

ประสิทธิภาพารกรอง เหล็กออกจากน้ำบาดาลสังเคราะห์ โดยใช้ตัวกรองที่เป็น
ทรายไม่คักขนาด ๓ มม. และ ถั่วแกลบ

นางสาวนภวรรณ รัตสุข



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535

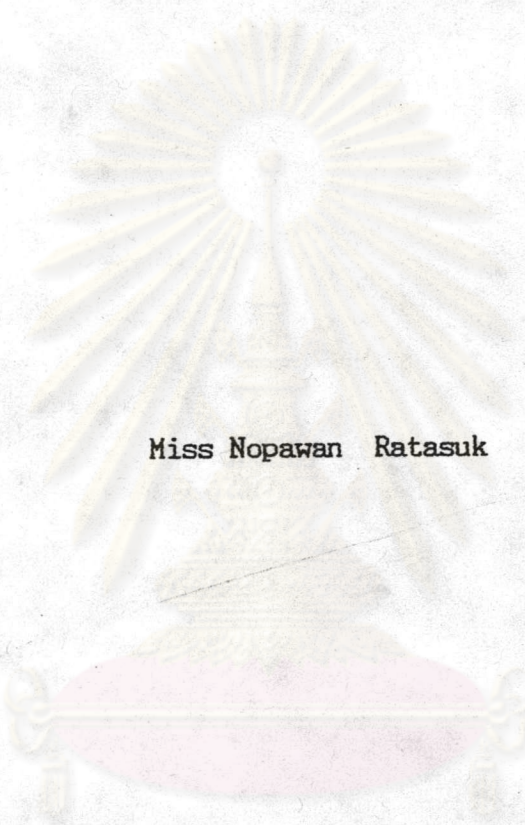
ISBN 974-581-527-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018699

11๖1๖๙๑๑๙

EFFECTIVENESS OF IRON REMOVAL FROM SYNTHETIC GROUNDWATER USING
UNGRADED SAND, CHARCOAL AND BURNT RICE HUSK



Miss Nopawan Ratasuk

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Inter-Department of Environmental Science

Graduate School

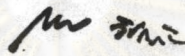
Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-581-527-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ประสิทธิภาพการกรองเหล็กออกจากรูปแบบคาลังเคราะห์ โดยใช้ตัวกรองที่เป็นทรายแม่คัลคขนาด ๓ มม. และแก้วเกลบ
โดย นางสาวนภวรรณ รัตสุข
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสัตย์

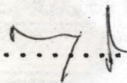
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

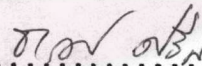
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรวิชัย)

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์



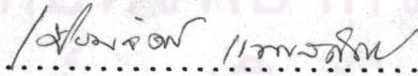
..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมบุญ วรรณะนุรานนท์)



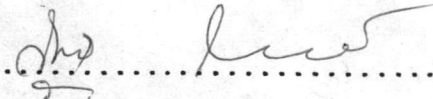
..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสัตย์)



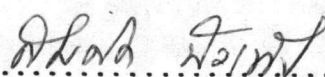
..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เบรมจิดต์ แทนสัตย์)



..... กรรมการ

(นางสาวสุรณี วรรณอารยานนท์)



..... กรรมการ

(นางสาวสมคิด บัวเพ็ง)



พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

นภวรรณ รัตสุข : ประสิทธิภาพการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลสังเคราะห์ โดยใช้ตัวกรองที่เป็นทรายไม้คัดขนาดถ่านและเถ้าแกลบ (EFFECTIVENESS OF IORN REMOVAL FROM SYNTHETIC GROUNDWATER USING UNGRADED SAND CHARCOAL AND BURNT RICE HYSK) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์, 140 หน้า. ISBN 974-581-527-6

ศึกษาประสิทธิภาพการกรองเหล็กซึ่งมีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ออกจากน้ำบาดาลสังเคราะห์โดยใช้ตัวกรองที่เป็นทรายไม้คัดขนาด ถ่าน เถ้าแกลบ ซึ่งมีความหนาของชั้นกรอง 50 เซนติเมตร และตัวกรอง 3 ชั้น (ชั้นของถ่านหนา 10 เซนติเมตร ชั้นของเถ้าแกลบหนา 20 เซนติเมตร และชั้นของทรายไม้คัดขนาดหนา 20 เซนติเมตร) โดยใช้อัตรากรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต ผลการศึกษาพบว่าในทุกความเข้มข้น และทุกอัตรากรอง ตัวกรองที่เป็นเถ้าแกลบมีประสิทธิภาพในการกรองเหล็กดีที่สุด รองลงมาได้แก่ ตัวกรอง 3 ชั้น ทรายไม้คัดขนาด และถ่าน ตามลำดับ แต่ในแง่ของอายุการกรองพบว่าถ่านมีอายุการกรองที่นานที่สุด รองลงมาได้แก่ ตัวกรอง 3 ชั้น ทรายไม้คัดขนาด และเถ้าแกลบซึ่งมีอายุการกรองที่สั้นที่สุด ดังนั้นตัวกรองที่เหมาะสมที่สุดคือ ตัวกรอง 3 ชั้น เนื่องจากสามารถกรองเหล็กในน้ำบาดาลสังเคราะห์ซึ่งความเข้มข้นของเหล็ก 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ให้เหลือน้อยกว่า 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ตามมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก โดยมีอายุการกรองที่นานที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สหสาขา
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สาขาสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2534

ลายมือชื่อนิสิต นภวรรณ รัตสุข
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ธเรศ สถิตย์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความกรุณาอย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์
ดร. ธีรศ ศรีสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ ชี้คิดเห็น และ
ช่วยเหลือการวิจัยด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมบุญ วิจารณ์บูรณานนท์
รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ อาจารย์สุรวิ วิจารณ์อารยานนท์ และคุณสมคิด บัวเพ็ง
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ชี้แนะและแก้ไข เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคุณวิเชียร จุ่งรุ่งเรือง แห่งกองประชาสัมพันธ์ กรมอนามัย ที่ได้ให้คำแนะนำ
และข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัย พร้อมทั้งจัดหาวัสดุที่ใช้ในการวิจัยให้กับผู้วิจัย ขอขอบคุณคุณสมพร
เอี่ยมสาอางค์ แห่งศูนย์บริการเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
ซึ่งเป็นผู้จัดหาถังกรองน้ำที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคุณसानวน เลาทบุตร ที่ได้อนุญาต
สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีเกือบทุกชนิด

พร้อมกันนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณคุณธีรพล คังคะเกตุ คุณสิทธิพรหม แซ่มา และเจ้าหน้าที่
ของห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวก
เป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยบางส่วน
ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่ช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำวิจัยตลอดมา
และท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจ
แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎีเกี่ยวกับเหลี่ยมหน้า การกรอง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	23
4. ผลการวิจัย	30
5. วิจารณ์ผลการวิจัย	69
6. สรุปผล และข้อเสนอแนะ	80
รายการอ้างอิง	84
ภาคผนวก	88
ประวัติผู้เขียน	140

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	สรุปผลการในการคำนวณหาความผิดของตัวกรอง 18
4.1	คุณสมบัติโดยทั่วไปของน้ำประปาที่ใช้ในการสังเคราะห์น้ำบาดาล 30
4.2	ประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลสังเคราะห์ของถ่าน ทรายหนักค้ำขนาด ๕ นิ้ว แกลบน และตัวกรอง 3 ชั้นใช้อัตรกรอง 1 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต 33
4.3	ประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลสังเคราะห์ของถ่าน ทรายหนักค้ำขนาด ๕ นิ้ว แกลบน และตัวกรอง 3 ชั้นใช้อัตรกรอง 2 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต 34
4.4	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจาก น้ำบาดาลสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของเหล็ก 5 มิลลิกรัม/ลิตร ระหว่าง ถ่าน ทรายหนักค้ำขนาด ๕ นิ้ว แกลบน และตัวกรอง 3 ชั้น 35
4.5	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจาก น้ำบาดาลสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของเหล็ก 10 มิลลิกรัม/ลิตร ระหว่างถ่าน ทรายหนักค้ำขนาด ๕ นิ้ว แกลบน และตัวกรอง 3 ชั้น 36
4.6	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจาก น้ำบาดาลสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของเหล็ก 14 มิลลิกรัม/ลิตร ระหว่างถ่าน ทรายหนักค้ำขนาด ๕ นิ้ว แกลบน และตัวกรอง 3 ชั้น 37
4.7	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจาก น้ำบาดาลสังเคราะห์ของถ่านเมื่อใช้อัตรกรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต 42
4.8	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจาก น้ำบาดาลสังเคราะห์ของทรายหนักค้ำขนาดที่ใช้อัตรกรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต 43

