# เครื่องกรองน้ำแบบไหลขึ้นชนิดเร็ว

นายภิญโญ ธรรมศิริ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2523

I16654858

# HIGH RATE UP FLOW FILTER

Mr. PINYO THAMMASIRI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1980

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้น


โดย นาย ภิญโญ ธรรมศิริ

แผนกวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย พรรณสวัสดิ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ เศรษฐมานิต


---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ อรุณ สรเทศน์)

..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ เศรษฐมานิต) (อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ธรรมิกรักษ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย พรรณสวัสดิ์) (อาจารย์ที่ปรึกษา)


ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | เครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้น |
| ชื่อนิสิต | นายภิญโญ ธรรมศิริ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชงชัย พรรณสวัสดิ์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต |
| แผนกวิชา | วิศวกรรมสุขาภิบาล |
| ปีการศึกษา | 2523 |

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


## บทคัดย่อ

เครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้น เป็นเครื่องกรองซึ่งให้น้ำไหลเข้าชั้นกรองทางตอนล่างและผ่านออกทางตอนบน เนื่องจากบริเวณส่วนล่างของเครื่องกรองจะมีขนาดของตัวกรองใหญ่กว่าบริเวณส่วนบนจึงทำให้สารแขวนลอยขนาดใหญ่ถูกดักไว้ที่ชั้นกรองตอนล่างและสารแขวนลอยขนาดเล็กกว่าจะถูกดักไว้ทางตอนบน ทำให้สารแขวนลอยกระจายอยู่ทั่วชั้นกรอง

การวิจัยนี้ได้ทำการทดลองใช้เครื่องกรองขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.15x0.15 ตารางเมตร และชั้นทรายกรองสูง 0.80 เมตร ทำการทดลองในสนามโดยน้ำที่ใช้กรองเป็นน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งผ่านการตกตะกอนด้วยสารส้ม ในการทดลองใช้อัตราการกรองระหว่าง 100 - 500 เมตร/วัน จากการทดลองสรุปผลได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพในการลดค่าความขุ่นมีค่าประมาณ 70% สำหรับอัตราการกรองต่ำกว่า 250 เมตร/วัน และประมาณ 60% สำหรับอัตราการกรองสูงขึ้นแต่ไม่เกิน 500 เมตร/วัน

2. ค่าของระดับน้ำสูญเสียสูงสุดของเครื่องกรองแบบไหลขึ้นนี้จะไม่เกิน 0.96 เท่าของความสูงชั้นทราย

3. อัตราการกรองที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 200 - 400 เมตร/วัน

4. เวลาในการใช้งานของเครื่องกรอง (TIME TO BREAK POINT) มีค่า 12 ชั่วโมงสำหรับอัตราการกรอง 400 เมตร/วัน และ 24 ชั่วโมงสำหรับอัตราการกรอง 200 เมตร/วัน

5. ปริมาณการกรอง (FILTRATE VOLUME) มีค่าประมาณ 200 $ม^3/ม^2$ สำหรับอัตราการกรอง 200 - 400 เมตร/วัน

6. การกักเก็บสารแขวนลอย (SUSPENDED SOLIDS LOADING) มีค่าประมาณ 1500 กรัม/$ม^2$ สำหรับอัตราการกรอง 200 - 400 เมตร/วัน

7. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องกรอง (BACKWASH WATER) มีค่าประมาณ 2.5% ของปริมาณน้ำที่ได้จากการกรองที่อัตราการกรอง 200 - 400 เมตร/วัน

โดยทั้งนี้ความขุ่นที่ออกจากการกรองมีค่าประมาณ 3 - 5 หน่วย (JTU)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | |
|---|---|
| Thesis Title | High rate upflow filter |
| Name | Mr. Pinyo Thammasiri |
| Thesis Advisor | Assistance Professor Thongchai Panswad, Ph.D. |
| Thesis Co-Advisor | Professor Surin Setamanit, Ph.D. |
| Department | Sanitary Engineering |
| Acadamic year | 1980 |


## ABSTRACT

High rate upflow filter is the filter which water flows upward through the media. Since the lower media is coarser than the upper one, larger suspended solids will be trapped at the lower layer and the smaller one at the upper layer. This makes suspended solids spread all over the media.

The reseach was performed by using filter of the cross section areas of 0.15 X 0.15 $m^2$. and sand filter media with the height of 0.80 m. , turbidity of the raw water from Chao Phaya River was reduced through alum coagulation. The filter rate is 100 - 500 m/day. The conclusion is as follows

1. Turbidity removal efficiency was about 70% for filter rate lower than 250 m/day and about 60% for the higher filter rate but not exceed 500 m/day.

2. Maximum head loss of the upflow filter did not exceed

0.96 the height of the sand filter media.

3. Time to break point was about 12 hrs. for filter rate of 400 m/day and 24 hrs. for filter rate of 200 m/day respectively.

4. Filtrate volume was about 200 $m^3/m^2$. for the 200 - 400 m/day filter rate.

5. Suspended solids loading was about 1500 $gm/m^2$. for the 200 - 400 m/day filter rate.

6. Backwash water was about 2.5% of filtrate volume for the same filter rate.

7. The effluent turbidity was about 3 - 5 units (JTU).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชงชัย พรรณสวัสดิ์ อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย อย่างสูง ซึ่งท่านได้ให้ข้อแนะนำและแนวทางสำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างสูง

และขอขอบคุณต่อคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลที่ให้วิชาความรู้ในทางวิศวกรรมสุขาภิบาล

ข้าราชการทุกท่านในกองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์นี้

และบรรดาเพื่อน ๆ ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้ จนกระทั่งสำเร็จไปด้วยดี

คุณค่าของวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบให้แก่คุณพ่อ คุณแม่ และน้องทั้งสองของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการตารางประกอบ


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2-1 | แสดงผลการทำงานของเครื่องกรองช้า | 18 |
| 2-2 | แสดงผลการทำงานของเครื่องกรองเร็วแบบไหลลง | 20 |
| 2-3 | แสดงผลการทำงานของเครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้น | 26 |
| 4-1 | Performance of Rapid Sand Upflow Filter | 42 |


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการรูปประกอบ


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1-1 | Upflow Sand Filter, Multi Media Filter, Single Media Biflow Filter and Dual Media Filter | 2 |
| 2-1 | แสดงช่วงขนาดของสารแขวนลอยชนิดต่าง ๆ | 10 |
| 2-2 | แสดงขนาดของช่องว่างระหว่างเม็ดทรายและสารแขวนลอย | 11 |
| 2-3 | แสดงส่วนประกอบของเครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้น | 25 |
| 2-4 | แสดงการกระจายของความดันในชั้นทรายของเครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้น | 28 |
| 3-1 | Diagram ของเครื่องมือในการทดลอง | 33 |
| 3-2 | แสดงรูปร่างและการติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง | 34 |
| 3-3 | แสดง Influent Storage Taule (from Chas Phaya River) | 34 |
| 3-4 | แสดง Rapid Mising และ Flocculation tank | 35 |
| 3-5 | แสดง Tube Settler, Influent Holding Tank (after coagulation) และ Upflow Sand Filter | 35 |
| 3-6 | แสดงถังกรองพร้อมจุดตรวจสอบและสเกลอ่านค่าความสูญเสียของน้ำ | 37 |
| 3-7 | แสดงรูปร่างถังกรองและตำแหน่งจุดตรวจสอบค่าความสูญเสียของน้ำในการทดลอง | 38 |
| 3-8 | แสดงสเกลอ่านค่าความสูญเสียของน้ำในการทดลอง | 38 |
| 3-9 | แสดงเครื่องวัดความขุ่นแบบ Hellige Turbidimeter ที่ใช้ในการทดลอง | 40 |
| 3-10 | แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาสารแขวนลอยในห้องปฏิบัติการกรมโรงงานอุตสาหกรรม | 40 |
| 4-1 | Influent and effluent turbidity at filter rate 100/day | 43 |
| 4-2 | Influent and effluent turbidity at filter rate 150/day | 44 |
| 4-3 | Influent and effluent turbidity at filter rate 200/day | 45 |
| 4-4 | Influent and effluent turbidity at filter rate 250/day | 46 |
| 4-5 | Influent and effluent turbidity at filter rate 300/day | 47 |
| 4-6 | Influent and effluent turbidity at filter rate 400/day | 48 |
| 4-7 | Influent and effluent turbidity at filter rate 500/day | 49 |

| | | |
|---|---|---|
| 4-8 | Influent and effluent turbidity at each filter rate | 50 |
| 4-9 | Head loss through media with time at filter rate 100/day | 51 |
| 4-10 | Head loss through media with time at filter rate 150/day | 52 |
| 4-11 | Head loss through media with time at filter rate 200/day | 53 |
| 4-12 | Head loss through media with time at filter rate 250/day | 54 |
| 4-13 | Head loss through media with time at filter rate 300/day | 55 |
| 4-14 | Head loss through media with time at filter rate 400/day | 56 |
| 4-15 | Head loss through mrdia with time at filter rate 500/day | 57 |
| 4-16 | Head loss maximum at each filter rate with time to break point | 58 |
| 4-17 | Time to break point at each flow rate | 59 |
| 4-18 | Filtrate volume at each filter rate | 64 |
| 4-19 | Suspended solids loading at each filter rate | 65 |
| 4-20 | Back wash water at each filter rate | 66 |
| 4-21 | Filter washing of filter rate 100/day | 67 |
| 4-22 | Filter washing of filter rate 150/day | 68 |
| 4-23 | Filter washing of filter rate 200/day | 69 |
| 4-24 | Filter washing of filter rate 250/day | 70 |
| 4-25 | Filter washing of filter rate 300/day | 71 |
| 4-26 | Filter washing of filter rate 400/day | 72 |
| 4-27 | Filter washing of filter rate 500/day | 73 |


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ฉ |
| กิตติกรรมประกาศ | ซ |
| รายการตารางประกอบ | ฌ |
| รายการรูปประกอบ | ฐ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| 1.1 เครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้น | 1 |
| 1.2 จุดประสงค์ของการทดลองและวิจัย | 3 |
| 1.3 ขอบเขตในการทดลองและวิจัย | 3 |
| 2. ทฤษฎีการกรอง | 4 |
| 2.1 ทฤษฎีการกรองของเครื่องกรองน้ำแบบใช้ทราย | 4 |
| 2.1.1 การศึกษาเกี่ยวกับอัตราการไหล | 5 |
| 2.2 องค์ประกอบต่าง ๆ ในทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการกรอง | 7 |
| 2.2.1 การดักอนุภาคแขวนลอยโดยตรง | 9 |
| 2.2.2 การตกตะกอน | 12 |
| 2.2.3 การกระทบเนื่องจากความเฉื่อย | 14 |
| 2.2.4 การเคลื่อนที่แบบบราวเนี่ยน | 15 |
| 2.2.5 โอกาสที่เกิดการสัมผัสกัน | 15 |
| 2.2.6 การแพร่กระจาย | 16 |
| 2.2.7 แรง แวน เดอ วาลส์ | 16 |
| 2.2.8 อิทธิพลจากประจุไฟฟ้า | 17 |
| 2.3 เครื่องกรองน้ำไหลลงแบบใช้ทราย | 17 |
| 2.3.1 เครื่องกรองช้า | 17 |
| 2.3.2 เครื่องกรองเร็ว | 19 |
| 2.4 เครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้น | 21 |
| 2.4.1 ค่าระดับน้ำสูญเสียสูงสุดที่ยอมรับของเครื่องกรองเร็วแบบไหลขึ้น | 27 |
| 3. วิธีการทดลองและวิจัย | 31 |
| 3.1 แผนการทดลอง | 31 |


หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง 32
3.3 การทดลอง 36
3.4 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 39
4. วิจารณ์ผลการทดลอง 41
4.1 การลดความขุ่น 41
4.2 ระดับน้ำสูญเสีย 41
4.3 เวลาในการกรองขึ้นกับเวลาที่ต้องล้างเครื่องกรอง 60
4.4 ปริมาตรการกรอง 60
4.5 ความสามารถในการกักเก็บสารแขวนลอย 61
4.6 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างกลับ 63
5. สรุปผลการทดลอง 74
6. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยภายหน้า 76
เอกสารอ้างอิง 77
ภาคผนวก 79
ภาคผนวก ก ตารางแสดงผลการทดลอง กราฟของระดับน้ำสูญเสีย และความขุ่นที่ออกจากเครื่องกรอง 80
ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการทดลอง กราฟของสารแขวนลอยที่ออกจากการล้างเครื่องกรอง 102
ประวัติผู้วิจัย 110

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย