การบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมันโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน

นาย พิรัฐพล ตนานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

I SBN 974-03-0210-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 1 ต.ค. 2546

T 006045 2X

TREATMENT OF OIL REFINERY WASTEWATER USING HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND

Mr. Piratpol Tananon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn Unviersity

Academic Year 2001

ISBN 974-03-0210-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมันโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน
โดย	พิรัฐพล ตนานนท์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร)

พิรัฐพล ตนานนท์ : การบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมันโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน(Treatment of Oil Refinery Wastewater Using Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland) อ.ที่ปรึกษา : รศ. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์,137 หน้า,ISBN974-03-0210-6

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงการทำงานของระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน (Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands) ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมัน โดยปลูกต้นธูปฤษี*(Typha Angustifolia)*ในชั้นตัวกลางดินปนทราย และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารเมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของน้ำมันในน้ำเสียเข้าระบบและอัตราการไหลที่ค่าต่างๆ โดยใช้แบบจำลองบึงประดิษฐ์ขนาดห้องทดลองจำนวน 6 ชุดการทดลอง การทดลองนี้ปรับเปลี่ยนความเข้มข้นน้ำมันในน้ำดิบ 3 ค่า คือ 5 , 10 และ 25 มก./ล. และปรับเปลี่ยนอัตราไหลของน้ำเสียเข้าระบบ 4 ค่าคือ 3 , 6 , 12 และ 16 ลิตร/วัน

จากผลการทดลอง พบว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน สามารถใช้เป็นระบบบำบัดขั้นที่สามในการกำจัดน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดขั้นที่สองมาแล้ว โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน ของแข็งแขวนลอย ทีเคเอ็น ทีโอซี และซีโอดีได้เท่ากับ 86.53 , 61.68 , 31.86 , 28.86 และ 64.06 % ตามลำดับ เมื่อน้ำเสียเข้าระบบมีค่าน้ำมันประมาณ 5 มก./ล. และอัตราการไหลของน้ำเสียเท่ากับ 6 ลิตร/วัน นอกจากนี้ยังพบว่าระบบจะมีประสิทธิภาพการกำจัดมลสารต่างๆสูงขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันในน้ำเสียและอัตราการไหลของน้ำเสีย ซึ่งภาระน้ำมันสูงสุดในการทดลองนี้ ที่ระบบสามารถกำจัดน้ำมันให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งคือ 149 มก./วัน ที่ค่าน้ำมันในน้ำเสียเข้าระบบประมาณ 10 มก./ล. และอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ 12 ลิตร/วัน ซึ่งระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ของแข็งแขวนลอย ทีเคเอ็น ทีโอซี และซีโอดีได้เท่ากับ 92.21 , 81.91 , 84.06 , 51.63 และ 68.75 % ตามลำดับ แต่เนื่องจากระบบไม่สามารถกำจัดของแข็งละลายน้ำได้ จึงไม่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นระบบบำบัดขั้นที่สอง

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต พิรัฐพล ตนานนท์

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2544

4170440121 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORDS : CONSTRUCTED WETLAND / HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW / OIL REFINERY WASTEWATER

PIRATPOL TANANON : THESIS TITLE. TREATMENT OF OIL REFINERY WASTEWATER USING HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF. ORATHAI CHAVALAPARIT.137 pp. ISBN 974-03-0210-6

This study was conducted to use horizontal subsurface flow constructed wetlands treating oil refinery wastewater. Six laboratory scale constructed wetlands with a soil-sand bed were used for treatment efficiency comparison. Cattails(*Typha Angustifolia*) were planted in all units except the 4th unit (control unit). Oil concentrations were 5 , 10 and 25 mg/l ; flow rates of influent were 3 , 6 , 12 and 16 l/d .

The experimental results revealed that horizontal subsurface flow constructed wetlands can be used as a third level treatment system for wastewater which has already passed a second level treatment system. When oil concentration and flow rate of influent are about 5 mg/l and 6 l/d , they can remove 86.53 % of FOG; 61.68 % of SS; 31.86 % of TKN; 28.86 % of TOC and 64.06% of COD; respectively. The efficiency of pollutant removal will increase when oil concentration and flow rate of influent are increased. The maximum oil loading rate in this experiment that can produce effluent oil concentration matching with standard (5 mg/l) is 149 mg/d, at oil concentration 10 mg/l and influent flow rate 12 l/d . They can remove 92.21 % of FOG; 81.91 % of SS; 84.06 % of TKN; 51.63 % of TOC and 68.75 % of COD; respectively. However, this system isn't appropriate to be used as a second level treatment system because it can't remove dissolved solids.

Department Environmental Engineering ..... Student's signature Piratpol Tananon

Field of study Environmental Engineering ..... Advisor's signature Orathai Chavalparit

Acadamic year 2001 .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆในการวิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ รวมทั้งขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่กรุณาอบรมและถ่ายทอดความรู้ ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ทบวงมหาวิทยาลัย และมูลนิธิชินโสภณพนิช ที่ได้มอบทุนอุดหนุนการวิจัย รวมทั้งบริษัทบางจากที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่กราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้อง ที่ให้การสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา และขอขอบพระคุณเพื่อน พี่ น้อง ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในด้านต่างๆแก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย 2
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร 3
2.1 บึงประดิษฐ์ 3
2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงกลั่นน้ำมัน 15
2.3 การใช้บึงประดิษฐ์กับน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมัน 19
2.4 การใช้บึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียในงานวิจัยที่ผ่านมา 24
บทที่ 3 แผนการวิจัย 29
3.1 แผนการปฏิบัติการ 29
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 30
3.3 ขั้นตอนการวิจัย 40
3.4 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง 42
3.5 การเก็บตัวอย่างน้ำเสียและการวิเคราะห์ 43
บทที่ 4 ผลการทดลอง 49
4.1 ลักษณะทั่วไปในการทดลอง 49
4.2 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง 49
4.3 การศึกษาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์เป็นระบบบำบัดขั้นที่สาม 51
4.4 การศึกษาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์เป็นระบบบำบัดขั้นที่สอง 65
4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดและวิเคราะห์ผลการทดลอง 87
4.6 การหาปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในตัวกลาง 96

สารบัญ (ต่อ)

บทที่5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 98
5.1 สรุปผลการทดลอง 98
5.2 ข้อเสนอแนะ 99
รายการอ้างอิง 100
ภาคผนวก
ก. รายละเอียดน้ำเข้าและออกระบบและประสิทธิภาพในการกำจัดพารามิเตอร์ต่างๆในแต่ละชุดการทดลอง 106
ข. ข้อมูลจากท่อเก็บตัวอย่างจากชุดการทดลองต่างๆ 127
ค. ข้อมูลความสูงต้นไม้ 130
ง. รายละเอียดของต้นธูปฤษี 132
จ. การคำนวณอัตราภาระน้ำเสียและเวลากักน้ำในหน่วยทดลอง 133
ฉ. การคำนวณความเข้มข้นของซีโอดีในน้ำเสียที่ไหลเข้าบึงประดิษฐ์ 136
ประวัติผู้เขียน 137

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 หน้าที่ของพืชน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพืช 7
ตารางที่ 2.2 อัตราการจับใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของพืชบางชนิด
และความเข้มข้นใน เนื้อเยื่อพืช 8
ตารางที่ 2.3 รายชื่อพืชน้ำที่สามารถใช้ในบึงประดิษฐ์ 11
ตารางที่ 2.4 กลไกการกำจัดสารปนเปื้อนในน้ำเสียโดยบึงประดิษฐ์ 12
ตารางที่ 2.5 กลไกการกำจัดสารปนเปื้อนในน้ำเสีย 13
ตารางที่ 2.6 เกณฑ์ในการออกแบบบึงประดิษฐ์ 14
ตารางที่ 2.7 ลักษณะน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ 18
ตารางที่ 2.8 คุณภาพน้ำทิ้งของโรงกลั่นน้ำมันบางจากในปี 2540 18
ตารางที่ 2.9 รายชื่อบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจาก
อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน 20
ตารางที่ 2.10 ค่าต่ำสุดที่บึงประดิษฐ์สามารถบำบัดน้ำเสียจาก
อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน 21
ตารางที่ 2.11 ประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจาก
อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน 21
ตารางที่ 2.12 Wastewater Quality at Amoco's Mandan Refinery 23
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดท่อเก็บตัวอย่างในบึงประดิษฐ์ 44
ตารางที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำและพารามิเตอร์ที่จะวิเคราะห์ 44
ตารางที่ 3.3 จำนวนครั้งในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 45
ตารางที่ 3.4 วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำเสีย 46
ตารางที่ 3.5 รายละเอียดชุดการทดลองต่างๆ 48
ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำดิบจากโรงกลั่น ก่อนนำมาเจือจาง
เข้าระบบบึงประดิษฐ์ 50
ตารางที่ 4.2 ลักษณะสมบัติเฉลี่ยของน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบบึงประดิษฐ์ 51
ตารางที่ 4.3 ลักษณะสมบัติเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากระบบชุดทดลองที่ 1 51
ตารางที่ 4.4 ลักษณะสมบัติเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากระบบชุดทดลองที่ 2 57
ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์
เมื่อน้ำเสียดิบมีน้ำมันและไขมัน 5 มก./ล. 64

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีตามระยะทางในระบบ 64
ตารางที่ 4.7 พีเอช อุณหภูมิ และโออาร์พี ในน้ำเข้าและออกระบบ
ในชุดทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 65
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ต่างๆในน้ำทิ้งและประสิทธิภาพการกำจัด
ของชุดทดลองที่ 3 และชุดทดลองที่ 4 (ชุดควบคุม) 76
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆในน้ำออกจากระบบบึงประดิษฐ์ 89
ตารางที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพ(เฉลี่ย)ในการกำจัดมลสารต่างๆของบึงประดิษฐ์
ชุดทดลองต่างๆ 89
ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณน้ำมันในดินปนทราย 97

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 บึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวดิน 4
รูปที่ 2.2 บึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน 5
รูปที่ 2.3 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่ง 6
รูปที่ 2.4 การถ่ายเทออกซิเจนผ่านบริเวณรากพืช 7
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนต่างๆในหน่วยบำบัดน้ำทิ้ง 17
รูปที่ 3.1 ลักษณะของหน่วยทดลอง 29
รูปที่ 3.2 มิติของบึงประดิษฐ์ 30
รูปที่ 3.3 องค์ประกอบในบึงประดิษฐ์ 32
รูปที่ 3.4 ลักษณะของท่อเก็บตัวอย่างน้ำ 32
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของพืชในบึงประดิษฐ์ 33
รูปที่ 3.6 ต้นธูปฤษีเมื่อเริ่มทำการทดลอง 34
รูปที่ 3.7 ต้นธูปฤษีเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 35
รูปที่ 3.8 แบบจำลองบึงประดิษฐ์ 36
รูปที่ 3.9 รากของต้นธูปฤษี 37
รูปที่ 3.10 เครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำเข้าระบบ 38
รูปที่ 3.11 น้ำหลังการบำบัดแล้วและน้ำก่อนเข้าระบบบึงประดิษฐ์ 39
รูปที่ 3.12 รายละเอียดชุดทดลอง 40
รูปที่ 4.1 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 1 ที่น้ำมันเข้าระบบ 5 mg/l อัตราการไหล 3 l/d ก) พีเอช ข) อุณหภูมิ ค)โออาร์พี 53
รูปที่ 4.2 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 1 ที่น้ำมันเข้าระบบ 5 mg/l อัตราการไหล 3 l/d ก) FOG ข) TKN ค) SS ง) COD 55
รูปที่ 4.3 ความสูงเฉลี่ยของต้นธูปฤษี จากทุกชุดทดลองที่ระยะเวลาต่างๆ 56
รูปที่ 4.4 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 2 ที่น้ำมันเข้าระบบ 5 mg/l อัตราการไหล 6 l/d ก) พีเอช ข) อุณหภูมิ ค)โออาร์พี 59
รูปที่ 4.5 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 2 ที่น้ำมันเข้าระบบ 5 mg/l อัตราการไหล 6 l/d ก) FOG ข) TKN ค) SS ง) COD จ) TOC 61
รูปที่ 4.6 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 3 ที่น้ำมันเข้าระบบ 10 mg/l อัตราการไหล 6 l/d ก) พีเอช ข) อุณหภูมิ ค)โออาร์พี 66

รูปที่ 4.7 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 3 ที่น้ำมันเข้าระบบ 10 mg/l อัตราการไหล 6 l/d ก) FOG ข) TKN ค) SS ง) COD จ) TOC 68
รูปที่ 4.8 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 4 ที่น้ำมันเข้าระบบ 10 mg/l อัตราการไหล 6 l/d (ไม่ปลูกพืช) ก) พีเอช ข) อุณหภูมิ ค)โออาร์พี 71
รูปที่ 4.9 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 4 ที่น้ำมันเข้าระบบ 10 mg/l อัตราการไหล 6 l/d (ไม่ปลูกพืช) ก) FOG ข) TKN ค) SS 73
รูปที่ 4.10 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 4 ที่น้ำมันเข้าระบบ 10 mg/l อัตราการไหล 6 l/d (ไม่ปลูกพืช) ก) COD ข) TOC ค) TS&DS 74
รูปที่ 4.11 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 5 ที่น้ำมันเข้าระบบ 10 mg/l อัตราการไหล 12 l/d ก) พีเอช ข) อุณหภูมิ ค)โออาร์พี 77
รูปที่ 4.12 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 5 ที่น้ำมันเข้าระบบ 10 mg/l อัตราการไหล 12 l/d ก) FOG ข) TKN ค) SS 78
รูปที่ 4.13 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 5 ที่น้ำมันเข้าระบบ 10 mg/l อัตราการไหล 12 l/d ก) COD ข) TOC ค) TS&DS 80
รูปที่ 4.14 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 6 ที่น้ำมันเข้าระบบเท่ากับน้ำดิบจากโรงกลั่น อัตราการไหล 16 l/d ก) พีเอช ข) อุณหภูมิ ค)โออาร์พี 83
รูปที่ 4.15 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 6 ที่น้ำมันเข้าระบบเท่ากับน้ำดิบจากโรงกลั่น อัตราการไหล 16 l/d ก) FOG ข) TKN ค) SS 84
รูปที่ 4.16 ลักษณะของน้ำเสียเข้าและออกระบบจากระบบชุดที่ 6 ที่น้ำมันเข้าระบบเท่ากับน้ำดิบจากโรงกลั่น อัตราการไหล 16 l/d ก) COD ข) TOC ค) TS&DS 86
รูปที่ 4.17 ประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารต่างๆของบึงประดิษฐ์ ที่อัตราภาระมลสารเข้าระบบต่างๆกัน 88
รูปที่ 4.18 แสดงค่าโออาร์พีเฉลี่ยในน้ำเข้าและออกระบบ 91
รูปที่ 4.19 ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดของแข็งแขวนลอย 91
รูปที่ 4.20 ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดซีโอดี 91
รูปที่ 4.21 ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดทีโอซี 93
รูปที่ 4.22 ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดทีเคเอ็น 93
รูปที่ 4.23 ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดน้ำมันและไขมัน 93