

# การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบชั้นตัวกลางอัดบรรจุไร้อากาศ

## Increasing Efficiency of Anaerobic Packed-Bed by Filter Media

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์

Suthep Sirivitayapakorn

### บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยระบบไร้อากาศ สามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการใช้ตัวกลางเป็นที่ยึดเกาะของเมือกจุลินทรีย์ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ มีค่า BOD ระหว่าง 430-1190 มก./ลิตร ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 3.27-6.41 กรัม BOD/ตร.ม.-วัน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 1,2 และ 3 วัน ที่ระยะเวลาเก็บกักและภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ กัน พบว่า ถึงปฏิกิริยา anaerobic packed bed มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย 3.27 กรัม BOD/ตร.ม.-วัน ลดค่า BOD ได้ถึง 75.03% หลังจากน้ำเสียผ่านถึงปฏิกิริยา anaerobic packed bed แล้วไหลเข้าสู่ถังเติมอากาศที่มีค่า DO 3.60 มก./ลิตร จะได้น้ำทิ้งที่มีค่า BOD เฉลี่ย 138.38 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพรวมของระบบเท่ากับ 85.97% ระบบชั้นตัวกลางอัดบรรจุไร้อากาศให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่อนข้างสูง และเป็นระบบที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดเมื่อเทียบกับระบบที่ใช้อากาศ

### ABSTRACT

The efficiency of anaerobic reactor was increased by using packed bed filter media to treat cafeteria wastewater of Kasetsart University. The values of BOD were between 430-1,190 mg/l of BOD. The performances were conducted by varying organic loading from 3.27-6.41 g-BOD/m<sup>2</sup>-d with the hydraulic detention times of 1, 2 and 3 days. The optimum parameters were organic loading 3.27 g-BOD/m<sup>2</sup>-d with the hydraulic detention time of 3 days to achieve high BOD removal of 75.03%. The average effluent BOD from anaerobic packed bed reactor, followed by the aeration tank that had DO 3.60 mg/l, was 138.38 mg/l. Therefore, the total efficiency was 85.97%. Anaerobic packed bed reactor had high BOD removal efficiency and less operation cost than aerobic treatment process.

Key Words: anaerobic, packed bed, BOD

email address: [fengsts@ku.ac.th](mailto:fengsts@ku.ac.th)

## คำนำ

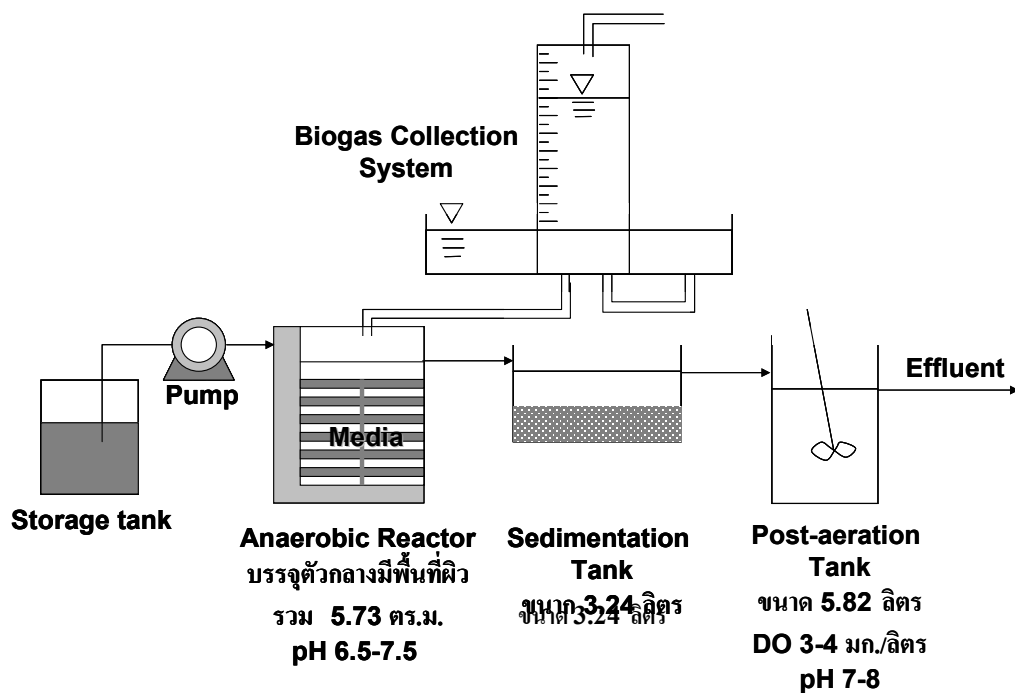
การเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ลักษณะของน้ำเสีย สภาพท้องถิ่น ความมั่นคงของระบบ ระบบที่มีประสิทธิภาพและไม่ยุ่งยากในการดำเนินการ ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญงานสูง ค่าลงทุนต่ำ ค่าดำเนินการ สารเคมี และพลังงานต่ำ

ระบบชั้นตัวกลางบรรจุไร้อากาศ บำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีตัวกลาง (media) เพื่อให้แบคทีเรียยึดเกาะกับตัวกลาง เนื่องจากตัวกลางจะช่วยให้ปริมาณและอายุตะกอนจุลินทรีย์มากขึ้น ทำให้สามารถรับภาระบำบัดทุกสารอินทรีย์ได้สูงขึ้น ประสิทธิภาพการบำบัดเพิ่มมากขึ้น และทนต่อสภาวะ shock – load ได้ดียิ่งขึ้น เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และได้ก๊าซมีเทน เพื่อใช้เป็นพลังงานต่อไปได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

แบบจำลองของระบบชั้นตัวกลางอัดบรรจุไร้อากาศ (รูปที่ 1) ให้อัตราการไหล ความจุ 57.13 ลิตร บรรจุตัวกลางท่อ พีวีซี มีพื้นที่ผิว 5.73 ตร.ม. ถังตกตะกอนความจุ 3.24 ลิตร ถังเติมอากาศ (post-aeration tank) มีความจุ 5.82 ลิตร

น้ำเสียเป็นน้ำทิ้งที่เก็บตัวอย่างมาจากโรงอาหาร ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งผ่านการแยกขยะและไขมันแล้ว กำหนดให้มีการเติมน้ำเสียเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่องโดยมีการปรับ pH ของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบให้อยู่ในช่วง pH 7-8 โดยที่อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบและระยะเวลาเก็บกักแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองระบบ Anaerobic packed bed

## ตารางที่ 1 ขั้นตอนการทดลองระบบชั้นตัวกลางอัดบรรจุไร้อากาศ

Reactor Volume	Flow rate	HRT (anaerobic reactor)	Sedimentation Tank Volume	Setting Time	Post Aeration Tank Volume	HRT (post- Aeration)
(liter)	(liter/day)	(day)	(liter)	(hours)	(liter)	(hours)
57.13	57.13	1	3.24	1.36	5.82	2.44
57.13	28.57	2	3.24	2.72	5.82	4.88
57.13	19.04	3	3.24	4.08	5.82	7.33

### ผล

น้ำเสียที่มีค่าความเป็นกรดสูง แต่การบำบัดน้ำเสียโดยระบบที่ไม่ใช้อากาศจำเป็นต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม (pH 6.6 – 7.8) ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโดยวิธีชั้นตัวกลางอัดบรรจุไร้อากาศนี้จะแสดงผลการทดลองในช่วงที่ระบบมีสภาวะคงตัว แสดงตามตารางที่ 2 ถึง 9 และรูปที่ 2

### วิจารณ์

ระยะเวลาเก็บกักและภาวะบรรจุสารอินทรีย์มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของถังปฏิกริยา anaerobic packed bed โดยที่ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD สูงขึ้นเมื่อค่าภาวะบรรจุสารอินทรีย์มีค่าน้อย และระยะเวลาเก็บกักมาก การทดลองพบว่า เมื่อเติมสารเคมีเพื่อปรับ pH ของน้ำเสียให้มีค่าประมาณ 7.5 ก่อนเข้าสู่ระบบเมื่อระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ภาวะบรรจุสารอินทรีย์ 3.27 กรัม-BOD/ตร.ม.-วัน ถังปฏิกริยา anaerobic packed bed มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่า BOD สูงสุดคือ 75.03 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อทำการทดลองโดยไม่ปรับค่า pH ของน้ำเสีย แต่ลดค่าภาวะบรรจุสารอินทรีย์ให้เหลือเพียง 2.12 กรัม-BOD/ตร.ม.-วัน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วันเท่ากัน พบว่าให้ประสิทธิภาพในการลดค่า BOD สูงถึง 81.11 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพราะถังปฏิกริยารับภาวะบรรจุสารอินทรีย์ต่ำ และมีระยะเวลาเก็บกักนานพอที่จะเกิดสภาพบัพเฟอร์ ดังนั้น การที่ไม่ปรับ pH ของน้ำเสียก่อนเข้าถังปฏิกริยาไม่ส่งผลกระทบต่อให้กับการเปลี่ยนแปลงลดลงของ pH ในถังปฏิกริยามากนัก

### สรุป

ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบแบบตัวกลางบรรจุไร้อากาศค่อนข้างสูง ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัด และมีปัญหาน้อยในการดำเนินงาน

**ตารางที่ 2** ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน ของถังปฏิกรณ์ anaerobic packed bed บรรจุตัวกลางมีพื้นผิวรวม 5.73 ตร.ม.

วันที่ (สถานะคง ตัว)	อัตราการ ไหล (ลิตร/วัน)	ภาระ บรรจุทุก สารอินทรีย์ (กรัม-BOD/ ตร.ม.-วัน)	เข้า		ออก		ประสิทธิภาพ การกำจัด (%)
			BOD (มก./ลิตร)	pH	BOD (มก./ลิตร)	pH	
1	57.13	7.52	754.72	7.35	324.22	7.28	57.04
2	57.13	5.76	578.40	7.10	239.16	7.00	58.65
3	57.13	6.18	620.22	7.89	271.47	7.15	56.23
4	57.13	5.55	657.29	7.54	264.36	7.12	59.78
5	57.13	7.08	710.45	7.80	282.11	7.00	60.29
ค่าเฉลี่ย	57.13	6.41	664.22	7.54	276.26	7.11	58.40

**ตารางที่ 3** ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ที่ผ่านระบบ anaerobic packed bed ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน ของถังเติมอากาศตาม ขนาด 5.82 ลิตร เป็นระยะเวลา 2.44 ชั่วโมง

วันที่ (สถานะคง ตัว)	อัตราการ ไหล (ลิตร/วัน)	ภาระ บรรจุทุก สารอินทรีย์ (กรัม-BOD/ ลบ.ม.- วัน)	เข้า		ออก			ประสิทธิ ภาพการ กำจัด (%)
			BOD (มก./ ลิตร)	DO (มก./ ลิตร)	BOD (มก./ ลิตร)	DO (มก./ ลิตร)	pH	
1	57.13	3.18	324.22	0	228.84	3.60	7.80	29.41
2	57.13	2.35	239.16	0	171.25	3.70	7.75	28.39
3	57.13	2.66	271.47	0	192.85	3.50	7.75	28.96
4	57.13	2.59	264.36	0	193.37	3.80	7.85	26.89
5	57.13	2.77	282.11	0	205.62	3.60	7.80	27.11
ค่าเฉลี่ย	57.13	2.71	276.26	0	198.36	3.64	7.79	28.15

**ตารางที่ 4** ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ที่ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน ของถังปฏิกรณ์ anaerobic packed bed บรรจุน้ำกลางมีพื้นผิวรวม 5.73 ตร.ม.

วันที่ (สถานะคง ตัว)	อัตราการ ไหล (ลิตร/วัน)	ภาระ บรรจุทุก สารอินทรีย์ (กรัม-BOD/ ตร.ม.-วัน)	เข้า		ออก		ประสิทธิภาพ การกำจัด (%)
			BOD (มก./ลิตร)	pH	BOD (มก./ลิตร)	pH	
1	28.57	3.03	609.62	7.24	185.81	7.16	69.52
2	28.57	5.19	1041.62	7.40	288.73	7.17	72.28
3	28.57	4.87	978.11	7.32	314.56	7.07	67.84
4	28.57	3.36	674.93	7.35	208.75	7.06	69.07
5	28.57	4.23	848.42	7.68	250.53	7.12	70.47
ค่าเฉลี่ย	28.57	4.13	830.54	7.40	249.67	7.12	69.84

**ตารางที่ 5** ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ที่ผ่านระบบ anaerobic packed bed ระยะเวลาเก็บกัก 2 วัน ของถังเติมอากาศตาม ขนาด 5.82 ลิตร เป็นระยะเวลา 4.88 ชั่วโมง

วันที่ (สถานะคง ตัว)	อัตราการ ไหล (ลิตร/วัน)	ภาระ บรรจุทุก สารอินทรีย์ (กรัม-BOD/ ลบ.ม.- วัน)	เข้า		ออก			ประสิทธิ ภาพการ กำจัด (%)
			BOD (มก./ ลิตร)	DO (มก./ ลิตร)	BOD (มก./ ลิตร)	DO (มก./ ลิตร)	pH	
1	28.57	0.91	185.81	0	115.73	3.40	8.29	37.72
2	28.57	1.42	288.73	0	169.99	3.60	8.20	41.13
3	28.57	1.54	314.56	0	189.65	3.50	8.23	39.71
4	28.57	1.02	208.75	0	124.83	3.70	8.23	40.20
5	28.57	1.23	250.53	0	143.46	3.60	8.28	42.74
ค่าเฉลี่ย	28.57	1.22	249.67	0	148.73	3.56	8.25	40.30

**ตารางที่ 6** ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ของถังปฏิกรณ์ anaerobic packed bed บรรจุตัวกลางมีพื้นผิวรวม 5.73 ตร.ม.

วันที่ (สถานะคง ตัว)	อัตราการ ไหล (ลิตร/วัน)	ภาระ บรรจุทุก สารอินทรีย์ (กรัม-BOD/ ตร.ม.-วัน)	เข้า		ออก		ประสิทธิภาพ การกำจัด (%)
			BOD (มก./ลิตร)	pH	BOD (มก./ลิตร)	pH	
1	19.04	2.96	890.74	7.16	244.77	7.03	72.52
2	19.04	3.80	1144.33	7.22	260.10	6.96	77.27
3	19.04	3.11	937.38	7.50	252.71	7.18	73.04
4	19.04	3.06	922.66	7.25	199.01	6.88	78.43
5	19.04	3.44	1036.90	7.42	270.83	7.13	73.88
ค่าเฉลี่ย	19.04	3.27	986.40	7.31	245.48	7.04	75.03

**ตารางที่ 7** ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ที่ผ่านระบบ anaerobic packed bed ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ของถังเติมอากาศตาม ขนาด 5.82 ลิตร เป็นระยะเวลา 7.33 ชั่วโมง

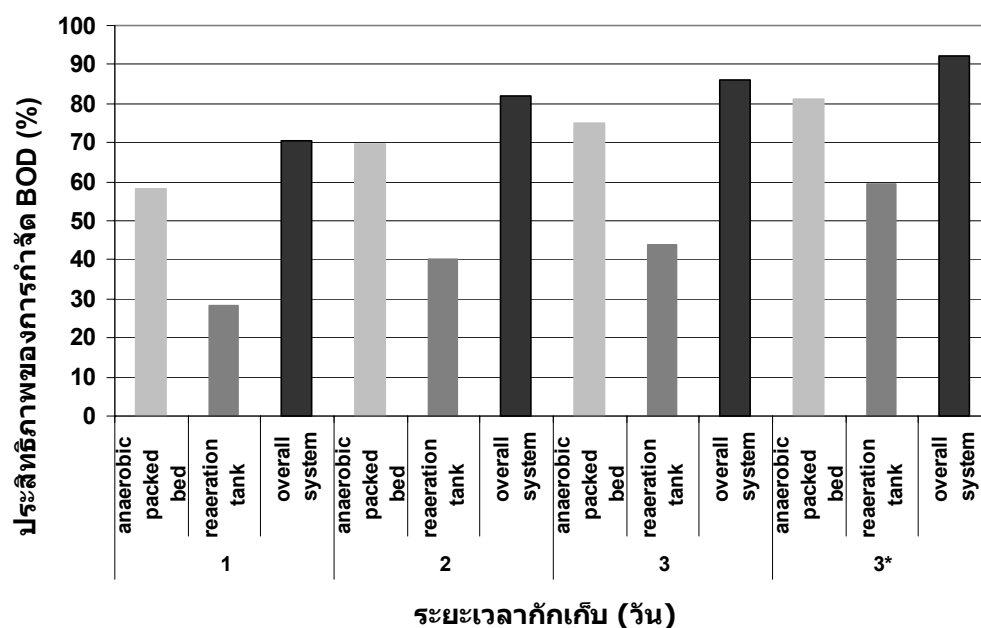
วันที่ (สถานะคง ตัว)	อัตราการ ไหล (ลิตร/วัน)	ภาระ บรรจุทุก สารอินทรีย์ (กรัม-BOD/ ลบ.ม.- วัน)	เข้า		ออก			ประสิทธิ ภาพการ กำจัด (%)
			BOD (มก./ ลิตร)	DO (มก./ ลิตร)	BOD (มก./ ลิตร)	DO (มก./ ลิตร)	pH	
1	19.04	0.80	244.77	0	138.37	3.60	8.15	43.51
2	19.04	0.85	260.10	0	152.24	3.70	8.08	41.47
3	19.04	0.83	252.71	0	140.88	3.60	8.19	44.25
4	19.04	0.65	199.01	0	106.88	3.50	8.38	46.29
5	19.04	0.89	270.83	0	153.62	3.60	8.46	43.28
ค่าเฉลี่ย	19.04	0.80	245.48	0	138.38	3.60	8.25	43.76

**ตารางที่ 8** ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ของถังปฏิกรณ์ anaerobic packed bed บรรจุตัวกลางมีพื้นผิวรวม 5.73 ตร.ม. โดยไม่ปรับ pH ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ

วันที่ (สถานะคง ตัว)	อัตราการ ไหล (ลิตร/วัน)	ภาระ บรรจุทุก สารอินทรีย์ (กรัม-BOD/ ตร.ม.-วัน)	เข้า		ออก		ประสิทธิภาพ การกำจัด (%)
			BOD (มก./ลิตร)	pH	BOD (มก./ลิตร)	pH	
1	19.04	2.15	649.80	5.30	130.61	6.21	79.90
2	19.04	1.97	594.95	5.12	128.51	6.11	78.40
3	19.04	2.14	644.43	5.20	125.28	6.18	80.56
4	19.04	2.38	716.69	5.15	115.24	6.10	83.92
5	19.04	1.99	600.19	5.40	103.35	6.22	82.78
ค่าเฉลี่ย	19.04	2.12	641.21	5.23	120.59	6.16	81.11

**ตารางที่ 9** ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ที่ผ่านระบบ anaerobic packed bed ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ของถังเติมอากาศตาม ขนาด 5.82 ลิตร เป็นระยะเวลา 7.33 ชั่วโมง โดยไม่ปรับ pH ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ

วันที่ (สถานะคง ตัว)	อัตราการ ไหล (ลิตร/วัน)	ภาระ บรรจุทุก สารอินทรีย์ (กรัม-BOD /ลบ.ม.- วัน)	เข้า		ออก			ประสิทธิ ภาพการ กำจัด (%)
			BOD (มก./ ลิตร)	DO (มก./ ลิตร)	BOD (มก./ ลิตร)	DO (มก./ ลิตร)	pH	
1	19.04	0.43	130.61	0	55.72	3.80	7.58	57.34
2	19.04	0.42	128.51	0	52.50	3.60	7.46	59.15
3	19.04	0.41	125.28	0	47.48	3.60	7.26	62.10
4	19.04	0.38	115.24	0	47.52	3.70	7.21	58.76
5	19.04	0.34	103.35	0	41.42	3.60	7.45	59.92
ค่าเฉลี่ย	19.04	0.40	120.59	0	48.92	3.66	7.39	59.45



**รูปที่ 2** แสดงประสิทธิภาพการกำจัด BOD ของถังปฏิกริยา Anaerobic packed bed, ถังเติมอากาศตาม (re-aeration tank) และของระบบ (overall system) ที่ระยะเวลากักเก็บต่างๆ (3\* เป็นการทดลองที่ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน โดยไม่ปรับ pH ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ)

### เอกสารอ้างอิง

- บัญญัติ ใจฉันทน์ , 2537. ประสิทธิภาพของระบบแอโรบิค แพคเก็ต เบด สำหรับการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงอาหาร วิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
- มันสิน ตันทุลเวศน์, 2534. การกำจัดน้ำเสียโดยปฏิกริยาไร้ออกซิเจน น. 311- 319 ในเอกสารประกอบการฝึกอบรม ผู้ควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย ครั้งที่ 3, 4-8 พฤศจิกายน 2534 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.
- สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์, 2547. การกำจัดไนโตรเจนโดยตัวกลางของระบบ เอสบีอาร์ การประชุมวิชาการครั้งที่ 42 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3-6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547.
- สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์, 2546. การกำจัดไนโตรเจนโดยกระบวนการแอนน็อกซิกของเอสบีอาร์ การประชุมวิชาการครั้งที่ 41 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3-5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546.
- Henze, M. and P. Herremoes. 1983. Anaerobic treatment of wastewater in fixed film reactor-A Literature Review. Paper presented at the IAWPR. Specialized Seminar held in Copenhagen, Denmark. 16-18 June. 101p.
- Sirivitayaphakorn, S. 2002. The aerobic packed bed wastewater treatment. The Proceedings of 40<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference.
- Sirivitayaphakorn, S. 1988. Municipality wastewater treatment project planning. Thailand Engineering Journal. 40(6):71-72.
- Young, J.C. and P.L. McCarty. 1969. The anaerobic filter for waste treatment. J.WPCF. 41: R160-173.