

ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดกับปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท
ในกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาและห้วยขวาง

นางสาวปัทมาพร ยอดสันติ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-167-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RELATIONSHIP BETWEEN TREATMENT EFFICIENCY AND CADMIUM , LEAD AND
MERCURY IN SLUDGE FROM SRI PHRAYA AND HUAY KWANG
WASTEWATER TREATMENT PLANT

Miss Pattamaporn Yodsanti

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science

Inter – Department Program in Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-346-167-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดกับปริมาณแคดเมียม
ตะกั่ว และปรอทในกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาและ
ห้วยขวาง

โดย

นางสาวปัทมาพร ยอดสันติ

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ชเรศ ศรีสถิตย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กิระนันท์)

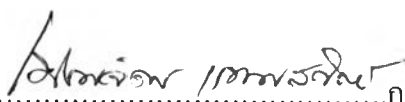
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พฒนผลไพบุตย์)



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชเรศ ศรีสถิตย์)



.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)



.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

ปีทมาพร ยอดสันติ : ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดกับปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาและห้วยขวาง (RELATIONSHIP BETWEEN TREATMENT EFFICIENCY AND CADMIUM, LEAD AND MERCURY IN SLUDGE FROM SRI PHRAYA AND HUAY KWANG WASTEWATER TREATMENT PLANT) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์ ;120 หน้า. ISBN 974-346-167-1.

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียบกัปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาและโรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวางซึ่งบำบัดน้ำเสียชุมชนใน เขตกรุงเทพมหานคร โดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสีย (pH BOD COD ประสิทธิภาพ การกำจัด BOD ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำ แคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในน้ำเสียก่อนและหลังบำบัด) เพื่อใช้คาดการณ์ปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในกากตะกอน รวมทั้งศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพและ เคมีของกากตะกอน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด - ด่าง ความชื้น ปริมาณของแข็งที่ไหม้ไฟ ปริมาณเถ้า ค่าความร้อน ซัลเฟอร์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อินทรีย์วัตถุ คาร์บอนอินทรีย์ แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท เพื่อนำ กากตะกอนไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม โดยการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจำนวน 54 ตัวอย่าง และตัวอย่างกาก ตะกอน 54 ตัวอย่าง จากโรงบำบัดน้ำเสียทั้งสองแห่ง ผลการศึกษาพบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ สมการที่ใช้คาดการณ์ปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ได้แก่ $Y_{Cd} = 0.010TDS_{mf} - 3.267$ $Y_{Pb} = 0.0432 - 98.952Pb_{off} + 0.0018SS_{mf}$ และ $Y_{Hg} = 0.463 pH_{mf} - 3.111$ ตาม ลำดับ ส่วนสมการที่ใช้คาดการณ์ปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว ในกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง ได้แก่ $Y_{Cd} = 12.5008 - 0.136Removal + 0.00047BOD_{mf}$ และ $Y_{Pb} = 6.5132 - 0.0702Removal$ ตามลำดับ สำหรับสม การที่ใช้คาดการณ์ปริมาณแคดเมียม และตะกั่วในกากตะกอนจากทั้งสองโรงบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ $Y_{Cd} = 7.0736 - 0.087Removal + 0.004BOD_{mf}$ และ $Y_{Pb} = 0.096 + 0.004SS_{mf}$ ตามลำดับแต่สองสมการนี้ไม่แนะนำให้ใช้ เนื่องจาก ลักษณะสมบัติของน้ำเสียของแต่ละแห่งมีความแตกต่างกัน ควรเลือกใช้สมการเฉพาะของแต่ละโรงบำบัดน้ำเสียเท่านั้น กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียทั้งสองแห่งมีความเหมาะสมในการเกษตรกรรม เพราะมีอินทรีย์วัตถุและธาตุ อาหารสูง และปริมาณแคดเมียม (3.27 และ 3.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)ตะกั่ว (1.00 และ 0.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปรอท (0.51 และ 0.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)ในกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียทั้งสองแห่งอยู่ในระดับที่ยอมรับให้มี ได้ในดินที่ใช้ในการเกษตรกรรม (แคดเมียม 1.0 - 3.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตะกั่ว 100 - 550 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปรอท 0.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ภาควิชา.....วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม.....ลายมือชื่อนิติศ.....
สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2543.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4072310523 : MAJOR INTER – DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : ACTIVATED SLUDGE / HEAVY METAL / SLUDGE TREATMENT / TREATMENT EFFICIENCY / HEAVY METAL REMOVAL

PATTAMAPORN YODSANTI : RELATIONSHIP BETWEEN TREATMENT EFFICIENCY AND CADMIUM , LEAD AND MERCURY IN SLUDGE FROM SRI PHRAYA AND HUAY KWANG WASTEWATER TREATMENT PLANT. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THARES SRISATIT , Ph.D. , 120 pp. ISBN 974-346-167-1.

The objective of this study is relationship between BOD removal efficiency in wastewater and cadmium lead and mercury in sludge from Sri Phraya and Huay Kwang Wastewater Treatment Plant which is concerning on physical and chemical properties (pH , BOD , COD , BOD removal efficiency , SS , TDS cadmium , lead and mercury) in order to establish correlational equations for forecasting some heavy metals in sludge . Not only wastewater analysis but sludge characteristics were analyzed also e.g. pH , moisture content , volatile solid , ash content , heating value , sulfur , nitrogen , phosphorus , potassium , organic matter , organic carbon , cadmium , lead and mercury by collecting 54 wastewater samples and 54 sludge samples from both wastewater treatment plants . Results showed that at P – value < 0.05 cadmium , lead and mercury in sludge from Sri Phraya Wastewater Treatment Plant related significantly with some physical and chemical wastewater properties . The correlational equations were $Y_{Cd} = 0.010TDS_{mf} - 3.267$, $Y_{Pb} = 0.0432 - 98.952Pb_{mf} + 0.0018SS_{mf}$ and $Y_{Hg} = 0.463 pH_{mf} - 3.111$ respectively . For Huay Kwang 's corelational equations were $Y_{Cd} = 12.5008 - 0.136Removal + 0.00047BOD_{mf}$ and $Y_{Pb} = 6.5132 - 0.0702Removal$ respectively . Finally , both wastewater treatment plants 's correlational equation was $Y_{Cd} = 7.0736 - 0.087Removal + 0.004BOD_{mf}$ and $Y_{Pb} = 0.096 + 0.004SS_{mf}$ respectively . but these equations should not use because some physical , chemical wastewater properties and wastewater collecting system of both wastewater treatment plants were different . Users should used equations which were developed and appropriate with each treatment plant for accurately forecasting some heavy metals in sludge . Sludge from Sri Phraya and Huay Kwang Wastewater Treatment Plant was suitable for agriculture because of high organic matter . The level of cadmium (3.27 and 3.04 mg / kg) lead (1.00 and 0.95 mg / kg) and mercury (0.51 and 0.79 mg / kg) contaminated in both wastewater treatment plants 's sludge were low and under the allowable level of sludge – amended soils criteria (cadmium 1.0 – 3.5 mg / kg , lead 100 – 550 mg / kg and mercury 0.3 mg / kg).

Department Environmental Science Student 's signature *Pattaraporn*
Field of study Environmental Science Advisor 's signature *T. Yodsanti*
Academic year 2000 Co-advisor 's signature -



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณา ความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากหลาย ๆ ท่าน ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ได้ตามความก้าวหน้า และตรวจรายละเอียดของวิทยานิพนธ์ตลอดมา รวมทั้งรองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์ ที่กรุณา สละเวลาอันมีค่ายิ่ง เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ตลอดจนช่วยตรวจรายละเอียดต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุนบางส่วนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่อำนวยความสะดวกในการทำงานและการใช้ห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะคุณจันทวรรณ คันเจริญ นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการขยะ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เจ้าหน้าที่โรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา และโรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างน้ำและกากตะกอน เจ้าหน้าที่กองวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ AAs เพื่อใช้วิเคราะห์โลหะหนัก รวมทั้งพนักงานขับรถของคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเดินทางไปเก็บตัวอย่างน้ำและกากตะกอน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ในการนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณชนิตา เสมรัตน์ คุณดวงฤทัย บัวด้วง คุณอุษารัศม์ นพคุณ คุณมณฑนา ศรีมงคล และพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนของสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ที่มีได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ซึ่งได้มอบกำลังกายและกำลังใจ จนกระทั่งประกอบเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขึ้น

ท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และบุคคลในครอบครัว ที่ส่งเสริมการศึกษาของข้าพเจ้าในทุกโอกาสตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐาน.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 ทบทวนเอกสาร.....	4
2.1 ลักษณะน้ำเสียชุมชน.....	4
2.2 การบำบัดน้ำเสียชุมชนของกรุงเทพมหานคร.....	6
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบตะกอนเร่ง.....	13
2.4 โลหะหนัก.....	17
2.5 กากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย.....	30
3 การดำเนินการวิจัย.....	40
3.1 ขั้นตอนการวิจัย.....	40
3.2 การรวบรวมข้อมูล.....	40
3.3 วิธีการวิจัย.....	40
4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์วิจารณ์ผล.....	48
4.1 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียชุมชน.....	48
4.2 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของกากตะกอน.....	56

	หน้า
4.3 ตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณ โลหะหนักในกากตะกอน	65
4.4 การจัดการกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา และห้วยขวาง	74
4.5 วิจัยรณัผลการวิจัย	78
5 สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ	81
5.1 สรุปผลการวิจัย	81
5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป	83
รายการอ้างอิง	84
ภาคผนวก ก	88
ภาคผนวก ข	97
ภาคผนวก ค	114
ประวัติผู้เขียน	120

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ความสกปรกของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณกรุงเทพมหานคร และ 3 จังหวัด (นนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรปราการ) ในรูปของบีโอดีตามแหล่งกำเนิดหลักปี พ.ศ. 2540 5
2.2	ลักษณะน้ำเสียจากแหล่งชุมชนในประเทศไทย 5
2.3	ลักษณะน้ำทิ้งจากอาคารประเภทต่าง ๆ ของชุมชนในประเทศไทย 6
2.4	ปริมาณน้ำเสียจำแนกตามประเภทผู้ใช้น้ำในเขตประปานครหลวง 7
2.5	โรงบำบัดน้ำเสียที่อยู่ในความดูแลของกรมควบคุมน้ำเสีย สำนักระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2540 8
2.6	ที่มาของโลหะหนักจากน้ำเสียชุมชน โดยแยกตามประเภทของผลิตภัณฑ์ 19
2.7	ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักของระบบตะกอนเร่ง 27
2.8	องค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน 34
2.9	ข้อมูลเปรียบเทียบธาตุอาหารของปุ๋ยกับกากตะกอน 36
2.10	ปริมาณโลหะหนักที่ยอมให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร 37
2.11	ปริมาณโลหะหนักในพืช ณ ระดับปกติและระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช 37
2.12	ข้อจำกัดของการนำกากตะกอนไปทิ้งในพื้นที่ต่าง ๆ 38
2.13	ปริมาณโลหะหนักสูงสุดที่มีได้ในกากตะกอนที่นำไปใส่ในพื้นที่ป่า 39
2.14	ปริมาณโลหะหนักสูงสุดที่ยอมให้มีในการนำกากตะกอนไปทิ้งในพื้นที่ต่าง ๆ 39
3.1	จำนวนตัวอย่างและลักษณะสมบัติที่ทำการวิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำเสีย 42
3.2	จำนวนตัวอย่างและลักษณะสมบัติที่ทำการวิเคราะห์ในตัวอย่างกากตะกอน 42
3.3	วิธีรักษาคุณสมบัติของน้ำเสียก่อนนำไปวิเคราะห์ 43
3.4	วิธีวิเคราะห์ลักษณะสมบัติต่าง ๆ ของน้ำเสีย 44
3.5	วิธีวิเคราะห์ลักษณะสมบัติต่าง ๆ ของกากตะกอน 45

ตารางที่	หน้า
4.1	ลักษณะสมบัติของน้ำเสียเฉลี่ยจากโรงบำบัดน้ำเสีย สี่พระยาและห้วยขวาง 49
4.2	ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสีย สี่พระยาและห้วยขวาง 54
4.3	ลักษณะสมบัติของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย สี่พระยาและห้วยขวาง 58
4.4	เกณฑ์สำหรับการจำแนกความอุดมสมบูรณ์ของดิน 73
4.5	ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในปุ๋ยหมัก จากมูลฝอยชุมชน 76
5.1	ลักษณะสมบัติของน้ำเสียเฉลี่ยจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา และห้วยขวาง 81
5.2	ลักษณะสมบัติของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา และห้วยขวาง 82

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียของ โรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา 10
2.2	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียของ โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง 13
2.3	แหล่งที่มาและเส้นทางของโลหะหนักสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย 18
2.4	ปรอทรูปต่าง ๆ ที่พบในอากาศ น้ำ และตะกอนหรือดิน 25
3.1	แผนผังการดำเนินงาน 41
3.2	ขั้นตอนการวิเคราะห์กากตะกอน 44
4.1	ค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาและห้วยขวาง 50
4.2	ค่า SS เฉลี่ยของน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาและห้วยขวาง 50
4.3	ค่า TSD เฉลี่ยของน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาและห้วยขวาง 50
4.4	ค่า BOD เฉลี่ยของน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาและห้วยขวาง 51
4.5	ค่าประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยของน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสีย สี่พระยาและห้วยขวาง 51
4.6	ค่า COD เฉลี่ยของน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาและห้วยขวาง 51
4.7	ค่าแควมียมเฉลี่ยของน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสีย สี่พระยาและห้วยขวาง 55
4.8	ค่าตะกั่วเฉลี่ยของน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาและห้วยขวาง 55
4.9	ค่าปรอทเฉลี่ยของน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาและห้วยขวาง 55
4.10	ค่า pH เฉลี่ยของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย สี่พระยาและห้วยขวาง 59
4.11	ค่าปริมาณความชื้น (%) เฉลี่ยของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย สี่พระยาและห้วยขวาง 59
4.12	ค่าของแข็งทั้งหมด (%) เฉลี่ยของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย สี่พระยาและห้วยขวาง 59
4.13	ค่าของแข็งที่ไหม้ไฟ (%) เฉลี่ยของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย สี่พระยาและห้วยขวาง 60

รูปที่	หน้า
4.14 ค่าปริมาณเถ้า (%) เกล็ดของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย ที่พระยาและห้วยขวาง	60
4.15 ค่าไนโตรเจน (%) เกล็ดของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย ที่พระยาและห้วยขวาง	60
4.16 ค่าฟอสฟอรัส (%) เกล็ดของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย ที่พระยาและห้วยขวาง	61
4.17 ค่าโพแทสเซียม (%) เกล็ดของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย ที่พระยาและห้วยขวาง	61
4.18 ค่าอินทรีย์วัตถุ (%) เกล็ดของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย ที่พระยาและห้วยขวาง	61
4.19 ค่าคาร์บอนอินทรีย์ (%) เกล็ดของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย ที่พระยาและห้วยขวาง	62
4.20 ค่าความร้อน (cal/g) เกล็ดของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย ที่พระยาและห้วยขวาง	62
4.21 ค่าซัลเฟอร์ (%) เกล็ดของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย ที่พระยาและห้วยขวาง	62
4.22 ค่าแคดเมียม (mg/kg) เกล็ดของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย ที่พระยาและห้วยขวาง	65
4.23 ค่าตะกั่ว (mg/kg) เกล็ดของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย ที่พระยาและห้วยขวาง	65
4.24 ค่าปรอท (mg/kg) เกล็ดของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย ที่พระยาและห้วยขวาง	65