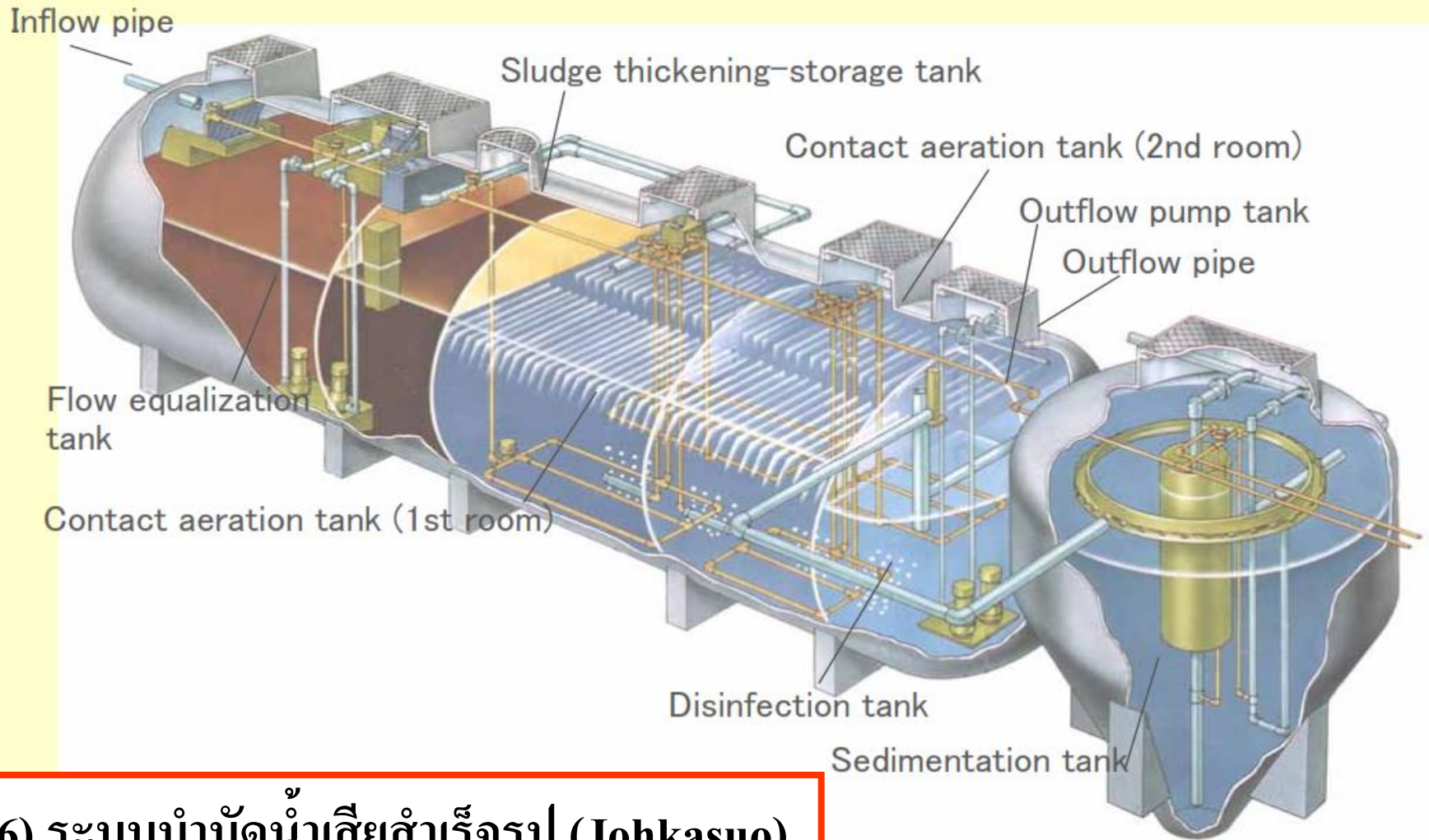
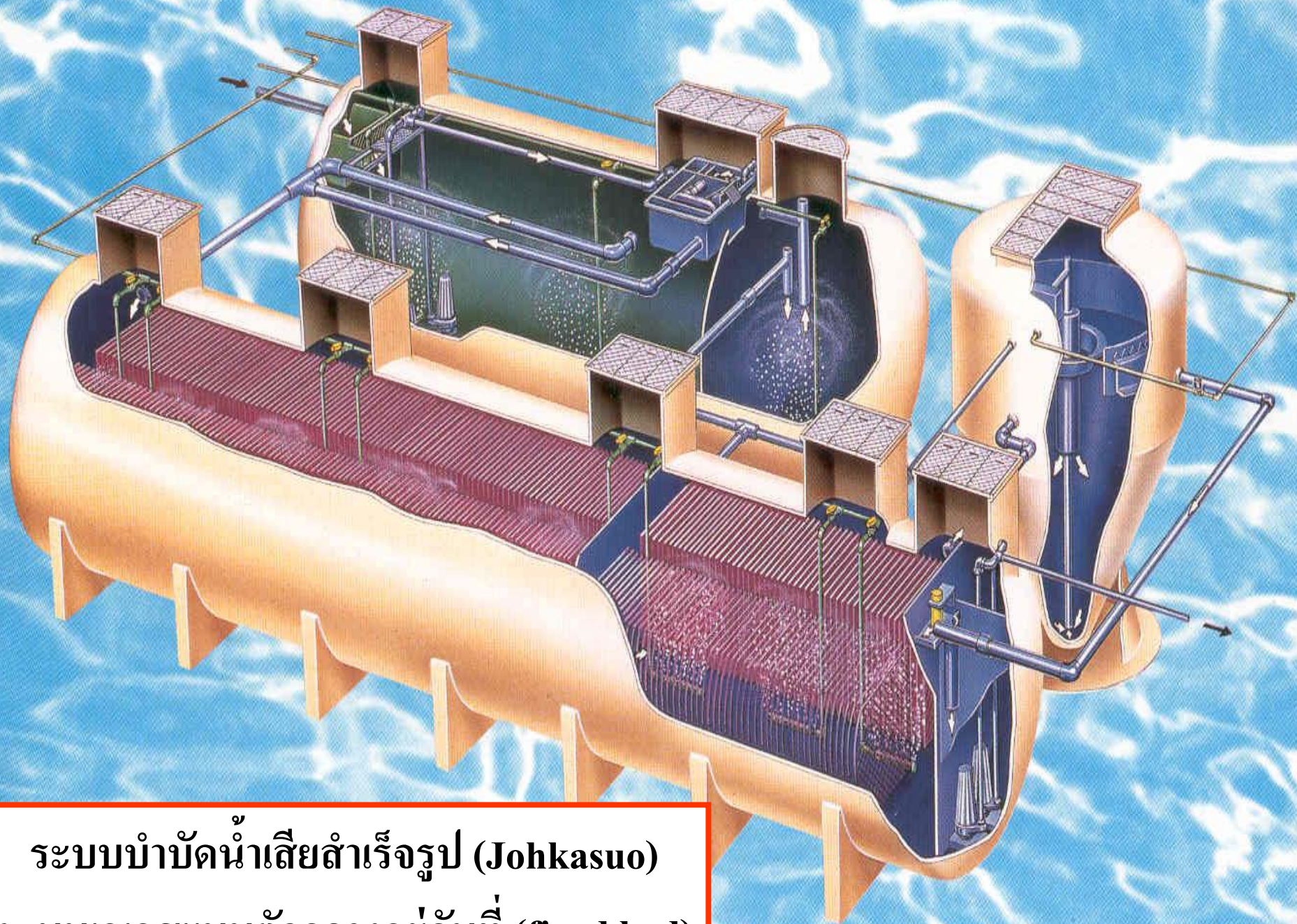


A Middle-scale Johkasou (FRP)



6) ระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป (Johkasuo)

ระบบเอสแบบตัวกลางอยู่กับที่ (fixed bed)



ระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป (Johkasuo)

ระบบเอสแบบตัวกลางอยู่กับที่ (fixed bed)

JOHKASOU SYSTEM

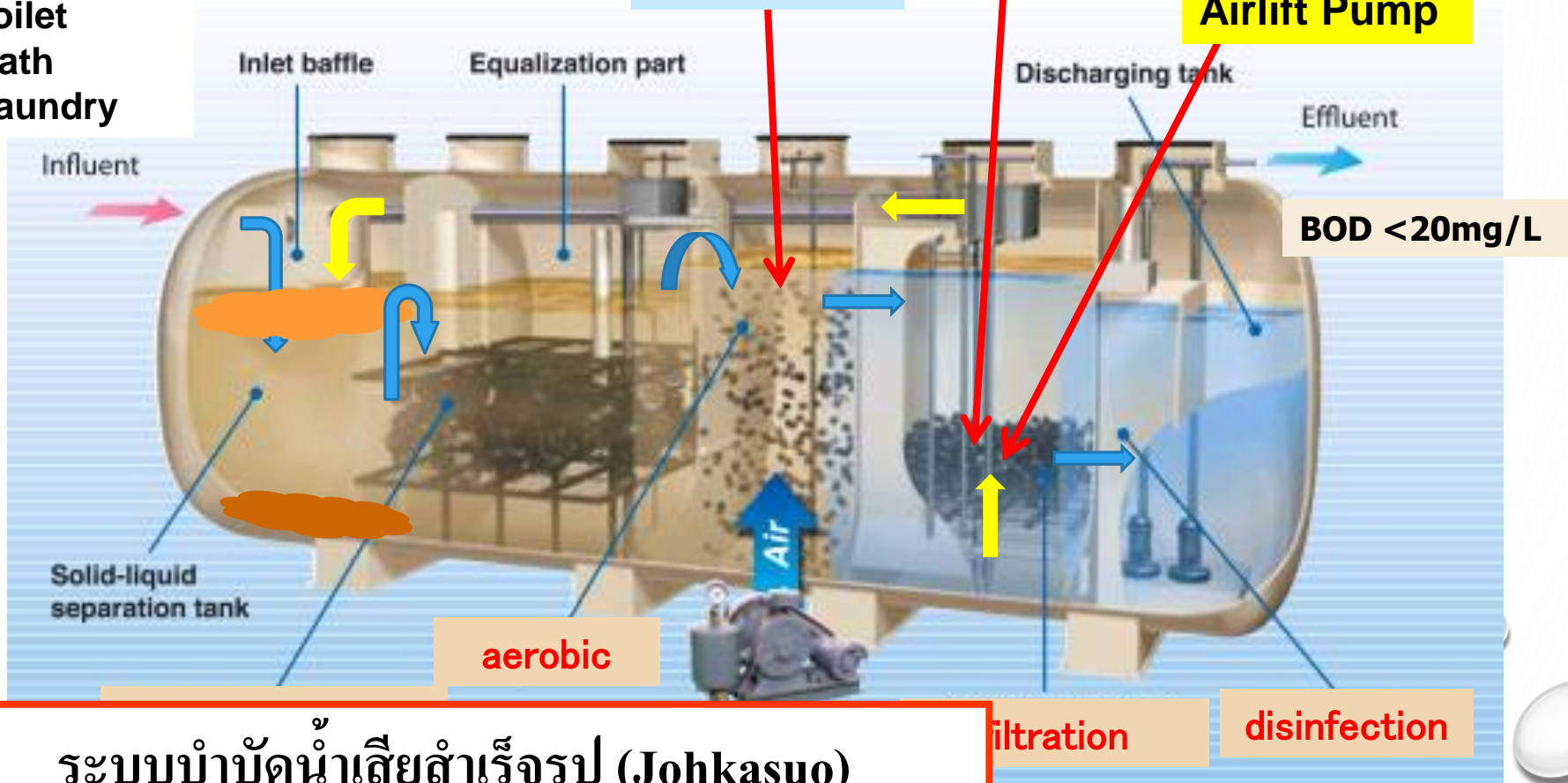
Kitchen
Toilet
Bath
Laundry

BOD 200mg/L

Moving bed media
($\phi 28 \times 28$ mm)

Filter media
Smooth-surfaced cylinder
($\phi 14-16 \times 15$ mm)

Airlift Pump



ระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป (Johkasuo)
ระบบเอเอสแบบตัวกลางเคลื่อนที่ (moving bed)

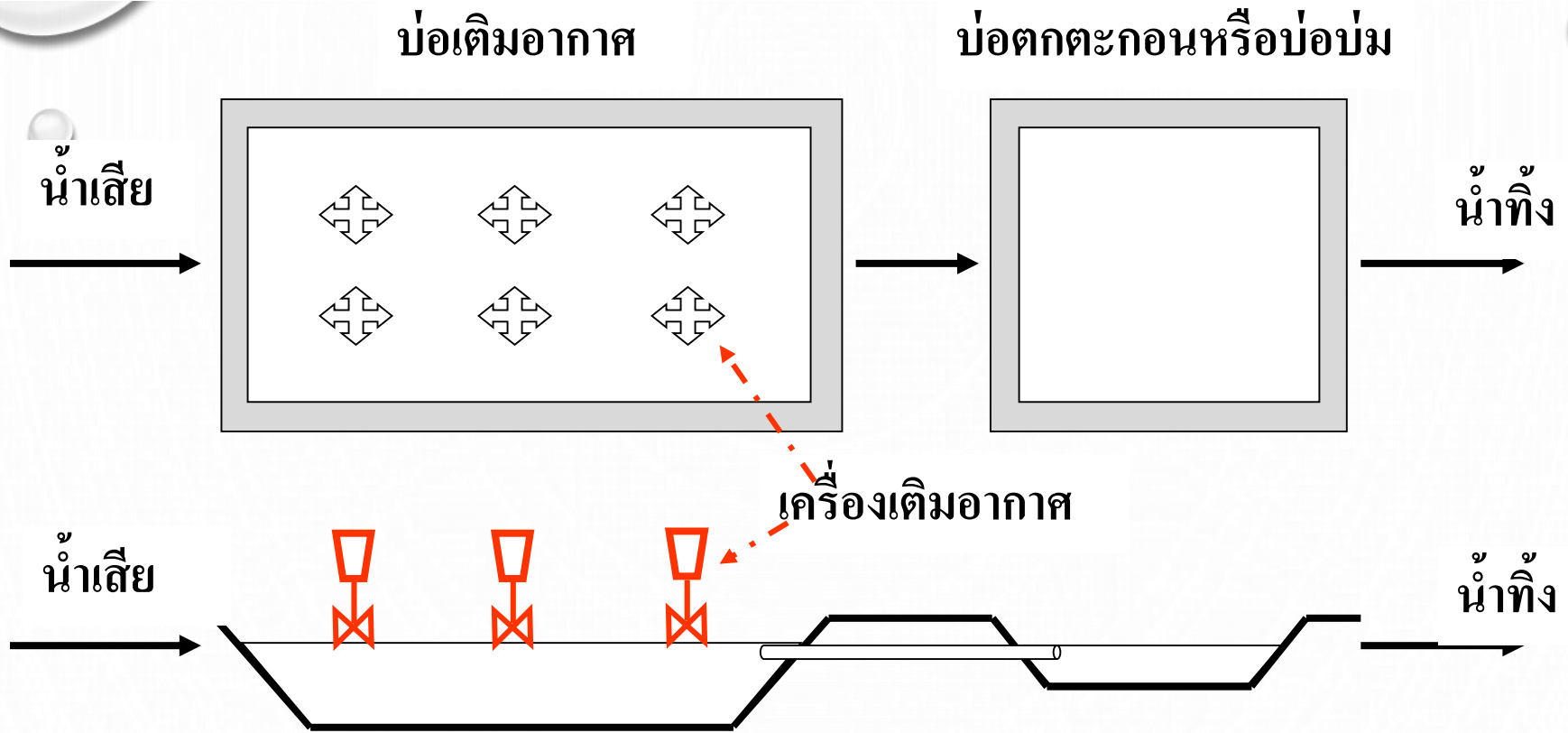
ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปสำหรับโรงพยาบาล 10 - 30 เตียง



ถึงสำเร็จรูปแบบไร้อากาศ



7) บ่อหรือสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)



เกณฑ์กำหนดการออกแบบ (สำหรับน้ำเสียชุมชน)

- ระยะเวลาพักพิงของสระเติมอากาศ 3 – 10 วัน
- ระยะเวลาพักพิงของบ่อตกตะกอน 1 – 2 วัน
- ของแข็งแขวนลอย < 1,000 มก./ล.

ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบระบบสระเติมอากาศ

- | | | |
|--|-----------|-----------------------|
| - ความลึกของบ่อ | 2 – 6 | เมตร |
| - ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย | 3 – 10 | วัน |
| - ค่า pH | 6.5 – 8.0 | |
| - ออกซิเจนละลาย (DO) | 2 – 4 | มก./ล. |
| - ของแข็งแขวนลอย | 80 – 250 | มก./ล. |
| - ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดี | 85 – 95 % | |
| - ความต้องการออกซิเจน | 0.7 – 1.4 | ก. ออกซิเจน/ก. บีโอดี |
| - มีอยู่ 2 แบบ คือ | | |
| - แบบผสมสมบูรณ์ทั่วบ่อ (พลังงานที่ใช้ 8 – 15 วัตต์/ลบ.ม.) | | |
| - แบบผสมไม่สมบูรณ์ (พลังงานที่ใช้ = ปริมาณออกซิเจน) | | |

ระบบระเทียมอากาศ



ระบบระเทียมอากาศ



ระบบระเทียมอากาศ

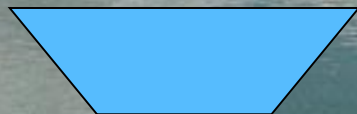


8) ระบบบ่อปรับเสถียร

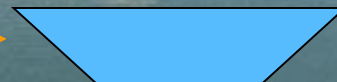
- เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อน้ำที่อาศัยวิธีทางธรรมชาติ
 - ออกซิเจนได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย
 - และจากการแพร่กระจายจากอากาศลงสู่ น้ำ



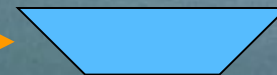
บ่อแอนแอโรบิก
Anaerobic pond



บ่อแฟคัลเตทีฟ
Facultative pond



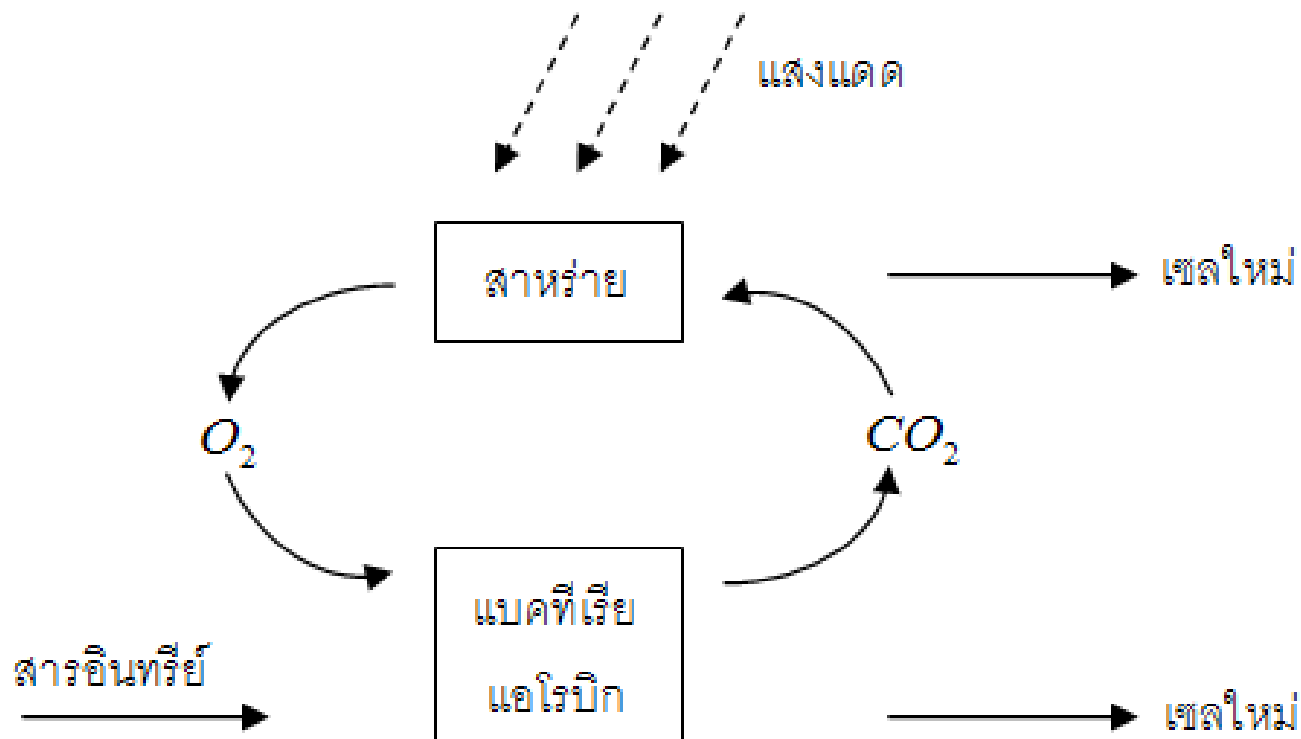
บ่อแอโรบิก
Aerobic pond



บ่อบ่ม
Maturation pond

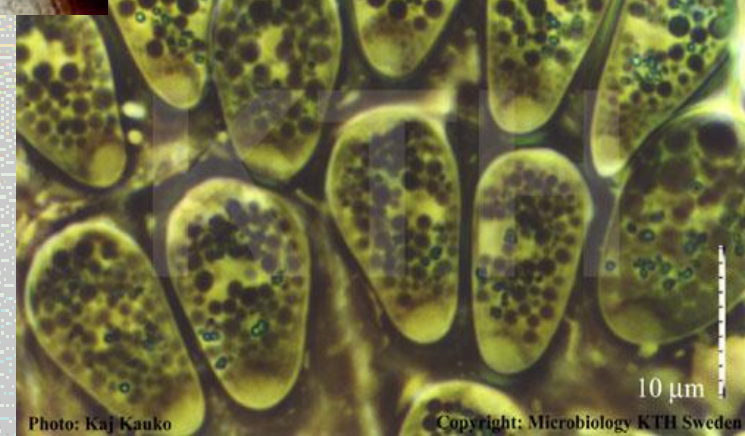
หลักการทำงานของบ่อปรับเสถียร

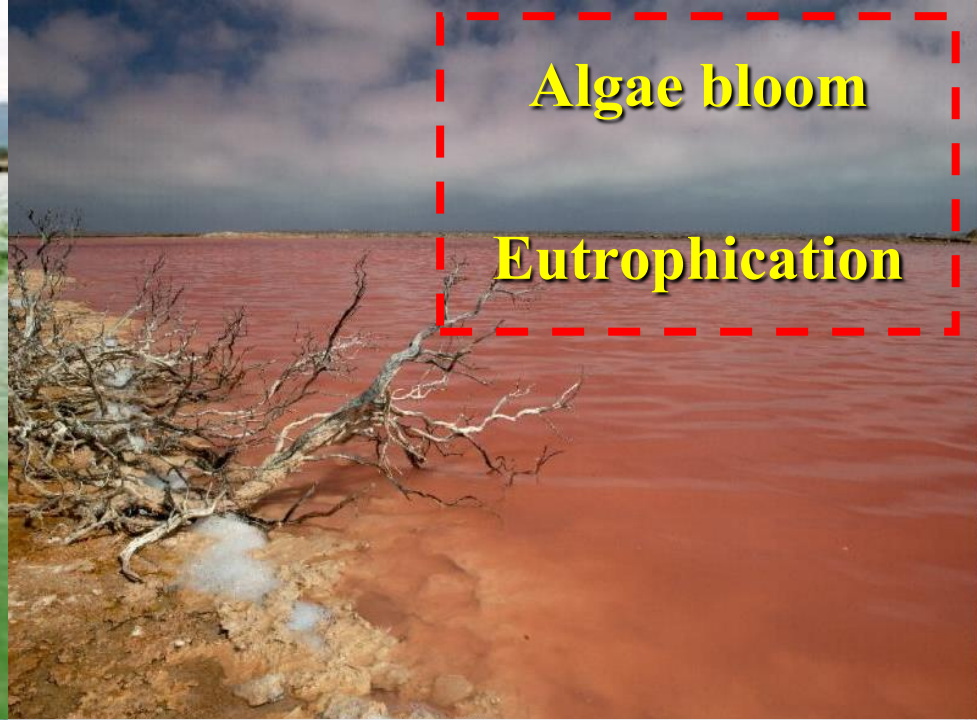
- แอโรบิกแบคทีเรียและสาหร่ายมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน
- สาหร่ายสังเคราะห์สารอินทรีย์ขึ้นจาก CO_2 ธาตุอาหาร และน้ำ จากกระบวนการสังเคราะห์แสง และผลิต O_2
- แบคทีเรียทำหน้าที่กำจัดสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียเพื่อให้ได้พลังงานและสังเคราะห์เซลล์ใหม่ได้ CO_2 น้ำ





สาหร่ายชนิดต่าง ๆ ในบ่อปรับเสถียร





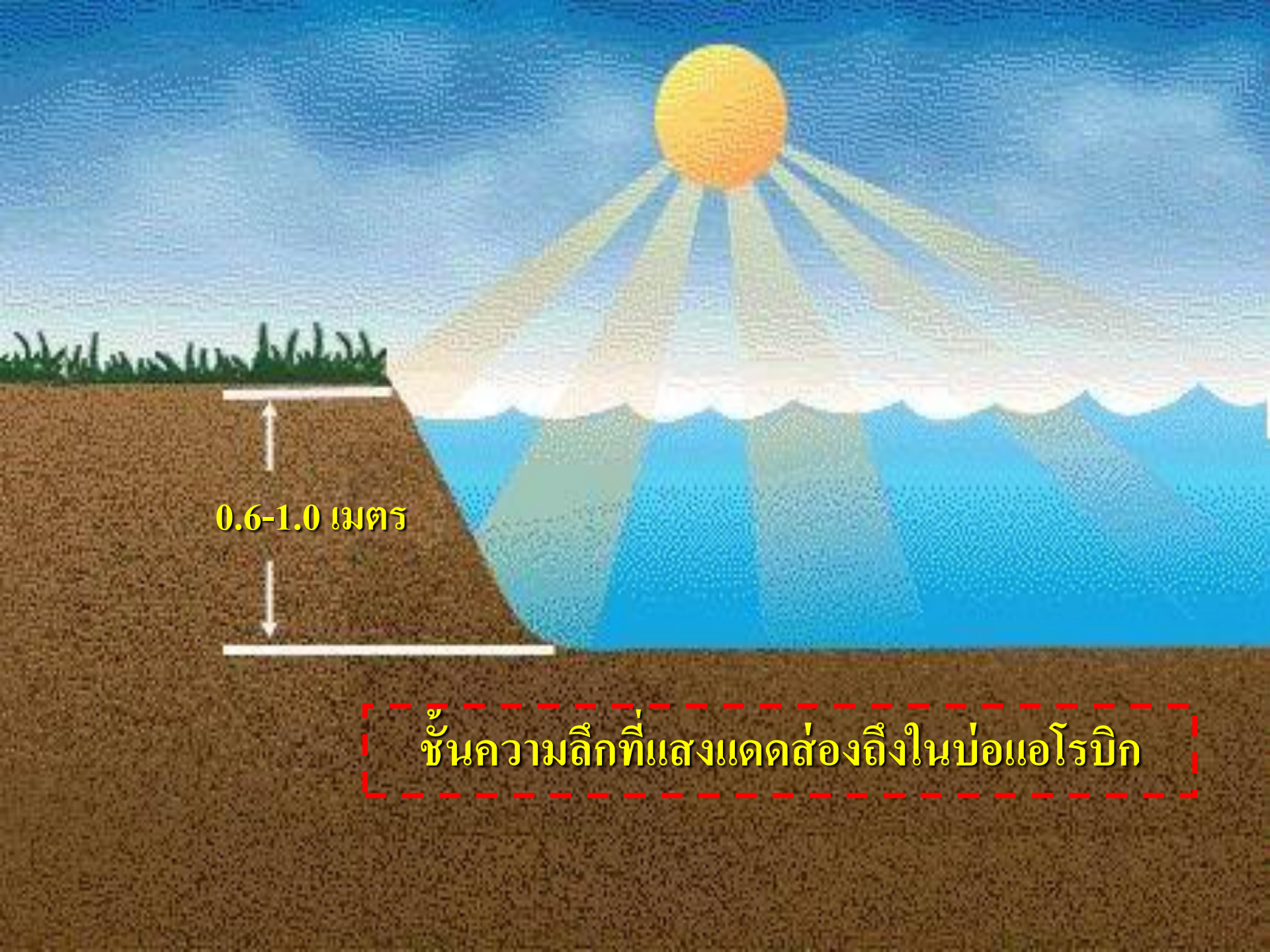
Algae bloom

Eutrophication



ลักษณะของบ่อรับเสถียร

1. บ่อแอนแอโรบิก : ความลึก 3 - 5 เมตร รับปริมาณสารอินทรีย์สูง เกิดสภาวะไร้ออกซิเจนทั่วบ่อ
2. บ่อแฟคัลเททีฟ : ความลึกประมาณ 1 - 2 ม. เกิดสภาวะไร้ออกซิเจนที่ด้านล่างของบ่อ, ช่วงกลางมีและไม่มีออกซิเจนบางเวลา ด้านบนมีออกซิเจน
3. บ่อแอโรบิก : ความลึกประมาณ 1 ม. แสงส่องถึงก้นบ่อ มีออกซิเจนทั่วบ่อ ตลอดความลึก ออกซิเจนส่วนใหญ่มาจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย
4. บ่อบ่ม : เป็นบ่อต้น ใช้ในการทำให้น้ำเสียที่ผ่านขบวนการบำบัดแล้วให้มีความสะอาดขึ้น หรือใช้เก็บน้ำเสียก่อนปล่อยสู่ธรรมชาติ

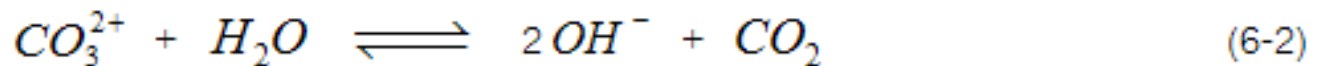
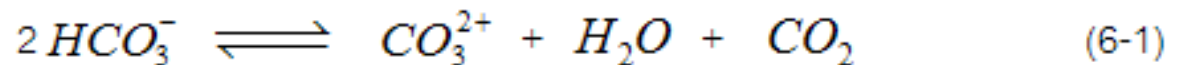


0.6-1.0 เมตร

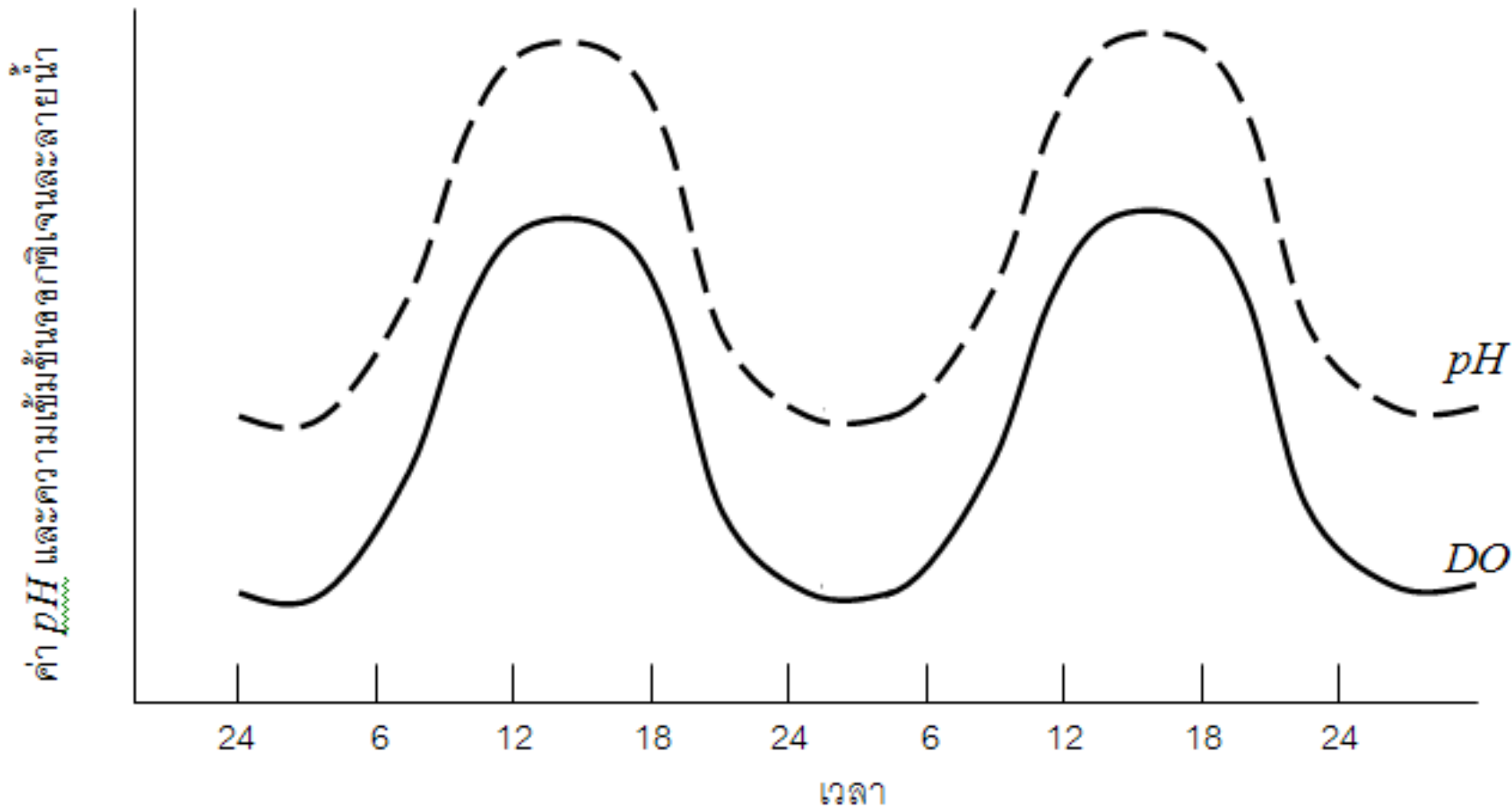
ชั้นความลึกที่แสงแดดส่องถึงในบ่อแอโรบิก

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในบ่อแอโรบิกในแต่ละวัน

- กลางวันที่มีแดดจัดๆ DO อาจมีค่ามากกว่า C_s ถึง 13 มก./ล.
- ในช่วงกลางคืน สาหร่ายแย่งชิงทั้ง O_2 และสารอินทรีย์กับแบคทีเรีย ทำให้ DO ในบ่อน้ำลดน้อยลง
- ในเวลากลางคืน DO จะมีค่าลดต่ำลงหรืออาจมีค่าเป็นศูนย์ได้ถ้าในน้ำมีปริมาณสาหร่ายอยู่เป็นจำนวนมากจนเกินไป
- สาหร่ายได้ CO_2 สำหรับการสังเคราะห์แสงจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ และได้จากระบบกรดคาร์บอนิกที่มีอยู่ในน้ำ
- กลางวัน CO_2 ถูกใช้ไปทำให้ค่า pH ของน้ำในบ่อมีค่าสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ CO_2 ซึ่งสาหร่ายสามารถสกัดได้จาก HCO_3^- และ CO_3^{2-} ดังต่อไปนี้



ค่าออกซิเจนละลายที่เปลี่ยนแปลงในบ่อปรับเสถียร



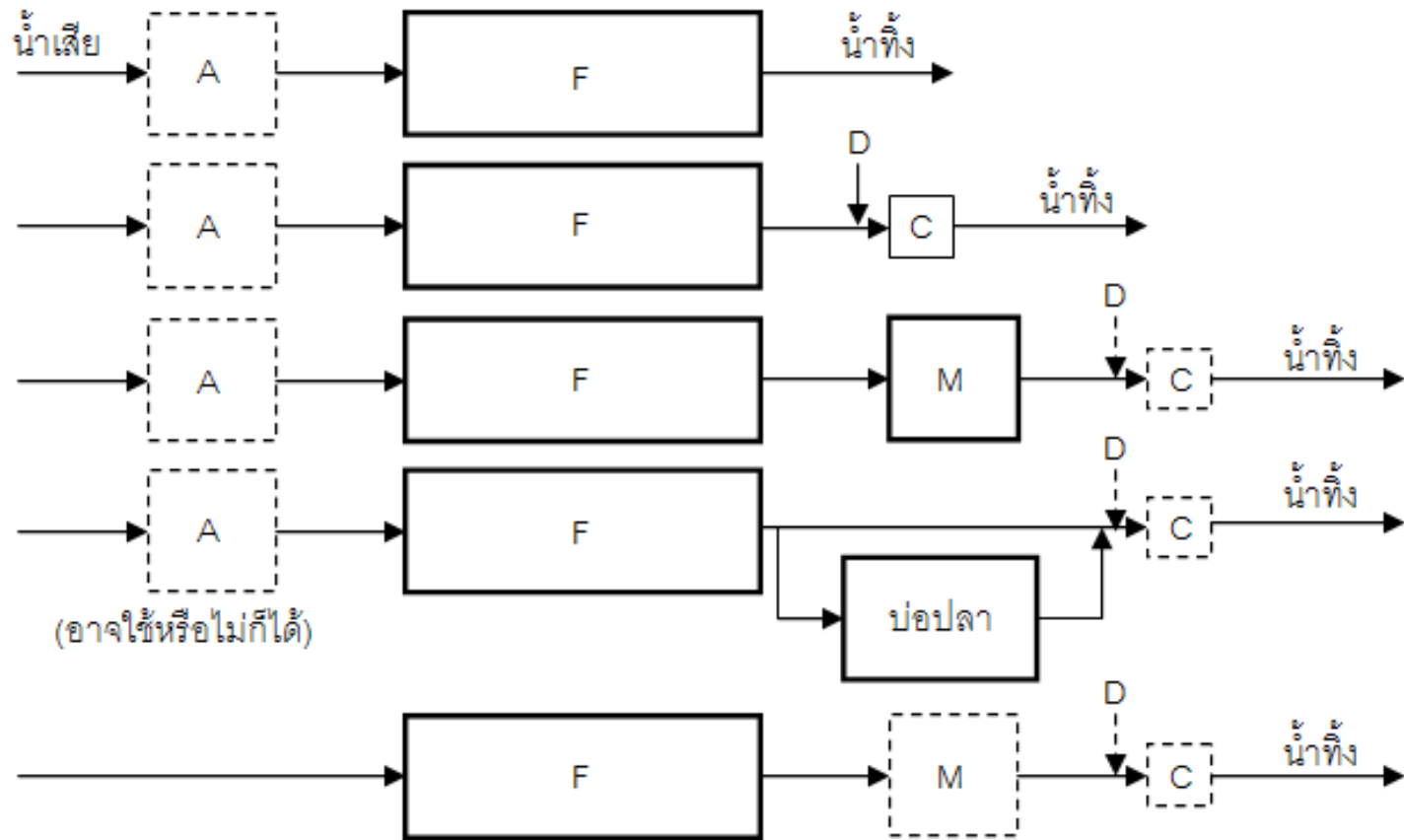
บ่อแฟกัลเททีฟ

29 6'00

บ่อแฟคัลเตทีฟและบ่อแอโรบิก



รูปแบบการวางผังสำหรับระบบบ่อปรับเสถียร



A = บ่อแอนแอโนบิก F = บ่อแฟคัลเททีฟ M = บ่อปม
C = ถังส้มฝัสดสำหรับฆ่าเชื้อโรค D = สารฆ่าเชื้อโรค

ตารางที่ 2 เกณฑ์การออกแบบบ่อปรับเสถียรประเภทต่าง ๆ (อุณหภูมิเฉลี่ย 20 °ซ)

ชนิดของบ่อ	อัตราภาระ BOD_5 เชิง พื้นที่ (ก./ตร.ม./วัน)	ระยะเวลา กักน้ำ (วัน)	ความ ลึก (ม.)	การกำจัด BOD_5 ละลาย (ร้อยละ)	ความเข้มข้น ของสาหร่าย (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)
บ่อแเอโรบิก	6 – 12	10 - 40	1 – 1.5	80 – 95	40 - 100	80 – 140
บ่อแเอโรบิก (อัตราสูง)	9 – 18	4 – 6	0.3 – 0.5	80 - 95	100 - 260	150 – 300
บ่อแอนแเอโรบิก	20 - 55	20 – 50	2 - 5	50 - 85	0 – 5	80 - 160
บ่อแฟคัลเททีฟ	5 – 25	5 – 30	1.5 – 2.5	80 - 95	5 - 20	40 – 60
บ่อบ่ม	< 2	5 – 20	1.0 – 1.5	60 - 80	5 - 10	10 - 30
สระเติมอากาศ	-	3 – 10	2 - 6	85 – 95	-	80 - 250

ที่มา : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, ค่ากำหนดออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย, พ.ศ. 2540 และ Metcalf & Eddy (1991)

-เกณฑ์การออกแบบในตารางที่ 2 ข้อมูลทั้งหมดได้มาจากการปฏิบัติงานจริงของระบบบ่อปรับเสถียรแบบต่างๆ

ข้อดีและข้อเสียของบ่อปรับเสถียร

ข้อดี	ข้อเสีย
<ul style="list-style-type: none">- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน การดำเนินงานต่ำ- ไม่ต้องการบุคลากรมีความรู้สูง- ทนต่อการเพิ่มของสารอินทรีย์ กระทันหัน- บำบัดน้ำเสียได้หลายประเภท- ง่ายต่อการนำที่ดินกลับมาใช้ใหม่ใน อนาคต- สาหร่ายที่ผลิตจากบ่อเป็นแหล่งโปรตีนสูง	<ul style="list-style-type: none">- ต้องการพื้นที่มาก- เกิดกลิ่นน่ารังเกียจถ้าดูแลไม่ดี- น้ำทิ้งจากบ่อแอโรบิกมี สาหร่ายปนอยู่- อาจทำให้เกิดมลพิษต่อน้ำใต้ ดิน

ระบบบำบัดเสถียร



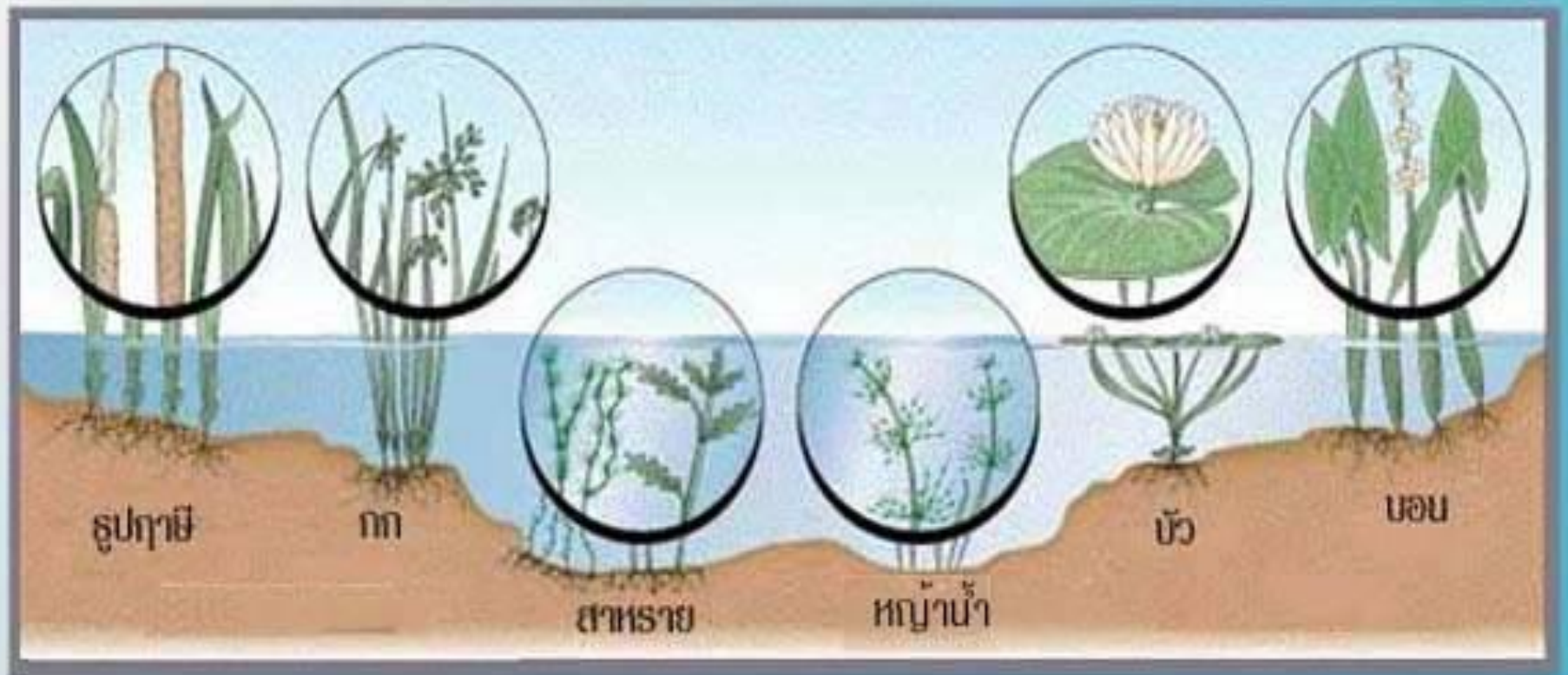
ระบบบ่อปรับเสถียร



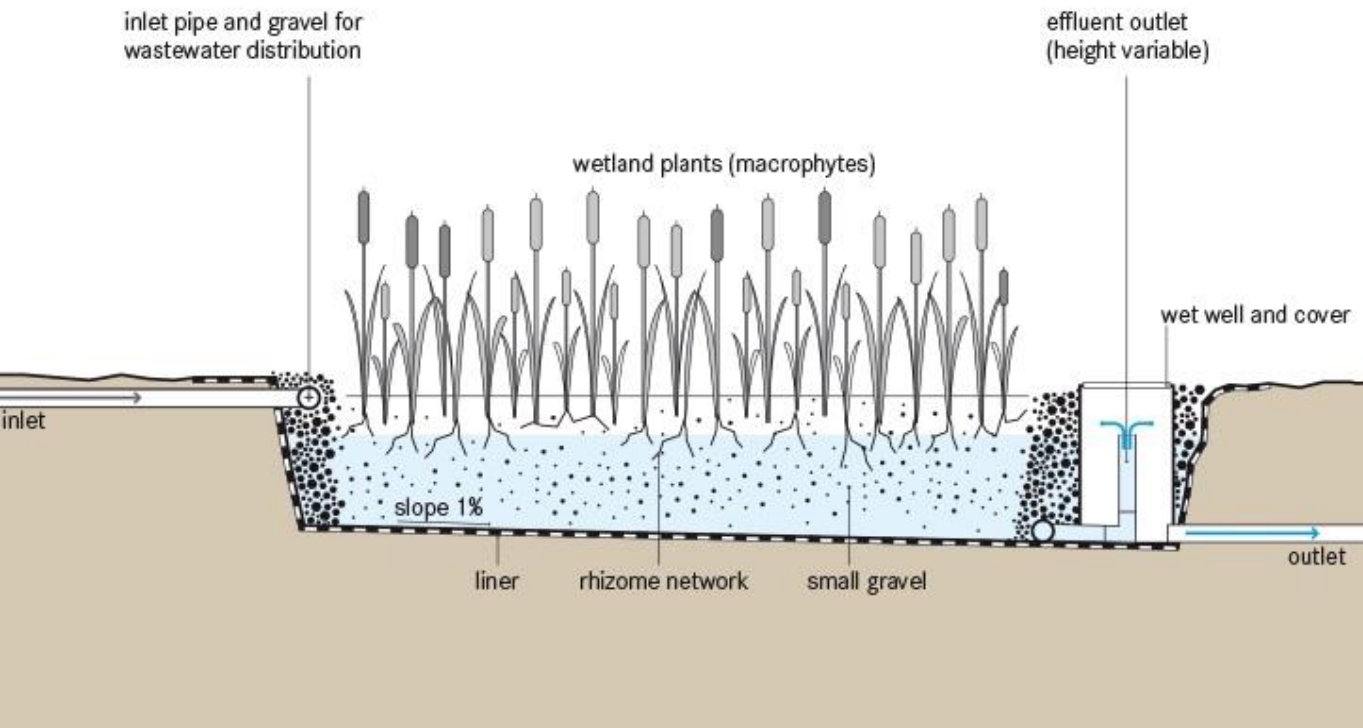
9) ระบบบึงประดิษฐ์

- เป็นบึงที่ปลูกพืชจำพวก กก แผลก ธูปฤาษี หรือพืชลอยน้ำเช่น บัว ผักตบชวา
- **ใช้บำบัดน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว หรือน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีไม่มาก**
- **การกำจัดสารอินทรีย์**
 - การตกตะกอน และถูกกรองโดยรากพืช และชั้นดิน
 - อาศัยจุลินทรีย์ที่เกาะตามต้นพืช
 - ออกซิเจนได้มาจากพืช การถ่ายเทจากอากาศ การสังเคราะห์แสง
- **การกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัส**
 - พืชจะดึงไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียเป็นสารอาหาร
 - เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันจากแบคทีเรียที่เกาะตามราก และต้นพืช

พืชที่ปลูกในบึงประดิษฐ์

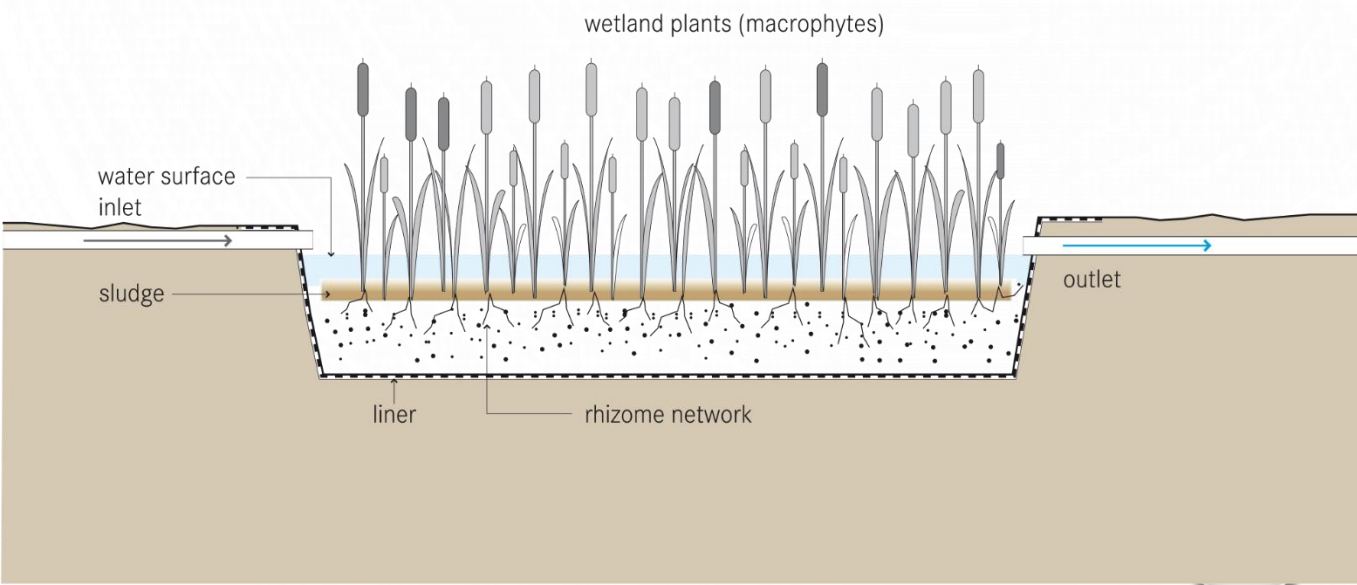






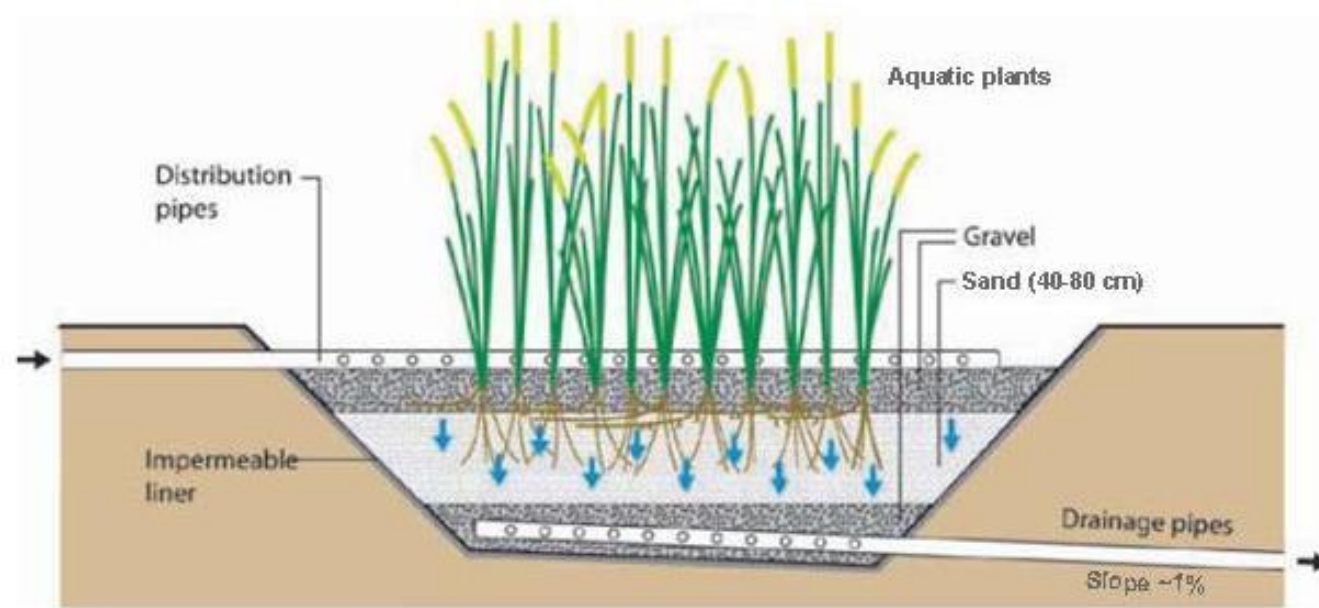
บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้
ผิวชั้นกรอง (Subsurface
Flow Systems)

(ออกซิเจนได้จากใบผ่าน
ลงสู่ราก)

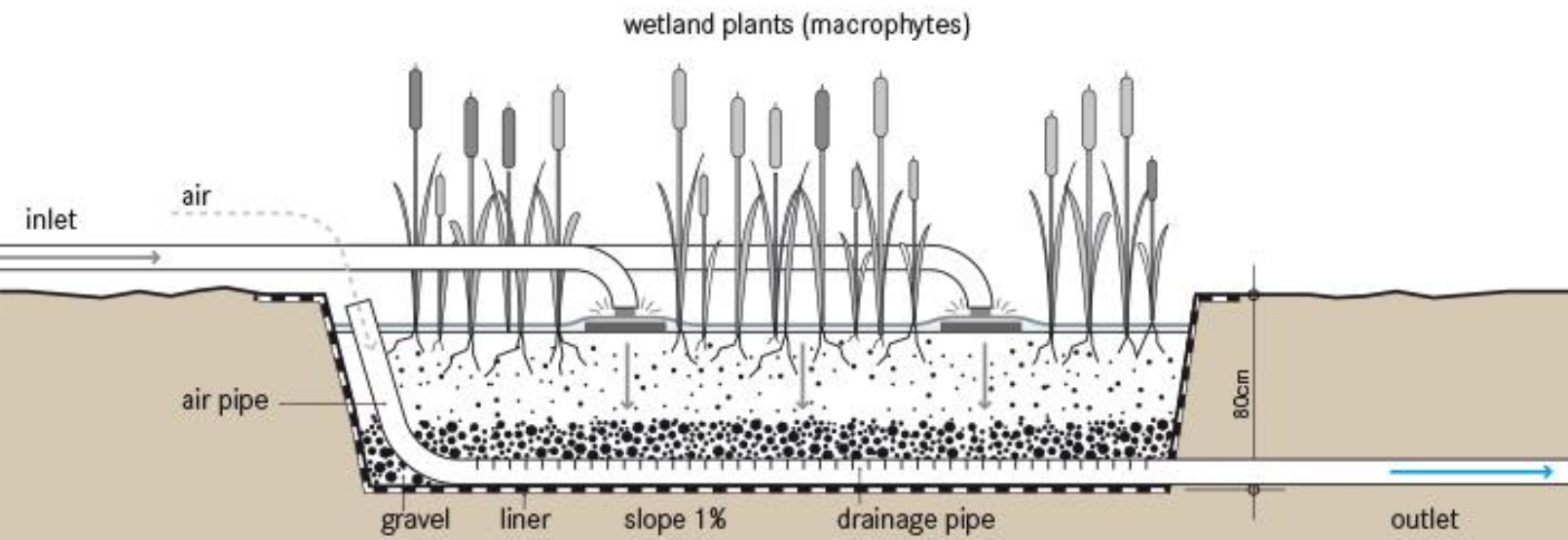


บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลบน
ผิวชั้นกรอง (Free Water
Surface Systems)

(ออกซิเจนได้จากผิวน้ำ)

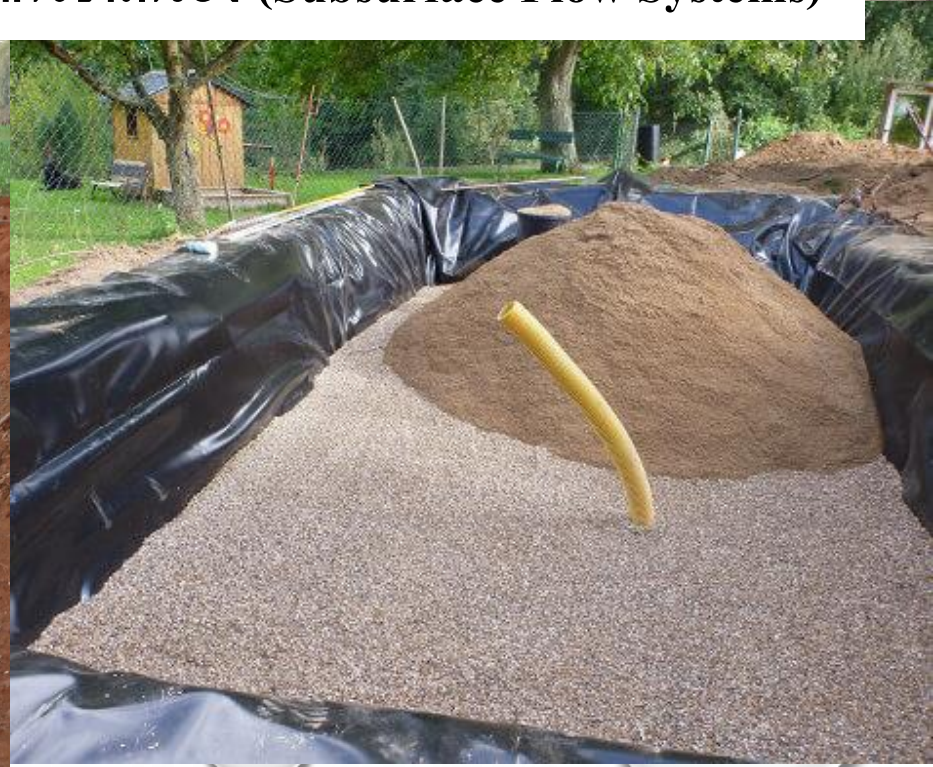


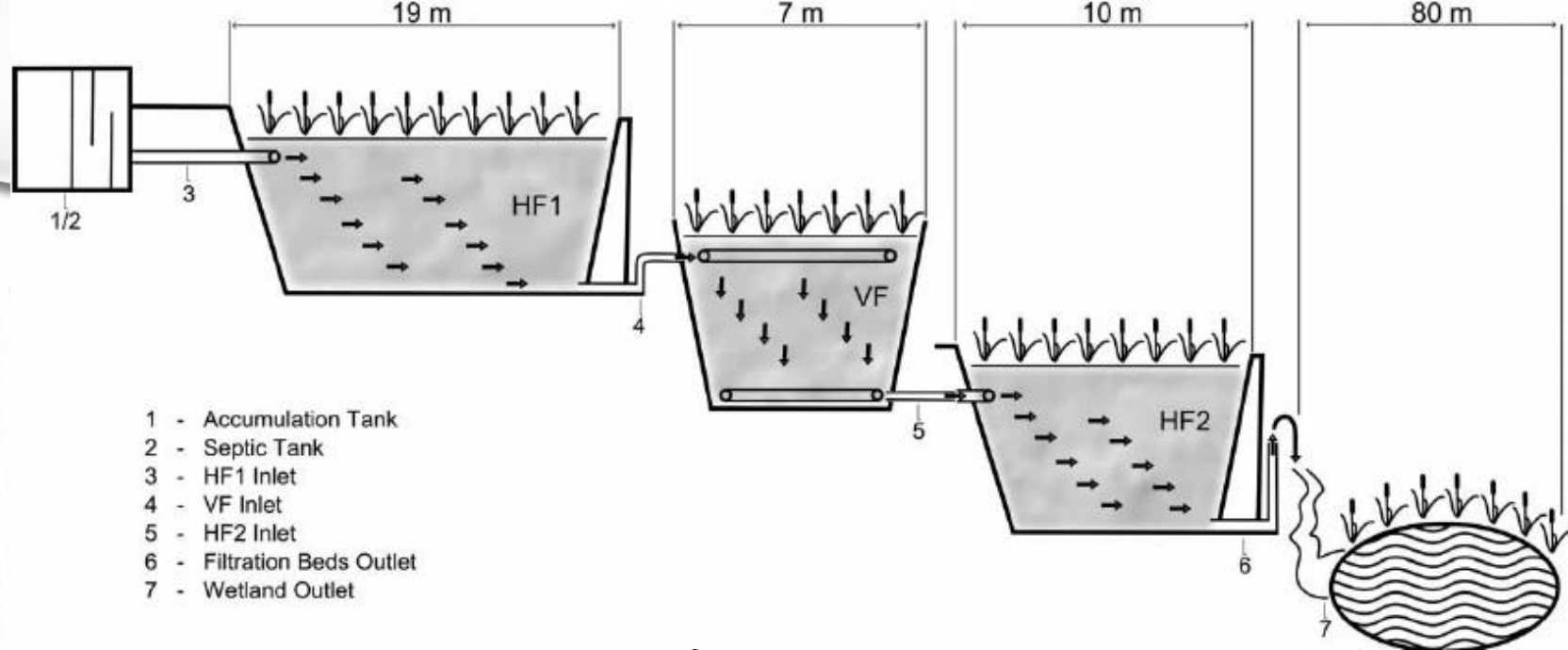
บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลผ่าน
ผิวชั้นกรอง (Vertical
Flow Systems)



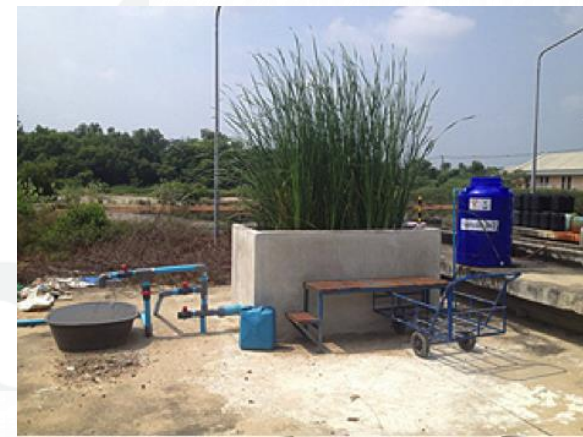
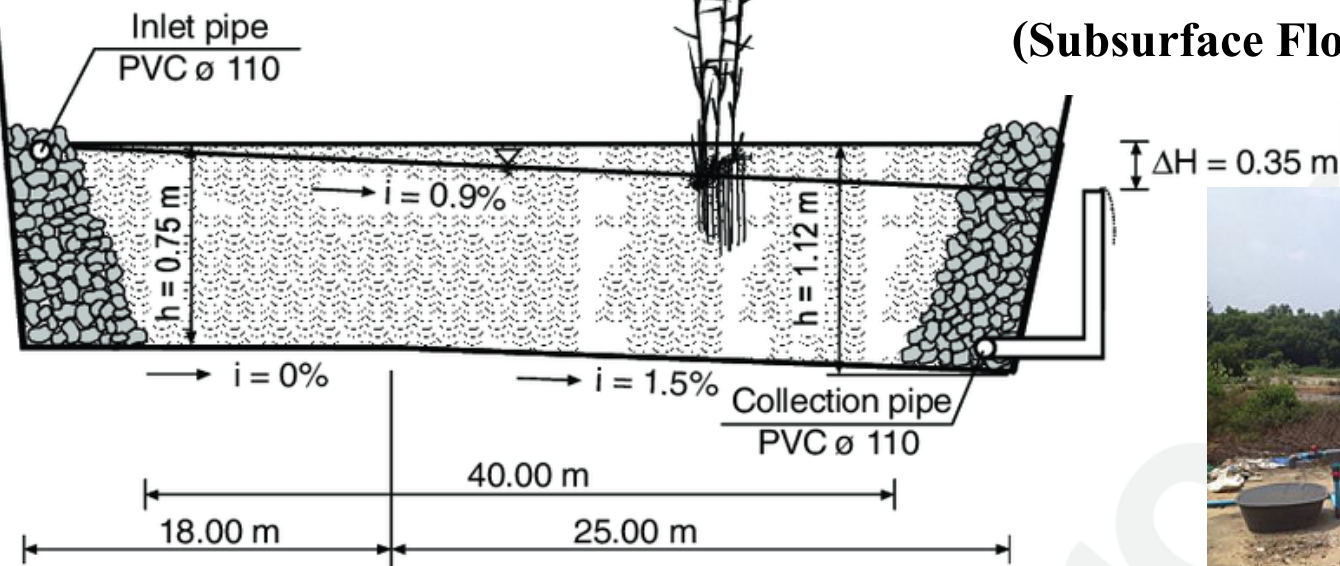


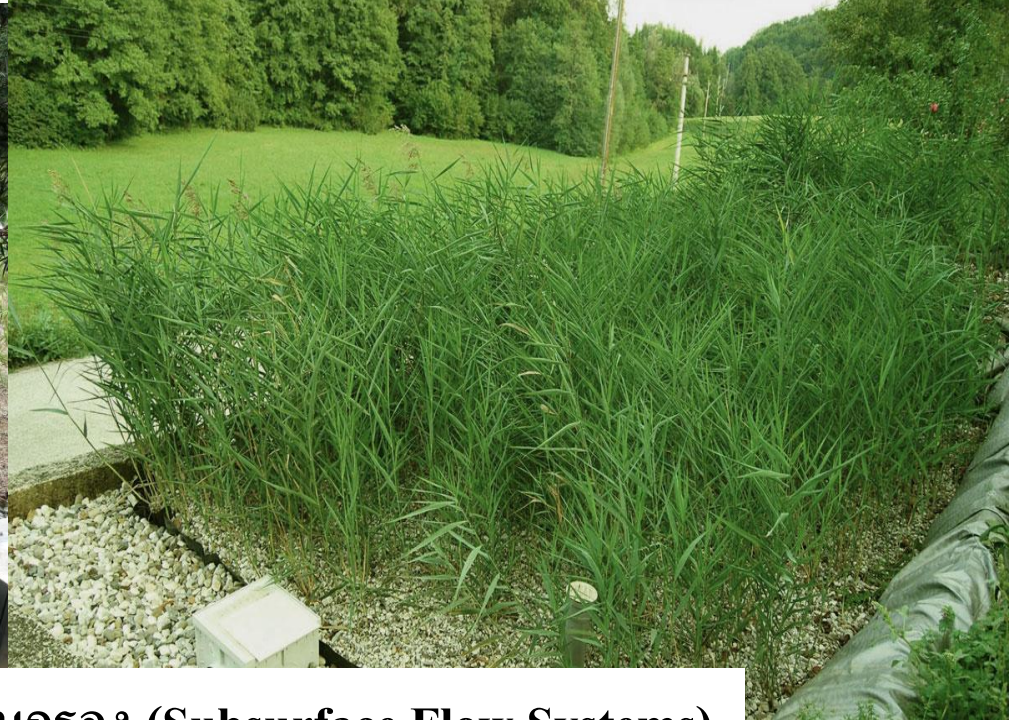
การก่อสร้างบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรอง (Subsurface Flow Systems)





บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรอง (Subsurface Flow Systems)





บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ผิวนกรอง (Subsurface Flow Systems)





บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลบน
ผิวชั้นกรอง (Free Water
Surface Systems)

ตารางที่ 8 เกณฑ์การออกแบบบึงประดิษฐ์

รายการ	บึงประดิษฐ์แบบ FWS		บึงประดิษฐ์แบบ FS	
	ช่วงค่า	ค่าทั่วไป	ช่วงค่า	ค่าทั่วไป
ขนาดพื้นที่ที่ต้องการขึ้นต่ำ (ตร.ม./ลบ.ม./วัน)	20 – 70	-	12 – 17	-
ความลึกสูงสุดของระดับน้ำ (ม.)	-	0.5	0.3 – 0.9	-
สัดส่วนขึ้นต่ำความยาวต่อความกว้าง	-	2 : 1	-	-
ระยะเวลาักน้ำ (วัน)	4 – 15	-	5 – 10	-
อัตราการระเหย (ซม./วัน)	1.5 – 5.0	-	6 – 8	-
อัตราการบีโอดี (ก. บีโอดี/ตร.ม./วัน)	< 11	-	8 – 12	-
อัตราการไนโตรเจน (ก./ตร.ม./วัน)	-	6	-	6

ที่มา : ค่ากำหนดออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2540

แปลงทดลองบึงประดิษฐ์



บึงประดิษฐ์





บ่อพักทบชา





ตารางที่ 6-10 องค์ประกอบของผักตบชวาที่เจริญเติบโตในบ่อน้ำบาดาลเสีย

องค์ประกอบ	ร้อยละของน้ำหนักแห้ง	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่า
โปรตีน	18.1	9.7 – 23.4
ไขมัน	1.9	1.6 – 2.2
ไฟเบอร์	18.6	17.1 – 19.5
เถ้า	16.6	11.1 – 20.4
คาร์โบไฮเดรต	44.8	36.9 – 51.6
ไนโตรเจน (as N)	2.9	1.6 – 3.7
ฟอสฟอรัส (as P)	0.6	0.3 – 0.9





- การกำจัดสารอินทรีย์และของแข็งแขวนลอย
 - **อาศัยแบคทีเรียที่เกาะบริเวณราก**
 - ของแข็งแขวนลอยเกาะติดราก เกิดสภาวะน้ำนิ่งตกตะกอนได้ดี
 - **ออกซิเจนได้มาจากใบส่งไปยังราก**
 - ใบป้องกันแสงแดด ทำให้สาหร่ายไม่เจริญเติบโต
- การกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัส
 - พืชจะดึงไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียเป็นสารอาหาร ต้องกำจัดพืชออกเป็นครั้งคราว
 - เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันจากแบคทีเรียที่เกาะตามราก



18 12 2003

ตารางที่ 6-13 เกณฑ์ออกแบบระบบบำบัดคตบชวสำหรับบำบัดน้ำเสีย

รายการ	เกณฑ์ออกแบบระบบบำบัดคตบชว	
	ใช้เป็นระบบบำบัดขั้นที่สอง	ใช้เป็นระบบบำบัดขั้นที่สาม
อัตราภาระสารอินทรีย์		
พื้นที่รวมทั้งหมด	5 ก.บีโอดี/ตร.ม./วัน	< 5 ก.บีโอดี/ตร.ม./วัน
บ่อแรกของระบบ	10 ก.บีโอดี/ตร.ม./วัน	< 15 ก.บีโอดี/ตร.ม./วัน
ความลึกน้ำ	< 1.5 ม.	< 0.9 ม.
พื้นที่สูงสุดต่อบ่อ	< 4,000 ตร.ม.	< 4,000 ตร.ม.
ระยะเวลากักน้ำรวม	> 40 วัน	≤ 6 วัน
อัตราภาระขลศาสตร์	> 20 ล./ตร.ม./วัน	< 80 ล./ตร.ม./วัน
อุณหภูมิ	> 10 °ซ.	> 20 °ซ.
รูปร่างของบ่อ	สี่เหลี่ยมผืนผ้า อัตราส่วนความยาว : ความกว้าง > 3:1	สี่เหลี่ยมผืนผ้า อัตราส่วนความยาว : ความกว้าง > 3:1
หัวกระจายน้ำเสียเข้าบ่อ	แนะนำให้มี	แนะนำให้มี
การควบคุมยุง	จำเป็น	จำเป็น
ตารางเวลาเก็บเกี่ยว	ตามฤดูกาลหรือปีละครั้ง	เก็บเกี่ยวต้นแก่ ทุกๆ 3 – 4 อาทิตย์
การใช้บ่อหลายบ่อ	จำเป็น ใช้บ่อ 2 ชุดๆ ละ 3 บ่อ	จำเป็น ใช้บ่อ 2 ชุดๆ ละ 3 บ่อเชื่อม ต่อกัน
คุณภาพน้ำทิ้ง	$BOD_5 < 30$ มก./ล., $SS < 30$ มก./ล.	$BOD_5 < 10$ มก./ล., $SS < 10$ มก./ล. $TN < 5$ มก./ล. $TP < 5$ มก./ล.

