บทที่ 3

หลักการออกแบบเพื่อการวิจัย

3.1 แนวความคิด

ระบบถังเกรอะและตัวกรองไร้อากาศ เป็นระบบซึ่งเคยมีผู้ทำการทดลองมาหลายครั้งแล้ว เช่น Raman และ Chakladar (39) และอื่น ๆ ซึ่งในการศึกษาส่วนใหญ่จะแยกส่วนจากกันเด็ดขาด ระหว่างระบบถังเกรอะ และระบบตัวกรองไร้อากาศ และจากการอาศัยชั้นตะกอนที่อยู่ใน UASB เป็นตัวกำจัดสารอินทรีย์ทำให้เกิดแนวความคิดว่า ถ้านำระบบถังเกรอะ และตัวกรองไร้อากาศมารวมเข้าในถังใบเดียวกันก็น่าจะเกิดประโยชน์ขึ้นหลายทางคือน้ำเสียที่ผ่านจากถังเกรอะมักจะมีบริมาณของแข็งแขวนลอยปะปนออกมาสูง ในขณะที่ตัวกรองไร้อากาศมีความสามารถในการกรองได้ดีและยังมีค่า Solid Retention Time ค่อนข้างสูง เมื่อนำมาอยู่ในระบบเดียวกัน น้ำเสียที่ผ่านจากส่วนถังเกรอะจะกระจายไปทั่ว ๆ แล้วไหลย้อนขึ้นผ่านตัวกรองไร้อากาศ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดชั้นของของแข็งแขวนลอยขึ้นในถังได้ ทำให้ระบบบำบัดน่าจะมีประสิทธิภาพหรือมีเสถียรภาพที่ดีขึ้น นอกจากนี้แล้วยังใช้พื้นที่น้อยกว่า ระบบถังเกรอะและระบบตัวกรองไร้อากาศที่แยกจากกันเด็ดขาด

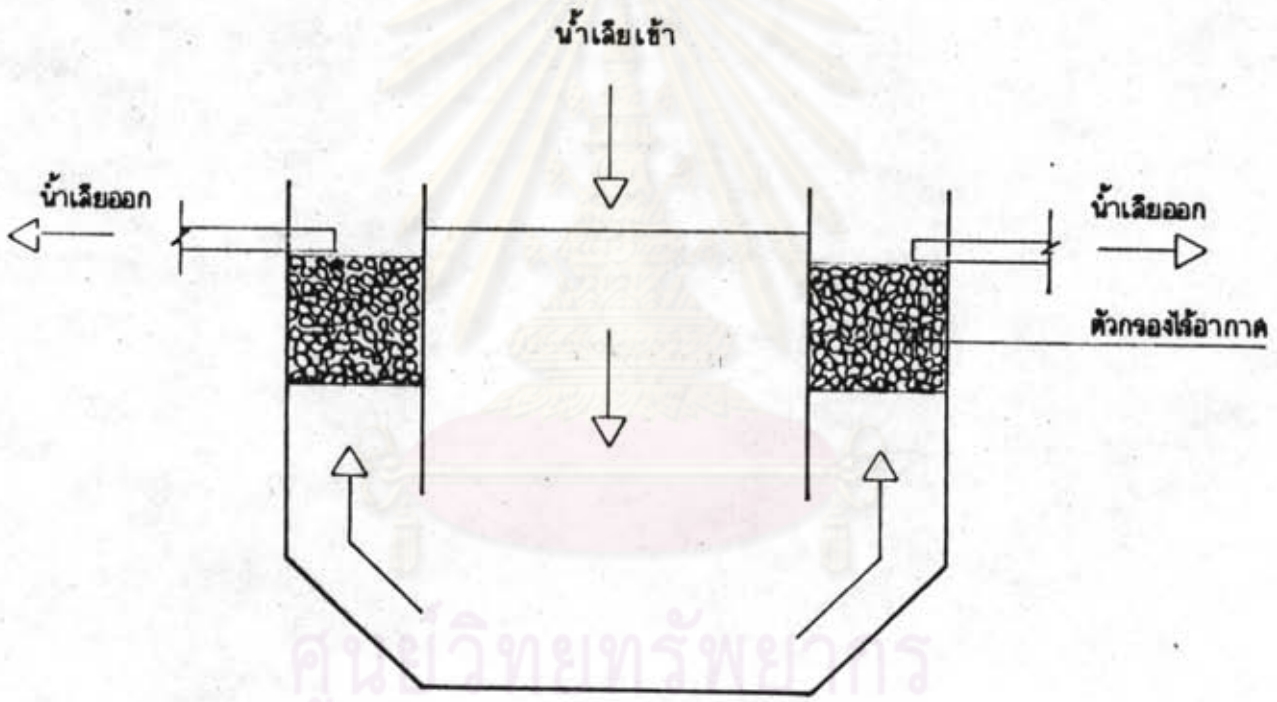
จากแนวความคิดดังกล่าวจึงได้นำมาใช้ในการพิจารณาร่วมกับวัสดุที่มีขายในท้องตลาด ซึ่งนิยมใช้กันอยู่ก็คือ ถังกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 ซม. และ 100 ซม. และทำการออกแบบระบบบำบัดจำลองขึ้น

3.2 หลักการทำงาน

การทำงานของระบบถังเกรอะ และตัวกรองไร้อากาศจะมีลักษณะการไหลของน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 3.1

น้ำเสียที่ต้องการบำบัดจะไหลเข้าสู่ถังเกรอะ ซึ่งเป็นถังในส่วนกลาง แล้วไหลย้อนขึ้นผ่านตัวกรองไร้อากาศ ซึ่งอยู่ระหว่างช่องว่างของถังทั้งสองใบ แล้วจึงออกจากระบบไป

โดยในช่วงที่ผ่านถัง เกรอะจะ เกิดการตกตะกอน พร้อมกับมีการ
ย่อยสลาย และ เมื่อผ่านตัวกรอง ไร้อากาศก็จะ เกิดการกรองและย่อยสลายขึ้น
อีกครั้งหนึ่ง ทำให้น้ำ เสียที่ผ่านระบบบำบัดจำลองมีความสกปรกลดลง



ภาพที่3.1แสดงทิศทางการ ไหลของน้ำ เสียในระบบถัง เกรอะและตัวกรอง ไร้อากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การออกแบบระบบบำบัดจริง และระบบบำบัดจำลอง

กำหนด เวลาเก็บกักของของเหลวในถังเกรอะ (r) = 14 ชม

จำนวนคน - ในบ้านพักอาศัย (P) = 6 - 10 คน

อัตราน้ำเสียต่อคนต่อวัน (q) = 150 ลิตร/คน-วัน

ช่วงเวลาในการสูบตะกอนออกจากถังเกรอะ(n)= 2 ปี/ครั้ง

3.3.1 ระบบบำบัดจริง (สำหรับครอบครัว 10 คน)

ถังเกรอะ

จากวิธีการออกแบบโดย Picford ในภาคผนวก ก.

ประมาตรของ sludge & scum (A) = Pnfs

= 10(2)(1.15)(40)

= 920 ลิตร

ประมาตรของของเหลว (B) = Prq

= 10(14)(150)/24

= 875 ลิตร

Total Capacity (C) = 1795 ลิตร

. เลือกใช้ถังกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 ซม. และ 80 ซม. ลึก 35 ซม. นำมาวางซ้อนกันโดยพื้นที่ภายในถังกลม 80 ซม. เป็นส่วนของถังเกรอะ และพื้นที่ระหว่างถังกลม 80 ซม. กับถังกลม 100 ซม. นั้นเป็นส่วนของตัวกรองไร้อากาศ

Liquid Zone ,

พื้นที่หน้าตัดของถังกลม Ø 80 ซม. = $\frac{\pi}{4}(0.80)^2$

= 0.50 $ม.^3$

ปริมาตรของของเหลว = 0.875 $ม.^3$

ความลึกของ liquid zone = 1.75 ม.

Sludge & Scum Zone ,

สมมุติชั้นของ scum หนา = 0.1 ม.

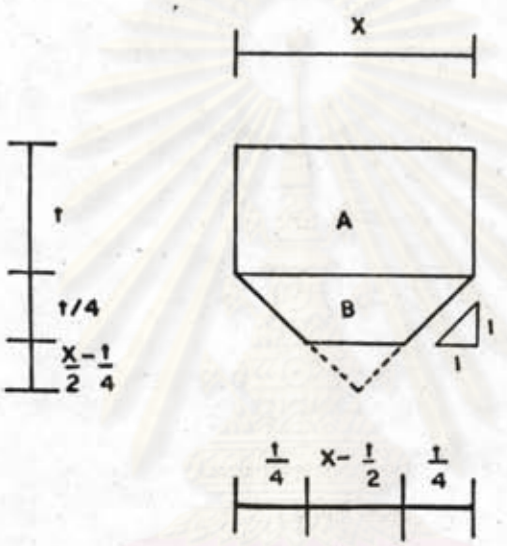
ปริมาตรของ scum = 0.1(0.5) $ม.^3$

= 0.05 $ม^3$

ปริมาตรของ Sludge = 0.92 - 0.05 $ม.^3$

= 0.87 $ม^3$

กำหนดลักษณะของ Sludge Storage ดังรูป



Volume of Sludge $= V_A + V_B$

$$V_A = \frac{\pi}{4} X^2 t$$

$$V_B = \frac{1}{3}\left(\frac{\pi}{4} X \left(\frac{X}{2}\right)^2 - \frac{\pi}{4}\left(\frac{2X-t}{2}\right)^2\left(\frac{2X-t}{4}\right)\right)$$

$$= \frac{\pi}{12}\left(\frac{X^3}{2} - \frac{(2X-t)^3}{16}\right)$$

$$\text{Volume of Sludge} = \frac{\pi}{4}X^2 t + \frac{\pi}{12}\left(\frac{X^3}{2} - \frac{(2X-t)^3}{16}\right)$$

$$= \frac{\pi}{192}\left(60X^2 t - 12Xt^2 + t^3\right)$$

$$= 0.87$$

แทนค่า X = 1.0 ม. , $= 60t - 12t^2 - t^3 = 53.17$

trial and error , t = 1.13 ม

เลือกใช้ t = 1.20 ม.

ถังกรองไร้อากาศ

พื้นที่วงแหวนรอบนอก (ส่วนของถังกรองไร้อากาศ) $= \frac{\pi}{4}(1.0^2 - 0.8^2)$

$= 0.2045 \text{ ม}^2$

สมมุติ - BOD ในน้ำเสียที่เข้าถังเกรอะ $= 300$ มก./ล

- ประสิทธิภาพในการกำจัด BODของถังเกรอะ $= 50$ %

อัตราน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดจริงต่อวัน $= 150(10)/1000$

$= 1.5 \text{ ม}^3/\text{วัน}$

ปริมาณ BOD ที่เข้าสู่ตัวกรองไร้อากาศ $= 300(1.5)(0.5)/1000$

$= 0.225$ กก.BOD/วัน

กำหนดอัตราออร์แกนิคโหลดดิ้ง $= 2$ กก.BOD/ม^3 - วัน

ปริมาตรของของเหลวในถัง $= 0.225/2 \text{ ม}^3$

$= 0.1125 \text{ ม}^3/\text{วัน}$

กำหนดค่า Void ratio $= 0.95$

ปริมาตรของตัวกรองไร้อากาศ $= 0.1125/0.95$

$= 0.1184 \text{ ม}^3$

ความลึกของชั้นตัวกลางพลาสติก $= 0.1184/0.2045$

$= 0.58$ ม.

เลือกใช้ความลึกของชั้นตัวกลางพลาสติก $= 0.6$ ม. หรือ 60 ซม.

จากค่าที่คำนวณได้สามารถนำมากำหนดขนาดและรูปร่างของระบบบำบัดจริงได้ดังภาพที่ 3.2

3.3.2 ระบบบำบัดจริง (สำหรับครอบครัว 6 คน)

คำนวณในทำนองเดียวกันกับระบบบำบัดจริงสำหรับครอบครัว 10 คน จะได้ขนาดและรูปร่างของระบบกำบัดจริงสำหรับครอบครัว 6 คน ดังภาพที่ 3.3

3.3.3 ระบบบาบัดจำลอง

สามารถจำลองจากระบบบาบัดจริงสำหรับครอบครัว 6 คน หรือระบบ บาบัดจริงสำหรับครอบครัว 10 คน ซึ่งจะได้ขนาดของระบบบาบัดจำลองที่เท่ากัน ในการคำนวณได้เลือกเอาระบบบาบัดจริงสำหรับครอบครัว 10 คนเป็นตัวอย่างในการจำลอง

ถังเกรอะ

จาก Similarity's Raw $Qp/Qm = Vp(Tm)/Vm(Tp)$

เมื่อ Qp = อัตราการไหลจริง ($ม^3$/วัน)

Qm = อัตราการไหลจำลอง ($ม^3$/วัน)

Vp = ปริมาตรจริง ($ม^3$)

Vm = ปริมาตรจำลอง ($ม^3$)

Tp = เวลาเก็บกักจริง (วัน)

Tm = เวลาเก็บกักจำลอง (วัน)

เนื่องจากค่า $Tp = Tm$

$Qp/Qm = Vp/Vm$

$Vm = Qm\,(Vp)/Qp$

Liquid Zone, กำหนดให้ $Qm = 15$ ลิตร/วัน

$Vm = 15*0.875/1.5(1000)$

$= 0.0088$ $ม^3$

เลือกเส้นผ่าศูนย์กลางของถังเกรอะจำลอง = 0.2 ม.

ความลึกของ liquid zone = 0.28 ม.

เลือกใช้ความลึกของ liquid zone = 0.3 ม.

= 30 ซม.

Sludge & Scum zone ,

$V_m = 15 * 0.92/1.5\ (1000)$

$= 0.0092 \quad ม^3$

กำหนดให้ scum ในระบบบำบัดจำลองหนา $= 0.03$ ม

ปริมาตรของ scum $= \frac{\pi}{4}(0.2)^2(0.03)$

$= 0.0009 \quad ม^3$

ปริมาตรของ sludge $= 0.0092 - 0.0009$

$= 0.0083 \quad ม^3$

กำหนดให้ถัง PVC วงนอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง $= 0.25$ ม.

จากวิธีการเดียวกับการคำนวนระบบบำบัดจริงจะได้

$$\frac{\pi}{192}\left(60x^2 - 12x^2 + t^3\right) = 0.0083$$

แทนค่า $x = 0.25$ ม , $\frac{\pi}{192}\left(3.75 - 3t^2 + t^3\right) = 0.0083$

trial and error , $t = 0.153$ ม.

เลือกใช้ค่า $t = 0.16$ ม.

<u>ถังกรองไร้อากาศ</u>

กำหนดตัวระบบบำบัดจำลองทำด้วยพลาสติกPVCใส่หนา 0.5 ซม.

พื้นที่วงแหวนรอบนอก(ส่วนของถังกรองไร้อากาศ) $= \frac{\pi}{4}\left(0.25^2 - 0.21^2\right)$

$= 0.0144 \ ม^2$

จาก Similarity's law $V_m = Q_m(V_p)/Q_p$

$= 15(0.1125)/1.5(1000)$

$= 0.00112 \quad ม^3$

กำหนด void ratio $= 0.95$

ปริมาตรของตัวกรองไร้อากาศ $= 0.00112/0.95$

$= 0.00118 \ ม^3$

ความลึกของตัวกรองไร้อากาศในระบบบำบัดจำลอง $= 0.00118/0.0144$

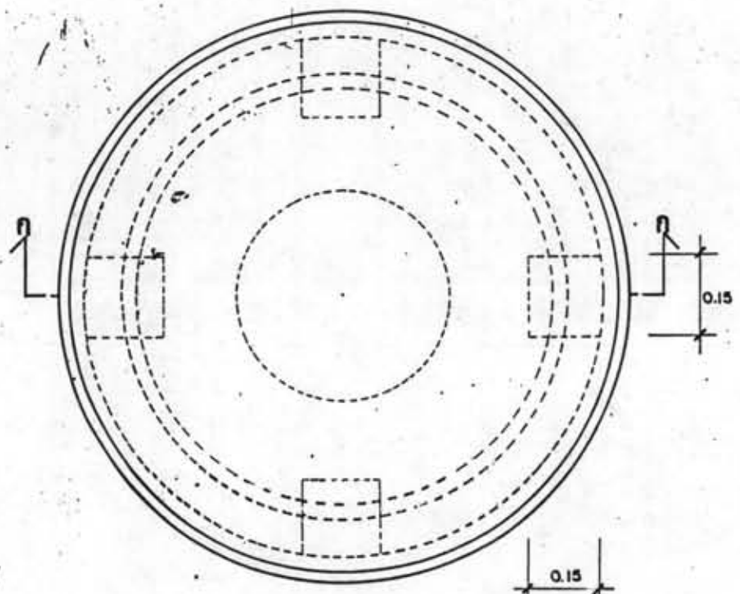
$= 0.082 \quad ม.$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

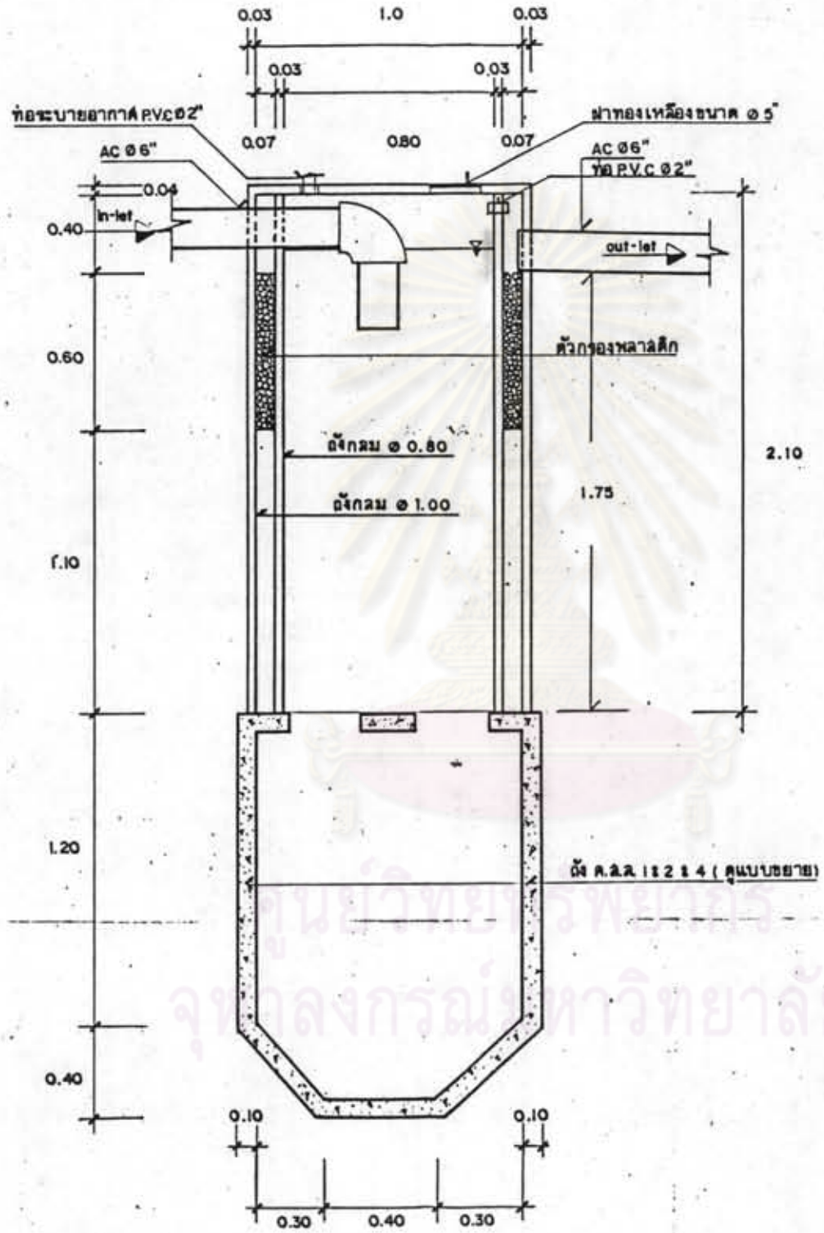
เลือกใช้ความลึกของตัวกรองไร้อากาศในระบบบำบัดจำลองเท่ากับ 0.09 ม. หรือ 9 ซม. จากค่าที่คำนวณได้สามารถนำมากำหนดขนาดและรูปร่างของระบบบำบัดจำลองได้ดังภาพที่ 3.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

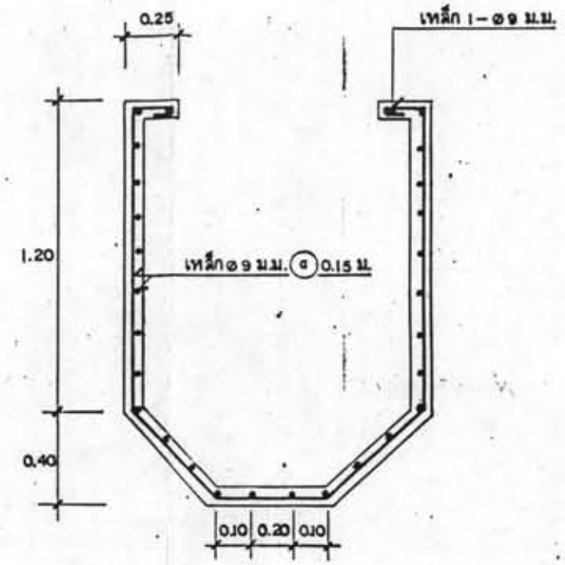
ภาพที่ 3.2 ถังเกรอะ-ตัวกรองไร้อากาศสำหรับครอบครัว 10 คน

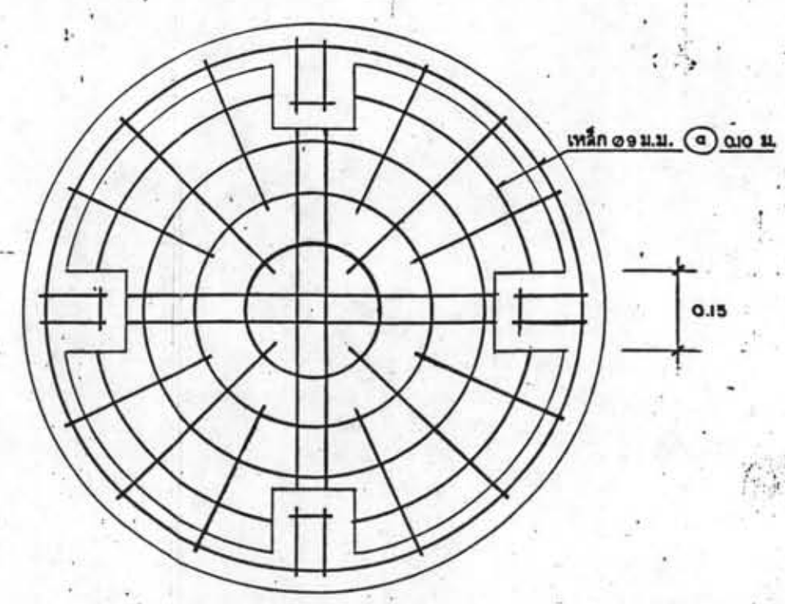


แสดงแบบแปลนถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ | 1 : 10



รูปตัด ก - ก | 1:20

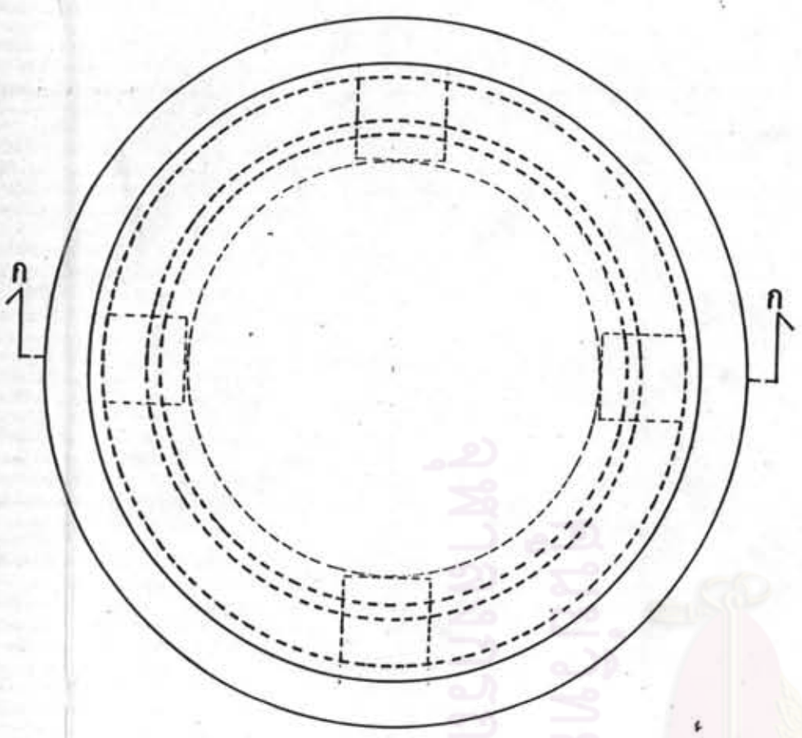




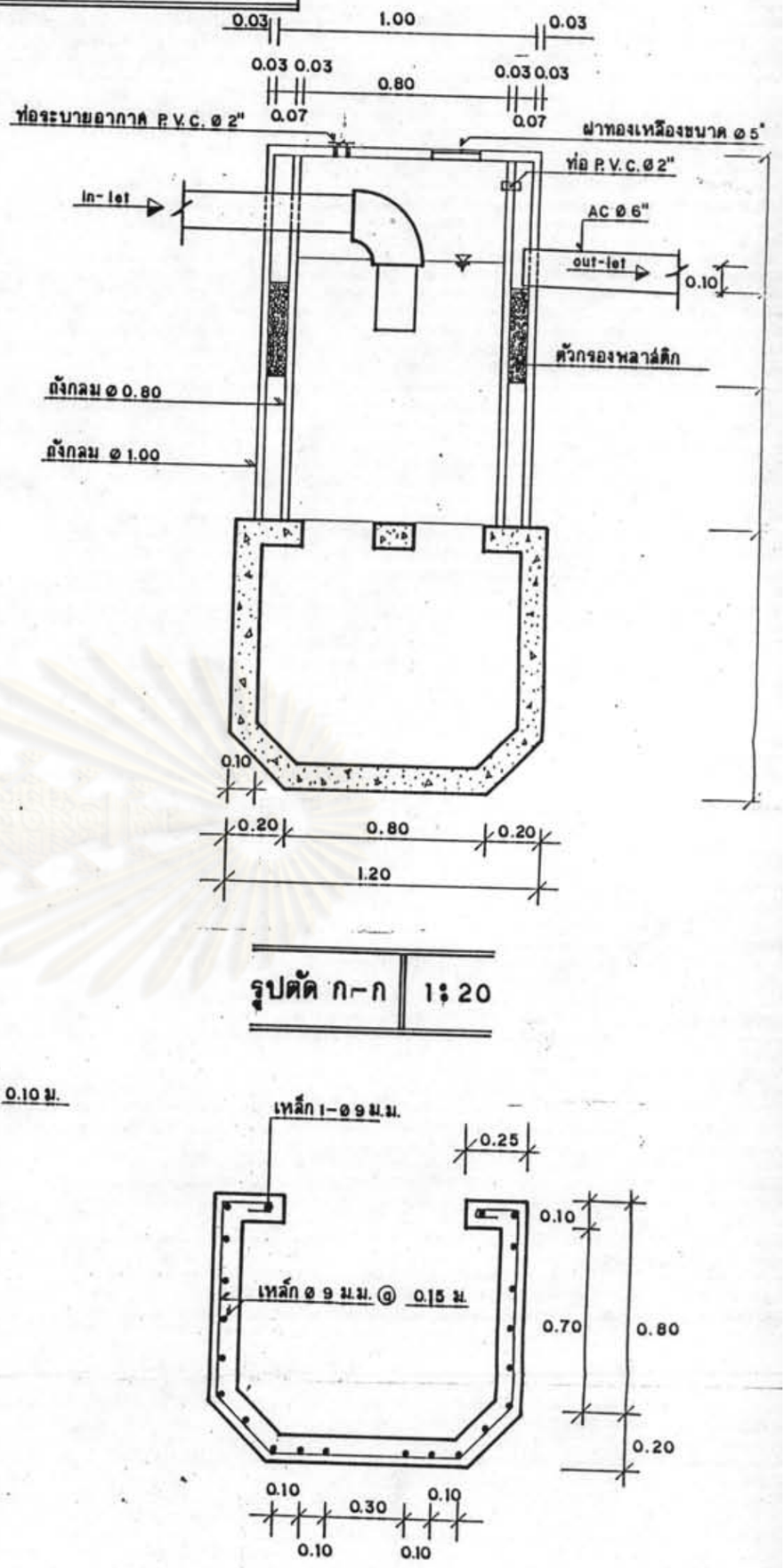
แบบขยายถัง ค.ส.ล. | 1 : 10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

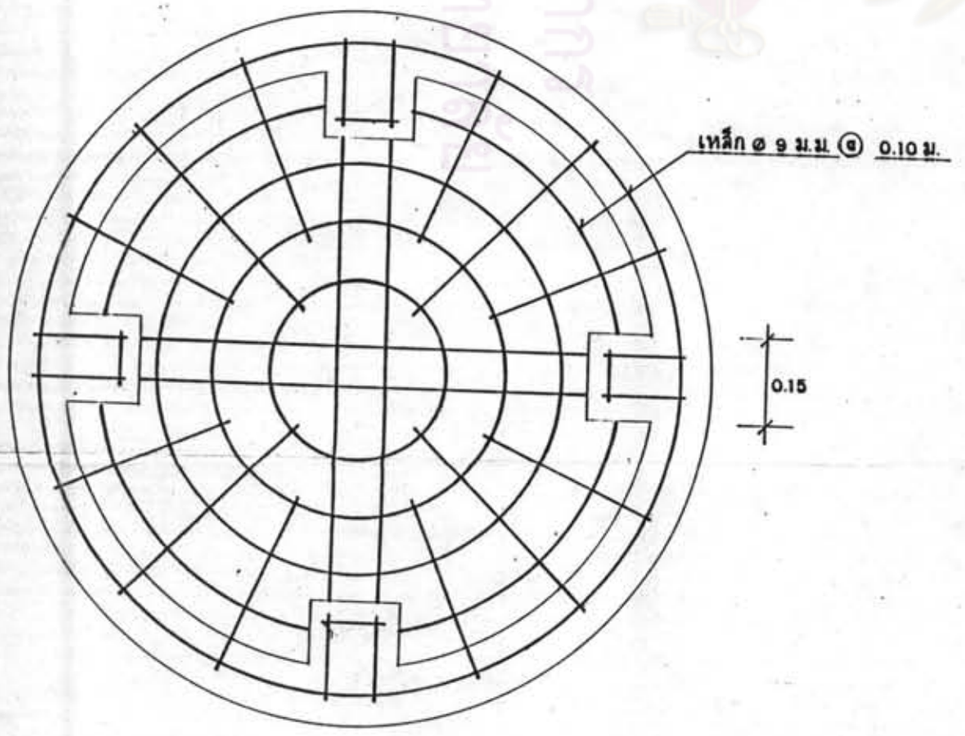
ภาพที่ 3.3 ถังเกรอะ-ตัวกรองไร้อากาศสำหรับครอบครัว 6 คน



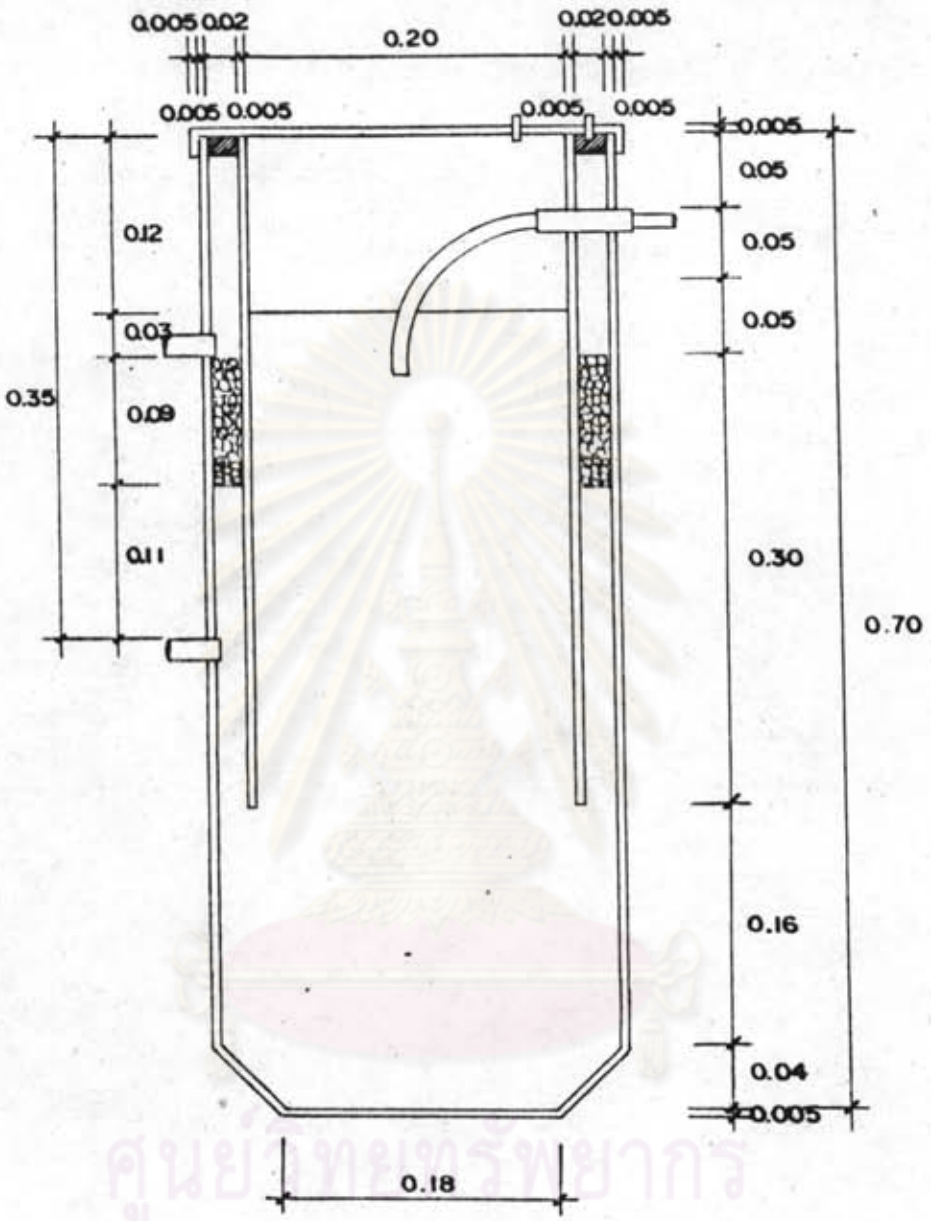
แสดงแบบแปลนถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ | 1: 10



รูปตัด ก-ก | 1: 20



แบบขยายถัง ค.ล.ล. | 1: 10



ภาพที่ 3. 4 ระบบบำบัดจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย