

Giải pháp công nghệ cải thiện chất lượng nước sông Nhuệ để cấp nước an toàn tưới rau khu vực huyện Thường Tín, Hà Nội

Low-cost technology solutions in order to improve water quality of Nhuệ river to irrigate safe vegetables in Thuong Tin district, Hanoi city

> KHƯƠNG THỊ HẢI YẾN*, NGUYỄN THỊ HẰNG NGA, NGUYỄN TUẤN ANH, NGUYỄN QUANG PHI

Trường Đại học Thủy lợi; *Email: yenkhuong@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá hiệu quả xử lý nước sông Nhuệ để cấp nước cho tưới rau khu vực xã Tân Minh, huyện Thường Tín, TP Hà Nội bằng công nghệ lọc đa tầng sử dụng các lớp vật liệu tự nhiên, chi phí thấp. Áp dụng kỹ thuật này có thể cải thiện được chất lượng nước sông Nhuệ để cấp nước an toàn cho sản xuất rau. Hiệu suất xử lý TSS từ 48,7 - 67,8% chủ yếu nhờ cơ chế lọc; xử lý BOD₅, COD đạt trong khoảng 39,1 - 55,9% nhờ quá trình tiêu thụ chất hữu cơ bởi vi sinh vật và than hoạt tính; xử lý NH₄⁺ đạt từ 32,9 - 45,3% nhờ cơ chế phân hủy vi sinh và hấp phụ của đá ong; hàm lượng PO₄³⁻ và kim loại nặng trong nước đạt hiệu suất xử lý rất cao nhờ liên kết ion trong thành phần khoáng chất của đá ong. Đây là công nghệ tiết kiệm năng lượng, thân thiện với môi trường, chi phí thấp và có thể ứng dụng để xử lý nước cấp cho tưới rau quy mô hộ gia đình.

Từ khóa: Chất lượng nước; tưới rau; ô nhiễm; xử lý nước; sông Nhuệ.

ABSTRACT

The study evaluated the efficiency of Nhuệ river water treatment for vegetables irrigation in the Tan Minh commune, Thuong Tin district, Hanoi city, using multi-layer filtration technology with low-cost natural materials. Applying this technique can improve the water quality of the Nhuệ River. The treatment efficiency of Total Suspended Solids (TSS) ranged from 48.7% to 67.8% due to filtration mechanisms; treatment efficiency of BOD₅ and COD reached between 39.1% and 55.9% by the consumption of organic matter by microorganisms and activated carbon; treatment efficiency of NH₄⁺ achieved from 32.9% to 45.3% by microbial decomposition mechanisms and adsorption by zeolite; treatment efficiencies of PO₄³⁻ and heavy metals in the river water is very high by the ion binding in the mineral components of zeolite. This is a technology which is energy-saving, environmentally friendly, low-cost technology. Can be applied this multi-layer filtration technology to water treatment for vegetable irrigation at household scale.

Keywords: Water quality; vegetables irrigation; pollution; water treatment; Nhuệ river.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống thủy lợi sông Nhuệ có nhiệm vụ tưới cho 81.148 ha canh tác (theo quy hoạch ban đầu), hiện nay chỉ còn lại 61.629ha; tiêu cho 107.530 ha diện tích lưu vực. Theo thống kê của Công ty TNHH MTV Đầu tư phát triển Thủy lợi Sông Nhuệ, đến nay trên dòng chính sông Nhuệ và các sông kênh nhánh có 791 các điểm xả công nghiệp, khu đô thị, làng nghề, sản xuất nông nghiệp, bệnh viện,... đổ trực tiếp nước thải vào hệ thống. Số liệu giám sát, đo đạc chất lượng nước của Viện Quy hoạch Thủy lợi trong những năm gần đây cho thấy, từ năm 2005 đến 2021 diễn biến chất lượng nước qua các năm dọc trục chính sông Nhuệ rất phức tạp, các chỉ tiêu ô nhiễm biến đổi không ổn định có xu hướng tăng sự ô nhiễm trong những năm gần đây, hàm lượng TSS hầu hết đều vượt quá giới hạn của QCVN 08-MT:2023/BTNMT từ 1 ÷ 2 lần. Hàm lượng

Coliform trong những năm khảo sát từ 2005 đến 2023 đều cho thấy ở mức ngày càng cao. Hàm lượng các chất hữu cơ trong nước thay đổi đột ngột theo từng năm, chỉ số Oxy hòa tan thấp, giảm mạnh vào những năm gần đây, qua các các đợt khảo sát đều cho thấy giá trị DO trên sông Nhuệ từ cầu Diễn đến đập Đồng Quan đều có giá trị < 1 mg/l. Hàm lượng các chất ô nhiễm nhóm N thể hiện qua chỉ tiêu NH₄⁺ vượt quá giới hạn từ 2 đến 11 lần. Xu hướng chung cho thấy sau vị trí đập Nhật Tựu, hàm lượng các chất ô nhiễm bắt đầu có hiện tượng giảm xuống do sự phân huỷ của các chất ô nhiễm và do sự hoà tan từ các nguồn nước khác gia nhập. Tuy nhiên hàm lượng các chất ô nhiễm giảm xuống diễn ra không nhanh và đến tới tận vị trí hạ lưu sông Nhuệ tại Phủ Lý thì hàm lượng ô nhiễm cũng vẫn còn khá cao và nhiều khi vẫn còn vượt quá giới hạn.

Huyện Thường Tín có 882 ha đất trồng rau màu các loại và hiện nay đã có những vùng sản xuất rau an toàn tập trung với diện tích 545 ha tại các xã: Tân Minh, Hà Hồi, Thư Phú, Liên Phương, Tự Nhiên, Chương Dương, Văn Phú, Dũng Tiến, Văn Tảo, Ninh Sở, còn lại rải rác ở các xã, mỗi ngày cung ứng cho thị trường hàng chục tấn rau. Trong đó, xã Tân Minh được coi là vùng chuyên trồng các loại rau gia vị lớn nhất của Hà Nội với diện tích 200 ha. Do nằm ven sông Nhuệ nên nguồn nước tưới tiêu do sông Nhuệ cung cấp cho vùng rau xã Tân Minh hiện đang bị ô nhiễm khiến cho rau bị chết và ảnh hưởng đến chất lượng rau. Ứng phó với thiếu hụt và ô nhiễm nguồn nước sông Nhuệ, nông dân huyện Thường Tín đã khoan hàng trăm giếng để lấy nước dưới đất phục vụ sản xuất nông nghiệp. Sử dụng trực tiếp nguồn nước lấy từ giếng khoan, rau bị xin màu, chậm phát triển... Khắc phục tình trạng này để có nguồn nước an toàn cho sản xuất nông nghiệp đang là vấn đề cấp thiết của huyện Thường Tín.

Công nghệ lọc đa tầng được T.Matsunaga [2] nghiên cứu, phát triển từ những năm 1990 tại Nhật Bản như một giải pháp xử lý nước sông chi phí thấp. Tuy nhiên, tùy theo đặc tính của lớp vật liệu lọc (thường sử dụng các loại vật liệu lọc địa phương, có sẵn) và mức độ xử lý các chất ô nhiễm có trong nước cần có những nghiên cứu để tìm ra chiều dày lớp vật liệu lọc và tải trọng thủy lực hợp lý để có thể áp dụng vào thực tiễn cho từng trường hợp cụ thể. Nội dung bài báo này sẽ trình bày kết quả thí nghiệm xác định tải trọng thủy lực hợp lý và đề xuất giải pháp thiết kế bể xử lý nước sông Nhuệ cho tưới rau.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Chất lượng nước nguồn và yêu cầu chất lượng nước cho tưới rau

Nghiên cứu đã tiến hành lấy mẫu nước sông Nhuệ trong mùa khô (tháng 12/2022) tại 2 vị trí: trên sông Nhuệ (mẫu M1) và trên kênh thủy lợi dẫn nước vào khu tưới rau (mẫu M2) thuộc xã Tân Minh, huyện Thường Tín, Hà Nội. Kết quả phân tích mẫu nước được thể hiện tại Bảng 1.

Bảng 1. Hiện trạng chất lượng nước sông Nhuệ

Thông số	Đơn vị	Mẫu nước		Yêu cầu chất lượng nước tưới rau [3]
		M1	M2	
pH	-	7,31	7,29	6,5-8,4
TSS	(mg/l)	220	129,4	50
NH ₄ ⁺	(mg/l)	18,1	8,3	5
NO ₃ ⁻	(mg/l)	5,2	7,48	15
NO ₂ ⁻	(mg/l)	0,82	0,49	-
PO ₄ ³⁻	(mg/l)	2,1	1,45	0,2
COD	(mg/l)	164	116,3	60
BOD ₅	(mg/l)	67	57	30
Coliforms	(MNP/100mL)	8450	9500	7.500
Pb	(mg/l)	0,19	0,18	0,1
Cu	(mg/l)	0,7	0,62	0,5
Zn	(mg/l)	0,55	0,40	1,5
Cd	(mg/l)	0,035	0,032	0,01
As	(mg/l)	0,14	0,12	0,05

Từ kết quả trên cho thấy, nước sông Nhuệ chưa đáp ứng yêu cầu chất lượng phục vụ cho mục đích tưới rau tại xã Tân Minh, huyện Thường Tín, TP Hà Nội.

2.2. Đề xuất lựa chọn công nghệ

Dựa trên kết quả phân tích chất lượng nước sông Nhuệ và yêu cầu chất lượng nước phục vụ sản xuất nông nghiệp cho xã Tân Minh, huyện Thường Tín chủ yếu là tưới rau. Với tiêu chí sử dụng

vật liệu địa phương, thân thiện với môi trường và có chi phí thấp, đề xuất lựa chọn công nghệ lọc đa tầng với lớp vật liệu gồm: đá ong, than hoạt tính, zeolit và sỏi đỡ.

Vật liệu laterite (đá ong): Đá ong được lấy tại xã Bình Yên, huyện Thạch Thất, Hà Nội ở độ sâu 1,5- 1,8m so với cốt đất tự nhiên tại vùng khai thác, nghiền nhỏ dưới 20mm để làm vật liệu lọc và hấp phụ, đá ong có khối lượng riêng 650 kg/m³ và có thành phần hóa học và khoáng vật học chính như bảng 1, Bảng 2.

Bảng 2: Thành phần hóa học chính của đá ong

pH	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)
5,03-5,50	26-45	14-21	20-43

(Nguồn: Đỗ Thị Vân Thanh, 1995)

Bảng 3. Thành phần khoáng vật học của đá ong

Thành phần	Nhận diện khoáng sét
Sét	Mica; kaolinite; Zeothite; feldspars
Bụi	Kaolinite; Zeothite; Quazt; Feldspars
Cát mịn	Quazt; Zeothite
Cát thô	Kaolinite; Zeothite; Quazt

Khoáng sét Zeolite: Vật liệu này được mua dạng thương phẩm trên thị trường, đường kính hạt 3- 5mm. Zeolite là biến thể chủ yếu của hydroxit sắt haylimonit biến thể chứa 12-14% nước, công thức FeO(OH).nH₂O. Đặc tính hóa học của Zeolite được thể hiện tại Bảng 3.

Bảng 4. Đặc tính hóa lý của Zeolite

pH	Thế zeta/ mV	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	Khác (%)
6,86	-55,7	34,835	36,684	23,994	3,184	0,499	0,292	0,511

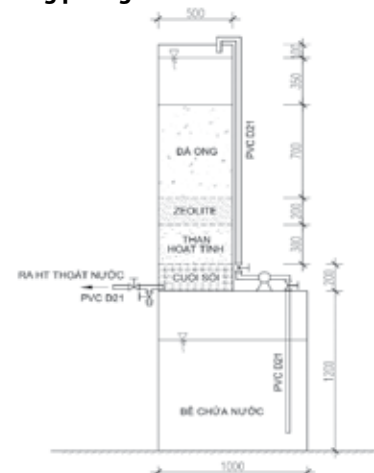
Than hoạt tính: Kết quả của nghiên cứu trình bày trong bài báo đã sử dụng loại than hạt, kích thước 5-10mm, diện tích bề mặt từ 1.000 - 2.500 m²/g, gồm chủ yếu là nguyên tố carbon ở dạng vô định hình, có cấu trúc rỗng ở bên trong.

Cuội sỏi: Được mua từ kho cung cấp vật liệu xây dựng tại Hà Nội, là vật liệu dạng hạt lớn nguồn gốc tự nhiên. Kích thước theo đường kính trung bình nằm trong khoảng 20-50 mm (thang Kachinskii- Nga và Việt Nam).

Hiệu suất loại bỏ các chất ô nhiễm trong hệ thống lọc đa tầng phụ thuộc chủ yếu vào cấu tạo, chiều dày lớp vật liệu lọc và tải trọng thủy lực [1]. Nghiên cứu này được thực hiện với hệ thống lọc đa tầng quy mô phòng thí nghiệm nhằm đánh giá khả năng loại bỏ các chất ô nhiễm có trong nước sông Nhuệ. Kết quả nghiên cứu được sử dụng làm cơ sở cho tính toán hệ thống xử lý nước phục vụ tưới rau chi phí thấp.

2.3. Mô tả thí nghiệm trong phòng

Hệ thống lọc đa tầng quy mô phòng thí nghiệm được thiết kế theo nguyên tắc dòng chảy liên tục tại Phòng thí nghiệm Thủy lực, Trường Đại học Thủy lợi. Hệ thống gồm các bộ phận chính: bồn chứa nước đầu vào, máy bơm cấp nước lên bể lọc đa tầng bố trí đá ong, zeolite, than hoạt tính, cuội sỏi, hệ thống ống dẫn nước,...(xem Hình 1).



Hình 1. Mô hình thực nghiệm trong phòng

Cấu tạo lớp vật liệu lọc đa tầng gồm: đá ong, zeolite, than hoạt tính và sỏi đỡ. Mô hình có kích thước LxHxH = 0,5x0,5x1,8 m.

Căn cứ kết quả nghiên cứu chiều dày lớp vật liệu lọc tối ưu [4], chọn chiều dày các lớp vật liệu lọc như sau: Lớp đá ong dày 0,7m; zeolite dày 0,2m; than hoạt tính dày 0,3 m; và sỏi cuội dày 0,2m.

Để chọn mức tải trọng tối ưu, nghiên cứu thí nghiệm với 5 mức tải trọng như sau: 0,1; 0,15; 0,2; 0,25, 0,29 l/m²/s tương đương với 8,64; 12,96; 17,28; 21,6 và 25,0 m³/m²/ngày.đêm để thử nghiệm.

Bảng 5. Tổng hợp các mức tải trọng thủy lực lựa chọn thí nghiệm và ký hiệu

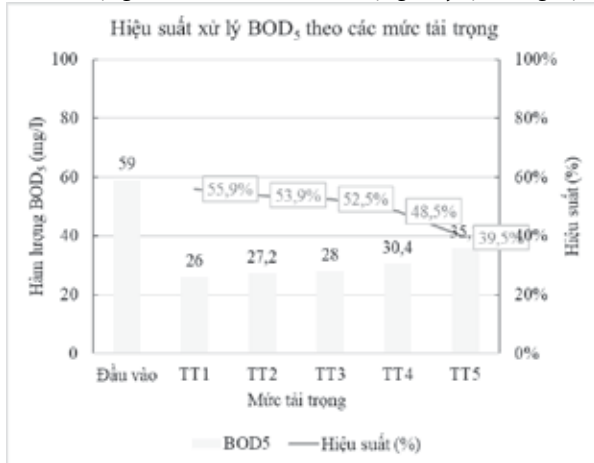
Nội dung	Tải trọng mức 1	Tải trọng mức 2	Tải trọng mức 3	Tải trọng mức 4	Tải trọng mức 5
Ký hiệu	TT1	TT2	TT3	TT4	TT5
Tải trọng	8,64m ³ /m ² /ngđ	12,96m ³ /m ² / ngđ	17,28m ³ /m ² / ngđ	21,6m ³ /m ² / ngđ	25,0 m ³ /m ² / ngđ

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả thí nghiệm

Kết quả phân tích chất lượng nước và hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm theo các mức tải trọng thủy lực thí nghiệm như sau:

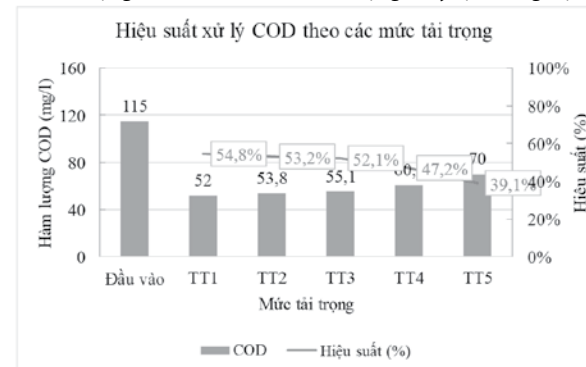
1. Hàm lượng BOD₅ theo các mức tải trọng thủy lực thí nghiệm



Hình 2. Đồ thị kết quả và hiệu suất xử lý BOD₅ theo các mức tải trọng

Mức tải trọng thí nghiệm TT1 8,64m³/m²/ngày.đêm cho hiệu quả xử lý hàm lượng BOD₅ cao nhất. Mức tải trọng thí nghiệm TT5 25,0m³/m²/ngày.đêm cho hiệu quả xử lý hàm lượng BOD₅ thấp nhất 39,5%. Với các mức tải trọng thủy lực TT4, TT5 thì hàm lượng BOD₅ sau xử lý không đáp ứng yêu cầu chất lượng nước cho tưới rau lớn nhất là 30 mg/l.

2. Hàm lượng COD theo các mức tải trọng thủy lực thí nghiệm



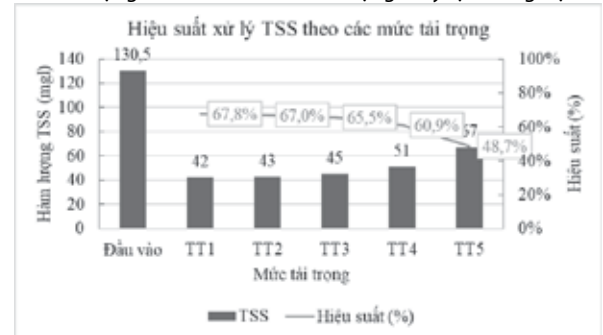
Hình 3. Đồ thị kết quả và hiệu suất xử lý COD theo các mức tải trọng

Mức tải trọng thí nghiệm TT1 8,64m³/m²-ngđ và TT3 17,28m³/m²/ngày.đêm cho hiệu quả xử lý hàm lượng COD cao nhất. Mức tải trọng thí nghiệm TT5 25,0m³/m²/ngày.đêm cho hiệu quả xử lý hàm lượng COD thấp nhất là 39,1%.

Mẫu nước đầu vào của mô hình thí nghiệm được lấy vào tháng 6/2023 tại vị trí lấy mẫu M2. Chất lượng nước đầu vào mô hình thực nghiệm thể hiện tại cột chất lượng nước đầu vào tại Bảng 6.

Kết quả thí nghiệm với cùng 1 mẫu nước đầu vào cho 5 mức tải trọng thủy lực như sau:

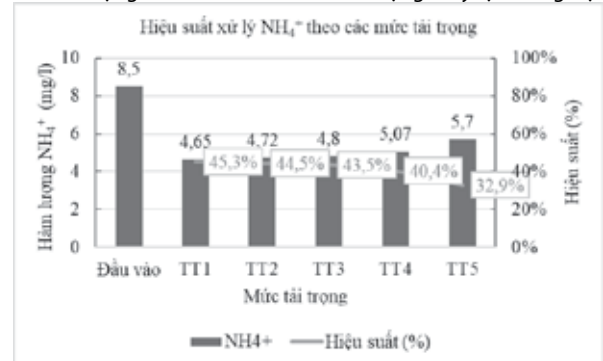
3. Hàm lượng TSS theo các mức tải trọng thủy lực thí nghiệm



Hình 4. Đồ thị kết quả và hiệu suất xử lý TSS theo các mức tải trọng

Với 5 mức tải trọng thủy lực thí nghiệm đều cho hiệu suất chênh lệch nhau không quá lớn, dao động từ 48,7% đến 67,8%. Điều này chứng tỏ hệ thống xử lý TSS tương đối hiệu quả và hiệu suất loại bỏ TSS tỉ lệ nghịch với tải trọng thủy lực. Tuy nhiên, với tải trọng thủy lực TT4, TT5 thì hàm lượng TSS sau xử lý lần lượt là 51 mg/l và 67 mg/l, chưa đáp ứng yêu cầu chất lượng nước tưới rau là 50 mg/l.

4. Hàm lượng amoni theo các mức tải trọng thủy lực thí nghiệm



Hình 5. Đồ thị kết quả và hiệu suất xử lý amoni theo các mức tải trọng

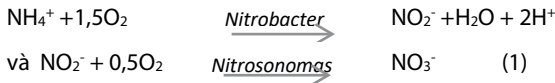
Từ đồ thị kết quả cho thấy, hiệu quả xử lý amoni tỉ lệ nghịch với tải trọng thủy lực của hệ thống. Hiệu suất xử lý amoni đạt 45,3% với tải trọng thủy lực 8,64 m³/m²/ngày.đêm và giảm dần chỉ đạt 32,9% với tải trọng thủy lực 25 m³/m²/ngày.đêm. Trong đó, với các tải trọng từ 8,64 m³/m²/ngày đến 17,28 m³/m²/ngày có hiệu suất xử lý amoni chênh lệch không nhiều và tương đối cao. Hàm lượng amoni sau xử lý đạt yêu cầu chất lượng nước tưới rau.

Với tải trọng từ 21,6 m³/m²/ngày.đêm và 25 m³/m²/ngày.đêm hiệu suất loại bỏ amoni giảm nhanh và hàm lượng amoni trong nước sau xử lý chưa đạt yêu cầu chất lượng nước tưới.

Điều này được lý giải do trong hệ thống tạo ra môi trường có các vi sinh vật hiếu khí và thiếu khí phân hủy amoni có trong nước

theo các phương trình (1) và phương trình (2), đồng thời một phần NO₃⁻, NO₂⁻ cũng được hấp phụ trên bề mặt đá ong làm quá trình xử lý amoni hiệu quả hơn [1].

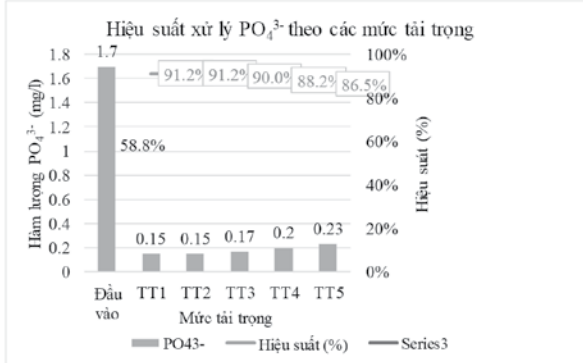
- Giai đoạn nitrit hóa (hiếu khí):



- Giai đoạn phân nitrat hóa (thiếu khí):



5. Hàm lượng PO₄³⁻ theo các mức tải trọng thủy lực thí nghiệm



Hình 6. Đồ thị kết quả và hiệu suất xử lý tổng PO₄³⁻ theo các mức tải trọng. Kết quả trên cho thấy, hiệu quả xử lý phốt phát cao, đạt từ 86,5% đến 91,2%. Hầu hết chỉ tiêu về phốt phát sau xử lý đều đạt nhỏ hơn 0,2 mg/l trừ TT5 tương ứng với tải trọng 25 m³/m²/ngày.đêm. Điều này cũng phù hợp với các nghiên cứu tại [1] do lớp vật liệu đá ong có khả năng hấp phụ phốt phát cao.

Bảng 6. Tổng hợp kết quả phân tích và tính toán hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm theo các mức tải trọng thủy lực thí nghiệm

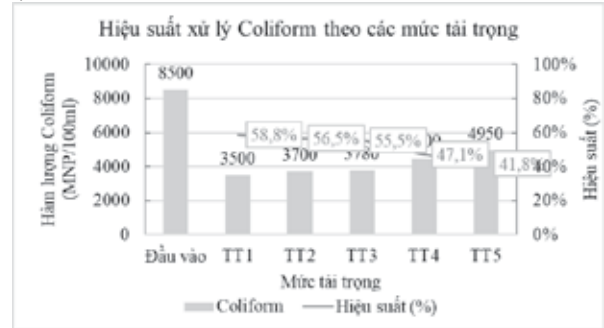
Thông số	Đầu vào	Đầu ra									
		TT1		TT2		TT3		TT4		TT5	
		Đầu ra	Hiệu suất (%)	Đầu ra	Hiệu suất (%)	Đầu ra	Hiệu suất (%)	Đầu ra	Hiệu suất (%)	Đầu ra	Hiệu suất (%)
pH	7,2	7,3	-	7,2	-	7,2	-	7,3	-	7,3	-
TSS	130,5	42	67,8%	43	67,0%	45	65,5%	51	60,9%	67	48,7%
NH ₄ ⁺	8,5	4,65	45,3%	4,72	44,5%	4,8	43,5%	5,07	40,4%	5,7	32,9%
PO ₄ ³⁻	1,7	0,15	91,2%	0,15	91,2%	0,17	90,0%	0,2	88,2%	0,23	86,5%
COD	115	52	54,8%	53,8	53,2%	55,1	52,1%	60,7	47,2%	70	39,1%
BOD ₅	59	26	55,9%	27,2	53,9%	28	52,5%	30,4	48,5%	35,7	39,5%
As	0,13	0,03	76,9%	0,02	84,6%	0,03	76,9%	0,034	73,8%	0,039	70,0%
Pb	0,19	0,06	68,4%	0,067	64,7%	0,071	62,6%	0,075	60,5%	0,079	58,4%
Cu	0,62	0,15	75,8%	0,23	62,9%	0,25	59,7%	0,29	53,2%	0,31	50,0%
Zn	0,4	0,12	70,0%	0,12	70,0%	0,15	62,5%	0,2	50,0%	0,22	45,0%
Cd	0,02	0,01	50,0%	0,01	50,0%	0,01	50,0%	0,01	50,0%	0,01	50,0%
Coliforms	8500	3500	58,8%	3700	56,5%	3780	55,5%	4500	47,1%	4950	41,8%

Từ kết quả thí nghiệm cho thấy, mức tải trọng 8,64, 12,96 và 17,28 m³/m²/ngày.đêm có hiệu quả xử lý ổn định và cao hơn so với các tải trọng còn lại, chất lượng nước sau xử lý đều đạt yêu cầu chất lượng nước tưới rau. Với các tải trọng còn lại, một vài thông số như NH₄⁺, COD, BOD₅, Zn chưa đạt so với yêu cầu. Do vậy, trong nghiên cứu này đề xuất lựa chọn tải trọng thủy lực 17,28 m³/m²/ngày đêm làm thông số thiết kế vận hành mô hình thí nghiệm.

3.2. Tính toán thiết kế công trình xử lý nước cho tưới rau Nhu cầu nước tưới và công suất hệ thống xử lý

Sử dụng tài liệu khí tượng trạm Thường Tín, Hà Nội từ năm 1993-2017 và tài liệu thổ nhưỡng, cây trồng,... của khu vực nghiên cứu, ứng dụng phần mềm Cropwat 8.0 để tính hệ số tưới cho rau khu vực huyện

6. Hàm lượng Coliforms theo các mức tải trọng thủy lực thí nghiệm



Hình 7. Đồ thị kết quả và hiệu suất xử lý tổng Coliform theo các mức tải trọng. Hiệu suất loại bỏ Coliforms của hệ thống tương đối cao, tất cả các tải trọng thí nghiệm đều cho kết quả đạt yêu cầu về vi sinh và hiệu suất loại bỏ vi sinh tỉ lệ nghịch với tải trọng thủy lực thí nghiệm với mô hình.

Chủ yếu Coliforms được loại bỏ cùng với quá trình xử lý các chất ô nhiễm. Đồng thời, bề mặt hạt vật liệu lọc hình thành lớp màng vi sinh nên khi nước đi qua thì vi khuẩn cũng được giữ lại trên bề mặt lớp màng vi sinh này.

Kết quả cho thấy, với các tải trọng thủy lực thí nghiệm thì chỉ tiêu Coliforms đều đáp ứng yêu cầu với nước tưới rau và không cần sử dụng thêm biện pháp khác để khử trùng.

7. Đánh giá lựa chọn mức tải trọng tối ưu

Tổng hợp được kết quả phân tích hàm lượng các chất và tính toán hiệu suất xử lý các chất theo các mức tải trọng thủy lực lựa chọn thí nghiệm như sau:

Thường Tín. Với thời gian tưới 12h/ngày, tính được hệ số tưới, q là 1,79 (l/s.ha). Lưu lượng nước cần tính theo công thức sau:

$$Q_{tb} = q * F * 86.400 / 1000 \quad (\text{m}^3 / \text{ngày}) \quad (3)$$

Trong đó:

q: hệ số tưới cho rau (l/s/ha); q = 1,79 (l/s/ha)

F: diện tích tưới (ha).

Theo kết quả điều tra, diện tích trồng rau trung bình của 01 hộ gia đình tại khu vực này là 1.240 m² = 0,124 ha.

Do vậy, lưu lượng nước trung bình cần cho tưới của hộ gia đình là:

$$Q_{tb} = q * F * 86.400 / 1000 = 1,79 * 0,124 * 86.400 / 1000 = 19,2$$

(m³ / ngày)

Thông số thiết kế cụm xử lý

a. Kích thước ngăn điều hòa:

- Công suất của hệ thống Q = 19,2 m³/ngày.đêm; hệ thống hoạt động 24 tiếng/ngày
- Dung tích hữu ích, V_{hi} = T₁*(Q/T_c) = 2,4*(19,2/24) = 2,00 (m³)

Trong đó:

- T₁: thời gian lưu nước (giờ); T₁ = 2,4 giờ
- Q: Lưu lượng nước cần xử lý (m³/ngày) ; Q = 19,2 m³/ngày.đêm
- T_c: Thời gian cụm xử lý MF hoạt động trong ngày (giờ); T_c = 24 giờ
- Chiều cao bảo vệ h_{bv} = 0,3 (m)
- Chọn kích thước xây dựng ngăn điều hòa như sau LxBx(H_n + h_{bv}) (m³)

Kích thước xây dựng (m)				Dung tích hữu ích (m ³)
L	B	H _n	H _b	
1,0	1,0	2,2	2,5	2,2

b. Kích thước ngăn lọc:

- Đá ong có kích thước từ 3-5cm, hoạt động theo cơ chế lọc sinh học của lớp màng hình thành sau khi đã hoạt động ổn định, hấp phụ các chất ô nhiễm chủ yếu là amoni nhờ các ion có trong vật liệu đá ong và bổ sung O₂ cho nước nhờ quá trình giải phóng nguyên tử Oxi trong đá ong.

- Đá ong có độ rỗng lớn, diện tích bề mặt đá ong đạt 120 m²/m³ > 90 m²/m³ theo TCVN 7957:2023, nên đảm bảo để thông gió tự nhiên mà không cần thông gió cưỡng bức.

- Chiều dày lớp vật liệu 1,4 m bao gồm đá ong, zeolite, than hoạt tính, sỏi đỡ; tải trọng thủy lực tính toán cho bể lọc là 17,28 m³/m².ngày

Diện tích ngăn lọc: F_L = Q/qtl (m²) = 19,2/17,28 = 1,1 (m²)

Trong đó:

- q: Tải trọng thủy lực tính toán (m³/m².ngày); q = 17,28 m³/m².ngày
- Q: Công suất xử lý (m³/ngày); Q = 19,2 m³/ngày.đêm
- H_{VLL} = h_s + h_{than} + h_{zeolite} + h_{đá ong} = 0,2 + 0,3 + 0,2 + 0,7 = 1,4 m
- Chọn chiều cao lớp nước h_n = 0,8m; chiều cao bảo vệ h_{bv} = 0,3 m (TCVN 7957:2008)
- H: chiều cao của ngăn lọc (m), H = H_{VLL} + h_n + h_{bv} = 1,4+0,8 + 0,3= 2,5 (m)

Kích thước xây dựng ngăn lọc:

Kích thước xây dựng (m)				Dung tích hữu ích (m ³)
L	B	H _n	H _b	
1,1	1,0	2,2	2,5	2,42

Tính toán khả năng loại bỏ các chất ô nhiễm chính:

L_r = L_v*μ/100 (mg/l)

Trong đó:

- Q: Công suất xử lý (m³/giờ)
- q_{tl}: tải trọng thủy lực (m³/m².giờ)
- L_v: Nồng độ chất ô nhiễm đầu vào (mg/l)
- L_r: Nồng độ chất ô nhiễm đầu ra (mg/l)
- μ: Hiệu suất xử lý chất ô nhiễm (%)

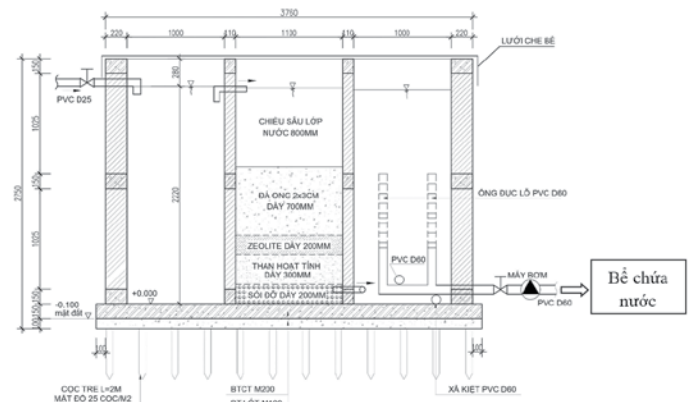
Kích thước xây dựng ngăn trung gian (ngăn chứa):

Chọn kích thước ngăn trung gian như sau: LxBxH (m³)

Kích thước xây dựng (m)				Dung tích hữu ích (m ³)
L	B	H _n	H _b	
1,0	1,0	2,2	2,5	2,2

Kích thước tổng xây dựng cụm bể xử lý cho tưới rau như sau:

Kích thước xây dựng cụm xử lý (m)				Dung tích hữu ích (m ³)
L	B	H _n	H _b	
3,8	1,0	2,2	2,5	6,82



Hình 8. Cấu tạo bể lọc đa tầng xử lý nước cấp cho tưới rau quy mô hộ gia đình
Tổng chi phí đầu tư xây dựng cho một bể xử lý nước cấp cho tưới rau quy mô hộ gia đình là 47,5 triệu đồng.

4. KẾT LUẬN

Nước sông Nhuệ có nồng độ các chất ô nhiễm tương đối cao, đặc biệt là BOD₅, COD và NH₄⁺. Chất lượng nước sông chưa đảm bảo an toàn cho tưới rau, đặc biệt là các loại rau ăn lá.

Sử dụng công nghệ lọc đa tầng với lớp vật liệu gồm: lớp đá kích thước 0,05 cm, dày 70cm; than hoạt tính 5-10 cm dày 0,3 m; zeolite hạt d30 dày 20 cm và sỏi cuội cỡ 5 cm, dày 20 cm có thể cải thiện được chất lượng nước sông Nhuệ. Hiệu suất loại bỏ TSS tương đối cao 48,7 - 67,8% nhờ cơ chế lọc; hiệu quả xử lý BOD₅, COD đạt trong khoảng 39,1 - 55,9% nhờ sự tiêu thụ chất hữu cơ bởi vi sinh vật và than hoạt tính, hiệu suất xử lý NH₄⁺ từ 32,9 - 45,3% nhờ cơ chế phân hủy vi sinh và hấp phụ của đá ong; hàm lượng PO₄³⁻ và kim loại nặng trong nước đạt hiệu suất xử lý rất cao nhờ liên kết ion trong thành phần khoáng chất của đá ong. Với tải trọng thủy lực 18,28 m³/m²/ngày.đêm thì nước sông Nhuệ sau xử lý đáp ứng yêu cầu chất lượng nước dùng cho tưới rau.

Ứng dụng kết quả nghiên cứu thiết kế hệ thống xử lý nước sông Nhuệ công suất 19,2 m³/ngày đáp ứng yêu cầu chất lượng nước dùng cho tưới rau quy mô hộ gia đình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Khương Thị Hải Yến, Luận án tiến sĩ "Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt xám tại chỗ bằng vật liệu Laterite (đá ong), Trường Đại học Thủy lợi, 2016.
- [2] Sato K., Masunaga T., Inada K., Tanaka T., Arai Y., Unno S. and Wakatsuki T., "The development of high speed treatment of polluted river water by the multi-soil-layering method, Examination of various materials and structure," Jpn J. Soil Sci. Plant Nutr., vol. 200, 2005.
- [3] Nguyễn Thị Hằng Nga, Báo cáo chuyên đề xác định nhu cầu nước, yêu cầu chất lượng nước và nghiên cứu đề xuất giải pháp, công nghệ xử lý nước sông Nhuệ phù hợp, chi phí thấp để cấp cho khu nuôi trồng thủy sản huyện phú xuyên, huyện ứng hòa và vùng trồng rau huyện thường tín, Trường Đại học Thủy lợi, 2023.
- [4] Nguyễn Thị Hằng Nga, Báo cáo chuyên đề thí nghiệm xác định chiều dày vật liệu lọc tối ưu cho công trình xử lý nước cho tưới rau, Trường Đại học Thủy lợi, 2023.