

การศึกษาผลของตะกั่วต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย ได้ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทดลองจากหุ่นจำลองของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยประเภทวนสมบูรณ์ที่มีการเวียนตะกอนกลับตั้งแสดงไว้ในรูปที่ 7 ใช้หุ่นจำลองที่เหมือนกันสามชุดทำการทดลองพร้อมกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ ณ สภาวะคงที่ของระบบรวมทั้งหมด 16 ครั้ง

5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

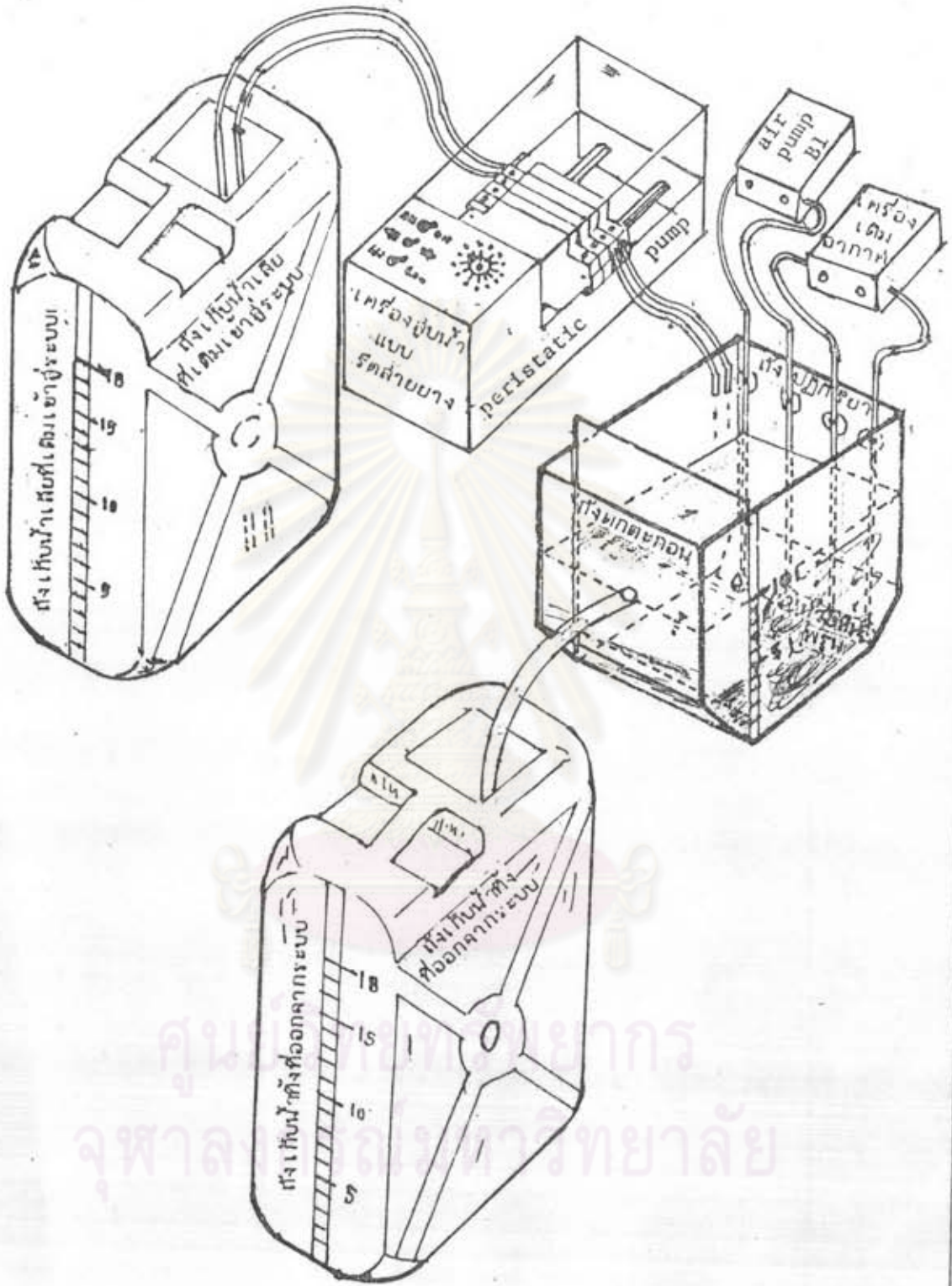
หุ่นจำลองของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย ประกอบด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้ คือ ถังปฏิกริยา ถังตกตะกอน ถังเก็บน้ำเสียที่เติมเข้าสู่ระบบ ถังเก็บน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ เครื่องเติมอากาศและเครื่องสูบน้ำ

ถังปฏิกริยาและถังตกตะกอน เป็นถังพลาสติกใบเดียวกันทำด้วย Polyglas Acrylic Sheet มีปริมาตรความจุใช้ทดลองรวม 10 ลิตร แบ่งด้วยแผงกั้น (baffle) เป็นส่วนของถังปฏิกริยา 8.44 ลิตร และส่วนของถังตกตะกอน 1.56 ลิตร รายละเอียดและขนาดของถังปฏิกริยาและถังตกตะกอนได้แสดงไว้ในรูปที่ 8

ถังเก็บน้ำเสียที่เติมเข้าสู่ระบบและถังเก็บน้ำทิ้งที่ออกจากระบบใช้ถังพลาสติกสีขาวที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ขนาดความจุถังละ 20 ลิตร ทำเครื่องหมายแสดงปริมาตรความจุติดไว้ที่ข้างถัง

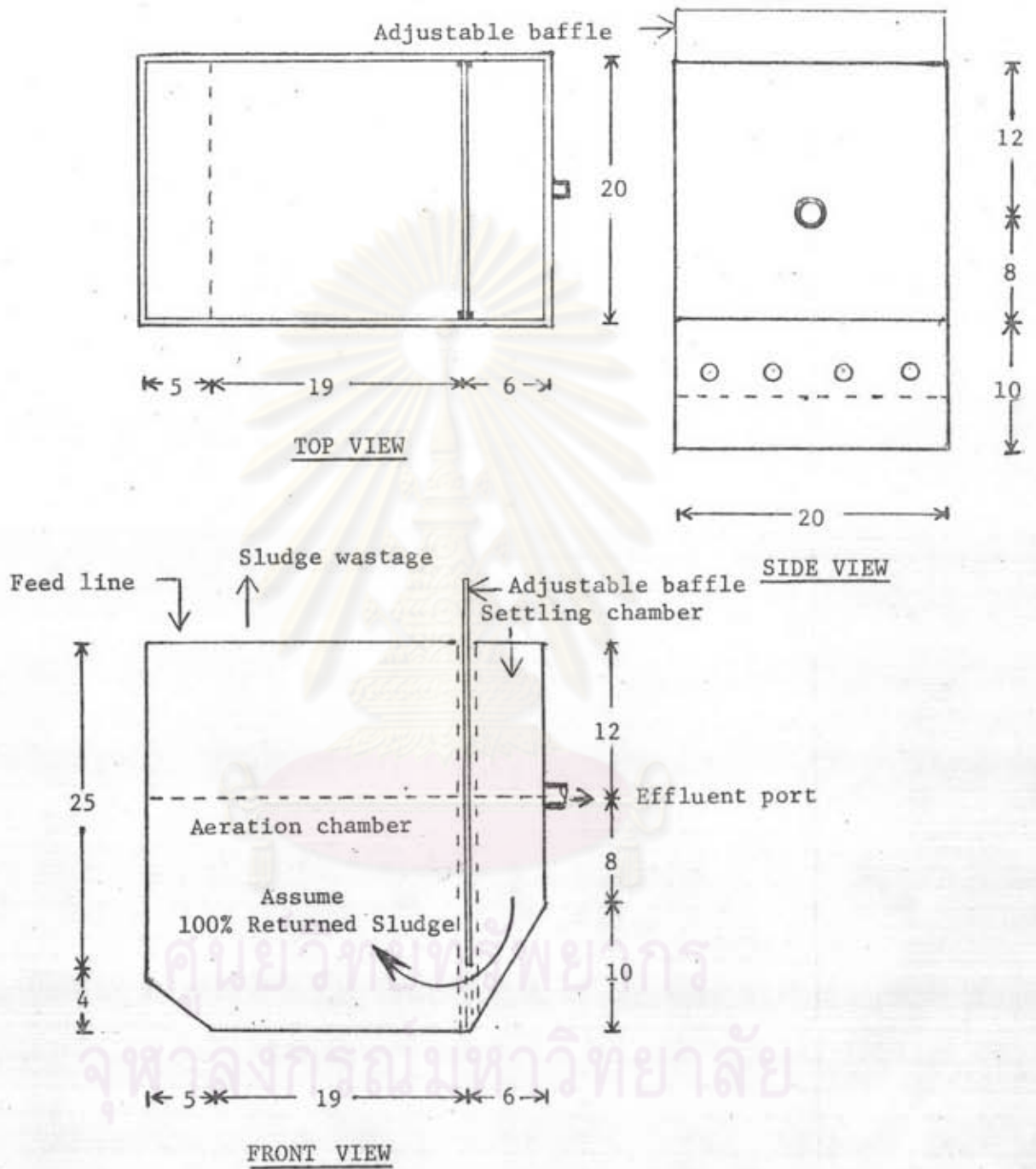
เครื่องเติมอากาศ ใช้ air pump. ขนาด B1 แบบที่นิยมใช้กับตู้เลี้ยงปลา ท่อนำอากาศต่อด้วยสายยางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เป่าอากาศผ่านหัวหินพูนชนิดกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร.

เครื่องสูบน้ำใช้ในการสูบน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกริยาให้ได้อัตราการไหลของน้ำเสียตามต้องการ มีใช้สองแบบด้วยกัน คือ เครื่องสูบน้ำแบบรีดสายยาง (peristaltic pump.) และเครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรม (diaphragm pump)



รูปที่ 7

หุ่นจำลองของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย
ประเภททวนลิมบูร์ดที่มีการเวียนตะกอนกลับ



รูปที่ 8 แบบจำลองของถังปฏิกิริยาและถังตกตะกอน
(มาตราส่วนเป็นเซนติเมตร)

5.2 น้ำเสียสังเคราะห์

การที่จะประเมินผลของตะกั่วต่อระบบบำบัดน้ำเสียได้ จะต้องทราบลักษณะของน้ำเสียและปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียด้วย จึงได้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ในการทดลองเป็นน้ำเสียที่มีลักษณะคงที่และประกอบด้วยสารอาหารที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้เติมเข้าสู่ระบบได้ผลใหม่ทุกวันตามความเข้มข้นที่คำนวณไว้ในตารางที่ 9. ได้ค่า COD ประมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และอัตราส่วน COD : N : P มากกว่า 150 : 5 : 1 โดยใช้น้ำนมถั่วเหลืองชนิดสกัดเป็นแหล่งของสารอินทรีย์คาร์บอน มีแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งของไนโตรเจน และใช้โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตกับไดโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสทั้งเป็นสารควบคุม pH ด้วย เดิมโซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นสารควบคุม pH และประกอบด้วยแร่ธาตุสารอาหารที่จำเป็นอื่น ๆ อีก ส่วนปริมาณตะกั่วได้จากสารละลายของตะกั่วคลอไรด์

5.3 การเริ่มเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ใช้ทดลองในหุ้่นจำลองของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยนี้สังเคราะห์ขึ้นจากหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้มาจากโรงบำบัดน้ำเสียการเคหะชุมชนห้วยขวาง กทม. โดยได้นำเชื้อจุลินทรีย์จากท่อเวียนตะกอนกลับของโรงบำบัดน้ำเสียนี้มาเลี้ยงที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล เมื่อวันที่ 12 เมษายน พ.ศ. 2525 เริ่มแรกเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์แบบเท (Batch reactor) ก่อนด้วยน้ำเสียจากชุมชนห้วยขวาง ซึ่งผ่านการตกตะกอนครั้งแรกแล้ว (primary effluent) และทำการเสาะจากด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ เพื่อให้เกิดการปรับตัวของจุลินทรีย์ ทำการเพิ่มสัดส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ต่อน้ำเสียจากชุมชนห้วยขวางขึ้นอย่างช้า ๆ เมื่อจุลินทรีย์ปรับตัวเข้ากับน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดี จึงเลี้ยงแบบต่อเนื่อง (continuous flow reactor) เพื่อการทดลองวิจัยต่อไป

5.4 การควบคุมระบบ

เพื่อให้ระบบอยู่ในสภาวะคงที่ได้ทำการควบคุมโดยให้มีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ (θ_c) คงที่ ด้วยการระบายตะกอนจุลินทรีย์ทิ้งในปริมาณที่คงที่ทุกวัน การระบายตะกอนจุลินทรีย์ทิ้งจากระบบกระทำโดยการยกแผงกันออก กวนให้น้ำตะกอนผสมกัน

ตารางที่ 9 ส่วนประกอบของน้ำเสี้ยวเคราะห์

สารที่ใช้	ความเข้มข้นของสารละลาย (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณที่ใช้ในการผสม (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นของสารโพ น้ำเสี้ยวเคราะห์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของธาตุอาหาร ในน้ำเสี้ยวเคราะห์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	4	9	2	0.41 ในค่าของ Fe
$CaCl_2$	15	9	7.5	2.71 " Ca
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	100	9	50	4.93 " Mg
$MnSO_4 \cdot H_2O$	10	9	0.5	1.62 " Mn
$(NH_4)_2 SO_4$	270	20	300	63.61 " N
$KH_2 PO_4$ *	108	50	300	} 192.75 " P
K_2HPO_4 *	252	50	700	
$NaHCO_3$ **	90	100	500	
$PbCl_2$ ***	2.68	9	1.34	1 ในค่าของ Pb^{+2}
	2.42	50	6.72	5 " Pb^{+2}
	2.42	100	13.44	10 " Pb^{+2}
น้ำนมถั่วเหลือง****	120-100 ในค่าของ COD	75 - 85	500 ในค่าของ COD	
น้ำประปา		เติมให้เป็น 18 ลิตร		

* เป็นสารควบคุม pH และใช้เป็นแหล่งฟอสฟอรัส

** เป็นสารควบคุม pH

*** ได้มาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วที่ต้องการ

**** วิเคราะห์ค่า COD ของสารละลายทุกครั้งและคำนวณปริมาณที่ใช้ในการผสมให้น้ำเสี้ยวเคราะห์ COD ประมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดี แล้วดูดน้ำ-ตะกอนนั้นออกในปริมาณตามที่คำนวณไว้ เล็งแล้ววางแผงกันกลับเข้าที่เดิม

5.5 วิธีการทดลอง

การศึกษาผลของตะกั่วต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยได้ดำเนินการทดลองจากหุ่นจำลองของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยประเภทกวนลมบรรจุที่มีการเวียนตะกอนกลับ โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งเตรียมใหม่ทุกวัน วันละ 18 ลิตร ตามส่วนผสมในตารางที่ 9 น้ำเสียสังเคราะห์จะถูกสูบจากกันดั้งเก็บน้ำเสียผ่านสายยางพลาสติกเข้าสู่ถังปฏิกริยาอย่างต่อเนื่องด้วย peristaltic pump หรือ Diaphragm pump ปรับอัตราการไหลของน้ำเสียให้ได้ 18 ลิตรต่อวัน จะได้ค่า Hydraulic Detention time ในถังปฏิกริยา 11.25 ชั่วโมง และในถังตกตะกอน 2.08 ชั่วโมง

ในถังปฏิกริยาซึ่งมีปริมาตร 8.44 ลิตร ประกอบด้วยตะกอนจุลินทรีย์ที่คุ้นเคยกับน้ำเสียสังเคราะห์แล้ว เติมอากาศด้วย air pump. 2 เครื่องผ่านหัวหินพรุน 4 หัว สัตวางหัวหินพรุนให้อยู่ในตำแหน่งที่เกิดการกวนและเวียนตะกอนได้ดี วัด D.O. ในถังปฏิกริยาให้มี D.O. สูงกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนถังตกตะกอนปรับแผงกันให้เกิดการตกตะกอนและเวียนตะกอนกลับคืนสู่ถังปฏิกริยา โดยลมดูดให้มีการเวียนตะกอนกลับคืน 100 เปอร์เซ็นต์ น้ำใส่ที่ใดจะไหลออกทางตอนบนของถังตกตะกอนเข้าสู่ถังเก็บน้ำทิ้ง

การดำเนินการได้ทำอย่างต่อเนื่องทุกวันตลอดการทดลอง โดยเริ่มจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีผลของสารตะกั่ว ทำการควบคุมระบบให้มีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบคงที่ จำนวน 4 ค่า ซึ่งอยู่ระหว่าง 3 ถึง 20 วัน วัดค่า MLSS ทุกวัน เพื่อใช้เป็นค่าแสดงการเข้าสู่สภาวะคงที่ของระบบ เมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ (ค่า MLSS คงที่) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ และวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 10 เล็งแล้วจึงทำการทดลองโดยเติมสารตะกั่ว ผลัมตะกั่วเข้าไปในน้ำเสียสังเคราะห์กวนให้เข้ากัน เริ่มทดลองจากปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วที่ค่าต่ำก่อน คือ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการควบคุมระบบให้มีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบคงที่ จำนวน 4 ค่า ซึ่งอยู่ระหว่าง 3 ถึง 20 วัน วัดค่า MLSS ทุกวัน เมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ ทำการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูลตามตารางที่ 10 ทำการทดลองอย่างเดิมโดย

ตารางที่ 10 ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์

ค่าที่วิเคราะห์ Parameters	น้ำเสียที่เข้า สู่ระบบ Influent	น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ Effluent		น้ำ-ตะกอน Mixed liquor
		ที่ผ่านการกรอง Filtered	ไม่ผ่านการกรอง Unfiltered	
ความเข้มข้นสารอินทรีย์ (COD) Chemical Oxygen Demand	*	*	*	-
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน Ammonia Nitrogen Concentration.	*	*	*	-
อินทรีย์-ไนโตรเจน Organic Nitrogen Concentration.	*	*	*	-
ไนไตรต์-ไนโตรเจน Nitrite Nitrogen Concentration	-	*	-	-
ไนเตรต-ไนโตรเจน Nitrate Nitrogen Concentration.	-	*	-	-
พีเอช pH	*	-	*	*
สภาพความเป็นด่าง Alkalinity mg/l as CaCO ₃	*	-	*	-
ความเข้มข้นของตะกั่ว Lead Concentration.	*	*	*	*
ตะกอนแขวนลอย Suspended Solids Concentration.	-	-	*	*
ตะกอนจุลินทรีย์ Volatile Suspended Solids Concentration.	-	-	*	*
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ Dissolved Oxygen. (D.O.)	-	-	-	*

* = ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์

- = ข้อมูลที่ไม่ได้วิเคราะห์

เพิ่มปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วขึ้นเป็น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

5.6 การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์หาข้อมูล จะเก็บวันละครั้งระหว่างเวลา 16.30-17.30 น. ของทุกวัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ทำการควบคุมระบบ โดยการระบายน้ำ-ตะกอนทิ้งจากถังปฏิกิริยา แล้วเตรียมน้ำเสียส่งเคราะห์ใหม่ พร้อมกับเปลี่ยนถังเก็บน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ

น้ำตะกอนที่ระบายออกจากถังปฏิกิริยาจะถูกแบ่งไปวิเคราะห์ค่า MLSS และ pH วัน-ทุกวัน เมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ จึงทำการหาค่า MLVSS วัน-สัปดาห์

น้ำเสียส่งเคราะห์และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ จะทำการเก็บตัวอย่างเมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่เท่านั้น โดยทำการกวนน้ำในถังก่อนจึงเก็บตัวอย่างน้ำ ทำการกรองตัวอย่างน้ำทิ้งที่ออกจากระบบด้วยกระดาษกรอง GF/C จะได้เป็นตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านการกรอง

ตัวอย่างน้ำเสียส่งเคราะห์ น้ำทิ้งที่ออกจากระบบทั้งที่ผ่านการกรอง และไม่ผ่านการกรอง จะถูกนำไปวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังตารางที่ 10 เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ตัวอย่างและให้ได้ข้อมูลที่อยู่ในสภาวะคงที่จริง ๆ จึงได้ทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไว้ตามวิธี Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1975) และ Method for Chemical Analysis of Water and Wastes (1971)

ตัวอย่างน้ำที่จะวิเคราะห์หาค่า COD แอมโมเนีย-ไนโตรเจนและอินทรีย์-ไนโตรเจน จะถูกเก็บไว้ในขวดพลาสติกขนาด 250 มิลลิตร เติมกรดกำมะถันเข้มข้นลงไปประมาณ 0.2 มิลลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ 4°C.

ตัวอย่างน้ำที่จะวิเคราะห์หาค่า ไนเตรต-ไนโตรเจน กับ ไนไตรต์-ไนโตรเจน จะถูกเก็บไว้ในขวดพลาสติกขนาด 120 มิลลิตร แล้วเติมปรอทคลอไรด์ประมาณ 5 มิลลิกรัม เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 4°C.

ตัวอย่างที่จะวิเคราะห์หาความเข้มข้นของปริมาณตะกั่ว จะถูกเก็บไว้ในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิตร แล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้นประมาณ 0.1 มิลลิตร นำไปเก็บไว้ในตู้เย็น-

ซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 4°C

ส่วนค่า pH ค่าความเป็นด่าง ค่าตะกอนแขวนลอย (MLSS) และค่าตะกอนจุลินทรีย์ (MLVSS) ได้ทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำทันทีเมื่อเก็บตัวอย่าง

5.7 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

เมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ ทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำประมาณ 4-7 วัน จากน้ำเสียส่งเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งที่ออกจากระบบทั้งที่ผ่านการกรองและไม่ผ่านการกรอง น้ำ-ตะกอนจากถังปฏิกรณ์ แล้ววิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของแต่ละวันด้วยวิธี Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (1975) เพื่อหาข้อมูลต่าง ๆ ตามตารางที่ 10 และทำการประเมินผลจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้ออกจากการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำตาม Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (1975) ได้ใช้วิธีวิเคราะห์ดังนี้

ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ (COD) ใช้ตัวอย่างน้ำ 20 มิลลิลิตรวิเคราะห์โดยวิธีโปตัสเซียมไดโครเมท

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ใช้ตัวอย่างน้ำ 100-200 มิลลิลิตร วิเคราะห์โดยวิธีการกลั่นแล้วไตเตรชัน

อินทรีย์-ไนโตรเจน ใช้ตัวอย่างน้ำ 100-200 มิลลิลิตร ทำต่อจากการหาแอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยการย่อยสลายแล้วทำการกลั่นและไตเตรชัน

ไนโตรต-ไนโตรเจน ใช้ตัวอย่างน้ำ 0.1-10 มิลลิลิตร (หรือทำการเจือจางตัวอย่างน้ำก่อน) วิเคราะห์ด้วยวิธีของแซมเบลลี Zambelli's Method (Rodier, J. 1975)

ไนเตรต-ไนโตรเจน ใช้ตัวอย่างน้ำ 0.5-5 มิลลิลิตร (หรือทำการเจือจางตัวอย่างน้ำก่อน) วิเคราะห์ด้วยบรูซิน

pH วัดโดย pH meter แบบ Zerometer SS-33 ของบริษัท Beckman

ค่าความเป็นด่าง ใช้ตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตร ทำการไตเตรต และวัดจุดสิ้นสุด

ของปฏิกิริยาที่ pH 4.5 ด้วย pH meter

ปริมาตรตะกอนแขวนลอย ไข่ตัวอย่างน้ำ 20-50 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง GF/C และอบที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ปริมาตรตะกอนจุลินทรีย์ ไข่ตัวอย่างน้ำ 20-25 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง GF/C และเผาที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 15-20 นาที

D.O. และอุณหภูมิในถังปฏิกิริยา วัดโดยเครื่อง D.O. meter YSI modal 57.

ปริมาตรความเข้มข้นของตะกั่ว ไข่ตัวอย่างน้ำ 25 มิลลิลิตร ทำการย่อยละลายด้วย กรดไนตริกเข้มข้นก่อน แล้วจึงวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry. (Unican SP 90B series 2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย