บทที่2

ทบทวนเอกสาร

2.1 บึงประดิษฐ์(Constructed Weltands)

เมื่อไม่นานมานี้ได้มีผู้ให้ความสนใจเพิ่มมากขึ้นต่อการนำบึงประดิษฐ์มาบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดี มีค่าก่อสร้างที่ต่ำ ถึงแม้ว่าแนวความคิดในการนำบึงประดิษฐ์มาบำบัดน้ำเสียจะเพิ่งมีมาใน 20-30 ปีมานี้ แต่จริงๆแล้ว นับตั้งแต่ในอดีตมนุษย์เราได้ใช้แหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ในการบำบัดน้ำเสียอยู่แล้ว

บึงประดิษฐ์จึงเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมาให้ทำหน้าที่คล้ายบึงธรรมชาติในการบำบัดน้ำเสีย แต่มีข้อได้เปรียบกว่าบึงธรรมชาติคือ เราสามารถควบคุมปัจจัยต่างๆได้ เช่น การเลือกที่ตั้งของบึง, ขนาดของบึง และที่สำคัญสามารถควบคุมทางเดินของน้ำและเวลากักเก็บได้ มลสารจะถูกกำจัดในบึงประดิษฐ์โดยการผสมผสานกันระหว่างกระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางชีวภาพต่างๆ เช่นกระบวนการตกตะกอน, กระบวนการตกตะกอนผลึก, กระบวนการดูดซับ, กระบวนการสะสม โดยพืช และกระบวนการเปลี่ยนแปลงโดยจุลชีพ เป็นต้น
การใช้บึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียมีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปดังนี้

1) เสียค่าใช้จ่ายน้อยในการก่อสร้างและดูแลรักษา

2) ต้องการพลังงานในการเดินระบบน้อย

3) เป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีต่ำ ทำให้สามารถดำเนินระบบ ได้โดยบุคลากรที่ไม่ต้องมีความรู้สูงมาก

4)ระบบมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราภาระเข้าระบบของมลสารสูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียอื่นทั่วไป

แต่ระบบบึงประดิษฐ์ก็มีข้อเสียเปรียบเช่นเดียวกัน คือ

1) ต้องการพื้นที่มากกว่าในการก่อสร้างระบบ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัด น้ำเสียชนิดอื่นๆทั่วไป

2) มีโอกาสที่ประสิทธิภาพในการทำงานจะด้อยลงในช่วงที่อากาศหนาว

3)ไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นระบบบำบัดขั้นต้น ในกรณีน้ำเสียมีความเข้มข้นสูง ควรมีระบบบำบัดขั้นต้นก่อนที่น้ำเสียจะไหลเข้าบึงประดิษฐ์

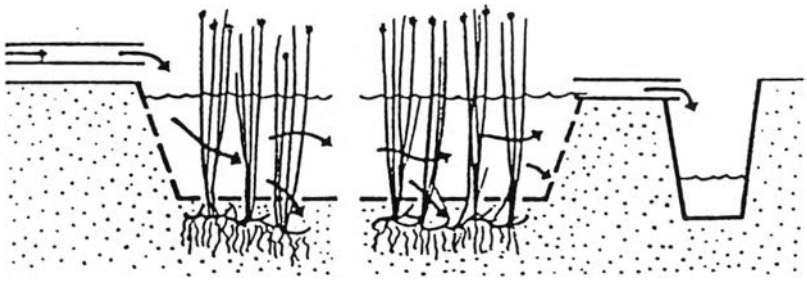
จากที่กล่าวมาระบบบึงประดิษฐ์จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่นอกเหนือจากระบบบำบัดทั่วไปสำหรับชุมชนขนาดเล็กถึงกลางสำหรับพื้นที่ที่มีประชากรเบาบางและสำหรับประเทศกำลังพัฒนา

2.1.1 ประเภทของบึงประดิษฐ์

เราสามารถจำแนกบึงประดิษฐ์ออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.1.1.1 ระบบน้ำไหลเหนือผิวดิน(Free Water Surface Systems with Emergent Plants)

เป็นรูปแบบที่เก่าแก่ของบึงประดิษฐ์ ซึ่งมีใช้ในประเทศเนเธอร์แลนด์เกือบ 30 ปีมาแล้ว (Griner,R.W. and De Jong J. ,1984) ลักษณะทั่วไปประกอบด้วยบ่อหรือรางที่มีชั้นดินเหนียวหรือวัสดุกันซึมรองอยู่ด้านล่าง มีดินหรือตัวกลางอื่นเช่นกรวดให้พืชใช้ยึดเกาะ และมีน้ำไหลผ่านเหนือผิวดิน โดยทั่วไปจะมีความกว้าง 3-5 เมตร ยาวมากกว่า 100 เมตร ระดับน้ำมักลึกไม่เกิน 18 นิ้ว ส่วนของพืชที่จมน้ำจะเป็นที่ยึดเกาะของจุลชีพ จากลักษณะที่มีระดับน้ำตื้น น้ำไหลช้าๆ มีพืชและวัสดุรองพื้นช่วยควบคุมการไหล มีลักษณะระบบเป็นรางยาวแคบ จึงมีลักษณะการไหลเป็นแบบ Plug Flow ลักษณะทั่วไปของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวดิน(Brix H. , 1993)

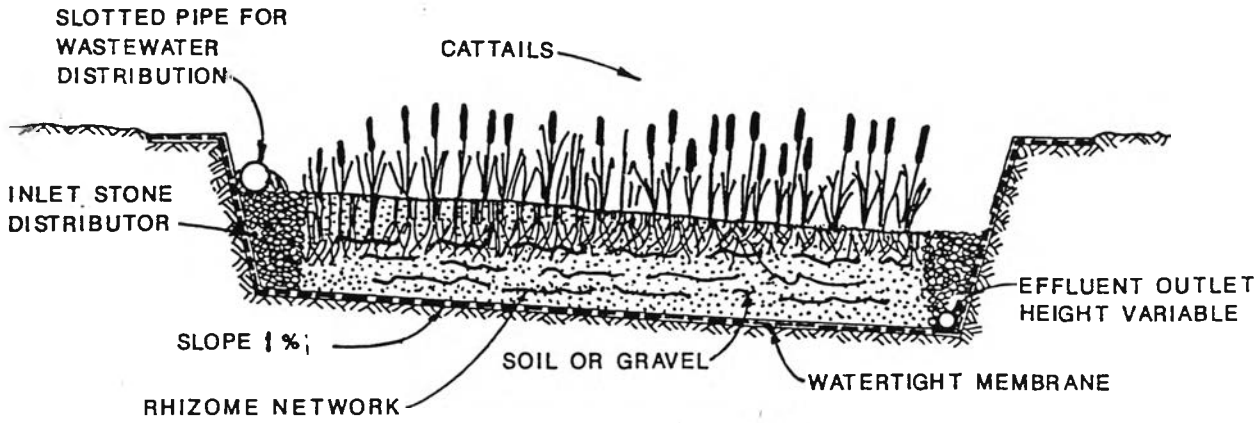
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.1.2 ระบบน้ำไหลใต้ผิวดิน(Subsurface Flow System with Emergent Plant)

ระบบนี้ น้ำจะไหลใต้ผิวดินและยังแบ่งย่อยได้อีกตามทิศทางการไหลของน้ำดังนี้

- Horizontal Subsurface Flow Constructed wetlands

แนวความคิดของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินถูกพัฒนาในเยอรมันช่วงทศวรรษ 1970 (Brix H.,1987)และ(Kickuth R.,1977) ลักษณะโดยทั่วไปประกอบด้วยชั้นตัวกลางที่ปลูกพืช เช่น ต้นอ้อ(Common Reed,*Phragmites australis*)และรองพื้นด้วยชั้นกันซึม ชั้นตัวกลางอาจเป็นดินหรือกรวดก็ได้ ระหว่างการไหลผ่านของน้ำผ่านบริเวณรากของต้นพืช(รูปที่ 2.2) สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยจุลชีพ ไนโตรเจนจะเปลี่ยนรูปไป ส่วนฟอสฟอรัสและโลหะหนักจะถูกยึดอยู่ในดิน พบว่าบึงประดิษฐ์สามารถกำจัดBODและSSได้ดี ส่วนไนโตรเจนและฟอสฟอรัสขึ้นกับอัตราภาระไนโตรเจนและฟอสฟอรัส,ชนิดของตัวกลาง และชนิดของน้ำเสีย



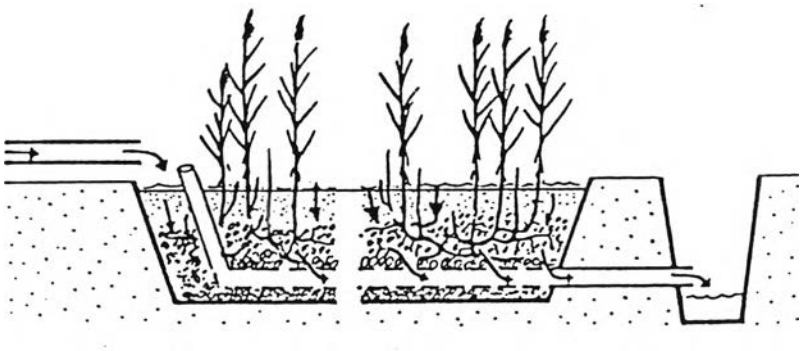
รูปที่ 2.2 บึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน

(U.S. EPA. ,1988)

- Vertical Subsurface Flow Constructed wetlands

การออกแบบจะประกอบด้วยชั้นตัวกลางหลายๆชั้น วางในแนวขนานกัน โดยมีน้ำไหลซึมผ่าน การไหลอย่างไม่สม่ำเสมอ(Intermittent Loading)จะเพิ่มการถ่ายเทออกซิเจน(Oxygenation)เมื่อเปรียบ

เทียบกับแบบไหลในแนวนอน ในระหว่างการเติมน้ำเข้าระบบ อากาศจะถูกดันออกจากช่องว่างระหว่างเม็ดดิน แต่เมื่อชั้นดินแห้ง อากาศจะกลับเข้ามาอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินอีกครั้ง ซึ่งเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้ดิน ยิ่งไปกว่านั้น การแพร่ของออกซิเจนเข้าสู่ชั้นดินจะเพิ่มขึ้นในระหว่างช่วงที่ดินแห้ง บึงประดิษฐ์แบบนี้พบว่ากำจัดของแข็งแขวนลอย,บีโอดี,แอมโมเนีย และฟอสฟอรัสได้ดี ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่ง(Brix H., 1993)

2.1.2 องค์ประกอบของบึงประดิษฐ์

การบำบัดน้ำเสียให้สะอาดในบึงประดิษฐ์ขึ้นกับองค์ประกอบ 4 ประการ คือ พืช น้ำ ชั้นตัวกลาง และจุลชีพ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีหน้าที่ต่างๆกัน ดังนี้

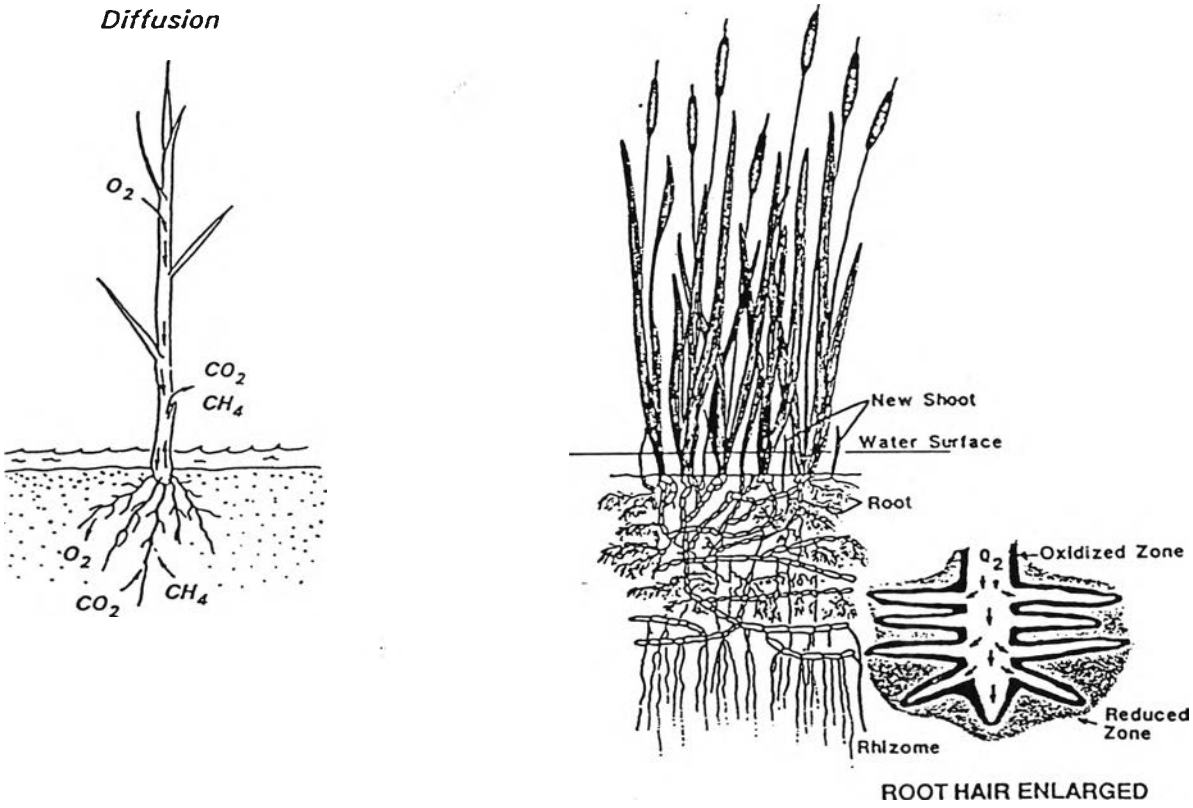
1)พืช(Macrophyte)

พืชมีหน้าที่หลักคือสร้างสิ่งแวดล้อมให้กับจุลชีพ ใบและลำต้นของพืชช่วยชะลอความเร็วการไหลของน้ำ ทำให้สารแขวนลอยในน้ำเสียตกตะกอน และยังเป็นที่เกาะอาศัยของจุลชีพ (ตารางที่ 2.1) พืชที่ปลูกในบึงประดิษฐ์จะมีใบ ลำต้นและรากที่นำก๊าซจากชั้นบรรยากาศ เช่นออกซิเจน ลงไปสู่ราก ที่รากฝอยจะมีออกซิเจนหลุดรอดออกมา จึงทำให้บริเวณรอบรากฝอยมีออกซิเจนและทำให้เกิดบริเวณที่เรียกว่าแผ่นฟิลม์บางที่มีอากาศ(Thin Film Aerobic Region) แต่บริเวณที่อยู่ไกลออกไปซึ่งมีพื้นที่กว้างกว่าจะอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งสภาพที่ไร้ออกซิเจนอยู่ใกล้ชิดกับบริเวณที่เรียกว่า

แผ่นฟิลม์บางที่มีอากาศจะเป็นบริเวณที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุไนโตรเจนและสารอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.4

ตารางที่ 2.1 หน้าที่ของพืชน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพืช(U.S. EPA. , 1988)

Plant Parts	Function
Roots and/or stems in the water column	1.Surface on which bacteria grow 2.Media for filtration and adsorption of solids
Stems and/or leaves at or above the water surface	1.Attenuate sunlight and thus can prevent the growth of algae 2.Reduce the effects of wind on the water,i.e.,the transfer of gases between the atmosphere and water 3.Important in the transfer of gases to and from the submerged parts of plant



รูปที่ 2.4 การถ่ายเทออกซิเจนผ่านบริเวณรากพืช

(Brix H., 1993)และ(Hammer D. A.& Bastian R. K., 1989)

นอกจากนี้เมื่อพืชเจริญเติบโตและตายลง ใบและลำต้นจะทับถมเหนือพื้นผิวดิน ทำให้เกิดชั้นซากของอินทรีย์วัตถุ จากการที่เกิดการสะสมของมวลสิ่งมีชีวิตทำให้เป็นที่เกาะอาศัยของจุลชีพและเป็นแหล่งคาร์บอนของจุลชีพอีกด้วย นอกจากนี้พืชยังสามารถจับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้อีกด้วย ดังแสดงในตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 อัตราการจับใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของพืชบางชนิดและความเข้มข้นในเนื้อเยื่อพืช(Reddy and Debusk, 1987)

พืช	อัตราการจับใช้ (kg/ha.yr)		ส่วนประกอบในเนื้อเยื่อ (g/kg)		อัตราการเติบโต (ton/ha.yr)
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	
ธูปฤษี	600-2,630	75-403	5-24	0.5-4	8-61
หญ้าทรงกระเทียม	125	18	8-27	1-3	-
อ้อ	225	35	18-21	2-3	10-60

พืชที่พบได้ในพื้นที่ชุ่มน้ำทั่วไปมีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะต่างๆกันดังรายละเอียดดังนี้

- **Cattail** พบเห็นได้ทั่วโลก เช่น ธูปฤษีใบแคบ*(Typha Augustifolia)* และธูปฤษีใบกว้าง*(Typha Latifolia)* พีเอชที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 4-10 ในธูปฤษีใบแคบจะทนความเค็มได้ในช่วง 15-30 ppt ส่วนธูปฤษีใบกว้างจะทนได้ไม่เกิน1ppt ธูปฤษีทั้งสองชนิดจัดว่าเป็นพืชที่เติบโตได้เร็ว โดยผ่านรากซึ่งจะแพร่กระจายไปในแนวด้านข้าง รากจะแทงทะลุเข้าไปในชั้นกรวดได้ประมาณ 1 ฟุต ในเนื้อเยื่อประกอบด้วยส่วนที่เป็นของแข็ง 30%,คาร์บอน 45%,ไนโตรเจน 14% และฟอสฟอรัส 2% เมื่อพิจารณาที่น้ำหนักแห้ง เมล็ดและรากเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ต่างๆ เช่น นกและบีเวอร์ ธูปฤษีสามารถทนน้ำท่วมได้ดีและยังทนต่อความแห้งแล้งได้ ในสหรัฐอเมริกานิยมใช้ในบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดินและแบบน้ำไหลใต้ดิน
- **Bulrush** สามารถพบได้หลายชนิดในตระกูลนี้ เช่น hard stem bulrush *(Scirpus acutus)*,Wool Grass*(S cypernius)*,river bulrush*(S. fluviatilis)*,alkali bulrush*(S. robustus)*,soft-stem bulrush*(S. validus)* และbulrush*(S. lacustris)* พบได้ทั่วโลก พีเอชที่

เหมาะสมอยู่ระหว่าง 4-9 ในเนื้อเยื่อประกอบด้วยส่วนที่เป็นของแข็ง 30% ,ไนโตรเจน 18% และฟอสฟอรัส 2% เมื่อพิจารณาที่น้ำหนักแห้ง เมล็ดและรากเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ต่างๆ เช่นนกชนิดต่างๆ เมื่อน้ำท่วมยังเป็นที่อยู่อาศัยของปลา สามารถทนน้ำท่วมได้ดีโดยเฉพาะชนิดลำต้นแข็ง(hard stem bulrush) บางชนิดสามารถทนความแห้งแล้งได้ โดยทั่วไปในสหรัฐอเมริกาพบได้ในบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน

- **Reeds(อ้อ)** ชนิดที่พบได้โดยทั่วไปได้แก่common reed(*Phragmites australis*) ซึ่งมีอยู่ทั่วโลก พีเอชที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 2-8 สามารถทนความเค็มได้ไม่เกิน 45 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตรวดเร็วมาก โดยรากจะแพร่กระจายไปทางด้านข้างประมาณ1เมตรใน1ปี รากจะแทงเข้าไปในกรวดได้ลึกประมาณ 40 เซนติเมตร ต้นอ้อมีคุณค่าทางอาหารต่ำสำหรับนกและสัตว์ส่วนใหญ่ แต่นกและสัตว์บางชนิดสามารถใช้ต้นอ้อเป็นส่วนประกอบในการทำรังได้ สามารถทนน้ำท่วมขังอย่างถาวรได้ลึกถึง 1 เมตร และต้านทานความแห้งแล้งได้ ในทวีปยุโรปมีการใช้ต้นอ้ออย่างแพร่หลายในบึงประดิษฐ์
- **Rushes** ชนิดต่างๆที่พบได้แก่ jointed rush(*Juncus articulatus*),Baltic rush(*J. balticus*) และsoft rush(*J. effusus*) เป็นต้น สามารถพบได้ทั่วโลก พีเอชที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5-7.5 ทนความเค็มได้ไม่เกิน 25 pptขึ้นอยู่กับชนิด การเจริญเติบโตค่อนข้างช้า รากแพร่ไปทางด้านข้างน้อยกว่า 10 เซนติเมตรต่อปี ในเนื้อเยื่อประกอบด้วยส่วนที่เป็นของแข็ง 50% ,ไนโตรเจน 15% และฟอสฟอรัส 2% เมื่อพิจารณาที่น้ำหนักแห้ง นกหลายชนิดใช้พืชชนิดนี้เป็นอาหาร Rushesเหมาะสำหรับปลูกเพื่อทำหน้าที่เสริมในบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยทำหน้าที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ ส่วนหน้าที่หลักในการบำบัดน้ำเสียควรเลือกใช้พืชชนิดอื่น
- **Sedges** ชนิดต่างๆที่พบได้แก่ water sedge(*Carex aquatilis*),lake sedge(*C. lacustris*),tussock sedge(*C. stricata*) พบได้ทั่วโลก พีเอชที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5-7.5 ทนความเค็มได้ไม่เกิน 0.5 ppt อัตราการเจริญเติบโตปานกลางถึงช้า รากแผ่กระจายไปด้านข้างได้น้อยกว่า 10 เซนติเมตรใน1ปี ในเนื้อเยื่อประกอบด้วยส่วนที่เป็นของแข็ง 50% ,ไนโตรเจน 1% และฟอสฟอรัส 0.1% เมื่อพิจารณาที่น้ำหนักแห้ง นกและกวางมูสใช้พืชนี้เป็นแหล่งอาหาร สามารถทนน้ำท่วมและความแห้งแล้งขึ้นอยู่กับชนิด Sedges เหมาะสำหรับปลูกเพื่อทำหน้าที่เสริมในบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยทำหน้าที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ ส่วนหน้าที่หลักในการบำบัดน้ำเสียควรเลือกใช้พืชชนิดอื่น

2) จุลชีพ (Microorganism)

จุลชีพที่พบได้โดยทั่วไปในบึงประดิษฐ์ได้แก่ แบคทีเรีย รา สาหร่าย และโปรโตซัว พวกจุลชีพเหล่านี้จะเปลี่ยนสารปนเปื้อนในน้ำเสียให้เป็นอาหารและพลังงานเพื่อดำเนินวงจรชีวิต แบคทีเรียและสาหร่าย สามารถเพิ่มการตกตะกอนผลึกของเหล็ก แมงกานีส และโลหะบางชนิด กระบวนการต่างๆของแบคทีเรียจะส่งเสริมปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและรีดักชั่นของมลสารต่างๆ แบคทีเรียจะยึดตัวมันเองติดกับระบบรากของพืช และทำหน้าที่คล้ายกับที่ทำในระบบโปรยกรอง ความลึกของน้ำจะมีอิทธิพลต่อสภาวะการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนหรือการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน สภาวะการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะมีอิทธิพลมากกว่าเมื่อน้ำลึกกว่า 3 ฟุต แต่ถ้าในบริเวณน้ำตื้นสภาวะการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนจะมีผลมากกว่า จุลชีพที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะใช้ซัลเฟตและเฟอริกไอออนในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในสภาวะanoxic(Witthar,S.R., 1989)

3) น้ำ

น้ำที่ไหลผ่านเหนือและใต้ผิวดินจะพัดพาสารต่างๆและก๊าซเช่น ออกซิเจนมาให้จุลชีพ น้ำจะช่วยพัดพาสิ่งที่ไม่จำเป็นทิ้งไปไม่ให้สะสมอยู่ในระบบ นอกจากนี้ยังช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมให้กับกระบวนการทางชีวเคมีของจุลชีพและพืช ความลึกของน้ำยังมีผลต่อประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดิน ซึ่งถ้าจะให้มีประสิทธิภาพดี น้ำควรลึกไม่เกิน 18 นิ้ว(Witthar S.R., 1993) นอกจากนี้ความเร็วในการไหลของน้ำยังเป็นตัวกำหนดเวลากักเก็บน้ำเสียไว้ในระบบซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบด้วย

4) ชั้นของตัวกลาง (Substrate)

ชั้นของตัวกลางมีส่วนสำคัญต่อหน้าที่ทั้งหมดของบึงประดิษฐ์ และเป็นตัวหลักในการยึดจับรากของพืช ชั้นของตัวกลางอาจจะเป็นกรวด ดิน ทราย ฯลฯ ถ้าเป็นดินควรจะมีค่าการซึมผ่านต่ำเพียงพอที่จะรักษาระดับน้ำให้คงอยู่ได้ในกรณีที่เป็นบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดิน ถ้าเป็นในกรณีน้ำไหลใต้ผิวดินดินก็ควรจะรักษาความชื้นไว้ได้ให้เพียงพอต่อความต้องการของสิ่งมีชีวิตในดิน ชั้นตัวกลางและชั้นตะกอนจะมีบทบาทมากในการกักเก็บสารเคมีบางอย่าง และยังเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปทางเคมีหลายๆแบบ

2.1.3 กลไกการบำบัดในบึงประดิษฐ์ (Removal Mechanisms in Constructed Wetlands)

การบำบัดน้ำเสียในบึงประดิษฐ์ต้องอาศัยกระบวนการต่างๆร่วมกัน ทั้งฟิสิกส์ เคมี และทางชีวะ ซึ่งกระบวนการต่างๆเหล่านี้อาจเกิดอย่างเป็นอิสระต่อกัน หรือมีผลต่อเนื่องกันก็ได้ เราอาจ

สามารถแยกกลไกการเกิดปฏิกิริยาต่างๆในบึงประดิษฐ์ออกเป็น 3 ชนิดได้ดังนี้ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่2.3 รายชื่อพืชน้ำที่สามารถใช้ในบึงประดิษฐ์(Adapted from Knight, R. L.; 1997)

Plant Species	Common Name	Growth Form	Shade Tolerance	Water Regime
Carex spp.	Sedges	Emergent Herbaceous	Full shade to full sun	Irregularly to permanently inundated ; < 15 cm
Cyperus esculentus	Chufa	Emergent herbaceous	Full sun	Irregular to regular inundation; < 0.3 m
Eichhornia crassipes	Water hyacinth	Non - rooted floating aquatic	Full sun	Permanent inundation
Juncus effusus	Soft rush	Emergent herbaceous	Full sun	Regular to permanent inundation; <30 cm
Phragmites australis	Common reed	Emergent herbaceous	Full sun	Seasonal to permanent inundation; up to 60 cm
Scirpus validus	Soft stem bulrush	Emergent herbaceous	Full sun	Regular to permanent inundation; up to 30 cm
Typha latitifolia	Broad-leaved cattail	Emergent herbaceous	Full sun	Irregular to permanent inundation; up to 30 cm

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้พืช มีพืชน้ำทำหน้าที่หลักในการบำบัดน้ำเสียดังตาราง 2.1 บึงประดิษฐ์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสระตื้นๆหนึ่งหรือหลายชุดและปลูกพืชชนิดเดียวหรือหลายชนิด น้ำที่ไหลเข้าระบบจะไหลเหนือผิวดินหรือใต้ผิวดินก็ได้ ในบึงประดิษฐ์ทุกๆแบบ มลสารจะถูกกำจัดโดยกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวะที่ซับซ้อน ดังรูปที่ 2.4 กระบวนการบำบัดหลายกระบวนการเกิดจากจุลชีพที่อาศัยอยู่ในบริเวณรากของพืช พืชสามารถกำจัดมลสารโดยการดูดซึมมลสารโดยตรงเข้าสู่เนื้อเยื่อของพืชเอง หรือให้พื้นผิวและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมแก่จุลชีพในการเปลี่ยนรูปมลสารและลดความเข้มข้นของมัน การถ่ายเทออกซิเจนโดยพืชน้ำเข้าสู่บริเวณราก(rhizosphere)เป็นสิ่ง

ตารางที่ 2.4 กลไกการกำจัดสารปนเปื้อนในน้ำเสียโดยบึงประดิษฐ์ (Stowell,R., 1979)

Removal Mechanisms in Wetlands for the Contaminants in Wastewater									
Mechanism	Contaminant Effected [a]								Description
	Settleable Solids	Colloidal Solids	BOD	N	P	Heavy Metals	Refractory Organics	Bacteria and Virus	
Physical									
Sedimentation	P	S	I	I	I	I	I	I	Gravitational settling of solids (and constituent contaminants) in pond / marsh settings.
Filtration	S	S							Particulates filtered mechanically as water passes through substrate , root masses, or fish.
Adsorption		S							Interparticle attractive forces (van der Waals force)
Chemical									
Precipitation				P	P				Formation of or co-precipitation with insoluble compounds.
Adsorption				P	P	S			Adsorption on substrate and plant surfaces.
Decomposition						P		P	Decomposition or alteration of less stable compounds by phenomena such as UV inadiation ,Oxidation and reduction.
Biological									
Bacterial Metabolism [b]		P	P	P			P		Removal of colloidal solids and soluble organics by suspended, benthic, and plant-supported bacteria. Bacterial nitrification / denitrification.
Plant Metabolism [b]							S	S	Uptake and metabolism of organics by plants. Root excretions may be toxic to organisms of enteric origin.
Plant Adsorption				S	S	S	S		Under proper conditions,significant quantities of these contaminants will be taken up by plants.
Natural Die-off								P	Natural decay of an organisms in an unfavorable environment

[a] P = primary effect ; S = secondary effect; I = incremental effect (effect occurring incidental to removal of another contaminant). [b] The term metabolism includes both biosynthesis and catabolic reactions.

ที่จะขาดเสียมิได้สำหรับกลไกการกำจัดมลสารบางอย่างของจุลชีพในการที่จะทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ(Moorhead et al.,1990)และ(Reddy et al. , 1989)

กลไกที่ใช้ในการกำจัดมลสารต่างๆในบึงประดิษฐ์สามารถจำแนกได้ดังนี้ ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 กลไกการกำจัดสารปนเปื้อนในน้ำเสีย(Brix H., 1993)

Wastewater Constituent	Removal Mechanisms
Suspended Solids	Sedimentation/filtration
BOD	Microbial degradation (aerobic and anaerobic)
Nitrogen	Ammonification followed by microbial nitrification anddenitrification Plant Uptake , Ammonia Volatilization
Phosphorous	Soil sorption (adsorption - precipitation reactions with aluminum, iron , calcium , and clay minerals in the soil). Plant uptake . (Phosphine production) Sedimentation/filtration ,Natural die-off ,UV radiation
Pathogens	Excretion of antibiotics from roots of macrophytes

ของแข็งที่ตกตะกอนได้และของแข็งแขวนลอย จะถูกกำจัดเบื้องต้นโดยระบบบำบัดขั้นต้นแบบกายภาพ ซึ่งจะติดตั้งอยู่ที่ปากทางเข้าบึงประดิษฐ์ ของแข็งแขวนลอยที่ยังคงค้างอยู่ในน้ำเสียหลังจากผ่านกระบวนการบำบัดเบื้องต้นแล้ว จะถูกกำจัดออกจากบึงประดิษฐ์โดยการตกตะกอนและการกรอง โดยอาศัยกระบวนการทางกายภาพเพียงอย่างเดียวนี้จะสามารถกำจัดองค์ประกอบส่วนใหญ่ของมลสารในน้ำเสีย เช่น บีโอดี,ธาตุอาหาร และเชื้อโรค

สารอินทรีย์ที่ละลายได้ส่วนใหญ่จะถูกย่อยในสภาพที่มีออกซิเจนโดยที่จะเกาะติดอยู่กับพืชและผิวของชั้นตะกอน อย่างไรก็ตามในบางกรณีการย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศก็มีความสำคัญ ออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับกระบวนการที่มีออกซิเจนได้มาโดยตรงจากบรรยากาศ โดยการแพร่ผ่านชั้นตะกอนหรือรอยต่อระหว่างผิวน้ำและบรรยากาศ หรือได้จากการสังเคราะห์แสงของพืชในน้ำและอาจได้มาจากออกซิเจนที่รั่วไหลออกมาจากบริเวณราก ส่วนการย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศจะเกิดขึ้นในช่วงที่ออกซิเจนขาดแคลนและเกิดในชั้นตะกอนที่ไม่มีออกซิเจน

กลไกหลักในการกำจัดไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์คือกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและดีไนตริฟิเคชัน แอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรตโดยNitrifying Bacteriaในบริเวณที่มีออกซิเจน และไนเตรตจะถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สไนโตรเจนโดยDenytrifying Bacteria ในAnoxic Zone ออกซิเจนที่

ถูกใช้ในกระบวนการไนตริฟิเคชั่นจะมาจากบรรยากาศโดยตรง โดยแพร่ผ่านผิวน้ำหรือผิวบนของชั้นตะกอนหรือจากการหลุดรอด ออกจากบริเวณราก ไนโตรเจนจะถูกดูดซึมโดยพืชและถูกรวมเข้าไว้ในมวลชีวะด้วย

การกำจัดฟอสฟอรัสในบึงประดิษฐ์เกิดขึ้นอย่างมากในฐานะเป็นผลของปฏิริยาดูดซับ, ปฏิกิริยาเกิดสารประกอบเชิงซ้อน และปฏิกิริยาตกตะกอนผลึกที่เกิดกับอลูมินัม (Al),เหล็ก (Fe), แคลเซียม (Ca)และแร่ธาตุดินเหนียวในชั้นตะกอน การมีช่วงสลับระหว่างช่วงที่ดินเปียกและแห้งจะส่งเสริมการยึดติดของฟอสฟอรัสในชั้นตะกอน

ส่วนการกำจัดเชื้อโรค ในบึงประดิษฐ์ทำได้โดยกระบวนการตกตะกอนและการกรองในขณะที่น้ำเสียไหลผ่านระบบและจากการตายตามธรรมชาติของเชื้อโรคเอง ส่วนในระบบที่เปิดโล่งการแผ่รังสีอุลตร้าไวโอเลตก็มีผลต่อการกำจัดเช่นเดียวกัน สำหรับโลหะที่ปนเปื้อนปริมาณต่ำๆจะมีแรงดึงดูดอย่างสูงสำหรับการดูดติดผิวและการสร้างสารเชิงซ้อนกับสารอินทรีย์และจะสะสมในชั้นตะกอนในบึงประดิษฐ์ การดักไว้โดยพืชและการเปลี่ยนรูปโดยจุลชีพก็อาจจะมีความสำคัญเช่นเดียวกัน

2.1.4 เกณฑ์ในการออกแบบบึงประดิษฐ์

เราสามารถเลือกเกณฑ์ในการออกแบบบึงประดิษฐ์ได้จากหนังสือหลายเล่ม ในที่นี้นำมาจาก Wastewater Engineering .(Metcalf and Eddy, 3rd edition, 1991) ซึ่งดัดแปลงมาจากคู่มือการออกแบบบึงประดิษฐ์ของU.S. EPA.

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์ในการออกแบบบึงประดิษฐ์(Metcalf and Eddy, 1991)

พารามิเตอร์	หน่วย	ประเภทของบึงประดิษฐ์	
		น้ำไหลเหนือผิวดิน	น้ำไหลใต้ผิวดิน
เวลากักเก็บน้ำ	วัน	4-15	4-15
ความลึกน้ำ	เมตร	0.10-0.60	0.30-0.76
อัตราภาระบีโอดี	Kg/เฮกตาร์-วัน	<67	<67
อัตรารับน้ำ	เมตร/วัน	0.014-0.047	0.014-0.047
พื้นที่จำเพาะ	เฮกตาร์/1000ม^3-วัน	2.14-7.16	2.14-7.16

2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงกลั่นน้ำมัน

โรงกลั่นน้ำมันจะเปลี่ยนน้ำมันดิบและวัตถุดิบอื่นๆ เช่นก๊าซธรรมชาติ ไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยผ่านกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน จากการที่โรงกลั่นมีขนาดใหญ่และมีกระบวนการผลิตหลายหน่วย น้ำเสียภายในโรงกลั่นจึงมาจากหลายแหล่ง ระบบบำบัดน้ำเสียภายในโรงกลั่นจะทำการแยกบำบัดน้ำเสียที่มีคุณสมบัติต่างๆกัน น้ำเสียที่มาจากแหล่งต่างกันจะมีชนิดของสารปนเปื้อนต่างกัน ดังนั้นในการบำบัดจะใช้วิธีไม่เหมือนกัน หลังจากบำบัดโดยใช้อุปกรณ์ต่างชนิดกัน น้ำเสียที่บำบัดแล้วอาจถูกนำไปใช้รีไซเคิลในกระบวนการผลิตใหม่ หรือนำไปบำบัดต่อขั้นสุดท้ายในบ่อบำบัดรวมก็ได้

ในหัวข้อนี้จะแสดงรายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงกลั่นน้ำมัน โดยใช้ข้อมูลของโรงกลั่นน้ำมันบริษัท บางจาก ปิโตรเลียมจำกัด

น้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆในโรงกลั่น จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ น้ำทิ้งที่ไม่มีน้ำมันปน(Non -Oily Water) และน้ำทิ้งที่มีน้ำมันปน(Oily Water) ดังตารางที่ 2.7

1)น้ำทิ้งที่ไม่มีน้ำมันปน(Non -Oily Water) จากหอหล่อเย็น,Power Plant,Boiler Bolwdown และDemineralizer(หลังจากปรับสภาพให้เป็นกลาง) ซึ่งโดยทั่วไปมีคุณสมบัติได้ตามมาตรฐานจะถูกระบายลงสู่บ่อพักน้ำ

2)น้ำทิ้งที่มีน้ำมันปนเปื้อน(Oily Water) ซึ่งมาจากกระบวนการผลิต ห้องปฏิบัติการ น้ำทิ้งระบายจากถังน้ำมันต่างๆที่ใช้แล้ว และน้ำทิ้งจากห้องน้ำ จะผ่านขั้นตอนการบำบัดทางกายภาพ ก่อนผ่านเข้าสู่ระบบบำบัดชีวภาพแบบตะกอนเร่ง และลงสู่บ่อพักน้ำในที่สุด ก่อนระบายลงคลองสาธารณะ

ส่วนน้ำทิ้งจากห้องอาหาร เมื่อผ่านบ่อแยกเพื่อแยกขยะและไขมันออกแล้วจะระบายลงสู่บ่อเก็บน้ำเสียปนน้ำมันเพื่อบำบัดต่อไป

2.2.1 ขั้นตอนในการบำบัดน้ำทิ้งโดยกระบวนการทางกายภาพ

ก. น้ำทิ้งจาก Flare Seal Drum,ห้องปฏิบัติการ,ก้นถังน้ำมันและบ่อเกรอะ(Sanitary Waste)จะไหลเข้าสู่บ่อเก็บน้ำเสียปนน้ำมันเพื่อแยกน้ำมันที่ลอยอยู่บนผิวหน้าออก โดยมีแผ่นบัฟเฟิล,เวียร์ และอุปกรณ์ตักเก็บน้ำมันที่ผิวหน้าที่ปรับระดับได้ จากนั้นน้ำทิ้งที่แยกน้ำมันออกระดับหนึ่งแล้วจากบ่อเก็บน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อน จะถูกสูบเข้าหน่วยแยกน้ำมัน(Tiled Plate Interceptor,TPI) ซึ่งทำหน้าที่แยกน้ำมันออกจากน้ำ โดยอาศัยการไหลผ่านแผ่นโลหะเรียบที่วางเอียงอยู่ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้น้ำมันเกาะเป็นก้อนใหญ่สามารถแยกจากน้ำได้ดีขึ้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกน้ำมันแบบ

หนึ่ง จากนั้นจะใช้ฟองอากาศจากระบบลอยตัวด้วยอากาศละลาย ซึ่งเป็นการอัดอากาศเข้าไปในน้ำ เมื่อฟองอากาศลอยขึ้นสู่ผิวน้ำจะช่วยพาน้ำมันที่มีขนาดเล็กให้ขึ้นมาเกาะบนแผ่นโลหะได้มากขึ้น เพื่อให้การแยกสมบูรณ์มากขึ้น

ข. น้ำทิ้งปนน้ำมันจากกระบวนการผลิตที่ผ่านหน่วยแยกก๊าซออกจากน้ำเสีย(Sour Water Stripper) และจากหน่วยบำบัดต่างๆที่ใช้แล้ว(Spent Caustic Treating Unit) จะถูกปรับสภาพในบ่อปรับสภาพน้ำทิ้ง ให้น้ำทิ้งเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วถูกส่งไปยังบ่อแยกน้ำมัน(Corrugated Plate Interceptor,CPI) ซึ่งทำหน้าที่แยกน้ำมันออกจากน้ำ โดยอาศัยหลักการเช่นเดียวกับTPI แต่ต่างกันที่แผ่นโลหะของCPIจะเป็นลอน เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้น้ำมันเกาะมากขึ้น

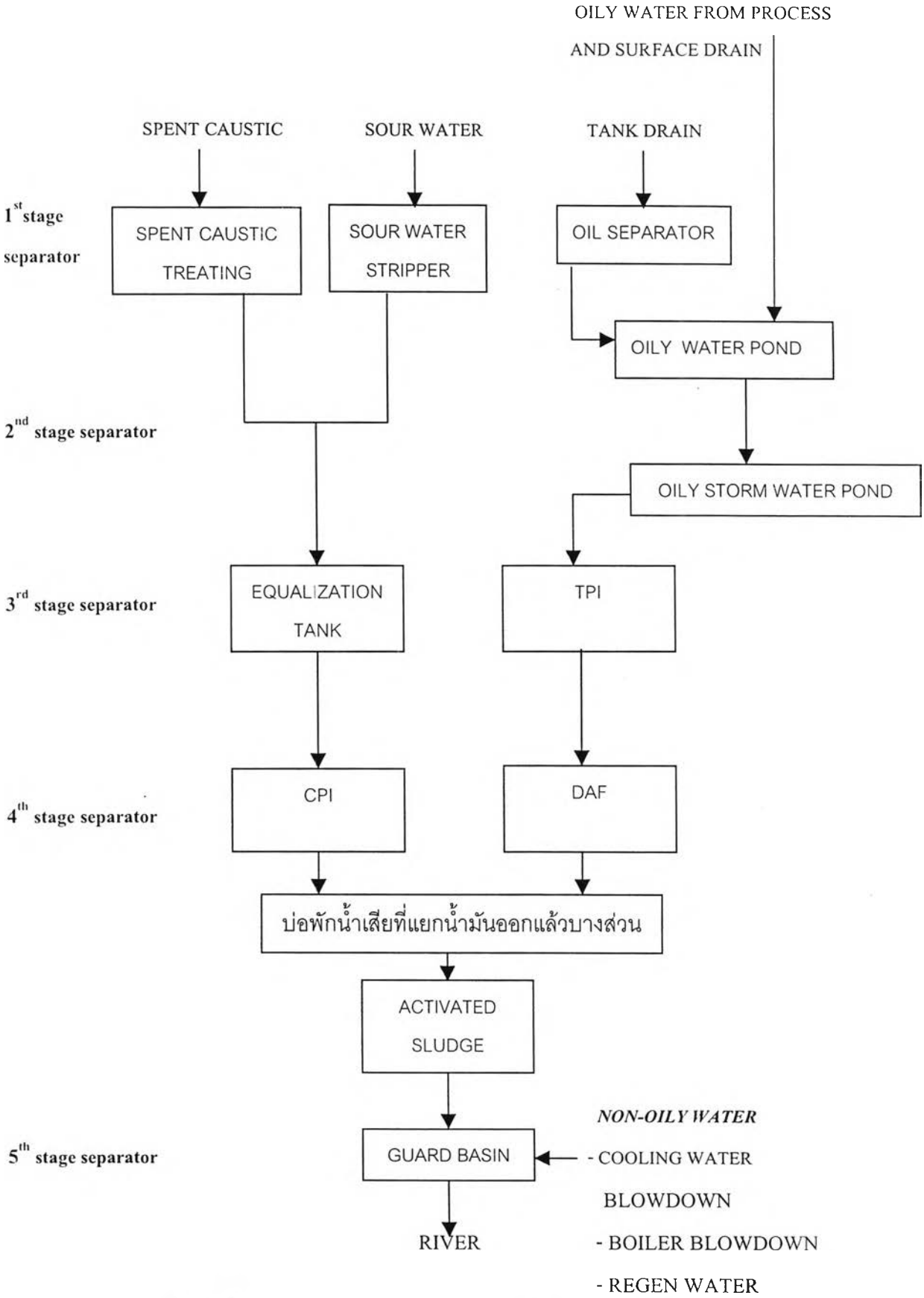
น้ำมันที่แยกออกมาได้จาก TPI/DAF และCPI จะส่งเข้าเก็บในRecovery Oil Pitและ Slop Oil Tank เพื่อนำไปกลั่นใหม่

น้ำทิ้งที่แยกน้ำมันออกแล้วจาก TPI/DAF และCPI จะเข้าสู่ บ่อเก็บน้ำเสียที่ไม่มีน้ำมัน เพื่อเข้าบำบัดในระบบแบบชีวภาพต่อไป

ค. ในกรณีที่ฝนตกหนัก ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่บ่อเก็บน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อนมีมากเกินไป น้ำเสียบางส่วนก็จะถูกสูบเข้าไปเก็บในบ่อพักน้ำเสียปนเปื้อนน้ำมันก่อนเป็นการชั่วคราว เมื่อระดับน้ำในบ่อเก็บน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อนลดลง น้ำเสียในบ่อพักน้ำเสียปนเปื้อนน้ำมันก็จะถูกทยอยสูบกลับมายังบ่อเก็บน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อนเพื่อบำบัดตามขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำทิ้งมีอัตราน้ำเข้าระบบคงที่ตลอดเวลา สามารถรักษาระดับของประสิทธิภาพให้สูงได้อย่างสม่ำเสมอ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 2.5

2.2.2 ขั้นตอนในการบำบัดน้ำทิ้งโดยกระบวนการทางชีวภาพ

น้ำทิ้งจากบ่อเก็บน้ำเสียที่ไม่มีน้ำมันปนเปื้อนจะถูกส่งเข้าบำบัดในระบบบำบัดทางชีวภาพชนิด แอคติเวเตดสลัดจ์ ซึ่งประกอบด้วยบ่อเติมอากาศ และบ่อตกตะกอน เพื่อลดค่าความสกปรก บีโอดี และค่าสารแขวนลอยลงเหลือ 20 มิลลิกรัม/ลิตร และ 50 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ น้ำทิ้งที่ได้รับการบำบัดจนมีคุณภาพได้มาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรมแล้ว(ดังในตารางที่ 2.8)จะถูกเก็บในบ่อพัก ก่อนระบายลงสู่คลองและแม่น้ำ



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนต่างๆในหน่วยบำบัดน้ำทิ้ง (ที่มา:โรงกลั่นน้ำมันบางจาก)

ตารางที่ 2.7 ลักษณะน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ *

แหล่งกำเนิดน้ำทิ้ง	คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆในโรงกลั่น						
	pH	H_2S (mg/l)	NH_3 (mg/l)	Oil&Grease (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)
1. SOUR WATER STRIPPER	6.9	<10	<50	<10	<100	<200	<100
2. SPENT CAUSTIC TREATING UNIT	7.2	10	-	<50	-	<100	100
3. FLARE SEAL DRUM	6.9	10	-	-	-	-	-
4. LABORATORY	6.9	<10	-	5	<100	<100	10
5. TANK DRAIN	6.8	<10	-	<100	<50	<100	<100
6. SANITARY WASTE	5.8-8.6	-	10	-	<100	<200	<100
7. PROCESS EFFLUENT	6.9	<10	<50	<10	<100	<200	<100

ตารางที่ 2.8 คุณภาพน้ำทิ้งของโรงกลั่นน้ำมันบางจากในปี 2540 *

เดือน	อุณหภูมิ (เซลเซียส)	O&G (mg/l)	SS (mg/l)	DS (mg/l)	ตะกั่ว (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	ซัลไฟด์ (mg/l)	ไซยาไนด์ (mg/l)	ฟีนอล (mg/l)	ปรอท (mg/l)	pH
JAN	28	5	18	2412	0.01	13	72	0.37	0.132	ไม่วัด	0.0011	8
FEB	29	4.6	28	3901	0.01	12	68	0.67	<0.005	<0.01	<0.0005	7.7
MAR	31	5.3	23	4634	0.03	15	97	0.48	0.005	0.04	<0.0005	7.9
APR	32	4.9	22	4254	0.03	12	79	0.68	<0.005	0.09	0.0026	8.4
MAY	32	3.6	12	3619	0.02	10	75	0.49	<0.005	0.02	0.0007	7.6
JUNE	32	3.5	14	3958	0.02	10	67	0.59	<0.005	0.04	0.0045	8.1
JULY	31	3.3	29	5052ก	0.02	13	79	0.45	<0.005	0.25	0.0049	8
AUG	32	3.9	23	2951	0.03	11	77	0.25	<0.005	0.36	0.0036	8.1
SEP	31	3.7	20	2127	0.03	14	88	0.47	<0.005	<0.01	<0.0005	8.1
OCT	30	4.1	19	1710	0.02	7	53	0.43	<0.005	0.12	<0.0005	8
NOV	30	3.8	16	2717	0.03	9	57	0.47	<0.005	<0.01	<0.0005	7.8
DEC	29	3.4	18	2506	0.03	8	74	0.54	<0.005	0.04	<0.0005	7.8
Standard	40max	5maxค	50max	ข	0.2max	20max	120max	1max	0.2max	1max	0.005max	5.5-9max

หมายเหตุ: (ก) Receiving < 5000 mg/l

(ข) Receiving = 5000 max

(ค) มีการเปลี่ยนมาตรฐานของปริมาณน้ำมัน/ไขมัน(O&G)จาก 15 เหลือ 5 mg/l ซึ่งในช่วงเดือนมกราคม-เมษายนมีค่าสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อยในบางครั้ง ซึ่งได้ดำเนินการแก้ไขโดยใช้ที่กันน้ำมันและสูบน้ำมันออก

(*) ข้อมูลได้จากโรงกลั่นน้ำมันบริษัทบางจากจำกัด

2.3 การใช้บึงประดิษฐ์กับน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมัน

ตั้งแต่ต้นทศวรรษที่ 1970 บึงประดิษฐ์ได้ถูกสร้างขึ้นมาโดยเฉพาะเพื่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ทั้งในสหรัฐอเมริกาและทั่วโลก บึงประดิษฐ์เหล่านี้ถูกออกแบบในการบำบัดน้ำเสียและน้ำผิวดินที่เกิดจากพายุฝน สำหรับพื้นที่ชุมชน พื้นที่อุตสาหกรรมและพื้นที่การเกษตร เมื่อมองถึงการใช้บึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน โรงกลั่นน้ำมันในหลายประเทศมีการใช้บึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่น เช่นที่Amoco 's Mandan ,North Dakota U.S.A.หรือที่Chevron รวมทั้งในปักกิ่ง ประเทศจีนด้วย บึงประดิษฐ์ขนาดใหญ่หลายแห่งได้ถูกสร้างขึ้นและใช้งานที่โรงกลั่นน้ำมัน และยังมีการสร้างบึงประดิษฐ์ขนาดโรงทดลองนำร่อง ขึ้นมาทดลองที่โรงกลั่นและสถานีสูบหลายแห่ง ดังแสดงในตาราง 2.9

ตารางที่ 2.9 รายชื่อบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน

Site name/ location	purpose	Wastewater source
1.Amoco-Mandan,North Dakota,U.S.A	Process water polishing	Refinery process water
2.Chevron-Richond,California,U.S.A.	Process water polishing	Refinery process water
3.Yanshan Petrochemical,Beijing,China	Process water polishing	Refinery process water
4.Yanshan Petrochemical,Beijing,China	Pilot facility	Refinery process water
5.Jinling Petrochemical,Beijing,China	Pilot facility	Refinery process water
6.Suncor,Inc.,Alberta,Canada	Pilot facility	Oil sand Process water
7.BP Petroleum,Port Everglades,Florida,U.S.A.	Pilot facility	Contaminated groundwater at a terminal
8.Shell Oil-Norco,Louisiana,U.S.A.	Pilot facility	Refinery process water
9.Mobil Oil,Bremen,Germany	Pilot facility	Tank farm effluent
10.Texaco,U.S.A.	Pilot facility	Refinery process water
11.Australia	Pilot facility	Oil terminal

ที่มา:(Knight, 1999)

การใช้บึงประดิษฐ์สามารถจัดการกับน้ำเสียหลายชนิดที่มาจากโรงกลั่นน้ำมัน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซก่อให้เกิดชนิดของมลสารและความเข้มข้นที่แตกต่างไปจากน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอื่นๆ

บึงประดิษฐ์ถูกพบว่าสามารถลดมลสารหลายชนิดได้อย่างสม่ำเสมอ ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัดอยู่ระหว่าง 50-80% ประสิทธิภาพในการทำงานจะขึ้นกับความเข้มข้นของมลสารในน้ำที่เข้าระบบและค่าภาระทางชลศาสตร์ บึงประดิษฐ์ไม่สามารถลดความเข้มข้นของมลสารบางอย่างให้เหลือศูนย์ การรู้ค่าต่ำสุดที่บึงประดิษฐ์จะสามารถบำบัดให้เหลืออยู่ได้ถือว่ามีความสำคัญในการที่จะช่วยให้คาดการณ์ผลที่จะได้รับได้อย่างถูกต้อง ดังมีตัวอย่างประสิทธิภาพการกำจัดที่บึงประดิษฐ์สามารถบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน ดังแสดงในตารางที่ 2.10 และ 2.11

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.10 ค่าต่ำสุดที่บึงประดิษฐ์สามารถบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน

POLLUTANT	Concentration(mg/l)		Removal Efficiency (%)	Lowest Achievable Conc. (mg/l)
	in	out		
Biochemical Oxygen Demand	30	8	73	1-15
Total Suspended Solids	46	13	72	2-20
Total Ammonia Nitrogen	5.0	2.4	52	<0.1
Nitrate + Nitrite Nitrogen	5.5	2.1	62	<0.1
Total Nitrogen	9.7	4.5	53	1-3
Total Phosphorous	3.8	1.7	56	<0.1

ที่มา:(NADB, 1993)

ตารางที่ 2.11 ประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน

POLLUTANT	Average Conc.(mg/l)		Average Removal Efficiency(%)
	in	out	
Biochemical Oxygen Demand	128	10	92
Chemical Oxygen Demand	550	96	83
Total Suspended Solids	55	19	65
Oils and Grease	7.4	3.1	58
Phenols	33	8.6	74
Volatile Organic Components	16	0.8	95
Total Nitrogen	8.5	2.4	72
Total Phosphorous	18.4	13.6	26

ที่มา:(API 1998)

2.3.1 ตัวอย่างการใช้บึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมัน ณ Amoco Oil Company's Mandan,North Dakota Refinery (Litchfield and Schatz ,1989)

โรงกลั่นmandanมีเนื้อที่ทั้งหมด 389 เฮกตาร์ โดย 122 เฮกตาร์เป็นพื้นที่ของตัวโรงกลั่น อีก 267เฮกตาร์ที่เหลือเป็นพื้นที่สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียและที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า(Wildlife management) โรงกลั่นนี้ตั้งอยู่ทางเหนือของเมือง mandan รัฐนอร์ทดาโกต้า บนฝั่งตะวันตกของแม่น้ำมิซซูรี โรงกลั่นมีกำลังผลิต 7,592 ตันน้ำมันดิบ/วัน และใช้น้ำ 5.7 ล้านลิตรต่อวัน โดยสูบมาจากแม่น้ำมิซซูรี ระบบบำบัดน้ำเสียดั้งเดิมของโรงกลั่นประกอบด้วยระบบบำบัดเบื้องต้นเป็นอุปกรณ์แยกน้ำมันออกจากน้ำของAPIและมีบ่อเติมอากาศ เป็นระบบบำบัดขั้นที่สอง ซึ่งระบบนี้มีข้อจำกัดถ้าคุณภาพน้ำเสียมีปัญหาอาจเนื่องจากกระบวนการผลิตขัดข้อง ทำให้คุณภาพน้ำเสียแย่ลง ระบบนี้จะไม่สามารถบำบัดน้ำได้ดีดังเดิม นอกจากนี้เวลาฝนตกหนักหรือหิมะละลายก็จะไปลดเวลากักเก็บของระบบอย่างมาก จึงมีการสร้างระบบ บ่อบึงประดิษฐ์ขึ้นมาเพิ่มเติม

ระบบบำบัดและการใช้งาน

ระบบบำบัดน้ำเสียดั้งเดิมของโรงกลั่นประกอบด้วยระบบบำบัดเบื้องต้นเป็นอุปกรณ์ Conventional API Separator ซึ่งน้ำมันและสารปนเปื้อนต่างๆจะถูกแยกออกและนำไปกำจัดหรือใช้ประโยชน์ จากนั้นน้ำจะไหลลงสู่สระน้ำขนาด 6 เฮกตาร์ ซึ่งเป็นการเริ่มระบบบำบัดขั้นที่สอง ขั้นตอนต่อไปน้ำจะถูกสูบไปสู่จุดที่มีระดับสูงขึ้นเพื่อให้เป็นจุดที่จะกระจายน้ำไปตามทางน้ำไหลหลายเส้นทาง โดยผ่านกลุ่มอนุกรมของบ่อและคูวนเวียน ที่มีระดับลดต่ำกันไปเป็นชั้นๆ ก่อนที่จะไหลลงสู่แม่น้ำมิซซูรี โดยปกติแล้วน้ำจะไหลผ่านบ่อจำนวน6บ่อคิดเป็นพื้นที่ 16.6 เฮกตาร์ จากทั้งหมด 11 บ่อ ซึ่งมีพื้นที่รวม 35.7 เฮกตาร์ โดย 5 บ่อที่เหลือจะถูกใช้ในการเป็นที่อยู่ของสัตว์และใช้รองรับปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในตอนฝนตกหนักหรือเกิดปัญหามลพิษอย่างกระทันหัน

คุณภาพของน้ำเสีย

น้ำเสียจะถูกเก็บตัวอย่างทุกวันที่จุดน้ำไหลออกของอุปกรณ์ API Separator (จุดเริ่มต้นของระบบbiooxidation),ที่ทางน้ำออกของlagoon (จุดเริ่มของระบบCascad Ponding) และจุดDam 4(จุดสุดท้ายก่อนปล่อยน้ำลงสู่แม่น้ำมิซซูรี) ผลคุณภาพของน้ำแสดงไว้ในตารางพบว่าความเข้มข้นของพารามิเตอร์ต่างๆลดลงไปกว่า 90% ถึง 100%ระหว่างจุดที่น้ำออกจากเครื่องAPIและจุดสุดท้ายที่น้ำจะไหลลงแม่น้ำ ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำที่ไหลลงแม่น้ำมิซซูรีมีคุณภาพดีกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของสหรัฐอเมริกา แต่อย่างไรก็ตามในบางโอกาสก็อาจมีน้ำเสียที่คุณภาพแย่กว่าขีดจำกัดเกิดขึ้นได้ เมื่อน้ำผิวดินจากพื้นที่โดยรอบไหลลงลากูนและระบบcascade ponding ในปริมาณมากทำให้ค่าTSSและ BOD_5 (Kg/d) สูงเกินขีดจำกัด ดังแสดงในตาราง 2.12

ตารางที่ 2.12 Wastewater Quality at Amoco's Mandan Refinery

NPDES Parameter	NPDES Limits (kg/day)	Discharge Points								
		API Sep. (kg/day)			Lagoon (kg/day)			Dam4 (kg/day)		
		1987	1989	1990	1987	1989	1990	1987	1989	1990
BOD_5	197.7	603.5	506.4	456.9	79.4	72.2	61.9	12.4	5.5	7.2
COD	1477.6	1226.5	1479.4	1393.3	346.7	369.9	436.5	101.0	72.5	92.2
NH_3-N	131.8	26.3	29.5	35.5	16.9	20.5	28	2.6	6.1	5.6
Sulfides	1.3	194.3	60.3	42.8	0.2	ND	0.1	ND	ND	ND
Phenols	1.5	6.1	5.4	6.4	0.2	0.3	0.2	0.01	0.00	0.012
Oil-Grease	59.9	49.1	42.8	143.0	21.4	1.3	5.3	1.0	ND	0.32
Hex CR	0.24	-	-	-	0.01	0.2	0.04	0.00	0.00	0.009
Total CR	3.00	-	-	-	0.72	0.63	0.10	0.18	0.03	0.012
TSS	137.8	-	-	-	106.1	105.1	88.9	11.7	11.2	11.4
FLOW(m^3/d)	5700	2411	2433	2000	2650	2690	2500	2542	1976	1900

ที่มา:(Kadlec and Knight , 1996)

แม้ว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆในน้ำออกจากบ่อเติมอากาศจะต่ำกว่ามาตรฐาน ดังแสดงในตาราง 3.11 แต่ก็มีการรั่วไหลของน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงกว่ามาตรฐานถึง 32 ครั้ง ในปี 1987 (TSS 23 ครั้ง, pH 1 ครั้ง, Phenoll 1 ครั้ง และ Oil&Grease 7 ครั้ง) เมื่อน้ำจากบ่อไหลลงแม่น้ำโดยตรง โดยไม่ผ่านระบบcascade ponding ในปี 1987 มีอัตราการไหลโดยเฉลี่ยของน้ำเสียผ่านอุปกรณ์ต่างๆได้แก่API Separator 2,411,000 ลิตรต่อวัน, lagoon 2,650,000 ลิตรต่อวัน, และ dam 4 (จุดสุดท้ายก่อนที่น้ำจะไหลลงสู่แม่น้ำมิซซูรี) 2,542,000 ลิตรต่อวันตามลำดับ บ่อบำบัดเบื้องต้น (Primary Lagoon)ได้รับน้ำจากน้ำผิวดินที่ไหลจากฝนตกและน้ำที่ตกค้างตามผิวดินนอกเหนือจากน้ำที่ไหลมาจากAPI ในขณะที่น้ำไหลผ่านระบบcascade ponding น้ำจะเกิดการซึมลงดิน บ้างก็กลายเป็นไอ และก็มีStorm Water Runoffและน้ำจากน้ำพุตามธรรมชาติในพื้นที่ระบายน้ำไหลลงบ้างตามฤดูกาล

นอกเหนือจากคุณภาพน้ำเสียที่มีคุณภาพสูงและเสียค่าใช้จ่ายต่ำในการบำบัดแล้ว ผลพลอยได้อีกอย่างของระบบบึงประดิษฐ์คือเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ประเภทนกและปลาหลายชนิด ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา มีเพียงแค่ 3 ครั้งที่น้ำเสียที่คุณภาพต่ำกว่าNPDES Limitsซึ่งเกิดตอนที่มีฝนตกหนักและ

น้ำไหลลงcascade ponding systemในปริมาณมากเกินไป ทำให้ค่าTSSและBOD_5(Kg/d)สูงเกินขีดจำกัด

2. 4 การใช้บึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียในงานวิจัยที่ผ่านมา

Rungrod (1998) ได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพในการบำบัดและทำให้สลัดจ์ในถังเกรอะแห้งโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบการไหลในแนวดิ่ง บึงประดิษฐ์ขนาดโรงทดลองนำร่องจำนวน 3 ชุด ถูกนำมาทดลองโดยปลูกต้นธูปฤษีใบแคบ โดยส่วนผสมของของแข็งและของเหลวที่อยู่ในถังเกรอะ นำมาจากหน่วยงานของกรุงเทพมหานคร และป้อนเข้าระบบ โดยทดสอบหาอัตราภาระบรรทุกของแข็งความถี่ในการป้อน สลัดจ์จากถังเกรอะและเวลากักเก็บในบึงประดิษฐ์ จากการทดลองโดยใช้เวลา 8 เดือน พบว่า SLRในช่วง 80-250 Kg TS/m^2.yr ไม่มีผลอย่างเด่นชัดต่อการกำจัดTS,TVS,SS,VSS,NH_3-N, TKNและTCOD SLRที่มีค่าสูงๆจะมีผลในการลดประสิทธิภาพในการกำจัด NH_3-Nโดยอาจมีสาเหตุมาจากสภาพ anoxic

การป้อน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ให้ประโยชน์ต่อการเติบโตของพืชแต่ไม่มีผลต่อการกำจัดTCOD และSOLID การกำจัดNH_3และTKNที่มากขึ้นจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีเวลากักเก็บ 2 วัน แต่การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดที่มีค่าสูงสุดเกิดเมื่อมีเวลากักเก็บ 6 วัน ปริมาตรของสลัดจ์ในบึงประดิษฐ์ลดลงไป 96-99% สลัดจ์ที่ถูกทำให้แห้งแล้วเหลืออยู่ 38-52% ของของแข็งทั้งหมด จากผลการทดลองที่ได้รับมา พบว่าค่าที่เหมาะสมคือSLR 250 Kg TS/m^2.yrและมีการป้อนสลัดจ์จากถังเกรอะ 1 ครั้งต่อสัปดาห์และมีเวลากักเก็บ 6 วัน

Surasak (1997) ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำให้สลัดจ์จากถังเกรอะแห้งโดยใช้บึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลในแนวดิ่ง บึงประดิษฐ์ขนาดระดับห้องทดลอง 2 ชุดและขนาดโรงทดลองนำร่อง 3 ชุด ถูกนำมาใช้ในการทดลอง และป้อนด้วยสลัดจ์จากรถดูดส้วมของกรุงเทพมหานคร ต้นธูปฤษีถูกเลือกใช้ในการทดลองนี้ ผลการทดลองที่ได้พบว่าที่อัตราภาระบรรทุกสลัดจ์ 80 - 125 Kg TS/m^2.yr มีความเหมาะสมเมื่อมีช่วงเวลาที่ปล่อยให้แห้ง 1 สัปดาห์ ซึ่งส่งผลในการกำจัด TSS,TCOD,BOD_5,fecal coliformsและbacteriophage มากกว่า 96% หลังจากการทดลองผ่านไป 1 สัปดาห์ พบว่าสลัดจ์ที่ถูกทำให้แห้งในบึงประดิษฐ์ขนาดระดับห้องทดลองจะมี TS 33% และมี TS 65% ในโรงทดลองนำร่อง เนื่องจากมีของแข็งสะสมตัวและความหนาแน่นของพืชน้อยกว่าในบึงประดิษฐ์ขนาดโรงทดลองนำร่องจึงสามารถทำให้สลัดจ์แห้งได้ดีกว่า การป้อนสลัดจ์ที่ 40 Kg TS/m^2.yr ส่งผลให้พืชขาดน้ำ ในขณะที่การป้อนที่ 250 Kg TS/m^2.yr ทำให้ได้สลัดจ์ที่แห้งแล้วซึ่งมีปริมาณ TS = 14% หลังจากปล่อยให้แห้ง1สัปดาห์ การป้อนสลัดจ์ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ทำให้พืชโตได้ดีกว่าและคุณภาพน้ำดีกว่าการป้อน 1 ครั้งต่อสัปดาห์

Jugal (1997) ศึกษาการทำงานของบึงประดิษฐ์แบบFWSซึ่งอยู่ในเขตร้อน ในการกำจัดสารอินทรีย์และประเมินความสำคัญของฟิล์มแบคทีเรีย ในจลน์ศาสตร์ทั้งหมดของการกำจัดสารอินทรีย์และ COD พารามิเตอร์ที่จำเป็นของแบบจำลองที่จำเป็นในการคำนวณหาการกำจัด COD ในบึงประดิษฐ์แบบ FWS บางส่วนนำมาจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ บางส่วนนำมาจากบทความทางวิชาการ การทดลองแบบทีละเทถูกทดลองเพื่อหาค่าคงที่ของอัตราทางจลน์ศาสตร์สำหรับจุลชีพที่แขวนลอยและที่เป็น biofilm พบว่าในสภาพที่ low bulk liquid และมีพื้นที่ผิวมากๆ สภาพของบึงประดิษฐ์แบบ FWS จะเหมาะสมสำหรับจุลชีพที่เกาะติดมากกว่าแบบแขวนลอย จากการทดลองหาลักษณะการกระจายของบึงประดิษฐ์แบบ FWS จากกราฟที่ได้ที่จุดไหลออกจากบึงประดิษฐ์ได้ผลอยู่ระหว่าง well mixed and plug flow และ dispersion number อยู่ระหว่าง 0.15 - 0.20

Tanyarat (1994) ศึกษาบึงประดิษฐ์แบบFWSในการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อปรับเสถียรโดยสร้างบึงประดิษฐ์ขนาดระดับห้องทดลอง 3 ชุดและขนาดโรงทดลองนำร่อง 1 ชุด โดยปลูกต้นธูปฤษี น้ำเสียในบ่อปรับเสถียรได้จากน้ำเสียในสถาบันA.I.T. ค่าH.R.T.ที่เหมาะสมและNitrogen loading rate (NLR) หาจากการทดลองกับบึงประดิษฐ์ขนาดระดับห้องทดลอง และเพื่อทดสอบความถูกต้อง จึงใช้ค่า H.R.T.ที่เหมาะสมที่ได้จากบึงประดิษฐ์ขนาดระดับห้องทดลองมาทดสอบกับบึงประดิษฐ์ขนาดโรงทดลองนำร่อง

ผลการทดลองพบว่าที่H.R.T.3-4วันสามารถกำจัดCOD,SS,TKN,NH_3-N,NO_3-N, P,Chlorophyll-a,fecal coliform มากกว่า 90 % ประสิทธิภาพการกำจัด TKN,NH_3-N สูงสุดมากกว่า 95% ที่ NLR 40 Kg/(ha-d)และยังพบว่าการกำจัด NO_3-N ก็กำจัดได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพเช่นนี้แต่จะลดลงเมื่อ NLR > 40 Kg/(ha-d) สมดุลมวลในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสพบว่าพืชดักจับไว้ได้มากกว่าปัจจัยอื่น โดยดักจับได้ที่ 46% และ 65% ตามลำดับ

Soraya(1997) ศึกษาการใช้บึงประดิษฐ์แบบFWSในการหาสัมประสิทธิในการกำจัดตัวบ่งชี้ที่ทำให้เกิดโรคโดยเฉพาะตัวบ่งชี้ไวรัส(bacteriophages)และตัวบ่งชี้แบคทีเรีย(fecal coliforms and fecal streptococci)

ผลการทดลองพบว่าที่organic loading rate(OLR) 50 kg COD/(ha.day) และHRTsที่ 0.5-5วัน ได้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดไวรัส 57-94% ขณะที่การกำจัดfecal coliforms and fecal streptococci อยู่ระหว่าง 60-97% ภายใต้สภาวะเช่นนี้การกำจัดBOD_5 อยู่ระหว่าง 47-74% ,COD 33-60% ,SS 71-96% , TKN 25-65% และTotal-P 16-34% ประสิทธิภาพในการกำจัดไวรัสและfecal coliforms and fecal streptococci ในช่วงหลังการตัดต้นพืช พบว่ามีค่าสูงกว่าช่วงก่อนตัดต้นพืชเนื่องจากบึงประดิษฐ์ได้รับแสงแดดมากขึ้น เมื่อพิจารณาถึงการศึกษาทางจลน์ศาสตร์ พบว่าk_{20}ของ ไวรัสมีค่า 0.13 day^{-1}

ทั้งในช่วงก่อนและหลังตัดพืช ส่วน k_{20} ของfecal coliforms and fecal streptococciมีค่า0.16 day^{-1}และ 0.18 day^{-1}ในช่วงก่อนและหลังตัดพืชตามลำดับ

Nagalingam (1994) ใช้บึงประดิษฐ์ขนาดโรงทดลองนำร่อง1ชุดและขนาดระดับห้องทดลอง 3 ชุด สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองที่บริเวณสถานีทดลองทางสิ่งแวดล้อมในสถาบันA.I.T. โดยปลูกต้นธูปฤษี บึงประดิษฐ์จะถูกป้อนโดยส่วนผสมของน้ำเสียจากกระบวนการเคลือบโลหะด้วยไฟฟ้าและน้ำเสียชุมชน โดยให้มีเวลากักเก็บทางชลศาสตร์7วัน ตัวแปรทางphysico-chemical ได้แก่ pH,SCOD,TSS,DOและความเข้มข้นของโลหะในน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบถูกวัดทุกๆ 3 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักสูงกว่า 99% ในบึงประดิษฐ์ขนาดโรงทดลองนำร่องแม้ว่าความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำเสียที่ไหลเข้าจะเป็น 25 mg/l ส่วนใหญ่ของโลหะหนักจะถูกกำจัดโดยกระบวนการ precipitation และกระบวนการ adsorption โดยดินจะดูดซับโครเมียมและนิกเกิลมากกว่าพืชโดยจะอยู่ในรากค่อนข้างมาก

Somwung (1996) ศึกษาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดิน (FWS) ในการบำบัดน้ำเสียที่มีแคดเมียม (Cd) เจือปน โดยสร้างบึงประดิษฐ์ขนาดโรงทดลองนำร่อง 1 ชุดและขนาดระดับห้องทดลอง 3 ชุดโดยปลูกต้นธูปฤษีในระบบ เมื่อความเข้มข้นของ Cd ในน้ำเข้าอยู่ระหว่าง 0-100 mg/l สามารถกำจัดCdได้ 42-99% และไม่พบว่าCdมีพิษต่อพืช pH ในตอนเริ่มต้นก็มีผลต่อการกำจัด Cd เช่นกัน ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดจะลดลงไปที่ 42.6% เมื่อ pH เริ่มต้นอยู่ระหว่าง 4-5 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ Cd อยู่ที่100mg/l เมื่อพิจารณาสมดุลมวล พบว่า Cd ถูกกำจัดโดยการดูดติดผิวเม็ดทราย 73–98% ในขณะที่ต้นธูปฤษีกำจัดได้ 1–6% และพบว่ากลไกหลักในการกำจัด Cd คือกระบวนการดูดติดผิว

Theingi (1996) ทดสอบหาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดิน (FWS) ในการบำบัดน้ำเสียที่มีฟอสฟอรัส (P) เจือปน โดยสร้างบึงประดิษฐ์ขนาดโรงทดลองนำร่อง 1 ชุดและขนาดระดับห้องทดลอง 3 ชุด โดยรับน้ำเสียชุมชน โดยดูผลจากเวลากักเก็บทางชลศาสตร์ (HRT),pH ของน้ำเข้าระบบ และผลของการตัดต้นพืชต่อการกำจัดฟอสฟอรัส

ผลการทดลองพบว่าเนื่องจากมีการตกตะกอนของฟอสฟอรัสที่มากพอและมีกระบวนการตกตะกอนทางเคมี ทำให้ 97% ของPถูกกำจัดที่ HRT 9 วัน และเมื่อHRTลดลง ทำให้การกำจัดฟอสฟอรัสลดลงตามไปด้วย ช่วงpHระหว่าง 4-9.5 ไม่ส่งผลต่อการกำจัดฟอสฟอรัสอาจเนื่องจากความสามารถในการ buffer ของชั้นดินในบึงประดิษฐ์ก็เป็นได้ การเก็บเกี่ยวพืชทุกๆ 2 สัปดาห์ไม่ส่งผลเด่นชัดต่อการกำจัดฟอสฟอรัสเมื่อเทียบกับการทดลองที่ไม่มีการเก็บเกี่ยว ซึ่งอาจเป็นเพราะการ

ทดลองนี้มีระยะเวลาสั้นเกินไป การทดลองนี้พบว่าพืชจะยึดจับฟอสฟอรัสได้ถึง 90% ส่วนที่เหลือจะสะสมอยู่ในตัวกลางต่างๆเมื่อใช้HRTที่ 9 วัน

Monika et al. (1997) ใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลในแนวดิ่งเป็นระบบบำบัดขั้นที่สามในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียเดิมให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น โดยใช้บึงประดิษฐ์ต่อขนานกัน 4 บึง รวมพื้นที่ทั้งหมด 600 ตารางเมตร โดยปลูกต้นอ้อในทรายและกรวด ทำการทดลองที่HRT 66 – 266 มม./วัน โดยตรวจสอบคุณภาพน้ำทุกๆ 2 สัปดาห์ ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 2 ปี พบว่าสามารถกำจัดCODได้ 50-60% กำจัดแอมโมเนียได้40 - 90% และฟอสเฟตได้ 50 - 60% โดยHLRที่เหมาะสมอยู่ที่ 200 มม./วัน

Tjasa,Danijel and Vlasta(1997) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินขนาด 450 ม.^{2} และปลูกต้นอ้อ(*Phragmites australis*) น้ำชะมูลฝอยที่ใช้ทำการทดลองมีความเข้มข้นของซีโอดี 1,240 มก./ล. บีโอดี 60 มก./ล. แอมโมเนียไนโตรเจน 88 มก./ล. ของแข็งแขวนลอย 400 มก./ล. และเหล็ก10 มก./ล. ป้อนเข้าระบบบึงประดิษฐ์ที่ภาระปริมาณน้ำ 3 ซม. /วัน พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 68% , บีโอดี 46% ,แอมโมเนียไนโตรเจน 81% และเหล็ก 80%

Green et al.(1997) ได้ศึกษาการกำจัด*E.Coli* และโคลิฟอร์มทั้งหมดของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน โดยทำการศึกษาจากบึงประดิษฐ์ทั้งที่ใช้งานจริงและในห้องทดลอง ทั้งสองระบบปลูกต้นอ้อบนตัวกลางที่เป็นกรวดขนาด 5 – 10 มม. น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำทิ้งจากกระบวนการบำบัดขั้นที่สอง จากการตรวจสอบพบการกำจัด*E.Coli* และโคลิฟอร์มทั้งหมดในบึงประดิษฐ์ที่ใช้งานจริงเป็นเวลา 2 ปี พบว่าในช่วงฤดูแล้งบึงประดิษฐ์สามารถกำจัดได้ 1.5 - 2.1 รอบล็อก (log cycle) ส่วนในฤดูฝนประสิทธิภาพการกำจัดจะลดลง แต่การกำจัดซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และแอมโมเนียยังคงไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลทำการศึกษาในห้องทดลอง โดยป้อนน้ำเสียที่มี *E.Coli*อยู่ระหว่าง 10,000 - 1,000,000 ซีเอฟยู/ 100 มล. เข้าสู่ระบบ ที่เวลากักเก็บน้ำ12 , 24 , 48 และ120 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดแบคทีเรียดังกล่าวมีแนวโน้มสูงขึ้นตามเวลากักเก็บน้ำ และที่เวลากักเก็บน้ำไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณแบคทีเรียในทุกตัวอย่างมีค่าน้อยกว่า 1,000 ซีเอฟยู *E.Coli* / 100 มล.

ลักษณี (1996) ศึกษาประสิทธิภาพของพืชโผล่พ้นน้ำ 4 ชนิด คือกกกลม ธูปฤาษี อ้อ และแห้วทรงกระเทียม ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ รวมถึงการเติบโตและการอยู่รอดของพืชทั้ง4ชนิด พบว่าบ่อทดลองปลูกพืชทั้ง 4 ชนิดสามารถลดปริมาณโครเมียมได้สูงกว่าร้อยละ 94 โดยมีประสิทธิภาพในบ่อกกกลม บ่อแห้ว

ทรงกระเทียม บ่อธูปฤาษี และบ่ออ้อ ร้อยละ 98.21 , 95.96 , 95.90 และ 94.87 ตามลำดับ เมื่อทำการศึกษาถึงการเติบโตของพืชทั้ง4ชนิดในบ่อทดลองเทียบกับบ่อควบคุมพืชตลอดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างบ่อทดลองและบ่อควบคุมพืช นอกจากนั้นยังทำการศึกษาการสะสมโครเมียมในดินและในพืช พบว่าดินและพืชมีโครเมียมเพิ่มขึ้นตามเวลา เมื่อพิจารณามวลรวมพบว่า โครเมียมส่วนใหญ่ถูกสะสมอยู่ในดิน ซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายมากกว่าในพืช กล่าวคือมากกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณโครเมียมทั้งหมดในระบบอยู่ในดิน

ศศิธร (1995) ศึกษาประสิทธิภาพของกกกลมและแห้วทรงกระเทียม เพื่อบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ชุ่มน้ำแบบน้ำไหลพื้นผิว(FWS)ที่สร้างขึ้น และเพื่อศึกษาความลึกที่เหมาะสมกับพืชน้ำทั้งสองชนิดในการบำบัดน้ำเสียโดยเปรียบเทียบกับแบบการทดลองที่ไม่ปลูกพืช พบว่าแห้วทรงกระเทียมที่ปลูกในแบบการทดลองที่มีระดับน้ำลึก 0.45 เมตร มีความสูงมากกว่าที่ปลูกในแบบการทดลองที่ระดับความลึกอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความสูงของกกกลมที่ปลูกในแบบการทดลองที่มีระดับน้ำลึกต่างๆกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

แบบการทดลองที่ปลูกกกกลมที่มีระดับความลึกน้ำเสีย 0.15 เมตร มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและค่าบีโอดีได้มากกว่า 60% เช่นเดียวกับแบบการทดลองที่ปลูกแห้วทรงกระเทียมที่มีระดับน้ำลึก 0.15 เมตรและ 0.45 เมตร นอกจากนี้ในพื้นที่ชุ่มน้ำทุกแบบการทดลองสามารถลดปริมาณของแข็งละลายในน้ำได้น้อยกว่า 25% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณความสกปรกในน้ำเสียที่ระดับความลึกเท่ากัน พบว่ากกกลมมีประสิทธิภาพดีกว่าแห้วทรงกระเทียม และกกกลมมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดีที่สุดที่ระดับความลึกของน้ำเสียที่ 0.15เมตร