

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ผลการทดลอง การตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมเทียบกับสถานะคงตัว

ในการทดลอง การตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมเทียบกับสถานะคงตัว แสดงผลดังตาราง 4.1 จากการทดลอง พบว่า ผลเฉลี่ยที่ได้จากโปรแกรมมีค่าใกล้เคียงกับผลเฉลี่ยที่ได้จากสมการผลเฉลี่ย ค่าผิดพลาดส่วนใหญ่อยู่ในช่วง ต่ำกว่า 0.01 ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้น น่าจะเป็นผลจากการคำนวณในส่วนของการปัดตัวเลขของสมการผลเฉลี่ยซึ่งคำนวณค่าโดยการคำนวณมือ แต่ก็แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องของการทำงานของโปรแกรมได้

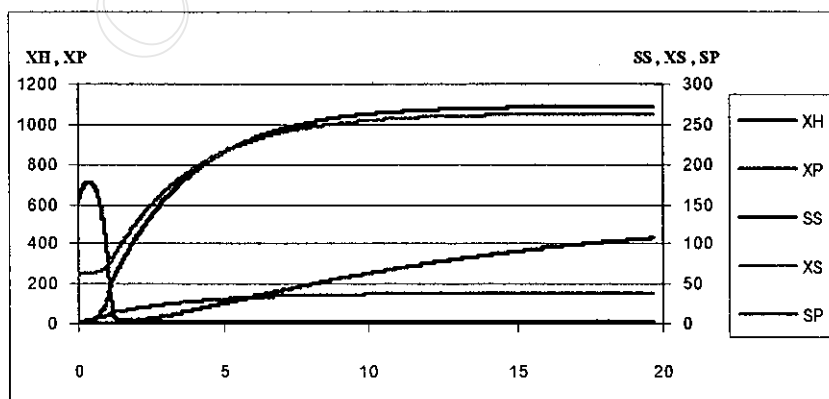
ตาราง 4.1 ผลการทดลอง การตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมเทียบกับสถานะคงตัว

สถานะทดลอง	ค่าจากสมการผลเฉลี่ย	ค่าจากโปรแกรม เมื่อเข้าสู่สถานะคงตัว	ผิดพลาด (%)
ค่าอายุตะกอน 5 วัน			
ก. ค่า S_{Si} 250 mg/l			
ค่า S_s	7.52	7.52	< 0.01
ค่า S_p	34.34	34.40	0.17
ค่า $X_H\theta_h$	346.08	346.56	0.14
ค่า $X_S\theta_h$	4.03	4.00	0.74
ค่า $X_p\theta_h$	86.52	85.95	1.00
ข. ค่า S_{Si} 500 mg/l			
ค่า S_s	7.52	7.52	< 0.01
ค่า S_p	69.71	69.83	0.17
ค่า $X_H\theta_h$	702.70	703.71	0.14
ค่า $X_S\theta_h$	8.18	8.19	0.12
ค่า $X_p\theta_h$	175.67	174.52	0.65

ตาราง 4.1 (ต่อ)

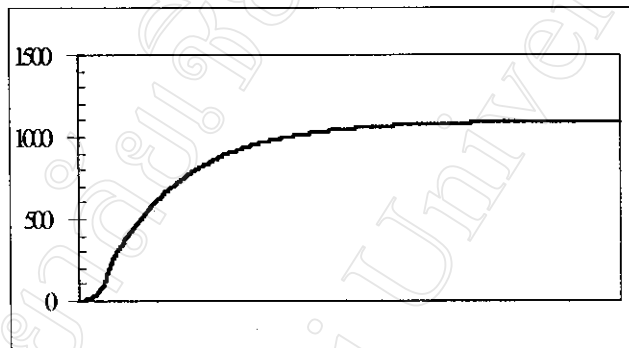
สภาวะทดลอง	ค่าจากสมการผลเฉลย	ค่าจากโปรแกรม เมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัว	ผิดพลาด (%)
ค่าอายุตะกอน 10 วัน			
ก. ค่า S_{Si} 250 mg/l			
ค่า S_s	6.32	6.32	< 0.01
ค่า S_p	41.43	40.89	1.3
ค่า $X_H\theta_h$	440.78	437.37	0.77
ค่า $X_S\theta_h$	5.11	5.03	1.56
ค่า $X_P\theta_h$	220.39	216.96	1.56
ข. ค่า S_{Si} 500 mg/l			
ค่า S_s	6.32	6.52	3.16
ค่า S_p	83.96	84.06	0.12
ค่า $X_H\theta_h$	892.79	893.93	0.13
ค่า $X_S\theta_h$	10.36	10.38	0.19
ค่า $X_P\theta_h$	446.40	443.41	0.67

4.2 ผลการทดลอง แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของพารามิเตอร์ต่างๆ จากสภาวะเริ่มต้นจนเข้าสู่สภาวะสมดุล

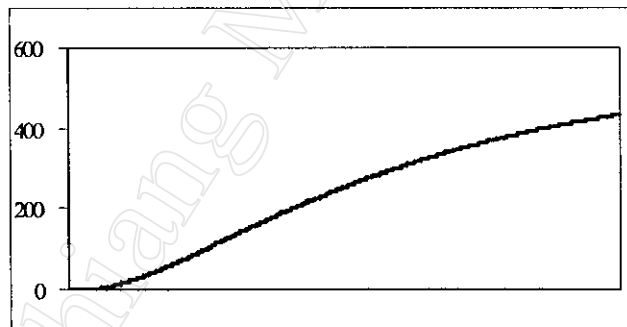


รูป 4.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ X_H , X_P , X_S , S_S และ S_P
จากสภาวะเริ่มต้นจนเข้าสู่สภาวะคงตัว

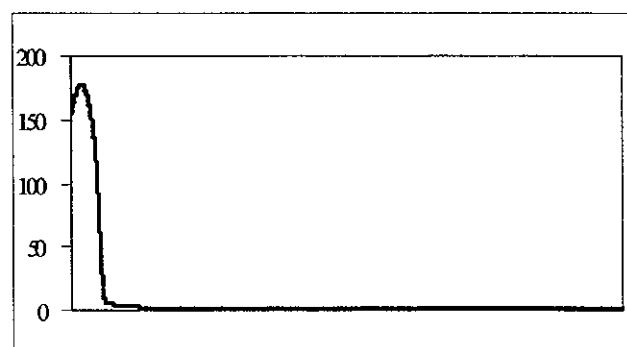
จากการทดลอง การทดสอบการทำงานของโปรแกรม นอกจากจะแสดงผลเฉลยออกมาเป็นตัวเลขแล้ว ยังสามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากสถานะเริ่มต้นจนเข้าสู่สภาวะคงตัวเทียบกับแกนเวลาหน่วยเป็นวัน จากกราฟพบว่า สารอาหารที่จุลชีพสามารถนำไปใช้ได้โดยตรงจะเข้าสู่สภาวะคงตัวเร็วที่สุด ใช้เวลาประมาณ 1 วัน และ ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการตายของจุลชีพส่วนของสารแขวนลอย จะเข้าสู่สภาวะคงตัวช้าที่สุดใช้เวลาประมาณ 80 วัน นอกนั้นพารามิเตอร์ที่เหลือจะเข้าสู่สภาวะสมดุลโดยใช้เวลาใกล้เคียงกัน อยู่ที่ประมาณ 10 วัน



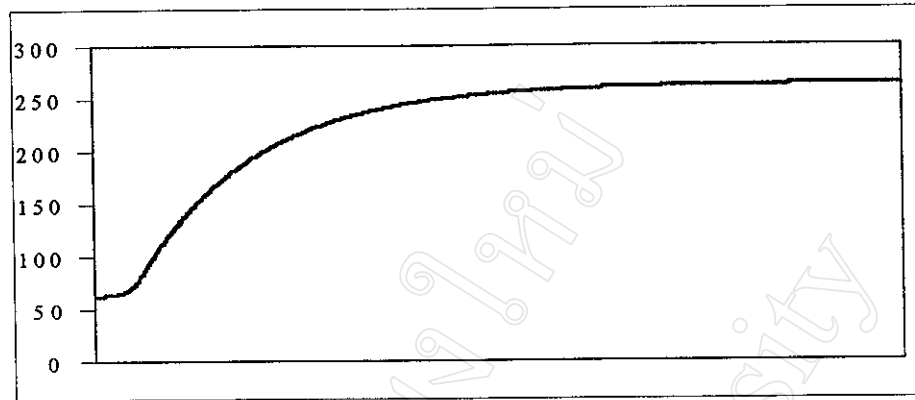
รูป 4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ X_H จากสถานะเริ่มต้นจนเข้าสู่สภาวะคงตัว



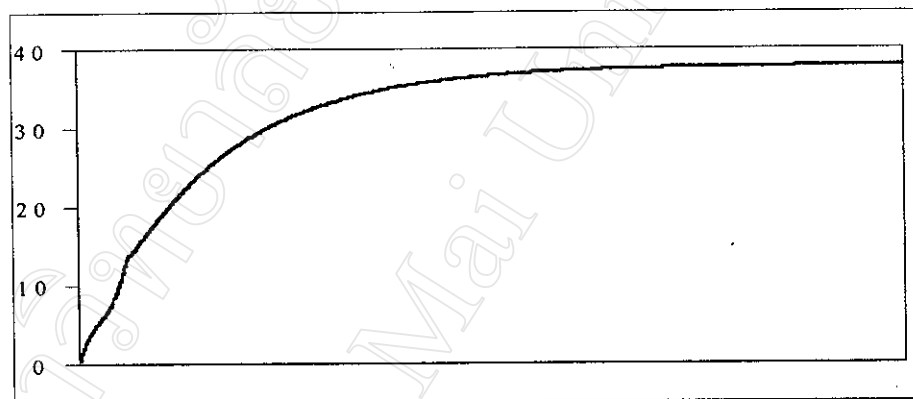
รูป 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ X_P จากสถานะเริ่มต้นจนเข้าสู่สภาวะคงตัว



รูป 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ S_S จากสถานะเริ่มต้นจนเข้าสู่สภาวะคงตัว



รูป 4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ X_s จากสถานะเริ่มต้นจนเข้าสู่สภาวะคงตัว



รูป 4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ S_p จากสถานะเริ่มต้นจนเข้าสู่สภาวะคงตัว

4.3 ผลการทดลอง การทดสอบแบบจำลองกับข้อมูลน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ค่าที่นำมาใช้ในการตรวจสอบโปรแกรมได้แก่ ค่าซีโอดีรวมน้ำเข้า เป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ค่าปริมาณการไหลของน้ำ เป็นลูกบาศก์เมตรต่อวัน ค่าซีโอดีในน้ำออกจากระบบ เป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ค่า MLSS ในถังเติมอากาศ เป็นมิลลิกรัมต่อลิตร และค่าอัตราส่วนสารอาหารต่อปริมาณจุลชีพ คำนวณโดยใช้ค่าซีโอดีเป็นสารอาหาร และค่าปริมาตรถังเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่จำนวน 2 ถัง แต่ละถังมีปริมาตร 968 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาตรรวม 1936 ลูกบาศก์เมตร ในส่วนของค่าอายุตะกอนและระยะเวลาการบำบัดจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการไหลของน้ำเสียและความเข้มข้นของสารอาหารซึ่งคำนวณจากข้อมูลจริงของระบบที่ตรวจวิเคราะห์ไว้

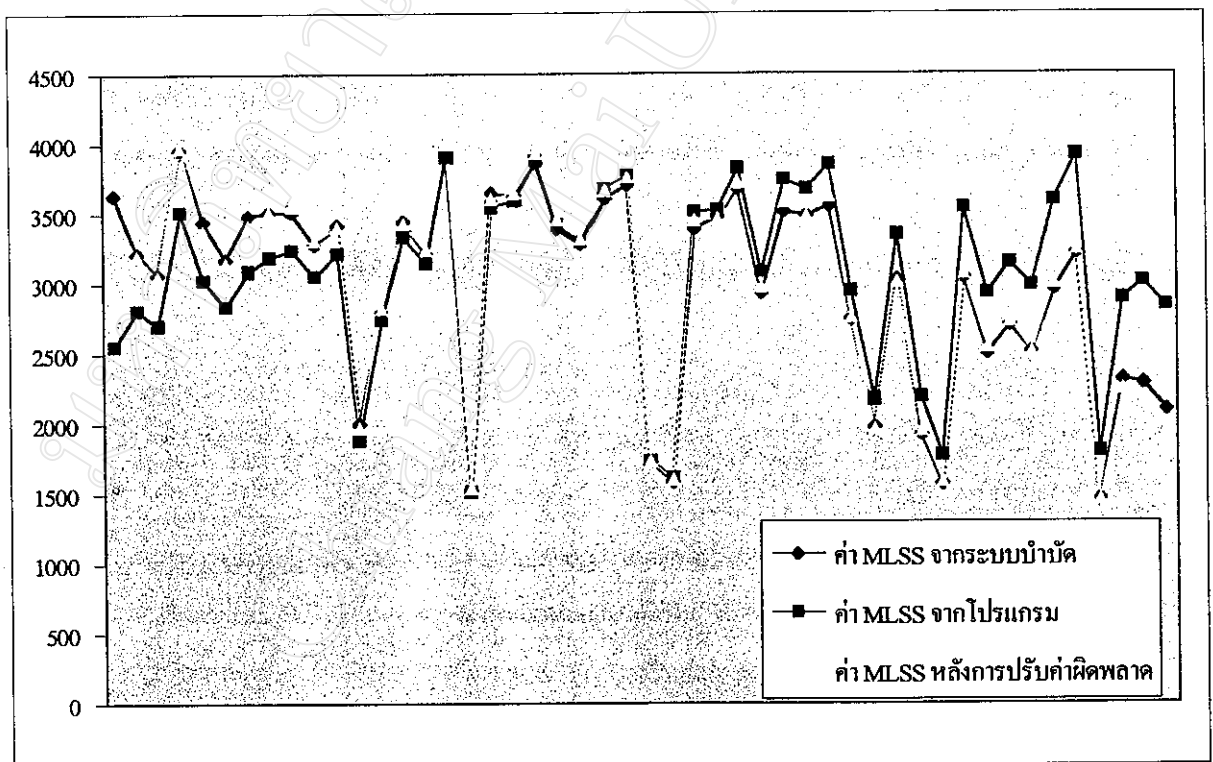
บทที่ 4.2 (ต่อ)

ตาราง 4.2 (ต่อ)

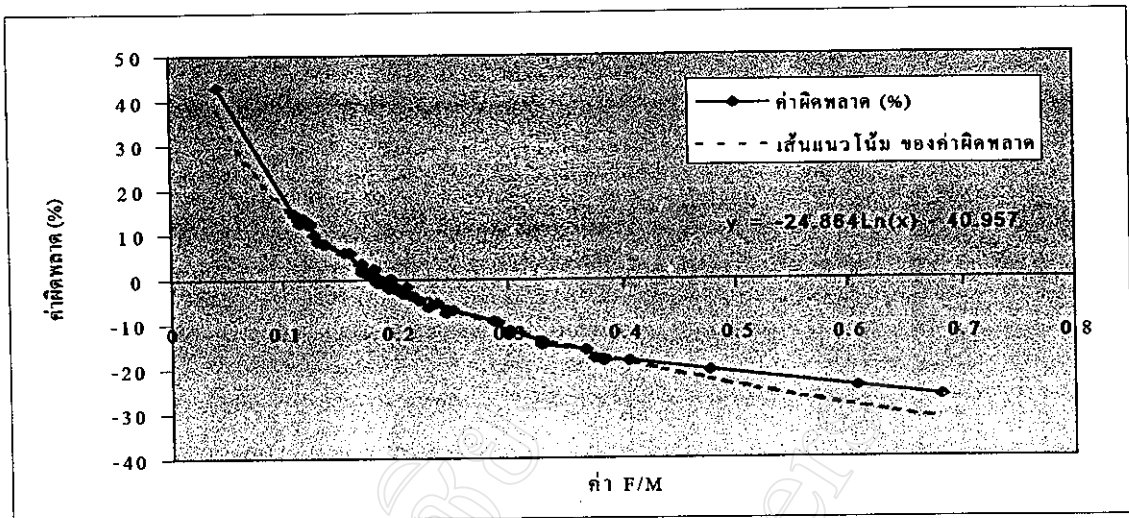
ตาราง 4.2 (ต่อ)														
วัน/เดือน/ปี	อัตรา การไหล (m ³ /d)	ค่าซีไอดีใน น้ำเข้า (mg/l)	ค่าซีไอดีในน้ำออก (mg/l)		MLSS (mg/l)		F/M Ratio		ปริมาณ O ₂ ปริมาณ					
			ค่าจริงจาก ระบบบำบัด	ค่าที่ได้ออก โปรแกรม	ค่าจริงจาก ระบบบำบัด	ค่าที่ได้ออก โปรแกรม	ค่าจริงจาก ระบบบำบัด	ค่าที่ได้ออก โปรแกรม	ค่าจริงจาก ระบบบำบัด	ค่าที่ได้ออก โปรแกรม				
											ค่าจริงจาก ระบบบำบัด	ค่าที่ได้ออก โปรแกรม	ค่าจริงจาก ระบบบำบัด	ค่าที่ได้ออก โปรแกรม
รวม S _p ไม่รวมของรวม S _p														
14/9/42	7380.75	184.02	13.89	32.89	5.45	136.78906	3395	3508.55	3.3446244	0.207	0.2	-3.381643	487.89	595.13
21/9/42	6548.05	216.22	5.59	38.23	6.1	583.89982	3475	3528.69	1.545036	0.21	0.207	-1.428571	507.37	1050.85
28/9/42	6775.15	188.93	9.84	34.66	5.49	252.23577	3645	3556.55	-2.426612	0.181	0.186	2.7624309	476.25	547.28
5/10/42	2385.13	363.94	14.27	69.82	8.77	389.27821	3510	3193.25	-9.024217	0.128	0.14	9.375	353.55	347.84
12/10/42	5526.1	276.77	11.53	48.37	7.41	319.51431	3680	3819.74	3.7972826	0.215	0.207	-3.72093	546.56	676.6
19/10/42	5639.65	277	20.22	47.67	7.43	135.75668	3520	3748.71	6.4974432	0.229	0.215	-6.113537	548.07	699.61
26/10/42	6888.7	154.39	11.03	28.87	4.7	161.74071	3220	3146.95	-2.268634	0.171	0.175	2.3391813	400.88	448.8
2/11/42	6888.7	99.22	11.45	20.29	3.32	77.20524	3215	2805.67	-12.73188	0.11	0.126	14.545455	282.39	264.13
9/11/42	5639.65	159.1	14.8	31.09	4.7	110.06757	3515	3237.36	-7.89872	0.131	0.143	9.1603053	359.55	360.28
16/11/42	5526.10	230.64	7.69	41.98	6.34	445.90377	3625	3597.47	-0.759448	0.181	0.183	1.1049724	475.41	545.8
23/11/42	2385.13	128.25	15.09	28.61	3.83	89.595759	3640	2548.69	-29.98104	0.043	0.062	44.186047	144.99	101.53
1/12/42	6131.7	137.56	10.86	27.24	4.2	150.82873	3485	3093.07	-11.2462	0.125	0.141	12.8	341.24	334.92
7/12/42	5299	149.86	14.27	29.74	4.39	108.40925	3440	3022.4	-12.13953	0.119	0.136	14.285714	325.13	312.71
14/12/42	4163.5	290	1.908	52.25	7.49	2638.4696	3395	3416.93	0.6459499	0.184	0.183	-0.543478	450.43	518.85
21/12/42	5412.55	140	9.46	27.67	4.15	192.49471	3180	2832.49	-10.92799	0.123	0.138	12.195122	308.06	300.19
28/12/42	4806.95	246.96	23.52	44.52	6.62	89.285714	3280	3299.27	0.5875	0.187	0.186	-0.534759	440.03	511.54

4.3.1 การพยากรณ์ค่า MLSS ในถังเดิมอากาศ

จากผลการทดลอง พบว่า ค่า MLSS จากโปรแกรมมีค่าใกล้เคียงค่าจริง โดยมี 27 ชุดข้อมูล ที่ให้ค่าผิดพลาดต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ 14 ชุดข้อมูลที่ให้ค่าผิดพลาดระหว่าง 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ และ 7 ชุดข้อมูลที่ให้ค่าผิดพลาดระหว่าง 20 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งสิ้น 48 ชุดข้อมูล โดยมีแนวโน้ม การผิดพลาดแปรผกผันกับการค่า F/M ดังนั้น จึงเสนอการปรับค่าผิดพลาดของค่า MLSS โดยใช้สมการ ลอการิทึม แสดงในรูป 4.7 และ รูป 4.8 ซึ่งใกล้เคียงกับแนวโน้มของค่าผิดพลาดที่สุด เป็นสมการ พยากรณ์ค่าผิดพลาดของ MLSS เทียบกับค่า F/M นำมาบวกเพิ่มจากค่าที่ได้จากโปรแกรม หลังการปรับ ค่าผิดพลาด พบว่า ค่าผิดพลาดของ MLSS ลดลงมาอยู่ในช่วง 2 ถึง 7 เปอร์เซ็นต์ โดยมี 44 ชุดข้อมูล อยู่ในช่วงไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์และ 4 ชุดข้อมูลที่มีค่าผิดพลาดมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น การปรับค่า ผิดพลาดดังกล่าวจะนำไปใช้ในส่วนของโปรแกรมช่วยการดำเนินงานต่อไป



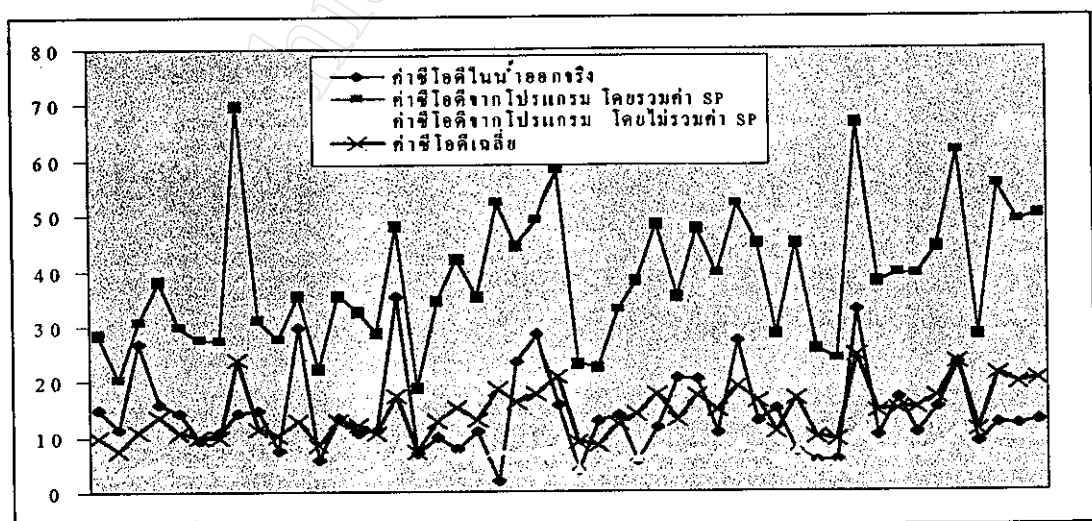
รูป 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่า MLSS โดยเรียงลำดับค่า ตามค่า F/M



รูป 4.8 เส้นแนวโน้มและสมการพยากรณ์ ค่าผลิตผลของ MLSS จากโปรแกรม

4.3.2 การพยากรณ์ค่าซีโอดีในน้ำออก

จากการทดลอง พบว่า ค่าซีโอดีมีการผลิตผลสูงและไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน สมมติฐานเบื้องต้นคาดว่าค่าการผลิต อาจเกิดจากผลของปัจจัยบางอย่างที่อยู่นอกเหนือ สมมติฐานของการทำวิจัย และแบบจำลอง ดังนั้น จึงพยายามสร้างสมการพยากรณ์ที่สามารถปรับค่าผลิตผลลงให้น้อยที่สุด โดยคาดว่าผลการผลิตผลประการหนึ่งเกิดจากค่า S_p ซึ่งมีค่าสูงและส่งผลทำให้ค่าซีโอดีออกมีค่าสูง แต่เนื่องจากสมการพยากรณ์ที่มีอยู่ไม่สามารถพยากรณ์ค่าซีโอดีในน้ำออกได้ดี ดังนั้นในการพยากรณ์ ค่าซีโอดีในน้ำออกจึงใช้วิธี นำค่าซีโอดีในน้ำออกที่คิดรวมค่า S_p กับค่าซีโอดีในน้ำออกที่ไม่รวมค่า S_p มาเฉลี่ยกันเพื่อพยากรณ์ค่าซีโอดีในน้ำออก ซึ่งให้ผลในการพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ

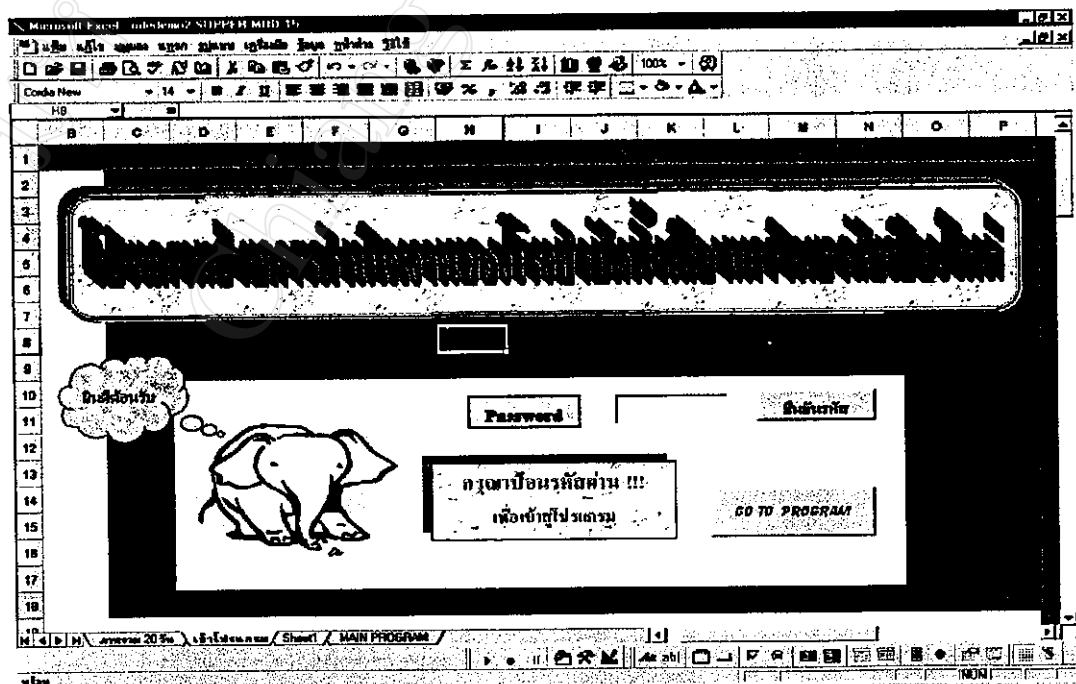


รูป 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าซีโอดีในน้ำออกเรียงตามค่า F/M

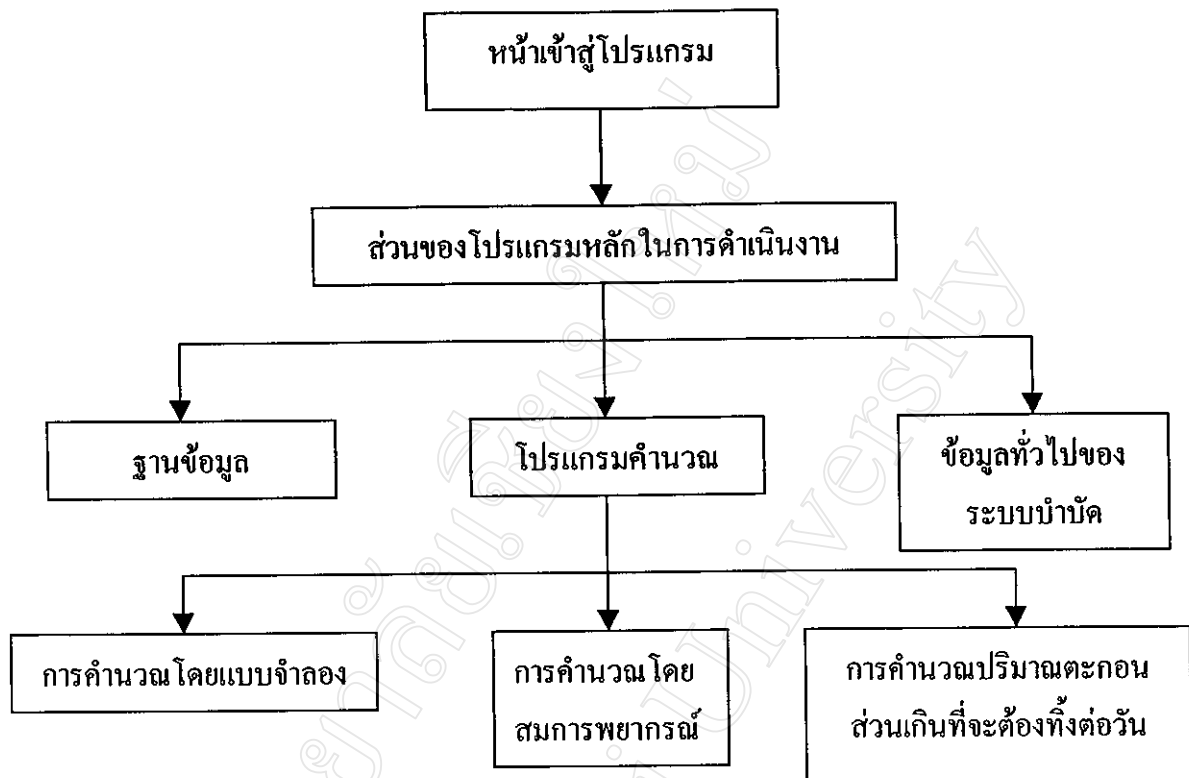
4.3.3 โปรแกรมช่วยการดำเนินงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

ความสามารถของโปรแกรม สามารถทำนายค่าซีไอดีในน้ำออก ค่า MLSS และปริมาณน้ำตะกอนที่จะนำออกไปทิ้งต่อวัน เพื่อช่วยรักษาความสมดุลของระบบ โดยผู้ควบคุมระบบจะต้องใส่ข้อมูลพื้นฐาน คือ ค่าซีไอดีในน้ำเข้าจริง ค่าอัตราการไหลจริง และ ค่า F/M ซึ่งผู้ควบคุมระบบกำหนดตามต้องการ โปรแกรมจะทำการพยากรณ์ ค่าซีไอดีในน้ำออก ค่า MLSS และ ปริมาณน้ำตะกอนที่ต้องนำไปทิ้งต่อวันโดยผ่านแบบจำลอง ทำให้ผู้ควบคุมระบบสามารถทดสอบหา ค่าอัตราส่วน F/M และปริมาณน้ำตะกอนทิ้งที่เหมาะสมที่สุดในการควบคุมระบบได้ล่วงหน้า เพื่อประกอบการตัดสินใจในการควบคุมระบบ นอกจากนี้โปรแกรมยังมีส่วนของฐานข้อมูลช่วยในการเก็บข้อมูลเป็นระบบง่ายต่อการค้นหา และในส่วนของผู้สนใจศึกษาสมมติฐานแบบที่สองของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ โปรแกรมสามารถแสดงการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ออกมาเป็นกราฟ สำหรับผู้สนใจไว้ศึกษาดูการเปลี่ยนไปของระบบ

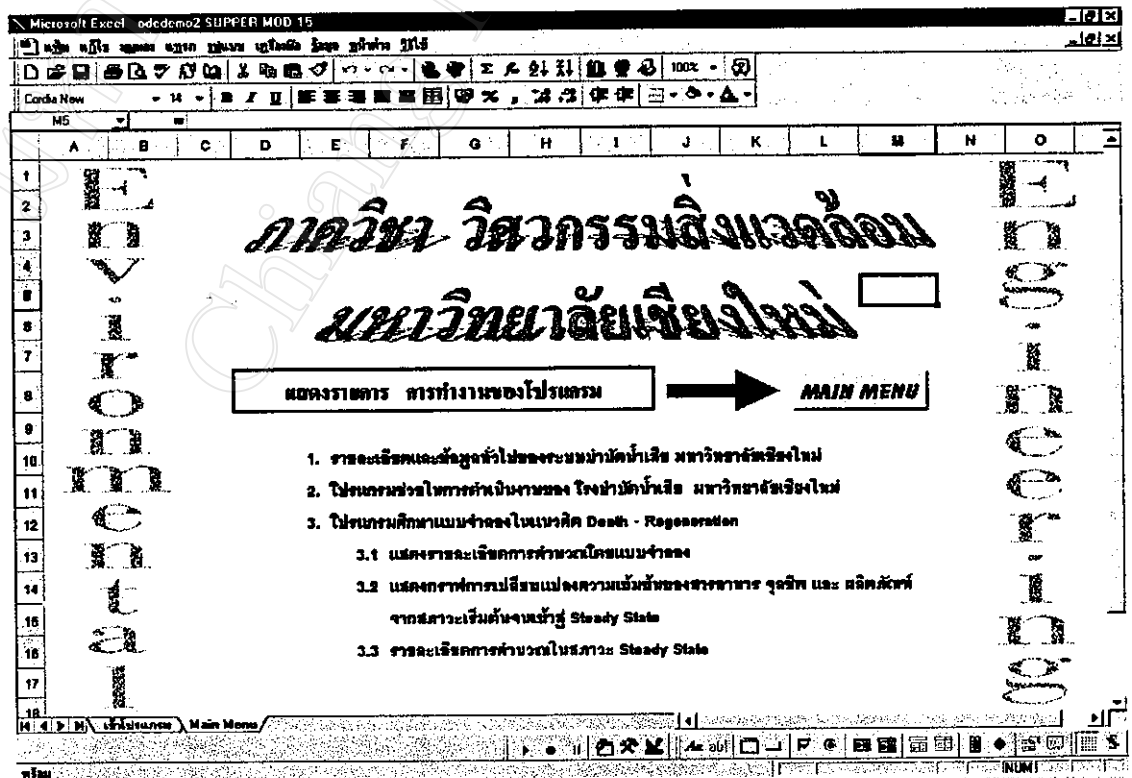
องค์ประกอบของโปรแกรมจะเชื่อมโยงกับผู้ใช้จากภายนอก เป็นลักษณะของ Website พื้นฐาน ทุกเมนูจะเชื่อมโยงกันสามารถเข้าสู่เมนูต่างๆ ได้ในทันที โปรแกรมทั้งหมดถูกเขียนบนไมโครซอฟต์เอ็กเซล 97 เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา ใช้งานและพัฒนาต่อไป ประกอบไปด้วย 3 แผ่นงาน ใช้หน่วยความจำประมาณ 5 เมกกะไบต์ ความเร็วในการทำงานขึ้นกับ ส่วนประมวลผลกลางของเครื่องแต่ละรุ่น สามารถตั้งรหัสการเข้าสู่โปรแกรมเพื่อป้องกันข้อมูลสำคัญจากบุคคลภายนอก



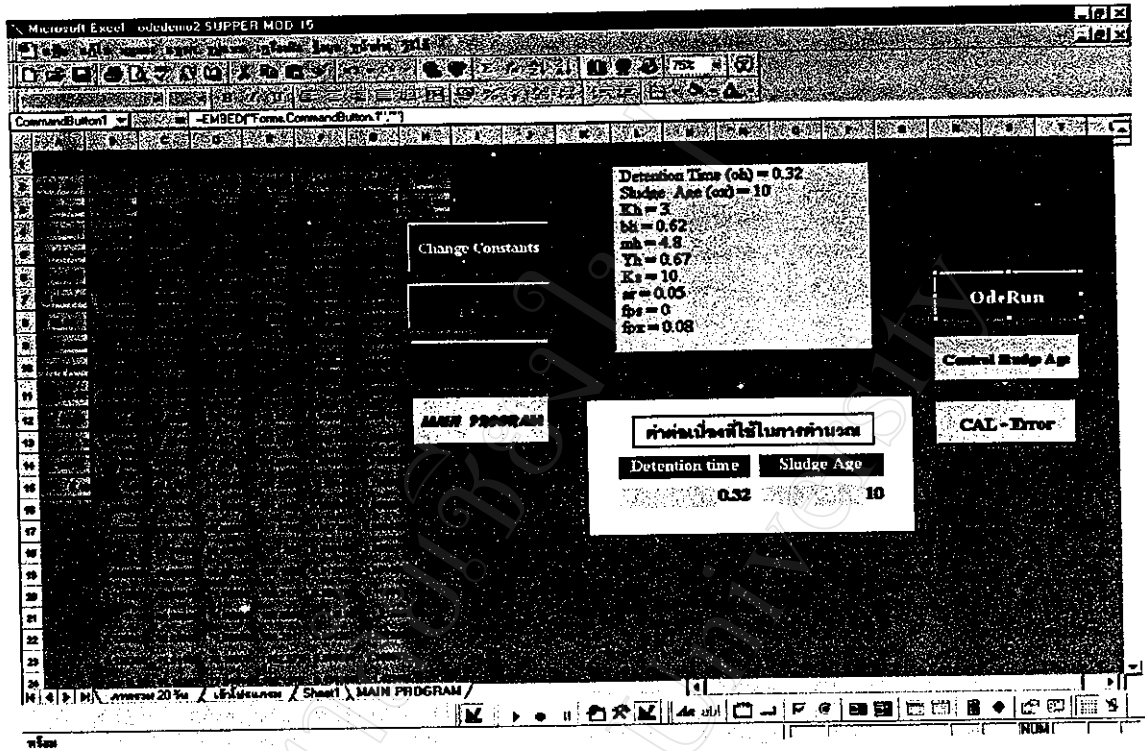
รูป 4.10 แสดงหน้าเข้าสู่โปรแกรม



รูป 4.11 แสดงผังโครงสร้างของโปรแกรม



รูป 4.12 แสดงหน้ารับคำสั่งหลักของโปรแกรม



รูป 4.13 แสดงส่วนของโปรแกรมคำนวณ

โปรแกรมช่วยการดำเนินงาน

Input Data

ค่าที่คำนวณ

ค่าจากการวิเคราะห์

Clear

Forecast

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้โปรแกรม

- ใส่ค่า F/M ตามที่ต้องการ
- นำค่าจากการวิเคราะห์
 - อัตราการไหล
 - ชีโอดีในน้ำเข้า
 - MLSS ในถังเติมอากาศ (MLSS in AT)
 - MLSS ในถังตกตะกอนชั้นลอย (MLSS in RS)

ใส่ในส่วนข้อมูลจากการวิเคราะห์

- เมื่อใส่ค่าเรียบร้อยแล้ว กดปุ่ม Input จะทำให้อุปกรณ์ Forecast ทำงาน (ถ้าไม่ใส่ค่าหรือเกิดการผิดพลาด เมื่อกดปุ่ม Input โปรแกรมจะฟ้อง Error ให้เลือก End แล้วเข้าไปปรับข้อมูลใหม่)
- กดปุ่ม Forecast โปรแกรมจะทำงาน
- ส่วนของวันที่ จะขึ้นวันปัจจุบันเสมอ ถ้าต้องการเปลี่ยนวันให้กดในปฏิทินได้เลย
- เวลาการคำนวณขึ้นกับ รุ่นของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 15 นาที

CONCLUSION

วันที่คำนวณ

Detention Time

Sludge Age

PREDICT

Eff. COD : mg/l

MLSS in AT : mg/l

ปริมาณโตะก่อนทิ้งต่อวัน : ตมม./วัน

อัตราสูญเสียโตะก่อนชั้นลอย : % ของ Flow

รูป 4.14 ส่วนการรับข้อมูล