



XỬ LÝ, ỔN ĐỊNH Bùn CẶN TỪ CÁC TRẠM XỬ LÝ NƯỚC THẢI THEO HƯỚNG TÁI TẠO NĂNG LƯỢNG, THU HỒI TÀI NGUYÊN

Nguyễn Việt Anh¹, Vũ Thị Hoài Ân²

Tóm tắt: Bùn cặn phát sinh từ các quá trình xử lý nước thải có độ ẩm cao, chứa nhiều chất hữu cơ có thể phân hủy được bằng phương pháp sinh học. Khâu xử lý bùn cặn chiếm một tỷ trọng lớn trong toàn bộ kinh phí đầu tư xây dựng và vận hành trạm xử lý nước thải. Trước những thách thức ngày càng gia tăng về nhu cầu năng lượng, nguồn dinh dưỡng cho nông nghiệp và ô nhiễm môi trường, hướng tiếp cận xử lý bùn hay xử lý kết hợp bùn và các loại chất thải giàu hữu cơ bằng phương pháp phân hủy kỵ khí để thu hồi khí sinh học sản xuất điện năng, nhiệt năng và tận thu các chất có ích khác ngày càng phổ biến trên thế giới. Hướng đi này cần thiết được xem xét, cân nhắc khi ngày càng có nhiều dự án thoát nước và xử lý nước thải được thực hiện ở Việt Nam.

Từ khóa: Bùn cặn; phân hủy kỵ khí; mê tan; năng lượng; trạm xử lý nước thải.

Summary: Sludge generated from wastewater treatment processes contains high percentage of water and biodegradable organic matters. Sludge treatment components always require significant part among investment as well as operation expenditures of the wastewater treatment plant. The increasing challenges of energy demand, nutrient sources for agriculture, and environmental pollution have been fostering world experts to pay more attention to the approach where sludge, or mixture of sludge and other organic waste fractions, is anaerobically digested aiming at recovery of biogas-based electricity and heat, and of other valuable substances. This approach is to be considered while there will be more and more wastewater projects implemented in Vietnam.

Keywords: Anaerobic digestion; biogas; energy; sludge; wastewater treatment plant

Nhận ngày 20/8/2014, chỉnh sửa ngày 5/9/2014, chấp nhận đăng 10/9/2014



1. Đặt vấn đề

Tại các trạm xử lý nước thải (XLNT), bùn cặn phát sinh từ các công đoạn xử lý cơ học (bể lắng sơ cấp, bể đồng tụ sinh học,...) được gọi là bùn sơ cấp. Bùn từ các công đoạn xử lý sinh học (bùn hoạt tính dư sau aeroten hoặc màng sinh vật dư sau lọc sinh học) là bùn thứ cấp. Bùn cặn phát sinh từ các công đoạn xử lý nước thải khác nhau có khối lượng, thành phần và tính chất khác nhau, phụ thuộc vào nguồn phát sinh nước thải, loại hệ thống thu gom, công nghệ và thiết bị XLNT, xử lý bùn,... Bùn cặn từ các quá trình XLNT thường có độ ẩm cao nên khó vận chuyển. Hàm lượng chất hữu cơ cao, các chất hữu cơ dễ bị phân hủy, gây hôi thối và làm ô nhiễm môi trường. Bùn cặn còn chứa nhiều vi sinh vật gây bệnh. Mỗi gam chất khô bùn cặn có thể chứa 106 vi khuẩn E.Coli, 102-103 vi khuẩn Salmonella, 102-104 virus Entero, 102-103 đơn bào Giardia, 102-103 trứng giun, sản các loại [6]. Việc sử dụng bùn cặn tươi làm phân bón hay thải bỏ đều không an toàn. Cần phải xử lý bùn để ổn định, giảm mùi khó chịu và nguy cơ gây ô nhiễm môi trường, giảm lượng nước và khối lượng bùn ở mức tối thiểu. Đồng thời, phải kiểm soát số lượng vi sinh vật có hại, các chất hóa học xuống mức cho phép, để đảm bảo an toàn khi người, cây lương thực, vật nuôi tiếp xúc với bùn trong quá trình tái sử dụng (ví dụ như làm phân bón trong nông nghiệp). Khâu xử lý bùn cặn chiếm một tỷ trọng lớn trong toàn bộ kinh phí đầu tư xây dựng và vận hành trạm XLNT.

¹PGS.TS, Khoa Kỹ thuật Môi trường. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: vietanhctn@gmail.com

²ThS, Trường Cao đẳng Xây dựng Công trình Đô thị.

Trong điều kiện phù hợp, cần tận thu tối đa các tài nguyên tiềm tàng chứa trong bùn cặn, như năng lượng nhiệt và điện (do nguồn các bon hữu cơ trong bùn cặn cao), các chất dinh dưỡng như ni tơ, phốt pho cho nông nghiệp... Trước những thách thức ngày càng gia tăng về nhu cầu năng lượng, nguồn dinh dưỡng cho nông nghiệp, bên cạnh mục đích bảo vệ sức khỏe cho con người, kiểm soát ô nhiễm do nước thải, ngày nay, XLNT và bùn cặn còn là một hoạt động để thu hồi các nguồn tài nguyên hữu ích.

Số lượng các trạm XLNT ở các đô thị Việt Nam sẽ ngày càng tăng trong thời gian tới. Trong tương lai gần, vấn đề xử lý bùn cặn phát sinh từ các trạm XLNT đô thị sẽ trở thành mối quan tâm lớn. Việc lựa chọn công nghệ xử lý bùn phù hợp với điều kiện địa phương sẽ góp phần nâng cao hiệu quả kỹ thuật và kinh tế của hoạt động XLNT và bùn cặn. Bài báo sẽ tập trung vào thu thập, xử lý thông tin, đánh giá và đề xuất định hướng xử lý bùn cặn cho các trạm XLNT đô thị ở Việt Nam theo hướng thu hồi tài nguyên.



2. Phương pháp nghiên cứu

Các tác giả đã tiến hành lấy mẫu, phân tích thành phần, tính chất của bùn phát sinh từ một số trạm XLNT điển hình ở thành phố Hà Nội trong thời gian từ tháng 7/2013 đến tháng 5/2014. Vị trí lấy mẫu bùn: sau bể lắng sơ cấp, sau bể lắng thứ cấp, sau bể nén hỗn hợp bùn sơ cấp và thứ cấp (tại Trạm XLNT Kim Liên), sau bể nén bùn (tại Trạm XLNT Trúc Bạch). Các chỉ tiêu được phân tích bao gồm: pH, TS, VS, COD, TN, TP, VFA, SO₄²⁻, NH₄⁺, hydro các bon, chất đạm, chất béo, Ni, Pb, Fe, Zn, theo các phương pháp phân tích tiêu chuẩn TCVN, APHA - AWWA - WEF, để đánh giá thành phần hữu cơ có thể phân hủy được bằng phương pháp sinh học, các giá trị dinh dưỡng trong bùn và định hướng tiềm năng xử lý, thu hồi tài nguyên từ bùn. Nhóm nghiên cứu cũng đã đánh giá tổng quan các giải pháp công nghệ xử lý bùn từ các trạm XLNT trên thế giới, đồng thời thu thập các thông tin về các giải pháp xử lý bùn hiện nay đang áp dụng tại các dự án thoát nước - XLNT ở các đô thị Việt Nam. Theo hướng tiếp cận xử lý - ổn định bùn, thu hồi tài nguyên, các phân tích về nhu cầu năng lượng cho XLNT, xử lý bùn đã được xem xét, kế thừa các kết quả nghiên cứu đã công bố. Tương tự, tiềm năng thu hồi năng lượng từ bùn trạm XLNT, cũng như các phương pháp tiền xử lý, phương pháp xử lý kết hợp bùn trạm XLNT và các chất thải giàu hữu cơ khác để tăng hiệu suất sử dụng các công trình hạ tầng và tăng lượng biogas thu hồi cũng được xem xét.



3. Kết quả và thảo luận

3.1 Số lượng và tính chất bùn cặn trong các trạm XLNT

Các công đoạn XLNT ở các thành phố làm phát sinh một lượng đáng kể bùn cặn. Chỉ tính riêng cho thành phố Hà Nội, với tổng công suất thực tế của 4 trạm XLNT hiện nay (Kim Liên, Trúc Bạch, Bắc Thăng Long và Yên Sở) là 120.000m³ nước thải được xử lý mỗi ngày, với hàm lượng cặn lơ lửng SS trong nước thải trung bình 72mg/L, BOD₅ 94mg/L, lượng bùn theo trọng lượng cặn khô thu được đã là trên 10 tấn/ngày, với thể tích bùn chưa xử lý là 350m³/ngày. Trong tương lai gần, khi các trạm XLNT theo quy hoạch thoát nước ở Hà Nội được xây dựng, lượng bùn phát sinh cần phải xử lý sẽ lớn hơn nhiều.

Bảng 1 trình bày kết quả phân tích thành phần, tính chất bùn của 2 trạm XLNT điển hình Kim Liên và Trúc Bạch ở thành phố Hà Nội (giá trị min - max của 5 đợt lấy mẫu), có so sánh với kết quả trung bình tính chất bùn lấy từ đáy hồ kỵ khí của trạm XLNT Hòa Cường, Đà Nẵng [10] và khoảng giá trị thường gặp của các loại bùn sơ cấp, thứ cấp hay hỗn hợp bùn chưa xử lý tại các trạm XLNT trên thế giới [14].

Kết quả phân tích cho thấy bùn phát sinh từ các công đoạn xử lý khác nhau có thành phần, tính chất khác nhau. Bùn sơ cấp có độ ẩm dao động lớn, từ 91 đến 99,7%. Bùn thứ cấp có độ ẩm 98.8 - 99.6%. Tại các trạm XLNT với công nghệ bùn hoạt tính, bùn có thành phần hữu cơ phân hủy được bằng phương pháp sinh học tương đối cao (thông qua giá trị COD, tỷ lệ VS/TS 53,5 - 69,2%, thành phần hydro cácbon, đạm và béo), tỷ lệ C/N/P phù hợp cho quá trình ổn định kỵ khí. Do thành phần chủ yếu là sinh khối của vi sinh vật, bùn thứ cấp có chứa hàm lượng ni tơ, phốt pho và đạm cao hơn bùn sơ cấp, còn hàm lượng hydro cácbon, chất béo thấp hơn bùn sơ cấp. Thành phần của bùn cặn còn chứa nhiều nguyên tố dinh dưỡng như N, K, S, Fe... nên dùng làm phân bón rất tốt. So sánh với giới hạn quy định đối với đất nông nghiệp [2], các chỉ tiêu kim loại nặng như Cd, Pb, Cu, Zn trong bùn của các trạm XLNT đã khảo sát ở Hà Nội, Đà Nẵng nằm trong ngưỡng cho phép.

