

การใช้ประโยชน์และประสิทธิผลของถังทรายกรองซ้ำในท้องถิ่นชนบท

ภาคกลางของประเทศไทย



นายไพโรจน์ สัตยสันต์สกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-567-100-2

012133

1168714x

APPLICATION AND EFFECTIVENESS OF SLOW SAND FILTERS

IN

CENTRAL RURAL AREAS OF THAILAND

MR. PAIROJ SATTAYASANSKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF SANITARY ENGINEERING

GRADUATE SCHOOL

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้ประโยชน์และประสิทธิผลของตั้งทรายกรองช้า ในท้องถิ่นชนบท
ภาคกลางของประเทศไทย

โดย นายไพโรจน์ สัตยศักดิ์สกุล


ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัดกุลเวศม์

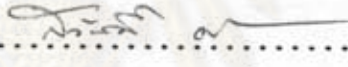
รองศาสตราจารย์ไพพรรณ พรประภา




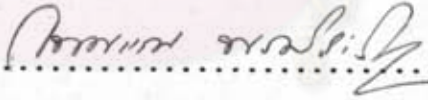
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

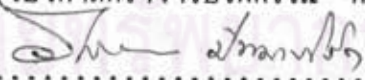

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรากัย)

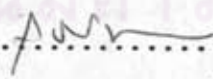
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์สวัสดิ์ ธรรมิกรักษ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัดกุลเวศม์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ไพพรรณ พรประภา)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์วีรวรรณ บัทยาภิรัต)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรี ชาวเอียร)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์และประสิทธิผลของถังทรายกรองช้าในท้องถิ่นชนบท ภาคกลางของประเทศไทย
ชื่อนิสิต	นายไพโรจน์ ลีตยสันต์สกุล
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัดพลเวศม์ รองศาสตราจารย์ไพพรรณ พรประภา
ปีการศึกษา	2529



บทคัดย่อ

ระบบผลิตน้ำสำหรับงานประปาชนบทโดยทั่วไปมีกรรมวิธีอยู่ 2 แบบ คือ ระบบถัง-ทรายกรองเร็ว และระบบถังทรายกรองช้า ระบบผลิตน้ำแต่ละแบบมีข้อจำกัดและข้อดีซึ่งแตกต่างกัน การเลือกใช้จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงความเหมาะสมและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น การดำเนินการวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และความเหมาะสมของการใช้ถังทรายกรองช้า เพื่อให้เกิดความเข้าใจและเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจเลือกใช้

การดำเนินการวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลของการประปาแบบถังทรายกรองช้า จำนวน 15 แห่ง ในพื้นที่ชนบทภาคกลางของประเทศไทย จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและจากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาจะนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลสรุปของการใช้ประโยชน์และประสิทธิผลของถังทรายกรองช้าในพื้นที่ทำการวิจัย ทั้งนี้ ผลของการศึกษาสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. ขณะทำการวิจัยพบว่ามี การประปา จำนวน 7 แห่ง ซึ่งไม่ได้มีการใช้ถังทรายกรองช้า และมีการจ่ายน้ำดิบโดยตรงให้แก่ผู้ใช้น้ำ
2. อายุการใช้งานเฉลี่ยของถังทรายกรองช้าขณะทำการวิจัย (ปี 2528) เท่ากับ 8.8 ปี และอัตราการใช้น้ำประปาเฉลี่ยประมาณ 69 ลิตรต่อคนต่อวัน
3. อัตราการกรองที่ออกแบบเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 เมตรต่อชั่วโมง และอัตราการกรองที่ใช้งานเฉลี่ยเท่ากับ 0.09 เมตรต่อชั่วโมง

4. การควบคุมระบบประปาส่วนใหญ่ ผู้ควบคุมจะเป็นผู้ตัดสินใจดำเนินการตามความเหมาะสม ไม่มีการกำหนดรูปแบบการควบคุมจากผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมมีอายุเฉลี่ยในปัจจุบันประมาณ 41 ปี และทุกคนมีความรู้ในระดับประถมศึกษา

5. การทำความสะอาดถังทรายกรองช้าโดยเฉลี่ยประมาณ 9 เดือนต่อครั้ง แต่แต่ละครั้งจะใช้แรงงานคนเฉลี่ยประมาณ 11.6 คน และใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 1.5 วัน

6. การประปาแบบถังทรายกรองช้าในปัจจุบันมีรายได้เฉลี่ย 2.41 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และรายจ่าย (ค่าดำเนินการ) เฉลี่ย 2.00 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

7. การลงทุนของระบบประปาเฉลี่ยประมาณ 705 บาทต่อประชากรในชุมชนหนึ่งคน

8. ปัจจุบันมีการประปา จำนวน 8 แห่ง ที่สามารถจ่ายน้ำประปาที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์กำหนดน้ำบริโภคของการประปาส่วนภูมิภาคบริการให้แก่ชุมชน

ตอนท้ายของการวิจัยนี้ได้ชี้ให้เห็นว่า การใช้ประโยชน์และประสิทธิผลของถังทรายกรองช้าในท้องถิ่นชนบทภาคกลางของประเทศไทยยังมีขีดจำกัดและอุปสรรคอยู่หลายประการ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบถังทรายกรองช้ายังอาจดำเนินการต่อไปได้ ทั้งนี้ การวิจัยนี้ได้ให้ข้อสรุปและข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางการพัฒนาระบบถังทรายกรองช้าต่อไปในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thisis Tittle Application and Effectiveness of Slow Sand
 Filters in Central Rural areas of Thailand
 Name Mr. Pairoj Sattayasanskul
 Thesis Advisor Associate Professor Munsin Tuntoolavest, Ph.D.
 Associate Professor Paipan Pornprepa
 Department Sanitary Engineering
 Acedemic Year 1986



ABSTRACT

Water treatment for rural water supply generally have two processes namely, slow sand filtration and rapid sand filtration. Each of them has its merit and demerit depending on difference factors. The selection of appropriate one needs study about potential and suitability. This study provided some informations on the selection of slow sand filtration.

In this study, many data had been collected from fifteen slow sand filtration waterworks in the central rural areas of Thailand. All of these data had been collected either from concerned government agencies or from field surveys. The data had been evaluated to define the application and effectiveness of slow sand filter in the studied areas. The results of the study were as follow:

- I. For the fifteen slow sand filter plants, seven of them abandoned their filters. Consequently, raw water was sent directly to the users.

2. The average age of the plants (in years 1985) was about 8.8 years and the average water demand was around 69 lpcd.

3. the average design filtration rate was about 0.21 m. per hr. and the average actual working filtration rate was about 0.09 m. per hr.

4. Most of the operators ran their plants by their own experiment without any suggestions from designers. The average age and education of them were around 41 years and primary school level, respectively.

5. The average filter cleaning period was about 9 months. Each time needed 11.6 labours and 1.5 days.

6. The average water charge was approximately of 2.41 baht per cu.m. and the average expense (operating and maintenance) was 2.00 baht per cu.m..

7. The average investment cost of the water supply system was 705 baht per person in the community.

8. At present, only eight waterworks could supply water to meet PWA's drinking water standard.

This study has revealed that the application and effectiveness of slow sand filters in central rural areas of Thailand presently still had some limitation and problems. However, the development of slow sand filters was still feasible. This research finally provided summaries and recommendations for the future development of slow sand filtration plants.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตันตุลเวศม์ รองศาสตราจารย์ไพพรรณ พรประภา และผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรี ชาวเอียร ที่ได้ให้คำแนะนำต่าง ๆ และพยายามผลักดันเพื่อให้ได้วิทยานิพนธ์ที่มีคุณค่าทางวิชาการ จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ บริษัท สยามกลการ จำกัด ที่ได้ให้เงินอุดหนุนในการทำงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณหน่วยงานต่าง ๆ อาทิเช่น การประปาส่วนภูมิภาค กรมโยธาธิการ และกรมอนามัย ที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ นายประแสง มงคลศิริ และนายวิริยะ มีสงฆ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในระหว่างการทำวิจัย และขอขอบคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ กองแผนงาน การประปาส่วนภูมิภาค ที่ได้ให้คำแนะนำ กำลังใจ และช่วยพิมพ์ ช่วยตรวจจนวิทยานิพนธ์ได้เสร็จสิ้นลง

ท้ายที่สุดนี้ ประโยชน์หรือคุณค่าใด ๆ ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์นี้ผู้วิจัยขอมอบให้แก่ บิดา มารดา ซึ่งได้ออกทนทำงานอย่างหนักตลอดชีวิตเพื่อการศึกษาของลูก ๆ ทุกคน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ



ผ.

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ฅ
สารบัญตาราง	ด
สารบัญภาพ	ต
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 ขอบเขตความรับผิดชอบของหน่วยงานสำหรับกิจการประปาส่วนภูมิภาคและชนบท	2
1.3 ระบบผลิตน้ำของกิจการประปาชนบท	3
1.4 ขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
2 ทฤษฎีของถังทรายกรองช้า	8
2.1 ประวัติความเป็นมา	8
2.2 หลักการเบื้องต้นของระบบถังทรายกรองช้า	9
2.3 กลไกการกรองของถังทรายกรองช้า	9
2.3.1 กลไกแบบ Mechanical straining	10
2.3.2 กลไกแบบตกตะกอน	10
2.3.3 กลไกแบบคูดัดผิว	11
2.3.4 กลไกทางชีว-เคมี	11

2.4	บทบาทของสาหร่ายในถังกรอง	12
2.5	ส่วนประกอบของถังทรายกรองช้า	14
2.5.1	ชั้นน้ำดิบเหนือทรายกรอง	14
2.5.2	ชั้นของสารกรอง	14
2.5.3	ระบบรับน้ำกรอง	14
2.5.4	ส่วนควบคุมกรองและอุปกรณ์ควบคุม	14
2.6	การควบคุมการทำงานและบำรุงรักษาถังทรายกรองช้า	16
2.6.1	การเริ่มต้นการกรอง	16
2.6.2	การควบคุมอัตราการกรองของถังทรายกรองช้า	16
2.6.2.1	การควบคุมอัตราการกรองด้วยวิธีอัตรา การกรองคงที่	16
2.6.2.2	การควบคุมอัตราการกรองด้วยวิธีอัตรา การกรองลด	17
2.6.3	การล้างทรายกรอง	18
2.6.3.1	การล้างทรายแบบใช้ลานฉีคล้าง	18
2.6.3.2	การล้างทรายแบบใช้แรงดันน้ำ	18
2.6.4	การเติมทราย	19
2.6.5	การใช้แรงดันของในการล้างทรายกรอง	23
2.7	ข้อได้เปรียบของระบบถังทรายกรองช้า	25
2.8	ข้อจำกัดของการใช้ระบบถังทรายกรองช้า	26

บทที่ 3	การออกแบบและใช้งาน	27
3.1	ข้อพิจารณาในการออกแบบระบบถังทรายกรองช้า	27
3.1.1	สภาพของแหล่งน้ำดิบ	27
3.1.2	คุณภาพของน้ำที่ผลิตได้	28
3.1.3	กำลังผลิตของระบบประปา	28
3.1.4	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพของ ท้องถิ่น	30
3.1.5	ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง	30
3.1.6	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	30
3.1.7	วิธีการก่อสร้างและความสามารถของแรงงานท้องถิ่น	30
3.2	เกณฑ์กำหนดการออกแบบระบบถังทรายกรองช้า	30
3.3	การเลือกใช้และออกแบบระบบ Pre-treatment	33
3.3.1	อ่างเก็บน้ำ	33
3.3.2	ถังตกตะกอนตามแนวราบ	34
3.3.3	ระบบรับน้ำกรองใต้น้ำ	35
3.3.4	การกรองด้วยวัสดุหยาบ	35
	3.3.4.1 ถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลตามแนวตั้ง	35
	3.3.4.2 ถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลตามแนวนอน	36
4	วิธีการดำเนินการวิจัย	38
4.1	การหาข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนที่ตั้งและรายละเอียดเบื้องต้น	38
4.2	การออกสนามเพื่อสำรวจระบบถังทรายกรองช้า	38

4.2.1	การจัดเส้นทางกรเวินทางเพื่อสำรวจระบบ ถังทรายกรองช้า	38
4.2.2	การสำรวจข้อมูลและเก็บตัวอย่างน้ำ	38
4.2.2.1	ข้อมูลเชิงวิศวกรรม	39
4.2.2.2	ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งน้ำดิบ	39
4.2.2.3	ข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินการ	39
4.2.2.4	ข้อมูลทั่วไปของชุมชน	39
4.3	การวิเคราะห์ข้อมูล	39
4.4	การนำเสนอและวิจารณ์ข้อมูล	40
4.5	สรุปและข้อเสนอแนะ	40
5	การนำเสนอและวิจารณ์ข้อมูล	42
5.1	ข้อมูลทั่วไป	42
5.2	รายละเอียดระบบประปา	45
5.2.1	แหล่งน้ำดิบ	45
5.2.2	ส่วนประกอบของระบบประปา	45
5.2.2.1	การประปาสูขาภิบาลป้องกันน้ำร้อน	48
5.2.2.2	การประปาบ้านทำดินดำ	48
5.2.2.3	การประปาบ้านบางเลา-บางมัญ	52
5.2.2.4	การประปาบ้านท่าหลวง	52
5.2.2.5	การประปาทุบกะพง	58
5.2.2.6	การประปาศึกษาสงเคราะห์	58

5.2.2.7	การประปาแม่กุน้อย	64
5.2.2.8	การประปาบ้านเจดีย์โทะ๊ะ	64
5.2.2.9	การประปาแม่กัทหลวง	69
5.2.2.10	การประปาบ้านโคกหม้อ	69
5.2.2.11	การประปาสุขาภิบาลท่าปลา	73
5.2.2.12	การประปาช่องเขาซาค	73
5.2.2.13	การประปาเหมืองเบ็ง-วังบาล	78
5.2.2.14	การประปาหมู่บ้านเจดีย์ทอง	82
5.2.2.15	การประปาวัดญาแสงวาราม	86
5.2.3	สรุปรายละเอียดระบบประปา	86
5.3	การควบคุมระบบประปา	93
5.3.1	การควบคุมระบบประปาแบบอัตราการกรองลด	94
5.3.2	การควบคุมระบบประปาแบบอัตราการกรองคงที่	94
5.4	การทำความสะอาดถังทรายกรองช้า	100
5.5	สภาพทางการเงินของการประปา	103
5.6	การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	107
5.7	การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	118
5.8	ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบประปาแบบถังทรายกรองช้า	120
5.8.1	ปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำดิบ	120
5.8.2	ปัญหาการเกิดสารทรายออกตันชั้นกรอง	120
5.8.3	ปัญหาการเกิดการชำรุดของเครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์ ต่าง ๆ	123

5.8.4	ปัญหาการขาดความรู้ความเข้าใจของผู้ควบคุม	123
5.8.5	ปัญหากำลังผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำ	123
5.8.6	ปัญหาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง	123
6	สรุปและข้อเสนอแนะ	124
6.1	การวางแผนระบบประปา	124
6.2	การออกแบบถังทรายกรองช้า	128
6.3	การควบคุมและบำรุงรักษา	130
6.4	การจัดการและบริหารงานของการประปา	133
6.5	งานวิจัยต่อเนื่อง	134
	เอกสารอ้างอิง	135
	ภาคผนวก ก.	138
	ภาคผนวก ข.	152
	ภาคผนวก ค.	168
	ภาคผนวก ง.	170
	ประวัติ	172

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	รายชื่อของการประปาแบบถังทรายกรองซ้ำในพื้นที่ชนบทภาคกลาง ของประเทศไทย	6
3.1	ประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารต่าง ๆ ของกระบวนการผลิต น้ำประปา	28
3.2	ลักษณะของสารกรองของถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลตาม แนวนอนของ Thanh, (20)	37
4.1	แสดงถึงตัวแปรและวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	41
5.1	ข้อมูลทั่วไปของการประปาแบบถังทรายกรองซ้ำในพื้นที่ชนบทภาคกลาง ของประเทศไทย	43
5.2	ประเภทของแหล่งน้ำดิบและรายละเอียดของระบบรับน้ำดิบ	46
5.3	รายละเอียดของส่วนประกอบของระบบประปา	90
5.4	ข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับถังทรายกรองซ้ำ	91
5.5	รายละเอียดการควบคุมถังทรายกรองซ้ำ	96
5.6	รายละเอียดเกี่ยวกับผู้ควบคุมระบบประปา	98
5.7	รายละเอียดของการทำงานของถังทรายกรองซ้ำ	101
5.8	ข้อมูลรายได้ของแต่ละการประปา	104
5.9	ข้อมูลด้านรายจ่ายของแต่ละการประปา	105
5.10	สรุปสภาพทางการงานของแต่ละการประปา	107
5.11	อัตราส่วนของเงินลงทุนต่อประชากรและอัตราส่วนของค่าใช้จ่าย ต่อประชากร	111
5.12	การจำแนกอัตราส่วนของเงินลงทุนต่อประชากรและอัตราส่วนของ ค่าใช้จ่ายดำเนินการต่อประชากรตามขนาดของชุมชน	115

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.13	รายจ่ายค่าน้ำและอัตราส่วนรายจ่ายค่าน้ำต่อรายได้ของประชากร...	116
5.14	การวิเคราะห์แนวโน้มการให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์	117
5.15	สรุปผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากการประปาแต่ละแห่ง	119
5.16	ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับระบบประปาแบบถังทรายกรองช้า	121
ผ. 1	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาสุขาภิบาลโป่งน้ำร้อน	153
ผ. 2	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาท่าดินคำ	154
ผ. 3	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาบ้านบางเลา-บางมัญ	155
ผ. 4	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาสุขาภิบาลท่าหลวง	156
ผ. 5	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาหุบกะพง	157
ผ. 6	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาศึกษาสงเคราะห์	158
ผ. 7	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาแม่กุ่มน้อย	159
ผ. 8	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาบ้านเจดีย์ไค้ะ	160
ผ. 9	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาบ้านแม่กุดหลวง	161
ผ. 10	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาบ้านโคกหม้อ	162
ผ. 11	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาสุขาภิบาลท่าปลา	163
ผ. 12	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาช่องเขาขาด	164
ผ. 13	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาเหมืองแม่เ้ง-วังบาล	165
ผ. 14	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาบ้านเจดีย์ทอง	166
ผ. 15	ผลการวิเคราะห์น้ำของการประปาวัดญาณสังวราราม	167
ผ. 16	มาตรฐานน้ำดื่มของการประปาส่วนภูมิภาค.....	168
ผ. 17	มาตรฐานน้ำดื่มของการประปาส่วนภูมิภาค	170

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ตำแหน่งที่ตั้งของการประปาแบบถังทรายกรองช้า	7
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสารกรองและช่องว่างระหว่าง สารกรองที่เกิดขึ้น	10
2.2	กลไกแบบตกตะกอน	11
2.3	ส่วนประกอบของถังทรายกรองช้า	15
2.4	การล้างทรายกรองที่ใช้แล้วแบบใช้ลานฉีกล้าง	19
2.5	ถังล้างทรายกรองที่ใช้แล้วแบบใช้แรงดันน้ำ	20
2.6	ถังแยกทรายกรองที่ผ่านการล้างแล้ว	20
2.7	วิธีการพลิกชั้นทรายภายในถังกรอง	21
2.8	การแบ่งชั้นของทรายกรองในชั้นตอนต่าง ๆ ของการเติมทราย	22
2.9	เครื่องมือที่ใช้ในการล้างทรายของถังทรายกรองช้าแบบใช้แรงดันน้ำ ...	24
3.1	การจำแนกประเภทของแหล่งน้ำดิบ	27
3.2	ขีดจำกัดของการใช้งานและการเลือกใช้ระบบ Pre-treatment	29
3.3	การจำแนกระดับการให้บริการน้ำประปา	31
3.4	ลักษณะการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ ในระบบรับน้ำกรอง	32
3.5	ลักษณะโดยทั่วไปของอ่างเก็บน้ำ	34
3.6	ลักษณะโดยทั่วไปของถังตกตะกอนตามแนวราบ	34
3.7	ลักษณะทั่วไปของระบบรับน้ำกรองใต้ท้องน้ำ (River bed filtration)	35
3.8	ถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลลงตามแนวตั้ง (18)	36
3.9	ถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลตามแนวนอน (18)	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
3.10	ถังกรองด้วยวัสดุหยาบแบบไหลตามแนวนอนซึ่งใช้กับถังทรายกรองซ้ำ การประปาบ้านเจดีย์ทอง บhumธานี ออกแบบโดย Thanh (20)	37
5.1	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาสุขาภิบาลโป่งน้ำร้อน	49
5.2	สภาพทั่วไปของถังทรายกรองซ้ำการประปาสุขาภิบาลโป่งน้ำร้อน	50
5.3	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาบ้านท่าดินดำ	51
5.4	สภาพทั่วไปของถัง Pre-filter แบบ Horizontal Flow Coarse Media	53
5.5	สภาพทั่วไปของถังทรายกรองซ้ำการประปาบ้านท่าดินดำ	53
5.6	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาบ้านบางเลา-บางมัญ	54
5.7	สภาพทั่วไปของถัง Pre-filter แบบ Horizontal Flow Coarse Media และถังทรายกรองซ้ำของการประปาบ้านบางเลา-บางมัญ ซึ่งขณะสำรวจพบว่าการอุดตัน มีการไหลของน้ำด้านบนของชั้นกรอง และมีวัชพืชขึ้นอยู่บริเวณด้านบน	55
5.8	สภาพทั่วไปของถัง Pre-filter แบบ Horizontal Flow Coarse Media และถังทรายกรองซ้ำของการประปาบ้านบางเลา-บางมัญ	55
5.9	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาสุขาภิบาลท่าหลวง	56
5.10	สภาพทั่วไปของถังทรายกรองซ้ำการประปาสุขาภิบาลท่าหลวง	57
5.11	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาหูกะพง	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.12	สภาพทั่วไปของถังรวมตะกอน	60
5.13	สภาพทั่วไปของถังตกตะกอน	60
5.14	สภาพทั่วไปของถังทรายกรองช้า	61
5.15	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาศึกษาสงเคราะห์	62
5.16	สภาพทั่วไปของถังกรองการประปาศึกษาสงเคราะห์	63
5.17	สภาพของท่อน้ำล้นภายในถังกรอง	63
5.18	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาแม่กุ่มน้อย	65
5.19	สภาพทั่วไปของบ่อรับน้ำดิบ	66
5.20	สภาพทั่วไปของถังทรายกรองช้า	66
5.21	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาม้านเจดีย์ไค้ะ	67
5.22	สภาพทั่วไปของถังทรายกรองช้า	68
5.23	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาม้านแม่กุดหลวง	70
5.24	สภาพทั่วไปของถังทรายกรองช้า	71
5.25	ลักษณะของท่อน้ำล้นภายในถังกรอง	71
5.26	ท่อระบายน้ำเหนือชั้นทรายซึ่งออกแบบเพื่อช่วยระบายน้ำออกใน ระหว่างการล้างถังกรอง	72
5.27	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาม้านโคกหม้อ	74

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.28	สภาพทั่วไปของถังทรายกรองช้าขณะทำการสำรวจมีหญ้าเกิดขึ้น เนื่องจากไม่ได้ใช้งานมานาน	75
5.29	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาสุขาภิบาลท่าปลา	76
5.30	สภาพของถังทรายกรองช้าขณะทำการสำรวจไม่ได้ถูกใช้งานมานาน	77
5.31	สภาพโครงสร้างหลังคามุงกระเบื้องของถังกรองขณะทำการสำรวจ อยู่ในสภาพทรุดโทรม.....	77
5.32	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาช่องเขาขาด	79
5.33	สภาพทั่วไปของถังทรายกรองช้าขณะสำรวจพบว่าไม่ได้ใช้งานมานาน 3 ปี	80
5.34	สภาพของส่วนควบคุมระดับน้ำของถังทรายกรองช้า	80
5.35	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาเหมืองเบ้ง-วังบาล	81
5.36	สภาพทั่วไปของถังตกตะกอนแบบ Upward Flow	83
5.37	สภาพของถังทรายกรองช้าทั้ง 2 ใบ ในภาพด้านนอกจะเป็นถังกรองใหม่ และด้านในเป็นถังกรองเก่า	83
5.38	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาบ้านเจดีย์ทอง	84
5.39	สภาพทั่วไปของระบบประปาการประปาบ้านเจดีย์ทอง	85
5.40	Hydraulic Profile และ Flow Diagram ของระบบประปา การประปาวัดญาณสังวราราม	87

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.41	สภาพทั่วไปของถังทรายกรองซ้ำการประปาวิบูลย์สงวราราม ตั้งภาพจะเห็นเครื่องใช้ในการขนย้ายทรายกรองระหว่างการทำ ความสะอาด	88
5.42	สภาพทั่วไปของถังทรายกรองซ้ำการประปาวิบูลย์สงวราราม ตั้งภาพจะเห็นส่วนควบคุมระดับน้ำเหนือชั้นทรายบริเวณกลางถังกรอง	88
5.43	ความสัมพันธ์ระหว่างเงินลงทุนต่อประชากร (บาทต่อคน) และ ขนาดของชุมชน (คน)	113
6.1	รูปแบบขั้นตอนของการวางแผนระบบประปา	127



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย