การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ การออกแบบ การประเมินและเปรียบเทียบราคาของระบบบำบัดน้ำเสีย ทางชีวภาพแบบต่างๆ กัน

นาย ธนพัฒน์ โปรียานนท์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974-17-0574-3
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR ANALYSIS , DESIGN , COST ESTIMATION AND COMPARISON OF DIFFERENT BIOLOGICAL WASTERWATER TREATMENT SYSTEMS

Mr. Tanapat Poreeyanond

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 University

Academic year 2001
ISBN 974-17-0574-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ การออกแบบ การประเมิน และเปรียบเทียบราคาของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบต่างๆ กัน
โดย	นาย ธนพัฒน์ โปรียานนท์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.มนัสกร ราชากรกิจ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์

นาย ธนพัฒน์ โปรียานนท์ : การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ การออกแบบ การประเมินและเปรียบเทียบราคาของระบบบำบัดน้ำเสีย ทางชีวภาพแบบต่างๆ กัน (DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR ANALYSIS , DESIGN , COST ESTIMATION AND COMPARISON OF DIFFERENT BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล, 219 หน้า.
ISBN 974-17-0574-3

งานศึกษาชิ้นนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาวิชวลเบสิก เพื่อใช้ในงานวิเคราะห์ ออกแบบ ประเมินและเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายต่างๆ ในเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ โดยแบ่งโครงสร้างของโปรแกรมออกเป็น 8 ส่วนหลักคือ หน้าจอหลักรวม การคำนวณสมดุลอัตราการไหลและมวลสาร การคำนวณออกแบบ การจัดวางผังโรงบำบัดน้ำเสีย การพิจารณาทางชลศาสตร์ การประเมินราคา การเปรียบเทียบราคาและการวิเคราะห์โรงบำบัดน้ำเสีย สำหรับในส่วนของการคำนวณออกแบบนั้น โดยโปรแกรมจะประกอบไปด้วยกระบวนการบำบัดน้ำเสียต่างๆ ให้เลือกใช้ได้ ดังนี้ ถังดักกรวดทรายหรือกริต ถังปรับเสมอหรือถังปรับดุล ถังตกตะกอนขั้นต้น กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ถังทำใสหรือถังตกตะกอนขั้นสอง สระเติมอากาศ บ่อปรับเสถียรน้ำเสีย (บ่อแฟคัลเททีฟ บ่อเหม็น บ่อบ่ม) การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน การฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน การฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต กระบวนการย่อยแบบไร้อากาศ ลานตากสลัดจ์ ระบบเครื่องอัดกรองสายพานรีดน้ำ ระบบโปรยกรอง ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ การย่อยแบบใช้อากาศ ถังกรองไร้อากาศ กระบวนการสัมผัสแอนเอโรบิก ถังปฏิกิริยาฟลูอิดไดซ์ การแปรสภาพแอมโมเนียด้วยการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพชนิดการเติบโตแบบแขวนลอย (การคาร์บอนออกซิเดชันและไนตริฟิเคชันแบบขั้นเดียว การไนตริฟิเคชันแบบแยก) การแปรสภาพแอมโมเนียด้วยการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพชนิดการเติบโตแบบเกาะติด (ระบบโปรยกรองแบบแยก ระบบโปรยกรองแบบขั้นเดียว การไนตริฟิเคชันแบบรวมของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ การไนตริฟิเคชันแบบแยกของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ) การกำจัดฟอสฟอรัสโดยวิธีทางชีวภาพ การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโดยวิธีการทางชีวภาพ ถังทำข้นแรงโน้มถ่วง การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (ดีเอเอฟ) ซึ่งจะเป็นการช่วยวิศวกรในการออกแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสียต่างๆ ให้เหมาะสมถูกต้อง ในระยะเวลาอันสั้น และสามารถเปลี่ยนแปลง แก้ไข ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จนกว่าจะได้ผลลัพธ์เป็นที่พอใจ ได้อย่างรวดเร็ว

การนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย ทำการประมาณและเปรียบเทียบราคาเบื้องต้นนี้ ก่อให้เกิดประโยชน์ ทั้งในแง่ทุ่นแรงวิศวกรในการออกแบบ ช่วยในการป้องกันความผิดพลาดของผลลัพธ์ในการคำนวณออกแบบ อันเนื่องมาจากกาคำนวณด้วยมือ และยังช่วยวิศวกรสรุปในการเลือกกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมในแง่เศรษฐศาสตร์

ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่อนิสิต	.....
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	.....
ปีการศึกษา	2544	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	.....

AN ABSTRACT

##4170327021 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD : COST ESTIMATE / WASTEWATER TREATMENT/ COMPUTER PROGRAM

TANAPAT POREEYANOND : DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR ANALYSIS, DESIGN, COST ESTIMATION AND COMPARISON OF DIFFERENT BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. CHAVALIT RUTTANADHAMMASAKUL, Ph.D., 219 pp. ISBN 974-17-0574-3

The main objective of this study is to develop a visual basic language program to be used for primary analysis, design and preliminary cost estimation and comparison of biological wastewater treatment systems. This program includes main menu, flow and mass balance, design, plant lay out, hydraulic consideration, cost estimation, cost comparison and analysis parts. The design function of this program includes sand trap or grit chamber, equalization tank, primary sedimentation tank, aeration tank, secondary clarifier, aerated lagoon, anaerobic pond, facultative pond, maturation pond, trickling filter, rotating biological contactor (RBC), anaerobic filter, anaerobic contact process, anaerobic expanded bed, single-stage nitrification, separate-stage nitrification, separate-stage tricking filter, single-stage trickling filter, RBC with combined nitrification, RBC with separate nitrification, nitrogen removal, phosphorus removal, nutrient removal, disinfection (chlorination, ozonation and UV radiation), gravity thickener, dissolved-air flotation (DAF), aerobic digestion, anaerobic digestion, sludge drying beds, filter press and belt filter press. This program will enable engineers in designing more proper and precise wastewater treatment plants in a shorter time. All parameters in this program can be easily changed or corrected in order to give the most satisfying results.

Using computer in design and primary cost estimation of wastewater treatment systems can be very useful, because of its time saving and mistake-free calculation. By letting user explore different treatment approaches, one can analyze and finally get the most economical process.

Department Environmental Engineering	Student's signature
Filed of study Environmental Engineering	Advisor's signature
Academic year 2001	Co- Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่าน ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ มาด้วยดีตลอด จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงร่าง วิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษา แนะนำ ที่เป็นประโยชน์

ขอขอบคุณกลุ่มนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่เรียนวิชาโครงงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม 1 และ 2 ประจำปีการศึกษา 2544 ซึ่งได้มีส่วนช่วยสนับสนุนอย่างดี

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ พระรัตนตรัย บิดา-มารดา และญาติมิตรทั้งหลาย ซึ่งให้การสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา จนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……...ง
บทคัดย่อภาษอังกฤษ……จ
กิตติกรรมประกาศ……...ฉ
สารบัญ……ช
สารบัญตาราง……..ญ
สารบัญรูป……...ฎ

บทที่

1. บทนำ……1
    1.1 ความเป็นมาของปัญหา……1
    1.2 ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการโปรแกรม……...2
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา……5
    2.1 วัตถุประสงค์……5
    2.2 ขอบเขตของการศึกษา……..5
    2.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการศึกษา……6
3. ทฤษฎีสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสีย……8
    3.1 หน่วยบำบัดน้ำเสียสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบ……..8
        3.1.1 สูตรที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์และออกแบบ……9
        3.1.2 ระบบโปรยกรอง……10
        3.1.3 ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ……...13
        3.1.4 การย่อยแบบใช้อากาศ……14
        3.1.5 ถังกรองไร้อากาศ……...16
        3.1.6 กระบวนการสัมผัสแอนแอโรบิก……...18
        3.1.7 ถังปฏิกิริยาฟลูอิดไดซ์ไร้อากาศ……19

3.1.8 การแปรสภาพแอมโมเนียด้วยการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพ
ชนิดการเติบโตแบบแขวนลอย……...22
3.1.8.1 การคาร์บอนออกซิเดชันและไนตริฟิเคชันชั้นเดียว……...22
3.1.8.2 การไนตริฟิเคชันแบบแยก……24
3.1.9 การแปรสภาพแอมโมเนียด้วยการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพ
ชนิดการเติบโตแบบเกาะติด……25
3.1.9.1 ระบบโปรยกรองแบบแยก……25
3.1.9.2 ระบบโปรยกรองแบบชั้นเดียว……..28
3.1.9.3 การไนตริฟิเคชันแบบรวมของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ…….28
3.1.9.4 การไนตริฟิเคชันแบบแยกของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ…….29
3.1.10 การกำจัดฟอสฟอรัสโดยวิธีการทางชีวภาพ……29
3.1.11 การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโดยวิธีการทางชีวภาพ…….31
3.1.12 ถังทำข้นแรงโน้มถ่วง……...32
3.1.13 การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (แดฟ)……34
3.1.14 เครื่องอัดกรอง……..35
3.1.15 สายพานรีดน้ำ……..38
3.1.16 การกำจัดน้ำทิ้ง……39
3.2 การพิจารณาแบบแปลน (plant lay – out consideration)……40
3.3 การวิเคราะห์ (analyze) ระบบบำบัดน้ำเสีย……40
3.4 การดุลอัตราการไหลและมวลสาร (flow and mass balance)……..40
3.5 การพิจารณาและระดับทางชลศาสตร์
(hydraulics consideration and profile)……41
3.5.1 การไหลในท่อ (flow in pipes)……...41
3.5.2 การไหลในทางน้ำเปิด (flow in open channels)……44
3.5.3 การวัดอัตราการไหลและจุดควบคุมทางชลศาสตร์
(flow measurement and hydraulic control points)……..48
3.5.4 เครื่องสูบน้ำ (pump)……...49
3.5.5 การไหลผ่านรูระบาย (flow through orifice)……..50
3.5.6 การต่อท่อกับถัง (pipe connection with tank)……51

3.5.7 การพิจารณาหัวความดันน้ำที่สูญเสีย (head loss consideration)……51
3.5.8 ระดับทางชลศาสตร์ (hydraulics profile)……..52
3.6 การประเมินราคาค่าใช้จ่าย……..53
3.6.1 การประเมินราคาค่าใช้จ่าย……53
3.6.2 สูตรของการประเมินราคางานโยธา……...54
3.6.3 กรณีบ่อดิน……54
3.6.4 กรณีถังคอนกรีตเสริมเหล็ก……54
4. การพัฒนาโปรแกรม……...57
4.1 การพัฒนาความเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประยุกต์ที่สามารถใช้ทำงานจริงได้ในสมัยปัจจุบัน……57
4.2 การพัฒนาด้านโครงสร้างของโปรแกรม……67
4.3 วิจารณ์ผลการทดลองใช้งานโปรแกรม……125
4.3.1 ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 เพื่อทดลองการใช้โปรแกรม……...127
4.3.2 ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 เพื่อทดลองการใช้โปรแกรม……...141
4.3.3 ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3 เพื่อทดลองการใช้โปรแกรม……...155
4.3.4 การเปรียบเทียบตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 2 และ 3 เพื่อเลือกระบบที่เหมาะสม……...161
5. สรุปและข้อเสนอแนะ……...168
รายการอ้างอิง……...170
ภาคผนวก……172
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……203

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบด้านพื้นที่ใช้งานของหน่วยบำบัด……..161
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพการบำบัด……..163
ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบด้านราคารวมของทั้งโครงการ……...165

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 4.1 โปรแกรมชนิด Event-driven แบบ Windows……58
รูปที่ 4.2 Command Box……58
รูปที่ 4.3 Option Box…….....59
รูปที่ 4.4 Check Box…….....59
รูปที่ 4.5 List Box…….....60
รูปที่ 4.6 Combo Box…….60
รูปที่ 4.7 Scroll Bar……62
รูปที่ 4.8 Message Box (Msg Box)…….62
รูปที่ 4.9 Menu และ Multiple Document In terrace (MDI)……63
รูปที่ 4.10 Microsoft Word……64
รูปที่ 4.11 Microsoft Excel……64
รูปที่ 4.12 Auto-CAD……66
รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์แบบทั่วไปของฟังก์ชันทั้ง 8……...69
รูปที่ 4.14 หน้าจอสำหรับออกแบบ สระเติมอากาศ……...70
รูปที่ 4.15 หน้าจอสำหรับออกแบบ กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์…….71
รูปที่ 4.16 หน้าจอสำหรับออกแบบ ถังทำใสหรือถังตกตะกอนขั้นสอง……72
รูปที่ 4.17 หน้าจอสำหรับออกแบบ บ่อบ่ม……...73
รูปที่ 4.18 หน้าจอสำหรับออกแบบ บ่อแฟคัลเททีฟ…….74
รูปที่ 4.19 หน้าจอสำหรับออกแบบ บ่อเหม็น……...75
รูปที่ 4.20 หน้าจอสำหรับออกแบบ ระบบโปรยกรอง……...76
รูปที่ 4.21 หน้าจอสำหรับออกแบบ ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ…….77
รูปที่ 4.22 หน้าจอสำหรับออกแบบ การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน……...78
รูปที่ 4.23 หน้าจอสำหรับออกแบบ การฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน……79
รูปที่ 4.24 หน้าจอสำหรับออกแบบ การฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเลต……...80
รูปที่ 4.25 หน้าจอสำหรับออกแบบการย่อยแบบใช้อากาศ……...81
รูปที่ 4.26 หน้าจอสำหรับออกแบบการย่อยแบบใช้อากาศ (ต่อ)……..82

รูปที่ 4.27 หน้าจอสำหรับออกแบบ ถังทำข้นแรงโน้มถ่วง……83
รูปที่ 4.28 หน้าจอสำหรับออกแบบ ถังทำข้นแรงโน้มถ่วง (ต่อ)……..84
รูปที่ 4.29 หน้าจอสำหรับออกแบบ ถังทำข้นแรงโน้มถ่วง (ต่อ)……...85
รูปที่ 4.30 หน้าจอสำหรับออกแบบ การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (แดฟ)…….86
รูปที่ 4.31 หน้าจอสำหรับออกแบบ การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (แดฟ) (ต่อ)……87
รูปที่ 4.32 หน้าจอสำหรับออกแบบระบบเครื่องกรองแรงดัน
รีดน้ำออกจากสลัดจ์…….88
รูปที่ 4.33 หน้าจอสำหรับออกแบบระบบเครื่องกรองแรงดัน
รีดน้ำออกจากสลัดจ์ (ต่อ)…….89
รูปที่ 4.34 หน้าจอสำหรับออกแบบระบบเครื่องกรองแรงดัน
รีดน้ำออกจากสลัดจ์ (ต่อ)…….90
รูปที่ 4.35 หน้าจอสำหรับออกแบบระบบเครื่องกรองแรงดัน
รีดน้ำออกจากสลัดจ์ (ต่อ)…….91
รูปที่ 4.36 หน้าจอสำหรับออกแบบสายพานรีดน้ำออกจากสลัดจ์…….92
รูปที่ 4.37 หน้าจอสำหรับการวางผังโรงบำบัดน้ำเสีย……...93
รูปที่ 4.38 หน้าจอสำหรับการวางผังโรงบำบัดน้ำเสีย (ต่อ)……..94
รูปที่ 4.39 หน้าจอสำหรับออกแบบรางน้ำเปิด……..95
รูปที่ 4.40 หน้าจอสำหรับออกแบบท่อ……..96
รูปที่ 4.41 หน้าจอสำหรับออกแบบเครื่องสูบน้ำ……...97
รูปที่ 4.42 หน้าจอสำหรับออกแบบฝายน้ำล้น (weir)……98
รูปที่ 4.43 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น…….99
รูปที่ 4.44 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น (ต่อ)……..100
รูปที่ 4.45 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น (ต่อ)……..101
รูปที่ 4.46 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น (ต่อ)……..102
รูปที่ 4.47 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น (ต่อ)……..103
รูปที่ 4.48 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น (ต่อ)……..104
รูปที่ 4.49 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing)…….105
รูปที่ 4.50 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……106
รูปที่ 4.51 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……107

รูปที่ 4.52 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……108
รูปที่ 4.53 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……109
รูปที่ 4.54 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……110
รูปที่ 4.55 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……111
รูปที่ 4.56 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……112
รูปที่ 4.57 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……113
รูปที่ 4.58 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……114
รูปที่ 4.59 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……115
รูปที่ 4.60 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……116
รูปที่ 4.61 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……117
รูปที่ 4.62 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……118
รูปที่ 4.63 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……119
รูปที่ 4.64 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……120
รูปที่ 4.65 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……121
รูปที่ 4.66 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……122
รูปที่ 4.67 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……123
รูปที่ 4.68 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)……124
รูปที่ 4.69 Flow Diagram ของตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……127
รูปที่ 4.70 หน้าจอการออกแบบ GRIT CHAMBER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……128
รูปที่ 4.71 หน้าจอการออกแบบ EQUALIZATION POND ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1….128
รูปที่ 4.72 หน้าจอการออกแบบ PRIMARY SEDIMENTATION
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..129
รูปที่ 4.73 หน้าจอการออกแบบ ACTIVATED SLUDGE ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1…...129
รูปที่ 4.74 หน้าจอการออกแบบ ACTIVATED SLUDGE
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)……130
รูปที่ 4.75 หน้าจอการออกแบบ SECONDARY CLARIFIER
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..130
รูปที่ 4.76 หน้าจอการออกแบบ CHLORINE CONTACT ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1…..131
รูปที่ 4.77 หน้าจอการออกแบบ MIXING(BLENING)TANK

ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..131
รูปที่ 4.78 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1…..……132
รูปที่ 4.79 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)……132
รูปที่ 4.80 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)……133
รูปที่ 4.81 หน้าจอการออกแบบ ANAEROBIC DIGESTION
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..133
รูปที่ 4.82 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE DRYING BED
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..134
รูปที่ 4.83 หน้าจอการประมาณราคาโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..134
รูปที่ 4.84 หน้าจอการประมาณราคาฐานรากของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……135
รูปที่ 4.85 หน้าจอการประมาณราคาฐานรากของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)……135
รูปที่ 4.86 หน้าจอการประมาณราคางานไม้แบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..136
รูปที่ 4.87 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……136
รูปที่ 4.88 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)……137
รูปที่ 4.89 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)……137
รูปที่ 4.90 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานโยธา
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..138
รูปที่ 4.91 หน้าจอโปรแกรมการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักร
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..138
รูปที่ 4.92 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักร
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..139
รูปที่ 4.93 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเบ็ดเตล็ด
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..139
รูปที่ 4.94 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคาทั้งโครงการ
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1……..140

รูปที่ 4.95 Flow Diagram ของตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……141
รูปที่ 4.96 หน้าจอการออกแบบ EQUALIZATION POND
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……..142
รูปที่ 4.97 หน้าจอการออกแบบ GRIT CHAMBER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……142
รูปที่ 4.98 หน้าจอการออกแบบ PRIMARY SEDIMENTATION
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……143
รูปที่ 4.99 หน้าจอการออกแบบ RBC ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……..143
รูปที่ 4.100 หน้าจอการออกแบบ SECONDARY CLARIFIER
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……144
รูปที่ 4.101 หน้าจอการออกแบบ CHLORINE CONTACT
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……..144
รูปที่ 4.102 หน้าจอการออกแบบ MIXING(BLENING)TANK
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……..145
รูปที่ 4.103 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……..145
รูปที่ 4.104 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 (ต่อ)……146
รูปที่ 4.105 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 (ต่อ)……146
รูปที่ 4.106 หน้าจอการออกแบบ ANAEROBIC DIGESTION
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……..147
รูปที่ 4.107 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE DRYING BED
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……..147
รูปที่ 4.108 หน้าจอการประมาณราคาโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……..148
รูปที่ 4.109 หน้าจอการประมาณราคาฐานรากของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……149
รูปที่ 4.110 หน้าจอการประมาณราคาฐานรากของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 (ต่อ)……149
รูปที่ 4.111 หน้าจอการประมาณราคางานไม้แบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……..150
รูปที่ 4.112 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2……150

รูปที่ 4.113 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 (ต่อ).....151
รูปที่ 4.114 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 (ต่อ).....151
รูปที่ 4.115 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานโยธา
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2.....152
รูปที่ 4.116 หน้าจอโปรแกรมการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักร
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2.....153
รูปที่ 4.117 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักร
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2.....153
รูปที่ 4.118 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเบ็ดเตล็ด
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2.....154
รูปที่ 4.119 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคาทั้งโครงการ
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2.....154
รูปที่ 4.120 Flow Diagram ของตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2.....155
รูปที่ 4.121 หน้าจอการออกแบบ GRIT CHAMBER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3.....156
รูปที่ 4.122 หน้าจอการออกแบบ FACULTATIVE POND
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3.....156
รูปที่ 4.123 หน้าจอการออกแบบ MATURATION(AEROBIC) POND
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3.....157
รูปที่ 4.124 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3.....157
รูปที่ 4.125 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานโยธา
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3.....158
รูปที่ 4.126 หน้าจอโปรแกรมการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักร
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3.....158
รูปที่ 4.127 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักร
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3.....159
รูปที่ 4.128 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเบ็ดเตล็ด
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3.....159
รูปที่ 4.129 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคาทั้งโครงการ
ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3.....160

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันด้านสภาวะมลพิษในสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมเป็นศาสตร์หนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง ในการแก้ไขปัญหาสภาวะมลพิษและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การศึกษา ออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียเป็นสาขาวิชาหนึ่งของศาสตร์ ดังกล่าววัตถุประสงค์ที่สำคัญของสาขาวิชานี้ ก็คือ การใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงหรือ แก้ไขน้ำเสียให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นกว่าเดิม เพื่อทำให้น้ำเสียไม่ก่อให้เกิดสภาวะมลพิษแก่สิ่งแวดล้อม ดังนั้น สาขาวิชานี้จึงสมควรได้รับการพัฒนาในด้านการค้นคว้าวิจัย ส่งเสริมและเผยแพร่ความรู้ให้กว้างไกลขึ้น เพื่อประโยชน์ของสิ่งแวดล้อมโลกต่อไปทั้งในปัจจุบันและอนาคต

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

สิ่งที่สำคัญสิ่งหนึ่งในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน คือการทำให้เกิดจุดสมดุลที่เหมาะสมที่สุดระหว่างประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เลือกไว้และค่าใช้จ่ายของกระบวนการดังกล่าวตลอดเวลาที่ผ่านมาวิศวกรต้องสูญเสียเวลาอย่างมากในการคำนวณออกแบบด้วยมือ เพื่อหาจุดสมดุลดังกล่าวข้างต้น อีกทั้งการกระทำดังกล่าวยังง่ายต่อการเกิดความผิดพลาดในการคำนวณด้วยมือ

ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงได้มีการทำวิทยานิพนธ์และงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้คำนวณออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการเพิ่มความรวดเร็วในการคำนวณออกแบบ และลดความผิดพลาดจากการคำนวณด้วยมือ

แต่โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ยังมีสิ่งที่ควรได้รับการพัฒนาอยู่หลายประการ อาทิ การทำให้โปรแกรมมีจำนวนกระบวนการออกแบบกระบวนการนำบัดน้ำเสียที่มีให้เลือกใช้มากขึ้น ความสามารถนำราคาค่าใช้จ่ายของกระบวนการบำบัดทางเลือกต่าง ๆ ที่ออกแบบไว้มาเปรียบเทียบกันเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด เป็นต้น ซึ่งเป็นจุดประสงค์ที่สำคัญของวิทยานิพนธ์ที่นำเสนอนี้

1.2 ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในโปรแกรม

ภาษาคอมพิวเตอร์ที่เลือกใช้ในการเขียนโปรแกรม คือ Visual Basic 6.0 เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ ดังนี้

1.2.1 ความนิยมของตัวภาษา โดยอาจกล่าวได้ว่าภาษา Basic นั้นเป็นภาษาที่มีคนเรียนรู้และใช้งานมากที่สุดในประวัติศาสตร์ของคอมพิวเตอร์[1]

1.2.2 การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านของตัวภาษา และความเร็วของการะมวลผล และในเรื่องของความสามารถใหม่ ๆ เช่น การติดต่อกับระบบฐานข้อมูล การเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

1.2.3 ผู้พัฒนาสำคัญของ Visual Basic คือ บริษัทไมโครซอฟท์ซึ่งจัดว่าเป็นยักษ์ใหญ่ของวงการคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน เราจึงมั่นใจได้ว่า Visual Basic จะยังมีการพัฒนาปรับปรุง และคงอยู่ไปอีกนาน

1.2.4 Visual Basic for Application Edition (VBA) ที่มาพร้อมกับชุดโปรแกรม Microsoft Office และโปรแกรมประยุกต์ (application program) อื่น ๆ อีกมากมายบน Windows สามารถเพิ่มความสามารถในการใช้งานโปรแกรมเหล่านั้นได้อย่างมาก

1.2.5 Visual Basic Script Edition (VB Script) ซึ่งมีการเขียนเป็น Script หรือเป็นชุด คำสั่ง(คล้ายกับ Batch File ใน Dos) ในปัจจุบันมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการเขียนสร้างโฮมเพจในอินเตอร์เน็ต หรือในโปรแกรมประยุกต์ที่มีการติดต่อกับระบบฐานข้อมูล และระบบเครือข่าย (อินทราเน็ต)

1.2.6 ภาย VBA นี้ จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ภาษา Visual Basic เพื่อปรับปรุงการทำงานของโปรแกรมให้ตรงความต้องการ และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น โปรแกรม Word, Excel หรือ PowerPoint ได้เตรียมภาษา VBA มาให้ผู้ใช้ ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถปรับแต่งการทำงานของชีทคำนวณ Excel ได้ หรือแม้กระทั่งเชื่อมต่อการทำงานระหว่างโปรแกรม เช่น เชื่อมข้อมูลระหว่าง Excel, PowerPoint และ Word ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างอัตโนมัติ เสมือนยิงปืนนัดเดียวได้นกสามตัว

1.2.7 ในอดีตการใช้งานคอมพิวเตอร์ล้วนทำงานใน Text Mode คือ เป็นตัวอักษรล้วน ๆ ไม่มีภาพกราฟิกสวยงาม จนกระทั่งในปัจจุบัน ระบบปฏิบัติการ Windows ได้รับความนิยมสูงสุด และเข้ามาแทนที่ DOS ทั้งนี้เพราะระบบปฏิบัติการ Windows มีภาพกราฟิกสวยงาม และสามารถสื่อสารโต้ตอบกับผู้ใช้คอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงเหมือนกับผู้ใช้กำลังสื่อสารกับบุคคลอีกคนหนึ่งมากกว่าเป็นการสื่อสารกับวัตถุ (เรียกว่า User Friendly) บริษัท ไมโครซอฟท์จึงเล็งเห็นว่าโปรแกรมใน Text Mode (DOS) ถึงกาลที่หมดสมัยแล้ว จึงได้พัฒนาปรับปรุง Visual Basic

---

[1]ข้อมูลจาก Microsoft Developer Network Library Visual Studio 6.0

ออกมาเพื่อสนับสนุนการทำงานในระบบ Windows

1.2.8 Visual Basic เป็นการเขียนโปรแกรมแบบ Event-driven ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานให้รองรับเหตุการณ์ของการใช้งานของ User อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ User ใช้งานบน Windows ได้อย่างง่าย และสะดวกกว่าแบบ Procedural Programming มาก

1.2.9 การใช้งานบน DOS เนื่องจากเป็น Text Mode จึงขาดความเป็น User friendly แต่สำหรับ Visual Basic ซึ่งเป็นการใช้งานบน Windows จึงสามารถเขียนโปรแกรมให้โต้ตอบกับผู้ใช้ เป็นแบบ User friendly ได้ โดยมีรูปแบบการโต้ตอบต่าง ๆ เช่น Command Button, Option Button และ Check Box, List Box และ Combo Box, Scrollbar, MsgBox เป็นต้น

1.2.10 เม้าส์ (Mouse) เป็นอุปกรณ์สำหรับชี้ตำแหน่งที่มีความสำคัญในการใช้งานระบบ Windows ภาษา Visual Basic สามารถควบคุมการทำงานของเมาส์ได้อย่างมากมาย เช่น การเลื่อนเคอร์เซอร์ของเมาส์ การลากเมาส์ (Drag) การกดปุ่มต่าง ๆ บนเม้าส์ เป็นต้น

1.2.11 Visual Basic สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อรับข้อมูลทางคีย์บอร์ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้สามารถตรวจสอบการกดคีย์จากผู้ใช้ที่มีหลากหลายรูปแบบได้อย่างดี

1.2.12 เมนู (Menu) เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากในทุกโปรแกรมบน Windows เพราะเมนูเป็นหนึ่งในส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้มาตรฐาน เมนู คือ ที่เก็บรวบรวมคำสั่งแทบทั้งหมดของโปรแกรมเอาไว้เป็นกลุ่ม ๆ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ด้วยความสำคัญเช่นนี้ Visual Basic จึงมีความสามารถออกแบบและสร้างเมนูให้กับ User ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงมาก

1.2.13. Visual Basic สามารถสร้างโปรแกรมที่มีลักษณะ Multiple Document Interface (MDI) คือ โปรแกรมที่มีหลายวินโดว์ย่อยอยู่ในวินโดว์หลักอันเดียว (Microsoft Word เป็นตัวอย่างของโปรแกรมแบบ MDI) จะเห็นได้ว่า โปแกรมสามารถเปิดเอกสารได้หลายไฟล์ พร้อม ๆ กัน ซึ่งในโปรแกรมจะมีวินโดว์หลัก และมีเอกสารของแต่ละไฟล์เป็นวินโดว์ย่อย โดยผู้ใช้สลับการทำงานไปมาระหว่างเอกสารได้

1.2.14 Visual Basic มีประสิทธิภาพสูงในการสร้างกราฟจากฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ การปรับแต่งคุณสมบัติของตัวอักษร (Font) บนจอภาพ และที่พิมพ์ออกมาทาง Printer และ การแสดงผลลัพธ์ทาง Printer

1.2.15 Visual Basic สามารถเรียกใช้งาน “Active X” ซึ่งเป็นชื่อเรียกเทคโนโลยีที่ไมโครซอฟท์คิดค้นขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อสร้างระบบ Software ที่มุ่งเน้นการใช้งานและพัฒนาสำหรับใช้บน Internet เพื่อทำให้ Software ต่าง ๆ สามารถทำงานร่วมกันมีความยืดหยุ่น และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยง่าย

1.2.16 Visual Basic สามารถสร้างโปรแกรมที่มีทั้งภาพเคลื่อนไหวและเสียงที่เรียกว่า Multimedia

1.2.17 Visual Basic มีเครื่องมือและ “Active X” หลายตัวที่มุ่งเน้นให้ผู้ใช้สามารถพัฒนา

โปรแกรมสำหรับ internet และ Intranet เช่น LAN ได้ และสามารถใช้กับโปรแกรม Internet Explorer ได้อีกด้วย

1.2.18 Visual Basic สามารถสร้างระบบงานฐานข้อมูล (Database) โดยใช้ ADO (Active X Data Object) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีติดต่อกับฐานข้อมูลที่ทางบริษัทไมโครซอฟท์ ได้พัฒนาขึ้น ทำให้ผู้ใช้สามารถติดต่อกับระบบฐานข้อมูล (เช่น Microsoft Access) หรือระบบข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูล E-Mail ข้อมูลภาพ และอื่น ๆ ได้โดยสะดวก รวดเร็ว ดีกว่าเทคโนโลยีในอดีต

1.2.19 Visual Basic สามารถเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ หรือที่เรียกกันว่า OOP (Object Oriented Programming) การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในอดีตเป็นการเขียนโปรแกรมเชิงโครงสร้าง (Structural Programming) ซึ่งมีข้อจำกัดของการเขียนโปรแกรมอยู่ที่ประมาณ 1 แสนบรรทัด ซึ่งถ้าโปรแกรมใหญ่กว่านั้นจะทำให้การจัดการ การเพิ่มเติมแก้ไข ทำได้ยากวุ่นวายมาก แต่ถ้าเปลี่ยนมาเป็นการเขียนโปรแกรมมาเป็นแบบ Object Oriented นั้น ก็จะทำให้การจัดการโปรแกรมเขียนได้เป็นล้านบรรทัด ดังนั้น โปรแกรมคอมพิวเตอร์สมัยปัจจุบันนี้ ซึ่งมีความสลับซับซ้อนอย่างมากกว่าในอดีต จึงนิยมเขียนโปรแกรมแบบ OOP เพราะส่วนมากเป็นโปรแกรมที่มีขนาดเกินล้านบรรทัด

สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของสมศักดิ์ สุรชัยพิทักษ์[2] ที่เคยทำมาแล้วในอดีตนั้นเป็นโปรแกรมที่เขียนแบบ Structural และมีขนาดน้อยกว่า 1 แสนบรรทัด จึงขาดความยืดหยุ่น และยากแก่การพัฒนา รวมทั้งไม่เหมาะสมกับยุคสมัยนี้ แต่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของวิทยานิพนธ์นี้ต้องการให้เป็นโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้งานได้จริงในยุคปัจจุบันนี้ จึงเลือกเขียนด้วย Visual Basic เพราะสามารถเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[2]สมศักดิ์ สุรชัยพิทักษ์, “การประมาณราคาเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์”, วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536

บทที่ 2

วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

วิทยานิพนธ์เรื่องการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์การออกแบบการประเมินราคาและเปรียบเทียบราคาของระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพนี้ มีวัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา รวมทั้งขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษาดังนี้

2.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการศึกษา มีดังนี้

2.1.1 พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นใช้เองในประเทศไทย สำหรับงานวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการของระบบบำบัดน้ำเสีย

2.1.2 พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการประเมินราคา และการเปรียบเทียบราคาเบื้องต้น ระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพที่ออกแบบ เพื่อช่วยสรุปในการเลือกระบบการบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพหลากชนิดที่ออกแบบ เพื่อช่วยสรุปในการคัดเลือกระบบการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมในแง่เศรษฐศาสตร์ หรือเพื่อใช้เข้าประมูลงาน

2.1.3 เพื่อช่วยป้องกันความผิดพลาดของการคำนวณออกแบบ หรือประเมินราคาอันเนื่องมาจากการคำนวณด้วยมือ

2.2 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตการศึกษาและพัฒนาโปรแกรม มีดังนี้

2.2.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับน้ำเสีย ที่ใช้ระบบบำบัดทางกายภาพ และระบบบำบัดทาง ชีววิทยา ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วเป็นน้ำเสียจากชุมชนหรือจากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตร เช่น โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานอาหารกระป๋อง โรงงานน้ำตาล โรงงานสุรา เป็นต้น

2.2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ จะไม่สามารถใช้สำหรับน้ำเสียที่ต้องใช้ระบบบำบัดทางเคมีหรือระบบบำบัดชั้นสูงทางกายภาพ-เคมีซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมทางเคมี เหมืองแร่ โรงไฟฟ้า เป็นต้น

2.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการศึกษา

การดำเนินการศึกษามีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

2.3.1 ศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบ และประมาณราคาเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพทั้งที่เป็นงานวิทยานิพนธ์งานวิจัย โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปของในประเทศและต่างประเทศ เช่น วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ปี 2536 ของ สมศักดิ์ สุรชัยพิทักษ์ เป็นต้น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมเหล่านั้นให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

2.3.2 ศึกษากระบวนการคำนวณออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียทางกายภาพและชีววิทยาตลอดจนอุปกรณ์-เครื่องจักรกลของแต่ละหน่วยบำบัดที่นำเสนอในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ที่ศึกษาในหัวข้อ 2.3.1 เพื่อพัฒนาให้ดีขึ้น

2.3.3 ศึกษาพารามิเตอร์ของน้ำเสีย โดยเน้นน้ำเสียจากชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมประเภทการเกษตร เพื่อที่จะนำเป็นแนวคิดในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม และจำเป็นในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย

2.3.4 ศึกษากระบวนการคำนวณออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ซึ่งมิได้ถูกนำเสนอในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆ ที่ศึกษาในหัวข้อ 2.3.1 ข้อดี-ข้อเสียลักษณะการทำงาน สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงาน ผลที่เกิดขึ้นจากการทำงานตลอดจนอุปกรณ์ เครื่องจักรกล ที่จำเป็นของแต่ละหน่วยบำบัด

2.3.5 ศึกษาการทำ hydraulics profile การทำ plant lay-out บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ AUTO-CAD และศึกษาการประเมินราคาค่าใช้จ่ายต่างๆ ทั้งด้านงานก่อสร้าง อุปกรณ์ - เครื่องจักรกล และอื่นๆ ที่จำเป็นต้องมีในระบบบำบัด น้ำเสีย

2.3.6 จัดทำผังงาน (flow chart) สำหรับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย ผังงานหลักควบคุมการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด ผังงานย่อยเพื่อเข้าถึงการดำเนินการในแต่ละงานเฉพาะอย่าง

2.3.7 จัดทำไฟล์ตารางแสดงบนหน้าจอสำหรับให้ไฟล์ที่เก็บพารามิเตอร์ที่ใช้ออกแบบหรือผลลัพธ์ของการคำนวณหน่วยบำบัดต่าง ๆ ได้ใช้ร่วมกัน ไฟล์สำหรับก๊อปปี้โปรแกรมจากแผ่นดิสก์ต้นฉบับไปยังแผ่นดิสก์อื่น ๆ เพื่อให้การจัดการระบบฐานข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.8 จัดทำไฟล์ตารางการคำนวณ สำหรับการประเมินราคาไฟล์แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการประเมินราคาหน่วยบำบัดต่างๆ เพื่อให้สามารถทำการประเมินและเปรียบเทียบราคาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.9 จัดทำไฟล์การจัดทำผลลัพธ์ของการคำนวณให้ออกมาเป็นรายงาน เพื่อแสดงผลลัพธ์ที่ได้ในรูปเอกสารสิ่งพิมพ์

2.3.10 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษา Visual Basic ตามผังงานในข้อ 2.3.6

2.3.11 ทำการทดสอบโปรแกรม ประเมินค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของโปรแกรมและแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

2.3.12 สรุปผลการศึกษา

2.3.13 จัดทำเอกสารคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ทฤษฎีสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

3.1 หน่วยบำบัดน้ำเสียสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบ

หน่วยบำบัดน้ำเสียที่มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่

1) ถังดักกรวดทรายหรือกริต
2) ถังปรับเสมอหรือถังปรับดุล
3) ถังตกตะกอนขั้นต้น
4) กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์
5) ถังทำใสหรือถังตกตะกอนขั้นสอง
6) สระเติมอากาศ
7) บ่อปรับเสถียรน้ำเสีย
   7.1) บ่อแฟคัลเททีฟ
   7.2) บ่อเหม็น
   7.3) บ่อบ่ม
8) การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน
9) การฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน
10) การฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเลต
11) กระบวนการย่อยแบบไร้อากาศ
12) ลานตากสลัดจ์
13) ระบบเครื่องอัดกรอง เครื่องกรองแบบสูญญากาศ สายพานรีดน้ำ และการหมุนเหวี่ยงเพื่อรีดน้ำออกจากสลัดจ์
14) ระบบโปรยกรอง
15) ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ
16) การย่อยแบบใช้อากาศ
17) ถังกรองไร้อากาศ
18) กระบวนการสัมผัสแอนแอโรบิก
19) ถังปฏิกิริยาฟลูอิดไดซ์ไร้อากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20) การแปรสภาพแอมโมเนียด้วยการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพชนิดการเติบโตแบบแขวนลอย

20.1) การคาร์บอนออกซิเดชันและไนตริฟิเคชันชั้นเดียว

20.2) การไนตริฟิเคชันแบบแยก

21) การแปรสภาพแอมโมเนียด้วยการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพชนิดการเติบโตแบบเกาะติด

21.1) ระบบโปรยกรองแบบแยก

21.2) ระบบโปรยกรองแบบชั้นเดียว

21.3) การไนตริฟิเคชันแบบรวมของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

21.4) การไนตริฟิเคชันแบบแยกของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

22) การกำจัดฟอสฟอรัสโดยวิธีการทางชีวภาพ

23) การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโดยวิธีการทางชีวภาพ

24) ถังทำข้นแรงโน้มถ่วง

25) การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (แดฟ)

26) การกำจัดน้ำทิ้ง

3.1.1 <u>สูตรที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์และการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย</u>

3.1.1.1 สำหรับสูตรของหน่วยบำบัดในหัวข้อย่อยที่ 1) – 13) ของหัวข้อที่ 3.1 ข้างต้นสามารถศึกษาได้จากวิทยานิพนธ์ของสมศักดิ์ สุรชัยพิทักษ์ [1]

3.1.1.2 สำหรับสูตรของหน่วยบำบัดในหัวข้อย่อยที่ 14) – 26) ของหัวข้อที่ 3.1มีดังจะได้กล่าวถึงต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[1]สมศักดิ์ สุรชัยพิทักษ์, “การประมาณราคาเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์,” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536), หน้า 7-49

3.1.2 ระบบโปรยกรอง

ระบบโปรยกรอง (Trickling filter) เป็นปฏิกรณ์ฟิล์มตรึงอยู่ในรูปหอสูงบรรจุตัวกลางในเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้ แบคทีเรียและจุลชีพอื่นๆ จะเจริญเติบโตเป็นฟิล์มบางๆ อยู่บนตัวกลางที่เป็นของแข็งและกำจัดสารอาหารละลายในน้ำเสียในขณะที่ไหลผ่านไป ในการทำงานจะมีการหลุดลอกของจุลินทรีย์จากผิวหน้าของฟิล์ม ทำให้ความเข้มข้นของสารแขวนลอยในกระแสออกมากกว่าในกระแสเข้าทั้งนี้เพราะสารอาหารละลายถูกเปลี่ยนเป็นเซลล์ ซึ่งสามารถแยกออกโดยการตกตะกอน

Trickling filter มีทั้งแบบที่มีหินและแบบพลาสติกเป็นตัวกลาง แต่มีส่วนประกอบสำคัญที่เหมือนกันคือ ตัวกลาง ผนังล้อมรอบหรือฝาปิด ระบบจ่ายน้ำเสีย ระบบระบายน้ำใต้เครื่อง

Trickling filter สามารถใช้บำบัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำได้อย่างประหยัด ส่วนการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงจะต้องระวัง เพราะมีข้อจำกัดการถ่ายเทออกซิเจน ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหากลิ่นและการทำงานของระบบ และยังสามารถใช้แยกบางส่วนของสารอินทรีย์ก่อนที่จะบำบัดต่อด้วย กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์

ถ้าใช้ตัวกลางพลาสติก ก็สามารถสร้างเป็นหอสูงได้ จึงมีประโยชน์อย่างยิ่งเมื่อมีเนื้อที่จำกัด

กระบวนการนี้ง่ายต่อการควบคุมการปฏิบัติการ จึงใช้มากในงานที่ไม่สามารถจ้างผู้ควบคุมฝีมือสูง

3.1.2.1 NRC equations ใช้สำหรับกรณีมีก้อนหินเป็นตัวกลาง หาปริมาตรของก้อนหินที่ต้องการ (V)

ก) สำหรับ single-stage หรือ first-stage rock filter มีสมการคือ

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.0561\sqrt{\frac{W}{VF}}} \qquad (3.1)$$

เมื่อ E_1 = ประสิทธิภาพของการกำจัด BOD ที่ 20 °C รวมทั้งมี recirculation และการตกกตะกอน (เปอร์เซ็นต์)

W = BOD loading (lb/d)

V = ปริมาตรของตัวกลาง ($10^3 ft^3$) เป็นสิ่งที่ต้องการคำนวณหา

F = recirculation factor

ข) <u>Recirculation factor</u> คำนวณจากสมการดังนี้

$$F = \frac{1 + R}{(1 + R/10)^2} \qquad (3.2)$$

เมื่อ R = recirculation ration = Q_r/Q

Q_r = recirculation flow

Q = wastewater flow

ค) <u>สำหรับ second-stage filter</u> มีสมการ คือ

$$E_2 = \frac{100}{\left(1+ \frac{0.0561}{1-E_1}\sqrt{\frac{W}{VF}}\right)} \qquad (3.3)$$

เมื่อ E_2 = ประสิทธิภาพของการกำจัด BOD สำหรับ second-stage filter ที่ 20 ^{o}C รวมทั้งมี recirculation และการตกตะกอน (เปอร์เซ็นต์)

W' = BOD loadin เข้าสู่ second-stage filtr (lb/d)

3.1.2.2 <u>สมการสำหรับ plastic media</u> ใช้สมการของ Germain & Schultz ดังนี้

$$\frac{S_e}{S_i} = \exp\left[-K_{20}D(Q_v)^{-n}\right] \qquad (3.4)$$

เมื่อ S_e = ค่า BOD_5 ทั้งหมด ของน้ำที่ตกตะกอนแล้ว (mg/l)

S_i = ค่า BOD_5 ทั้งหมด ที่เข้าสู่ filtere (mg/l)

K_{20} = treatability constant ขึ้นกับความลึกของ filter ที่ 20 ^{o}C หน่วย $(gal/min)^n ft$

D = ความลึกของ filter

Q_v = volumetric flowrate ต่อปริมาตรของ filter ($gal/ft^2.min$)

Q_v = (Q/A)

Q = อัตราการไหลเข้าของน้ำเสียสู่ filter ไม่รวมการ recirculation (gal/min)

A = พื้นที่หน้าตัดของ filter (ft^2)

n = ค่าคงที่จากการทดลอง ปกติเท่ากับ 0.5

จากสมการข้างต้นสามารถหาค่าพื้นที่หน้าตัดของ filture (A) ได้ตามต้องการโดยการคำนวณที่ความลึกของ filture (D) ต่างๆ ตามกำหนด

3.1.2.3 <u>สมการของ Albertson</u> ใช้สำหรับการเปลี่ยนค่า K_{20} เมื่อเปลี่ยนค่าความลึกของ filture ดังนี้

$$K_2 = K_1 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^X \qquad (3.5)$$

เมื่อ K_2 = treatability constant สำหรับ filter ความลึก D_2

K_1 = treatability constant สำหรับ filter ความลึก D_1

D_1 = ความลึกตัวกรอง-1 (ft)

D_2 = ความลึกตัวกรอง-2 (ft)

X = 0.5 สำหรับ vertical and rock media filter

0.3 สำหรับ cross flow plastic medium filter

3.1.2.4 <u>ความเร็วรอบของการหมุนของ rotary distributor</u> สามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$n = \frac{1.6\,(Q_T)}{(A \times DR)} \qquad (3.6)$$

เมื่อ n = ความเร็วรอบของการหมุน (รอบ/นาที)

$Q_T = Q + Q_R$

Q = influent hydraulic loading ($gal/ft^2.min$)

Q_R = recycle flow hydraulic loading ($gal/ft^2.min$)

DR = dosing rate (in/pass of distributor arm)

3.1.2.5 <u>Draft</u> คือ หัวความดันของอากาศสำหรับการระบายอากาศใน filter ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ อาจจะพิจารณาได้จากสมการดังนี้

$$D_{air} = 3.53 \times \left(\frac{1}{T_c} - \frac{1}{T_n} \right) \times Z \qquad (3.7)$$

เมื่อ D_{air} = natural air draft (mm)

T_c = cold temperature (^oK)

T_n = hot temperature (^oK)

Z = ความสูงของตัวกรอง (m)

3.1.2.6 ค่า average pore air temperature พิจารณาจาก log-mean temperatcre (T_m)

$$T_m = \frac{(T_2 - T_1)}{\ln(T_2/T_1)} \qquad (3.8)$$

เมื่อ T_1 = warmer temperature (^oK)

T_2 = colder temperature (^oK)

3.1.3 ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (RBC) เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของเครื่องปฏิกรณ์ฟิลม์ตรึง (จุลชีพเกาะอยู่กับที่) ประกอบด้วยแผนกลมขนานติดตั้งฉากกับแกนเพลาแนวนอนตรงศูนย์กลางแผ่นชุดทั้งหมดวางในถัง ระดับของแกนเพลาอยู่เหนือผิวของของเหลวเล็กน้อย เพื่อให้แผ่นกลมจมอยู่ประมาณครึ่งหนึ่ง จุลชีพเจริญเติบโตอยู่บนผิวหน้าของแผ่น การหมุนของแกนเพลาทำให้จุลชีพสัมผัสกับของเหลวแล้วใช้สารอินทรีย์ในของเดียวในขณะเดียวกันการหมุนของแผ่นผ่านของเหลวทำให้เกิดแรงเฉือนและเกิดการหลุดออกของฟิลม์จุลชีพอย่างต่อเนื่องรักษาความหนาของฟิลม์ไว้ให้ค่อนข้างคงที่ การหมุนนี้ยังทำให้เกิดการผสมทำให้จุลชีพที่หลุดลอกออกไปแขวนลอยอยู่แล้วออกไปกับกระแสออก

กลไกการเติมอากาศให้จุลชีพมี 2 แบบ กลไกแรกเมื่อแผ่นจานหมุนขึ้นบนผิวของของเหลว ฟิลม์บางๆ ของของเหลวยังคงค้างอยู่บนแผ่น ออกซิเจนจะถ่ายเทเข้าในฟิลม์เมื่อจุดนั้นกลับจมลงจะถ่ายเทของเหลวที่มีออกซิเจนสูงส่งถังปฏิกรณ์เป็นเหตุให้ออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้น กลไกที่สองความปั่นป่วนจากการหมุนของแผ่นทำให้ของเหลวสามารถกักอากาศได้ปริมาณหนึ่ง การผสมในถังกระจายอากาศนี้เพิ่มออกซิเจนละลาย และรักษาความเข้มข้นให้สม่ำเสมอ

การทำงานของ RBC ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของตัวกลางที่แบคทีเรียเจริญเติบโต การออกแบบระบบอาร์บีซี เกือบทั้งหมดเป็นแบบอนุกรมที่แต่ละขั้นประกอบด้วยแผ่นจานติดตั้งบนแกนอันเดียว มีทิศทางการไหลตั้งฉากกับแนวแกน

วัตถุประสงค์สำคัญของ RBC คือการกำจัดสารอินทรีย์ละลาย โดยเปลี่ยนเป็นเซลที่ไม่ละลาย ซึ่งสามารถแยกออกได้โดยการตกตะกอน ใช้บำบัดทิ้งน้ำเสียชุมชนและอุตสาหกรรม

การออกแบบ RBC ใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\text{required surface area} = \frac{Q_{ave} \times BOD_{inf}}{\text{Organic loading rate} \times 1000} \quad (3.9)$$

เมื่อ Q_{ave} = average design flow rate

$$\text{Maximum Organic loading rate of first stage} = \frac{(\text{Organic loading peak factor} \times Q_{ave} \times BOD/1000)}{\text{required surface area}} \quad (3.10)$$

$$\text{Volume of tank} = Q_{ave} \times \text{hydraulic retention time} \quad (3.11)$$

$$\text{Effluent BOD} = BOD_{inf} \times (1 - \%\ \text{BOD removal}/100) \quad (3.12)$$

3.1.4 <u>การย่อยแบบใช้อากาศ</u>

วัตถุประสงค์สำคัญของการย่อยแบบแอโรบิคคือ การทำลายสารอินทรีย์ไม่ละลายในสภาพมีอากาศ ถังปฏิกิริยาที่ใช้ส่วนมากเป็นแบบผสมสมบูรณ์ ถังย่อยแอโรบิคส่วนมากเป็นถังคอนกรีตลึกประมาณ 5 เมตร การออกแบบคล้ายถังเติมอากาศของกระบวนการแอกทิเวแต้ดสลัดจ์ การออกแบบเป็นแบบผสมสมบูรณ์ การกวนผสมและการถ่ายเทออกซิเจนใช้ทั้งแบบหัวเป่าอากาศและแบบเครื่องกลเติมอากาศ ใช้อากาศเป็นแหล่งออกซิเจน บางทีใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์

ในโรงบำบัดขนาดเล็กปกติการทำงานเป็นแบบต่อเนื่องจึงต้องมีถังตกตะกอนสำหรับทำให้ตะกอนที่บำบัดแล้วเข้มข้นขึ้น และแยกตะกอนออกจากของเหลว

การย่อยแบบแอโรบิคเหมาะที่จะใช้กับตะกอนขั้นที่สองจากกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ หรือ trickling filter เพราะตะกอนเหล่านี้เป็นจุลินทรีย์เกือบทั้งหมดเกิดปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดคือ การสลายตัวของจุลชีพ

การวิเคราะห์และออกแบบ conventional aerobic digestion ใช้สูตรดังนี้

3.1.4.1 <u>Tank volume</u> ขนาดของถังย่อยสลายสามารถคำนวณด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$V = \frac{Q_i (X_i + Ys_i)}{[X(K_d P_v + \frac{1}{\theta_c})]} \qquad (3.13)$$

เมื่อ V = ปริมาตรของ areobic digester (ft^3)

Q_I = อัตราไหลของสลัดจ์เข้าเฉลี่ย (ft^3/d)

X_i = ของแข็งแขวนลอยในสลัดจ์เข้า (mg/l)

Y = fraction of the influent BOD_5 ของ raw primary sludge (expressed as a decimal)

S_i = BOD_5 ของสลัดจ์เข้า (mg/l)

X = digester suspend solids (mg/l)

K_d = reaction-rate constant (d^{-1})

P_v = volatile fraction of digester suspended solids (expressed as a decimal)

θ_c = solids retention time (sludge age) (d)

3.1.4.2 <u>ปริมาตรของ sludge ที่จะถูกทำลาย</u> สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการดังนี้

$$V = \frac{W_s}{(\rho_w S_{sl} P_s)} \qquad (3.14)$$

เมื่อ W = น้ำหนักของ dry solids (lb)

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (lb/ft^3)

S_{sl} = specific gravity of sludge

P_s = เปอร์เซ็นต์ของแข็ง (expressed as a decimal)

3.1.5 ถังกรองไร้อากาศ

ถังกรองไร้อากาศ (anareobic filter) มีลักษณะเป็นถังบรรจุด้วยตัวกลาง ใช้สำหรับบำบัดสารอินทรีย์ คาร์บอนในน้ำเสีย น้ำเสียจะไหลขึ้นผ่านตัวถังและสัมผัสกับตัวกลาง ซึ่งมีจุลชีพแบบไม่ใช้อากาศอาศัยอยู่ เนื่องจากจุลชีพเหล่านี้อาศัยอยู่บนตัวกลางและไม่ถูกชะออกไปกับน้ำออกจากถัง ดังนั้นค่าเวลากักเก็บตะกอนจุลชีพหรืออายุตะกอนจุลชีพสามารถมีค่าได้ถึง 100 วัน กระบวนการบำบัดนี้ยังสามารถใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำได้ด้วย

3.1.5.1 Volum sizing

$$E = 100(1 - S_k\, HRT^{-m}) \qquad (3.15)$$

เมื่อ E = ประสิทธิภาพของการกำจัด COD (%)

S_k, m = system and media coefficient ตามลำดับ

HRT = hydraulic retention time (hour)

$$V = Q \times HRT \qquad (3.16)$$

เมื่อ Q = อัตราน้ำเสียที่ไหลเข้า anaeraobic filter (m^3/h)

V = volume of reactor (m^3)

3.1.5.2 Organic loading rate (OLR)

$$OLR = \frac{Q \times COD}{V \times 1000} \qquad (3.17)$$

เมื่อCOD = Chemical Oxygen demand (mg/l)

3.1.5.3 Effuent recycle

$$r = \frac{S_0}{12000} = \frac{R}{Q} \qquad (3.18)$$

เมื่อ r = minimum recycle capacity (r)

S_0 = COD น้ำเสียจริงก่อนผสมกับน้ำเวียนกลับ (mg/l)

R = recycle flow area (m^3/h)

3.1.5.4 Area, height and upflow velocity

$$h = HRT \times V_0 \quad (3.19)$$

$$A = \frac{V_o}{h} \quad (3.20)$$

เมื่อ h = height of reactor (m)

V_0 = upflow velocity (m/d)

A = area of reactor (m^2)

3.1.5.6 Sludge wasting

$$Y_n = Y_0 \times \frac{1 + 0.2\, K_d\, (SRT)}{1 + 1.2\, K_d\, (SRT)} \quad (3. .21)$$

$$\text{Excess sludge (kg vss)} = Y_n (S_0 - S) \frac{Q}{1000} \quad (3.22)$$

เมื่อ Y_n = net steady state biomass yield (mg VSS/mg vod removed)

Y_0 = true biomass yield coefficient

K_d = biomass decay rate (day^{-1})

SRT = solids retention time (day)

S_0 = ค่า COD ที่เข้าสู่ระบบ

S = ค่า COD ที่ออกจาก

3.1.5.6 Gas production

$$CH_4 = q \times Q \times (S_0 - S) \quad (3.23)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ CH_4 = methane production (l/d)

q = rate of methane production (l/kg COD removed at a temperature)

3.1.6 กระบวนการสัมผัสแอนแอโรบิก

ในกระบวนการสัมผัสแอนแอโรบิก (anaerobic contact process) นี้น้ำเสียจะถูกผสมรวมกับตะกอนที่ถูกเวียนกลับมาและถูกย่อยสลายในถังปฏิกิริยาซึ่งมีการป้องกันไม่ให้อากาศเข้ามาได้ ถังย่อยสลายนี้จะเป็นถังแบบกวนผสมอย่างสมบูรณ์หลังจากการย่อยสลายน้ำตะกอนจะถูกแยกในถังตกตะกอนหรือถังทำให้ลอยแบบสูญญากาศและน้ำส่วนบนถังย่อยสลาย (supernatant) จะเป็นน้ำทิ้งออกไป ซึ่งโดยทั่วไปจะถูกนำไปบำบัดต่อตะกอนจุลชีพแบบไร้อากาศที่ตกตะกอนแล้วจะถูกเวียนกลับมาผสมรวมกับน้ำเสียที่เข้าสู่ถังปฏิกิริยาอีกเนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตของจุลชีพแบบไร้อากาศมีค่าต่ำ ปริมาณตะกอนส่วนเกิน (excess sludge) จึงมีน้อยมาก

3.1.6.1 Flow rate of the recycle sludge

$$Q_R = \frac{XQ}{X_R - X} \qquad (3.24)$$

เมื่อ Q_R = flow rate of the recycle sludge (m^3/h)

Q = อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ (m^3/h)

X = solid content in digester (kg TS/m^3)

X_R = solid content in recycle sludge (kg TS/m^3)

3.1.6.2 Sizing degassing unit

$$V_{DG} = Q \cdot HRT_{DG} \qquad (3.25)$$

เมื่อ HRT_{DG} = ระยะเวลากักเก็บของถัง degassing (h)

V_{DG} = ปริมาตรของถัง (m^3)

3.1.6.3 Surface area of clarifier

$$A = \frac{Q}{V_0} \qquad (3.26)$$

เมื่อ A = surface area (m^2)

V_0 = surface loading rate (m/h)

3.1.6.4 Solids loading rate of clarifier

$$SLR = \frac{Q \times TS}{A\,(100)} \qquad (3.27)$$

เมื่อ SLR = solid loading rate (kg TS/$m^2 \cdot h$)

TS = total solids (mg/l)

3.1.6.5 Volume of clarifier

$$V_{elf} = Q \cdot HRT_{elf} \qquad (3.28)$$

เมื่อ V_{elf} = ปริมาตรถังตกตะกอน (M^3)

HRT_{elf} = ระยะเวลากักเก็บของถัง (hour)

3.1.7 ถังปฏิกิริยาฟลูอิดไดซ์ไร้อากาศ

ในกระบวนการบำบัดถังปฏิกิริยาฟลูอิดไดซ์ไร้อากาศ (anaerobic expanded/fluidizedbed) นี้น้ำเสียจะถูกสูบด้วยเครื่องสูบน้ำเสียและส่งไหลขึ้นข้างบนผ่านชั้นของตัวกลางที่เหมาะสม (เช่น ทราย, ถ่าน) ซึ่งมีจุลชีพเจริญเติบโตอาศัยอยู่ น้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้วซึ่งจะไหลออกด้านบนของถัง บางส่วนจะถูกนำหมุนเวียนกลับมาเจือจางน้ำเสียใหม่ที่เข้ามาและยังคงทำให้ชั้นตัวกลางอยู่ในสภาวะขยายตัวได้ ความเข้มข้นของมวลจุลชีพอยู่ระหว่าง 15,000 - 40,000 mg/l กระบวนการนี้ยังสามารถใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนได้อีกด้วย

3.1.7.1 Bed sizing

ก) ปริมาตรของถังปฏิกิริยา

$$t = V/Q \qquad (3.29)$$

เมื่อ t = ระยะเวลากักเก็บน้ำ (hour)

V = ปริมาตรของถังปฏิกิริยา (m^3)

Q = อัตราการไหลจริงของน้ำเสีย (influent) (m^3/h)

ข) Fluidization flow rate

$$R = Q + E \qquad (3.30)$$

เมื่อ R = fluidization flow rate (m^3/h)

E = complementary stream of effluent (m / h)

ค) reactor surface

$$s = R/u \qquad (3.31)$$

เมื่อ s = reactor surface (m^2)

u = superficial velocity (m/h)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง) Hight of reactor (H)

$$H = V/S \qquad (3.32)$$

จ) H/D ratio

$$H/D = H/(s/\frac{\pi}{4})^{1/2} \qquad (3.33)$$

เมื่อ D = diameter of reactor

3.1.7.2 Fluidized bed characteristcs

ก) Pressure losses หาได้จากสมการของ Carmer-Kozeny ดังนี้

$$P_{mf} = (P_s - P_l)(1 - \varepsilon_{mt})H \qquad (3.34)$$

เมื่อ P_{mf} = pressure loss at minimum fluidization condition

P_s, P_l = specific gravity of solid and liquid ตามลำดับ

ε_{mt} = porosity of bed at minimum fluidization condition

Pressure loss เมื่อเพิ่มความเร็วจนชั้นตัวกลางขยายตัว โดยไม่กระทบต่อpressure loss.

P = pressure loss at expanded condition

ε = porosity of bed at expanded condition

ดังนั้น สมการที่ทุกการขยายตัวของชั้นตัวกลาง สามารถเขียนได้ว่า

$$(1 - \varepsilon)H = \text{constant} = (1 - \varepsilon_{mf})H_{mf} \qquad (3.36)$$

ข) Minimum fluidization condtion

สมการที่ส่วนมากใช้อธิบายการขยายตัวของชั้นตัวกลางที่ถูกฟลูอิดไดซ์คือสมการของ Richardzon-Zaki ดังนี้

$$u = \frac{\varepsilon^n}{u_{t\infty}} \qquad (3.37)$$

เมื่อ u = empty-bed liquid upflow velocity

ε = porosity of the bed (void space)

$u_{t\infty}$ = free-falling terminal velocity of the particale

ซึ่งควรถูกปรับค่าให้ถูกเนื่องจากผลกระทบของผนังถัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\log U_{t\infty} = \log u_t - d/D \quad (3.38)$$

เมื่อ d, D = เส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคและถัง ตามลำดับ

สำหรับค่า n ต้องพิจารณาที่ค่า reynold number (R_{et}) ต่างๆ ดังนี้

$$n = 4.65 + 20\ d/D \qquad (R_{et} < 0.2) \quad (3.39)$$

$$n = (4.4 + 18\ d/D)R_{et}^{-0.03} \qquad (0.2 < R_{et} < 1) \quad (3.40)$$

$$n = (4.4 + 18\ d/D)R_{et}^{-0.1} \qquad (1 < R_{et} < 200) \quad (3.41)$$

$$n = 4.4\ R_{et}^{-0.1} \qquad (200 < R_{et} < 500) \quad (3.42)$$

$$n = 2.4 \qquad (500 < R_{et}) \quad (3.43)$$

3.1.7.3 Organic loading rate

$$\text{Organic loading rate} = \frac{Q \times COD}{V \times 1000} \quad (3.44)$$

เมื่อ Q = influent flow rate (m^3/d)

V = volume of reactor (m^3)

COD = chemical oxygen demand (mg/l)

3.1.8 การแปรสภาพแอมโมเนียด้วยการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพชนิดการเติบโตแบบแขวนลอย

กระบวนการที่ไนโตรเจนในน้ำเสียที่ยังไม่ถูกบำบัดหรือน้ำเสียที่ทถูกทำให้ตกตะกอนแล้วสามารถถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรทได้เรียกว่า กระบวนการไนตริฟิเคชั่นทางชีวภาพ (biologicalnitrification) น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการนี้เหมาะกับแหล่งน้ำที่ต้องการในเรื่องเกี่ยวกับการลดความต้องการออกซิเจนของไนโตรเจน (nitrogen oxygen demand) หรือเรื่องการลดความเป็นพิษของ แอมโมเนีย

3.1.8.1 การคาร์บอนออกซิเดชันและไนตริฟิเคชันชั้นเดียว

กระบวนการไนตริฟิเคชั่นสามารถเกิดขึ้นได้กับกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (activated sludge) ทุกรูปแบบ กระบวนการที่ใช้กันเป็นปกติอย่างมากที่สุด ได้แก่ convntionalplug-flow, complete-mix, extended aeration และรูปแบบต่างๆ ของ oxidation ditch

การให้เกิดไนตริฟิเคชั่นนั้น ความต้องการทั้งหมดคือการรักษาไว้ ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลชีพชนิดไนติฟายอิ้ง (nitrifyingorganisms) ตัวอย่างเช่นในเขตอากาศอบอุ่นส่วนใหญ่นั้นไนตริฟิเคชั่นสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการเพิ่มค่าอายุตะกอนในระบบ และปริมาณอากาศที่ใส่เข้าระบบ

การออกแบบใช้สูตรต่าง ดังต่อไปนี้

$$Q_r = [MLSS/(MLRSS - MLSS)] \times Q_{ave} \quad (3.45)$$

เมื่อ Q_r = recycle sludge flow rate

Q_{av} = average flow rate

เมื่อ $mass_{BOD} = [Q_{ave} \times BOD_{inf}]$ (F/M) (3.46)

$$mass_{TKN} = [Q_{ave} \times TKN_{inf}] \quad (TKN/MLSS) \quad (3.47)$$

$$mass = mass_{BOD} + mass_{TKN} \quad (3.48)$$

$$\text{water volume} = mass/MLSS \quad (3.49)$$

$$\text{detention time} = \text{water volume } (Q_{ave} + Q_r) \quad (3.50)$$

$$\text{organic loading} = Q_{ave} \times \frac{BOD_{inf}}{\text{water volume}} \quad (3.51)$$

$$excess\ sludge_{BOD} = [Y_{BOD} \times efficiency_{BOD} \times Q_{ave} \times BOD_{inf}] - (kd_{BOD} \times mass_{BOD}) \quad (3.52)$$

$$excess\ sludge_{TKN} = [Y_{TKN} \times efficiency_{TKN} \times Q_{ave} \times TKN_{inf}] - (kd_{TKN} - mass_{TKN}) \quad (3.53)$$

$$\text{excess sludge} = excess\ sludge_{BOD} + excess\ sludge_{TKN} \quad (3.54)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

sludg age (θ_c) = mass/excess sludge + SS in efflent _____(3.55)

BOD_{eff} = BOD_{inf} × (1 - % BOD removal/100) _____(3.56)

TKN_{eff} = TKN_{inf} × (1 - % TKN removal/100) _____(3.57)

BOD removal = $(BOD_{inf} - BOD_{eff}) \times Q_{ave}$ _____ (3.58)

TKN removal = $(TKN_{inf} - TKN_{eff}) \times Q_{ave}$ _____(3.59)

O_2 $requirement_{BOD}$ = BOD removal (BOD_5 - BOD_u ratio)
- (1.42 × access sludge) _____(3.60)

O_2 $requirement_{TKN}$ = (4.75 × TKN removal) _____(3.61)

O_2 requirement = O_2 $requirement_{BOD}$
+ O_2 $requirement_{TKN}$ _____(3.62)

$$HP_O = \frac{O_2 \text{ requirement}}{(O_2 \text{ transfer capacity of aerator})} \quad \text{_____ (3.63)}$$

HP_{mix} = mixing requirement × water volume_____ (3.64)

3.1.8.2 <u>การไนตริฟิเคชันแบบแยก</u>

ทั้งกระบวนการแบบจุลชีพแขวนลอยและจุลชีพตรึงอยู่กับที่สามารถนำมาใช้งานนี้ได้ไนตริฟิเคชั่นในถังปฏิกิริยาแบบแยก ทำให้การบำบัดมีความยืดหยุ่นและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และทั้งกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนและกระบวนการไนตริฟิเคชั่น สามารถดำเนินการแยกจากกันได้เพื่อควบคุมให้ได้จุดเหมาะสม สารอินทรีย์ซึ่งย่อยสลายทาง ชีวภาพได้ที่อาจเป็นอันตรายแก่ไนตริฟายอิ้งแบคทีเรียสามารถถูกกำจัดไปก่อนในขั้นตอนปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอน

ประสิทธิภาพในการกำจัสารอินทรีย์คาร์บอนในขั้นตอนปฏิกิริยาคาร์บอนออกซิเดชั่นจะมีผลต่อการเลือกและควบคุมกระบวนการไนตริฟิเคชั่นความเข้มข้นของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ระดับต่ำในน้ำเสียเข้าสู่ขั้นไนตริฟิเคชั่น ทำให้ถังปฏิกิริยาแบบจุลชีพตรึงอยู่กับที่ได้เปรียบกว่า เนื่องจากอาจจะตัดทิ้งความต้องการถังตกตะกอนทำให้น้ำใสที่ตามหลังถังไนตริฟิเคชั่นได้ สำหรับถังในปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นจุลชีพแขวนลอยค่าสารอินทรีย์คาร์บอนต่ำในน้ำเข้าอาจจะทำให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างของแข็งที่หลุดออกจากถังตกตะกอนไปกับของแข็งที่ถูกสังเคราะห์ในถังปฏิกิริยาได้

ก. BOD oxidation tank

นำสมการบางสมการของ single-stage suspend-growth nitrofication มาใช้ออกแบบได้แก่ สมการที่ (3.45), (3.46), (3.49) ถึง (3.51). (3.52), (3.55), (3.56), (3.58), (3.60),(3.63), (3.64)

ข. Nitrification tank

นำสมการบางสมการของ single-stage suspended-growth nitrification มาใช้ออกแบบได้แก่ สมการที่ (3.45), (3.47), (3.49) ถึง (3.51), (3.53), (3.55), (3.57), (3.59), (3.61),(3.63), (3.64)

3.1.9 การแปรสภาพแอมโมเนียด้วยการไนตริฟิเคชันทางชีวภาพชนิดการเติบโตแบบเกาะติด

สำหรับกระบวนการแบบจุลชีพตรึงอยู่กับที่บนตัวกลางมี 2 กระบวนการที่สามารถถูกนำมาใช้ได้คือ tricking filter และ rotating biological contactor (RBC) กระบวนการไนตริฟิเคชั่นสามารถเกิดขึ้นได้โดยการลดอัตราภาระบรรทุกที่เข้าสู่ระบบ

3.1.9.1 ระบบโปรยกรองแบบแยก

การออกแบบมีขั้นตอนดังนี้

(การออกแบบนี้ใช้เฉพาะกับตัวกลาง (media) ชนิด high-density = 138 m^2/m^3 เท่านั้น)

ก. สำหรับ zero-order nitrification

k_n (nitrification rate) = 1.2 g/m^2·d (ที่ 10-30 ^oC)

$$k_{nt} = k_{10}\theta^{t-10} \quad \text{เมื่อ } \theta = 1.045 \qquad (3.65)$$

ข. สำหรับ first-order nitrification)

$$K_n' = 1.2 \; \frac{N_e^{0.75}}{N_t} \qquad (3.66)$$

เมื่อ K_n' = nitrification rate สามารถใช้ได้ในช่วง 10-30 ^oC โดยไม่ต้องทำ correction

N_t = The transition NH_4-N สำหรับการปฏิบัติการที่อุณหภูมิเย็นที่ (mg/l)

N_e = ความเข้มข้น NH_4-N ในน้ำออก (mg/l)

การออกแบบข้างต้นอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้ :

- BOD : TKN < 1.0
- $SBOD_5$ < 12 mg/l
- q + r > 0.54 l/m^2·s (0.5 gpm/ft^2)

เมื่อ $q = \frac{\text{influent flow}}{\text{surface area}}$, $r = \frac{\text{recirculation flow}}{\text{surface area}}$

- $CBOD_5$ และ TSS < 30 mg/l
- forced ventilation > 50 kg O_2/kg O_2 used
- Distributor control to provide SK of 25-250 mm/pass and flushing to > 300 mm/pass

ค. Media Surface area

สำหรับ Zero-order :

$$\text{Media surface area} = \frac{TKN_{OX}}{K_n} \qquad (3.67)$$

สำหรับ first - order :

$$\text{Media Surface arce} = TKN_{OX} \qquad (3.68)$$

$$\frac{}{K_n'}$$

$$\text{Total media surface area} = \frac{TKN_{OX}}{K_n} + \frac{TKN_{OX}}{K_n'} \quad (3.69)$$

Zero-order :

$$TKN_{OX} = \text{flow rate} \times [(\text{influent } NH_4\text{-N}) - N_T] \quad (3.70)$$

First - order :

$$TKN_{OX} = \text{flow rate} \times (N_T - \text{effluent } NH_4\text{-N}) \quad (3.71)$$

ง. Media volume

$$\text{Total media volume} = \frac{\text{total media surface area}}{\text{density of media}} \quad (3.72)$$

จ. Maximum tower surface area and minimum depth

$$\text{Maximum tower surface area} = \frac{\text{influent flow + recycle flow}}{\text{minimum flow rate}} \quad (3.73)$$

เมื่อ minimum flow rate = 0.54 $l/m^2 \cdot s$

$$\text{Minimum depth area} = \frac{\text{total media volume}}{\text{maximum tower surface area}} \quad (3.74)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉ. Distributor operation distributor ควรหมุนอยู่ในช่วงระหว่าง 15-300 mm/pass of arm

$$n \text{ (จำนวนรอบต่อเวลา)} = (q + r)/(\text{จำนวนของแขน} \times \text{ค่าช่วงการหมุน}) \text{ (mm/pass)} \quad (3.75)$$

ช. Power ventilation

ค่า minimum air rate ควรใช้ 50 kgO_2/kg consumed

$$O_2 \text{ supply} = \text{minimum air rate} \times (0.75\ BOD_5 \text{ applied} + 4.6\ TKN_{OX}) \quad (3.76)$$

3.1.9.2 ระบบโปรยกรองแบบชั้นเดียว

การออกแบบมีขั้นตอนดังนี้

ก. The average K_n

$$\text{Average } K_n = 1.086\ (BOD_5 : TKN)^{-0.44} \quad (3.77)$$

เมื่อ K_n = nitrification rate

ข. สำหรับขั้นตอนการหาค่าอื่น เช่น media surface area, total media volume เป็นต้น สามารถหาได้โดยง่ายใช้วิธีการต่างๆ เช่นเดียวกับที่แสดงในหัวข้อเรื่อง attached - growth ของ separate-stage

3.1.9.3 การไนตริฟิเคชันแบบรวมของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

สมการที่ใช้ออกแบบยังคงเหมือนการออกแบบของ BOD removal เท่านั้นทุกสมการ แต่มีสมการเพิ่มเติมดังนี้

$$\text{required surface area for nitrifiaction} = \frac{Q_{ave} \times NH_3}{NH_3 \text{ loading rate} \times 1000} \quad (3.78)$$

required total surface area = surface area of BOD oxidation + nitrification (3.79)

Effluent NH_3 = $NH_{3inf} \times (1 - \%\ NH_3$ removal/100) (3.80)

3.1.9.4 การไนตริฟิเคชันแบบแยกของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

ก. BOD - oxidation stage

ใช้สมการเหมือนกับที่ใช้ออกแบบเฉพาะกรณี BOD - removal เท่านั้น

ข. Nitrification - stage

ใช้สมการที่ใช้ออกแบบเฉพาะกรณี NH_3 - removal เท่านั้น (ดูในหัวข้อ RBC single-stage nitrification)

3.1.1.10 การกำจัดฟอสฟอรัสโดยวิธีการทางชีวภาพ

หลักการสำคัญของการกำจัดฟอสฟอรัสด้วยกระบวนการทางชีวภาพคือ การที่จุลชีพถูกนำเข้าสู่สภาวะไร้อากาศเพื่อกดดันให้จุลชีพดึงเอาฟอสฟอรัสเข้ามาสู่เซลได้มากในสภาวะมีอากาศ ฟอสฟอรัส ไม่ได้ใช้เพียงแค่บำรุงรักษาสังเคราะห์ และการถ่ายทอดพลังงานเท่านั้น แต่ยังถูกนำมาเก็บไว้สำหรับการใช้ในครั้งต่อมาอีกด้วย ตะกอนของระบบซึ่งบรรจุฟอสฟอรัสที่มากเป็นส่วนเกินอาจถูกทิ้งออกจากระบบไปโดยตรงหรือถูกส่งต่อไปยังระบบปล่อยฟอสฟอรัสส่วนเกินต่อไป

Phoredox Process

กระบวนการนี้ถูกใช้ทั้งในการย่อยสลายคาร์บอนและกำจัดฟอสฟอรัส กระบวนการนี้เป็นจุลชีพแบบแขวนลอยชนิด single-sludge ซึ่งมีทั้งส่วนสภาวะไร้อากาศและใช้อากาศอยู่ร่วมกันอย่างต่อเนื่อง การเกิดไนตริฟิเคชั่นขั้นสภาวะใช้อากาศอาจถูกทำให้มีด้วยการให้มีระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสม สลัดจ์ที่ถูกทำให้ตกตะกอนแล้วจะถูกเวียนกลับมายังน้ำเสียเข้าสู่ระบบภายใต้สภาวะไร้อากาศนั้นฟอสฟอรัสในน้ำเสียและเซลที่ถูกเวียนกลับ จะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปละลายน้ำได้ การกำจัด BOD บางส่วนก็เกิดในขั้นนี้ หลังจากนั้นฟอสฟอรัสจะถูกนำเข้าสู่เซลในส่วนสภาวะมีอากาศ ฟอสฟอรัสจะถูกกำจัดออกจากน้ำมาสู่ตะกอนที่ทิ้งออกจากกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ความเข้มข้นของ BOD ในน้ำทิ้งออกจากระบบ (effluent) ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ BOD ต่อ

ฟอสฟอรัสในน้ำเสีย เมื่ออัตราส่วนนี้มากกว่า 10 ต่อ 1 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำทิ้งจากระบบจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 mg/l ในกรณี ซึ่งอัตราส่วนนี้น้อยกว่า 10 ต่อ 1 เกลือของโลหะสามารถถูกเติมเข้าสู่ระบบเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งมีค่าต่ำตามที่ต้องการ

การออกแบบใช้สูตรต่าง ดังต่อไปนี้

$$\text{Total volume} = \frac{Q_{ave} \times BOD}{(F/M) \times MLSS} \quad \text{(3.81)}$$

$$\text{Total hydraulic retention time} = \frac{\text{Total volume}}{Q_{ave}} \quad \text{(3.82)}$$

assume $HRT_{an} : HRT_{as} = 1 : k$

เมื่อ HRT_{an} = anaerobic hydraulic retention time

HRT_{as} = aerobic hydraulic retention time

ดังนั้นจะได้ว่า

$$HRT_{an} = \frac{\text{Total hydraulic retention time}}{1 + k} \quad \text{(3.83)}$$

$$HRT_{an} = K \cdot HRT_{an} \quad \text{(3.84)}$$

$$\text{anaerobic volume} = Q \,.HRT_{an} \quad \text{(3.85)}$$

$$\text{aerobic volume} = Q.\, HRT_{ae} \quad \text{(3.86)}$$

เมื่อ R = recycle ratio

$$\text{Volume per 1 room of anaerobic} = \frac{\text{anaerobic volume}}{N_{an}} \quad \text{(3.87)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ N_{an} = จำนวนห้องย่อย room ของ anaerobic reactor

Volume per 1 room of aerobic $= \frac{\text{aerobic volume}}{N_{ae}}$ (3.88)

เมื่อ N_{ae} = จำนวนห้องย่อย room ของ aerobic reactor

3.1.11 <u>การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโดยวิธีการทางชีวภาพ</u>

กระบวนการเหล่านี้ใช้อยู่ในรูปของกระบวนการแอ็คติเวเต็ดสลัดจ์ แต่จะมีทั้งส่วนที่เป็น anaerobic, anoxic และ aerobic รวมกันอยู่เพื่อกำจัดได้ทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

<u>3 stage Phoredox Process</u>

3 stage Phoredox Process เป็นกระบวนการที่ดัดแปลงมาจาก A/O process และจัดให้มี anoxic zone สำหรับการดีไนตริฟิเคชั่น ระยะเวลากักเก็บในส่วน anoxic นี้ประมาณ 1 ชั่วโมง ในส่วนanoxic นี้จะมีอ๊อกซิเจนในรูปละลายน้ำอยู่น้อย แต่พันธะเคมีของอ๊อกซิเจนในรูปของไนเตรทหรือไนไตรท์ จะถูกนำมาด้วยการหมุนเวียน nitrified mixed liquor จากส่วนสภาวะมีอากาศ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งออกจากระบบมีค่าน้อยกว่า 2 mg/l สามารถเป็นไปได้โดยไม่ต้องนำน้ำทิ้งผ่านการกรอง และถ้านำไปกรองก็จะมีค่าต่ำกว่า 1.5 mg/l

การออกแบบใช้สูตรต่างๆ ดังต่อไปนี้

assume $HRT_{an} : HRT_{anx} = 1 : k : m$

เมื่อ HRT_{anx} = aerobic hydraulic retention time

$HRT_a = \frac{\text{Total hydraulic retention time}}{1 + k + m}$ (3.89)

anoxic volume $= Q \cdot HRT_{anx}$ (3.90)

การออกแบบที่เหลืออื่นๆ เหมือนกับของ Phoredox Process ที่กล่าวมาแล้ว

3.1.12 ถังทำข้นแรงโน้มถ่วง

การเพิ่มความเข้มข้นตะกอนด้วยอาศัยแรงโน้มถ่วงถูกทำให้เกิดขึ้นในถังที่ได้รับการออกแบบให้คล้ายคลึงถังตกตะกอนแบบทั่วไป โดยปกติมักจะใช้ถังกลม น้ำตะกอนเจือจางจะถูกส่งเข้าไปบ่อปล่อยน้ำกลางถัง (center-feed well) ตะกอนที่เข้ามาจะถูกทำให้ตกตะกอน และอัดแน่น ส่วนตะกอนที่เพิ่มความเข้มข้นแล้วจะถูกดึงออกจากทางก้นของถัง อุปกรณ์รวบรวมตะกอนโดยทั่วไปประกอบด้วยโครงสร้างทางลึก (deep trusses) หรือ verticle picket (เสาตั้งแนวดิ่ง) ซึ่งถูกใช้กวนตะกอนอย่างนุ่มนวลจึงเป็นการเปิดช่องทางให้น้ำหลุดออกมาและช่วยในการเพิ่มความเข้มข้น น้ำส่วนบนที่ทิ้งออกจากถัง (supernatant) จะไปสู่ถังตกตะกอนขั้นต้นหรือส่วนต้นของระบบบำบัดน้ำเสีย ตะกอนที่ถูกเพิ่มความเข้มข้นแล้ว ซึ่งอยู่ก้นถังจะถูกสูบไปยังถังย่อยสลายหรืออุปกรณ์รีดน้ำ ดังนั้นพื้นที่ว่างสำหรับการเก็บกักตะกอนต้องจัดให้มี วิธีการเพิ่มความเข้มข้นแบบนี้มีประสิทธิภาพมากที่สุด กับตะกอนจากถังตกตะกอนขั้นต้น การจัดเตรียมน้ำไว้สำหรับเจือจางหรือการเติมคลอรีน มักมีร่วมอยู่ด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

การออกแบบ Gravity Sludge thickener มีดังนี้

3.1.12.1 Thickener area

$$\text{Total surface area } (m^2) = \frac{\text{Solids feed (kg/d)}}{\text{Solids loading area } (kg/m^2 d)} \quad (3.91)$$

3.1.12.3 Thickener depth

$$\text{Total depth} = \text{Freeboard} + \text{clearliquid Zone} + \text{settling zone} + \text{thickening zone} \quad (3.92)$$

โดยที่ Thickening zone = sized for at least 1 day detention time

ส่วนค่าอื่นๆ ใช้การ assume

3.1.12.3 Blending tank

- กำหนดค่า sludge stirage and blending period ที่ Peak design sludge loading
- sludge - mixing และ blending system

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$P = G^2 \mu V \qquad (3.93)$$

$$A = \frac{2P}{C_D v^3 \rho} \qquad (3.94)$$

เมื่อ P = power requirement for mixing (W)

G = mean velocity gradient (s^{-1})

μ = dynmic viscocity ($N \cdot s/m^2$)

V = volume of the tank (m^3)

A = area of paddle (m^2)

v = relative velocity of paddle in fluid (m/.s)

C_D = coefficient of drag of flocculator paddle moving perpendicular to The fluid for rectangular paddle

ρ = mass fluid density (kg/m^3)

3.1.12.4 Thickened sludge withdrawal pumping rate

Flow of thickened sludge = weight of captured sludge /(percent solids × concentration of sludge) (3.95)

3.1.12.5 Quality of the Supernatant from overflow

ก. The volume of thickener overflow

Average volume of overflow = influentflow - sludge withdrawal flow (3.96)

ข. The concentration of solids in the thickener overflow

$$\text{TSS concentration} = \frac{\text{influent dry solids} \times (\%\text{lost}/100)}{\text{overflow rate}} \qquad (3.97)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. The concentration of BOD_5 in the overflow

$$OD_5 = \text{TSS concentration} \times \text{ratio of } BOD_5 \text{ and TSS} \quad (3.98)$$

3.1.13 <u>การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (แดฟ)</u>

การทำให้ลอยตัว (floation) เป็นหน่วยดำเนินการที่ใช้แยกของแข็งหรือของเหลวออกจากของเหลว การแยกดังกล่าวเกิดขึ้น โดยการทำให้เกิดฟองก๊าซละเอียดขึ้นในของเหลว ฟองก๊าซจะพุ่งเข้าชน และเกาะติดอนุภาคทำให้เกิดค่าแรงลอยตัวรวมทั้งอนุภาคกับฟองก๊าซมากพอที่จะให้อนุภาคนั้นลอยขึ้นข้างบนผิวหน้าของเหลวทั้งอนุภาคที่มีความหนาแน่นมากหรือน้อยกว่าน้ำสามารถถูกทำให้ลอยได้ (เช่น น้ำมันที่แขวนลอยในน้ำ)

ในระบบบำบัดน้ำเสีย การทำให้ลอยตัวใช้กำจัดสารแขวนลอยหรือเพิ่มความเข้มข้นตะกอนจุลชีพ ข้อได้เปรียบสำคัญของการทำให้ลอยที่มีเหนือการตกตะกอนคือ อนุภาคที่มีขนาดเล็กหรือเบามาก ๆ ซึ่งตกตะกอนช้าสามารถถูกจำกัดได้อย่างสมบูรณ์มากกว่าและใช้เวลาสั้นกว่าทันทีที่อนุภาคลอยถึงผิวหน้าจะมีอุปกรณ์ปาดหน้า (skimming) คอบรวบรวม

สำหรับระบบ DAF นี้ อากาศจะถูกอัดให้ละลายในน้ำเสียภายใต้ความกดดันที่มีค่าหลายบรรยากาศแล้วติดตามมาด้วยการปลดปล่อยความดันที่ระดับความดันบรรยากาศปกติ น้ำเสียจะถูกกักเก็บไว้ในถังกักภายใต้ความดันเป็นเวลาหลายนาทีเพื่อให้เวลาอากาศได้ละลายน้ำแล้วน้ำเสียนี้จะไหลผ่านวาวล์ลดความดันไปสู่ถังทำให้ลอยตัว ซึ่งที่ถังนี้อากาศจะออกมาจากสารละลายในรูปฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากทั่วทั้งถัง

การใช้การทำให้ลอยตัวเพิ่มความเข้มข้นตะกอนมีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อใช้กับตะกอนจากกระบวนการบำบัดทางชีวภาพที่จุลชีพแขวนลอย เช่น จากกระบวนการแอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์ หรือการไนตริฟิเคชั่นแบบใช้จุลชีพแขวนลอย

การอกอกแบบ DAF มีดังนี้

3.1.13.1 <u>The required pressure สำหรับกรณี without recycle</u>

$$\frac{A}{S} = \frac{1.3\, Sa(fP - 1)}{S_a} \quad (3.99)$$

เมื่อ A/S = air to solids ratio (ml (air)/mg (solids))

Sa = air solubility (ml/l)

f = fraction of air dissolved at pressure

P = required pressure (atm)

= (p + 101.35)/101.35

p = gage pressure (kPa)

S_a = sludge solids (mg/l)

3.11.3.2 The required pressure or recycle rate สำหรับกรณี with recycle

$$\frac{A}{S} = \frac{1.3\ Sa(fp - 1)R}{S_a Q} \qquad (3.100)$$

เมื่อ R = pressured recycle (m^3/d)

Q = mixed - liquor flow (m^3/d)

3.1.13.3 Surface area

$$\text{Surface area} = \frac{\text{influent flow}}{\text{surface loading rate}} \qquad (3.101)$$

3.1.14 เครื่องอัดกรอง

การออกแบบ filter press มีดังนี้

3.1.14.1 Filter press area

Total solids dewatered = sludge + time + polymer (kg/d) (3.102)

$$\text{Total solids processed per hour (kg/h)} = \frac{\text{total solids dewatered (kg/d)}}{\text{operation hour (h)}} \qquad (3.103)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\text{Filter area } (m^2) = \frac{\text{total solids processed per hour}}{\text{solids loading rate } (kg/m^2 \cdot h)} \quad (3.104)$$

3.1.14.2 The size of sludge pump to the conditioning tank

$$\text{Total sludge pumped per operating day} = \frac{\text{sludge } (m^3/d) \times 7 \text{ d/week})}{\text{operation day per week (d/week)}} \quad (3.105)$$

$$\text{Pumping rate per cycle } (m^3/h) = \frac{\text{Total sludge pumped per day}}{\text{cycles per day} \times \text{hours per cycle}} \quad (3.106)$$

3.1.14.3 The size of conditioning tank

$$\text{Volume of tank } (m^3) = \frac{\text{pumping rate per cycle} \times \text{density time}}{60 \text{ min/h}} \quad (3.107)$$

3.1.14.4 The size of sludge feed pump to pressure filter

$$\text{Total quantity} = \text{slidge flow} + \text{lime flow} + \text{polyelectrolyte flow } (m^3/d) \quad (3.108)$$

$$\text{Pumping rate of each pump } (m^3/h) = \frac{\text{Total quantity } (m^3/d)}{(\text{number of pumps} \times \text{cycles per day} \times \text{hours per cycle})} \quad (3.109)$$

3.1.14.5 Sludge cake

$$\text{Total solids in sludge cake (kg/d)} = (\text{sludge} \times \%\text{capture}/100) + (\text{lime} \times \%\text{capture}/100) + (\text{polymer} \times \%\text{capture}/100) \quad (3.110)$$

Total volume of sludge

cake (m^3/d) :

Volume of sludge cake on an operating day = $\frac{\text{Total solids in sludge cake}}{[(\%\text{solids in cake} / 100) \times \text{specific gravity of cake}]}$ (3.111)

Volume of cake on an average basis (m^3/d) = volume cake on an operating day × (operating day per week / (7d/week)) (3.112)

