

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ญ
อักษรย่อ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และ สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การกำจัดซัลเฟตในน้ำ	3
2.1.1 การเกิดซัลเฟตในน้ำระบายจากเหมือง	3
2.1.2 กระบวนการย่อยสลายซัลเฟต	3
2.1.3 การกักกรองของเหลืกภายใต้สภาวะขาดออกซิเจน	5
2.2 สภาพทางชีววิทยาของการย่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิเจน	6
2.2.1 ชนิดของจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	8
2.2.2 ผลกระทบการย่อยสลายซัลเฟตต่อการเกิดก๊าซมีเทน	10
2.3 เครื่องกรองไร้อากาศที่มีน้ำไหลผ่านวนอนใต้ผิวดิน	12
2.3.1 ข้อดีของระบบเครื่องกรองไร้อากาศ	13
2.3.2 ข้อจำกัดของเครื่องกรองไร้อากาศ	13
2.3.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับเครื่องกรองไร้อากาศ	13
2.3.4 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบระบบน้ำไหลใต้ผิวดิน	16

2.4 ระบบบึงประดิษฐ์	19
2.4.1 การกำจัดบีโอดี	21
2.4.2 การกำจัดสารแขวนลอย	21
2.4.3 การกำจัดไนโตรเจน	21
2.4.4 การกำจัดฟอสฟอรัส	21
2.4.5 การกำจัดโลหะ	21
2.4.6 การกำจัดเชื้อโรค	22
2.4.7 ดิน	22
2.4.8 จุลินทรีย์	22
2.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 การดำเนินการทดลอง	26
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	26
3.2 การติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์	27
3.3 น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย	27
3.4 การดำเนินการทดลอง	32
3.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์	35
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล	36
4.1 ผลของประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตของระบบน้ำไหลใต้ผิวดินแนวนอน ในสภาพที่แตกต่างกัน (การทดลองช่วงที่ 1)	36
4.1.1 ค่าพีเอชของระบบ	36
4.1.2 ซัลเฟตและเหล็กทั้งหมดของระบบ	37
4.1.3 สารอินทรีย์	40
4.2 ผลของความเข้มข้นซีโอดีต่อซัลเฟตที่มีต่อประสิทธิภาพของการกำจัดซัลเฟต (การทดลองช่วงที่ 2)	46
4.2.1 ค่าพีเอชของระบบ	46
4.2.2 ซัลเฟต, ซีโอดีรวม และกรดอินทรีย์ระเหยทั้งหมดของระบบ	46
4.2.3 เหล็ก และ สภาพความเป็นค่า	52
4.2.4 ของแข็งละลายทั้งหมดและใน ไตรเจนของระบบ	61

4.3 ผลของอัตราภาระบรรทุกทางศาสตร์ (การทดลองช่วงที่3)	61
4.3.1 ซัลเฟตและซีโอดี	62
4.3.2 กรดอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด, สภาพความเป็นด่าง	70
4.3.3 เหล็กทั้งหมดในน้ำ และของแข็งแขวนลอย	73
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	74
5.1 สรุปผลการทดลอง	74
5.2 ข้อเสนอแนะ	76
เอกสารอ้างอิง	77
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ผลการทดลองช่วงที่ 1	83
ภาคผนวก ข. ผลการทดลองช่วงที่ 2	93
ภาคผนวก ค. ผลการทดลองช่วงที่ 3	108
ภาคผนวก ง. ผลการทำ Sieve Analysis ของตัวอย่างทราย	123
ประวัติผู้เขียน	126

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ตัวอย่างคุณสมบัติของตัวกลางในระบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (SSF)	18
2.2 ค่าแนะนำที่ใช้ในการออกแบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำใต้ผิวดิน	19
3.1 ลักษณะสมบัติน้ำของบ่อดกตะกอนทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเหมือง แม่เมาะ จ.ลำปาง (8-9 มกราคม 2537)	31
3.2 ลักษณะสมบัติน้ำเสียมูลสุกรจากฟาร์มแม่เหียะ	31
3.3 รายละเอียดของการทดลองช่วงที่ 1	33
3.4 รายละเอียดของการทดลองช่วงที่ 2	34
3.5 รายละเอียดของการทดลองช่วงที่ 3	34
3.6 วิธีการและความถี่ในการวิเคราะห์	35
4.1 ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองช่วงที่ 1	39
4.2 ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองช่วงที่ 2	48
4.3 ความเข้มข้นและประสิทธิภาพของการกำจัดโดยเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ	63

สารบัญภาพประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ปฏิบัติการของการกักกรองโดยทฤษฎีการลดการเกิดขั้วของขั้วลบ ของ van Wolzogen-Kuhr and van der Vlugt ที่เสนอโดย Widdel. (1988)	6
2.2 ขั้นตอนการย่อยสลายอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน	9
2.3 การย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนอิสระ	10
2.4 การแข่งขันการใช้สารอาหารระหว่างแบคทีเรียย่อยสลายซัลเฟตและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน	11
2.5 ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลได้ผิวดิน	20
3.1 ไดอะแกรมระบบน้ำไหลแนวอนได้ผิวดินที่ใช้ในการศึกษา	28
3.2 บ่อดูดซับที่ใช้ในการศึกษา	29
3.3 ตัวกลางทราย และหินบด ที่ใส่ในบ่อดูดซับ	30
3.4 เศษเหล็กที่ผสมกับตัวกลางทราย	30
4.1 ค่าพีเอช (pH) ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบของการทดลองที่	37
4.2 ความเข้มข้น และประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 1	38
4.3 ความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 1	41
4.4 ความเข้มข้นเจคาล์ในโตรเจนในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 1	41
4.5 ค่าพีเอชในน้ำเสียผสมที่เข้าและออกจากระบบของการทดลองช่วงที่ 2	43
4.6 ความเข้มข้นซัลเฟตในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2	44
4.7 ความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2	45
4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟต ในน้ำเสียผสม ของการทดลองช่วงที่ 2	47
4.9 ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตในน้ำเสียผสม ที่สภาวะคงที่ ของบ่ที่มีเหล็กที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO ₄ มีค่าแตกต่างกัน	49
4.10 ความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเสียผสม ที่สภาวะคงที่ ของบ่ที่มีเศษเหล็กที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ COD/ SO ₄ มีค่าแตกต่างกัน	50

4.11 ความเข้มข้นกรดอินทรีย์ระเหยทั้งหมดในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2	51
4.12 ความเข้มข้นเหล็กทั้งหมดในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2	53
4.13 ความเข้มข้นเหล็กทั้งหมดที่จุดกึ่งกลางในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2	54
4.14 ลักษณะของเศษเหล็กในบ่อดูดซับภายหลังจากสิ้นสุดการทดลองทั้ง 3 ช่วงการทดลอง	54
4.15 ลักษณะตัวกลางทรายในบ่อดูดซับภายหลังจากสิ้นสุดการทดลองทั้ง 3 ช่วงการทดลอง	55
4.16 สภาพความเป็นด่างเหล็กทั้งหมดในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2	56
4.17 ปริมาณความแตกต่างของน้ำออกและน้ำเข้าของความเป็นด่าง ที่สภาวะคงที่ของ บ่อที่มีเหล็ก ที่อัตราส่วน COD/SO ₄ ความเข้มข้นต่างกัน	57
4.18 ความเข้มข้นเจดาคัลไนโตรเจนในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2	58
4.19 ความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2	59
4.20 ความเข้มข้นของของแข็งละลายในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 2	60
4.21 ความเข้มข้นซัลเฟตในน้ำเสียผสมที่อัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์แตกต่างกัน	64
4.22 ความเข้มข้นซีโอไซด์ในน้ำเสียผสมที่อัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์แตกต่างกัน	65
4.23 ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตในน้ำเสียผสม ที่อัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ แตกต่างกัน	66
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นซีโอไซด์ในน้ำออกจากระบบและอัตราภาระบรรทุก ทางชีวศาสตร์	66
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟต และอัตราภาระบรรทุก ทางชีวศาสตร์	67
4.26 ความเข้มข้นกรดอินทรีย์ระเหยทั้งหมดในน้ำเสียผสมที่อัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ แตกต่างกัน	68
4.27 สภาพความเป็นด่างในน้ำเสียผสมที่อัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์แตกต่างกัน	69
4.28 ความเข้มข้นเหล็กทั้งหมดในน้ำเสียผสมที่อัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์แตกต่างกัน	71
4.29 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียผสมของการทดลองช่วงที่ 3	72

อักษรย่อและสัญลักษณ์

ล	ลิตร
ม.	เมตร
°ซ	องศาเซลเซียส
ชม.	เซนติเมตร
มม.	มิลลิเมตร
มก./ล.	มิลลิกรัมต่อลิตร
ชม./วัน	เซนติเมตร/วัน
มก./ล. CaCO_3	มิลลิกรัมต่อลิตรแคลเซียมคาร์บอเนต
TCOD	Total Chemical Oxygen Demand
COD	Chemical Oxygen Demand
BOD	Biochemical Oxygen Demand
SO_4	Sulfate
HRT	Hydraulic Retention Time
HLR	Hydraulic Loading Rate
SS	Suspended Solids
TDS	Total Dissolved Solids
TVA	Total Volatile Acid
TKN	Total Kjeldahl Nitrogen
Fe	Iron
Alk	Alkalinity