chỉ số	Với v = 5 m/h		Với v = 7,5 m/h		Với v = 10 m/h	
		Vận tốc lọc (m/h)	Lx (m)	Vận tốc lọc (m/h)	Lx (m)	Vận tốc lọc (m/h)	Lx (m)
1	COD (mg/l)	5	0,77	7,5	1,16	10	1,54
2	BOD ₅ (mg/l)	5	0,53	7,5	0,80	10	1,06
3	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	5	0,70	7,5	1,06	10	1,41
4	Tổng Nito mg/l)	5	1,38	7,5	2,06	10	2,75

Bước 3: Xác định thời gian bảo vệ (T_{bv})

Ứng với chiều dày vật liệu lọc $v = 5$ m/h; $v = 7,5$ m/h và $v = 10$ m/h đã xác định được ở bước trên với vật liệu lọc nổi polystyren có được thời gian bảo vệ.

Bảng 3.22. Xác định thời gian bảo vệ của bể lọc VLLN tự rửa ứng dụng

STT	Các thông số	Vận tốc lọc (m/h)			Ghi chú
		7,5	5	10	
1	Chiều dày vật liệu x (m)	2,06	1,38	2,75	
2	Đường kính hạt vật liệu d (mm)	1,2	1,2	1,2	
3	Hệ số cường độ bứt của cặn a	0,562	0,375	0,749	
4	Hệ số cường độ bám dính b	11,48	15,248	9,386	
5	Tỷ lệ C_t^{tb}/C_0^{tb}	0,5	0,5	0,5	
6	Hệ số X_0	0,7	0,7	0,7	
7	Hệ số k	1	1	1	
8	Thời gian bảo vệ T_{bv} (h)	40,83	54,29	33,51	
9	Chu kỳ lọc T (h)	34,0	45,0	28,0	

Bước 4: Xác định chiều cao xi phong của bể lọc

Với các vận tốc $v = 5$ m/h; $v = 7,5$ m/h và $v = 10$ m/h có thời gian bảo vệ khác nhau đã xác định được ở bước 3 thay vào phương trình h_3 nêu bước 4 ở mục 3.8.

Bảng 3.23. Bảng xác định chiều cao xi phong

STT	Vận tốc lọc, v (m/h)	Chiều cao xi phong, h_3 (cm)	Ghi chú
1	5	58,46	
2	7,5	49,07	
3	10	45,75	

Bước 5: Lập ma trận thông số công nghệ theo BOD₅, NH₄⁺-N, tổng Nito và SS

Từ kết quả tính toán ở Bảng 3.21 đến Bảng 3.23 lập được bảng tổng hợp các thông số v, L, T của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ở Bảng 3.24 dưới đây.

Bảng 3.24. Bảng tổng hợp thông số công nghệ theo BOD₅, NH₄⁺-N, tổng Nito và SS

STT	Vận tốc lọc, (m/h)	Chiều dày vật liệu lọc, Lx (m)	Chu kỳ lọc, T (h)	Chiều cao xi phông (cm)
1	5	1,38	45,0	58,46
2	7,5	2,06	34,0	49,07
3	10	2,75	28,0	45,75

Các khuyến cáo với bài toán kỹ thuật thực tế và các quy phạm hiện hành thì nên lấy chiều dày vật liệu lọc của bể lọc nổi không quá 2,0 m [15, 16, 78] và chiều cao xi phông không quá 7m [15, 16, 78]. Ngoài ra còn căn cứ yếu tố kinh tế để lựa chọn vận tốc lọc tối ưu cho bể lọc.

Chọn bể lọc vật liệu lọc nổi polystyren để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt có vận tốc lọc v = 5 m/h; chiều dày vật liệu lọc Lx = 1,40; chu kỳ lọc T = 45h;

Bước 6: Xác định đường kính của bể lọc vật liệu lọc nổi

Với vận tốc lọc v = 5 m/h; Q = 150 m³/ngày; số bể lọc chọn n = 2 bể có được thông số đường kính bể lọc như sau.

Bảng 3.25. Bảng xác định đường kính bể lọc thiết kế

STT	Q (m ³ /ngày)	v (m/h)	F (m ²)	n - số bể lọc	f (m ²)	D (m)
1	150	5	1,25	2	0,63	0,9

Bước 7: Xác định đường kính xi phông rửa lọc

*** Xác định đường kính xi phông:**

Với đường kính bể lọc D = 0,9m;

Đường kính xi phông xác định theo đồ thị Hình 3.48 có được:

$$d_2 = 0.0963 \times 0,9 + 0.0027 = 0,09 \text{ (m)} = 90 \text{ (mm)}$$

Chọn đường kính xi phông theo kích thước ống tiêu chuẩn $d_2 = 100\text{mm}$.

Với $d_2 = d_3$; Chọn $h_5 = 55 \text{ cm}$

Bước 8: Xác định chiều cao bể lọc

* *Xác định chiều cao nước rửa lọc:*

Chọn cường độ rửa lọc $q = 10$ (l/s.m²); và thời gian rửa lọc $t_r = 120$ (s)

Chiều cao nước rửa lọc:

$$h_1 = \frac{q \times t_r}{1000} = \frac{10 \times 120}{1000} = 1,2 \quad (m) \quad (3.3)$$

* *Xác định độ giãn nở vật liệu (%):*

$$E = 6,592 \times q - 21,09 = 6,592 \times 10 - 21,09 = 44,83 \quad (\%) \quad (3.4)$$

* *Xác định chiều cao để vật liệu giãn nở khi rửa lọc:*

$$h_2 = L \times E + h_d + d_1 \quad (3.5)$$

Trong đó:

h_d : Chiều cao bảo vệ để tránh VLL thất thoát ra ngoài khi rửa lọc;

chọn $h_d = 0,3$ m;

d_1 : Đường kính ống phân phối;

$$d_1 = 0,15 \quad (m)$$

$$\rightarrow h_2 = 1,4 \times 45\% + 0,3 + 0,15 = 1,1 \quad (m)$$

* *Chiều cao bể lọc được xác định theo công thức:*

$$H = h_1 + h_2 + h_6 + L$$

Trong đó:

h_6 - Chiều cao bảo vệ bể lọc, chọn $h_6 = 0,3$ m;

$$\rightarrow H = h_1 + h_2 + h_6 + L = 1,2 + 1,1 + 0,3 + 1,4 = 4,0 \quad (m)$$

Bước 9: Xác định lượng khí cần cấp

a) *Tính toán nhu cầu oxy cần thiết [1, 44]*

* *Xác định lượng bùn phát sinh:*

$$P_x = Y_{obs} * Q * (C_{SS\ vào} - C_{SS\ ra}) \quad (g/ngày)$$

Trong đó:

Y_{obs} : Hệ số tăng trưởng sinh khối, $Y_{obs} = 0,12$ g-VSS/g-bCOD;

$C_{SS\ vào}$: Nồng độ SS trước khi xử lý (g/m³);

C_{SSra} : Nồng độ SS sau khi xử lý (g/m^3);

$$\rightarrow P_x = 0,12 * 150 * (100 - 30) = 900 \quad (g/ngđ)$$

* *Xác định lượng nitơ bị ôxy hóa:*

$$NO_x = TKN - N_e - 0,12 * P_x / Q$$

Trong đó:

TKN : Tổng nitơ theo Kjeldahl đầu vào trước khi xử lý (g/m^3);

N_e : NH_4^+ đầu ra sau xử lý (g/m^3);

$$\rightarrow NO_x = 40 - 5 - 0,12 * 900 / 150 = 34,28 \quad (g/m^3)$$

* *Xác định nhu cầu ôxy cần thiết:*

$$R_0 = Q(S_0 - S) - 1,42 * P_x + 4,33 * Q * (NO_x) \quad (g/ngày)$$

Trong đó: S_0, S : Nồng độ BOD_5 của đầu vào và đầu ra (g/m^3);

$$\rightarrow R_0 = 150 * (50 - 30) - 1,42 * 900 + 4,33 * 150 * 34,28$$

$$= 23986,9 \quad (g/ngđ) = 1,0 \quad (kg/h)$$

b) *Tính toán lượng không khí cần cấp [1, 44]*

* *Xác định nồng độ ôxy bão hòa:*

- Với $P_b = P_a$ (vị trí đặt công trình có áp suất bằng áp suất khí quyển).
- Nồng độ ôxy ở $20^{\circ}C$ là $C_{20} = 9,08 \text{ mg/l}$;
- Nồng độ ôxy C_t ở nhiệt độ T tra theo bảng sau:

Bảng 3.26. Bảng quan hệ giữa nồng độ ôxy và nhiệt [1, 44]

T ($^{\circ}C$)	0	8	12	20	28	36
C_t (mg/l)	14,6	11,8	10,77	9,08	7,81	6,82

Giả thiết với nồng độ ôxy thoát khỏi bể là $O_t = 19\%$. Nồng độ ôxy cần:

$$C_s = C_t \frac{1}{2} \left(1 + \frac{O_t}{21} \right) = 0,98 \frac{1}{2} \left(1 + \frac{19}{21} \right) = 8,65 \quad (mg/l)$$

* *Xác định tốc độ hòa tan ôxy SOTR với $\alpha=0,65$; $\beta=0,95$ và $F=0,9$; $AOTR = R_0$*

$$SOTR = AOTR \left[\frac{C_{20}}{\alpha F (\beta C_s - C_t)} \right] (1,024^{20-T}) \quad (kg/h)$$

$$SOTR = 1,0 \cdot \left[\frac{9,08}{0,65(0,95 * 8,65 - 0,98)} \right] (1,024^{20-20}) = 3,03 \quad (kg / h)$$

* *Xác định lưu lượng không khí cần cấp*

$$Q_{KK} = \left(\frac{SOTR}{E * 60 * 0,27} \right) \quad (m^3 / ph)$$

$$Q_{KK} = \left(\frac{3,03}{35\% * 60 * 0,27} \right) = 0,54 \quad (m^3 / ph)$$

Với E = 35% [1, 44].

Bảng 3.27. Tổng hợp thông số thiết kế của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa cho trạm xử lý 150 m³/ngđ

STT	Ký hiệu	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	D	Đường kính bể lọc	m	0,9
2	n	Tổng số bể lọc	bể	2
3	H	Chiều cao tổng thể bể lọc	m	4,0
4	h1	Chiều cao phần chứa nước rửa lọc	m	1,2
5	L	Chiều cao vật liệu lọc	m	1,4
6	h2	Khoảng chiều cao để vật liệu giãn nở khi rửa lọc	m	1,1
7	h3	Chiều cao giữa mực nước max trong bể lọc với đỉnh xi phông	m	0,6
8	h5	Chiều cao khóa thủy lực	m	0,4
9	h6	Chiều cao bảo vệ của bể lọc	m	0,3
10	d1	Đường kính ống phân phối nước vào bể	mm	150
11	d2	Đường kính xi phông rửa lọc	mm	100
12	d3	Đường kính khóa thủy lực	mm	100

d) Các bản vẽ thiết kế và hình ảnh:

Các bản vẽ thiết kế trạm xử lý nước thải công suất 150m³/ngđ, bể lọc vật liệu nổi tự rửa polystyren với d=1,22mm và các hình ảnh về trạm xử lý được thể hiện ở phụ lục 3.

e) Kết quả xử lý của bể lọc ứng dụng và đánh giá

Kết quả ứng dụng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt được thể hiện ở phụ lục 1.5. Tính toán được nêu ở bảng sau:

Bảng 3.28. Tổng hợp thông số kết quả của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa cho trạm xử lý 150 m³/ngđ

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị kết quả bể lọc ứng dụng			QCVN 14:2008/BTNMT Cột A
			Trước bể lọc	Sau bể lọc	Hiệu suất trung bình	
1	SS	mg/l	69-108	21-38	67,25%	50
2	BOD ₅	mg/l	48-78	13-22	69,28%	30
3	COD	mg/l	92-144	33-62	66,27%	75
4	Amôni	mg/l	8,4-11,5	2,9-3,5	77,31%	5
5	Tổng nitơ	mg/l	26-34,5	12-16	54,6%	20

Bể lọc làm việc với vận tốc lọc $v = 5\text{m/h}$, kết quả phân tích cho thấy các thông số SS, BOD₅, COD, amoni, tổng Nitơ sau xử lý để nhỏ hơn giá trị cột A của QCVN 14:2008/BTNMT.

Chu kỳ lọc rửa lọc: chu kỳ rửa lọc của bể khi làm việc với vận tốc lọc 5m/h là 43h – 47,5h

Kết quả của bể lọc chứng tỏ khả năng ứng dụng lớn của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa cho công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.

Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa chứng tỏ khả năng thích ứng và làm việc ổn định.

Những ưu điểm của bể lọc vật liệu lọc nổi tự động rửa lọc 100% trên nguyên lý thủy lực, bể có cấu tạo không van, không khóa, không có bộ phận chuyển động nên không bị hao mòn đã được chứng thực trong ứng dụng thực tế để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt gần 1 năm qua với độ ổn định cao. Điều đó đã chứng minh sự đúng đắn của các thông số thiết kế nghiên cứu được của Luận án.

3.8.3. *Đánh giá kinh tế kỹ thuật cụm xử lý triệt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi*

Từ bảng PL2.14 có được suất đầu tư cho 1m^3 nước thải của trạm xử lý ứng dụng là 21.017.000 VNĐ (Bằng chữ: Hai mươi một triệu, không trăm mười bảy nghìn đồng).

So sánh với suất đầu tư theo *Quyết định số 451/QĐ-BXD ngày 21 tháng 4 năm 2015 của Bộ Xây dựng về Công suất vốn đầu tư xây dựng và mức chi phí xử lý nước thải sinh hoạt*, cho trạm xử lý công suất nhỏ hơn $2.000\text{ m}^3/\text{ngđ}$ theo Quyết định 451/QĐ-BXD là 23.000.000 VNĐ (Bằng chữ: Hai mươi ba triệu đồng). Vậy suất vốn đầu tư công nghệ luận án đề xuất thấp hơn suất đầu tư của Bộ Xây dựng.

Từ bảng PL2.17 có được chi phí vận hành trạm xử lý nước thải ứng dụng là $5.300\text{ VNĐ}/\text{m}^3$ (Bằng chữ: Năm nghìn ba trăm đồng).

Cũng so sánh kết quả trên với quyết định số 451/QĐ-BXD nêu trên của Bộ Xây dựng; chi phí quản lý vận hành với trạm xử lý công suất nhỏ hơn $2.000\text{ m}^3/\text{ngđ}$ và nước sau xử lý đạt cột A theo QCVN 14:2008/BTNMT là $7.700\div 9.350$ đồng.

Vậy chi phí vận hành của trạm xử lý nước thải ứng dụng cũng có chi phí vận hành thấp hơn suất đầu tư của quyết định Quyết định số 451/QĐ-BXD.

Như vậy bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ứng dụng để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt $150\text{ m}^3/\text{ngđ}$ ngoài vận hành cho kết quả tốt còn có suất đầu tư thấp hơn và chi phí vận hành cũng thấp.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận:

1. Luận án đã tổng quan được các vấn đề cấp thiết hiện nay tại Việt Nam và trên Thế giới về xử lý triệt để nước thải sinh hoạt cũng như các kết quả nghiên cứu, các cấu tạo, các sáng chế, các ứng dụng về bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.

2. Luận án đã xây dựng cơ sở lý thuyết và tiến hành thực nghiệm xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ở chế độ loại bỏ đồng thời theo: (1) hàm lượng chất lơ lửng SS và các hợp chất hữu cơ; (2) hàm lượng chất lơ lửng SS, các hợp chất hữu cơ, các chất dinh dưỡng.

3. Bảng thực nghiệm đã chứng minh được hiệu quả xử lý triệt để nước thải sinh hoạt theo SS, BOD₅, COD, NH₄⁺, tổng Nitơ qua lớp vật liệu polystyrene lần lượt như sau (i) 58,10%; 64,40%; 66,90%; 73,60%; 45,50% với vận tốc 5m/h; (ii) 53,32%; 60,67%; 61,48%; 66,02%; 43,03% với vận tốc lọc 7,5 m/h; (iii) 47,75%; 44,85%; 40,75%; 40,75%; 17,30% với vận tốc lọc 10 m/h;

4. Bảng thực nghiệm tìm ra được quan hệ động học các thông số công nghệ của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa làm việc ở chế độ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt như (i) gia tăng tổn thất theo thời gian; (ii) nồng độ chất bản SS, nồng độ chất hữu cơ theo các chỉ số BOD, COD; nồng độ các hợp chất dinh dưỡng (NH₄⁺, tổng N);

5. Bảng thực nghiệm đã tìm ra các thông số lọc xác định cường độ bút cặn (a) và thông số lọc xác định cường độ bám dính cặn (b) lần lượt như sau: a = 0,375, b = 15,242 với vận tốc lọc 5m/h; a = 0,562, b = 11,48 với vận tốc lọc 7,5 m/h; a = 0,75, b = 9,382 với vận tốc lọc 10 m/h;

6. Bảng thực nghiệm đã tìm ra hằng số tốc độ phản ứng với việc loại bỏ các chất hữu cơ theo chỉ số BOD₅, COD, các chất dinh dưỡng theo chỉ số NH₄⁺, tổng Nitơ lần lượt như sau: k_{BOD} = 0,08; k_{COD} = 0,075; k_{NH₄⁺} = 0,082; k_{tổng N} = 0,042;

7. Kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho phép xác lập được mô hình toán học mô tả quá trình xử lý bậc 3 triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa;

8. Kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho phép xây dựng được phương pháp tính toán thiết kế công trình bậc 3 xử lý triệt để nước thải sinh hoạt trên cơ sở tối ưu hóa vận tốc lọc, thời gian bảo vệ, chiều cao xi phông, chiều dày lớp vật liệu lọc cho các chế độ loại bỏ đồng thời theo: (1) hàm lượng chất lơ lửng SS và các hợp chất hữu cơ (BOD_5 , COD); (2) hàm lượng chất lơ lửng SS, các hợp chất hữu cơ (BOD_5 , COD), các chất dinh dưỡng (NH_4^+ , tổng Nitơ).

9. Kết quả nghiên cứu được ứng dụng ra ngoài thực tế cho trạm xử lý công suất $150\text{ m}^3/\text{ngđ}$ đã chứng tỏ được sự đúng đắn của phương pháp tính toán được xây dựng.

Kiến nghị:

1. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự động thủy lực để xử lý nước thải là công trình tổ hợp được các quá trình xử lý cơ học (lọc SS) và quá trình sinh học (loại bỏ BOD và Nitơ) vào trong một bể có thể ứng dụng có hiệu quả để cải tạo nâng cấp các công trình xử lý nước thải hiện hữu hoặc cho công trình xử lý nước thải xây mới nhằm đạt tiêu chuẩn xả thải ngày càng cao hơn hoặc nhằm mục đích dùng cho công nghệ tái sử dụng, tuần hoàn nước thải. Kiến nghị đề xuất đưa bể lọc vật liệu lọc nổi nói chung và bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa nói riêng vào tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam.

2. Kiến nghị hướng nghiên cứu tiếp theo là kết hợp bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa và công nghệ màng trong một công trình xử lý sinh học;

3. Kiến nghị hướng nghiên cứu tiếp theo là kết hợp bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa và bể sinh học MBBR thành cụm công trình tự rửa hoàn toàn bằng thủy lực;

4. Trên cơ sở mô hình toán học có được, tiếp tục nghiên cứu xây dựng phần mềm tính toán thiết kế bể lọc vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.

5. Nghiên cứu ứng dụng rộng rãi trong tương lai 2 đề xuất cấu tạo mới tích hợp bể phản ứng sinh học – bể lọc vật liệu lọc nổi hoạt động tự động hoàn toàn trên nguyên lý thủy lực cho xử lý nguồn nước ô nhiễm chất hữu cơ, ô nhiễm amôni trong dây chuyền xử lý nước cấp sinh hoạt.

**CÁC BÀI BÁO KHOA HỌC
ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN**

1. Phạm Văn Dương, Trần Thanh Sơn (2015), *Ứng dụng bể lọc vật liệu lọc nổi xử lý nước mặt cấp nước sinh hoạt tại tỉnh Hà Nam*, Tạp chí Kiến trúc & Xây dựng, số 18-2015, trang 75-78.
2. Phạm Văn Dương (2017), *Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa giải pháp trong xử lý triệt để nước thải sinh hoạt hiện nay ở Việt Nam*, Tạp chí Xây dựng & Đô thị, số 57-58/2017, trang 95-99.
3. Phạm Văn Dương (2018), *Xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa*, Tạp chí Kiến trúc & Xây dựng, số 29-2018, trang 59-62.
4. Phạm Văn Dương (2018), *Xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa (vận tốc lọc 7,5 m/h)*, Tạp chí Khoa học & Công nghệ, số 44.2018, trang 108-111.
5. Tran Thanh Son, Pham Van Duong (2017), *Advanced wastewater treatment by hydraulic automatic floating media filter*, Vietnam Journal of Science and Technology, 55 (4C), pp 291-296.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt.

1. Lê Thọ Bách (2017), *Biên soạn tài liệu “Mô hình hóa các công nghệ xử lý nước thải” dùng trong các trường đại học đào tạo về Kỹ thuật Môi trường.* Trường Đại học Xây dựng, Hà Nội.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2011), *Qui chuẩn quốc gia về nước thải công nghiệp*, QCVN 40 :2011/BTNMT.
3. Bộ tài nguyên và Môi trường QCVN (2008), *Qui chuẩn quốc gia về nước thải sinh hoạt*, QCVN 14: 2008/BTBMT.
4. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015), *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia 2011-2015*, Hà Nội.
5. Lê Văn Cát (2007), *Xử lý nước thải giàu hợp chất Nitơ và phootspho*, Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và công nghệ, Hà Nội.
6. Nguyễn Ngọc Dung (2009), *Xử lý nước cấp*, Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội
7. Trần Đức Hạ (2006), *Xử lý nước thải đô thị.* Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà nội.
8. Nguyễn Văn Hiền (2016), *Nghiên cứu giải pháp nâng cao hiệu quả xử lý sơ bộ nước mặt tại công trình thu nước bằng lắng lamen, lọc vật liệu lọc nổi*, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Kiến trúc Hà nội.
9. Hoàng Văn Huệ (2002), *Thoát nước Tập 2, Xử lý nước thải*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
10. Trịnh Xuân Lai (2002), *Cấp nước – Tập 2 Xử lý nước thiên nhiên cấp cho sinh hoạt và công nghiệp*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
11. Trịnh Xuân Lai (2013), *Tính toán thiết kế các công trình xử lý nước thải*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
12. Trịnh Xuân Lai (2017), *Xử lý nước thải sinh hoạt và công nghiệp theo công nghệ O/A*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

13. Nguyễn Thanh Phong (2017), *Nghiên cứu quá trình tự rửa bể lọc vật liệu lọc nổi dùng cho các trạm cấp nước quy mô nhỏ*, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.
14. Nguyễn Văn Phước (2015), *Giáo trình Xử lý nước thải sinh hoạt và công nghiệp bằng phương pháp sinh học*, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
15. Trần Thanh Sơn (2013), *Nghiên cứu công nghệ tự rửa bể lọc vật liệu lọc nổi xử lý nước cấp cho sinh hoạt*, Đề tài nghiên cứu độc lập cấp nhà nước mã số ĐTĐL.2009/T02, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội.
16. Trần Thanh Sơn (2016), *Bể lọc vật liệu lọc nổi trong dây chuyền công nghệ xử lý nước thiên nhiên*, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
17. Ngân hàng Thế giới. (2013). *Đánh giá hoạt động quản lý nước thải đô thị Việt Nam*, Hà Nội.
18. Nguyễn Văn Tín (1998). *Nghiên cứu sử dụng bể lọc VLL nổi trong dây chuyền công nghệ khử sắt nước ngầm bằng phương pháp làm thoáng*, Luận án tiến sỹ, Hà nội.
19. Nguyễn Văn Tín (2001), *Nghiên cứu quy trình rửa bể lọc VLL nổi và các thông số tính toán thiết kế hệ thống rửa bể lọc VLL nổi*, Báo cáo đề tài NCKH cấp Bộ.
20. Phạm Ngọc Thái (1986), *Sử dụng bể lọc VLL nổi trong cấp thoát nước cho các đối tượng nhỏ và Quân đội*, Luận án PTS.KHKT Trường Đại học Bách Khoa RNO Tiệp Khắc.
21. Lâm Minh Triết, Lê Hồng Việt (2009), *Vi sinh vật nước và nước thải*, Nhà Xuất bản Xây dựng.
22. Lâm Minh Triết, Trần Hiếu Nhuệ (2015), *Xử lý nước thải Tập 1&2*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
23. Trung tâm đào tạo ngành nước và môi trường (2011), *Sổ tay xử lý nước tập 1&2*, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

24. Công ty TNHH Young One Nam Định (2015), *Báo cáo đánh giá tác động môi trường dự án “Điều chỉnh quy mô tổng thể của Công ty TNHH Youngone Nam Định”*, Nam Định.

Tiếng Anh.

25. A. I. Zouboulis, N. K. Lazaridis and A. Grohmann.(2007). *Toxic metals removal from waste waters by upflow filtration with floating filter medium. I. The case of zinc*, *Separation Science and Technology*, 37:2, pp 403-416, DOI: 10.1081/SS-120000795.

26. Allan T. Mann, Leopoldo Mendoza-Espinosa and Tom Stephenson. (1999). *Performance of floating and sunken media biological aerated filters under unsteady state conditions*. *Wat. Res.* Vol. 33, No. 4, pp. 1108-1113. © 1999 Eisevier Science Ltd.

27. Andrew K. Hsiung, Corvallis Oreg. (1985), *Water filtration process and apparatus having upflow filter with buoyant filter media and downflow filter with nonbuoyant filter medla*. Patent Number: 4,547,286. *United States Patent*.

28. A. T. Mann and T. Stephenson (1997), *Modelling biological aerated filters for wastewater treatment*, *Wm. Res.* Vol. 31, No. 10, pp. 2443-2448. © 1997 Elsevier Science Ltd.

29. Bigot.B (1990), *A new Generation of Biological Aerated Filters*. B. Bigot., X. Le Tallec, *Journal CIWEM*, 13, October. № 13/5, c 363-368.

30. B. Rusten, H. Odegaard and A. Lundar (1999), *Treatment of dairy wastewater in a novel moving bed biofilm reactor*, *Wat. Sci. Tech.* Vol. 26, No. 3-4, pp. 703-711, 1992.

31. B. Hodkinson (1999), *Development of Biological Aerated Filters: a review*, B. Hodkinson., J.B. Williams J, *CIWEM*, 13 August; № 13/4, pp 250-254.

32. Eliassen Rolf, H. King Paul, and K. Linskey Ray (1989), *Industrial Water Pollution Control*. McGraw-Hill International Editions.

33. EPA Region (2007), *Advanced Treatment to Achieve Low Concentration of Phosphorus* .

34. Frank Rogalla and Marie-Marguerite Bourbigot (1990), *New developments in complete nitrogen removal with biological aerated filters*. Wat. Sci. Tech. Vol. 22, No. 1/2, pp. 273-280.

35. Garrett, M.T., and C. N. Sawayer (1960), Kinetics of removal of soluble BOD by activated Sludge. *Proceedings, 7th Industrial Waste Conference, Purdue University, West Lafayette*. Ind., Vol. 36, p.5.

36. Hassimi Abu Hasan, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Siti Kartom Kamarudin and Noorhisham Tan Kofli (2009), *A review on the design criteria of biological aerated filter for COD, ammonia and manganese removal in drinking water treatment*. Department of Chemical and Process Engineering, Faculty of Engineering and Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia.

37. Henze Mogens, Poul Harremoes, Jes la Cour Jansen, Erik Arvin (1995), *Wastewater treatment: Biological and Chemical Processes*. Springer- Verlag, Berlin Heidelberg.

38. Henze, M., Harremoes, P., Jansen, J.I.C. & Arvin, E (2002), *Wastewater treatment: Biological and Chemical Processes*. 3rd ed. Spingger, Berlin.

39. Hitoshi Miyaki, Susumu Adachi, Koji Suda, Yasunari Kojima (2000), *Water recycling by floating media filtration and nanofiltration at a softdrink factory*. Environmental Technology Development Center, EBARA Corporation, 4-2-1 Honfujisawa, Fujisawa 251-8502, Japan.

40. Jinwoo Jeong, Taira Hidaka, Hiroshi Tsuno, Toshiyuki Oda (2006), *Development of biological filter as tertiary treatment for effective nitrogen removal: Biological filter for tertiary treatment*. *Water Research*, 40(2006), pp4 - 1136.

41. Ken Sutherland (2008), *Filters and Filtration Handbook. Fifth edition*. ISBN: 978-1-8561-7464-0. Elsevier, 2008.

42. Larry D. Benefield (1980), *Biological Process design for Wastewater treatment*. Prentice- Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ 07632.

43. Leopoldo Mendoza-Espinosa and Tom Stephenson (1999), *A Review of Biological Aerated Filters (BAFs) for Wastewater Treatment*. Environmental

engineering science, Volume 16, Number 3, 1999 Mary Ann Liebert, Inc.

44. Metcalf & Eddy (2004), *Wastewater engineering. Treatment and Reuse*. Inc. McGraw-Hill Education. 3rd edition.

45. Metcalf & Eddy (2014), *Wastewater engineering. Treatment and Resource Recovery*. Inc. McGraw-Hill Education. 5th edition.

46. Mohammed K. Zaidi (2006), *Wastewater Reuse – Risk Assessment – Decision Making and Environmental Security*. ISBN 978-1-4020-6027 -4 (e-book). Springer, 2006.

47. M. Payraudeau, C. Paffoni and M. Gousailles (2000), *Tertiary nitrification in an up flow biofilter on floating media: influence of temperature and COD load*. Water Science and Technology, Vol 41, No 4-5, pp 21-27. © IWA Publishing 2000.

48. Ngo. H. H. and s. Vigheswarean (2007), *Research note application of floating medium filter in water and wastewater treatment with contact – flocculation filtration arrangement*. School of Civil Engineering, University of Technology, Sydney, p.o. Box 123, Broadway.

49. N. Puznava, M. Payraudeau and D. Thornberg (2001), *Simultaneous nitrification and denitrification in biofilters with real time aeration control*. Water Science and Technology, Vol 43, No 1, pp 269-276. IWA Publishing and the authors.

50. Ødegaard H., Ulgenes Y., Brevik D., and Liao Z (1998), *Enhanced Primary Treatment in Floating Filters*. Chemical Water and Wastewater Treatment V, Hermann H. Hahn . Erhard Hoffmann.

51. Ødegaard H., Rusten, B., Siljudalen, J (1999), *The development of the moving, bed biofilm process – from idea to commercial product*. Eur. Water Manage. 2 (3), 36-43.

52. Pearce. P (1999), *A nitrification model for Mineral-Media Trickling Filters*, P. Pearce., S. Williams. J. CIWEM, 13 April, № 13/1, c 84-92.

53. Robert J (2003), *The microbiology of biological phosphorus removal in activated sludge systems*, J. Seviour Robert, Mino Takashi, Onuki Motoharu.

Institute of Environmental Studies, Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo.

54. Takatoshi Wako (2012), *Industrial Wastewater Management in Japan*. Deputy Director. Water Environment Division Environment Management Bureau, Ministry of the Environment, Japan.

55. Taira Hidaka, Hiroshi Tsuno, Naoyuki Kishimoto (2003), *Advanced treatment of sewage by pre-coagulation and biological filtration process*. Water Research, 37 (2003), pp 4259-4269.

56. Tom D. Reynold (1982), *Unite Operation and Process in Environmental Engineering*. D. Reynold Tom- Texas A&M University. Brooks-Cole Engineering division Monterey. A division of Wadsworth, Inc., Belmont California.

57. Tran Thanh Son, Pham Van Duong (2017), *Advanced wastewater treatment by hydraulic automatic floating media filter*. Vietnam Journal of Science and Technology, 55 (4C), pp 291-296.

58. Rebecca Moore, Joanne Quarmby and Tom Stephenson (2001), *The effects of media size on the performance of biological aerated filters*. *Wat. Res.* Vol. 35, No. 10, pp. 2514-2522. © 2001 Elsevier Science Ltd.

59. Ronald F. Malone (1992), *Floating media biofilter*. Patent Number: 5,126,042, Date of Patent: Jun. 30, 1992, United States Patent.

60. Ronald F. Malone (1993), *Floating media hourglass biofilter*. Patent Number: 5,232,586. Date of Patent: Aug. 3, 1993, United States Patent.

61. William K. Oldham (2001), *Development of biological nutrient removal technology in western Canada*, K. Oldham. William, Rabinowitz. Barry, Can. J. Civil Engineering. 28 (Suppl.1): 92-101, c 92-101.

62. Wilhelm u. Hartmann, Sepulveda; Larry c. Augustine, Saugus, both of Calif.; Daniel J. Ryan, Tuckerton, N.J (1980), *Filter element having removable filter media member*. Patent No: 4,218,324. United States Patent and Trademark Office.

63. Weimin Xie, Qunhui Wang, Guanling Song, Masao Kondo, Masafumi Teraoka, Yukihide Ohsumi, Hiroaki I. Ogawa (2003), *Upflow biological filtration*

with floating filter media. Department of Environmental Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, 202 Haihe Road, Nangang District, Harbin 150090, China R&D Department, Best Industries, Inc., 16-9 Enoki-cho, Suita City, Osaka564, Japan c Department of Biological Functions and Engineering, Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology, 2-4 Hibikino, Wakamatsu-ku, Kitakyushu 808-0196, Japan.

Tiếng Nga.

64. Абрамов А.В. , Куликов Н. И (1991), *Биологическая и биосорбционная доочистка сточных вод на гранулированной и волокнистой загрузках.* Сборник научных трудов ВНИИ ВОДГЕО. с24-29. Москва.

65. Бронштейн И.Н (1986), *Справочник по математике*, И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. -М.

66. Валерий Орлов, Сергей Мартынов, Екатерина Корнийчук (2014), *Использование пенополистирольных фильтров при обезжелезивании воды.* MOTROL. – Commission of Motorization and Energetics in Agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin – Rzeszow, – Vol. 16, №6.53- 60.

67. Варфоломеев С.Д (1999), *Биокинетика: практический курс*, С.Д. Варфоломеев, К.Г. Гуревич. - М.: ФАИР-ПРЕСС, 720с.: ил.

68. Гироль Н.Н (2002), *Опыт работы фильтров с плавающей пенополистирольной загрузкой в схемах очистки воды.* Д-р техн, Наук. Украинский государственный университет водного хозяйства и природопользования, г.Ровно.

69. Говолов Олег Ворисович (2007), *Безреагентное кондиционирование железосодержащих подземных вод на биореакторах –фильтрах.* Диссертация К.Т.Н. 05.23.04. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. МГСУ.

70. Гогина Е. С (2000), *Оптимизация процесса удаления соединения азота из бытовых сточных вод.* Диссертация К.Т.Н. 05.23.04: Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. Московский государственный строительный университет.

71. Дёрффель. К (1994), *Статистика в аналитической химии*. Перевод с немецкого Л. Н. Петровой. Под реакцией к.т. н. Ю. П. Адлера. -М. Мир.

72. Голубовская Э. К (1978), *Биологические основы очистки сточных вод*. Учебные пособие для строительных специальных высших учебных заведений.- М., Высшая школа.

73. Журба Ж. М (1994), *Разработка водоотчистных фильтров с пенопласто- волоконистой загрузкой*. Автореферат диссертаций К.Т.Н. 05.23.04: Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. УДК 628.16:677.4-0.36.746. Петербургский ГУПС.

74. Залетова Н. А (1999), *Очистка городских сточных вод от биогенных веществ (соединение азота и фосфора)*. Н. А. Залетова.- Диссертация доктора Т.Н. 05.23.04- М.

75. КалицунВ. И., ЛасковЮ. М., ВороновЮ. В (2001), *Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод [Text] : учеб.пособие*. - 3-е изд.,перераб.и доп. - М. : Стройиздат, 2001. - 272 с. : ил.

76. Келети. Т (1990), *Основы ферментативной кинетики*. Т. Келети. Перевод с английского.К. Х. Н Л.Ю. Бровко., К. Х. Н. Е. И. Дементьевой и О.А. Гандельман. Под реакцией Д-ра Хим. Наук. Б. И. Курганова. -М. Мир.

77. КичигинВ.И (2003), *Моделирование процессов очистки воды*. Издательство АСВ –Москва.

78. Лю Чэ (2007), *Безреагентная очистка поверхностных вод на фильтрах с инертно – сорбционной загрузкой (например водоисточников Китая)*. Диссертация К.Т.Н. 05.23.04: Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. МГСУ.

79. Макиша Николай Алексеевич (2010), *Интенсификация процессов удаления аммонийного азота из сточных вод с применением плавающего загрузочного материала*. Диссертация К.Т.Н. 05.23.04: Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. МГСУ.

80. Московское государственное предприятие Мосводоканал (2003), *Развитие Московской канализации. Сборник научных трудов*. Москва.

81. Сагадеева Л. В (1974), *Глубокая очистка сточных вод от биогенных элементов. Л. В Сагадеева.* –М. Диссертация К.Т.Н. защищена.

82. Соколова Е.В., Полежаева Т.В (1991), *Биохимическая нитрификация сточных вод в затопленном биофильтре.* Сборник научных трудов ВНИИ ВОДГЕО- М, с 104-107.

83. Соколова Е.В (1985), *Биологическая денитрификация сточных вод на контактной среде.* Диссертация К.Т.Н. 04850015773.-М.

84. Смирнов Всеволод Борисович (1999), *Технология глубокой очистки биологически очищенных сточных вод на зернистых фильтрах.* Автореферат диссертаций К.Т.Н. 05.23.04: Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. ВНИИ КВОВ.

85. Чан Тхань Шон (2005), *Глубокая очистка сточных вод в биореакторах с прикреплённой биомассой.* Диссертация К.Т.Н. 05.23.04: Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. Московский государственный строительный университет.

86. Яковлев С.В., Шведов И.В (1985), *Биологическая очистка производственных сточных вод.* Процессы, аппараты и сооружение. Мостроиздат.

87. Югер Ж., Сажюс Л (1972), *Кинетические методы исследований химических процессов.* Скр. Перевод с франц. А.С.Елинера.- Л.Химия, 424с.

88. Яковлев С. В, Воронов Ю.В (2002), *Водоотведение и очистка сточных вод.* Издательство Ассоциации Строительных Вузов. Москва.

89. Яковлев С. В., Воронов Ю.В (1982), *Биологические фильтры. 2-ое издание переработка и дополнение.* Охрана окружающей природной среды. Мостроиздат.

90. Яковлев С.В., Карелин Я.В., Ласков Ю. М., Воронов Ю.В (1990), *Водоотводящие системы промышленных предприятий.* М.строиздат.

91. Яковлев С.В., Карюхина Т.А (1980), *Биологические процессы в очистке сточных вод.* М. Строиздат.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1. CÁC KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM	1
Phụ lục 1.1A. Kết quả thí nghiệm phân tích các mẫu nước với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 5\text{m/h}$)	1
Phụ lục 1.1B. Kết quả đo tổn thất cột áp của bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 5\text{m/h}$)	15
Phụ lục 1.2A. Kết quả thí nghiệm phân tích các mẫu nước với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 7,5\text{m/h}$)	21
Phụ lục 1.2B. Kết quả đo tổn thất cột áp với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 7,5\text{m/h}$)	32
Phụ lục 1.3A. Kết quả thí nghiệm phân tích các mẫu nước với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 10\text{m/h}$)	37
Phụ lục 1.3B. Kết quả đo tổn thất cột áp với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 10\text{m/h}$)	45
Phụ lục 1.4A. Kết quả thí nghiệm phân tích các mẫu nước với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 12,5\text{m/h}$)	48
Phụ lục 1.4B. Kết quả đo tổn thất cột áp với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 12,5\text{m/h}$)	49
PHỤ LỤC 2. CÁC TÍNH TOÁN	50
Phụ lục 2.1. Tính các giá trị trung bình trong thí nghiệm với vật liệu lọc nổi polystyrene	50
Phụ lục 2.2. Tính toán tải trọng thể tích, tải trọng trung bùn lên bùn cặn với lớp vật liệu lọc nổi polystyrene.....	52
Phụ lục 2.3. Tính toán hiệu suất xử lý với vật liệu lọc nổi polystyrene	58
Phụ lục 2.4. Tính toán kinh tế kỹ thuật trạm xử lý nước thải công suất $150\text{m}^3/\text{ngđ}$	64
PHỤ LỤC 3. CÁC BẢN VẼ, HÌNH ẢNH CỦA TRẠM XỬ LÝ $150 \text{ M}^3/\text{NG}$....	67
PHỤ LỤC 4. CÁC HÌNH ẢNH MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM	73

PHỤ LỤC 1. CÁC KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM**Phụ lục 1.1A. Kết quả thí nghiệm phân tích các mẫu nước với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene (v= 5m/h)**

STT	Thời gian GMT	Thời gian lọc (h)	Vị trí lấy mẫu	Tên mẫu	SS mg/l	COD mg/l	BOD ₅ mg/l	PH	Độ kiềm	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Tổng Nito mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l
1	22:30:00 (16/04/2017)	0 h	M 0	E 0-1	32,0	121,0	65,0	7,05	105,0	2,6	0,08	8,6	28,5	0,95
			M 1	E 1-1	30,0	127,0	68,0	7,08	126,0	3	0,078	7,65	26,7	0,84
			M 2	E 2-1	28,0	93,0	43,0	6,95	116,0	2,85	0,06	5,6	22	0,82
			M 3	E 3-1	23,0	70,0	32,0	6,87	100,0	1,86	0,05	4,3	16,7	0,65
			M 4	E 4-1	24,0	66,0	31,0	6,85	96,0	1,2	0,042	3,8	14,0	0,48
			M 5	E 5-1	17,0	58,0	28,0	6,87	92,0	1,01	0,04	3,2	13,2	0,43
			M 6	E 6-1	9,0	32,0	13,0	6,84	98,0	0,85	0,032	2,6	12	0,35
2	23:30:00	1 h	M 0	E 0-2	48,0	142,0	76,0							
			M 1	E 1-2	44,0	138,0	74,1							
			M 2	E 2-2	42,0	132,0	72,5							
			M 3	E 3-2	15,0	63,0	28,5							

PL-2

			M 4	E 4-2	14,0	62,0	28,0							
			M 5	E 5-2	13,0	55,0	24,5							
			M 6	E 6-2	13,0	52,0	21,5							
3	0:30:00 (17/04/2017)	2 h	M 0	E 0-3	42,0	110,0	62,0							
			M 1	E 1-3	38,0	160,0	92,0							
			M 2	E 2-3	34,0	163,0	86,8							
			M 3	E 3-3	25,0	61,0	27,8							
			M 4	E 4-3	20,0	50,0	28,0							
			M 5	E 5-3	21,0	52,0	27,5							
			M 6	E 6-3	18,0	46,0	22,0							
4	1:30:00	3 h	M 0	E 0-4	40,0	186,0	82,8							
			M 1	E 1-4	38,0	175,0	77,6							
			M 2	E 2-4	23,0	84,0	39,6							
			M 3	E 3-4	16,0	65,0	30,5							
			M 4	E 4-4	15,0	57,0	26,8							
			M 5	E 5-4	10,0	36,0	17,0							
			M 6	E 6-4	8,0	29,0	13,8							
5	2:30:00	4 h	M 0	E 0-5	68,0	220,0	95,5							

PL-3

			M 1	E 1-5	72,0	208,0	86,8							
			M 2	E 2-5	55,0	197,0	84,8							
			M 3	E 3-5	43,0	152,0	68,6							
			M 4	E 4-5	25,0	78,0	38,0							
			M 5	E 5-5	18,0	60,0	26,7							
			M 6	E 6-5	21,0	63,0	27,0							
6	3:30:00	5 h	M 0	E 0-6	46,8	167,0	75,6							
			M 1	E 1-6	45,5	173,0	80,0							
			M 2	E 2-6	47,0	185,0	83,0							
			M 3	E 3-6	28,0	84,0	39,8							
			M 4	E 4-6	40,0	120,0	55,0							
			M 5	E 5-6	28,5	72,0	32,5							
			M 6	E 6-6	16,6	54,0	25,0							
7	5:00:00	6,5 h	M 0	E 0-7	42,0	168,0	90,0							
			M 1	E 1-7	40,2	172,0	93,0							
			M 2	E 2-7	38,0	178,0	92,8							
			M 3	E 3-7	36,6	150,0	68,7							
			M 4	E 4-7	23,5	65,5	32,0							
			M 5	E 5-7	20,0	55,0	24,8							

PL-4

			M 6	E 6-7	18,0	50,0	22,0							
8	6:30:00	8 h	M 0	E 0-8	38,5	177,0	78,0							
			M 1	E 1-8	38,0	173,0	74,0							
			M 2	E 2-8	30,6	163,0	75,5							
			M 3	E 3-8	26,0	96,0	42,6							
			M 4	E 4-8	23,8	75,0	34,2							
			M 5	E 5-8	19,0	70,0	26,7							
			M 6	E 6-8	20,0	66,0	28,5							
9	8:00:00	9,5 h	M 0	E 0-9	38,0	175,5	88,0							
			M 1	E 1-9	35,5	176,8	83,5							
			M 2	E 2-9	32,6	162,0	72,8							
			M 3	E 3-9	31,2	110,0	55,0							
			M 4	E 4-9	20,0	66,3	31,2							
			M 5	E 5-9	18,8	60,0	27,0							
			M 6	E 6-9	13,5	45,8	20,5							
10	9:30:00	11 h	M 0	E 0-10	45,5	193,0	96,0							
			M 1	E 1-10	42,0	172,0	85,5							
			M 2	E 2-10	41,8	184,0	88,0							
			M 3	E 3-10	40,2	160,0	72,7							

PL-5

			M 4	E 4-10	32,0	155,0	70,0							
			M 5	E 5-10	26,0	82,0	38,5							
			M 6	E 6-10	16,0	53,0	24,6							
11	11:00:00	12,5 h	M 0	E 0-11	41,0	173,0	88,0	7,1	136,5	4,0	0,12	12,6	25,6	0,96
			M 1	E 1-11	40,0	160,0	83,5	7,05	122,0	3,65	0,1	10,5	23,5	1,2
			M 2	E 2-11	38,0	169,0	78,7	7,08	105,0	3,22	0,15	11,7	24,0	0,95
			M 3	E 3-11	38,7	160,0	75,5	7,02	132,0	3,07	0,13	9,85	23,8	0,86
			M 4	E 4-11	26,8	86,0	41,0	6,92	100,0	1,5	0,08	6,2	18,5	0,55
			M 5	E 5-11	21,0	57,0	27,0	6,9	96,0	1,2	0,06	3,28	16,0	0,38
			M 6	E 6-11	17,0	44,4	22,5	6,86	91,0	0,86	0,03	1,75	13,8	0,36
12	12:30:00	14 h	M 0	E 0-12	42,5	178,0	82,0							
			M 1	E 1-12	40,0	165,0	78,0							
			M 2	E 2-12	40,0	160,0	77,2							
			M 3	E 3-12	38,0	160,0	75,0							
			M 4	E 4-12	35,5	136,0	62,8							
			M 5	E 5-12	17,0	58,0	27,0							
			M 6	E 6-12	16,0	50,0	19,8							
13	14:30:00	16 h	M 0	E 0-13	41,0	173,0	82,0							
			M 1	E 1-13	40,0	170,0	82,0							

PL-6

			M 2	E 2-13	38,0	168,0	72,5							
			M 3	E 3-13	34,8	154,0	68,8							
			M 4	E 4-13	35,0	150,0	65,8							
			M 5	E 5-13	18,0	60,0	24,3							
			M 6	E 6-13	14,0	55,0	20,0							
14	16:30:00	18 h	M 0	E 0-14	40,0	162,0	72,8							
			M 1	E 1-14	38,5	153,0	68,5							
			M 2	E 2-14	36,0	130,0	58,0							
			M 3	E 3-14	33,0	138,0	66,2							
			M 4	E 4-14	32,0	121,0	55,0							
			M 5	E 5-14	34,0	85,0	30,0							
			M 6	E 6-14	16,0	58,0	26,5							
15	18:30:00	20 h	M 0	E 0-15	37,5	161,0	72,0							
			M 1	E 1-15	36,0	160,0	75,5							
			M 2	E 2-15	36,6	153,0	68,5							
			M 3	E 3-15	32,5	137,0	58,0							
			M 4	E 4-15	30,0	121,0	55,8							
			M 5	E 5-15	17,0	53,0	24,0							
			M 6	E 6-15	12,0	50,0	18,6							

PL-7

16	20:30:00	22 h	M 0	E 0-16	35,5	163,0	70,8							
			M 1	E 1-16	30,0	159,0	72,5							
			M 2	E 2-16	28,5	121,0	55,5							
			M 3	E 3-16	28,0	110,0	48,7							
			M 4	E 4-16	26,6	98,0	48,8							
			M 5	E 5-16	18,0	57,0	25,5							
			M 6	E 6-16	13,0	50,0	18,0							
17	22:30:00	24 h	M 0	E 0-17	37,0	165,0	73,8	6,95	10,5	2,05	0,08	5,0	21,0	0,86
			M 1	E 1-17	36,0	150,0	69,0	6,98	101,0	1,55	0,085	6,2	22,0	0,98
			M 2	E 2-17	32,5	157,0	72,0	6,96	98,8	1,48	0,075	5,7	20,8	0,94
			M 3	E 3-17	23,0	88,0	38,6	6,95	95,0	1,86	0,08	3,25	15,0	0,95
			M 4	E 4-17	18,8	66,0	31,0	6,87	98,0	0,97	0,06	2,6	13,5	0,62
			M 5	E 5-17	15,0	55,0	26,0	6,89	92,0	0,86	0,05	1,5	12,0	0,74
			M 6	E 6-17	13,5	52,0	23,5	6,95	98,0	0,55	0,035	1,36	11,8	0,69
18	0:30:00 (18/04/2017)	26 h	M 0	E 0-18	39,0	162,0	86,6							
			M 1	E 1-18	38,6	160,0	83,0							
			M 2	E 2-18	36,0	159,0	84,0							
			M 3	E 3-18	30,0	73,0	34,0							

PL-8

			M 4	E 4-18	22,0	71,0	31,0							
			M 5	E 5-18	25,0	61,0	28,0							
			M 6	E 6-18	21,0	57,0	26,5							
19	3:30:00	29 h	M 0	E 0-19	34,0	157,0	75,5							
			M 1	E 1-19	33,0	163,0	78,0							
			M 2	E 2-19	31,0	138,0	62,0							
			M 3	E 3-19	29,5	138,0	65,5							
			M 4	E 4-19	28,8	100,0	42,8							
			M 5	E 5-19	18,0	57,0	26,0							
			M 6	E 6-19	13,0	54,0	24,3							
20	6:30:00	32 h	M 0	E 0-20	35,5	161,0	69,5							
			M 1	E 1-20	32,0	147,0	68,0							
			M 2	E 2-20	31,0	132,0	59,5							
			M 3	E 3-20	30,5	148,0	62,0							
			M 4	E 4-20	25,6	100,0	38,9							
			M 5	E 5-20	18,5	61,0	28,0							
			M 6	E 6-20	14,0	55,0	25,0							
21	9:30:00	35 h	M 0	E 0-21	39,0	157,0	68,8	6,85	105,0	3,6	0,15	10,5	28,0	0,86
			M 1	E 1-21	36,8	132,0	62,5	6,85	112,5	2,3	0,18	9,2	24,5	0,75

PL-9

			M 2	E 2-21	31,0	132,0	65,0	6,86	106,5	2,05	0,12	8,9	26,0	0,95
			M 3	E 3-21	28,0	133,0	63,0	6,87	112,0	1,86	0,1	8,62	23,6	0,77
			M 4	E 4-21	28,0	136,0	63,5	6,89	105,0	1,95	0,13	8,0	24,0	0,70
			M 5	E 5-21	15,0	53,0	24,0	6,82	98,2	0,56	0,05	2,05	12,5	0,35
			M 6	E 6-21	10,0	48,0	21,5	6,80	98,0	0,62	0,06	1,56	10,0	0,28
22	12:30:00	38 h	M 0	E 0-22	36,8	168,0	70,0							
			M 1	E 1-22	31,2	158,0	65,0							
			M 2	E 2-22	30,0	150,0	68,5							
			M 3	E 3-22	28,5	121,0	55,5							
			M 4	E 4-22	20,6	82,0	38,0							
			M 5	E 5-22	15,5	60,0	26,5							
			M 6	E 6-22	13,0	52,0	22,8							
23	15:30:00	41 h	M 0	E 0-23	40,0	172,0	82,0							
			M 1	E 1-23	38,0	168,0	79,0							
			M 2	E 2-23	35,6	162,0	78,6							
			M 3	E 3-23	31,5	154,0	72,0							
			M 4	E 4-23	31,0	110,0	50,0							
			M 5	E 5-23	20,0	65,0	30,2							
			M 6	E 6-23	16,0	57,0	26,8							

PL-10

24	18:30:00	44 h	M 0	E 0-24	32,5	155,0	75,5							
			M 1	E 1-24	30,0	144,0	70,6							
			M 2	E 2-24	30,0	140,0	70,0							
			M 3	E 3-24	27,8	136,0	62,0							
			M 4	E 4-24	26,0	135,0	60,0							
			M 5	E 5-24	16,0	58,0	26,0							
			M 6	E 6-24	15,5	60,0	27,5							
25	21:30:00	47 h	M 0	E 0-25	36,5	162,0	78,0							
			M 1	E 1-25	32,0	157,0	71,0							
			M 2	E 2-25	31,0	153,0	70,5							
			M 3	E 3-25	31,0	139,0	66,2							
			M 4	E 4-25	28,6	148,0	65,8							
			M 5	E 5-25	20,0	60,0	23,8							
			M 6	E 6-25	18,5	55,0	21,0							
26	00:30:00 (19/04/2017)	50 h	M 0	E 0-26	41,0	163,0	72,5	6,95	135,0	2,05	0,12	11,5	26,0	0,95
			M 1	E 1-26	42,0	160,0	70,0	6,95	126,0	2,2	0,09	10,8	24,8	0,86
			M 2	E 2-26	39,5	163,0	71,6	6,94	130,0	2,18	0,10	11,0	25,0	1,05
			M 3	E 3-26	41,0	164,0	70,8	6,93	130,0	2,0	0,15	12,6	26,0	1,2

PL-11

			M 4	E 4-26	18,6	80,0	35,6	6,92	115,5	1,67	0,08	6,5	18,2	0,68
			M 5	E 5-26	15,0	53,0	24,6	6,90	105,0	1,0	0,04	2,35	16,0	0,35
			M 6	E 6-26	13,8	51,0	23,0	6,90	100,8	0,82	0,03	2,02	15,0	0,4
27	3:30:00	53 h	M 0	E 0-27	42,8	182,0	85,0							
			M 1	E 1-27	41,5	196,0	89,5							
			M 2	E 2-27	40,5	186,0	83,8							
			M 3	E 3-27	38,0	173,0	76,5							
			M 4	E 4-27	38,5	163,0	72,5							
			M 5	E 5-27	33,0	75,0	35,0							
			M 6	E 6-27	22,0	70,0	30,6							
28	6:30:00	56 h	M 0	E 0-28	39,0	189,0	82,0							
			M 1	E 1-28	37,0	186,0	80,5							
			M 2	E 2-28	31,0	165,0	75,5							
			M 3	E 3-28	30,5	163,0	78,0							
			M 4	E 4-28	28,6	152,0	73,8							
			M 5	E 5-28	15,5	53,0	24,3							
			M 6	E 6-28	11,0	48,0	21,5							
29	9:30:00	59 h	M 0	E 0-29	48,0	182,0	79,5							
			M 1	E 1-29	47,0	179,0	76,8							

PL-12

			M 2	E 2-29	45,5	182,0	81,5							
			M 3	E 3-29	42,0	178,0	80,0							
			M 4	E 4-29	42,0	170,0	76,0							
			M 5	E 5-29	38,6	163,0	76,8							
			M 6	E 6-29	38,0	162,0	74,8							
30	12:30:00	62 h	M 0	E 0-30	38,2	172,0	82,0							
			M 1	E 1-30	36,5	175,0	79,8							
			M 2	E 2-30	33,0	168,0	78,0							
			M 3	E 3-30	32,8	172,0	80,5							
			M 4	E 4-30	30,0	166,0	76,5							
			M 5	E 5-30	28,5	138,0	62,7							
			M 6	E 6-30	26,8	125,0	58,0							
31	15:30:00	65 h	M 0	E 0-31	36,0	170,0	76,0							
			M 1	E 1-31	32,8	160,0	67,5							
			M 2	E 2-31	32,8	148,0	65,8							
			M 3	E 3-31	31,0	163,0	72,8							
			M 4	E 4-31	30,5	157,0	70,0							
			M 5	E 5-31	30,0	155,0	69,5							
			M 6	E 6-31	15,5	72,0	29,2							

PL-13

32	18:00:00	67,5 h	M 0	E 0-32	32,0	161,0	68,0							
			M 1	E 1-32	30,0	150,0	65,5							
			M 2	E 2-32	29,5	160,0	70,0							
			M 3	E 3-32	26,8	156,0	68,5							
			M 4	E 4-32	23,5	95,8	40,5							
			M 5	E 5-32	20,0	85,0	39,0							
			M 6	E 6-32	16,7	83,0	35,6							
33	21:00:00	70,5 h	M 0	E 0-33	36,0	160,0	73,0							
			M 1	E 1-33	31,8	156,0	70,0							
			M 2	E 2-33	32,0	142,0	65,5							
			M 3	E 3-33	32,0	130,5	59,5							
			M 4	E 4-33	26,5	108,0	42,6							
			M 5	E 5-33	23,8	90,0	38,6							
			M 6	E 6-33	20,5	70,0	30,8							
34	04:00:00	75,5 h	M 0	E 0-34	29,6	165,0	75,2	7,01	189,0	3,6	0,22	12,5	28,2	0,95
	(20/04/2017)		M 1	E 1-34	30,8	172,0	76,8	7,05	165,8	3,12	0,18	10,6	30,0	0,87
			M 2	E 2-34	33,0	178,0	73,5	7,03	153,0	3,0	0,20	11,7	26,8	0,90
			M 3	E 3-34	31,0	160,0	72,7	7,05	148,0	2,86	0,2	12,0	30,5	0,85
			M 4	E 4-34	35,0	165,0	70,3	7,0	170,5	3,15	0,25	11,9	26,0	0,8

PL-14

			M 5	E 5-34	26,0	105,0	46,0	7,1	136,0	2,5	0,16	7,6	24,6	0,62
			M 6	E 6-34	28,5	103,0	43,0	7,06	128,0	2,67	0,13	6,85	23,0	0,55
35	9:00:00	80,5 h	M 0	E 0-35	38,0	183,0	85,0							
			M 1	E 1-35	36,8	178,0	73,8							
			M 2	E 2-35	35,0	178,0	82,0							
			M 3	E 3-35	33,0	170,0	79,0							
			M 4	E 4-35	31,5	162,0	77,2							
			M 5	E 5-35	32,0	85,0	40,0							
			M 6	E 6-35	21,0	63,0	35,0							
36	13:00:00	85 h	M 0	E 0-36	36,0	180,0	82,5							
			M 1	E 1-36	34,5	170,0	70,5							
			M 2	E 2-36	32,5	168,0	80,0							
			M 3	E 3-36	29,0	150,0	76,5							
			M 4	E 4-36	28,5	145,0	70,0							
			M 5	E 5-36	26,0	85,0	42,0							
			M 6	E 6-36	22,0	75,0	37,0							

Phụ lục 1.1B. Kết quả đo tổn thất cột áp của bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 5\text{m/h}$)

STT	Thời gian GMT	Thời gian lọc (h)	Cột áp					Ghi chú
			h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h4 (cm)	h5 (cm)	
1	22:30:00 (16/04/2017)	0 h	23,5	22,8	22,0	21,1	20,0	Lấy mẫu 1
2	23:00:00	0,5 h	23,5	22,8	21,9	21,0	20,0	
3	23:30:00	1 h	23,5	22,8	21,9	21,0	20,0	Lấy mẫu 2
4	00:00:00 (17/04/2017)	1,5 h	23,7	22,9	22,0	21,0	20,0	
5	0:30:00	2 h	23,9	22,9	22,0	21,0	20,0	Lấy mẫu 3
6	1:00:00	2,5 h	23,9	22,9	22,0	21,0	20,0	
7	1:30:00	3 h	24,2	23,0	22,0	21,0	20,0	Lấy mẫu 4
8	2:00:00	3,5 h	24,2	23,0	22,0	21,0	20,0	
9	2:30:00	4 h	24,3	23,0	22,0	21,0	19,9	Lấy mẫu 5
10	3:00:00	4,5 h	24,8	23,2	22,1	21,0	20,0	
11	3:30:00	5 h	25,7	23,6	22,3	21,1	20,0	Lấy mẫu 6
12	4:00:00	5,5 h	26,3	23,9	22,5	21,2	20,0	
13	4:30:00	6 h	26,5	24,0	22,5	21,2	20,0	
14	5:00:00	6,5 h	26,9	24,1	22,5	21,3	20,0	Lấy mẫu 7
15	5:30:00	7 h	27,0	24,2	22,6	21,3	20,0	
16	6:00:00	7,5 h	27,4	24,3	22,6	21,3	20,0	
17	6:30:00	8 h	28,0	24,5	22,8	21,3	20,0	Lấy mẫu 8
18	7:00:00	8,5 h	28,5	24,6	22,7	21,2	20,0	
19	7:30:00	9 h	28,8	24,7	22,8	21,3	19,9	
20	8:00:00	9,5 h	29,5	24,7	23,2	21,4	20,0	Lấy mẫu 9
21	8:30:00	10 h	29,5	25,3	23,4	21,2	20,0	
22	9:00:00	10,5 h	30,0	26,0	23,0	21,2	20,0	
23	9:30:00	11 h	30,6	26,3	23,3	21,6	20,4	Lấy mẫu 10
24	10:00:00	11,5 h	30,8	25,7	23,7	22,0	20,3	

PL-16

25	10:30:00	12 h	31,6	25,9	23,8	22,5	20,8	
26	11:00:00	12,5 h	32,2	26,4	24,2	22,6	21,2	Lấy mẫu 11
27	11:30:00	13 h	33,0	26,7	24,1	22,6	21,3	
28	12:00:00	13,5 h	33,8	26,4	23,8	22,5	21,0	
29	12:30:00	14 h	34,0	27,0	24,0	22,6	21,2	Lấy mẫu 12
30	13:00:00	14,5 h	34,5	27,2	24,1	22,6	21,3	
31	13:30:00	15 h	35,0	27,4	24,2	22,6	21,5	
32	14:00:00	15,5 h	35,5	28,0	24,5	22,6	21,5	
33	14:30:00	16 h	36,2	29,0	24,0	22,6	21,5	Lấy mẫu 13
34	15:00:00	16,5 h	36,7	28,4	24,2	22,5	21,4	
35	15:30:00	17 h	37,1	28,5	24,3	22,6	21,4	
36	16:00:00	17,5 h	37,5	29,1	24,2	22,6	21,4	
37	16:30:00	18 h	37,9	29,4	24,3	22,5	21,3	Lấy mẫu 14
38	17:00:00	18,5 h	38,3	29,2	24,4	22,5	21,2	
39	17:30:00	19 h	38,5	29,3	24,4	22,3	21,2	
40	18:00:00	19,5 h	39,1	29,4	24,4	22,3	21,2	
41	18:30:00	20 h	39,1	29,4	24,4	22,3	21,0	Lấy mẫu 15
42	19:00:00	20,5 h	39,5	29,6	24,4	22,0	21,0	
43	19:30:00	21 h	40,0	29,9	24,4	22,0	21,0	
44	20:00:00	21,5 h	40,2	29,9	24,3	22,0	21,0	
45	20:30:00	22 h	40,5	30,0	24,3	22,0	21,0	Lấy mẫu 16
46	21:00:00	22,5 h	40,7	30,2	24,3	21,8	21,0	
47	21:30:00	23 h	41,0	30,4	24,4	21,9	20,7	
48	22:00:00	23,5 h	41,8	30,7	24,5	21,8	20,7	
49	22:30:00	24 h	41,9	30,8	24,5	21,8	20,7	Lấy mẫu 17
50	23:00:00	24,5 h	42,0	31,0	24,4	21,5	20,5	
51	23:30:00	25 h	42,3	31,3	24,6	21,7	20,7	
52	00:00:00 (18/04/2017)	25,5 h	42,7	31,3	24,6	21,6	20,7	
53	0:30:00	26 h	43,0	31,3	24,7	21,6	20,5	Lấy mẫu 18
54	1:00:00	26,5 h	43,5	31,7	24,6	21,6	20,7	

PL-17

55	1:30:00	27 h	43,5	31,8	24,7	21,7	20,5	
56	2:00:00	27,5 h	44,8	31,8	24,8	21,6	20,6	
57	2:30:00	28 h	45,6	32,3	25,4	21,7	20,6	
58	3:00:00	28,5 h	45,7	32,1	25,7	21,7	20,4	
59	3:30:00	29 h	45,3	32,0	25,2	21,7	20,4	Lấy mẫu 19
60	4:00:00	29,5 h	45,5	31,8	25,0	21,5	20,3	
61	4:30:00	30 h	46,0	33,0	25,4	21,5	20,4	
62	5:00:00	30,5 h	46,4	33,5	25,6	21,7	20,5	
63	5:30:00	31 h	47,0	33,0	25,2	21,5	20,4	
64	6:00:00	31,5 h	47,6	33,0	25,4	21,5	20,0	
65	6:30:00	32 h	48,0	32,8	25,3	21,5	20,0	Lấy mẫu 20
66	7:00:00	32,5 h	48,4	33,2	25,4	21,5	20,0	
67	7:30:00	33 h	48,5	33,2	25,4	21,5	20,0	
68	8:00:00	33,5 h	48,8	34,0	25,5	21,5	20,0	
69	8:30:00	34 h	49,4	34,7	25,7	21,5	20,2	
70	9:00:00	34,5 h	49,8	35,4	25,7	21,5	20,2	
71	9:30:00	35 h	50,0	35,9	25,7	21,6	20,2	Lấy mẫu 21
72	10:00:00	35,5 h	50,1	35,9	25,7	21,6	20,2	
73	10:30:00	36 h	50,6	34,5	25,7	21,6	20,2	
	11:00:00	36,5 h	51,2	34,5	25,7	21,6	20,2	
74	11:30:00	37 h	51,2	34,7	25,8	21,6	20,2	
75	12:00:00	37,5 h	52,0	35,3	26,0	21,6	20,2	
76	12:30:00	38 h	52,0	35,6	26,0	21,6	20,2	Lấy mẫu 22
77	13:00:00	38,5 h	52,0	35,5	26,1	21,6	20,2	
78	13:30:00	39 h	52,0	35,5	26,1	21,6	20,2	
79	14:00:00	39,5 h	52,0	36,0	26,2	21,7	20,3	
80	14:30:00	40 h	56,1	37,1	27,0	21,8	20,3	
81	15:00:00	40,5 h	58,2	37,3	27,4	21,8	20,3	
82	15:30:00	41 h	59,2	38,9	27,7	21,8	20,2	Lấy mẫu 23
83	16:00:00	41,5 h	57,1	39,2	27,8	21,8	20,2	
84	16:30:00	42 h	58,2	39,5	27,8	21,8	20,2	

PL-18

85	17:00:00	42,5 h	59,5	40,1	28,0	21,8	20,2	
86	17:30:00	43 h	59,6	40,2	28,0	21,8	20,2	
87	18:00:00	43,5 h	60,1	40,4	28,0	21,8	20,2	
88	18:30:00	44 h	60,3	40,5	28,2	21,8	20,2	Lấy mẫu 24
89	19:00:00	44,5 h	61,3	41,3	28,5	21,8	20,2	
90	19:30:00	45 h	61,4	41,3	28,6	21,7	20,0	
91	20:00:00	45,5 h	61,7	41,3	28,8	21,6	20,2	
92	20:30:00	46 h	64,5	43,0	30,0	22,0	20,2	
93	21:00:00	46,5 h	65,5	43,5	30,0	22,3	20,0	
94	21:30:00	47 h	66,0	44,5	30,4	22,3	20,0	Lấy mẫu 25
95	22:00:00	47,5 h	67,0	44,8	30,5	22,2	20,0	
96	22:30:00	48 h	67,6	44,8	30,7	22,2	20,0	
97	23:00:00	48,5 h	69,5	45,7	31,3	22,3	20,1	
98	23:30:00	49 h	70,4	46,1	31,8	22,4	20,2	
99	00:00:00 (19/04/2017)	49,5 h	73,0	47,3	32,5	22,8	20,0	
100	0:30:00	50 h	74,3	48,0	33,0	22,8	20,0	Lấy mẫu 26
101	1:00:00	50,5 h	74,5	48,2	33,0	22,5	20,0	
102	1:30:00	51 h	77,0	49,2	34,3	22,5	20,0	
103	2:00:00	51,5 h	79,5	50,2	35,5	22,5	20,0	
104	2:30:00	52 h	81,5	53,1	36,4	23,1	20,2	
105	3:00:00	52,5 h	83,5	56,0	37,8	23,5	20,5	
106	3:30:00	53 h	84,8	56,8	38,2	23,5	20,0	Lấy mẫu 27
107	4:00:00	53,5 h	85,6	58,8	39,5	23,6	20,2	
108	4:30:00	54 h	88,0	60,5	40,6	24,0	20,0	
109	5:00:00	54,5 h	89,5	61,8	41,8	24,2	20,0	
110	5:30:00	55 h	91,3	62,7	42,4	24,6	20,0	
111	6:00:00	55,5 h	92,6	64,0	43,5	24,8	20,0	
112	6:30:00	56 h	94,6	65,5	44,5	25,0	20,0	Lấy mẫu 28
113	7:00:00	56,5 h	96,0	70,5	47,0	25,5	20,0	
114	7:30:00	57 h	94,5	69,0	46,8	25,7	20,1	
115	8:00:00	57,5 h	95,5	70,5	47,8	26,1	20,3	

PL-19

116	8:30:00	58 h	96,5	72,0	48,1	26,1	20,3	
117	9:00:00	58,5 h	98,5	72,4	48,5	26,2	20,3	
118	9:30:00	59 h	99,0	72,9	48,8	26,3	20,3	Lấy mẫu 29
119	10:00:00	59,5 h	98,8	73,5	49,2	26,4	20,3	
120	10:30:00	60 h	99,2	74,8	49,8	26,6	20,3	
121	11:00:00	60,5 h	99,5	74,8	49,9	26,5	20,3	
121	11:30:00	61 h	98,7	75,2	50,0	26,7	20,3	
122	12:00:00	61,5 h	100,5	75,5	50,2	26,8	20,3	
123	12:30:00	62 h	100,8	75,7	51,2	26,9	20,3	Lấy mẫu 30
124	13:00:00	62,5 h	101,8	77,2	52,0	27,1	20,4	
125	13:30:00	63 h	103,7	78,0	52,0	27,1	20,4	
126	14:00:00	63,5 h	105,5	79,0	52,0	27,5	20,4	
127	14:30:00	64 h	106,7	80,0	52,0	27,8	20,4	
128	15:00:00	64,5 h	108,0	80,1	55,7	28,1	20,5	
129	15:30:00	65 h	108,0	81,3	56,1	28,2	20,5	Lấy mẫu 31
130	16:00:00	65,5 h	108,1	83,2	56,8	28,3	20,5	
131	16:30:00	66 h	109,0	83,7	57,6	28,7	20,5	
132	17:00:00	66,5 h	109,6	86,2	52,5	29,1	20,5	
133	17:30:00	67 h	109,7	86,4	59,0	29,3	20,5	
134	18:00:00	67,5 h	110,3	87,0	61,0	29,7	20,5	Lấy mẫu 32
135	18:30:00	68 h	110,3	89,3	61,6	30,0	22,5	
136	19:00:00	68,5 h	112,1	90,0	62,3	30,1	22,5	
137	19:30:00	69 h	112,8	90,1	63,3	30,4	22,5	
138	20:00:00	69,5 h	111,2	89,6	63,0	30,4	20,4	
139	20:30:00	70 h	113,8	92,0	64,2	31,0	20,4	
140	21:00:00	70,5 h	114,3	92,2	64,6	31,0	20,4	Lấy mẫu 33
141	21:30:00	71 h	116,0	94,2	65,7	31,4	20,4	
142	22:00:00	71,5 h	110,4	94,2	65,7	31,3	20,4	
143	22:30:00	72 h	114,5	93,9	67,0	32,0	20,4	
144	23:00:00	72,5 h	115,4	94,3	64,2	32,0	20,4	
145	23:30:00	73 h	116,7	95,4	68,0	32,2	20,2	

PL-20

146	00:00:00 (20/04/2017)	73,5 h	118,5	97,0	69,0	32,5	20,4	Lấy mẫu 34
147	0:30:00	74 h	120,5	100,0	71,5	33,0	20,5	
148	1:00:00	74,5 h	123,0	100,4	71,7	33,5	20,2	
149	1:30:00	75 h	126,0	100,5	72,5	34,0	20,0	
150	2:00:00	75,5 h	126,5	106,8	74,8	35,0	20,5	
151	2:30:00	76 h	126,4	102,8	75,0	35,4	20,5	
152	3:00:00	76,5 h	126,5	103,0	75,2	35,5	20,5	Lấy mẫu 35
153	3:30:00	77 h	126,3	102,8	75,0	35,3	20,5	
154	4:00:00	77,5 h	125,9	102,1	74,8	35,2	20,4	
155	4:30:00	78 h	125,6	102,8	74,7	35,1	20,5	
156	5:00:00	78,5 h	125,2	103,2	74,6	34,9	20,5	
157	5:30:00	79 h	126,1	103,8	74,8	35,1	20,3	
158	6:00:00	79,5 h	126,9	104,0	75,0	35,3	20,2	
159	6:30:00	80 h	127,2	104,6	75,2	35,5	20,4	
160	7:00:00	80,5 h	127,0	104,2	75,3	35,6	20,5	
161	7:30:00	81 h	128,9	104,6	76,9	35,9	20,3	
162	8:00:00	81,5 h	130,0	104,9	77,2	36,2	20,3	
163	8:30:00	82 h	132,9	105,2	77,3	36,4	20,4	
164	9:00:00	82,5 h	134,1	105,4	77,6	36,5	20,4	
165	9:30:00	83 h	136,9	105,7	77,5	36,7	20,5	
166	10:00:00	83,5 h	138,2	106,3	77,9	38,1	20,3	
167	10:30:00	84 h	139,4	106,1	78,3	38,2	20,3	
168	11:00:00	84,5 h	139,8	106,8	78,4	38,3	20,5	
169	11:30:00	85 h	140,5	107,2	78,6	38,5	20,4	Rửa lọc

Ghi chú: h₆ = 19cm trong toàn bộ quá trình lọc

Phụ lục 1.2A. Kết quả thí nghiệm phân tích các mẫu nước với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene (v= 7,5m/h)

STT	Thời gian GMT	Thời gian lọc (h)	Vị trí lấy mẫu	Tên mẫu	SS mg/l	COD mg/l	BOD ₅ mg/l	PH	Độ kiềm	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Tổng Nito mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l
1	19:00:00 (13/04/2017)	0 h	M 0	B 0-1	42,5	103,0	56,2	7,12	138,0	2,13	0,12	6,85	26,0	0,86
			M 1	B 1-1	40,0	96,0	48,0	7,1	131,0	1,95	0,10	6,20	25,00	0,82
			M 2	B 2-1	35,0	86,0	41,1	6,98	125,0	1,65	0,08	4,89	21,5	0,62
			M 3	B 3-1	22,0	67,0	36,6	6,86	118,0	0,89	0,05	3,2	18,8	0,55
			M 4	B 4-1	18,0	34,0	17,5	6,85	106,5	0,77	0,06	2,05	16,0	0,42
			M 5	B 5-1	13,0	30,0	18,0	6,84	108,0	0,62	0,03	1,68	12,8	0,40
			M 6	B 6-1	12,0	27,0	15,0	6,85	102,0	0,46	0,04	1,2	14,5	0,4
2	20:00:00	1 h	M 0	B 0-2	42,0	78,0	39,0							
			M 1	B 1-2	41,0	76,0	37,0							
			M 2	B 2-2	38,0	66,0	30,7							
			M 3	B 3-2	35,0	57,0	28,0							
			M 4	B 4-2	33,0	55,0	26,8							
			M 5	B 5-2	30,0	53,0	23,8							
			M 6	B 6-2	27,0	48,0	21,0							

PL-22

3	21:00:00	2 h	M 0	B 0-3	40,0	77,0	39,0						
			M 1	B 1-3	38,0	75,0	36,0						
			M 2	B 2-3	28,0	55,0	26,0						
			M 3	B 3-3	24,0	26,0	16,0						
			M 4	B 4-3	20,0	27,0	16,0						
			M 5	B 5-3	18,0	29,0	16,8						
			M 6	B 6-3	15,0	24,0	11,5						
4	22:00:00	3 h	M 0	B 0-4	35,0	60,0	29,0						
			M 1	B 1-4	31,0	54,0	26,0						
			M 2	B 2-4	25,0	41,0	20,0						
			M 3	B 3-4	21,0	28,0	17,0						
			M 4	B 4-4	19,0	27,0	16,0						
			M 5	B 5-4	17,0	26,0	14,0						
			M 6	B 6-4	14,0	23,0	11,0						
5	23:00:00	4 h	M 0	B 0-5	30,0	42,0	18,0						
			M 1	B 1-5	25,0	36,0	16,0						
			M 2	B 2-5	20,0	27,0	13,0						
			M 3	B 3-5	18,0	30,0	16,8						
			M 4	B 4-5	18,0	29,0	15,5						

PL-23

			M 5	B 5-5	16,0	23,0	10,0							
			M 6	B 6-5	12,0	21,0	9,0							
6	00:00:00 (14/04/2017)	5 h	M 0	B 0-6	30,0	65,0	36,0							
			M 1	B 1-6	29,0	61,0	33,0							
			M 2	B 2-6	26,0	45,0	26,0							
			M 3	B 3-6	25,5	38,0	17,7							
			M 4	B 4-6	20,0	34,0	16,5							
			M 5	B 5-6	20,0	32,0	18,0							
			M 6	B 6-6	18,0	32,0	16,0							
7	1:30:00	6,5 h	M 0	B 0-7	41,0	92,0	48,2							
			M 1	B 1-7	36,0	85,0	45,0							
			M 2	B 2-7	33,0	75,0	35,6							
			M 3	B 3-7	28,0	60,0	27,8							
			M 4	B 4-7	23,0	45,0	21,2							
			M 5	B 5-7	20,0	44,0	20,6							
			M 6	B 6-7	20,0	38,0	17,0							
8	3:00:00	8 h	M 0	B 0-8	38,0	65,0	36,2							
			M 1	B 1-8	39,0	60,0	31,0							
			M 2	B 2-8	32,0	44,0	19,5							

PL-24

			M 3	B 3-8	29,0	45,0	21,0							
			M 4	B 4-8	22,0	36,0	18,0							
			M 5	B 5-8	20,0	34,0	15,0							
			M 6	B 6-8	20,0	33,0	14,5							
9	4:30:00	9,5 h	M 0	B 0-9	36,0	60,0	26,8							
			M 1	B 1-9	31,0	55,0	24,2							
			M 2	B 2-9	28,0	47,0	22,0							
			M 3	B 3-9	18,0	32,0	17,2							
			M 4	B 4-9	16,0	24,0	20,0							
			M 5	B 5-9	16,0	25,0	14,5							
			M 6	B 6-9	15,0	26,0	14,0							
10	6:00:00	11 h	M 0	B 0-10	38,0	95,00	40,0							
			M 1	B 1-10	26,0	58,0	23,8							
			M 2	B 2-10	22,0	42,5	19,5							
			M 3	B 3-10	9,5	26,0	12,0							
			M 4	B 4-10	8,0	24,0	11,8							
			M 5	B 5-10	8,0	21,0	9,6							
			M 6	B 6-10	6,8	22,5	9,5							
11	7:30:00	12,5 h	M 0	B 0-11	42,0	102,0	55,0	6,98	102,0	1,3	0,12	6,6	25,0	0,98

PL-25

			M 1	B 1-11	32,0	68,0	38,2	6,85	106,0	0,86	0,05	2,2	23,0	0,86
			M 2	B 2-11	32,0	67,0	36,0	6,83	100,0	0,95	0,06	1,95	19,8	0,75
			M 3	B 3-11	26,0	42,0	18,6	6,82	95,5	0,65	0,056	1,85	17,8	0,65
			M 4	B 4-11	18,0	32,0	13,8	6,82	96,0	0,58	0,02	1,23	12,6	0,52
			M 5	B 5-11	16,6	28,0	12,0	6,86	92,6	0,35	0,03	0,98	13,0	0,38
			M 6	B 6-11	15,0	26,0	12,6	6,85	92,0	0,50	0,032	1,88	11,5	0,31
12	9:00:00	14 h	M 0	B 0-12	60,00	128,0	72,2							
			M 1	B 1-12	55,0	112,0	58,0							
			M 2	B 2-12	48,5	95,0	45,6							
			M 3	B 3-12	32,6	72,0	34,8							
			M 4	B 4-12	28,0	55,0	28,3							
			M 5	B 5-12	24,0	48,0	26,7							
			M 6	B 6-12	22,0	36,0	19,2							
13	10:30:00	15,5 h	M 0	B 0-13	38,0	106,0	40,0							
			M 1	B 1-13	31,0	115,0	42,8							
			M 2	B 2-13	35,0	92,0	40,0							
			M 3	B 3-13	30,5	68,0	31,0							
			M 4	B 4-13	28,0	52,0	23,8							
			M 5	B 5-13	25,0	45,0	22,0							

PL-26

			M 6	B 6-13	22,6	33,0	16,0							
14	12:30:00	17,5 h	M 0	B 0-14	35,0	126,0	58,0							
			M 1	B 1-14	38,0	132,0	62,0							
			M 2	B 2-14	28,0	86,8	39,5							
			M 3	B 3-14	23,8	68,0	32,0							
			M 4	B 4-14	22,0	55,0	26,0							
			M 5	B 5-14	21,0	52,7	24,8							
			M 6	B 6-14	19,5	48,0	23,4							
15	14:30:00	19,5 h	M 0	B 0-15	67,0	122,0	68,3							
			M 1	B 1-15	63,0	140,0	73,2							
			M 2	B 2-15	59,0	132,0	71,0							
			M 3	B 3-15	51,0	130,0	68,0							
			M 4	B 4-15	42,0	103,0	48,3							
			M 5	B 5-15	36,0	77,0	36,6							
			M 6	B 6-15	30,0	55,0	28,2							
16	16:30:00	21,5 h	M 0	B 0-16	33,8	148,0	64,0							
			M 1	B 1-16	30,0	130,0	62,0							
			M 2	B 2-16	30,0	120,5	55,0							
			M 3	B 3-16	28,5	128,0	58,0							

PL-27

			M 4	B 4-16	26,0	125,0	61,5							
			M 5	B 5-16	21,0	70,8	31,0							
			M 6	B 6-16	18,6	62,0	28,5							
17	18:30:00	23,5 h	M 0	B 0-17	38,0	155,0	62,0							
			M 1	B 1-17	33,0	136,8	59,0							
			M 2	B 2-17	31,8	130,0	54,8							
			M 3	B 3-17	30,0	120,0	53,5							
			M 4	B 4-17	31,5	118,5	52,0							
			M 5	B 5-17	23,6	67,0	31,0							
			M 6	B 6-17	21,0	62,0	29,5							
18	20:30:00	25,5 h	M 0	B 0-18	55,0	152,0	70,5	7,12	140,8	1,96	0,095	13,0	26,0	0,92
			M 1	B 1-18	45,8	138,0	62,0	7,05	135,0	2,0	0,085	11,2	25,0	0,85
			M 2	B 2-18	50,0	155,0	72,0	7,08	138,0	1,87	0,092	12,0	25,8	0,88
			M 3	B 3-18	57,0	160,0	77,0	7,1	162,0	2,12	0,098	12,3	26,0	0,88
			M 4	B 4-18	48,0	148,0	65,8	7,1	135,0	2,0	0,090	10,5	23,8	0,75
			M 5	B 5-18	33,6	96,0	41,0	6,98	106,0	1,05	0,06	6,1	20,0	0,68
			M 6	B 6-18	28,0	52,0	23,6	6,97	105,5	0,92	0,03	4,3	16,4	0,42
19	23:30:00	28,5 h	M 0	B 0-19	63,0	148,0	78,5							
			M 1	B 1-19	60,0	164,0	75,5							

PL-28

			M 2	B 2-19	55,0	122,0	62,0							
			M 3	B 3-19	57,0	134,0	72,0							
			M 4	B 4-19	42,0	138,0	71,0							
			M 5	B 5-19	42,0	130,0	68,2							
			M 6	B 6-19	30,0	62,0	29,0							
20	3:00:00 AM (15/04/2017)	32 h	M 0	B 0-20	48,0	160,5	68,8							
			M 1	B 1-20	45,0	150,0	70,5							
			M 2	B 2-20	43,5	150,0	65,0							
			M 3	B 3-20	42,0	156,8	72,0							
			M 4	B 4-20	38,0	122,0	59,8							
			M 5	B 5-20	36,7	125,0	60,0							
			M 6	B 6-20	20,0	50,0	23,6							
21	6:30:00	35,5 h	M 0	B 0-21	69,0	170,0	91,0							
			M 1	B 1-21	64,0	165,0	86,0							
			M 2	B 2-21	57,0	155,0	82,0							
			M 3	B 3-21	54,0	152,0	78,8							
			M 4	B 4-21	52,0	144,0	75,0							
			M 5	B 5-21	47,0	131,0	69,0							

PL-29

			M 6	B 6-21	28,0	53,0	26,0							
22	10:00:00	39 h	M 0	B 0-22	70,0	171,0	84,0	7,12	161,0	2,12	0,08	12,0	26,0	1,05
			M 1	B 1-22	68,0	170,0	93,0	7,4	150,0	2,22	0,092	11,8	25,5	1,03
			M 2	B 2-22	66,0	173,0	86,5	7,12	152,0	2,1	0,086	12,0	23,8	1,12
			M 3	B 3-22	62,0	158,0	81,0	7,12	162,0	2,5	0,087	12,5	26,0	0,98
			M 4	B 4-22	51,0	152,0	76,8	7,1	145,0	2,0	0,08	11,0	20,0	1,0
			M 5	B 5-22	40,0	110,0	52,0	7,1	121,0	1,68	0,07	10,8	18,6	0,95
			M 6	B 6-22	25,0	66,0	30,0	6,86	108,6	0,82	0,04	4,8	12,6	0,54
23	13:30:00	42,5 h	M 0	B 0-23	61,0	168,0	87,0							
			M 1	B 1-23	57,0	164,0	87,5							
			M 2	B 2-23	54,0	162,0	87,0							
			M 3	B 3-23	52,0	159,0	83,0							
			M 4	B 4-23	48,0	152,0	81,0							
			M 5	B 5-23	44,0	122,0	58,8							
			M 6	B 6-23	37,0	88,0	40,5							
24	17:00:00	46 h	M 0	B 0-24	64,0	181,0	82,0							
			M 1	B 1-24	55,0	158,0	60,5							
			M 2	B 2-24	52,0	165,0	72,0							
			M 3	B 3-24	51,0	160,0	62,0							

PL-30

			M 4	B 4-24	47,0	158,0	65,5							
			M 5	B 5-24	48,0	157,0	63,0							
			M 6	B 6-24	30,0	62,0	28,8							
25	20:30:00	49,5 h	M 0	B 0-25	66,0	172,0	95,2							
			M 1	B 1-25	63,0	177,0	98,0							
			M 2	B 2-25	60,0	169,0	80,0							
			M 3	B 3-25	58,0	137,0	68,0							
			M 4	B 4-25	58,0	122,0	68,0							
			M 5	B 5-25	55,0	116,0	55,0							
			M 6	B 6-25	42,0	95,0	52,0							
26	00:00:00 (15/04/2017)	53 h	M 0	B 0-26	53,0	159,0	85,0	7,11	140,0	3,2	0,12	12,0	26,0	1,23
			M 1	B 1-26	53,0	162,0	75,0	7,15	124,0	3,8	0,13	13,0	29,0	1,02
			M 2	B 2-26	50,0	157,0	84,0	7,1	122,0	4,2	0,11	11,6	28,0	1,0
			M 3	B 3-26	49,0	158,0	83,2	7,12	138,0	3,6	0,135	12,2	28,9	1,20
			M 4	B 4-26	47,0	156,0	82,0	7,1	152,0	4,0	0,16	11,8	26,7	1,3
			M 5	B 5-26	36,0	88,0	41,2	7,05	103,0	2,6	0,08	10,8	24,0	0,92
			M 6	B 6-26	26,0	58,0	27,8	7,0	108,2	1,95	0,06	5,6	18,6	0,68
27	3:30:00	56,5 h	M 0	B 0-27	66,0	175,0	93,0							
			M 1	B 1-27	58,0	153,0	83,0							

PL-31

			M 2	B 2-27	55,0	165,0	88,0							
			M 3	B 3-27	52,0	135,0	71,0							
			M 4	B 4-27	50,0	157,0	75,5							
			M 5	B 5-27	39,0	132,0	68,8							
			M 6	B 6-27	33,0	72,0	32,0							

Phụ lục 1.2B. Kết quả đo tổn thất cột áp với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 7,5\text{m/h}$)

STT	Thời gian GMT	Thời gian lọc (h)	Cột áp					Ghi chú
			h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h4 (cm)	h5 (cm)	
1	19:00:00 (13/04/2017)	0 h	25,5	24,6	23,6	22,2	20,6	Lấy mẫu 1
2	19:30:00	0,5 h	25,6	24,6	23,6	22,2	20,6	
3	20:00:00	1 h	25,7	24,7	23,7	22,3	20,7	Lấy mẫu 2
4	20:30:00	1,5 h	25,7	24,5	23,1	22,3	20,7	
5	21:00:00	2 h	25,8	24,7	23,6	22,3	20,6	Lấy mẫu 3
6	21:30:00	2,5 h	26,0	24,7	23,7	22,3	20,7	
7	22:00:00	3 h	26,0	24,7	23,7	22,3	20,8	Lấy mẫu 4
8	22:30:00	3,5 h	26,2	24,8	23,8	22,3	20,7	
9	23:00:00	4 h	26,2	24,8	23,8	22,3	20,7	Lấy mẫu 5
10	23:30:00	4,5 h	26,3	24,8	23,8	22,4	20,7	
11	00:00:00 (14/04/2017)	5 h	26,4	24,9	23,8	22,4	20,8	Lấy mẫu 6
12	0:30:00	5,5 h	26,4	24,9	23,8	22,4	20,8	
13	1:00:00	6 h	26,5	25,0	23,8	22,4	20,8	
14	1:30:00	6,5 h	26,6	25,0	23,8	22,4	20,8	Lấy mẫu 7
15	2:00:00	7 h	26,7	25,0	23,9	22,4	20,8	
16	2:30:00	7,5 h	26,8	25,1	23,9	22,4	20,8	
17	3:00:00	8 h	27,0	25,1	23,9	22,3	20,8	Lấy mẫu 8
18	3:30:00	8,5 h	27,3	25,2	23,9	22,3	20,8	
19	4:00:00	9 h	27,5	25,2	24,0	22,2	20,8	
20	4:30:00	9,5 h	27,7	25,3	24,0	22,1	20,7	Lấy mẫu 9
21	5:00:00	10 h	27,9	25,4	24,0	22,2	20,7	
22	5:30:00	10,5 h	28,1	25,6	24,1	22,2	20,7	
23	6:00:00	11 h	28,2	25,5	23,9	22,1	20,6	Lấy mẫu 10
24	6:30:00	11,5 h	28,4	25,6	24,0	22,1	20,6	
25	7:00:00	12 h	28,5	25,6	24,0	22,1	20,7	

PL-33

26	7:30:00	12,5 h	28,8	25,9	24,0	22,1	20,6	Lấy mẫu 11
27	8:00:00	13 h	29,4	26,0	24,1	22,2	20,7	
28	8:30:00	13,5 h	29,9	26,0	24,2	22,3	20,7	
29	9:00:00	14 h	30,4	26,5	24,1	22,2	20,6	Lấy mẫu 12
30	9:30:00	14,5 h	30,5	26,5	24,1	22,4	20,7	
31	10:00:00	15 h	30,5	26,4	24,2	22,4	20,3	
32	10:30:00	15,5 h	31,0	26,1	24,3	22,0	20,5	Lấy mẫu 13
33	11:00:00	16 h	31,5	26,8	24,6	22,4	20,5	
34	11:30:00	16,5 h	31,7	27,0	24,4	22,4	20,7	
35	12:00:00	17 h	32,2	27,4	24,5	22,3	20,7	
36	12:30:00	17,5 h	33,0	28,1	24,6	22,3	20,7	Lấy mẫu 14
37	13:00:00	18 h	33,5	27,8	24,7	22,3	20,6	
38	13:30:00	18,5 h	34,2	28,1	24,7	22,3	20,7	
39	14:00:00	19 h	35,2	28,5	24,9	22,4	20,5	
40	14:30:00	19,5 h	36,4	29,0	24,9	22,2	20,4	Lấy mẫu 15
41	15:00:00	20 h	36,8	29,8	25,0	22,3	20,4	
42	15:30:00	20,5 h	37,5	30,0	25,0	22,5	20,5	
43	16:00:00	21 h	38,8	30,8	25,4	22,4	20,5	
44	16:30:00	21,5 h	39,0	30,9	25,7	22,3	20,5	Lấy mẫu 16
45	17:00:00	22 h	39,7	31,0	25,9	22,4	20,4	
46	17:30:00	22,5 h	41,0	31,5	26,5	23,0	20,4	
47	18:00:00	23 h	41,2	31,7	26,5	22,8	20,4	
48	18:30:00	23,5 h	42,2	32,4	26,8	22,8	20,4	Lấy mẫu 17
49	19:00:00	24 h	43,0	33,2	27,0	23,0	20,4	
50	19:30:00	24,5 h	44,0	34,3	27,5	23,3	20,7	
51	20:00:00	25 h	45,0	34,7	27,8	23,4	20,7	
52	20:30:00	25,5 h	45,7	35,5	28,2	23,5	20,7	Lấy mẫu 18
53	21:00:00	26 h	45,8	35,8	28,2	23,5	20,7	
54	21:30:00	26,5 h	46,5	36,3	28,3	23,4	20,8	
55	22:00:00	27 h	48,0	37,0	29,0	23,2	20,8	
56	22:30:00	27,5 h	48,8	37,5	29,2	23,5	20,8	

PL-34

57	23:00:00	28 h	49,6	38,2	29,9	23,6	20,7	
58	23:30:00	28,5 h	50,3	38,5	30,0	23,7	20,6	Lấy mẫu 19
59	00:00:00 (15/04/2017)	29 h	51,0	39,8	30,7	23,8	20,7	
60	0:30:00	29,5 h	51,0	40,2	31,0	23,8	20,7	
61	1:00:00	30 h	51,0	40,7	31,3	23,9	20,7	
62	1:30:00	30,5 h	51,0	41,2	31,7	24,0	20,7	
63	2:00:00	31 h	51,0	41,8	31,6	24,0	20,7	
64	2:30:00	31,5 h	55,8	42,6	32,5	24,0	20,7	
65	3:00:00	32 h	56,1	43,0	32,9	24,2	20,8	Lấy mẫu 20
66	3:30:00	32,5 h	58,6	45,0	33,9	24,4	20,7	
67	4:00:00	33 h	59,0	45,3	34,1	24,5	20,7	
68	4:30:00	33,5 h	59,4	45,7	34,5	24,6	20,7	
69	5:00:00	34 h	60,4	46,2	34,8	24,7	20,9	
70	5:30:00	34,5 h	61,9	47,1	35,5	24,8	20,9	
71	6:00:00	35 h	63,1	47,9	36,1	25,1	21,0	
72	6:30:00	35,5 h	63,8	48,4	36,5	25,1	21,0	Lấy mẫu 21
73	7:00:00	36 h	64,3	49,2	37,1	25,1	21,2	
74	7:30:00	36,5 h	66,8	51,0	38,3	25,5	20,8	
75	8:00:00	37 h	68,4	51,9	39,0	25,7	21,3	
76	8:30:00	37,5 h	70,3	52,9	39,8	25,9	21,3	
77	9:00:00	38 h	71,8	53,5	40,8	26,4	21,5	
78	9:30:00	38,5 h	71,5	53,6	40,7	26,3	21,4	
79	10:00:00	39 h	72,0	53,9	41,0	26,4	21,4	Lấy mẫu 22
80	10:30:00	39,5 h	74,8	54,7	42,6	27,0	21,5	
81	11:00:00	40 h	74,6	56,5	43,4	27,0	21,5	
82	11:30:00	40,5 h	77,2	58,0	45,2	28,4	22,4	
83	12:00:00	41 h	79,0	59,9	46,0	28,8	23,5	
84	12:30:00	41,5 h	80,0	61,5	47,0	29,2	23,9	
85	13:00:00	42 h	82,1	62,1	49,3	31,4	25,0	
86	13:30:00	42,5 h	85,0	65,0	51,0	31,7	25,0	Lấy mẫu 23
87	14:00:00	43 h	85,7	66,0	51,9	32,5	25,2	

PL-35

88	14:30:00	43,5 h	86,8	67,0	50,0	31,8	25,0	
89	15:00:00	44 h	87,0	67,6	51,5	33,0	25,4	
90	15:30:00	44,5 h	89,9	69,5	55,9	33,5	25,6	
91	16:00:00	45 h	92,0	71,0	55,0	33,5	25,0	
92	16:30:00	45,5 h	91,0	71,5	54,1	34,0	25,4	
93	17:00:00	46 h	93,6	73,0	56,2	34,0	25,4	Lấy mẫu 24
94	17:30:00	46,5 h	91,0	71,4	53,2	31,7	24,7	
95	18:00:00	47 h	92,0	72,1	52,7	32,4	24,7	
96	18:30:00	47,5 h	93,2	72,7	53,4	32,9	24,6	
97	19:00:00	48 h	94,0	73,4	55,1	33,2	24,5	
98	19:30:00	48,5 h	94,5	75,0	57,0	33,4	24,4	
99	20:00:00	49 h	95,0	75,2	57,6	33,7	24,5	
100	20:30:00	49,5 h	97,8	77,7	59,3	34,2	24,4	Lấy mẫu 25
101	21:00:00	50 h	98,6	78,6	60,0	34,5	24,4	
102	21:30:00	50,5 h	99,9	79,8	61,4	35,1	24,5	
103	22:00:00	51 h	101,7	81,2	62,8	35,8	24,5	
104	22:30:00	51,5 h	103,8	83,3	64,0	36,6	24,4	
105	23:00:00	52 h	105,1	84,8	65,1	37,4	23,5	
106	23:30:00	52,5 h	105,6	85,1	65,4	37,6	23,5	
107	00:00:00 (15/04/2017)	53 h	107,6	87,0	66,8	38,3	23,9	Lấy mẫu 26
108	0:30:00	53,5 h	109,0	88,4	67,8	38,9	24,0	
109	1:00:00	54 h	115,0	89,8	69,0	39,6	24,2	
110	1:30:00	54,5 h	114,2	92,6	71,4	40,8	24,6	
111	2:00:00	55 h	115,0	93,4	72,3	41,4	24,7	
112	2:30:00	55,5 h	114,7	93,4	72,4	41,6	24,8	
113	3:00:00	56 h	116,5	94,7	73,6	42,3	25,1	
114	3:30:00	56,5 h	118,2	96,3	75,1	43,1	25,3	Lấy mẫu 27
115	4:00:00	57 h	120,4	98,5	76,5	44,2	25,5	
116	4:30:00	57,5 h	122,5	100,2	78,7	45,4	26,0	
117	5:00:00	58 h	124,2	101,3	81,0	46,2	26,1	

PL-36

118	5:30:00	58,5 h	126,5	103,2	81,7	47,1	26,6	
119	6:00:00	59 h	128,0	104,8	83,1	48,0	27,0	
120	6:30:00	59,5 h	131,1	107,1	85,3	49,4	27,5	
121	7:00:00	60 h	134,4	110,1	88,2	51,9	28,6	
122	7:30:00	60,5 h	137,3	112,8	89,0	52,7	29,2	
123	8:00:00	61 h	138,7	113,6	91,3	55,2	29,4	
124	8:30:00	61,5 h	139,5	115,3	93,0	57,7	29,8	
125	9:00:00	62 h	139,9	115,5	93,2	55,2	31,1	
126	9:30:00	62,5 h	140,5	116,6	94,6	56,2	30,9	

Ghi chú: h6 = 19cm trong toàn thời gian lọc

Phụ lục 1.3A. Kết quả thí nghiệm phân tích các mẫu nước với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 10\text{m/h}$)

STT	Thời gian GMT	Thời gian lọc (h)	Vị trí lấy mẫu	Tên mẫu	SS mg/l	COD mg/l	BOD ₅ mg/l	PH	Độ kiềm	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Tổng Nito mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l
1	17:00:00 (11/04/2017)	0	0	A 0-1	32,0	70,3	28,6	6,89	110,2	0,9	0,06	1,86	15,8	0,55
			1	A 1-1	31,5	69,2	27,1	6,9	105,4	0,89	0,057	1,76	15,3	0,56
			2	A 2-1	29,5	68,5	26,8	6,9	102,5	0,88	0,055	1,67	15,0	0,6
			3	A 3-1	18,9	48,2	20,5	6,87	91,0	0,62	0,04	1,42	13,8	0,52
			4	A 4-1	16,5	42,0	16,6	6,86	96,5	0,42	0,025	0,95	12,0	0,36
			5	A 5-1	13,8	38,3	13,8	6,86	104,0	0,35	0,03	0,68	11,5	0,34
			6	A 6-1	14,0	37,5	13,0	6,87	106,2	0,38	0,025	0,72	13,0	0,29
2	18:00:00	1 h	0	A 0-2	28,5	48,0	21,3							
			1	A 1-2	22,6	32,8	18,6							
			2	A 2-2	12,0	31,0	11,5							
			3	A 3-2	12,0	29,5	11,8							
			4	A 4-2	10,6	28,7	10,8							
			5	A 5-2	9,68	27,0	11,0							
			6	A 6-2	10,0	26,8	11,3							
3	19:00:00	2 h	0	A 0-3	20,5	49,0	23,6							

PL-38

			1	A 1-3	20,2	46,3	22,1						
			2	A 2-3	19,8	38,2	15,5						
			3	A 3-3	17,5	36,0	14,8						
			4	A 4-3	19,3	35,8	16,0						
			5	A 5-3	12,0	31,0	13,8						
			6	A 6-3	9,6	29,0	12,8						
4	20:00:00	3 h	0	A 0-4	36,5	78,8	34,6						
			1	A 1-4	34,5	56,8	28,6						
			2	A 2-4	18,8	37,0	14,6						
			3	A 3-4	17,9	40,0	16,9						
			4	A 4-4	17,6	34,2	14,8						
			5	A 5-4	16,6	34,5	15,0						
			6	A 6-4	12,6	32,2	13,5						
5	21:00:00	4 h	0	A 0-5	23,8	53,2	26,7						
			1	A 1-5	22,1	48,6	24,5						
			2	A 2-5	21,5	44,0	17,8						
			3	A 3-5	18,6	41,5	16,1						
			4	A 4-5	17,3	37,0	15,6						
			5	A 5-5	15,9	36,3	14,8						

PL-39

			6	A 6-5	14,2	34,4	13,8						
6	22:00:00	5 h	0	A 0-6	32,7	78,0	37,4						
			1	A 1-6	32,4	68,5	35,4						
			2	A 2-6	32,5	53,0	26,8						
			3	A 3-6	20,5	42,3	19,1						
			4	A 4-6	18,4	38,8	17,5						
			5	A 5-6	17,2	35,8	16,6						
			6	A 6-6	13,6	29,0	13,7						
7	23:30:00	6,5 h	0	A 0-7	21,0	33,4	14,8						
			1	A 1-7	19,2	31,4	14,5						
			2	A 2-7	17,7	29,5	13,8						
			3	A 3-7	9,2	26,7	10,8						
			4	A 4-7	8,3	26,7	9,9						
			5	A 5-7	8,0	25,6	9,3						
			6	A 6-7	7,6	25,	8,95						
8	1:00:00 (12/04/2017)	8 h	0	A 0-8	16,8	31,3	13,8						
			1	A 1-8	15,8	30,8	13,4						
			2	A 2-8	14,9	30,2	13,5						
			3	A 3-8	12,2	29,0	12,6						

PL-40

			4	A 4-8	11,2	26,6	9,0							
			5	A 5-8	10,8	26,0	10,5							
			6	A 6-8	9,8	24,2	11,3							
9	2:30:00	9,5 h	0	A 0-9	28,5	55,0	25,7							
			1	A 1-9	26,5	48,9	23,4							
			2	A 2-9	17,2	35,3	14,8							
			3	A 3-9	14,4	32,6	14,8							
			4	A 4-9	13,6	29,5	12,7							
			5	A 5-9	13,0	28,5	12,0							
			6	A 6-9	13,0	28,8	12,4							
10	4:00:00	11 h	0	A 0-10	13,8	27,0	13,5							
			1	A 1-10	13,7	29,8	14,4							
			2	A 2-10	13,3	31,0	14,5							
			3	A 3-10	12,4	26,3	13,1							
			4	A 4-10	11,8	27,0	12,8							
			5	A 5-10	11,7	28,2	13,0							
			6	A 6-10	10,0	27,0	12,0							
11	5:30:00	12,5 h	0	A 0-11	11,6	28,0	16,3	6,90	118,0	0,55	0,05	0,65	13,0	0,45
			1	A 1-11	11,4	28,5	15,3	6,87	111,4	0,58	0,04	0,66	12,6	0,46

PL-41

			2	A 2-11	11,2	28,3	13,1	6,87	101,1	0,72	0,035	0,72	12,8	0,55
			3	A 3-11	10,5	26,3	12,6	6,85	95,0	0,72	0,03	0,48	10,8	0,4
			4	A 4-11	9,8	26,7	11,8	6,87	96,0	0,6	0,042	0,56	11,6	0,42
			5	A 5-11	9,0	26,0	12,6	6,90	106,0	0,57	0,037	0,53	11,5	0,38
			6	A 6-11	8,8	24,8	11,0	6,89	98,0	0,46	0,03	0,47	12,0	0,33
12	7:30:00	14,5 h	0	A 0-12	86,0	173,0	86,8							
			1	A 1-12	65,4	154,2	67,5							
			2	A 2-12	45,0	89,0	43,0							
			3	A 3-12	31,0	63,5	28,6							
			4	A 4-12	28,5	62,8	26,0							
			5	A 5-12	24,0	57,0	25,0							
			6	A 6-12	23,8	50,0	23,8							
13	9:30:00	16,5 h	0	A 0-13	75,2	168,5	83,0							
			1	A 1-13	70,1	156,0	67,5							
			2	A 2-13	35,8	86,0	40,2							
			3	A 3-13	31,2	67,0	28,5							
			4	A 4-13	26,8	55,0	24,3							
			5	A 5-13	20,7	49,0	21,6							
			6	A 6-13	18,5	50,0	22,7							

PL-42

14	11:30:00	18,5 h	0	A 0-14	53,8	112,0	62,3						
			1	A 1-14	49,5	101,3	56,8						
			2	A 2-14	31,0	75,4	36,8						
			3	A 3-14	28,3	65,5	28,7						
			4	A 4-14	23,3	60,3	26,2						
			5	A 5-14	16,7	45,0	21,5						
			6	A 6-14	15,5	42,6	19,3						
15	13:30:00	20,5 h	0	A 0-15	58,6	110,0	64,0						
			1	A 1-15	52,6	95,6	50,9						
			2	A 2-15	31,0	75,0	35,2						
			3	A 3-15	28,3	66,6	31,5						
			4	A 4-15	24,0	58,7	28,6						
			5	A 5-15	18,6	42,0	19,5						
			6	A 6-15	16,2	37,0	18,0						
16	15:30:00	22,5 h	0	A 0-16	45,8	103,0	46,6						
			1	A 1-16	40,2	89,6	42,5						
			2	A 2-16	29,0	72,5	32,8						
			3	A 3-16	26,3	63,0	31,0						
			4	A 4-16	20,0	54,3	24,8						

PL-43

			5	A 5-16	16,8	40,0	18,3							
			6	A 6-16	13,5	37,8	16,6							
17	17:30:00	24,5 h	0	A 0-17	18,0	44,5	23,8	6,90	120,0	0,82	0,045	1,32	15,5	0,58
			1	A 1-17	17,5	43,5	22,1	6,89	111,2	0,7	0,048	1,21	14,5	0,52
			2	A 2-17	16,0	42,0	20,0	6,87	105,5	0,58	0,05	0,80	13,6	0,48
			3	A 3-17	15,5	39,0	16,2	6,85	100,5	0,66	0,05	1,1	13,0	0,62
			4	A 4-17	14,0	36,0	17,7	6,87	96,3	0,53	0,038	0,86	12,8	0,53
			5	A 5-17	13,8	36,5	17,0	6,90	103,0	0,7	0,053	0,65	10,9	0,40
			6	A 6-17	10,5	34,0	16,5	6,89	95,6	0,42	0,032	0,72	12,0	0,46
18	10:00:00 (13/04/2017)	41	0	A 0-18	75,0	90,0	48,0							
			1	A 1-18	72,0	92,1	49,2							
			2	A 2-18	68,0	94,5	53,6							
			3	A 3-18	68,0	86,5	45,5							
			4	A 4-18	29,5	63,4	29,0							
			5	A 5-18	23,8	66,0	32,3							
			6	A 6-18	19,8	62,0	31,0							
19	12:00:00	43 h	0	A 0-19	35,0	75,0	36,0							
			1	A 1-19	34,5	71,5	33,2							
			2	A 2-19	31,0	69,0	33,8							

PL-44

			3	A 3-19	28,3	53,0	23,6							
			4	A 4-19	22,0	36,8	19,2							
			5	A 5-19	19,5	35,2	16,0							
			6	A 6-19	13,8	32,6	14,0							
20	14:00:00	45 h	0	A 0-20	33,0	68,2	31,0							
			1	A 1-20	33,4	68	33,5							
			2	A 2-20	32,5	70,0	38,0							
			3	A 3-20	25,0	44,5	20,0							
			4	A 4-20	18,0	33,0	14,8							
			5	A 5-20	16,6	36,0	16,0							
			6	A 6-20	13,4	35,0	14,5							
21	16:00:00	47 h	0	A 0-21	32,0	62,5	29,8	6,90	112,0	1,2	0,1	1,12	16,5	0,96
			1	A 1-21	30,1	60,4	32,1	6,9	108,9	1,15	0,09	1,11	16,2	0,91
			2	A 2-21	28,9	67,0	33,0	6,9	107,0	1,1	0,08	1,36	15,0	0,88
			3	A 3-21	19,0	38,0	16,6	6,92	106,0	0,68	0,06	0,95	13,8	0,65
			4	A 4-21	16,6	35,5	16,2	6,89	110,0	0,55	0,04	0,65	13,2	0,55
			5	A 5-21	13,8	38,0	18,0	6,87	113,0	0,62	0,05	0,72	12,8	0,62
			6	A 6-21	11,0	34,0	15,6	6,90	98,0	0,48	0,05	0,80	13,0	0,73

Phụ lục 1.3B. Kết quả đo tổn thất cột áp với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v= 10\text{m/h}$)

STT	Thời gian GMT	Thời gian lọc (h)	Cột áp					Ghi chú
			h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h4 (cm)	h5 (cm)	
1	17:00:00 (11/04/2017)	0 h	29,0	28,9	26,5	24,7	22,6	Lấy mẫu 1
2	17:30:00	0,5 h	28,9	28,5	26,0	24,4	22,2	
3	18:00:00	1 h	29,0	28,6	26,1	24,4	22,4	Lấy mẫu 2
4	18:30:00	1,5 h	29,2	28,9	26,2	24,5	22,1	
5	19:00:00	2 h	29,9	29,0	26,1	24,0	22,0	Lấy mẫu 3
6	19:30:00	2,5 h	29,0	28,5	25,8	24,8	22,6	
7	20:00:00	3 h	31,0	30,4	27,2	25,1	22,9	Lấy mẫu 4
8	20:30:00	3,5 h	31,8	31,2	27,9	25,2	22,9	
9	21:00:00	4 h	32,3	31,7	27,6	25,2	22,9	Lấy mẫu 5
10	21:30:00	4,5 h	32,7	32,0	27,8	25,3	22,9	
11	22:00:00	5 h	33,9	32,4	27,9	25,4	22,9	Lấy mẫu 6
12	22:30:00	5,5 h	33,4	32,7	28,0	25,4	22,9	
13	23:00:00	6 h	33,3	32,5	27,9	25,1	22,8	
14	23:30:00	6,5 h	33,3	32,3	27,0	24,5	22,0	Lấy mẫu 7
15	0:00:00 (12/04/2017)	7 h	33,9	32,7	27,3	24,6	22,2	
16	0:30:00	7,5 h	34,4	33,2	27,4	24,6	22,3	
17	1:00:00	8 h	34,9	33,5	27,5	24,6	22,2	Lấy mẫu 8
18	1:30:00	8,5 h	35,2	34,0	27,7	25,0	22,4	
19	2:00:00	9 h	35,3	33,9	27,5	24,7	22,2	
20	2:30:00	9,5 h	35,4	34,1	27,6	24,8	22,2	Lấy mẫu 9
21	3:00:00	10 h	36,0	34,8	27,8	24,6	22,2	
22	3:30:00	10,5 h	36,7	35,4	28,0	25,0	22,4	
23	4:00:00	11 h	37,0	35,4	28,0	25,0	22,8	Lấy mẫu 10
24	4:30:00	11,5 h	37,1	35,5	28,1	25,0	22,4	
25	5:00:00	12 h	37,1	35,5	28,0	24,8	22,3	
26	5:30:00	12,5 h	37,1	35,6	28,0	25,0	22,3	Lấy mẫu 11

PL-46

27	6:00:00	13 h	38,2	36,4	28,5	25,2	22,4	
28	6:30:00	13,5 h	39,9	37,8	29,0	25,4	22,4	
29	7:00:00	14 h	39,5	37,6	29,0	25,4	22,5	
30	7:30:00	14,5 h	39,8	38,1	29,1	25,6	22,7	Lấy mẫu 12
31	8:00:00	15 h	40,2	38,5	29,3	25,8	22,8	
32	8:30:00	15,5 h	40,6	38,8	29,4	25,9	23,1	
33	9:00:00	16 h	41,1	39,0	29,5	25,9	22,9	
34	9:30:00	16,5 h	41,5	39,2	29,6	25,8	22,8	Lấy mẫu 13
35	10:00:00	17 h	41,8	39,2	29,6	25,8	22,8	
36	10:30:00	17,5 h	42,3	39,6	29,7	25,8	22,8	
37	11:00:00	18 h	42,5	40,1	29,8	25,8	22,8	
38	11:30:00	18,5 h	42,8	40,6	29,9	25,8	22,8	Lấy mẫu 14
39	12:00:00	19 h	43,1	41,1	30,2	26,0	23,9	
40	12:30:00	19,5 h	43,5	41,5	30,5	26,1	23,1	
41	13:00:00	20 h	42,9	41,0	30,1	25,9	22,9	
42	13:30:00	20,5 h	43,2	41,5	30,1	25,9	23,0	Lấy mẫu 15
43	14:00:00	21 h	43,8	41,6	30,1	25,9	23,0	
44	14:30:00	21,5 h	44,5	42,1	30,2	25,9	23,1	
45	15:00:00	22 h	44,6	42,3	30,0	26,0	22,8	
46	15:30:00	22,5 h	45,0	42,7	30,0	25,4	22,7	Lấy mẫu 16
47	16:00:00	23 h	45,8	43,8	30,5	25,8	22,8	
48	16:30:00	23,5 h	46,2	44,5	30,3	25,8	22,8	
49	17:00:00	24 h	46,5	44,5	30,5	26,0	22,9	
50	17:30:00	24,5 h	46,6	44,7	30,4	26,0	22,9	Lấy mẫu 17
51	18:00:00	25 h	47,1	45,0	30,5	26,0	22,9	
52	18:30:00	25,5 h	47,4	45,2	30,5	26,1	22,8	
53	19:00:00	26 h	48,1	45,6	30,8	26,1	23,1	
54	19:30:00	26,5 h	50,9	47,0	33,0	26,8	23,4	
55	20:00:00	27 h	53,6	48,5	33,6	27,5	23,7	
56	20:30:00	27,5 h	56,6	50,1	36,2	28,5	23,9	
57	21:00:00	28 h	59,5	51,2	36,7	29,0	24,3	

PL-47

58	21:30:00	28,5 h	62,3	53,1	38,0	30,0	24,5	
59	22:00:00	29 h	65,0	54,2	40,0	30,6	24,9	
60	23:00:00	29,5 h	67,2	55,6	41,2	31,6	25,2	
61	0:00:00 (13/04/2017)	30 h	70,3	57,3	42,5	32,3	25,4	
62	0:30:00	30,5 h	73,5	58,7	44,2	33,1	25,8	
63	1:00:00	31 h	75,8	60,1	45,5	33,7	26,1	
64	1:30:00	31,5 h	78,5	61,5	46,9	34,5	26,3	
65	2:00:00	32 h	81,6	63,2	48,1	35,6	26,6	
66	2:30:00	32,5 h	84,6	64,7	49,8	36,2	26,9	
67	3:00:00	33 h	87,2	66,1	51,3	36,8	27,3	
68	3:30:00	33,5 h	89,3	67,5	52,1	37,8	27,5	
69	4:00:00	34 h	92,5	69,1	54,2	38,5	27,9	
70	4:30:00	34,5 h	95,5	70,5	55,7	39,3	28,1	
71	5:00:00	35 h	98,3	72,1	57,1	40,1	28,5	
72	5:30:00	35,5 h	101,8	73,5	58,2	40,7	28,7	
73	6:00:00	36 h	105,6	76,1	60,1	41,6	29,2	
74	6:30:00	36,5 h	106,1	76,2	60,9	41,9	29,3	
75	7:00:00	37 h	106,5	76,5	61,6	42,3	29,4	
76	7:30:00	37,5 h	107,0	78,0	62,5	42,9	29,5	
77	8:00:00	38 h	107,5	78,0	62,5	42,8	29,5	
78	8:30:00	38,5 h	108,0	78,2	62,5	42,8	29,5	
79	9:00:00	39 h	109,6	78,6	62,4	42,8	29,5	
80	9:30:00	39,5 h	112,0	79,2	63,0	43,0	29,9	
81	10:00:00	40 h	113,9	79,5	63,9	43,5	30,0	Lấy mẫu 18
82	10:30:00	40,5 h	116,0	81,5	65,0	43,7	30,0	
83	11:00:00	41 h	117,4	82,0	65,4	44,0	30,0	
84	11:30:00	41,5 h	117,6	83,0	66,0	44,5	30,0	
85	12:00:00	42 h	113,8	83,5	66,2	44,0	30,1	Lấy mẫu 19
86	12:30:00	42,5 h	114,0	84,0	66,1	45,0	30,5	
87	13:00:00	43 h	115,0	84,0	67,0	45,0	30,5	
88	13:30:00	43,5 h	116,0	84,5	67,5	45,0	30,5	

89	14:00:00	44 h	118,0	86,0	68,5	45,5	30,5	Lấy mẫu 20
90	14:30:00	44,5 h	120,5	87,5	69,5	46,0	30,8	
91	15:00:00	45 h	120,5	87,5	69,4	45,8	30,8	
92	15:30:00	45,5 h	121,0	87,5	69,6	46,0	30,5	
93	16:00:00	46 h	121,5	87,8	70,0	46,5	30,5	Lấy mẫu 21
94	16:30:00	46,5 h	122,5	87,8	70,7	46,0	30,7	
95	17:00:00	47 h	125,4	89,4	72,1	46,7	31,0	
96	17:30:00	47,5 h	128,2	90,6	73,5	47,4	31,3	
97	18:00:00	48 h	130,9	92,5	75,2	48,3	31,5	
98	18:30:00	48,5 h	133,5	93,6	76,4	49,0	31,8	
99	19:00:00	49 h	136,5	95,1	78,1	49,8	32,1	
100	19:30:00	49,5 h	139,9	96,4	79,4	50,1	32,4	Rửa lọc

Ghi chú: $h_6 = 19$ cm, trong toàn thời gian lọc

Phụ lục 1.4A. Kết quả thí nghiệm phân tích các mẫu nước với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v = 12,5$ m/h)

STT	Thời gian GMT	Thời gian lọc (h)	Vị trí điểm lấy mẫu	Tên mẫu	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	Ghi chú
1	12:30:00 (13/04/2017)	0h	M 0	C 0-1	48,0	173,0	85,0	
			M 1	C 1-1	45,0	160,0	83,0	
			M 2	C 2-1	45,0	160,0	83,0	
			M 3	C 3-1	40,0	154,0	77,0	
			M 4	C 4-1	39,0	133,0	68,0	
			M 5	C 5-1	38,0	142,0	68,0	
			M 6	C 6-1	38,0	135,0	71,0	
2	13:30:00	1h	M 0	C 0-2	48,0	162,0	83,5	
			M 1	C 1-2	50,0	155,0	78,0	
			M 2	C 2-2	45,0	157,0	72,0	
			M 3	C 3-2	36,0	122,0	66,0	
			M 4	C 4-2	35,0	108,0	46,8	

			M 5	C 5-2	30,0	97,0	47,0	
			M 6	C 6-2	25,0	68,0	31,8	
3	14:30:00	2h	M 0	C 0-3	47,0	161,0	73,8	
			M 1	C 1-3	44,0	158,0	75,8	
			M 2	C 2-3	42,0	150,0	71,5	
			M 3	C 3-3	40,0	158,0	69,5	
			M 4	C 4-3	31,0	110,0	51,0	
			M 5	C 5-3	18,0	65,0	32,0	
			M 6	C 6-3	20,0	60,0	27,8	
4	15:30:00	3h	M 0	C 0-4	50,0	163,0	85,0	
			M 1	C 1-4	48,0	160,0	76,0	
			M 2	C 2-4	43,0	160,0	82,0	
			M 3	C 3-4	43,0	156,0	75,0	
			M 4	C 4-4	39,0	125,0	63,0	
			M 5	C 5-4	26,0	70,0	31,0	
			M 6	C 6-4	21,0	62,0	29,5	

Phụ lục 1.4B. Kết quả đo tổn thất cột áp với bể lọc vật liệu lọc nổi polystyrene ($v=12,5\text{m/h}$)

STT	Thời gian GMT	Thời gian lọc (h)	Cột áp					Ghi chú
			h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h4 (cm)	h5 (cm)	
1	12:30:00 (13/04/2017)	0 h	30,3	29,0	27,4	25,0	22,4	Lấy mẫu 1
2	13:00:00	0,5 h	30,7	29,4	27,4	25,0	22,4	
3	13:30:00	1 h	31,0	30,0	27,9	25,0	22,4	Lấy mẫu 2
4	14:00:00	1,5 h	31,8	30,2	28,0	25,1	22,5	
5	14:30:00	2 h	32,4	30,2	28,0	25,2	22,3	Lấy mẫu 3
6	15:00:00	2,5 h	32,7	30,9	28,3	25,3	22,5	
7	15:30:00	3 h	33,0	31,1	28,3	25,3	22,5	Lấy mẫu 4

PHỤ LỤC 2. CÁC TÍNH TOÁN

Phụ lục 2.1. Tính các giá trị trung bình trong thí nghiệm với vật liệu lọc nổi polystyrene

Từ kết các kết quả thí nghiệm ở Phụ lục 1 xử lý toán học theo công thức $\bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n}$ có được các giá trị trung bình thể hiện ở các bảng từ PL2.1 đến bảng PL2.5.

Bảng PL2.1. Nồng độ trung bình trong chu kỳ lọc vận tốc lọc $v=5m/h$

Nồng độ trung bình (mg/l)	Vị trí mẫu						
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6
	Chiều dày vật liệu lọc tương ứng với vị trí lấy mẫu (cm)						
	Bể lắng 2	x0 = 0	x1 = 18	x2 = 46	x3 = 74	x4 = 102	x5 = 120
SS	39,69	37,76	35,11	31,05	27,35	21,19	16,84
COD	167,30	163,79	155,29	132,27	110,67	75,60	61,15
BOD ₅	78,13	76,31	72,19	60,44	50,27	34,09	26,96
Nitrat (NO ₃ ⁻)	2,98	2,64	2,46	2,25	1,74	1,19	1,06
Nitrit (NO ₂ ⁻)	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,07	0,05
Amoni (NH ₄ ⁺)	10,12	9,16	9,10	8,44	6,50	3,33	2,69
Tổng Nito	26,22	25,25	24,10	22,60	19,03	15,72	14,27
Phosphat(PO ₄ ³⁻)	0,92	0,92	0,94	0,88	0,64	0,48	0,44

Bảng PL2.2. Nồng độ trung bình trong chu kỳ lọc vận tốc lọc $v= 7,5m/h$

Nồng độ trung bình (mg/l)	Vị trí mẫu						
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6
	Chiều dày vật liệu lọc tương ứng với vị trí lấy mẫu (cm)						
	Bể lắng 2	Lx = 0	Lx = 18	Lx = 46	Lx = 74	Lx = 102	Lx = 120
SS	48,20	43,96	40,51	36,53	32,35	28,39	22,50
COD	121,50	114,47	104,62	94,33	86,09	70,83	47,20
BOD ₅	60,11	55,79	50,88	46,44	42,72	34,13	22,86
Nitrat (NO ₃ ⁻)	2,14	2,17	2,15	1,95	1,87	1,26	0,93

Nitrit (NO_2^-)	0,11	0,09	0,09	0,09	0,08	0,05	0,04
Amoni (NH_4^+)	10,09	8,88	8,49	8,41	7,32	6,07	3,66
Tổng Nitơ	25,80	25,50	23,78	23,50	19,82	17,68	14,72
Phosphat (PO_4^{3-})	1,01	0,92	0,87	0,85	0,80	0,67	0,47

Bảng PL2.3. Nồng độ trung bình trong chu kỳ lọc vận tốc lọc $v=10$ m/h

Nồng độ trung bình (mg/l)	Vị trí mẫu						
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6
	Chiều dày vật liệu lọc tương ứng với vị trí lấy mẫu (cm)						
	Bể lắng 2	$L_x=0$	$L_x=18$	$L_x=46$	$L_x=74$	$L_x=102$	$L_x=120$
SS	37,05	34,06	26,50	22,14	17,96	15,33	13,30
COD	74,22	67,80	55,54	45,95	40,42	37,23	34,84
BOD ₅	36,55	32,98	26,15	20,63	17,82	16,55	15,51
Nitrat (NO_3^-)	0,86	0,83	0,82	0,67	0,53	0,56	0,44
Nitrit (NO_2^-)	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03
Amoni (NH_4^+)	1,24	1,19	1,14	0,99	0,76	0,65	0,68
Tổng Nitơ	15,20	14,65	14,10	12,85	12,40	11,68	12,50
Phosphat (PO_4^{3-})	0,64	0,61	0,63	0,55	0,47	0,44	0,45

Bảng PL2.4. Nồng độ trung bình trong chu kỳ lọc vận tốc lọc $v=12,5$ m/h

Nồng độ trung bình (mg/l)	Vị trí mẫu						
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6
	Chiều dày vật liệu lọc tương ứng với vị trí lấy mẫu (cm)						
	Bể lắng 2	$L_x=0$	$L_x=18$	$L_x=46$	$L_x=74$	$L_x=102$	$L_x=120$
SS	48,25	46,75	43,75	39,75	36,00	28,00	26,00
COD	164,75	158,25	156,75	147,50	119,00	93,50	81,25
BOD ₅	81,83	78,20	77,13	71,88	57,20	44,50	40,03

Bảng PL2.5. Nồng độ trung bình trong chu kỳ lọc vận tốc lọc $v=15$ m/h

Nồng độ trung bình	Vị trí mẫu						
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6

(mg/l)	Chiều dày vật liệu lọc tương ứng với vị trí lấy mẫu (cm)						
	Bể lắng 2	L _x = 0	L _x =18	L _x =46	L _x =74	L _x =102	L _x =120
SS	49,50	44,50	43,25	35,00	28,75	20,60	19,75
COD	162,75	144,75	148,75	113,00	92,75	62,25	56,75
BOD ₅	78,20	67,50	70,50	54,75	43,93	28,95	25,95

Phụ lục 2.2. Tính toán tải trọng thể tích, tải trọng trung bình lên bùn cặn với lớp vật liệu lọc nổi polystyrene

PL2.2.1. Với vận tốc lọc $v=5\text{ m/h}$

*** Xác định tải trọng thể tích với vận tốc lọc $v=5\text{ m/h}$**

- Với vận tốc lọc $v=5\text{ m/h}$, chiều dày vật liệu lọc 1,2m, đường kính bể lọc $D=300\text{ mm}$ có được:

+ Lưu lượng nước thải vào bể lọc:

$$Q = (3,14 \cdot 0,3 \cdot 0,3/4) \cdot 5 \cdot 1000 = 353,25 \text{ (l/h)}$$

+ Diện tích bề mặt lớp vật liệu lọc:

$$S_{VL} = 3,14 \cdot 0,3 \cdot 0,3/4 = 0,071 \text{ (m}^2\text{)}$$

+ Thể tích vật liệu lọc:

$$V_{VL} = S_{VL} \cdot 1,2 = 0,085 \text{ (m}^3\text{)}$$

- Tổng lượng cặn (SS) tích lũy trong lớp vật liệu lọc:

$$G_{SS} = \sum_{i=1}^{i=36} (C_{M_0(t_i)}^{SS} - C_{M_6(t_i)}^{SS}) \cdot Q \cdot \Delta t_i \text{ (g)} \quad (\text{PL2.1})$$

Trong đó:

G_{SS} : là tổng lượng cặn (SS) tích lũy trong lớp vật liệu lọc (g);

$C_{M_0(t_i)}^{SS}$: nồng độ SS tại vị trí M_0 (cặn đầu vào) tại thời điểm lấy mẫu t_i , (g/l);

$C_{M_6(t_i)}^{SS}$: nồng độ SS tại vị trí M_6 (cặn đầu ra) tại thời điểm lấy mẫu t_i , (g/l);

Δt_i : khoảng thời gian lấy mẫu giữa lần lấy mẫu t_{i-1} và t_i , (h);

Thay số số liệu từ phụ lục 1.1A vào công thức PL.2.1 có được kết quả sau:

$$G_{SS} = 623,33(\text{g}) = 0,623 \text{ (kg)}$$

- Tổng lượng (COD) trong lớp vật liệu lọc:

$$G_{COD} = \sum_{i=1}^{i=36} (S_{M_0(t_i)}^{COD} - S_{M_6(t_i)}^{COD}) \cdot Q \cdot \Delta t_i \quad (\text{g}) \quad (\text{PL.2})$$

Trong đó:

G_{COD} : là tổng lượng COD tích lũy trong lớp vật liệu lọc (g);

$S_{M_0(t_i)}$: nồng độ COD tại vị trí M_0 (COD đầu vào) tại thời điểm lấy mẫu t_i , (g/l);

$S_{M_6(t_i)}$: nồng độ COD tại vị trí M_6 (COD đầu ra) tại thời điểm lấy mẫu t_i , (g/l);

Δt_i : khoảng thời gian lấy mẫu giữa lần lấy mẫu t_{i-1} và t_i , (h);

Thay số số liệu từ phức lục 1.1A vào công thức PL2.1 có được kết quả sau:

$$G_{COD} = 3084 \text{ (g)} = 0,3084 \text{ (kg)}$$

- Tổng lượng (BOD) trong lớp vật liệu lọc:

$$G_{BOD} = \sum_{i=1}^{i=36} (S_{M_0(t_i)}^{BOD} - S_{M_6(t_i)}^{BOD}) \cdot Q \cdot \Delta t_i \quad (\text{g}) \quad (\text{PL2.3})$$

Trong đó:

G_{COD} : là tổng lượng cặn (SS) tích lũy trong lớp vật liệu lọc (g);

$S_{M_0(t_i)}$: nồng độ BOD tại vị trí M_0 (BOD đầu vào) tại thời điểm lấy mẫu t_i , (g/l);

$S_{M_6(t_i)}$: nồng độ BOD tại vị trí M_6 (BOD đầu ra) tại thời điểm lấy mẫu t_i , (g/l);

Δt_i : khoảng thời gian lấy mẫu giữa lần lấy mẫu t_{i-1} và t_i , (h);

Thay số số liệu từ phức lục 1.1A vào công thức PL2.3 có được kết quả sau:

$$G_{BOD} = 1457 \text{ (g)} = 1,457 \text{ (kg)}$$

$$\Rightarrow \text{Tải trọng thể tích theo COD} = \frac{G_{COD}}{V_{VL}} \times \frac{24}{t_{36}} = \frac{3,084}{0,085} \times \frac{24}{85} = 10,244 \text{ (kgCOD/m}^3$$

VLL.ngđ)

$$\Rightarrow \text{Tải trọng thể tích theo BOD} = \frac{G_{BOD}}{V_{VL}} \times \frac{24}{t_{36}} = \frac{1,457}{0,085} \times \frac{24}{85} = 4,84 \text{ (kgBOD/m}^3$$

VLL.ngđ)

*** Xác định tải trọng trung bình lên bùn cặn với vận tốc lọc $v=5\text{m/h}$**

\Rightarrow Tải trọng trung bình lên bùn cặn theo BOD₅:

$$\rho_{ib}^{BOD} = \frac{\frac{G_{BOD}}{t_{36}}}{\frac{G_{SS}}{t_{36}}} = \frac{G_{BOD}}{G_{SS}} = \frac{1457 \times 10}{623} = 23,4 \quad (\text{mgBOD}_5/\text{g bùn.h})$$

⇒ Tải trọng trung bình lên bùn cặn theo COD:

$$\rho_{ib}^{COD} = \frac{\frac{G_{COD}}{t_{36}}}{\frac{G_{SS}}{t_{36}}} = \frac{G_{COD}}{G_{SS}} = \frac{3084 \times 10}{623} = 49,5 \quad (\text{mgCOD/g bùn.h})$$

⇒ Tương tự xác định trọng trung bình lên bùn cặn theo NH_4^+ :

Có được: $G_{\text{NH}_4^+} = 194,57$ (g); $G_{SS} = 571,05$ (g) ứng với thời gian lấy mẫu của Amoni .

$$\Rightarrow \rho_{ib}^{\text{NH}_4^+} = \frac{G_{\text{NH}_4^+}}{G_{SS}} = \frac{194,57 \times 10}{571,05} = 3,41 \quad (\text{mg NH}_4^+/\text{g bùn.h})$$

⇒ Tương tự xác định tải trọng trung bình lên bùn cặn theo tổng Nitơ :

Có được: $G_{\text{tổng nitơ}} = 260,88$ (g); $G_{SS} = 571,05$ (g) ứng với thời gian lấy mẫu của tổng Nitơ.

$$\Rightarrow \rho_{ib}^{\text{Tổng-Nitơ}} = \frac{G_{\text{Tổng-Nitơ}}}{G_{SS}} = \frac{260,88 \times 10}{571,05} = 4,57 \quad (\text{mg tổng Nitơ/g bùn.h})$$

PL2.2.2. Với vận tốc lọc $v = 7.5$ m/h

Tương tự các công thức tính toán như trên với $v = 7.5$ m/h có được kết quả sau

*** Xác định tải trọng thể tích với vận tốc lọc $v = 7,5$ m/h**

- Với vận tốc lọc $v = 7,5$ m/h, chiều dày vật liệu lọc 1,2m, đường kính bể lọc $D = 300$ mm có được:

+ Lưu lượng nước thải vào bể lọc:

$$Q = (3,14 * 0,3 * 0,3/4) * 7,5 * 1000 = 529,88 \text{ (l/h)}$$

+ Diện tích bề mặt lớp vật liệu lọc:

$$S_{VL} = 3,14 * 0,3 * 0,3/4 = 0,071 \text{ (m}^2\text{)}$$

+ Thể tích vật liệu lọc:

$$V_{VL} = S_{VL} * 1,2 = 0,085 \text{ (m}^3\text{)}$$

- Tổng lượng cặn (SS) tích lũy trong lớp vật liệu lọc:

$$G_{SS} = \sum_{i=1}^{i=27} (C_{M_0(t_i)}^{SS} - C_{M_6(t_i)}^{SS}) * Q * \Delta t_i \text{ (g)}$$

$$G_{SS} = 830,21 \text{ (g)} = 0,830 \text{ (kg)}$$

- Tổng lượng (COD) trong lớp vật liệu lọc:

$$G_{COD} = \sum_{i=1}^{i=27} (S_{M_0(t_i)}^{COD} - S_{M_6(t_i)}^{COD}) * Q * \Delta t_i \text{ (g)}$$

$$G_{COD} = 2529 \text{ (g)} = 2,529 \text{ (kg)}$$

- Tổng lượng (BOD) trong lớp vật liệu lọc:

$$G_{BOD} = \sum_{i=1}^{i=27} (S_{M_0(t_i)}^{BOD} - S_{M_6(t_i)}^{BOD}) * Q * \Delta t_i \text{ (g)}$$

$$G_{BOD} = 1288 \text{ (g)} = 1,288 \text{ (kg)}$$

$$\Rightarrow \text{Tải trọng thể tích theo COD} = \frac{G_{COD}}{V_{VL}} * \frac{24}{t_{27}} = \frac{2,529}{0,085} * \frac{24}{56,5} = 12,67 \text{ (kgCOD/m}^3\text{)}$$

VLL.ngđ)

$$\Rightarrow \text{Tải trọng thể tích theo BOD} = \frac{G_{BOD}}{V_{VL}} * \frac{24}{t_{27}} = \frac{1,288}{0,085} * \frac{24}{56,5} = 6,46 \text{ (kgBOD/m}^3\text{)}$$

VLL.ngđ)

*** Xác định tải trọng trung bình lên bùn cặn với vận tốc lọc $v = 7,5 \text{ m/h}$**

\Rightarrow Tải trọng trung bình lên bùn cặn theo BOD₅:

$$\rho_{ib}^{BOD} = \frac{\frac{G_{BOD}}{t_{27}}}{\frac{G_{SS}}{t_{27}}} = \frac{G_{BOD}}{G_{SS}} = \frac{1288 \times 10}{830} = 15,52 \quad (\text{mgBOD}_5/\text{g bùn.h})$$

⇒ Tải trọng trung bình lên bùn cặn theo COD:

$$\rho_{ib}^{COD} = \frac{\frac{G_{COD}}{t_{27}}}{\frac{G_{SS}}{t_{27}}} = \frac{G_{COD}}{G_{SS}} = \frac{2529 \times 10}{830} = 30,5 \quad (\text{mgCOD/g bùn.h})$$

⇒ Tương tự xác định trọng trung bình lên bùn cặn theo NH_4^+ :

Có được: $G_{\text{NH}_4^+} = 190,17$ (g); $G_{SS} = 769,01$ (g) ứng với thời gian lấy mẫu của Amoni .

$$\Rightarrow \rho_{ib}^{\text{NH}_4^+} = \frac{G_{\text{NH}_4^+}}{G_{SS}} = \frac{190,17 \times 10}{769,01} = 2,47 \quad (\text{mg NH}_4^+/\text{g bùn.h})$$

⇒ Tương tự xác định tải trọng trung bình lên bùn cặn theo tổng Nitơ :

Có được: $G_{\text{tổng nitơ}} = 306,29$ (g); $G_{SS} = 769,01$ (g) ứng với thời gian lấy mẫu của tổng Nitơ.

$$\Rightarrow \rho_{ib}^{\text{Tổng-Nitơ}} = \frac{G_{\text{Tổng-Nitơ}}}{G_{SS}} = \frac{306,29 \times 10}{769,01} = 3,98 \quad (\text{mg tổng Nitơ/g bùn.h})$$

PL2.2.3. Với vận tốc lọc $v=10$ m/h

Tương tự các công thức tính toán như trên với $v = 10$ m/h có được kết quả sau

*** Xác định tải trọng thể tích với vận tốc lọc $v=10$ m/h**

- Với vận tốc lọc $v=10$ m/h, chiều dày vật liệu lọc 1,2m, đường kính bể lọc $D=300$ mm có được:

+ Lưu lượng nước thải vào bể lọc:

$$Q = (3,14 \times 0,3 \times 0,3/4) \times 10 \times 1000 = 706,5 \quad (\text{l/h})$$

+ Diện tích bề mặt lớp vật liệu lọc:

$$S_{VL} = 3,14 \cdot 0,3 \cdot 0,3 / 4 = 0,071 \text{ (m}^2\text{)}$$

+ Thể tích vật liệu lọc:

$$V_{VL} = S_{VL} \times 1,2 = 0,085 \text{ (m}^3\text{)}$$

- Tổng lượng cặn (SS) tích lũy trong lớp vật liệu lọc:

$$G_{SS} = \sum_{i=1}^{i=21} (C_{M_0(t_i)}^{SS} - C_{M_6(t_i)}^{SS}) \cdot Q \cdot \Delta t_i \text{ (g)}$$

$$G_{SS} = 1172 \text{ (g)} = 1,172 \text{ (kg)}$$

- Tổng lượng (COD) trong lớp vật liệu lọc:

$$G_{COD} = \sum_{i=1}^{i=21} (S_{M_0(t_i)}^{COD} - S_{M_6(t_i)}^{COD}) \cdot Q \cdot \Delta t_i \text{ (g)}$$

$$G_{COD} = 1282 \text{ (g)} = 1,282 \text{ (kg)}$$

- Tổng lượng (BOD) trong lớp vật liệu lọc:

$$G_{BOD} = \sum_{i=1}^{i=21} (S_{M_0(t_i)}^{BOD} - S_{M_6(t_i)}^{BOD}) \cdot Q \cdot \Delta t_i \text{ (g)}$$

$$G_{BOD} = 710 \text{ (g)} = 1,288 \text{ (kg)}$$

$$\Rightarrow \text{Tải trọng thể tích theo COD} = \frac{G_{COD}}{V_{VL}} \times \frac{24}{t_{21}} = \frac{1,282}{0,085} \times \frac{24}{47} = 7,72 \text{ (kgCOD/m}^3\text{)}$$

VLL.ngđ)

$$\Rightarrow \text{Tải trọng thể tích theo BOD} = \frac{G_{BOD}}{V_{VL}} \times \frac{24}{t_{27}} = \frac{1,288}{0,085} \times \frac{24}{47} = 4,28 \text{ (kgBOD/m}^3\text{)}$$

VLL.ngđ)

*** Xác định tải trọng trung bình lên bùn cặn với vận tốc lọc $v = 10 \text{ m/h}$**

\Rightarrow Tải trọng trung bình lên bùn cặn theo BOD₅:

$$\rho_{ib}^{BOD} = \frac{G_{BOD}}{G_{SS}} = \frac{710,93 \times 10}{1172} = 6,1 \text{ (mgBOD}_5\text{/g bùn.h)}$$

⇒ Tải trọng trung bình lên bùn cặn theo COD:

$$\rho_{tb}^{COD} = \frac{G_{COD}}{G_{SS}} = \frac{1282,54 \times 10}{1172} = 10,9 \quad (\text{mgCOD/g bùn.h})$$

⇒ Tương tự xác định trọng trung bình lên bùn cặn theo NH_4^+ :

Có được: $G_{\text{NH}_4^+} = 11,76$ (g); $G_{SS} = 1172$ (g) ứng với thời gian lấy mẫu của Amoni.

$$\Rightarrow \rho_{tb}^{\text{NH}_4^+} = \frac{G_{\text{NH}_4^+}}{G_{SS}} = \frac{11,76 \times 10}{1172} = 0,1 \quad (\text{mg NH}_4^+/\text{g bùn.h})$$

⇒ Tương tự xác định tải trọng trung bình lên bùn cặn theo tổng Nito :

Có được: $G_{\text{tổng nito}} = 55,64$ (g); $G_{SS} = 1172$ (g) ứng với thời gian lấy mẫu của tổng Nito.

$$\Rightarrow \rho_{tb}^{\text{Tổng-Nito}} = \frac{G_{\text{Tổng-Nito}}}{G_{SS}} = \frac{55,64 \times 10}{1172} = 0,8 \quad (\text{mg tổng Nito/g bùn.h})$$

Phụ lục 2.3. Tính toán hiệu suất xử lý với vật liệu lọc nổi polystyrene

PL2.3.1. Tính toán hiệu suất xử lý với vận tốc lọc $v = 5$ m/h

Bảng PL2.6. Nồng độ SS, COD, BOD₅ trước xử lý, sau xử lý và hiệu suất xử lý với ($v = 5$ m/h)

STT	Thời gian lọc (h)	Nồng độ trước xử lý (mg/l)			Nồng độ sau xử lý (mg/l)			Hiệu suất xử lý (%)		
		SS	COD	BOD ₅	SS	COD	BOD ₅	SS	COD	BOD ₅
1	0	32,0	121,0	65,0	9,0	32,0	13,0	71,9	73,6	80,0
2	1	48,0	142,0	76,0	13	52	21,5	72,9	63,4	71,7
3	2	42,0	110,0	62,0	18	46	22	57,1	58,2	64,5
4	3	40,0	186,0	82,8	8	29	13,8	80,0	84,4	83,3
5	4	68,0	220,0	95,5	21	63	27	69,1	71,4	71,7
6	5	46,8	167,0	75,6	16,6	54	25	64,5	67,7	66,9
7	6,5	42,0	168,0	90,0	18	50	22	57,1	70,2	75,6

8	8	38,5	177,0	78,0	20	66	28,5	48,1	62,7	63,5
9	9,5	38,0	175,5	88,0	13,5	45,8	20,5	64,5	73,9	76,7
10	11	45,5	193,0	96,0	16	53	24,6	64,8	72,5	74,4
11	12,5	41,0	173,0	88,0	17	44,4	22,5	58,5	74,3	74,4
12	14	42,5	178,0	82,0	16	50	19,8	62,4	71,9	75,9
13	16	41,0	173,0	82,0	14	55	20	65,9	68,2	75,6
14	18	40,0	162,0	72,8	16	58	26,5	60,0	64,2	63,6
15	20	37,5	161,0	72,0	12	50	18,6	68,0	68,9	74,2
16	22	35,5	163,0	70,8	13	50	18	63,4	69,3	74,6
17	24	37,0	165,0	73,8	13,5	52	23,5	63,5	68,5	68,2
18	26	39,0	162,0	86,6	21	57	26,5	46,2	64,8	69,4
19	29	34,0	157,0	75,5	13	54	24,3	61,8	65,6	67,8
20	32	35,5	161,0	69,5	14	55	25	60,6	65,8	64,0
21	35	39,0	157,0	68,8	10	48	21,5	74,4	69,4	68,8
22	38	36,8	168,0	70,0	13	52	22,8	64,7	69,0	67,4
23	41	40,0	172,0	82,0	16	57	26,8	60,0	66,9	67,3
24	44	32,5	155,0	75,5	15,5	60	27,5	52,3	61,3	63,6
25	47	36,5	162,0	78,0	18,5	55	21	49,3	66,0	73,1
26	50	41,0	163,0	72,5	13,8	51	23	66,3	68,7	68,3
27	53	42,8	182,0	85,0	22	70	30,6	48,6	61,5	64,0
28	56	39,0	189,0	82,0	11	48	21,5	71,8	74,6	73,8
29	59	48,0	182,0	79,5	38	162	74,8	20,8	11,0	5,9
30	62	38,2	172,0	82,0	26,8	125	58	29,8	27,3	29,3
31	65	36,0	170,0	76,0	15,5	72	29,2	56,9	57,6	61,6
32	67,5	32,0	161,0	68,0	16,7	83	35,6	47,8	48,4	47,6
33	70,5	36,0	160,0	73,0	20,5	70	30,8	43,1	56,3	57,8
34	75,5	29,6	165,0	75,2	28,5	103	43	3,7	37,6	42,8
35	80,5	38,0	183,0	85,0	21	63	35	44,7	62,8	58,8
36	85,0	36,0	180,0	82,5	22,0	75	37,0	38,9	36,1	55,2
<i>Trung bình</i>								<i>58,1</i>	<i>64,4</i>	<i>66,9</i>

Ghi chú: Kết quả được trích từ Phụ lục 1.1A ở các vị trí lấy mẫu M0 (trước xử lý) và M6 (sau xử lý)

Bảng PL2.7. Nồng độ NH_4^+ , tổng Nito, PO_4^{3-} trước xử lý, sau xử lý và hiệu suất xử lý với bể lọc ($v=5\text{ m/h}$)

STT	Thời gian lọc (h)	Nồng độ trước xử lý (mg/l)			Nồng độ sau xử lý (mg/l)			Hiệu suất xử lý (%)		
		NH_4^+	Tổng Nito	PO_4^{3-}	NH_4^+	Tổng Nito	PO_4^{3-}	NH_4^+	Tổng Nito	PO_4^{3-}
1	0 h	8,6	28,5	1,0	2,6	12	0,35	69,8	57,9	63,2
2	12,5 h	12,6	25,6	1,0	1,75	13,8	0,36	86,1	46,1	62,5
3	24 h	5,0	21,0	0,9	1,36	11,8	0,69	72,8	43,8	19,8
4	35 h	10,5	28,0	0,9	1,56	10	0,28	85,1	64,3	67,4
5	50 h	11,5	26,0	1,0	2,02	15	0,4	82,4	42,3	57,9
6	73,5 h	12,5	28,2	1,0	6,85	23	0,55	45,2	18,4	42,1
Trung bình								73,6	45,5	52,1

Ghi chú: Kết quả được trích từ Phụ lục 1.1A ở các vị trí lấy mẫu M0 (trước xử lý) và M6 (sau xử lý)

PL2.3.2. Tính toán hiệu suất xử lý với vận tốc lọc $v = 7,5\text{ m/h}$

Bảng PL2.8. Nồng độ SS, COD, BOD_5 trước xử lý, sau xử lý và hiệu suất xử lý với bể lọc ($v = 7,5\text{ m/h}$)

STT	Thời gian lọc (h)	Nồng độ trước xử lý (mg/l)			Nồng độ sau xử lý (mg/l)			Hiệu suất xử lý (%)		
		SS	COD	BOD_5	SS	COD	BOD_5	SS	COD	BOD_5
1	0 h	32,0	121,0	65,0	9,0	32,0	13,0	71,9	73,6	80,0
2	1 h	48,0	142,0	76,0	13	52	21,5	72,9	63,4	71,7
3	2 h	42,0	110,0	62,0	18	46	22	57,1	58,2	64,5
4	3 h	40,0	186,0	82,8	8	29	13,8	80,0	84,4	83,3
5	4 h	68,0	220,0	95,5	21	63	27	69,1	71,4	71,7
6	5 h	46,8	167,0	75,6	16,6	54	25	64,5	67,7	66,9
7	6,5 h	42,0	168,0	90,0	18	50	22	57,1	70,2	75,6
8	8 h	38,5	177,0	78,0	20	66	28,5	48,1	62,7	63,5
9	9,5 h	38,0	175,5	88,0	13,5	45,8	20,5	64,5	73,9	76,7
10	11 h	45,5	193,0	96,0	16	53	24,6	64,8	72,5	74,4
11	12,5 h	41,0	173,0	88,0	17	44,4	22,5	58,5	74,3	74,4
12	14 h	42,5	178,0	82,0	16	50	19,8	62,4	71,9	75,9
13	16 h	41,0	173,0	82,0	14	55	20	65,9	68,2	75,6

STT	Thời gian lọc (h)	Nồng độ trước xử lý (mg/l)			Nồng độ sau xử lý (mg/l)			Hiệu suất xử lý (%)		
		SS	COD	BOD ₅	SS	COD	BOD ₅	SS	COD	BOD ₅
14	18 h	40,0	162,0	72,8	16	58	26,5	60,0	64,2	63,6
15	20 h	37,5	161,0	72,0	12	50	18,6	68,0	68,9	74,2
16	22 h	35,5	163,0	70,8	13	50	18	63,4	69,3	74,6
17	24 h	37,0	165,0	73,8	13,5	52	23,5	63,5	68,5	68,2
18	26 h	39,0	162,0	86,6	21	57	26,5	46,2	64,8	69,4
19	29 h	34,0	157,0	75,5	13	54	24,3	61,8	65,6	67,8
20	32 h	35,5	161,0	69,5	14	55	25	60,6	65,8	64,0
21	35 h	39,0	157,0	68,8	10	48	21,5	74,4	69,4	68,8
22	38 h	36,8	168,0	70,0	13	52	22,8	64,7	69,0	67,4
23	41 h	40,0	172,0	82,0	16	57	26,8	60,0	66,9	67,3
24	44 h	32,5	155,0	75,5	15,5	60	27,5	52,3	61,3	63,6
25	47 h	36,5	162,0	78,0	18,5	55	21	49,3	66,0	73,1
26	50 h	41,0	163,0	72,5	13,8	51	23	66,3	68,7	68,3
27	53 h	42,8	182,0	85,0	22	70	30,6	48,6	61,5	64,0
28	56 h	39,0	189,0	82,0	11	48	21,5	71,8	74,6	73,8
29	59 h	48,0	182,0	79,5	38	162	74,8	20,8	11,0	5,9
30	62 h	38,2	172,0	82,0	26,8	125	58	29,8	27,3	29,3
31	65 h	36,0	170,0	76,0	15,5	72	29,2	56,9	57,6	61,6
32	67,5 h	32,0	161,0	68,0	16,7	83	35,6	47,8	48,4	47,6
33	70,5 h	36,0	160,0	73,0	20,5	70	30,8	43,1	56,3	57,8
34	73,5 h	29,6	165,0	75,2	28,5	103	43	3,7	37,6	42,8
35	76,5 h	38,0	183,0	85,0	21	68	35	44,7	62,8	58,8
<i>Trung bình</i>								53,32	60,67	61,48

Ghi chú: Kết quả được trích từ Phụ lục 1.2A ở các vị trí lấy mẫu M0 (trước xử lý) và M6 (sau xử lý)

Bảng PL2.9. Nồng độ NH₄⁺, tổng Nito, PO₄³⁻ trước xử lý, sau xử lý và hiệu suất xử lý với bể lọc (v = 7,5 m/h)

STT	Thời gian lọc (h)	Nồng độ trước xử lý (mg/l)			Nồng độ sau xử lý (mg/l)			Hiệu suất xử lý (%)		
		NH ₄ ⁺	Tổng Nito	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Tổng Nito	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Tổng Nito	PO ₄ ³⁻
1	0 h	8,6	28,5	1,0	2,6	12	0,35	69,8	57,9	63,2
2	12,5 h	12,6	25,6	1,0	1,75	13,8	0,36	86,1	46,1	62,5

3	24 h	5,0	21,0	0,9	1,36	11,8	0,69	72,8	43,8	19,8
4	35 h	10,5	28,0	0,9	1,56	10	0,28	85,1	64,3	67,4
5	50 h	11,5	26,0	1,0	2,02	15	0,4	82,4	42,3	57,9
6	73,5 h	12,5	28,2	1,0	6,85	23	0,55	45,2	18,4	42,1
<i>Trung bình</i>								66,02	43,03	52,14

Ghi chú: Kết quả được trích từ Phụ lục 1.2A ở các vị trí lấy mẫu M0 (trước xử lý) và M6 (sau xử lý)

PL2.3.3. Tính toán hiệu suất xử lý với vận tốc lọc $v = 10$ m/h

Bảng PL2.10. Nồng độ SS, COD, BOD₅ trước xử lý, sau xử lý và hiệu suất xử lý với bể lọc ($v = 10$ m/h)

STT	Thời gian lọc (h)	Nồng độ trước xử lý (mg/l)			Nồng độ sau xử lý (mg/l)			Hiệu suất xử lý (%)		
		SS	COD	BOD ₅	SS	COD	BOD ₅	SS	COD	BOD ₅
1	0 h	32	70,3	28,6	14,0	37,5	13,0	56,3	46,7	54,5
2	1 h	28,5	48,0	21,3	10	26,8	11,3	64,9	44,2	46,9
3	2 h	20,5	49,0	23,6	9,6	29	12,8	53,2	40,8	45,8
4	3 h	36,5	78,8	34,6	12,6	32,2	13,5	65,5	59,1	61,0
5	4 h	23,8	53,2	26,7	14,2	34,4	13,8	40,3	35,3	48,3
6	5 h	32,7	78,0	37,4	13,6	29	13,7	58,4	62,8	63,4
7	6,5 h	21,0	33,4	14,8	7,6	25	8,95	63,8	25,1	39,5
8	8 h	16,8	31,3	13,8	9,8	24,2	11,3	41,7	22,7	18,1
9	9,5 h	28,5	55	25,7	13	28,8	12,4	54,4	47,6	51,8
10	11 h	13,8	27	13,5	10	27	12	27,5	0,0	11,1
11	12,5 h	11,6	28,0	16,3	8,8	24,8	11,0	24,1	11,4	32,5
12	14,5 h	86,0	173,0	86,8	23,8	50,0	23,8	72,3	71,1	72,6
13	16,5 h	75,2	168,5	83	18,5	50,0	22,7	75,4	70,3	72,7
14	18,5 h	53,8	112	62,3	15,5	42,6	19,3	71,2	62,0	69,0
15	20,5 h	58,6	110	64	16,2	37	18	72,4	66,4	71,9
16	22,5 h	45,8	103	46,6	13,5	37,8	16,6	70,5	63,3	64,4
17	24,5 h	18	44,5	23,8	10,5	34	16,5	41,7	23,6	30,7
18	41 h	75	90	48	19,8	62	31	73,6	31,1	35,4
19	43 h	35	75	36	13,8	32,6	14	60,6	56,5	61,1
20	45 h	33	68,2	31	13,4	35	14,5	59,4	48,7	53,2
21	47 h	32	62,5	29,8	11	34	15,6	65,6	45,6	47,7
<i>Trung bình</i>								57,75	44,85	40,75

Ghi chú: Kết quả được trích từ Phụ lục 1.3A ở các vị trí lấy mẫu M0 (trước xử lý) và M6 (sau xử lý)

Bảng PL2.11. Nồng độ NH₄⁺, tổng Nito, PO₄³⁻ trước xử lý, sau xử lý và hiệu suất xử lý với bể lọc (v = 10 m/h)

STT	Thời gian lọc (h)	Nồng độ trước xử lý (mg/l)			Nồng độ sau xử lý (mg/l)			Hiệu suất xử lý (%)		
		NH ₄ ⁺	Tổng Nito	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Tổng Nito	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Tổng Nito	PO ₄ ³⁻
1	0 h	1,86	15,8	0,55	0,72	13	0,29	61,3	17,7	47,3
2	12,5 h	0,65	13,0	0,45	0,47	12	0,33	27,7	7,7	26,7
3	24,5 h	1,32	15,5	0,58	0,72	12	0,46	45,5	22,6	20,7
4	47 h	1,12	16,5	0,96	0,8	13	0,73	28,6	21,2	24,0
Trung bình								40,75	17,30	29,65

Ghi chú: Kết quả được trích từ Phụ lục 1.3A ở các vị trí lấy mẫu M0 (trước xử lý) và M6(sau xử lý)

PL2.3.4. Tính toán hiệu suất xử lý với vận tốc lọc v = 12,5 m/h

Bảng PL2.12. Nồng độ SS, COD, BOD₅ trước xử lý, sau xử lý và hiệu suất xử lý với bể lọc (v = 12,5 m/h)

STT	Thời gian lọc (h)	Nồng độ trước xử lý (mg/l)			Nồng độ sau xử lý (mg/l)			Hiệu suất xử lý (%)		
		SS	COD	BOD ₅	SS	COD	BOD ₅	SS	COD	BOD ₅
1	0 h	48	173	85	38	135	71	20,8	22,0	16,5
2	1 h	48	162	83,5	25	68	31,8	47,9	58,0	61,9
3	2 h	47	161	73,8	20	60	27,8	57,4	62,7	62,3
4	3 h	50	163	85	21	62	29,5	58,0	62,0	65,3

Ghi chú: Kết quả được trích từ Phụ lục 1.9A ở các vị trí lấy mẫu M0 (trước xử lý) và M6 (sau xử lý)

PL2.3.5. Tính toán hiệu suất xử lý với vận tốc lọc v = 15 m/h

Bảng 2.13. Nồng độ SS, COD, BOD₅ trước xử lý, sau xử lý và hiệu suất xử lý với bể lọc (v = 15 m/h)

STT	Thời gian lọc (h)	Nồng độ trước xử lý (mg/l)			Nồng độ sau xử lý (mg/l)			Hiệu suất xử lý (%)		
		SS	COD	BOD ₅	SS	COD	BOD ₅	SS	COD	BOD ₅
1	0 h	53	163	75,8	25	68	32	52,8	58,3	57,8

2	1 h	42	153	74	18	38	17,8	81,0	75,2	75,9
3	2 h	51	165	76	23	61	26	54,9	63,0	65,8
4	3 h	52	170	87	23	60	28	55,8	64,7	67,8

Ghi chú: Kết quả được trích từ Phụ lục 1.10A ở các vị trí lấy mẫu M0 (trước xử lý) và M6 (sau xử lý)

Phụ lục 2.4. Tính toán kinh tế kỹ thuật trạm xử lý nước thải công suất 150m³/ngđ

Bảng PL2.13. Tổng dự toán của trạm xử lý nước thải công suất 150m³/ngđ

TT	Các khoản mục chi phí	Giá trị	Ghi chú
1	Chi phí xây dựng	752.157.000	
2	Chi phí thiết bị công nghệ	2.024.169.000	
3	Chi phí quản lý dự án	53.633.570	
4	Chi phí tư vấn đầu tư xây dựng	119.659.622	
5	Chi phí khác	167.726.203	
6	Chi phí dự phòng	35.275.800	
	Tổng cộng	3.152.621.195	
	Làm tròn	3.152.621.000	

Bảng chữ: Ba tỷ, một trăm năm mươi hai triệu đồng

(Ghi chú: Tổng mức đầu tư trên căn cứ Quyết định phê duyệt báo cáo kinh tế kỹ thuật của trạm xử lý nước thải)

Bảng PL2.14. Suất đầu của trạm xử lý nước thải công suất 150m³/ngđ

STT	Hạng mục chi phí	Thành tiền VND
1	Tổng mức đầu tư	3.152.621.000
2	Công suất trạm xử lý nước thải (m ³ /ngđ)	150
3	Suất đầu tư cho 1m ³ nước thải	21.017.473

Bảng PL2.15. Chi phí điện của trạm xử lý nước thải công suất 150m³/ngđ

STT	Thiết bị tiêu thụ	Số lượng	Công suất định mức (kW)	Thời gian làm việc (h)	Công suất tính toán (kW/ngày)	Công suất làm việc (kW/ngày)
-----	-------------------	----------	-------------------------	------------------------	-------------------------------	------------------------------

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(4)* (5)	(7)=(6)/(3)
1	Máy bơm bể thu (WP 01,02)	2	0,75	24	36,0	18,0
2	Máy sục khí chìm bể Aeroten (JA1, JA2, JA3, JA4)	4	2,2	24	211,2	211,2
3	Máy bơm cấp lọc (WP 07,08)	2	2,2	24	105,6	105,6
4	Máy bơm bùn cặn bể lắng 1 (WP 03,04)	2	0,75	2	3,0	1,5
5	Máy bơm bùn cặn bể lắng 2 (WP 05,06)	2	0,75	2	3,0	1,5
6	Đèn UV	1	0,3	24	7,2	7,2
7	Tổng cộng					345
8	Giá điện (tạm tính)					1.500
9	Chi phí điện năng tiêu thụ G_{dn} (VNĐ/ngày)					517.500
10	Lưu lượng nước thải xử lý ($m^3/ngđ$)					150
11	Năng lượng tiêu tốn cho $1m^3$ nước thải xử lý (kW/m^3)					2,30
12	Chi phí điện năng cho $1m^3$ nước thải xử lý (VNĐ. m^3)					3.450

Bảng PL2.16. Chi phí nhân công của trạm xử lý nước thải công suất $150m^3/ngđ$

STT	Hạng mục chi phí	ĐVT	Đơn giá VNĐ	Thành tiền VNĐ
1	Lương chi trả cho cán bộ vận hành	2	6000000*50%	6.000.000
2	Chi phí nhân công - G_{nc} (VNĐ/ngày)			222.222
3	Lưu lượng nước thải xử lý ($m^3/ngđ$)			150
4	Chi phí nhân công sử dụng cho $1m^3$ nước thải xử lý (VNĐ. m^3)			1.481

Ghi chú: 50% là hệ số nhân công kết hợp với công việc khác

Bảng PL2.17. Tổng chi phí vận hành của trạm xử lý nước thải công suất 150m³/ngày

STT	Hạng mục chi phí	Chi phí tính theo ngày (VNĐ)
1	Chi phí điện năng	517.500
2	Chi phí nhân công vận hành	222.222
3	Chi phí dự phòng sửa chữa thay thế (10%G _{đn})	51.750
4	Tổng chi phí vận hành (VNĐ)	791.472
5	Công suất xử lý	150
6	Chi phí vận hành (VNĐ/m ³)	5.300

PHỤ LỤC 3. CÁC HÌNH ẢNH, BẢN VẼ CỦA TRẠM XỬ LÝ ỨNG DỤNG CÔNG SUẤT 150 M³/NG



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

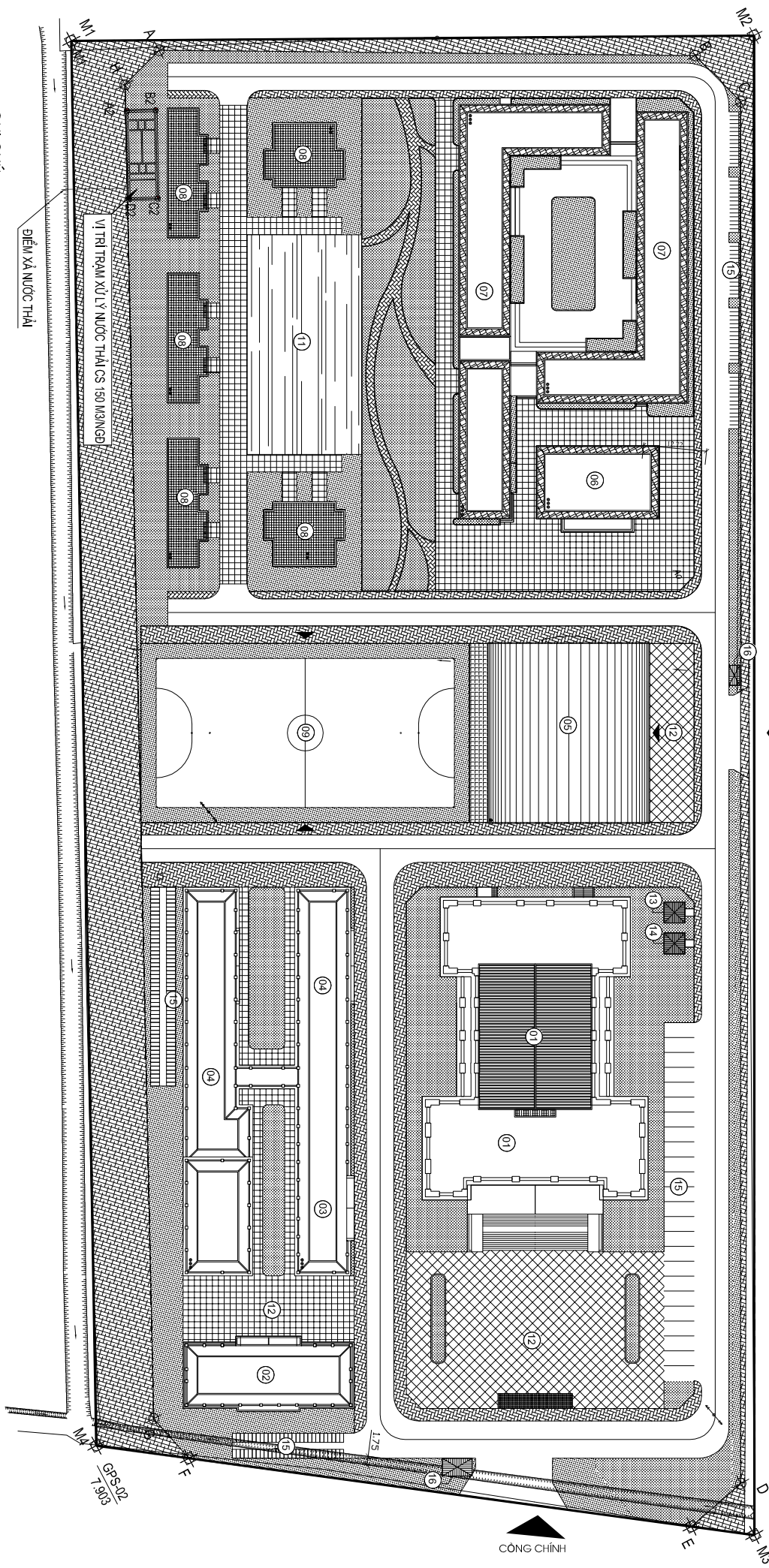


(f)

Hình PL3.1. Các hình ảnh từ quá trình thi công đến khi vận hành của nhà máy xử lý nước thải 150 m³/ngày đã ứng dụng bể lọc vật liệu lọc nổi từ rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.

VỊ TRÍ TRẠM XỬ LÝ NƯỚC THẢI CÔNG SUẤT 150 M³/NGĐ
 ỨNG DỤNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỔI TỰ RỬA XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT

CÔNG PHỤ

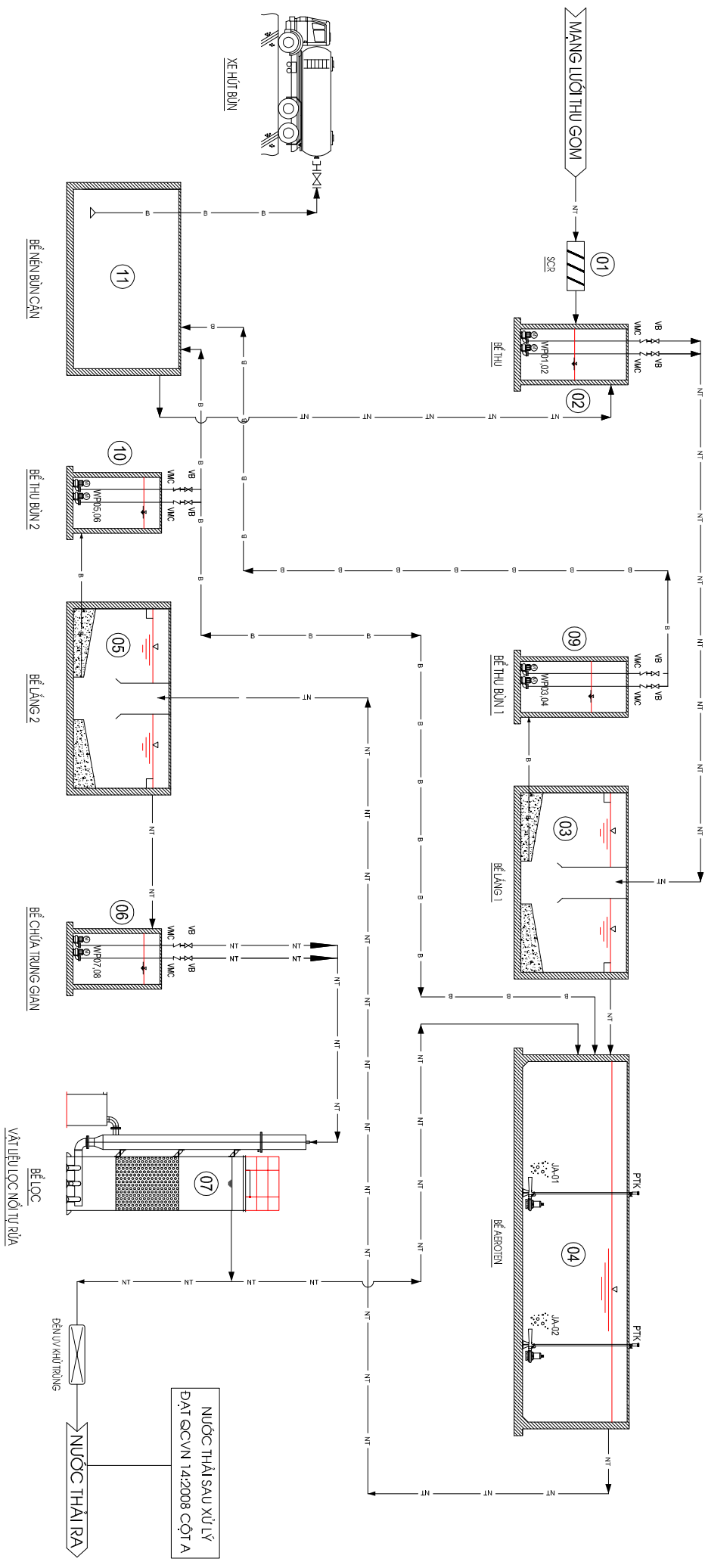


GHI CHÚ

- 01 NHÀ TRUYỀN THÔNG - HỘI TRƯỜNG
- 02 TRUNG TÂM NGHIÊN CỨU KHOA HỌC
- 03 KHỐI HIỆU BỘ
- 04 KHỐI NHÀ HỌC
- 05 NHÀ ĐA NĂNG
- 06 NHÀ ĂN - CĂNG TIN
- 07 NHÀ KỸ TỨC XÁ
- 08 NHÀ CÔNG VỤ
- 09 SÂN THỂ THAO
- 10 SÂN CẦU LÔNG
- 11 MẶT NƯỚC
- 12 SÂN TẬP TRUNG
- 13 TRÀM ĐIỆN
- 14 TRÀM BƠM
- 15 BÀI ĐÉ XE
- 16 NHÀ BẢO VỆ

HÌNH PL.3.2

SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ TRẠM XỬ LÝ NƯỚC THẢI - CÔNG SUẤT 150M³/NGĐ

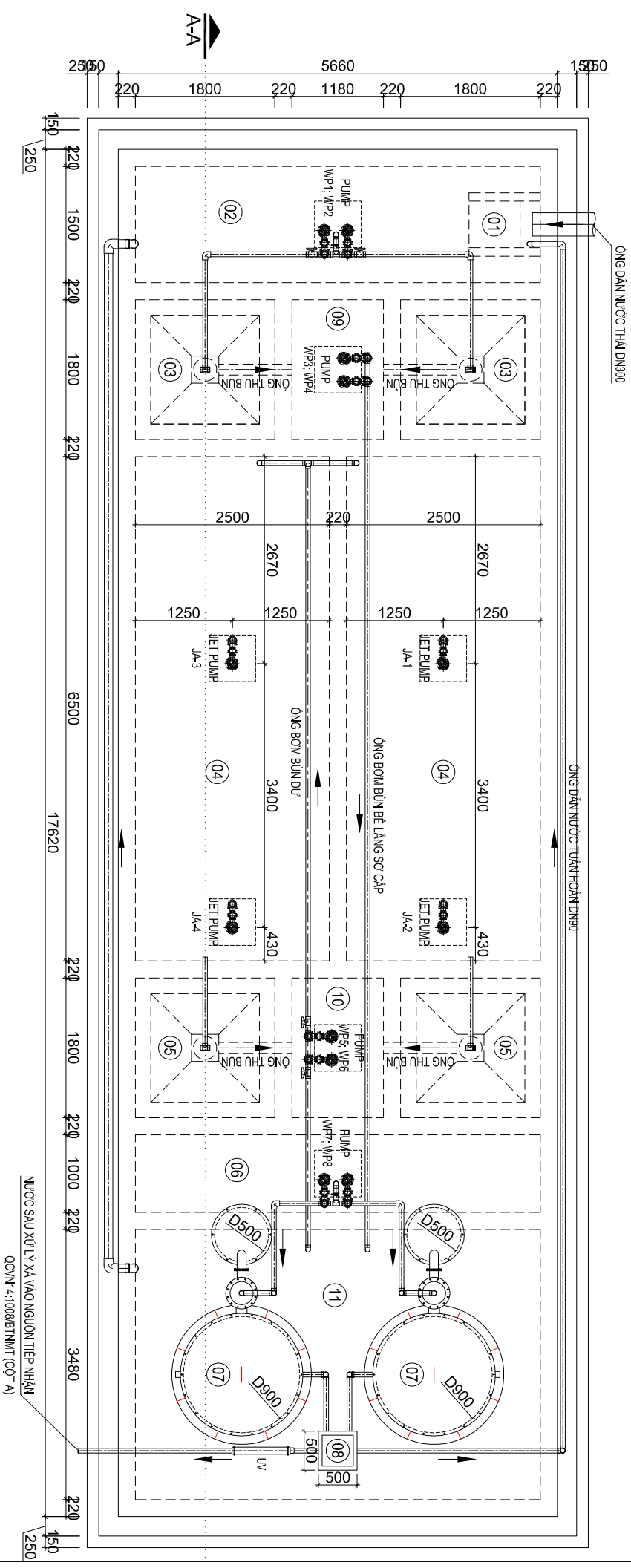


GHU CHỮ:

- 01 - SÔNG CHẴN RÁC
- 02 - BỂ THU
- 03 - BỂ LANG SƠ CẤP
- 04 - BỂ AEROTEN
- 05 - BỂ LANG THỨ CẤP
- 06 - BỂ CHỮA TRUNG GIẢN
- 07 - BỂ LỌC SINH HỌC TỰ RỬA
- 08 - GA PHÂN PHỐI KẾT HỢP KHU TRÙNG
- 09, 10 - BỂ THU BÙN 1 VÀ 2
- 11 - BỂ NHÉN BÙN CẶN
- WP1; WP2 - BƠM TIẾP NHẬN
- WP3; WP4 - BƠM BÙN CẶN BỂ LANG 1
- WP4; WP6 - BƠM BÙN CẶN BỂ LANG 2
- WP7; WP8 - BƠM CẤP LỌC
- JA1; JA2; JA3; JA4 - MÁY SỨC KHÍ CHÌM

HÌNH PL.3.3

MẶT BẰNG CÔNG NGHỆ TRẠM XỬ LÝ NƯỚC THẢI

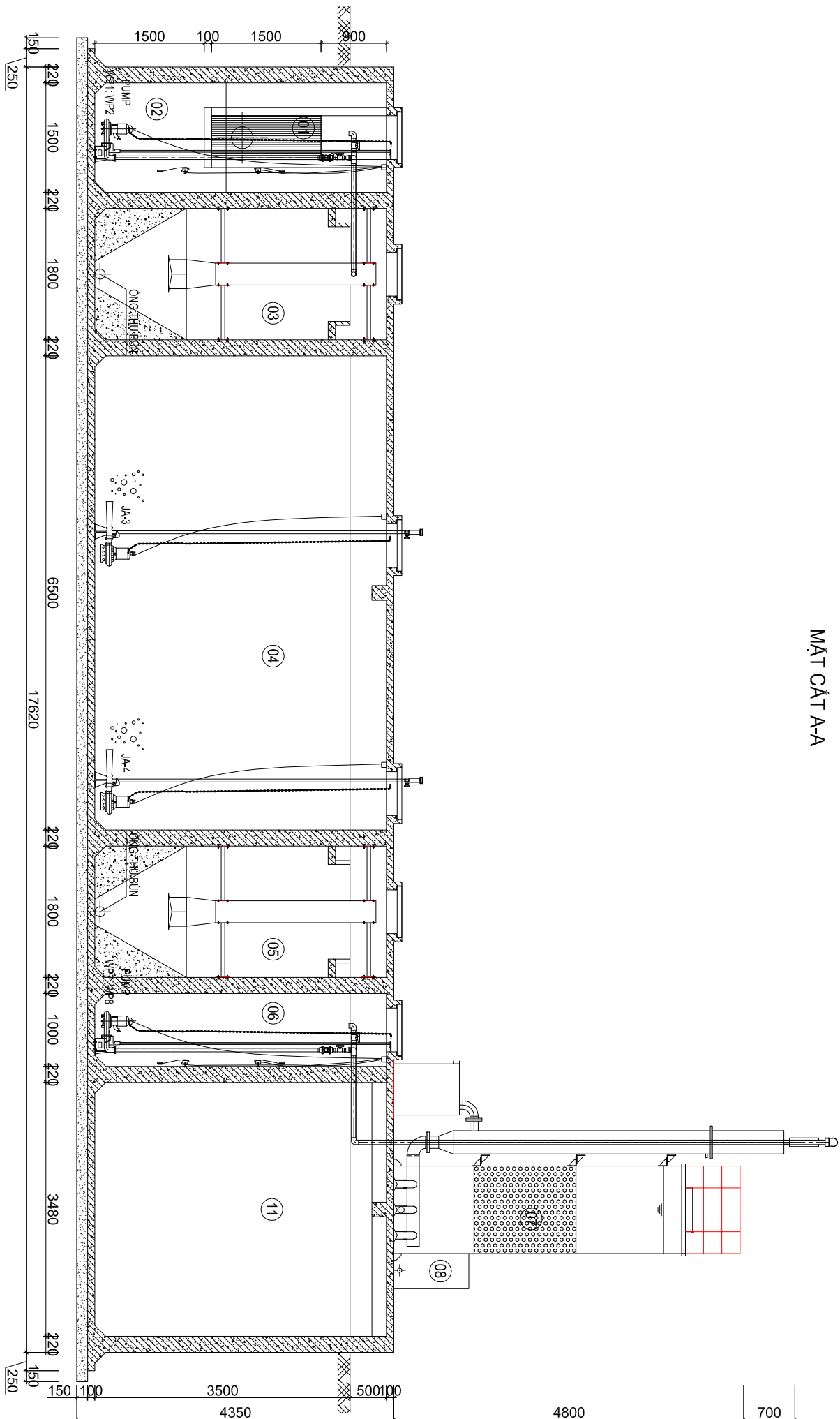


GHU CHU:

- 01 - SONG CHÁN RÁC
- 02 - BỂ THU
- 03 - BỂ LẮNG SƠ CẤP
- 04 - BỂ AEROTEN
- 05 - BỂ LẮNG THỨ CẤP
- 06 - BỂ CHỨA TRUNG GIẢN
- 07 - BỂ LỌC SINH HỌC TỰ RỬA
- 08 - GA PHÂN PHỐI KẾT HỢP KHU TRỪNG
- 09, 10 - BỂ THU BỤN 1 VÀ 2
- 11 - BỂ NÉN BỤN CẢN
- WP1, WP2 - BOM TIẾP NHẬN
- WP3, WP4 - BOM BỤN CẢN BỂ LẮNG 1
- WP4, WP6 - BOM BỤN CẢN BỂ LẮNG 2
- WP7, WP8 - BOM CẤP LỌC
- JA1, JA2, JA3, JA4 - MÁY SỨC KHÍ CHÌM

HÌNH PL.3.4

MẶT CẮT A-A



GHU CHÚ:

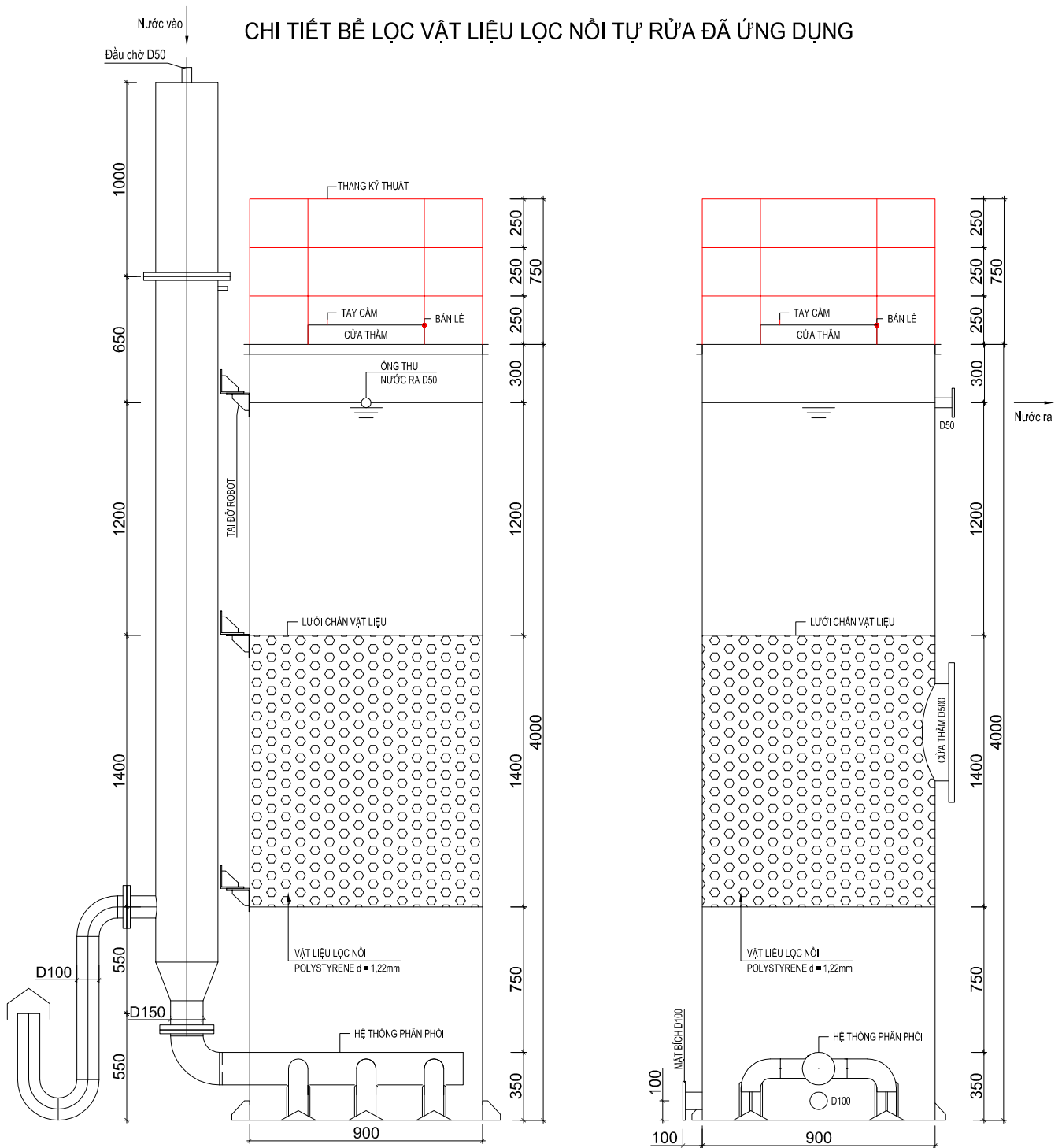
- 01 - SONG CHẤN RÁC
- 02 - BỂ THU
- 03 - BỂ LẮNG SƠ CẤP
- 04 - BỂ AEROTEN
- 05 - BỂ LẮNG THỨ CẤP

- 06 - BỂ CHỨA TRÙNG GIÃN
- 07 - BỂ LỌC SINH HỌC TỰ RỬA
- 08 - GA PHÂN PHOI KẾT HỐP KHU TRÙNG
- 09, 10 - BỂ THU BÙN 1 VÀ 2
- 11 - BỂ NÉN BÙN CẶN

- WP1; WP2 - BƠM TIẾP NHẬN
- WP3; WP4 - BƠM BÙN CẶN BỂ LẮNG 1
- WP4; WP6 - BƠM BÙN CẶN BỂ LẮNG 2
- WP7; WP8 - BƠM CẤP LỌC
- JA1; JA2; JA3; JA4 - MÁY SỨC KHÍ CHÌM

HÌNH PL.3.5

CHI TIẾT BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỔI TỰ RỬA ĐÃ ỨNG DỤNG



MẶT CẮT A-A

MẶT CẮT B-B

MẶT BẰNG

PHỤ LỤC 4. CÁC HÌNH ẢNH MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM

