การออกแบบระบบผลิตน้ำ

สำหรับน้ำประปาขนาด 5,000 ลูกบาศน์เมตรต่อวัน

โดย นายพรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ

1. การออกแบบระบบประปาขนาด 5000 ลบ.ม.ต่อวัน

โดยมีคุณสมบัติของน้ำดังนี้

1.1 Law Water Analysis of Surface Water

Tubidity	=	60 - 126	TU	
Aikalinity	=	92 - 134	mg/l as $CaCO_3$	
Temperature	=	22	C	

1.2 Jar Test Analysis

Alume dosage	=	27 - 36	mg/l as Alume	31.5
pH	=	6.4 - 6.7		(optimum dose)

1.3 Design Flow

Design Plant Capacity	=	5,000	m^3/day
Design Operating Flow	=	24	hr
Design Flow	=	208	m^3/hr

2 เกณฑ์การออกแบบ

2.1 เกณฑ์ในการออกแบบถังกวนเร็ว

ข้อพิจารณา	เกณฑ์หรือค่าที่ใช้ออกแบบ	หน่วย	หมายเหตุ
1 เวลาที่น้ำอยู่ในถัง	10 - 40	วินาที	
2 ความเร็วรอบของใบพัด	100 - 120	รอบ/นาที	
3 ค่า G	500 - 1000	1/วินาที	

2.2 เกณฑ์ในการออกแบบถังรวมตะกอน

ข้อพิจารณา	เกณฑ์หรือค่าที่ใช้ออกแบบ	หน่วย	หมายเหตุ
1. เวลาเก็บกักน้ำ	20 - 50	นาที	
2. ความเร็วรอบของใบพัด	1 - 15	รอบ/นาที	
3. ความเร็วตามแนวเส้นรอบวง	0.1 - 1	เมตร/วินาที	
4. ค่า G	10 - 75	วินาที$^{-1}$	
5. ค่า Gt	20,000 - 200,000		
6. ระยะห่างระหว่างก้นถังกับปลายใบพัดหรือระยะห่าง ระหว่างผนังด้านใน	0.15 - 0.3	เมตร	
7. ความลึกของถัง	1.5 - 2	เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางวงล้อ	
8. ความเร็วในแนวราบของน้ำ	0.15 - 0.25	เมตร/วินาที	

2.3 เกณฑ์ในการออกแบบถังตกตะกอน

2.3.1 อัตราการไหลล้น

อัตราการไหลล้นสามารถวัดออกมาในหน่วยความเร็วถ้ามีค่ามากกว่าความเร็วของการตกตะกอนของวัตถุแขวนลอยซึ่งความเร็วดังกล่าวคำนวนได้จากกฎของ Stoke มีผลให้วัตถุไม่สามารถเดินทางสู่ก้นถังได้

2.3.2 เวลาที่น้ำอยู่ในถัง

เวลาที่น้ำอยู่ในถังต้องนานพอเพื่อให้วัตถุเดินทางสู่ก้นถังก่อนถูกน้ำพัดพาออกไปจากถัง

Tank Loading for Some CommonSuspensions

Nature of Solid	Specific Gravity	Settling Velocity (cps)	Surface Loading (gpd per ft^2)	Detention Period (hr)
Sand,silt,clay	2.65	as low as 0.007	146-144000	0.01-15
Aluminum and iron floc	1.002	0.083	600-1800	2-8
Calcium carbonate precipitates	1.2	0.042	600-2880	1-4
Primary waste organics	1.001	0.042	600-800	1-2
Activated sludge organics	1.005	0.2	800-1200	1-2

Typical Sedimentation Tank Overflow Rate

Type of Water	Treatment	Overflow Rate (gpm per ft^2)
Surface Water	alum floc	0.25-0.38
Surface or	lime softening	0.38-0.75
Ground water		1.4
		0.63
	clarification in	<1 to 1.85
	upflow unit	1-15
		0.75-1
		1-1.5
	Softening in	to 2.5
	upflow unit	.75-1.5
		1.5-2.25
		to 1.25 surface
		to 1.80 well

2.3.3 ความเร็วของน้ำในถังตกตะกอน

ความเร็วในแนวราบของน้ำจะต้องไม่สูงเกินเป็น จะทำให้ตะกอนถูกพัดออกจากออกจากถัง ซึ่งค่าความเร็วที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 0.5-3.0 ฟุต/นาที

2.3.4 สภาพทางน้ำเข้าและออก

ทางเข้าของน้ำจะต้องช่วยกระจายน้ำและตะกอนให้สมำเสมอ และไม่ไหลแรงเกินไปจนตะกอนแตก ความเร็วไหลผ่านรูกระจายน้ำที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 0.5-2.0 ฟุต/นาที

ส่วนทางน้ำออกจะควบคุมโดยให้น้ำไหลผ่านทางน้ำล้น(V-notch weir) ให้มีลักษณะน้ำตกอย่างอิสระ

Typical Weir Overflow Rate

Type of Service	Weir Overflow Rate (gpm per ft)
Water clarification	<35
Water treatment	
Light aium floc	8-10
Heveier alum floc	10-15
Heavy floc from lime	15-18

2.4 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบถังกรอง

2.4.1 จำนวนถังกรอง

มีจำนวนไม่น้อยกว่า 2 ถัง

2.4.2 อัตราการกรอง

ออกแบบให้มีอัตราการกรอง 2-3 gpm/ft^2

2.4.3 ถังทรายกรอง

ขนาดหรืออัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความยาวโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.11-1.66 ความลึกของถัง โดยทั่วไปมีค่า 10 ฟุต

2.4.4 สารกรอง

ใช้ทรายและหิน

1) ทรายกรอง

- Effective size 0.45 - 0.65
- Uniformity coefficient 1.40 - 1.70
- Depth 0.65 m

2) Gravel support bed

	Layer	Size (mm)	Depth of layer (mm)	
บน	1	1.7 - 3	150	
	2	3 - 6	75	
	3	6 - 12	75	
	4	12 - 20	75	
ล่าง	5	20 - 40	75	
รวม			450	mm

2.4.5 ระบบ Underdrain

มีหน้าที่ รับน้ำที่ผ่านการกรองไหลไปสู่ถังเก็บน้ำใส ออกแบบเป็นลักษณะแบบท่อก้างปลา

การออกแบบระบบ Underdrainแบบท่อก้างปลา

- เส้นผ่าศูนย์กลางของรูรับน้ำ = 1/4-3/4 นิ้ว
-ระยะห่างระหว่างรูรับน้ำบนท่อแยก = 3-12 นิ้ว
-ระยะห่างระหว่างท่อแยกแต่ละท่อ = 3-12 นิ้ว
-อัตราส่วนระหว่างความยาวท่อแยกแต่ละท่อต่อเส้นผ่าศูนย์กลางท่อมีค่าไม่เกิน 60
- พื้นที่รวมของรูรับน้ำต่อพื้นที่รวมของถังทราย = 0.0015:1 - 0.005:1
- พื้นที่ภาคตัดขวางของท่อแยก:พื้นที่รวมของรูรับน้ำของท่อแยกนั้นๆ = 1.5:1 - 3:1

2.4.6 ระบบ Backwash

อัตราการล้างหน้าทราย = 15-20 gpm/ft^2
เวลาในการล้างหน้าทราย = 3-10 นาที

2.4.7 รางรับน้ำล้างทราย

รางรับน้ำควรวางอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ยอมให้ทรายหลุดออกไปจากถัง ระยะห่างระหว่างราง ไม่ควรเกิณ 4 ฟุต การหาขนาดรางรับน้ำเป็นไปตามสมการ

$h_0 = (3h_c^2 - (2/3)\, ilh_c + (il/3)^2)^{0.5} - (2/3)\, il$ เมตร

$h_c = (Q^2/gb^2)^{1/3}$ เมตร

h_0 = ความสูงของระดับน้ำปลายบนของราง (m.)

h_c	=	ความลึกวิกฤติของน้ำที่ปลายล่างของราง (m.)
i	=	ความลาดเอียงของราง(%)
l	=	ความยาวของราง (m.)
Q	=	อัตราการไหลของน้ำที่เข้ามาในราง (m^3/s)
g	=	ค่าคงที่ของแรงโน้มถ่วง (9.81 m^2/s)
b	=	ความกว้างของราง (m.)

2.4.8 Basic Hydraulic

Flow velocity

	Ordinary filter (m/s)	Self-backwash filter (m/s)
Influent channel	0.6	0.6
Influent valve	0.91	1.52
Effluent channel	1.52	0.6
Effluent valve	1.52	0.6
Backwash main	3.05	0.91
Backwash valve	2.4	1.52
Surface wash line	2.4	2.4
Wash-waste main	2.4	2.4
Wash-waste valve	2.4	2.4
Inlet to filter underdrain lateral	1.37	1.37

3 การออกแบบ

3.1 การออกแบบถังกวนเร็ว (RAPID MIXING TANK) Paddle Wheel Mixers

กำหนด

ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบ	=	208	ลบ.เมตร/ชม.
ให้ความเร็วในท่อ	=	2	เมตร/วินาที
ขนาดท่อน้ำดิบ	=	0.19	เมตร
ใช้ขนาดท่อน้ำดิบ	=	0.20	เมตร
แบ่งถังกวนออกเป็น	=	2	ถัง
ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบในแต่ละถัง	=	104	ลบ.เมตร/ชม.
เวลาเก็บกัก	=	40	วินาที
ในการกวนเร็วโดยใช้สารส้ม GT ที่เหมาะสม	=	$5.9 \times 10^{6}/C^{1.46}$	
ปริมาณสารส้ม	=	31.5	มก./ลิตร
ค่า G	=	958	ต่อวินาที
μ	=	0.000962	กก/ม-วินาที
ρ	=	997.75	กก/ลบ.ม.
ปริมาตรน้ำที่ถูกผสม	=	40 x 104 / 3600	ลบ.เมตร
	=	1.16	ลบ.เมตร
ถังลึก	=	1.2	เมตร
ความกว้าง, ยาวของถัง	=	0.90	เมตร
P	=	$G^2\mu V$	
	=	827	(N.m/s) or watt
ประสิทธิภาพของมอเตอร์	=	80%	
กำลังเครื่องกวนขนาด	=	1.03	กิโลวัตต์
เลือกใช้เครื่องกวนขนาด	=	1.50	กิโลวัตต์
ความเร็วของการกวน	=	100	รอบ/นาที
กึ่งกลางใบพัดห่างจากแกนหมุน	=	0.225	เมตร
ความเร็วเชิงเส้นที่ระยะกึ่งกลางจากแกนหมุน	=	2.36	เมตร/นาที
ผลต่างระหว่างความเร็วใบพัดกับน้ำ	=	1.77	เมตร/นาที
จาก	P =	$\frac{1}{2} C_D \Sigma A_p \rho (\Sigma v)^3$	
พื้นที่ของใบพัด	=	0.243	ตร.เมตร
จำนวนใบพัด	=	6	ตัว
ขนาดของใบพัด	=	0.20 x 0.20	เมตร

3.2 การออกแบบถังกวนรวมตะกอน (FLOCCULATION TANK) Paddle Wheel Mixers

กำหนด

ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบ	=	208		ลบ.เมตร/ชม.
แบ่งถังกวนออกเป็น	=	2		ถัง
ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบ	=	104		ลบ.เมตร/ชม.
เวลาเก็บกัก	=	20		นาที
ในการกวนเร็วโดยใช้สารส้ม $G^{2.8}T$ ที่เหมาะสม	=	44 x 10^5/C		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม	=	31.5		มก./ลิตร
ค่า G เฉลี่ย	=	33		ต่อวินาที
μ	=	0.000962		กก/ม-วินาที
ρ	=	997.75		กก/ลบ.ม.
ปริมาตรน้ำที่ถูกผสม	=	20 x 104	/ 60	ลบ.เมตร
	=	35		ลบ.เมตร
ถังลึก	=	1.5		เมตร
ความกว้างของถัง	=	4.00		เมตร
ความยาวของถัง	=	6.00		เมตร
ให้พื้นที่ ของใบพัด	=	20%		ของพื้นที่ภาคตัดขวาง
	=	1.20		ตร.เมตร
เลือกใช้ใบพัดขนาดใบละ	=	3.60 x 0.10		เมตร
จำนวน	=	2		ชุด
ชุดละ	=	2		ใบ
พื้นที่ ของใบพัดจริง	=	1.44		ตร.เมตร
ให้เส้นผ่าศูนย์กลางของกงล้อ	=	1/1.5		เท่าของความลึกถัง
	=	1.00		เมตร
กึ่งกลางใบพัดคู่ริมสุดห่างจากแกนหมุน	=	0.45		เมตร
กึ่งกลางใบพัดคู่ในสุดห่างจากแกนหมุน	=	0.23		เมตร

แบ่งถังออกเป็น 3 ตอนโดยให้ค่า G แตกต่างกัน

ถังตอนที่ 1 **G** = 43

P1 = $G^2 \mu V$

= 21 นิวตันเมตร/วินาที

จาก $P = \frac{1}{2} C_D \Sigma A_p \rho (\Sigma v)^3$

ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างใบพายกับน้ำ v = $\left(\frac{2P}{C_D \rho A} \right)^{1/3}$

ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างใบพายกับน้ำ v = 0.25 เมตร/วินาที

ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างใบพายกับน้ำ v = (1-k)2πrN/60

ความเร็วรอบ N = 7 รอบ/นาที

ถังตอนที่ 2 **G** = 33

P2 = $G^2 \mu V$

= 13 นิวตันเมตร/วินาที

จาก $P = \frac{1}{2} C_D \Sigma A_p \rho (\Sigma v)^3$

ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างใบพายกับน้ำ v = $\left(\frac{2P}{C_D \rho A} \right)^{1/3}$

ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างใบพายกับน้ำ v = 0.21 เมตร/วินาที

ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างใบพายกับน้ำ v = (1-k)2πrN/60

ความเร็วรอบ N = 6 รอบ/นาที

ถังตอนที่ 3 **G** = 23

P3 = $G^2 \mu V$

= 6 นิวตันเมตร/วินาที

จาก $P = \frac{1}{2} C_D \Sigma A_p \rho (\Sigma v)^3$

ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างใบพายกับน้ำ v = $\left(\frac{2P}{C_D \rho A} \right)^{1/3}$

ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างใบพายกับน้ำ v = 0.17 เมตร/วินาที

ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างใบพายกับน้ำ v = (1-k)2πrN/60

ความเร็วรอบ N = 5 รอบ/นาที

3.3 การออกแบบ Inlet Zone

กำหนด

ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบ	=	208	ลบ.เมตร/ชม.
เลือกถังตกตะกอนจำนวน	=	4	ถัง
ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบต่อถัง	=	52	ลบ.เมตร/ชม.

จากสมการของ Darcy-Weisbach

h = $f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$

สัมพันธ์กับค่า G

G^2 = $\frac{fv^3\rho}{2gD\mu}$

f = firction factor

v = ความเร็วน้ำที่ผ่านรูรับน้ำ

D = เส้นผ่าศูนย์กลางรูรับน้ำ

μ	=	0.000962	กก/ม-วินาที
ρ	=	997.1	กก/ลบ.ม
จากสมการของ G เปลี่ยนรูปเป็น v	=	$\left(\frac{G^2 2gD\mu}{f\rho}\right)^{1/3}$	
ให้ G	=	10	1/วินาที
รูรับน้ำเป็นคอนกรีตค่า ε	=	1.22	มิลลิเมตร
กำหนดขนาดรู	=	100	มิลลิเมตร
ε/D	=	0.0122	

หาค่า f สมมุติจาก Reynolds number

สมมุติ Reynolds number(R)	=	17,000	

จาก Moody Diagram

ได้ค่า f	=	0.042	
หาค่า v	=	0.165	เมตร/วินาที

(PWA . Criteria 0.15 - 0.20 m/sec)

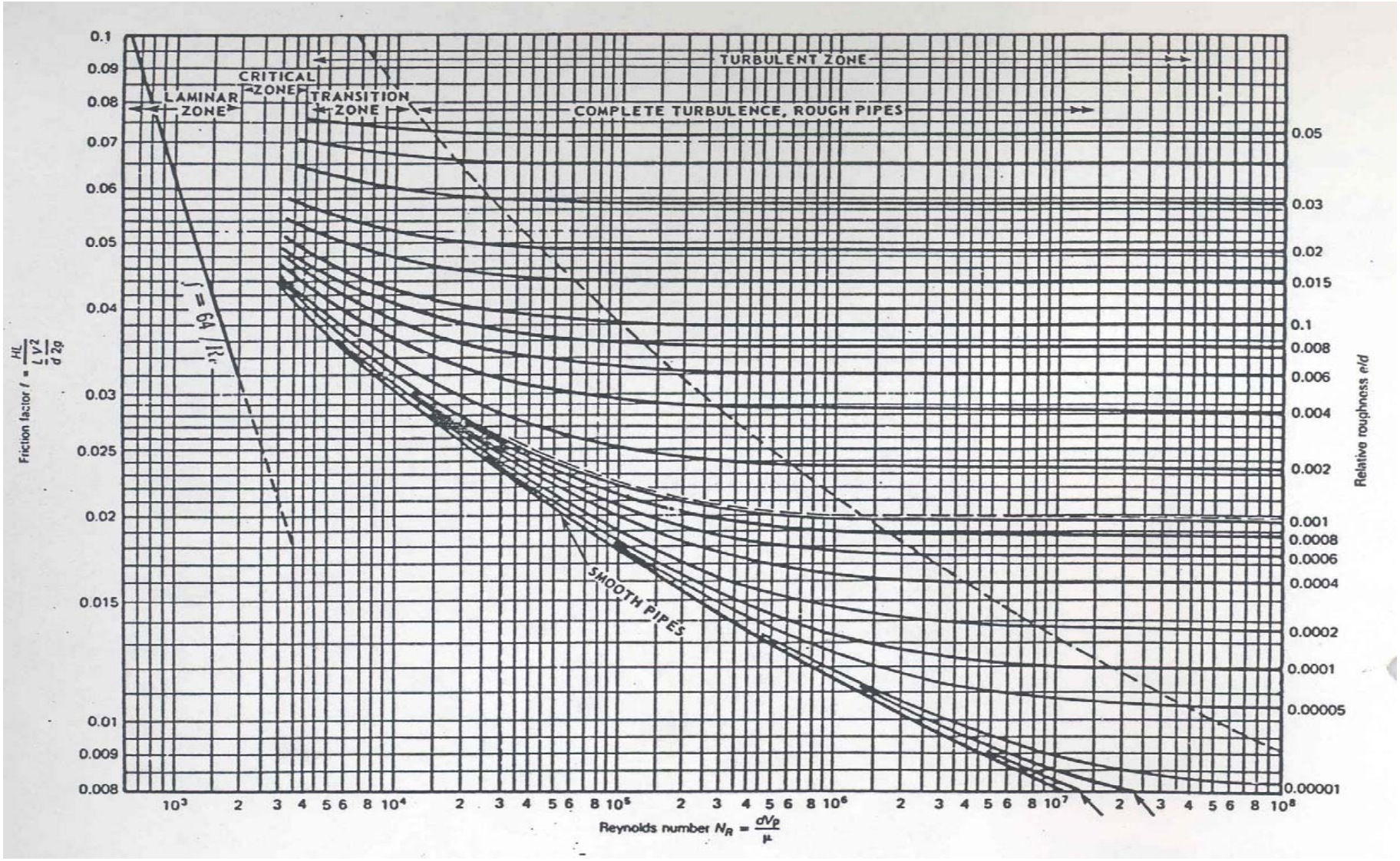
ตรวจสอบกับค่า R

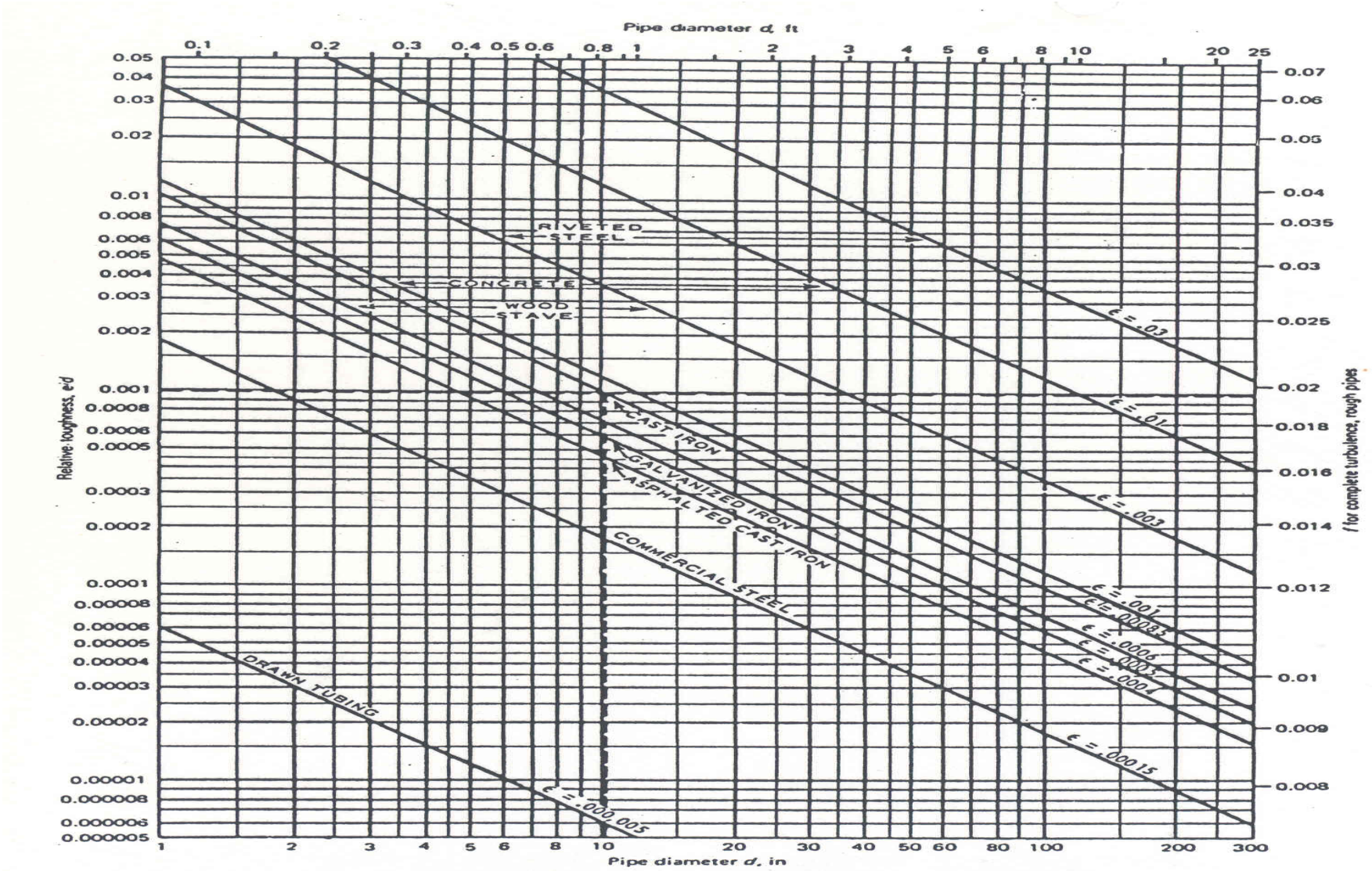
R = vD/ν or $\frac{D_p \delta_L v_s}{\mu}$

18,394 **O.K.**

พื้นที่ของรู = Q/v

	=	0.08759	ตร.เมตร
จำนวนรู	=	11	รู


TURBULENT ZONE
CRITICAL ZONE
LAMINAR ZONE
TRANSITION ZONE
COMPLETE TURBULENCE, ROUGH PIPES
SMOOTH PIPES
f = 64 / R
Friction factor f = HL / (L/d) V²/2g
Reynolds number N_R = dVρ/μ
Relative roughness e/d
0.1
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.009
0.008
0.05
0.03
0.02
0.015
0.1
0.008
0.006
0.004
0.002
0.001
0.0008
0.0006
0.0004
0.0002
0.0001
0.00005
0.00001
10³ 2 3 4 5 6 8 10⁴ 2 3 4 5 6 8 10⁵ 2 3 4 5 6 8 10⁶ 2 3 4 5 6 8 10⁷ 2 3 4 5 6 8 10⁸


Pipe diameter d, ft
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.8
1
2
3
4
5
6
8
10
20
25
Relative roughness, e/d
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0.008
0.006
0.005
0.004
0.003
0.002
0.001
0.0008
0.0006
0.0005
0.0003
0.0002
0.0001
0.00008
0.00006
0.00005
0.00004
0.00003
0.00002
0.00001
0.000008
0.000006
0.000005
RIVETED STEEL
CONCRETE
WOOD STAVE
CAST IRON
GALVANIZED IRON
ASPHALTED CAST IRON
COMMERCIAL STEEL
DRAWN TUBING
ε = .03
ε = .01
ε = .003
ε = .001
ε = .0008
ε = .0006
ε = .0004
ε = .0002
ε = .0001
ε = .00015
ε = .000 005
1
2
3
4
5
6
8
10
20
30
40
50
60
80
100
200
300
Pipe diameter d, in
f for complete turbulence, rough pipes
0.07
0.06
0.05
0.04
0.035
0.03
0.025
0.02
0.018
0.016
0.014
0.012
0.01
0.009
0.008

3.4 การออกแบบถังตกตะกอน (SEDIMENTATION TANK)

กำหนด

ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบ	=	208	ลบ.เมตร/ชม.
เลือกถังตกตะกอนจำนวน	=	4	ถัง
ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบต่อถัง	=	52	ลบ.เมตร/ชม.
กำหนดอัตราน้ำไหลล้น	=	1200	แกลลอน/วัน-ตร.ฟุต
	=	49	ลบ.ม./ตร.ม.-วัน
เวลาเก็บกัก	=	2	ชม.
อัตราน้ำไหลล้น	=	ปริมาณน้ำ/พื้นที่	
พื้นที่	=	25.57	ตร.ม.
อัตราส่วนความกว้างต่อความยาว	=	1 : 4	
	=	3 x 12	ตร.ม.
ปริมาตรน้ำ	=	ปริมาณน้ำ x เวลาเก็บกัก	
	=	104	ลบ.เมตร
ถังลึก	=	3.0	เมตร
Inlet Zone	=	ความลึก	
	=	3.0	เมตร
Outlet Zone	=	ความลึก	
	=	3.0	เมตร

3.5 การออกแบบ Outlet Zone

กำหนด

ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบ	=	208	ลบ.เมตร/ชม.	
เลือกถังตกตะกอนจำนวน	=	4	ถัง	
ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบต่อถัง	=	52	ลบ.เมตร/ชม.	
weir loading	=	11,520	แกลลอน/วัน-ฟุต	(เลือกที่ 8
	=	143	ลบ.เมตร/ม.-วัน	(1 m^3/m.(
ความยาวฝาย	=	9	เมตร	

เลือกใช้ฝายเป็นรูป V 90^0

q	=	$2.54H^{2.5}$	
ให้ H	=	0.04	เมตร
ปริมาณน้ำต่อ V notch weir	=	0.00081	ลบ.เมตร/วินาที
	=	2.926	ลบ.เมตร/ชั่วโมง
ต้องใช้ V notch weir	=	18	weir
ความยาวต่อช่วงของweir	=	0.5	เมตร
กำหนดความกว้างราง(b)	=	0.2	เมตร
จาก H	=	$(h^2+2q^2x^2/gb^2h)^{0.5}$	
อัตราการไหลต่อหน่วยความยาวฝาย	=	0.0017	ลบ.เมตร/ม.-วินาที
อัตราการไหลต่อฝาย(q)	=	0.0145	ลบ.เมตร/วินาที
ให้ความเร็วที่ปลายราง	=	0.6	เมตร/วินาที
ความสูงที่ปลายราง(h)	=	0.120	เมตร
H	=	0.125	เมตร
เผื่อให้น้ำตกอย่าง free flow	=	0.085	เมตร
ความลึกของราง+ฝายอย่างต่ำ	=	0.210	เมตร
ความลึกของราง	=	0.150	เมตร
ความสูงของขอบรางถึงระดับก้นฝาย	=	0.060	เมตร
ความสูงของก้นรางจนถึงระดับน้ำ	=	0.250	เมตร

3.6 การออกแบบถังกรอง(FILTRATION TANK)

ในการออกแบบนี้ เลือกระบบการกรองแบบ Single filter media ล้างระบบกรองด้วย Backwash pump

ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบ	=		208	ลบ.เมตร/ชม.
เลือกถังกรองจำนวน	=		4	ถัง
ปริมาณน้ำต่อถัง	=		52	ลบ.เมตร/ชม.
ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบต่อถังจะเป็น	=		69	ลบ.เมตร/ชม.
หาขนาดท่อน้ำเข้า				
กำหนดความเร็วน้ำ	=		0.60	เมตร/วินาที
จาก d	=		$\sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$	
ได้ d	=		0.202	เมตร
หรือ	=		200	มิลลิเมตร
หาขนาดถังกรอง				
อัตราการกรอง	=		5-7	ลบ.ม./ชม./ตร.ม.
เลือกอัตราการกรอง	=		5	ลบ.ม./ชม./ตร.ม.
พื้นที่ผิวที่ใช้กรอง	=		10.4	ตร.ม.
หรือ	=	2.5 x	4.0	ตร.ม.
พื้นที่ผิวกรองจริง	=		10	ตร.ม.
อัตราการ Backwash	=		0.8	ม./นาที
เวลาในการ Backwash	=		10	นาที
ให้ 1 วัน Backwash	=		1	ครั้ง
ปริมาณน้ำที่สูญเสียไป	=		80	ลบ.ม./วัน
เพราะฉะนั้นควรกรองน้ำในอัตรา	**=**		**73**	**ลบ.ม./ชม.**
อัตราการกรองจริง	**=**		**7.3**	**ลบ.ม./ชม./ตร.ม.**
อัตราการกรองเมื่อปิด Backwash 1 ถัง	**=**		**9.7**	**ลบ.ม./ชม./ตร.ม.**
หรือปริมาณน้ำที่กรองเมื่อปิด Backwash	**=**		**97**	**ลบ.ม./ชม.**

WATER TREATMENT PLANT DESIGN

เลือกทรายกรอง

ทรายกรอง

- Effective size	0.45 - 0.65	average =	0.5	mm.
- Uniformity coefficient	1.40 - 1.70			
- Depth	0.65	m		

- Head loss pass through clean filter media (Filtration)

จาก H/L = $(5\nu V/g)[(1-\varepsilon)^2/\varepsilon^3](6/\omega)^2\Sigma(xi/di^2)$

ν	=	0.9629	mm^2/s
V	=	2.02	mm/s
ε	=	0.4	
ω	=	0.8	
ชั้นทรายสูง	=	0.65	m.
H/L	=	1.26	
H	=	0.82	m.

- Headloss Through Gravel (Filtration)

จาก H/L = $(150\nu V/g)[(1-\varepsilon)^2/\varepsilon^2](1/\omega)^2\Sigma(xi/di^2) + (1.75V^2/g)(1-\varepsilon/\varepsilon^2)(1/\omega)\Sigma(xi/di)$

ν	=	0.9629	mm^2/s
V	=	2.02	mm/s
ε	=	0.4	
ω	=	0.8	

Layer	Size (mm)	di	Depth (mm)	xi	xi/di	xi/di^2
1	1.7 - 3	2.26	150	0.3333	0.1476	0.0654
2	3 - 6	4.24	75	0.1667	0.0393	0.0093
3	6 - 12	8.49	75	0.1667	0.0196	0.0023
4	12 - 20	15.49	75	0.1667	0.0108	0.0007
5	20 - 40	28.28	75	0.1667	0.0059	0.0002
			450	1.0000	0.2232	0.0778

WATER TREATMENT PLANT DESIGN

From H/L = 0.0078

H = 0.0035 m.

∴ Total Head loss across the filter Media at Q_{design}

= Head loss pass through clean filter media (Filtration) + Headloss Through Gravel (Filtration)

= 0.820 m.

ความลึกของถังกรอง = 1.92 m.

WATER TREATMENT PLANT DESIGN

3.7 การออกแบบ Underdrain

ท่อ Main ขึ้นกับอัตราการล้างทรายกรอง

Backwash rate	=	0.8	m/min	
		(Criteria 0.60 - 0.80 m/min)		
ปริมาณน้ำที่ใช้ล้างทรายกรอง	=	0.80*10*60	$Q = Av$	
	=	480	m^3/hr	
ความเร็วน้ำ	=	2	m/s (JWWA)	
ขนาดท่อ (d)	=	$((480*4)/(3600*2.0*\pi))^{0.5}$	$\sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$	
	=	0.29	m.	
ขนาดท่อ	=	300	mm.	

ท่อแยก

ระยะห่างระหว่างท่อแยก	=	0.25	ม.	(10")
ความยาวถังกรอง	=	4.00	ม.	
ความกว้างถังกรอง	=	2.50	ม.	
วางท่อแยกตามความยาวถัง	=	16	แถว	
ให้ท่อmainอยู่ข้างจะได้ท่อแยกยาว	=	2.20	ม.	
จำนวนท่อแยก	=	16.00	ท่อน	
อัตราการไหลต่อท่อ	=	30.00	m^3/hr	
ความเร็วท่อแยก	=	1.37	ม./วินาที	
ขนาดท่อ	=	$((30*4)/(3600*1.37*\pi))^{0.5}$	$\sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$	
		0.088	ม.	
ขนาดท่อ	=	100	มม.	

รูรับน้ำ

เส้นผ่าศูนย์กลางของรูรับน้ำ	=	10.0	mm	(0.39")
พื้นที่รวมของรูรับน้ำต่อพื้นที่รวมของถังทราย	=	0.0015:1 - 0.005:1		
หรือเลือกใช้	=	0.25%		
พื้นที่รวมของรูรับน้ำ	=	0.02500	ตร.ม.	
พื้นที่ของรูรับน้ำ	=	0.00008	ตร.ม.	
จำนวนของรูรับน้ำ	=	318	รู	
จำนวนของรูรับน้ำต่อท่อแยก	=	20	รู	

ระยะห่างระหว่างรู	=	0.11000	ม.	(4.33")

ท่อน้ำใส

ท่อน้ำใสแต่ละถัง

ความเร็วน้ำ		1	m/s (JWWA)	
ปริมาณน้ำต่อถัง	=	97	ลบ.ม./ชม.	
ขนาดท่อ	=	((97*4)/(3600*1.0*π))$^{0.5}$		$\sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$
	=	0.185	m	
ขนาดท่อ	=	200	mm	

ท่อน้ำใสรวม

ปริมาณน้ำที่ใช้ออกแบบ	=	208	ลบ.เมตร/ชม.
- Pipe diameter	=	((208*4)/(*3600*1.0*π))$^{0.5}$	
	=	0.272	m
	=	300	mm

ท่อน้ำทิ้ง

น้ำที่เกิดจากการ Backwash	=	480.0	m^3/hr
ความเร็วน้ำ		3.0	m/s
		(JWWA Criteria 2.5 - 6.0 m/s)	
ขนาดท่อ	=	((480*4)/(3600*d45*p))$^{0.5}$	
	=	0.238	m
	=	250	mm

3.8 การออกแบบรางรับน้ำ

Backwash rate	=	0.8	ม./นาที
กำหนดความกว้างราง (b)	=	0.25	ม.
กำหนดรางรับน้ำ	=	3	ราง
มีความลาดชัน(i)	=	1%	
อัตราการไหลของน้ำในรางแต่ละตัว	=	(0.8*2.5*4.0)/3	ลบ.ม./นาที.
		2.67	ลบ.ม./นาที.

ความลึกวิกฤตที่เกิดตรงปลายล่างของรางจาก

$$h_c = (Q^2/gb^2)^{1/3}$$

0.148 ม.

ระดับน้ำที่ปลายบนของรางหาได้จาก

$$h_0 = (3h_c^2 - (2/3)\, ilh_c + (il/3)^2)^{0.5} - (2/3)\, il$$

รางยาว (l)	=	2.50	ม.
il	=	0.025	
h_0	=	0.232	ม.
เพราะฉะนั้นขนาดของราง	=	0.25*2.70*0.30	ม.

จาก Ten State กล่าวว่า rate of 20 gpm./sq. ft. to provide for a 50 % expension of the sand bed is recommended

ความหนาของชั้นทราย	=	0.65	ม.
เพราะฉะนั้นระดับท้องรางเหนือผิวทราย	=	0.325	ม.

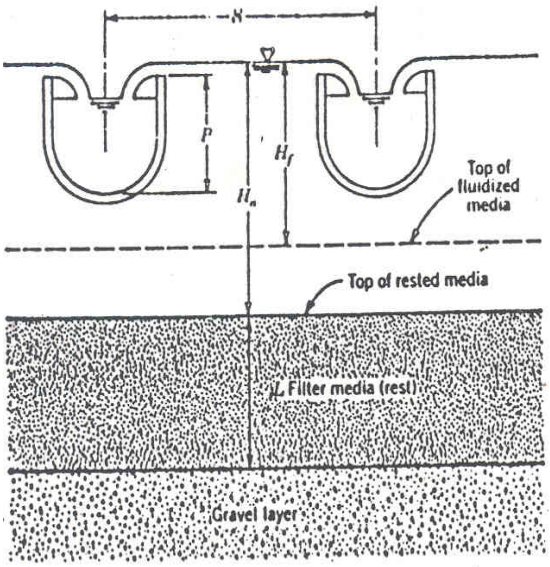


FIGURE 21-35. Height and spacing of wash troughs.

higher upflow velocity when flow gets above the trough bottom elevation and the U-shaped troughs allow for thinner walls because of a higher moment of inertia and greater structural integrity. The bottom of the wash trough should not be flat because froth and suspended matter is often trapped under the trough bottom and may never be washed out.

In either case, the troughs should be large enough to carry the maximum expected wash rate with a 5–10 cm free-fall into the trough at the upper end. They should also provide a free-fall to the main collection outlet gullet at the lower end. The bottom of the trough may be either horizontal or sloping.

The required cross-sectional area of the wash trough for a given design flow can be quickly estimated from Figure 21-36. For troughs that have level inverts and rectangular cross section, required trough height can be computed by the following formula:

$$\text{Minimum trough height} = \left(\frac{Q}{1.4B}\right)^{2/3} + \text{free board}$$

where Q is the total flow rate of discharge (m^3/sec), B is the inside width of the trough (m), and, freeboard should be a minimum of 50 mm (2 in.).

Filter Underdrains

Filter underdrainage systems differ primarily due to the different filter-washing systems and filter types

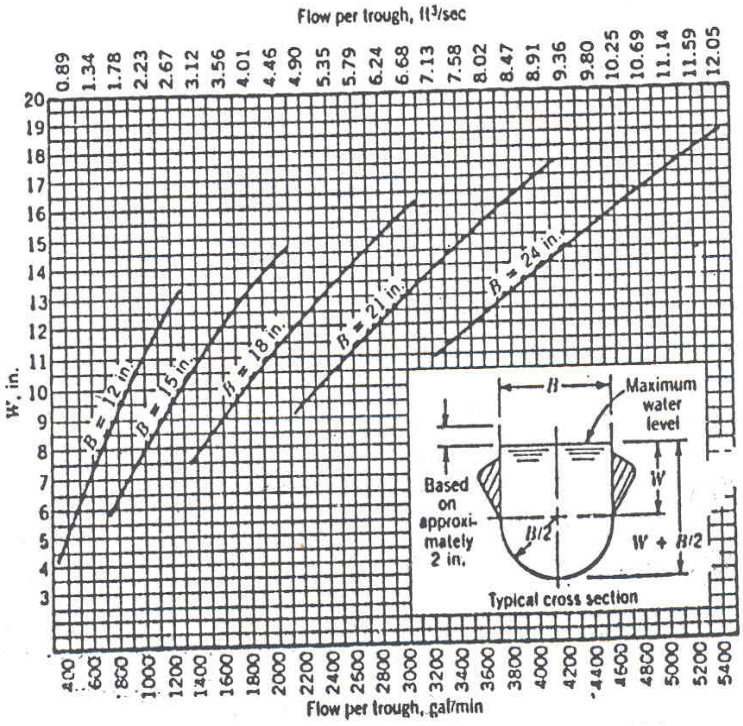


FIGURE 21-36. Wash-through sizing diagram. (Courtesy of Leopold Co.)

3.9 การคำนวน Headloss ระหว่างการกรอง

Headloss ที่ผ่านชั้นทรายสะอาด

จาก H/L = $(5\nu V/g)[(1-\varepsilon)^2/\varepsilon^3](6/\omega)^2\Sigma(xi/di^2)$

ν	=	0.9629	มม^2/วินาที
V	=	2.02	มม/วินาที
ε	=	0.4	
ω	=	0.8	
ชั้นทรายสูง	=	0.65	ม.
H/L	=	1.26	
H	=	0.82	ม.

Headloss ที่ผ่านชั้นกรวด

จาก H/L = $(150\nu V/g)[(1-\varepsilon)^2/\varepsilon^2](1/\omega)^2 \Sigma\ (xi/di^2) + (1.75V^2/g)(1-\varepsilon/\varepsilon^2)(1/\omega)\ \Sigma\ (xi/di)$

Layer	Size (mm)	di	Depth (mm)	xi	xi/di	xi/di^2
1	1.7 - 3	2.26	150	0.3333	0.1476	0.0654
2	3 - 6	4.24	75	0.1667	0.0393	0.0093
3	6 - 12	8.49	75	0.1667	0.0196	0.0023
4	12 - 20	15.49	75	0.1667	0.0108	0.0007
5	20 - 40	28.28	75	0.1667	0.0059	0.0002
			450	1.0000	0.2232	0.0778

จาก H/L	=	0.0078	
H	=	0.0035	ม.

Headloss ที่ผ่านรู

เส้นผ่าศูนย์กลางของรูรับน้ำ	=	10	มม.
พื้นที่ต่อรู	=	0.0000785	ตร.ม.
จำนวนรู	=	318	รู
ปริมาณน้ำที่กรอง	=	73	ลบ.ม./ชม.

ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านต่อรู = 0.23 ลบ.ม./ชม.

หาความเร็วน้ำที่ไหลผ่านรู = 0.81 ม./วินาที

h = $(1/2g)(v/c_0)^2$

= 0.093 ม.

3.10 การคำนวน Headloss ระหว่างการBackwash

Headloss ที่ผ่านชั้นทราย

จาก H/L = (S.G.-1)(1-ε)

= (2.65-1)(1-0.4)

= 0.99

H = 0.64 ม.

Headloss ที่ผ่านชั้นกรวด

จาก H/L = $(150\nu V/g)[(1-\varepsilon)^2/\varepsilon^2](1/\omega)^2 \Sigma(xi/di^2) + (1.75V^2/g)(1-\varepsilon/\varepsilon^2)(1/\omega) \Sigma(xi/di)$

ν = 0.9629 $มม^2$/วินาที

V(อัตราการ Backwash) = 13.33 มม/วินาที

ε = 0.4

ω = 0.8

Layer	Size (mm)	di	Depth (mm)	xi	xi/di	xi/di^2
1	1.7 - 3	2.26	150	0.3333	0.1476	0.0654
2	3 - 6	4.24	75	0.1667	0.0393	0.0093
3	6 - 12	8.49	75	0.1667	0.0196	0.0023
4	12 - 20	15.49	75	0.1667	0.0108	0.0007
5	20 - 40	28.28	75	0.1667	0.0059	0.0002
			450	1.0000	0.2232	0.0778

จาก H/L = 0.0404

H = 0.0182 ม.

Headloss ที่ผ่านรู

เส้นผ่าศูนย์กลางของรูรับน้ำ	=	10	มม.
พื้นที่ต่อรู	=	0.0000785	ตร.ม.
จำนวนรู	=	318	รู
ปริมาณน้ำที่Backwash	=	480	ลบ.ม./ชม.
ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านต่อรู	=	1.51	ลบ.ม./ชม.
หาความเร็วน้ำที่ไหลผ่านรู	=	5.34	ม./วินาที
h	=	$(1/2g)(v/c_0)^2$	
	=	4.039	ม.

Headloss ที่เกิดจากความยาวท่อ

ท่อยาว	=	30.000	ม.
จาก h	=	$fLV^2/D2g$	
R_e	=	VD/ν	
ν	=	0.0009629	
R_e	=	1246.235	
f	=	64/R	
	=	0.051	
เพราะฉนั้น Head loss	=	1.047	ม.

Headloss ที่เกิดจากอุปกรณ์อื่น

จาก h	=	$K V^2/2g$	
Gate valve ค่า K = 0.2 จำนวน	=	1	ตัว
Check valve ค่า K= 0.6 จำนวน	=	1	ตัว
ข้องอ 90 จำนวน	=	7	ตัว
Head loss จากGate valve	=	0.041	
headloss จากCheck valve	=	0.122	
Head loss จาก ข้องอ 90	=	0.214	
รวม	=	0.377	ม.
รวมHeadloss ทั้งหมด	=	6.125	ม.

สรุป การเลือกเครื่องสูบน้ำสำหรับ Back Wash

ใช้เครื่องสูบน้ำที่สูบน้ำได้	**480**	**ลบ.ม./ชม.**
ที่ Total Head Loss	**6.12**	**ม.**

3.11 การออกแบบการเติมคลอรีน

กำหนดให้เติมคลอรีน	=	2	mg/l
เพื่อให้มี Residual Chlorine	=	0.5 - 1.2	mg/l
ปริมาณน้ำที่ออกแบบ	=	5000	cum./d
ต้องการคลอรีน	=	10	kg/d
หรือ	=	0.00694	kg/min
หรือ	=	6.94	g/min
เตรียมคลอรีนเป็นสารละลายให้มีความเข้มข้น	=	10%	
	=	100	g/l
สารละลายคลอรี 1 lit มีคลอรีน	=	100	g
ต้องการคลอรีน 6.94 g ต้องใช้สารละลายคลอรีน	=	0.07	lit
เพราะฉะนั้น ต้องเลือกปั๊มสูบสารเคมีในอัตรา	=	0.07	lit/min
		69.44	ml/min
การเตรียมสารเคมีสำหรับใช้งาน 1 กะ	=	8	h
เพราะฉะนั้นต้องเตรียมสารละลายคลอรีน	=	8 * 0.07 * 60	
		33.3	lit
เพราะฉะนั้นเลือกใช้ถังขนาด	=	50	lit
การเตรียมผงคลอรีน			
ผงคลอรีนในท้องตลาดที่มีความเข้มข้นของคลอรีน	=	35%	
ความต้องการคลอรีน 100 % ต่อวัน	=	10	kg
แต่ละ กะต้องใช้คลอรีน	=	3.33	kg
หรือต้องใช้คลอรีนผง	=	9.52	kg/กะ
ผสมลงในน้ำ	=	33.3	lit

สรุป

ใช้ถังกวนขนาด	**=**	**50**	**lit**
ใส่คลอรีนผง	**=**	**9.52**	**kg**
ผสมลงในน้ำ	**=**	**33.3**	**lit**
ใช้ถังจ่ายขนาด	**=**	**50**	**lit**
ปั๊มสูบจ่ายคลอรีนในอัตรา	**=**	**69.44**	**ml/min**

3.12 การคำนวณ Hydralic Profile

ถังตกตะกอนไปถังกรอง

ให้ระดับก้นถังกรอง	=	0.000	ม.
ถังกรองลึกจนถึง Head Loss สูงสุด	=	3.500	ม.
เพราะฉนั้นระดับถังกรอง	=	3.500	ม.
ให้ระดับน้ำสูงสุดเท่ากับระดับรางจากถังตกตะกอน			
รางจากถังตกตะกอนสูง	=	0.250	ม.
เพราะฉนั้นระดับถังตกตะกอน	=	3.750	ม.

ถังกวนช้าไปถังตกตะกอน

น้ำไหลผ่านถังกวนช้าด้วยฝายกว้าง	=	1.000	ม.
จาก Q	=	$1.7LH^{1.5}$	
เพราะฉนั้น H	=	0.002	ม.
เผื่อน้ำท้ายฝาย	=	0.050	ม.
ระดับน้ำในถังกวนช้า	=	3.802	ม.

ถังกวนเร็วไปถังกวนช้า

น้ำไหลผ่านถังกวนเร็วด้วยฝายกว้าง	=	0.900	ม.
จาก Q (104 m^3/hr)	=	$1.7LH^{1.5}$	
เพราะฉนั้น H	=	0.003	ม.
เผื่อน้ำท้ายฝาย	=	0.050	ม.
ระดับน้ำในถังกวนช้า	=	3.855	ม.

ถังแบ่งน้ำไปถังกวนเร็ว

น้ำไหลผ่านถังแบ่งน้ำด้วยฝายกว้าง	=	0.700	ม.
จาก Q (104 m^3/hr)	=	$1.7LH^{1.5}$	
เพราะฉนั้น H	=	0.004	ม.
เผื่อน้ำท้ายฝาย	=	0.050	ม.
ระดับน้ำในถังกวนช้า	=	3.909	ม.