

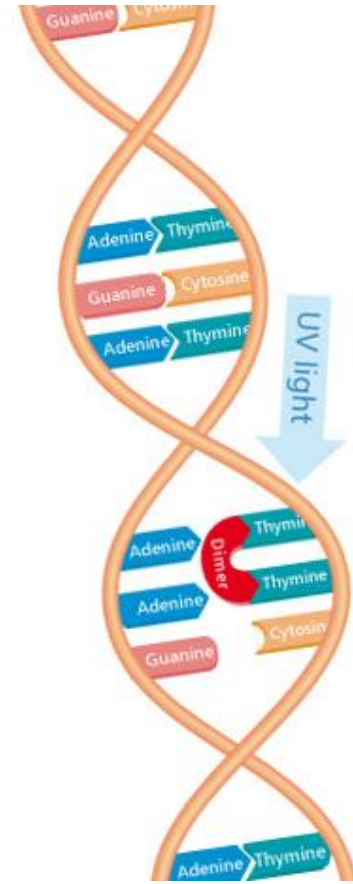
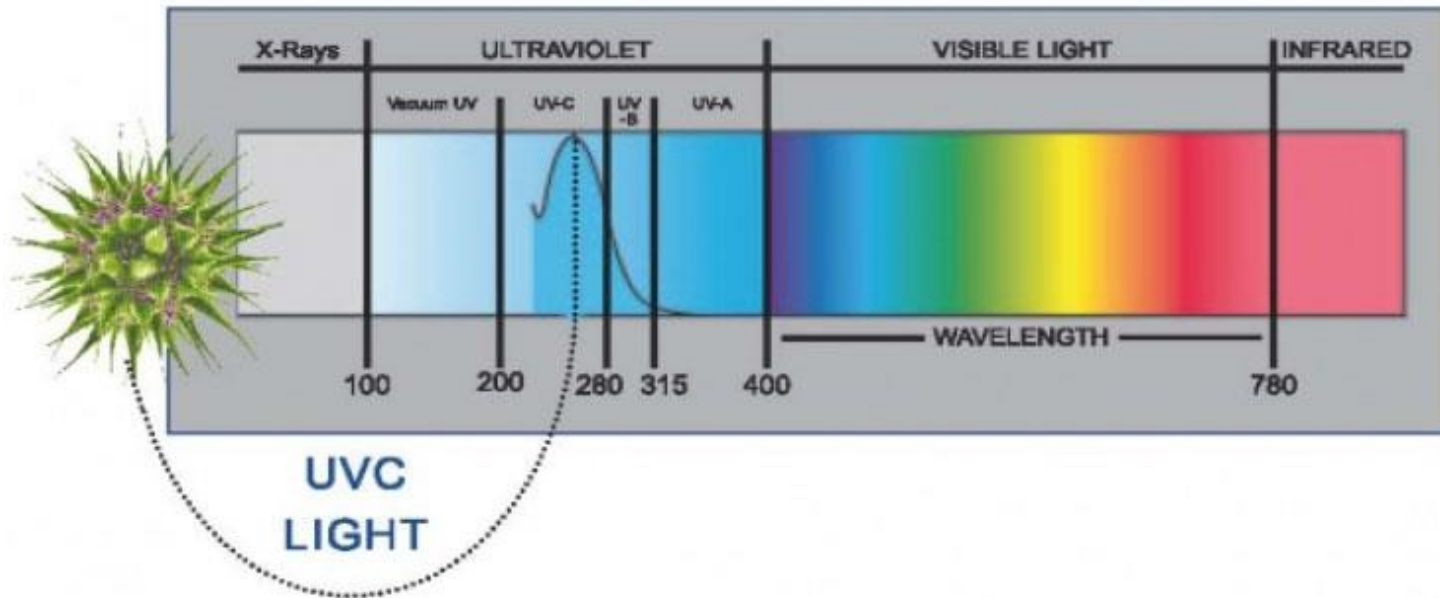
6 การฆ่าเชื้อโรค

- แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคจากทางเดินอาหารของมนุษย์ เช่น โรคไทฟอยด์ อหิวา พาราไทฟอยด์ และโรคท้องร่วง
- โรคท้องร่วงบางชนิดเกิดจากโปรโตซัว
- ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคโปลิโอและตับอักเสบบวม รวมทั้งพยาธิบางชนิด
- น้ำทิ้งที่บำบัดแล้วจะต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม
- การฆ่าเชื้อโรคหมายถึงการทำลายเฉพาะจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคเท่านั้นในน้ำทิ้ง

วิธีการฆ่าเชื้อโรค

1) การใช้แสง UV

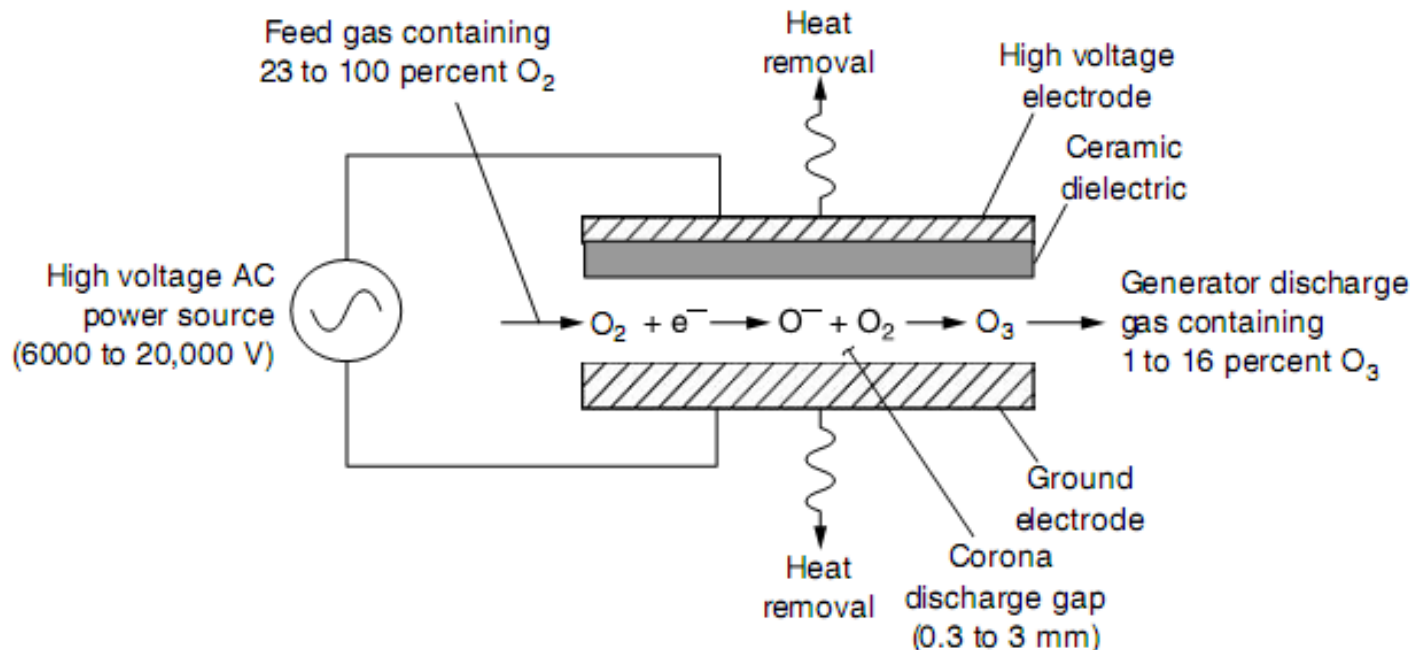
- เป็นวิธีการฆ่าเชื้อโรคที่เหมาะสมและไม่มีสารเคมีใด ๆ หลงเหลือ
- ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคด้วย UV จะขึ้นกับ (1) ความลึกที่แสงจะต้องผ่าน (2) ระยะเวลาสัมผัส และ (3) ความขุ่นหรือสิ่งจะขัดขวางการทำงานของแสง UV
- UV-C 240 and 280 nanometres (nm) ฆ่าเชื้อโรคได้ดีที่สุด

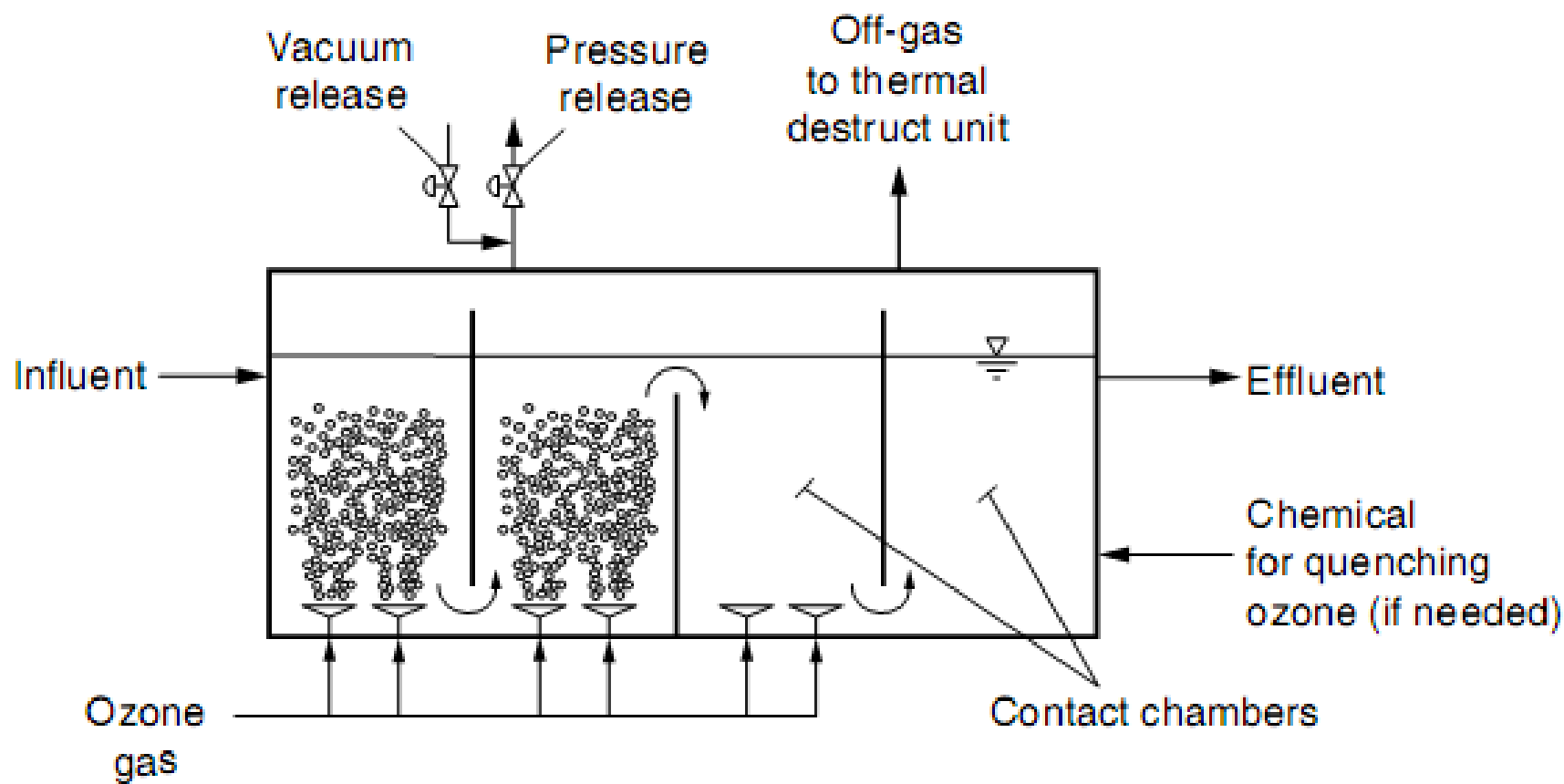




2) การใช้โอโซน

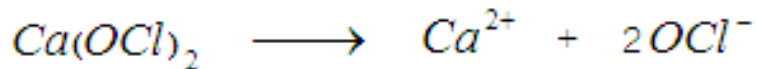
- โอโซนเป็นสารฆ่าเชื้อโรคที่มีประสิทธิภาพ ไม่สร้างสารเคมีใด ๆ คงค้างหลังเกิดปฏิกิริยา แต่จะต้องผลิตขึ้น ณ บริเวณพื้นที่ที่ใช้งาน
- โอโซนสามารถกำจัดกลิ่นและสารอินทรีย์ได้ดีและไม่เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นอันตราย

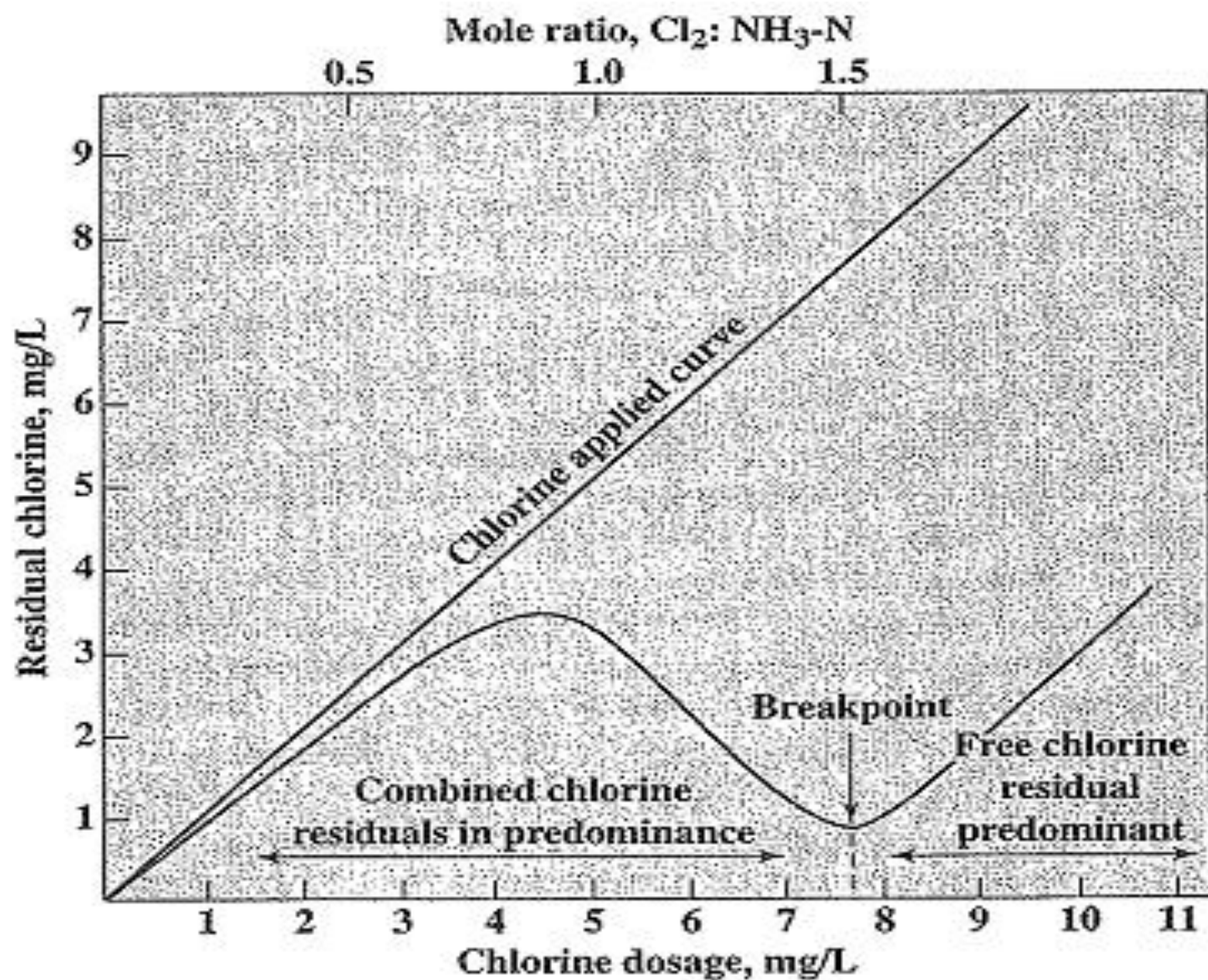




3) การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน

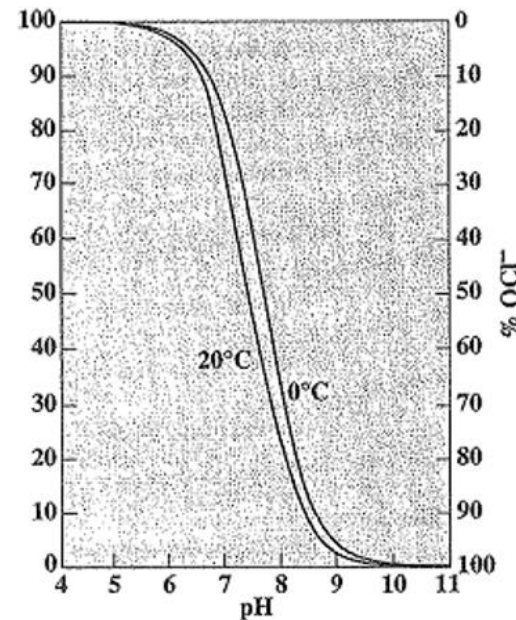
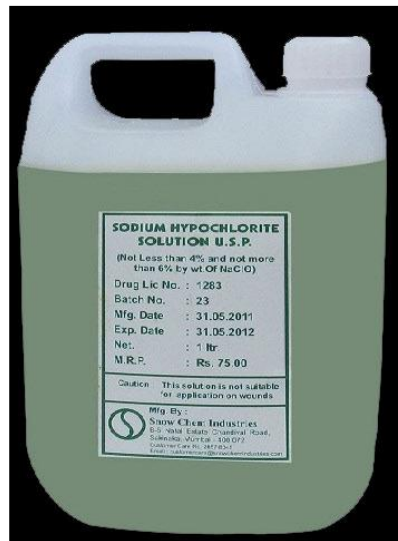
- โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (Ca(OCl)_2)
- เป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรงและทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ อย่างรวดเร็ว
- ทำให้การฆ่าเชื้อโรคจะเป็นไปได้เมื่อเติมในปริมาณมากพอ เกินความต้องการคลอรีนในการทำปฏิกิริยา (chlorine demand) กับสารต่างๆ ในน้ำ





- ปริมาณ HOCl และ OCl⁻ รวมเรียกว่าคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ (free chlorine residual) เป็นสารที่ทำหน้าที่ฆ่าเชื้อโรค
- **HOCl** เป็นสารฆ่าเชื้อโรคที่มีประสิทธิภาพมากกว่า เมื่อค่า pH ลดลงจะพบ HOCl มากกว่า OCl⁻
- ดังนั้นที่ค่า pH ต่ำกว่า 7 คลอรีนจะฆ่าเชื้อโรคได้ดีกว่า
- การใช้ NaOCl และ Ca(OCl)₂ ทำให้ค่า pH ของน้ำสูงขึ้น ได้คลอรีนในรูป OCl⁻ ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำ (ต้องคุมค่า pH)

ความสัมพันธ์ของปริมาณของสารทั้งสองจะขึ้นกับค่า pH และอุณหภูมิ ดังแสดงในรูป



- ไฮโปคลอไรต์ หรือ ผงปูนคลอรีน
- **NaOCl** : จำหน่ายในรูปสารละลาย 50% มีคลอรีน 12-15% เป็นของเหลวสีเหลืองอ่อน ไม่เสถียร กัดกร่อนปานกลาง
- **Ca(OCl)₂** : จำหน่ายในรูปผงหรือเม็ด มีคลอรีน 60-70% เสถียร มีพิษมาก กัดกร่อนปานกลาง
- **CaOCl₂** : **Bleaching powder**, Chlorinated lime, Calcium oxychloride ได้จากการทำปฏิกิริยาของคลอรีนกับปูนขาว มีคลอรีน 30% ไม่เสถียรเมื่อสัมผัสกับอากาศ แสง ความชื้น
- โรงผลิตน้ำประปาไม่นิยมใช้ไฮโปคลอไรต์และผงปูนขาว : a) ทำให้ pH ของน้ำเพิ่มขึ้น b) มีคลอรีนน้อย c) มีตะกอนเกิดขึ้นมาก (ผงปูน)

ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรค

- ประสิทธิภาพขึ้นกับตัวแปรดังต่อไปนี้

(1) ระยะเวลาสัมผัส (contact time)

(2) ปริมาณคลอรีน

(3) อุณหภูมิ

(4) pH

(5) คุณลักษณะของน้ำ (ค่า BOD) และของแข็งแขวนลอย

(6) ชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์

- โดยปกติระบบจ่ายน้ำประปาชุมชนจะเติมคลอรีนจนได้คลอรีนอิสระไม่น้อยกว่า 0.3 - 0.5 mg/l และมีเวลาให้คลอรีนทำปฏิกิริยา (retention time) 20 นาที

- สำหรับการฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียควรมีระยะเวลาสัมผัส **20 – 30 นาที** ที่ความเข้มข้นคลอรีนอิสระ **0.5 มก./ล.**

- ถ้าระยะเวลาสัมผัสน้อยลง จะต้องเพิ่มความเข้มข้นคลอรีน

- ในทางปฏิบัติจะต้องทำการทดสอบหาปริมาณสารเคมีและระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสม น้ำเสียที่จะเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อโรคจะต้องมีปริมาณของแข็งแขวนลอยต่ำ

- มาตรฐานสำหรับการฆ่าเชื้อโรค (WHO) คือการใช้คลอรีนในปริมาณน้อยที่สุด (หรือปริมาณคลอรีนที่หลงเหลือน้อยที่สุดหลังระยะเวลาสัมผัส), และเวลาสัมผัสที่สั้นที่สุด
- ปกติจะแสดงค่าเท่ากับ $C \times T_5$
- C คือ ความเข้มข้นของคลอรีนที่จุดทางออก
- T_5 คือระยะเวลาสัมผัส = $0.5 \times (Q/V)$
- ชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์มีผลต่อประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรค
สปอร์จะมีความทนทานต่อสารเคมีมากกว่าเซลล์ที่มีชีวิต
- น้ำเสียที่มีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากจะต้องใช้ระยะเวลาสัมผัสที่มากขึ้น
- แต่ละคนจะระบายโคลิฟอร์มแบคทีเรียจำนวน 100 – 400 ล้านตัวต่อวัน น้ำเสียมีจำนวนโคลิฟอร์ม 26 – 100 x 10⁶ ต่อ 100 มล.
- การคงอยู่ของโคลิฟอร์มแสดงว่าในน้ำเสียอาจมีเชื้อโรคทางเดินอาหารปนเปื้อนอยู่

ถังสัมผัสคลอรีน

- ถังสัมผัสคลอรีนส่วนใหญ่ออกแบบให้เป็นรางคดเคี้ยวเพื่อให้ลักษณะของการไหลเป็นแบบการไหลตามกันและควรมีระยะเวลาสัมผัสต่ำสุด 30 นาทีที่อัตราไหลเฉลี่ย





ถึงสัมผัสคลองอื่น



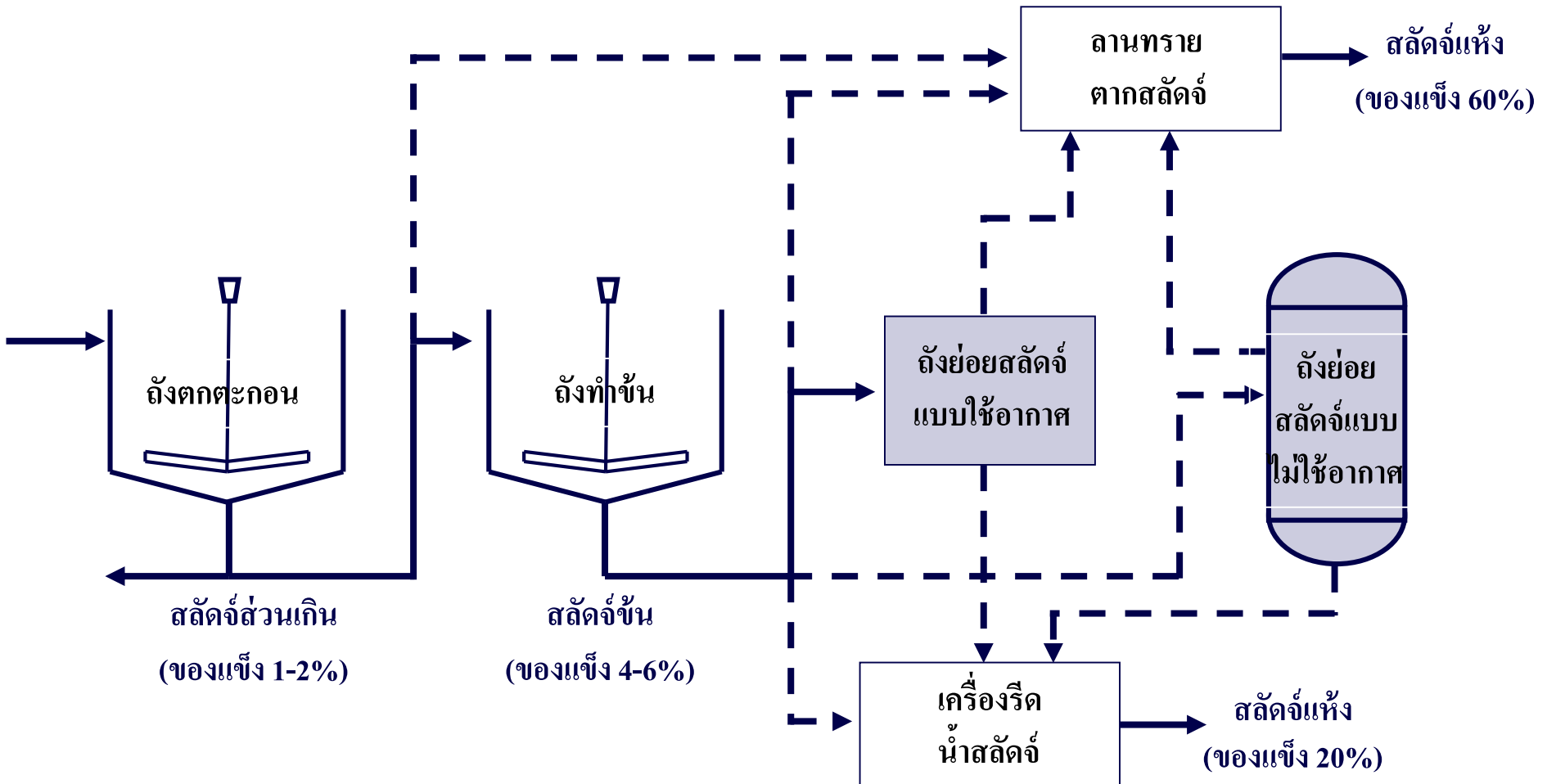
ถังสัณผัสคลอรีนโรงพยาบาล 30 เตียง



ถังสัมผัสคลอรีนโรงพยาบาล 30 เตียง

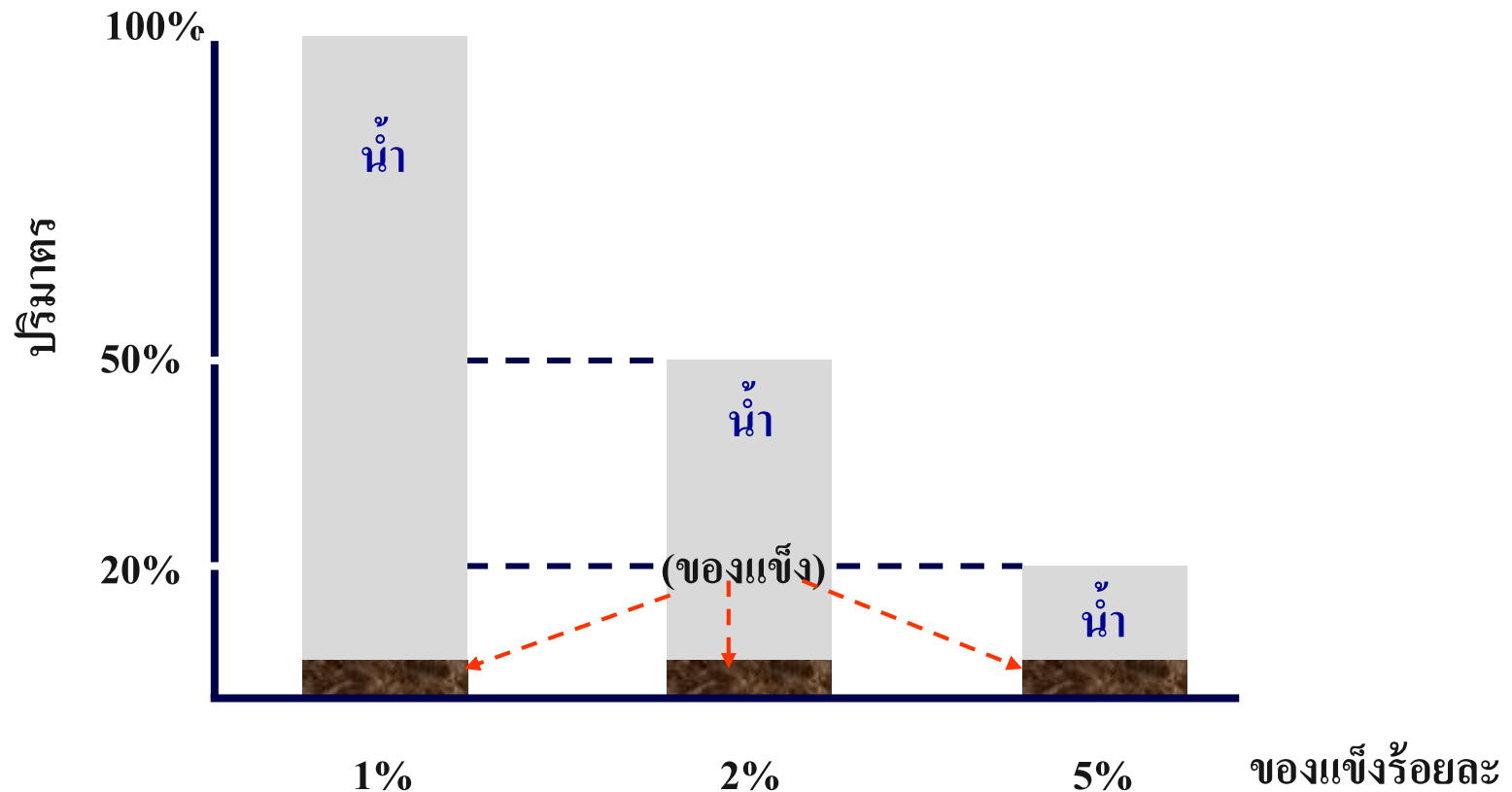


7 ระบบกำจัดสลัดจ์



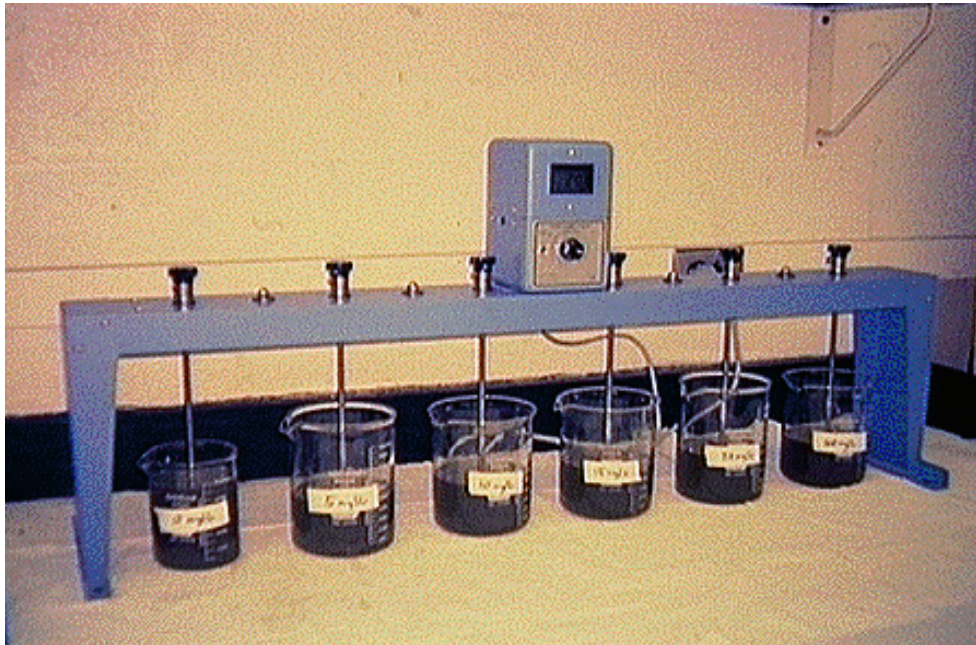
1) การทำชั้นสัจด์จ (Sludge Thickening)

- ทำให้อัตราส่วนของของแข็งเพิ่มขึ้น ปริมาตรลดลง
- จาก 1 % solid เป็น 5 % solid ปริมาตรเหลือเพียง 20 % ของเดิม



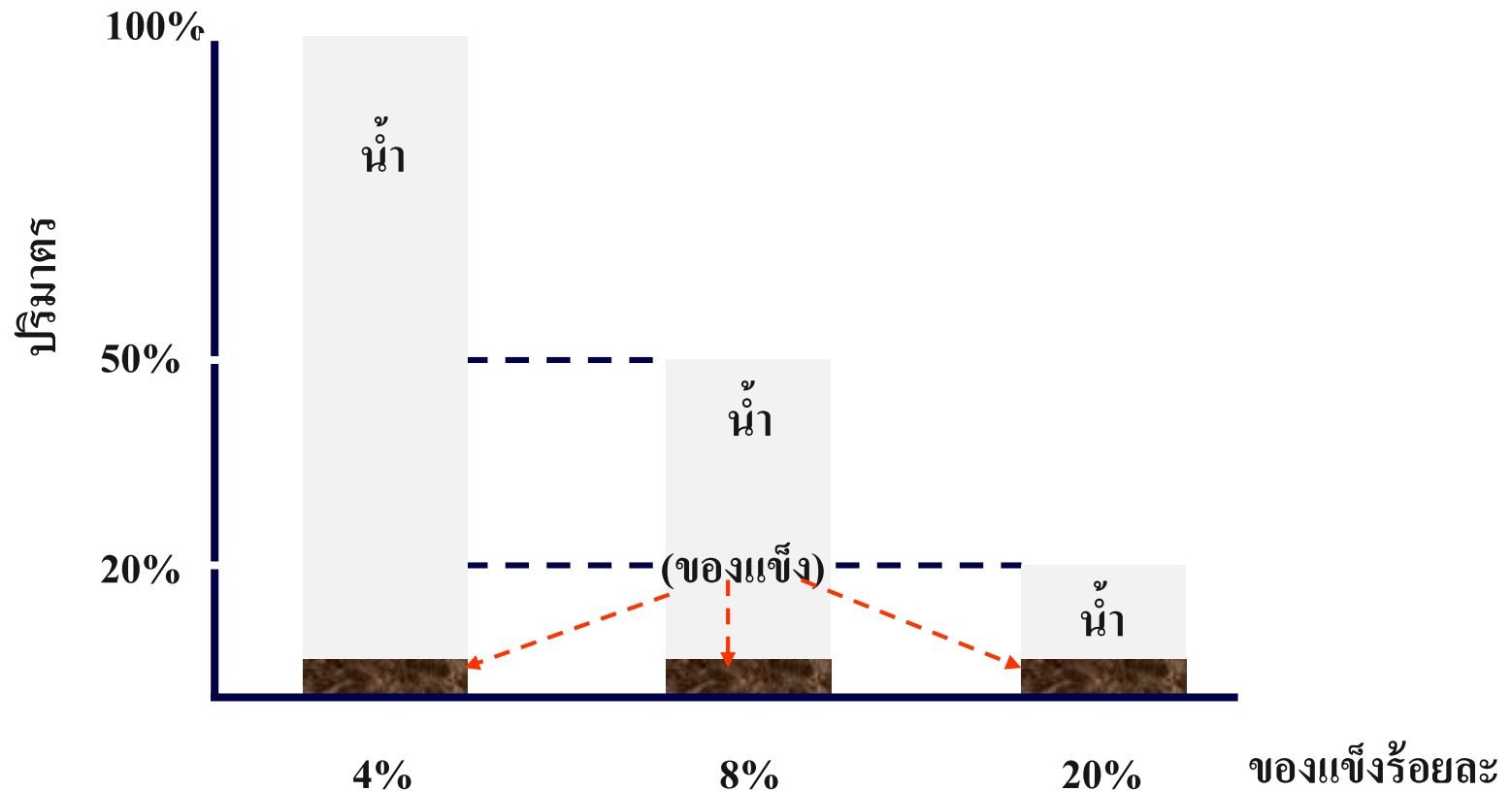
2) การปรับสภาพสลัดจ์ (Sludge Conditioning)

- เป็นวิธีการปรับสภาพสลัดจ์เพื่อช่วยให้รีดน้ำออกได้ดีขึ้น
- สารเคมีที่ใช้ได้แก่ สารส้ม เฟอริกคลอไรด์ และโพลีเมอร์
- ทำให้สลัดจ์จับตัวเป็นฟล็อก รีดน้ำออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ ทดสอบด้วยวิธี **Jar test**

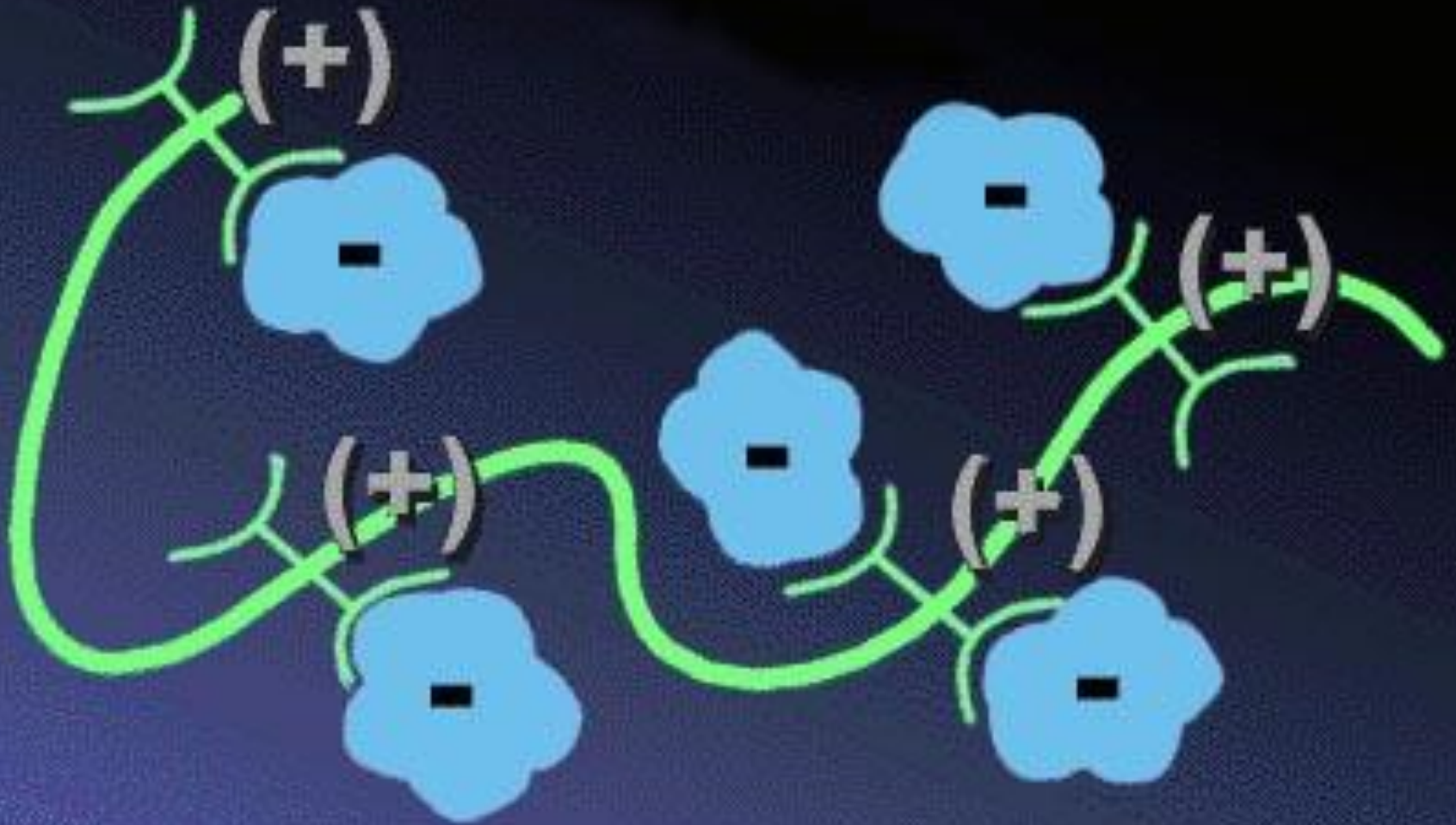


3) การแยกน้ำออกจากสลัดจ์ (Sludge Dewatering)

- เป็นการลดปริมาตรสลัดจ์ที่จะนำไปทิ้งขั้นสุดท้าย ช่วยลดค่าใช้จ่าย
- ขนส่งสลัดจ์ที่แห้งได้ง่ายขึ้น



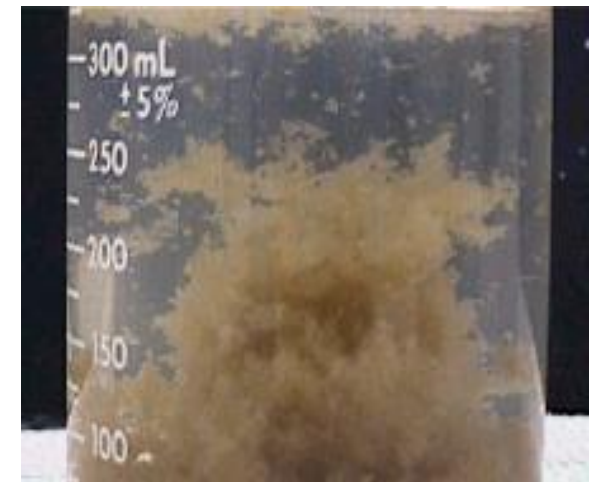
การปรับสภาพสัดด้วยโพลีเมอร์



$\text{---}(+) =$ โพลีเมอร์ประจุบวก

$\text{---}(-) =$ อนุภาคสัดจที่มีประจุลบ

การปรับสภาพสัดจ์ด้วยโพลีเมอร์



4) เครื่องรีดน้ำแบบอัดกรอง (Filter Press)

- ประกอบด้วยเครื่องสูบสลับแรงดันสูง และเครื่องอัดกรอง
- ใช้เครื่องสูบสลับที่มีแรงดันสูงอัดน้ำผ่านผ้ากรอง
- สลัดจ์ถูกสูบเข้าช่องว่างระหว่างผ้ากรองด้วยแรงดันสูง
- รักษาแรงดันในช่วงเวลาหนึ่ง น้ำใสจะถูกกรองออก
- สลัดจ์แห้งจะถูกกักไว้ภายใน
- ระยะเวลาในการกรอง 1 – 3 ชม.
- ระยะเวลาต่อการอบการกรอง 2 – 5 ชม.
- อาจปรับสภาพสลัดจ์ด้วยสารเคมีก่อนกรอง

ผ้ากรอง

น้ำใสออก

สตัดจ์เข้า

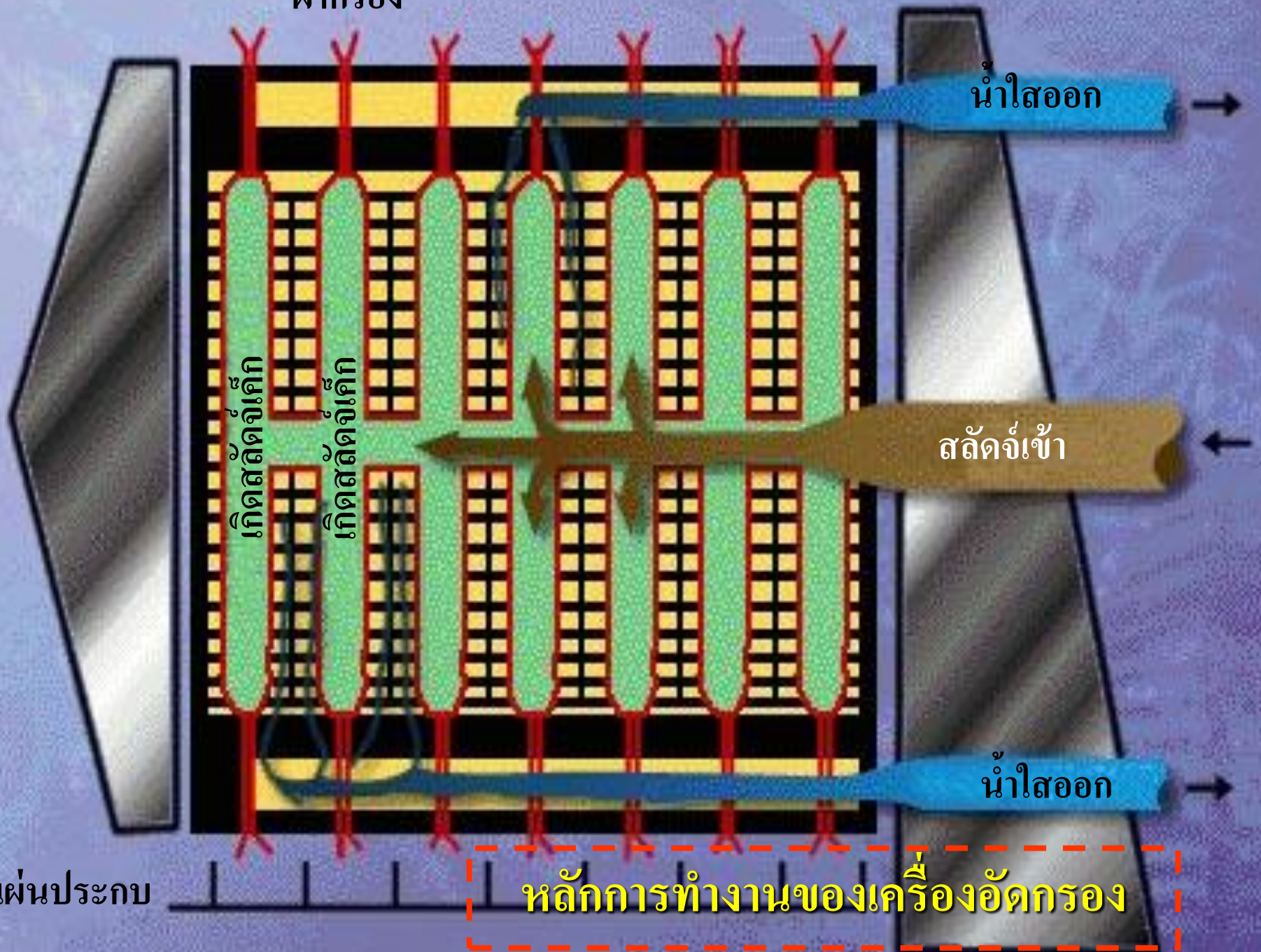
น้ำใสออก

เกิดสตัดจ์เล็ก

เกิดสตัดจ์เล็ก

แผ่นประกบ

หลักการทำงานของเครื่องอัดกรอง





ผ้ากรองของเครื่องอัดกรอง



เครื่องอัดกรองและถังปรับสภาพสลัดจ์ด้วยเคมี



ผ้ากรองของเครื่องอัดกรอง



น้ำผ่านการกรองจากเครื่องอัดกรอง



สตัดจ์เค็กจากเครื่องอัดกรอง



5) ลานทรายตากสลัดจ์ (Sand Drying Bed)

- ปล่อยสลัดจ์เข้าลานทราย น้ำจะไหลซึมลงสู่ทรายและระเหยไป
- ประกอบด้วยชั้นทราย ชั้นกรวด และระบบท่อรวบรวมน้ำ
- สลัดจ์แห้งมีความชื้น 30 – 40 % ในฤดูฝนอาจเกิดปัญหาได้
- ตัวแปรในการเดินระบบ
 - ระยะเวลาในการตากสลัดจ์ 10 – 15 วัน
 - ความหนาของชั้นสลัดจ์บนลานตาก 20 – 30 ซม.
 - ความเร็วในท่อนำสลัดจ์เข้าลานตาก > 0.75 ม./วินาที
 - ความหนาของชั้นทรายในลานตาก 15 – 30 ซม.

วาล์วปิดเปิด

สลัดจ์เข้า

ท่อนำสลัดจ์เข้า

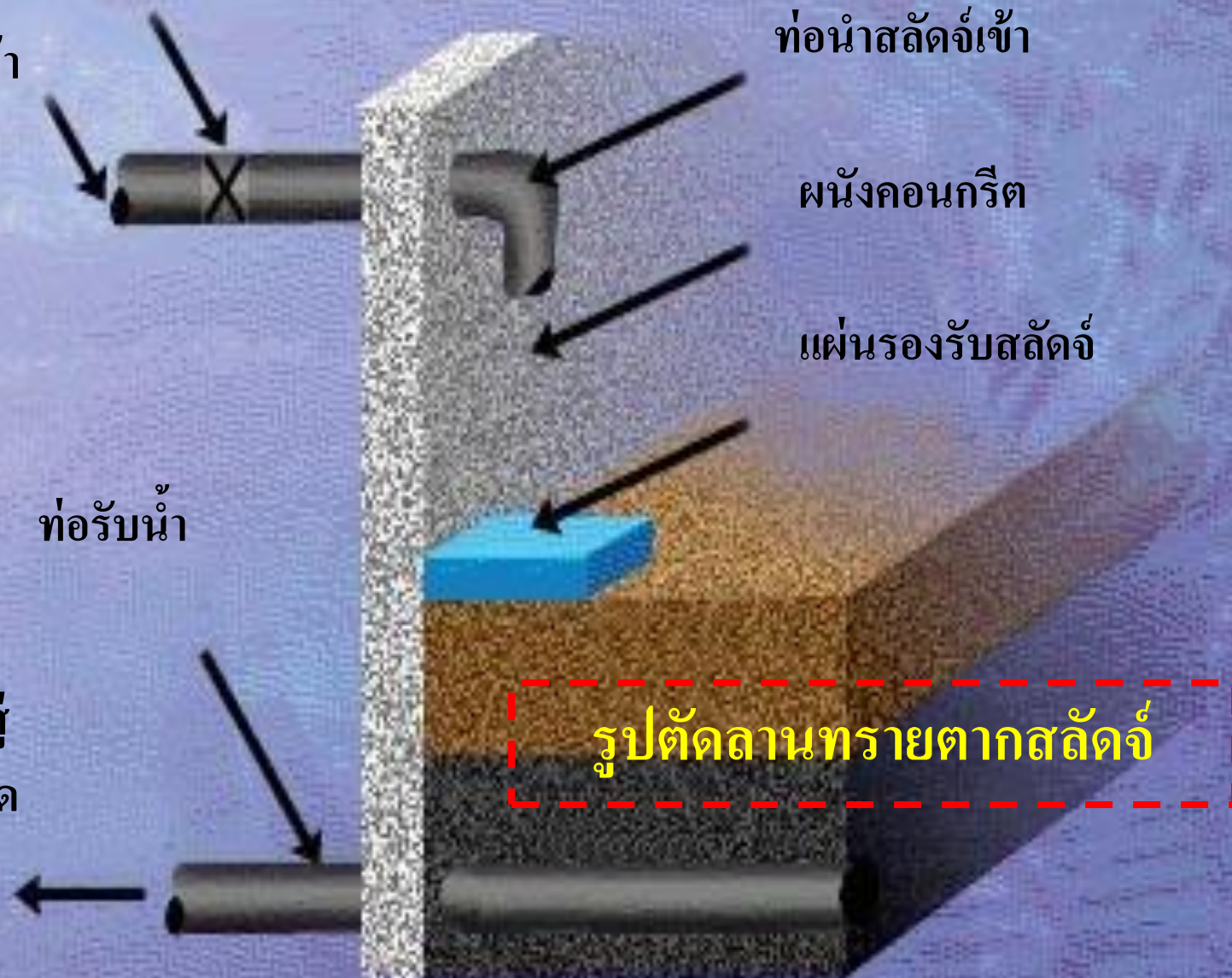
ผนังคอนกรีต

แผ่นรองรับสลัดจ์

ท่อรับน้ำ

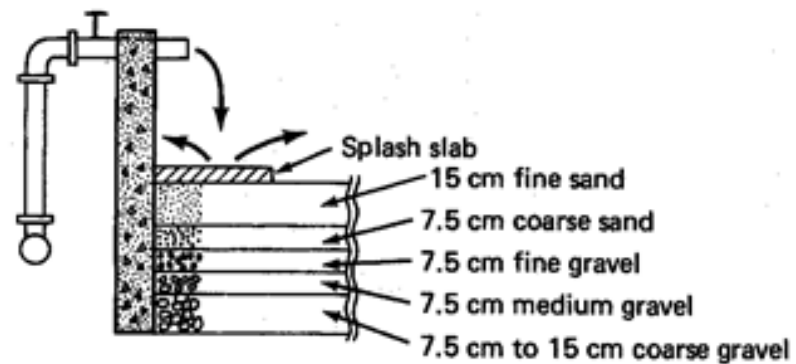
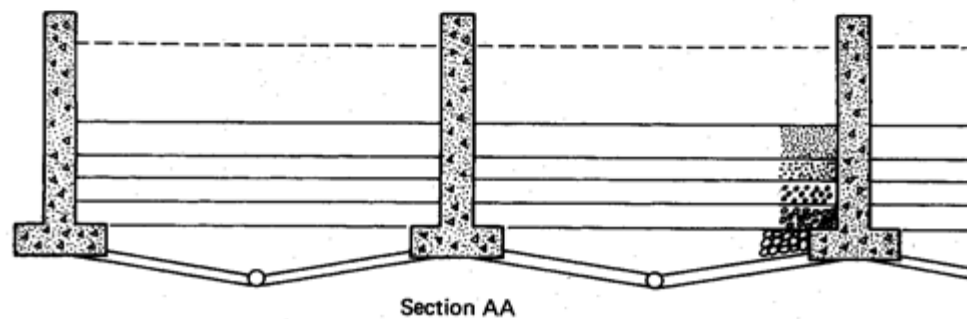
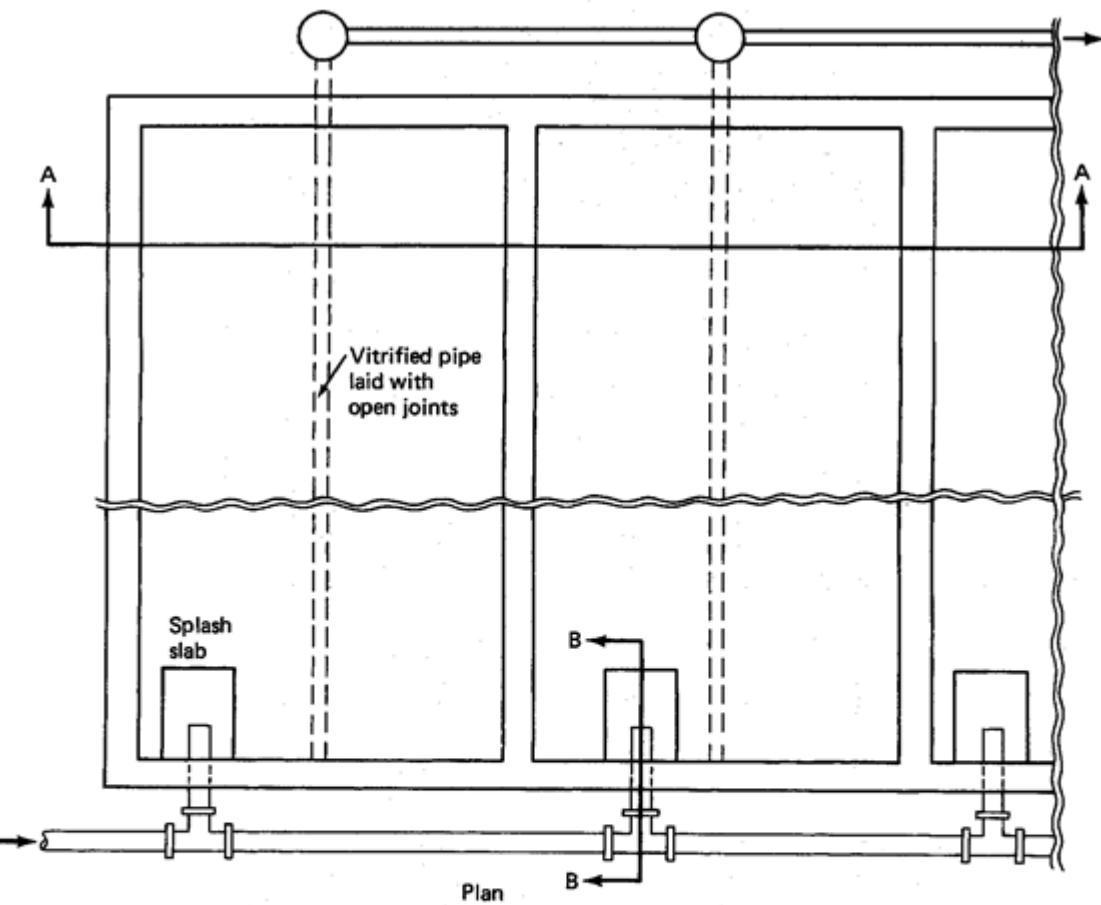
น้ำโสกลับสู่
ระบบบำบัด

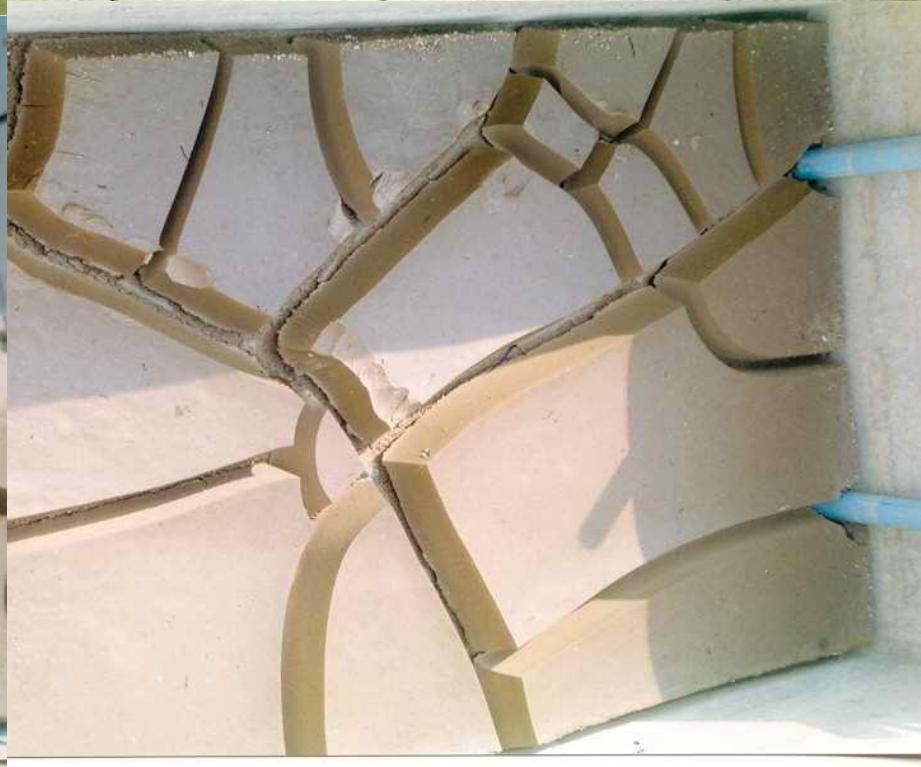
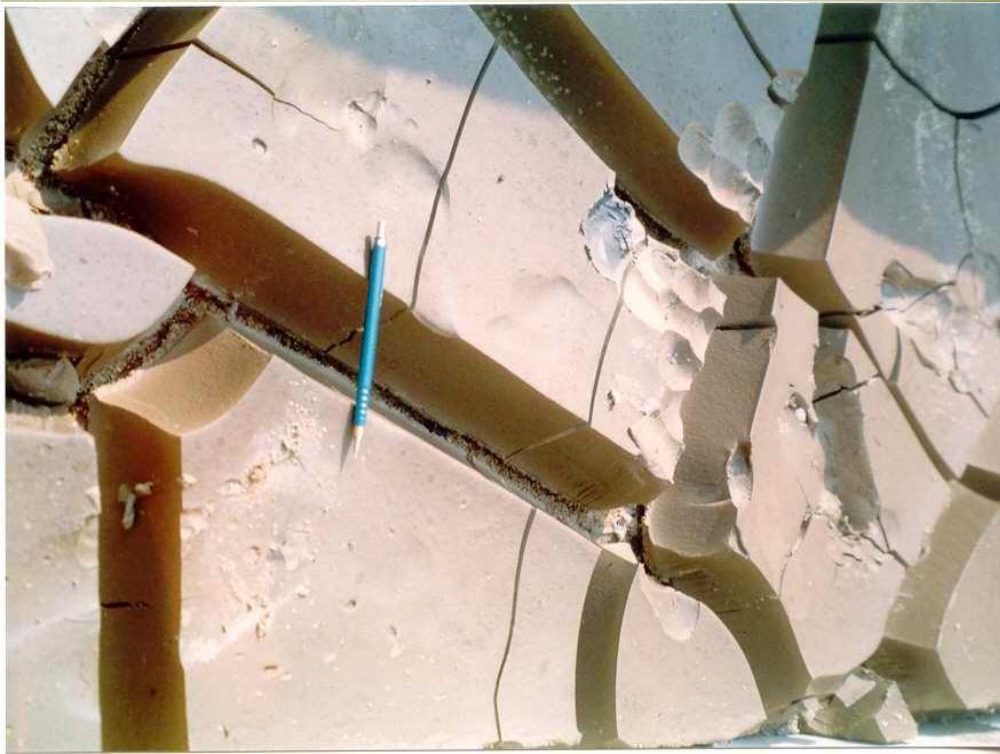
รูปตัดลานทรายตากสลัดจ์



ชั้นทรายของถาดทรายตากสลัดจ์







ลานทรายตากสัจฉ







นวัตกรรม



การประยุกต์ใช้ลานทรายตากสัลดั้ร่วมกับระบบตากแห้งสัลดั้ โดย
นายไพรัตน์ อุตราช โรงพยาบาลเพ็ญ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี





8 ปัญหาของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

- คุณภาพน้ำทิ้งเกินมาตรฐานที่กำหนด พารามิเตอร์บางตัวไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

- TKN เกิน (> 35 มก./ล.)
- โคลิฟอร์มสูงเกินมาตรฐาน (> 5000 MPN/100 mL)
- ค่า TDS สูงเกินมาตรฐาน (TDS น้ำประปา + 500)
- Sulfide สูงเกินมาตรฐาน (> 1.0 มก./ล.)
- ของแข็งแขวนลอย SS สูงเกินมาตรฐาน (> 30 มก./ล.)
- BOD สูงเกินมาตรฐาน (> 20 มก./ล.)
- COD สูงเกินมาตรฐาน (> 120 มก./ล.)

ปัญหาของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลและแนวทางแก้ไข

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์

ปัญหาที่ 1 : โครงสร้างบ่อบำบัดเสียหาย

สาเหตุ	การแก้ไข
- บ่อทรุด แตกหัก เสียหาย บ่อมีอายุการใช้งานนานขาดการบำรุงรักษา	- แก้ไขโครงสร้างบ่อที่มีปัญหา - ก่อสร้างบ่อบำบัดใหม่

ปัญหาของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลและแนวทางแก้ไข

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์

ปัญหาที่ 2 : เครื่องจักรอุปกรณ์เสียหาย ไม่เพียงพอ

สาเหตุ	การแก้ไข
<ul style="list-style-type: none">- เครื่องเติมอากาศเก่า ช่อมบ่อย- เครื่องสูบน้ำเก่า ต้องช่อมบ่อย- ตู้ควบคุมไฟฟ้าเสียหาย- ไม่มีงบประมาณในการซ่อมแซม แก้ไข ปรับปรุง จัดซื้ออะไหล่	<ul style="list-style-type: none">- จัดซื้อเครื่องเติมอากาศ เครื่องสูบน้ำสำรอง สามารถนำมาใช้ได้ทันที- จัดเตรียมงบประมาณหรือจัดซื้ออะไหล่ที่จำเป็นต้องใช้เปลี่ยนบ่อยครั้ง- จัดซื้อเครื่องมือวัดที่จำเป็น

ปัญหาของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลและแนวทางแก้ไข

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์

ปัญหาที่ 3 : น้ำเสียเข้าระบบมากเกินไปและน้อยเกินไป

สาเหตุ	การแก้ไข
<ul style="list-style-type: none">- ปริมาณน้ำเสียเพิ่มจากการขยาย รพ. มากเกินความสามารถรองรับ- น้ำฝนเข้าระบบ ทำให้อัตราไหลเข้าระบบเกินความสามารถรองรับ- น้ำไหลเข้าระบบน้อยกว่าค่าออกแบบ ๗ ไร่ มาก (ระยะเวลาเก็บกักน้ำบ่อเติมอากาศ > 3 วัน) เลี้ยงเชื้อไม่ขึ้น	<ul style="list-style-type: none">- ก่อสร้างหรือขยายระบบบำบัดน้ำเสียตามปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น- ป้องกันน้ำฝนไม่ให้เข้าระบบ- เดินระบบเป็นสระเติมอากาศ

ปัญหาของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลและแนวทางแก้ไข

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์

ปัญหาที่ 4 : การเดินระบบที่ไม่ถูกต้อง

สาเหตุ	การแก้ไข
<ul style="list-style-type: none">- เลี้ยงตะกอนไม่ขึ้น ตะกอนน้อย ค่า SV30 ต่ำกว่ามาตรฐาน (200 มล./ล.)- เชื้อจุลินทรีย์ตาย- เปลี่ยนผู้รับผิดชอบงานใหม่- ไม่มีระบบกำจัดสลัดจ์- มีขยะเข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสีย- ค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำ	<ul style="list-style-type: none">- ไล่หัวเชื้อจากระบบบำบัดน้ำเสียที่คล้ายกัน startup ระบบใหม่- ตรวจสอบสารพิษที่อาจเข้าระบบ- ฝึกอบรมการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย- หางบประมาณก่อสร้างระบบ- แยกขยะตั้งแต่ต้นทางไม่ให้เข้าระบบ- เปิดเครื่องเติมอากาศเพิ่มเติม

ปัญหาของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลและแนวทางแก้ไข

ระบบบำบัดน้ำเสียอื่น ๆ

ปัญหาที่ 5 : การเดินระบบที่ไม่ถูกต้อง

สาเหตุ	การแก้ไข
<ul style="list-style-type: none">- พืชไม่เหมาะสม- มีวัชพืชจำนวนมาก- ระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป น้ำไม่ผ่านมาตรฐาน- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแปลก ๆ	<ul style="list-style-type: none">- ปรับเปลี่ยนพืชชนิดใหม่ที่เหมาะสมและปลูกลงในแปลง- กำจัดวัชพืชขอบบ่ออย่างสม่ำเสมอ- ตรวจสอบการไหลของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบ startup ระบบใหม่- เลือกใช้ระบบมาตรฐานที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และดูแลง่าย



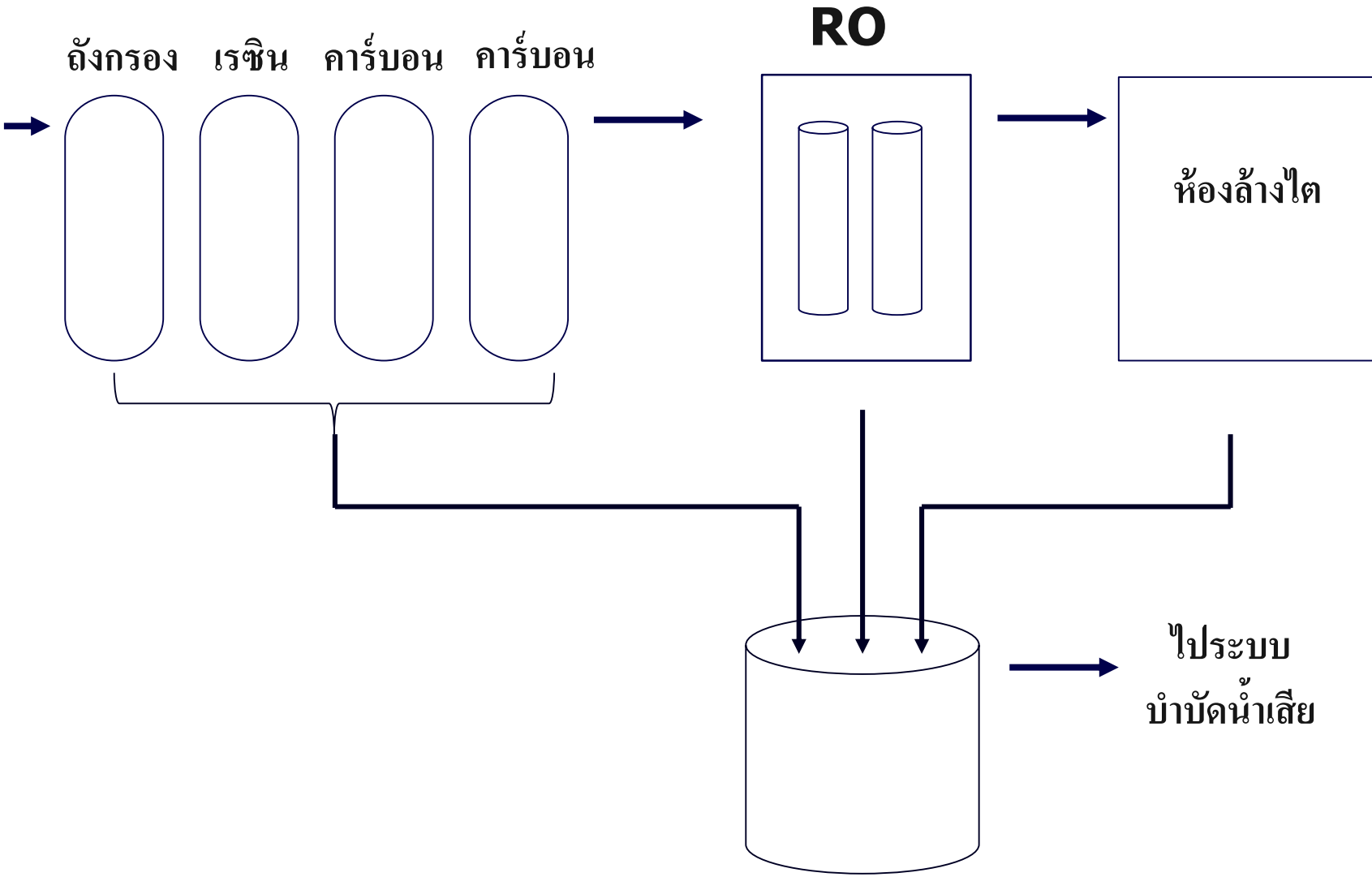
ปัญหาของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลและแนวทางแก้ไข

น้ำทิ้งจากหน่วยล้างไต

ปัญหาที่ 6 : ค่า TDS > + 500 มก./ล. จากน้ำประปา

สาเหตุ	การแก้ไข
<ul style="list-style-type: none">- น้ำทิ้งจากหน่วยล้างไต ได้แก่<ul style="list-style-type: none">(1) น้ำเกลือจากการฟั่นสภาพเรซิน (มีความเข้มข้นของเกลือสูงสุด แต่ปริมาณน้อยที่สุด)(2) น้ำทิ้งจากการล้างไตที่มี TDS สูง(3) น้ำทิ้งจากเครื่อง RO (มีความเข้มข้นไม่สูงมากแต่มีปริมาณมาก)	<ul style="list-style-type: none">- กักเก็บน้ำที่มีความเข้มข้นเกลือสูง แล้วค่อย ๆ ระบายออกไปผสมกับน้ำเสีย (เพื่อให้ค่า TDS ไม่สูงเกินมาตรฐาน)- ใช้ถังพักน้ำเสีย ให้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ผสมและเจือจางกันก่อนไหลออกไปผสมกับน้ำเสียรวม





$$Q_1 = ? \text{ ลบ.ม./ชม.}$$

$$C_1 = 7000 \text{ มก./ล.}$$

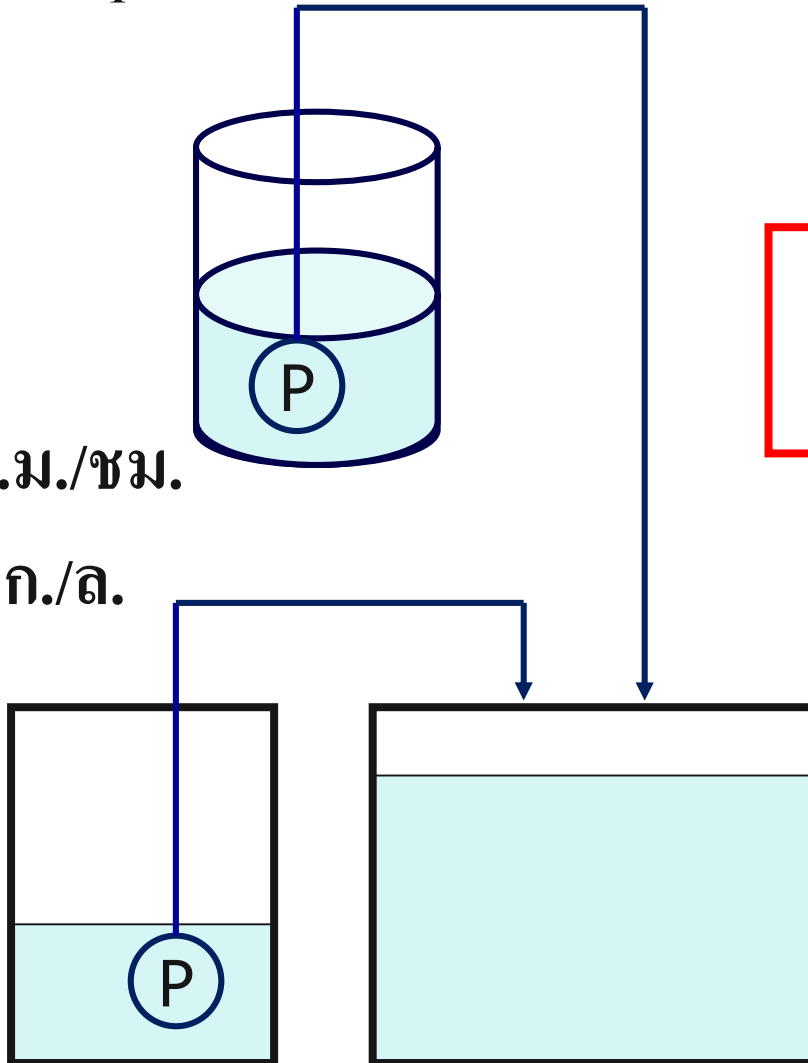
$$Q_1 C_1 + Q_2 C_2 = Q_3 C_3$$

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

$$Q_1 = \frac{Q_3 C_3 - Q_2 C_2}{C_1}$$

$$Q_2 = 3.75 \text{ ลบ.ม./ชม.}$$

$$C_2 = 250 \text{ มก./ล.}$$



$$Q_3 = 3.75 + Q_1 \text{ ลบ.ม./ชม.}$$

$$C_3 = 750 \text{ มก./ล.}$$

$$Q_1 = \frac{Q_3 C_3 - Q_2 C_2}{C_1}$$

$$Q_1 = \frac{(3.75 + Q_1)(750) - (3.75)(250)}{7000}$$

$$7000Q_1 = 2812.5 + 750Q_1 - 937.5$$

$$6250Q_1 = 1875$$

$$Q_1 = \frac{1875}{6250} = 0.3 \text{ ลบ.ม./ชม.}$$

9. ตัวอย่างแนวทางแก้ไขการแก้ไขปัญหาระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลขนาดต่าง ๆ

- 1. โรงพยาบาล ขนาด 30 เตียง**
- 2. โรงพยาบาล ขนาด 120 เตียง**
- 3. โรงพยาบาล ขนาด 300 เตียง**
- 4. โรงพยาบาล ขนาด 60 เตียง ขยายเป็น 200
เตียงในอนาคต**
- 5. โรงพยาบาลขนาด 300 เตียง ขยายเป็น 600
เตียง**

1.1 โรงพยาบาลขนาด 30 เตียง 1



เตรียมที่จะใช้บึง ประดิษฐ์แบบวงซีเมนต์



บ่อเก็บน้ำที่บ่อบัดแล้ว



1.1 โรงพยาบาลขนาด 30 เตียง 1

1) สภาพของระบบ

- ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบแอ็กทิเวเต็ดสลัด
- เครื่องเติมอากาศและอุปกรณ์เสียหาย ไม่ได้เดินระบบ
- ขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ในการเดินระบบเอเอส
- เตรียมใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบวงซีเมนต์ แต่ไม่มั่นใจ

2) การแก้ไขระยะสั้น

- ใช้บ่อพักน้ำที่มีอยู่ ให้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียชั่วคราว
- กำจัดวัชพืช และพืชลอยน้ำออก
- ติดตั้งเครื่องเติมอากาศขนาด 0.37 kw 2 เครื่องให้เดินเครื่องตลอดเวลาในช่วงแรก เมื่อน้ำในบ่อมีคุณภาพดีขึ้น ให้หยุดเครื่อง สลับเดินเครื่องในช่วงเวลากลางคืน

3) การแก้ไขระยะยาว

- ก่อสร้างระบบสระเติมอากาศดาดด้วยคอนกรีต ที่ประกอบด้วย บ่อเติมอากาศและบ่อตกตะกอน และบ่อฆ่าเชื้อโรค (มีพื้นที่สำหรับก่อสร้างเพียงพอสำหรับสระเติมอากาศ)
- ติดตั้งเครื่องเติมอากาศแบบเจ็ทขนาด 0.37 kw 2 เครื่อง

1. ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศแบบผสมบางส่วน สำหรับบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชนที่มีอัตราไหลเฉลี่ย 30 ลบ.ม./วัน (สำหรับ โรงพยาบาลโพสรวรค์และโรงพยาบาลนวม) ค่า BOD_5 ของน้ำเสียเท่ากับ 150 มก./ล. และต้องการน้ำทิ้งจากสระเติมอากาศมีค่า BOD_5 รวม ≤ 20 มก./ล. ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาว = 20°C . ค่า K สำหรับ BOD_5 รวม = 1.0 วัน^{-1} ที่ 20°C . และค่า $\theta = 1.06$ ความลึกของบ่อ / 0 ม. ระยะขอบบ่อเหนือน้ำ = 0.5 ม. และระยะเวลากักน้ำของบ่อตกตะกอน = 2 วัน

1) คำนวณหาปริมาตรของสระเติมอากาศ

$$\frac{S}{S_0} = \frac{1}{(1 + Kt)}$$

$$t = \frac{S_0 - S}{KS} = \frac{(150 - 20) \text{ mg/l}}{(1.0 \text{ d}^{-1})(20 \text{ mg/l})} = 6.5 \text{ วัน}$$

$$\text{ปริมาตรของสระเติมอากาศ} = (30)(6.5) = 195 \text{ ลบ.ม.}$$

กำหนดความลึก 2.0 ม.

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของสระเติมอากาศ} = 195/2.0 = 97.5 \text{ ตร.ม.}$$

2) คำนวณหาปริมาตรของบ่อตกตะกอน

$$\text{ปริมาตรบ่อตกตะกอนต่อบ่อ} = 30 \times 2 = 60 \text{ ลบ.ม.}$$

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของบ่อตกตะกอน} = 60/2.0 = 30 \text{ ตร.ม.}$$

3) กำหนดขนาดของบ่อต่าง ๆ กำหนดความลาดชันของผนังบ่อ = 1 : 2

3.1) สระเติมอากาศพื้นที่กึ่งกลางบ่อต่อบ่อ 97.5 ตร.ม.

$$\text{กำหนด กว้าง : ยาว} = 1 : 2$$

$$A = W \times 2W = 97.5 \text{ ตร.ม.}$$

$$W = \sqrt{\frac{97.5}{2}} = 6.9 \approx 7 \text{ ม.}$$

$$L = 2 \times 7 = 14 \text{ ม.}$$

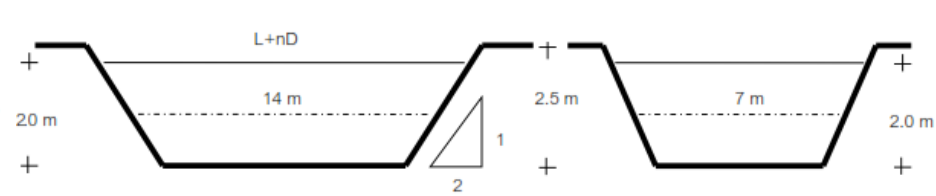
$$\text{กำหนดระยะขอบบ่อเหนือน้ำ} = 0.5 \text{ ม.}$$

$$\begin{aligned} \text{ความยาวขอบบ่อ} &= L + nD + 2(n)(\text{free broad}) \\ &= 14 + (2 \times 2) + 2(2 \times 0.5) = 20 \text{ ม.} \end{aligned}$$

$$\text{ความกว้างของบ่อ} = 7 + (2 \times 2) + 2(2 \times 0.5) = 13 \text{ ม.}$$

$$\text{ปริมาตรบ่อเติมอากาศ} = 14 \times 7 \times 2 = 196 \text{ ลบ.ม.}$$

$$\text{ระยะเวลากักเก็บน้ำ} = 196/30 = 6.5 \text{ วัน}$$



3.2) บ่อตกตะกอน พื้นที่กึ่งกลางบ่อ 30 ตร.ม.

$$A = W \times 2W = 30 \text{ ตร.ม.}$$

$$W = \sqrt{30/2} = 3.87 \text{ ม.} \approx 4 \text{ ม.}$$

$$L = 8$$

$$\text{ความยาวขอบบ่อ} = 8 + (2 \times 2.0) + 2(2 \times 0.5) = 14 \text{ ม.}$$

$$\text{ความกว้างของบ่อ} = 4 + (2 \times 2.0) + 2(2 \times 0.5) = 10 \text{ ม.}$$

$$\text{ปริมาตรบ่อเติมอากาศ} = 8 \times 4 \times 2 = 64 \text{ ลบ.ม.}$$

$$\text{ระยะเวลากักเก็บน้ำ} = 64/30 = 2.1 \text{ วัน}$$

3.3) บ่อฆ่าเชื้อโรค

$$\text{ระยะเวลาสัมผัส} = 30 \text{ นาที}$$

$$\text{อัตราไหลเฉลี่ย} = 1 \text{ ลบ.ม./ชม. (อัตราสูงสุด 2 ลบ.ม.)}$$

$$\text{ปริมาตรบ่อ} = 0.5 \text{ ลบ.ม.}$$

$$\text{ขนาดบ่อฆ่าเชื้อโรค} = 2 \times 2 \times 1 \text{ (ความลึกน้ำ 0.5 ม.)}$$

4) คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ กำหนดค่า $F = 1.5$

$$\Delta O_2 = FQ(S_0 - S)$$

$$= 1.5(30)(150 - 20) \times 10^{-3}$$

$$= 0.195 \text{ กก. } O_2/\text{วัน}$$

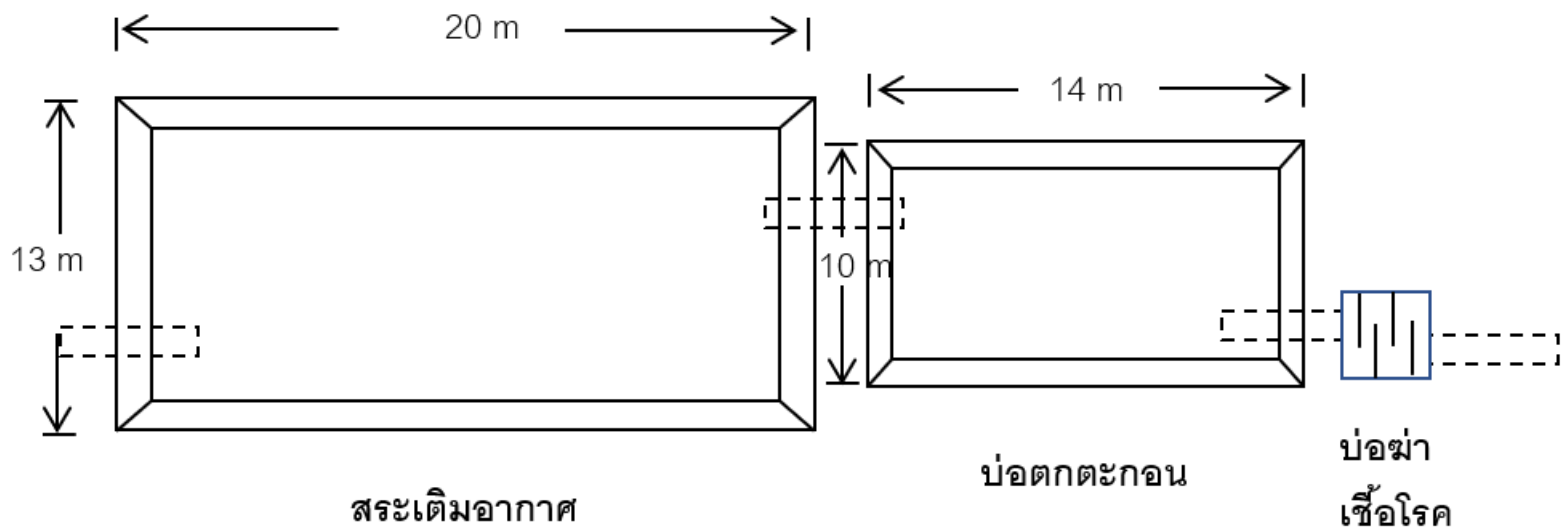
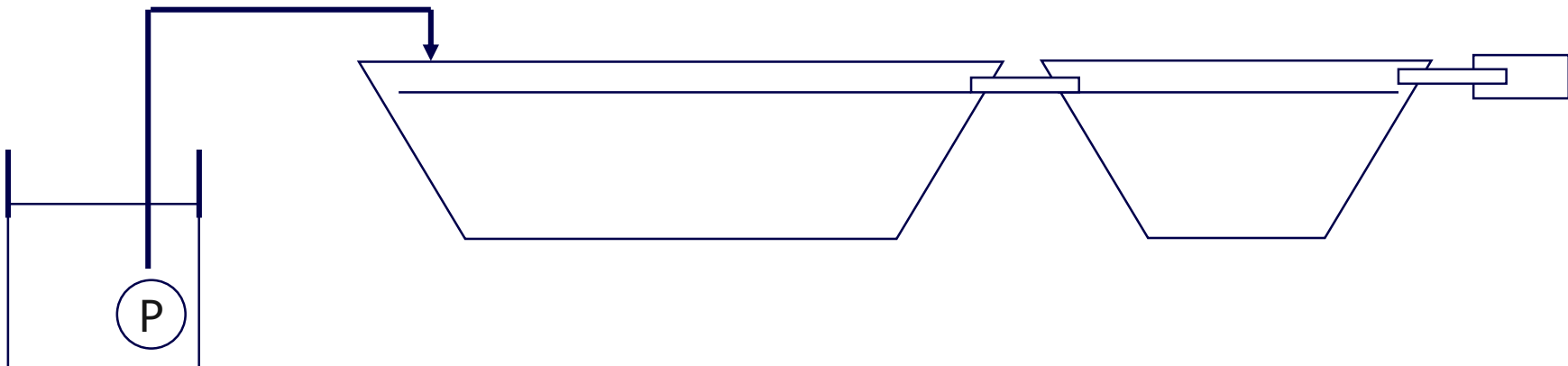
5) เครื่องเติมอากาศผิวน้ำ

คำนวณหาพลังงานที่ต้องการของเครื่องเติมอากาศ ใช้เครื่องเติมอากาศแบบแจตแอะเรเตอร์ ที่ให้

ประสิทธิภาพ 0.5 กก O_2 /kwh

$$\text{พลังงานเครื่องเติมอากาศ} = \frac{0.195}{0.5} \times \frac{1}{24} = 0.01 \text{ กิโลวัตต์}$$

เลือกเครื่องเติมอากาศขนาด 0.37 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง





1.2 โรงพยาบาลขนาด 30 เตียง 2





1.2 โรงพยาบาลบ้านแพวง ขนาด 30 เตียง 2

1) สภาพของระบบ

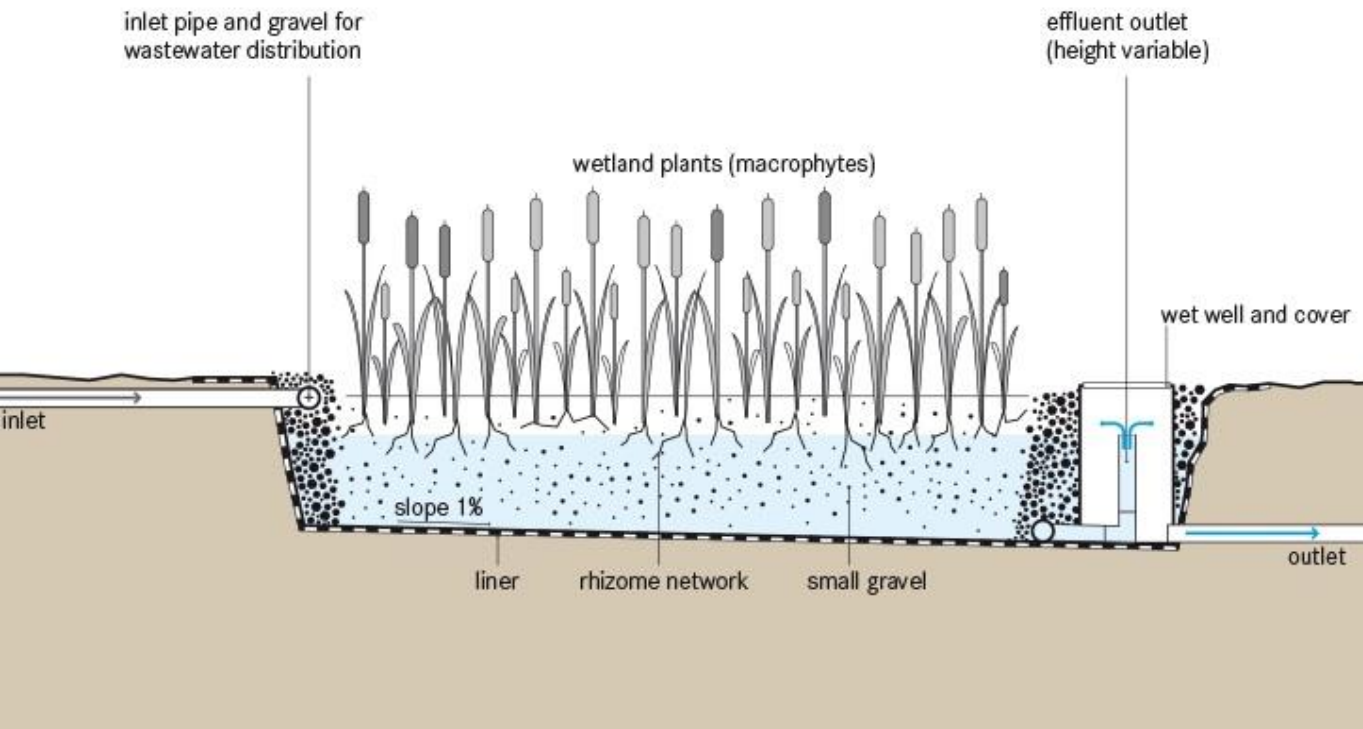
- ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบแอ็กติเวเต็ดสลัด ไม่ได้เดินระบบ
 - ใช้ระบบไร้อากาศ และระบบบึงประดิษฐ์ 2 รูปแบบ
- ระบบแรกเป็นแบบน้ำไหลใต้ชั้นกรอง ใช้ตัวกลางไม่เหมาะสม ระบบที่สองแบบน้ำไหลบนผิวตัวกลางใช้ต้นกก
- ขนาดพื้นที่บึงประดิษฐ์รองรับน้ำเสียได้ น้ำทิ้งผ่านมาตรฐาน
- มีน้ำฝนเข้าระบบจำนวนมาก มีน้ำรั่วซึมออกนอกพื้นที่
 - เต็มคลอรีนมากเกินไป

2) การแก้ไขระยะสั้น

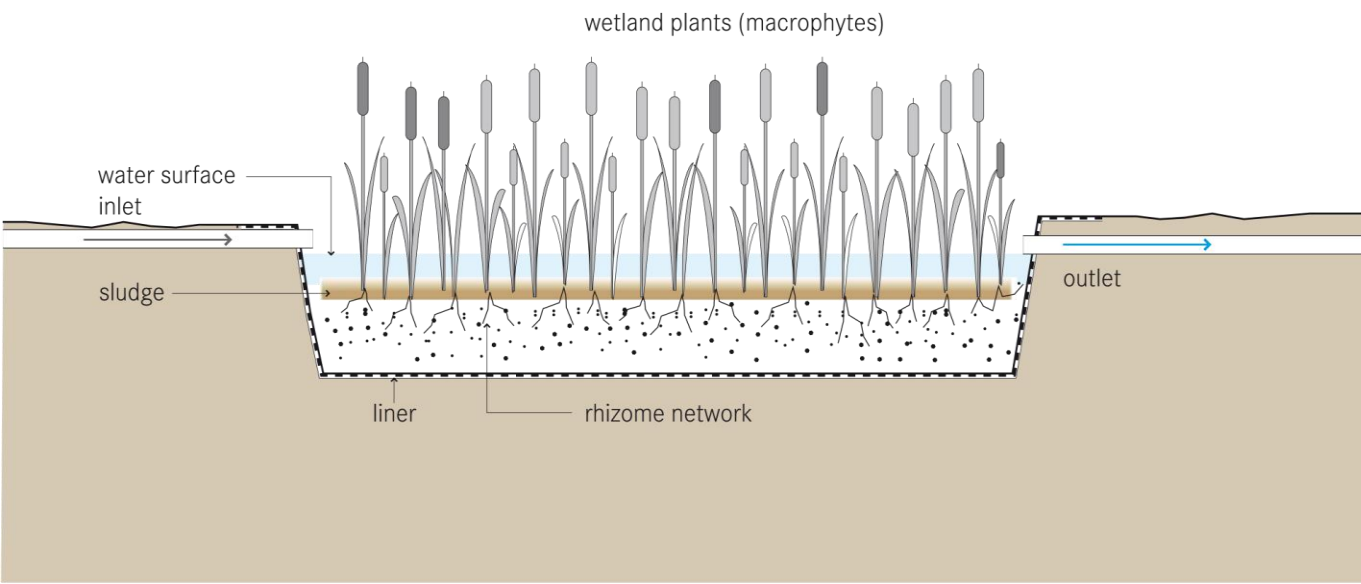
- ตรวจสอบความเข้มข้นคลอรีนที่เหลือตรงทางออก 0.5 ppm
- ตรวจสอบแก้ไขจุดรั่วซึมของน้ำ
- เปลี่ยนใช้ตัวกลางที่มีขนาดใหญ่ เพื่อลดปัญหาการอุดตัน

3) การแก้ไขระยะยาว

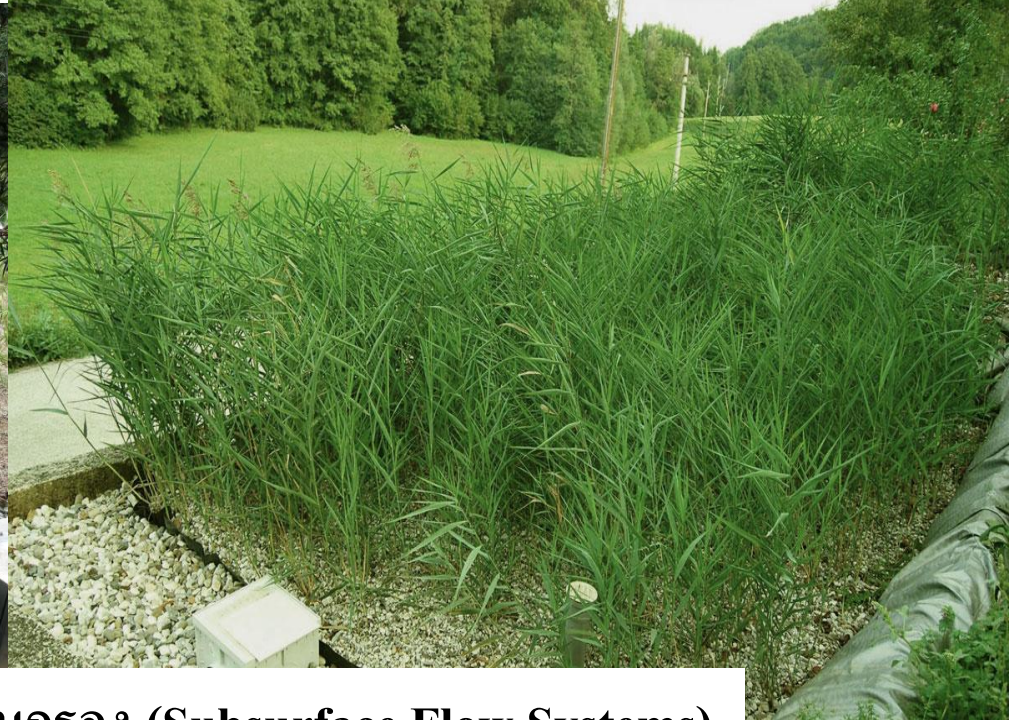
- ตรวจสอบระบบที่รวบรวม และแก้ไข ปรับปรุงก่อสร้างใหม่
- บางจุด



บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้
ผิวชั้นกรอง (Subsurface
Flow Systems)



บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลบน
ผิวชั้นกรอง (Free Water
Surface Systems)



บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวนกรอง (Subsurface Flow Systems)



1.3 โรงพยาบาล ขนาด 30 เตียง 3



1.3 โรงพยาบาลขนาด 30 เตียง 3

1) สภาพของระบบ

- ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบแอ็กติเวเต็ดสลัด ไม่ได้เดินระบบ
- ใช้ระบบไร้อากาศ บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบนผิวตัวกลาง ใช้ต้นมาหลายชนิด แต่ไม่ได้ผล
- ระบบไม่มีประสิทธิภาพ มีขนาดเล็กเกินไป ค่า $DO = 0$ มก./ล.
- บ่อฆ่าเชื้อโรคมีขนาดเล็กเกินไป

2) การแก้ไขระยะสั้น

- เอาต้นไม้ออกจากบึงประดิษฐ์ออกให้หมด ขุดลอกให้ลึกมากขึ้นเป็น 1.5 ม. และติดเครื่องเติมอากาศขนาด 0.37 kW
- เอาพืชน้ำในบ่อสุดท้ายออก และติดเครื่องเติมอากาศ
- ทำบ่อฆ่าเชื้อโรคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (2 x 2 x 1 น้ำลึก 0.5 ม.)

3) การแก้ไขระยะยาว

- ขอบประมาณก่อสร้างใหม่เป็นระบบสระเติมอากาศหรือบ่อปรับเสถียร และตามด้วยบ่อฆ่าเชื้อโรค (มีพื้นที่เพียงพอสำหรับระบบสระเติมอากาศ)

1.4 โรงพยาบาล ขนาด 30 เตียง 4



1.5 โรงพยาบาล ขนาด 30 เตียง 5

1) สภาพของระบบ

- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอสขนาดเล็กใช้งาน
- ใช้บ่อสุดท้ายเป็นระบบสระเติมอากาศ ด้วยการติดตั้งเครื่องเติมอากาศแบบเจต ขนาด 2 kW (ราคา 2 หมื่นกว่าบาท)
- น้ำทิ้งผ่านมาตรฐาน ยกเว้นโคลิฟอร์มไม่ผ่านบางช่วง ช่วงที่ผ่านเติมคลอรีนมากเกินไป
- ไม่มีบ่อฆ่าเชื้อโรค เติมคลอรีนลงในรางน้ำ

2) การแก้ไขระยะสั้น

- ปรับพื้นที่บึงประดิษฐ์ขนาดเล็กเพื่อใช้สำหรับตกตะกอน และสร้างบ่อฆ่าเชื้อโรคใหม่ ขนาด 2 x 2 x 1 (ลึกลง 0.5 ม.)

3) การแก้ไขระยะยาว

- ก่อสร้างระบบสระเติมอากาศดาดด้วยคอนกรีต ที่ประกอบด้วยบ่อเติมอากาศและบ่อตกตะกอน และบ่อฆ่าเชื้อโรค

1.6 โรงพยาบาล ขนาด 30 เตียง 6



1.6 โรงพยาบาล ขนาด 30 เตียง 6

1) สภาพของระบบ

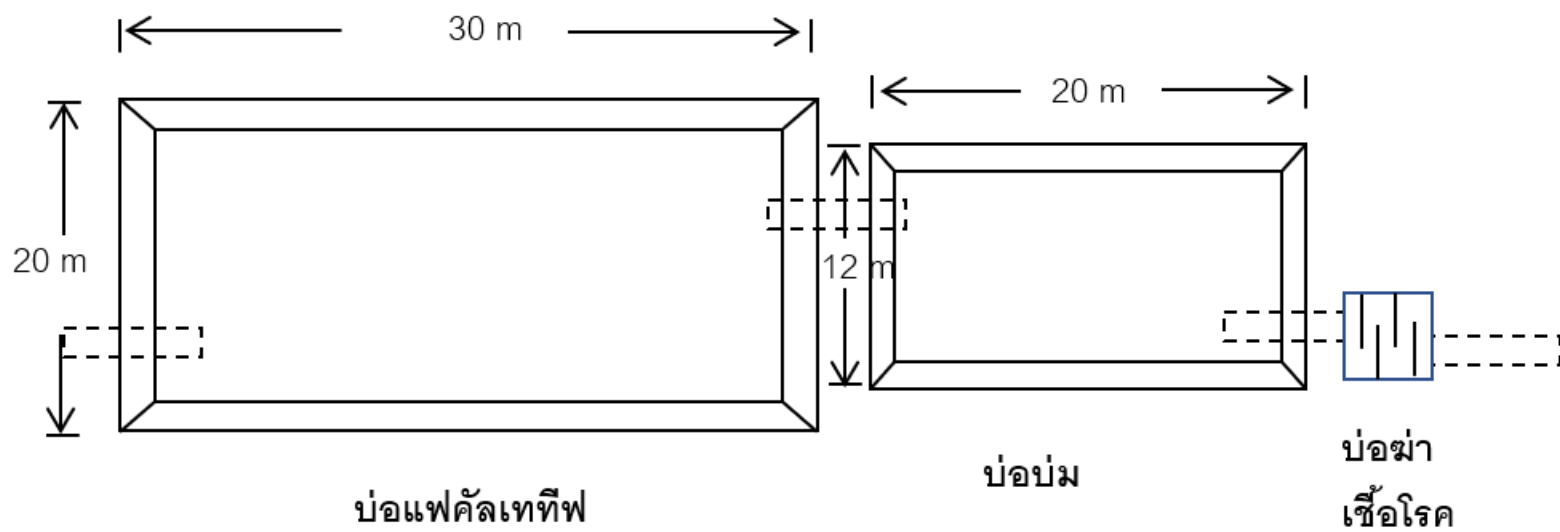
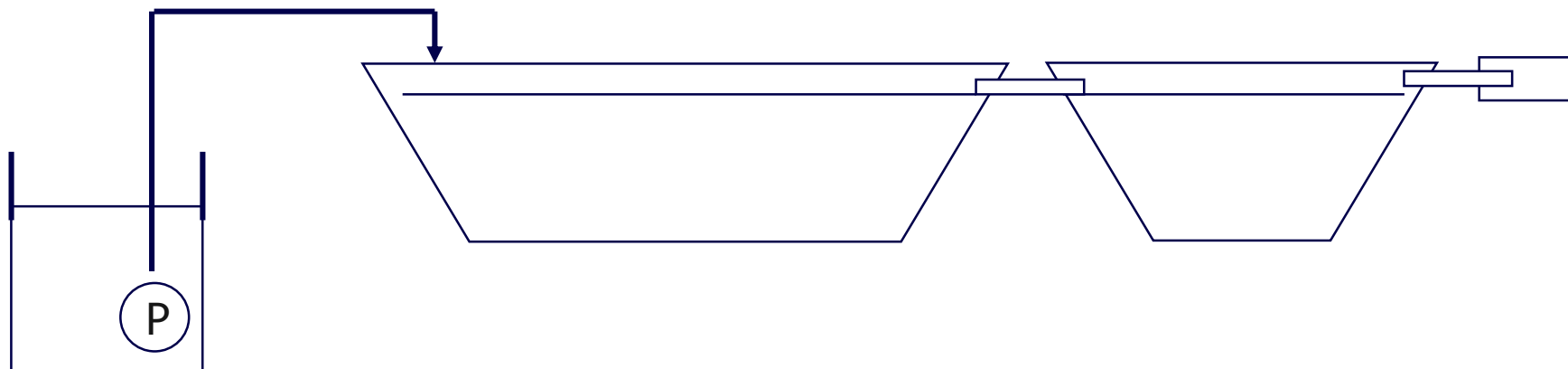
- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอสขนาดเล็กใช้งาน
- ใช้บ่อสุดท้ายเป็นระบบสระเติมอากาศ ด้วยการติดตั้งเครื่องเติมอากาศแบบเจต แล้วตามด้วยบึงประดิษฐ์แบบวงซีเมนต์ 300 วง
- เปลี่ยนต้นไม้เป็นผักตบชวา การดูแลยุ่งยาก ใช้แรงงานมาก
- เครื่องเติมอากาศเสีย น้ำในวงซีเมนต์มีค่า $DO = 0$ มก./ล.
- มีรอยรั่วซึมบริเวณท่อตกจากวงซีเมนต์หลายแห่ง

2) การแก้ไขระยะสั้น

- ซ่อมหรือเปลี่ยนเครื่องเติมอากาศ เพื่อช่วยกำจัดสารอินทรีย์ก่อนสูบเข้าบึงประดิษฐ์แบบวงซีเมนต์

3) การแก้ไขระยะยาว

- ก่อสร้างระบบบ่อปรับเสถียรหรือสระเติมอากาศดาดด้วยคอนกรีต และบ่อฆ่าเชื้อโรค เนื่องจาก รพ มีพื้นที่จำนวนมาก



บ่อแฟคัลเตทีฟและบ่อแอโรบิก



2. โรงพยาบาลขนาด 120 เตียง



2. โรงพยาบาล ขนาด 120 เตียง

1) สภาพของระบบ

- ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบสระเต็มอากาศ มีแผนชั้นใช้เครื่องเติมอากาศแบบหัวฟู่เฉพาะตรงกลางบ่อ ขาดการกวนผสมที่ดี
- บ่อดกตกตะกอนมีผักตบชวาขึ้น ค้นดินบ่อดกตกตะกอนทรุด น้ำไม่ไหลไปบ่อฆ่าเชื้อโรค น้ำเสียไหลออกไม่มีการฆ่าเชื้อโรค
- น้ำทิ้งผ่านมาตรฐาน ยกเว้นโคลิฟอร์ม
- มีบริษัทเสนอสร้างระบบใหม่ 16 ล้านบาท แบบใช้อุปกรณ์มาก

2) การแก้ไขระยะสั้น

- ระบบสามารถรองรับปริมาณน้ำเสียได้ ไม่ต้องทำใหม่
- เอาแผนและผักตบชวาออก เพื่อให้แสงแดดช่วยฆ่าเชื้อโรค

3) การแก้ไขระยะยาว

- หาวิศวกรโยธามาสำรวจคั่นบ่อและแนวท่อ เพื่อให้ น้ำเสียไหลไปบ่อฆ่าเชื้อโรค และไม่รั่วไหลออกนอก รพ ประเมินราคา
- ขอบงบประมาณมาปรับปรุง
- สร้างอาคารขนาดเล็กสำหรับวางถังน้ำยาคลอรีนและเครื่องสูบลและเก็บสำรองคลอรีน ป้องกันแสงแดด

3. โรงพยาบาล ขนาด 300 เตียง





3. โรงพยาบาล ขนาด 300 เตียง

1) สภาพของระบบ

- ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบแอ็กติเวเต็ดสลัด ชุดเดียว
- ระบบเดินได้ตามปกติ ค่า SV30 400 mL/L
- เครื่องสูบน้ำเสีย ขำรุด 1 เครื่อง
- ค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเติมอากาศต่ำเกือบเป็นศูนย์
- ไม่เคยเอาตะกอนสลัดจ์ออก ข้นทรายเสื่อมสภาพ
- สูบสลัดจ์น้อยเกินไป พบ ตะกอนสลัดจ์ตายลอยบนผิวน้ำ

2) การแก้ไขระยะสั้น

- เปิดเครื่องเติมอากาศทั้ง 3 ตัวในตอนกลางวัน และเปิดเพียงเครื่องเดียวในตอนกลางคืน
- ปรับอัตราการสูบสลัดจ์กลับ ให้เหมาะสม

3) การแก้ไขระยะยาว

- ศึกษาการควบคุมระบบเพิ่มเติม
- ปรับปรุงลานทรายตากสลัดจ์ และตากสลัดจ์เดือนละ 1 ครั้ง
- ส่งผู้ควบคุมไปอบรมกับกระทรวงสาธารณสุข

4. โรงพยาบาล ขนาด 60 เตียง ขยายเป็น 200 เตียง





4. โรงพยาบาล ขนาด 60 เตียง ขยายเป็น 200 เตียง

1) สภาพของระบบ

- ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบแอ็กทิเวเต็ดสลัด ชุดเดียว
- ระบบเดินได้ตามปกติ
- ค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเติมอากาศต่ำเกือบเป็นศูนย์
- สลัดจมีสีดำ เดินเครื่องสูบลสลัดจกลับน้อย พบสลัดจตายลอยเป็นก้อนบนผิวน้ำถึงตกตะกอน
- ไม่เคยเอาตะกอนสลัดจออก ข้นทรายเสื่อมสภาพ
- มีแผนก่อสร้างอาคารใหม่ และทุบอาคารเก่าออก

2) การแก้ไขระยะสั้น

- เปิดเครื่องเติมอากาศทั้ง 2 ตัวในตอนกลางวัน และเปิดเพียงเครื่องเดียวในตอนกลางคืน
- ปรับอัตราการสูบลสลัดจกลับ ให้เหมาะสม
- ติดตั้งเวียร์ บริเวณขอบบ่อดกตะกอน
- เอาสลัดจแ่งที่ค้างอยู่ในลานทรายตากสลัดจออก สูบลสลัดจไปตากในลานทรายอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง และเพิ่มจำนวนครั้งเมื่อความเข้มข้นของสลัดจสูงมากเกินไป

3) การแก้ไขระยะยาว

- ถ้าชั้นทรายเสียหายให้ทำการปรับปรุง
- ส่งผู้ควบคุมไปอบรมกับกระทรวงสาธารณสุข
- เมื่อเครื่องเติมอากาศแบบแปรงเสีย และซ่อมแซมได้ยากให้เปลี่ยนเครื่องเติมอากาศจากแบบแปรงเป็นเจ็ทแอรเตเตอร์ ขนาด 1 แรงม้าในช่วงที่ยังไม่เพิ่มจำนวนเตียงเป็น 200 เตียง

4) การเตรียมการก่อนการจำนวนเตียงเพิ่มเป็น 200 เตียง

- จัดทำ master plan แนวท่อรวบรวมน้ำเสีย กำหนดแนวท่อใหม่เมื่อทุบตึกเก่าทิ้ง เพื่อให้น้ำเสียไหลไประบบบำบัดได้
- จัดทำ master plan แนวท่อระบายน้ำฝน และแนวท่อประปา
- เมื่อมีการใช้น้ำเพิ่มขึ้นให้ตรวจสอบขนาดท่อ เพิ่มเตรียมท่อให้มีขนาดเหมาะสมกับปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียที่จะเพิ่มขึ้น
- ปรับปรุงระบบประปาผิวดินให้มีความสามารถรองรับปริมาณน้ำใช้ 200 ลบ.ม./วัน

5. โรงพยาบาล ขนาด 300 เตียง ขยายเป็น 600 เตียง



5. โรงพยาบาล ขนาด 300 เตียง ขยายเป็น 600 เตียง

1) สภาพของระบบ

- ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบแอ็กทิเวเต็ดสลัด ชุดเดียว
- ระบบเดินได้ตามปกติ
- ค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเติมอากาศต่ำเกือบเป็นศูนย์
- สลัดจ์มีสีดำ เดินเครื่องสูบสลัดจ์กลับน้อย พบสลัดจ์ตายลอยเป็นก้อนบนผิวน้ำถึงตกตะกอน
- ไม่เคยเอาตะกอนสลัดจ์ออก ขั้นทรายเสื่อมสภาพ

2) การแก้ไขระยะสั้น

- เปิดเครื่องเติมอากาศทั้ง 3 ตัวในตอนกลางวัน และเปิดเพียงเครื่องเดียวในตอนกลางคืน
- ปรับอัตราการสูบสลัดจ์กลับ ให้เหมาะสม
- ติดตั้งเวียร์ บริเวณขอบบ่อดกตะกอน
- เอาสลัดจ์แ่งที่ค้างอยู่ในลานทรายตากสลัดจ์ออก สูบสลัดจ์ไปตากในลานทรายอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง และเพิ่มจำนวนครั้งเมื่อความเข้มข้นของสลัดจ์สูงมากเกินไป

3) การแก้ไขระยะยาว

- ถ้าชั้นทรายในลานทรายตากสัจฉัดเสียหายให้ทำการปรับปรุง
- ส่งผู้ควบคุมไปอบรมกับกระทรวงสาธารณสุข

4) การเตรียมการก่อนการจำนวนเต็มเพิ่มเป็น 600 เต็ม

- คำนวณตรวจสอบแล้วพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่สามารถรองรับปริมาณน้ำเสียได้ 600 ลบ.ม./วัน
- ด้วยการเดินระบบให้ถูกต้อง ได้แก่ การตรวจสอบค่า DO และการเปิดเครื่องเติมอากาศ การกำจัดสัจฉัดออกเป็นครั้งคราว

Q & A