ตารางที่	หน้า
4.9 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กออกจาก น้ำบาดาลส่ง เครื่องของ ถ้ำแกลบเมื่อใช้อัตรากรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต	44
4.10 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กออกจาก น้ำบาดาลส่ง เครื่องของตัวกรอง 3 ชั้นเมื่อใช้อัตรากรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต	45
4.11 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กออกจาก น้ำบาดาลส่ง เครื่องของถ่าน ที่ความสูงต่าง ๆ	51
4.12 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กออกจาก น้ำบาดาลส่ง เครื่องของทรายไม่คัดขนาด ที่ความสูงต่าง ๆ	52
4.13 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กออกจาก น้ำบาดาลส่ง เครื่องของ ถ้ำแกลบ ที่ความสูงต่าง ๆ	53
4.14 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กออกจาก น้ำบาดาลส่ง เครื่องของตัวกรอง 3 ชั้น ที่ความสูงต่าง ๆ	54
4.15 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพของถ่านในการกรอง เหล็ก ออกจากน้ำบาดาลส่ง เครื่องที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร	58
4.16 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพของทรายไม่คัดขนาดใน การกรอง เหล็กออกจากน้ำบาดาลส่ง เครื่องที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร	59
4.17 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพของ ถ้ำแกลบ ในการกรอง เหล็กออกจากน้ำบาดาลส่ง เครื่องที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร	60
4.18 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของประสิทธิภาพของตัวกรอง 3 ชั้น ในการกรอง เหล็กออกจากน้ำบาดาลส่ง เครื่องที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร	61

ตารางที่	หน้า
4.19 อายุการกรองของถ่าน ทรายไม่คักขนาด ๕ มม. และถั่วกรอง 3 ชั้น ที่มีความหนา 50 เซนติเมตร ที่อัตราการกรอง 1 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต ...	68
4.20 อายุการกรองของถ่าน ทรายไม่คักขนาด ๕ มม. และถั่วกรอง 3 ชั้น ที่มีความหนา 50 เซนติเมตร ที่อัตราการกรอง 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต....	69
5.1 ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรองโดยถั่วกรองถ่าน ทรายไม่คักขนาด ๕ มม. และถั่วกรอง 3 ชั้นที่อัตราการกรอง 1 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต. ...	73
5.2 ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรองโดยถั่วกรองถ่าน ทรายไม่คักขนาด ๕ มม. และถั่วกรอง 3 ชั้นที่อัตราการกรอง 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต. ...	74
6.1 สรุปผลการทดลอง	78

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

รูปที่	หน้า
1.1 ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในจังหวัดต่าง ๆ ในประเทศไทย	2
2.1. สถานะต่าง ๆ ของเหล็กในน้ำ	9
3.1 ถังกรองน้ำบาดาลที่เข้าในการวิจัย	25
3.2 ผังการทดลอง	27
4.1 ประสิทธิภาพในการกรองเหล็กที่มีความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ของถ่าน ทรายหนักคักขนาด ถั่วแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น ซึ่งใช้อัตรากรอง 1 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	38
4.2 ประสิทธิภาพในการกรองเหล็กที่มีความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ของถ่าน ทรายหนักคักขนาด ถั่วแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น ซึ่งใช้อัตรากรอง 2 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	38
4.3 ประสิทธิภาพในการกรองเหล็กที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร ของถ่าน ทรายหนักคักขนาด ถั่วแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น ซึ่งใช้อัตรากรอง 1 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	39
4.4 ประสิทธิภาพในการกรองเหล็กที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร ของถ่าน ทรายหนักคักขนาด ถั่วแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น ซึ่งใช้อัตรากรอง 2 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	39
4.5 ประสิทธิภาพในการกรองเหล็กที่มีความเข้มข้น 14 มิลลิกรัม/ลิตร ของถ่าน ทรายหนักคักขนาด ถั่วแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น ซึ่งใช้อัตรากรอง 1 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	40
4.6 ประสิทธิภาพในการกรองเหล็กที่มีความเข้มข้น 14 มิลลิกรัม/ลิตร ของถ่าน ทรายหนักคักขนาด ถั่วแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น ซึ่งใช้อัตรากรอง 2 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	40

รูปที่	หน้า
4.7 ประสิทธิภาพของถ่านในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อัตราการกรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต	46
4.8 ประสิทธิภาพของทรายแก้วคักขนาดในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น ต่าง ๆ ที่อัตราการกรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต	47
4.9 ประสิทธิภาพของแก้วเกลบในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อัตราการกรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต	48
4.10 ประสิทธิภาพของตัวกรอง 3 ชั้นในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น ต่าง ๆ ที่อัตราการกรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต	49
4.11 ประสิทธิภาพของถ่านในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อัตราการกรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต โดยมีความหนา 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร	55
4.12 ประสิทธิภาพของทรายแก้วคักขนาดในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อัตราการกรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต โดยมีความหนา 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร	55
4.13 ประสิทธิภาพของแก้วเกลบในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อัตราการกรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต โดยมีความหนา 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร	56
4.14 ประสิทธิภาพของตัวกรอง 3 ชั้นในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อัตราการกรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต โดยมีความหนา 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร	56
4.15 ประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ของถ่าน ซึ่งใช้ที่อัตราการกรอง 1 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต	62
4.16 ประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ของถ่าน ซึ่งใช้ที่อัตราการกรอง 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต	62
4.17 ประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ของทรายแก้วคักขนาด ซึ่งใช้ที่อัตราการกรอง 1 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต	63
4.18 ประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ของทรายแก้วคักขนาด ซึ่งใช้ที่อัตราการกรอง 2 แกลลอน/นาฬิกา/ตารางฟุต	63

รูปที่	หน้า
4.19 ประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ของ ถ้ำเกลือ ซึ่งใช้ที่อัตราการกรอง 1 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	64
4.20 ประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ของ ถ้ำเกลือ ซึ่งใช้ที่อัตราการกรอง 2 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	64
4.21 ประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ของ ถ้ำกรอง 3 ชั้น ซึ่งใช้ที่อัตราการกรอง 1 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	65
4.22 ประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ของ ถ้ำกรอง 3 ชั้น ซึ่งใช้ที่อัตราการกรอง 2 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	65
4.23 อายุการกรองเฉลี่ยของถ้ำกรองทั้ง 4 ชนิด ที่อัตราการกรอง 1 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	68
4.24 อายุการกรองเฉลี่ยของถ้ำกรองทั้ง 4 ชนิด ที่อัตราการกรอง 2 แกลลอน/นาที่/ตารางฟุต	68
5.1 ปริมาณเหล็กที่เหลืออยู่ในน้ำที่ผ่านการกรองโดยถ้ำนํ้าหนักคั้นขนาด ถ้ำเกลือ และถ้ำกรอง 3 ชั้น	75
5.2 ประสิทธิภาพในการกรอง เหล็กออกจากน้ำบาดาลสังเคราะห์ และอายุการกรอง ของถ้ำกรองทั้ง 4 ชนิด	79

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย