

# Nghiên cứu thực nghiệm mô hình xử lý nước thải phân tán ở thủ đô Viêng Chăn, CHDCND Lào

Experimental study on decentralized wastewater treatment options in Vientiane capital, Lao PDR

> NCS XAIGNAVONG LANGKONE<sup>(1)</sup>, KS NGUYỄN TIẾN QUÂN<sup>(2)</sup>, GS. TS NGUYỄN VIỆT ANH<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Khoa Kỹ thuật Môi trường, ĐHQG Lào, NCS Trường Đại học Xây dựng Hà Nội;

<sup>(2)</sup> Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

## TÓM TẮT:

Thủ đô Viêng Chăn (TĐVC), CHDCND Lào, có tốc độ đô thị hóa diễn ra nhanh chóng, nhu cầu cấp thoát nước và xử lý nước thải (XLNT) ngày càng tăng. Hiện TĐVC vẫn chưa có hệ thống thoát nước và xử lý nước thải tập trung. Trên 90% nước thải sinh hoạt được xử lý bằng bể tự hoại (BTH) truyền thống. Phần còn lại được xử lý bằng BTH cải tiến và các công trình XLNT tại chỗ, theo cụm. Nghiên cứu tiến hành đánh giá, kiểm chứng hiệu suất của các công trình XLNT phân tán hiện có và một số công nghệ XLNT phân tán đã nghiên cứu ứng dụng thành công ở nhiều nước trên thế giới, làm cơ sở đề xuất các giải pháp XLNT phù hợp, chi phí thấp, ổn định cho các khu dân cư có mật độ phân tán, thu nhập thấp, để tăng tỷ lệ che phủ của dịch vụ vệ sinh ở TĐVC một cách nhanh và khả thi nhất.

**Từ khóa:** Xử lý nước thải phân tán; thủ đô Viêng Chăn, Lào; bể tự hoại; bể BASTAF; bể Johkasou.

## ABSTRACT:

The capital city of Vientiane, Lao PDR has a rapid urbanization, and the increasing demand for water supply, sewerage and wastewater treatment. Currently, Vientiane does not have a centralized wastewater treatment system. Over 90% of domestic wastewater is treated by traditional septic tanks, while the remaining is treated by improved septic tanks and other decentralized, on-site treatment means. This study has conducted evaluation and verification of treatment efficiency of existing and selected new on-site, decentralized wastewater treatment technologies, to serve the basis for proposal of appropriate wastewater management with low-cost and reliable performance for low-density low-income residential areas. By this way, the sanitation service coverage in Vientiane could increase in a fast and feasible ways.

**Keywords:** Decentralized wastewater treatment, Vientiane capital, Laos, BASTAF, Johkasou, septic tank.

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Thủ đô Viêng Chăn (TĐVC) rộng 3.920 km<sup>2</sup>, bao gồm 9 huyện, 482 bản làng và 158.075 hộ gia đình, tổng dân số năm 2020 là khoảng 948.466 người chiếm 13,03% tổng dân số cả nước [1]. Theo quy hoạch phát triển tổng thể của TĐVC giai đoạn 2011-2030, diện tích đô thị là 620 km<sup>2</sup> [2]. Dân số sống tập trung cao nhất ở khu vực trung tâm phần còn lại sống rải rác ở khu ven đô và ngoại ô. Mật độ dân số cao nhất là 2.150 người/km<sup>2</sup> tại huyện Chanthabouly và thấp nhất là 43 người/km<sup>2</sup> tại khu vực ngoại thành thuộc huyện PakNgum, mật độ trung bình là 242 người/km<sup>2</sup> [1]. Khí hậu của TĐVC có hai mùa rõ rệt như mùa khô và mùa mưa, mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 10, mùa khô bắt đầu từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Tổng lượng mưa dao động từ 1.349,4mm - 2.202,4mm, tập trung vào 5 tháng mùa mưa [1].

TĐVC có địa hình phức tạp, không bằng phẳng, được chia cắt thành nhiều lưu vực phân tán nhỏ lẻ bởi hệ thống kênh và ao hồ. Dân số sống rải rác, nhiều nhà nằm trong diện tích rộng, nằm trong ngõ sâu, khó tổ chức thoát nước tập trung. Hầu hết nước thải sinh hoạt của hộ gia đình và các công trình công cộng như bệnh viện, trường học, công sở, khu trung cư, khách sạn, trung tâm thương mại, ... được xử lý bằng bể tự hoại xây gạch, ống cống BTCT, đúc sẵn bằng nhựa hay composite đúc sẵn [3]. Nước thải sau xử lý xả ra rãnh thoát nước khu dân cư, một phần thấm xuống đất hoặc chảy vào các kênh thoát nước như Hông Xeng, Hông Ke rồi chảy vào đầm That Luang trước khi chảy tiếp qua đầm Na Háy, đầm Na Khoay, sông Mak Hiao rồi cuối cùng xả vào sông Mekong ở điểm phía Nam của TĐVC, cách trung tâm thành phố khoảng 50 Km [4].

Độc tố đô thị hóa ở ĐTVC diễn ra rất nhanh chóng. Nhiều ao hồ và đầm lầy vốn là nơi tiếp nhận nước mưa và xử lý nước thải tự nhiên đã bị san lấp thành đất xây dựng [3]. Nhu cầu cấp nước theo các năm 2010, 2020 và dự báo cho 2030 lần lượt là 108.500 m<sup>3</sup>/ngđ, 326.320 m<sup>3</sup>/ngđ và 480.000 m<sup>3</sup>/ngđ. Lượng nước thải phát sinh tương ứng là 86.800 m<sup>3</sup>/ngđ, 261.000 m<sup>3</sup>/ngđ và 384.000 m<sup>3</sup>/ngđ. [5], [6]. Xả nước thải làm cho chất lượng nước trong các kênh thoát nước của thành phố bị ô nhiễm nghiêm trọng [3] [7].

Từ năm 1990 - 2020, đã có khoảng 10 dự án nghiên cứu về thoát nước và xử lý nước thải ở ĐTVC, hầu hết chỉ dừng ở mức độ nghiên cứu khả thi, tập trung vào khu vực trung tâm thành phố. Các giải pháp của các nghiên cứu này thường rất đắt tiền, khó huy động vốn, không khả thi [3]. Trong khi đó, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, mô hình xử lý nước thải phi tập trung là một giải pháp khả thi, giảm thiểu tác động đến môi trường, tạo điều kiện cho người dân nông thôn và vùng ven đô có khả năng tiếp cận với hệ thống vệ sinh cơ bản [15]. Ở nhiều nước trên thế giới, trong đó có Việt Nam, đã có nhiều giải pháp công nghệ, mô hình XLNT tại chỗ, phân tán được nghiên cứu và áp dụng thành công [10], [11], [12], [13], [14].

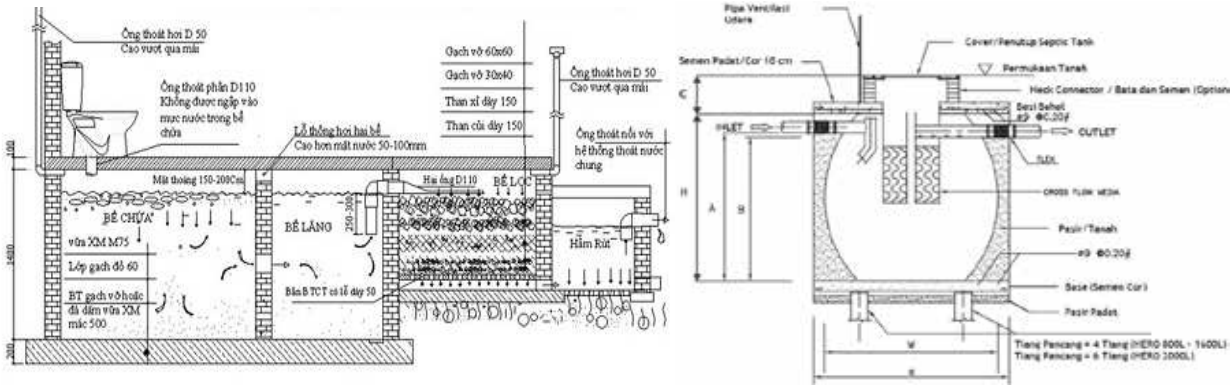
Nghiên cứu nhằm thực nghiệm một số công nghệ XLNT phân tán đã được áp dụng thành công ở một số đô thị của Việt Nam, nơi có điều kiện tự nhiên, kinh tế, xã hội giống với ĐTVC, bên cạnh việc đánh giá, kiểm chứng một số công nghệ XLNT phân tán hiện có ở ĐTVC như: BTH truyền thống xây bằng gạch, BTH làm bằng nhựa

đúc sẵn, bể phản ứng kỵ khí với các vách ngăn mỏng ABR, bể xử lý tại chỗ công nghệ Nhật Bản Johkasou, trạm xử lý theo cụm với công nghệ bùn hoạt tính (CAS), bể tự hoại cải tiến với vách ngăn mỏng và ngăn lọc kỵ khí BASTAF, hướng tới áp dụng giải pháp xử lý tại chỗ với mục tiêu chỉ xử lý cặn lơ lửng TSS và chất hữu cơ BOD<sub>5</sub>, giải pháp xử lý phân tán theo cụm với mục tiêu xử lý BOD<sub>5</sub>, TSS, N, P và các mầm bệnh, áp dụng cho những nơi khó tiếp cận với hệ thống thoát nước và XLNT tập trung [16], [17].

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nghiên cứu với bể tự hoại truyền thống

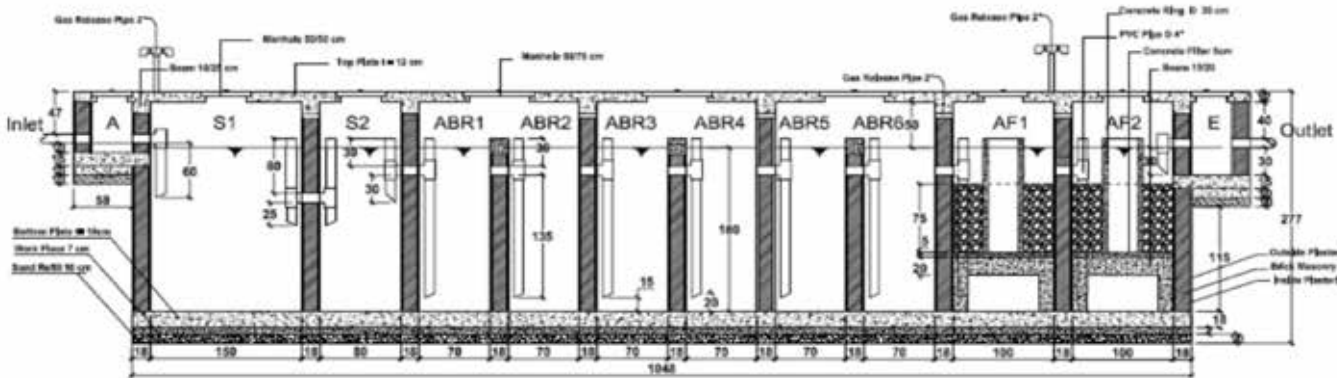
Phần lớn dòng nước đen từ khu vệ sinh các hộ gia đình ở ĐTVC được xử lý tại chỗ bằng các công nghệ XLNT chi phí thấp như bể tự hoại (BTH). BTH có thể được xây dựng bằng gạch (69%), cống bê tông (26%). Những hộ gia đình có điều kiện kinh tế có thể đổ bê tông hoặc sử dụng bể nhựa, bể Composite đúc sẵn (5%) [3]. Các BTH truyền thống đều có ngăn chứa và ngăn lắng. Một số BTH có xây dựng thêm ngăn lọc, hố thấm ở phía sau. Nhóm đã khảo sát 2 BTH: số 1 (MH1-CST) tại kí túc xá công nhân, bản Khâm Hùng, phục vụ 30 nhân viên và 30 khách mỗi ngày, công suất trung bình 1.6 m<sup>3</sup>/ngđ; BTH 2 (MH2-PST) tại cửa hàng XVG, bản Saphangmuek, dung tích 2m<sup>3</sup> bằng nhựa đúc sẵn, công suất trung bình 0.5 m<sup>3</sup>/ngđ.



Hình 2.1. Sơ đồ bể tự hoại sử dụng ở ĐTVC

a). Bể tự hoại truyền thống xây bằng gạch; b). Bể tự hoại bằng nhựa đúc sẵn

### 2.2. Nghiên cứu với bể ABR

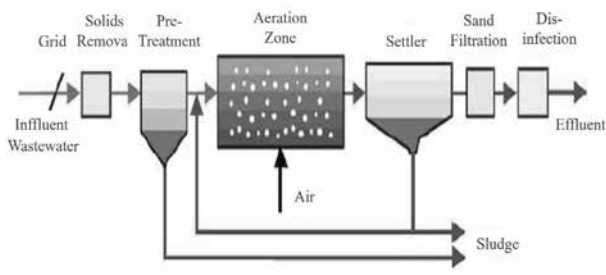


Hình 2.2. Sơ đồ nguyên lý công nghệ ABR

Năm 2009, tổ chức JICA và BORDA-LIRE đã triển khai thí điểm 2 cụm công trình XLNT phân tán với công nghệ bể phản ứng kỵ khí với các vách ngăn mỏng ABR. Cụm số 1 (MH1-CBS) xử lý nước thải cho nhóm hộ gia đình tại bản Thongkankham, huyện Chanthabouly. Cụm số 2

(MH2-SBS) xử lý nước thải cho trường học ở bản Khualuang, huyện Chanthabouly. Cả 2 cụm được xây dựng tháng 9/2010, đưa vào vận hành tháng 12/2010, được xây bằng gạch, trát vữa chống thấm 2 mặt, đáy và nắp đổ BTCT. Số vách ngăn mỏng trong ABR là 7 ngăn.

**2.3. Nghiên cứu công nghệ bùn hoạt tính CAS XLNT bệnh viện**

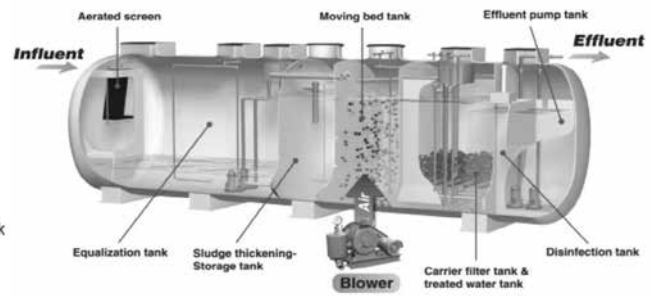


**Hình 2.3.** Sơ đồ nguyên lý mô hình XLNT bằng công nghệ bùn hoạt tính truyền thống  
a). Sơ đồ nguyên lý; b). Trạm XLNT bệnh viện Mahosod, TĐVC

Ở TĐVC, phần lớn nước thải từ cơ sở y tế quy mô nhỏ được xử lý sơ bộ bằng BTH rồi xả ra cống thoát nước hoặc thấm vào đất. Ở các bệnh viện lớn như Mahosot, Midtaphab, Setthathirath, bệnh viện Quân đội, nước thải được xử lý tại trạm XLNT phân tán bằng công nghệ bùn hoạt tính truyền thống (CAS). Nhóm đã chọn bệnh viện Mahosod để khảo sát.

**2.4. Nghiên cứu bể XLNT phân tán với công nghệ Johkasou Nhật Bản**

Johkasou là một hệ thống XLNT hợp khối thu gọn, với các công đoạn xử lý sinh học kỵ khí và hiếu khí. Johkasou áp dụng được linh hoạt cho nhiều quy mô: nhỏ (hộ gia đình 5-10 người), vừa (cụm dân cư 11-50 người), lớn (nhà cao tầng, khu đô thị, khu thương mại > 51 người).



**Hình 2.4.** Sơ đồ mô hình xử lý nước thải Johkasou

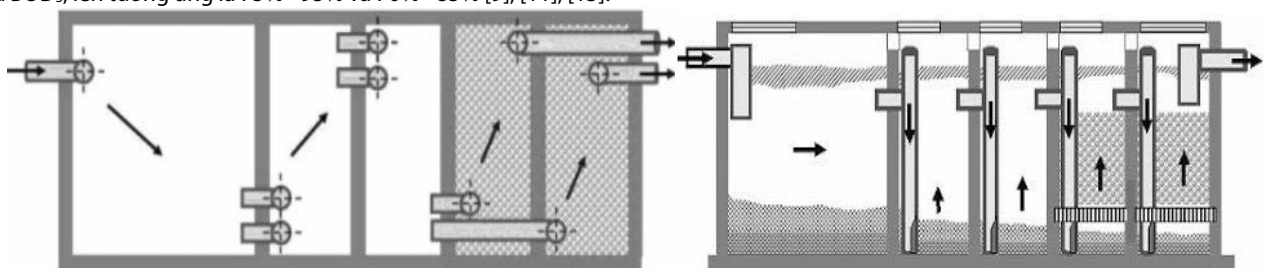
a). Mô hình Johkasou công suất 2,8-10 m<sup>3</sup>/ng.đ; b). Mô hình Johkasou công suất 10-30 m<sup>3</sup>/ng.đ

Nhóm đã khảo sát hệ thống XLNT Johkasou tại Sân bay Quốc tế Wattay, TĐVC, có công suất 252 m<sup>3</sup>/ng.đ, bao gồm 200 m<sup>3</sup>/ng.đ từ khu vực sân bay quốc tế và 52 m<sup>3</sup>/ng.đ từ khu vực sân bay nội địa.

**2.5. Nghiên cứu thực nghiệm công nghệ BASTAF**

Công nghệ BASTAF (bể tự hoại cải tiến với các vách ngăn mỏng và ngăn lọc kỵ khí) do nhóm nghiên cứu của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội phát triển, cho phép nâng cao hiệu suất xử lý của BTH truyền thống, thường từ 50% - 70% và 25% - 45% tương ứng theo TSS và BOD<sub>5</sub>, lên tương ứng là 75% - 95% và 70% - 85% [9], [11], [13].

Bể BASTAF có giá thành thấp và hiệu quả xử lý cao, ổn định. Nước thải được đưa vào ngăn đầu của bể có vai trò làm ngăn lắng - lên men kỵ khí, đồng thời điều hòa lưu lượng và nồng độ chất bẩn trong dòng nước thải. Nhờ có các vách ngăn hướng dòng tại các ngăn lắng tiếp theo nước thải được chuyển động từ dưới lên trên, tiếp xúc với các vi sinh vật kỵ khí trong lớp bùn hình thành bám ở đáy bể. Nhờ các vách ngăn này công nghệ trở thành các bể phản ứng kỵ khí nối tiếp [11].



**Hình 2.5.** Sơ đồ nguyên lý bể tự hoại cải tiến BASTAF

a). Mặt bằng; b). Mặt cắt dọc

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành xây dựng 03 công trình BASTAF thí điểm (xem **Bảng 2.1**). BASTAF - Pilot No.01 dùng để xử lý nước đen từ bồn cầu và tiểu nam, còn nước xám từ chậu rửa và nền nhà vệ sinh chảy thẳng tới hố ga thu nước. Lưu lượng nước sử dụng đo được bằng đồng hồ đo nước lắp ở các nhánh cấp nước trung bình

$Q_{tb} = 0,6 \text{ m}^3/\text{ng.đ}$ ,  $Q_{max} = 0,82 \text{ m}^3/\text{ng.đ}$ ,  $Q_{min} = 0,4 \text{ m}^3/\text{ng.đ}$ . BASTAF-Pilot 02 và 03 dùng để xử lý cả nước đen và nước xám (rửa, tắm, giặt). Lưu lượng nước cấp đo được của Pilot 02 là:  $Q_{tb} = 0,66 \text{ m}^3/\text{ng.đ}$ ,  $Q_{max} = 0,84 \text{ m}^3/\text{ng.đ}$ ,  $Q_{min} = 0,48 \text{ m}^3/\text{ng.đ}$ ; Pilot 03:  $Q_{tb} = 1,36 \text{ m}^3/\text{ng.đ}$ ,  $Q_{max} = 1,45 \text{ m}^3/\text{ng.đ}$ ,  $Q_{min} = 0,86 \text{ m}^3/\text{ng.đ}$ .

**Bảng 2.1. Các thông số của 3 bể BASTAF xây dựng thí điểm**

Thông số	BASTAF 01	BASTAF 02	BASTAF 03
Địa điểm	Văn phòng, Nhà máy sx ống TOYO Lào	Cửa hàng. Công ty XVG	Cảng tin tập thể. Nhà máy sx ống TOYO Lào
Tọa độ	18° 4'20.03"N; 102°43'11.49"E	18° 2'8.72"N; 102°39'17.90"E	18° 4'14.42"N; 102°43'12.33"E
Thời gian XD	Tháng 04/2018	Tháng 09/2017	Tháng 03/2019
Cấu tạo các ngăn	1 chứa + 2 lắng + 2 lọc	1 chứa + 2 lắng + 2 lọc	1 chứa + 1 lắng + 2 lọc
Thể tích hữu ích	Vư = 4,55 m <sup>3</sup>	Vư = 10,22 m <sup>3</sup>	Vư = 7,93 m <sup>3</sup>
Người phục vụ	15-20 nhân viên + 20-30 khách	40-50 nhân viên + 30-50 khách	50-60 công nhân + 10 khách
Vật liệu	Bể xây gạch + Trát chống thấm	Bể xây gạch + Trát chống thấm	Bể xây gạch + Trát chống thấm

**2.6. Lấy mẫu và phân tích**

Thời điểm lấy mẫu được lựa chọn là các tháng đặc trưng cho mùa mưa và mùa khô tại ĐVVC. Tại mỗi điểm lấy mẫu, mẫu được lấy

tại vị trí đầu vào và đầu ra của công trình xử lý. Vị trí các điểm lấy mẫu được thể hiện trong **Bảng 2.2.**

**Bảng 2.2. Các điểm lấy mẫu đánh giá công nghệ XLNT phân tán ở ĐVVC**

STT	Công nghệ	Tên công trình	Địa điểm	Tọa độ
1	Bể tự hoại	BTH truyền thống, xây gạch	Ký túc xá nhân viên, bản Khăm Hùng	18° 0'59.98"N 102°38'18.99"E
2		BTH truyền thống, nhựa đúc sẵn	Cửa hàng XVG, bản Sybounheuang	17°58'45.00"N 102°37'20.35"E
3	BASTAF	BASTAF_Pilot 01	Văn phòng giới thiệu sản phẩm, Nhà máy TOYO	18° 4'20.08"N 102°43'11.51"E
4		BASTAF_Pilot 02	Cửa hàng XVG, bản Saphangmuek	18° 2'8.65"N 102°39'17.88"E
5		BASTAF_Pilot 03	Xưởng sản xuất, Nhà máy TOYO	18° 4'14.16"N 102°43'12.38"E
6	ABR	ABR-CBS	Cụm dân cư, bản Thongkhankham	17°58'20.94"N 102°36'11.76"E
7		ABR-SBS	Trường học, bản Khualueang	17°58'19.47"N 102°36'31.89"E
8	CAS	CAS	Bệnh viện Mahosot	17°57'36.42"N 102°36'42.58"E
9	Johkasou	Johkasou	Sân bay Wattay	17°58'29.56"N 102°34'1.92"E

**Bảng 2.3. Bảng tổng hợp tiêu chuẩn phân tích áp dụng trong thí nghiệm**

Tên chỉ tiêu	Tiêu chuẩn phân tích [18],[19]
pH	SM 2017:4500-H <sup>+</sup> B: Electrometric
BOD <sub>5</sub>	SM 2017:5210 B: 5-day BOD Test, Azide Modification.
COD	SM 2017:5220 C: Close Reflux, Titrimetric
TSS	SM 2017:5220 C: Dried at 103-105°C
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SM 2017:4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> E: Cadmium Reduction
TKN (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	SM 2017:4500-Nong B: Macro Kjeldahl
T-N	SM 2017:4500-N: Calculation
T-P	SM 2017:4500 P: Ascorbic Acid
Tổng Coliform	SM 2017:9221 B: MPN Test

Việc lấy mẫu nước thải tại các công trình XLNT phân tán được thực hiện và phân tích bởi Phòng thí nghiệm Phanthamid Lab (PAL) địa chỉ tại Dongpalane, huyện Sisattanak, Thủ đô Viên Chăn, Lào. Các chỉ tiêu thí nghiệm gồm có pH, COD, BOD<sub>5</sub>, TSS, T-N, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-P, Tổng Coliform với quy trình lấy mẫu và quy trình thí nghiệm tuân theo các tiêu chuẩn Quốc tế [18] và tiêu chuẩn Lào [19] được thể

hiện trong **Bảng 2.3.** Các chỉ tiêu T-P, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, T-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, tổng Coliform được phân tích tại phòng thí nghiệm phân tích của Thái Lan. Kết quả chất lượng nước thải được so sánh với tiêu chuẩn xả thải QCVN 14:2008/BTNMT của Việt Nam và quy định của TCMT Lào theo ND 81/CP, 2017 [20].

**2.7. Khảo sát về chi phí xây dựng và vận hành, bảo dưỡng của từng loại bể**

Nghiên cứu này tiến hành khảo sát các công trình, phỏng vấn tại các hộ sử dụng, các nhà thầu xây dựng cũng như các cửa hàng cung cấp các bể XLNT để thu thập thông tin về giá thành xây dựng, vận hành, bảo dưỡng của từng loại bể.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN****3.1. Kết quả đánh giá BTH truyền thống**

Kết quả phân tích cho thấy: BTH truyền thống chỉ có hiệu suất xử lý BOD<sub>5</sub> (36%), COD (50%), TSS (60%). Các chỉ tiêu thí nghiệm đều cho kết quả vượt tiêu chuẩn cho phép, nước thải đầu ra có màu đen, mùi hôi, nồng độ Coliform rất cao (160.000 MPN/100ml). Theo TCMTQG số 81/CP-2017, BTNMT Lào hoặc QCVN 14:2008, chỉ tiêu BOD<sub>5</sub> là 30 mg/l. Sở Xây dựng, Giao thông Công chính (DPWTS) các tỉnh hiện đang cấp phép cho các hộ gia đình xây BTH để XLNT tại chỗ trong phạm vi diện đất xây dựng nhà ở không quá 400m<sup>2</sup> [8],



**Bảng 3.1. Tổng hợp hiệu suất xử lý của các công trình XLNT phân tán ở TĐVC**

LOẠI BỂ	BOD <sub>5</sub>			COD			TSS			T-N			T-P		
	Vào	Ra	E, %	Vào	Ra	E, %	Vào	Ra	E, %	Vào	Ra	E, %	Vào	Ra	E, %
BTH-Gạch	213,0	136,5	36	1122,0	558,5	50	1159,5	461,0	60	960,0	464,0	52	35,7	23,5	34
BTH-Nhựa	199,5	56,3	72	469,5	285,0	39	555,5	98,9	82	401,0	305,0	24	22,2	16,5	26
BASTAF-01	241,9	32,3	87	359,5	26,8	93	137,1	43,6	68	674,0	581,0	14	16,4	17,0	x
BASTAF-02	509,3	155,6	69	1011,5	310,5	69	69,0	14,5	79	870,0	330,0	62	20,2	10,2	50
BASTAF-03	129,3	37,1	71	272,5	150,0	45	172,4	53,8	69	228,0	226,0	1	9,2	8,1	12
ABR-CBS	82,0	36,0	56	-	-	x	168,0	13,0	92	-	-	x	-	-	x
ABR-SBS	99,0	32,0	68	-	-	x	208,0	36,0	83	-	-	x	-	-	x
CAS	285,0	28,0	90	457,0	65,0	86	292,0	11,0	96	243,0	65,0	73	13,5	3,5	74
Johkasou	37,5	18,0	52	179,0	42,2	76	37,5	18,0	52	159,0	19,6	88	5,3	3,7	30

[9]. Giá thành xây dựng tại thị trường TĐVC đối với BTH truyền thống = 600-1000 USD/hộ, trung bình 900 USD/hộ với bể xây gạch; BTH kích thước lớn hoặc đổ bằng BTCT = 1500-2000 USD/bể. Chi phí hút bùn trung bình 2 năm/lần là 70-100 USD/lần, trung bình 90 USD/lần, tương đương 45 USD/hộ.năm. Tổng chi phí đầu tư xây dựng và vận hành quy đổi theo năm của BTH truyền thống = 100-150 USD/hộ.năm, đối với loại bể tự hoại có kích thước phổ thông sử dụng cho 1 hộ gia đình 6 người là 135 USD/hộ.năm.

**3.2. Kết quả đánh giá bể BASTAF thử nghiệm**

Kết quả phân tích cho thấy: Công trình hoạt động ổn định cho kết quả hiệu suất xử lý trung bình tới 87% theo BOD<sub>5</sub>, 93% theo COD và 79% theo TSS, phù hợp với các kết quả nghiên cứu trước đó ở Việt Nam. Công trình hoạt động ổn định, có nước thải đầu ra về cảm quan khá trong. Đối với các chỉ tiêu về Nitơ, Photpho, bể BASTAF hầu như không có chức năng xử lý. Giá thành xây dựng tại thị trường TĐVC của bể BASTAF = 1.000-1.300 USD/hộ, trung bình 1.200 USD/hộ, bể lớn, xây dựng bằng BTCT có chi phí trung bình 2.500-3.200 USD/hộ. Chi phí vận hành và bảo dưỡng: Bể BASTAF hút bùn 3 năm/lần, phí dịch vụ 33.33 USD/hộ.năm. BASTAF được xây bằng gạch đặc hoặc đổ bê tông có thời gian khấu hao là 10 năm. Tổng chi phí đầu tư xây dựng và vận hành quy đổi theo năm của bể BASTAF = 140-250 USD/hộ.năm tùy vào kích thước; bể điển hình cho 1 hộ gia đình 6 người có chi phí quy đổi 153.3 USD/hộ.năm.

**3.3. Kết quả đánh giá bể ABR**

Kết quả phân tích cho thấy: HSDL BOD<sub>5</sub> đạt 56,1 - 67,7%, theo TSS trung bình đạt 83- 96,2%. Bể không có khả năng xử lý Nitơ và vi sinh vật gây bệnh. Chi phí xây dựng bể ABR có thể tham khảo chi phí của bể BASTAF, từ đó tính ra chi phí xây dựng bể ABR, trong đó chi phí xây dựng ABR lớn hơn đáng kể do số ngăn nhiều hơn. Thực tế nghiên cứu cho thấy rằng số ngăn bể ABR nhiều hơn 4 ngăn làm cho hiệu suất xử lý tăng lên không đáng kể.

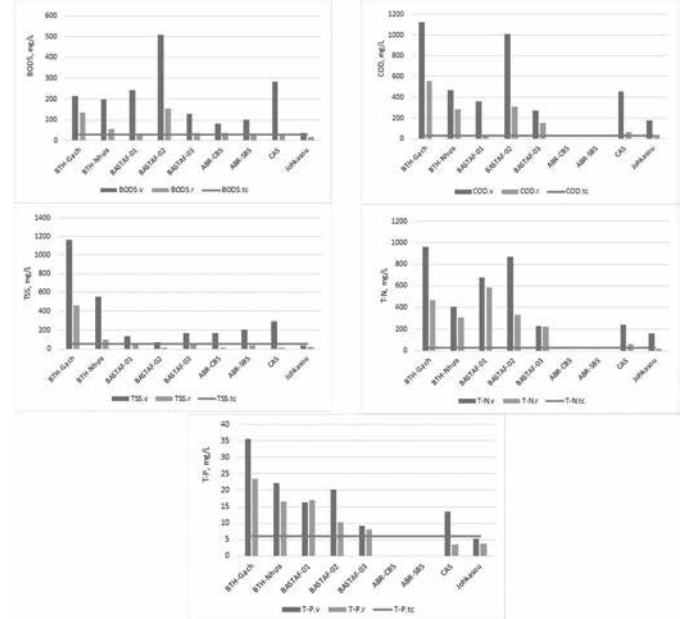
**3.4. Kết quả đánh giá công nghệ bùn hoạt tính**

Kết quả phân tích cho thấy: các chỉ tiêu như BOD<sub>5</sub>, COD và TSS đều đạt hiệu suất xử lý trung bình cao, với giá trị lần lượt là 90,18%; 85,78% và 96%. HSDL Nitơ đạt 73.2%, tuy nhiên kết quả đầu ra vẫn cao hơn tiêu chuẩn xả thải. Các bệnh viện thiếu nhân sự có chuyên môn để có thể vận hành và bảo dưỡng phù hợp. Trạm XLNT hay bị hỏng hóc, tắc do rác, luôn phải khắc phục sự cố, cần được cải tạo và nâng cấp. Chi phí xây dựng và vận hành các TXLNT phân tán bằng công nghệ bùn hoạt tính có xử lý ni-tơ (AO) có mức đầu tư xây dựng 200-350 USD/hộ.năm, chi phí vận hành 140-200 USD/hộ.năm, tính với thời gian khấu hao công trình = 10 năm.

**3.5. Kết quả đánh giá công nghệ Johkasou**

Kết quả phân tích và đánh giá hiệu suất xử lý của bể Johkasou ở trạm XLNT Sân bay quốc tế Wattay được thể hiện trong **Hình 3.1-3.3 và Bảng 3.1**. BOD<sub>5</sub> đầu vào là 200mg/l. Các chỉ tiêu như BOD<sub>5</sub>, COD, TKN, TN và TP đầu ra đều đạt tiêu chuẩn xả thải cột A. Hiệu suất xử lý Amoni đạt 86,45%, nhưng chưa đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn. Do không có thiết bị khử trùng, nồng độ Coliform vẫn ở mức rất cao so với tiêu chuẩn. Hiện nay do sân bay bị ảnh hưởng bởi đại dịch COVID-19, rất ít lượng khách qua lại, chỉ có một số tuyến bay nội địa cho nên lượng nước thải cũng như nồng độ đầu vào giảm đi rất nhiều so với điều kiện vận hành bình thường. Chi phí nhập khẩu, xây dựng và lắp đặt TXLNT phân tán Johkasou có chi phí trung bình 220-380 USD/hộ, chi phí vận hành 230-370 USD/hộ.năm, với khấu hao công trình = 10 năm. Công nghệ Johkasou cho phép xử lý triệt để BOD, N, P, chất lượng nước đầu ra đạt cột A.

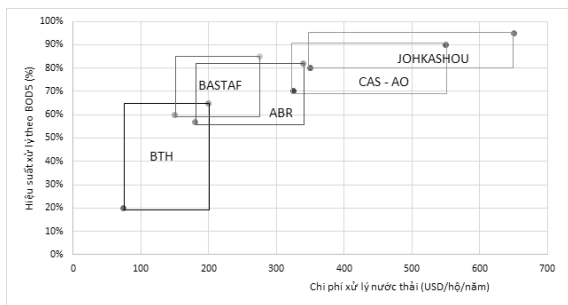
**3.6. Tổng hợp các kết quả đánh giá**



**Hình 3.1.** Kết quả đánh giá theo BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, T-N, T-P, so với tiêu chuẩn xả thải **Bảng 3.1** và **Hình 3.1** tổng hợp kết quả đánh giá hiệu suất xử lý của các công trình XLNT phân tán đã khảo sát. Kết quả cho thấy BTH truyền thống hiện đang sử dụng tại TĐVC có chức năng xử lý sơ bộ BOD<sub>5</sub> và TSS rất thấp, hiệu quả xử lý không ổn định (36-72% đối với BOD<sub>5</sub> và 60-82% đối với TSS). Các công trình ABR và BASTAF cho kết

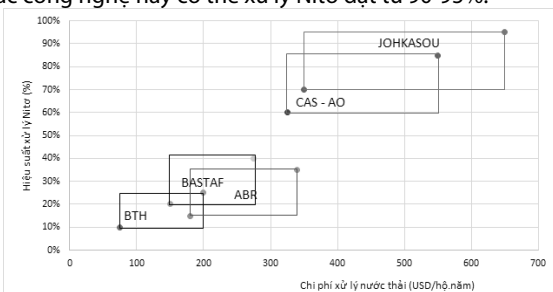
quả tích cực, hiệu suất xử lý cao, ổn định theo BOD<sub>5</sub> và TSS: bằng 69-87% (BOD<sub>5</sub>), 69-79% (TSS) đối với bể BASTAF và 56%-68% (BOD<sub>5</sub>), 83-92% (TSS) đối với ABR. Các công nghệ bùn hoạt tính CAS-AO hay Johkasou thể hiện hiệu suất xử lý tốt, cho phép xử lý được các hợp chất Nitơ, tuy nhiên hiệu suất xử lý chịu ảnh hưởng chủ quan của người vận hành và bảo trì, bảo dưỡng.

Chi phí đầu tư xây dựng và vận hành, bảo dưỡng quy đổi theo năm trên mỗi hộ gia đình của các loại hình công nghệ XLNT phân tán được thể hiện tại **Hình 3.2** và **Hình 3.3**, trong mối liên hệ với hiệu suất xử lý có thể đạt của công nghệ đó. Hiệu suất xử lý BOD<sub>5</sub> trung bình của BTH truyền thống là 20-65% tương ứng với suất đầu tư 80-200 USD/hộ.năm, của bể ABR 56-82,5% tương ứng với suất đầu tư 180-340 USD/hộ.năm, của bể BASTAF là 60-85% tương ứng với 150-275 USD/hộ.năm, của bùn hoạt tính CAS-AO là 70-85% tương ứng chi phí 340-550 USD/hộ.năm, của bể Johkasou là 80-95%, tương ứng với chi phí 350-650 USD/hộ.năm.



**Hình 3.2.** Mối liên hệ giữa hiệu suất xử lý theo BOD<sub>5</sub> và chi phí quy đổi của các công nghệ XLNT ở TĐVC

Các loại BTH truyền thống, bể tự hoại cải tiến BASTAF/ABR là công trình xử lý kỵ khí, không cho phép xử lý Nitơ mà chỉ loại bỏ một phần Ni-tơ qua lắng cặn, thủy phân và bay hơi NH<sub>3</sub>, hấp thụ bởi sinh khối. Hiệu suất xử lý Ni-tơ tổng số đạt 10-25% đối với BTH truyền thống, 15-40% đối với BASTAF/ABR. Đối với các khu vực yêu cầu điều kiện vệ sinh cao, cần áp dụng các quá trình xử lý hiếu khí kết hợp thiếu khí như CAS-AO hay Joukasou. Trong điều kiện vận hành tốt, các công nghệ này có thể xử lý Nitơ đạt từ 90-95%.



**Hình 3.3.** Mối liên hệ giữa hiệu suất xử lý theo T-N và chi phí quy đổi của các công nghệ XLNT ở TĐVC

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã đánh giá được các công nghệ XLNT phân tán, tại chỗ hiện có ở TĐVC, bao gồm BTH truyền thống xây bằng gạch, BTH bằng nhựa đúc sẵn, bể ABR, bể Johkasou và công nghệ bùn hoạt tính CAS-AO, cũng như xây dựng, vận hành và đánh giá 03 công trình thí điểm XLNT bằng công nghệ BASTAF, xác định được các giá trị hiệu suất xử lý theo các thông số chính, các thông tin về giá thành xây dựng, vận hành, bảo dưỡng công trình, qua đó so sánh, đánh giá được ưu, nhược điểm và vai trò của chúng trong thoát nước và XLNT đô thị ở TĐVC.

Các giải pháp công nghệ xử lý nước thải phân tán có thể áp dụng phù hợp với điều kiện thực tiễn của TĐVC. Để xử lý triệt để nước thải các

chỉ tiêu BOD<sub>5</sub>, TSS, N và P, có thể sử dụng công nghệ Johkasou, bùn hoạt tính CAS-AO. Ở giai đoạn đầu phát triển, với các khu vực mật độ dân cư thấp, chưa có điều kiện xây dựng hệ thống thoát nước và XLNT tập trung, có thể chấp nhận xử lý BOD<sub>5</sub> và TSS bằng BTH cải tiến BASTAF hay bể ABR. BTH truyền thống xây bằng gạch, bằng cống BTCT hay bằng nhựa đúc sẵn chỉ cho phép loại bỏ một phần chất hữu cơ, chất rắn lơ lửng. Giải pháp XLNT phân tán, chi phí thấp, được thực hiện bằng nguồn vốn xã hội hóa, sẽ cho phép giảm thiểu ô nhiễm môi trường trước mắt, khi có điều kiện kinh tế có thể cải tạo, nâng cấp.

Cách tiếp cận quản lý nước thải phân tán, với nhiều giải pháp công nghệ linh hoạt, phù hợp cho từng đối tượng, với mức độ cần thiết xử lý nước thải và điều kiện kinh tế, xã hội khác nhau, có thể áp dụng để nâng cao tỷ lệ che phủ của dịch vụ vệ sinh, bảo vệ sức khỏe cộng đồng và giảm thiểu ô nhiễm môi trường nước tại các khu dân cư chưa có điều kiện xây dựng các hệ thống thoát nước, XLNT tập trung.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lao Statistic Bureau; 2015; District Population Projections 2015-2030.
- [2] JICA, DONRE and DPWT; 2017; Water Quality Monitoring Report for Public Water Body in Vientiane Capital, Lao PDR.
- [3] THS Langkone Xaignavong - ĐHQG Lào và GS. TS Nguyễn Việt Anh, Nguyễn Tiến Quân và Đồng Khắc Việt - ĐHXD Hà Nội; 2021; Nghiên cứu hiện trạng thoát nước Thủ đô Viên Chăn, CHDCNH Lào;
- [4] JICA and MPWT, Lao PDR; 2011; The Project for Urban Development Master Plan Study in Vientiane Capital; The Final Report.
- [5] JICA and MPWT, Lao PDR; 2011; The study on improvement of water environment in Vientiane Capital, a final report.
- [6] Nampapa Nakhone Luang; 2020; Annual report 2020.
- [7] The Team of Faculty of Engineering, NUOL; 2021; Johkasou wastewater quality survey in Vientiane Capital, Lao PDR;
- [8] Japan-ASEAN integration Fund; 2020; Policy dialogue and Network building of multi-stakeholders on integrated decentralized domestic wastewater management in ASEAN countries (PoDIWM), page 50-54; Current situation on domestic wastewater management in Lao PDR;
- [9] GS.TS Nguyễn Việt Anh; 2017; *Bể tự hoại*, Nhà Xuất bản Xây dựng.
- [10] Dipl.-Ing. Frank Pogade, GFA Consulting Group GmbH; 2011; Introducing the decentralized approach to wastewater treatment in Vietnam's urban areas.
- [11] GS. TS Nguyễn Việt Anh, Đặng Hoàng Huy, IESE, ĐHXD; 2009; Xử lý nước thải tại chỗ cho hộ, nhóm gia đình và các khu đô thị; Tạp chí KH & CNXD
- [12] GS. TS Nguyễn Việt Anh, Antoine Morel, GS. TS Trần Hiếu Nhuệ; 2008; Quản lý nước thải phân tán và tiềm năng áp dụng ở Việt Nam; Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng.
- [13] N.V. Anh, T.D. Ha, T.H. Nhue, U. Heiness, A. Morel, M. Moura, R. Schertenleib, CEETIA, ĐHXD, SANDEC, EAWAG; 2002; Decentralized wastewater treatment - new concept and technologies for Vietnamese conditions;
- [14] Dr Nguyen Viet Anh, MSc Antoine Morel, MSc Tran Thi Hien Hoa, MSc Do Hong Anh, MSc Pham Thuy Nga, Eng Nguyen Huu Thang, Dr Pham Tuan Hung; 2005; CEETIA, ĐHXD, SANDEC, EAWAG; Baffled septic tank with anaerobic filter (BASTAF) - a promising alternative for on-site wastewater treatment in Vietnamese conditions
- [15] Diana Bernal & Simón - Universidad Santiago de Cali, Colombia and Inés Rétrepo - Universidad del Valle, Colombia; 2021; Key criteria for considering decentralization in municipal wastewater management;
- [16] Pham Thi To Oanh, Vietnam Cooperative Alliance; 2020; Management of wastewater to vermicelli products in Dong Tho Village, Thai Binh, Vietnam; TNU Journal of Science and Technology;
- [17] Ngô Trà Mai, Viện Vật lý - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; 2018; Đề xuất công nghệ xử lý nước thải trang trại lợn nhằm giảm thiểu tác động đến Hồ Suối Hai, Ba Vi; Tạp chí Khoa học & Công nghệ;
- [18] E.W. Rice, R.B. Baird, A.D. Eaton; 2017; SM - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition; APHA, AWWA, and WEF.
- [19] Nghị định số 81/CP; 2017; Tiêu chuẩn môi trường quốc gia Lào; Tiêu chuẩn kiểm soát xả thải chất ô nhiễm ra khỏi bể tự hoại ở hộ gia đình;
- [20] QCVN 14:2008/BTNMT. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt (Việt Nam).