Do đặc thù của hệ thống thoát nước chung ở Hà Nội, Đà Nẵng và nhiều đô thị khác ở Việt Nam, tỷ lệ VS/TS nằm ở vùng giá trị thấp so với số liệu ở các nước. Bùn tích lũy nhiều năm trong hồ kỵ khí ở Đà Nẵng

có hàm lượng hữu cơ thấp (VS/TS = 28%). Đặc điểm này đòi hỏi phải cân nhắc kỹ các yếu tố kinh tế - kỹ thuật, để đảm bảo rằng việc áp dụng các hướng xử lý bùn, thu hồi tài nguyên là có hiệu quả. Mặt khác, đặc điểm này cũng cho thấy cần cân nhắc cả hướng xử lý kết hợp bùn với các loại chất thải giàu hữu cơ khác để tăng hiệu quả kinh tế.

Bảng 1. Thành phần, tính chất bùn cặn của các trạm XLNT

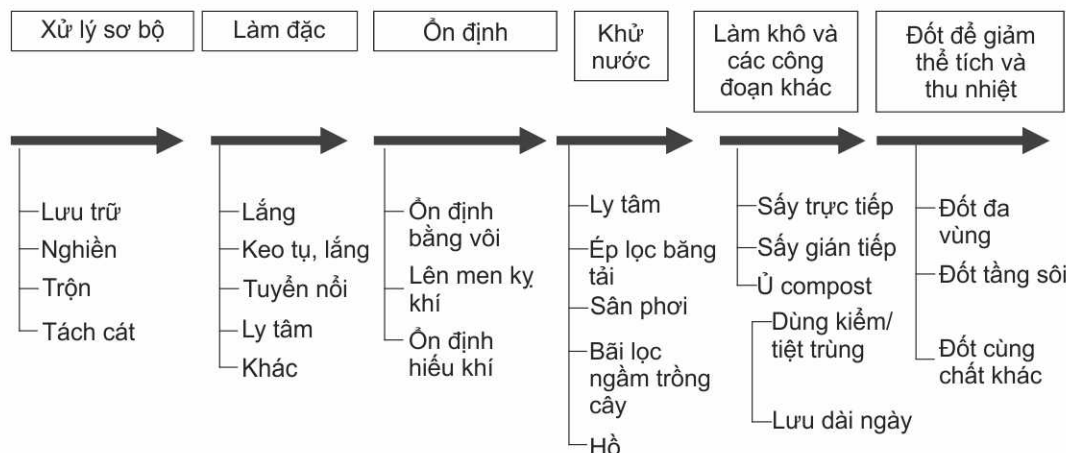
Chỉ tiêu (đơn vị)	Trạm XLNT Kim Liên			Trạm XLNT Trúc Bạch	Trạm XLNT Hòa Cường, Đà Nẵng*	Giá trị thường gặp tại các Trạm XLNT trên thế giới**	
	Bùn sơ cấp	Bùn thứ cấp	Bùn sơ cấp và thứ cấp sau nén	Bùn sơ cấp và thứ cấp sau nén	Bùn từ hồ kỵ khí	Bùn sau lắng sơ cấp	Bùn hoạt tính chưa xử lý
pH	6,20 - 8,40	6,67 - 8,24	7,17 - 8,04	7,20 - 7,60	7,76	5,0-8,0	6,5-8,0
Độ ẩm (%)	96,9 - 99,7	99,1 - 99,6	98,8 - 99,4	97,9 - 98,0	97,66	91-95	98,8-99,2
TS (g/L)	2,82 - 31,01	3,88 - 8,65	6,49 - 11,58	19,94 - 21,44	23,4	5-9	0,8-1,2
VS (g/L)	1,79 - 17,47	2,07 - 5,18	3,93 - 7,25	13,8 - 14,56			
VS/TS (%)	56,32 - 65,03	53,49 - 61,50	60,56 - 62,59	67,7 - 69,47	28,19	60-80	59-88
COD (mg/L)	2.221 - 24.974	2.707 - 8.925	7.173 - 12.405	7.083 - 23.681	-	-	-
COD (g/kg TS)	788 - 1558	698 - 1032	937 - 1106	332 - 1178	-	-	-
TN (g/kg TS)	29,6 - 84,8	47,4 - 53,5	47,2 - 66,8	53,5 - 58,2	15,1	15-40	24-50
TP (g/kg TS)	13,2 - 28,0	29,4 - 36,1	26,77 - 32,94	27,8 - 33,5	5,7	1,7-6,1	6,1-24
Hydro cac bon (g/kg TS)	63,96 - 108,71	50,1 - 105,1	70,18 - 114,68	80,72 - 121,21	-	-	-
Đạm (g/kg TS)	186,53 - 316,60	226,83 - 280,92	280,35 - 328,29	294,17 - 325,74	-	200-300	320-410
Béo (%TS)	2,83 - 4,06	1,37 - 2,56	1,61 - 3,39	4,17 - 5,98	-	13-65	5-12
Ni (g/kg TS)	0,12 - 0,69	0,09 - 0,17	0,1 - 0,19	0,05 - 0,08	0,11	2-5.300***	-
Pb (g/kg TS)	0,07 - 0,44	0,0 - 0,27	0,0 - 0,09	0,05 - 0,07	0,12	13-26.000***	-
Fe (mg/L)	21,73 - 176,50	12,8 - 62,0	54,9 - 154,5	21,0 - 158,50	-	-	-
Fe (g/kg TS)	1,72 - 13,03	3,1 - 14,0	4,9 - 15,1	1,04 - 7,39	-	1000-154.000***	-
Zn (g/kg TS)	0,55 - 4,39	0,67 - 1,09	0,69 - 1,8	0,24 - 0,98	0,14	101-49.000***	-

Ghi chú: *: nguồn [10]; **: nguồn [14]; ***: giá trị chung cho hỗn hợp bùn sơ cấp và thứ cấp

3.2 Các phương pháp xử lý, ổn định bùn

Nguyên tắc chính để xử lý - ổn định bùn là giảm khối lượng và thể tích của hỗn hợp bùn cặn bằng cách tách một phần lượng nước có trong bùn cặn; ngăn cản hoặc phân hủy các chất hữu cơ để bị thối rữa và chuyển hoá chúng thành các chất hữu cơ ổn định hoặc chất vô cơ để giảm khối lượng, dễ tách nước và không gây tác động xấu đến môi trường nơi tiếp nhận.

Tùy thuộc vào đặc tính và số lượng bùn cặn, trong các trạm XLNT thường áp dụng một hoặc nhiều công đoạn xử lý nối tiếp nhau (Hình 1).



Hình 1. Tổng quan các phương pháp xử lý bùn tại trạm XLNT

Công đoạn làm đặc bùn (tách nước sơ bộ) nhằm giảm độ ẩm bùn cặn, để các khâu xử lý tiếp theo diễn ra được ổn định, giảm khối tích các công trình cũng như tiết kiệm hóa chất và năng lượng sử dụng trong quá trình xử lý. Chất rắn khô trong bùn thường từ 1 - 2% tăng lên 5 - 6% sau khi làm đặc [14, 17].

Công đoạn khử nước nhằm giảm độ ẩm, giảm thể tích bùn để dễ vận chuyển và sử dụng. Sử dụng sân phơi bùn là phương pháp khử nước bùn cặn trong điều kiện tự nhiên, nhờ cơ chế nén, bay hơi, thẩm xuống đất. Bùn sau khi phơi chứa 20 - 25% chất rắn khô. Đối với các trạm có công suất lớn, không đủ diện tích đất xây dựng sân phơi bùn hoặc những vùng khí hậu mưa nhiều,... thường áp dụng các phương pháp làm khô bùn bằng cơ học. Chất rắn khô chứa trong bùn đã tách nước có thể đạt 25 - 35%, đôi khi lên đến hơn 50% [14, 17]. Muốn tiếp tục giảm độ ẩm của bùn xuống thấp hơn nữa, có thể sử dụng phương pháp sấy bằng nhiệt. Năng lượng cần thiết để làm bay hơi nước được truyền cho bùn cặn nhờ chất dẫn nhiệt, thường là hơi khí nóng. Ngoài ra, có thể dùng phương pháp đốt bùn, cặn ở lò đốt riêng, hay kết hợp với lò đốt chất thải rắn, lò nung xi măng, nhà máy nhiệt điện, ổn định và sấy bùn bằng năng lượng mặt trời...

Để ổn định bùn, phương pháp ổn định hiếu khí và kỵ khí vẫn đang được áp dụng phổ biến trên thế giới. Ở Châu Âu, 24/27 (89%) quốc gia xử lý bùn bằng phân hủy kỵ khí và 20/27 (74%) quốc gia sử dụng phương pháp hiếu khí. Phân hủy kỵ khí được sử dụng phổ biến ở Tây Ban Nha, Anh, Ý, Phần Lan và Slovakia. Cộng hòa Czech và Ba Lan đang sử dụng phổ biến công nghệ ổn định hiếu khí. Ổn định bùn bằng hóa chất nói chung ít phổ biến. Bên cạnh đó, ủ compost cũng được áp dụng ở 25/27 (93%) quốc gia Châu Âu. Một số quốc gia như Đức, Pháp, Thụy Điển, Ý, Bulgari,... áp dụng kết hợp phân hủy kỵ khí với ổn định bằng vôi. Từ năm 1990, trên 20 trạm XLNT ở Đức đã áp dụng phương pháp phân hủy kỵ khí nhiều bậc, kết hợp chế độ lên men ấm và nóng [11].

Theo Lazarova và nnk, ở Châu Âu, tỷ lệ phân bố giữa các mục đích sử dụng bùn năm 2010 là 42% cho nông nghiệp, 27% đốt, 14% chôn lấp và 16% cho các mục đích khác. Dự kiến đến năm 2020, các tỷ lệ tương ứng sẽ là 44%, 32%, 7% và 16%. Như vậy, tỷ lệ bùn sử dụng trong nông nghiệp không thay đổi lớn, trong khi tỷ lệ bùn chôn lấp sẽ giảm, và đốt bùn sẽ trở nên phổ biến hơn. Trên thực tế, phương pháp đốt đang được áp dụng phổ biến tại Châu Âu, với 110 trạm xử lý năm 1995, tăng lên 370 trạm năm 1999 và lên tới 450 trạm năm 2012 [11]. Công nghệ đốt chủ yếu được áp dụng là lò đốt tầng sôi. Tuy nhiên, giải pháp công nghệ cao này đòi hỏi vốn đầu tư rất lớn và sẽ không có hiệu quả kinh tế nếu không có mô hình tổ chức tốt để tận thu nhiệt sau đốt cung cấp cho các tổ hợp công nghiệp liền kề.

Bảng 2 trình bày khả năng loại bỏ mầm bệnh theo các phương pháp xử lý bùn [7]. Theo đó, các công đoạn làm khô, đốt (Hình 1) cho phép tiêu diệt hiệu quả mầm bệnh. Các công đoạn ổn định, khử nước có thể cho phép loại bỏ mầm bệnh đạt yêu cầu tái sử dụng trong nông nghiệp (giảm 2 - 4 log), nhưng đòi hỏi phải có chương trình kiểm soát chặt chẽ. Ổn định kỵ khí ở chế độ lên men nóng (50 - 55°C) cho phép loại bỏ mầm bệnh và tái sử dụng an toàn bùn [1].

Bảng 2. Hiệu suất loại bỏ mầm bệnh của các phương pháp xử lý bùn thải [7]

Phương pháp	Vi khuẩn	Virus	Trùng giun, sán
Ổn định kỵ khí (lên men ấm)	0,5-4	0,5-2	0,5
Ổn định hiếu khí	0,5-4	0,5-2	0,5
Ủ compost	2-4	2-4	2-4
Phơi	0,5-4	0,5-4	0,5-4
Ổn định bằng vôi	0,5-4	4	0,5

Hiện nay, phương thức xử lý bùn chủ yếu áp dụng tại các trạm XLNT đô thị Việt Nam là khử nước và chôn chôn lấp. Một số ít trạm xử lý có sản xuất phân vi sinh từ bùn sau khi làm khô và ổn định bùn bằng sân phơi bùn (trạm XLNT Đà Lạt), sản xuất phân vi sinh sau khi làm khô bùn cơ học (trạm XLNT Bình Hưng, thành phố Hồ Chí Minh). Đầu ra của sản phẩm phân vi sinh, cũng như ô nhiễm không khí do mùi, là các vấn đề nan giải của giải pháp này. Ở Hà Nội, trạm XLNT Yên Sở, với công suất thiết kế 200.000 m³/ngày, áp dụng công nghệ phân hủy kỵ khí để ổn định bùn, khí biogas được thu hồi và đốt bỏ. Hiện nay trạm này mới đưa vào khai thác, chưa hoạt động hết công suất, bể mê tan chưa hoạt động.

Bảng 3. Công nghệ xử lý bùn tại các trạm XLNT đô thị đang hoạt động ở Việt Nam [4]

TT	Trạm XLNT	Thành phố	Công nghệ XLNT	Loại HTTN	Công nghệ xử lý bùn
1	Kim Liên	Hà Nội	Bùn hoạt tính (A2O)	Chung	Làm khô cơ học, chôn lấp
2	Trúc Bạch		Bùn hoạt tính (A2O)	Chung	Làm khô cơ học, chôn lấp
3	Bắc Thăng Long		Bùn hoạt tính (AO)	Chung	Làm khô cơ học, chôn lấp
4	Yên Sở		SBR (AO)	Chung	Phân hủy kỵ khí, làm khô cơ học, chôn lấp
5	Bình Hưng	Tp. Hồ Chí Minh	Bùn hoạt tính truyền thống	Chung	Hồ ổn định, phơi khô, chôn lấp
6	Bình Hưng Hòa		Hồ sinh học	Chung	Làm khô cơ học, compost
7	Sơn Trà	Đà Nẵng	Hồ kỵ khí	Chung	Hồ ổn định, phơi khô, chôn lấp
8	Hòa Cường		Hồ kỵ khí	Chung	
9	Phú Lộc		Hồ kỵ khí	Chung	
10	Ngũ Hành Sơn		Hồ kỵ khí	Chung	
11	Bãi Cháy	Quảng Ninh	SBR (AO) + Hồ sinh học	Chung	Sân phơi bùn, chôn lấp
12	Hà Khánh		SBR (AO) + Hồ sinh học	Chung	Sân phơi bùn, chôn lấp
13	Đà Lạt	Đà Lạt	Bể lắng hai vỏ + Lọc SH nhỏ giọt + Hồ sinh học	Riêng	Sân phơi bùn, compost
14	Buôn Ma Thuột	BMT	Chuỗi hồ sinh học	Riêng	Hồ ổn định, phơi khô, compost
15	Bắc Giang	Bắc Giang	Kênh oxy hóa (AO)	Chung	Làm khô cơ học, chôn lấp

3.3 Nhu cầu năng lượng cho xử lý bùn và tiềm năng thu hồi năng lượng từ bùn

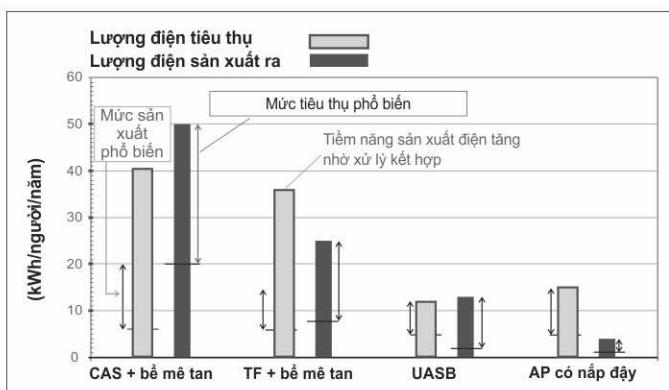
Trong các trạm XLNT, nhu cầu tiêu thụ năng lượng biến thiên trong khoảng 0,2 tới 1,5 kWh/m³ nước thải được xử lý, tùy theo dây chuyền công nghệ, mức độ xử lý và quy mô công suất của trạm [12]. Kết quả theo dõi vận hành tại 10 trạm XLNT bậc 2, 3 tại Mỹ cũng cho thấy với công suất mỗi trạm từ 3.780 - 272.880 m³/ngày (nước thải sinh hoạt, dịch vụ) mức năng lượng tiêu thụ biến thiên trong khoảng từ 0,28 - 1,22 kWh/m³ [15]. Năng lượng cho xử lý bùn được dùng cho các mục đích chính như điện năng để đảo trộn bể phản ứng (0,005 - 0,008 kW/m³ dung tích bể phản ứng với hệ thống trộn cơ khí), nhiệt năng để ổn nhiệt bể mêtan, gia nhiệt cho bùn thô (4.200 J/kg bùn để tăng 10C) [14], sấy bùn đã phân hủy,...

Mục đích của ổn định là giảm các phản ứng sinh học và hóa học ở mức tối thiểu. Phân hủy kỵ khí là một trong những phương pháp ổn định bùn được sử dụng lâu đời nhất và đến nay vẫn được áp dụng. Bùn bị phân hủy bởi vi sinh vật trong điều kiện thiếu oxy và chuyển đổi thành khí mê tan và sản phẩm cuối là các chất vô cơ. Những lợi ích chính từ phân hủy kỵ khí là sự ổn định của bùn thải, giảm thể tích và sản xuất biogas. Khí biogas thu được từ quá trình phân hủy kỵ khí chứa 60 - 70% CH₄ theo thể tích, 25 - 30% CO₂ và một lượng nhỏ là N₂, H₂, H₂S, nước và các khí khác. Tổng lượng khí biogas thu hồi có thể được đánh giá qua lượng chất rắn hữu cơ bị phân hủy, giá trị này khoảng 0,75 - 1,12 m³/kgVS phân hủy hoặc 0,03 - 0,04 m³/người/ngày [5, 14]. Theo lý thuyết, năng lượng hóa học chứa trong bùn là 4,5 kWh/kg BOD₅ được xử lý, đủ để cung cấp cho các yêu cầu năng lượng của trạm XLNT là 1,9 kWh/kg BOD₅ được xử lý [12]. Tính trung bình khi lên men thu được 0,35 m³ CH₄ trên 1 kg COD chất hữu cơ bị phân hủy hay 35,89 MJ/m³ CH₄, 3,49 kWh/kg COD [12]. Hệ thống nhiệt - điện kết hợp (CHP) sử dụng khí sinh học để sản xuất năng lượng điện, nhiệt. Nhiệt từ hệ thống CHP và của khí thải có thể được sử dụng làm nóng bùn nạp vào bể phân hủy, và để sấy, làm khô bùn.

Phân hủy kỵ khí bùn, cho phép thu hồi khí biogas tạo năng lượng với hệ thống CHP đang được áp dụng phổ biến tại các trạm XLNT ở Châu Âu, mỗi năm thu được xấp xỉ 200 tỉ m³ biogas [5]. Một số trạm XLNT ở Châu Âu hiện nay đã đạt tới mức tự cung cấp tới 80 - 90% nhu cầu năng lượng nhờ tạo năng lượng từ biogas sau phân hủy kỵ khí bùn. Năm 2009, 25,2 TWh đã được sản xuất từ biogas, tăng 17,9% so với năm 2008, đóng góp 9,38% cho năng lượng của trạm XLNT trên toàn châu Âu [12]. Nghiên cứu của Tập

đoàn Poyry trên 52 trạm XLNT khác nhau ở Đức, Pháp, Brazil, Columbia, Tunisia và Trung Quốc, công suất từ 1.500 đến 45.000 m³/ngày cho thấy có thể tiết kiệm được trung bình 42% năng lượng tiêu thụ tại các trạm này [9]. Nghiên cứu của Cornel cũng chỉ ra tiềm năng tiết kiệm năng lượng khoảng 20 - 50% trong các nhà máy XLNT hiện hữu ở Châu Âu [13]. Nghiên cứu của hãng Cambi cho thấy lượng biogas sản xuất được từ chất thải ở Châu Âu tăng trưởng trung bình 15 - 20% [16].

Nghiên cứu mới nhất của Ngân hàng Thế giới về tiềm năng thu hồi năng lượng từ các trạm XLNT khu vực châu Á - Thái Bình Dương cho thấy, tùy theo công nghệ áp dụng, tỷ lệ tự trang trải nhu cầu năng lượng của bản thân trạm XLNT từ phát điện bằng biogas sau phân hủy kỵ khí trong bể mê tan có thể dao động trong khoảng 20 - 80% với công nghệ bùn hoạt tính truyền thống (CAS) (tổng kết từ 6.800 trạm xử lý), 60 - 100% với công nghệ lọc sinh học TF (1 trạm xử lý); 100% với công nghệ UASB (22 trạm xử lý); và trên 100% nếu áp dụng công nghệ hồ kỵ khí có nắp đậy (6 trạm xử lý). Có thể đạt được tiềm năng sản xuất điện vượt quá nhu cầu của trạm xử lý nhờ xử lý kết hợp bùn với các dòng chất thải giàu hữu cơ khác như chất thải công nghiệp thực phẩm, rác hữu cơ, thức ăn thừa... (Hình 2) [6].



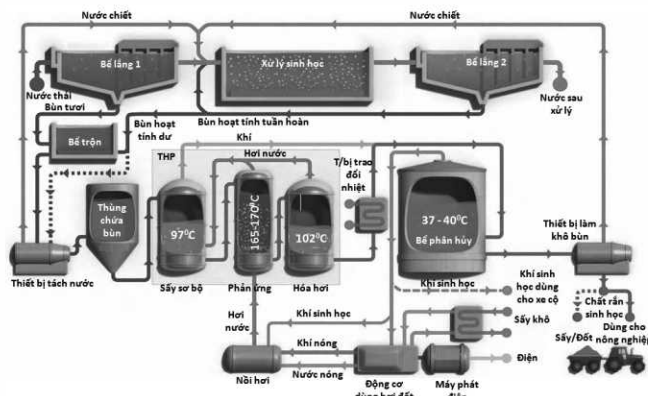
Hình 2. So sánh nhu cầu tiêu thụ điện và tiềm năng điện có thể sản xuất được tại trạm XLNT [6]

Sử dụng sinh khối (biomass), nhất là sinh khối không có giá trị kinh tế (chất thải) là cách thức hiệu quả nhất để sản xuất năng lượng (nhiệt, điện). Sản xuất năng lượng từ các loại chất thải có sẵn có triển vọng hơn so với trồng thực vật để tạo sinh khối, vì có nhiều ưu điểm hơn về kinh tế, nhu cầu tiêu thụ nước, các tác động đến hệ sinh thái rừng, sa mạc hóa, bón phân...

3.4 Các biện pháp nâng cao hiệu quả xử lý bùn, thu hồi khí mê tan

Tiền xử lý bùn trước phân hủy kỵ khí

Các biện pháp nhằm nâng cao hiệu quả thu hồi khí mê tan từ quá trình xử lý kỵ khí là: nâng cao hiệu quả lắng sơ cấp để thu nhiều hơn chất hữu cơ và giảm tải trọng lên khâu xử lý hiếu khí phía sau; tiền xử lý bùn trước bể kỵ khí bằng áp suất, bằng hóa chất, bằng siêu âm, lên men enzymes, phân hủy kỵ khí nhiều bậc... Tiền xử lý còn giúp giảm thiểu được chi phí xử lý bã bùn sau phân hủy, nhất là ở khâu tiệt trùng trước khi đưa bùn đi làm phân bón.



Hình 3. Sơ đồ DCCN xử lý bùn TXLNT bằng phân hủy kỵ khí với bùn được tiền xử lý bằng phương pháp thủy phân ở nhiệt độ cao THP [16]

Công nghệ tiền xử lý bùn bằng thủy phân nhiệt độ cao (THP) ở 165 - 170°C của Công ty Cambi, Na Uy (Hình 3) trước khi phân hủy kỵ khí là một hướng công nghệ mới, đã được áp dụng quy mô lớn ở Na Uy, Thụy Điển, Mỹ, Hàn Quốc,... Quá trình THP được cung cấp nhiệt từ chính khí sinh học thu được sau bể mê tan. Bùn sau phân hủy có khối lượng giảm, tăng khả năng khử nước tới 50 - 100%, tăng hiệu suất phân hủy chất hữu cơ (70% VS so với 50 - 55% ở công nghệ truyền thống), giảm thời gian phân hủy bùn (từ trên 20 ngày xuống dưới 15 ngày), tăng tải trọng nạp nguyên liệu lên gần 2 lần và giảm thể tích bể phản ứng (xuống còn 1/3 thể tích thông thường), thể tích khí sinh học sinh ra tăng, với hàm lượng khí mê tan trong khí sinh học biogas cao (65 - 70% CH₄ so với thông thường 60 - 65%), hàm lượng khí H₂S thấp [16]. Ngoài ra, bùn đã được tiệt trùng nên tránh gây sốc cho bể phản ứng và an toàn nếu sử dụng sản phẩm sau phân hủy trong nông nghiệp.

Xử lý kết hợp bùn với các dòng chất thải giàu hữu cơ khác

Mô hình xử lý kết hợp chất thải giàu hữu cơ với bùn trạm XLNT đang ngày càng phổ biến ở nhiều nước Châu Âu, Mỹ, Nhật Bản, Hàn Quốc, Trung Quốc,... Các chất giàu hữu cơ thường được xử lý kết hợp cùng bùn là thành phần hữu cơ của rác sinh hoạt, bùn bể tự hoại, chất thải chuồng trại, chất thải từ các xí nghiệp công nghiệp thực phẩm. Bên cạnh thành phần các bon hữu cơ cao, đưa các loại chất thải này vào bể phân hủy với tỉ lệ phối trộn hợp lý và tiền xử lý (nếu cần thiết) còn giúp tạo môi trường pH hợp lý, đảm bảo cân bằng dinh dưỡng (tỉ lệ C/N/P), môi trường đệm thích hợp cho quá trình phân hủy sinh học chất hữu cơ, làm tăng cơ hội thu hồi biogas, tận dụng và phát huy thêm hiệu quả khai thác của các công trình xử lý bùn đã xây dựng.

Theo nghiên cứu của Nguyễn Việt Anh và nnk (2013) cho thấy giá trị COD của bùn bể tự hoại đô thị ở Việt Nam cao, từ 12.600 - 79.500mg/L, tỷ lệ VS/TS 63 - 80%. Hàm lượng ni tơ và photpho trong bùn bể tự hoại cao, tương ứng là 1.147mg/L (TN) và 273mg/L (TP). Bùn bể tự hoại có khả năng phân hủy bằng phương pháp sinh học và bùn sau phân hủy có giá trị dinh dưỡng cao [1]. Kết quả tính toán thử mô hình xử lý kết hợp các dòng vật chất tại trạm XLNT bằng phương pháp kỵ khí, thu hồi năng lượng cho thành phố Hà Nội, với số dân nội thành 3,4 triệu người, lượng bùn bể tự hoại thu gom 500m³/ngày, lượng bùn phát sinh từ các trạm XLNT tập trung trong khu vực nội thành 3.500 m³/ngày, cho thấy có thể thu được 121m³ CH₄/tấn bùn, với tiềm năng sinh năng lượng 3.807MJ hay 1.058kWh/tấn bùn, tiềm năng sinh năng lượng điện khoảng 1,1 triệu kWh/ngày, tương đương 4% nhu cầu năng lượng điện của toàn thành phố. Giải pháp xử lý kết hợp chất thải giàu hữu cơ cho phép không những đáp ứng hoàn toàn nhu cầu năng lượng vận hành trạm xử lý, mà còn cho phép bán năng lượng dư thừa.



4. Kết luận, kiến nghị

Xử lý bùn cặn bằng phương pháp kỵ khí để thu hồi biogas, tiến tới xử lý kết hợp bùn của trạm XLNT với các dòng chất thải giàu hữu cơ, là hướng đi cần cân nhắc khi lựa chọn công nghệ và định hướng quy hoạch quản lý chất thải đô thị. Sản phẩm của quá trình lên men là khí sinh học với 60-70% là khí mê tan CH₄. Khí tạo thành có thể sử dụng làm nhiên liệu. Bùn cặn sau quá trình lên men có thể được tiếp tục xử lý (tách nước, đốt để thu nhiệt, ủ compost,...). Các công đoạn này cho phép tận dụng tiếp các chất có ích trong bùn như các bon hữu cơ còn dư, chất dinh dưỡng. Tro sau khi đốt bùn có thể dùng làm vật liệu xây dựng. Phân compost được dùng trong cải tạo đất, đáp ứng các quy định về phân bón và môi trường. Kỹ thuật tiền xử lý bùn trước phân hủy kỵ khí bằng nhiệt (THP), xử lý kỵ khí kết hợp lên men nóng và lên men ấm,... cho phép nâng cao hiệu quả ổn định bùn, thu hồi khí mê tan và tiêu diệt mầm bệnh.

Hiện nay, bùn tại các trạm XLNT đô thị Việt Nam vẫn chủ yếu áp dụng phương thức khử nước và chôn lấp. Thu hồi tài nguyên từ bùn chưa phải là vấn đề quan tâm của các dự án thoát nước và XLNT. Hướng tiếp cận xử lý bùn hay xử lý kết hợp bùn và các loại chất thải giàu hữu cơ bằng phương pháp phân hủy kỵ khí để thu hồi năng lượng từ khí sinh học và các chất có ích khác cần được quan tâm xem xét trong những năm tới.

Loại hệ thống thoát nước và cách thức thu gom nước thải có ảnh hưởng lớn đến lượng bùn phát sinh, thành phần, tính chất của bùn và khả năng thu hồi khí mê tan từ các trạm XLNT và cần được tiếp tục nghiên cứu. Bên cạnh các vấn đề kỹ thuật cần xây dựng các mô hình quản lý, tiến hành những đánh giá nhu cầu thị trường, xây dựng các tiêu chuẩn và các chính sách kiểm soát ô nhiễm, khuyến khích đầu tư theo hướng thu hồi tài nguyên, phát triển năng lượng sạch một cách đồng bộ.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Việt Anh, Dương Thu Hằng, Vũ Thị Minh Thanh, Nguyễn Phương Thảo (2014), “Đánh giá khả năng xử lý kết hợp để nâng cao hiệu quả khai thác các công trình hạ tầng kỹ thuật và thu hồi tài nguyên từ chất thải đô thị”, *Tạp chí Cấp thoát nước Việt Nam*, Số 1+2, Trang 93+94.
2. QCVN 03:2008/BTNMT, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về giới hạn cho phép của kim loại nặng trong đất*.
3. Công ty Cấp thoát nước Lâm Đồng (2011), *Báo cáo kết quả thử nghiệm xử lý bùn thải, chế biến phân vi sinh bón cây trồng*, Đề tài cấp Sở KH&CN tỉnh Lâm Đồng.
4. Le Duy Hung, Alan Coulthart, Sudipto Sarkar, James Corning, Nguyen Viet Anh, Tran Viet Nga and Ross Kearton (2013), *Vietnam Urban Wastewater Review*, The World Bank.
5. Appels L., Baeyens J., Degreve J., Dewil R. (2008), “Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge”, *J. Progress in Energy and Combustion Science*, Vol. 34, pp. 755-781.
6. Buchauer K. (2014), “Discussion of W2E Processes at WWTPs”, *Wastewater to energy (W2E) study*, The World Bank, Hanoi, July 2014 (draft).
7. European Commission, *Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction*. WRc Ref: CO 5026/1, 2001.
8. EPA. *Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge*, Regulation 625-R/92/013, 2003.
9. Husmann M. (2009), “Improving energy efficiency in wastewater treatment: What emerging countries can learn from experience gained in the developed world?”, *World Bank Water Week*.
10. Karius R. (2011), *Developing an integrated concept for sewage sludge treatment and disposal from municipal wastewater treatment systems in (peri)-urban areas in Vietnam*. MSc thesis. Technical University of Dresden.
11. Kelessidis A., Stasinakisa A. (2012), “Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries”, *Waste Management*, Vol. 32, no. 6, pp. 1186 - 1195.
12. Lazarova V., Peregrina C., Dauthuille P. (2012), Toward energy self-sufficiency of wastewater treatment, In book: *Water - Energy Interaction in Water Reuse*. Lazarova V., Choo K., Cornel P. (ed). IWA publishing.
13. Meda A., Lensch D., Schaum C., Cornel P. (2012), Energy and Water : relations and recovery potential, In book: *Water - Energy Interaction in Water Reuse*. Lazarova V., Choo K., Cornel P. (ed). IWA publishing.
14. Metcalf and Eddy Inc. (2004), *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4th edition, McGraw - Hill, Inc., New York.
15. Pakenas L. (1996), *Energy Efficiency in Municipal Wastewater Treatment Plants*, NYSERDA 1996.
16. Sargalski W. (2014), “Cambi co-digestion and food waste technology”, presentation at IFAT, Munich 2014.
17. WEF (2010), “Design of Municipal Wastewater Treatment Plants”, *Volume 3: Solids Processing and Management, Manual of Practice No.8, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No.76*, 5th ed., Water Environment Federation, Alexandria, VA.