3.1.14.6 Filterate quality

Total volume of filtrate = total sludge flow - sludge cake flow (3.113)

Total return flow = fitrate volume + lime flow + polymer flow + (other return flow × number of filture units × cycles per day) (3.114)

Total solids concentration in return flow (mg/l) = (total solids in sludge - total solids in cake) / total return flow (3.115)

The BOD_5 in return flow :

TVS in sludge per operating day (kg/d) = TVS in sludge (kg/d) × (7 d/week)/(operating day/week) (3.116)

Assume :

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1 gram of biodegradable solids = 1.42 g ultimate BOD (3.117)

BOD_5 = 0.68 × ultimate BOD (3.118)

Total BOD_5 in the fitrate (kg/d) = TVS in sludge per operating day × (% TVS lost in filture /100) × (% TVS is biodegradable/100) × 1.42 × 0.38 (3.119)

Concentration of BOD_5 (mg/l) = $\frac{\text{Total } BOD_5 \text{ in filtrate}}{\text{total return flow}}$ (3.120)

3.1.15 สายพานรีดน้ำ

การออกแบบ Belt filter press มีดังนี้

3.1.15.1 Belt filter press size

Belt width = (weight of dry solids per day / operating/hour) / (belt filter press loading rate per unit width) (3.121)

3.1.15.2 Filter flowrate และ cake flowrate

Solids in sludge feed = (S × concentration of solids in cake) + (F × concentration of solids in filtrate) (3.122)

Sluge flowrate + washwatr flowrate = S + F (3.123)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแก้สมการทั้ง 2 นี้ จะได้ค่า F และ S

โดยที่ F = filtrate flowrate

S = cake flowrate

3.1.15.3 สำหรับการออกแบบอื่นๆ ก็เหมือนกับของ filter press ในหัวข้อ 2-6

3.1.16 <u>การกำจัดน้ำทิ้ง</u>

การออกแบบ effluent disposal มีดังนี้

3.1.16.1 <u>Outfall pipe</u> (effluent pipe)

Assume a velocity through the outfall pipe at peak design flow

$$\text{Area of the outfall pipe} = \frac{\text{effluent flow}}{\text{(selected velocity in pipe)}} \quad (3.124)$$

3.1. 16.2 <u>Diffuser pipe</u> (หัว diffuser ที่เจาะเป็นรู (port) ปลาย out fall pipe ให้ effluent ไหลออก)

ก) Provide diffuser pipe equal in diameter to the outfall pipe

$$\text{Provide diffuser port area} = (3.14/4) \times (\text{diameter of out fall pipe})^2 \quad (3.125)$$

(approximately half the diffuser pipe) $\times\ 0.5$

ข) Assume each port diameter

ค) Number of ports

$$\text{Area of each port} = \frac{\pi}{4} \times (\text{assume diameter})^2 \quad (3.126)$$

$$\text{Number of ports} = \frac{\text{Area of diffuser port}}{\text{Area of each port}} \quad (3.127)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การพิจารณาแบบแปลนระบบบำบัดน้ำเสีย (plant lay – out consideration)

Plant lay - out มีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบ เพราะถ้าหากหน่วยย่อยของระบบบำบัดที่ออกแบบมานั้นไม่สามารถลงได้อย่างเหมาะสมตามที่ต้องการ ในขอบเขตพื้นที่ที่พิจารณาแล้วการคำนวณออกแบบที่ผ่านมาก็จะไม่สามารถสร้างให้เกิดขึ้นจริงได้เลยหรือในกรณีที่ไม่ถูกจำกัดด้วยพื้นที่ ก็จะทำให้สามารถทราบขนาดพื้นที่ที่ต้องการสำหรับระบบบำบัดน้ำได้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในส่วนที่ทำหน้าที่ในเรื่อง การวาง plant lay -out นี้จะทำการสร้าง file โดยอาศัยข้อมูลขนาดถังจากการคำนวณออกแบบทางคณิตศาสตร์ซึ่ง file นี้เป็น file(เฉพาะที่ต้องนำไปใช้งานกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ชื่อ AUTO-CAD ทำให้ user สามารถทำงานบน AUTO-CAD ในการวาง plant lay - out ได้ดังต้องการและเมื่อ user วาง plant layout ได้แล้ว (ย่อมหมายถึงการวางแนวท่อเรียบร้อยแล้วด้วย) จะได้ข้อมูลความยาวท่อต่างๆ กลับมาเก็บใน file อีก 1 file โดยเฉาะซึ่งจะนำไปประกอบการคำนวณ hydraulic profile ต่อไป

3.3 การวิเคราะห์ (analyze) ระบบบำบัดน้ำเสีย

การทำงานของวิศวกรสิ่งแวดล้อมมิใช่มีแต่เพียงการออกแบบเพื่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นมาใหม่เท่านั้น ในกรณีที่ระบบบำบัดน้ำเสียเดิมอยู่แล้ว วิศวกรสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องสามารถวิเคราะห์ (analyze) ระบบเดิมนั้นได้เพื่อ

1. จะได้ทราบว่าระบบเดิมนั้นสามารถใช้งานจริงได้หรือไม่
2. จะได้ทราบว่าควร upgrade ระบบเดิมนั้นอย่างไร

การวิเคราะห์นั้นจะเป็นโปรแกรมต่างหากแยกจากโปรแกรมการออกแบบ (design) สำหรับสมการต่างที่ใช้ในการวิเคราะห์แต่ละหน่วยบำบัดก็ใช้เหมือนกับสมการที่ใช้สำหรับการออกแบบทุกสมการ แต่ที่แตกต่างกันคือ ข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่มีปรากฏอยู่แล้วในระบบบำบัดเดิม ซึ่งได้แก่

1. ขนาดของถังปฏิกิริยา
2. ขนาดและชนิดของ equipment ต่างๆ เช่น aerator, mixer, pump เป็นต้น

3.4 การดุลอัตราการไหลและมวลสาร

การดุลอัตราการไหลและมวลสาร (Flow and mass balance) เป็นสิ่งสำคัญควรทำอันดับแรกในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมานี้จะสามารถคำนวณ flow and mass balance นี้ได้โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

ก. ให้ user เลือกว่า ต้องการหน่วยบำบัดย่อยใด และจะให้หน่วยนั้นต่อไปยังหน่วยอื่นใด

ข. ทำการคำนวณตามในข้อ 1 โดยเริ่มจากหน่วยบำบัดแรกไปหน่วยสุดท้าย โดยแต่ละหน่วยจะใช้สมการ 2 สมการดังนี้

$$\sum Q_{in} = \sum Q_{out} \quad (3.126)$$

$$\sum mass_{in} = \sum mass_{out} \quad (3.127)$$

เมื่อ $\sum Q_{in}$ = ผลรวมลัพธ์ของอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่หน่วยบำบัด

$\sum Q_{out}$ = ผลรวมลัพธ์ของอัตราการไหลของน้ำเสียออกจากหน่วยบำบัด

$mass_{in}$ = ผลรวมลัพธ์ของมวลสารเข้าสู่หน่วยบำบัด

$mass_{out}$ = ผลรวมลัพธ์ของมวลสารออกจากหน่วยบำบัด

ค. ดำเนินการในข้อ 2 ซ้ำอีกจนกว่าจะได้ว่าผลรวมลัพธ์ของอัตราไหลน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียเท่ากับผลรวมลัพธ์ของอัตราไหลน้ำเสียออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย

3.5 การพิจารณาและระดับทางชลศาสตร์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขั้นนี้จะสามารถทำการคำนวณด้าน hydraulic นี้ได้ด้วย สมการที่ใช้ในการพิจารณา hydraulic มี ดังต่อไปนี้

3.5.1 การไหลในท่อ (Flow pipes)

3.5.1.1 สมการเกี่ยวกับอัตราการไหลของน้ำเสีย

$$Q = AV \quad (3.128)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำเสีย (ปริมาตร/เวลา)

A = พื้นที่หน้าตัด (หน่วยพื้นที่)

V = ความเร็วเฉลี่ยที่ผ่านหน้าตัด (ระยะทาง/เวลา)

3.5.1.2 สมการพลังงานของ Bernoulli

$$\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + h_L \quad (3.129)$$

เมื่อ Z_1, Z_2 = หัวศักดาของจุด 1 และ 2 (m)

$\frac{P_1}{\gamma}, \frac{P_2}{\gamma}$ = หัวความดันของจุด 1 และ 2 (m)

$\frac{V_1^2}{2g}, \frac{V_2^2}{2g}$ = หัวความเร็วของจุด 1 และ 2 (m)

h = พลังงานที่สูญเสียเมื่อน้ำไหลจากจุด 1 ไปจุด 2 (m)

3.5.1.3 สมการการสูญเสียพลังงานเนื่องมาจากแรงเสียดทานสำหรับท่อกลม (การสูญเสียหลัก)

$$h_f = \frac{fLV^2}{D2g} \qquad (3.130)$$

เมื่อ h_f = พลังงานที่สูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน (m)

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

L = ความยาวช่วงท่อที่พิจารณา (m)

V = ความเร็วน้ำในท่อ (m/s)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (m)

g = 9.81 m/s^2

3.5.1.4 สมการโมเมนตัม

$$\sum F = \rho Q(V_2 - V_1) \qquad (3.131)$$

เมื่อ $\sum F$ = ผลรวมของแรงลัพธ์

ρ = ความหนาแน่นของน้ำเสีย (kg/m^2)

V_2, V_1 = ความเร็วน้ำเสียของจุด 2 ละ 1 (m/s)

3.5.1.5 สมการของ Hazen-Williams (ใช้ได้ทั้งน้ำเสียและสลัดจ์)

$$V = 4.318\, CR^{0.63} S^{0.54} \qquad (3.132)$$

เมื่อ V = ความเร็วน้ำเสียในท่อ (m/s)

C = ค่าสัมประสิทธิ์ของความหยาบ

R = hydraulic radius (m)

S = slope of the energy line (m) (friction head loss)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.1.6 สมการการสูญเสียพลังงานรอง

$$h_t = \frac{KV^2}{2g} \qquad (3.133)$$

เมื่อ h_t = พลังงานที่สูญเสียรอง (m)

K = ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานรอง

V = ความเร็วของน้ำเสีย (m/s)

g = 9.81 m/s^2

3.5.1.7 สมการสำหรับการต่อท่อแบบอนุกรม

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \ldots = Q_n \qquad (3.134)$$

เมื่อ Q_n = อัตราการไหลของน้ำเสียผ่านท่อ 1, 2, 3, . . ., n

$$H = \sum h_f + \sum h_m \qquad (3.135)$$

เมื่อ H = พลังงานที่สูญเสียรวม (m)

$\sum h_f$ = ผลรวมของพลังงานที่สูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของแต่ละท่อ (m)

$\sum h_m$ = ผลรวมของพลังงานที่สูญเสียรองของแต่ละท่อ (m)

3.5.1.7 สมการสำหรับการต่อท่อแบบขนาน

$$Q = Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n \qquad (3.136)$$

$$= \sqrt{\frac{H}{K_1}} + \sqrt{\frac{H}{K_2}} + \ldots + \sqrt{\frac{H}{K_n}}$$

$$Q = \sqrt{H} \sum_{i=1}^{n} \sqrt{\frac{1}{K_i}} \qquad (3.137)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำเสียรวม (m^3/s)

Q_n = อัตราการไหลของน้ำเสียของท่อที่ 1, 2, . . . , n (m^3/s)

H = พลังงานที่สูญเสียรวม (m)

$$K_i = \left[\frac{fL}{D} + \sum K\right]\frac{1}{A^2 2g} \qquad (3.138)$$

เมื่อ f = สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน

L = ความยาวท่อ (m)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (m)

K = สัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานรอง

A = พื้นที่หน้าตัดท่อ (m^2)

g = 9.81 m/s^2

3.5.2 การไหลในทางน้ำเปิด (Flow in open channels)

3.5.2.1 สมการการไหลของ Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \qquad (3.139)$$

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \qquad (3.140)$$

เมื่อ V = ความเร็วของน้ำเสียในทางน้ำเปิด (m)

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning

R = hydraulic radius = $\frac{A}{P}$ (m)

P = wetted perimeter (m)

S = ความลาดของเส้นระดับพลังงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.2.2 สมการสำหรับการไหลในท่อกลมแบบไม่เต็มท่อ

$$\cos(\theta/2) = 1 - 2y_2/D \qquad (3.141)$$

$$A = \frac{(D^2)}{4}\left(\pi\theta/360 - \sin\theta/2\right) \qquad (3.142)$$

$$WP = (\theta/360)(2\pi r) \qquad (3.143)$$

เมื่อ D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (m)

r = รัศมีของท่อ (m)

WP = wetted perimeter (m)

A = พื้นที่หน้าตัด (m^2)

3.5.2.3 สมการที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจำเพาะ

$$E = \frac{Y + V^2}{2g} \qquad (3.144)$$

เมื่อ E = ค่าพลังงานจำเพาะ (m)

Y = ความลึกของน้ำที่หน้าตัดนั้นๆ (m)

V = ความเร็วของน้ำที่ผ่านหน้าตัดนั้นๆ (m)

g = 9.81 m/s^2

1) กรณีทางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ก. $$E = \left[\frac{Y}{2g}\right] + \frac{1}{y} q^2 \qquad (3.145)$$

เมื่อ q = อัตราการไหล/ความกว้างทางน้ำเปิด ($m^3/m \cdot s$)

ข. $$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \qquad (3.146)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ y_c = ความลึกวิกฤต (m)

ค. $E_{min} = \frac{3}{2} y_c$ _____ (3.147)

เมื่อ E_{min} = พลังงานจำเพาะที่น้อยที่สุด (m)

ง. $F_r = \frac{V}{\sqrt{gy}}$ _____ (3.148)

เมื่อ F_r = ค่าฟรุดนัมเบอร์

2) กรณีทางน้ำเปิดที่มีหน้าตัดทั่วไป

เมื่อเป็นการไหลวิกฤต สามารถหาความลึกวิกฤตได้จากสมการดังนี้

ก. $\frac{Q^2 b}{gA_c^3} = 1$ _____ (3.149)

เมื่อ Q = อัตราการไหลน้ำ (m^3/s)

b = ความกว้างของผิวน้ำ (m)

g = 9.81 m/s^2

A_c = พื้นที่หน้าตัดวิกฤต (m^2)

ข. $F_r = \frac{V}{\sqrt{g(A/b)}}$ _____ (3.150)

ประเภทของการไหลในทางน้ำเปิด แบ่งได้ดังนี้

ก. การไหลวิกฤต : $Y = Y_c$, $V = V_c$, $F_r = 1$

ข. การไหลเหนือวิกฤต : $Y < Y_c$, $V > V_c$, $F_r > 1$

ค. การไหลต่ำกว่าวิกฤต : $Y > Y_c$, $V < V_c$, $F_r < 1$

3.5.2.4 สมการที่เกี่ยวกับการไหลแบบเปลี่ยนแปลงน้อยของทางน้ำเปิด

$$\Delta L = \frac{E_1 - E_2}{S_f - S_0} \quad \text{_____ (3.151)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ E_1, E_2 = พลังงานจำเพาะที่หน้าตัดที่ 1 และ 2

S_f = ความลาดชันของเส้นระดับพลังงาน

S_0 = ความลาดของท้องน้ำ

จากสมการนี้สามารถใช้คำนวณในเรื่อง backwater curves ได้

3.5.2.5 สมการที่เกี่ยวกับน้ำกระโดด (hyfraulic jupmp)

ก. $$\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{1}{2}\left[-1 + \sqrt{1 + \frac{8V_1^2}{gy_1}}\right] \qquad (3.152)$$

เมื่อ Y_1, Y_2 = ความลึกของน้ำที่หน้าตัดที่ 1 และ 2

V_1 = ความเร็วของน้ำที่หน้าตัดที่ 1

g = 9.81 m/s^2

ข. $$\Delta E = \frac{(Y_2 - Y_1)^3}{4Y_1Y_2} \qquad (3.153)$$

3.5.2.6 สมการสำหรับการสูญเสียพลังงานรอง

$$h_t = K\left[\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}\right] \qquad (3.154)$$

เมื่อ h_t = ค่าพลังงานสูญเสียรอง (m)

K = สัมประสิทธิ์ของการสูญเสียรอง

V_1, V_2 = ความเร็วน้ำที่หน้าตัดที่ 1, 2

g = 9.81 m/s^2

3.5.2.7 สมการของเรย์โนลด์นัมเบอร์ สำหรับทางน้ำเปิด

$$N_r = \frac{VR}{\nu} \qquad (3.155)$$

เมื่อ N_r = เรย์โนลด์นัมเบอร์

V = ความเร็วของน้ำในทางน้ำเปิด

ν = ความหนืดเปรียบเทียบ

3.5.3 การวัดอัตราการไหลและจุดควบคุมทางชลศาสตร์ (Flow measurement and hydraulic control points)

3.5.3.1 สมการฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยม (rectangular weir)

$$Q_r = C_d \frac{2}{3} B \sqrt{2g}\ H^{3/2} \qquad (3.156)$$

เมื่อ Q_r = อัตราการไหลจริงของน้ำผ่านฝาย (m^3/s)

C_d = สัมประสิทธิ์อัตรการไหล มีค่าน้อยกว่า 1

B = ความกว้างฝาย (m)

H = ความสูงของน้ำเหนือสันฝาย (m)

g = 9.81 m/s^2

3.5.3.2 สมการฝายสันคมรูปสามเหลี่ยม (triangular weir)

$$Q_r = C_d \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan\frac{\theta}{2} H^{5/2} \qquad (3.157)$$

เมื่อ Q_r = อัตราการไหลจิงของน้ำ (m^3/s)

C_d = สัมประสิทธิ์อัตราการไหล มีค่าน้อยกว่า 1

θ = มุมของสามเหลี่ยม (องศา)

H = ความสูงของน้ำเหนือฝาย (m)

g = 9.81 m/s^2

3.5.3.3 สมการฝายสันหนาสี่เหลี่ยม (broad-crested weir)

$$Q_r = 0.385\, C_d B \sqrt{2g}\ H^{3/2} \qquad (3.158)$$

(นิยามตัวแปรต่างๆ เหมือนข้อ 3.1)

3.5.3.4 สมการฝายสี่เหลี่ยมแบบจม. (Submerged rectangular weir)

$$Q_r = \frac{C_{d1}}{3}\sqrt{2}\ B\ 2g\ H^{3/2} + C_{d2}\sqrt{BH_2}\ 2gH \quad \text{_____ (3.159)}$$

เมื่อ C_{d1}, C_{d2} = สัมประสิทธิ์อัตราการไหลผ่านฝายแบบอิสระและแบบจม. ตามลำดับ

$H = H_1 - H_2$ (m)

H_1 = ความสูงของน้ำเหนือฝายด้านเหนือน้ำ (m)

H_2 = ความสูงของน้ำเหนือฝายด้านท้ายน้ำ (m)

(นิยามตัวแปรอื่นที่เหลือเหมือนข้อ 3.1)

3.5.3.5 สมการการไหลลอดประตูระบายแบบบานตรง (sluice gate)

$$Q_r = Cd\ B\ Yg\ \sqrt{2gY_o} \quad \text{_____ (3.160)}$$

และ
$$C_d = \frac{c_v c_c}{\sqrt{\frac{C_c}{Y_o}_g + 1}} \quad \text{_____ (3.161)}$$

เมื่อ Q_r = อัตราการไหลจริงของหน้า (m^3/S)

C_d = สัมประสิทธิ์อัตราการไหล

B = ความกว้าง sluice gate (m)

Y_o = ความสูงน้ำด้านเหนือน้ำ (m)

g = 9.81 m/s^2

C_v = สัมประสิทธิ์ความเร็วน้ำ

C_c = สัมประสิทธิ์การคอดตัวน้ำ

Yg = ระยะที่ประตู sluicc gate เปิด (m)

3.5.4 <u>เครื่องสูบน้ำ (pump)</u>

3.5.4. 1 สมการกำลังงานที่เครื่องสูบน้ำต้องการ

$$P = \frac{QH_p}{\partial} \quad \text{_____ (3.162)}$$

เมื่อ P = กำลังงาน (Power) ของเครื่องสูบน้ำที่ต้องการ (KW)

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำหรือของเหลว (KN/m^3)

Q = อัตราการไหลของน้ำหรือของเหลว (m^3/S)

H_p = ความสูงของน้ำหรือของเหลวที่ถูกเครื่องสูบน้ำยกขึ้น (m)

ϑ = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

3.5.4.2 สมการกำลังงานที่มอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำต้องการ

$$P_m = \frac{P}{\partial} \qquad (3.163)$$

เมื่อ P_m = กำลังงานของมอเตอร์ที่ต้องการ

ϑ = ประสิทธิภาพของมอเตอร์

3.5.5 <u>การไหลผ่านรูระบาย (flow through orifice)</u>

3.5.5.1 สมการรูระบายขนาดเล็ก (small orifice) (free fall)

$$Q = C_d A_o \sqrt{2gh} \qquad (3.164)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลน้ำ (m^3/S)

C_d = สัมประสิทธิ์อัตราการไหล

A_o = พื้นที่หน้าตัดขนาดรูระบาย (m^2)

H = ระดับน้ำที่อยู่เหนือรูระบาย (m)

g = 9.81 m/s^2

3.5.5.2 สมการกรณีรูระบายแบบจม (submerged orifice)

$$Q = C_d A_o \sqrt{2gh} \qquad (3.165)$$

เมื่อ h = ผลต่างของระดับน้ำเหนือน้ำและท้ายน้ำ

(นิยามตัวแปรอื่นเหมือนข้อ 5.1)

3.5.5.3 สมการกรณีรูระบายขนาดใหญ่ (large orificc) (free fall)

$$Q = \frac{2}{3} C_d B \sqrt{2g} (H_2^{3/2} - H_1^{3/2}) \qquad (3.166)$$

เมื่อ H_1 = ความสูงของน้ำเหนือขอบบนของรูระบาย (M)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

H_2 = ความสูงของน้ำเหนือขอบล่างของรูระบาย (m)

(นิยามตัวแปรอื่น เหมือนข้อ5.1)

3.5.5.4 พลังงานที่สูญเสียเมื่อไหล่ผ่านรูระบาย

$$h_t = (1/2g)\, V^2 \left[\frac{1}{C_v^2} - 1 \right] \qquad (3.167)$$

เมื่อ h_L = พลังงานที่สูญเสีย (m)

C_v = สัมประสิทธิ์ความเร็ว

3.5.6 <u>การต่อท่อกับถัง (pipe connection with tank)</u>

3.5.6.1 สมการในกรณีการต่อท่อเดี่ยวออกจากถัง (free fall)

$$H = \left[1.5 + f \frac{L}{D} \right] \frac{V^2}{2g} \qquad (3.168)$$

เมื่อ H = ความสูงของน้ำเหนือจุดศูนย์กลางท่อ (m)

(นิยามตัวแปรอื่น เหมือนในข้อ 1.3)

3.5.6.2 สมการกรณีต่อท่อเดี่ยวระหว่างถัง 2 ถัง

$$H = \left[1.5 + f \frac{L}{D} \right] \frac{V^2}{2g} \qquad (3.169)$$

เมื่อ H = ผลต่างของระดับน้ำถังต้นน้ำกับถังท้ายน้ำ (m)

(นิยามตัวแปรอื่น เหมือนในข้อ 1.3)

3.5.7 <u>การพิจารณาหัวความดันน้ำที่สูญเสีย (head loss consideration)</u>

3.5.7.1 Weir, orifice and equipment head loss สามารถให้ user เลือกใช้ได้หลายวิธีคือ

Head loss = $\frac{kv^2}{2g}$ (k = head loss coefficient) (3.170)

Head loss = % of up-steram level (3.171)

Head loss = ค่าที่ปรับโดยตรงจาก user (3.172)

3.5.7.2 Friction head loss in pipe สามารถให้ user เลือกใช้ได้หลายวิธีคือ
การใช้สมการที่นำเสนอในหัวข้อ friction head loss in pipe หรือ

Head loss = (head loss / unit length) x ความยาวท่อ _____(3.173)

Head loss = ค่าที่ปรับโดยตรงจาก user _____(3.174)

3.5.7.3 Minor loss in pipe สามารถใช้ user เลือกใช้ หลายวิธีคือ
การใช้สมการที่นำเสนอในหัวข้อ Minor loss in pipe หรือ

head loss = % of friction head loss _____(3.175)

3.5.8 <u>ระดับทางชลศาสตร์</u>

เมื่อพิจารณาระบบบำบัดแต่ละหน่วยย่อย (อาจเรียกว่าแต่ละถัง) จะมีรูปแบบที่เหมือนกันดังนี้คือ

water level at up stream unit = water level of down _____(3.176)
steram unit
+ frition loss in pipe
+ minor loss in pipe
+ weir or orifice or
equipment head loss

การสร้าง hydraulic profile ทำได้โดยใช้สมการข้างต้นพิจารณาแต่ละ unit ไปเรื่อย ๆ ตั้งแต่ท้ายน้ำ จนถึงต้นน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 การประเมินราคาค่าใช้จ่าย

3.6.1 การประเมินราคาค่าใช้จ่าย

การประมาณราคาค่าใช้จ่ายในผลงานวิทยานิพนธ์มีดังนี้

3.6.1.1 การประเมินราคางานโยธา

3.6.1.1.1 ในกรณีที่เป็นบ่อดิน ได้แก่

ก) excavation volume

ข) excavation cost

ค) lining area

ง) lining cost

3.6.1.1.2 ในกรณีที่เป็นถังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ได้แก่

ก) การประเมินราคางานโครงสร้าง ทั้งในกรณีที่เป็นถังกลมและถังสี่เหลี่ยม

ข) การประเมินราคางานฐานราก ทั้งในกรณีที่เป็นถังกลม และถังสี่เหลี่ยมโดยแบ่งเป็น งานฐานรากแผ่ และงานฐานรากเสาเข็ม

ค) การประเมินราคางานไม้แบบ ทั้งในกรณีที่เป็นถังกลมและถังสี่เหลี่ยม

ง) การประเมินราคางานขุดดิน ทั้งในกรณีที่เป็นถังกลมและถังสี่เหลี่ยม

3.6.1.2 การประเมินราคางานอุปกรณ์- เครื่องจักรกล

การประเมินราคางานอุปกรณ์ - เครื่องจักรกลของหน่วยงานบำบัดน้ำเสียต่างๆ ที่นำเสนอในวิทยา-นิพนธ์นี้เป็นการให้ user ใส่ประเภทและราคาอุปกรณ์ด้วยตนเองโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะเพียงแต่รวมราคาให้เท่า-นั้น

3.6.1.3 การประเมินราคาค่าใช้จ่ายอื่นๆ

วิธีการประเมินเหมือนข้อ 3.6.1.2

3.6.2 สูตรของการประเมินราคางานโยธา

3.6.2.1 สำหรับสูตรของการประเมินราคาในข้อย่อย ก.1, ก.2, ข.1, ข.4 ของหัวข้อ 3.6.1 ข้างต้น สามารถศึกษาได้จากวิทยานิพนธ์ของ สมศักดิ์ สุรชัยพิทักษ์[1]

3.6.2.2 สำหรับสูตรของการประเมินราคาในหัวข้อย่อยที่เหลือของหัวข้อ 3.6.1 ข้างต้น มีดังจะได้กล่าวต่อไป

3.6.3 กรณีบ่อดิน

$$\text{lining area} = 2 \times [(1/2) \times (w + (w - 2sd)) \times \sqrt{d^2 + (sd)^2}\ ] + 2x[(1/2)x(L + (L - 2sd)) \times \sqrt{d^2 + (sd)^2}\ ] \quad (3.179)$$

เมื่อ **S = side slope (1 : S)**

d = depth

W = width

L = length

$$\text{Lining cost} = \text{lining area} \times \text{unit cost} \quad (3.180)$$

3.6.4 กรณีถังคอนกรีตเสริมเหล็ก

ก) การประเมินราคางานฐานรากทั้งกรณีที่เป็นถังกลมหรือถังสี่เหลี่ยม

1) ในกรณีที่เป็นฐานรากแผ่

(ก) ถังกลม :

$$\text{Weight of water} = (\pi/4) \times \text{diameter}^2 \times \text{water heigth} \times \text{density of water} \quad (3.181)$$

[1] สมศักดิ์ สุรชัยพิทักษ์, "การประมาณราคาเบื้องต้นของระบบน้ำเสียแบบชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536), หน้า 50-53

Weight of tank = total concrete _____(3.182)
x density of concrete

(ข) <u>ถังสี่เหลี่ยม</u>

Weight of water = width x length _____(3.183)
x water height x density of water

Weight of tank = total concrete _____(3.184)
x density of concrete

(ค) <u>ทั้งถังกลม และถังสี่เหลี่ยม</u> :

Total weight of = weight of water _____(3.185)
ank + weight of tank

$$\text{Foundation area} = \frac{\text{total weight of tank}}{\text{bearing capacity of soil}} \quad \text{_____(3.186)}$$

Foundation cost = foundation area _____(3.187)
x unit cost

2) <u>ในกรณีที่เป็นฐานรากเสาเข็ม</u>
<u>ทั้งกรณีถังกลมและถังสี่เหลี่ยม</u> :

$$\text{Numbers of Foundation} = \frac{\text{total weight of tank}}{\text{weight resistance per pile}} \quad \text{_____(3.188)}$$

Foundation cost = number of foundation piles _____(3.189)
X unit cost

ข) <u>การประเมินราคางานไม้แบบ</u>

(1) <u>ถังกลม</u> :

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

inside wall forming = π x diameter _____(3.190)
x (water depth + freeboard)

outside wall forming = π x diameter _____(3.191)
x (water depth + floorthickness
+ freeboard)

inside floor forming = $\frac{\pi}{4}$ x diameter^2 _____(3.192)

outside floor forming = (π/4) x (diameter + wall thickness)^2 (3.193)

(2) <u>ถังสี่เหลี่ยม</u> :

inside wall forming = (2 x width + 2 x length) _____(3.194)
x (water depth + freeboard)

Outside wall forming = [2 x (width + 2 x wall _____(3.195)
thickness) + 2 x (length
+ 2 x wall thickness)]
x (2 x wall thickness)

(3) <u>ทั้งถังกลม และถังสี่เหลี่ยม</u> :

Total forming area = inside wall forming _____(3.196)
+ outside wall forming
+ insidefloor forming
+ outside floor forming

total forming cost = total forming area _____(3.197)
x unit cost

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การพัฒนาโปรแกรม

4.1 การพัฒนาความเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประยุกต์ที่สามารถใช้ทำงานจริงได้ในสมัยปัจจุบัน

การพัฒนาดังกลาวสามารถทำให้เกิดขึ้นจริงได้โดยอาศัยศักยภาพที่มีอยู่อย่างมากมายของภาษา Visual Basic นั่นคือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของวิทยานิพนธ์นี้ เมื่อจัดทำเสร็จแล้วสามารถเผยแพร่ไปให้หน่วยงานองค์กรต่างๆ ทั้งภาครัฐ และเอกชนใช้งานได้จริงในสมัยปัจจุบัน

รูปแบบใหม่ต่างๆ ซึ่งจะมีอยู่ในโปรแกรมของวิทยานิพนธ์นี้ ที่แสดงถึงการพัฒนาดังกล่าว มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 รูปแบบโปรแกรมชนิด Event-driven ที่ใช้งานแบบ Windows ซึ่งเป็นการให้อิสระแก่ผู้ใช้งานในการเลือกดำเนินการเหตุการณ์ใดก่อนหรือหลังก็ได้ เช่น เลือกพิมพ์ (print) ออกเครื่องพิมพ์ก่อนที่จะบันทึก (save) หรือเลือกบันทึกก่อนที่จะพิมพ์ออกก็ได้ เป็นต้น ซึ่งจะแตกต่างจากในอดีตที่คอมพิวเตอร์ใช้งานแบบ DOS ผู้ใช้ไม่มีอิสระในการเลือกและต้องทำตามขั้นตอนที่โปรแกรมบังคับไว้เท่านั้น เช่น ต้องบันทึกก่อนแล้วจึงพิมพ์ออกได้ เป็นต้น จะข้ามขั้นตอนไม่ได้เด็ดขาด รูปแบบ Event-driven ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1

4.1.2 รูปแบบการโต้ตอบแบบ User friendly โดยในโปรแกรมจะมี Command Button, Option Button และ Check Box, List Box และ Combo Box, Scrollbar, Msg Box เป็นต้น

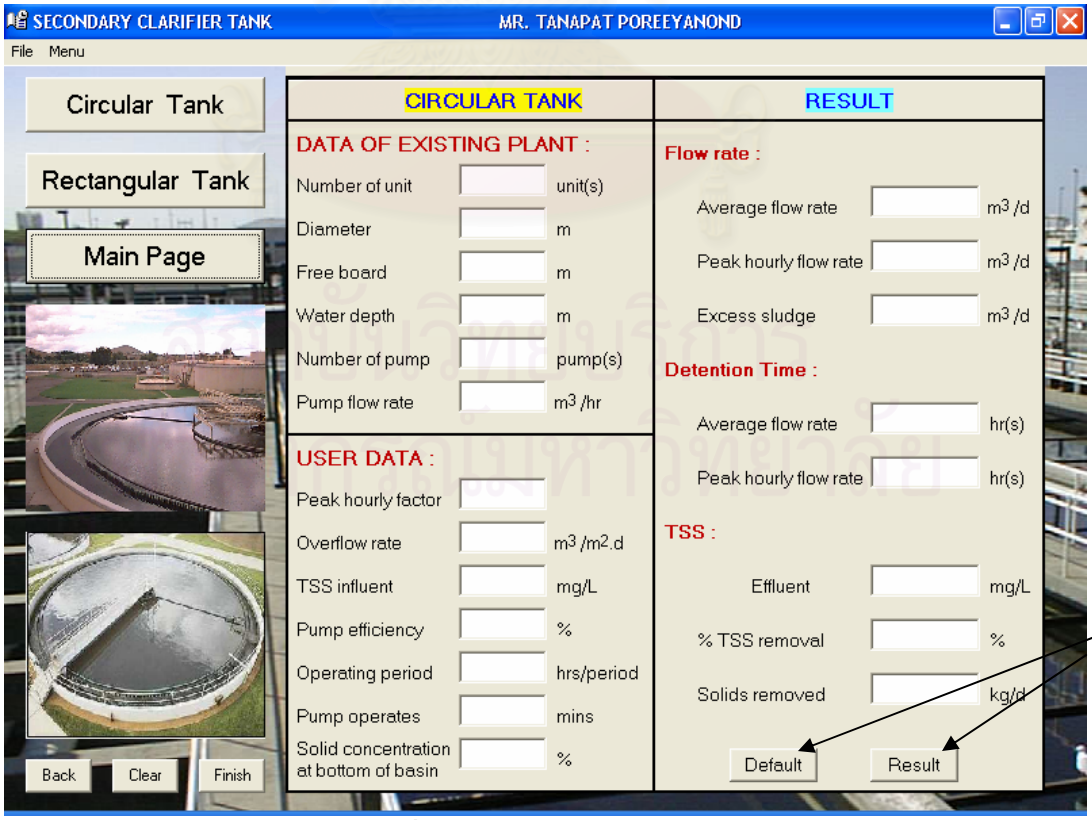
Command Box คือ รูปปุ่มที่ปรากฏบนหน้าจอเพื่อให้ผู้ใช้เลื่อนเมาส์มาคลิกที่ปุ่มนั้น แล้วโปรแกรมจะดำเนินการตามชื่อคำสั่ง (Command) ที่ปรากฏอยู่บนรูปปุ่มนั้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.2

Option Box คือ รูปช่องว่างหลายๆ ช่องที่จะให้ผู้ใช้คลิกเลือกได้เพียงช่องเดียวเท่านั้น เพื่อให้โปรแกรมดำเนินการตามเงื่อนไขของช่องว่างที่เลือกนั้นต่อไป ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.3

Check Box คือ รูปช่องว่างหลายๆ ช่องที่จะเปิดโอกาสให้ผู้ใช้คลิกเลือกได้ทีละหลายๆ ช่องในคราวเดียวกัน เพื่อให้โปรแกรมดำเนินการให้ครบตามทุกเงื่อนไขของทุกช่องที่ได้เลือกนั้นต่อไป ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.4

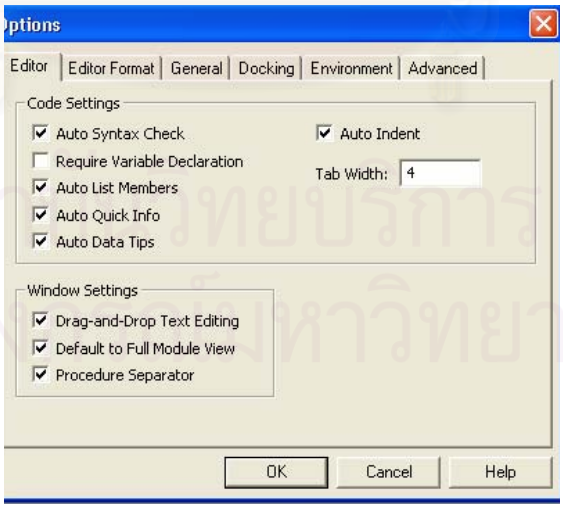
List Box คือ รูปช่องสี่เหลี่ยมที่จะบรรจุรายชื่อของสิ่งต่างๆ เอาไว้จำนวนมาก เช่น ชื่อไฟล์ เป็นต้น เพื่อให้ผู้ใช้เลือกมาใช้งานได้ต่อไป ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.1 โปรแกรมชนิด Event-driven แบบ Windows

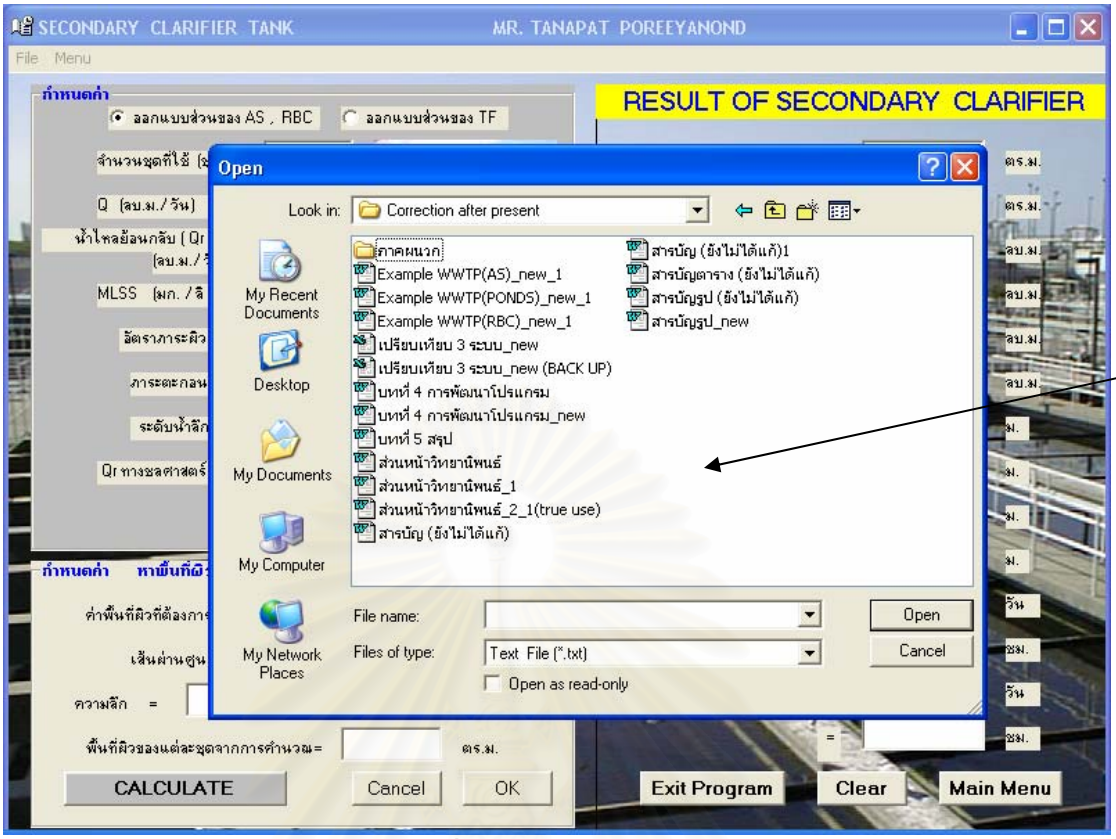


รูปที่ 4.2 Command Box

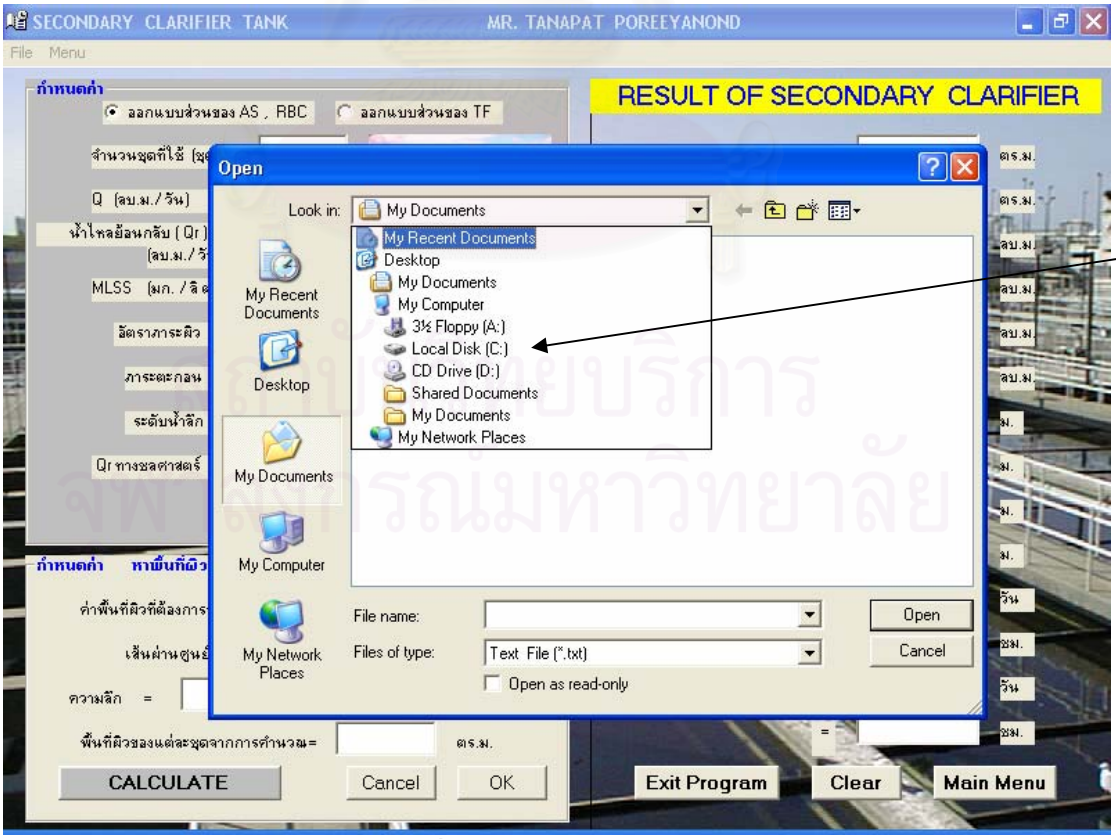
รูปที่ 4.3 Option Box



รูปที่ 4.4 Check Box



รูปที่ 4.5 List Box



รูปที่ 4.6 Combo Box

Combo Box คือ รูปช่องสี่เหลี่ยมที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับ List Box แต่แตกต่างกัน คือ รายการที่ผู้ใช้เลือกจะปรากฏให้เห็นเด่นชัดอยู่ภายใน Combo Box ส่วน List Box จะไม่มีการแสดงรายการที่ผู้ใช้เลือกไว้ในตัวของ List Box ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.6

Scrollbar คือ รูปของแถบปุ่มตัวเลื่อนรูปสี่เหลี่ยม มีทั้งแถบในแนวตั้งและแนวนอน จะใช้กรณีที่ข้อมูลที่ต้องการแสดงให้ดูนั้นมีมากเกิดกว่าจะแสดงได้ทั้งหมดบนหน้าจอ จึงต้องให้ผู้ใช้คลิกเลื่อนปุ่มนี้เพื่อจะได้ดูข้อมูลในส่วนที่ยังไม่ได้แสดงขึ้นหน้าจอถัดไป ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.7

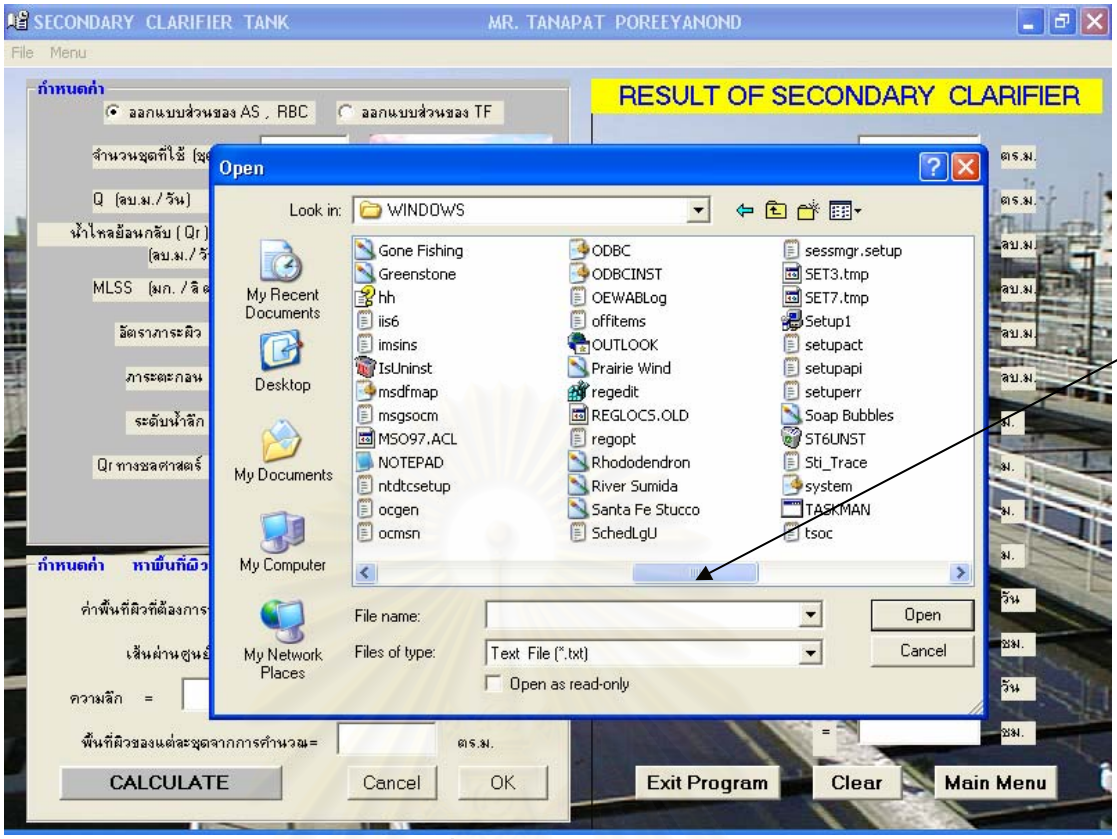
Massage Box (Msg Box) คือ รูปของกล่องข้อความที่จะแสดงข้อความใดๆ เพื่อสื่อให้ผู้ใช้ดำเนินการหรือรับทราบตามข้อความนั้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.8

4.1.3 รูปแบบของ Menu (แบบ Windows) และเป็น Multiple Document Interface (MDI) คือ มีเอกสารของแต่ละไฟล์เป็นวินโดว์ย่อยอยู่ในวินโดว์หลักผู้ใช้จึงสามารถสลับการทำงานไปมาระหว่างเอกสารได้ ส่วน Menu ก็คือ ส่วนของหน้าจอที่รวบรวมคำสั่งต่างๆ เพื่อใช้ดำเนินงานโปรแกรมเอาไว้ในริเวณเดียวกันและเป็นหมวดหมู่เพื่อสะดวกในการค้นหาและเลือกใช้คำสั่งต่างๆ ได้ง่ายยิ่งขึ้น ตัวอย่างของ Menu และ MDI มีแสดงไว้ในรูปที่ 4.9

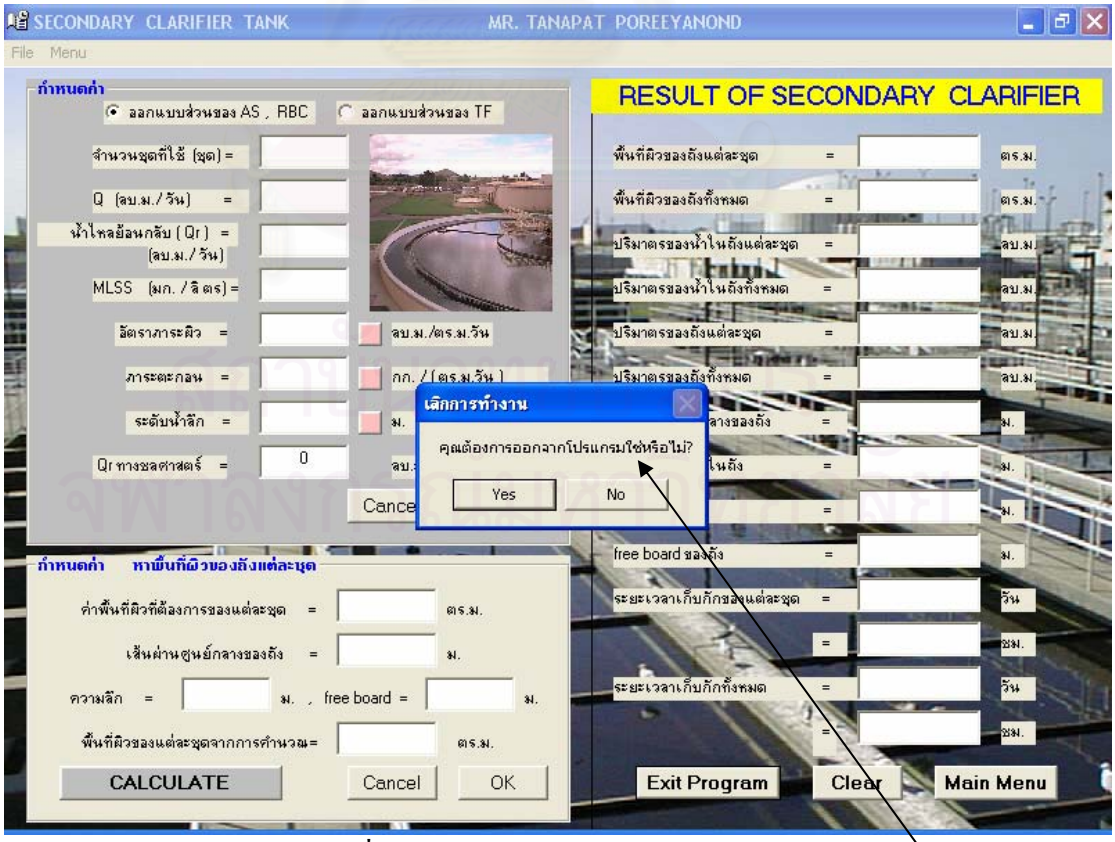
4.1.4 เมื่อเราสามารถเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆ ไปมาระหว่าง Microsoft Word, Excel, และ Auto-CAD เราก็สามารถใช้ภาษา Visual Basic เขียนควบคุมการทำงานของ Microsoft Word, Excel Access และ Auto-CAD ให้นำเอาข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ได้ต่างๆ มากมายตามที่เราต้องการ คือ

ก. Microsoft Word นำข้อมูลมาแสดงออกเป็นรูปแบบรายงานที่ผู้ใช้สามารถปรับแต่งแก้ไขได้ตามต้องการโดยใช้ศักยภาพของ Microsoft Word ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่ส่วนมากจะมีประจำอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องอยู่แล้ว และเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการจัดพิมพ์เอกสารต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงมาก และง่ายแก่การใช้งาน ปัจจุบันนี้เป็นโปรแกรมที่นิยมมากที่สุดสำหรับงานด้านการจัดทำเอกสารต่างๆ ตัวอย่างหน้าจอ Microsoft Word ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.10

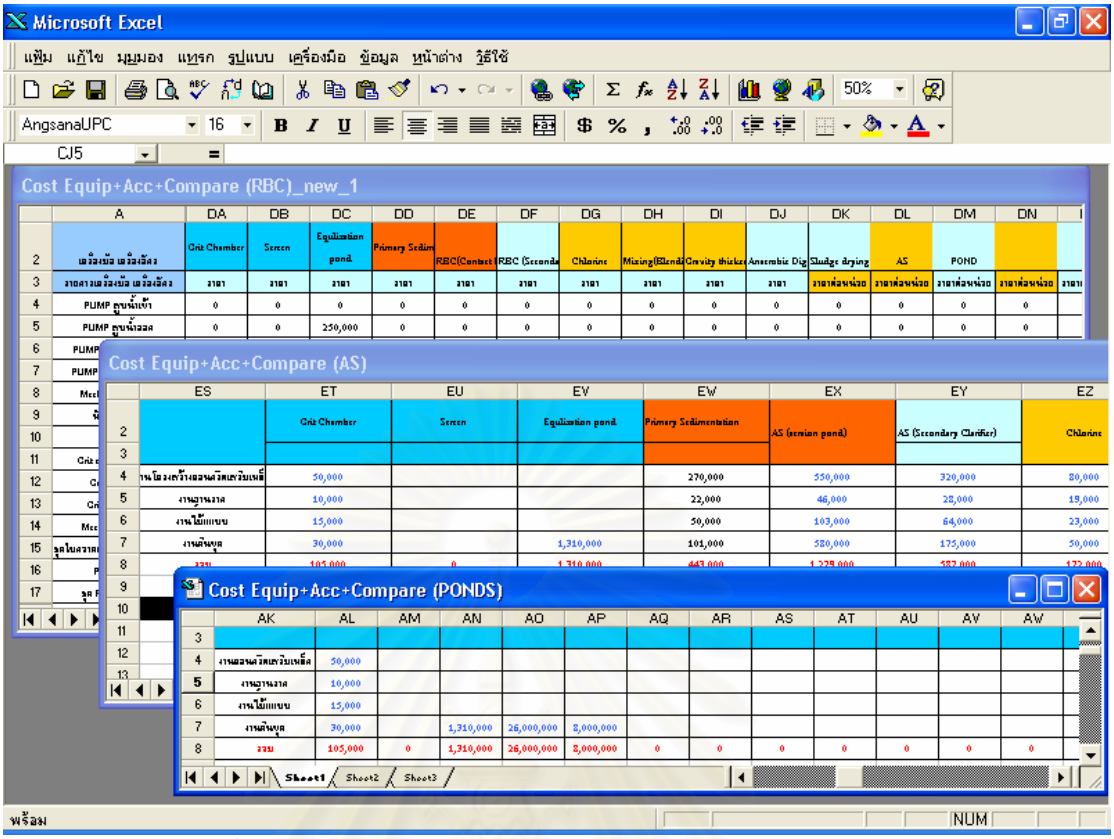
ข. Microsoft Excel นำข้อมูลมาคำนวณในตารางชีทคำนวณที่ผู้ใช้สามารถปรับแต่งแก้ไขได้ตามต้องการ โดยใช้ศักยภาพ Excel Microsoft Excel เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่ส่วนมากมีประจำอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องอยู่แล้ว และเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับงานคำนวณต่างๆ ที่สามารถจัดทำออกมาได้ในรูปของตารางการคำนวณ มีประสิทธิภาพสูงมากและง่ายแก่การใช้งาน ปัจจุบันนี้เป็นโปรแกรมที่นิยมมากที่สุดสำหรับใช้จัดทำตารางการคำนวณต่างๆ ตัวอย่างหน้าจอ Microsoft Excel ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.7 Scroll Bar

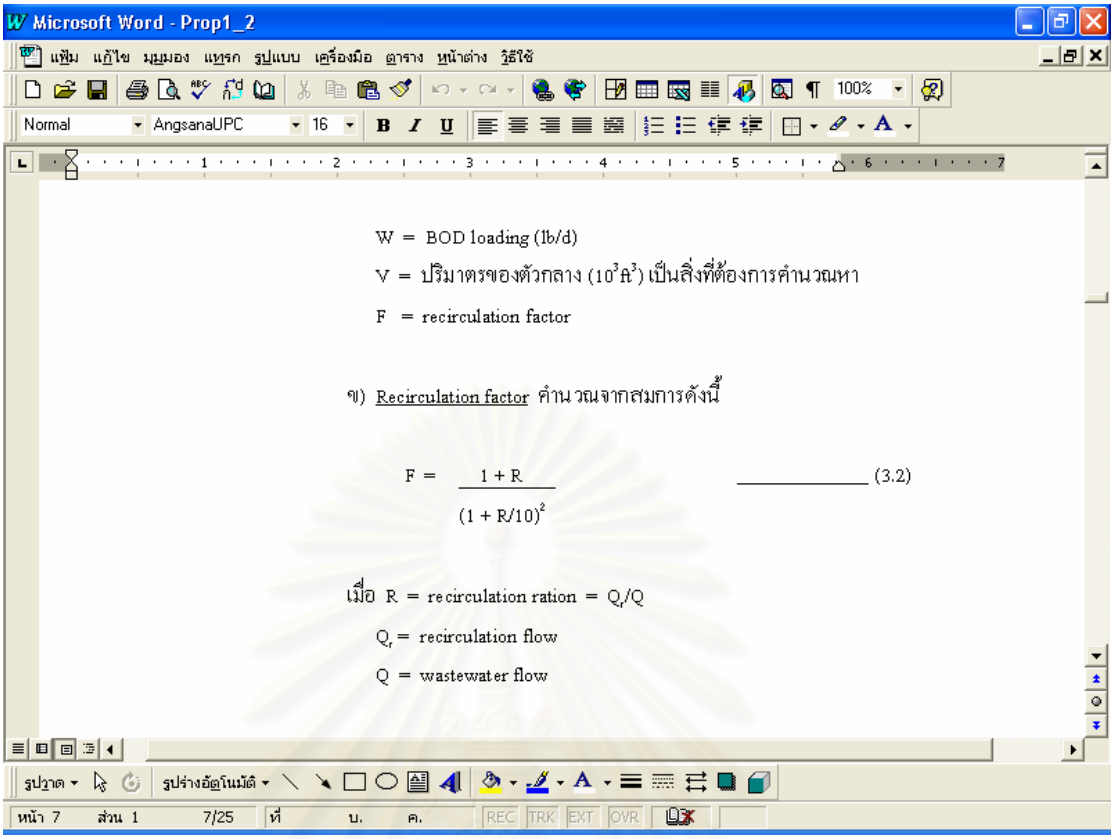


รูปที่ 4.8 Message Box (Msg Box)



รูปที่ 4.9 Menu และ Multiple Document In terrace (MDI)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Microsoft Word - Prop1_2

W = BOD loading (lb/d)

V = ปริมาตรของตัวกลาง (10^3 ft^3) เป็นสิ่งที่ต้องการคำนวณหา

F = recirculation factor

ข) Recirculation factor คำนวณจากสมการดังนี้

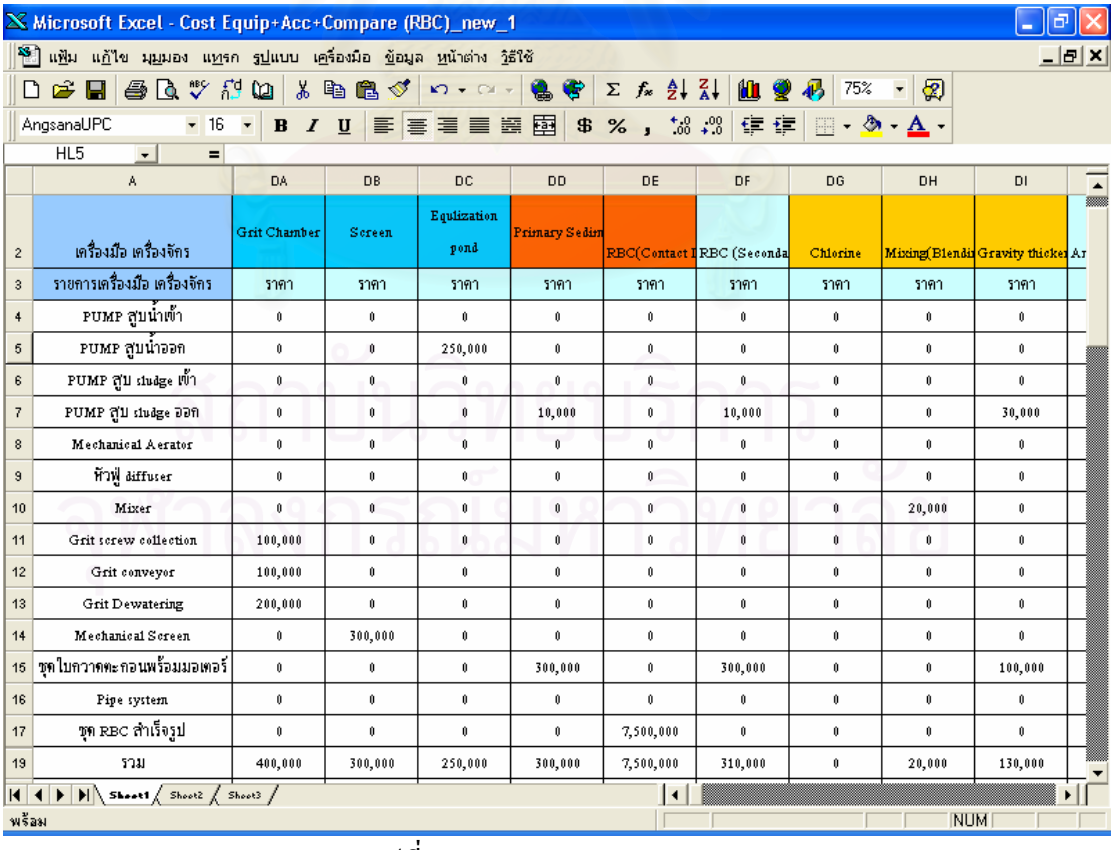
$$F = \frac{1 + R}{(1 + R/10)^2} \qquad (3.2)$$

เมื่อ R = recirculation ration = Q_r/Q

Q_r = recirculation flow

Q = wastewater flow

รูปที่ 4.10 Microsoft Word



Microsoft Excel - Cost Equip+Acc+Compare (RBC)_new_1

	A	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI
2	เครื่องมือ เครื่องจักร	Grit Chamber	Screen	Equlization pond	Primary Sedim	RBC(Contact I	RBC (Seconda	Chlorine	Mixing(Blendi	Gravity thicker
3	รายการเครื่องมือ เครื่องจักร	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา
4	PUMP สูบน้ำเข้า	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	PUMP สูบน้ำออก	0	0	250,000	0	0	0	0	0	0
6	PUMP สูบ sludge เข้า	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	PUMP สูบ sludge ออก	0	0	0	10,000	0	10,000	0	0	30,000
8	Mechanical Aerator	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	หัวฟู่ diffuser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Mixer	0	0	0	0	0	0	0	20,000	0
11	Grit screw collection	100,000	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Grit conveyor	100,000	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Grit Dewatering	200,000	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Mechanical Screen	0	300,000	0	0	0	0	0	0	0
15	ชุดใบกวาดตะกอนพร้อมมอเตอร์	0	0	0	300,000	0	300,000	0	0	100,000
16	Pipe system	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	ชุด RBC สำเร็จรูป	0	0	0	0	7,500,000	0	0	0	0
19	รวม	400,000	300,000	250,000	300,000	7,500,000	310,000	0	20,000	130,000

รูปที่ 4.11 Microsoft Excel

ค. Auto-CAD นำข้อมูลมาแสดงเป็นภาพของ Auto-CAD ที่ผู้ใช้สามารถปรับแต่งแก้ไขภาพได้ตามต้องการ โดยใช้ศักยภาพของ Auto-CAD เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากในวิศวกรทุกสาขา เพราะเป็นโปรแกรมที่มีไว้ใช้เขียนแบบ (drawing) ทั้งในเชิงวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมทดแทนการเขียนด้วยมือ มีประสิทธิภาพสูงมาก และทำงานได้อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างหน้าจอ Auto-CAD ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.12

ซึ่งการที่จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังเช่นตัวอย่างเหล่านี้ได้นั้น ในอดีตเป็นไปไม่ได้ เพราะ Word, Excel , Auto-CAD ต่างมีฐานข้อมูลที่มีลักษณะระบบฐานข้อมูลที่แตกต่างกัน แต่ในปัจจุบันเมื่อมี Visual Basic เราก็สามารถเข้าไปแก้ไขปรับแต่งภายในโปรแกรมของ Word, Excel , Auto-CAD ได้ จึงทำให้โปรแกรมเหล่านี้ทำงานต่างๆ ได้ตามที่ต้องการ

4.1.5 ตารางคำนวณสำหรับการประเมินราคาอุปกรณ์-เครื่องจักรกล ค่าใช้จ่ายอื่นๆ และการรวมราคาค่าใช้จ่ายทั้งหมด เนื่องจากวิธีการเขียนโปรแกรมสำหรับการประเมินราคาอุปกรณ์-เครื่องจักรกล ค่าใช้จ่ายอื่นๆ และการรวมราคาใช้จ่ายทั้งหมด ของวิทยานิพนธ์คุณสมศักดิ์ มีลักษณะที่เป็นการแยกเป็นฟังก์ชันย่อยหลายๆ ฟังก์ชันย่อยหลายๆ ฟังก์ชัน ทำให้เกิดความซ้ำซ้อนและสิ้นเปลืองพื้นที่ในการเขียนโปรแกรมอย่างมาก

ดังนั้นจึงควรแก้ไขข้อเสียดังกล่าวโดยการใช้ภาษา Visual Basic ปรับแต่งการทำงานองชีท คำนวณ Microsoft Excel ผู้ใช้เพียงแต่เรียกชีทนี้ขึ้นมาที่หน้าจอแล้วเขียนรายการและตัวเลขที่ต้องการประเมินลงไปแล้วคำนวณรวมราคาตามต้องการหลังจากนั้นก็บันทึกลงแผ่นดิสก์เป็น 1 ไฟล์ โดยเฉพาะซึ่งสามารถเรียกไฟล์ที่บันทึกนี้กลับมาแก้ไขได้อีก

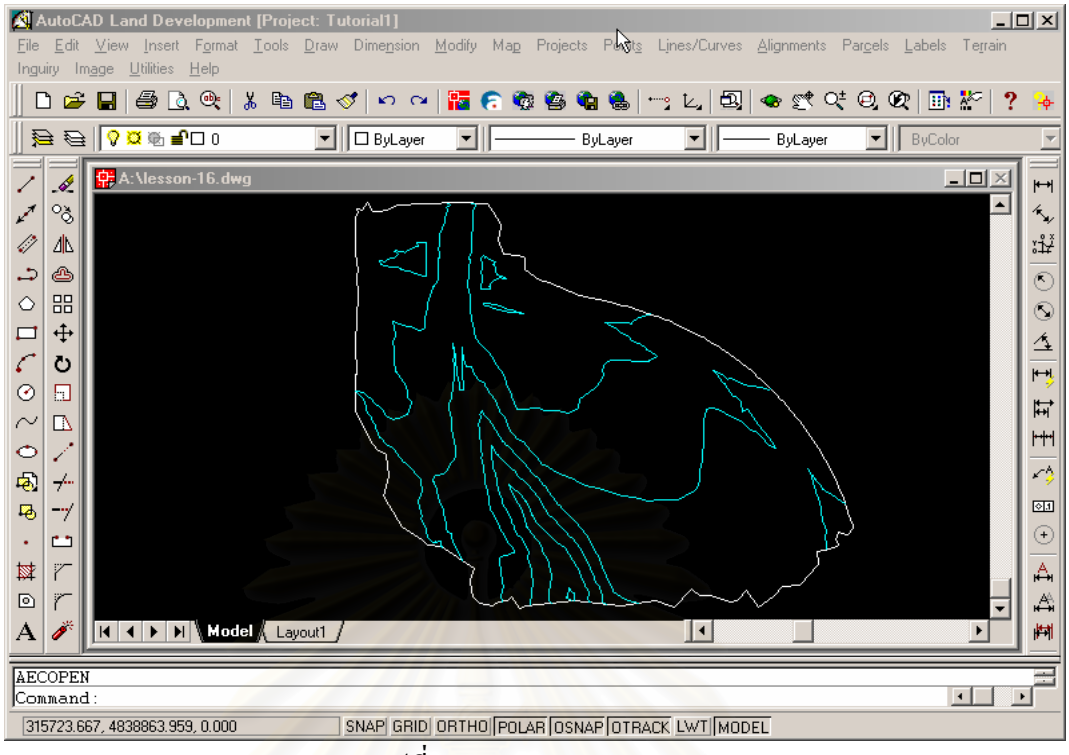
ข้อดีของวิธีการนี้คือมีความยืดหยุ่นอย่างมากเช่น ในการเพิ่มหรือลดรายการใดๆ ในตารางก็ได้ หรือการตั้งไฟล์ใหม่ได้ตามที่ต้องการ ตัวอย่างของตารางนี้มีแสดงไว้ในรูปที่

4.1.6 ไฟล์การจัดทำรายงานผลลัพธ์การคำนวณสุดท้าย ไฟล์นี้เป็นการจัดพิมพ์ผลลัพธ์จากการคำนวณทั้งหมด ออกมาในรูปรายงานซึ่งจะมีรูปแบบเดียวกับหน้าจอทุกอย่าง โดยใช้ภาษา Visual Basic ปรับแต่งการทำงานของ Microsoft Word ผู้ใช้จึงมีศักยภาพสูงสุดในการจัดทำรายงานได้ตามที่ต้องการ

4.1.7 ไฟล์แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการประเมินราคาในแต่ละรอบการคำนวณออกแบบ (comparative files) ไฟล์นี้เป็นไฟล์ที่นำผลลัพธ์สุดท้ายของการประเมินราคาในแต่ละรอบของการคำนวณ ออกมาเปรียบเทียบให้ผู้ใช้พิจารณา (การคำนวณออกแบบสามารถทำได้มากกว่า 1 รอบโดยที่การออกแบบ 1 รอบหมายถึง การออกแบบครบทุกหน่วยบำบัดตามที่ต้องการสำหรับรอบนั้น ๆ เรียบร้อยแล้ว)

ไฟล์นี้มี 4 รูปแบบ คือ

- comparative file สำหรับการเปรียบเทียบราคา civil works
- comparative file สำหรับการเปรียบเทียบราคา equipment



รูปที่ 4.12 Auto-CAD

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- comparative file สำหรับการเปรียบเทียบราคา accessory
- comparative file สำหรับการเปรียบเทียบ total cost ของ civil works, equipment, accessories ของ grand และ sam total cost

โดยในแต่ละรูปของไฟล์นี้จะแจกแจงให้เห็นชัดว่า แต่ละรายการของแต่ละรอบรายการคำนวณว่ามีราคาต่างกันอย่างไร บนหน้าจอเดียวกัน

4.1.8 การจัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (User Manual) เนื่องด้วยโดยทั่วไปแล้วโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะมีการจัดทำเอกสารคู่มือการใช้ขึ้นเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ใช้โปรแกรมนั้นสามารถใช้งานได้สะดวกและถูกต้องดังนั้นผู้นำเสนอหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้จึงเห็นว่าควรจัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้ด้วยเช่นกัน คู่มือนี้นอกจากจะแสดงขั้นตอนในการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้ว ยังนำเสนอกราฟแสดงพารามิเตอร์บางตัวที่ใช้ในการออกแบบหน่วยบำบัดบางหน่วยซึ่งมีปัญหาคือ พารามิเตอร์บางตัวนั้นไม่สามารถแจกแจงแสดงออกมาในรูปของตารางได้จำเป็นต้องแสดงในรูปของกราฟเท่านั้น แต่เนื่องจากกราฟไม่สามารถบรรจุลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ดังนั้นจึงต้องนำมาแสดงในเอกสารคู่มือดังกล่าว

4.2 การพัฒนาด้านโครงสร้างของโปรแกรม

โปรแกรมออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและประมาณราคาเบื้องต้นนี้ ประกอบด้วยโครงสร้างใหญ่ๆ 3 ประเภท คือ โปรแกรมปฏิบัติการ (Visual Basic Language) ไฟล์ข้อมูล และไฟล์ default ซึ่งแสดงค่า design criteria ของกระบวนการต่างๆ ซึ่งใช้เป็นภาษา Visual Basic ในที่นี้สามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละโครงสร้างได้ดังนี้

4.2.1 โปรแกรมปฏิบัติการ (Visual Basic Language)

ในการออกแบบโปรแกรมนี้ได้แบ่งส่วนของโปรแกรมออกเป็นฟังก์ชันต่างๆ ดังนี้

1) Main เป็นฟังก์ชันหลักซึ่งรวบรวมฟังก์ชันย่อยทั้งหมดของโปรแกรม

2) Flow and mass balance เป็นฟังก์ชันย่อยซึ่งทำหน้าที่คำนวณสมดุลอัตราการไหลและมวลสารภายในระบบบำบัดน้ำเสียที่ผู้ใช้งานโปรแกรมสร้างขึ้น

3) Design เป็นฟังก์ชันย่อยซึ่งทำหน้าที่คำนวณออกแบบหน่วยบำบัดน้ำเสียต่างๆ ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ผู้ใช้งานโปรแกรมสร้างขึ้น

4) Plant lay -out consideration เป็นฟังก์ชันย่อยซึ่งทำหน้าที่ช่วยผู้ใช้งานโปรแกรมในการพิจารณาจัดวางแบบแปลน (plant lay – out) ของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยเรียกใช้โปรแกรม Auto-CAD มาช่วยใช้งาน

5) Hydraulic consideration and profile เป็นฟังก์ชันย่อย ซึ่งทำหน้าที่ออก

แบบองค์ประกอบที่สำคัญๆ ทางด้านชลศาสตร์ในโรงบำบัดน้ำเสีย ซึ่งได้แก่ ท่อ ทางน้ำเปิด เครื่องสูบน้ำ และฝายน้ำล้น (weir)

6) Cost estimation เป็นฟังก์ชันย่อยซึ่งทำหน้าที่คำนวณประเมินราคาเบื้องต้นของโรงบำบัดน้ำเสีย โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ราคาค่าใช้จ่ายงานโยธา ราคางานอุปกรณ์-เครื่องจักรกล และราคาค่าใช้จ่ายอื่นๆ

7) Cost comparison เป็นฟังก์ชันย่อยที่นำผลลัพธ์ของการประเมินราคาในแต่ละรอบของการคำนวณออกมาเปรียบเทียบให้ผู้ใช้พิจารณาเพราะในแต่ละรอบของการคำนวณนั้นผู้ใช้อาจเลือกใช้หน่วยบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกันก็ได้ การเปรียบเทียบจะแบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ การเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายงานโยธา การเปรียบเทียบราคางานอุปกรณ์-เครื่องจักรกล การเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายอื่นๆ และการเปรียบเทียบ Total cost ของโยธา-เครื่องจักรกล-ค่าใช้จ่ายอื่นๆ

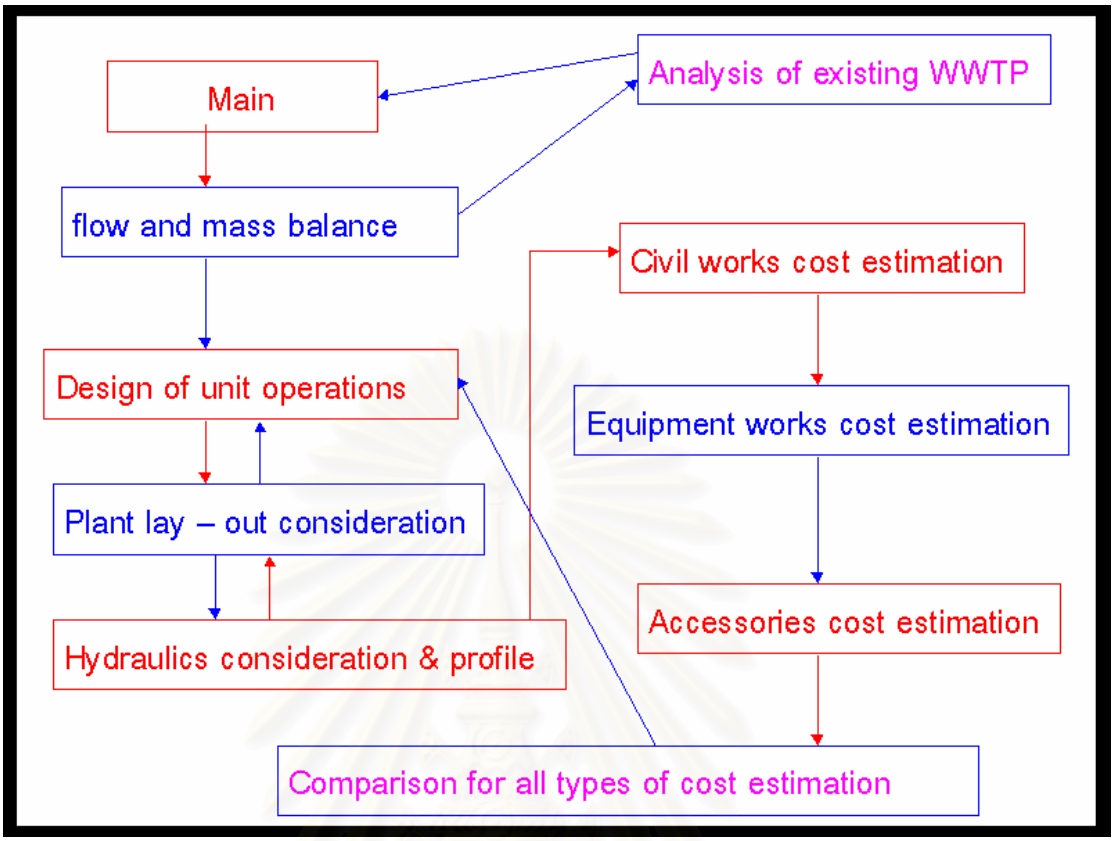
8) Analysis เป็นฟังก์ชันย่อยที่ช่วยคำนวณในกรณีที่มีโรงบำบัดน้ำเสียเดิมอยู่แล้ว (existing plant) เพื่อสามารถวิเคราะห์ได้ว่าโรงบำบัดน้ำเสียนั้นเหมาะสมกับคุณลักษณะของน้ำเสียที่พิจารณาหรือไม่

สำหรับหน้าจอของทั้ง 8 ฟังก์ชันย่อยนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.14 ถึง 4.68 ความสัมพันธ์โดยทั่วไปของทั้ง 8 ฟังก์ชันย่อยนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.13 แต่ในทางปฏิบัติใช้งานจริงแล้ว ผู้ใช้มีอิสระอย่างเต็มที่ในการจะเลือกใช้ฟังก์ชันย่อยทั้ง 8 นี้ ฟังก์ชันใดก่อนหรือหลังก็ได้

4.2.2 ไฟล์ข้อมูล (Data Files)

ไฟล์ข้อมูล เป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลที่จำเป็นที่ใช้ในการคำนวณออกแบบของกระบวนการบำบัดน้ำเสียต่างๆ ไฟล์ข้อมูลของโปรแกรมนี้แบ่งออกเป็น 2 จำพวกด้วยกัน คือ

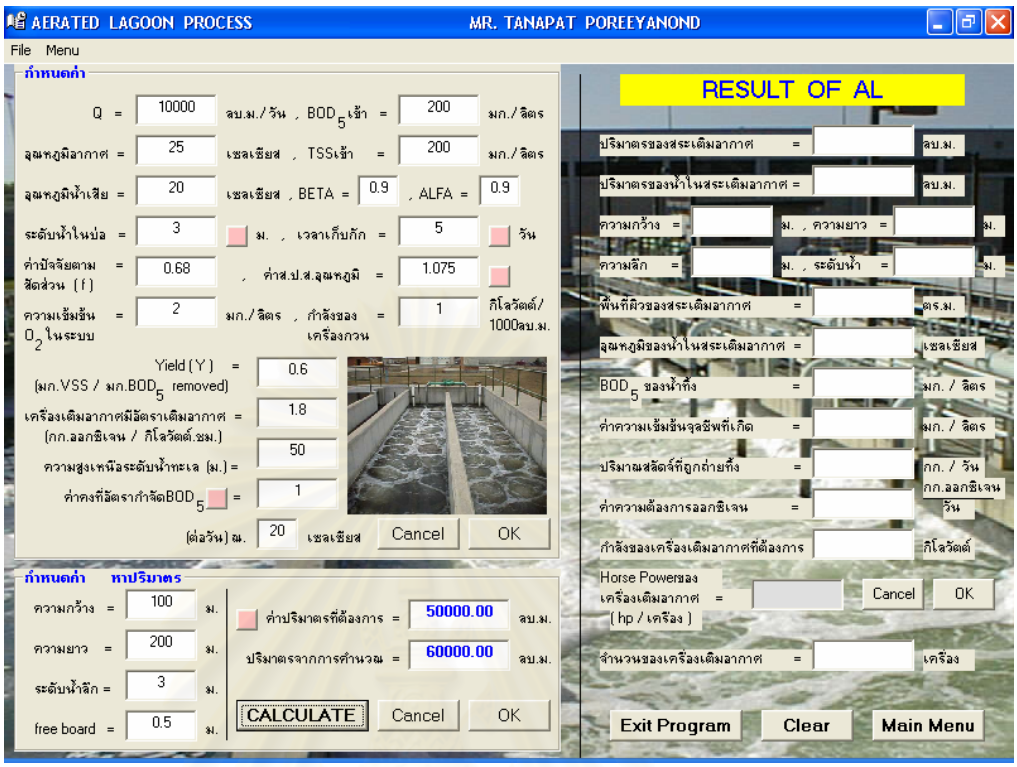
- ไฟล์ข้อมูลซึ่งเก็บค่าแนะนำสำหรับใช้ในการคำนวณออกแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสียต่างๆ ซึ่งในแต่ละกระบวนการจะมีไฟล์ข้อมูลชนิดนี้แยกเป็นอิสระจากกัน ผู้ใช้จะเรียกใช้ไฟล์ข้อมูลต่างๆ นี้เอง โดยใช้คำสั่ง Open ใน Menu ด้านบนของจอและไม่ควรลบไฟล์เหล่านี้ออกไปจากโปรแกรม เพราะโปรแกรมจะหาไม่พบและจะแสดงข้อผิดพลาดขึ้น
- ไฟล์ข้อมูลซึ่งเก็บค่าของ parameters ที่ใช้ในการคำนวณออกแบบและผลลัพธ์ของการคำนวณออกแบบของกระบวนการบำบัดน้ำเสียต่างๆ แต่ผู้ใช้โปรแกรมเป็นผู้สั่งให้โปรแกรมเก็บค่าข้อมูลต่างๆ ไว้ในไฟล์ใหม่และตั้งชื่อใหม่ให้กับไฟล์ข้อมูลชนิดนี้ในการเรียกใช้ไฟล์ข้อมูลนี้ ผู้ใช้โปรแกรมจะต้องป้อนชื่อไฟล์ให้ถูกต้องแล้วโปรแกรมจะไปเรียกมาใช้งาน ถ้าป้อนชื่อไม่ถูกต้องโปรแกรมจะบอกว่าไม่พบและให้ป้อนชื่อไฟล์เข้าไปใหม่



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์แบบทั่วไปของฟังก์ชันทั้ง 8

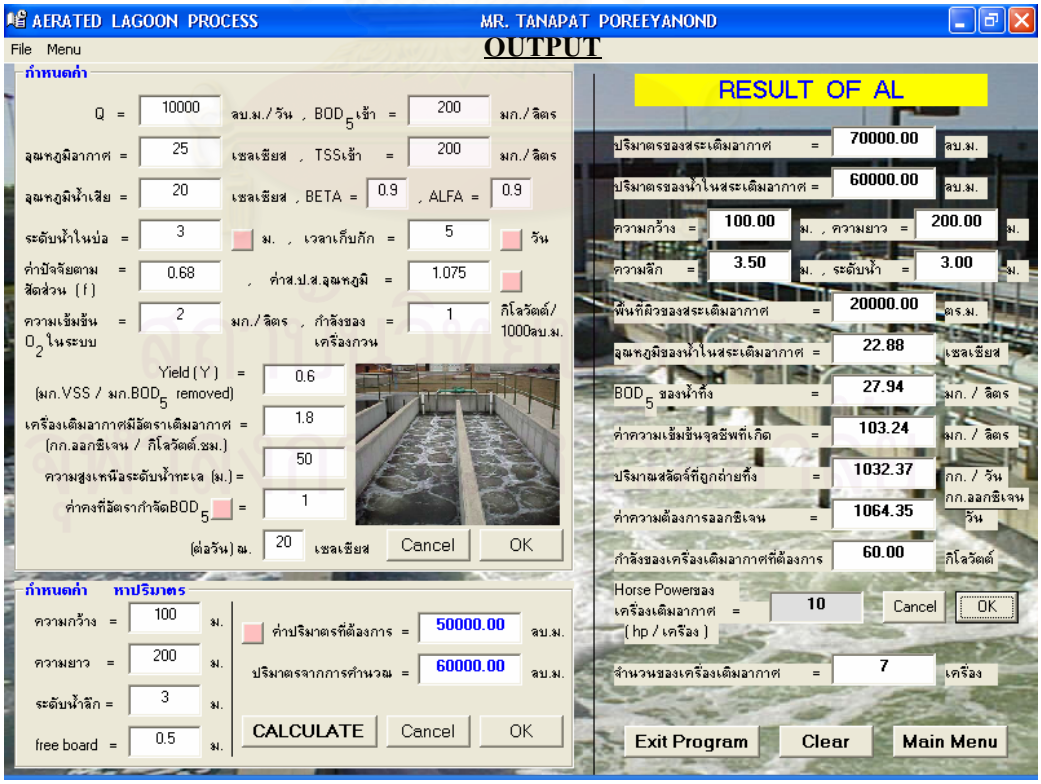
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INPUT

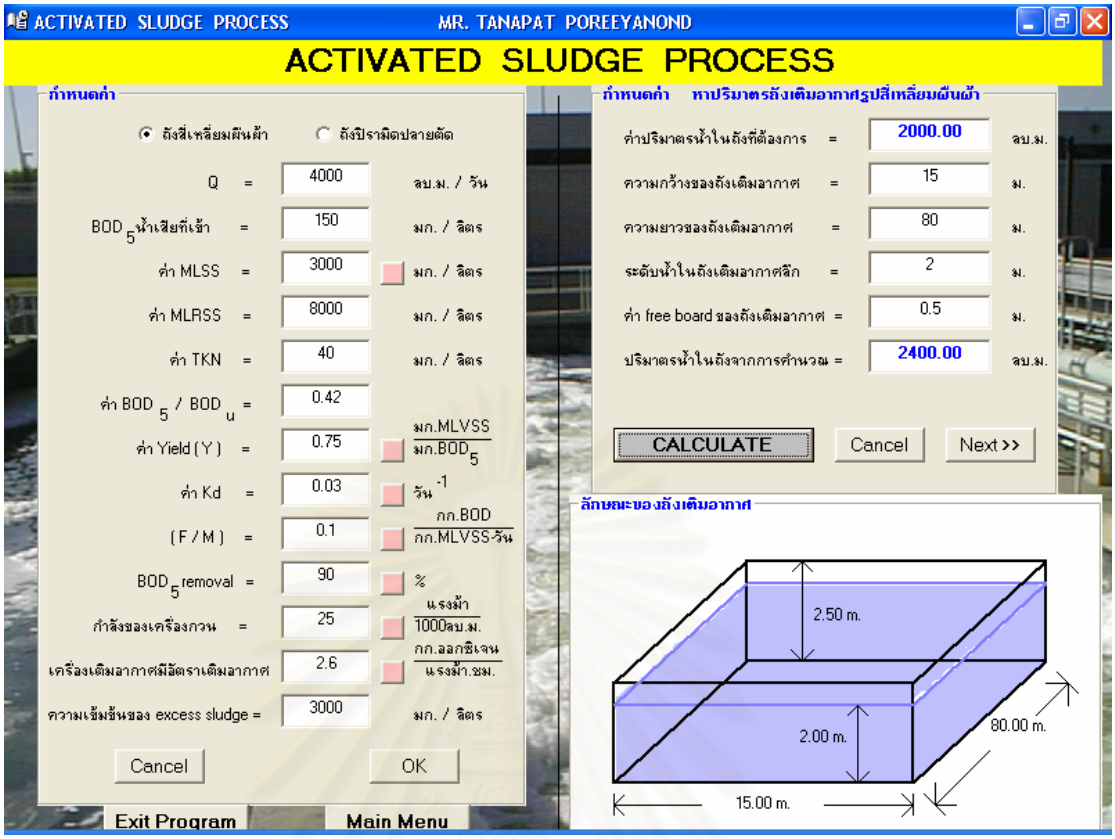


รูปที่ 4.14 หน้าจอสำหรับออกแบบ สระเติมอากาศ

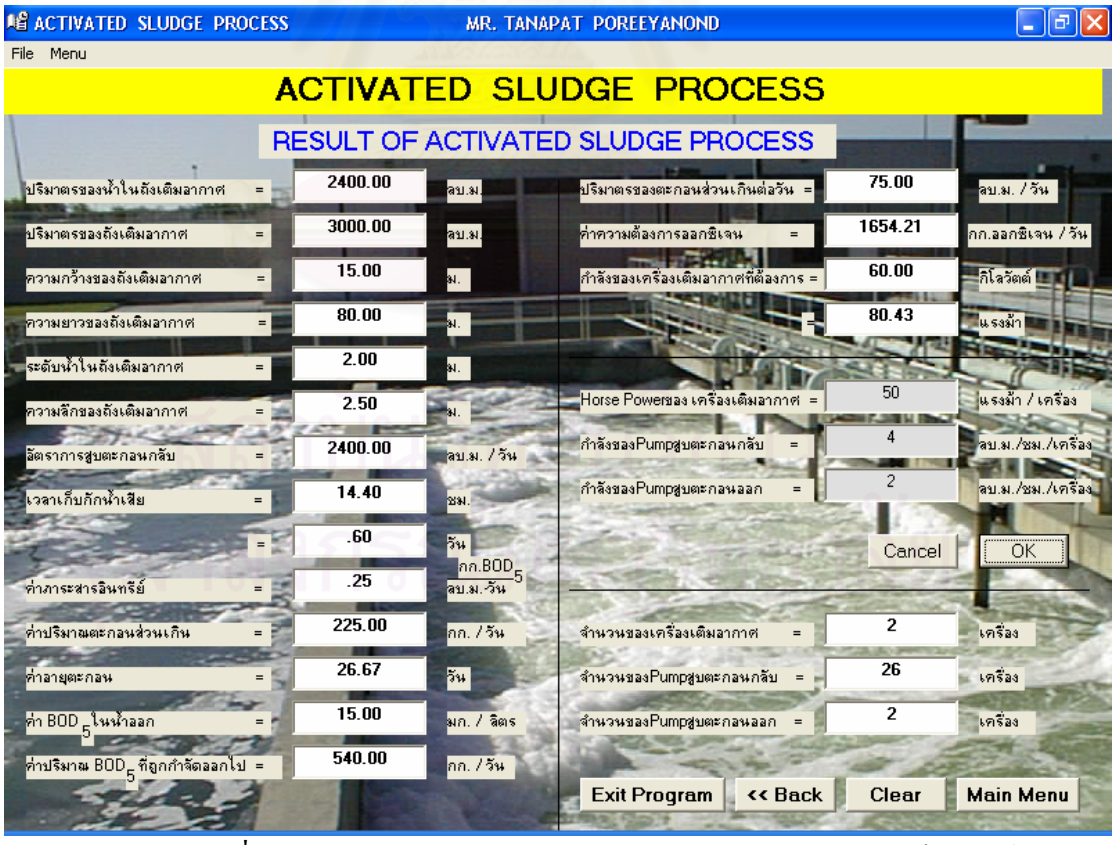
OUTPUT



INPUT

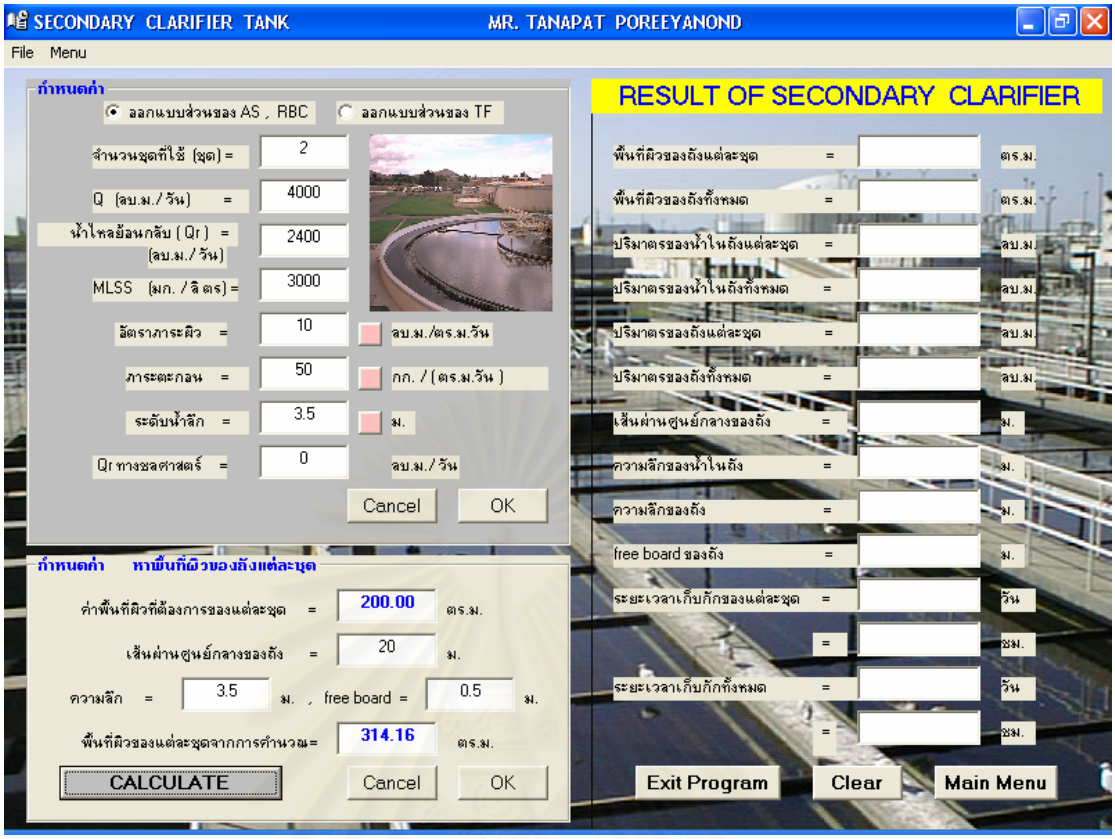


OUTPUT

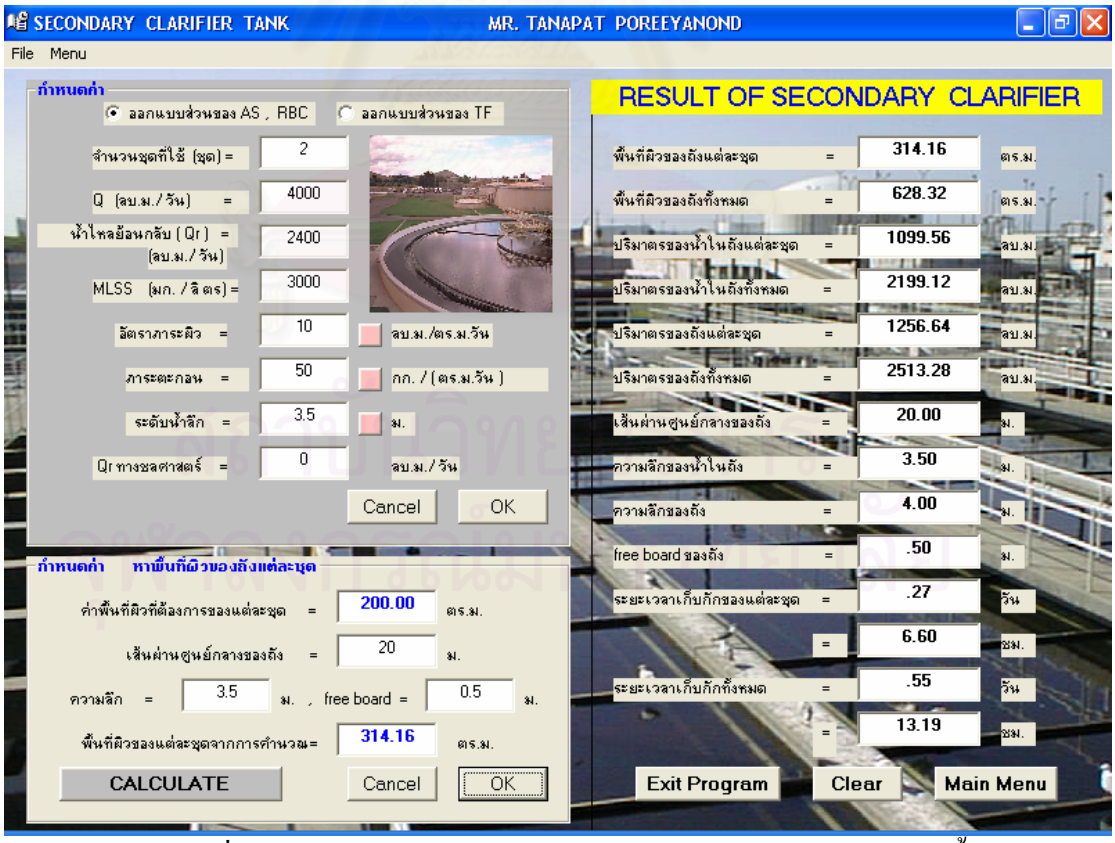


รูปที่ 4.15 หน้าจอสำหรับออกแบบ กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์

INPUT

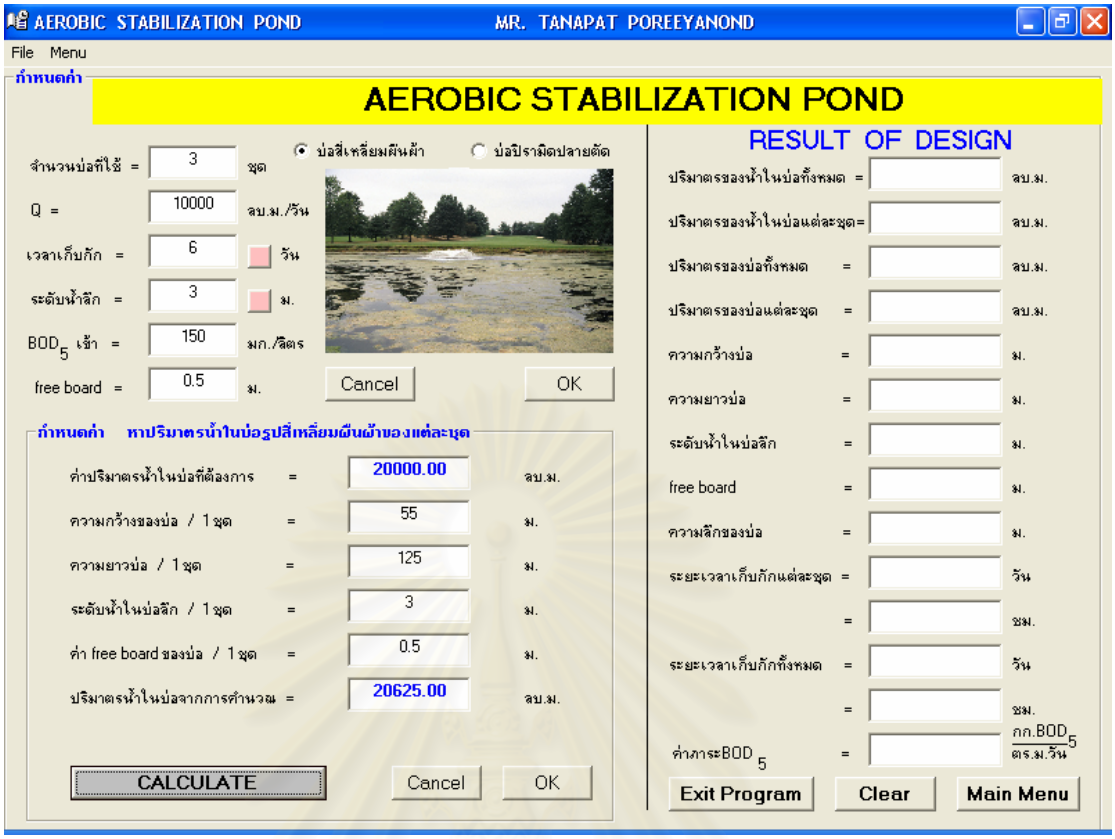


OUTPUT

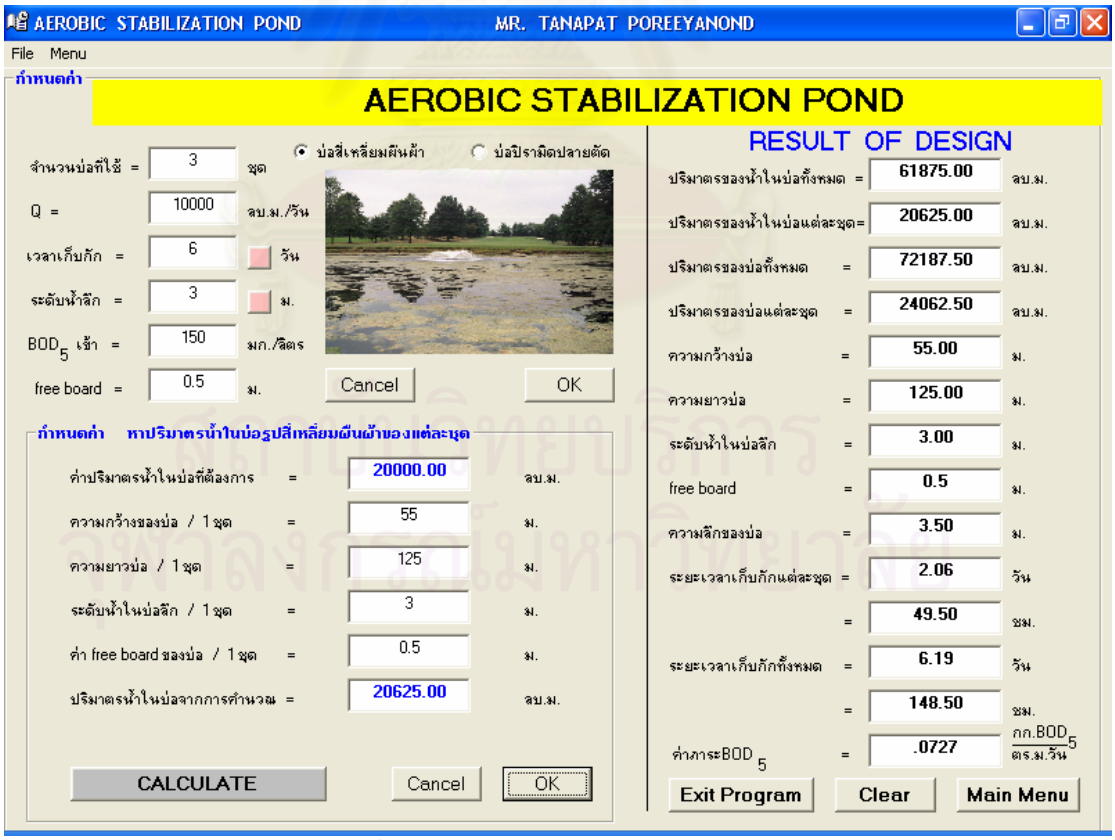


รูปที่ 4.16 หน้าจอสำหรับออกแบบ ถังทำใสหรือถังตกตะกอนขั้นสอง

INPUT

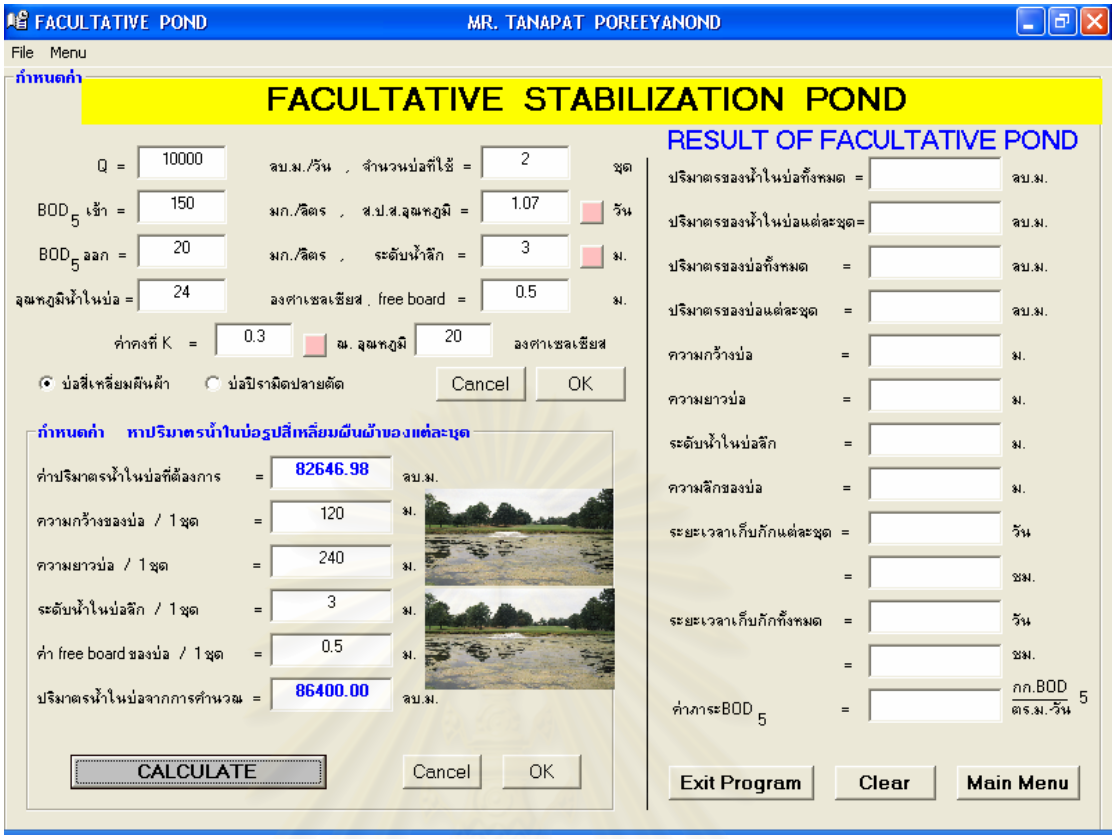


OUTPUT

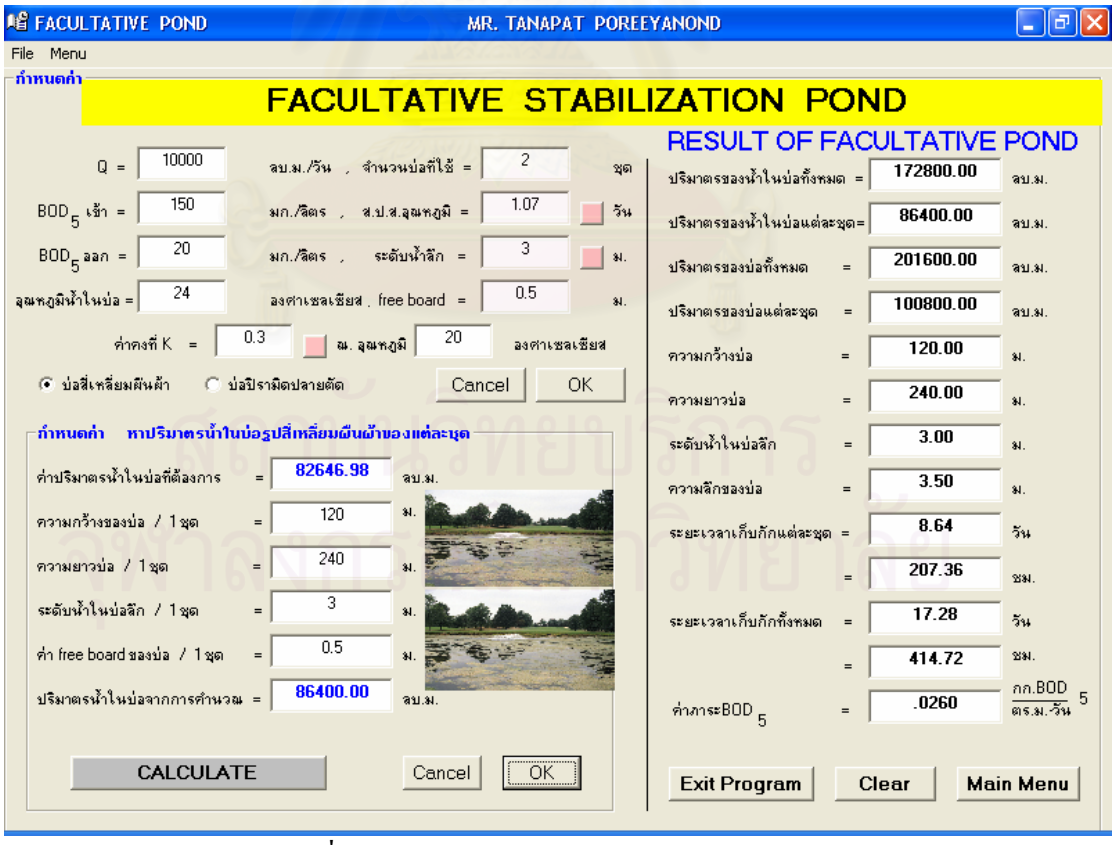


รูปที่ 4.17 หน้าจอสำหรับออกแบบ บ่อบ่ม

INPUT

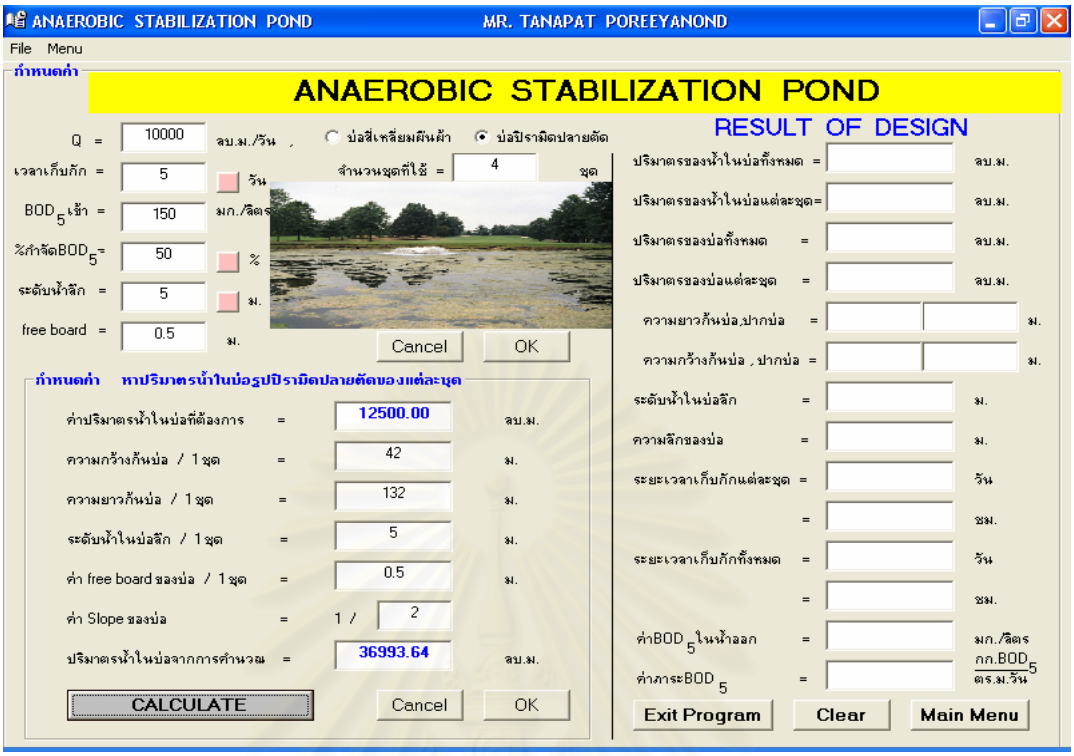


OUTPUT



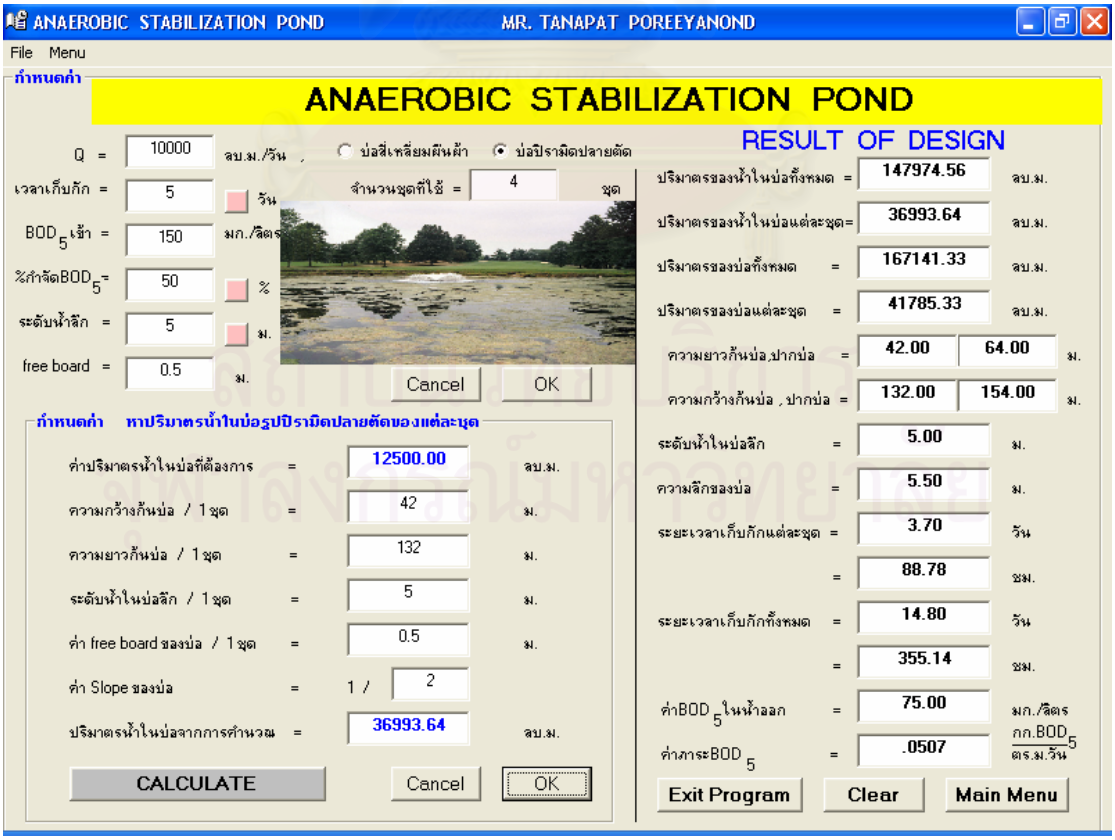
รูปที่ 4.18 หน้าจอสำหรับออกแบบ บ่อแฟคัลเททีฟ

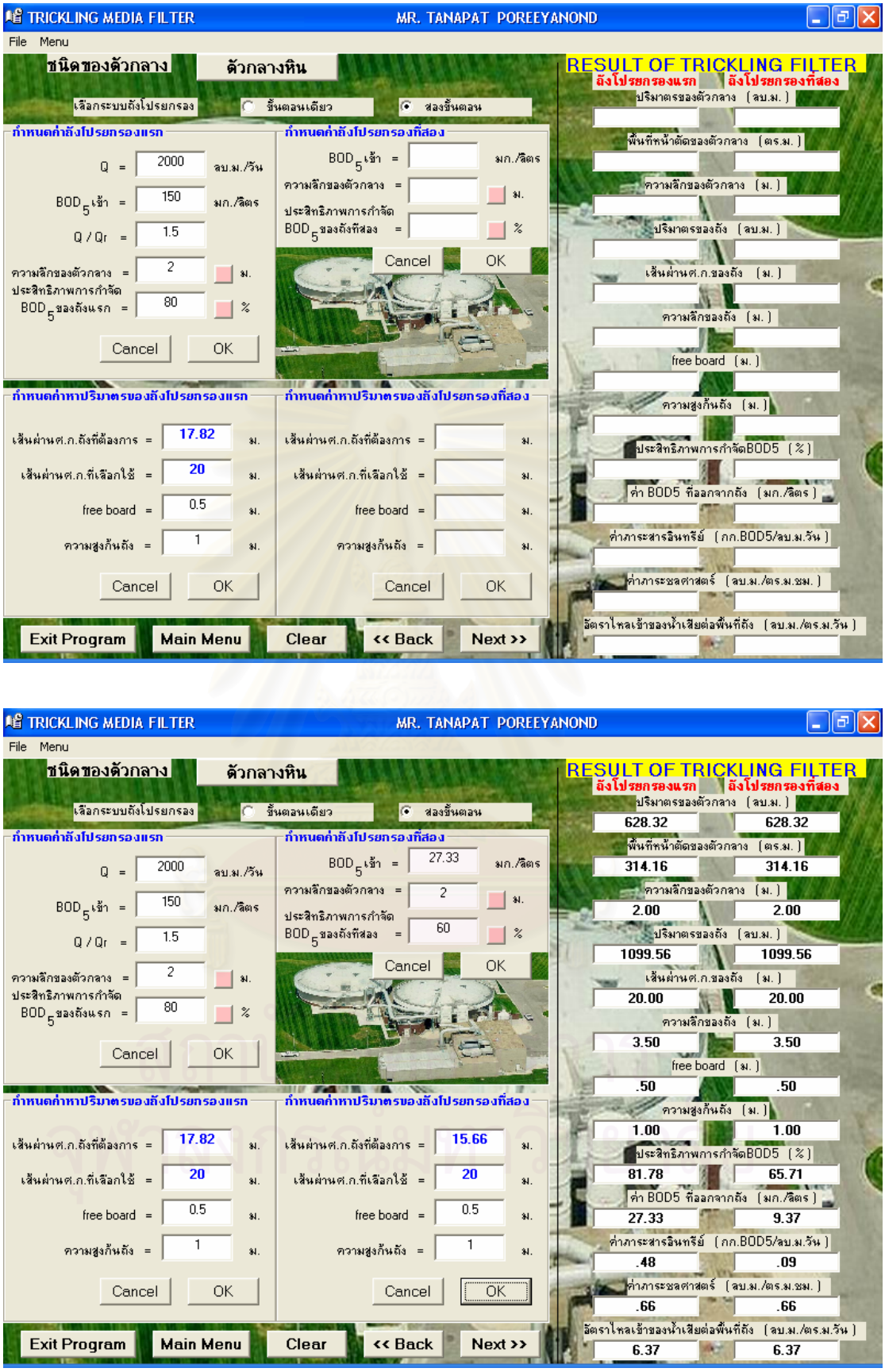
INPUT



รูปที่ 4.19 หน้าจอสำหรับออกแบบ บ่อเหม็น

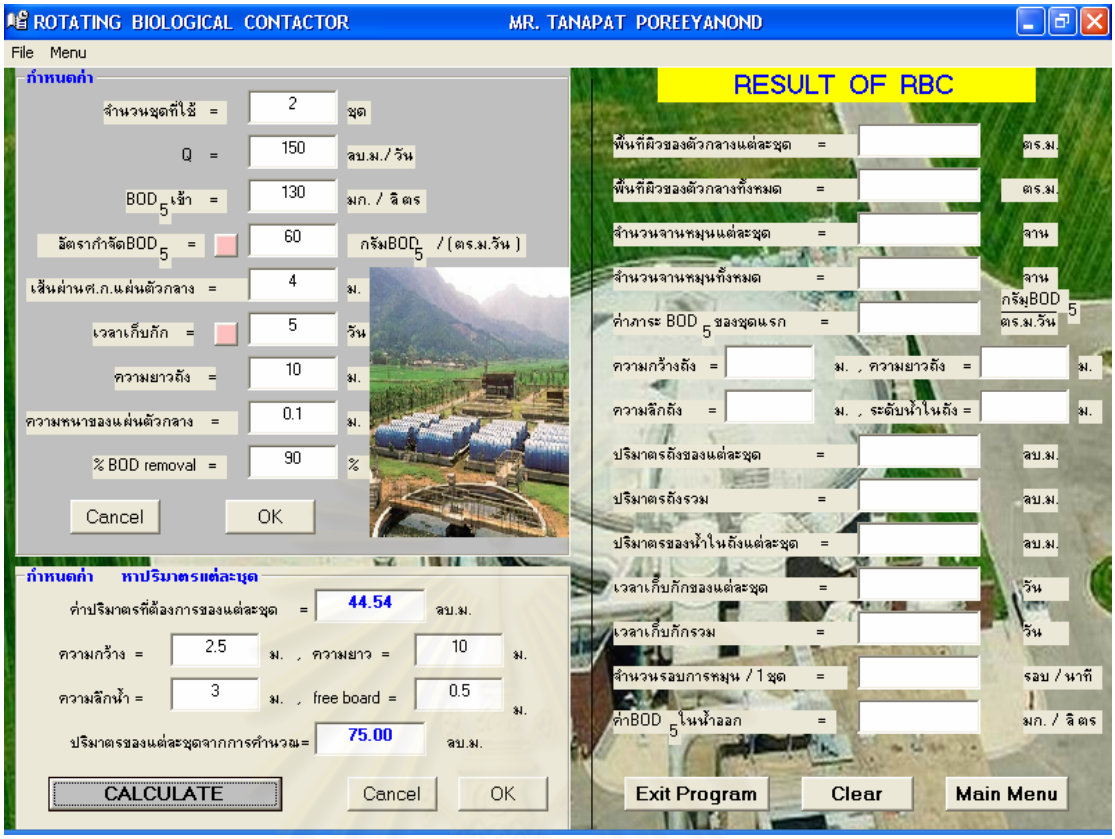
OUTPUT



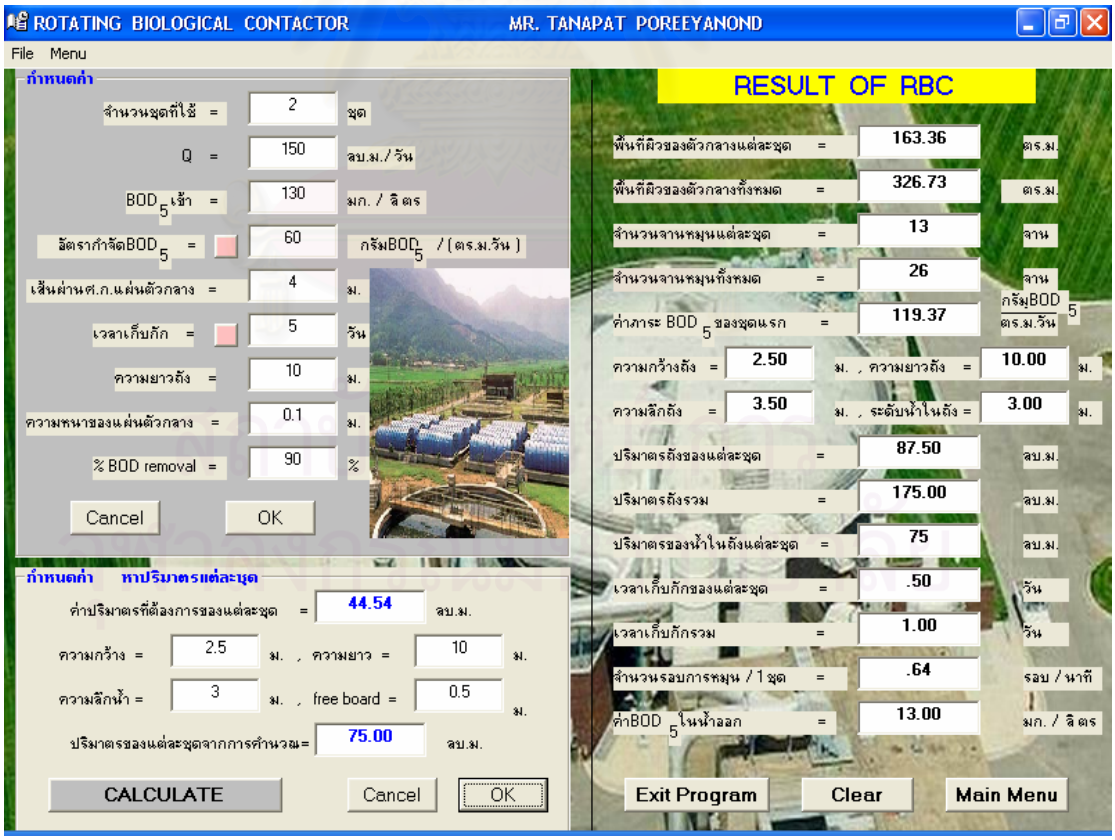


รูปที่ 4.20 หน้าจอสำหรับออกแบบ ระบบโปรยกรอง

INPUT

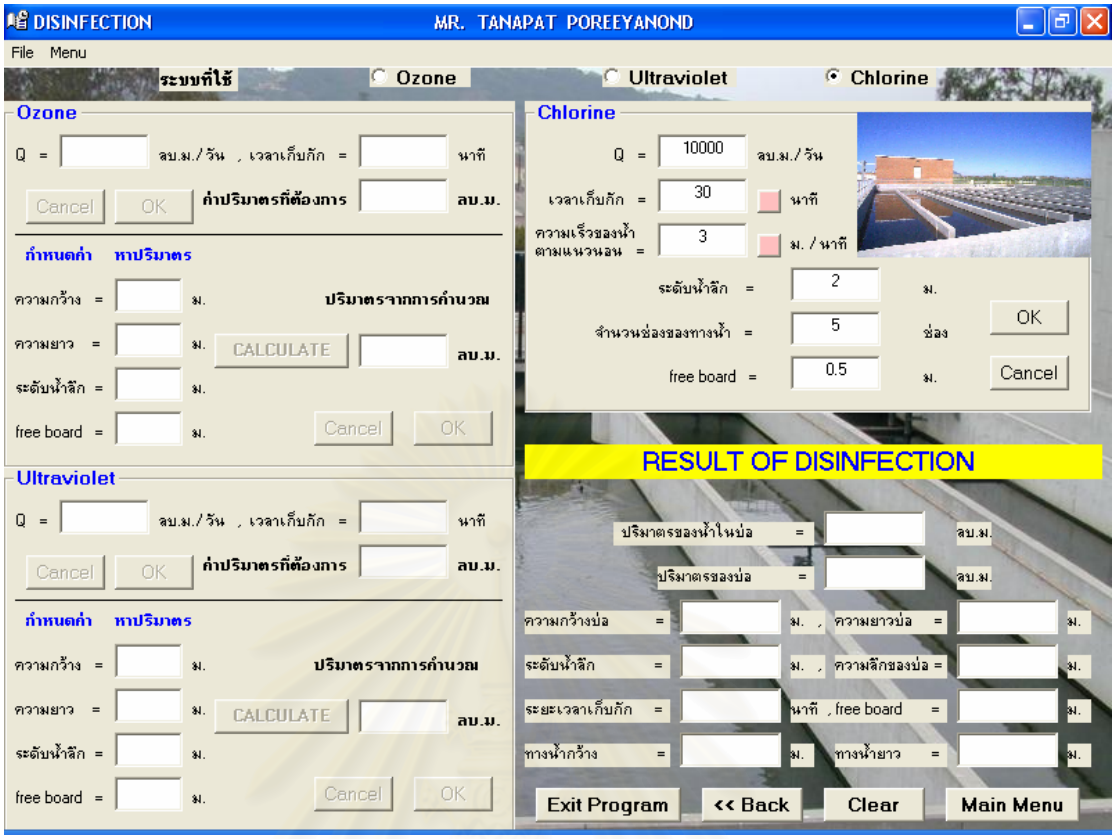


OUTPUT

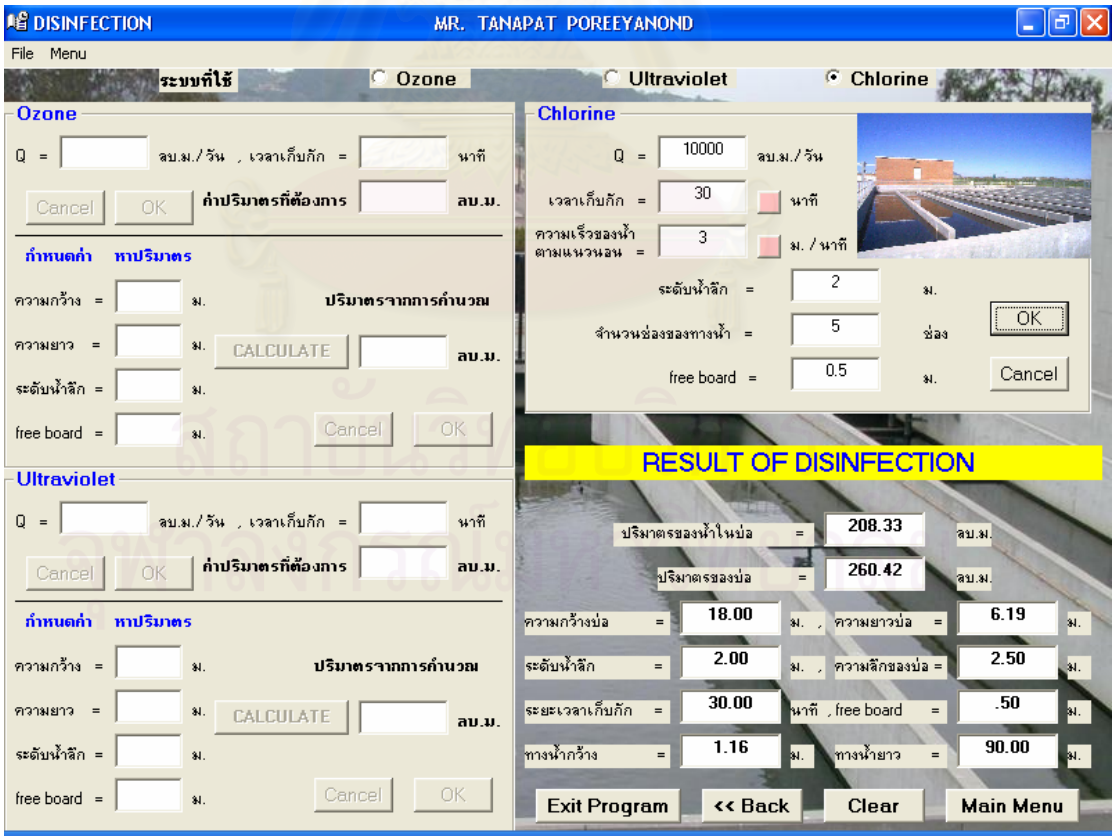


รูปที่ 4.21 หน้าจอสำหรับออกแบบ ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

INPUT

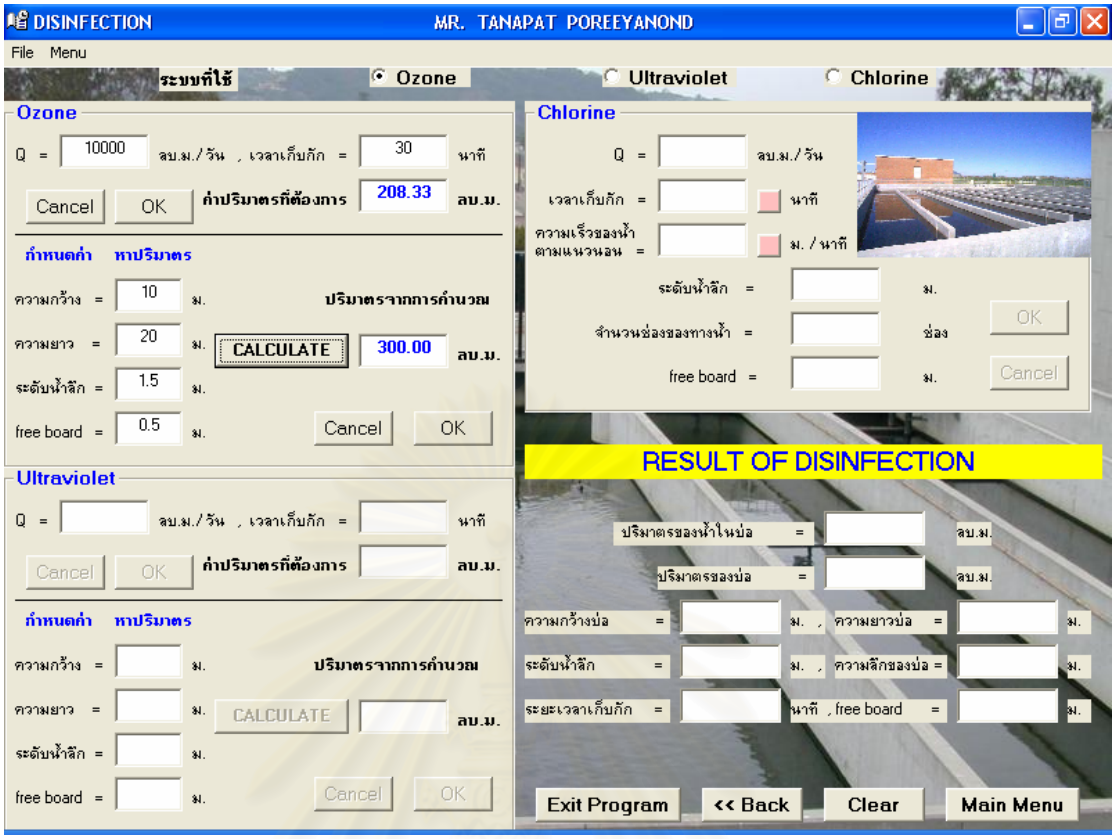


OUTPUT

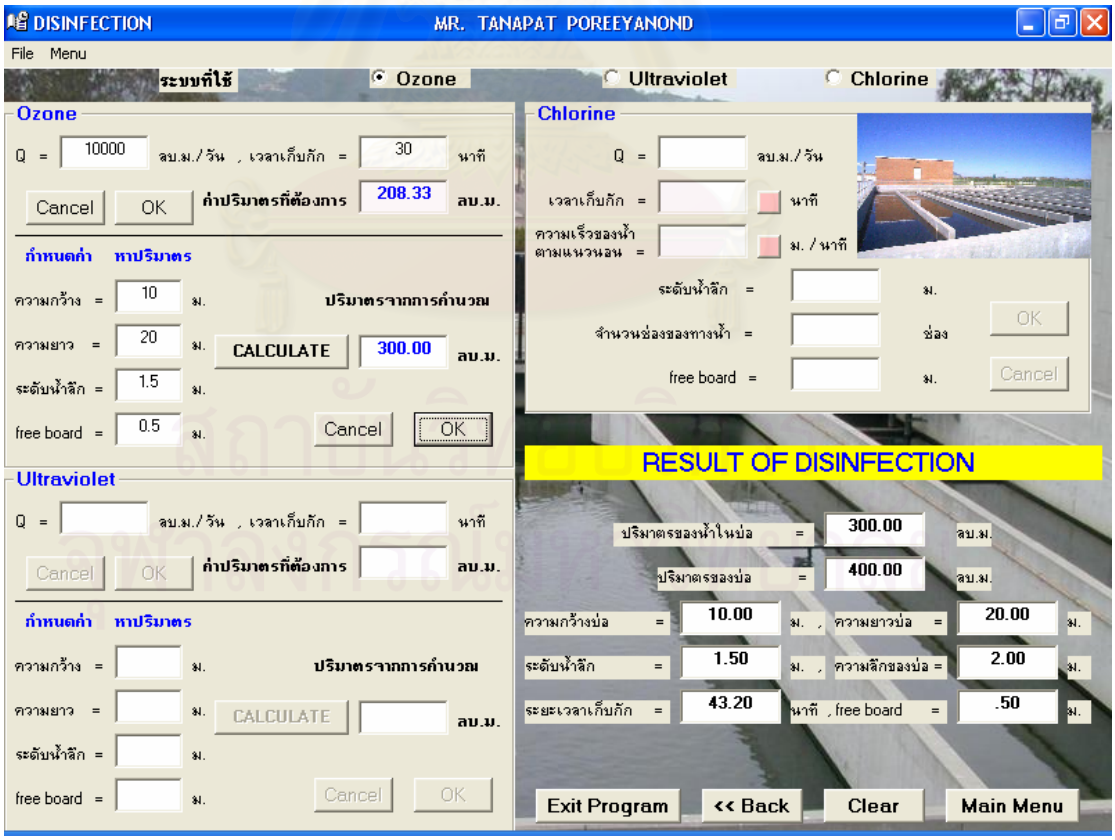


รูปที่ 4.22 หน้าจอสำหรับออกแบบ การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน

INPUT

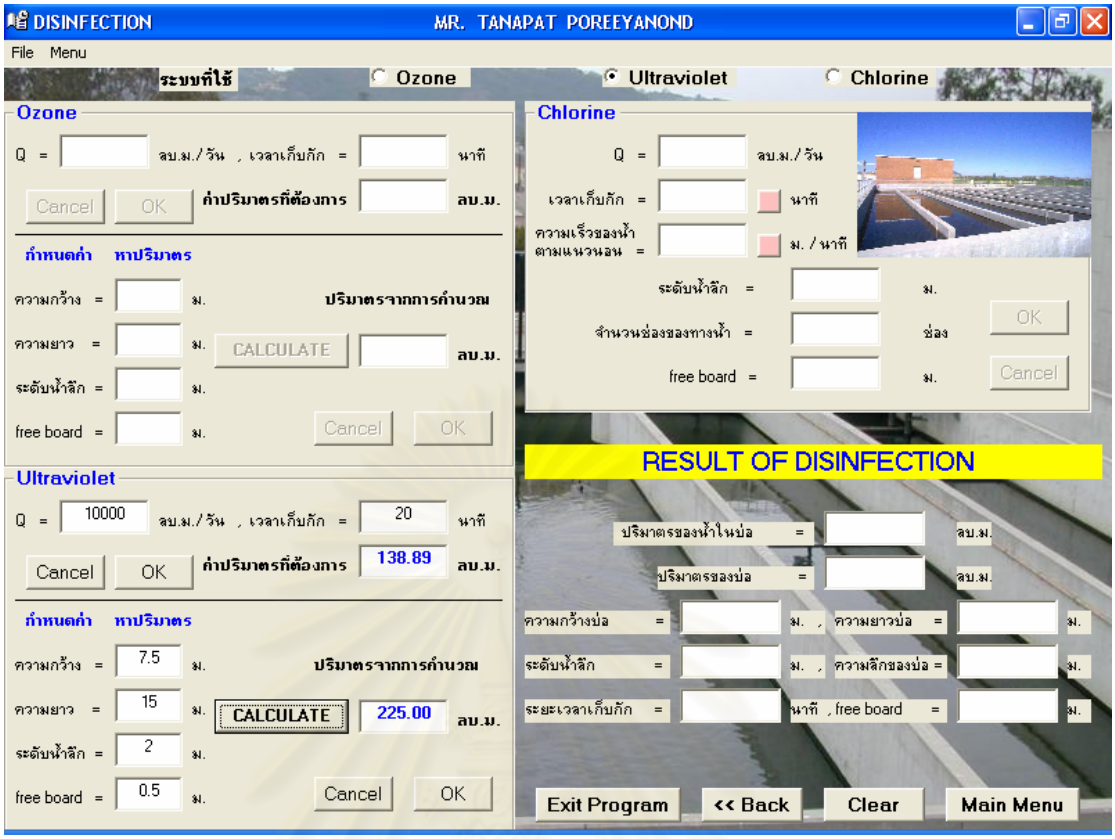


OUTPUT

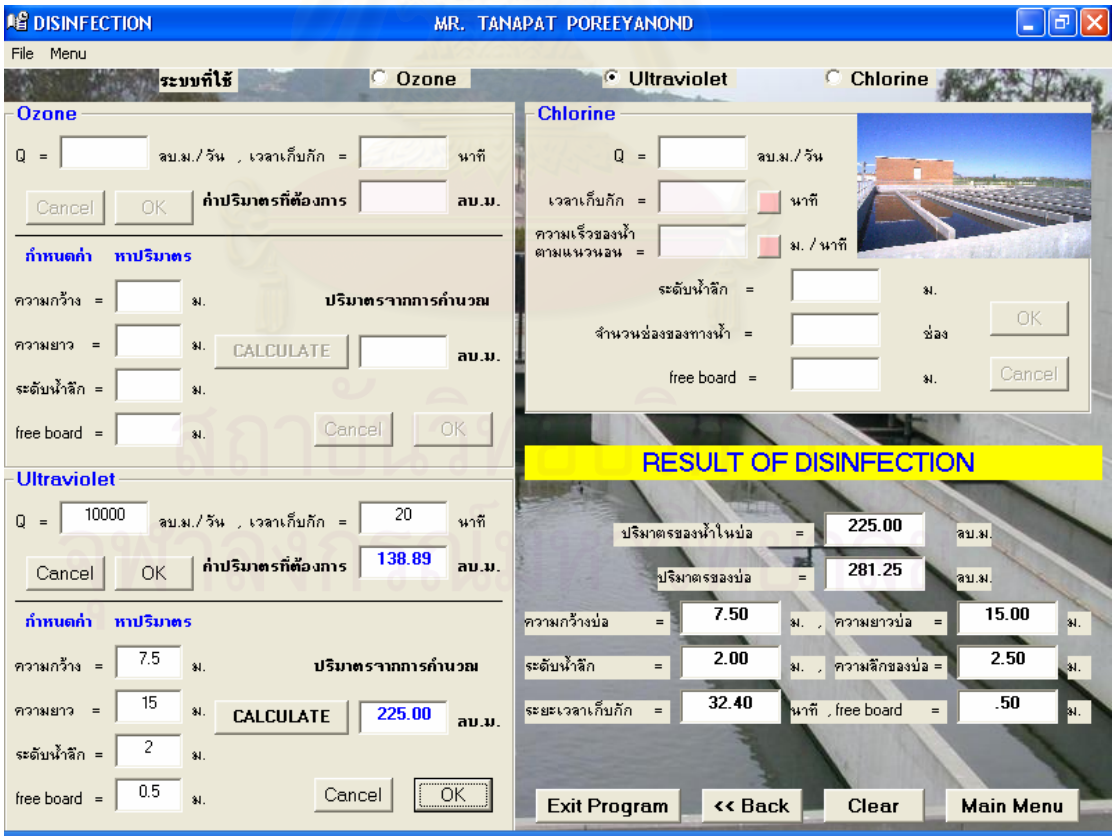


รูปที่ 4.23 หน้าจอสำหรับออกแบบ การฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน

INPUT

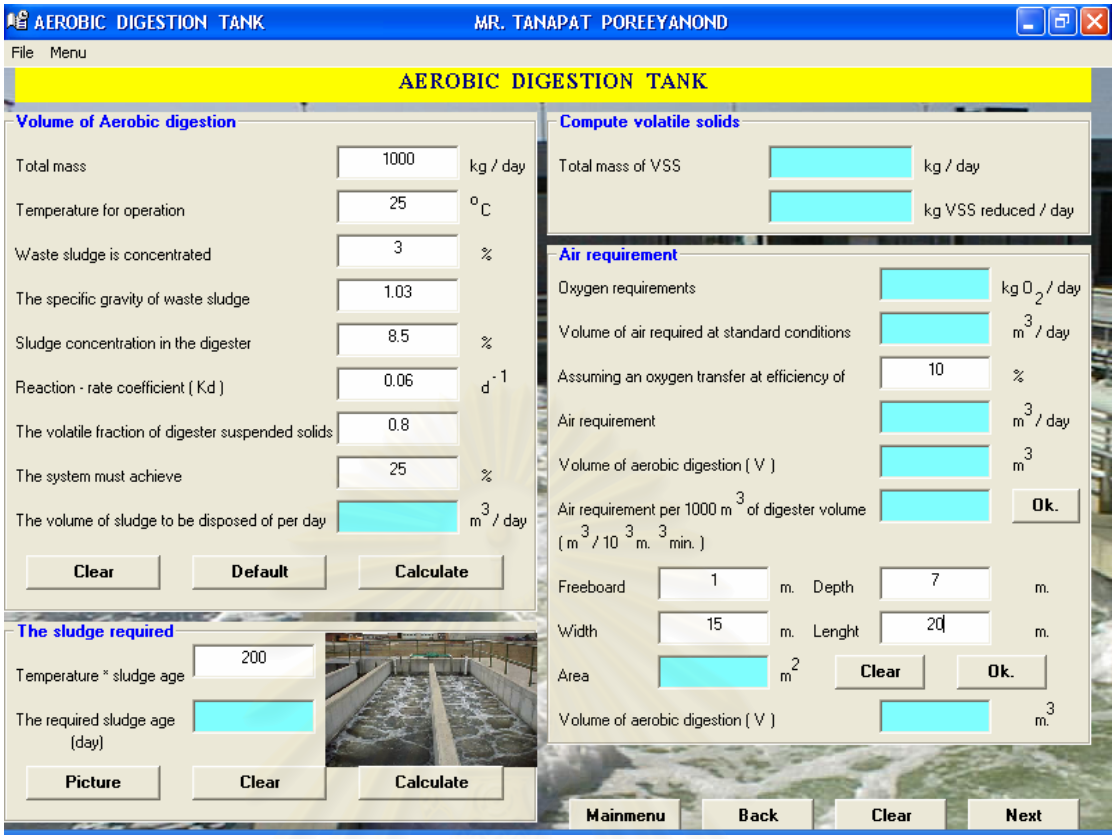


OUTPUT

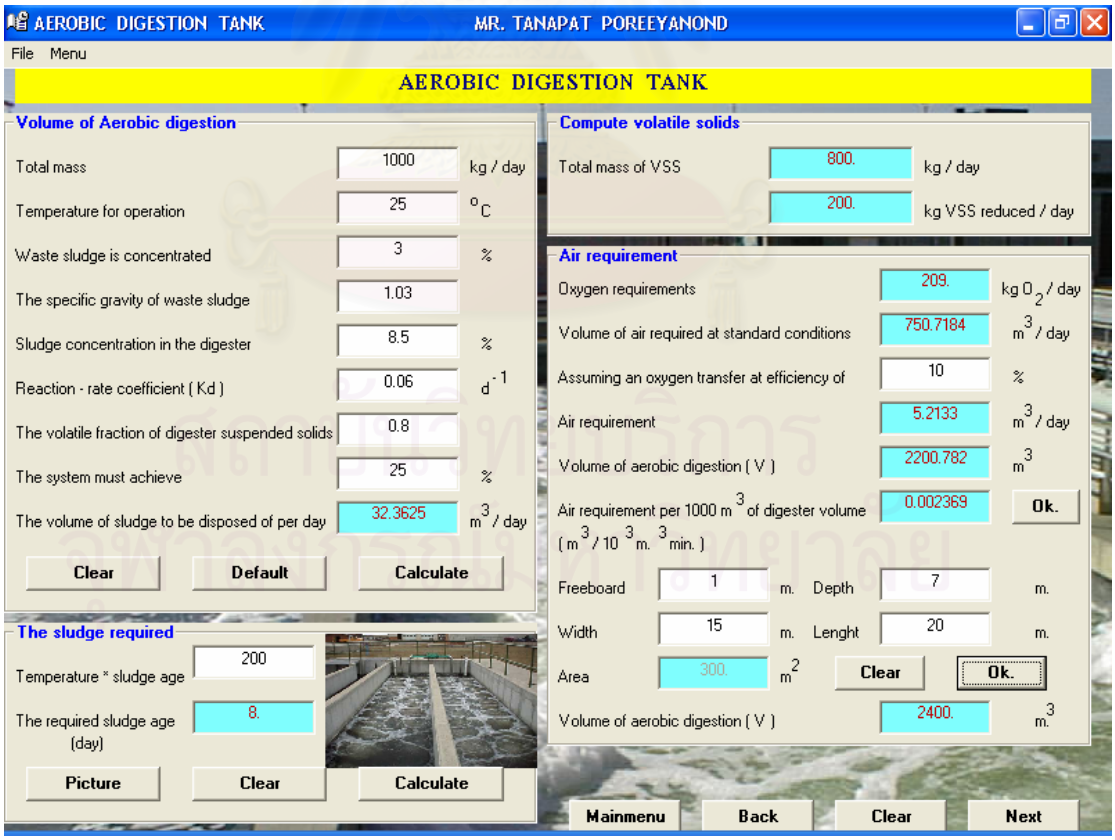


รูปที่ 4.24 หน้าจอสำหรับออกแบบ การฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเลต

INPUT

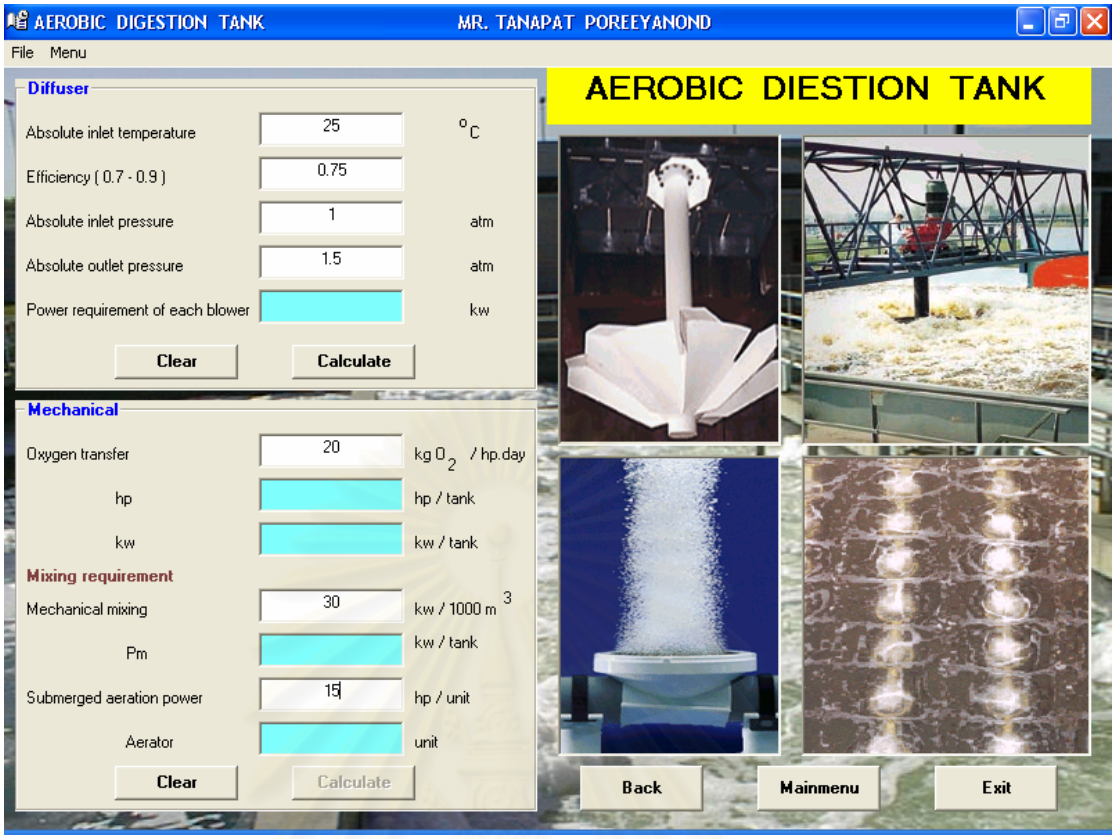


OUTPUT

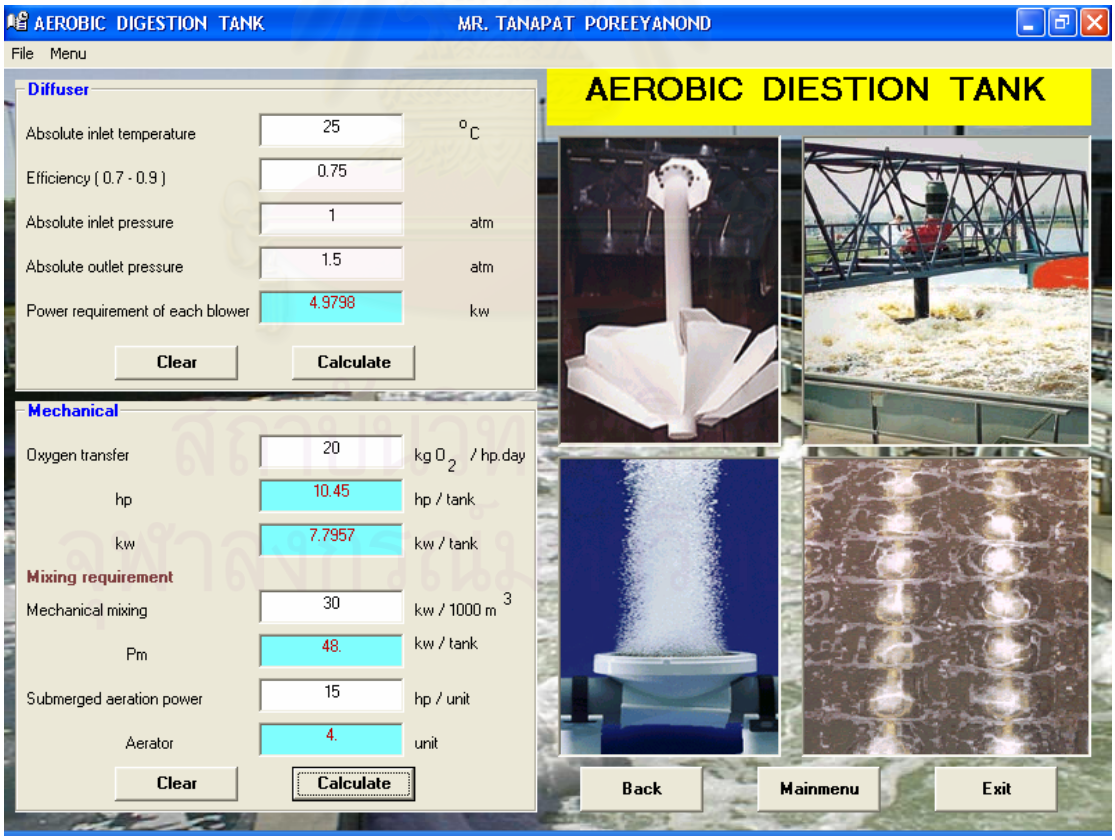


รูปที่ 4.25 หน้าจอสำหรับออกแบบการย่อยแบบใช้อากาศ

INPUT

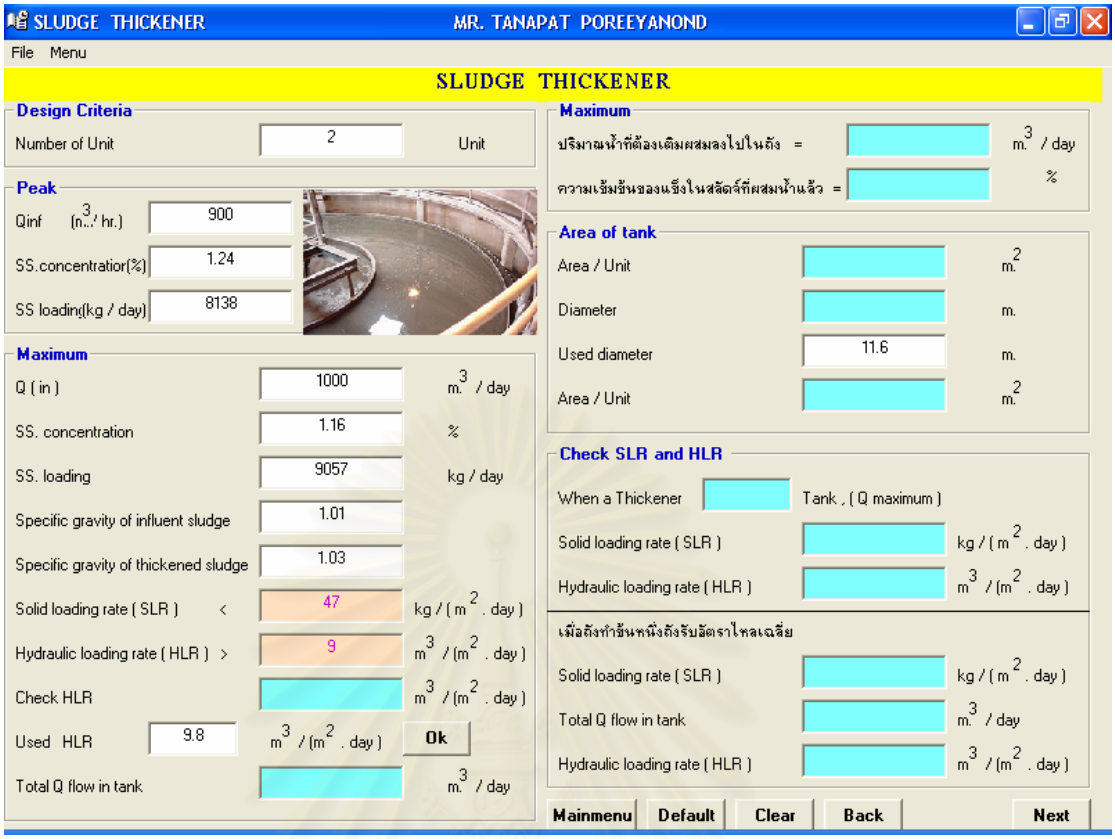


OUTPUT

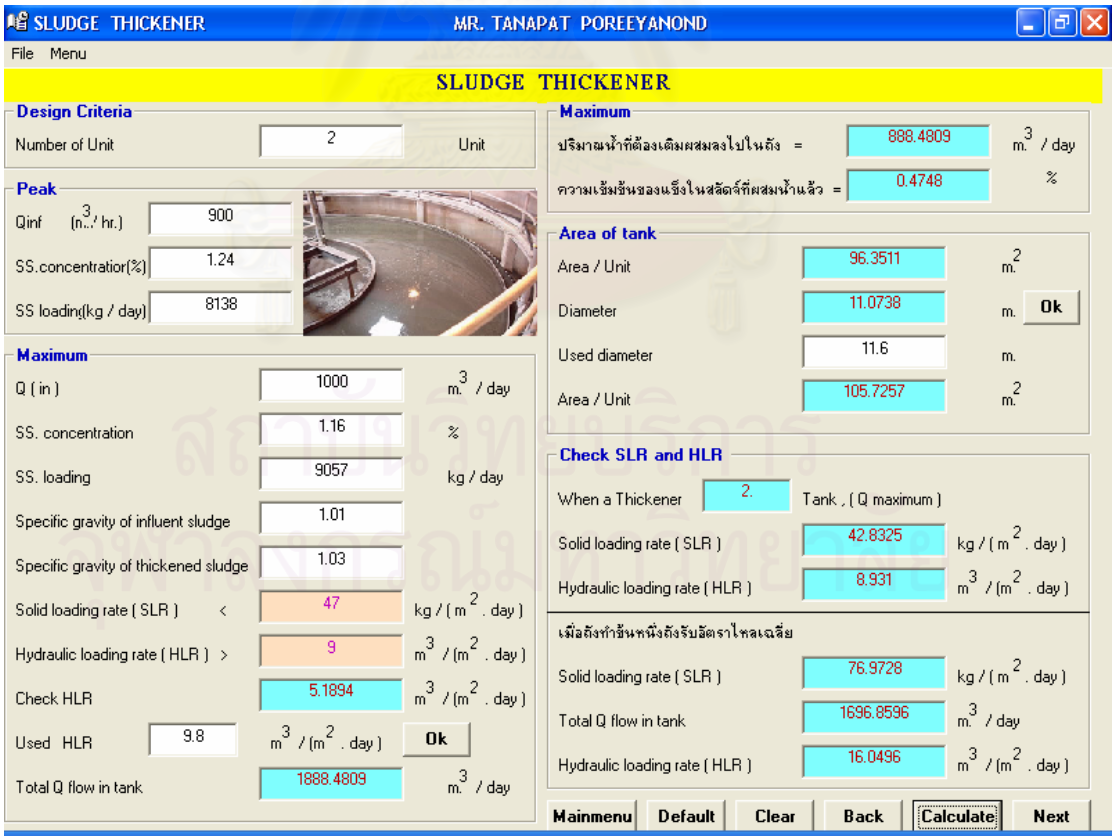


รูปที่ 4.26 หน้าจอสำหรับออกแบบการย่อยแบบใช้อากาศ (ต่อ)

INPUT

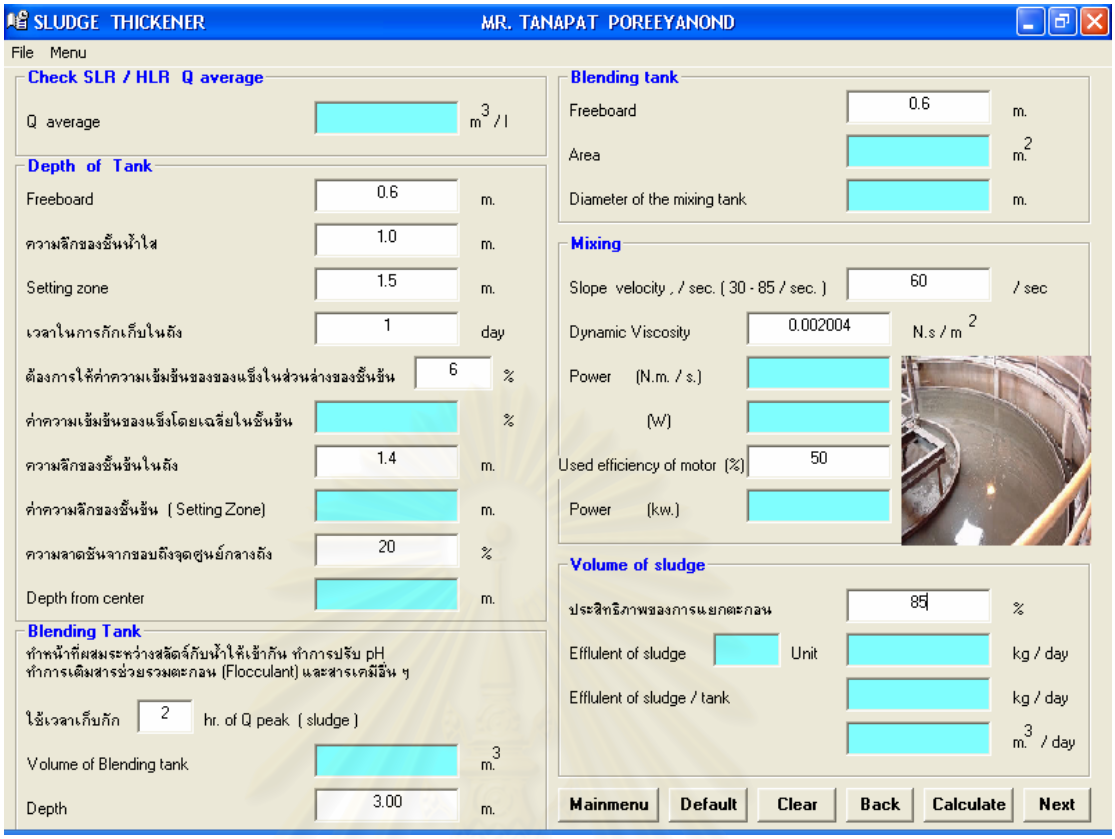


OUTPUT

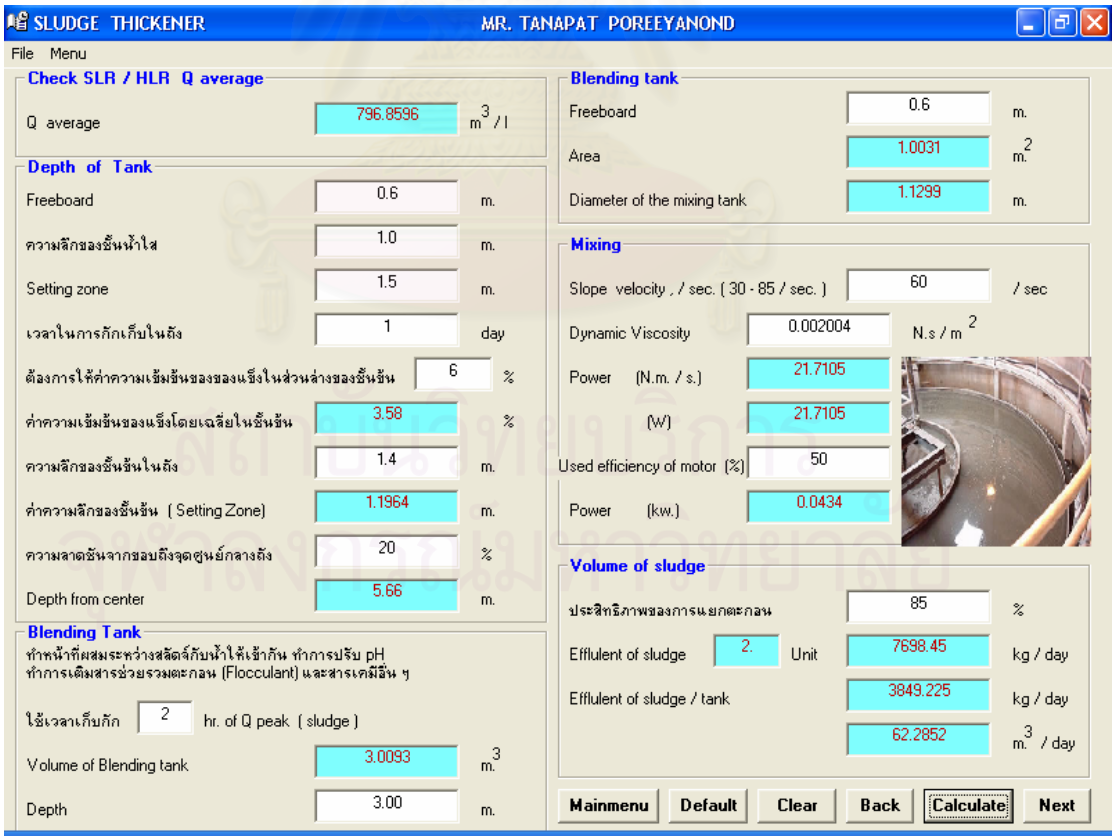


รูปที่ 4.27 หน้าจอสำหรับออกแบบ ถังทำข้นแรงโน้มถ่วง

INPUT



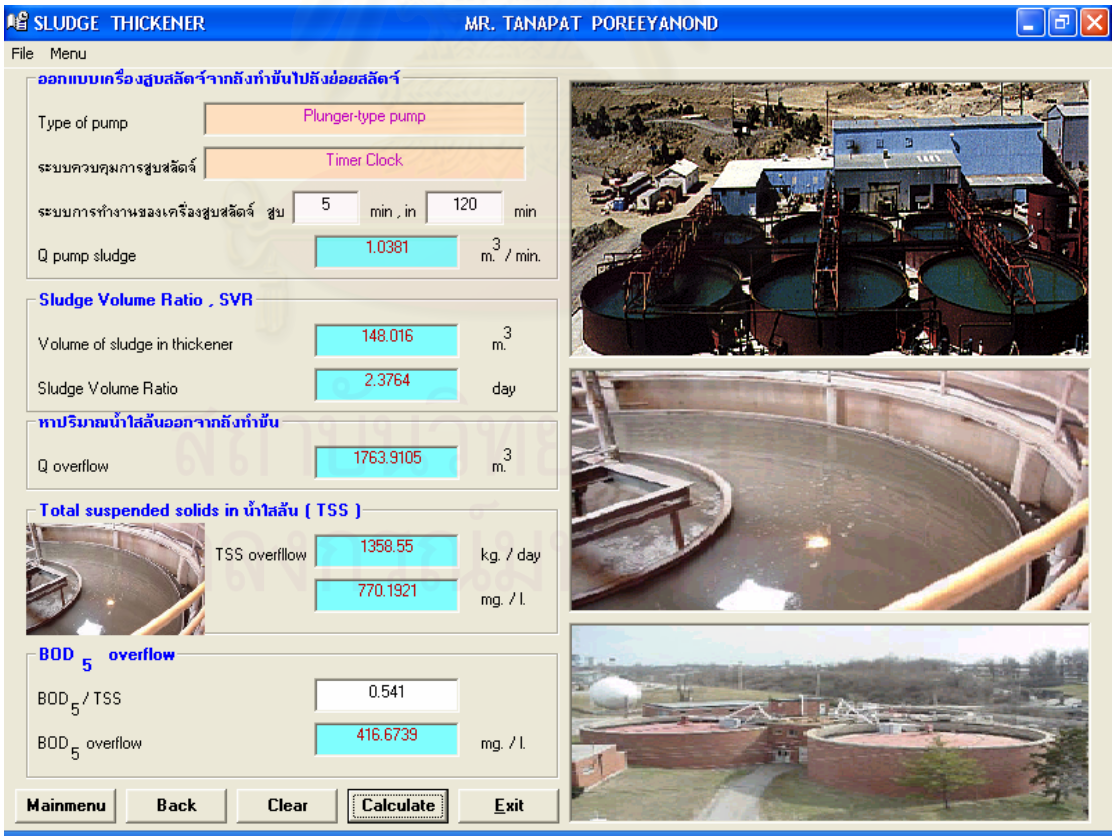
OUTPUT



รูปที่ 4.28 หน้าจอสำหรับออกแบบ ถังทำข้นแรงโน้มถ่วง (ต่อ)

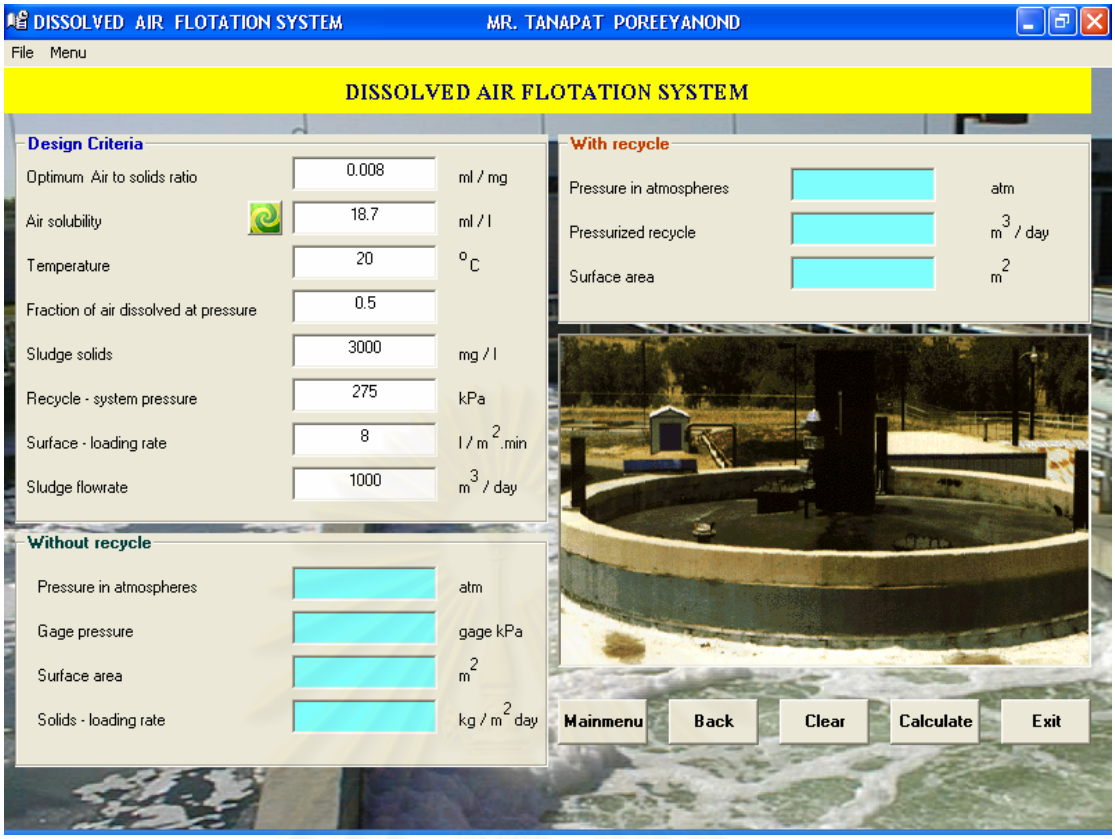
INPUT

OUTPUT

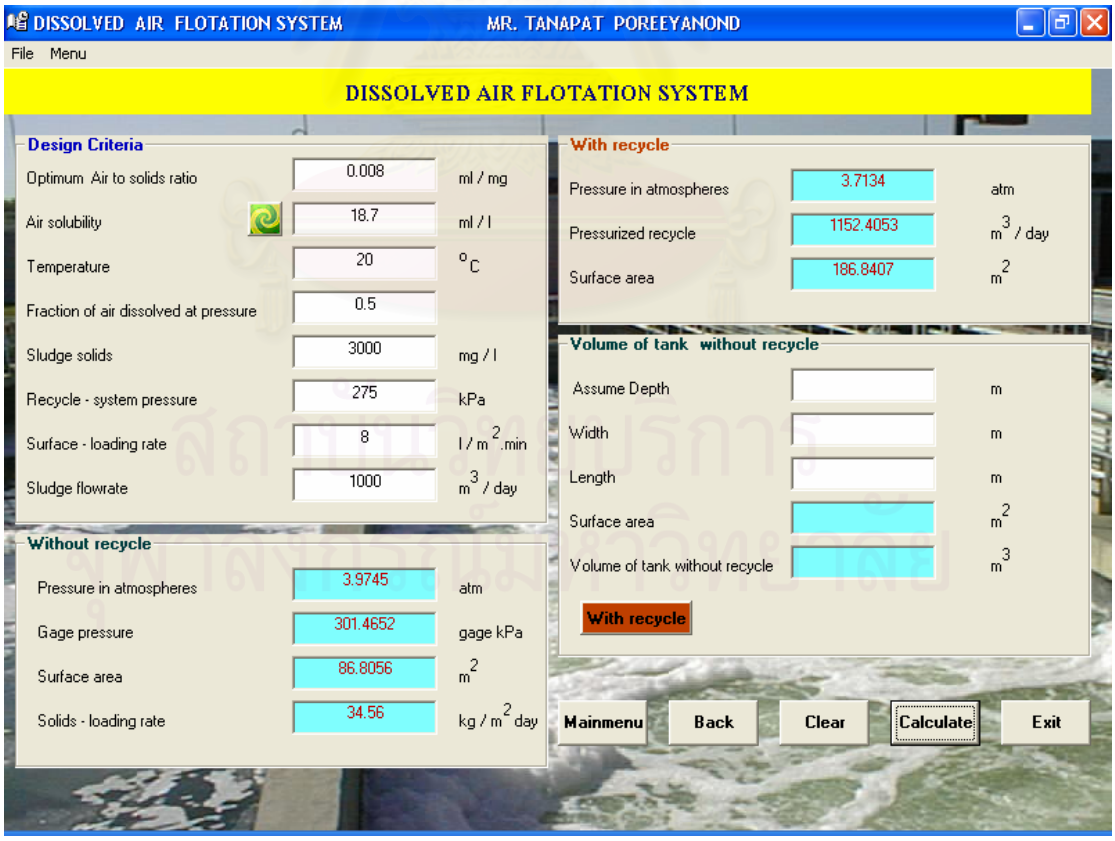


รูปที่ 4.29 หน้าจอสำหรับออกแบบ ถังทำข้นแรงโน้มถ่วง (ต่อ)

INPUT

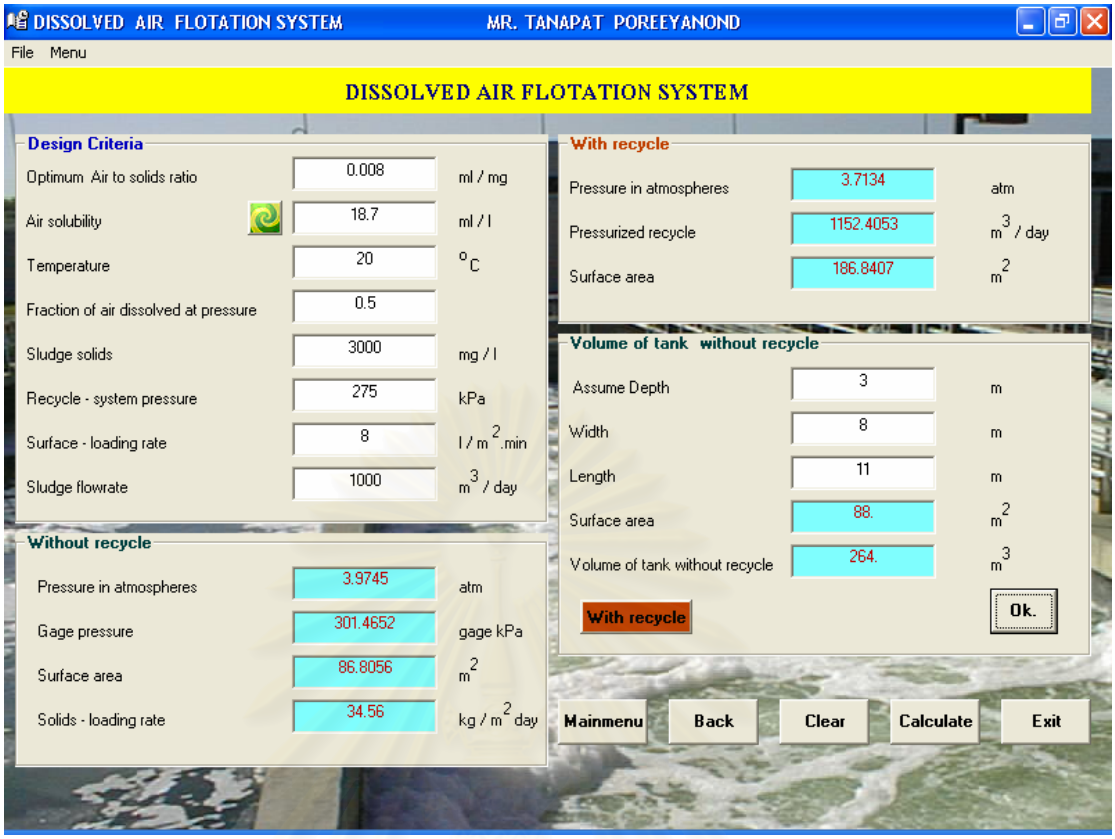


OUTPUT

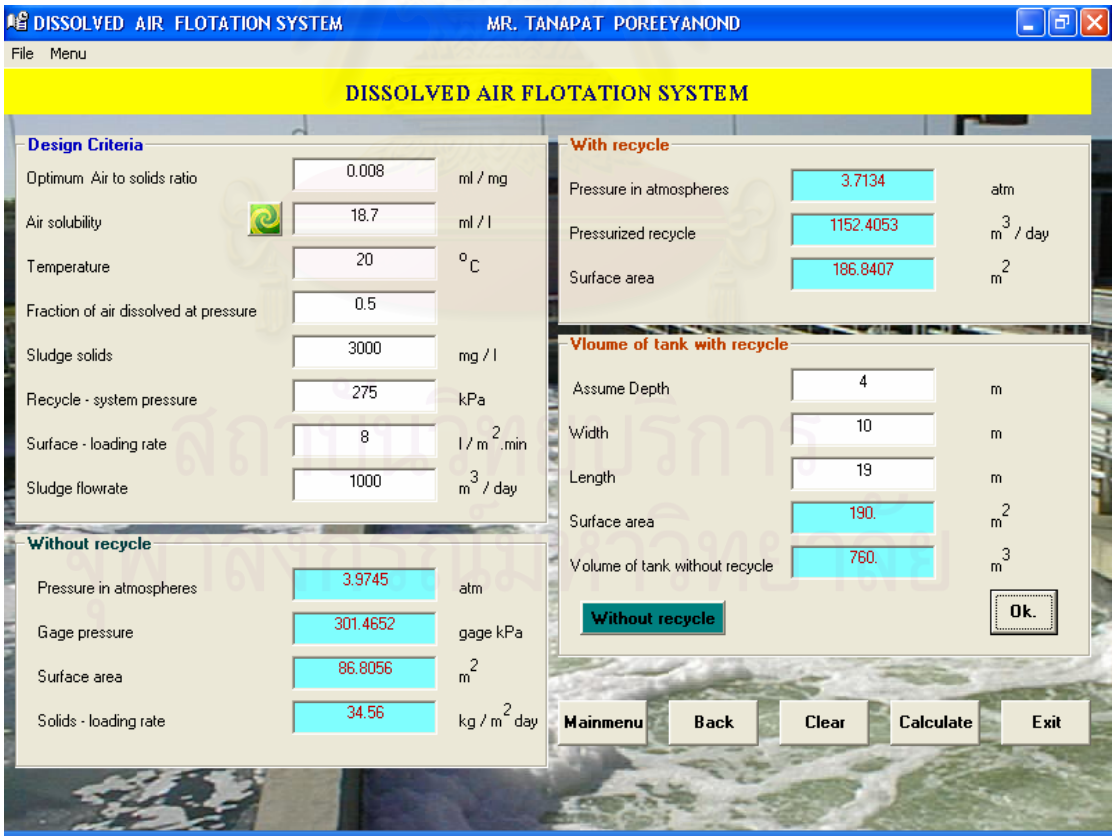


รูปที่ 4.30 หน้าจอสำหรับออกแบบ การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (แดฟ)

INPUT



OUTPUT



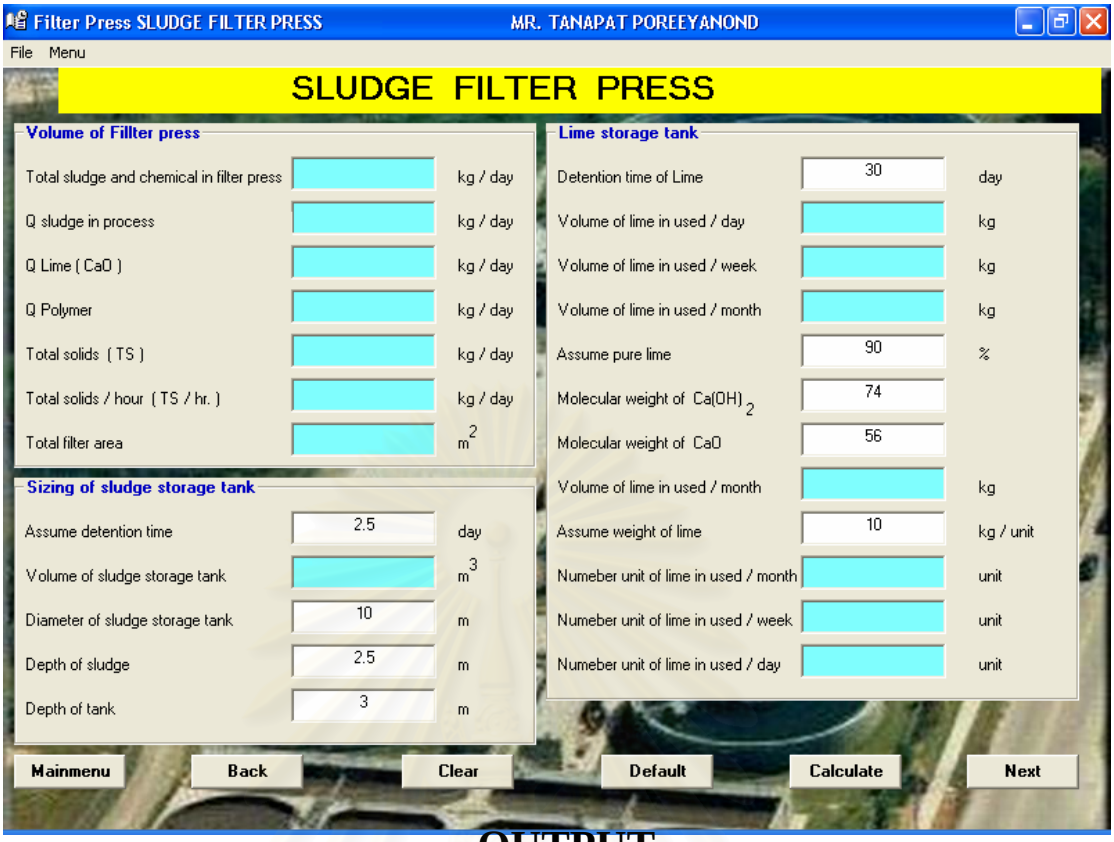
รูปที่ 4.31 หน้าจอสำหรับออกแบบ การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (แดฟ) (ต่อ)

INPUT

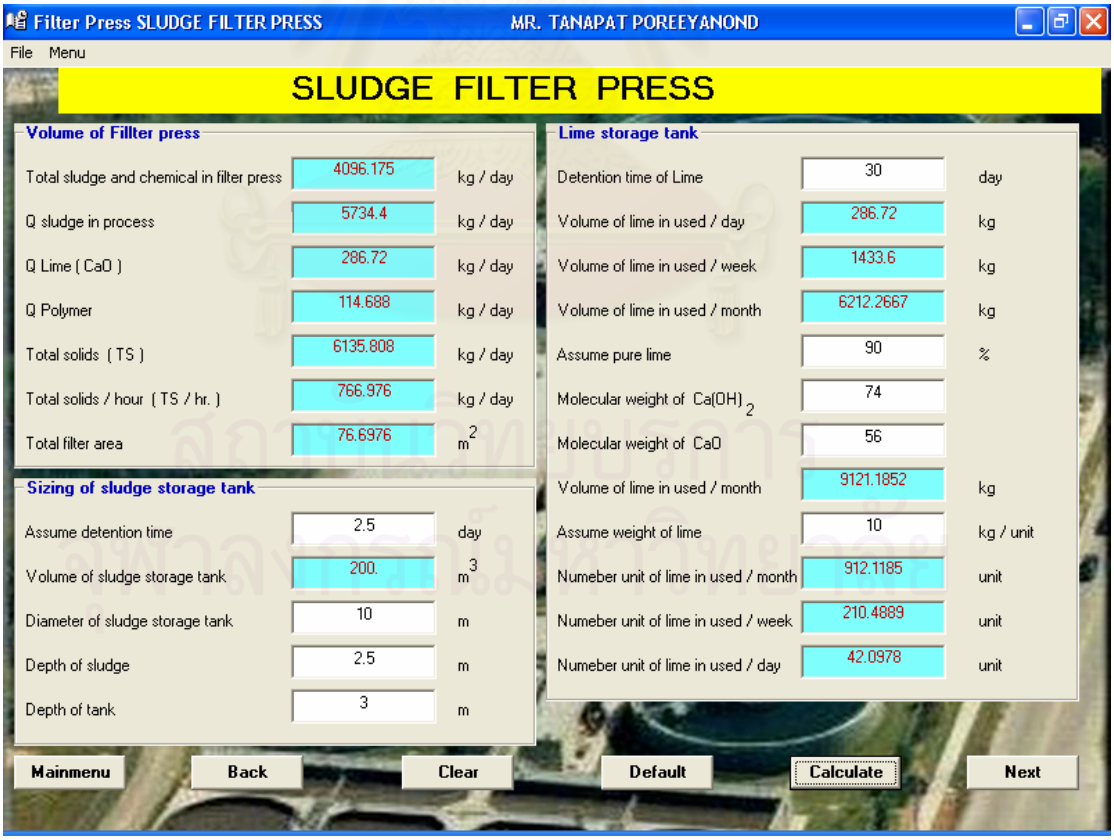
OUTPUT

รูปที่ 4.32 หน้าจอสำหรับออกแบบระบบเครื่องกรองแรงดัน รีดน้ำออกจากสลัดจ์

INPUT

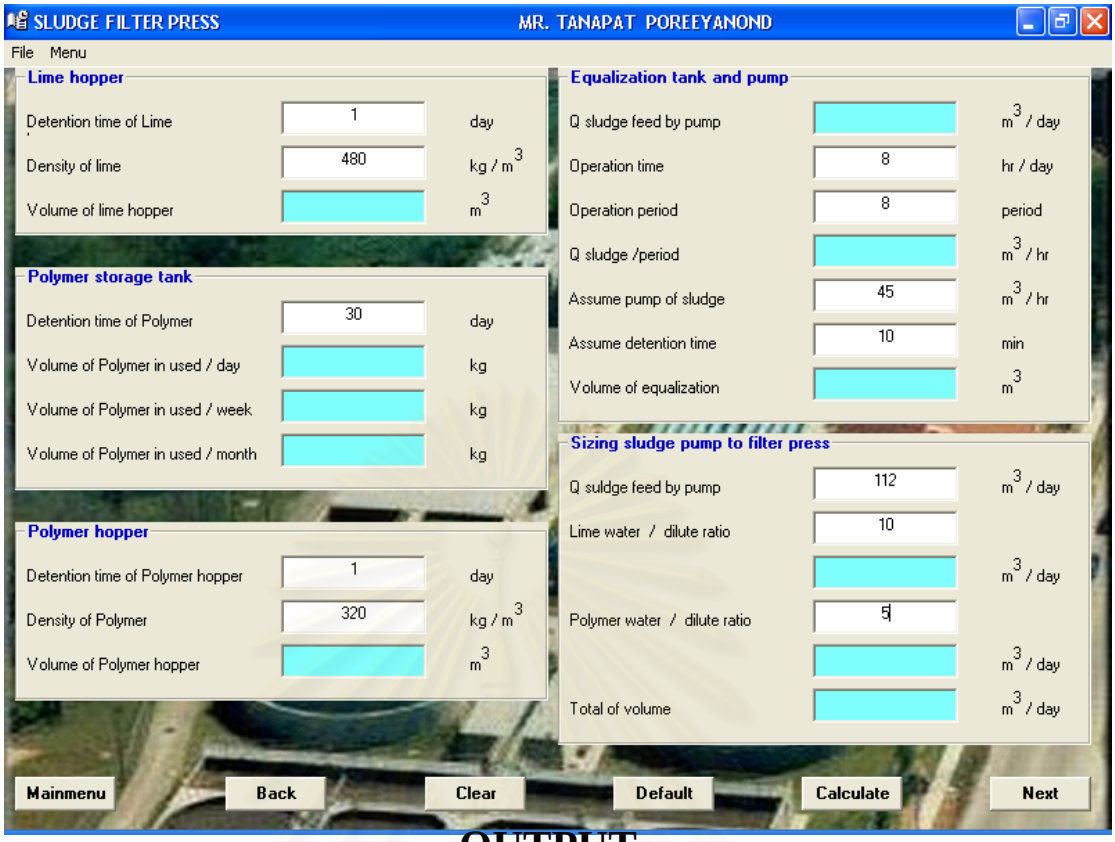


OUTPUT

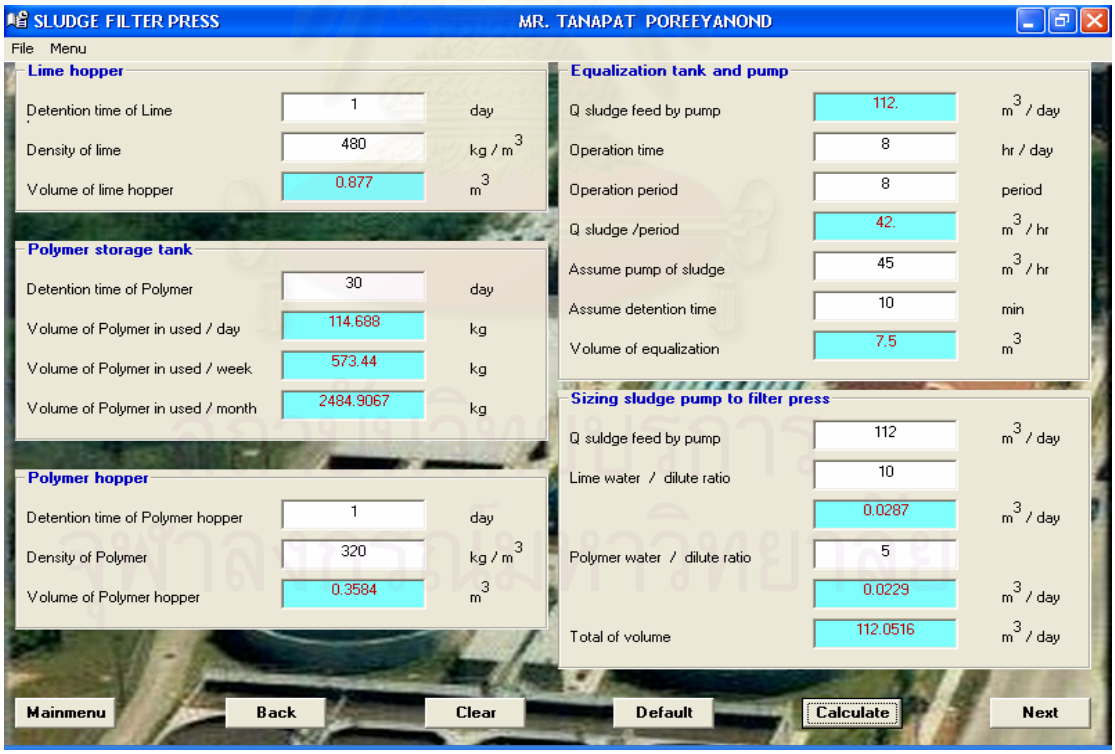


รูปที่ 4.33 หน้าจอสำหรับออกแบบระบบเครื่องกรองแรงดัน รีดน้ำออกจากสลัดจ์ (ต่อ)

INPUT

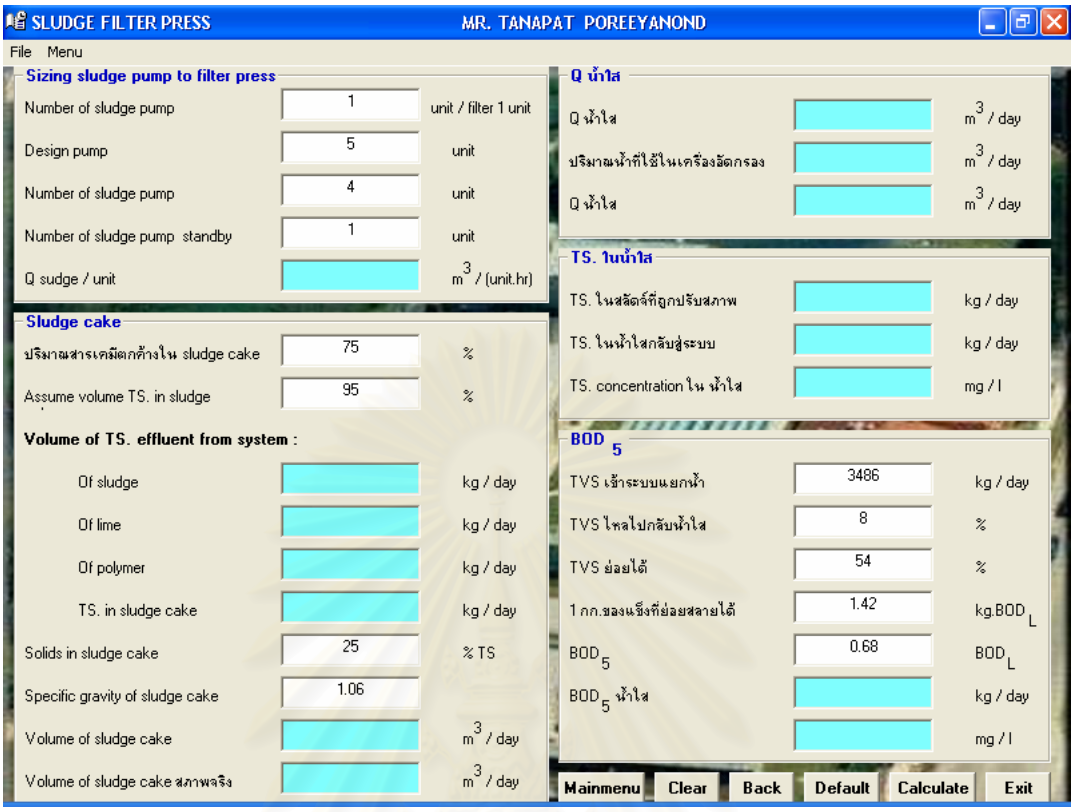


OUTPUT



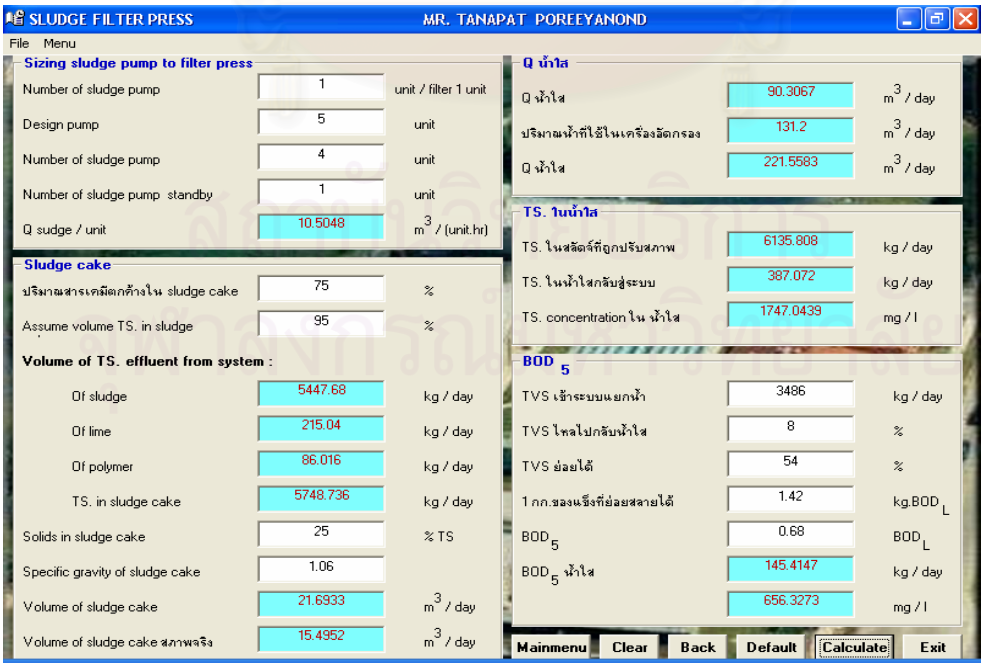
รูปที่ 4.34 หน้าจอสำหรับออกแบบระบบเครื่องกรองแรงดัน รีดน้ำออกจากสลัดจ์ (ต่อ)

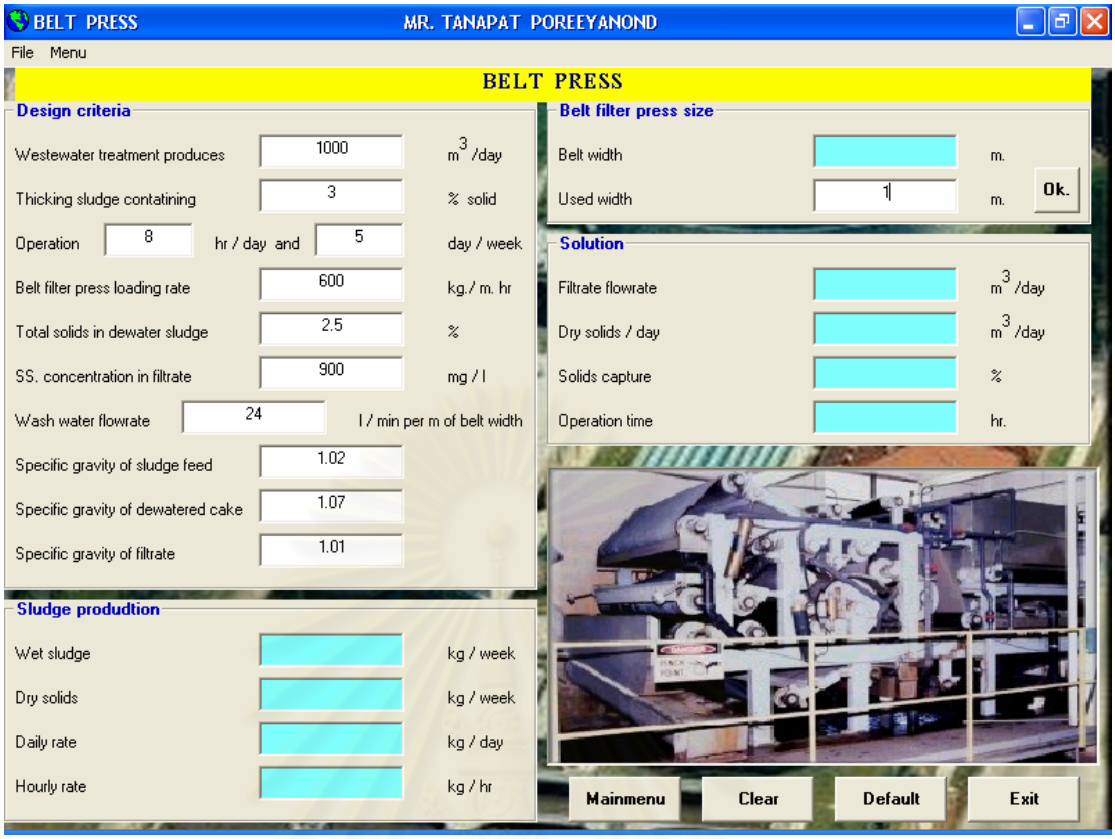
INPUT

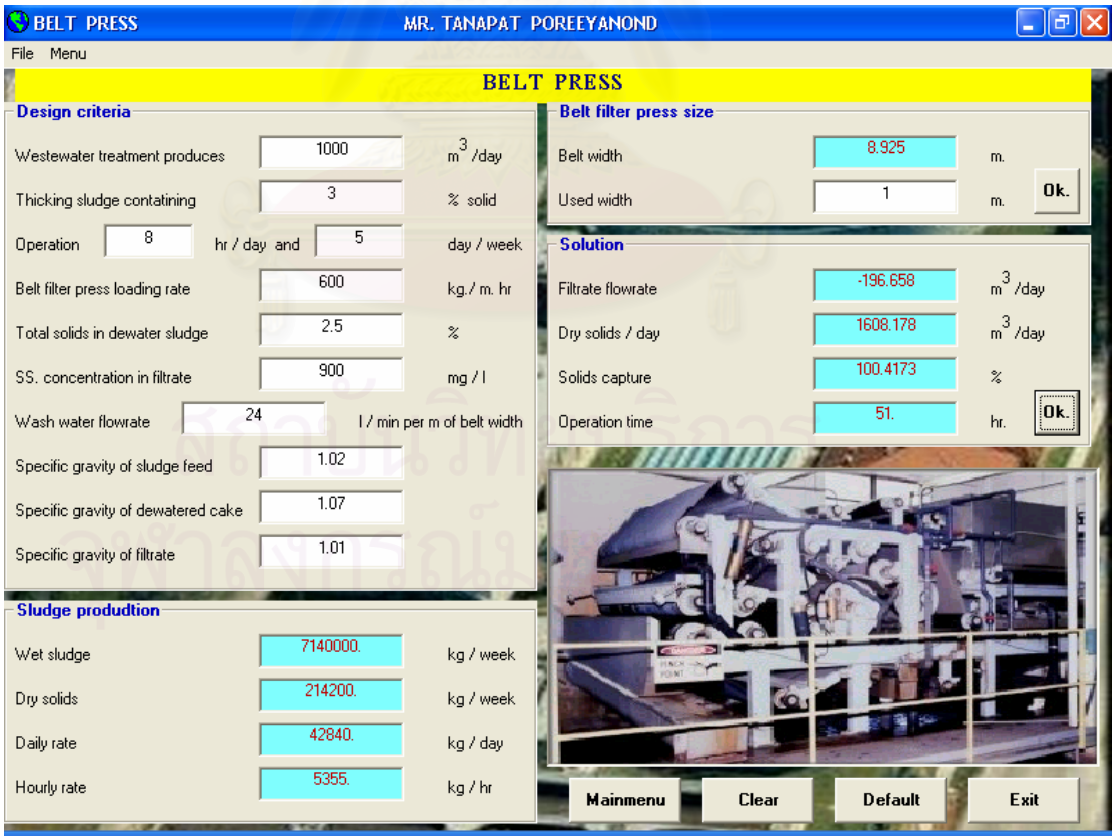


OUTPUT

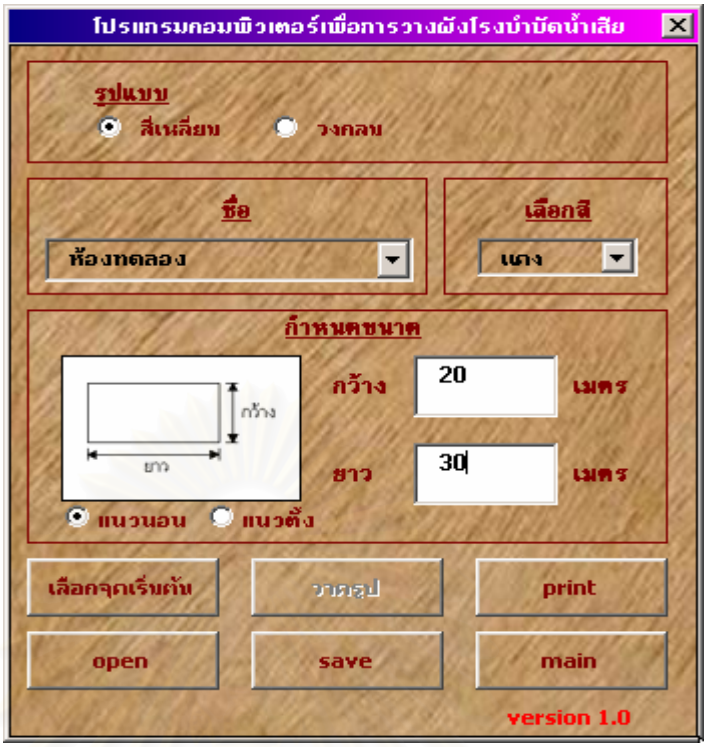
รูปที่ 4.35 หน้าจอสำหรับออกแบบระบบเครื่องกรองแรงดัน รีดน้ำออกจากสลัดจ์ (ต่อ)







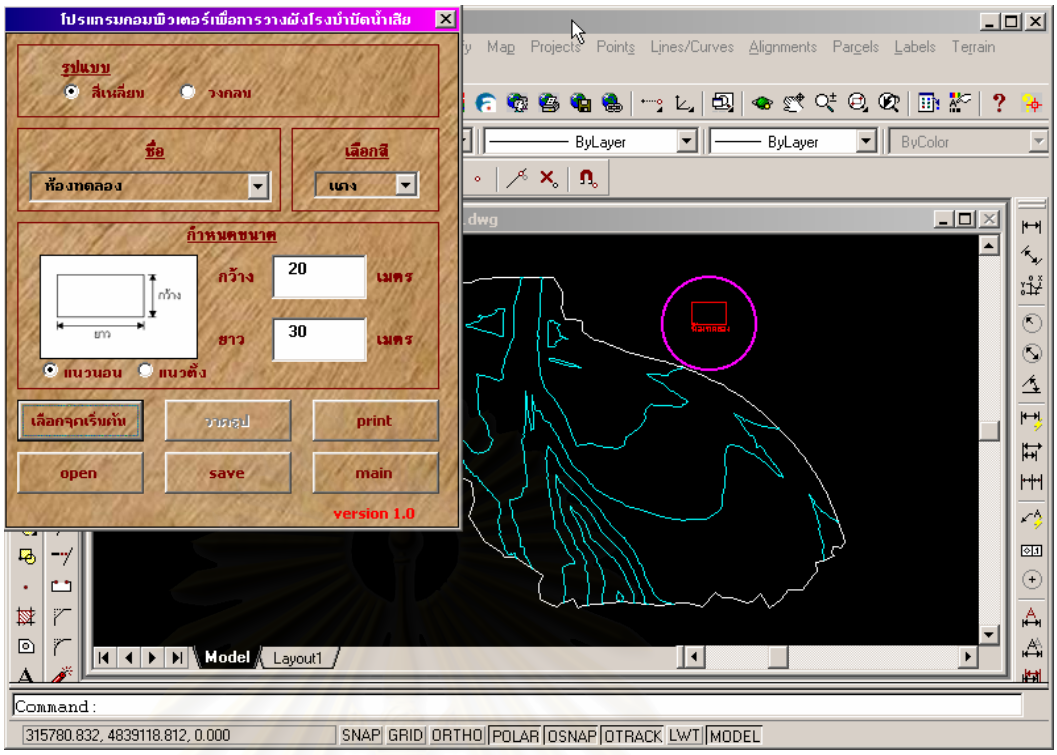
รูปที่ 4.36 หน้าจอสำหรับออกแบบสายพานรีดน้ำออกจากสลัดจ์



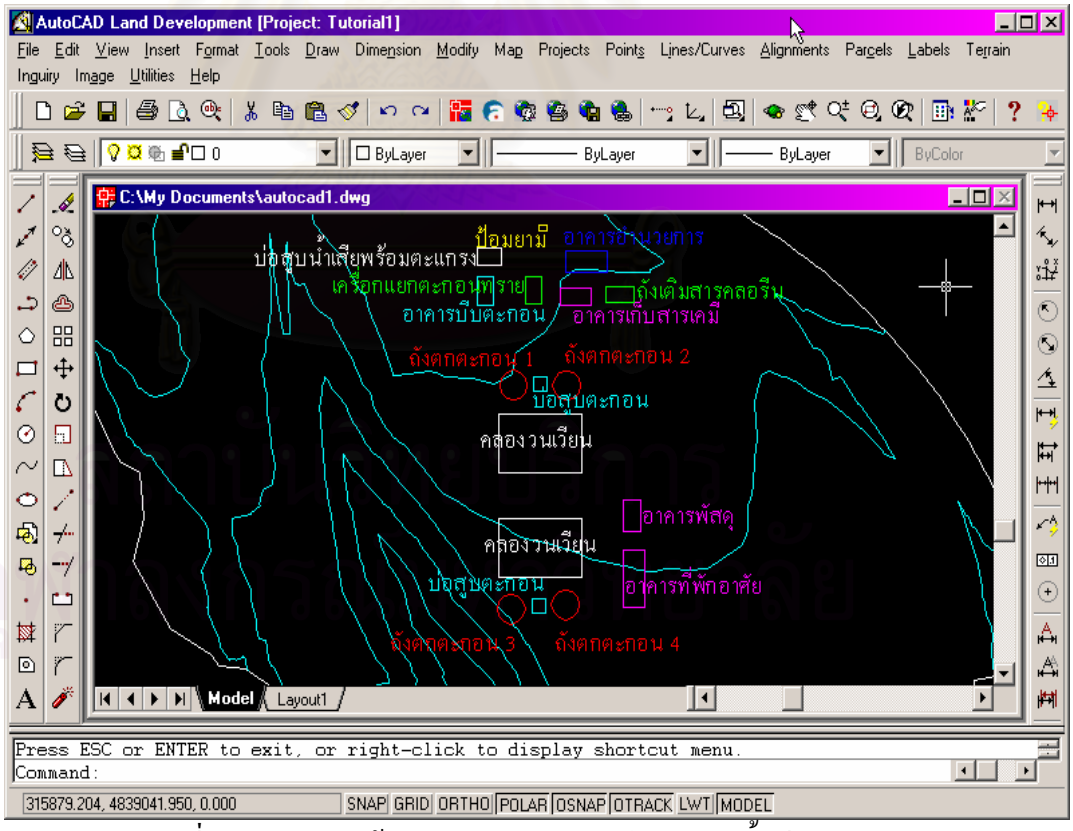
รูปที่ 4.37 หน้าจอสำหรับการวางผังโรงบำบัดน้ำเสีย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

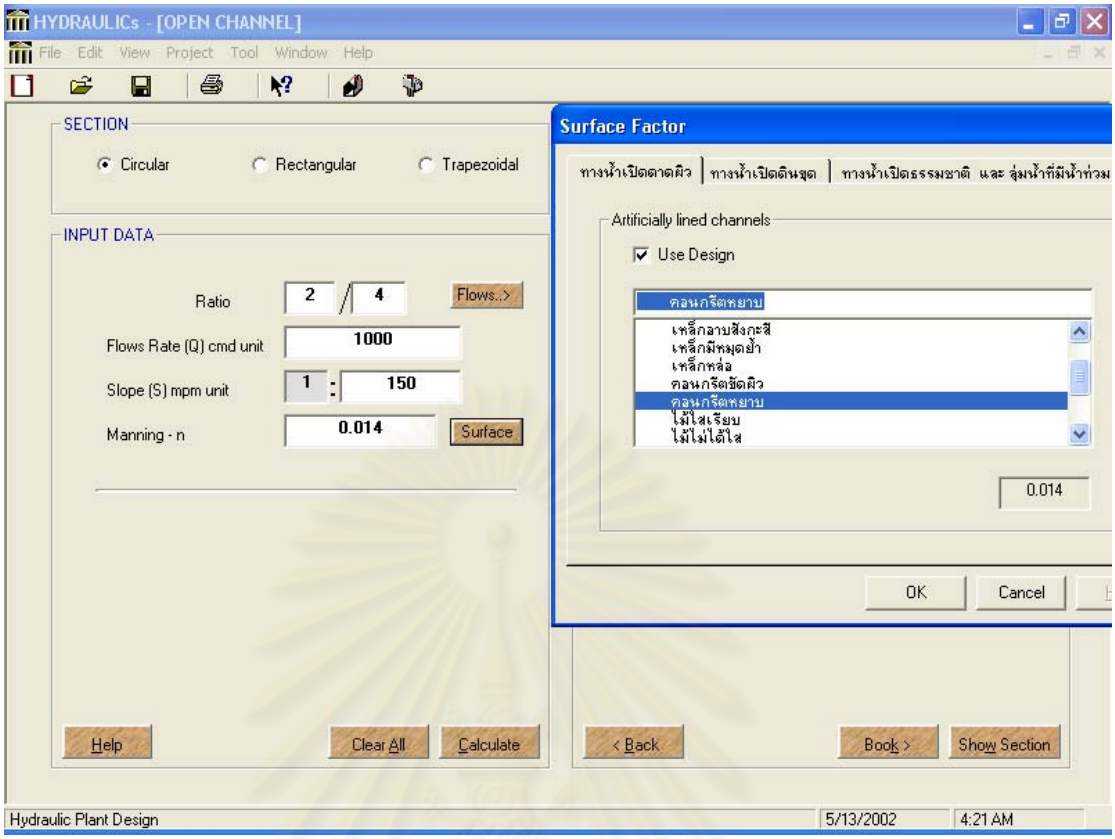
INPU

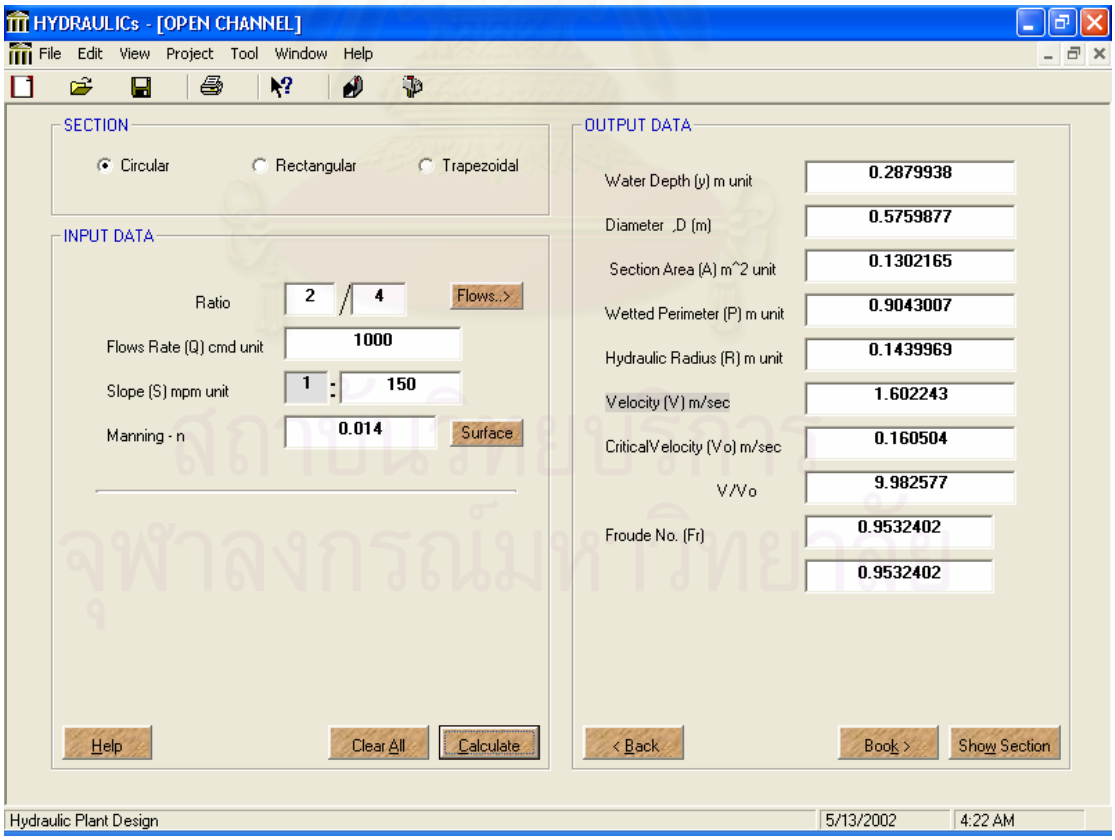


OUTPUT



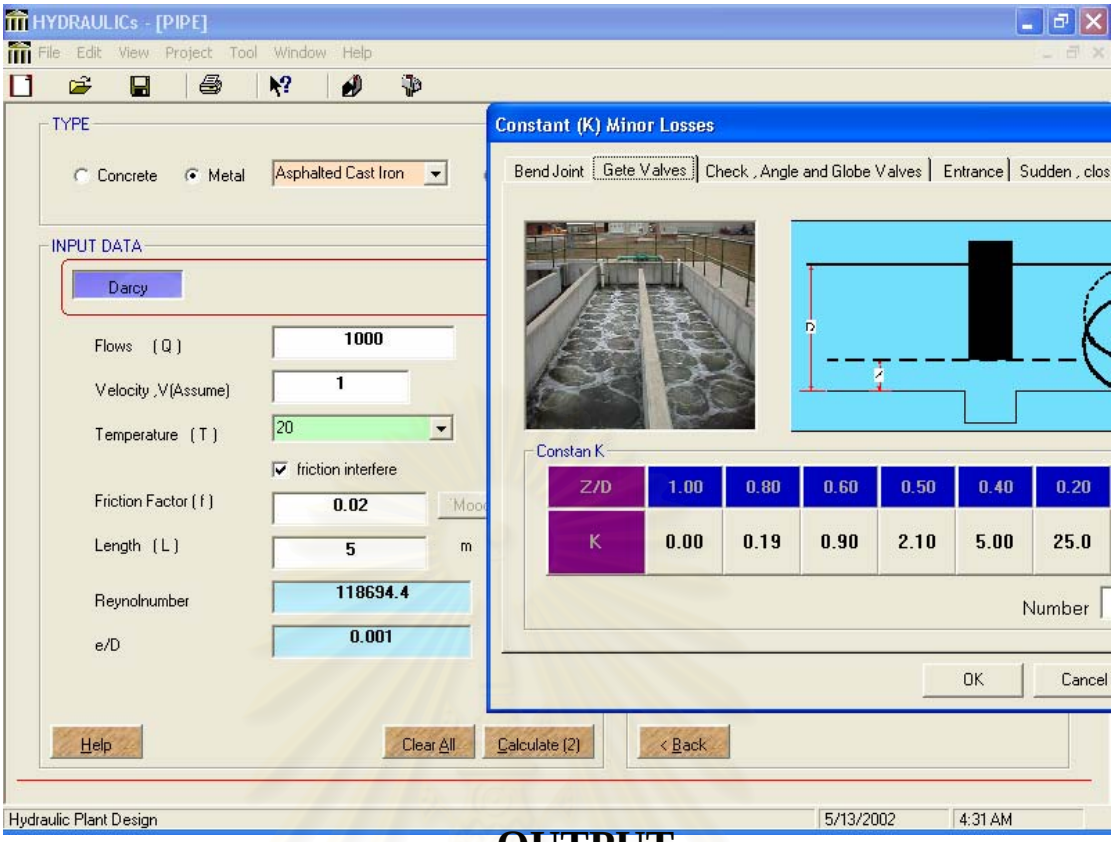
รูปที่ 4.38 หน้าจอสำหรับการวางผังโรงบำบัดน้ำเสีย (ต่อ)



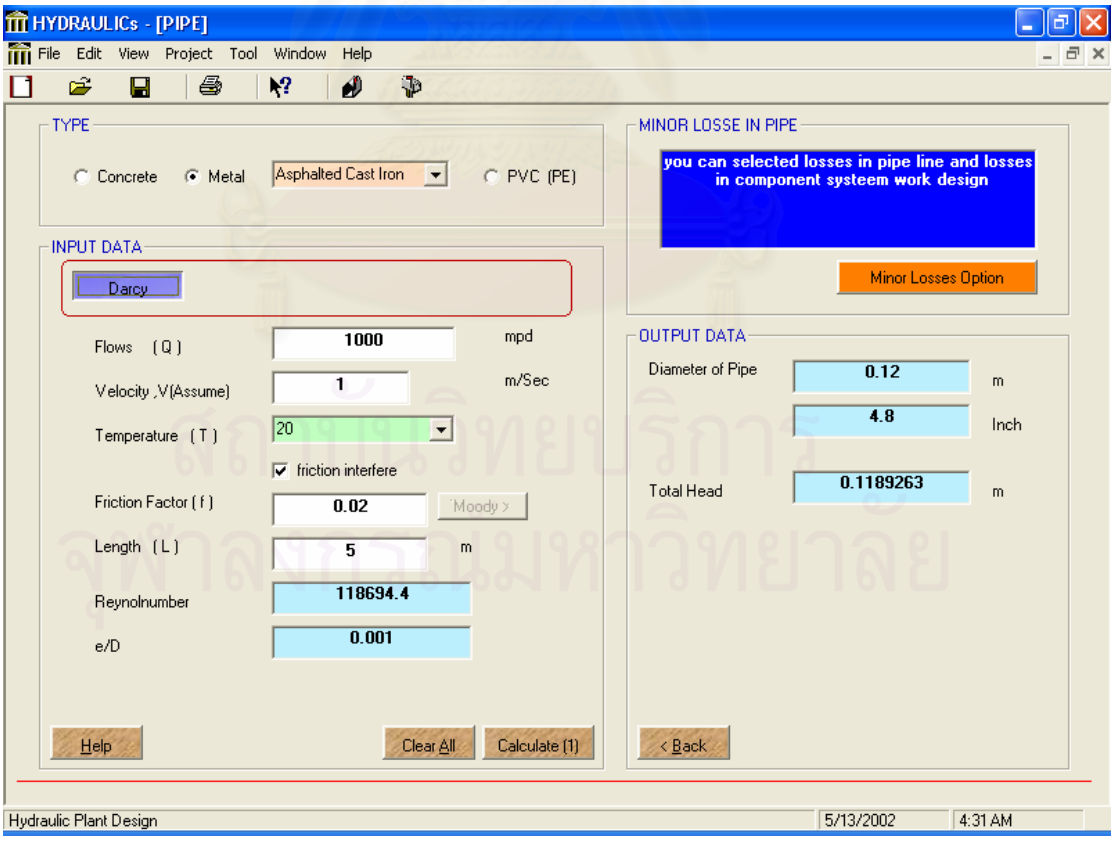


รูปที่ 4.39 หน้าจอสำหรับออกแบบรางน้ำเปิด

INPUT

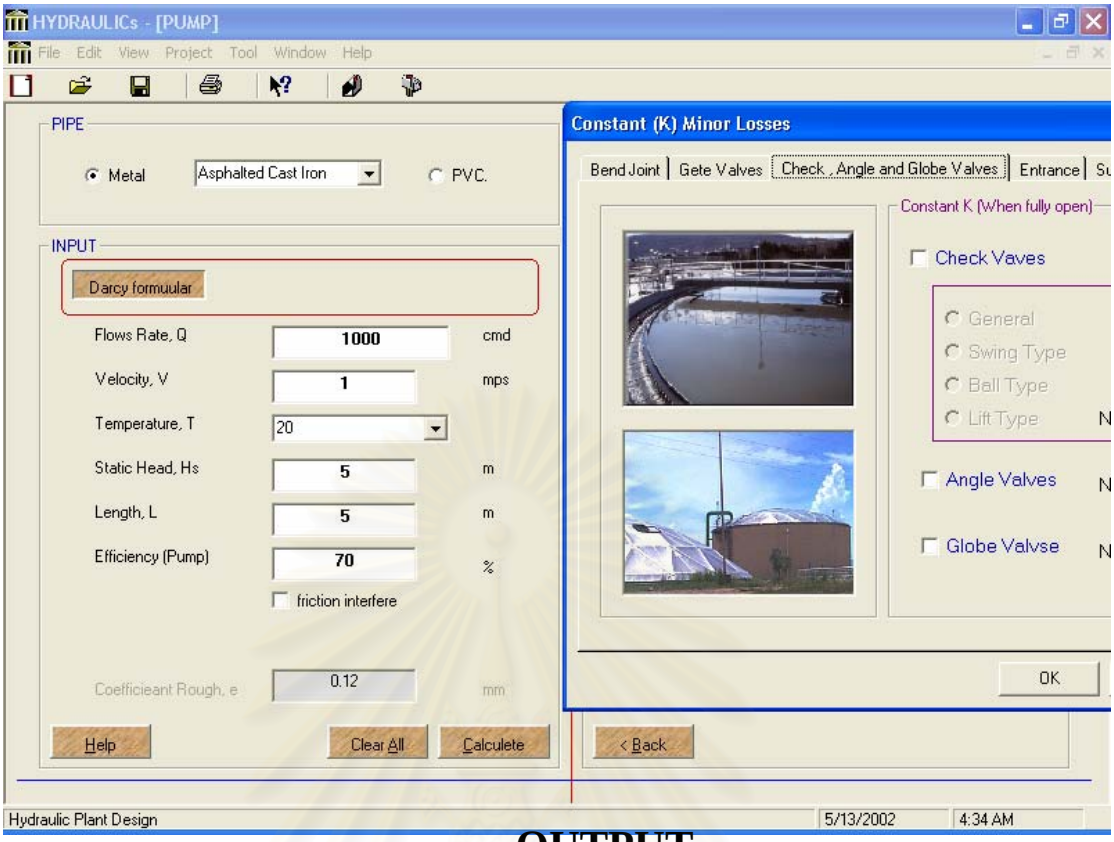


OUTPUT

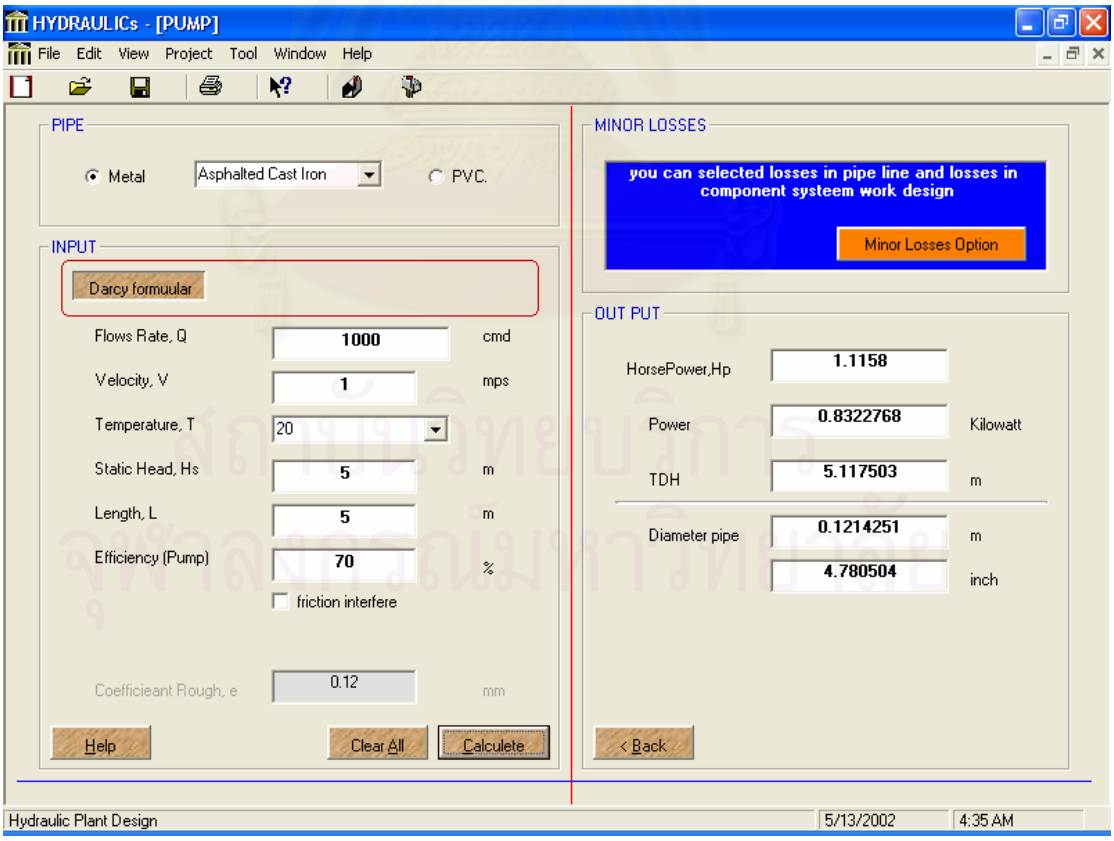


รูปที่ 4.40 หน้าจอสำหรับออกแบบท่อ

INPUT

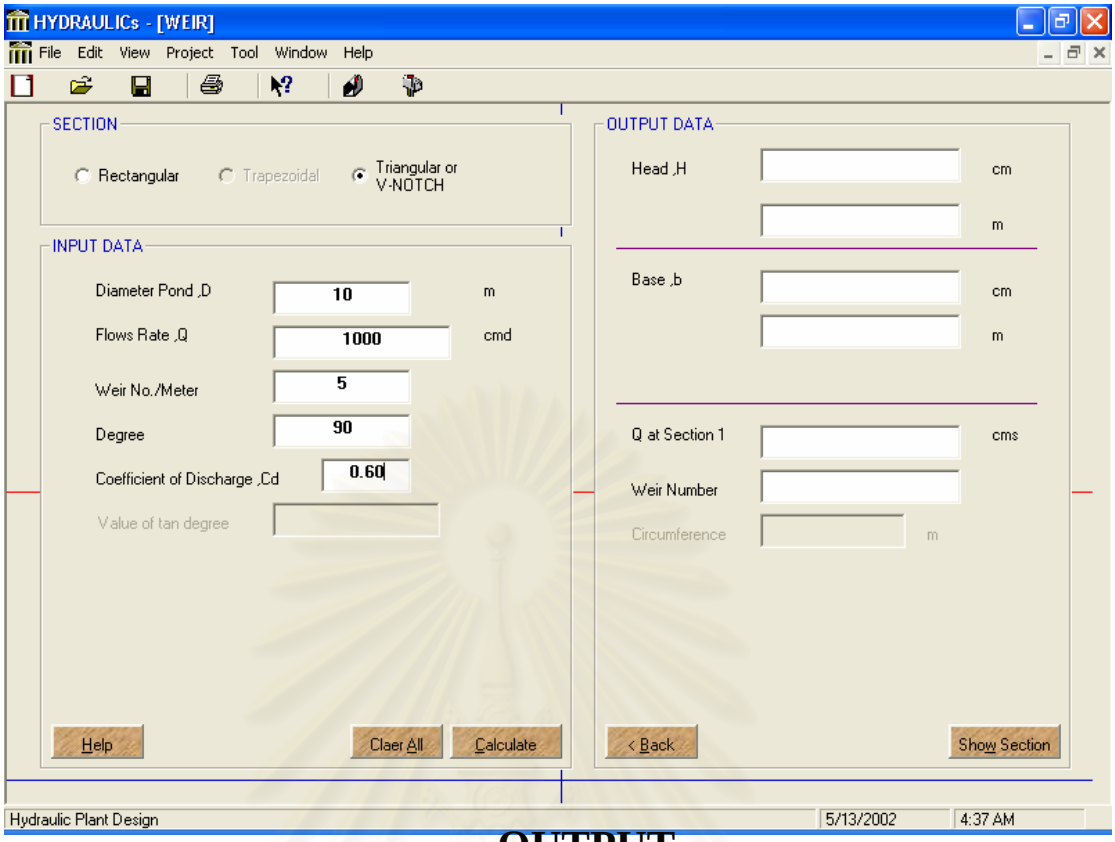


OUTPUT

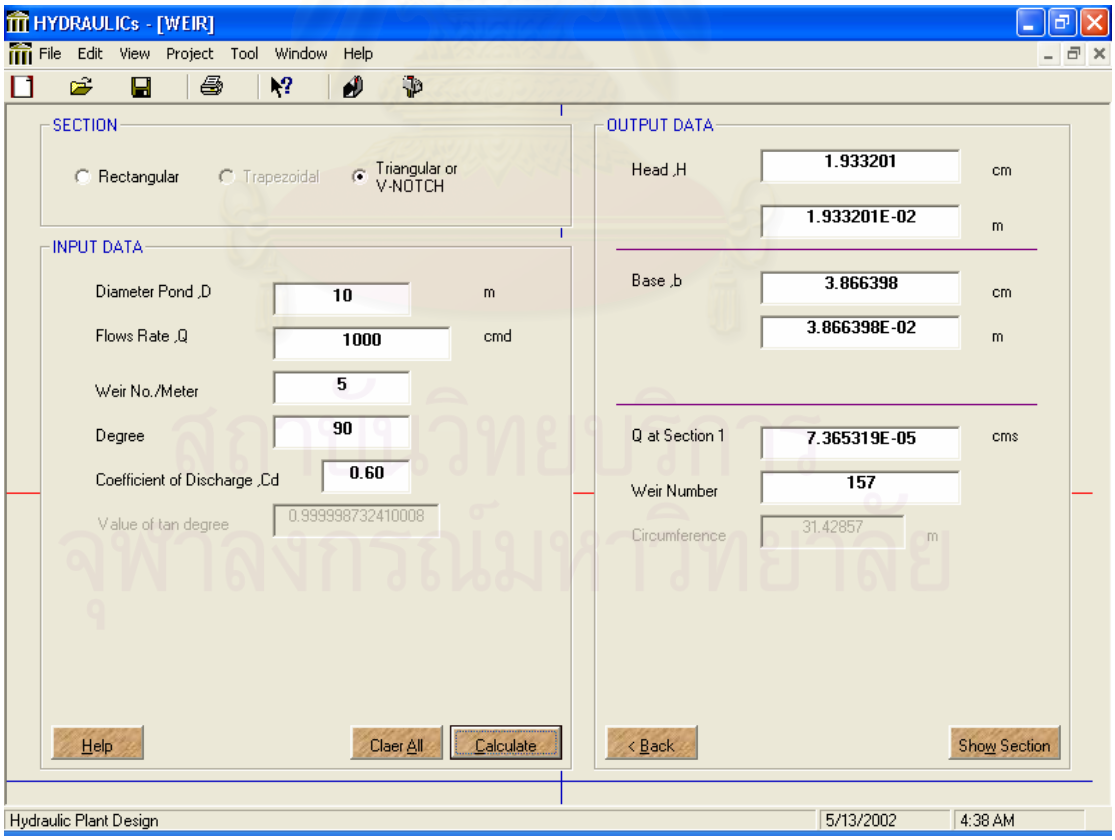


รูปที่ 4.41 หน้าจอสำหรับออกแบบเครื่องสูบน้ำ

INPUT



OUTPUT



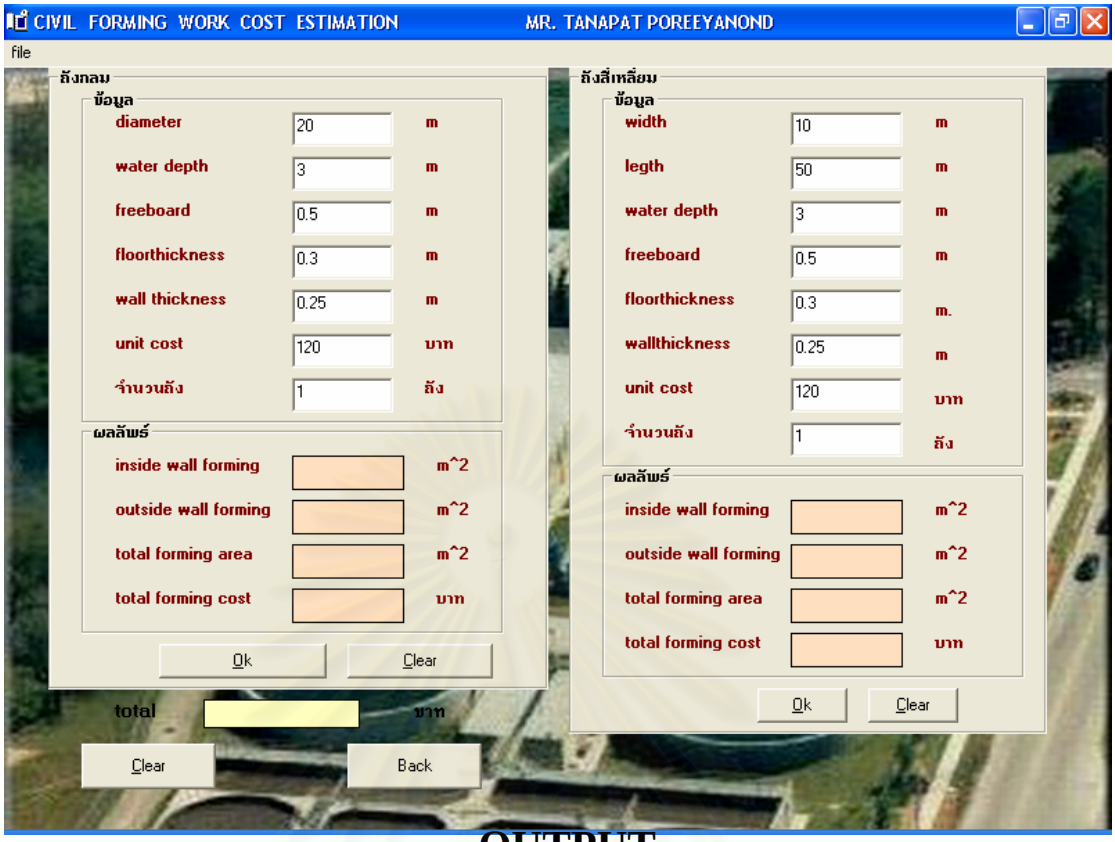
รูปที่ 4.42 หน้าจอสำหรับออกแบบฝายน้ำล้น (weir)

INPUT

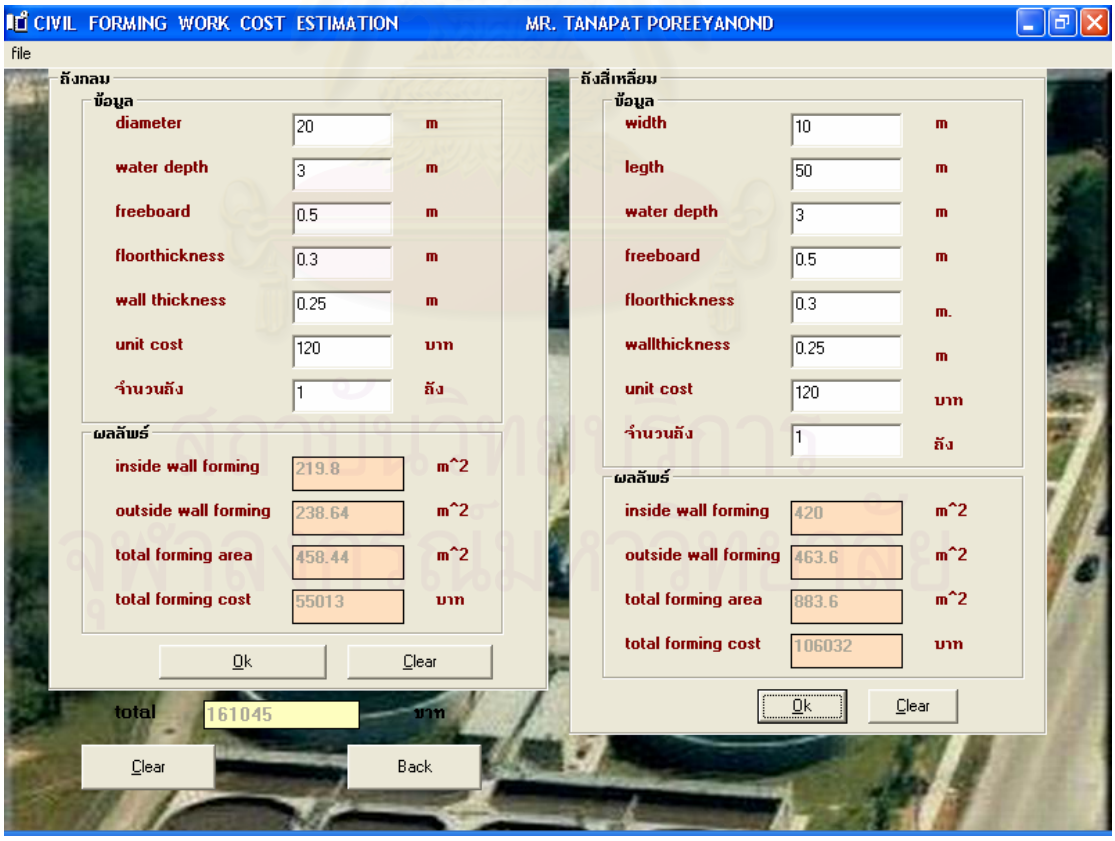
OUTPUT

รูปที่ 4.43 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น

INPUT

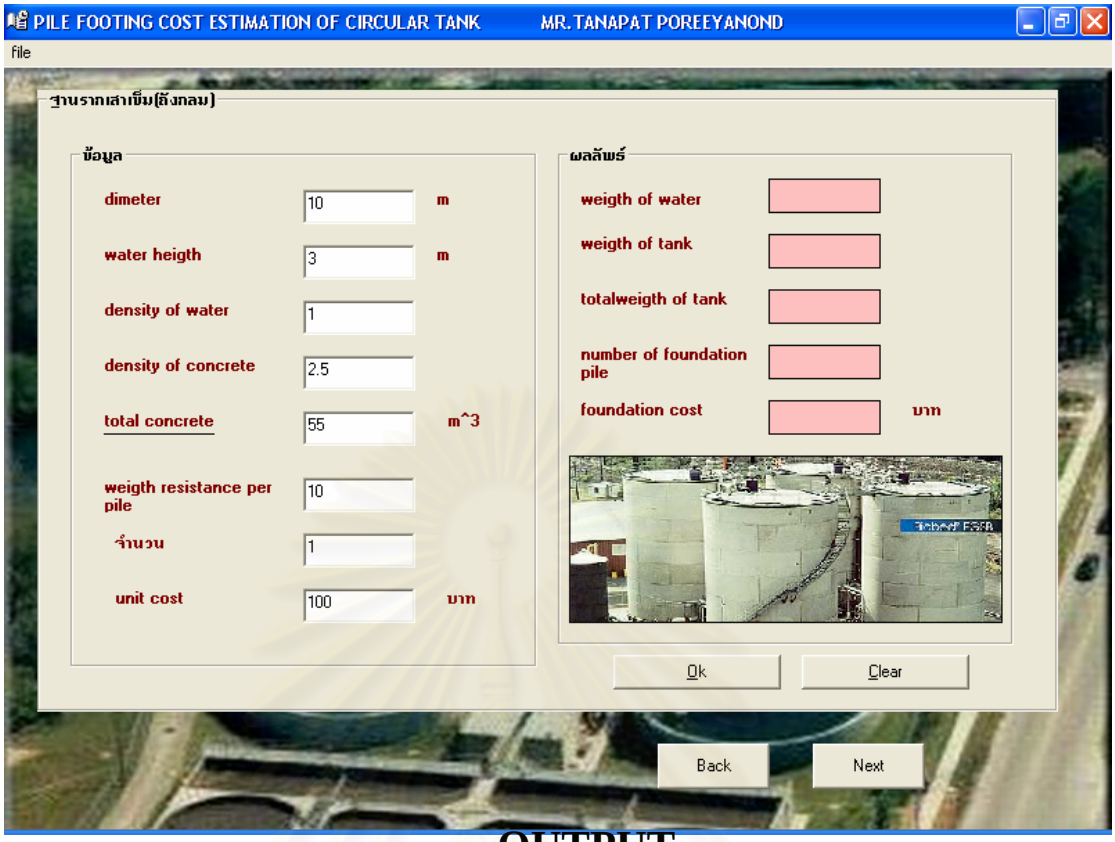


OUTPUT

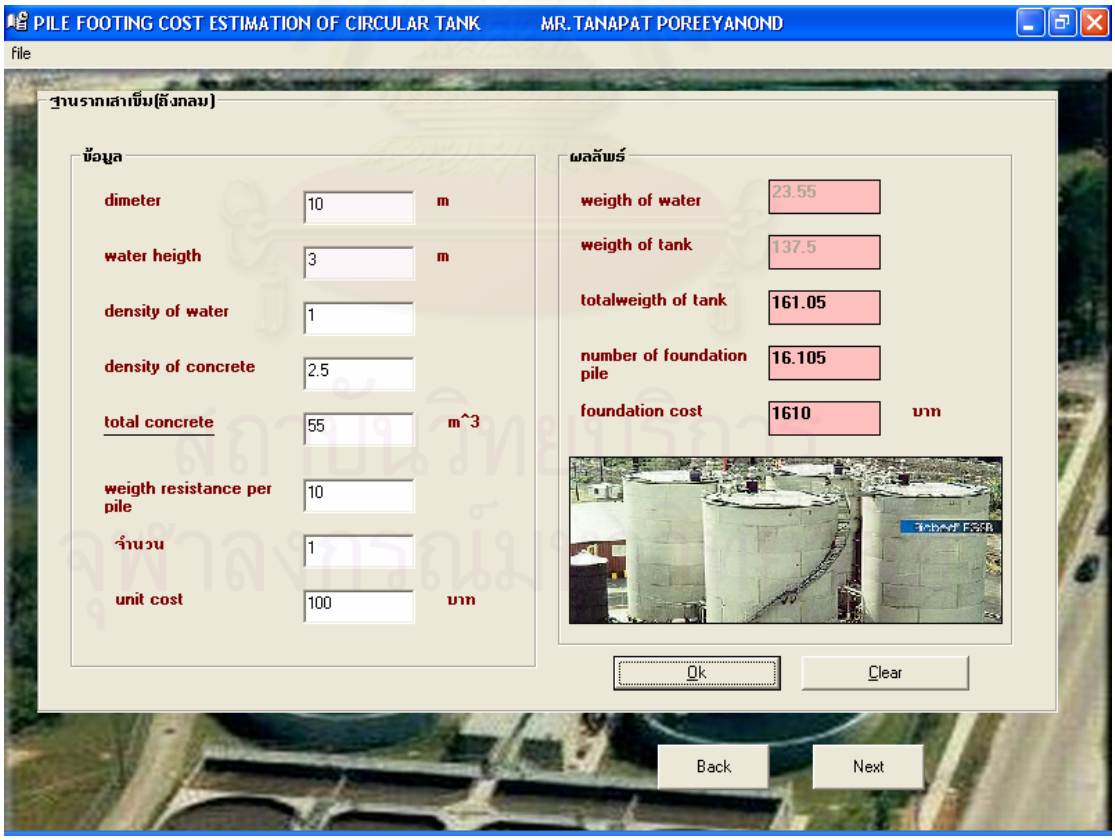


รูปที่ 4.44 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น (ต่อ)

INPUT



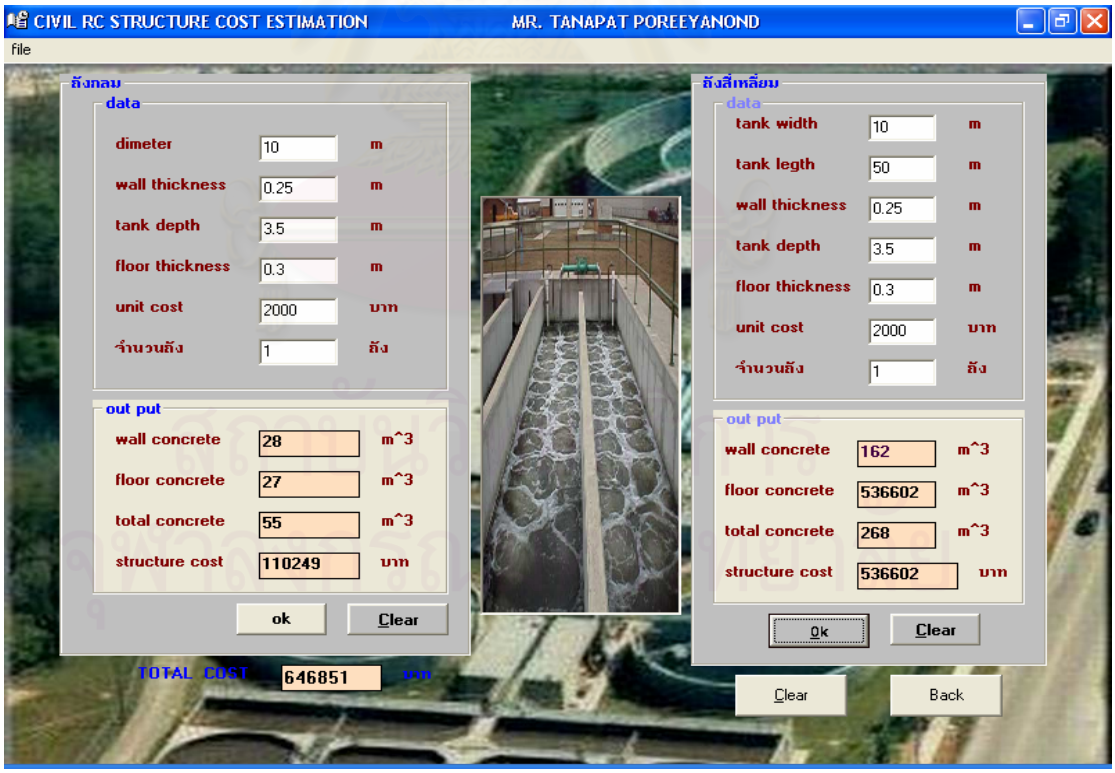
OUTPUT



รูปที่ 4.45 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น (ต่อ)

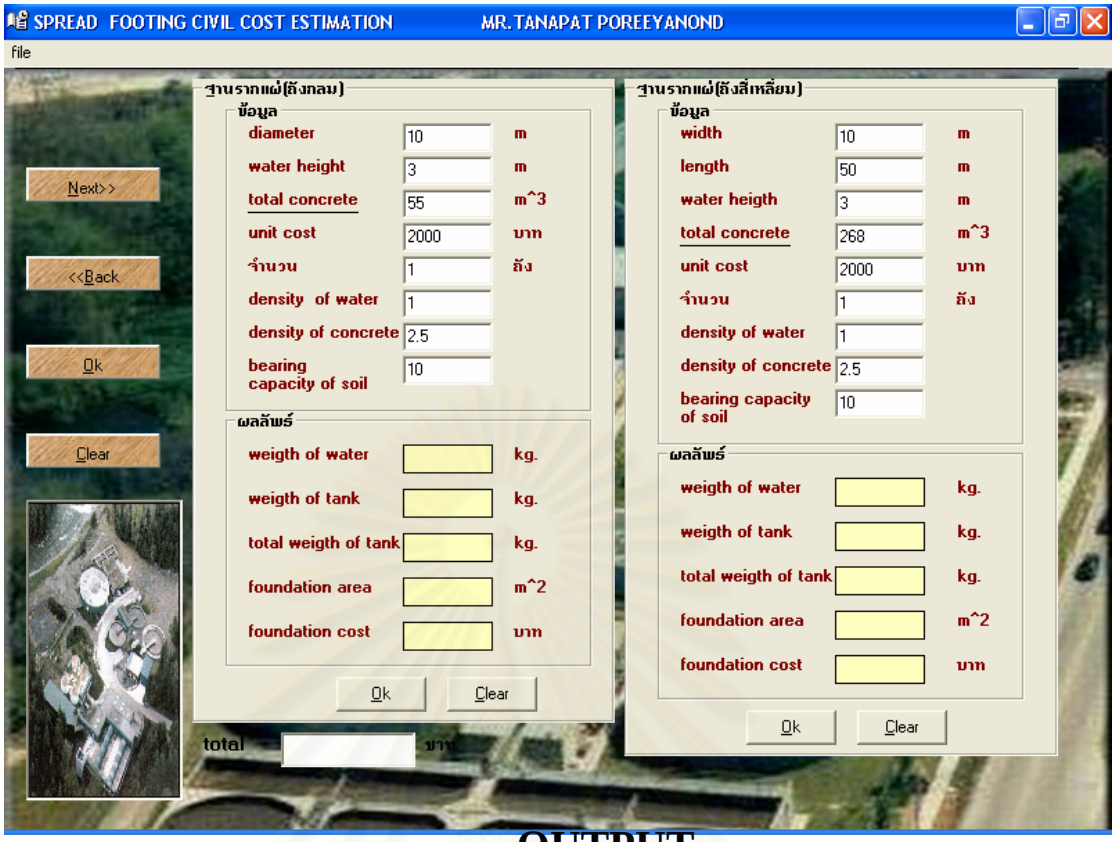
INPUT

OUTPUT

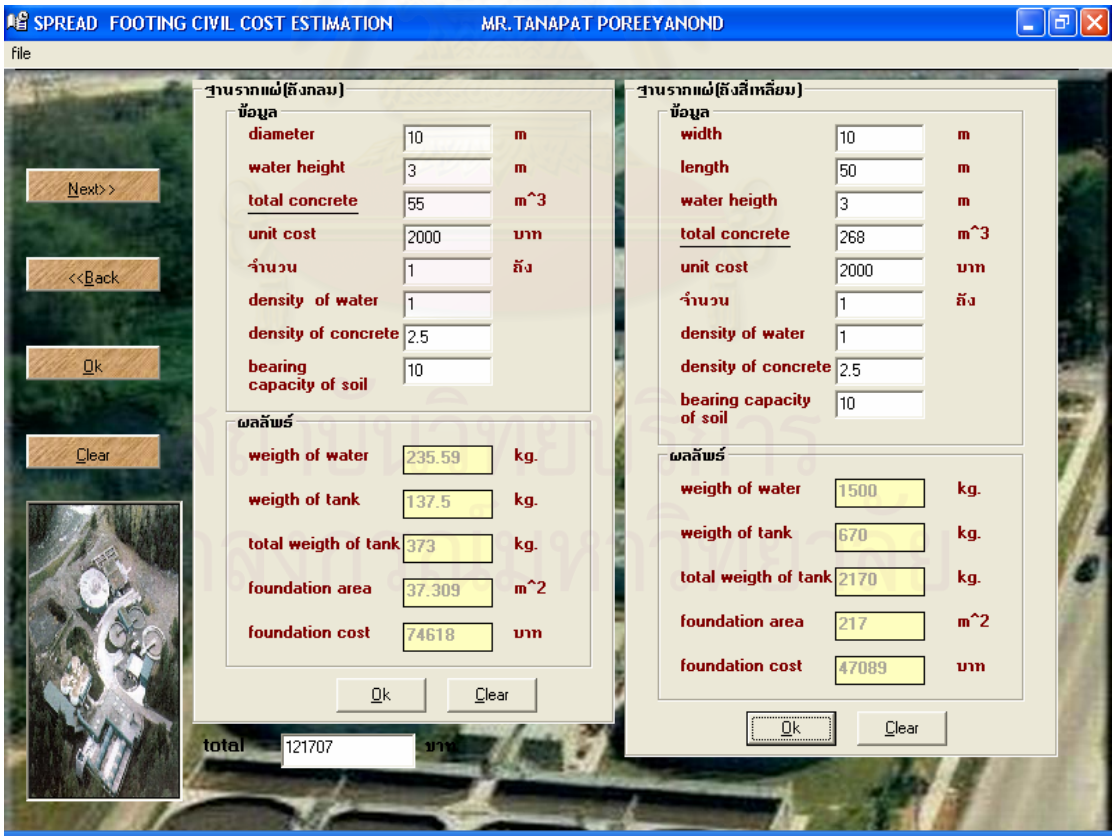


รูปที่ 4.46 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น (ต่อ)

INPUT

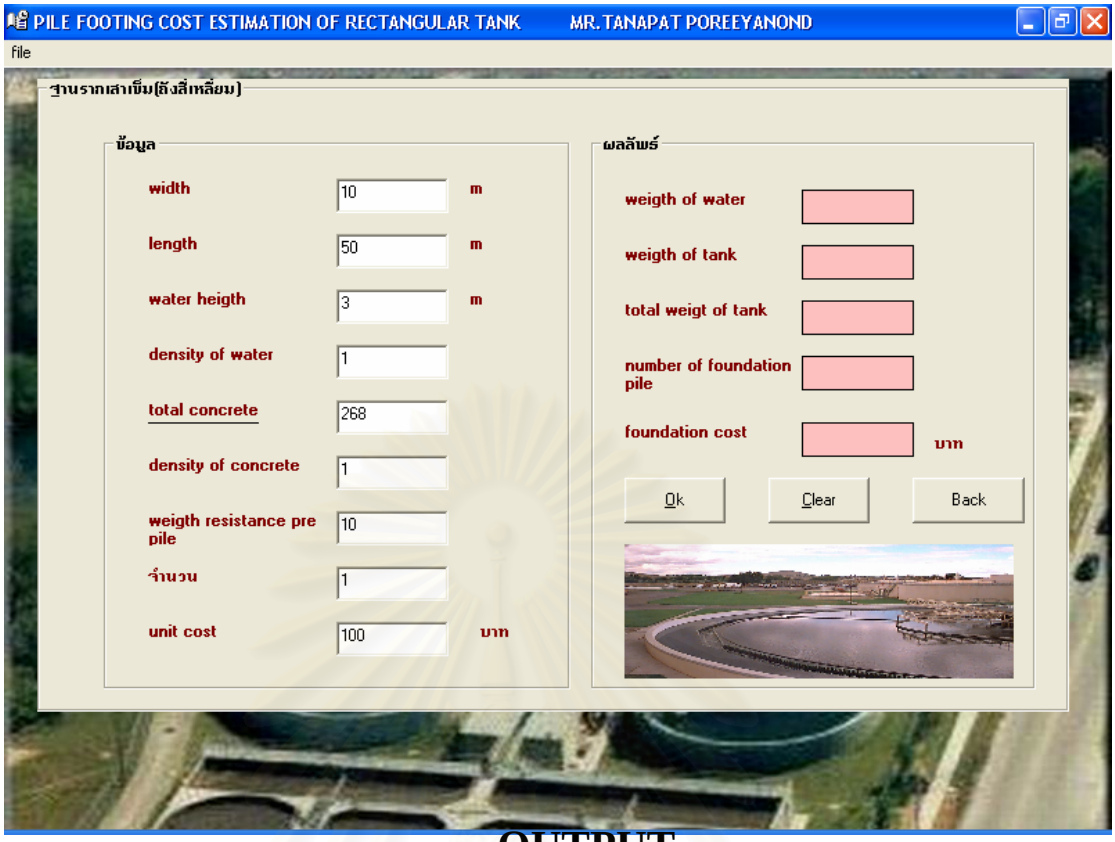


OUTPUT

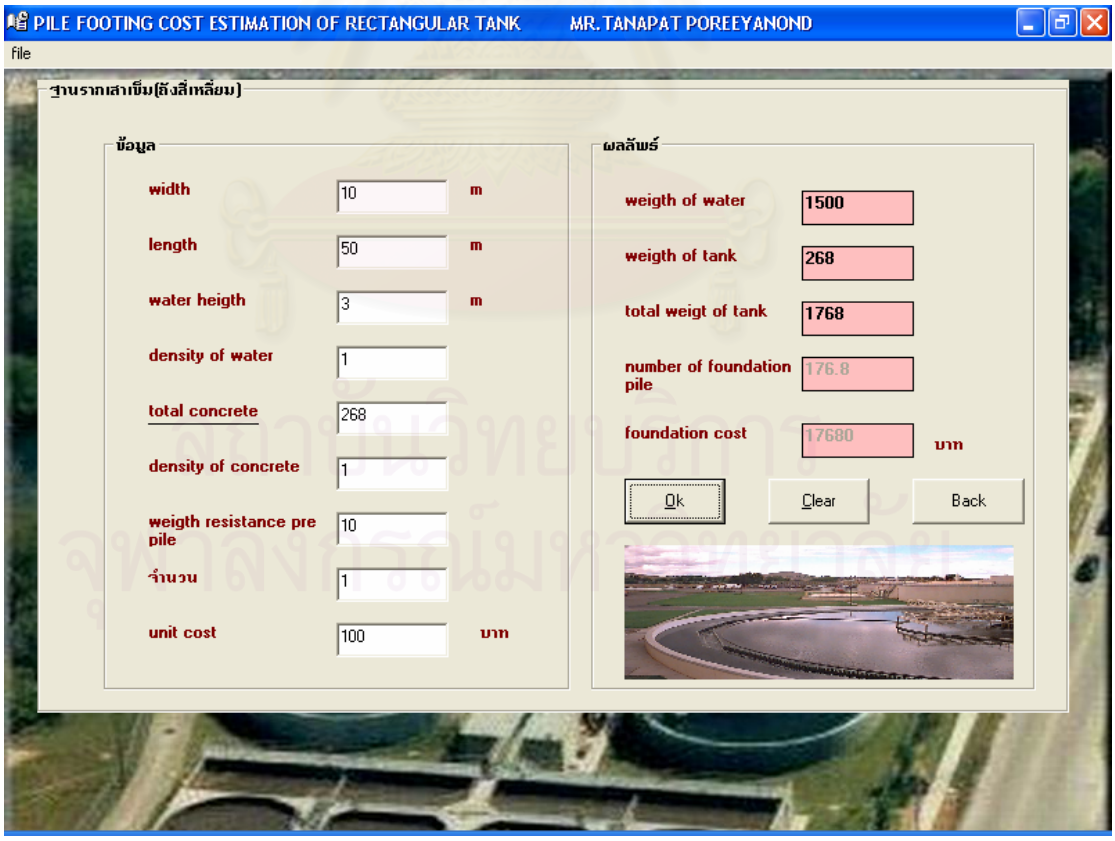


รูปที่ 4.47 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น (ต่อ)

INPUT

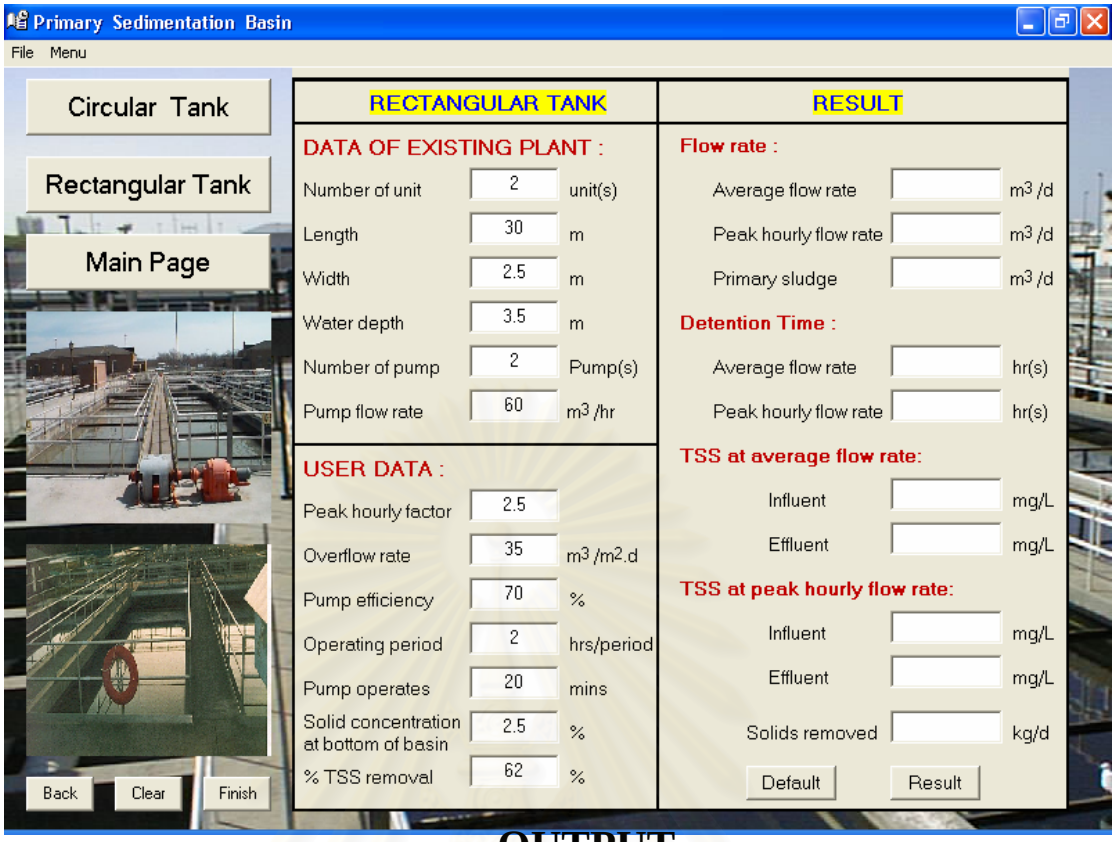


OUTPUT

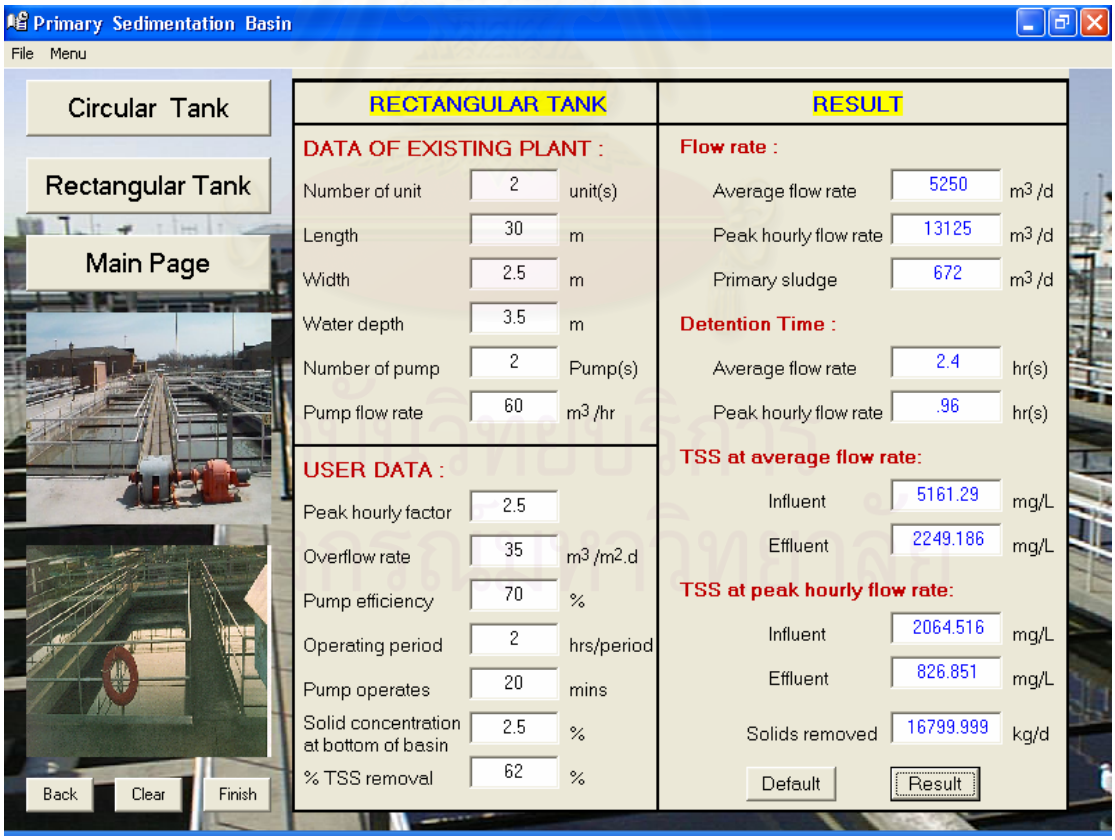


รูปที่ 4.48 หน้าจอสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้น (ต่อ)

INPUT

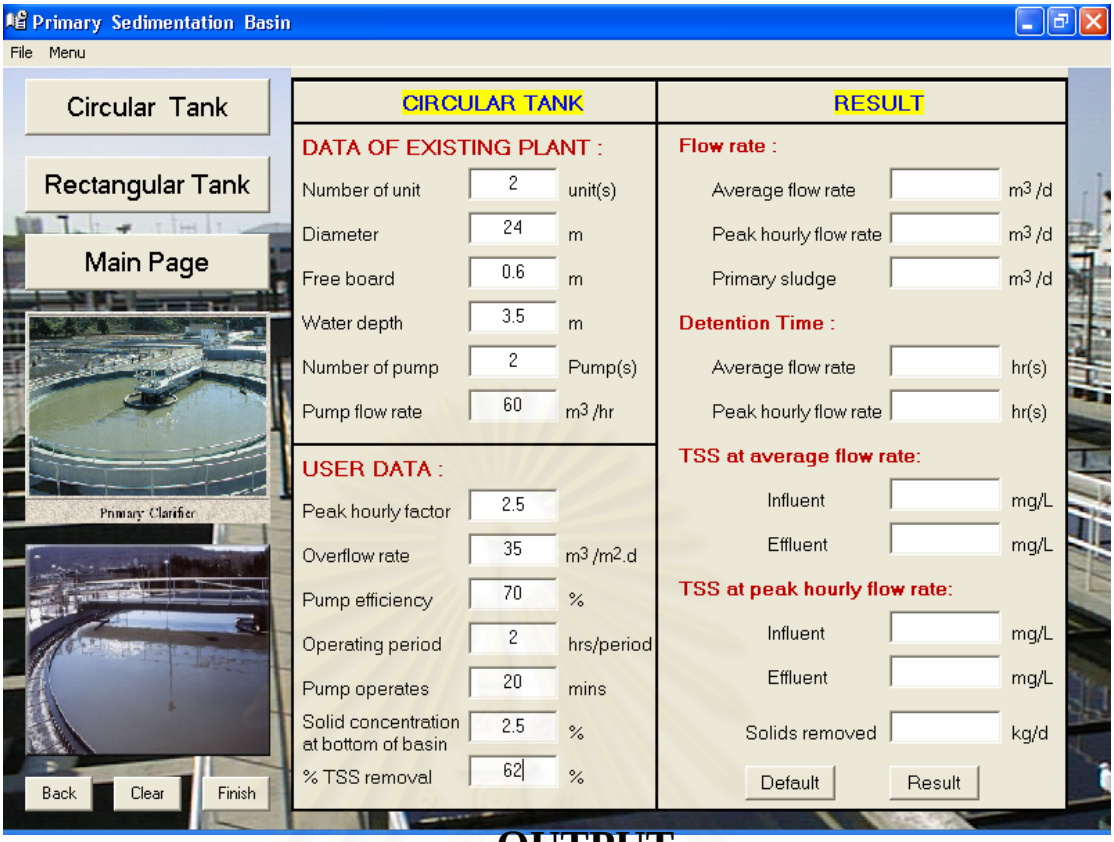


OUTPUT

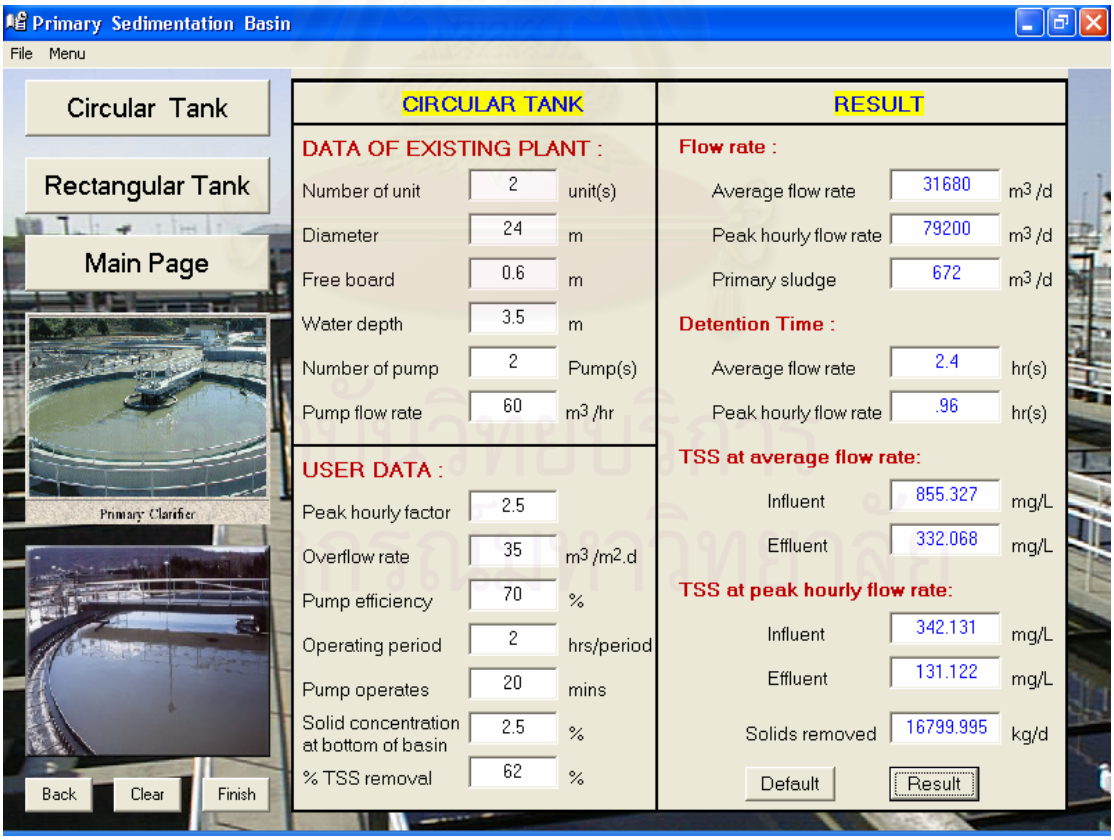


รูปที่ 4.49 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing)

INPUT

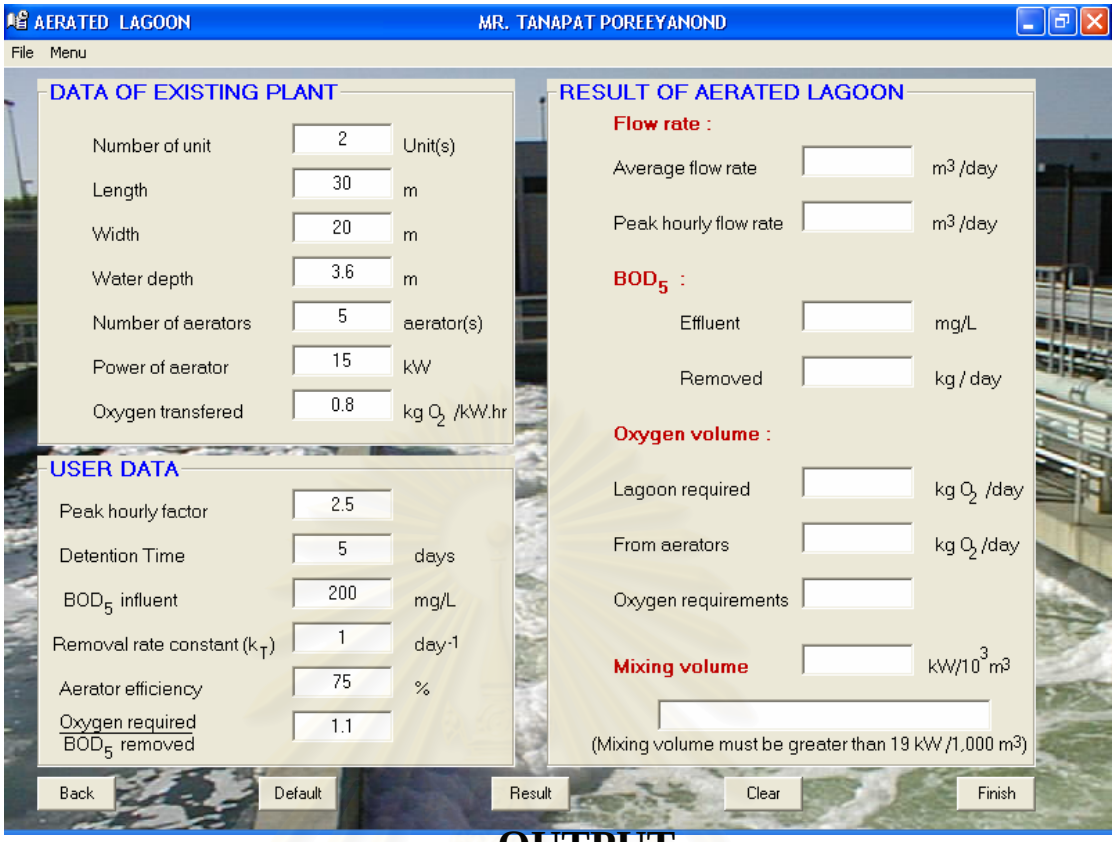


OUTPUT

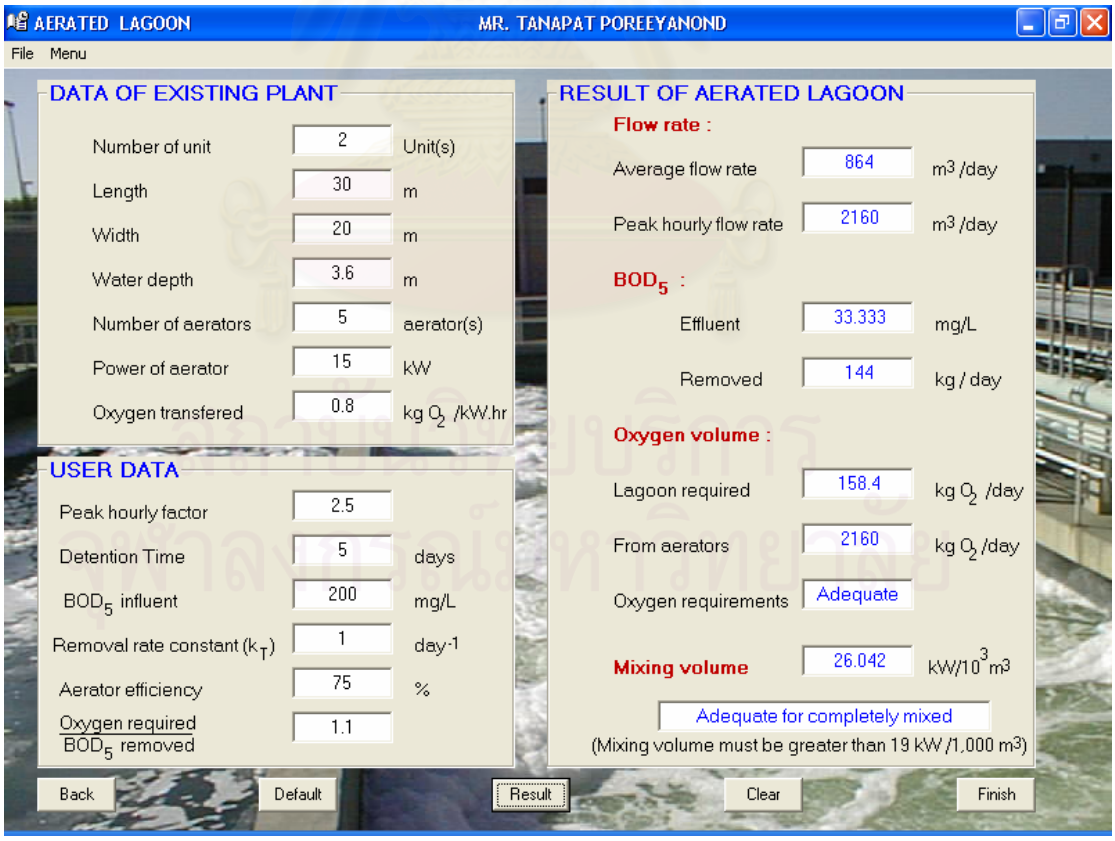


รูปที่ 4.50 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

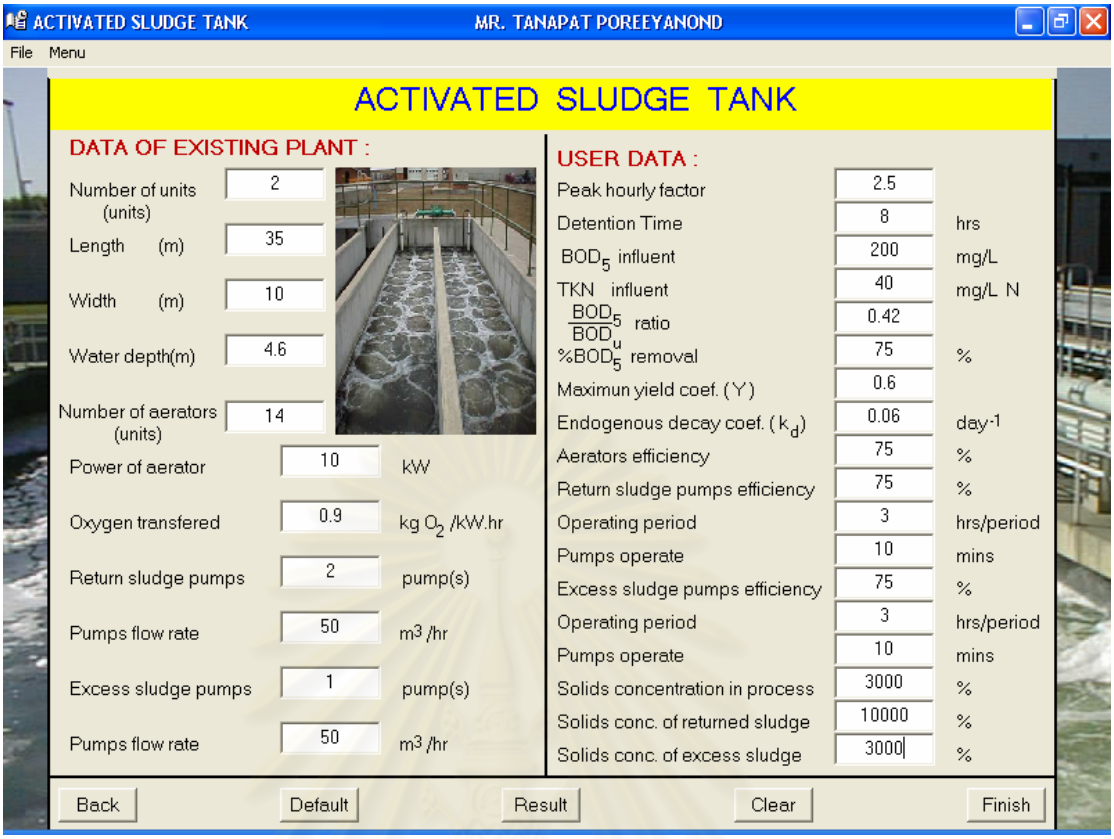


OUTPUT

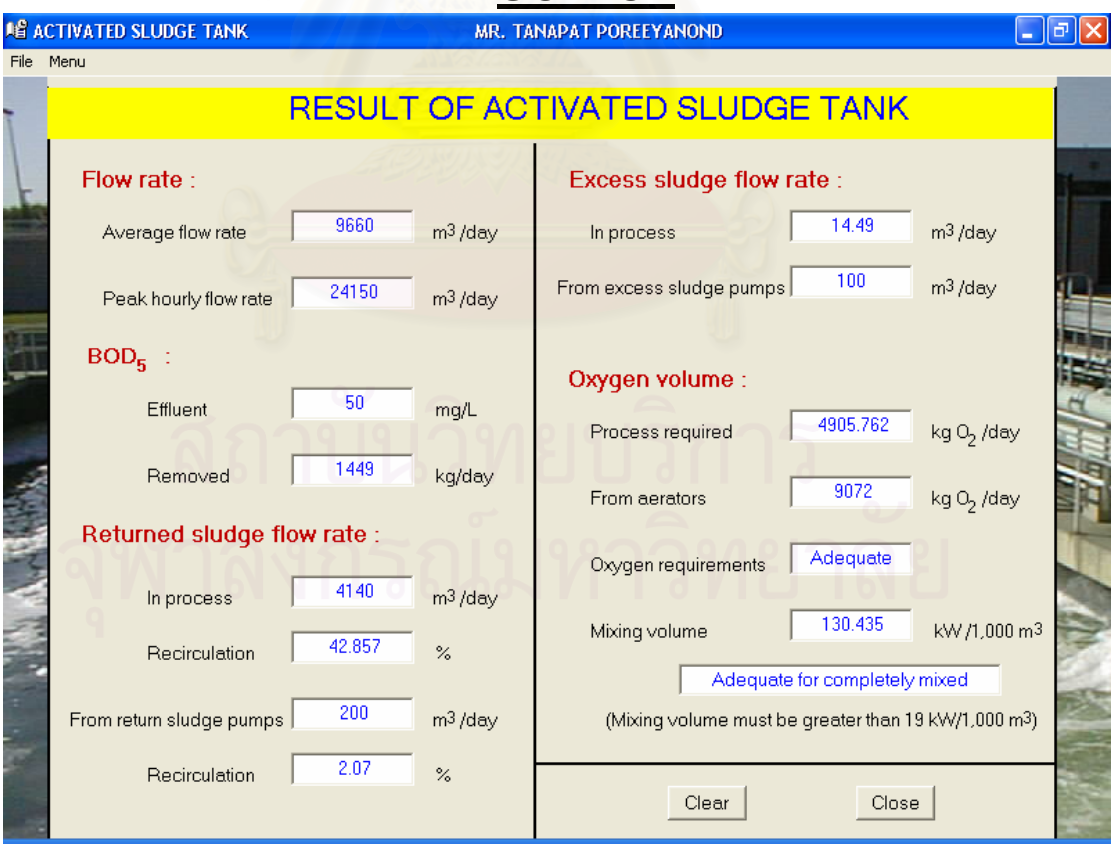


รูปที่ 4.51 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

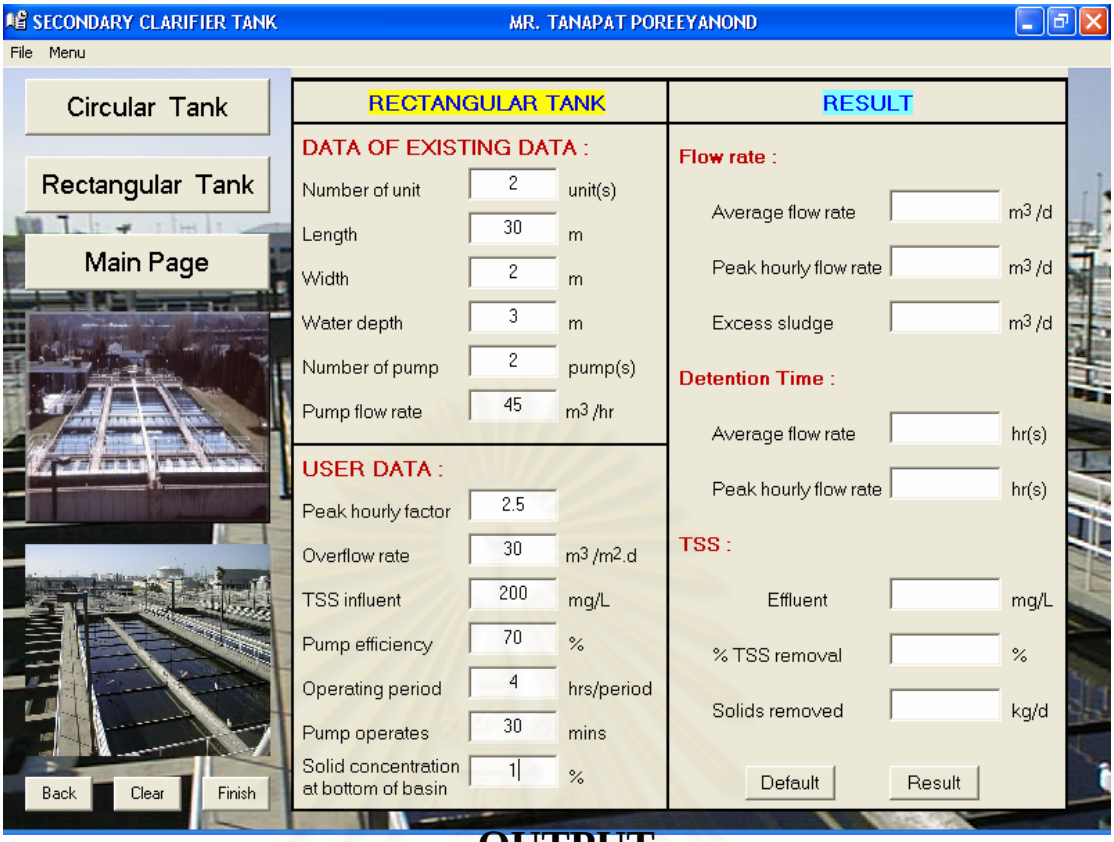


OUTPUT

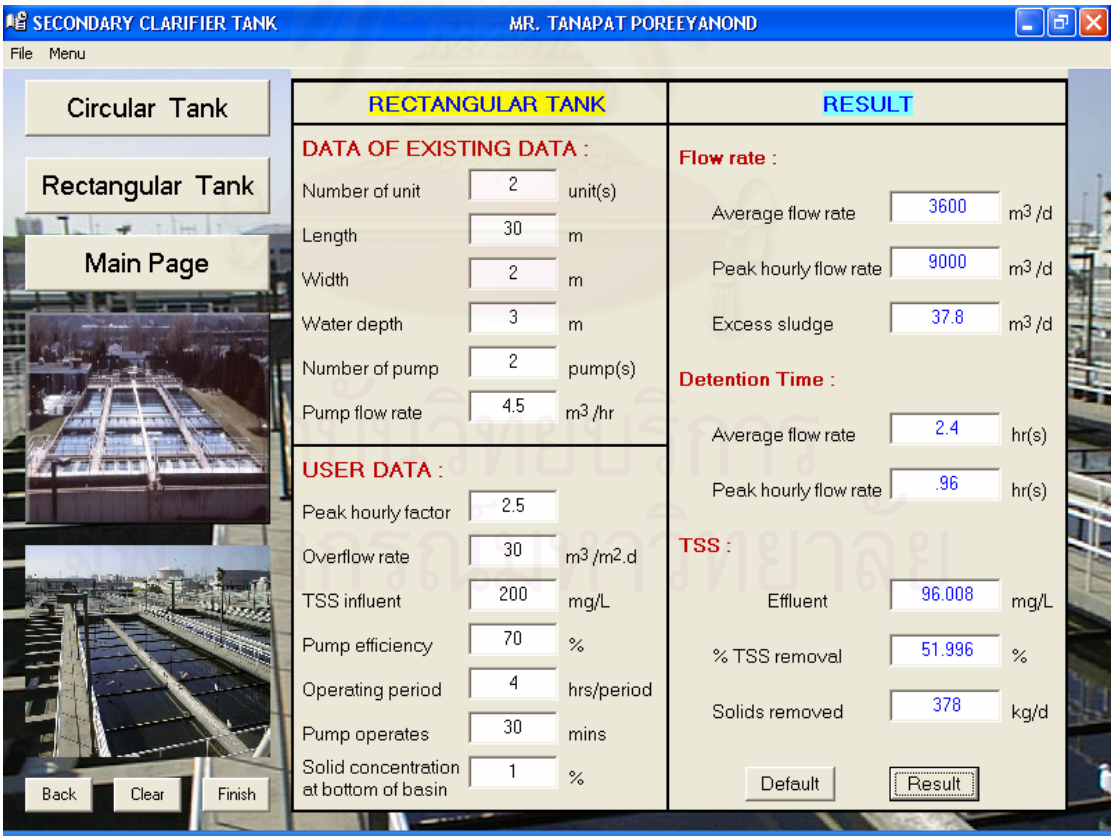


รูปที่ 4.52 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

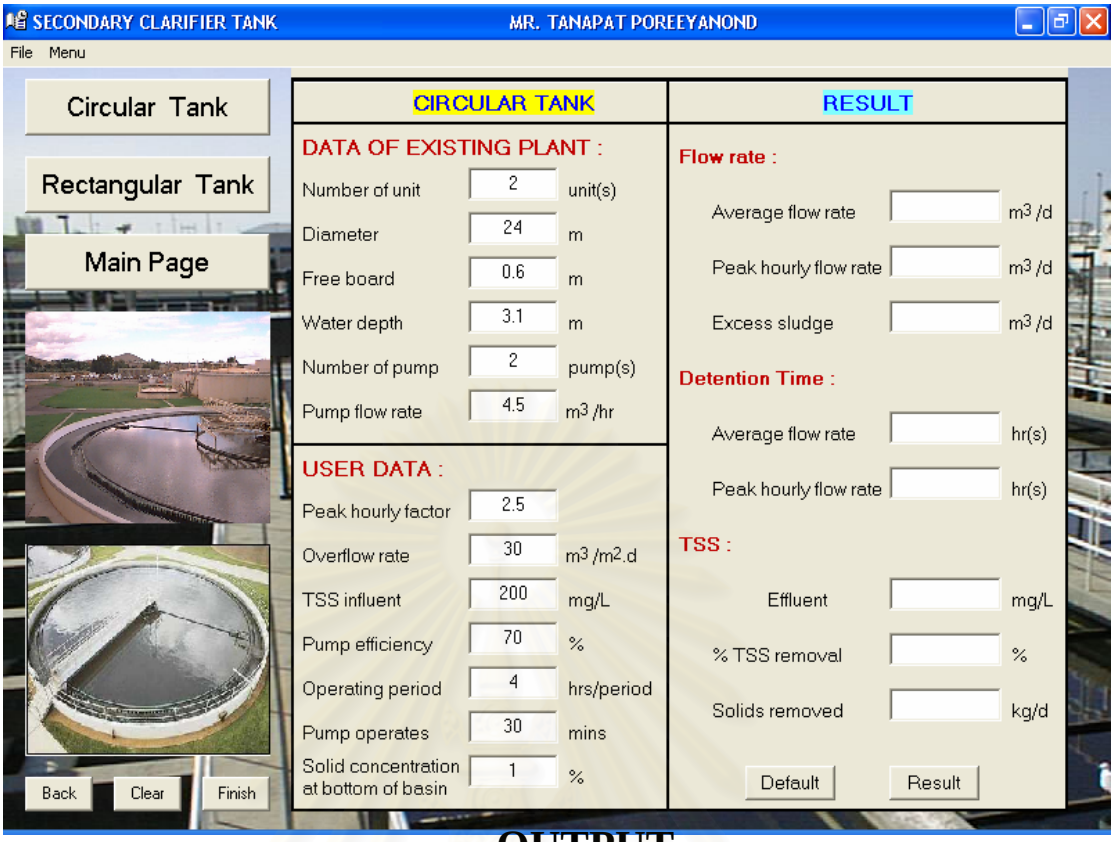


OUTPUT

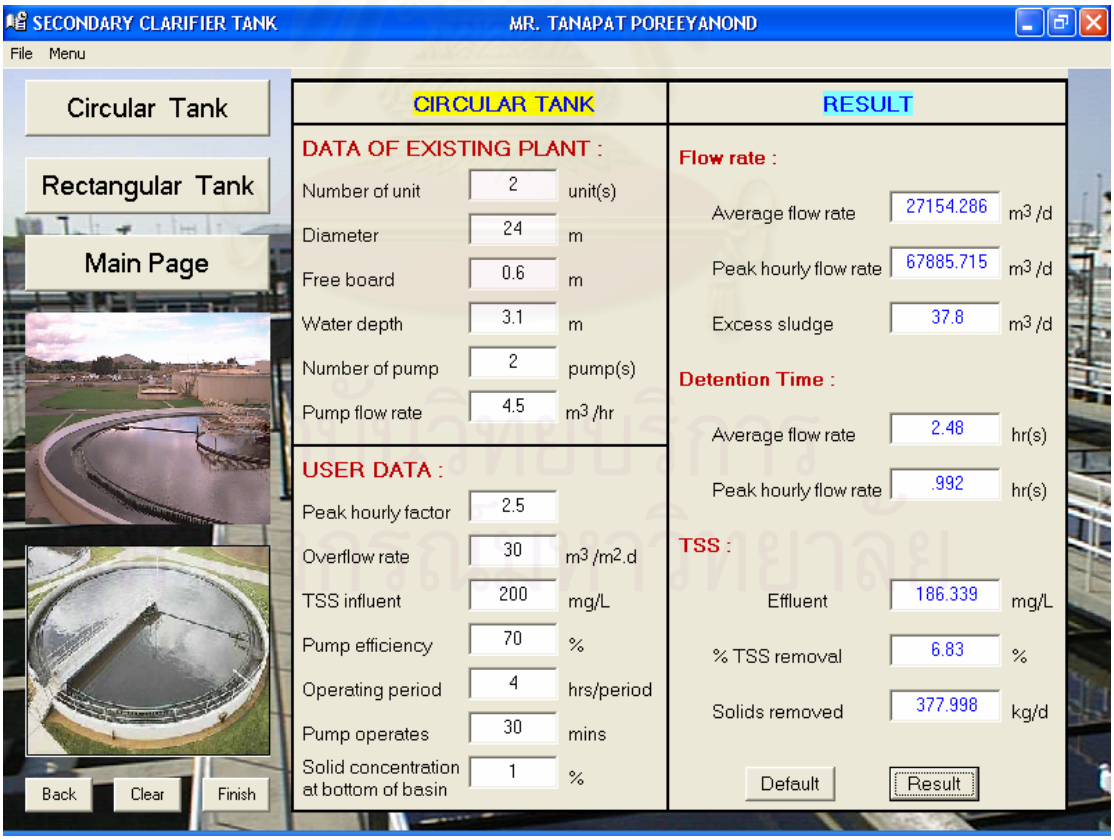


รูปที่ 4.53 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

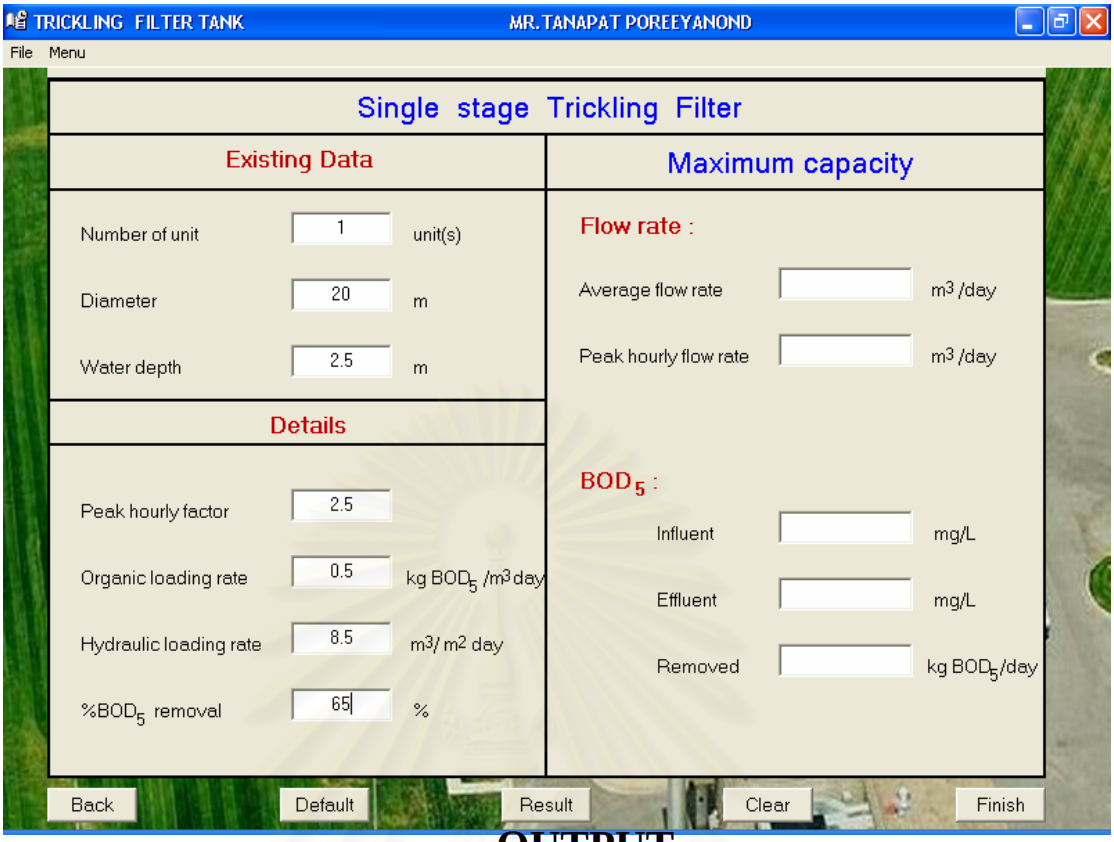


OUTPUT

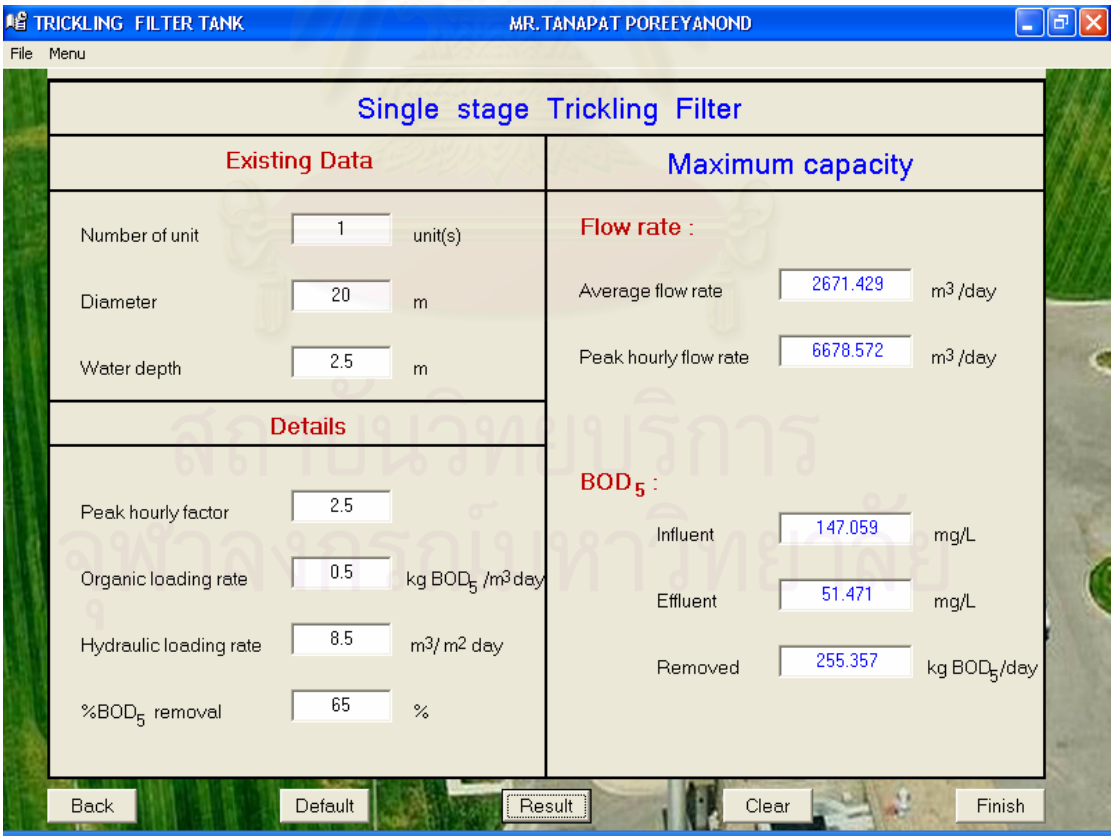


รูปที่ 4.54 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

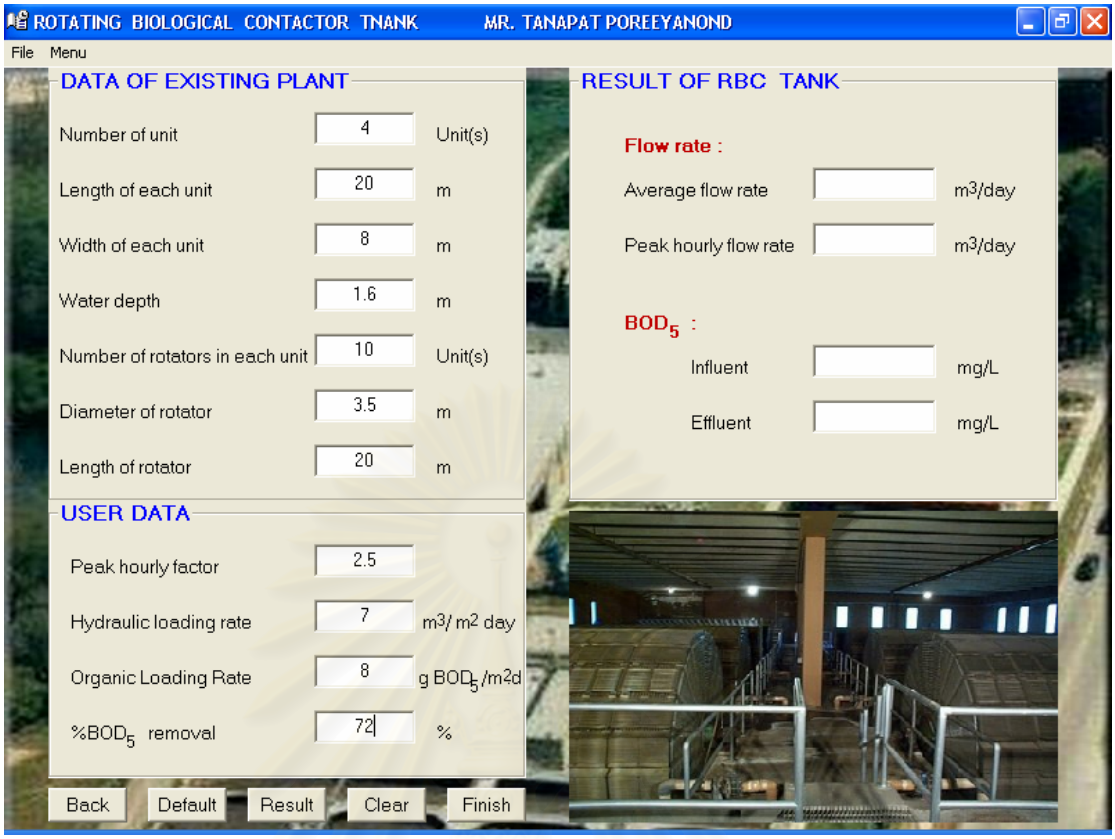


OUTPUT

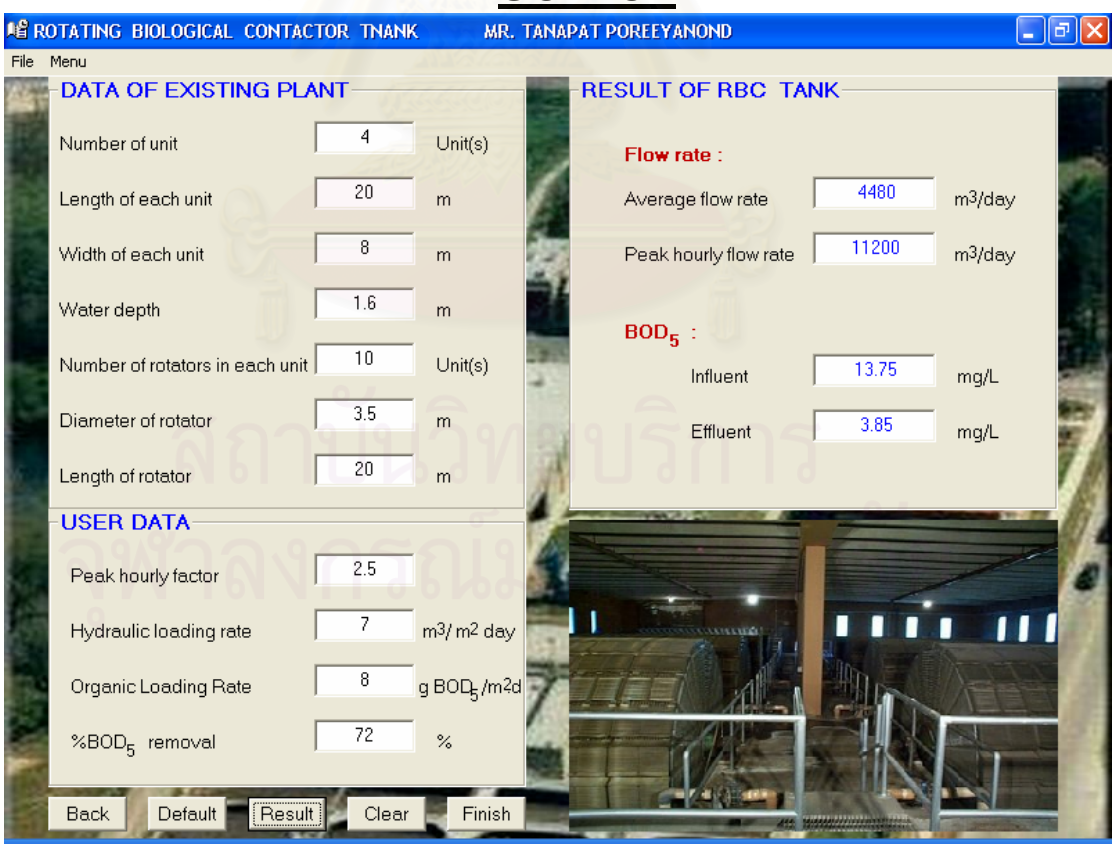


รูปที่ 4.55 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

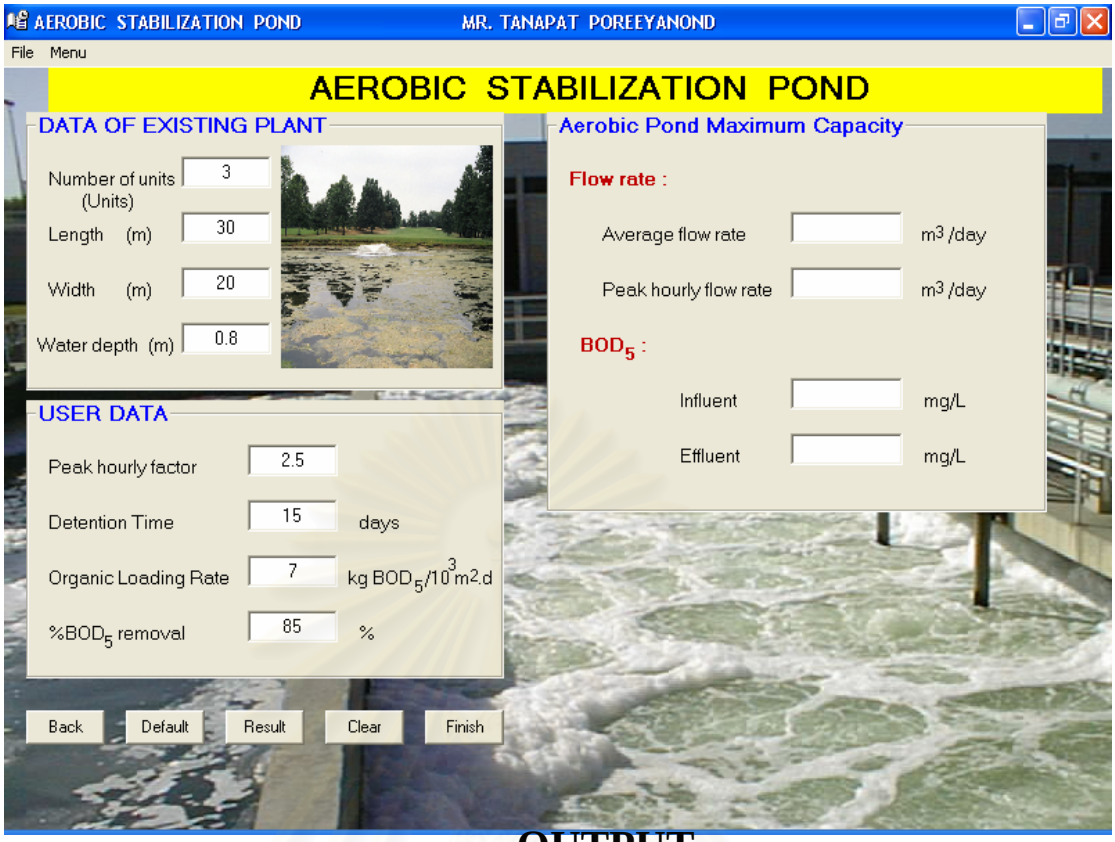


OUTPUT

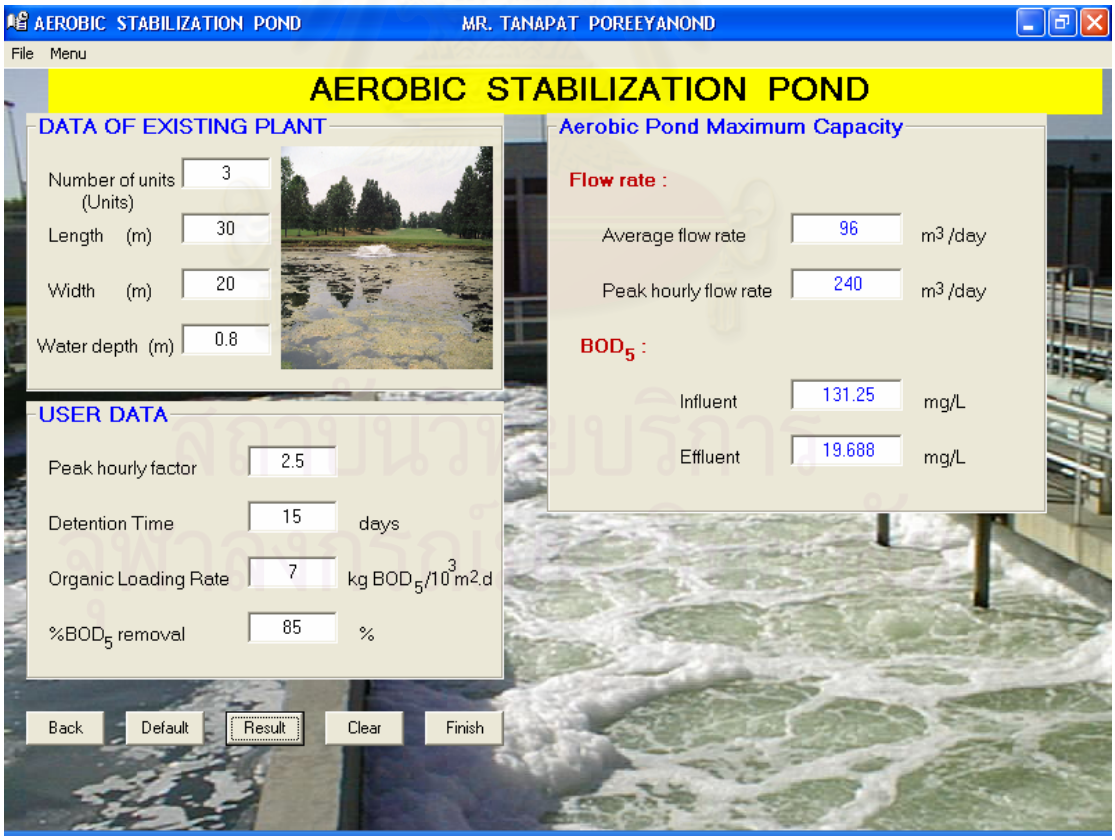


รูปที่ 4.56 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

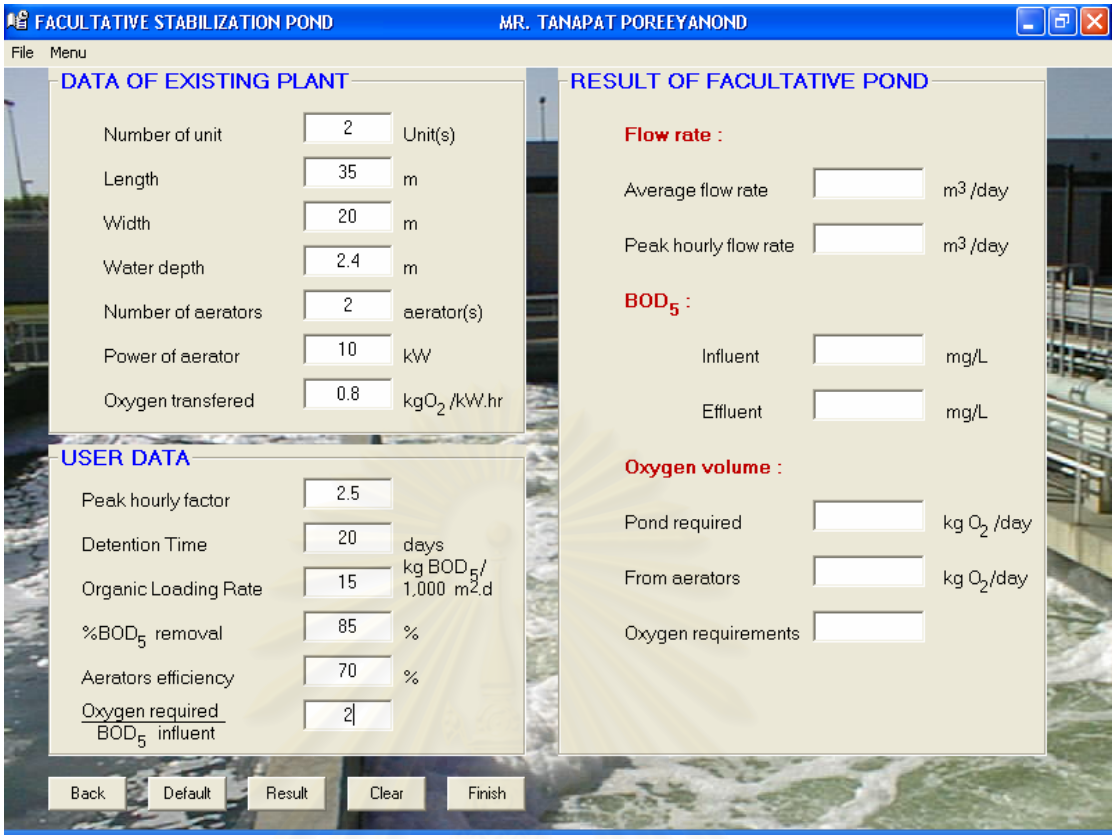


OUTPUT

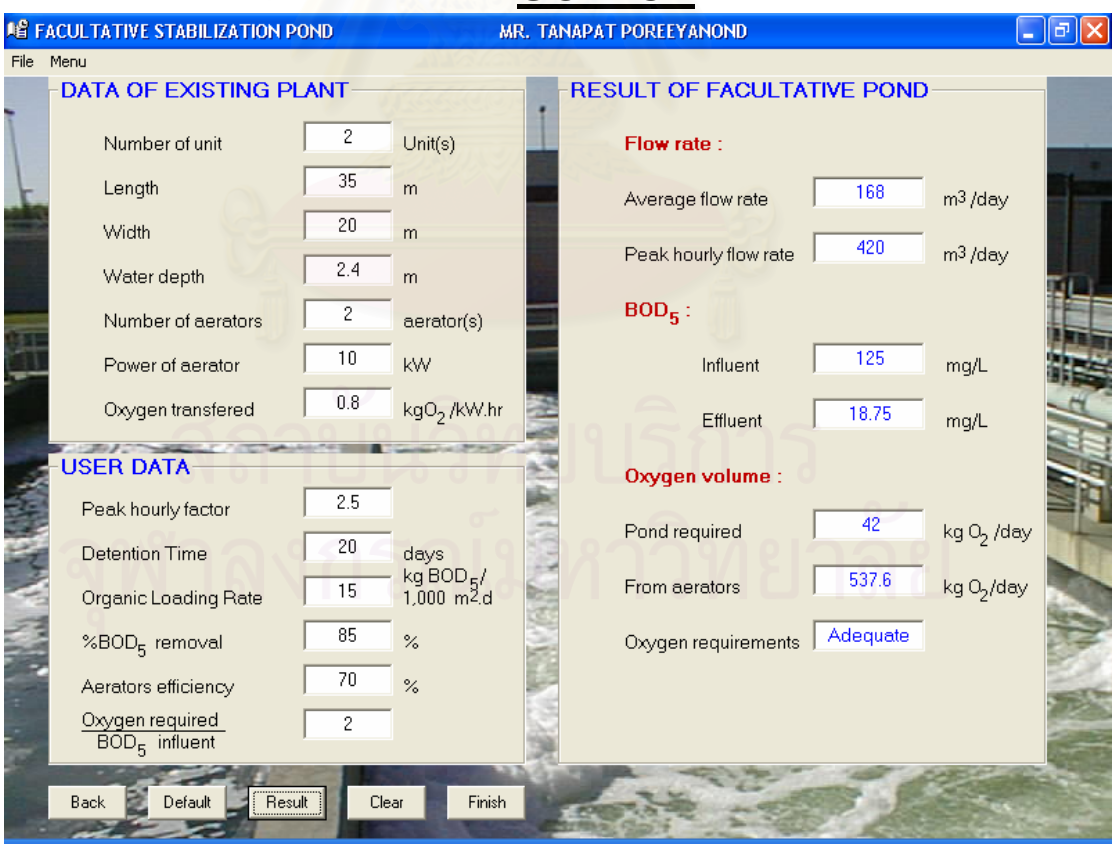


รูปที่ 4.57 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

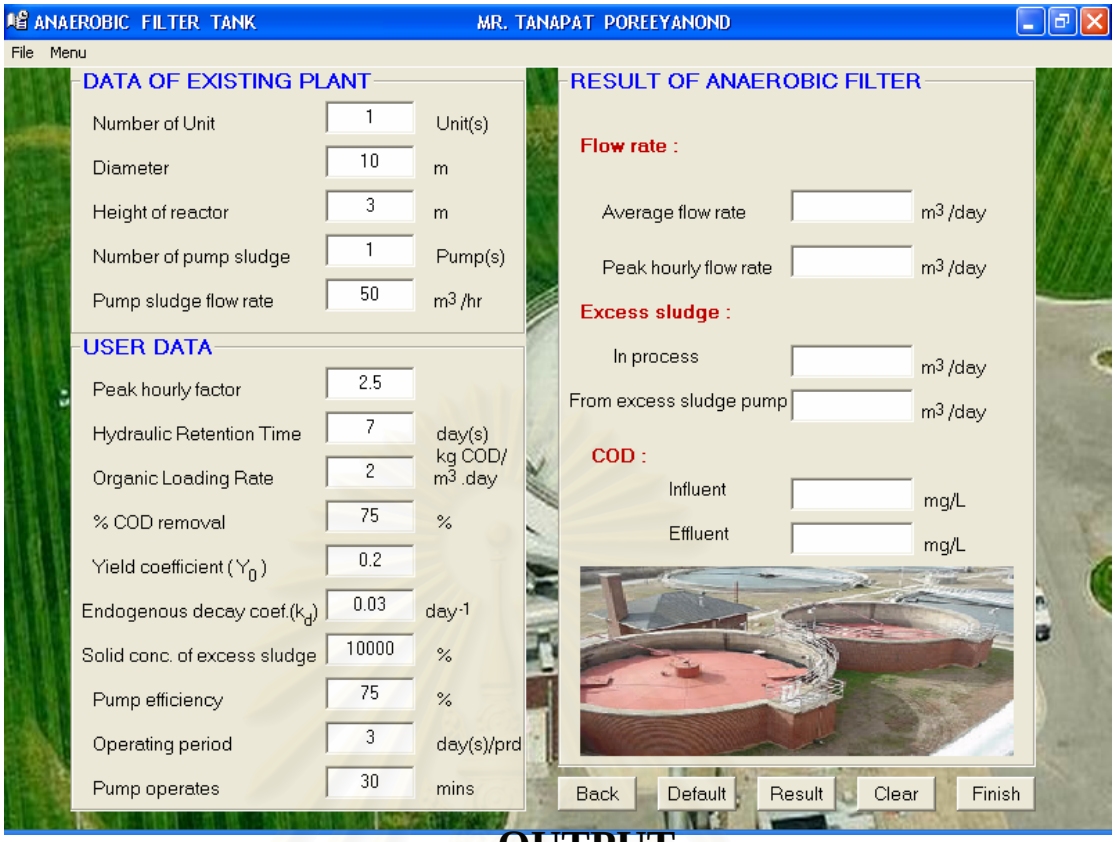


OUTPUT

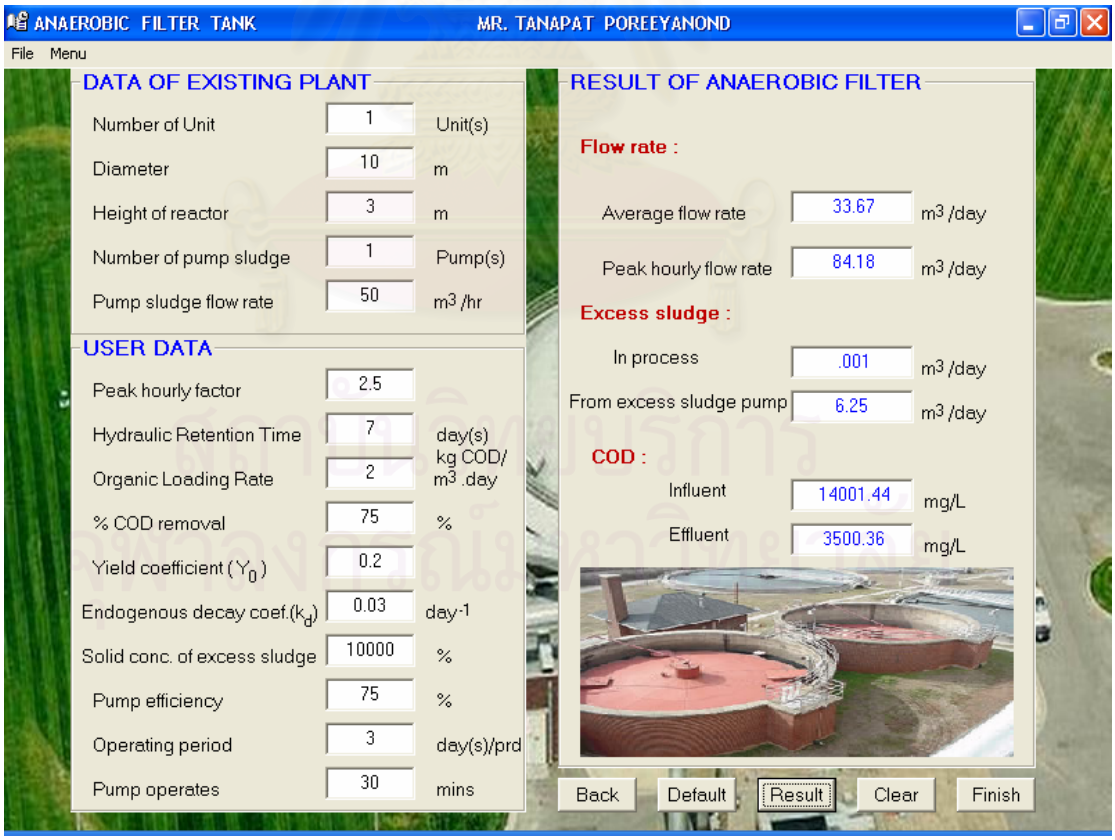


รูปที่ 4.58 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

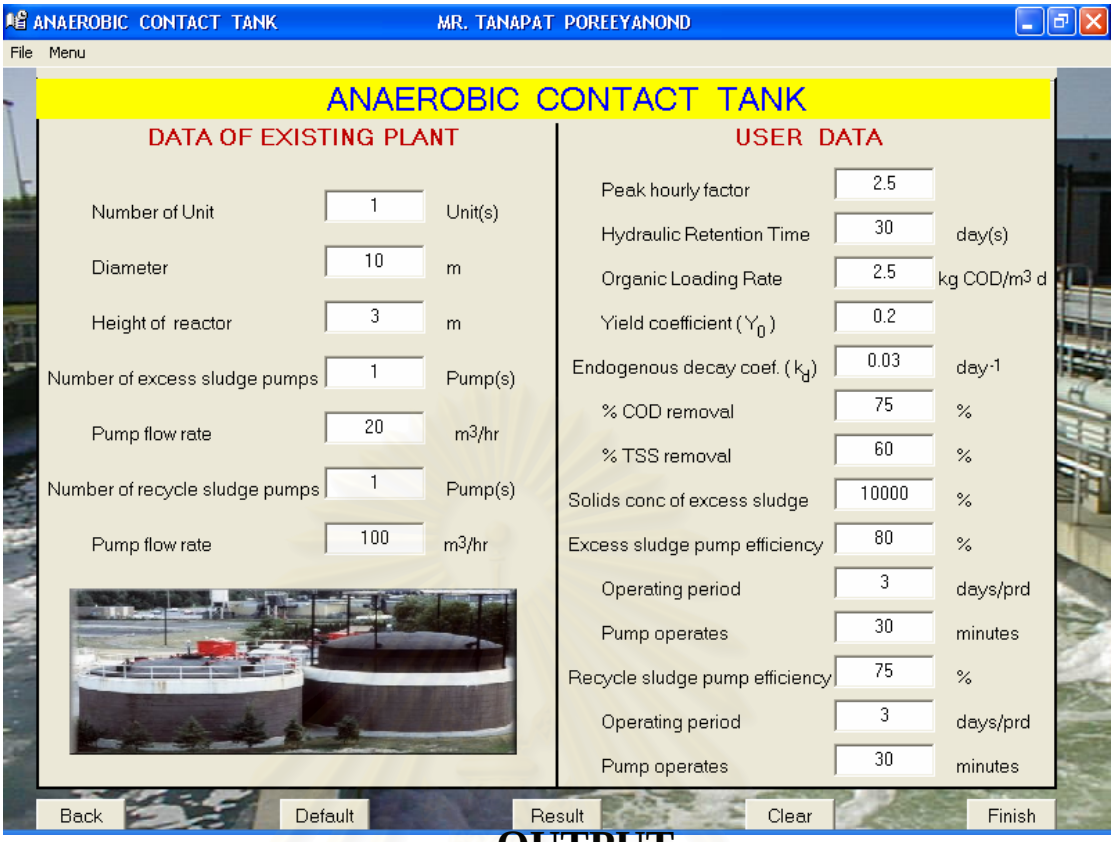


OUTPUT



รูปที่ 4.59 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

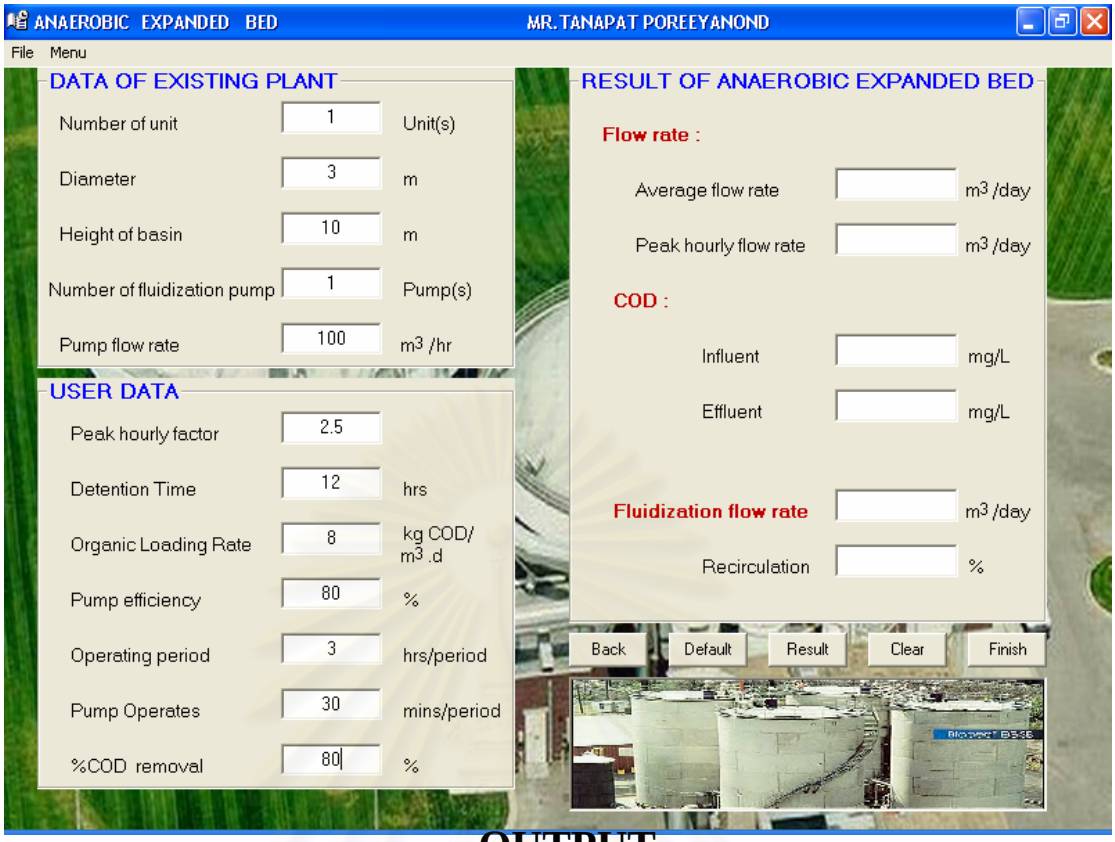
INPUT



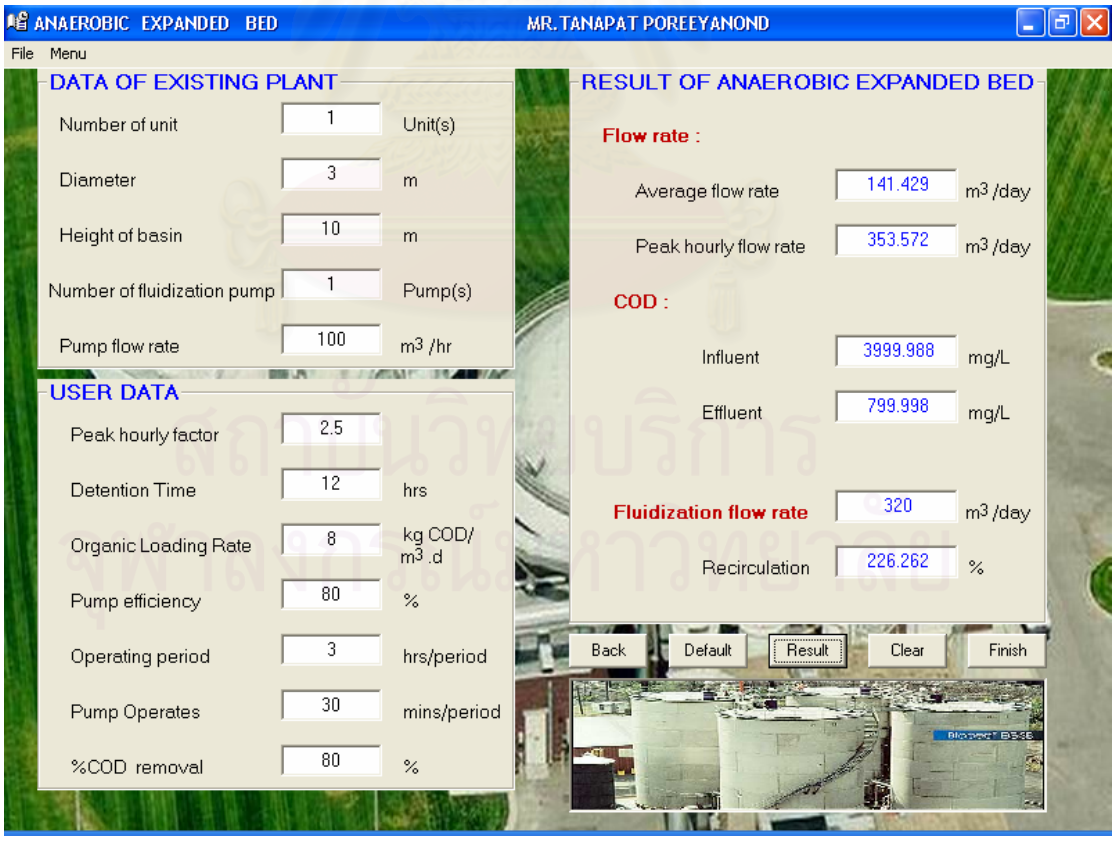
OUTPUT

รูปที่ 4.60 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

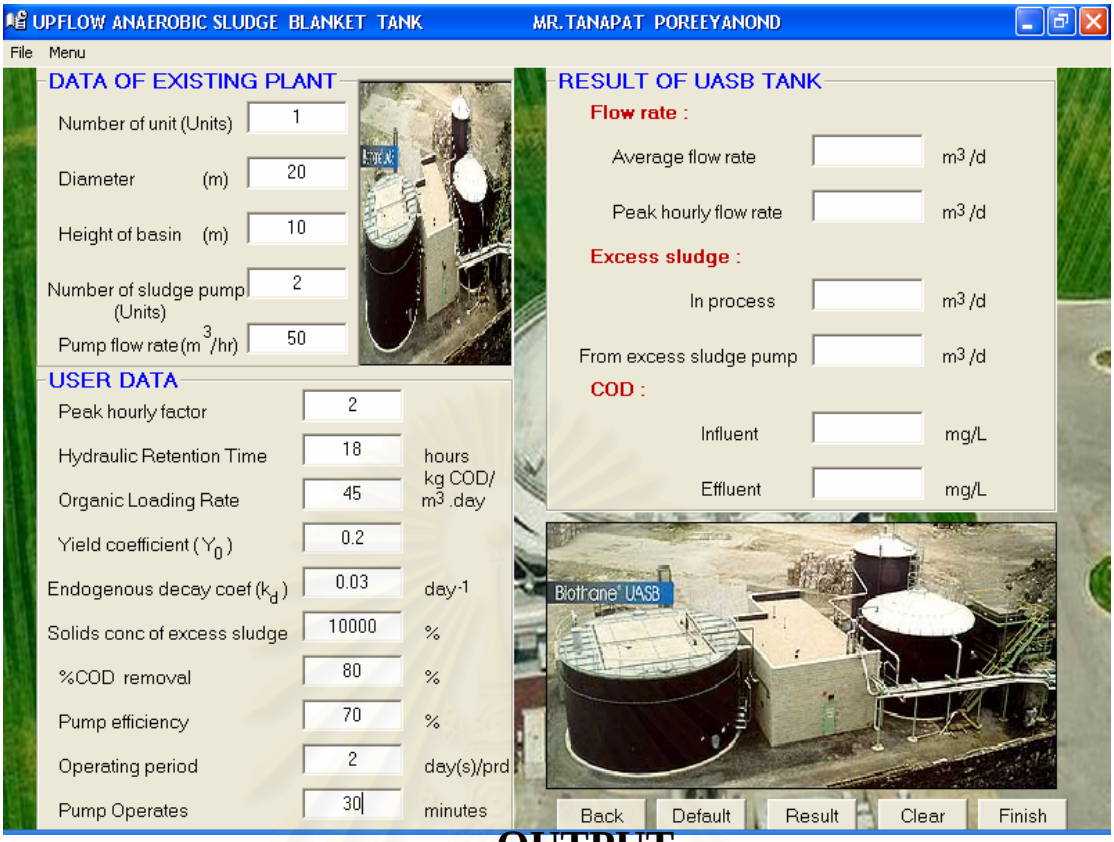


OUTPUT

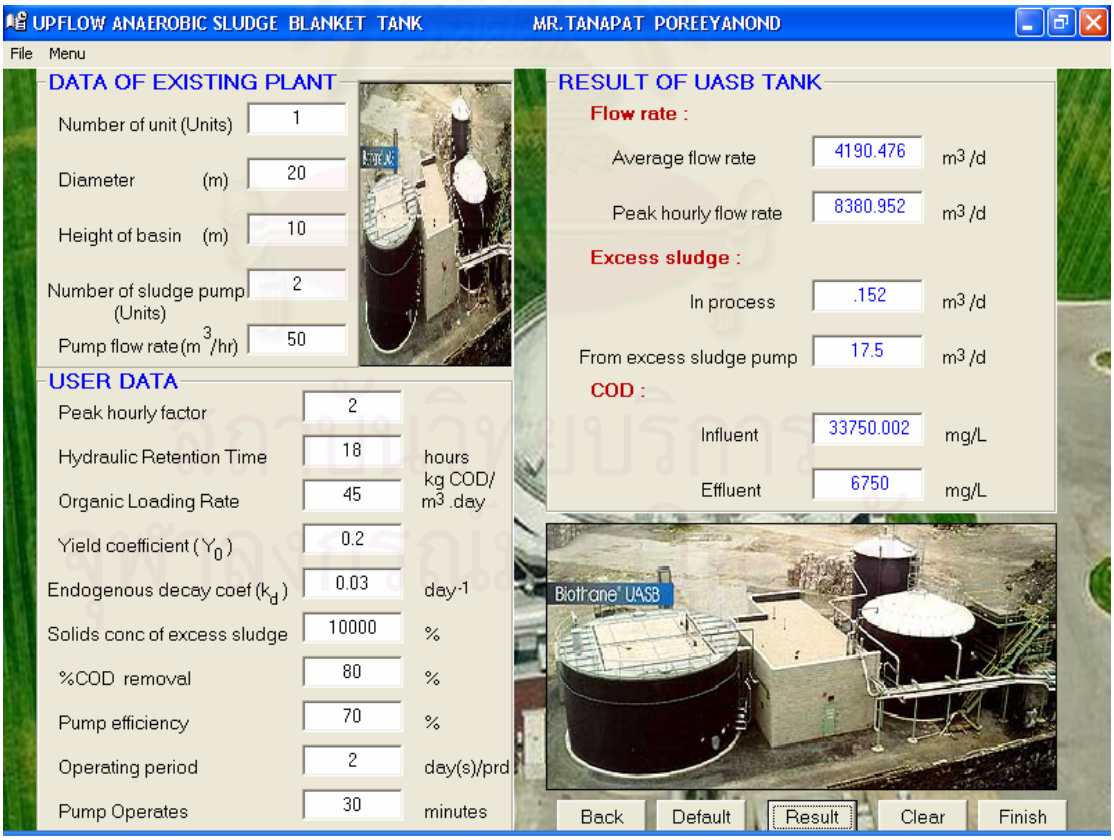


รูปที่ 4.61 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

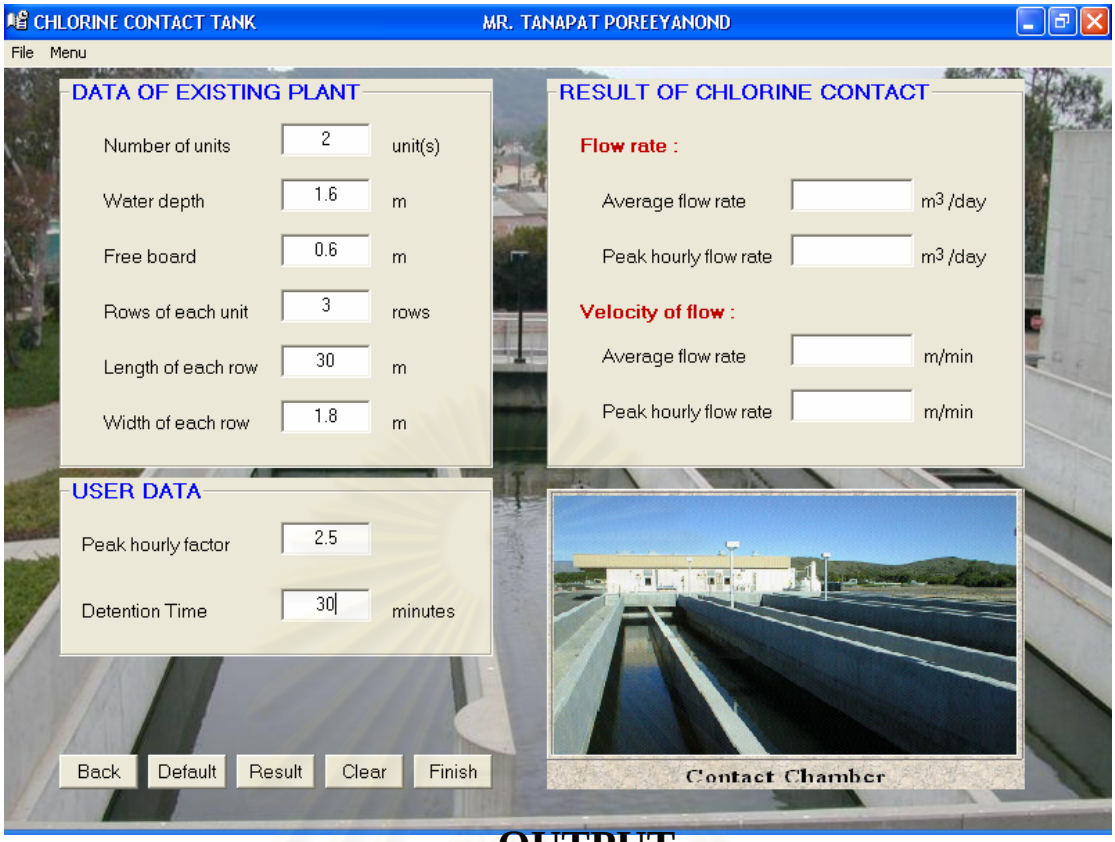


OUTPUT



รูปที่ 4.62 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

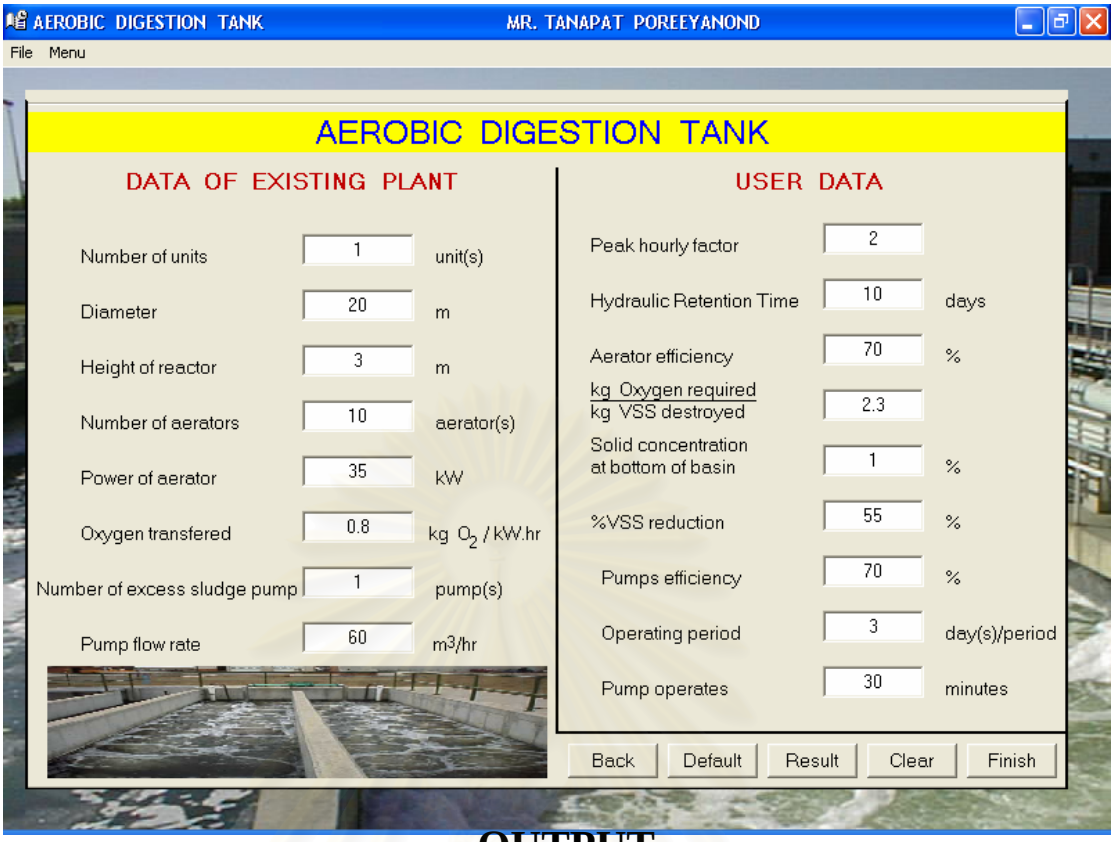
INPUT



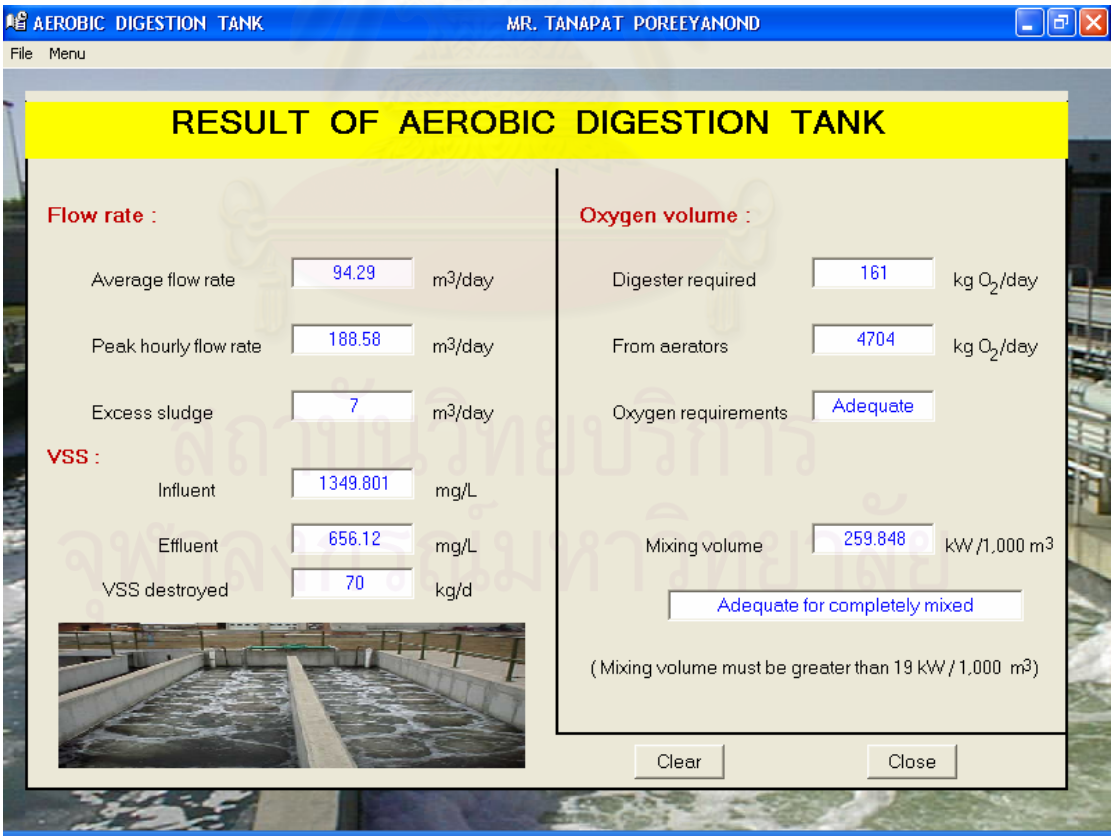
OUTPUT

รูปที่ 4.63 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

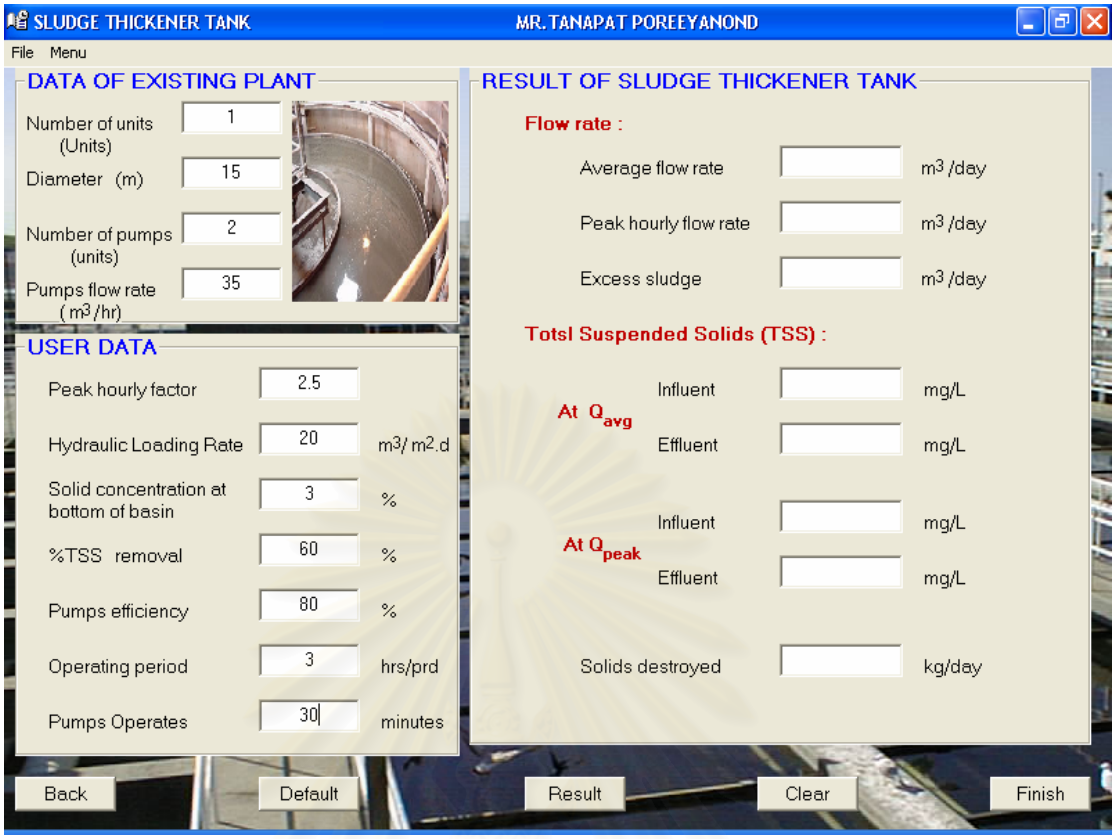


OUTPUT



รูปที่ 4.64 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

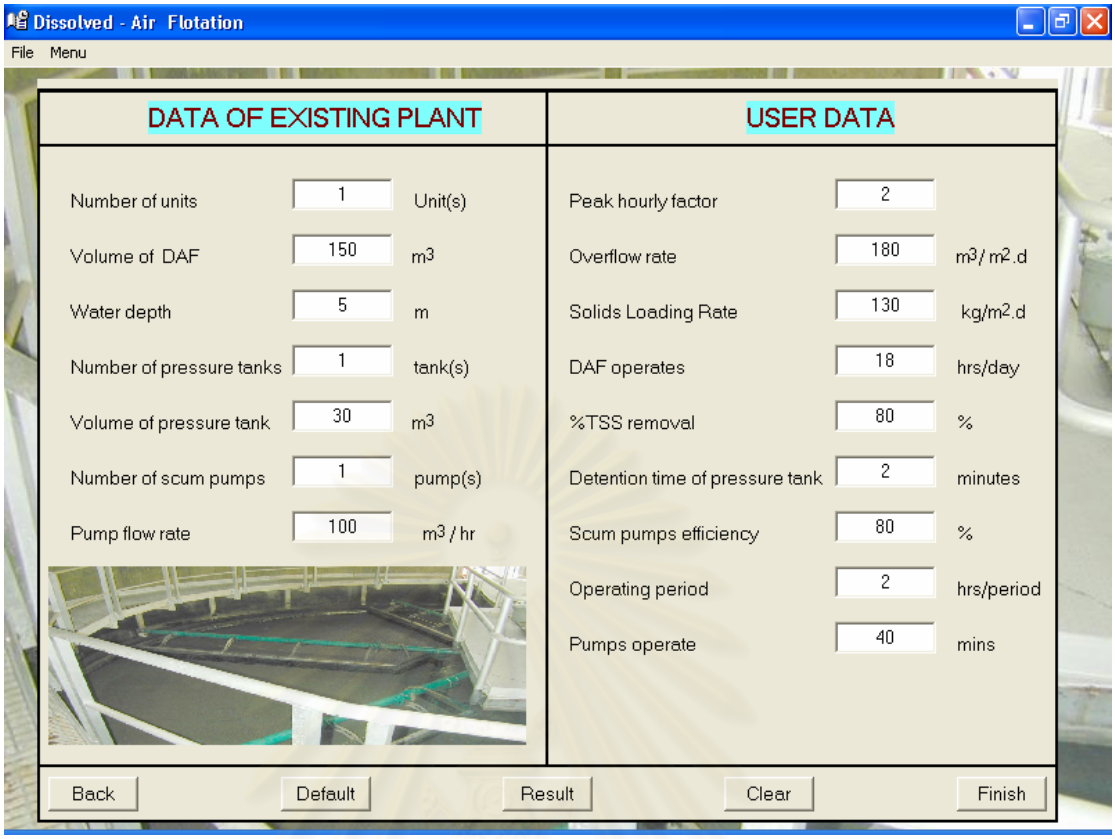
INPUT



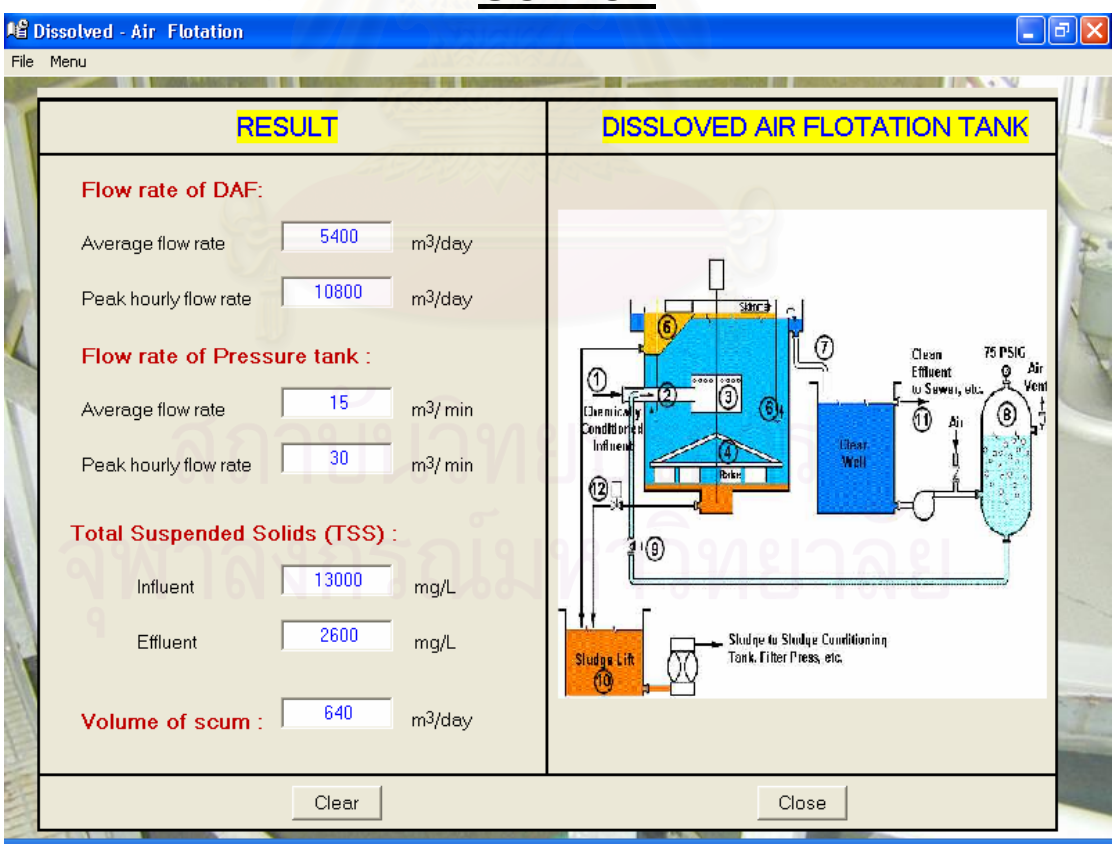
OUTPUT

รูปที่ 4.65 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

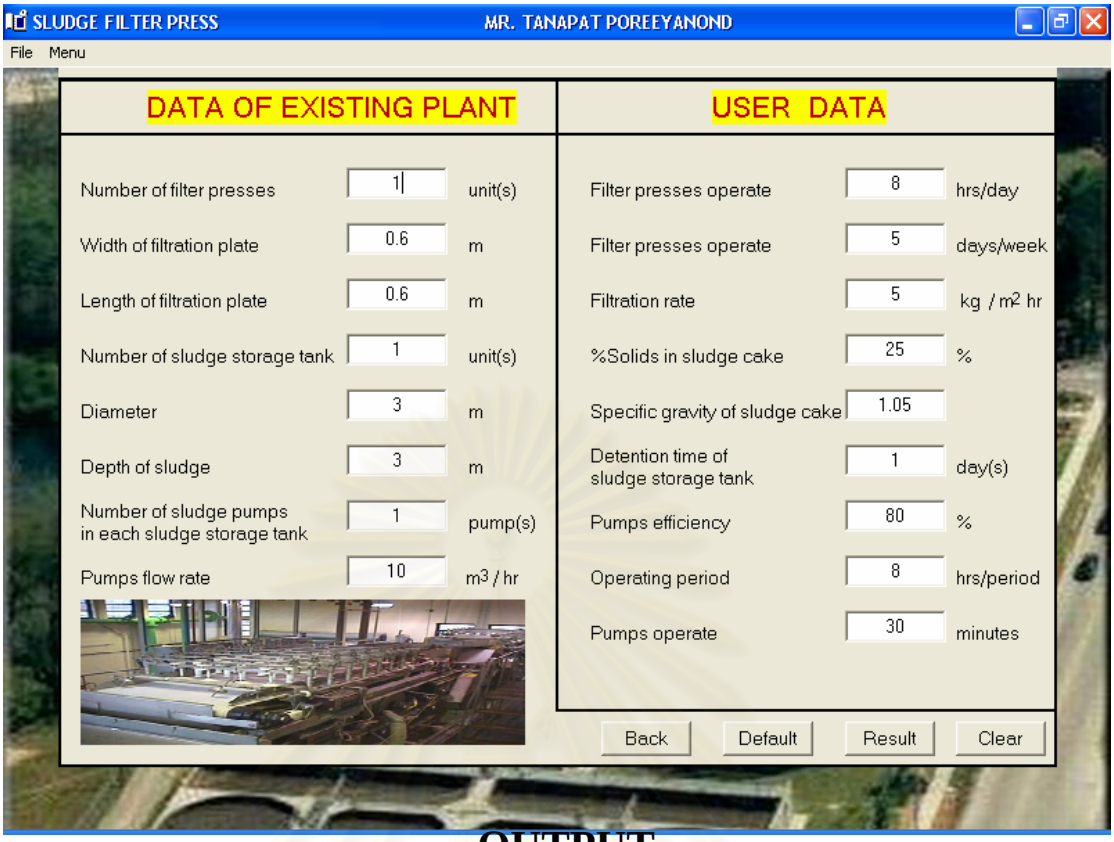


OUTPUT

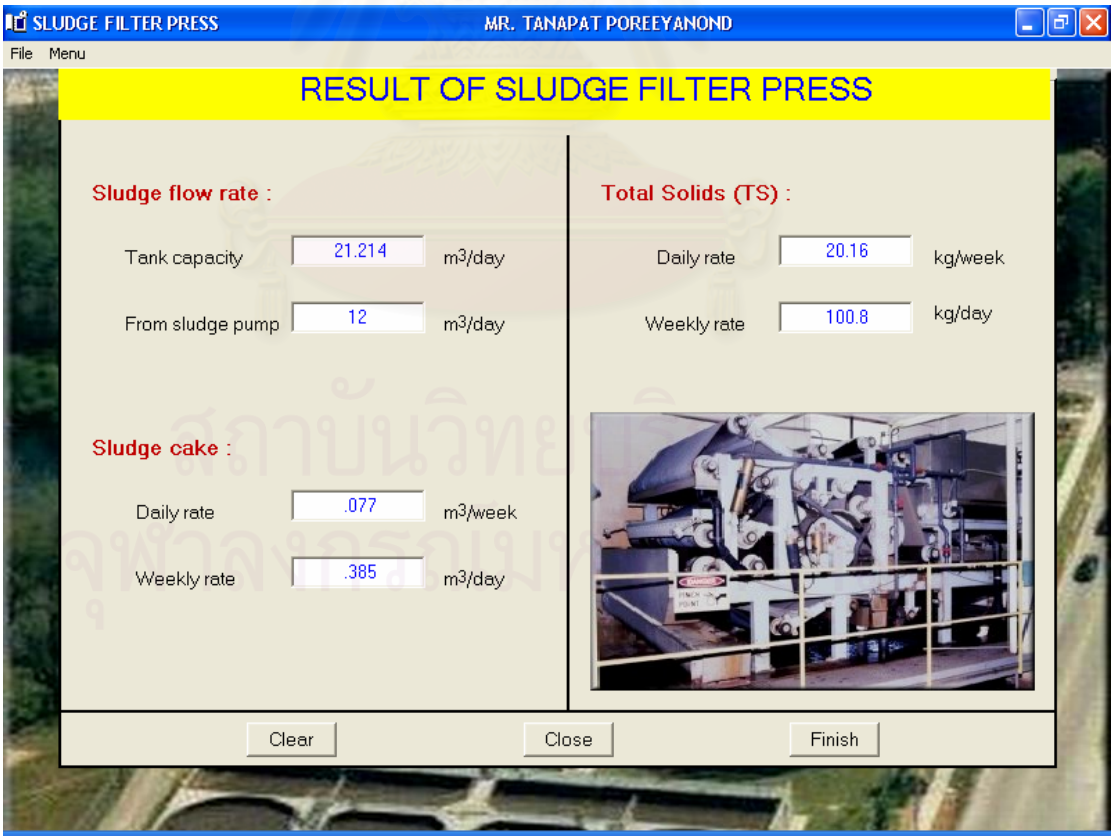


รูปที่ 4.66 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT

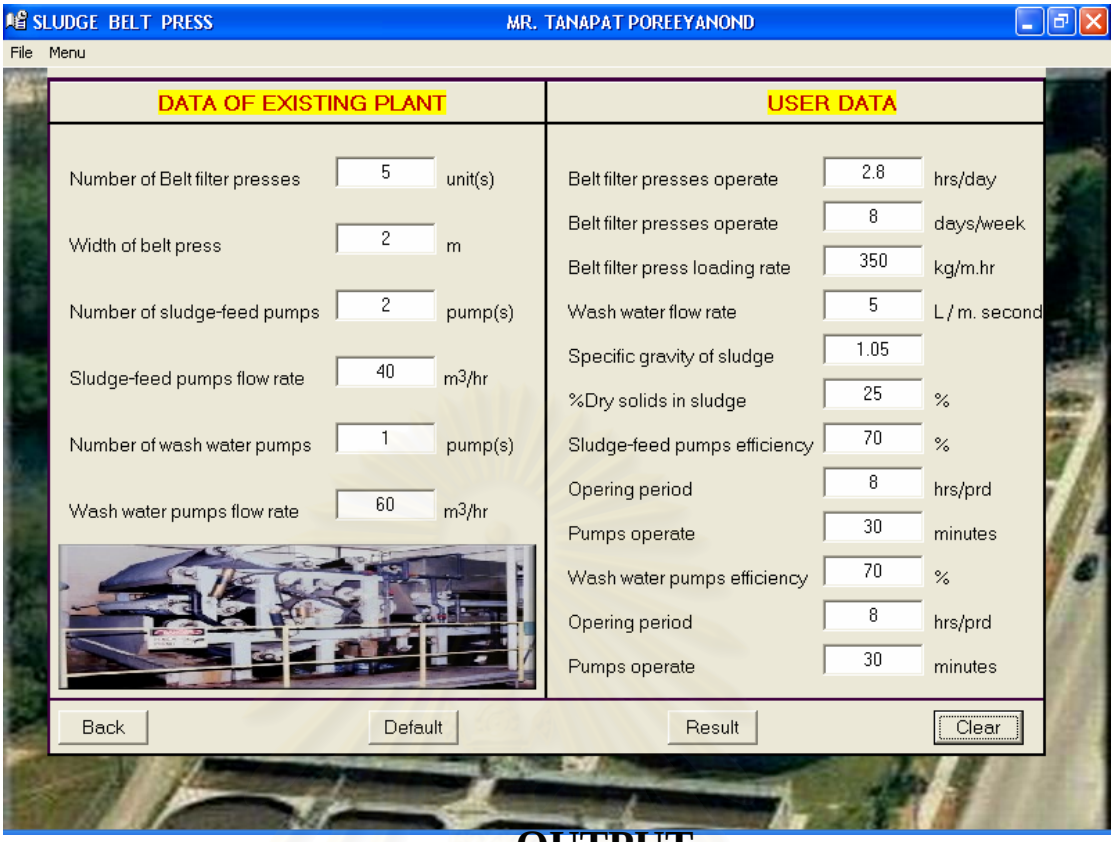


OUTPUT

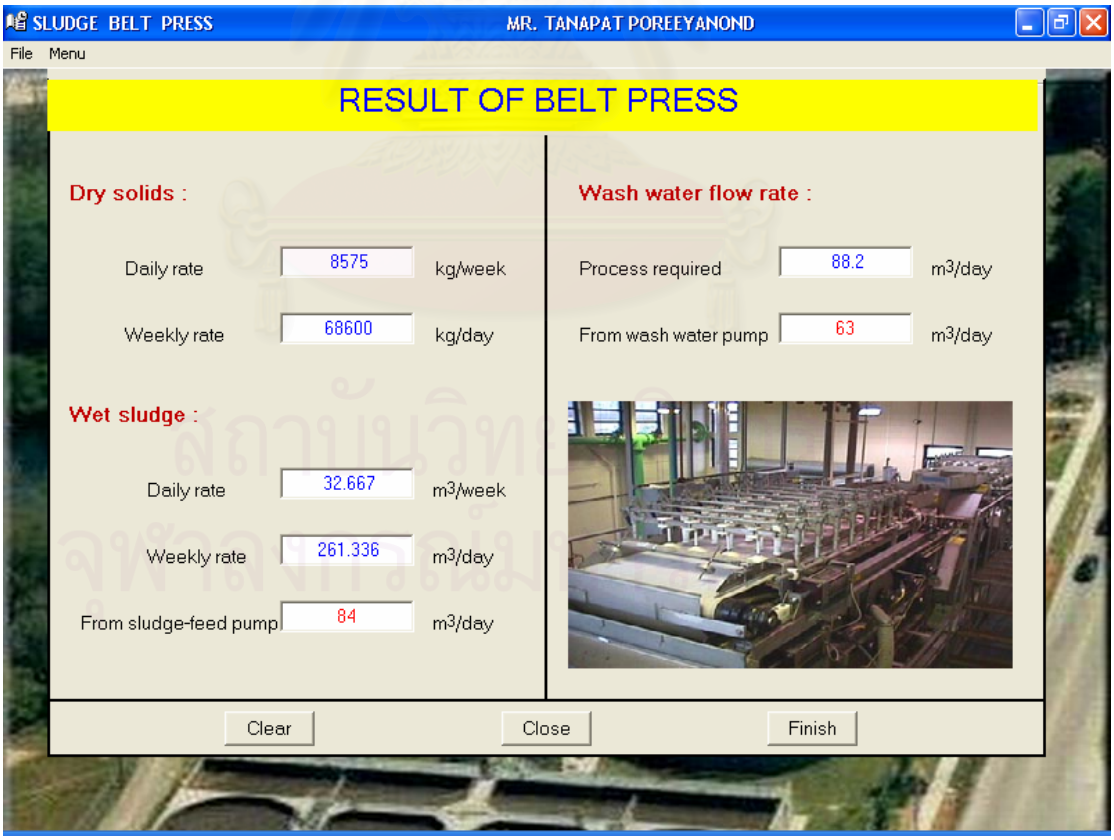


รูปที่ 4.67 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

INPUT



OUTPUT



รูปที่ 4.68 หน้าจอสำหรับการวิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้ว (existing) (ต่อ)

4.2.3 ไฟล์ default design criteria

ไฟล์ตารางจะเป็นส่วนที่ช่วยเหลือผู้ใช้โปรแกรมในกรณีที่ไม่แน่ใจว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ต้องกำหนดค่าให้โปรแกรมใช้ในการคำนวณออกแบบนั้นควรจะมีค่าเท่าไร ผู้ใช้โปรแกรมสามรถ เพื่อขอความช่วยเหลือ ซึ่งโปรแกรมจะแสดงค่าตาราง design criteria ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียขณะนั้น ให้ผู้ใช้โปรแกรมใช้เป็นบรรทัดฐานในการกำหนดค่าใช้ให้กับพารามิเตอร์ ไฟล์ตารางทุกไฟล์จะต้องไม่ถูกลบออกจากโปรแกรม เพราะถ้าโปรแกรมต้องการเรียกใช้แล้วหาไม่พบ จะทำให้เกิดการผิดพลาด (error) ขึ้นและทำให้โปรแกรมหยุดการทำงานได้

4.3 วิจารณ์ผลการทดลองใช้งานโปรแกรม

การทดลองใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทยานิพนธ์นี้ ใช้ตัวอย่างกรณีโครงการระบบบำบัดน้ำเสียที่พบได้ส่วนมากทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งโครงการที่พบได้ทั่วไปนั้นมีลักษณะดังนี้

1) น้ำเสียที่บำบัดเป็น น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater)
2) ระบบบำบัดที่ใช้เป็นระบบแบบใช้อากาศ (Aerobic Treatment) ซึ่งระบบที่นิยมได้แก่
   - Activated Sludge Process
   - Aerated Lagoon
   - Rotating Biological Contactor (RBC)
   - Stabilization Ponds

ดังนั้นจึงใช้กรณีตัวอย่างเพื่อทดลองการใช้งานโปรแกรมดังนี้

1) คุณสมบัติน้ำเสีย :
   - น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater)
   - Flow rate = 10,000 m^3/d
   - BOD_5 = 200 mg/l
   - SS = 200 mg/l
   - TKN = 40 mg/l as N
   - Total-P = 10 mg/l as P
2) ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสีย
   - ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 คือ Activated Sludge Process
   - ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 คือ Rotating Biological Contactor (RBC)
   - ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3 คือ Stabilization Ponds

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการใช้โปรแกรมสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.70 ถึง 4.94
ตัวอย่างการใช้โปรแกรมสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.96 ถึง 4.119
ตัวอย่างการใช้โปรแกรมสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4.121 ถึง 4.129

จากการทดลองใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิทยานิพนธ์นี้ก็พบว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้มีเอกลักษณ์อันโดดเด่นและเป็นมิติใหม่ของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานการออกแบบและประเมินราคาระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น ซึ่งยังไม่เคยมีผู้ใดจัดทำขึ้นมาก่อน ดังนี้คือ

- เอกลักษณ์โดดเด่น คือ ความสะดวกง่ายดายอย่างยิ่งสำหรับวิศวกรในการใช้งาน ทั้งนี้เพราะโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้งานบน Windows ซึ่งมีระบบการทำงานแบบ Event-driven และระบบโต้ตอบกับผู้ใช้แบบ User friendly (ใช้ graphic สื่อสารกับผู้ใช้ จึงง่ายแก่การเข้าใจ) ซึ่งจะแตกต่างกับการใช้งานบน DOS เพราะ DOS มีระบบการทำงานแบบ Structural คือ ต้องทำงานเรียงลำดับเป็นขั้นๆ ตามที่โปรแกรมกำหนดไว้เท่านั้น จึงไม่มีอิสระในการเลือกทำงานได้ดังใจผู้ใช้ และระบบโต้ตอบกับผู้ใช้แบบ Non- User friendly (ใช้ text สื่อสารกับผู้ใช้เพียงอย่างเดียว จึงอยากแก่การเข้าใจ)

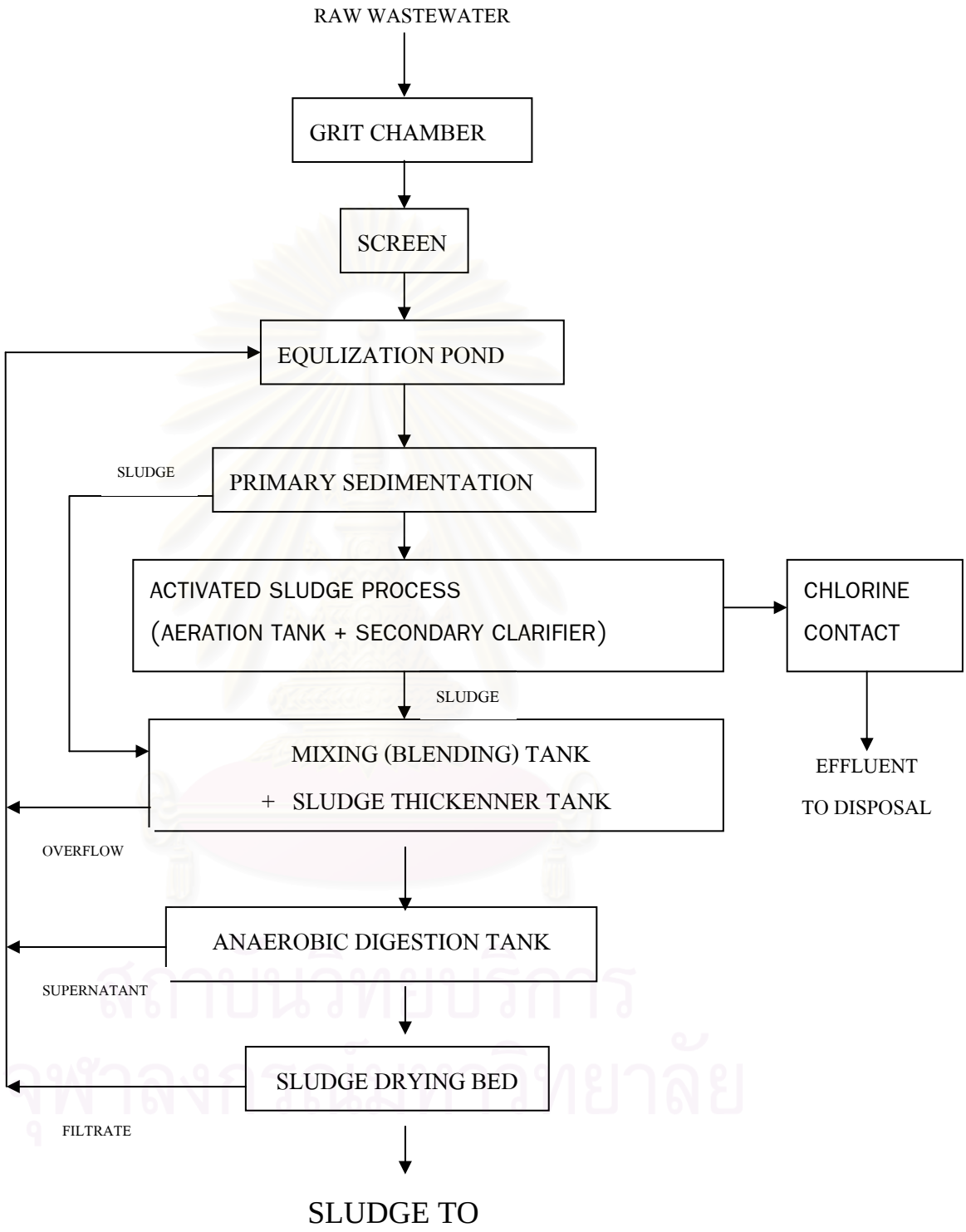
- มิติใหม่ของงานการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการออกแบบและประเมินราคาเบื้องต้น คือ ความความครบถ้วนของขั้นตอนสำหรับการออกแบบ และประเมินราคาเบื้องต้น เริ่มต้นตั้งแต่ขั้นการทำ flow and moss balance ขั้นการออกแบบทางชลศาสตร์และทำ hydraulic profile ขั้นการประเมินราคา และจบลงที่ขั้นการเปรียบเทียบราคาระหว่างแต่ละรอบการคำนวณเป็นขั้นสุดท้าย รวมทั้งมีการวิเคราะห์ (analysis) เอาไว้ให้สำหรับในกรณีที่มี existing plant อยู่แล้ว ดังนั้นผู้ใช้จึงทำงานออกแบบและประเมินราคาได้ครบถ้วนทุกขั้นตอนในโปรแกรมเดียวกัน

- โปรแกรมมีความรวดเร็วในการคำนวณสูงกว่าการคำนวณด้วยมืออย่างมากและไม่มีความผิดพลาดในการคำนวณ ส่วนการคำนวณด้วยมือนั้นใช้เวลานานมาก และมีโอกาสผิดพลาดในระหว่างการคำนวณได้อย่างมาก

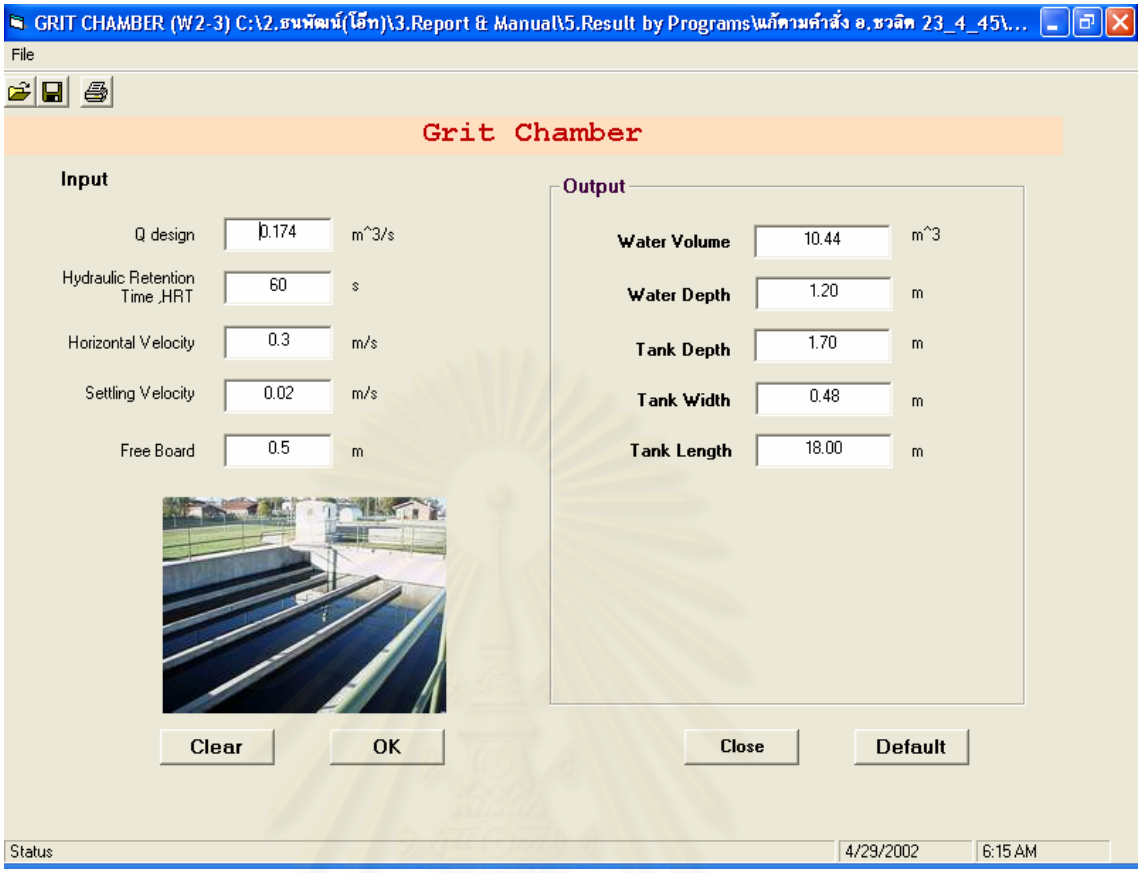
- ตัวเลขผลลัพธ์ต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณ flow and mass balance การคำนวณ design แต่ละ unit operation การคำนวณทางชลศาสตร์ และการคำนวณประเมินราคาเบื้องต้นเป็นตัวเลขที่ยอมรับได้สำหรับงานการออกแบบเบื้องต้น และสามารถนำไปใช้ได้จริงในงานออกแบบรายละเอียดต่อไป

- การใช้ภาษา Visual Basic เขียนโปรแกรมนี้เป็นสิ่งที่เหมาะสมอย่างยิ่งเพราะเป็นภาษาที่ใช้งานบน Windows จึงสร้างโปรแกรมให้เป็น Event-driven และ User friendly ได้อย่างดียิ่ง และสามารถเชื่องโรงการทำงานระหว่าง Word , Excel และ Auto-CAD ได้อย่างดีเช่นกัน

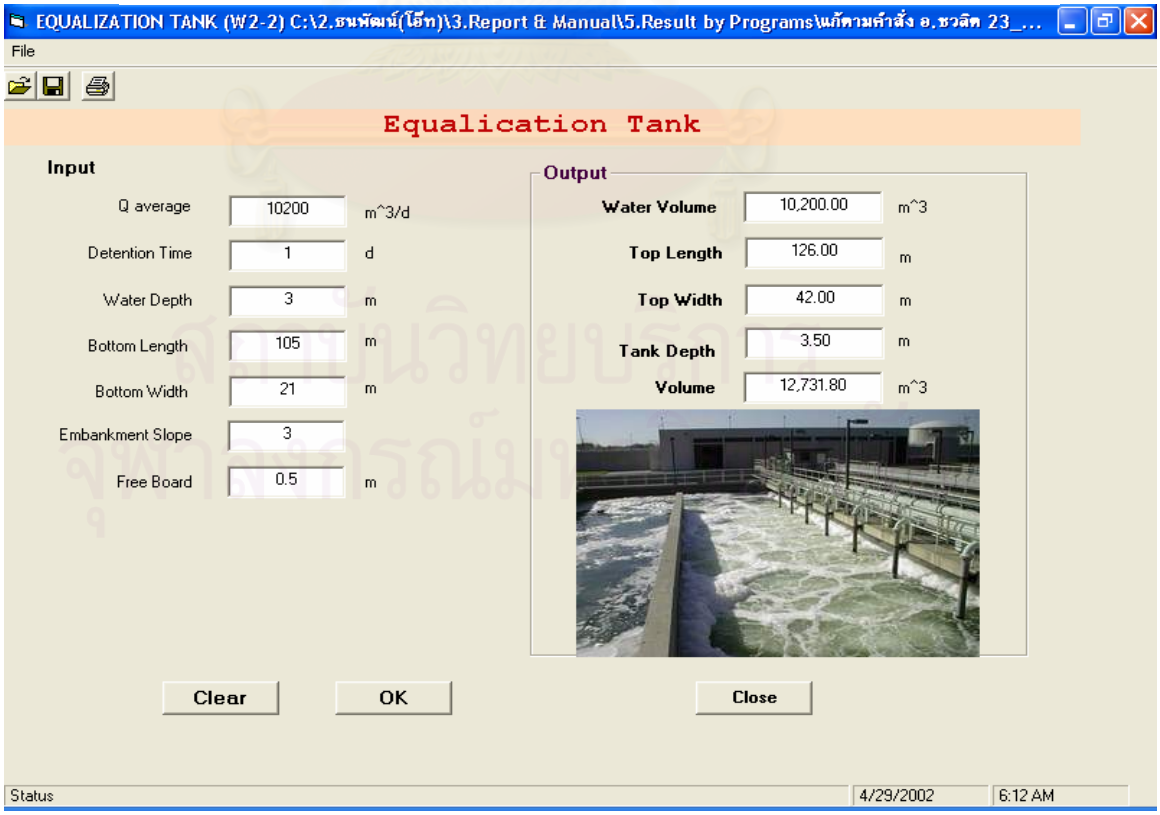
4.3.1. ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 เพื่อทดลองการใช้โปรแกรม



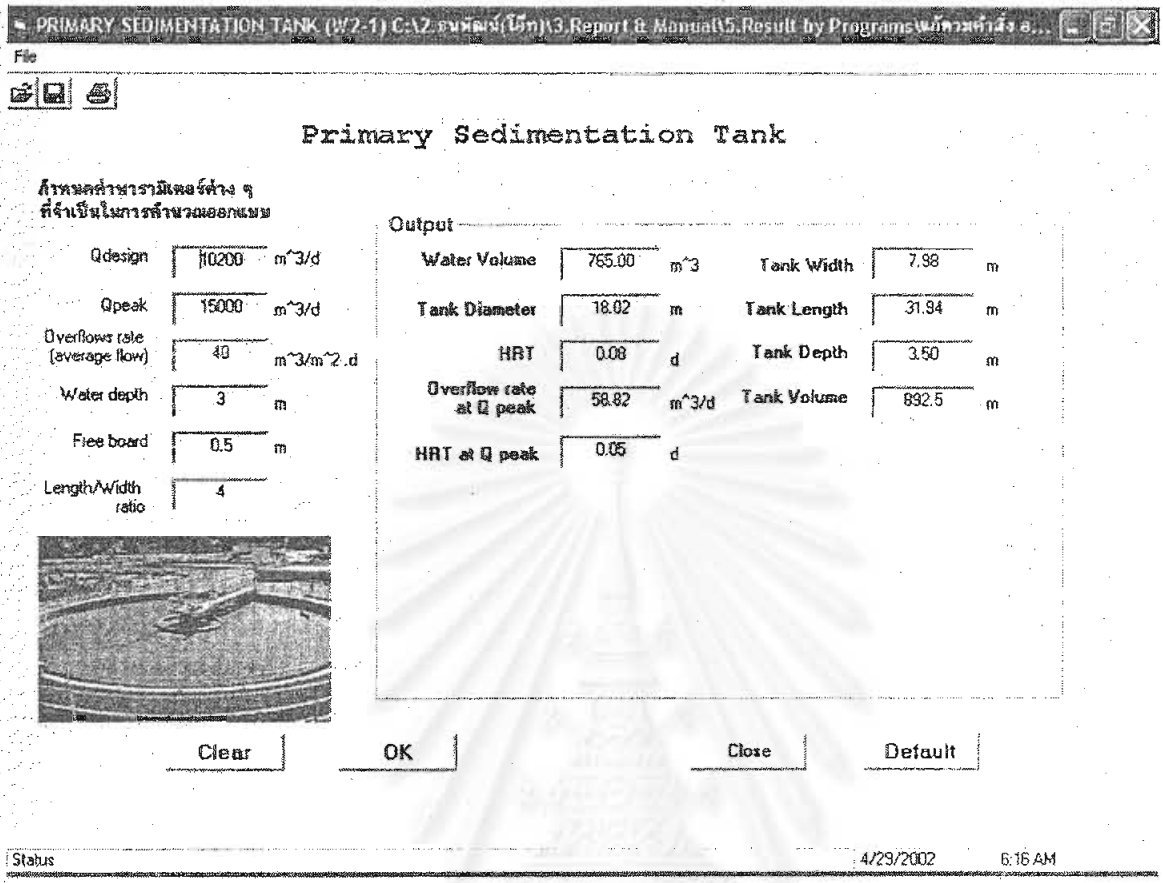
รูปที่ 4.69 Flow Diagram ของตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



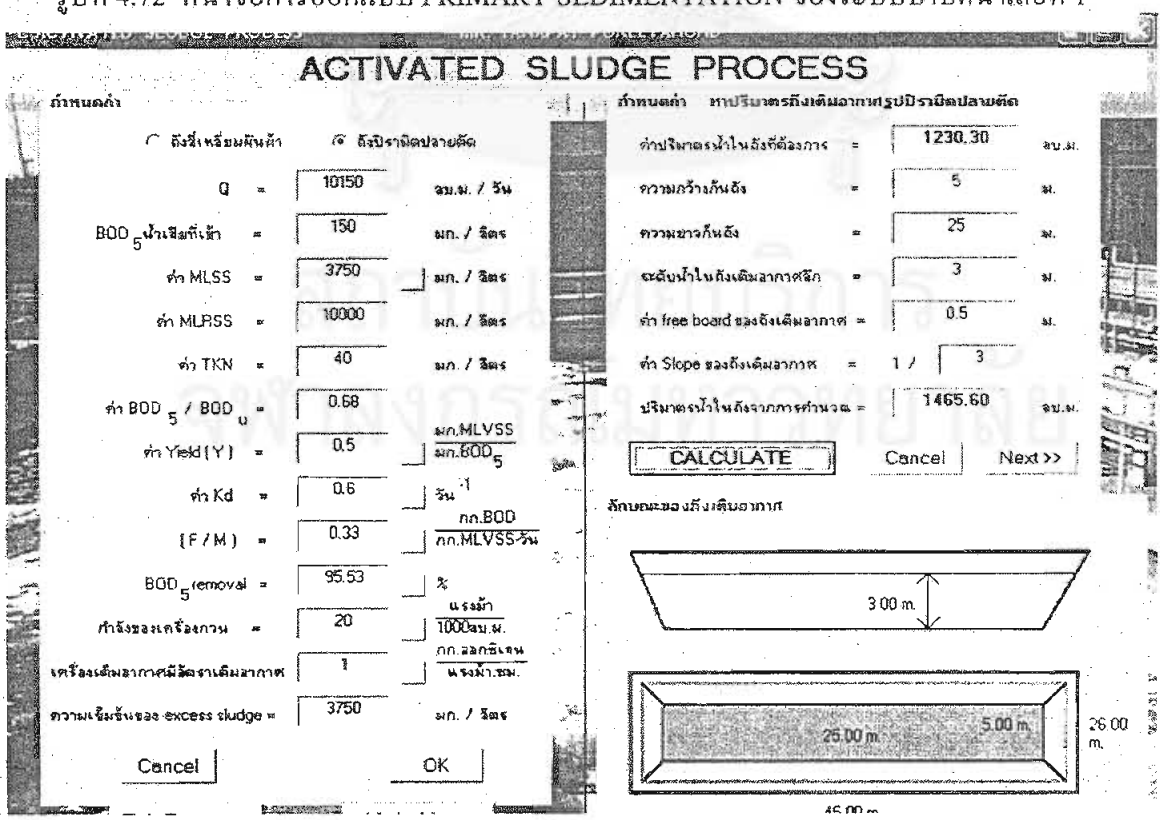
รูปที่ 4.70 หน้าจอการออกแบบ GRIT CHAMBER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



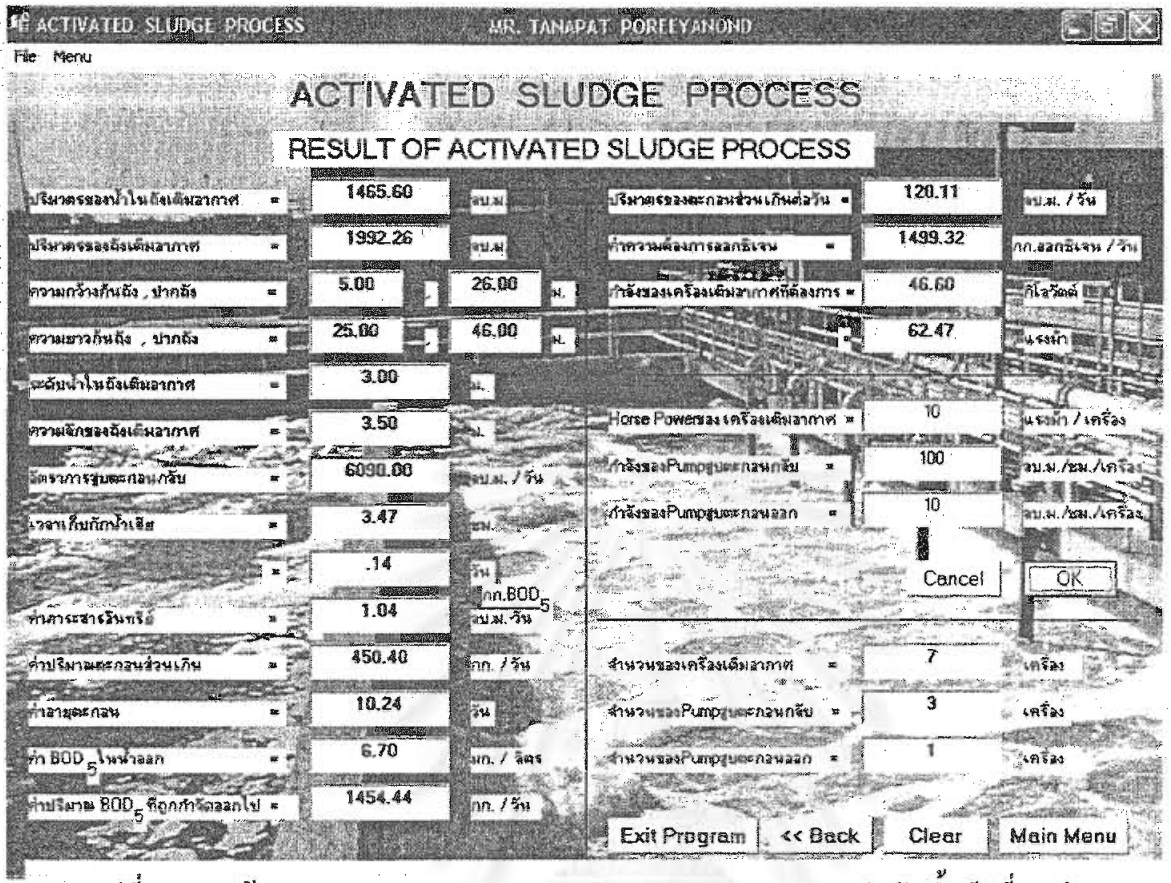
รูปที่ 4.71 หน้าจอการออกแบบ EQUALIZATION POND ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



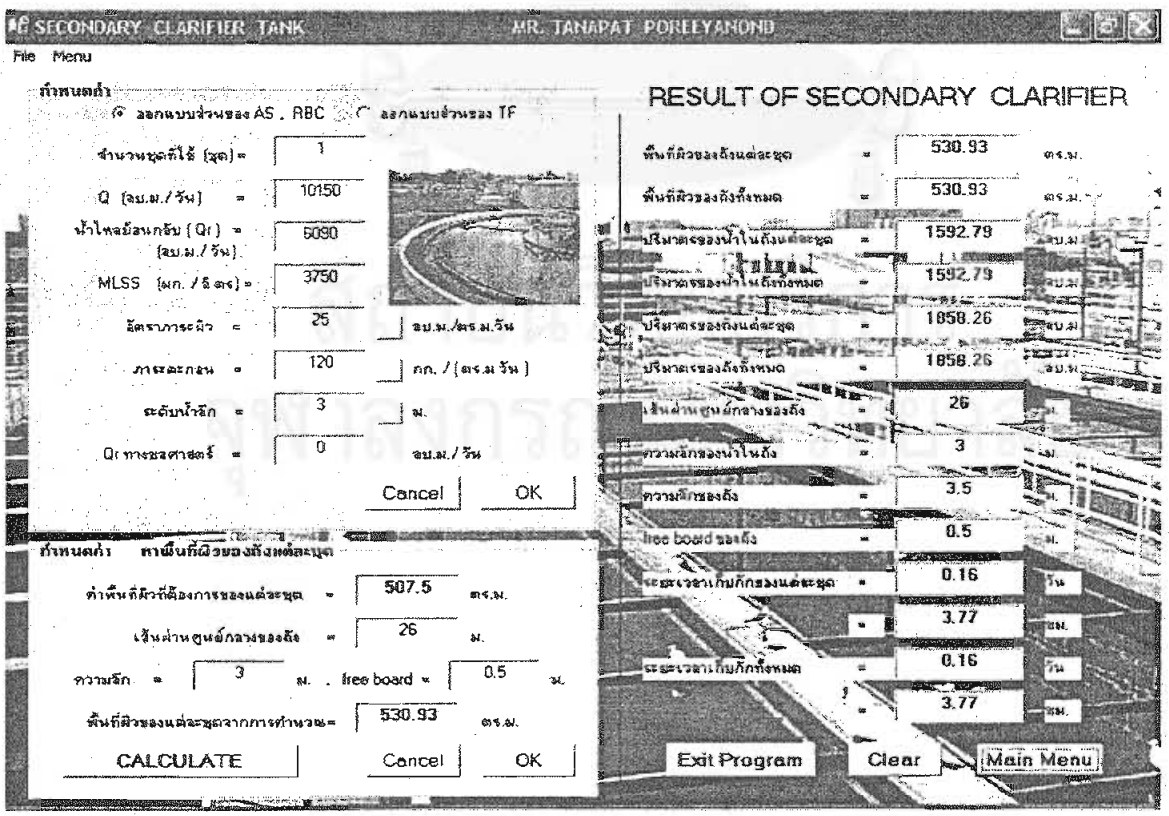
รูปที่ 4.72 หน้าจอการออกแบบ PRIMARY SEDIMENTATION ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



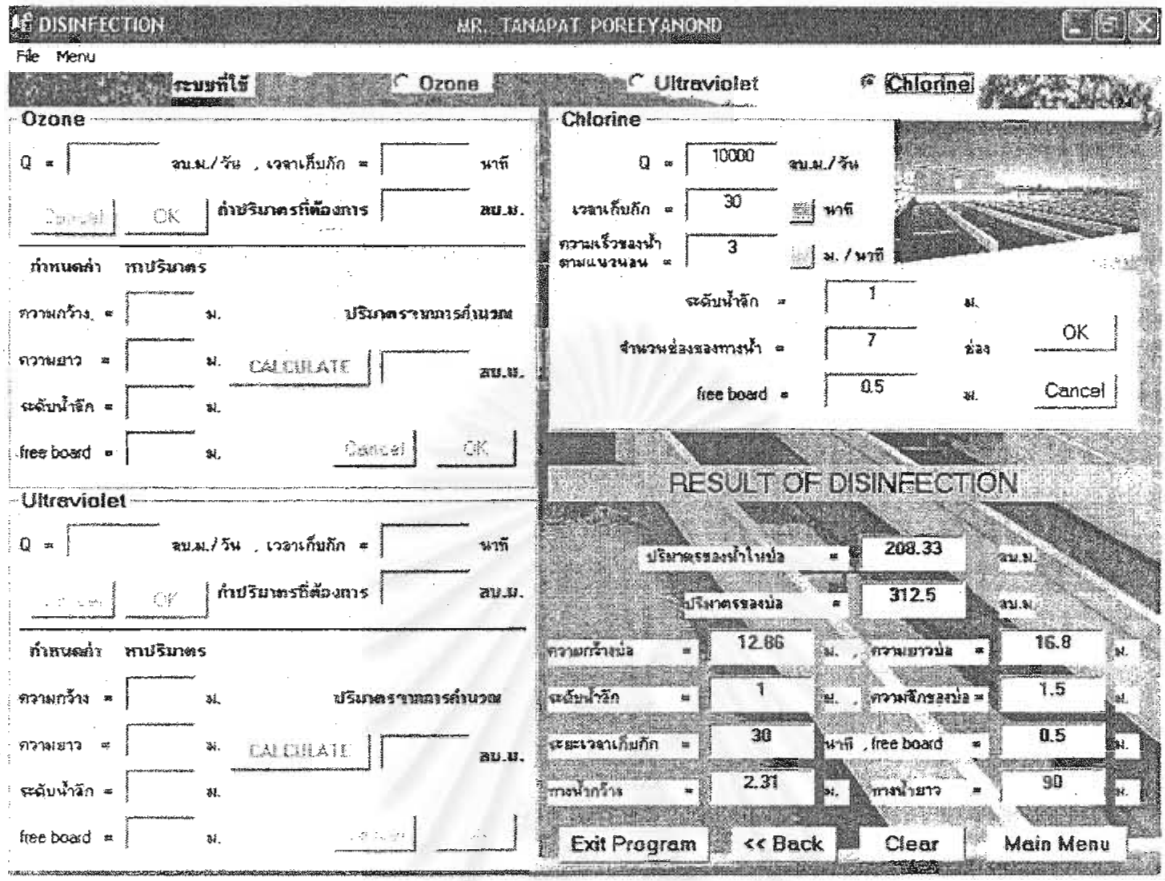
รูปที่ 4.73 หน้าจอการออกแบบ ACTIVATED SLUDGE ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



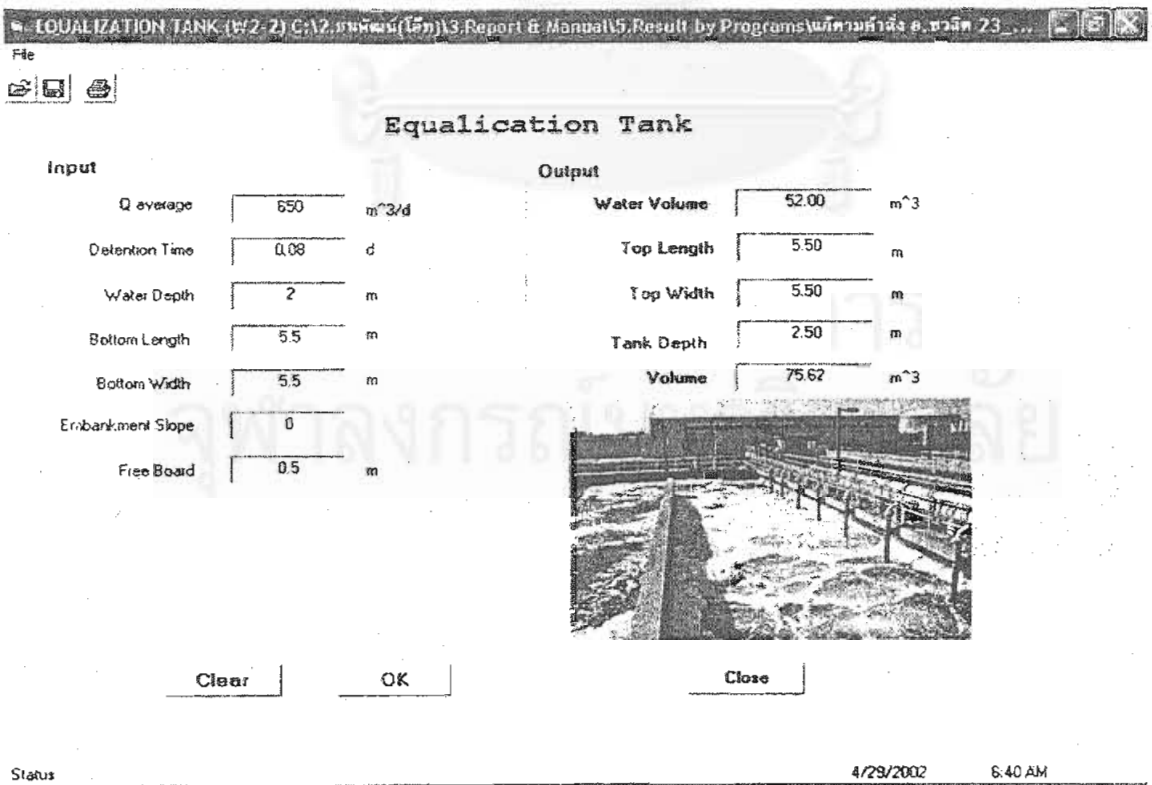
รูปที่ 4.74 หน้าจอการออกแบบ ACTIVATED SLUDGE ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)



รูปที่ 4.75 หน้าจอการออกแบบ SECONDARY CLARIFIER (AS) ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



รูปที่ 4.76 หน้าจอการออกแบบ CHLORINE CONTACT ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



รูปที่ 4.77 หน้าจอการออกแบบ MIXING(BLENING)TANK ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1

(ใช้โปรแกรมการออกแบบ EQUALIZATION แทนได้)

SLUDGE THICKENER — MR. TANAPAT PORRAYANOND

File Menu

SLUDGE THICKENER

Design Criteria

Number of Unit: 1 Unit

Peak

Qinf (m³/hr.): 180

SS.concentration(%): 1.15

SS loading(kg / day): 2070

Maximum

Q (in)	270	m³ / day
SS. concentration	1.15	%
SS. loading	3105	kg / day
Specific gravity of influent sludge	1.01	
Specific gravity of thickened sludge	1.03	
Solid loading rate (SLR) <	47	kg / (m² . day)
Hydraulic loading rate (HLR) >	9	m³ / (m² . day)
Check HLR	4.087	m³ / (m² . day)
Used HLR 9.8	m³ / (m² . day)	Ok
Total Q flow in tank	647.4255	m³ / day

Maximum

ปริมาณน้ำที่ต้องเติมผสมลงไปในถัง =	377.4255	m³ / day
ความเข้มข้นของแข็งในสลัดจ์ที่ผสมน้ำแล้ว =	0.4748	%

Area of tank

Area / Unit	66.0638	m²
Diameter	9.1696	m. Ok
Used diameter	10	m.
Area / Unit	78.5714	m²

Check SLR and HLR

When a Thickener 1 Tank , (Q maximum)

Solid loading rate (SLR)	39.5182	kg / (m² . day)
Hydraulic loading rate (HLR)	8.24	m³ / (m² . day)

เมื่อถังทำข้นหนึ่งถังรับอัตราไหลเฉลี่ย

Solid loading rate (SLR)	26.3455	kg / (m² . day)
Total Q flow in tank	431.617	m³ / day
Hydraulic loading rate (HLR)	5.4933	m³ / (m² . day)

Mainmenu | Default | Clear | Back | Calculate | Next

รูปที่ 4.78 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1

File Menu

Check SLR / HLR Q average

Q average: 251.617 m³/

Depth of Tank

Freeboard	0.5	m.
ความลึกของชั้นน้ำใส	1	m.
Setting zone	1.5	m.
เวลาในการกักเก็บในถัง	1	day
ต้องการให้ค่าความเข้มข้นของของแข็งในส่วนล่างของชั้นข้น	6	%
ค่าความเข้มข้นของแข็งโดยเฉลี่ยในชั้นข้น	3.575	%
ความลึกของชั้นข้นในถัง	1.5	m.
ค่าความลึกของชั้นข้น (Setling Zone)	1.1054	m.
ความลาดชันจากขอบถังจุดศูนย์กลางถัง	8	%
Depth from center	5.3	m.

Blending Tank

ทำหน้าที่ผสมระหว่างสลัดจ์กับน้ำให้เข้ากัน ทำการปรับ pH ทำการเติมสารช่วยรวมตะกอน (Flocculant) และสารเคมีอื่น ๆ

ใช้เวลาเก็บกัก 2 hr. of Q peak. (sludge)

Volume of Blending tank	41.6668	m³
Depth	2	m.

Blending tank

Freeboard	0.5	m.
Area	20.8333	m²
Diameter of the mixing tank	5.1493	m.

Mixing

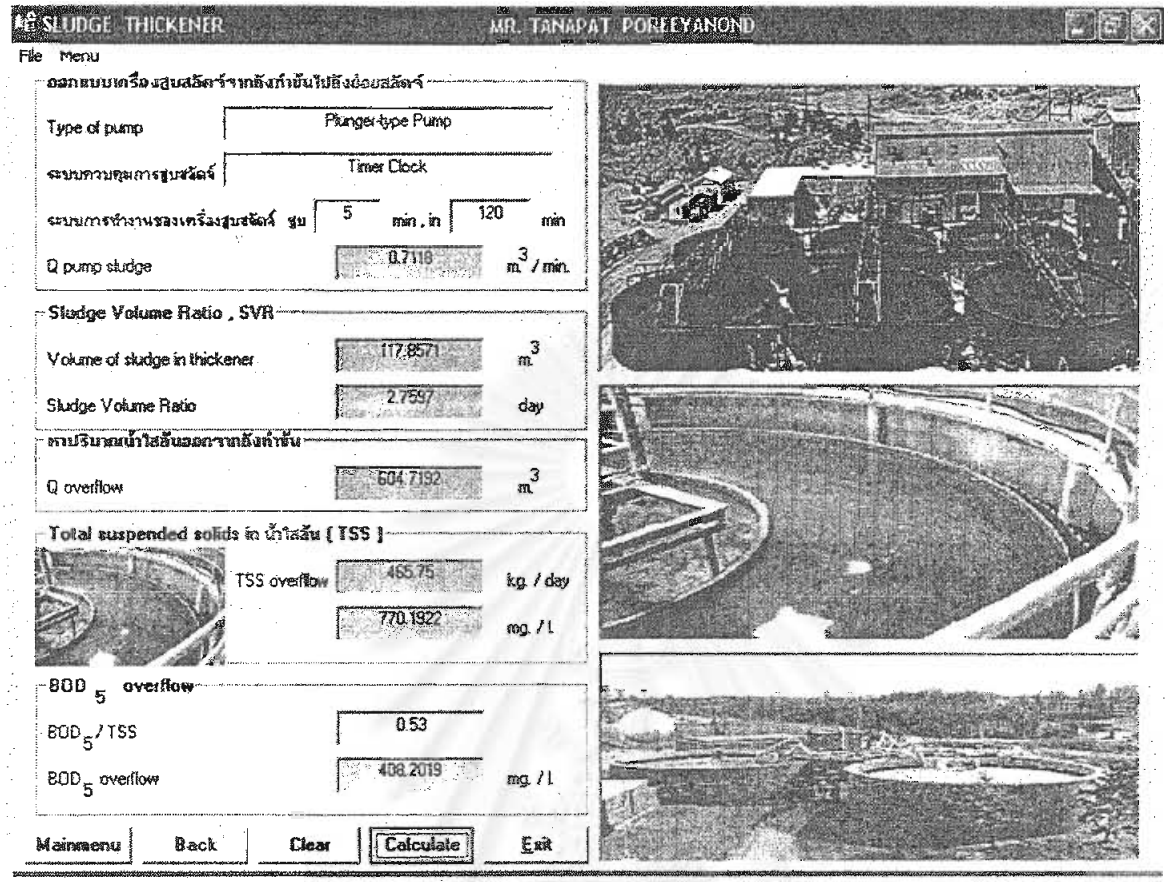
Slope velocity . / sec. (30 - 85 / sec.)	60	/ sec
Dynamic Viscosity	0.002004	N.s / m²
Power (N.m. / s.)	300.5998	
(W)	300.5998	
Used efficiency of motor (%)	50	
Power (kw.)	0.6012	

Volume of sludge

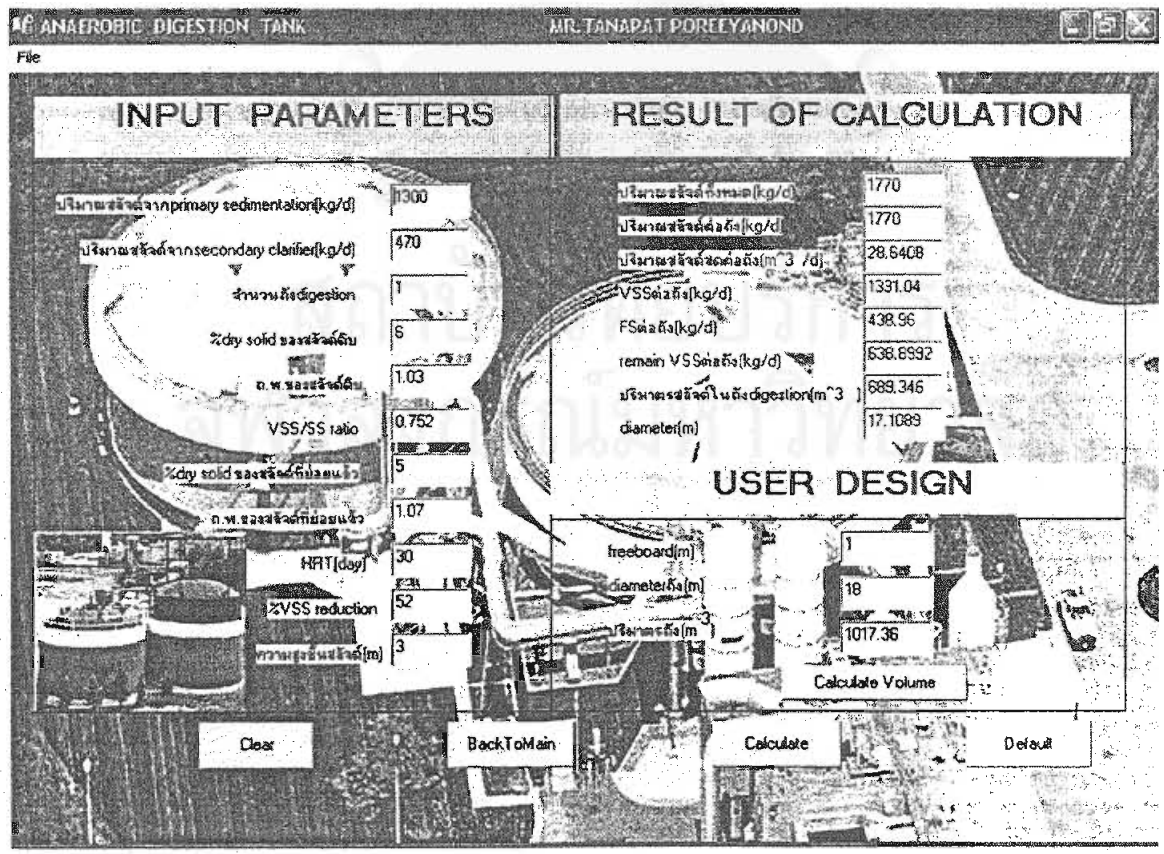
ประสิทธิภาพของการแยกตะกอน	85	%
Effluent of sludge 1. Unit	2639.25	kg / day
Effluent of sludge / tank	2639.25	kg / day
	42.7053	m³ / day

Mainmenu | Default | Clear | Back | Calculate | Next

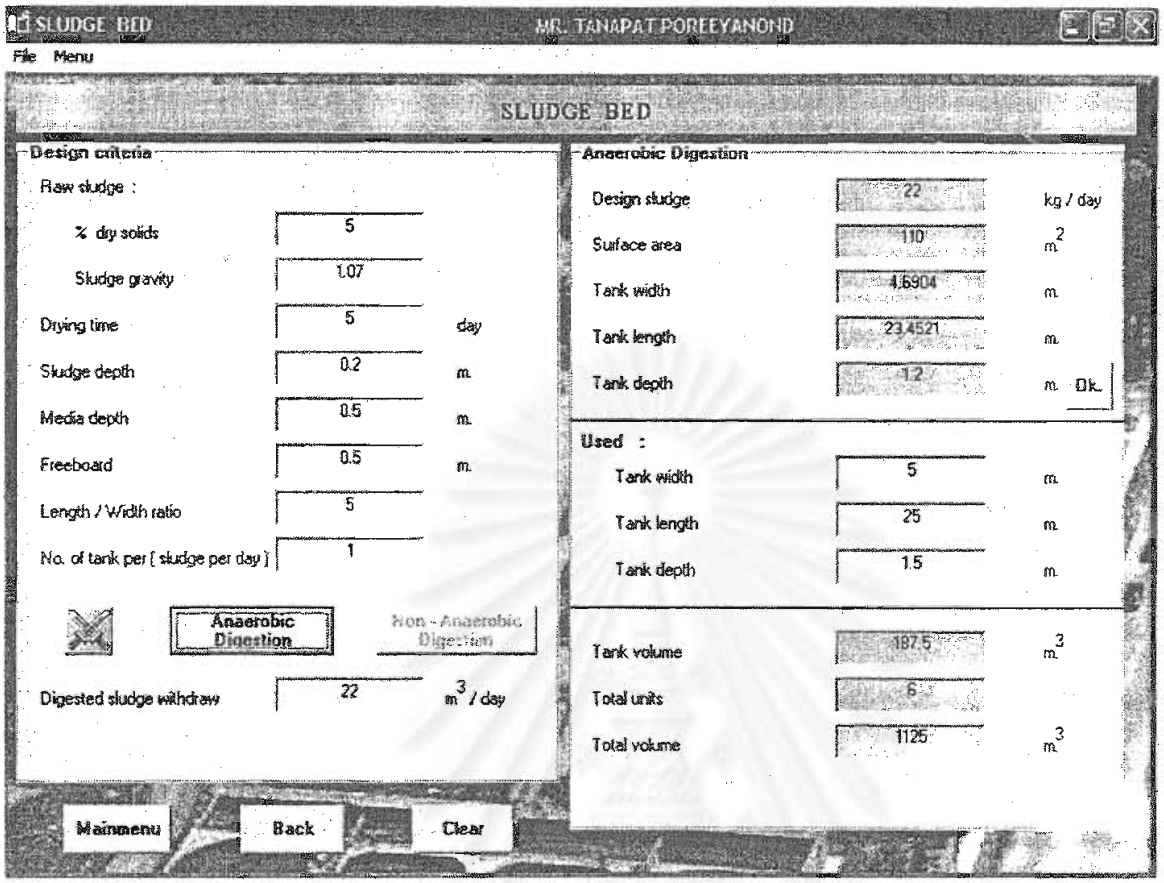
รูปที่ 4.79 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)



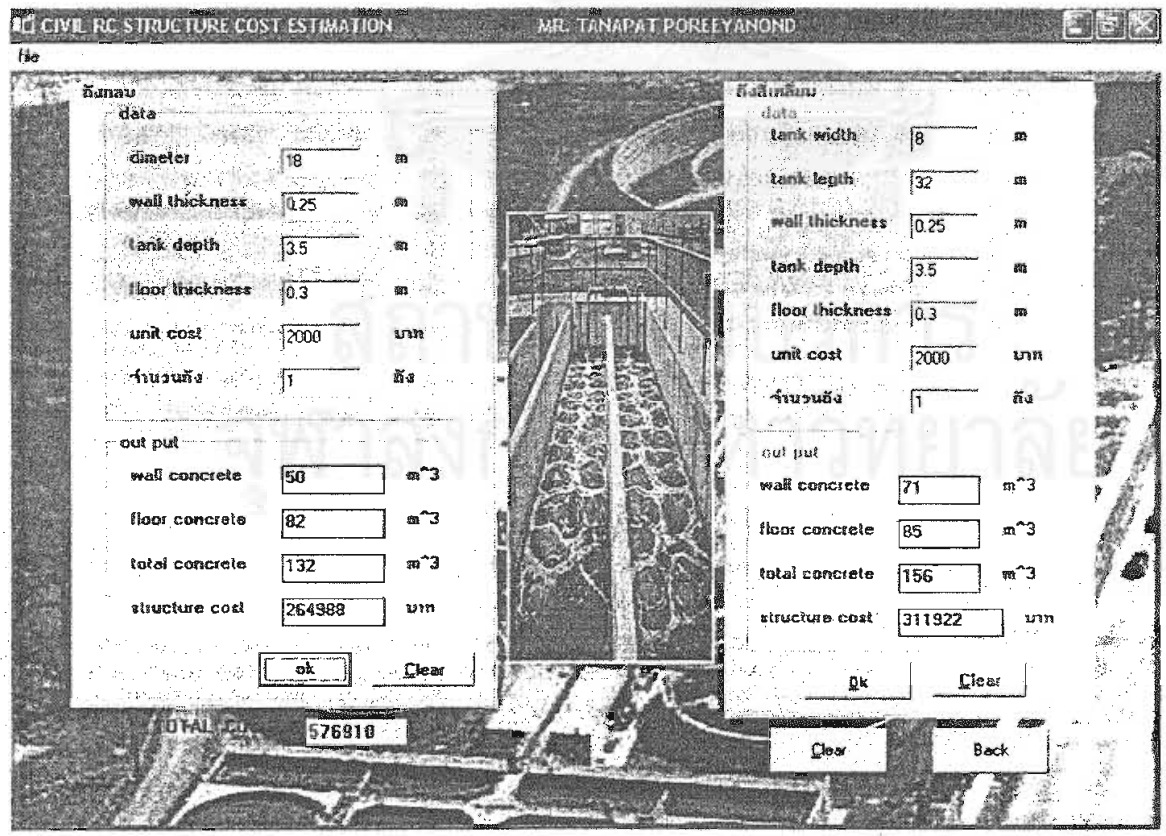
รูปที่ 4.80 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)



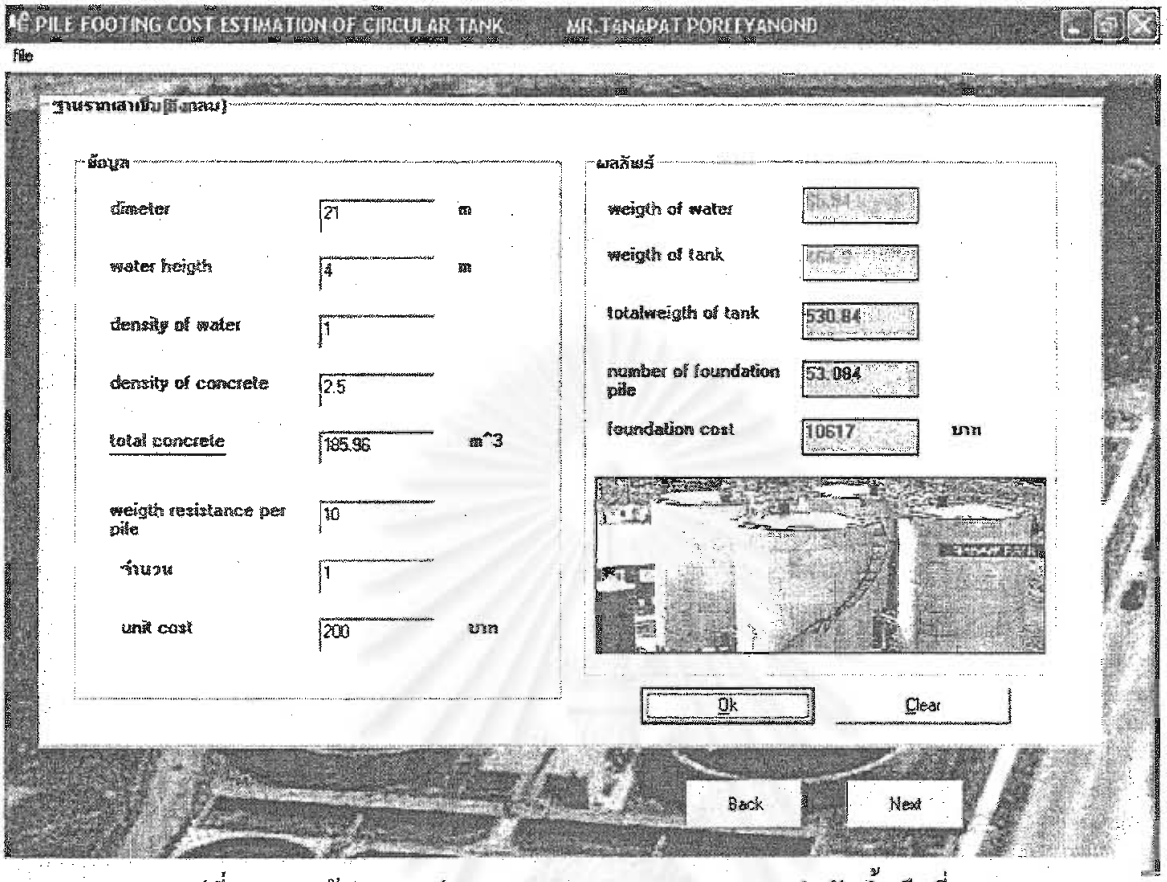
รูปที่ 4.81 หน้าจอการออกแบบ ANAEROBIC DIGESTION ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



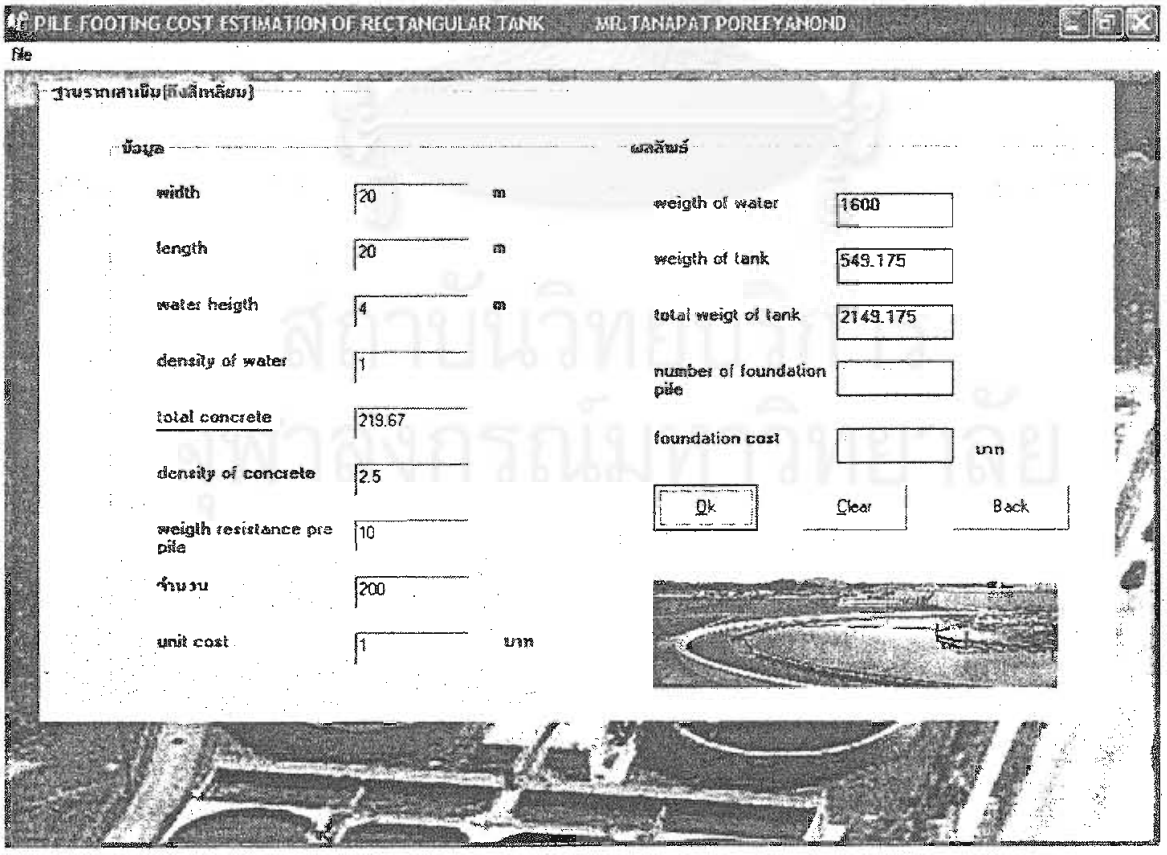
รูปที่ 4.82 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE DRYING BED ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



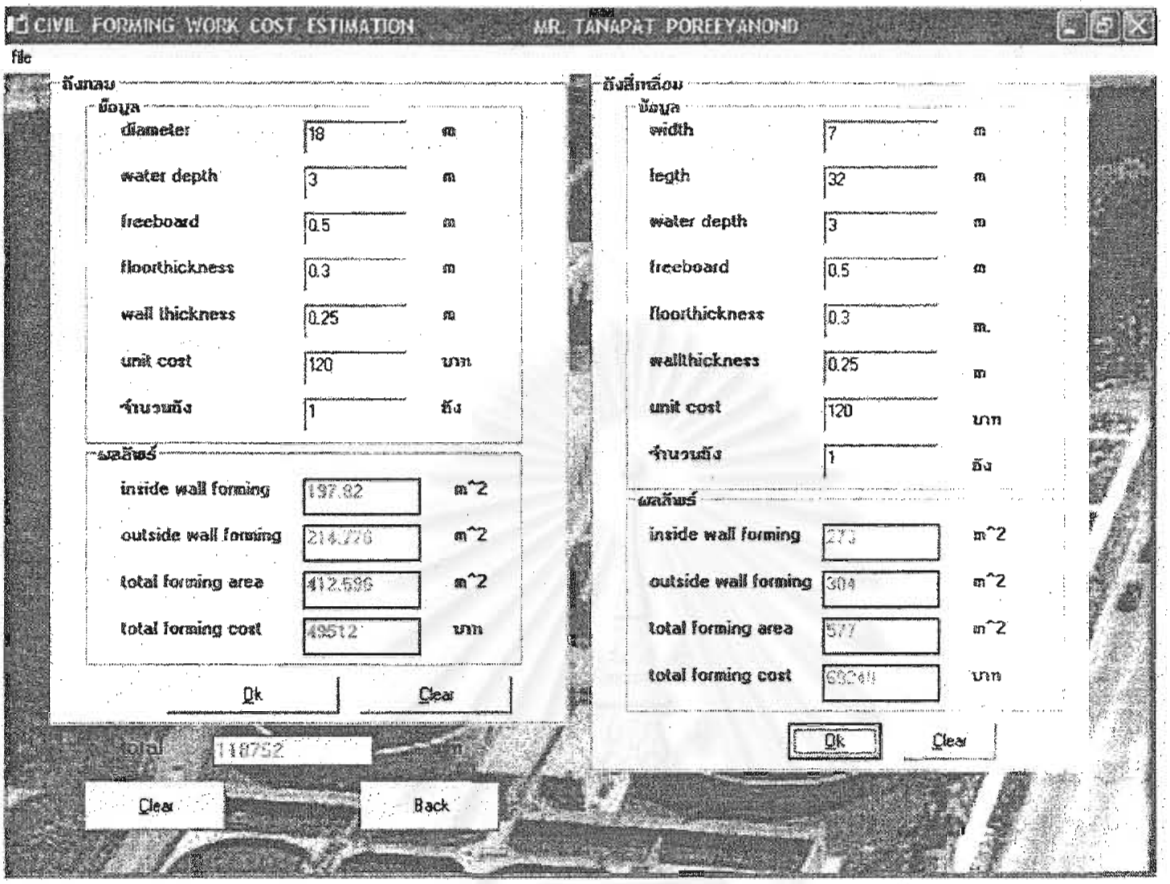
รูปที่ 4.83 หน้าจอการประมาณราคาโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



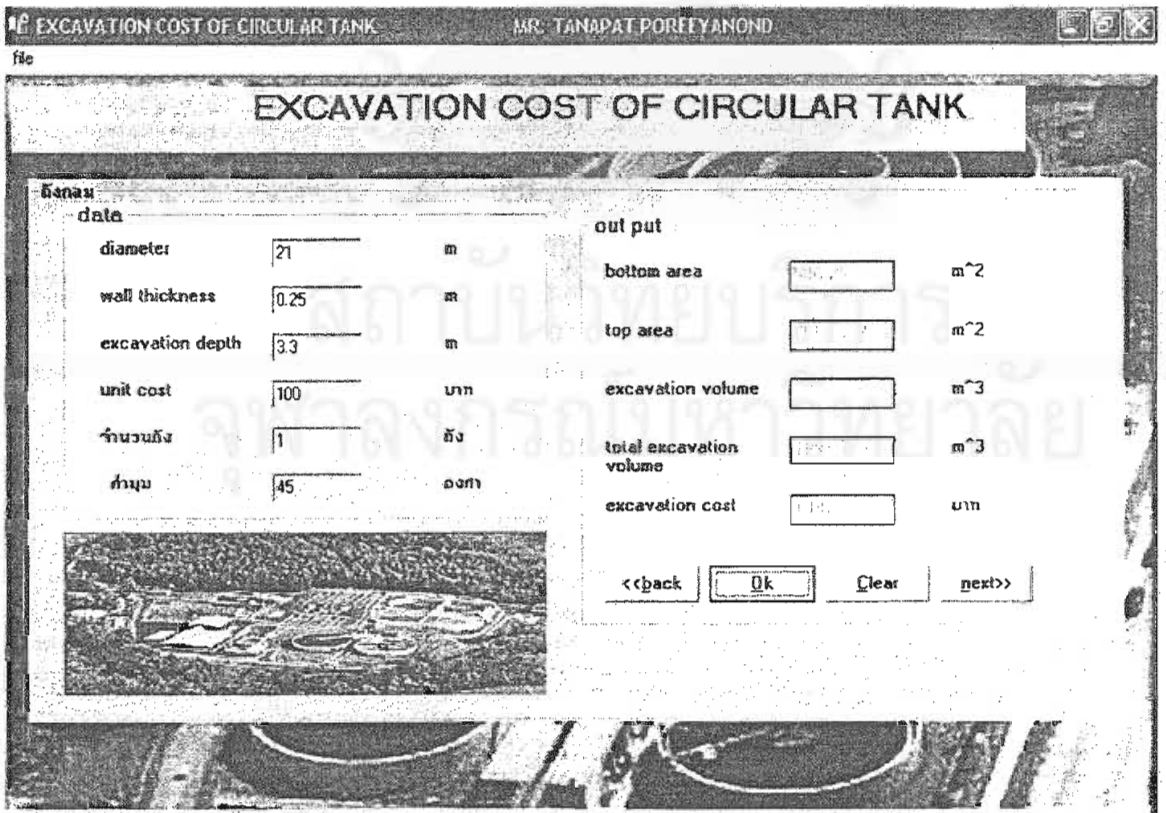
รูปที่ 4.84 หน้าจอการประมาณราคาฐานรากของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



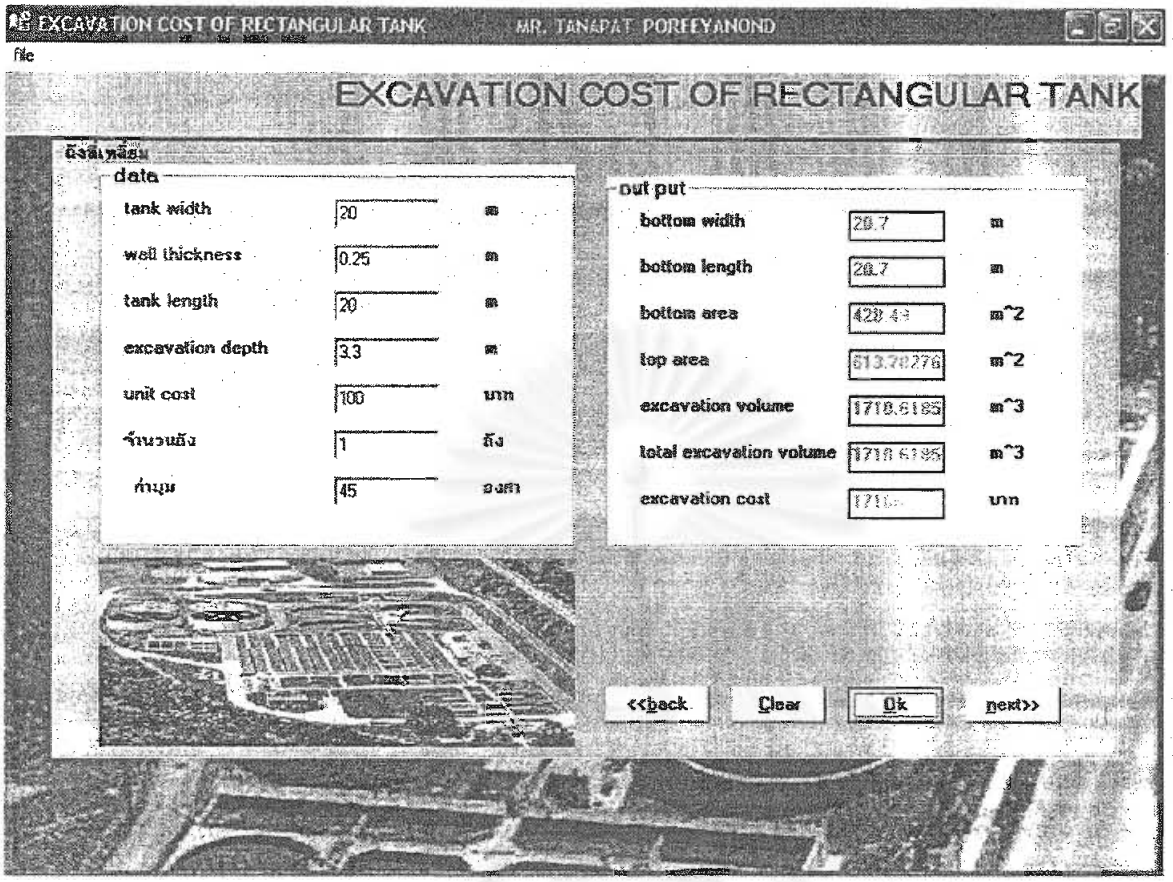
รูปที่ 4.85 หน้าจอการประมาณราคาฐานรากของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)



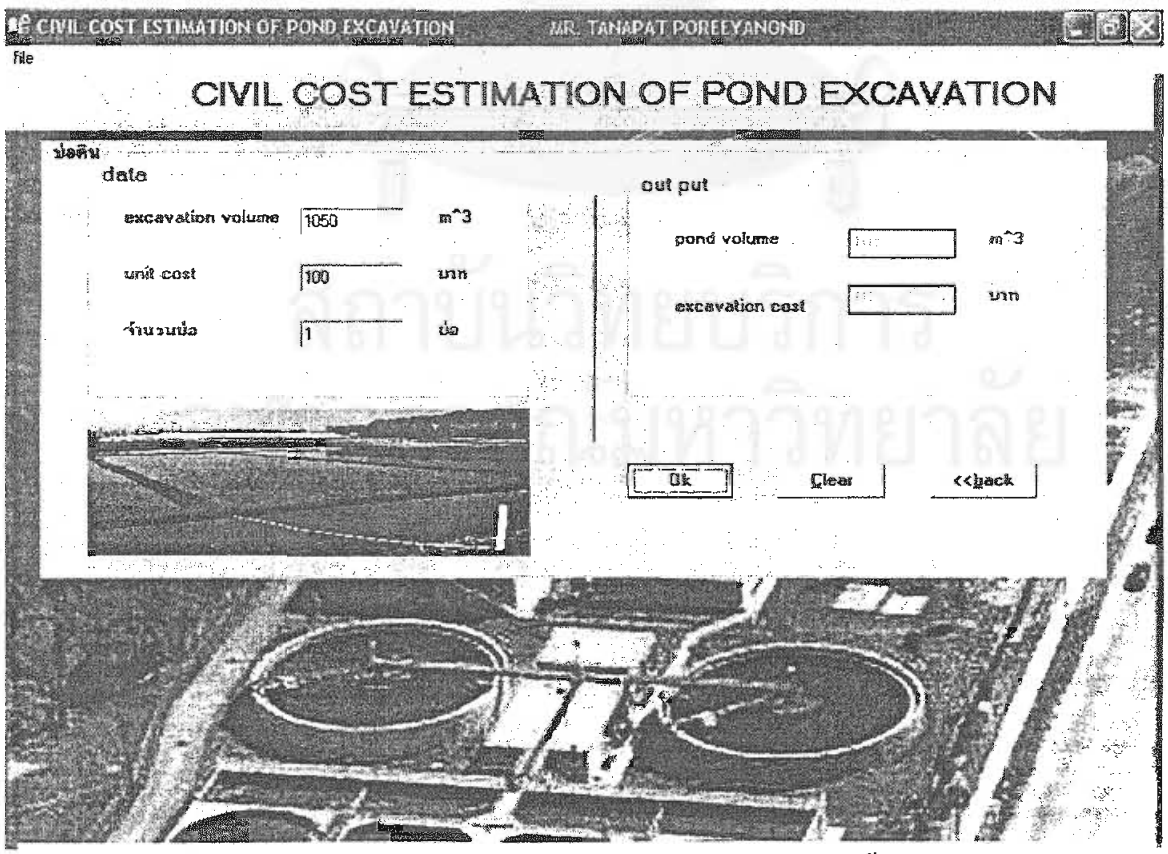
รูปที่ 4.86 หน้าจอการประมาณราคางานไม้แบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



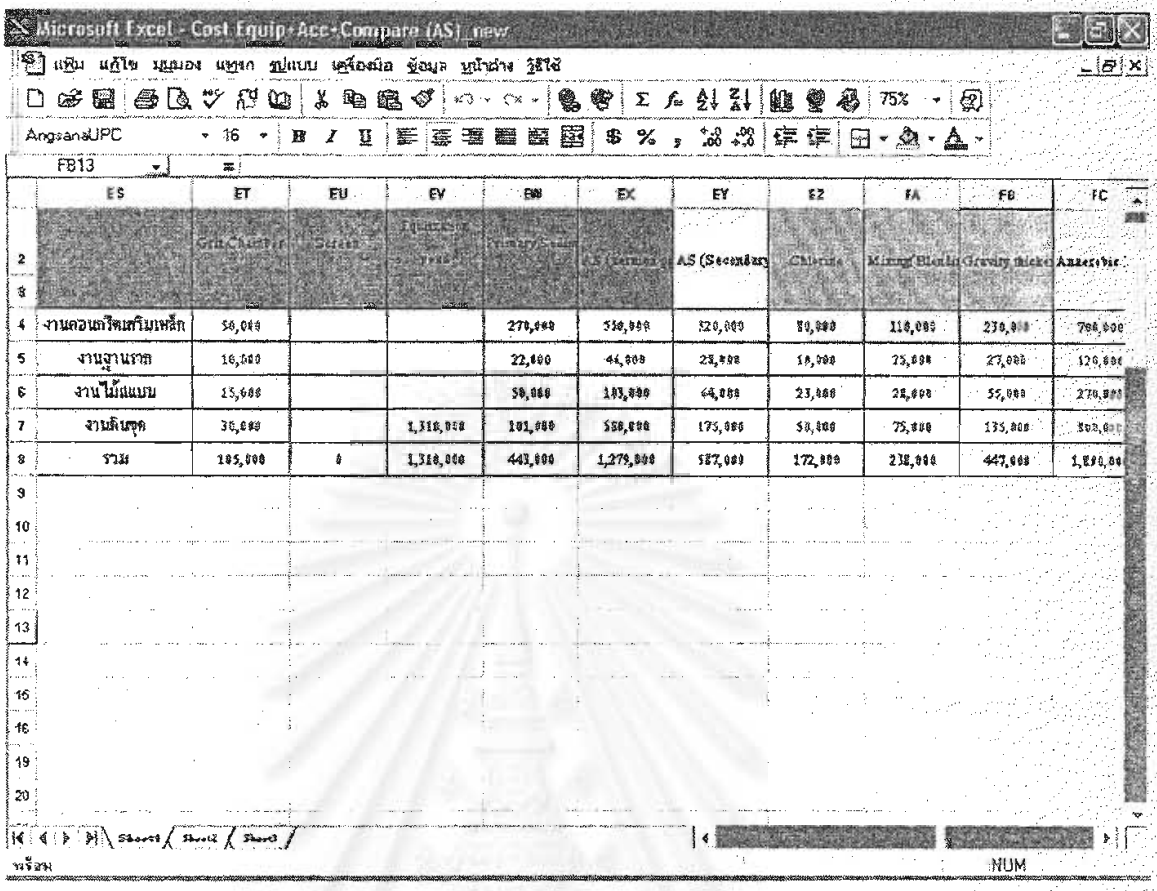
รูปที่ 4.87 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



รูปที่ 4.88 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)



รูปที่ 4.89 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 (ต่อ)

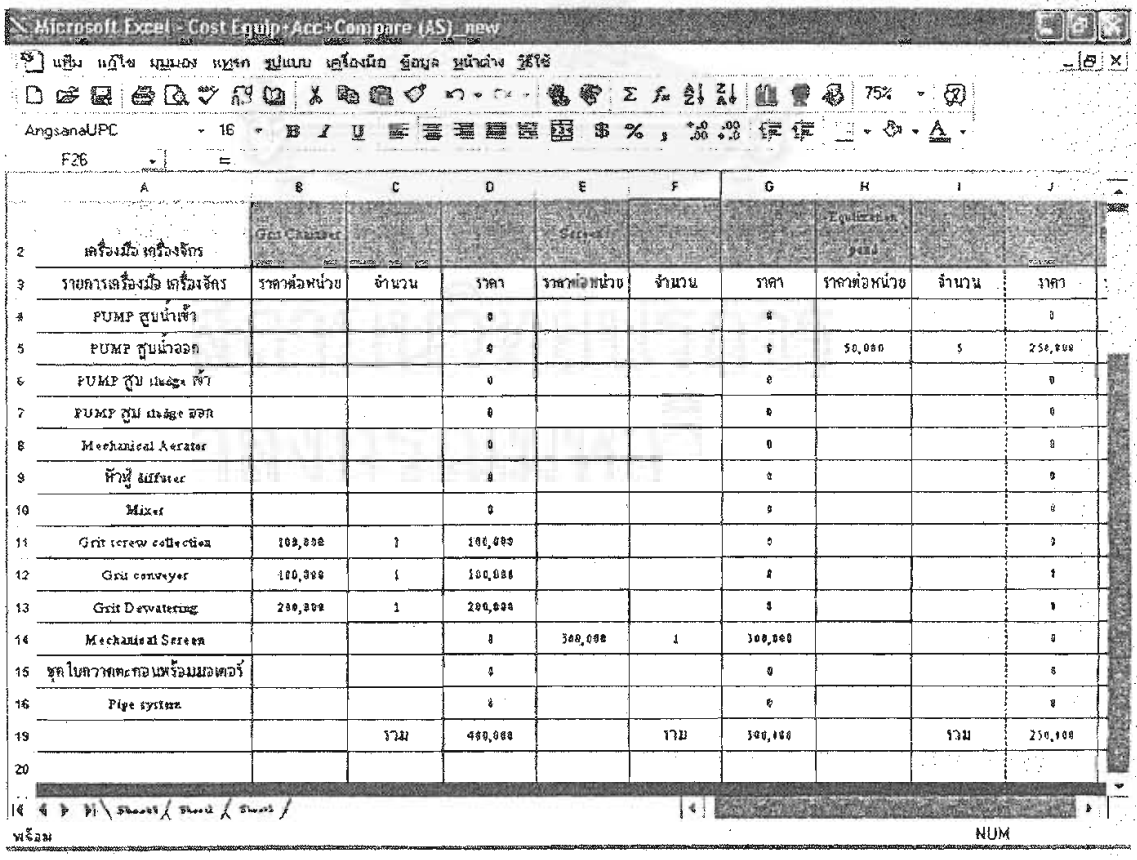


Microsoft Excel - Cost Equip+Acc+Compare (AS)_new

	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC
2		Grit Chamber	Screen	Equalization Tank	Primary Settler	AS (Aeration)	AS (Secondary)	Chlorine	Mixing Blender	Gravity thicker	Anaerobic
4	งานคอนกรีตเสริมเหล็ก	56,000			270,000	550,000	320,000	80,000	110,000	230,000	786,000
5	งานฐานราก	16,000			22,000	44,000	25,000	16,000	25,000	27,000	126,000
6	งานไม้แบบ	15,000			50,000	100,000	60,000	23,000	25,000	55,000	270,000
7	งานติดตั้ง	30,000		1,310,000	101,000	550,000	175,000	50,000	75,000	135,000	500,000
8	รวม	105,000	0	1,310,000	443,000	1,279,000	587,000	172,000	235,000	447,000	1,682,000
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
19											
20											

พร้อม NUM

รูปที่ 4.90 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานโยธาของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1

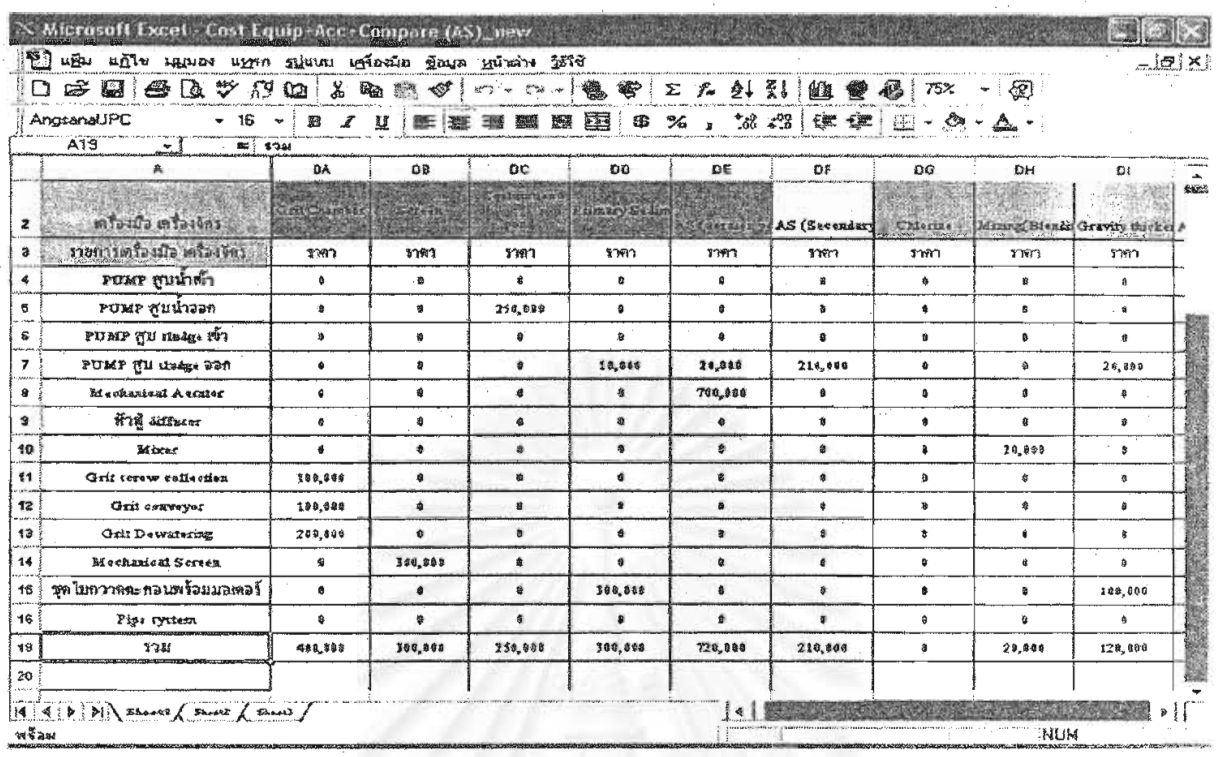


Microsoft Excel - Cost Equip+Acc+Compare (AS)_new

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	เครื่องมือ เครื่องจักร	Grit Channel			Screen			Equalization pond		
3	รายการเครื่องมือ เครื่องจักร	ราคาต่อหน่วย	จำนวน	ราคา	ราคาต่อหน่วย	จำนวน	ราคา	ราคาต่อหน่วย	จำนวน	ราคา
4	PUMP สูบน้ำเข้า			0			0			0
5	PUMP สูบน้ำออก			0			0	50,000	5	250,000
6	PUMP สูบ sludge เข้า			0			0			0
7	PUMP สูบ sludge ออก			0			0			0
8	Mechanical Aerator			0			0			0
9	หัวฟู่ diffuser			0			0			0
10	Mixer			0			0			0
11	Grit screw collection	100,000	1	100,000			0			0
12	Grit conveyer	100,000	1	100,000			0			0
13	Grit Dewatering	200,000	1	200,000			0			0
14	Mechanical Screen			0	300,000	1	300,000			0
15	ชุดใบกวาดตะกอนพร้อมมอเตอร์			0			0			0
16	Pipe system			0			0			0
19			รวม	400,000		รวม	300,000		รวม	250,000
20										

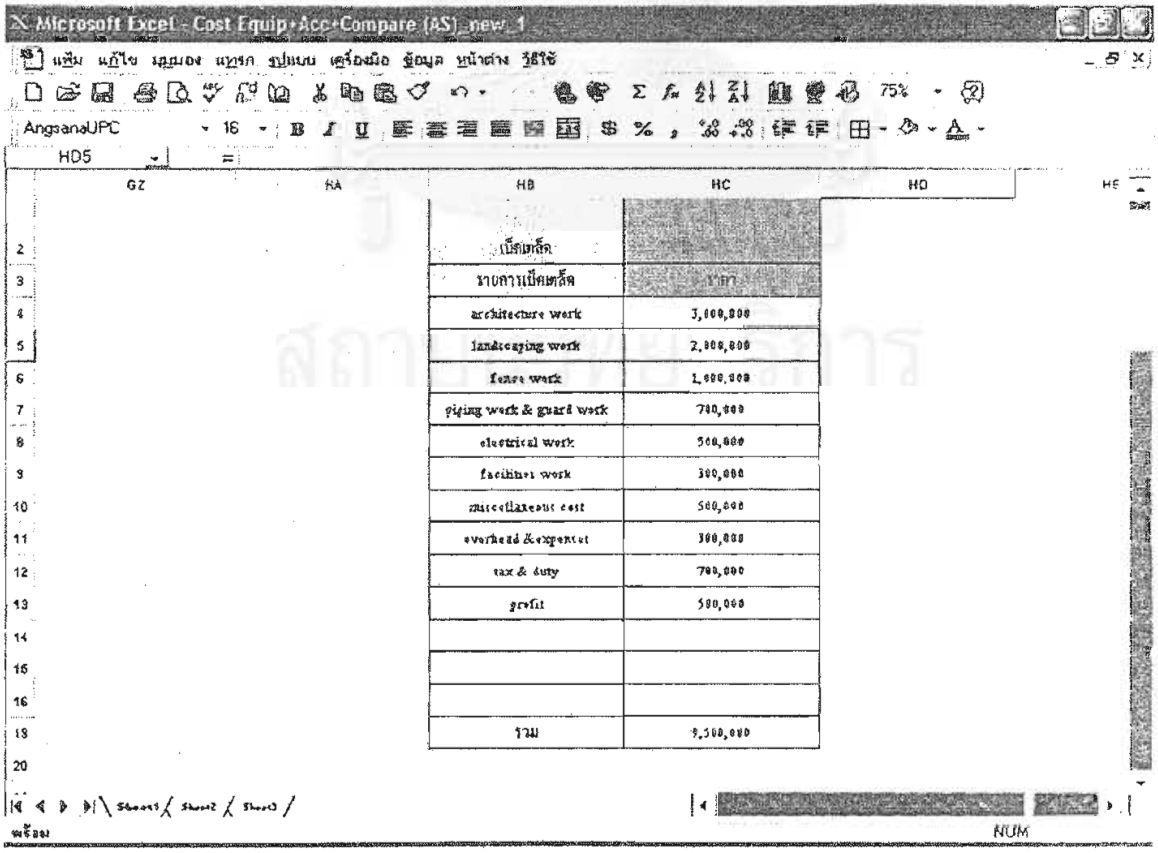
พร้อม NUM

รูปที่ 4.91 หน้าจอโปรแกรมการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักรของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



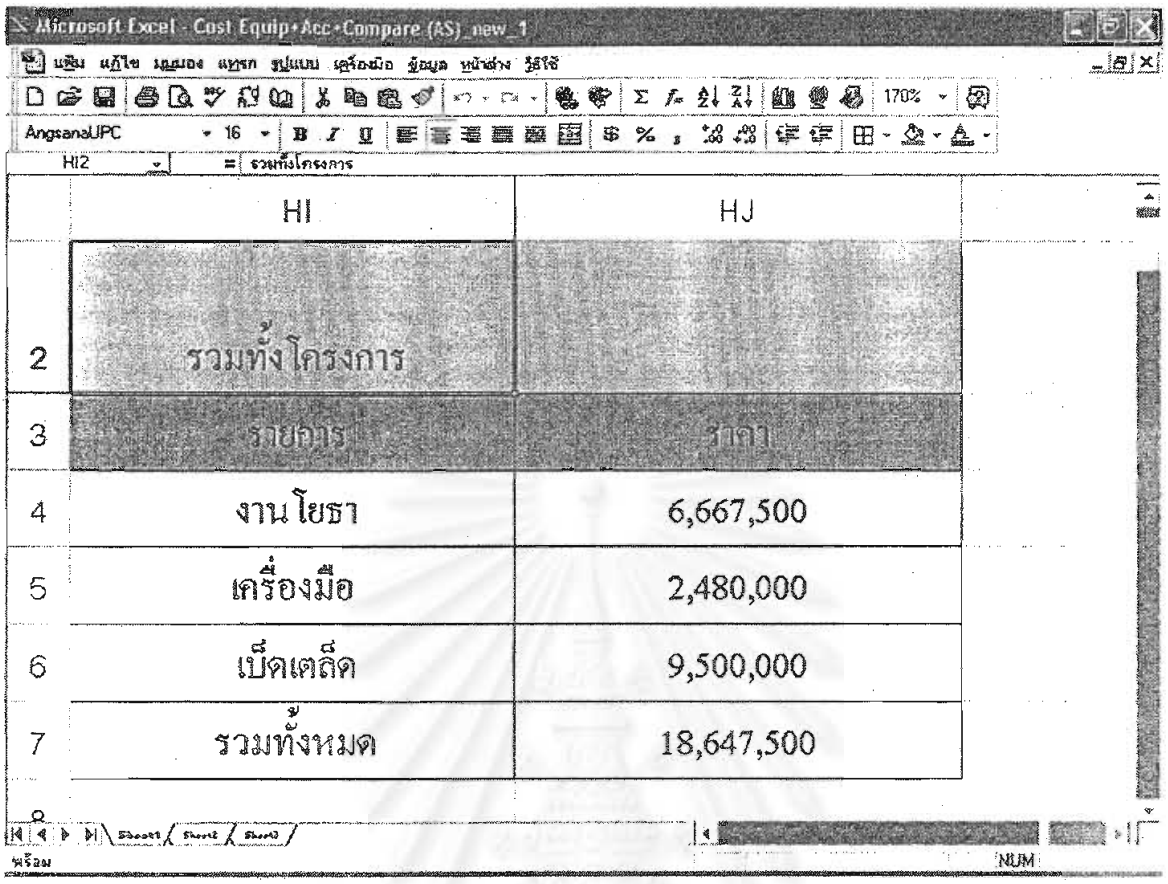
	A	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI
2	เครื่องมือ เครื่องจักร	Grit Chamber	[illegible]	[illegible]	Primary Clarifier	[illegible]	AS (Secondary	Chlorine	Mixer(Blend)	Gravity thicker
3	รายการเครื่องมือ เครื่องจักร	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา
4	PUMP ปูนน้ำต่ำ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	PUMP ปูนน้ำออก	0	0	250,000	0	0	0	0	0	0
6	PUMP ปูน sludge เข้า	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	PUMP ปูน sludge ออก	0	0	0	18,000	20,000	210,000	0	0	26,000
8	Mechanical Aerator	0	0	0	0	700,000	0	0	0	0
9	ท่าสู่ diffuser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Mixer	0	0	0	0	0	0	0	20,000	0
11	Grit screw collection	100,000	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Grit conveyor	100,000	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Grit Dewatering	200,000	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Mechanical Screen	0	300,000	0	0	0	0	0	0	0
15	ชุดไฮดรอลิคกอนพร้อมมอเตอร์	0	0	0	300,000	0	0	0	0	100,000
16	Pipe system	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	รวม	400,000	300,000	250,000	300,000	720,000	210,000	0	20,000	126,000
20										

รูปที่ 4.92 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักรของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



	GZ	HA	HB	HC	HD	HE
2			เบ็ดเตล็ด			
3			รายการเบ็ดเตล็ด	ราคา		
4			architecture work	3,000,000		
5			landscaping work	2,000,000		
6			fence work	1,000,000		
7			piping work & guard work	700,000		
8			electrical work	500,000		
9			facilities work	300,000		
10			miscellaneous cost	500,000		
11			overhead &expenses	300,000		
12			tax & duty	700,000		
13			profit	500,000		
14						
15						
16						
18			รวม	9,500,000		
20						

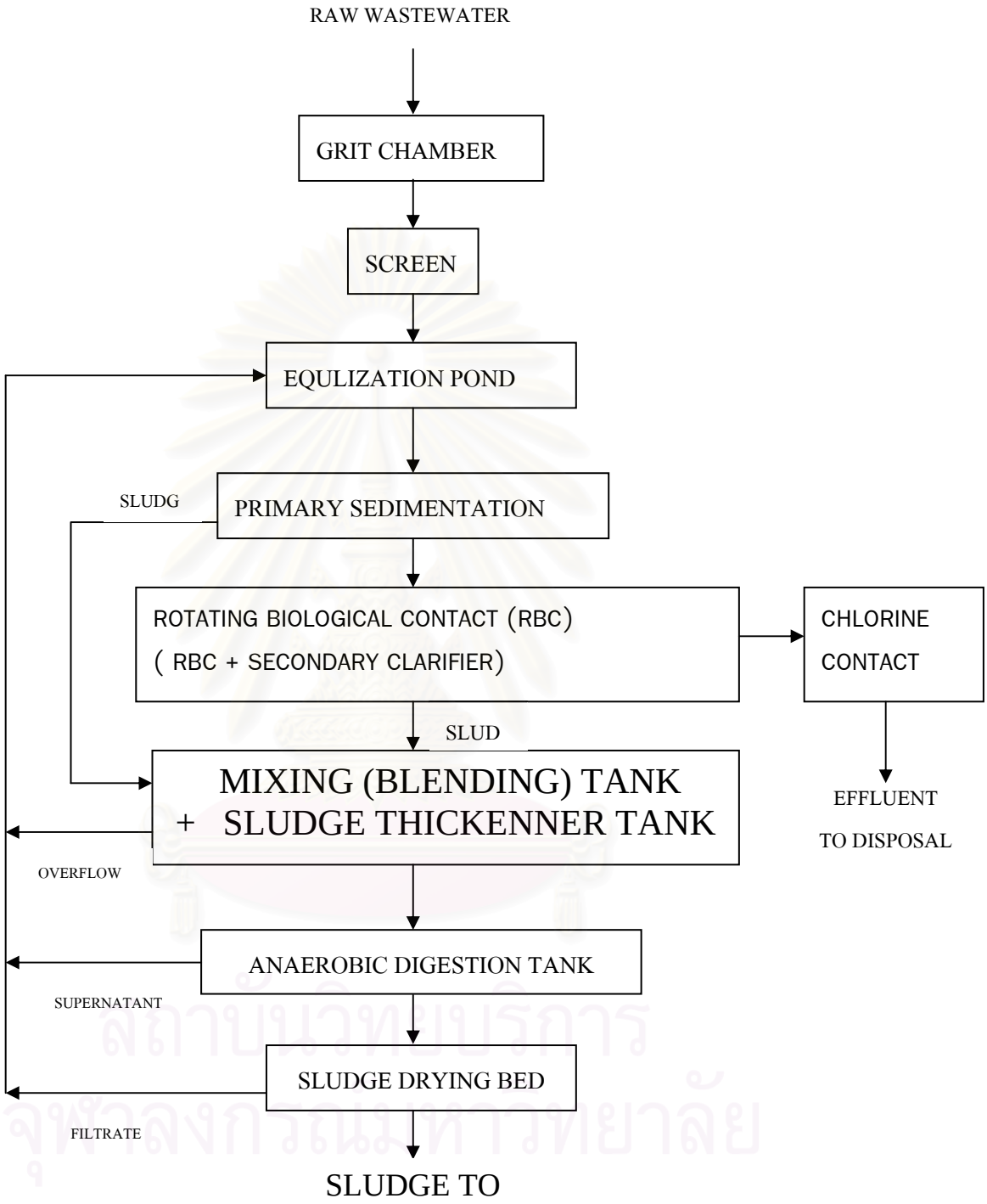
รูปที่ 4.93 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเบ็ดเตล็ดของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1



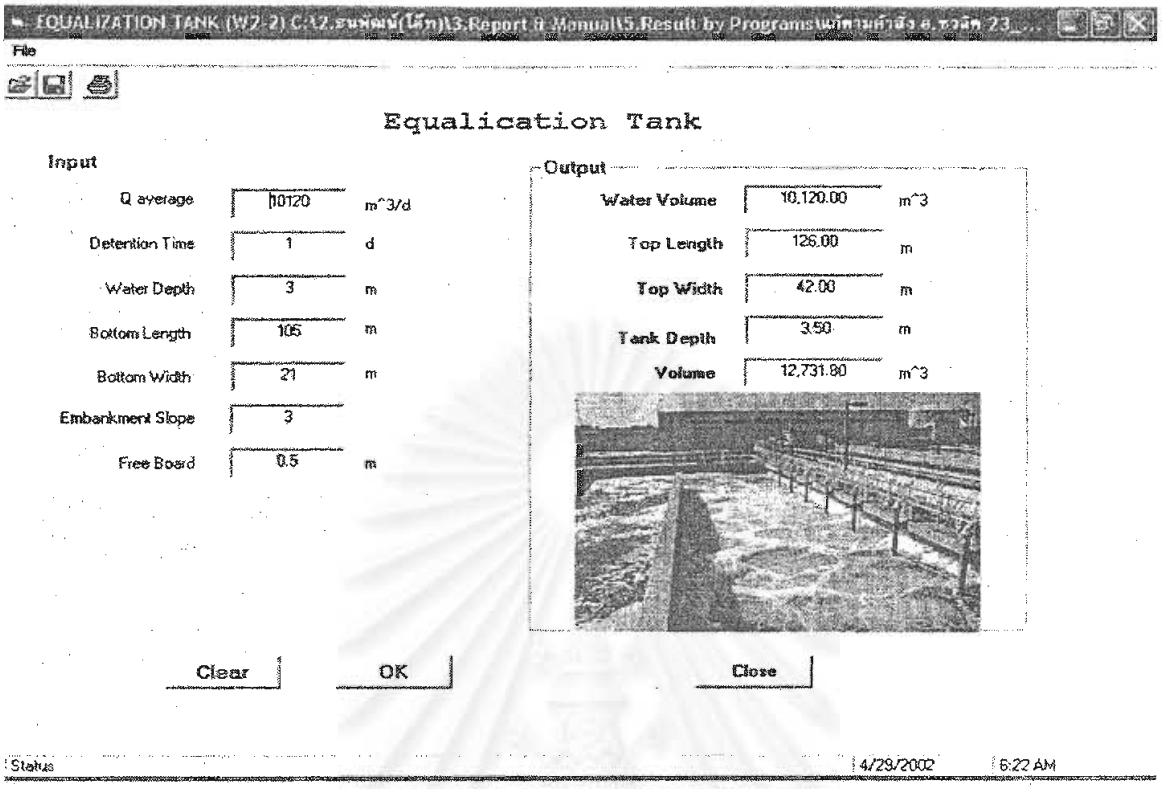
รูปที่ 4.94 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคาทั้งโครงการของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

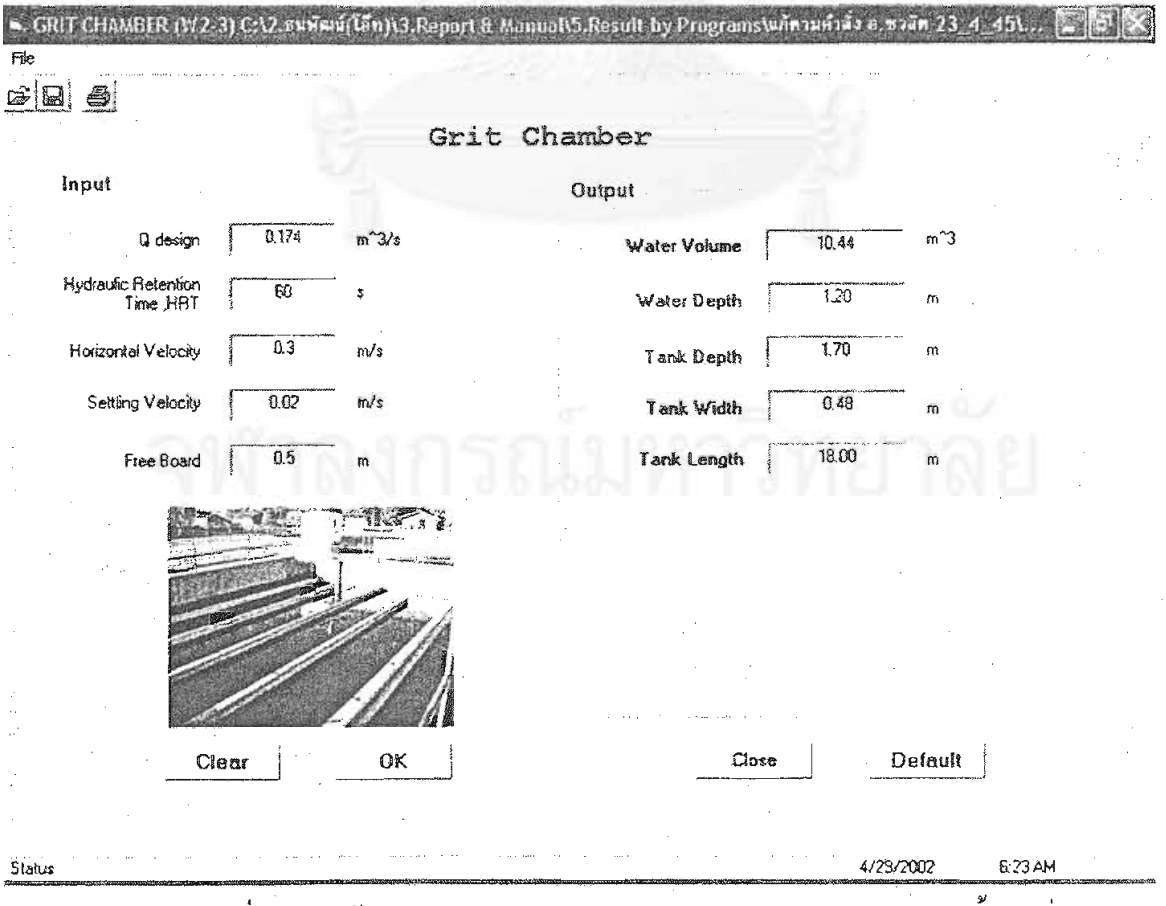
4.3.2 ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 เพื่อทดลองการใช้โปรแกรม



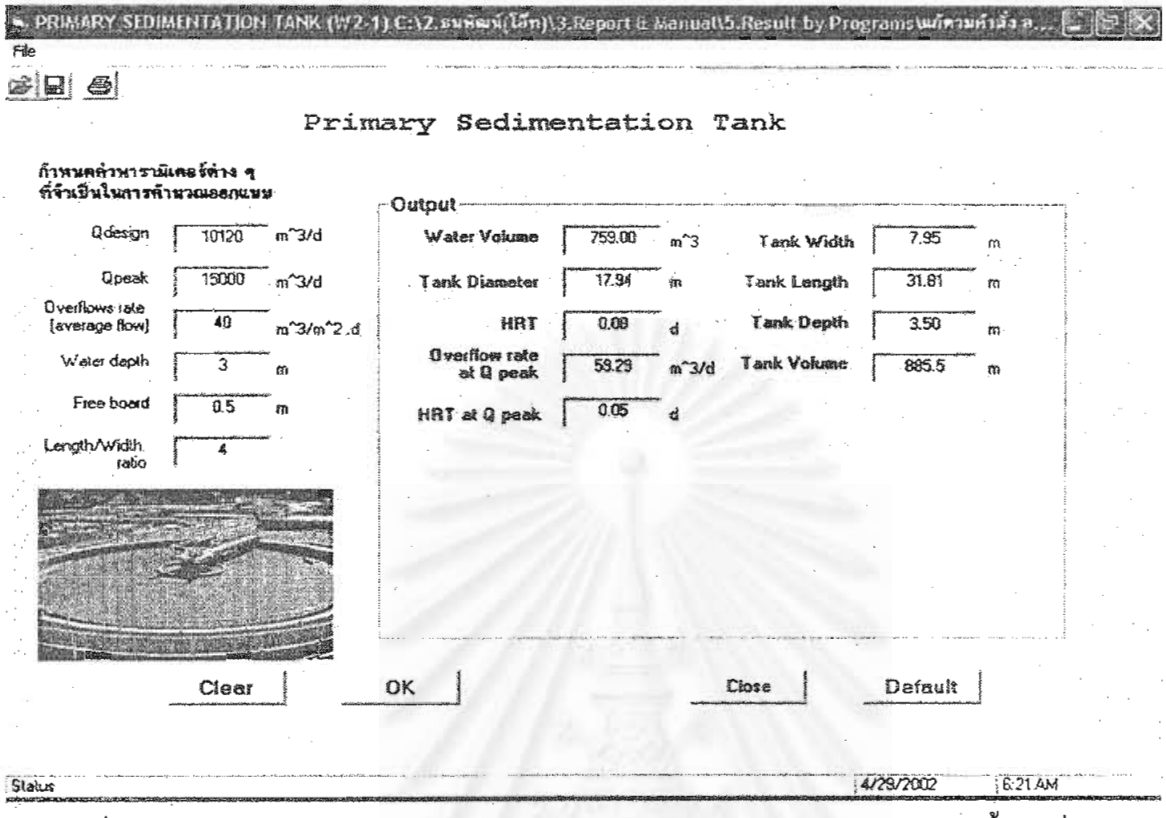
รูปที่ 4.95 Flow Diagram ของตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



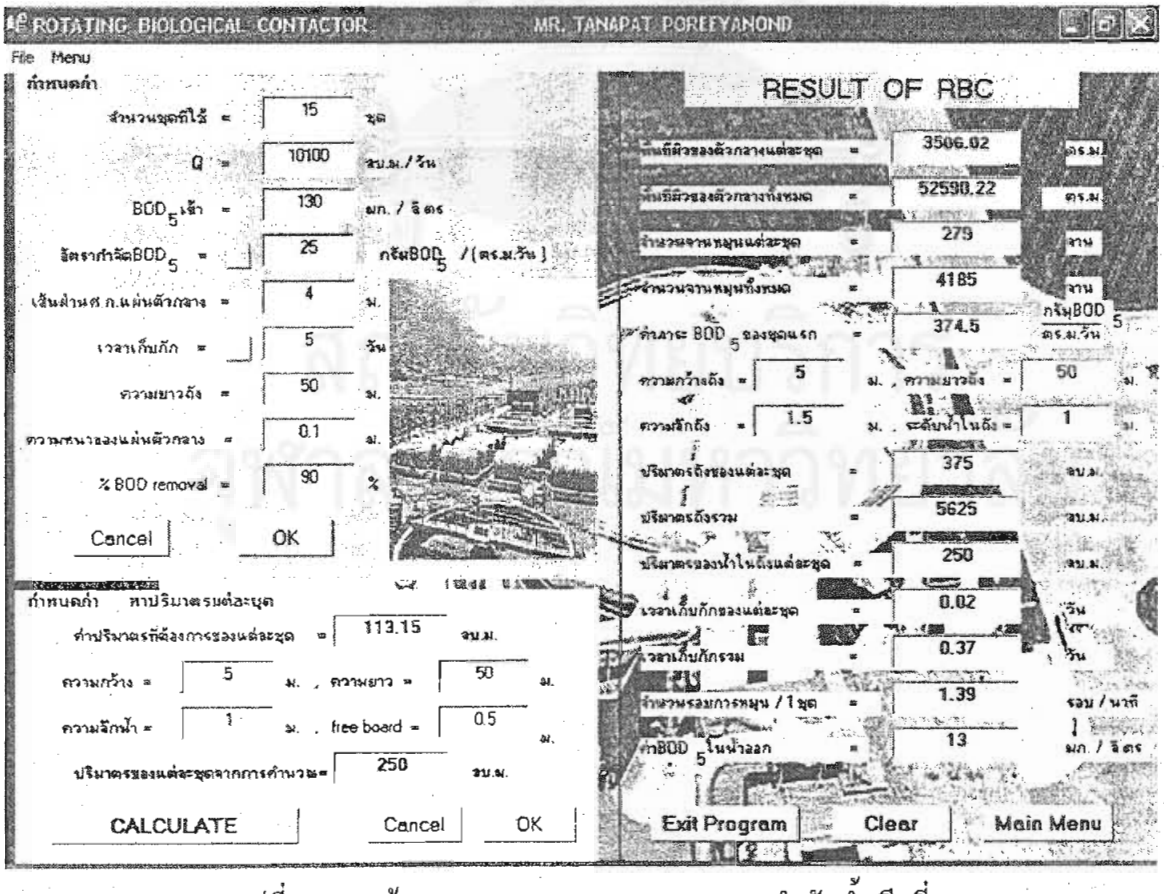
รูปที่ 4.96 หน้าจอการออกแบบ EQUALIZATION POND ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



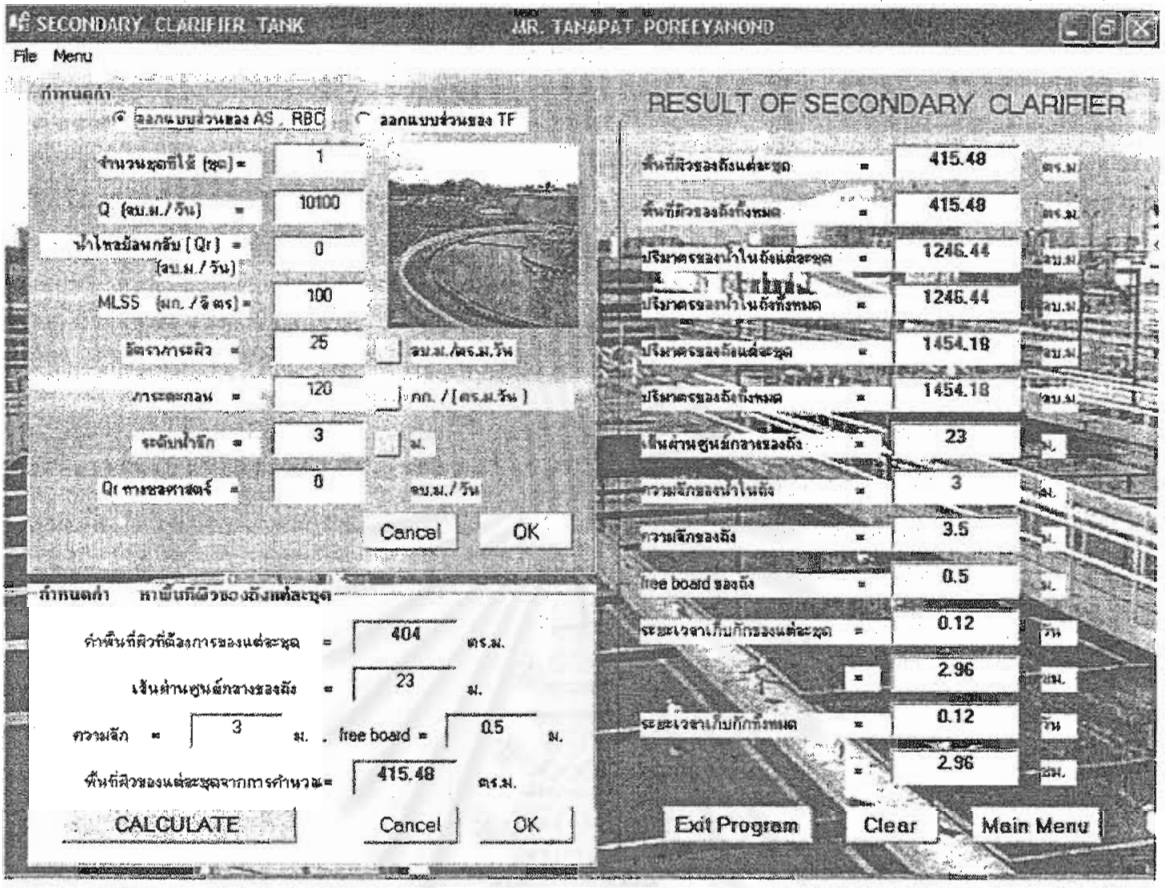
รูปที่ 4.97 หน้าจอการออกแบบ GRIT CHAMBER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



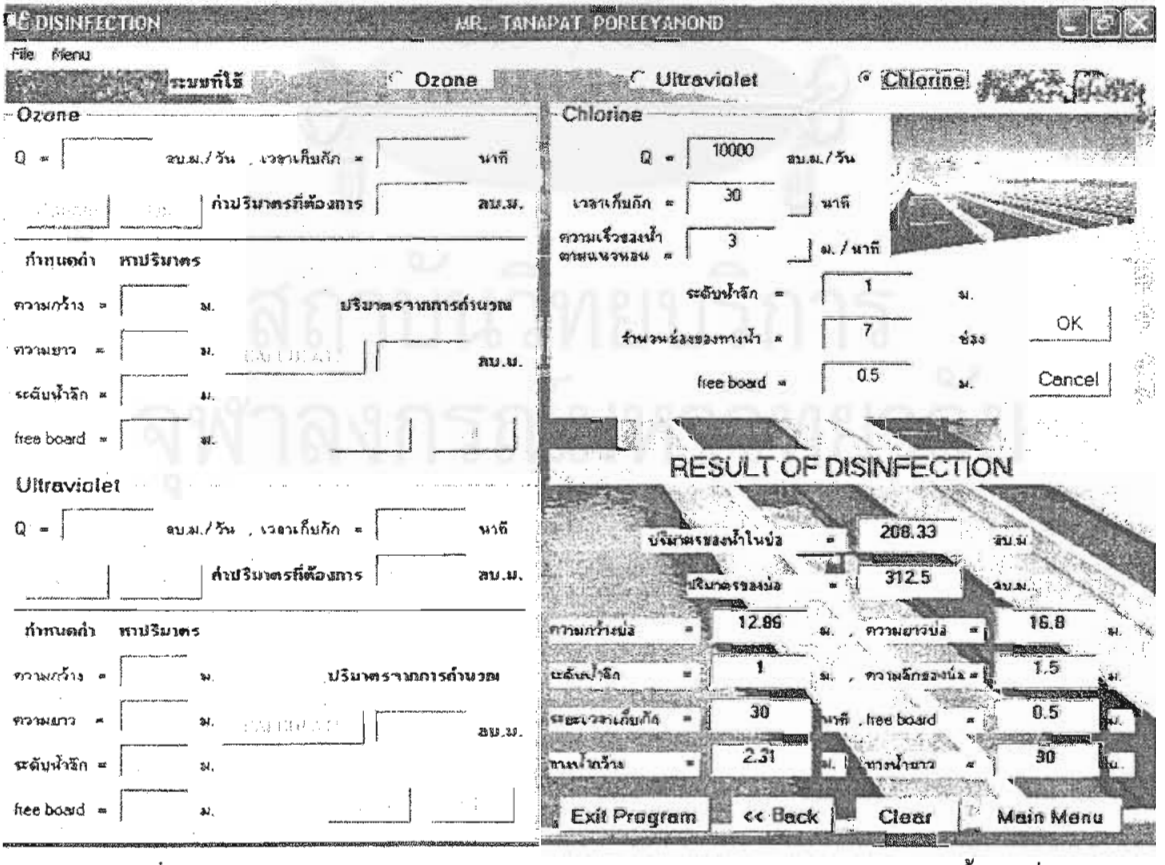
รูปที่ 4.98 หน้าจอการออกแบบ PRIMARY SEDIMENTATION ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



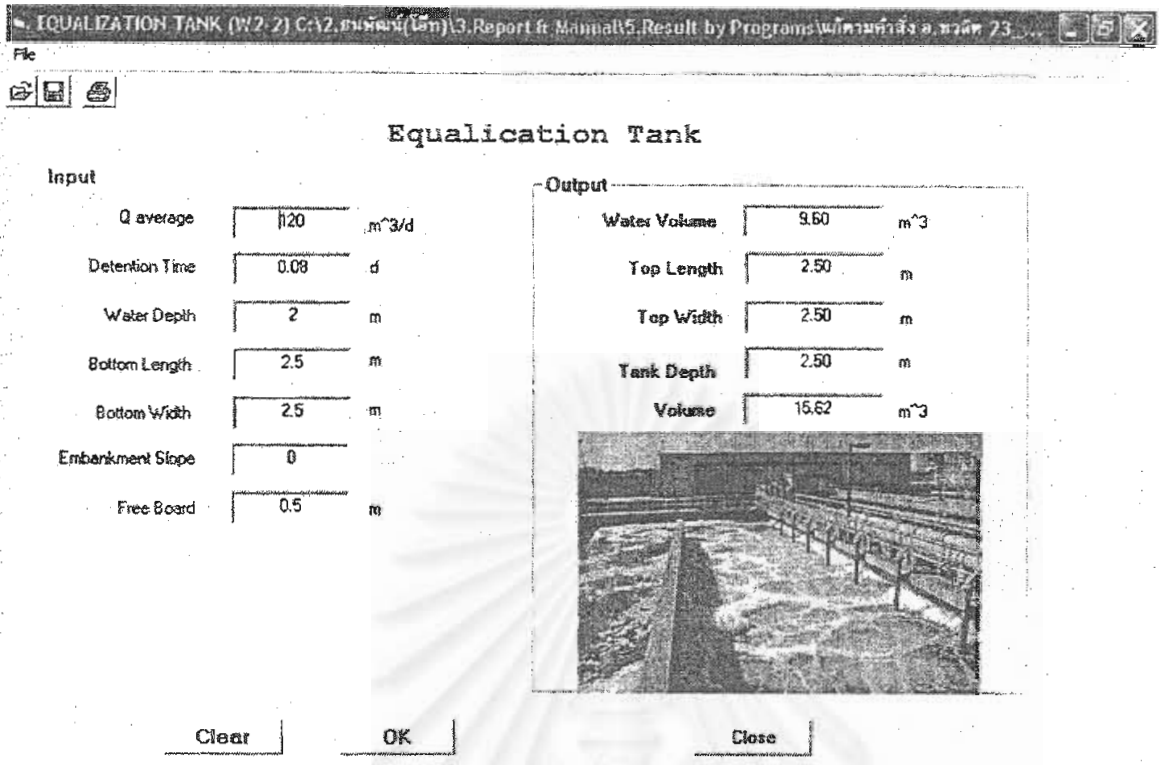
รูปที่ 4.99 หน้าจอการออกแบบ RBC ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



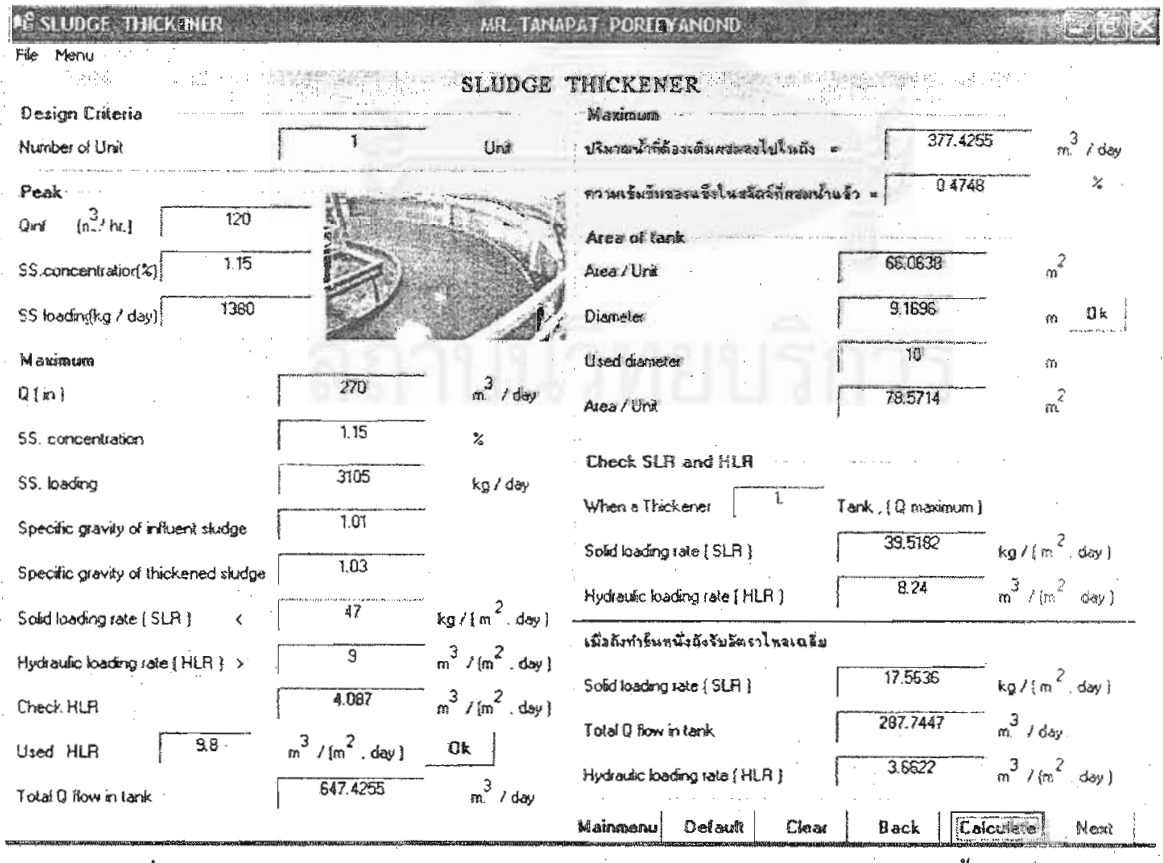
รูปที่ 4.100 หน้าจอการออกแบบ SECONDARY CLARIFIER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



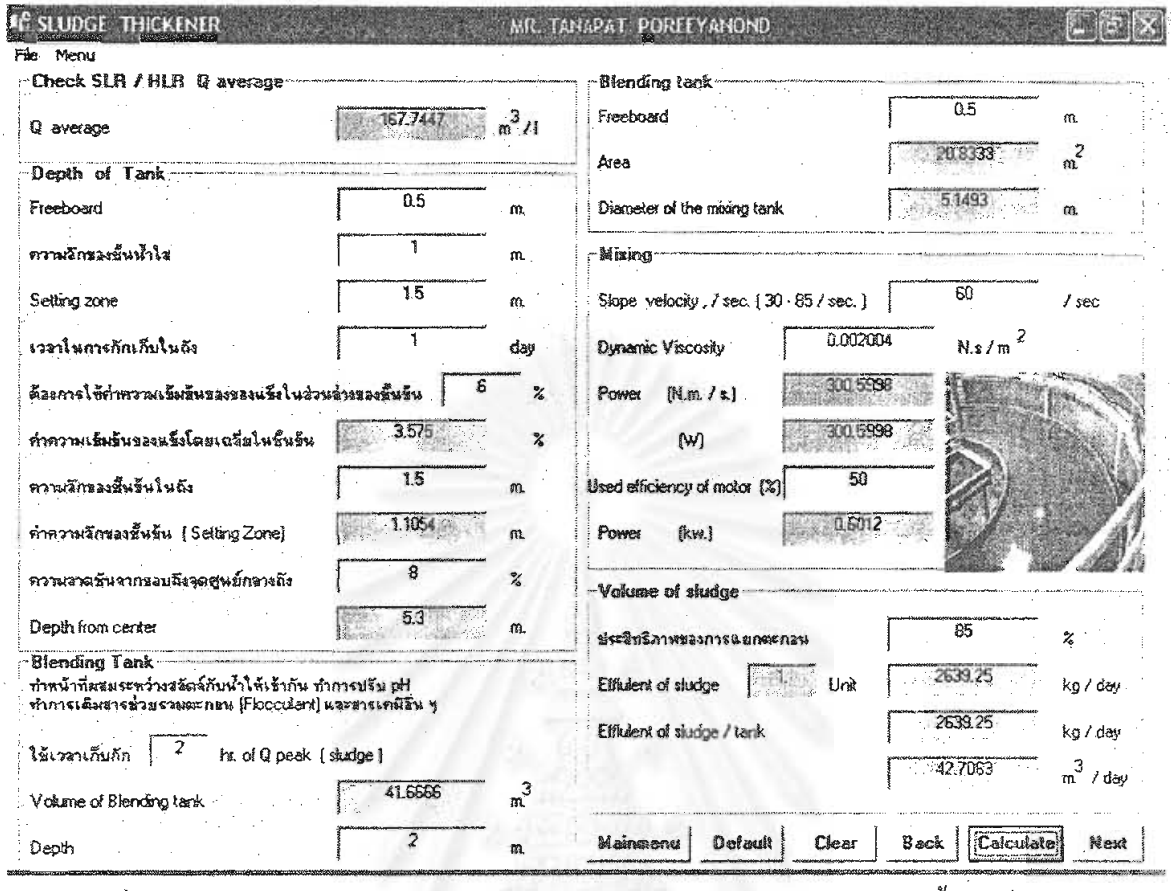
รูปที่ 4.101 หน้าจอการออกแบบ CHLORINE CONTACT ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



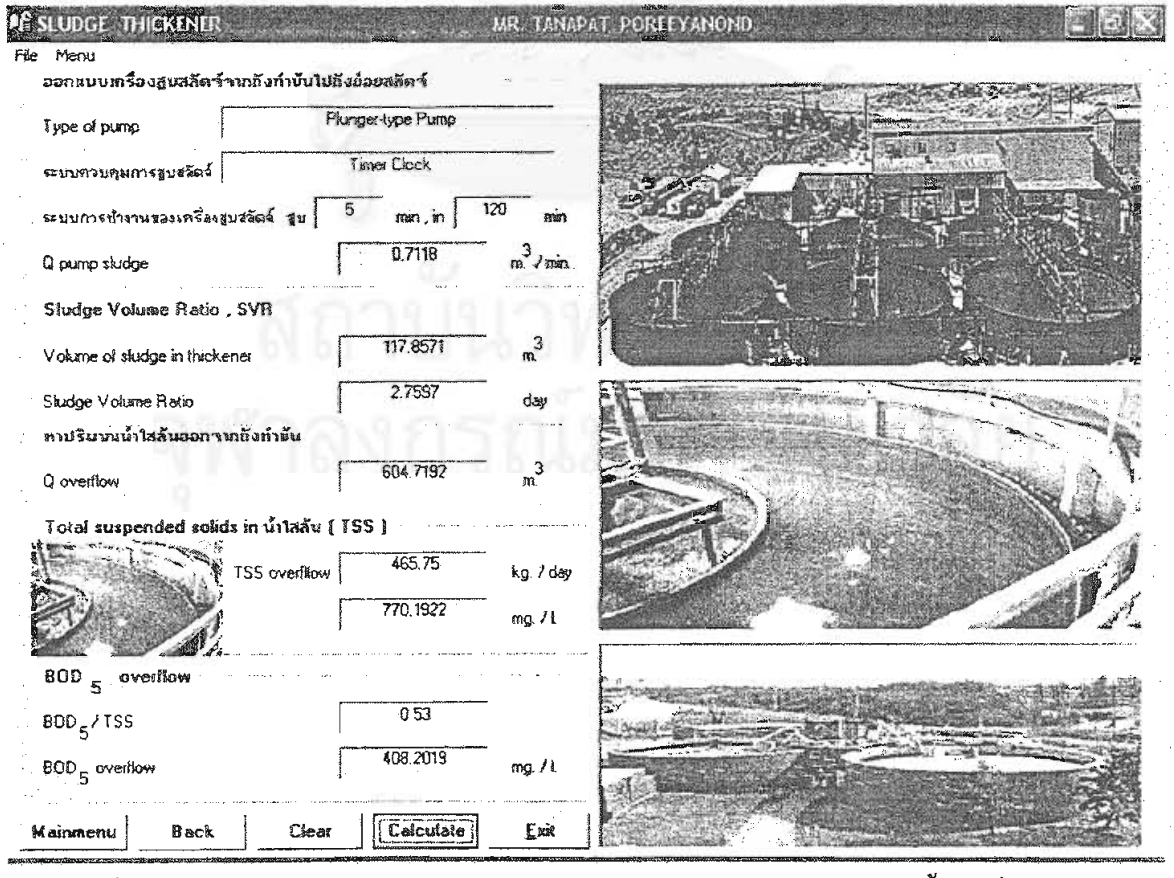
รูปที่ 4.102 หน้าจอการออกแบบ MIXING(BLENING)TANK ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 (ใช้โปรแกรมการออกแบบ EQUALIZATION แทนได้)



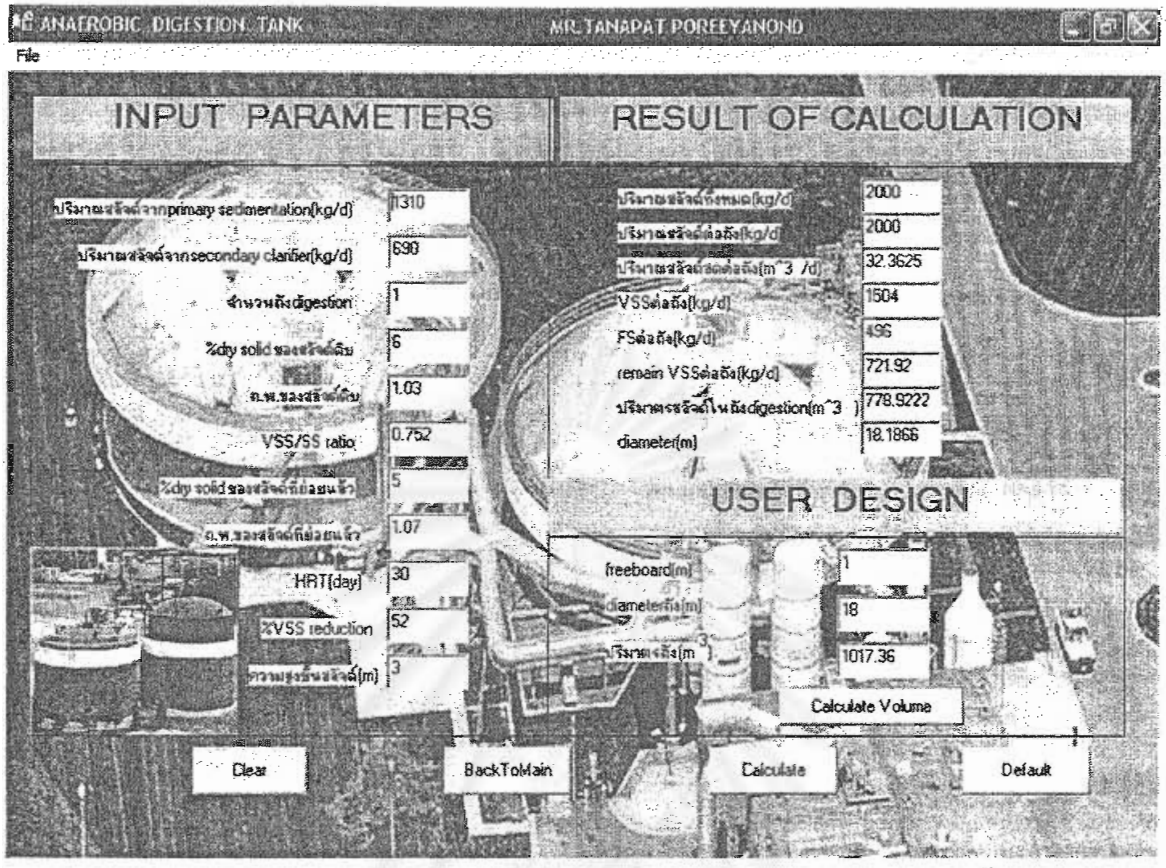
รูปที่ 4.103 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



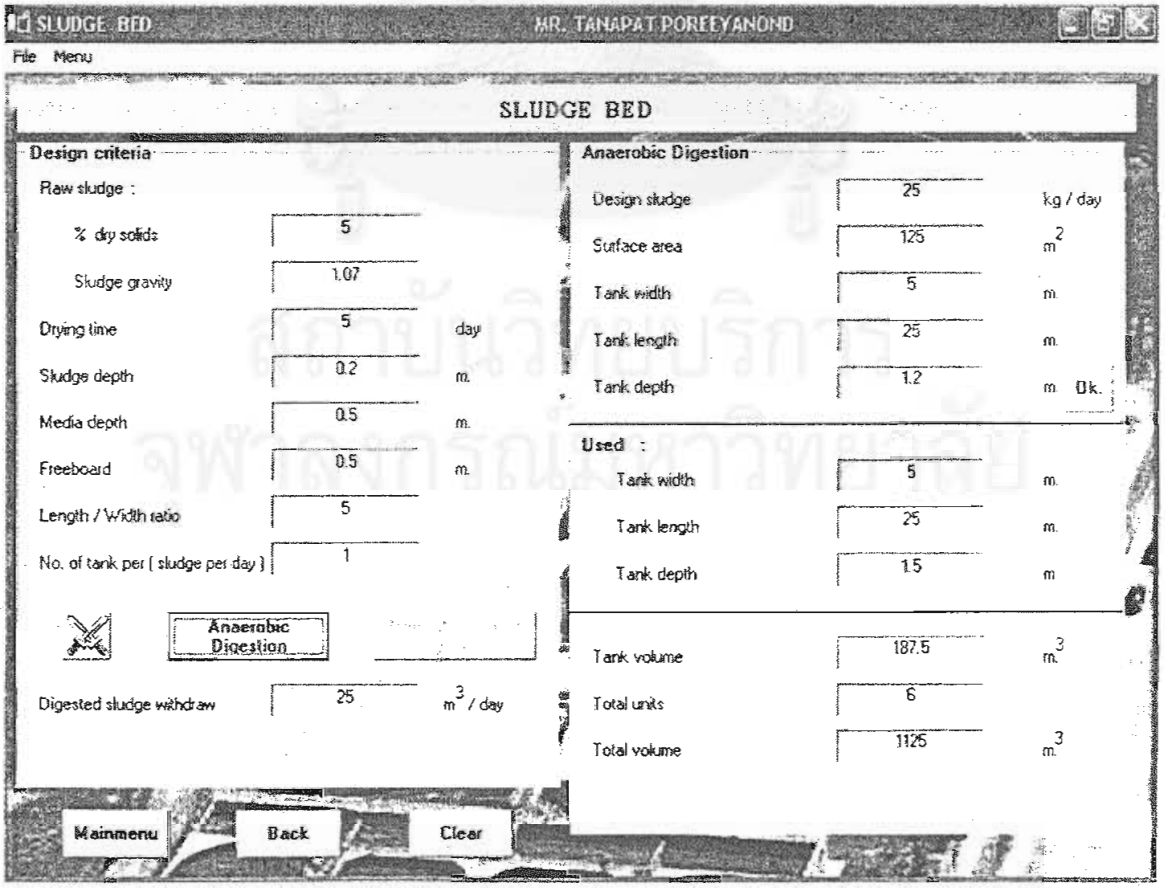
รูปที่ 4.104 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 (ต่อ)



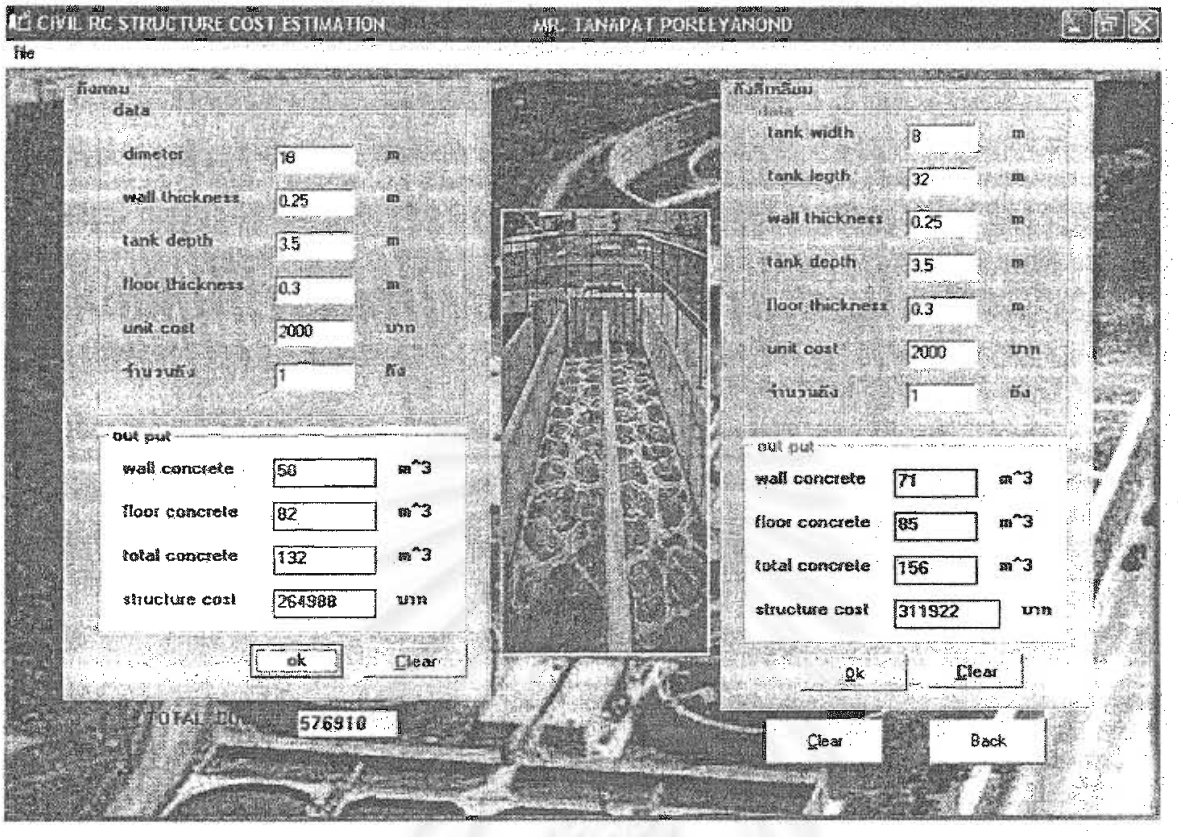
รูปที่ 4.105 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE THICKENER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 (ต่อ)



รูปที่ 4.106 หน้าจอการออกแบบ ANAEROBIC DIGESTION ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2

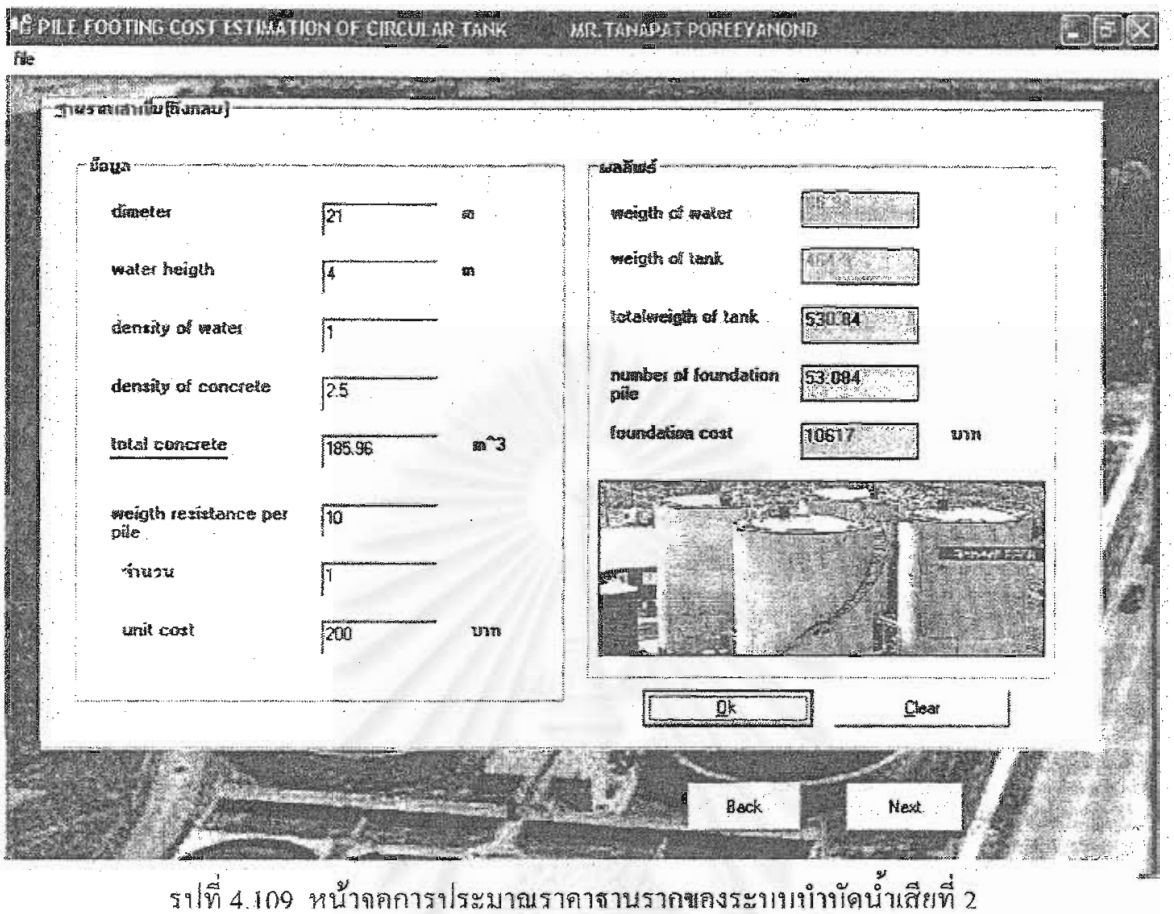


รูปที่ 4.107 หน้าจอการออกแบบ SLUDGE DRYING BED ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2

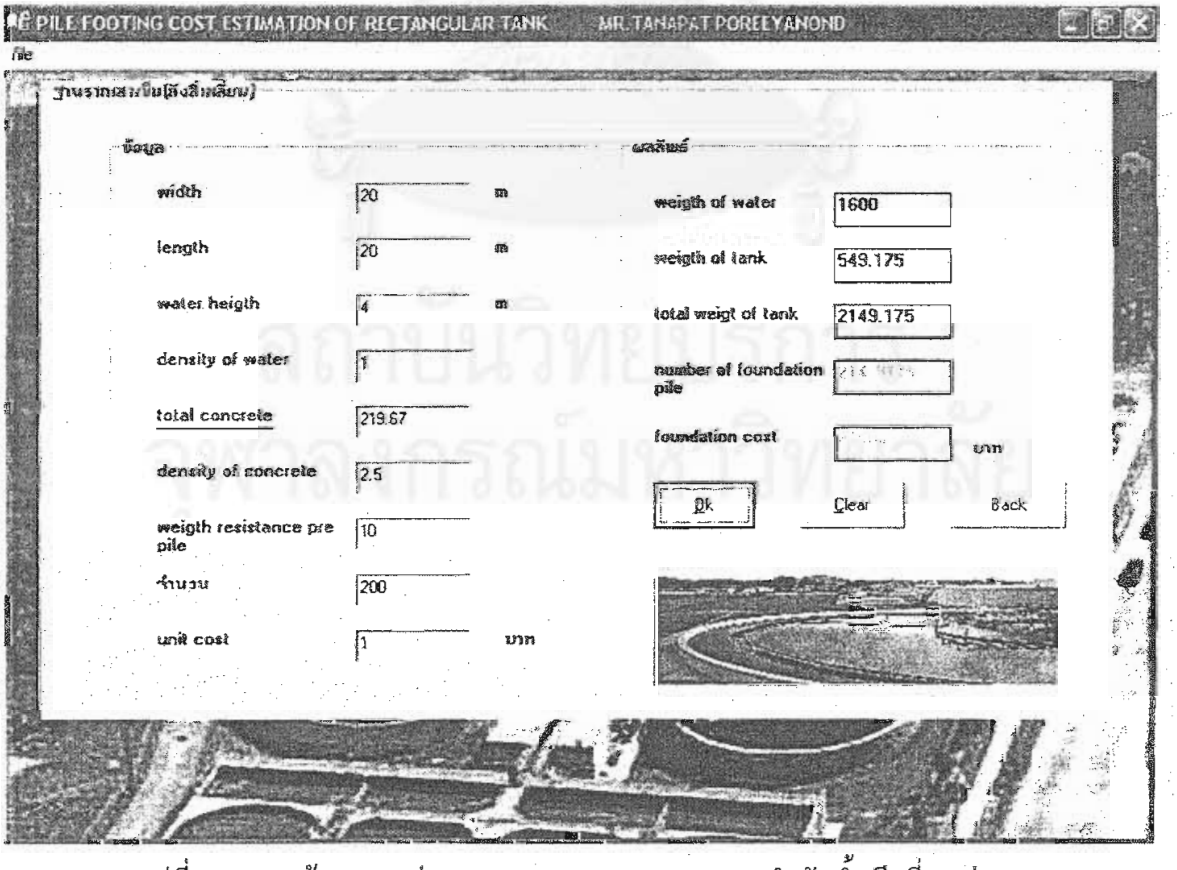


รูปที่ 4.108 หน้าจอการประมาณราคาโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2

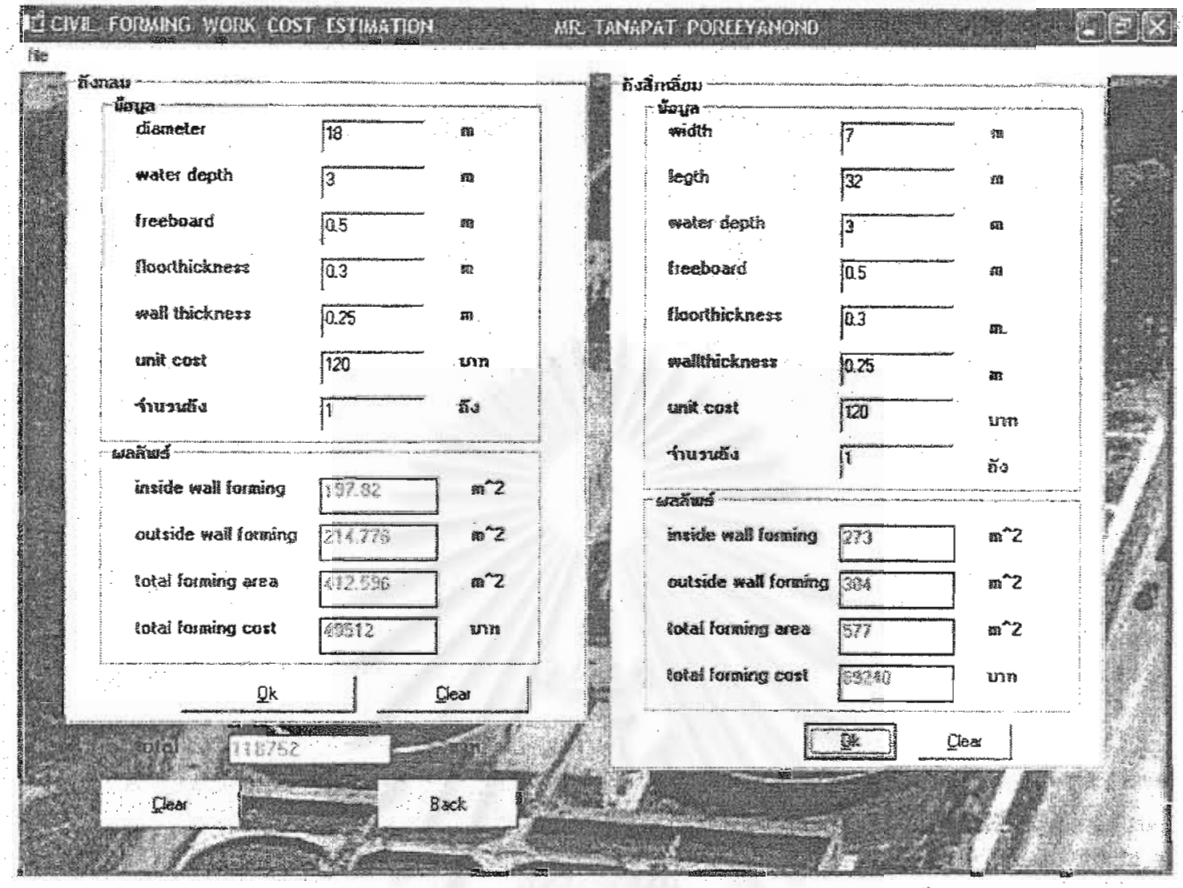
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



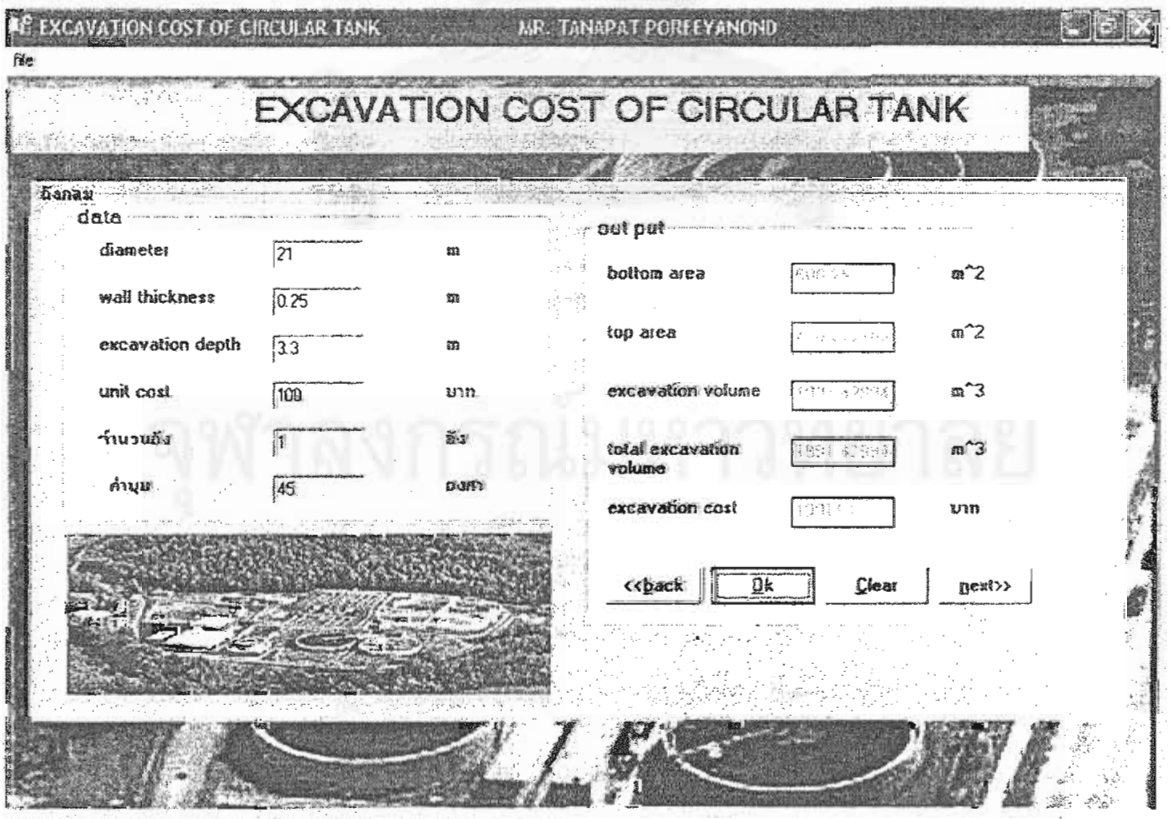
รูปที่ 4.109 หน้าจอการประมาณราคาฐานรากของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



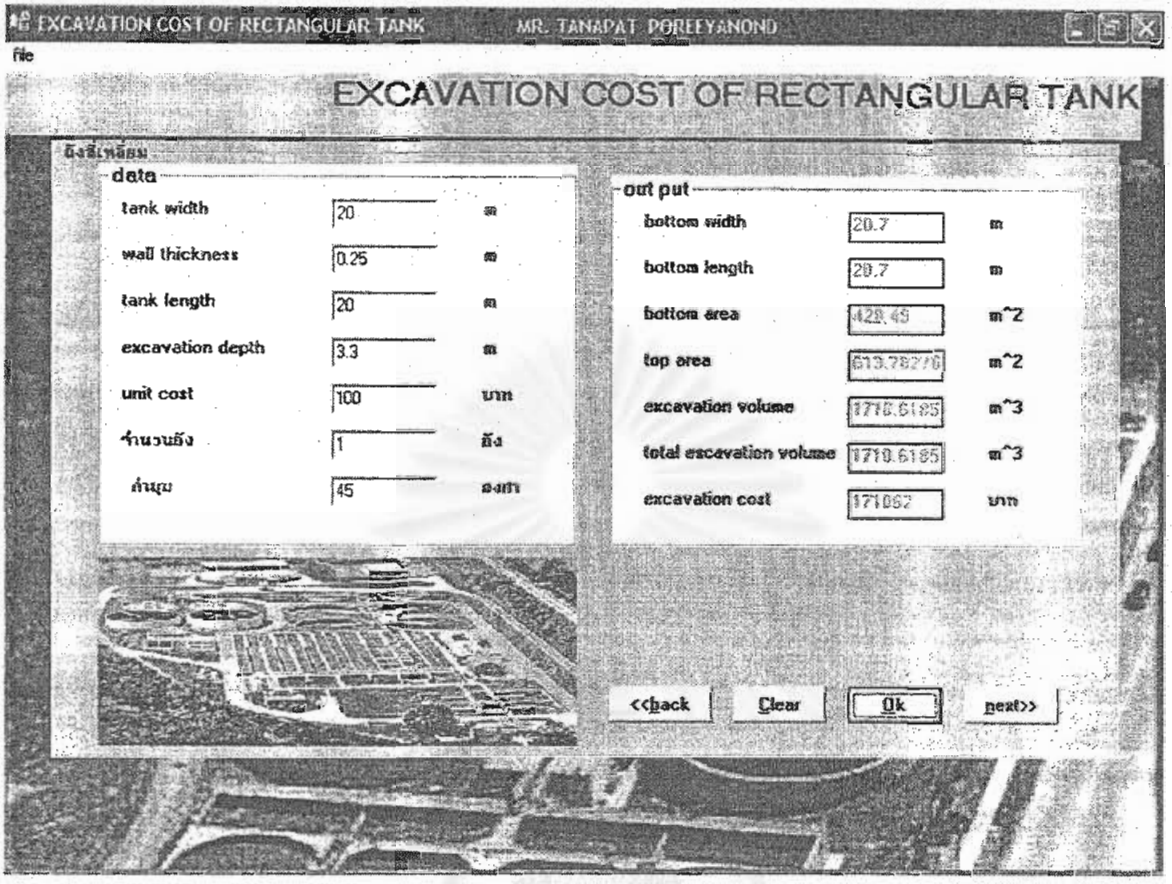
รูปที่ 4.110 หน้าจอการประมาณราคาฐานรากของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 (ต่อ)



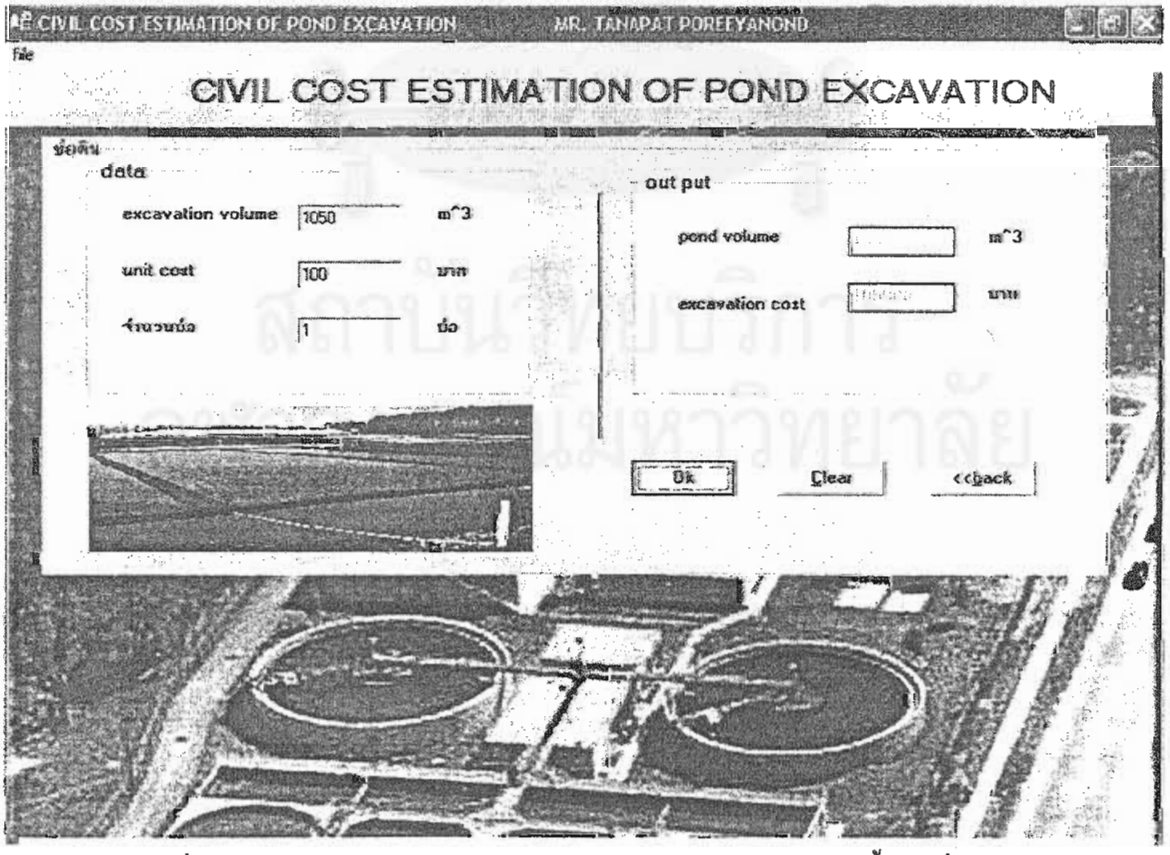
รูปที่ 4.111 หน้าจอการประมาณราคางานไม้แบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



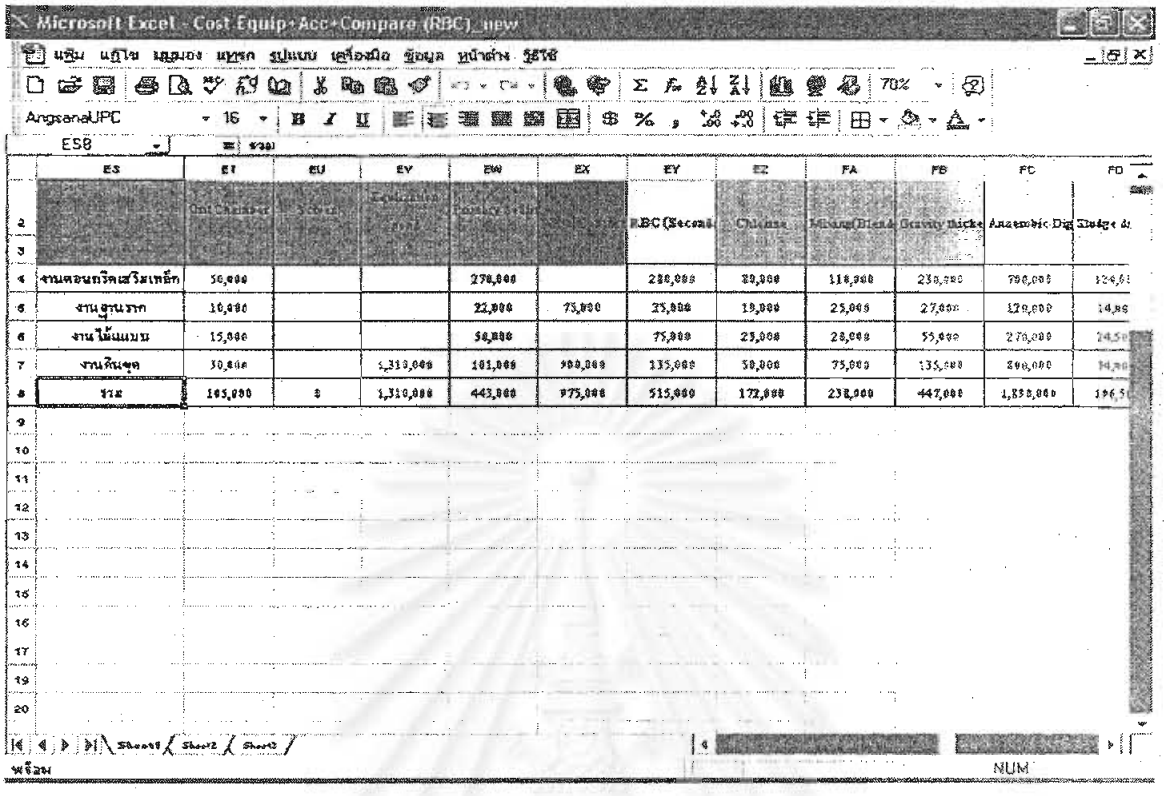
รูปที่ 4.112 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



รูปที่ 4.113 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 (ต่อ)



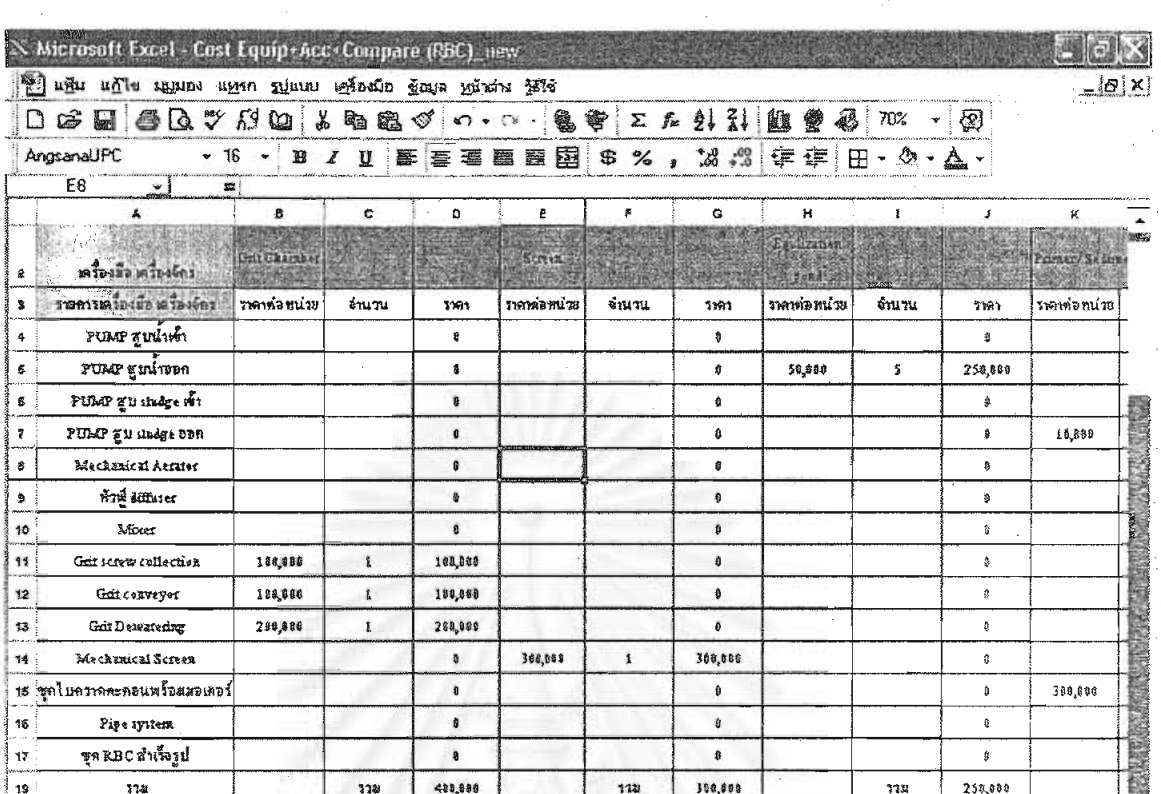
รูปที่ 4.114 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2 (ต่อ)



	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC	FD
2		Cost Chlorine	System	Equipment Cost	Equipment + Inst		RBC (Second	Chlorine	Mixing Blend	Gravity Thicke	Anaerobic Dig	Sludge d
3												
4	งานคอนกรีตเสริมเหล็ก	56,000			270,000		230,000	89,000	118,000	230,000	790,000	124,61
5	งานฐานราก	10,000			22,000	75,000	25,000	19,000	25,000	27,000	120,000	14,86
6	งานไม้แบบ	15,000			50,000		75,000	25,000	28,000	55,000	270,000	24,50
7	งานดินขุด	30,000		1,310,000	101,000	900,000	135,000	50,000	75,000	135,000	390,000	34,00
8	รวม	105,000	$	1,310,000	443,000	975,000	515,000	172,000	238,000	447,000	1,830,000	196,5
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
19												
20												

รูปที่ 4.115 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานโยธาของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2

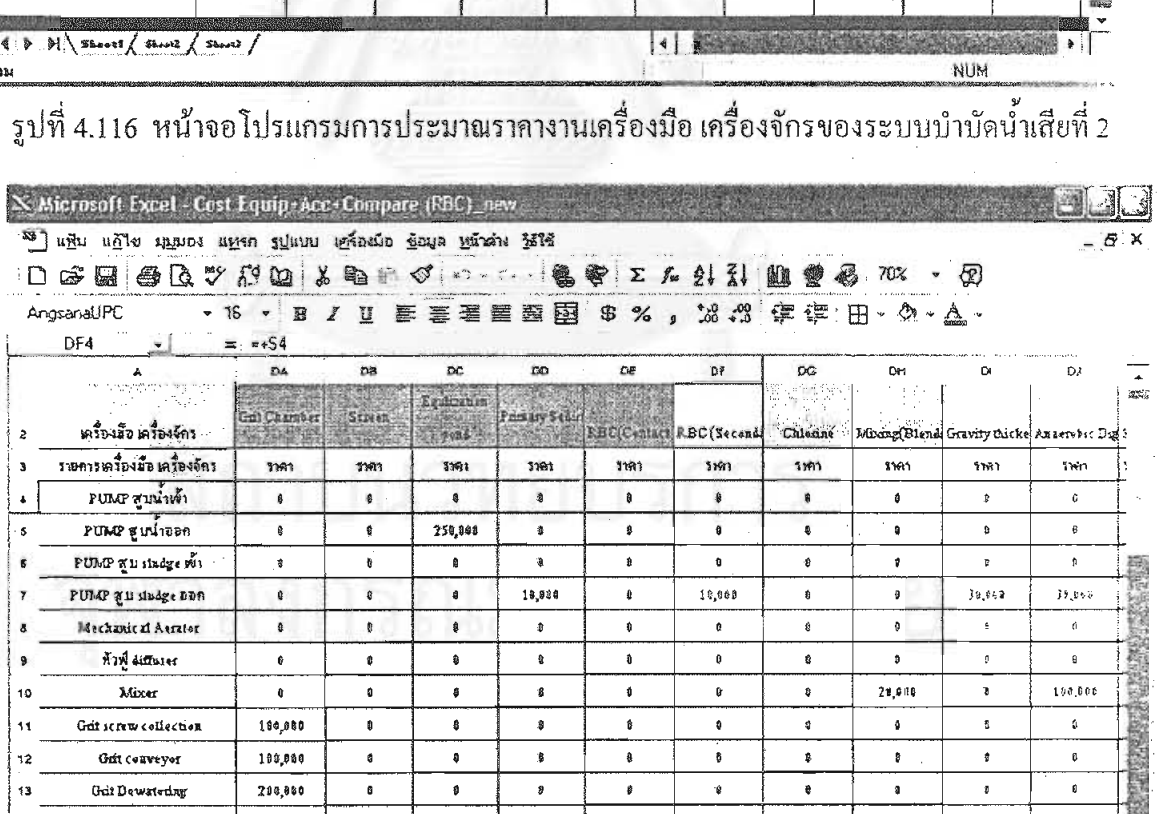
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Microsoft Excel - Cost Equip+Acc+Compare (RBC)_new

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	เครื่องมือ เครื่องจักร	Grit Chamber			Screen			Equalization Tank			Primary Settler
3	รายการเครื่องมือ เครื่องจักร	ราคาต่อหน่วย	จำนวน	ราคา	ราคาต่อหน่วย	จำนวน	ราคา	ราคาต่อหน่วย	จำนวน	ราคา	ราคาต่อหน่วย
4	PUMP ดูดน้ำเข้า			0			0			0	
5	PUMP ดูดน้ำออก			0			0	50,000	5	250,000	
6	PUMP ดูด sludge เข้า			0			0			0	
7	PUMP ดูด sludge ออก			0			0			0	18,000
8	Mechanical Aerator			0			0			0	
9	หัวฟู่ diffuser			0			0			0	
10	Mixer			0			0			0	
11	Grit screw collection	100,000	1	100,000			0			0	
12	Grit conveyor	100,000	1	100,000			0			0	
13	Grit Dewatering	200,000	1	200,000			0			0	
14	Mechanical Screen			0	300,000	1	300,000			0	
15	ชุดโปรแกรมคอมพร้อมมอเตอร์			0			0			0	300,000
16	Pipe system			0			0			0	
17	ชุด RBC สำเร็จรูป			0			0			0	
19	รวม		รวม	400,000		รวม	300,000		รวม	250,000	
20											

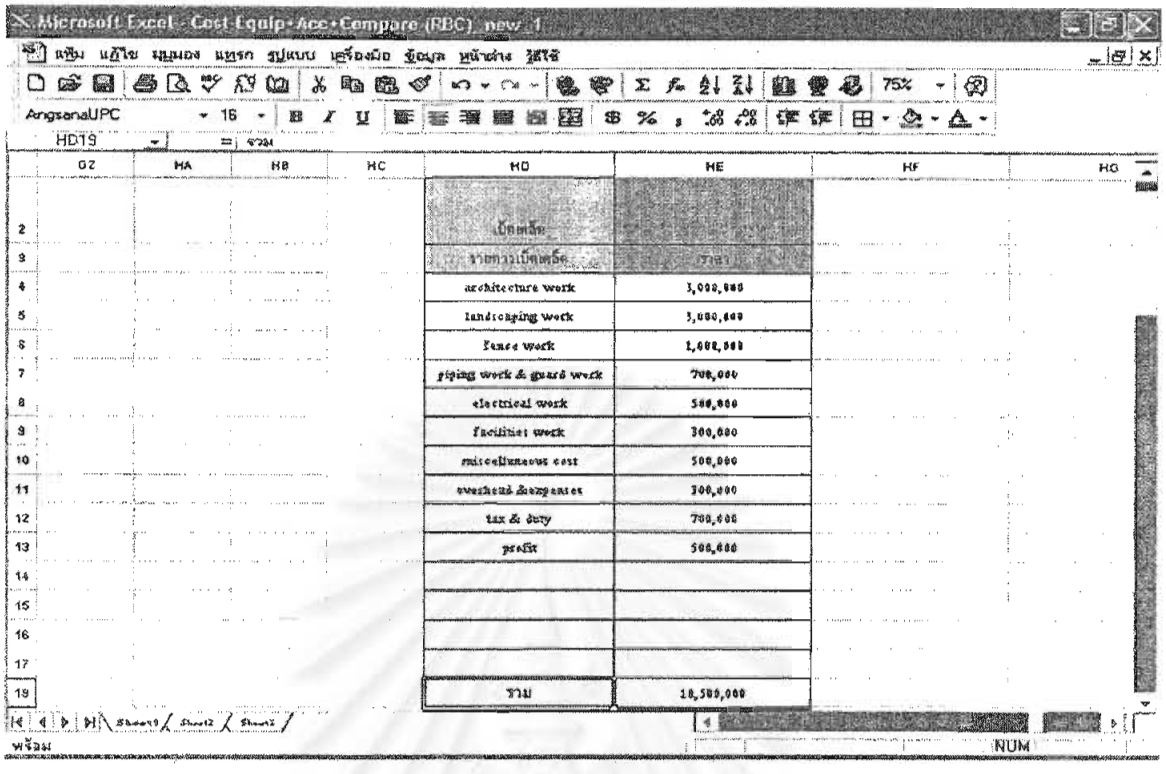
รูปที่ 4.116 หน้าจอโปรแกรมการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักรของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



Microsoft Excel - Cost Equip+Acc+Compare (RBC)_new

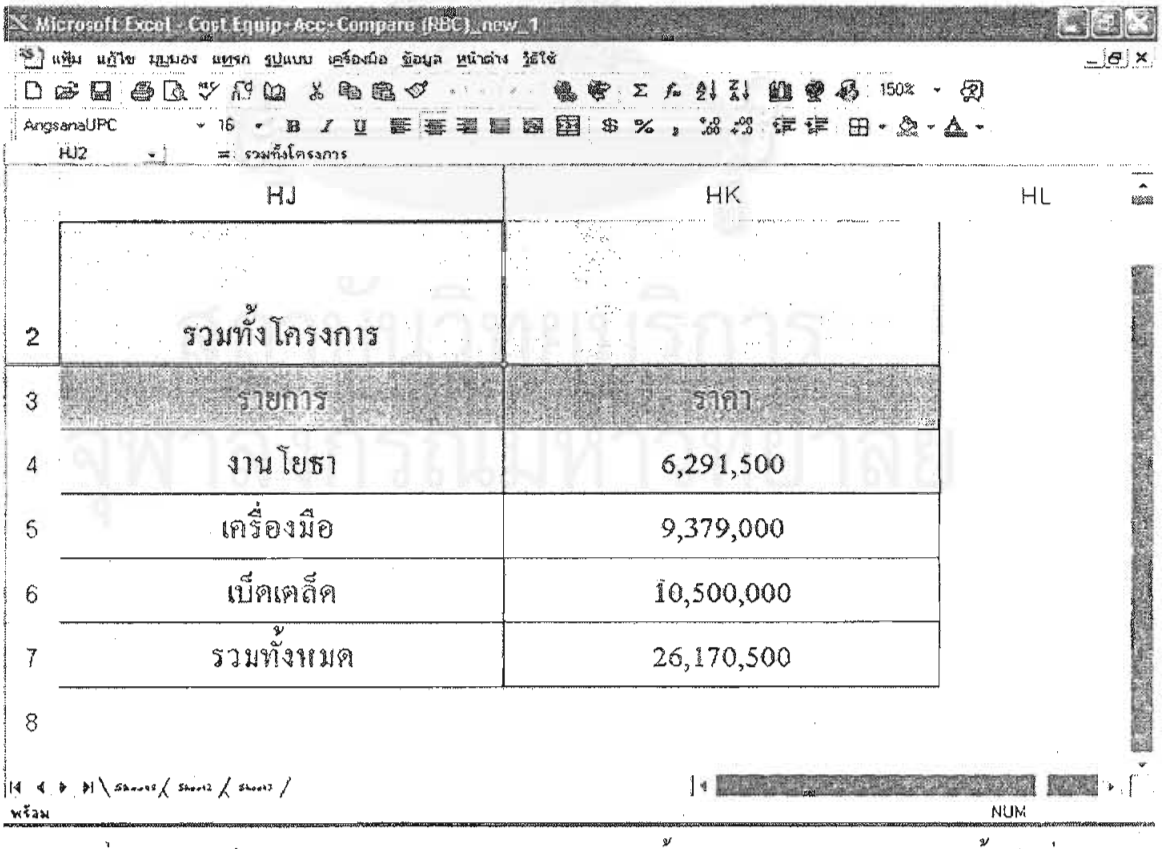
	A	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI	DJ
2	เครื่องมือ เครื่องจักร	Grit Chamber	Screen	Equalization Tank	Primary Settler	RBC(Contact	RBC(Second	Chlorine	Mixing(Blend	Gravity Thicke	Anaerobic Dig
3	รายการเครื่องมือ เครื่องจักร	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา
4	PUMP ดูดน้ำเข้า	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	PUMP ดูดน้ำออก	0	0	250,000	0	0	0	0	0	0	0
6	PUMP ดูด sludge เข้า	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	PUMP ดูด sludge ออก	0	0	0	18,000	0	18,000	0	0	36,000	36,000
8	Mechanical Aerator	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	หัวฟู่ diffuser	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Mixer	0	0	0	0	0	0	0	20,000	0	100,000
11	Grit screw collection	100,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Grit conveyor	100,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Grit Dewatering	200,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Mechanical Screen	0	300,000	0	0	0	0	0	0	0	0
15	ชุดโปรแกรมคอมพร้อมมอเตอร์	0	0	0	300,000	0	300,000	0	0	150,000	0
16	Pipe system	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	ชุด RBC สำเร็จรูป	0	0	0	0	7,500,000	0	0	0	0	0
19	รวม	400,000	300,000	250,000	318,000	7,500,000	318,000	0	20,000	186,000	136,000
20											

รูปที่ 4.117 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักรของระบบบำบัดน้ำเสีย



	HD	HE
2	เบ็ดเตล็ด	
3	รายการเบ็ดเตล็ด	ราคา
4	architecture work	3,000,000
5	landscaping work	3,000,000
6	fence work	1,000,000
7	piping work & guard work	700,000
8	electrical work	500,000
9	facilities work	300,000
10	miscellaneous cost	500,000
11	overhead &expenses	300,000
12	tax & duty	700,000
13	profit	500,000
14		
15		
16		
17		
19	ราม	10,500,000

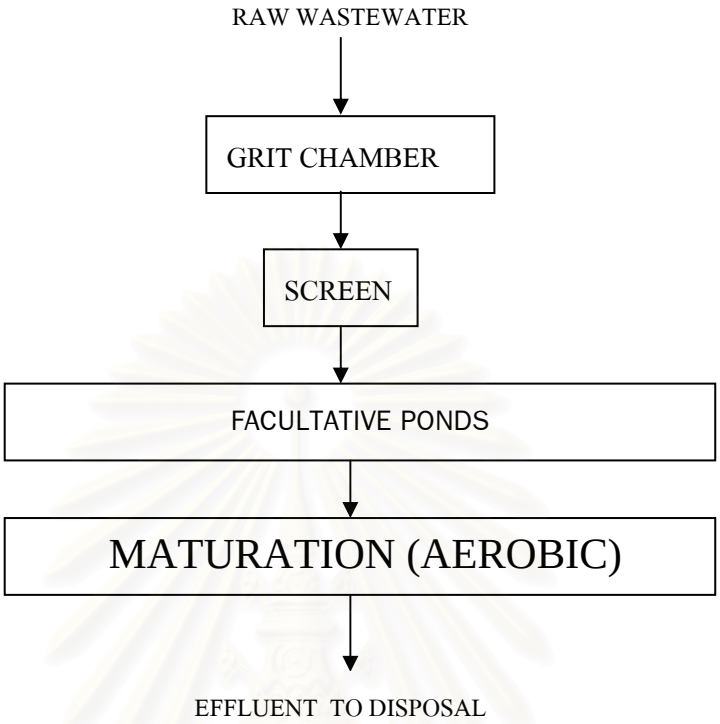
รูปที่ 4.118 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเบ็ดเตล็ดของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2



	HJ	HK
2	รวมทั้งโครงการ	
3	รายการ	ราคา
4	งานโยธา	6,291,500
5	เครื่องมือ	9,379,000
6	เบ็ดเตล็ด	10,500,000
7	รวมทั้งหมด	26,170,500
8		

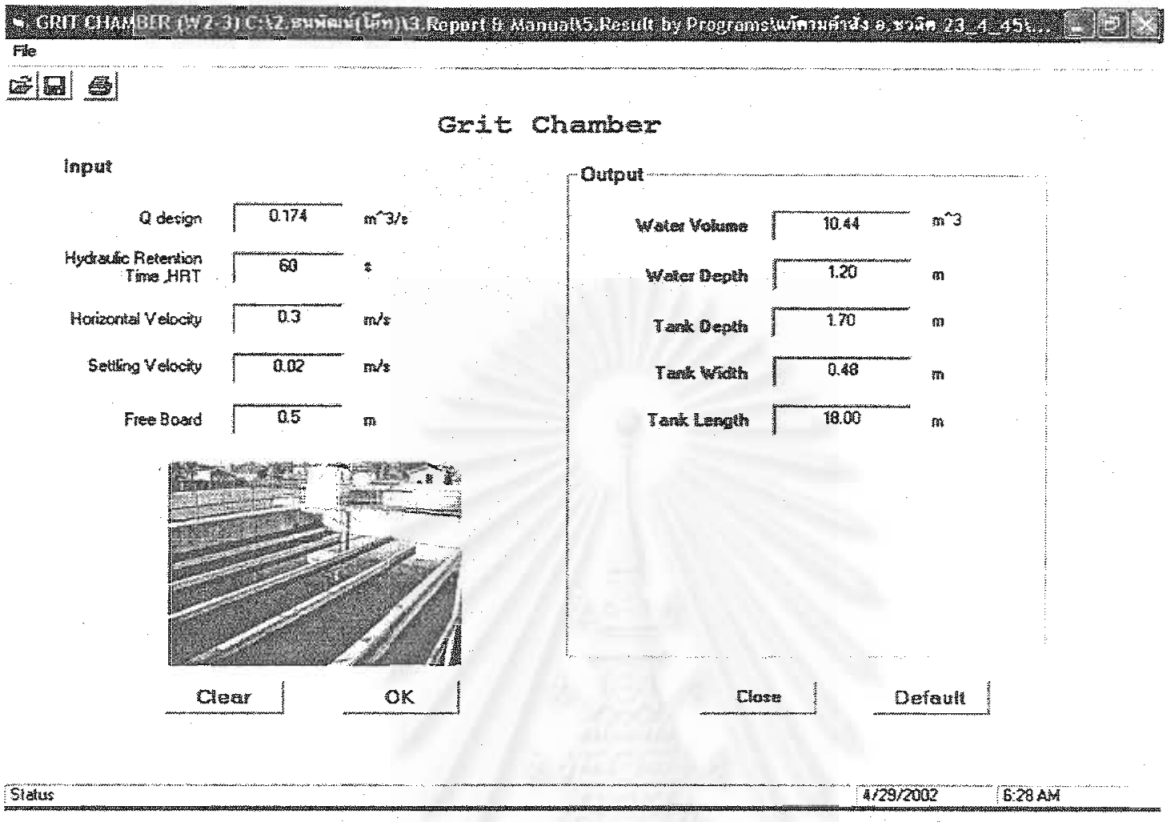
รูปที่ 4.119 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคาทั้งโครงการของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2

4.3.3 <u>ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3 เพื่อทดลองการใช้โปรแกรม</u>

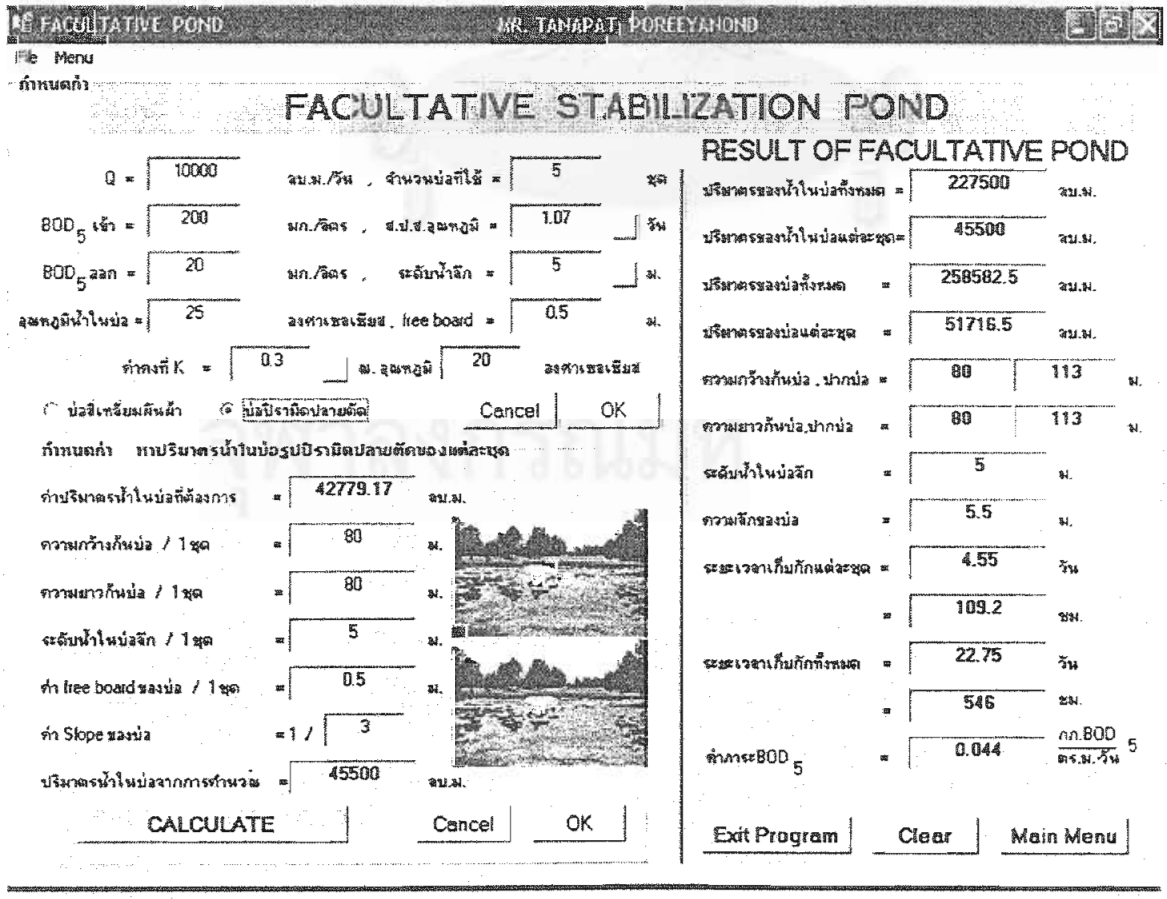


รูปที่ 4.120 Flow Diagram ของตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 2

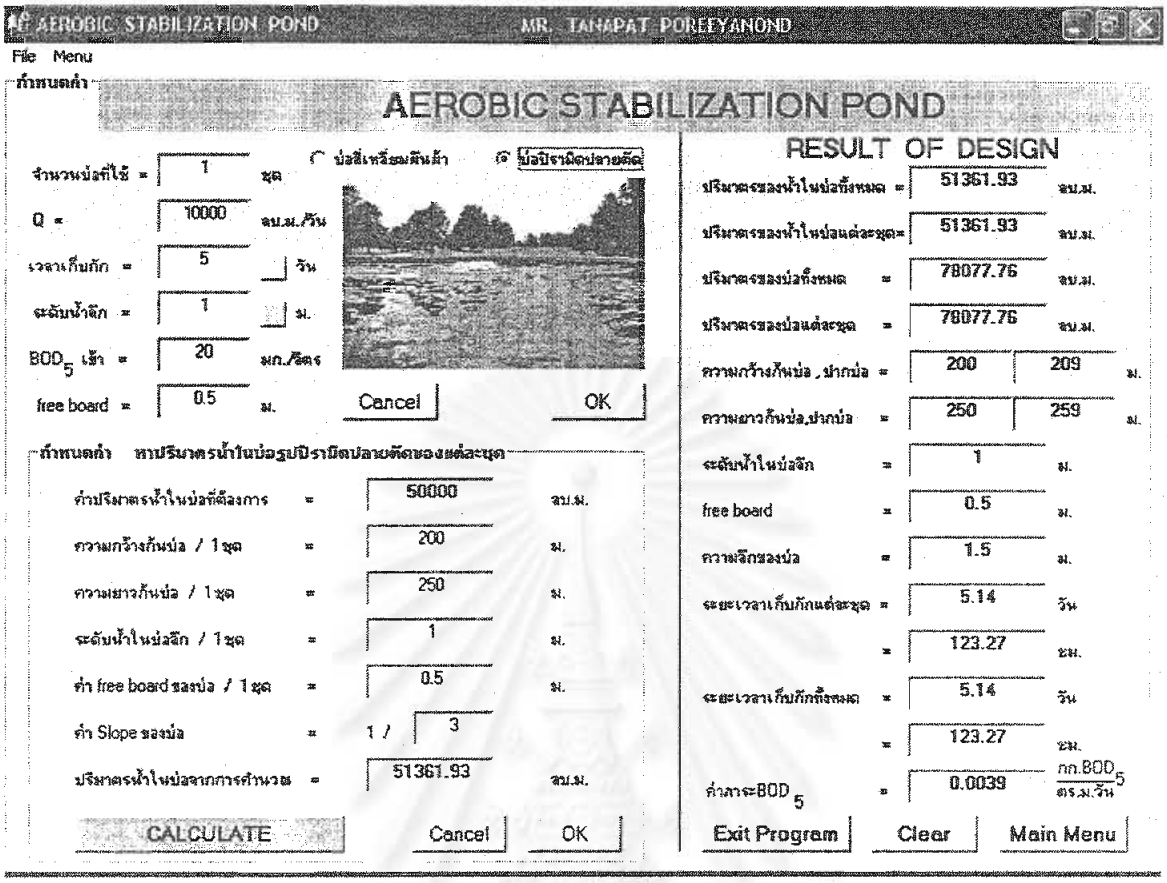
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



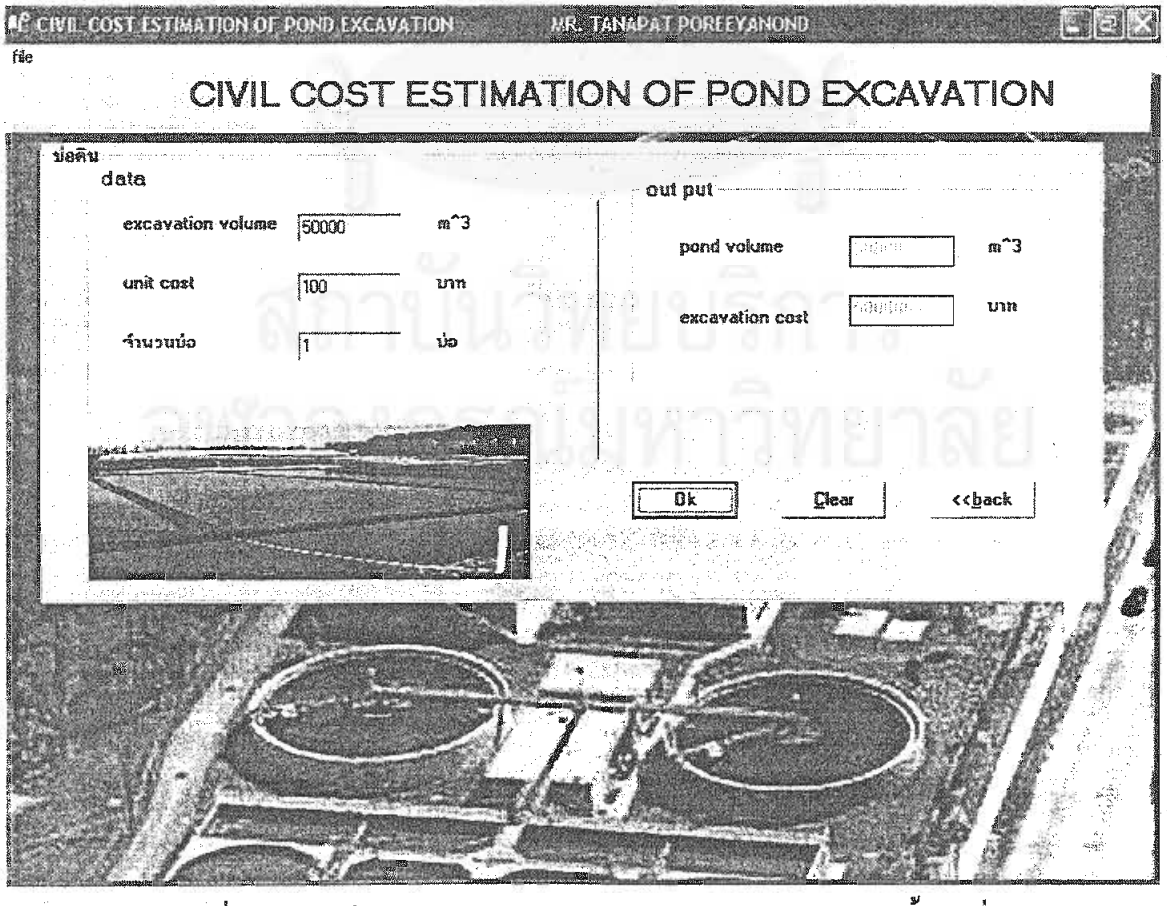
รูปที่ 4.121 หน้าจอการออกแบบ GRIT CHAMBER ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3



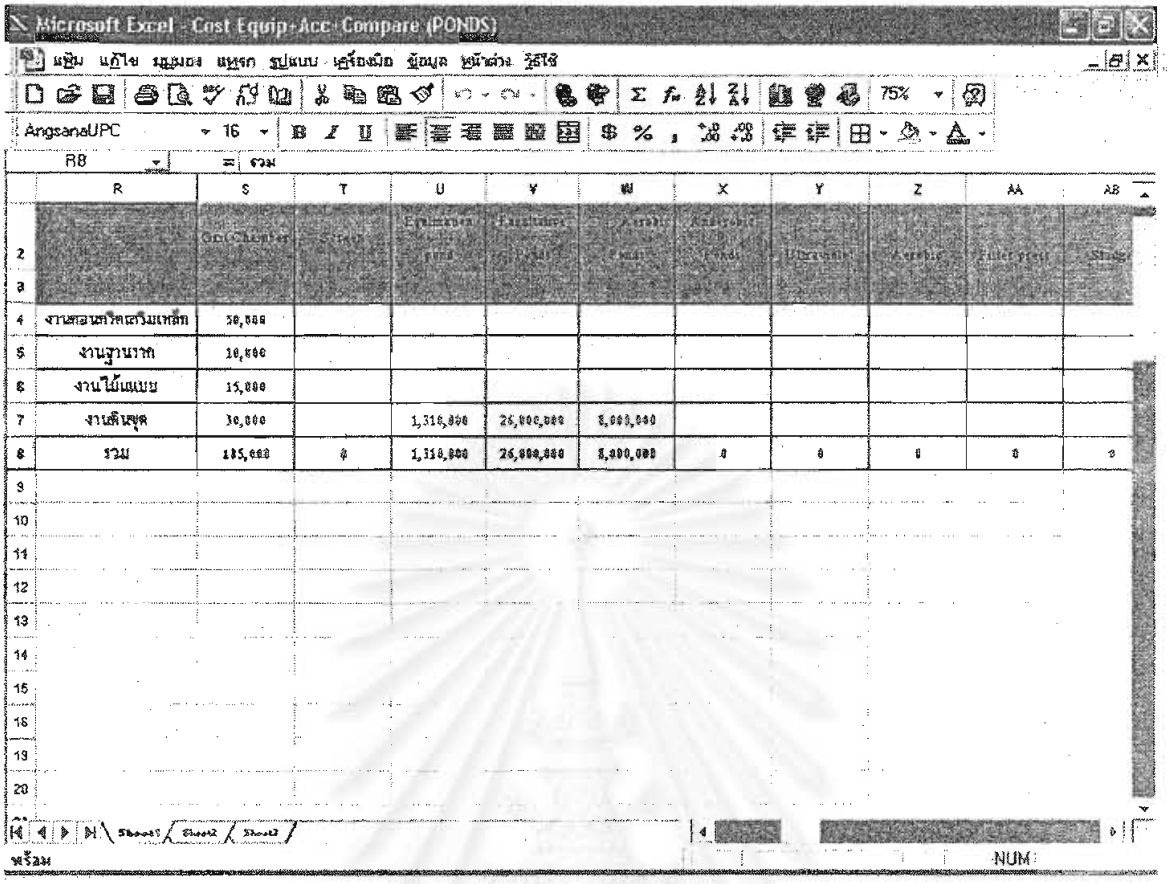
รูปที่ 4.122 หน้าจอการออกแบบ FACULTATIVE POND ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3



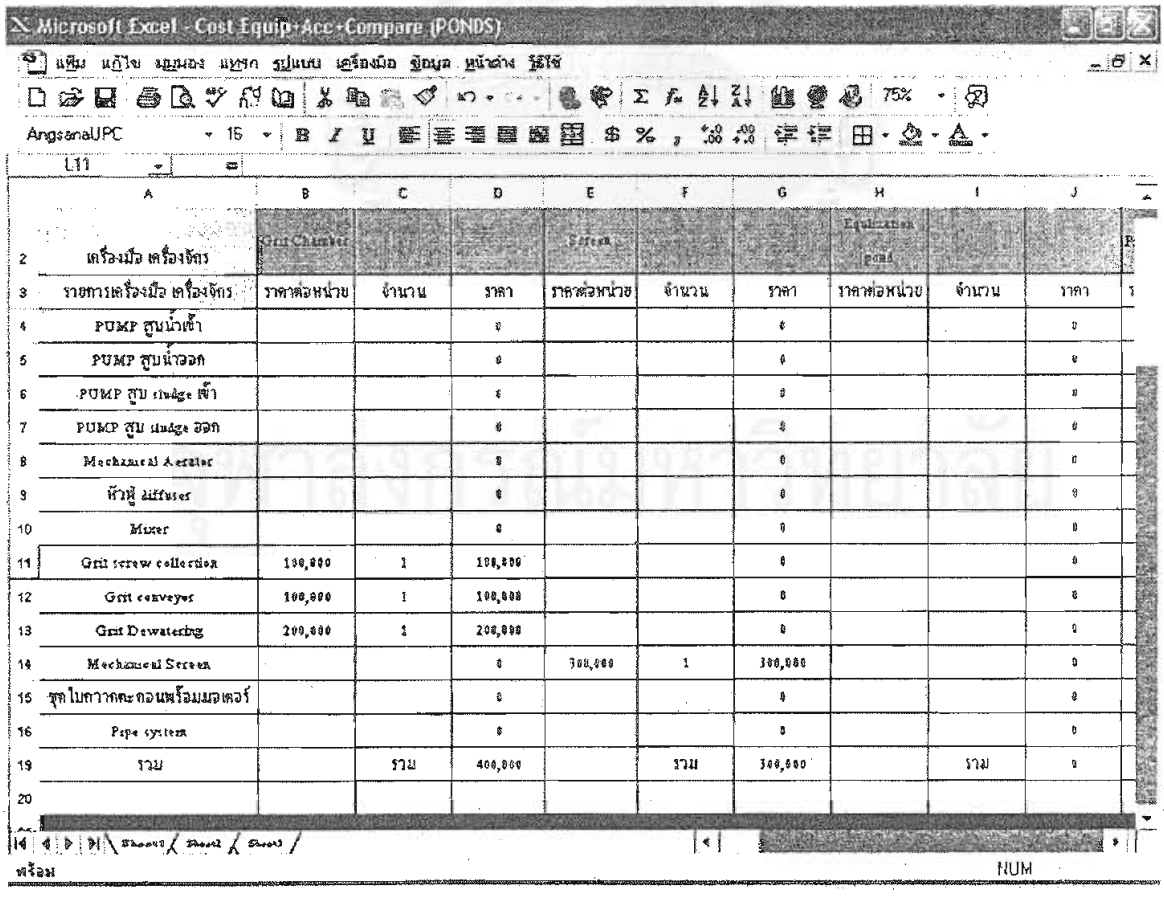
รูปที่ 4.123 หน้าจอการออกแบบ MATURATION(AEROBIC) PONDของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3



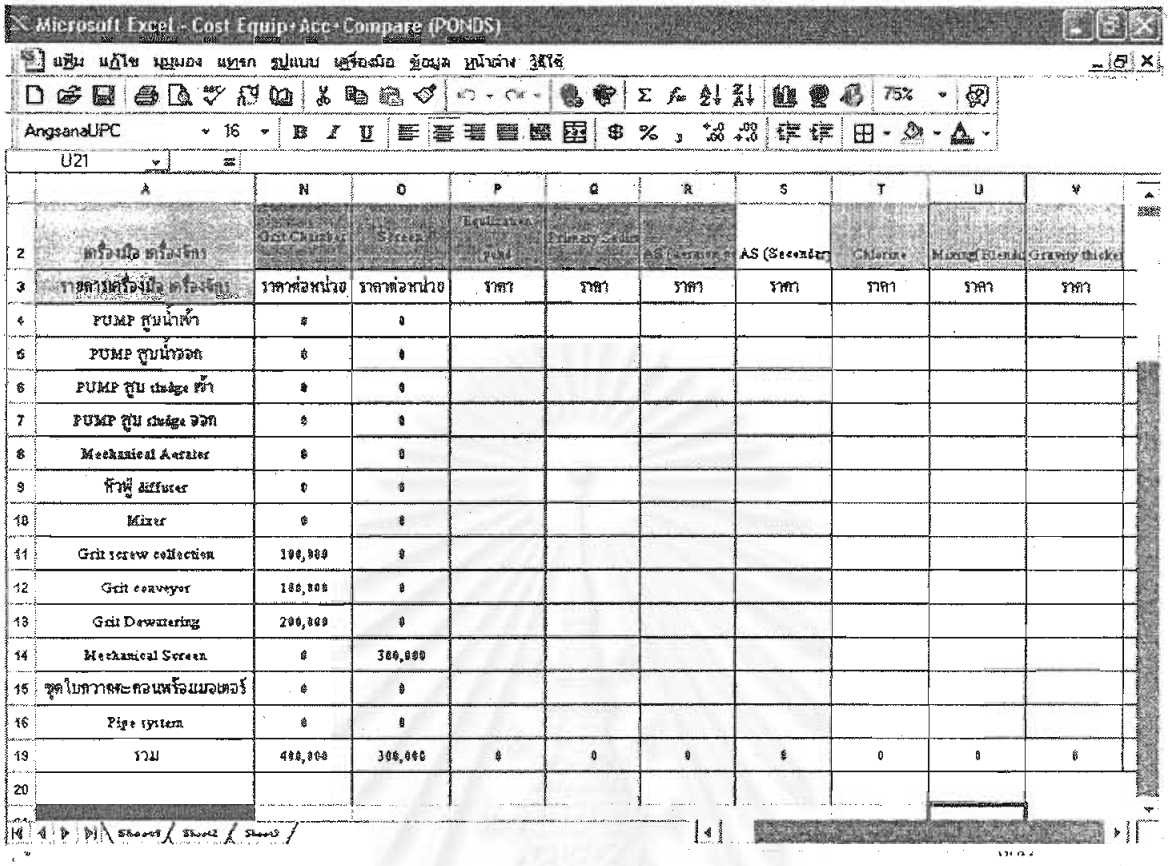
รูปที่ 4.124 หน้าจอการประมาณราคางานขุดดินของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3



รูปที่ 4.125 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานโยธาของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3

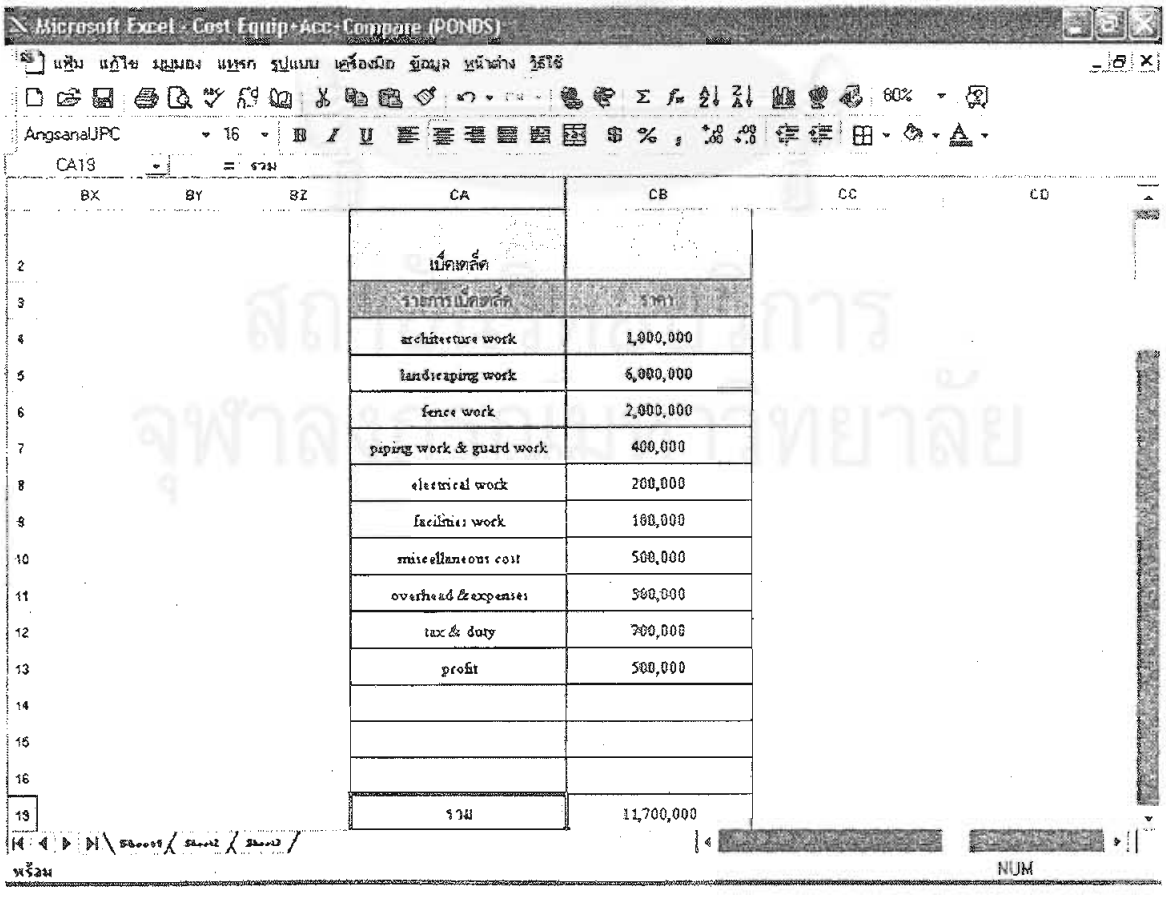


รูปที่ 4.126 หน้าจอโปรแกรมการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักรของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3



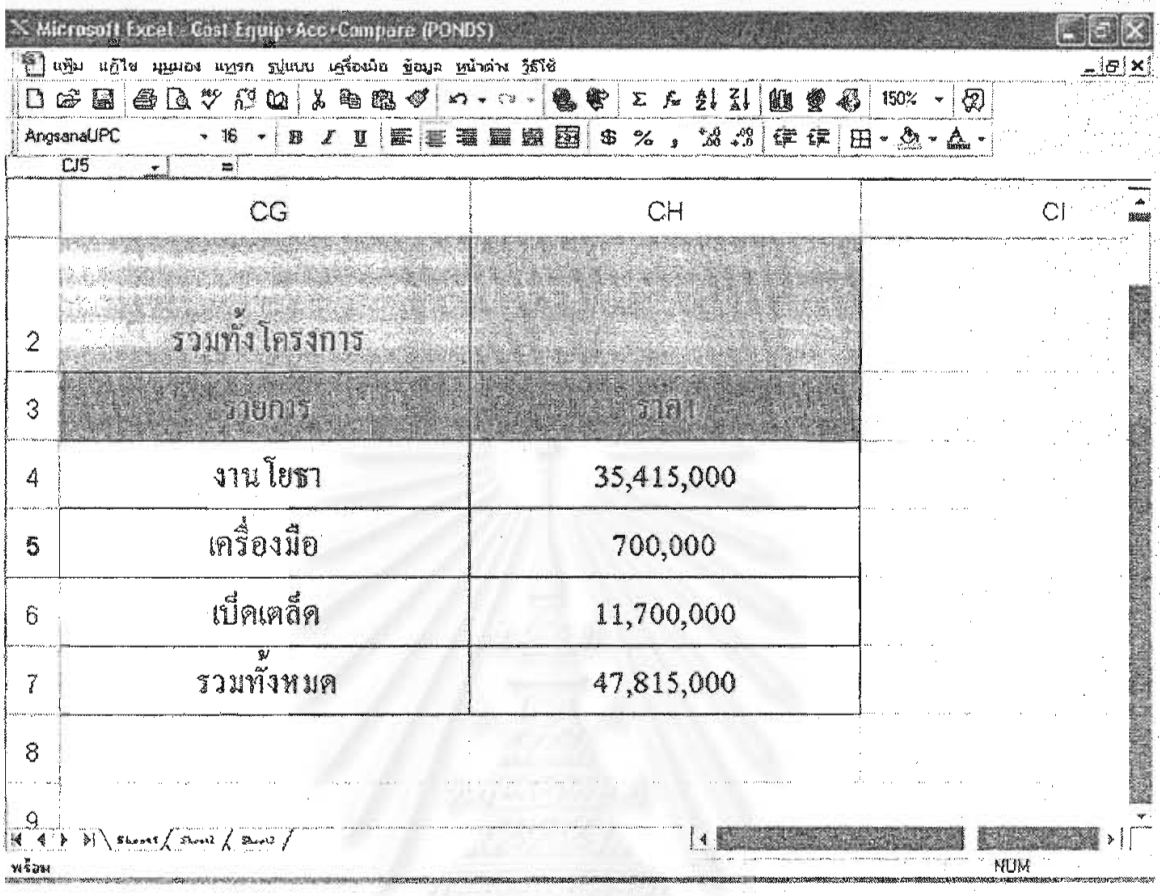
	A	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
2	เครื่องมือ เครื่องจักร	Grit Chamber	Screen	Equalization pond	Primary clarifier	AS (aeration tank)	AS (Secondary	Chlorine	Mixing Blender	Gravity thicker
3	รายการเครื่องมือ เครื่องจักร	ราคาต่อหน่วย	ราคาต่อหน่วย	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา	ราคา
4	PUMP ปูนน้ำเข้า	0	0							
5	PUMP ปูนน้ำออก	0	0							
6	PUMP ปูน sludge เข้า	0	0							
7	PUMP ปูน sludge ออก	0	0							
8	Mechanical Aerator	0	0							
9	หัวฟู่ diffuser	0	0							
10	Mixer	0	0							
11	Grit screw collection	190,000	0							
12	Grit conveyor	180,000	0							
13	Grit Dewatering	200,000	0							
14	Mechanical Screen	0	380,000							
15	ชุดโบกวาดตะกอนพร้อมมอเตอร์	0	0							
16	Pipe system	0	0							
19	รวม	490,000	380,000	0	0	0	0	0	0	0
20										

รูปที่ 4.127 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเครื่องมือ เครื่องจักรของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3



	CA	CB
2	เบ็ดเตล็ด	
3	รายการเบ็ดเตล็ด	ราคา
4	architecture work	1,000,000
5	landscaping work	6,000,000
6	fence work	2,000,000
7	piping work & guard work	400,000
8	electrical work	200,000
9	facilities work	100,000
10	miscellaneous cost	500,000
11	overhead & expenses	900,000
12	tax & duty	900,000
13	profit	500,000
14		
15		
16		
19	รวม	11,700,000

รูปที่ 4.128 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคางานเบ็ดเตล็ดของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3



	CG	CH	CI
2	รวมทั้งโครงการ		
3	รายการ	ราคา	
4	งานโยธา	35,415,000	
5	เครื่องมือ	700,000	
6	เบ็ดเตล็ด	11,700,000	
7	รวมทั้งหมด	47,815,000	
8			
9			

รูปที่ 4.129 หน้าจอโปรแกรมสรุปการประมาณราคาทั้งโครงการของระบบบำบัดน้ำเสียที่ 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.4 การเปรียบเทียบตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียที่ 1 2 และ 3 เพื่อเลือกระบบที่เหมาะสม

1) การเปรียบเทียบด้านพื้นที่ใช้งานของหน่วยบำบัด

	AS (m2)	RBC (m2)	PONDS (m2)
GRIT CHAMBER	18	18	18
EQAULIZATION POND	5,292	5,292	0
PRIMARY SEDIMENTATION	254	254	0
AERATION POND (AS)	1,196	0	0
RBC (CONTACT DISK)	0	3,750	0
FACULTATIVE POND	0	0	63,845
SECONDARY CLARIFIER	531	415	0
AEROBIC POND	0	0	54,131
CHLORINE CONTACT	221	221	0
SLUDGE THICKENNER	79	79	0
ANAEROBIC DIGESTION	254	254	0
SLUDGE DRYING BED	125	125	0
TOTAL OF AREA	7,970	10,408	117,994

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบด้านพื้นที่ใช้งานของหน่วยบำบัด

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า

AS ใช้พื้นที่น้อยที่สุดคือ 7,970 m2

RBC ใช้พื้นที่ปานกลางคือ 10,408 m2

PONDS ใช้พื้นที่มากที่สุดคือ 117,994 m2

ดังนั้นระบบบำบัดที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบด้านพื้นที่ใช้งาน คือ AS เพราะการที่ใช้พื้นที่น้อยกว่าย่อมก่อให้เกิดประโยชน์หลายประการเช่น การประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อที่ดิน และค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงที่ดิน การง่ายต่อการบำรุงดูแลรักษาสถานที่บริเวณต่างๆภายในโรงบำบัด เป็นต้น

PONDS ใช้พื้นที่สำหรับการบำบัดมากที่สุด ก็เพราะว่า PONDS เป็นระบบบำบัดที่อาศัยกลไกของธรรมชาติเพียงอย่างเดียวในการบำบัดน้ำเสีย เช่น

- การเติมอากาศเนื่องจากกระแสลมเพียงอย่างเดียว (ไม่มีการใช้เครื่องจักรกลเติมอากาศ) จึงต้องการพื้นที่ผิวน้ำขนาดกว้างใหญ่มาก เพื่อให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสในการถ่ายเทอากาศมากยิ่งขึ้นจนได้รับปริมาณอากาศจากกระแสลมที่เพียงพอแก่การความต้องการในการบำบัด
- การเติมอากาศเนื่องจากกระแสลมเพียงอย่างเดียว ทำให้ต้องการพื้นที่ผิวน้ำขนาดกว้างใหญ่มาก เพื่อให้มีค่า BOD5 loading rate ที่ไม่สูงมากจนเกินไป ซึ่งจะทำให้อัตราความต้องการออกซิเจนของจุลชีพต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ไม่สูงจนเกินไป และเพียงพอแก่การที่กระแสลมสามารถที่จะเติมอากาศได้ทันแก่ความต้องการใช้ออกซิเจนของจุลชีพด้วย
- ค่าความหนาแน่นของจุลชีพในบ่อมีน้อยเพราะอาศัยกลไกของธรรมชาติเพียงอย่างเดียว การบำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการจึงต้องกักเก็บน้ำเสียไว้ในบ่อให้นานเพียงพอที่จะให้จุลชีพในบ่อมีเวลาในการบำบัดความสกปรกได้อย่างทั่วถึง ซึ่งย่อมต้องการเวลาในการเก็บกักที่มากกว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยเครื่องจักรกล เมื่อต้องการเวลาเก็บกักที่มากกว่า ย่อมทำให้ต้องการพื้นที่สำหรับการบำบัดที่มากกว่าด้วยเช่นกัน
- ในกรณีของบ่อที่มีส่วนซึ่งเป็นสภาพไร้อากาศ (Anaerobic Condition) นั้น การบำบัดแบบไร้อากาศจำเป็นที่จะต้องมีระยะเวลาเก็บกักที่นานมากกว่าแบบใช้อากาศอย่างมาก เพราะจุลชีพชนิดไม่ใช้อากาศมีอัตราการกำจัด BOD และอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่าจุลชีพชนิดใช้อากาศอย่างมากจึงต้องมีระยะเวลาเก็บกักที่นานเพียงพอที่จะให้จุลชีพชนิดไม่ใช้อากาศสามารถกำจัด BOD ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเมื่อต้องการเวลาเก็บกักที่มากกว่า จึงทำให้ต้องการพื้นที่สำหรับการบำบัดที่มากกว่าด้วยเช่นกัน

ส่วน AS และ RBC เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้จุลชีพชนิดใช้อากาศเพียงอย่างเดียว ซึ่งจุลชีพชนิดนี้มีอัตราการกำจัด BOD และอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่าจุลชีพชนิดไม่ใช้อากาศอย่างมาก จึงมีค่าความหนาแน่นของจุลชีพในบ่อสูงประกอบกับการเติมอากาศเป็นการใช้เครื่องจักรกล จึงมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนที่สูงมากกว่าการเติมอากาศด้วยกระแสลมธรรมชาติอย่างมาก ดังนั้นทั้งระบบ AS และ RBC จึงไม่จำเป็นต้องใช้เวลาเก็บกักน้ำเสียมากเมื่อเทียบกับระบบ PONDS จึงทำให้ต้องการพื้นที่สำหรับการบำบัดที่น้อยกว่าด้วยเช่นกัน

2) <u>การเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพการบำบัด</u>

BOD5	AS (mg/l)	RBC (mg/l)	PONDS (mg/l)
INFLUENT TO PLANT	200	200	200
EFFLUENT OUT OFF PLANT	6	15	10
% BOD5 REMOVAL	97	93	95

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพการบำบัด

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า

AS มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD5 มากที่สุดคือ 97 %

PONDS มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD5 ปานกลางคือ 95 %

RBC มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD5 น้อยที่สุดคือ 93 %

ดังนั้นระบบบำบัดที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาด้านประสิทธิภาพการบำบัด คือ AS และโดยทั่วไปแล้ว AS เป็นระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพดีมากเพราะสามารถกำจัด BOD ได้มากกว่า 90 % เป็นส่วนมาก และมีความน่าเชื่อถือในประสิทธิภาพการบำบัดได้มากกว่าระบบอื่นๆเพราะ operator สามารถควบคุมได้อย่างใกล้ชิด เช่น การควบคุมอัตราการทิ้งสลัดจ์ส่วนเกิน การควบคุมอัตราการหมุนเวียนสลัดจ์ เป็นต้น

แต่ RBC เมื่อก่อสร้างเสร็จแล้วไม่สามารถควบคุมได้มากนัก ทั้งนี้ก็เป็นเพราะว่าประสิทธิภาพมักจะขึ้นกับพื้นที่ผิวซึ่งเป็นสิ่งที่ถูกกำหนดตายตัวไว้แล้ว แต่ก็มีความน่าเชื่อถือในประสิทธิภาพมากกว่า PONDS เพราะปัจจัยหลักที่มีผลต่อการบำบัดคือพื้นที่ผิวสัมผัสของตัวกลาง และไม่ค่อยขึ้นสภาวะแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ เท่าใดนัก

ส่วน PONDS แทบไม่สามารถควบคุมได้และมีความสม่ำเสมอของการบำบัดต่ำ เพราะต้องปล่อยไปตามสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ กระแสลม เป็นต้น แต่ในตัวอย่างที่ 3 นั้น การที่ PONDS มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ได้มากกว่า RBC ก็น่าจะเป็นเพราะ PONDS อาศัยการเก็บกักน้ำที่นานกว่า และมีการต่อกันเป็นอนุกรมของบ่อหลายบ่อ

แต่ในขณะเดียวกัน ถ้าพิจารณาในอีกแง่มุมที่ตรงกันข้าม ก็จะพบว่า ระบบ AS นั้น ถึงแม้จะมีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ได้มากกว่า 90 % ขึ้นไป และมีความคงที่หรือความน่าเชื่อถือในประสิทธิภาพการบำบัดมากกว่าระบบบำบัดแบบอื่นๆ แต่ระบบ AS ก็มีปัญหามากมายในการที่ต้องคอยระวังเฝ้าดูแลแก้ไข บางปัญหาก็อาจเป็นปัญหาเรื้อรังที่บางครั้งก็แก้ไขได้ยาก เช่น Sludge Bulking เป็นต้น ปัญหาประเภทนี้มักจะเป็นปัญหาที่เมื่อไม่สามารถแก้ไขให้หมดสิ้นไปอย่างเด็ดขาดได้แล้วก็จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดในการกำจัด BOD ต่ำลงอย่างมากๆ หรือถึงขั้นที่ล้มเหลวอยู่เรื่อยๆก็อาจเป็นไปได้ ซึ่งก็อาจจะทำให้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุนก่อสร้างและเลือกใช้งานระบบนี้

ระบบ RBC ก็มีความคล้ายคลึงเช่นเดียวกันกับระบบ AS ทั้งในแง่ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ได้มากกว่า 90 % ขึ้นไป และมีความคงที่หรือความน่าเชื่อถือในประสิทธิภาพการบำบัดมากกว่าระบบบำบัดอื่นๆอีกหลายระบบ แต่ระบบ RBC นี้ก็มีปัญหาที่ต้องการการคอยเฝ้าระวังดูแลอยู่จำนวนไม่น้อย และบางปัญหาก็อาจจะคล้ายคลึงกับของระบบ AS คือ เป็นปัญหาเรื้อรังที่บางครั้งก็แก้ไขได้ยาก เช่น การเกิดสภาวะสูญเสียแผ่นฟิลม์ที่เกาะติดผิวแผ่นตัวกลางหมุนมากเกินไป เป็นต้น ปัญหาประเภทนี้มักจะเป็นปัญหาที่เมื่อไม่สามารถแก้ไขให้หมดสิ้นไปอย่างเด็ดขาดได้แล้วก็จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดในการกำจัด BOD ต่ำลงอย่างมากๆ หรือถึงขั้นที่ล้มเหลวอยู่เรื่อยๆก็อาจเป็นไปได้ ซึ่งก็อาจจะทำให้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุนก่อสร้างและเลือกใช้งานระบบนี้

ระบบ PONDS นั้นถึงแม้จะมีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD และมีความคงที่หรือความน่าเชื่อถือในประสิทธิภาพการบำบัดน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับระบบบำบัดประเภทอื่นๆ แต่ก็เป็นระบบที่แทบไม่ค่อยมีปัญหาใดๆที่ต้องคอยควบคุมดูแลใกล้ชิดอยู่ตลอดเวลาเหมือนอย่างระบบ AS หรือ RBC เพราะระบบ PONDS นี้ ถ้าได้รับออกแบบที่ถูกต้องเหมาะสมกับคุณสมบัติน้ำเสียที่รับเข้ามาบำบัด และคุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นหรือลงจนมากเกินไปแล้ว ระบบนี้จะสามารถมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้อย่างคงที่และเชื่อถือได้ตามที่ออกแบบไว้อยู่เกือบตลอดเวลา โดยที่ไม่ต้องคอยคุมดูแลให้ยุ่งยากแต่อย่างใดด้วยเช่นกัน

3) <u>การเปรียบเทียบด้านราคารวมของทั้งโครงการ</u>

ราคารวมทั้งโครงการ	AS (บาท)	RBC (บาท)	PONDS (บาท)
งานโยธา	6,667,500	6,291,500	35,415,000
งานเครื่องจักร เครื่องมือ	2,480,000	9,379,000	700,000
งานเบ็ดเตล็ด	9,500,000	10,500,000	11,700,000
รวมทั้งหมด	18,647,500	26,170,500	47,815,000

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบด้านราคารวมของทั้งโครงการ

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า

AS มีราคารวมของทั้งโครงการถูกที่สุดคือ 18,647,500 บาท

RBC มีราคารวมของทั้งโครงการปานกลางคือ 26,170,500 บาท

PONDS มีราคารวมของทั้งโครงการแพงที่สุดคือ 47,815,000 บาท

ดังนั้นระบบบำบัดที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาด้านราคารวมของทั้งโครงการ คือ AS สาเหตุที่ RBC แพงกว่า AS น่าจะเป็นเพราะ RBC ไม่สามารถผลิตได้เอง ต้องสั่งซื้ออย่างสำเร็จรูปมาติดตั้ง จึงทำให้มีราคาต่อหน่วยแพง ถึงแม้ว่าราคาต่อหน่วยของบ่อ AERATION ของ AS จะแพงกว่า แต่ RBC ต้องใช้จำนวนถังมากกว่า จึงทำให้ราคาโดยรวมแพงกว่า AS ถึงแม้ว่าจะมีราคางานโยธาและงานเบ็ดเตล็ดใกล้เคียงกัน

ส่วน PONDS แม้จะมีราคารวมเครื่องจักรต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับ AS และ RBC แต่เนื่องจากต้องใช้พื้นที่มากที่สุดจึงสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการขุดบ่อดินอย่างมากจึงมีราคางานโยธาสูงที่สุด และต้องใช้จ่ายในการจัดซื้อที่ดิน รวมทั้ง ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงที่ดินตามมาอีกจำนวนมาก จึงมีราคารวมทั้งโครงการแพงที่สุด

โดยปกติทั่วไปมักจะพบว่า ระบบ PONDS น่าจะมีราคารวมทั้งโครงการที่ต่ำกว่าระบบ AS หรือ RBC เพราะระบบ PONDS มีการใช้เครื่องจักรเครื่องมือและมีการก่อสร้างงานโยธาที่เป็นงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (เช่น ถังบำบัดน้ำเสีย อาคารควบคุมต่างๆ เป็นต้น) น้อยกว่าระบบ AS และ RBC อย่างมาก

แต่จากผลการคำนวณของกรณีตัวอย่างระบบบำบัดทั้ง 3 กรณีปรากฏว่าระบบ PONDS กลับมีราคารวมทั้งโครงการสูงกว่า AS และ RBC นั้น สามารถอธิบายเหตุผลได้ดังนี้

1) เมื่อพิจารณาด้านพื้นที่การใช้งานจะเห็นว่า ระบบ PONDS ต้องการใช้พื้นที่สำหรับการบำบัดที่มากกว่าระบบ AS และ RBC ด้วยเหตุผลดังที่ได้อธิบายไปแล้ว

2) เมื่อพิจารณาด้านประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย จะเห็นว่า ทั้งระบบ AS RBC และ PONDS มีประสิทธิภาพที่เกิน 90 % และใกล้เคียงกันมาก

3) เมื่อนำเหตุผลทั้งด้านพื้นที่การใช้งาน และประสิทธิภาพการบำบัดมาพิจารณาร่วมกัน ก็เห็นว่าเป็นเหตุผลที่สามารถยอมรับได้ คือ เพื่อให้ทั้งระบบ AS RBC และ PONDS บำบัดได้ประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกัน ระบบ PONDS ก็ย่อมต้องการพื้นที่ที่มากกว่าอีก 2 ระบบที่เหลืออย่างแน่นอน

4) โดยทั่วไปแล้ว ระบบ PONDS ย่อมจะต้องพื้นที่มากกว่า จึงมีราคางานโยธา(ส่วนมากเป็นราคาขุดดินของบ่อ)สูงกว่าระบบ AS และ RBC แต่เนื่องจากระบบ PONDS มีราคาเครื่องจักรเครื่องมือที่น้อยกว่าอีก 2 ระบบอย่างมาก จึงทำให้ราคารวมของทั้งโครงการของระบบ PONDS มักจะมีราคาต่ำกว่าอีก 2 ระบบนั้น

5) แต่จากเปรียบเทียบราคารวมทั้งโครงการกรณีตัวอย่างระบบบำบัดทั้ง 3 กรณีนั้น ระบบ PONDS กลับมีราคารวมทั้งโครงการสูงกว่า AS และ RBC ก็เพราะว่าในการออกแบบระบบ PONDS นั้น ได้ออกแบบเป็นระบบบ่อ Facultative Ponds ซึ่งการออกแบบใช้การสมมติค่า K (Reaction Rate Constant) เป็นพารามิเตอร์สำคัญที่สุดในการคำนวณได้ปริมาตรบ่อออกมา

ในตัวอย่างการออกแบบบ่อ Facultative Ponds นั้น น่าจะเป็นเพราะการเลือกใช้ค่า K ที่อาจต่ำเกินไป (K = 0.3) จึงทำให้ได้ผลลัพธ์การคำนวณของระยะเวลาเก็บกักที่สูงเกินไป เมื่อต้องการระยะเวลาเก็บกักที่มาก ความต้องการใช้พื้นที่ของบ่อก็ย่อมมากตามไปด้วย

แต่ถ้าจะทดลองออกแบบต่อไปอีก โดยการแทนค่า K หลายๆค่าที่มากกว่า 0.3 ขึ้นไป ซึ่งสามารถทำได้ถ้าถือว่ากรณีตัวอย่างระบบบำบัดนี้เกิดในประเทศแถบเมืองร้อน (เช่น ประเทศไทย) เพราะประเทศในแถบเมืองร้อนนั้นมีอุณหภูมิสูง จุลชีพจะมีอัตราการดำเนินกิจกรรมในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สูงกว่ากรณีอุณหภูมิต่ำ นั่นก็ย่อมอาจจะเป็นไปได้ว่า ในที่สุดก็อาจจะได้พบค่า K ที่สามารถให้ผลลัพธ์การคำนวณของระยะเวลาเก็บกักที่น้อยลง ซึ่งจะทำให้ความต้องการพื้นที่การใช้งานและราคางานโยธา(งานขุดบ่อดิน)น้อยลงตามไปด้วย จนกระทั่งในที่สุดก็จะได้ราคารวมทั้งโครงการของระบบ PONDS ที่ต่ำกว่าระบบ AS และ RBC

4) <u>สรุปผลการเลือกระบบบำบัดที่เหมาะสม</u>

เมื่อได้ทดลองออกแบบระบบบำบัดทั้ง 3 กรณีตัวอย่าง คือ AS RBC และ PONDS จากการเปรียบเทียบทั้ง 3 ด้านหลัก คือ พื้นที่การใช้งาน ประสิทธิภาพการบำบัด และราคารวมทั้งโครงการ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า **AS (ตัวอย่างระบบบำบัดที่ 1) เป็นระบบบำบัดที่เหมาะสมที่สุด**กับตัวอย่าง Raw Wastewater ที่กำหนดให้มา ด้วยเหตุผลหลัก 3 ประการ คือ

ก. AS ใช้พื้นที่น้อยที่สุดคือ 7,970 m2

ข. AS มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD5 มากที่สุดคือ 97 %

ค. AS มีราคารวมของทั้งโครงการถูกที่สุดคือ 18,647,500 บาท

แต่ข้อสรุปนี้เป็นเฉพาะของกรณีระบบบำบัดตัวอย่าง ที่ได้ยกขึ้นมาทดลองออกแบบให้เป็นตัวอย่างในที่นี้เท่านั้น จึงอาจจะเป็นข้อสรุปที่ไม่เหมือนกรณีอื่นๆโดยทั่วไป ดังนั้นกรณีระบบบำบัดตัวอย่างที่ยกมานี้ ถ้าจะได้มีการทดลองเปลี่ยนค่าต่างๆที่ใช้ในการออกแบบต่อไปอีกเรื่อยๆ (เช่น ค่า K ของ Facultative Ponds) ก็อาจจะได้ข้อสรุปที่แตกต่างไปจากนี้ (เช่น อาจสรุปได้ว่า ระบบบำบัดที่เหมาะสมที่สุด คือ PONDS) ก็ย่อมอาจจะเป็นไปได้ด้วยเช่นกัน

อนึ่งในการทำงานออกแบบจริงๆแล้ว การพิจารณาเปรียบเทียบแค่ 3 ด้านหลัก คือ พื้นที่การใช้งาน ประสิทธิภาพการบำบัด และราคารวมทั้งโครงการ ยังไม่น่าจะเป็นที่เพียงพอได้ การพิจาณาเปรียบเทียบนั้นยังต้องการพิจารณาในด้านอื่นๆอีกหลายด้านประกอบกันไปด้วย เช่น

- ค่าใช้จ่ายระยะยาวในการเดินระบบและซ่อมบำรุง (Operation&Maintenance)
- ความเป็นไปได้ในการจัดวางผังโรงบำบัด(Plant lay-out)ให้เหมาะสมกับพื้นที่จริง
- ความยากง่ายในการควบคุมดูแลระบบบำบัด
- ความสามารถของบุคลากรที่จะเข้ามาควบคุมดูแลระบบบำบัด
- การสนับสนุนของแหล่งเงินทุนทั้งที่ใช้ก่อสร้างและเดินระบบ
- การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA)

เป็นต้น

การทำงานออกแบบจริงๆนั้น มักจะต้องนำด้านต่างๆเหล่านี้มาเปรียบเทียบกันเพื่อหาข้อสรุปที่รอบคอบและเหมาะสมที่สุดต่อไป

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการเขียนโปรแกรมออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและประเมินราคาเบื้องต้นนี้ได้แบ่งโครงสร้างของโปรแกรมออกเป็น 8 ส่วนหลักๆ ด้วยกัน คือ

1. Main เป็นฟังก์ชันหลักซึ่งรวบรวมฟังก์ชันย่อยทั้งหมดของโปรแกรม

2. Flow and mass balance เป็นฟังก์ชันย่อยซึ่งทำหน้าที่คำนวณสมดุลอัตราการไหลและมวลสารภายในระบบบำบัดน้ำเสีย

3. Design เป็นฟังก์ชันย่อยซึ่งทำหน้าที่คำนวณออกแบบหน่วยบำบัดน้ำเสียต่างๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย

4. Plant lay-out consideration เป็นฟังก์ชันย่อยซึ่งทำหน้าที่ช่วยผู้ใช้งานโปรแกรมในการพิจารณาจัดวางแบบแปลน (plant lay-out) ของโรงบำบัดน้ำเสีย

5. Hydraulic consideration and profile เป็นฟังก์ชันย่อย ซึ่งทำหน้าที่ออกแบบองค์ประกอบที่สำคัญทางชลศาสตร์ของโรงบำบัดน้ำเสีย

6. Cost estimation เป็นฟังก์ชันย่อย ซึ่งทำหน้าที่คำนวณประเมินราคาเบื้องต้นของโรงบำบัดน้ำเสีย

7. Cost comparison เป็นฟังก์ชันย่อยสำหรับการเปรียบเทียบราคาที่ได้จากการประเมินในแต่ละรอบการคำนวณ

8. Analysis เป็นฟังก์ชันย่อยช่วยคำนวณวิเคราะห์ว่า โรงบำบัดน้ำเสียเดิมที่มีอยู่แล้วนั้นเหมาะสมกับคุณลักษณะของน้ำเสียที่พิจารณาหรือไม่

ฟังก์ชันทั้ง 8 นี้ เป็นมิติใหม่ของงานการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการออกแบบและประเมินราคาเบื้องต้น เพราะเป็นความครบถ้วนของขั้นตอนในการทำงานได้ภายในโปรแกรมเดียวกัน โดยในการทำงานของแต่ละฟังก์ชันทั้ง 8 นั้น จะเป็นอิสระต่อกัน ผู้ใช้งานจึงมีอิสระในการเลือกใช้ฟังก์ชันใดก่อนหรือหลังก็ได้

การใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณออกแบบและประเมินราคาเบื้องต้นนั้น จะช่วยวิศวกรได้มากทั้งความสะดวก ความรวดเร็ว ที่มีมากกว่าการคำนวณด้วยมือ และช่วยป้องกันความผิดพลาดอันเกิดจากการคำนวณด้วยมือ ส่วนการคำนวณด้วยมือนั้นใช้เวลานานมาก และมีโอกาสผิดพลาดในระหว่างการคำนวณได้อย่างมาก ตัวเลขผลลัพธ์ต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณออกแบบและการคำนวณประเมินราคาเบื้องต้น ก็เป็นตัวเลขที่ยอมรับได้สำหรับงานการออกแบบเบื้องต้น และสามารถนำไปใช้ได้จริงในงานออกแบบรายละเอียดต่อไป

ผู้ใช้สามารถบันทึกเก็บผลลัพธ์ของการคำนวณไว้ในรูปของไฟล์และสามารถเปิดไฟล์นั้นกลับขึ้นมาดูภายหลังหรือจะพิมพ์ออกมาในรูปของรายงานด้วย Microsoft Word ก็ได้

การใช้ภาษา Visual Basic เขียนโปรแกรมนี้เป็นสิ่งที่เหมาะสมอย่างยิ่งเพราะทำให้โปรแกรมใช้งานได้ง่ายแบบ Event-driven และเป็น User friendly อย่างมาก ซึ่งเป็นเอกลักษณ์อันโดดเด่นของโปแกรมนี้

แต่อย่างไรก็ดี คาดว่าในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้านระบบบำบัดน้ำเสียและประมาณราคาในเวอร์ชันต่อๆไป ซึ่งสามารถจะใช้โปรแกรมนี้เป็นบรรทัดฐานทั้งทางด้านแนวความคิดการไหล (flow) ของโปรแกรม และการเชื่อมโยงโปรแกรมส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน จะสามารถพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิติ ภักดีวัฒนะกุล และ จำลอง ครูอุตสาหะ. Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์. กรุงเทพมหานคร : KTP COMP & CONSULT, 2543.

กีรติ ลีวัจนกุล. ชลศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2534.

ฉัททวุฒิ พืชผล และ พิชิต สันติกุลานนท์. คู่มือเรียน Visual Basic 6. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2542.

สมศักดิ์ สุรชัยพิทักษ์. การประมาณราคาเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ภาษาอังกฤษ

Benefield, L.D., and Randall , C.W. Biological process design for wastewater treatment. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1980.

Kriengsak Udomsinrot. Watsewater engineering design : calculations. Mitrnara printing, 1989.

IAWPRC. Anaerobic treatment technology for municiple and industrial wastewaters. (n.p.) : Pergamon press, 1991.

Benefield, L.D., Joseph, F., Judkins, Jr., and Parr , A. D. Treatment plant hydraulics for environmental engineers. (n.p.) : Prentice-Hall, 1984.

Metcalf and Eddy, Inc. Wastewater engineering : treatment, disposal, reuse. New York : McGraw-Hill, 1991.

Syed, R., Qasim. Wastewater treatment plants : planing, design and operation. CBS publishing Japan, 1985

WEF & ASCE. Design of municiple wastewater treatment plant. (n.p.) : Book press., 1992.

WPCE. Manual of practice no. om-8 : operation and maintenance of sludge dewatering systems. (n.p.) : Book press, 1987.

Eckenfenlder, W. Wesley, Jr., and Martin, P., Wanielista, P.E. Advance in water and wastewater treatment: biological nutrient removal. (n.p.) : Ann Arbor Scince publishers, 1978.

Eckenfenlder, W. Wesley, Jr., Randall, C. W., Barnard, J. L., and Stensel , H. D. Design and retrofit of wastewater treatment plants for biological nutrient removal. (n.p.) : Technomic publishing , 1992.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ตัวอย่างรายการคำนวณ
การออกแบบและประเมินราคาระบบบำบัดน้ำเสีย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Grit Chamber

Qdesign	=	0.174	m3/d	(Qpeak)
hydraulic retention time	=	60.00	s	
horizontal velocity	=	0.30	m/s	
settling velocity	=	0.02	m/s	
free				
board	=	0.50	m.	

Solution

water volume	=	Qdesign * HRT	
	=	10.44	m3
section area	=	Qdesign / horizontal velocity	
	=	0.58	m2
water depth	=	HRT * settling velocity	
	=	1.20	m.
tank			
depth	=	water depth + free boaerd	
	=	1.70	m.
tank			
width	=	section area / water depth	
	=	0.48	m.
tank length	=	water volume / section area	
	=	18.00	m.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Equaulization pond

Qaverage	=	10,200	m^3/d	
detention time	=	1.00	d	
water depth	=	3.00	m.	
length / width ratio	=	5.00		
emblankment slope	=	1.00	:	3.00
free board	=	0.50	m.	

solution

water volume = Qaverage * detention time

= 10,200.00 m^3

tank depth = water depth + free board

= 3.50 m.

bottom width = 21.00 m.

bottom length = 105.00 m.

top width = bottom width +2*tank depth*emblankment slope

= 42.00

top length = bottom length+2*tank depth*emblankment slope

= 126.00

bottom area = bottom width*bottom length

= 2,205.00

top area = top width*top length

= 5,292.00

volume = (top area+bottom area+SQRT(top area*bottom area))

*tank depth/3

= 12,731.80

Check 12,731.80 > 10,200.00 OK

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Qdesign	=	10,200	m3/d
Qpeak	=	15,000	m3/d
overflowrate(average flow)	=	40.00	m3/m2.d
water depth	=	3.00	m.
free board	=	0.50	m.
length to width ratio	=	4.00	
solution			
surface area	=	Qdesign / overflowrate	
	=	255.00	m2
water volume	=	surface area * water depth	
	=	765.00	m3
tank diameter	=	SQRT(surface area*4/3.14)	
	=	18.02	m.
tank width	=	SQRT(surface area /length to width ratio)	
	=	7.98	m.
tank length	=	tank width * length to width ratio	
	=	31.94	m.
tank depth	=	water depth+free board	
	=	3.50	m.
tank volume	=	tank depth*surface area	
	=	892.50	m3
HRT	=	water volume / Qdesign	
	=	0.08	d
	=	1.80	hr
overflowrate at Qpeak	=	Qpeak / surface area	
	=	58.82	m3/m2.d
HRT at Qpeak	=	water volume / Qpeak	
	=	0.05	d
	=	1.22	hr

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลที่ใช้ออกแบบ

1) อัตราส่วน ความยาว : ความกว้าง	=	5 : 1 - 20 : 1	
2) Q	=	10,150	ลบ.ม. / วัน
3) BOD5 inf	=	150	มก. / ลิตร
4) MLSS	=	3,750	มก. / ลิตร
5) MLRSS	=	10,000	มก. / ลิตร
6) TKN	=	40	มก. / ลิตร
7) Yield (Y)	=	0.5	มก.MLVSS / มก.BOD5
8) Kd	=	0.06	วัน-1
9) BOD5 / BODu	=	0.68	
10)(F / M) Ratio	=	0.33	
11) ความเข้มข้นของexcess sludge	=	3,750	
12)%BOD5 removal	=	95.53	%
13)อัตราเติมอากาศของเครื่องเติมอากาศ	=	1	กก.ออกซิเจน / แรงม้า.ชม.
14)กำลังสำหรับกวนผสม	=	20	HP / 1,000 ลบ.ม.
15)กำลังของปั้มสูบตะกอนกลับ	=	100	ลบ.ม. / ชม.
16)กำลังของปั้มสูบตะกอนออก	=	10	ลบ.ม. / ชม.
17)กำลังของเครื่องเติมอากาศ	=	10	แรงม้า / เครื่อง
18)ออกแบบรูปปิรามิดปลายตัด			
19)(F / M)	=	0.33	
20)ทิ้งตะกอนจากถังเติมอากาศ	=		
21)ความกว้างก้นถัง	=	5	ม.
22)ความยาวก้นถัง	=	25	ม.
23)Slope 1 :		3	
24)ระดับน้ำลึก	=	3	ม.
25)Free board	=	0.5	ม.

วิธีทำ

1) หาปริมาตรของน้ำที่ต้องการ

mass = (Q * BODinf) / (F / M)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

= 4,614 กก.

ปริมาตรของน้ำ = mass / MLSS

= 1,230 ลบ.ม.

2) หาปริมาตรของน้ำที่ใช้จริง

พื้นที่ก้นถัง = ความกว้างก้นถัง * ความยาวก้นถัง

= 125 ตรม.

ความกว้างปากถัง = (2*ระดับน้ำ*Slope) + ความกว้างก้นถัง

= 23 ม.

ความยาวปากถัง = (2*ระดับน้ำ*Slope) + ความยาวก้นถัง

= 43 ม.

พื้นที่ปากถัง = ความกว้างปากถัง * ความยาวปากถัง

= 989 ตรม.

ปริมาตรน้ำ = [พ.ท.ก้นถัง + พ.ท.ปากถัง + root(พ.ท.ก้นถัง *พ.ท.ปากถัง) * ระดับน้ำ] / 3

= 1,466 ลบ.ม.

ตรวจสอบ 1,466 > 1,230 (ใช้ได้)

3) หาค่าปริมาตรของถังเติมอากาศ

พื้นที่ก้นถัง = ความกว้างก้นถัง * ความยาวก้นถัง

= 125 ตรม.

ความกว้างปากถัง = [2 * (ระดับน้ำ + free board) * Slope] + ความกว้างก้นถัง

= 26 ม.

ความยาวปากถัง = [2 * (ระดับน้ำ + free board) * Slope] + ความยาวก้นถัง

= 46 ม.

พื้นที่ปากถัง = ความกว้างปากถัง * ความยาวปากถัง

= 1,196 ตรม.

ปริมาตรถัง = [พ.ท.ก้นถัง + พ.ท.ปากถัง + root(พ.ท.ก้นถัง *พ.ท.ปากถัง) * ความลึก] / 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

= 1,992.26 ลบ.ม.

4) หาค่าอัตราการสูบตะกอนกลับ

Qr = [MLSS / (MLRSS – MLSS)] * Q

= 6,090 ลบ.ม. / วัน

5) หาค่าเวลาเก็บกัก

detention time = water volume / Q

= 0.144394 วัน

= 3.465466 ชม.

6) หาค่าภาระสารอินทรีย์

organic loading = (Q * BODinf) / water volume

= 1.038821 กก.BOD5 / ลบ.ม.วัน

7) หาค่าปริมาณตะกอนส่วนเกิน

excess sludge = Y*%BODremoval*Q*BODinf - (Kd*mass)

= 450.40 กก. / วัน

8) หาค่าอายุตะกอน

sludge age = mass / excess sludge

= 10.24 วัน

9) หาค่าBOD5ในน้ำออก

BODeff = BODinf * (1 - %BODremoval)

= 6.705 มก. / ลิตร

10) หาค่าปริมาณBOD5ที่ถูกกำจัดออกไป

BODremoval = (BODinf - BODeff) * Q

= 1454.444 กก. / วัน

11) หาค่าความต้องการออกซิเจน

O2 requiment = BODremoval / (BOD5 / BODu) - (1.42 *excess sludge) + (4.3*TKN*Q)

= 1499.315 กก.ออกซิเจน / วัน

12) หาค่ากำลังงานที่ต้องการเนื่องจากความต้องการออกซิเจน

HP = O2 requiment / O2 transfer capacity of aerator

= 62.47146 แรงม้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

= 46.60371 กก.วัตต์

13) หาค่ากำลังงานที่ต้องการเนื่องจากการกวน

HP = mixing energy requirement * water volume

= 29.31207 HP

ตรวจสอบ 29.31207 < 62.47146

14) หาจำนวนอุปกรณ์เติมอากาศ

จำนวน aerator = HP / กำลังของเครื่องเติมอากาศ

= 6.25 เครื่อง

= 7 เครื่อง

15) หาจำนวนปั้มที่ใช้ในการสูบตะกอนกลับ

จำนวนปั้ม = (Qr / 24) / กำลังของPumpสูบตะกอนกลับ

= 2.5375 เครื่อง

= 3 เครื่อง

16) หาจำนวนปั้มที่ใช้ในการสูบตะกอนออก

ปริมาตรตะกอนส่วนเกิน = excess sludge / ความเข้มข้นexcess sludge

ลบ.ม. /

= 120.1077 วัน

จำนวนปั้ม = (ปริมาณตะกอนส่วนเกิน / 24)

/ กำลังของPumpสูบตะกอนออก

= 0.500449 เครื่อง

= 1 เครื่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Seconary Clarifier

Qdesign	=	10,150	m3/d
Qr	=	6,090	m3/d
Influent MLSS	=	3,750	mg/l
Overflow rate	=	25	m3/m2.d
Solid loading rate	=	120	kg/m2.d
water depth	=	3	m.
free board	=	0.50	m.

Soluion

Overflow rate surface area	=	Qdesign / Overflow rate	
	=	406.00	m2
Solid loading surface area	=	(Qdesign + Qr)*MLSS / Solid loading rate	
	=	507.50	m2
Selected surface area	=	507.50	m2
water volume	=	surface area *water depth	
	=	1,522.50	m3
tank diameter	=	SQRT(surface area*4/3.14)	
	=	25.43	m.
Selected tank diameter	=	26.00	m.
Actual surface area	=	530.66	m2
tank depth	=	water depth + free board	
	=	3.5	m.
tank volume	=	surface area *tank depth	
	=	1,857.31	m3
detention time	=	water volume /Qdesign	
	=	0.16	d
	=	3.76	hr

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Chlorine Contact Tank

ข้อมูลที่ใช้ออกแบบ

1) Q	=	10,000	ลบ.ม./วัน
2) เวลาเก็บกัก	=	30.00	นาที
3) ความเร็วน้ำตามแนวนอน	=	3.00	ม./นาที
4) จำนวน Sub – Channel	=	7	ช่อง
5) ระดับน้ำลึก	=	1.00	ม.
6) ค่า Free board	=	0.50	ม.

วิธีทำ

1) หาปริมาตรของน้ำ

water volume = Q * contact time

= 208.33 ลบ.ม.

2) หาขนาดความกว้าง – ยาว ของทางน้ำที่ต้องการ

Channel width = Q / (horizontal velocity * water depth)

= 2.31 ม.

Channel length = horizontal velocity * contact time

= 90.00 ม.

3) หาขนาดมิติต่างๆของถัง

tank width = channel length / no. of sub channel

= 12.86 ม.

tank length = channel length / no. of sub channel * 0.1 * (no. of sub channel – 1)

= 16.80 ม.

tank depth = water depth + free board

= 1.50 ม.

tank volume = channel width*chaanel length*tank depth

= 312.50 ลบ.ม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Mixing (Blending) tank for Sludge Thickenner

Qaverage	=	650	m^3/d	(See calculation in Thickener)
detention time	=	0.08	d (2 hr)	(See calculation in Thickener)
water depth	=	2.00	m.	(See calculation in Thickener)
length / width ratio	=	1.00		
emblankment slope	=	1.00	: 0.00	
free board	=	0.50	m.	

solution

water volume	=	Qaverage * detention time	
	=	54.17	m^3
tank depth	=	water depth + free board	
	=	2.50	m.
bottom width	=	5.50	m.
bottom length	=	5.50	m.
top width	=	bottom width +2*tank depth*emblankment slope	
	=	5.50	
top length	=	bottom length+2*tank depth*emblankment slope	
	=	5.50	
bottom area	=	bottom width*bottom length	
	=	30.25	
top area	=	top width*top length	
	=	30.25	
volume	=	(top area+bottom area+SQRT(top area*bottom area)) *tank depth/3	
	=	75.63	

Check 75.63 > 54.17 OK

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Example.Gravity thickener design

การคำนวณออกแบบถังทำข้น

1. เกณฑ์การออกแบบ

จำนวนถัง =	1	ถัง
สภาพเฉลี่ยต่อวัน:		
Q เข้า =	180.00	m3/d
ความเข้มข้นของของแข็ง =	1.15	%
ปริมาณของแข็ง =	2,070.00	kg/d
สภาพสูงสุดต่อวัน:		
Q เข้า =	270.00	m3/d
ความเข้มข้นของของแข็ง =	1.15	%
ปริมาณของแข็ง =	3,105.00	kg/d
ความถ่วงจำเพาะของสลัดจ์ก่อนเข้าถัง =	1.01	
ความถ่วงจำเพาะของสลัดจ์ส่วนข้นในถัง =	1.03	
ภาระของแข็ง(SLR) <	47.00	kg/m2.d
ภาระชลศาสตร์(HLR) >	9.00	m3/m2.d

2.คำนวณออกแบบถังทำข้น

2.1คำนวณหาขนาดพื้นที่ผิวของถังด้วยค่าภาระของแข็ง (A)

A	=	66.06	m2

2.2คำนวณตรวจสอบค่าภาระชลศาสตร์

HLR	=	4.09	m3/m2.d

ค่าHLRต้องมีมากกว่า 9.0ลบ.ม./(ตร.ม.วัน)และต้องได้ค่า SLR น้อยกว่า 47กก./(ตร.ม.วัน)
ดังนั้นต้องเติมน้ำเข้าถังเพื่อช่วยให้ HLR มีค่ามากกว่า 9.0ลบ.ม./(ตร.ม.วัน)

เลือกใช้ค่า HLR =	9.80	m3/m2.d
Q ทั้งหมดที่ไหลเข้าถัง =	647.43	m3/d
Q สลัดจ์ทที่ไหลเข้าถังสูงสุด =	270.00	m3/d
Qน้ำที่ต้องการเติมผสมลงไปในถัง =	377.43	m3/d
ความเข้มข้นของแข็งในสลัดจ์ที่ผสมน้ำแล้ว =	0.0047	%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	0.47	%
2.3คำนวณออกแบบพื้นที่ของถัง		
จำนวนถัง =	1	ถัง
พื้นที่ผิวของแต่ละถัง =	66.06	m2
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง =	9.17	m
เลือกใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง =	10.00	m
พื้นที่ผิวของแต่ละถัง =	78.57	m2
2.4ตรวจสอบค่าSLR และ HLR เมื่อถังทำข้นสองถังรับ Q สูงสุด		
SLR =	39.52	kg/m2.d
HLR =	8.24	m3/m2.d
2.5ตรวจสอบค่า SLR และ HLR เมื่อถังทำข้นหนึ่งถังรับ Q เฉลี่ย		
SLR =	26.35	kg/m2.d
Q ทั้งหมดที่ไหลเข้าถัง =	431.62	m3/d
HLR =	5.49	m3/m2.d
เมื่อมี Q สลัดจ์ที่ไหลเข้าถังโดยเฉลี่ย =	180.00	m3/d
Q น้ำที่ต้องการเติมผสมลงไปในถังโดยเฉลี่ย =	251.62	m3/d
2.6คำนวณออกแบบความลึกของถังกำหนดให้		
ระยะผนังเหนือน้ำ =	0.50	m
ความลึกของถังน้ำใส =	1.00	m
ความลึกของส่วนตกตะกอน(Settling Zone) =	1.50	m
เวลาเก็บกักในถัง >	1.00	d
จากข้อมูลเดิม		
ความเข้มข้นของแข็งในสลัดจ์ที่ผสมน้ำแล้ว =	0.47	%
ความเข้มข้นของแข็งโดยรวม =	1.16	%
ต้องการให้ค่าความเข้มข้นของแข็งในส่วนล่างของชั้นข้น =	6.00	%
ค่าความเข้มข้นของแข็งโดยเฉลี่ยในชั้นข้น =	3.58	%
ค่าความลึกของชั้นข้น(Thickening Zone) = h ม.		
ปริมาตรของชั้นข้น =	78.57	*h
ปริมาณของแข็งในชั้นข้น =	2,897.24	*h

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริมาณของแข็งของแต่ละถัง =	3,105.00	kg/d
ใช้เวลาเก็บกักในถัง =	1.00	kg
h =	1.07	m
ใช้ความลึกของชั้นข้น =	1.50	m
ความลึกทั้งหมดของถัง =	4.50	m
กำหนดความลาดของพื้นถัง =	8.00	%
ค่าความลึกแตกต่างระหว่างขอบถังกับจุดศูนย์กลางของถัง =	0.80	m
ความลึกทั้งหมดของถัง(วัดที่จุดศูนย์กลางของถัง) =	5.30	m
Used	5.50	m

3.คำนวณออกแบบขนาดถังผสม (Blending Tank)

ทำการปรับ pH

ทำการเติมสารช่วยรวมตะกอน (Flocculants) และสารอื่นๆ

ใช้เวลาเก็บกัก 2 ชม. เมื่อมี Q สูงสุดของสลัดจ์	2	hr
Q ทั้งหมดที่ไหลเข้าถัง =	647.43	m3/d
ปริมาตรของถังผสม =	53.95	m3
น้ำลึกในถังผสม =	2.00	m
ระยะผนังเหนือน้ำ =	0.50	m
พื้นที่ผิวของถังผสม =	26.98	m2
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังผสม(กรณีทรงกลม) =	5.86	m
ขนาดความยาว1 ด้านของถังผสม(กรณีทรงจัตุรัส) =	5.19	m

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.ออกแบบระบบกวน

ใช้แผ่นกวน คำนวณออกแบบด้วยสมการ (4 – 1)

ใช้สมการ (4 – 1) สำหรับคำนวณหาขนาดกำลังในการกวน

$$P = G2\ m\ V \quad (4-1)$$

ในเมื่อ: P = กำลังที่ต้องการใช้ในการกวน,วัตต์

G = ความลาดชันความเร็ว,ต่อวินาที (30 – 85 ต่อวินาที)

m = ความหนืดพลวัต (Dynamic Viscosity), นิวตัน.วินาที/ตร.ม.

V = ปริมาตรของถัง,ลบ.ม.

4.คำนวณหากำลังของการกวน(P)

จากสมการ (4 – 1)

$$P = G2\ m\ V$$

ให้ G =		60.00	sec-1
ให้ mสลัดจ์ = 2mน้ำ =		0.002004	N.s/m2
P =		389.23	W
ใช้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ =		50.00	%
กำลังของมอเตอร์ที่ใช้ =		0.78	

5.ออกแบบระบบถ่ายสลัดจ์ข้น

5.1คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ข้น

Qสูงสุดของสลัดจ์	=	3,105.00	m3/d
ประสิทธิภาพของการแยกตะกอน	=	85.00	%
Q สลัดจ์ถ่ายออกจากถังทำข้นทั้งสองถัง	=	2,639.25	kg/d
Q สลัดจ์ถ่ายออกจากถังทำข้นหนึ่งถัง	=	2,639.25	kg/d
		42.71	m3/d

5.2ออกแบบเครื่องสูบสลัดจ์จากถังทำข้นไปถังย่อยสลัดจ์(Digester)

ชนิดของเครื่องสูบสลัดจ์ = Plunger – type Pump

ระบบควบคุมการสูบสลัดจ์ = นาฬิกาควบคุม

ระบบการทำงานของเครื่องสูบสลัดจ์

สูบ	5.00	min
ในช่วง	120.00	min

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราสูบสลัดจ์	=	0.71	m3/min

5.3คำนวณหาค่าสัดส่วนปริมาตรสลัดจ์ (Sludge Volume Ratio,SVR)

SVR = ปริมาตรสลัดจ์ในถังทำข้น / ปริมาตรสลัดจ์ที่ถ่ายออกต่อวัน

ปริมาตรสลัดจ์ในถังทำข้น	=	117.86	m3
SVR	=	2.76	d

6.คำนวณหาปริมาณน้ำใสล้นออกจากถังทำข้น (Q น้ำล้น)

Q น้ำล้น	=	604.72	m3/d

7.คำนวณหาความเข้มข้นของของแข็งในน้ำใสล้น (TSS น้ำล้น)

TSS น้ำล้น	=	465.75	kg/d
		770.19	mg/l

8.คำนวณหาค่า BOD5 ของน้ำใสล้น (BOD5 น้ำล้น)

สมมุติให้จากรายการคำนวณออกแบบระบบเอเอสได้ BOD5 /TSS เท่ากับ		0.53	
BODน้ำล้น	=	408.20	mg/l

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Anaerobic Digestion

กำหนดให้

sludgeจากprimary sedimentation(kg/d)	1300
sludgeจากsecondary sedimentation(kg/d)	470
จำนวนถังdigestion(ถัง)	1
%VSS reduction	52
%dry solid of raw sludge	6
%dry solid of degested sludge	5
VSS/SS ratio	0.752
sludge gravity of raw sludge	1.03
sludge gravity of digested sludge	1.07
digested time(day)	30
freeboard(m)	1

solution

1.ปริมาณsludgรวมทั้งหมด(kg/d)	1770
2.หาปริมาณsludge	
%sludgeดิบแต่ละถัง	100
ปริมาณsludgeต่อถัง(kg/d)	1770
3.ปริมาณsludgeสด	
ปริมาตรsludgeสด(m3/d)	28.64078
4.หาVolatile solid และFixed solid	
VSS(kg/d)	1331.04
FS(kg/d)	438.96
5.หา Remain VSS	
Remain VSS(kg/d)	638.8992
6.หาปริมาตรsludgeที่ผ่านการย่อยสลาย	
ปริมาตรsludgeที่ผ่านการย่อยสลาย(m3/d)	20.1469

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.หาปริมาตรsludgeในถังdigestion

ปริมาตรsludgeในถังdigestion(m3)	689.3458

8.หาArea sludge

ให้sludge depth(m)=	3
A(m2)	229.7819

9.หาขนาดถังdigestion

diameterอย่างต่ำ(m)	17.10894
เลือกdiameter(m)=	18
Areaออกแบบ(m2)	254.34
ปริมาตรถัง(m3)	1017.36

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างรายการคำนวณ การออกแบบระบบ Sludge-Drying Bed

Design :

Raw Sludge :			
% Dry solids	=	5	%
Sludge gravity	=	1.07	
Drying time	=	5	day
Sludge depth	=	0.2	m.
Media depth	=	0.5	m.
Freeboard	=	0.5	m.
Length / Width ratio	=	5	
No. of tank per (sludge per day)	=	1	unit

Soln.

แบบมี Anaerobic Digestion

Sludge Volume	=	Digested Sludge withdraw	
			m3 /
	=	22	day
		Sludge volume/No.of tank per (sludge/day	
Design sludge	=	)	
	=	22	m3 /day / tank
Surface area	=	Design sludge / sludge depth	
	=	110.0000	m2
Tank width	=	Sqr(Surface area / Length / Width ratio)	
	=	4.6904	m.
Tank length	=	Tank width* (Length / Width ratio)	
	=	23.4521	m.
Tank depth	=	Sludge depth + media depth + freeboard	
	=	1.20	m.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Used :

Tank width	=	5	m.
Tank length	=	25	m.
Tank depth	=	1.5	m.
Tank volume	=	Tank width* Tank depth*Tank length	
	=	187.5	m3
		(Drying time+1)*No.of tank	
Total unit	=	per(sludge/day)	
	=	6	unit
Total Volume	=	Tank volume*Total unit	
	=	1125	m3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณ

การประมาณราคาค่าใช้จ่ายของการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

1. บ่อดิน (EQ)

excavation volume = pond volume

excavation cost = excavation volume * unit cost

excavation cost	excavation volume	unit cost
฿ 1,275,000	12750	100

2. ถังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (Primary Sedimentation tank)

2.1 ความลึกดินขุด

excavation depth = water depth – elevation + floor thickness

excavation depth	water depth	elevation	floor thickness
2.30	3	1	0.3

(elevation = +1.00 above ground level (= 0.00))

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 งานโครงสร้าง (ถังกลม)

Wall concrete = 3.14* (diameter + wall thickness) * tank depth * wall thickness

Wall concrete	diameter	wall thickness	tank depth	wall thickness
50.14	18	0.25	3.5	0.25

Floor concrete = 3.14 /4 * ((diameter + 2 * wall thickness + 2 * 0.1)^2)*floor thickness

Floor concrete	diameter	floor thickness
82.35	18	0.3

Total concrete = total of tank * (wall concrete + Floor concrete)

Total concrete	total of tank	wall concrete	Floor concrete
132.49	1	50.141875	82.351995

Structure cost = total concrete * unit cost

Structure cost	total concrete	unit cost
฿ 264,987.74	132.49	2000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานโครงสร้าง (ถังสี่เหลี่ยม)

Wall concrete = (2 * tank width + 2 * tank length + 4 * wall thickness)* tank Depth * wall thickness

Wall concrete	tank width	tank length	wall thickness	tank Depth	wall thickness
70.88	8	32	0.25	3.5	0.25

Floor concrete = (tank width + 2 * wall thickness + 2 * 0.1)*(tank length + 2 * Wall thickness + 2 * 0.1)*Floor thickness

Floor concrete	tank width	tank length	wall thickness	Floor thickness
85.35	8	32	0.25	0.3

Total concrete = total of tank * (wall concrete + floor concrete)

Total concrete	total of tank	wall concrete	floor concrete
156.22	1	70.875	85.347

Structure cost = total concrete * unit cost

Structure cost	total concrete	unit cost
฿ 312,444.00	156.222	2000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 งานขุดดิน(ถังกลม)

bottom area = (diameter + 2 * wall thickness + 2 * 0.5)^2

bottom area	diameter	wall thickness
380.25	18	0.25

Top area = (diameter + 2 * wall thickness + 2 * 0.5 + 2 * excavation depth / tan (a))^2

Top area	diameter	wall thickness	excavation depth	angel with ground (a)
499.07	18	0.25	2.3	45

Excavation volume = (bottom area + top area +sqrt (bottom area * top area)) * excavation depth / 3

Excavation volume	bottom area	top area	excavation depth
1,008.13	380.25	499.07	2.3

Total excavation cost = excavation volume * total of tank * unit cost

Total excavation cost	excavation volume	total of tank	unit cost
฿ 100,812.77	1,008.13	1	100

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานขุดดิน(ถังสี่เหลี่ยม)

bottom width = tank width + 2 * wall thickness + 2 * 0.1

bottom width	tank width	wall thickness
8.70	8	0.25

bottom length = tank length + 2 * wall thickness + 2 * 0.1

bottom length	tank length	wall thickness
32.70	32	0.25

bottom area = bottom width * bottom length

bottom area	bottom width	bottom length
284.49	8.70	32.70

Top area = (bottom width + 2 * excavation depth / tan(a)) * (bottom Length + 2 * excavation depth / tan (a))

Top area	bottom width	excavation depth	bottom Length	angel with ground (a)
410.13	8.70	2.3	32.7	45

Excavation volume = (bottom area + top area +sqrt (bottom area * top area)) * excavation depth / 3

Excavation volume	bottom area	top area	excavation depth
794.42	284.49	410.13	2.30

Total excavation cost = excavation volume * total of tank * unit cost

Total excavation cost	excavation volume	total of tank	unit cost
฿ 79,441.77	794.42	1	100

3. งานฐานราก (Primary Sedimentation tank)

3.1 ฐานรากแผ่(ถังกลม)

Weight of water (ton) = (3.14/4)* (diameter^2) * water height * density of water (ton/m^3)

Weight of water	diameter	water height	density of water
763.02	18	3	1

Weight of tank (ton) = total concrete * density of concrete(ton/m^3)

Weight of tank	total concrete	density of concrete
331.23	132.49	2.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Total weight of tank = Weight of tank +Weigth of water

Total weight of tank	Weigth of tank	Weigth of water
1,094.25	331.23	763.02

Foundation cost = (Total weight of tank / bearing capacity of soil (ton/m^2))*unit cost (Baht/m^2)

Foundation cost	Total weight of tank	bearing capacity of soi	unit cost
฿ 164,138.20	1,094.25	20	3000

ฐานรากแผ่(ถังสี่เหลี่ยม)

Weigth of water = width * length * water height * density of water

Weigth of water	width	length	water height	density of water
768	8	32	3	1

Weigth of tank = total concrete * density of concrete

Weigth of tank	total concrete	density of concrete
390.555	156.22	2.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Total weight of tank = Weigth of tank +Weigth of water

Total weight of tank	Weigth of tank	Weigth of water
1,158.56	390.555	768

Foundation cost = (Total weight of tank / bearing capacity of soil (ton/m^2))*unit cost (Baht/m^2)

Foundation cost	Total weight of tank	bearing capacity of soi	unit cost
฿ 173,783.25	1,158.56	20	3000

3.2 เสาเข็ม

ถังกลม

Numbers of Foundation = total wight of tank / weight resistance per pile

Numbers of Foundatio	total wight of tank	veight resistance perpile
109	1,094.25	10

Foundation cost = number of foundation pile * unit cost

Foundation cost	Numbers of Foundatio	unit cost

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

฿	21,885.09	109	200

ถังสี่เหลี่ยม

Numbers of Foundation = total wight of tank / weight resistance perpile

Numbers of Foundatio	total wight of tank	veight resistance perpile
116	1,158.56	10

Foundation cost = number of foundation pile * unit cost

Foundation cost		lumbers of Foundatio	unit cost
฿	23,171.10	116	200

4. งานไม้แบบ (Primary Sedimentation tank)

ถังกลม

inside wall forming = 3.14*diameter* (water depth + free board)

inside wall forming	diameter	water depth	free board
197.82	18	3	0.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

outside wall forming = 3.14*diameter* (water depth + floor thickness + free board)

outside wall forming	diameter	water depth	free board	floor thickness
214.78	18	3	0.5	0.3

total forming area = inside wall forming + outside wall forming

total forming area	inside wall forming	outside wall forming
412.60	197.82	214.78

Total forming cost = Total forming are * unit cost

Total forming cost	Total forming are	unit cost
฿ 49,511.52	412.60	120

ถังสี่เหลี่ยม

inside wall forming = (2 * width + 2 * length) * (water depth + free board)

inside wall forming	width	length	water depth	free board
280.00	8	32	3	0.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

outside wall forming = [2 * (width + 2 * wall thickness) + 2 * (length + 2 * wall thickness)]* (water depth + free board+floor thickness)

outside wall forming	width	length	wall thickness	water depth	free board	floor thickness
311.60	8	32	0.25	3	0.5	0.3

total forming area = inside wall forming + outside wall forming

total forming area	inside wall forming	outside wall forming
591.60	280.00	311.60

Total forming cost = Total forming are * unit cost

Total forming cost	Total forming are	unit cost
฿ 70,992.00	591.60	120

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธนพัฒน์ โปรียานนท์ เกิดวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2513 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2535 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย