# เอกสารอ้างอิง


ภาษาไทย

จุมพล คืนตัก, ธงชัย พึ่งรัศมี และพิภพ วสุวานิช.ดิน. เอกสารธรณีวิทยา เล่มที่ 19 กองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี , 2534

เชาวยุทธ พรพิมลเทพ. หลักเกณฑ์การทำงานของถังตกตะกอน .วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2515

ทนงศักดิ์ เลิศวงศ์คณากูล. ศึกษาการใช้พรีฟิลเตอร์ เพื่อลดปริมาณแอลจีในน้ำก่อนเข้าสู่ถังทรายกรองเร็ว.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528

สุวิมล ผดุงธนมงคล. การกำจัดแอลจีโดยใช้พลาสติกมีเดียพรีฟิลเตอร์ . วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528

วีระ อินทรกุล. การศึกษาถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้แผ่นขนานเอียง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524

พิศาล ขยันสำรวจ. การศึกษาถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้กระเบื้องลอนคู่กับทราย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526

ภาษาอังกฤษ.

Andrew - Villegas R. and Letterman R.D., "Optimizing flocculation power input , " J.ASCE., San E. Div., 102 , 251-264, 1974

Amirtharajah A. and Mills K.M., "Rapid - mix design for mechanisms of alum coagulation," J.AWWA, 74, 210-216, 1982.

_____., "Some theoretical conceptaul views of filtration," J.AWWA., 36-45, 1988

Bond A.W., "Upflow solid contact basin," J.San.Eng.Div.ASCE. V.87, Sa.6,57 - 89, 1961

Camp T.R., "Sedimentation and the design of settling tanks" Trans. ASCE., vOL3, 895 - 936, 1946

_____.,"Studies of sedimentation basin design," J. Sew and Ind. Wastes, vol 25, 1-12, 1953

Culp G.L. and Hamsen S.P., "Applying shallow depth sedimentation theory," J.AWWA., vol.59 - , 1134 , 1967

Hazen A., " On sedimentation," Trans. ASCE., vol 53, 45-87, 1904

Heiple L.P., "Effectiveness of coarse grained media for filtration," J.AWWA, vol 51, No.6, 746-710, 1959

Ives K.J., "Theory of filtration, " Special of subject No. 7, Inst. of Water Supply Congress, Assoc., London, 3-27, 1969

_____.,"Fundamentals of filtration," Proc. of Sym. on Water Filtraion, European Federation of Chem Eng, Belgium, 1982

Miller D.G.,west J.T. and Robinson M., Floc blanket clarification-1 : The effect of physical variables on floc blanket Behaviour using aluminium sulphate as coagulant ,Wat. and Wat. Eng., 240-245, 1966

Mackrle S., " Hydrodynamic principles of sludge blanket stability," J. of Effluent Water Treatment, vol5, No.10,505-512,1965

O' Melia C.R., "Coaulation and flocculation , "Physicochemical Process for water Quality Contral, by Waber W.J. Wiley Interscience New York, 1972

Prager F.D. "The sludge blanket clarifier," J.water and Sew. Wks., No.4,143 - 151 , 1950

Suter M., "High rate recharge of ground water by infiltration," J.AWWA, vol 48, 355-360, 1956

Tesarik C.R.,"Flow in sludge blanket clarifiers," J.San.Eng.Div.ASCE., Vol97, Sa.6 , 105 - 119 , 1967

Yao K.M., "Theoretical Study of high - rate sedimentation," J.water Pollution Control Federation, Vol42, No.2, 218 - 228, 1970

_____., Habison M.T., O'Melia C.R., "Water and waste water filtration: Concepts and Application," Environmental Science and Technology, 1105 - 1112, 1971.

## ภาคผนวก ก.

การเลือกใช้ความสูงของตัวกลางกรวด

| | | | |
|---|---|---|---|
| ความเร็วน้ำไหลขึ้น | = | 15 | ซม./นาที |
| ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม | = | 20 | มก./ล. |
| ความสูงของชั้นตะกอน | = | 0.75 | ม. |
| ขนาดของกรวด | = | 9-12 | มม. |
| ความสูงของกรวดที่จะทดลอง | = | 5,10,20,30 | ซม. |
| ความขุ่นของน้ำดิบสังเคราะห์ | = | 50 | NTU |

ตารางแสดงค่าความขุ่นของน้ำผลิตที่ได้จากการทดลองที่ช่วงเวลา 0.5-6 ชม.

| เวลา ชม.ที่ | ความสูงของตัวกลางกรวด (ซม.) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 |
| 0.5 | 3.10 | 2.60 | 2.70 | 2.50 | 2.50 |
| 1 | 0.80 | 0.75 | 0.69 | 0.60 | 0.59 |
| 2 | 0.78 | 0.75 | 0.70 | 0.60 | 0.60 |
| 3 | 0.78 | 0.70 | 0.69 | 0.61 | 0.59 |
| 4 | 0.78 | 0.75 | 0.71 | 0.60 | 0.59 |
| 5 | 0.79 | 0.75 | 0.71 | 0.60 | 0.59 |
| 6 | 0.78 | 0.75 | 0.71 | 0.60 | 0.59 |
| ประสิทธิภาพของกรวดในการกำจัดความขุ่นที่ 6 ชม. % | - | 3.85 | 8.97 | 23.08 | 24.36 |

$$\text{ประสิทธิภาพของกรวดในการกำจัดความขุ่น (\%)} = \frac{\text{ความขุ่นของน้ำผลิตเมื่อระบบไม่มีกรวด} - \text{ความขุ่นของน้ำผลิตเมื่อระบบมีกรวด}}{\text{ความขุ่นของน้ำผลิตเมื่อระบบไม่มีกรวด}} \times 100$$

## ภาคผนวก ข.

ตารางที่ ข1 ค่าความขุ่นของน้ำผลิต (NTU) ที่เวลาต่าง ๆ
การทดลองชุดที่ 1 : ความเร็วน้ำไหลขึ้น 15 ซม./นาที

| สารส้ม (มก./ล.) | 10 | | | | 15 | | | | 20 | | | | 30 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้นตะกอน(ม.) / เวลา(ชม.) | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 |
| 0.5 | 6.00 | 1.70 | 5.30 | 4.50 | 5.00 | 4.40 | 3.80 | 3.10 | 5.00 | 3.00 | 4.00 | 2.50 | 4.00 | 3.30 | 2.50 | 1.10 |
| 1 | 1.20 | 0.90 | 0.95 | 0.80 | 0.80 | 1.20 | 0.90 | 0.70 | 0.65 | 0.51 | 0.50 | 0.38 | 0.55 | 0.50 | 0.29 | 0.35 |
| 2 | 0.85 | 0.99 | 0.70 | 0.90 | 0.90 | 0.75 | 0.65 | 0.70 | 0.70 | 0.48 | 0.47 | 0.40 | 0.50 | 0.45 | 0.37 | 0.32 |
| 3 | 0.95 | 1.00 | 0.90 | 0.75 | 0.75 | 0.50 | 0.65 | 0.60 | 0.65 | 0.49 | 0.45 | 0.35 | 0.45 | 0.40 | 0.30 | 0.34 |
| 4 | 1.12 | 1.15 | 0.95 | 0.80 | 0.80 | 0.75 | 0.60 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.46 | 0.39 | 0.50 | 0.42 | 0.30 | 0.25 |
| 5 | 0.95 | 1.10 | 1.00 | 0.90 | 0.78 | 0.80 | 0.60 | 0.45 | 0.60 | 0.45 | 0.42 | 0.34 | 0.50 | 0.42 | 0.38 | 0.28 |
| 6 | 1.15 | 1.10 | 0.99 | 0.90 | 0.80 | 0.75 | 0.65 | 0.50 | 0.60 | 0.47 | 0.45 | 0.35 | 0.50 | 0.42 | 0.38 | 0.25 |

ตารางที่ ข2 ค่าความขุ่นของน้ำผลิต (NTU) ที่เวลาต่างๆ
การทดลองชุดที่ 2 : ความเร็วน้ำไหลขึ้น 20 ซม.นาที

| สารส้ม (มก./ล.) | 10 | | | | 15 | | | | 20 | | | | 30 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้นตะกอน(ม.) / เวลา(ชม.) | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 |
| 0.5 | 6.00 | 5.10 | 3.10 | 2.60 | 5.50 | 5.70 | 4.40 | 4.20 | 4.90 | 3.50 | 4.40 | 3.00 | 4.20 | 2.50 | 3.80 | 2.90 |
| 1 | 2.00 | 2.00 | 1.50 | 1.00 | 1.80 | 1.00 | 0.80 | 0.50 | 0.90 | 0.60 | 0.70 | 0.55 | 0.85 | 0.55 | 0.50 | 0.50 |
| 2 | 2.00 | 1.50 | 1.40 | 1.10 | 1.10 | 1.00 | 0.80 | 0.70 | 0.90 | 0.70 | 0.60 | 0.50 | 0.90 | 0.60 | 0.50 | 0.45 |
| 3 | 2.25 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | 1.10 | 0.99 | 0.70 | 0.60 | 0.80 | 0.65 | 0.50 | 0.45 | 0.80 | 0.50 | 0.65 | 0.40 |
| 4 | 2.10 | 1.70 | 1.30 | 1.10 | 1.20 | 0.90 | 0.80 | 0.60 | 0.85 | 0.61 | 0.55 | 0.55 | 0.85 | 0.50 | 0.55 | 0.45 |
| 5 | 2.10 | 1.50 | 1.30 | 1.10 | 1.10 | 0.90 | 0.75 | 0.60 | 0.82 | 0.65 | 0.51 | 0.50 | 0.80 | 0.54 | 0.52 | 0.42 |
| 6 | 2.15 | 1.50 | 1.30 | 1.10 | 1.15 | 0.95 | 0.75 | 0.60 | 0.85 | 0.65 | 0.53 | 0.50 | 0.80 | 0.55 | 0.50 | 0.45 |

ตารางที่ ข-3 ค่าความขุ่นของน้ำผลิต (NTU) ที่เวลาต่างๆ
การทดลองชุดที่ 3 : ความเร็วน้ำไหลขึ้น 25 ซม.นาที

| สารส้ม (มก./ล.) | 10 | | | | 15 | | | | 20 | | | | 30 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้นตะกอน(ม.) / เวลา(ชม.) | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 |
| 0.5 | 4.70 | 3.80 | 1.70 | 1.80 | 1.40 | 2.00 | 1.50 | 1.00 | 1.80 | 1.60 | 1.70 | 1.50 | 2.50 | 1.50 | 1.90 | 2.10 |
| 1 | 3.50 | 1.80 | 1.50 | 1.40 | 0.90 | 0.95 | 1.20 | 0.65 | 0.75 | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 1.00 | 0.70 | 0.75 | 0.70 |
| 2 | 3.20 | 1.70 | 1.55 | 1.50 | 0.99 | 0.90 | 0.80 | 0.52 | 0.90 | 0.80 | 0.65 | 0.64 | 0.90 | 0.65 | 0.60 | 0.80 |
| 3 | 3.30 | 1.70 | 1.60 | 1.30 | 0.99 | 1.20 | 0.67 | 0.65 | 0.85 | 0.70 | 0.75 | 0.63 | 0.85 | 0.80 | 0.60 | 0.50 |
| 4 | 3.15 | 1.40 | 1.65 | 1.35 | 1.25 | 1.00 | 0.70 | 0.58 | 0.85 | 0.70 | 0.70 | 0.45 | 0.90 | 0.65 | 0.50 | 0.52 |
| 5 | 3.20 | 1.70 | 1.50 | 1.30 | 1.10 | 1.00 | 0.75 | 0.63 | 0.90 | 0.80 | 0.65 | 0.60 | 0.85 | 0.65 | 0.65 | 0.50 |
| 6 | 3.15 | 1.70 | 1.50 | 1.30 | 1.25 | 1.10 | 0.80 | 0.65 | 0.90 | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.85 | 0.65 | 0.60 | 0.52 |

ตารางที่ ข-4 ค่าความขุ่นของน้ำผลิต (NTU) ที่เวลาต่างๆ

การทดลองชุดที่ 4 : ความเร็วน้ำไหลขึ้น 30 ซม.นาที

| สารส้ม (มก./ล.) | 15 | | | | 15 | | | | 20 | | | | 30 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้นตะกอน(ม.) / เวลา(ชม.) | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 |
| 0.5 | 5.30 | 5.00 | 5.50 | 2.60 | 4.30 | 4.00 | 3.80 | 1.60 | 3.10 | 3.00 | 3.20 | 3.10 | 2.50 | 2.00 | 2.20 | 2.10 |
| 1 | 3.50 | 3.40 | 3.10 | 1.80 | 3.10 | 3.00 | 2.50 | 1.20 | 2.50 | 2.50 | 2.00 | 1.25 | 1.60 | 1.50 | 1.50 | 1.10 |
| 2 | 3.90 | 3.70 | 3.30 | 2.40 | 3.10 | 2.60 | 2.00 | 1.10 | 2.30 | 2.00 | 1.65 | 1.60 | 1.80 | 1.60 | 1.50 | 0.90 |
| 3 | 4.00 | 3.50 | 3.20 | 3.00 | 3.50 | 2.60 | 2.00 | 1.20 | 2.10 | 1.80 | 1.50 | 1.30 | 2.00 | 1.60 | 1.40 | 1.25 |
| 4 | 4.00 | 3.50 | 3.20 | 2.90 | 3.30 | 2.70 | 1.90 | 1.30 | 2.10 | 1.80 | 1.60 | 1.25 | 1.75 | 1.60 | 1.40 | 0.99 |
| 5 | 3.90 | 3.50 | 3.20 | 2.90 | 3.10 | 2.70 | 2.00 | 1.30 | 2.20 | 1.80 | 1.50 | 1.30 | 1.75 | 1.50 | 1.40 | 1.00 |
| 6 | 4.00 | 3.50 | 3.20 | 2.90 | 3.10 | 2.70 | 2.00 | 1.30 | 2.10 | 1.80 | 1.50 | 1.25 | 1.75 | 1.60 | 1.40 | 0.99 |

ตารางที่ ข-5 ค่าความขุ่นของน้ำผลิต (NTU) ที่เวลาต่างๆ
การทดลองชุดที่ 5 : ความเร็วน้ำไหลขึ้น 40 ซม.นาที

| สารส้ม (มก./ล.) | 10 | | | | 15 | | | | 20 | | | | 30 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชั้นตะกอน(ม.) / เวลา(ชม.) | 0.75 | 1.00 | 1.3 5 | 1.75 | 0. 75 | 1.00 | 1. 35 | 1.75 | 0.75 | 1.00 | 1.35 | 1.75 | 0.75 | 1.0 | 1.35 | 1.75 |
| 0.5 | 30.00 | 19.00 | 18.00 | 15.00 | 17.00 | 22.00 | 17.00 | 9.00 | 15.00 | 20.00 | 13.00 | 11.00 | 17.00 | 15.00 | 9.00 | 19.00 |
| 1 | 15.00 | 14.00 | 11.00 | 11.00 | 13.00 | 11.00 | 10.00 | 6.50 | 14.00 | 10.00 | 8.00 | 5.50 | 11.00 | 10.00 | 5.00 | 6.50 |
| 2 | 14.00 | 10.00 | 8.50 | 9.50 | 9.90 | 10.00 | 8.00 | 6.50 | 10.00 | 8.00 | 6.00 | 5.50 | 9.90 | 7.50 | 5.00 | 4.40 |
| 3 | 12.00 | 9.00 | 9.50 | 7.50 | 10.00 | 9.50 | 7.00 | 6.20 | 10.00 | 9.00 | 5.00 | 5.50 | 9.00 | 7.60 | 6.00 | 4.80 |
| 4 | 12.00 | 10.00 | 8.50 | 7.00 | 11.00 | 9.50 | 7.20 | 6.50 | 9.00 | 8.00 | 6.00 | 6.00 | 10.00 | 8.00 | 6.00 | 4.70 |
| 5 | 13.00 | 10.00 | 8.50 | 7.50 | 11.00 | 9.50 | 7.20 | 6.20 | 10.00 | 8.20 | 6.00 | 6.00 | 9.00 | 7.50 | 5.00 | 4.80 |
| 6 | 12.00 | 10.00 | 8.50 | 7.00 | 11.00 | 9.50 | 7.20 | 6.20 | 10.00 | 8.20 | 6.00 | 5.50 | 9.00 | 7.70 | 5.50 | 4.80 |

## ภาคผนวก ค.

ตารางที่ ค-1 ตารางแสดงค่าความขุ่นของน้ำผลิตและประสิทธิภาพของการกำจัดความขุ่น และปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำผลิตที่ชั่วโมงที่ 6

| ความเร็วน้ำไหลขึ้น (ซม./นาที) | ความสูงของชั้นตะกอน (ม.) | ปริมาณสารส้ม (มก./ล.) | ความขุ่นของน้ำผลิต (NTU) | ประสิทธิภาพ % | ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำผลิต (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 0.75 | 10 | 1.15 | 97.70 | nil |
| 15 | 1.00 | 10 | 1.10 | 97.80 | nil |
| 15 | 1.35 | 10 | 0.99 | 98.02 | nil |
| 15 | 1.75 | 10 | 0.90 | 98.20 | nil |
| 15 | 0.75 | 15 | 0.80 | 98.40 | nil |
| 15 | 1.00 | 15 | 0.75 | 98.50 | nil |
| 15 | 1.35 | 15 | 0.65 | 98.70 | nil |
| 15 | 1.75 | 15 | 0.50 | 99.00 | nil |
| 15 | 0.75 | 20 | 0.60 | 98.80 | nil |
| 15 | 1.00 | 20 | 0.47 | 99.06 | nil |
| 15 | 1.35 | 20 | 0.45 | 99.10 | nil |
| 15 | 1.75 | 20 | 0.35 | 99.30 | nil |
| 15 | 0.75 | 30 | 0.50 | 99.00 | nil |
| 15 | 1.00 | 30 | 0.42 | 99.16 | nil |
| 15 | 1.35 | 30 | 0.38 | 99.24 | nil |
| 15 | 1.75 | 30 | 0.25 | 99.50 | nil |
| 20 | 0.75 | 10 | 2.15 | 95.70 | nil |
| 20 | 1.00 | 10 | 1.50 | 97.00 | nil |
| 20 | 1.35 | 10 | 1.30 | 97.40 | nil |
| 20 | 1.75 | 10 | 1.10 | 97.80 | nil |
| 20 | 0.75 | 15 | 1.15 | 97.70 | nil |
| 20 | 1.00 | 15 | 0.95 | 98.10 | nil |
| 20 | 1.35 | 15 | 0.75 | 98.50 | nil |
| 20 | 1.75 | 15 | 0.60 | 98.80 | nil |

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

| ความเร็วน้ำไหลขึ้น (ซม./นาที) | ความสูงของชั้นตะกอน (ม.) | ปริมาณสารส้ม (มก./ล.) | ความขุ่นของน้ำผลิต (NTU) | ประสิทธิภาพ % | ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำผลิต (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 0.75 | 20 | 0.85 | 98.30 | nil |
| 20 | 1.00 | 20 | 0.65 | 98.70 | nil |
| 20 | 1.35 | 20 | 0.53 | 98.94 | nil |
| 20 | 1.75 | 20 | 0.50 | 99.00 | nil |
| 20 | 0.75 | 30 | 0.80 | 98.40 | nil |
| 20 | 1.00 | 30 | 0.55 | 98.90 | nil |
| 20 | 1.35 | 30 | 0.50 | 99.00 | nil |
| 20 | 1.75 | 30 | 0.45 | 99.10 | nil |
| 25 | 0.75 | 10 | 3.15 | 93.70 | nil |
| 25 | 1.00 | 10 | 1.70 | 96.60 | nil |
| 25 | 1.35 | 10 | 1.50 | 97.00 | nil |
| 25 | 1.75 | 10 | 1.30 | 97.40 | nil |
| 25 | 0.75 | 15 | 1.25 | 97.50 | nil |
| 25 | 1.00 | 15 | 1.10 | 97.80 | nil |
| 25 | 1.35 | 15 | 0.80 | 97.40 | nil |
| 25 | 1.75 | 15 | 0.65 | 98.70 | nil |
| 25 | 0.75 | 20 | 0.90 | 98.20 | nil |
| 25 | 1.00 | 20 | 0.70 | 98.60 | nil |
| 25 | 1.35 | 20 | 0.65 | 98.70 | nil |
| 25 | 1.75 | 20 | 0.60 | 98.80 | nil |
| 25 | 0.75 | 30 | 0.85 | 98.30 | nil |
| 25 | 1.00 | 30 | 0.65 | 98.70 | nil |
| 25 | 1.35 | 30 | 0.60 | 98.80 | nil |
| 25 | 1.75 | 30 | 0.52 | 98.96 | nil |

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

| ความเร็วน้ำไหลขึ้น (ซม./นาที) | ความสูงของชั้นตะกอน (ม.) | ปริมาณสารส้ม (มก./ล.) | ความขุ่นของน้ำผลิต (NTU) | ประสิทธิภาพ % | ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำผลิต (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 0.75 | 10 | 4.00 | 92.00 | nil |
| 30 | 1.00 | 10 | 3.50 | 93.00 | nil |
| 30 | 1.35 | 10 | 3.20 | 93.60 | nil |
| 30 | 1.75 | 10 | 2.90 | 94.20 | nil |
| 30 | 0.75 | 15 | 3.10 | 93.80 | nil |
| 30 | 1.00 | 15 | 2.70 | 96.60 | nil |
| 30 | 1.35 | 15 | 2.00 | 96.00 | nil |
| 30 | 1.75 | 15 | 1.30 | 97.40 | nil |
| 30 | 0.75 | 20 | 2.10 | 95.80 | nil |
| 30 | 1.00 | 20 | 1.80 | 96.40 | nil |
| 30 | 1.35 | 20 | 1.50 | 97.00 | nil |
| 30 | 1.75 | 20 | 1.25 | 97.50 | nil |
| 30 | 0.75 | 30 | 1.75 | 96.50 | nil |
| 30 | 1.00 | 30 | 1.60 | 96.80 | nil |
| 30 | 1.35 | 30 | 1.40 | 97.20 | nil |
| 30 | 1.75 | 30 | 0.99 | 98.02 | nil |
| 40 | 0.75 | 10 | 12.00 | 76.00 | 14.00 |
| 40 | 1.00 | 10 | 10.00 | 80.00 | 8.00 |
| 40 | 1.35 | 10 | 8.50 | 83.00 | nil |
| 40 | 1.75 | 10 | 7.00 | 86.00 | nil |
| 40 | 0.75 | 15 | 11.00 | 78.00 | 10.00 |
| 40 | 1.00 | 15 | 9.50 | 81.00 | 6.00 |
| 40 | 1.35 | 15 | 7.20 | 85.60 | nil |
| 40 | 1.75 | 15 | 6.20 | 87.60 | nil |

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

| ความเร็วน้ำไหลขึ้น (ซม./นาที) | ความสูงของชั้นตะกอน (ม.) | ปริมาณสารส้ม (มก./ล.) | ความขุ่นของน้ำผลิต (NTU) | ประสิทธิภาพ % | ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำผลิต (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 40 | 0.75 | 20 | 10.00 | 80.00 | 7.00 |
| 40 | 1.00 | 20 | 8.20 | 83.60 | nil |
| 40 | 1.35 | 20 | 6.00 | 88.00 | nil |
| 40 | 1.75 | 20 | 5.50 | 89.00 | nil |
| 40 | 0.75 | 30 | 9.00 | 82.00 | 6.00 |
| 40 | 1.00 | 30 | 7.70 | 84.60 | nil |
| 40 | 1.35 | 30 | 5.50 | 89.00 | nil |
| 40 | 1.75 | 30 | 4.80 | 90.40 | nil |

## ภาคผนวก ง.

การเปรียบเทียบระบบที่ใช้ตัวกลางและไม่ใช้ตัวกลาง

ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารส้ม = 15 มก./ล.
ความสูงของชั้นตะกอน = 1.35 ม.

| ความเร็วน้ำไหลขึ้น (ซม./นาที) | ไม่มีตัวกลาง | | มีตัวกลาง | | ประสิทธิภาพของกรวด % | ประสิทธิภาพของระบบที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีตัวกลาง % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ % | ความขุ่น (NTU) | ประสิทธิภาพ % | | |
| 15 | 0.75 | 98.50 | 0.65 | 98.70 | 13.33 | 0.20 |
| 20 | 0.96 | 98.08 | 0.75 | 98.50 | 21.05 | 0.45 |
| 25 | 1.05 | 99.90 | 0.80 | 98.40 | 23.81 | 0.50 |
| 30 | 2.70 | 94.60 | 2.00 | 96.00 | 25.93 | 1.40 |

## ภาคผนวก จ.

ตารางที่ จ1 ปริมาณความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยภายในชั้นตะกอนที่ระดับต่าง ๆ (มก./ล.)

1. ความสูงของชั้นตะกอน 0.75 ม.

| Velocity(ซม./นาที) | | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alum(มก./ล.) | Level (ม.) | | | | | |
| 10 | 0.00 | 17,360 | 9,980 | 7,010 | 6,050 | 1,420 |
| | 0.15 | 17,910 | 10,800 | 7,500 | 6,570 | 1,690 |
| | 0.35 | 17,960 | 11,100 | 8,188 | 7,500 | 1,660 |
| | 0.55 | 18,190 | 12,900 | 8,850 | 7,600 | 1,760 |
| 15 | 0.00 | 14,430 | 9,230 | 7,180 | 5,250 | 1,130 |
| | 0.15 | 14,730 | 9,940 | 8,750 | 5,520 | 1,250 |
| | 0.35 | 14,410 | 10,930 | 9,850 | 5,880 | 1,470 |
| | 0.55 | 14,770 | 11,020 | 9,870 | 5,940 | 1,510 |
| 20 | 0.00 | 11,710 | 8,900 | 6,310 | 4,620 | 880 |
| | 0.15 | 11,250 | 9,010 | 6,820 | 5,470 | 930 |
| | 0.35 | 12,760 | 9,100 | 7,160 | 5,200 | 990 |
| | 0.55 | 13,040 | 9,320 | 7,470 | 5,800 | 1,270 |
| 30 | 0.00 | 9,050 | 6,950 | 4,700 | 2,450 | 750 |
| | 0.15 | 9,120 | 7,110 | 5,270 | 2,800 | 790 |
| | 0.35 | 9,190 | 7,930 | 5,090 | 2,900 | 860 |
| | 0.55 | 9,780 | 8,010 | 5,810 | 3,030 | 1,010 |

ตารางที่ จ2 ปริมาณความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยภายในชั้นตะกอนที่ระดับต่าง ๆ (มก./ล.)
2. ความสูงของชั้นตะกอน 1.00 ม.

| Velocity(ซม./นาที) | | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alum(มก./ล.) | Level(ม.) | | | | | |
| 10 | 0.00 | 17,650 | 12,030 | 8,550 | 6,580 | 1,570 |
| | 0.35 | 18,660 | 12,170 | 10,130 | 6,590 | 2,030 |
| | 0.55 | 16,170 | 13,230 | 10,050 | 7,580 | 2,700 |
| | 0.75 | 18,720 | 13,510 | 11,210 | 7,620 | 2,990 |
| 15 | 0.00 | 14,640 | 11,120 | 8,770 | 5,330 | 1,270 |
| | 0.35 | 14,840 | 11,050 | 9,940 | 5,780 | 1,490 |
| | 0.55 | 14,980 | 12,330 | 9,960 | 5,990 | 1,820 |
| | 0.75 | 16,210 | 12,830 | 10,310 | 6,480 | 1,910 |
| 20 | 0.00 | 12,570 | 9,950 | 6,280 | 5,020 | 950 |
| | 0.35 | 13,420 | 10,040 | 7,350 | 5,490 | 1,040 |
| | 0.55 | 13,940 | 10,200 | 7,670 | 6,090 | 1,320 |
| | 0.75 | 14,020 | 10,910 | 7,900 | 6,110 | 1,590 |
| 30 | 0.00 | 9,420 | 7,230 | 6,140 | 2,990 | 790 |
| | 0.35 | 9,510 | 7,990 | 6,510 | 3,250 | 890 |
| | 0.55 | 9,840 | 8,080 | 6,740 | 3,880 | 1,130 |
| | 0.75 | 10,010 | 8,720 | 6,820 | 4,010 | 1,220 |

ตารางที่ จ3 ปริมาณความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยภายในชั้นตะกอนที่ระดับต่าง ๆ (มก./ล.)
3. ความสูงของชั้นตะกอน 1.35 ม.

| Velocity(ซม./นาที) | | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alum(มก./ล.) | Level(ม.) | | | | | |
| 10 | 0.00 | 25,000 | 12,800 | 8,040 | 6,630 | 2,310 |
| | 0.35 | 25,200 | 14,290 | 9,640 | 6,720 | 2,850 |
| | 0.75 | 24,640 | 14,500 | 9,755 | 7,630 | 3,570 |
| | 1.15 | 26,080 | 15,500 | 10,430 | 7,690 | 3,920 |
| 15 | 0.00 | 18,200 | 12,270 | 8,740 | 5,820 | 1,680 |
| | 0.35 | 17,090 | 13,150 | 10,480 | 5,990 | 2,260 |
| | 0.75 | 18,250 | 13,300 | 9,910 | 6,590 | 2,570 |
| | 1.15 | 18,270 | 14,100 | 10,140 | 7,080 | 2,930 |
| 20 | 0.00 | 13,030 | 10,080 | 6,870 | 5,100 | 1,250 |
| | 0.35 | 13,390 | 10,510 | 7,620 | 6,100 | 1,890 |
| | 0.75 | 14,190 | 11,400 | 8,330 | 6,210 | 1,970 |
| | 1.15 | 14,600 | 12,000 | 8,050 | 6,570 | 2,030 |
| 30 | 0.00 | 8,826 | 8,500 | 6,490 | 3,570 | 980 |
| | 0.35 | 9,000 | 8,750 | 6,800 | 3,990 | 1,210 |
| | 0.75 | 10,590 | 8,920 | 7,020 | 4,050 | 1,300 |
| | 1.15 | 10,640 | 9,020 | 7,560 | 4,890 | 1,850 |

ตารางที่ จ-4 ปริมาณความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยภายในชั้นตะกอนที่ระดับต่าง ๆ (มก./ล.)
4. ความสูงของชั้นตะกอน 1.75 ม.

| Velocity(ซม./นาที) | | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alum(มก./ล.) | Level(ม.) | | | | | |
| 10 | 0.00 | 25,010 | 15,200 | 9,480 | 7,080 | 2,900 |
| | 0.55 | 25,210 | 14,990 | 11,248 | 7,580 | 4,040 |
| | 1.00 | 25,800 | 16,300 | 11,000 | 7,700 | 4,190 |
| | 0.15 | 26,400 | 17,700 | 11,429 | 7,710 | 4,500 |
| 15 | 0.00 | 19,480 | 13,210 | 9,750 | 6,070 | 2,580 |
| | 0.55 | 21,620 | 13,900 | 11,491 | 7,360 | 3,790 |
| | 1.00 | 20,330 | 14,400 | 11,376 | 7,370 | 3,820 |
| | 1.15 | 21,850 | 14,900 | 11,555 | 7,380 | 3,950 |
| 20 | 0.00 | 13,130 | 11,050 | 7,200 | 5,200 | 1,980 |
| | 0.55 | 13,880 | 11,700 | 8,890 | 6,780 | 2,830 |
| | 1.00 | 14,680 | 12,100 | 8,530 | 6,880 | 2,970 |
| | 1.15 | 14,700 | 12,300 | 8,670 | 6,890 | 3,010 |
| 30 | 0.00 | 11,030 | 9,100 | 6,670 | 4,060 | 1,220 |
| | 0.55 | 11,955 | 9,290 | 8,250 | 5,380 | 1,650 |
| | 1.00 | 11,540 | 9,100 | 8,230 | 5,770 | 1,980 |
| | 1.55 | 12,030 | 9,950 | 8,550 | 5,780 | 2,190 |

## ภาคผนวก ฉ.

ตารางที่ ฉ1 ความเร็วในการตกตะกอนของเม็ดตะกอน (ซม./นาที)

1. ความสูงของชั้นตะกอน 0.75 ม.

| Velocity(ซม./นาที) | | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alum(มก./ล.) | Level(ม.) | | | | | |
| 10 | 0.00 | 72.1 | 87.1 | 84.3 | 69.5 | 54.6 |
| | 0.15 | 70.4 | 69.3 | 71.0 | 66.6 | 52.0 |
| | 0.35 | 69.5 | 65.4 | 62.4 | 59.9 | 50.3 |
| | 0.55 | 62.6 | 60.9 | 58.7 | 56.2 | 49.7 |
| 15 | 0.00 | 84.5 | 80.0 | 64.9 | 50.9 | 45.3 |
| | 0.15 | 80.1 | 72.4 | 69.5 | 49.0 | 44.0 |
| | 1.35 | 75.7 | 69.9 | 65.4 | 48.7 | 44.7 |
| | 0.55 | 69.2 | 67.1 | 63.1 | 47.9 | 42.8 |
| 20 | 0.00 | 74.2 | 70.6 | 72.4 | 65.8 | 50.7 |
| | 0.15 | 72.9 | 71.1 | 70.0 | 64.0 | 49.0 |
| | 0.35 | 72.0 | 69.9 | 68.1 | 61.0 | 48.0 |
| | 0.55 | 70.0 | 68.7 | 65.9 | 61.4 | 48.1 |
| 30 | 0.00 | 65.8 | 60.9 | 47.1 | 45.3 | 42.5 |
| | 0.15 | 65.0 | 60.0 | 47.0 | 45.1 | 41.0 |
| | 0.35 | 63.8 | 59.0 | 45.5 | 43.4 | 39.7 |
| | 0.55 | 62.7 | 58.4 | 45.9 | 42.7 | 37.0 |

ตารางที่ ฉ2 ความเร็วในการตกตะกอนของเม็ดตะกอน (ซม./นาที)

2. ความสูงของชั้นตะกอน 1.00 ม.

| Velocity(ซม./นาที) | | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alum(มก./ล.) | Level(ม.) | | | | | |
| 10 | 0.00 | 68.7 | 78.5 | 75.4 | 68.2 | 62.1 |
| | 0.35 | 61.2 | 60.3 | 62.5 | 65.3 | 59.1 |
| | 0.55 | 59.1 | 56.9 | 55.3 | 52.9 | 48.9 |
| | 0.75 | 57.4 | 55.0 | 52.3 | 50.4 | 42.8 |
| 15 | 0.00 | 76.0 | 71.9 | 74.0 | 64.2 | 60.1 |
| | 0.35 | 75.1 | 74.1 | 70.0 | 60.1 | 57.4 |
| | 0.55 | 73.1 | 71.9 | 65.8 | 57.0 | 53.0 |
| | 0.75 | 74.5 | 70.2 | 54.7 | 52.2 | 51.7 |
| 20 | 0.00 | 69.3 | 60.7 | 67.6 | 58.7 | 49.7 |
| | 0.35 | 68.4 | 59.0 | 60.1 | 58.0 | 53.4 |
| | 0.55 | 64.7 | 58.5 | 57.0 | 55.9 | 50.6 |
| | 0.75 | 62.9 | 57.8 | 54.3 | 53.1 | 47.5 |
| 30 | 0.00 | 77.4 | 74.8 | 60.9 | 54.6 | 48.7 |
| | 0.35 | 73.6 | 70.5 | 68.7 | 53.7 | 45.3 |
| | 0.55 | 70.0 | 69.5 | 60.9 | 52.9 | 43.1 |
| | 0.75 | 67.5 | 69.1 | 59.1 | 51.9 | 42.8 |

ตารางที่ ฉ3 ความเร็วในการตกตะกอนของเม็ดตะกอน (ซม./นาที)
3. ความสูงของชั้นตะกอน 1.35 ม.

| Velocity(ซม./นาที ) | | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alum(มก./ล.) | Level(ม.) | | | | | |
| 10 | 0.00 | 75.8 | 77.2 | 76.0 | 74.8 | 59.0 |
| | 0.35 | 70.2 | 68.3 | 65.1 | 60.9 | 53.7 |
| | 0.75 | 63.5 | 61.0 | 54.9 | 52.1 | 49.9 |
| | 1.15 | 56.7 | 54.3 | 50.0.1 | 50.0 | 47.1 |
| 15 | 0.00 | 71.9 | 68.7 | 61.6 | 55.4 | 43.7 |
| | 0.35 | 68.7 | 67.5 | 61.0 | 53.4 | 53.2 |
| | 1.75 | 67.0 | 64.1 | 60.0 | 52.0 | 49.0 |
| | 1.15 | 66.1 | 60.8 | 60.3 | 52.8 | 49.7 |
| 20 | 0.00 | 80.6 | 75.8 | 63.9 | 58.0 | 52.7 |
| | 0.35 | 77.7 | 73.2 | 62.0 | 56.1 | 50.4 |
| | 1.75 | 72.1 | 69.4 | 61.0 | 54.7 | 45.0 |
| | 1.15 | 69.8 | 67.9 | 57.4 | 52.9 | 42.8 |
| 30 | 0.00 | 61.3 | 59.7 | 62.0 | 58.7 | 53.0 |
| | 0.35 | 60.0 | 57.1 | 56.0 | 54.3 | 50.7 |
| | 0.75 | 58.7 | 56.2 | 55.1 | 55.0 | 46.2 |
| | 1.15 | 56.9 | 54.8 | 53.0 | 50.4 | 41.5 |

ตารางที่ ฉ4 ความเร็วในการตกตะกอนของเม็ดตะกอน (ซม./นาที)
4. ความสูงของชั้นตะกอน 1.75 ม.

| Velocity(ซม./นาที ) | | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alum(มก./ล.) | Level(ม.) | | | | | |
| 10 | 0.00 | 79.6 | 76.0 | 77.1 | 70.1 | 35.7 |
| | 0.55 | 75.0 | 74.1 | 75.9 | 68.2 | 65.1 |
| | 1.00 | 72.0 | 71.1 | 70.0 | 63.0 | 60.9 |
| | 1.55 | 71.7 | 70.3 | 67.7 | 64.1 | 59.0 |
| 15 | 0.00 | 68.1 | 66.6 | 63.6 | 58.2 | 42.0 |
| | 0.55 | 65.4 | 64.1 | 60.2 | 56.1 | 42.5 |
| | 1.00 | 60.3 | 59.2 | 57.3 | 52.9 | 41.0 |
| | 1.55 | 59.4 | 58.0 | 55.4 | 50.0 | 40.1 |
| 20 | 0.00 | 65.2 | 60.4 | 63.9 | 49.8 | 37.6 |
| | 0.55 | 63.0 | 62.0 | 60.1 | 52.0 | 35.9 |
| | 1.00 | 59.9 | 58.9 | 58.0 | 49.3 | 34.2 |
| | 1.55 | 57.8 | 58.0 | 56.9 | 47.0 | 31.9 |
| 30 | 0.00 | 66.4 | 65.8 | 62.0 | 48.9 | 39.2 |
| | 0.55 | 65.7 | 63.8 | 60.2 | 55.4 | 38.1 |
| | 1.00 | 63.4 | 62.1 | 59.9 | 51.4 | 35.0 |
| | 1.55 | 61.8 | 60.5 | 58.4 | 47.1 | 32.9 |

# ประวัติผู้วิจัย

นางสาว กัลยา สุนีย์สุขวัฒนา เกิดเมื่อวันที่ 29 เมษายน 2507 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ชลประทาน) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2531 ปัจจุบันรับราชการตำแหน่งวิศวกรโยธา 4 ฝ่ายระบายน้ำและกำจัดน้ำเสีย กองวิศวกรรมสุขาภิบาล กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย