การทำนายคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE - 11

นาย กฤษฎา มหาสันทนะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-771-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 16894765

PREDICTION OF WATER QUALITY OF CHAOPHRAYA RIVER BY THE MIKE-11 MATHEMATICAL MODEL

Mr. Krisda Mahasandana

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduated School
Chulalongkorn University
1995

ISBN 974-633-771-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทำนายคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE-11
โดย	นายกฤษฎา มหาสันทนะ
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ เศรษฐมานิต)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตารจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประแสง มงคลศิริ)

พิพิธภัณฑ์ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กฤษฎา มหาสันทนะ : การทำนายคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE-11 (PREDICTION OF WATER QUALITY OF CHAOPHRAYA RIVER BY THE MIKE-11 MATHEMATICAL MODEL) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์ , 212 หน้า. ISBN 974-633-771-8

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยานี้ได้ทำการวิเคราะห์ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE-11 สามส่วน คือ Hydrodynamic (HD model) Transport Dispesion (TD model) และ Water Quality (WQ model) เพื่อวิเคราะห์ค่าทางชลศาสตร์ ค่าการแพร่กระจายสารในลำน้ำ และ คุณภาพน้ำตามลำดับ โดยขอบเขตต้นน้ำอยู่บริเวณ อำเภอบางไทร จ.อยุธยา ขอบเขตท้ายน้ำอยู่บริเวณ ปากแม่น้ำ จ.สมุทรปราการ รวมระยะทาง 112 กิโลเมตร สถานีปรับเทียบค่าระดับน้ำ อยู่บริเวณ กรมชลประทานสามเสน (กม.56) และ กรมชลประทานปากเกร็ด (กม.70) ส่วนสถานีปรับเทียบคุณภาพน้ำอยู่บริเวณ สถานีสูบน้ำดิบสำแล (กม.96) สะพานนนทบุรี(กม. 84) และ ปากเกร็ด (กม.70) โดยข้อมูลทั้งหมดเก็บสำรวจในช่วงวันที่ 17-31 มีนาคม 2537 โดยการประปานครหลวง

ข้อมูลปริมาณความสกปรกที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาในส่วนของปริมาณน้ำเสียที่ไหลมาจากคลองต่างๆ คำนวณโดยการแบ่งเขตพื้นที่รับน้ำของคลองต่างๆรายอำเภอ แล้วจึงประเมินปริมาณน้ำเสียจากครัวเรือน แหล่งพาณิชยกรรม แหล่งอุตสาหกรรม และ แหล่งเกษตรกรรม ในพื้นที่รับน้ำของคลองนั้นๆ รวม 4 จังหวัด คือ ปทุมธานี นนทบุรี กรุงเทพมหานคร และ สมุทรปราการ ส่วนค่า บีโอดี ของคลองต่างๆ ได้จากข้อมูลการเก็บสำรวจของรายงานการศึกษาออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่เกี่ยวข้อง สำหรับการประเมินปริมาณความสกปรกที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ในปี 2540 2550 และ 2560 นั้น ได้คำนวณจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากร อัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรม ในปีนั้นๆ

ผลการคำนวณพบว่า แม่น้ำเจ้าพระยาในสภาพปัจจุบันมีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 4 โดยในปี 2537 มีค่าบีโอดีสูงสุด เท่ากับ 6.2 มก./ล. และผลจากการมีโครงการบำบัดน้ำเสียกรุงเทพมหานครระยะที่ 1 คือ แม่น้ำเจ้าพระยาจะมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 4 จนถึง ปี 2540 เท่านั้น คือ มีค่าบีโอดีสูงสุด เท่ากับ 4.5 มก./ล หลังจากนั้น ค่า บีโอดีจะเพิ่มสูงขึ้นอีก เว้นแต่ว่าจะมีการใช้มาตรการที่มีประสิทธิภาพเพื่อแก้ไขต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C416908 : MAJOR SANITARY ENGINEERING
KEY WORD: : WATER QUALITY /MIKE-11
KRISDA MAHASANDANA : (PREDICTION OF WATER QUALITY OF CHAOPHRAYA RIVER BY THE MIKE-11 MATHEMATICAL MODEL) THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.SUTHIRAK SUJARITTANONTA, Ph.D. 212 pp. ISBN 974-633-771-8

This analysis of water quality in Chaophraya river is based on 3 modules of mathematic model (MIKE-11) including hydrodynamic model(HD),transport dispersion model (TD) and water quality model (WQ). The purposed of this study is to analyse hydraulic, dispersion characterristics and water quality of the river. The upper boundary of the analysed area is located at Amphoe Bangsai, Changwat Aydthaya, where as the lower boundary is located at the river mouth in Samutpragarn province. The total distance is 112 kilometers. The calibrated station of water level is located at the Royal Irrigation Department at Samsen (km.56) and the Royal Irrigation Department at Pak Kred (km.70). Water Quality calibrated stations were located at Samlae pumping station (km.96), Nonthaburi Bridge (km.84) and Amphoe Pak Kred (km.70). All data were collected during the period between 17-31 March 1994 by the Metropolitan Waterworks Authority.

BOD loading of Chaophraya river used in the study were obtained by calculation based on catchment area for canals in each district of the 4 provinces includings Pathumthani, Nonthaburi, Bangkok and Samutphrakarn. Waste water from domestic, commercial, industrial and agricultural were evaluated.

For BOD values of various canals, the data were obtained from several studies and the designs of the collection system and sewage treatment plants. The assessment of BOD loading of Chaophraya river in 1997, 2007 and 2017 was based on the prediction of population, economic and industrial growth of those years.

The results of the study indicated that the water quality of Chaophraya river in 1994 was lower than those in stream standard type 4 established by Office of the National Environment Board. In 1994, the maximum BOD concentration was 6.2 mg/l. By having the waste water treatment plant (stage 1) the water quality in Chaophraya river will have lower BOD value of 4.5 mg/l untill 1997. After that year, the BOD value will be increase unless there are effective measures to prevent water quality degradation.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กฤษฎา มหาสันทนะ : การทำนายคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE-11 (PREDICTION OF WATER QUALITY OF CHAOPHRAYA RIVER BY THE MIKE-11 MATHEMATICAL MODEL) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์ , 212 หน้า. ISBN 974-633-771-8

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยานี้ได้ทำการวิเคราะห์ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE-11 สามส่วน คือ Hydrodynamic (HD model) Transport Dispesion (TD model) และ Water Quality (WQ model) เพื่อวิเคราะห์ค่าทางชลศาสตร์ ค่าการแพร่กระจายสารในลำน้ำ และ คุณภาพน้ำตามลำดับ โดยขอบเขตต้นน้ำอยู่บริเวณ อำเภอบางไทร จ.อยุธยา ขอบเขตท้ายน้ำอยู่บริเวณ ปากแม่น้ำ จ.สมุทรปราการ รวมระยะทาง 112 กิโลเมตร สถานีปรับเทียบค่าระดับน้ำ อยู่บริเวณ กรมชลประทานสามเสน (กม.56) และ กรมชลประทานปากเกร็ด (กม.70) ส่วนสถานีปรับเทียบคุณภาพน้ำอยู่บริเวณ สถานีสูบน้ำดิบสำแล (กม.96) สะพานนนทบุรี(กม. 84) และ ปากเกร็ด (กม.70) โดยข้อมูลทั้งหมดเก็บสำรวจในช่วงวันที่ 17-31 มีนาคม 2537 โดยการประปานครหลวง

ข้อมูลปริมาณความสกปรกที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาในส่วนของปริมาณน้ำเสียที่ไหลมาจากคลองต่างๆ คำนวณโดยการแบ่งเขตพื้นที่รับน้ำของคลองต่างๆรายอำเภอ แล้วจึงประเมินปริมาณน้ำเสียจากครัวเรือน แหล่งพาณิชยกรรม แหล่งอุตสาหกรรม และ แหล่งเกษตรกรรม ในพื้นที่รับน้ำของคลองนั้นๆ รวม 4 จังหวัด คือ ปทุมธานี นนทบุรี กรุงเทพมหานคร และ สมุทรปราการ ส่วนค่า บีโอดี ของคลองต่างๆ ได้จากข้อมูลการเก็บสำรวจของรายงานการศึกษาออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่เกี่ยวข้อง สำหรับการประเมินปริมาณความสกปรกที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ในปี 2540 2550 และ 2560 นั้น ได้คำนวณจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากร อัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรม ในปีนั้นๆ

ผลการคำนวณพบว่า แม่น้ำเจ้าพระยาในสภาพปัจจุบันมีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 4 โดยในปี 2537 มีค่าบีโอดีสูงสุด เท่ากับ 6.2 มก./ล. และผลจากการมีโครงการบำบัดน้ำเสียกรุงเทพมหานครระยะที่ 1 คือ แม่น้ำเจ้าพระยาจะมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 4 จนถึง ปี 2540 เท่านั้น คือ มีค่าบีโอดีสูงสุด เท่ากับ 4.5 มก./ล หลังจากนั้น ค่า บีโอดีจะเพิ่มสูงขึ้นอีก เว้นแต่ว่าจะมีการใช้มาตรการที่มีประสิทธิภาพเพื่อแก้ไขต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

##C416908 : MAJOR SANITARY ENGINEERING
KEY WORD: : WATER QUALITY /MIKE-11
KRISDA MAHASANDANA : (PREDICTION OF WATER QUALITY OF CHAOPHRAYA RIVER BY THE MIKE-11 MATHEMATICAL MODEL)
THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.SUTHIRAK SUJARITTANONTA,
Ph.D. 212 pp. ISBN 974-633-771-8

This analysis of water quality in Chaophraya river is based on 3 modules of mathematic model (MIKE-11) including hydrodynamic model(HD),transport dispersion model (TD) and water quality model (WQ). The purposed of this study is to analyse hydraulic, dispersion characterristics and water quality of the river. The upper boundary of the analysed area is located at Amphoe Bangsai, Changwat Aydthaya, where as the lower boundary is located at the river mouth in Samutpragarn province. The total distance is 112 kilometers. The calibrated station of water level is located at the Royal Irrigation Department at Samsen (km.56) and the Royal Irrigation Department at Pak Kred (km.70). Water Quality calibrated stations were located at Samlae pumping station (km.96), Nonthaburi Bridge (km.84) and Amphoe Pak Kred (km.70). All data were collected during the period between 17-31 March 1994 by the Metropolitan Waterworks Authority.

BOD loading of Chaophraya river used in the study were obtained by calculation based on catchment area for canals in each district of the 4 provinces includings Pathumthani, Nonthaburi, Bangkok and Samutphrakarn. Waste water from domestic, commercial, industrial and agricultural were evaluated.

For BOD values of various canals, the data were obtained from several studies and the designs of the collection system and sewage treatment plants. The assessment of BOD loading of Chaophraya river in 1997, 2007 and 2017 was based on the prediction of population, economic and industrial growth of those years.

The results of the study indicated that the water quality of Chaophraya river in 1994 was lower than those in stream standard type 4 established by Office of the National Environment Board. In 1994, the maximum BOD concentration was 6.2 mg/l. By having the waste water treatment plant (stage 1) the water quality in Chaophraya river will have lower BOD value of 4.5 mg/l untill 1997. After that year, the BOD value will be increase unless there are effective measures to prevent water quality degradation.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด พร้อมได้รับความอนุเคราะห์โปรแกรม MIKE-11 จากสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบคุณสถาบันวิจัย ฯ มา ณ ที่นี้ ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ เศรษฐมานิต ผู้ช่วยศาสตารจารย์ ดร. ธเรศ ศรีสถิดย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประแสง มงคลศิริ ที่ท่านได้ ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณ จิระวัฒน์ กณสุต Dr. Nguyen Huu Thoi อ. สุรชัย ลิปิวัฒนาการ อ. นภาพร รัตนเขมากร Mr. LEE KIM LUAD และ คุณ พรยศ เทียนทอง ที่ได้ให้คำแนะนำ เกี่ยวกับโปรแกรม MIKE-11

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณ สุทธิมล เกษสมบูรณ์ คุณ หทัยรัตน์ ลิขิตอนุภาค คุณ ปธาน บรรจงปรุ จากกรุงเทพมหานคร คุณ พลชัย กลิ่นขจร คุณ สุภาวดี ยิ้มศรีเจริญกิจ จากกรมชลประทาน คุณพิมล วัฒนะมหาดม์ จากกรมควบคุมมลพิษ คุณ รัมภา งามชนะ คุณ ไมตรี ฝอยทอง จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต คุณ พรศักดิ์ ศุภธาราธาร คุณ เยาวนุช สุจริตธรรม คุณ นันทนา อิทธิพรโกวิท คุณ เกศสุชา พูลคำ คุณ อุษากร นิยม และ คุณ อวิรุทธ์ สุขสมอรรถ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ข้อมูล ที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย ขอขอบคุณ คุณสุวิสา ประดิษฐ์ และ คุณกิตติวุฒิ พนาสันติภาพ ที่ได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอระลึกถึงพระคุณ บิดา-มารดา ที่ท่านได้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจอย่างสม่ำเสมอตลอดมา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญเรื่อง ..... ฆ
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ซ

บทที่

1. บทนำ 1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย 6
   วัตถุประสงค์ 6
   ขอบเขตของการวิจัย 6
3 ทฤษฎี 7
   แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (MIKE-11) 7
   Hydrodynamic Model (HD model) 8
   Model Parameter 11
      1. ความเสียดทานท้องน้ำ (Bed Resistance) 11
      2. Resistance Radius (R_c) 12
      3. Hydraulic Radius (R_h) 13
   การคำนวณกริด 14
      1. Solution Scheme 14
      2. การกำหนดกริด 18
   การกำหนดขอบเขต 19
   การปรับแก้ 20
   Transport-Dispersion Model (TD Model) 20
      1. สัมประสิทธิ์ของการกระจายน้ำ (Dispersion Coefficients) 21
      2. การคำนวณกริด 21
      3. การกำหนดขอบเขต 22

หน้า

Water Quality Model (WQ Model) 22
1. สมการคำนวณ การเปลี่ยนแปลงสารประกอบในลำน้ำ 25
2. การกำหนดขอบเขต 29
3 การปรับแก้ 30
รายละเอียดโครงการบำบัดน้ำเสีย 30
1. โครงการบำบัดน้ำเสีย สี่พระยา 30
2. โครงการบำบัดน้ำเสีย กรุงรัตนโกสินทร์ 33
3. โครงการบำบัดน้ำเสีย ยานนาวา 36
4. โครงการบำบัดน้ำเสีย ภาษีเจริญ-หนองแขม 41
5. โครงการบำบัดน้ำเสีย ราษฎร์บูรณะ 45
6. โครงการบำบัดน้ำเสียรวม ระยะที่ 1 47
4 อุปกรณ์ และการดำเนินการ 52
อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ แบบจำลอง MIKE II 52
ขั้นตอนการดำเนินการ 52
วิธีดำเนินการในแต่ละกรณีศึกษา 53
1 กรณีศึกษาแม่น้ำเจ้าพระยาสภาพปัจจุบัน 53
2. กรณีศึกษาแม่น้ำเจ้าพระยาสภาพในอนาคต 58
3. กรณีศึกษาแม่น้ำเจ้าพระยาสภาพในอนาคต
เมื่อมีโครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนกรุงเทพมหานคร 59
5 การรวบรวมและประมวลข้อมูลพื้นฐาน 62
ปริมาณน้ำเสีย และความสกปรกที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา 62
ประชากร 62
การแบ่งเขตการปกครอง 63
ลักษณะชุมชน 68
การกระจายตัวและการเปลี่ยนแปลงของประชากร 70
จำนวนประชากรในอนาคต 83
การใช้น้ำ 84
ประเภทของการใช้น้ำ 84
แหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคแลกิจการอุตสาหกรรม/พาณิชยกรรม 84
การใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม 88
แหล่งกำเนิดน้ำเสีย 92
ปริมาณน้ำเสียในพื้นที่กำจัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานคร 106
1 โครงการบำบัดน้ำเสียสี่พระยา 106

หน้า

2. โครงการบำบัดน้ำเสียกรุงรัตนโกสินทร์ 108
3 โครงการบำบัดน้ำเสีย ยานนาวา 108
4. โครงการบำบัดน้ำเสียภาษีเจริญ-หนองแขม 110
5. โครงการบำบัดน้ำเสียราษฎร์บูรณะ 112
6. โครงการบำบัดน้ำเสียรวมระยะที่ 1 ของกรุงเทพมหานคร 112
ปริมาณน้ำเสียทั้งหมดที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา 115
1. ปริมาณน้ำเสียในเขตจังหวัดปทุมธานี 117
2. ปริมาณน้ำเสียในเขตจังหวัดนนทบุรี
ของกรุงเทพ มหานคร 122
4. ปริมาณน้ำเสียในเขตจังหวัดสมุทรปราการ 122
6 การรายงานและวิเคราะห์ผล 137
ผลการคำนวณปรับเทียบแบบจำลอง 137
Hydrodynamic Model 137
Transport Dispersion Model 137
Water Quality model 141
ผลการจำลองแม่น้ำเจ้าพระยาสภาพปัจจุบัน 148
ผลการประยุกต์แบบจำลอง 151
กรณีศึกษาแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคต 151
กรณีศึกษาแม่น้ำเจ้าพระยาสภาพในอนาคตเมื่อมีโครงการ
บำบัดน้ำเสียชุมชน กรุงเทพมหานคร 160
7 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ 176
สรุปผลการศึกษา 176
ข้อเสนอแนะ 178
รายการอ้างอิง 179
ภาคผนวก 181
ประวัติผู้เขียน 212

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 คุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาตั้งแต่บริเวณช่องนนทรี (เก็บตัวอย่าง วันที่ 28 ธันวาคม 2534) เปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 4 39

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณภาพน้ำในแหล่งรับน้ำเสียจากโรงบำบัด 43

ตารางที่ 5.1 ขนาดและการเปลี่ยนแปลง จำนวนประชากรของกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล รายจังหวัด ปี 2513 - 2523 และ 2526 - 2533 72

ตารางที่ 5.2 ขนาดและการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของกรุงเทพมหานครและปริมณฑลรายอำเภอ ปี 2513-2523 77

ตารางที่ 5.3 ขนาดและอัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของกรุงเทพมหานครและปริมณฑลรายอำเภอ ปี 2526-2533 80

ตารางที่ 5.4 แสดงอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรในแขวง/ตำบลต่าง ๆ กับความหนาแน่นของประชากร พ.ศ. 2526-2533 83

ตารางที่ 5.5 สัดส่วนของผู้ใช้น้ำแยกประเภทกิจกรรมหลัก 85

ตารางที่ 5.6 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ปี 2533 90

ตารางที่ 5.7 ผลการคาดคะเนจำนวนประชากรของกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล รายอำเภอ ปี 2537,2540,2550,2560 94

ตารางที่ 5.8 ปริมาณน้ำใช้เฉลี่ยประเมินจากครัวเรือน ในแต่ละพื้นที่อาศัย 93

ตารางที่ 5.9 ข้อมูลสถานประกอบการในกรุงเทพมหานคร ปี 2533 96

ตารางที่ 5.10 ปริมาณน้ำเสียและภาระ BOD_5 ต่อหน่วยที่ระบายจากสถานประกอบการต่าง ๆ 98

ตารางที่ 5.11 แสดงปริมาณน้ำเสียทั้งหมดในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล รายอำเภอ ปี 2537,2540,2550,2560 100

หน้า

ตารางที่ 5.12 ปริมาณน้ำเสียในพื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียสี่พระยา 107
ตารางที่ 5.13 ปริมาณน้ำเสียในพื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียกรุงรัตนโกสินทร์ 109
ตารางที่ 5.14 ปริมาณน้ำเสียในพื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียยานนาวา 111
ตารางที่ 5.15 ปริมาณน้ำเสียในพื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียภาษีเจริญ-หนองแขม 113
ตารางที่ 5.16 ปริมาณน้ำเสียในพื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียราษฎร์บูรณะ 114
ตารางที่ 5.17 ปริมาณน้ำเสียในพื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียรวมระยะที่ 1 116
ตารางที่ 5.18 แสดงปริมาณน้ำเสียและค่าความสกปรกบีโอดีของแต่ละคลอง
ที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา 118

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	แผนที่แสดงตำแหน่งของแม่น้ำเจ้าพระยา	2
รูปที่ 1.2	แผนที่แสดงตำแหน่งของพื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียชุมชนกรุงเทพมหานคร	4
รูปที่ 3.1	แสดงหน้าตัดลำน้ำที่พิจารณาเป็นลำน้ำรูปสี่เหลี่ยมหลายๆ รูป	10
รูปที่ 3.2	รูปแสดงหน้าตัดลำน้ำที่พิจารณาในสมการ Resistance Radius (R.)	13
รูปที่ 3.3	รูปแสดงหน้าตัดลำน้ำที่พิจารณาในสมการ Hydraulic Radius (R_h)	14
รูปที่ 3.4	กริดต่างๆ ตามหน้าตัดของลำน้ำ	15
รูปที่ 3.5	Center 6-point Abbott Scheme	15
รูปที่ 3.6	Centering of Continmity equation in 6-point Abbott Scheme	16
รูปที่ 3.7	Centering of Momentum equation in 6-point Abbott Scheme	17
รูปที่ 3.8	In $(BOD_\alpha - BOD_t)/BOD_\alpha$ เทียบกับเวลา (T)	25
รูปที่ 3.9	พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียสี่พระยา	31
รูปที่ 3.10	ผังการทำงานของหน่วยกระบวนการในโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา	32
รูปที่ 3.11	พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียรัตนโกสินทร์	34
รูปที่ 3.12	ผังการทำงานของหน่วยกระบวนการในโรงบำบัดน้ำเสียรัตนโกสินทร์	35
รูปที่ 3.13	พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียยานนาวา	38
รูปที่ 3.14	แผนภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียสิ่งปฏิกูลร่วมกัน	39
รูปที่ 3.15	ผังการทำงานของหน่วยกระบวนการในโรงบำบัดน้ำเสียยานนาวา	40
รูปที่ 3.16	พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียภาษีเจริญ - หนองแขม	42
รูปที่ 3.17	ผังการทำงานของหน่วยกระบวนการในโรงบำบัดน้ำเสียราษฎร์บูรณะ	44
รูปที่ 3.18	พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียราษฎร์บูรณะ	46
รูปที่ 3.19	ผังการทำงานของหน่วยกระบวนการในโรงบำบัดน้ำเสียภาษีเจริญ - หนองแขม	48
รูปที่ 3.20	พื้นที่โครงการบำบัดน้ำเสียรวมระยะที่ 1	49
รูปที่ 3.21	แผนผังการรวบรวมน้ำเสียโครงการบำบัดน้ำเสียรวมระยะที่ 1	50
รูปที่ 4.1	แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างของแม่น้ำเจ้าพระยา	54

หน้า

รูปที่ 4.2 แสดงผลการปรับแก้ ค่าระดับน้ำ เนื่องจากการทรุดตัวของแผ่นดิน ที่ สถานีป้อมพระจุล (จิระวัฒน์, 1988) 56
รูปที่ 4.3 แผนผังแสดงขั้นตอนในการคำนวณโดยแบบจำลอง MIKE - 11 61
รูปที่ 5.1 แผนที่แสดงการแบ่งเขตการปกครองของจังหวัดปทุมธานี 64
รูปที่ 5.2 แผนที่แสดงการแบ่งเขตการปกครองของจังหวัดนนทบุรี 65
รูปที่ 5.3 แผนที่แสดงการแบ่งเขตการปกครองของกรุงเทพมหานคร 66
รูปที่ 5.4 แผนที่แสดงการแบ่งเขตการปกครองในจังหวัดสมุทรปราการ 67
รูปที่ 5.5 ตำแหน่งคลองสายหลักในจังหวัดปทุมธานีที่ระบายน้ำเสียลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา 117
รูปที่ 5.6 ตำแหน่งคลองสายหลักในจังหวัดนนทบุรีที่ระบายน้ำเสียลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา 121
รูปที่ 5.7 ตำแหน่งคลองสายหลักในเขตกรุงเทพมหานครที่ระบายน้ำเสียลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา 123
รูปที่ 5.8 ตำแหน่งคลองสายหลักในจังหวัดสมุทรปราการที่ระบายน้ำเสียลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา 124
รูปที่ 5.9 แสดงตำแหน่งคลองที่ระบายน้ำเสียจากเขตต่าง ๆลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา 126
รูปที่ 5.10 กรณีศึกษาสภาพแม่น้ำเจ้าพระยาในปัจจุบัน ปี 2537 127
รูปที่ 5.11 กรณีศึกษาสภาพแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคต ปี 2540 128
รูปที่ 5.12 กรณีศึกษาสภาพแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคต ปี 2550 129
รูปที่ 5.13 กรณีศึกษาสภาพแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคต ปี 2560 130
รูปที่ 5.14 กรณีศึกษาสภาพแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคต ปี 2540 เมื่อมีโครงการบำบัดน้ำเสีย กรุงเทพมหานคร โดย BOD ของน้ำเสียที่บำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20 มก./ล. 131
รูปที่ 5.15 กรณีศึกษาสภาพแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคต ปี 2540 เมื่อมีโครงการบำบัดน้ำเสีย กรุงเทพมหานคร โดย BOD ของน้ำเสียที่บำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 มก./ล. 132
รูปที่ 5.16 กรณีศึกษาสภาพแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคต ปี 2550 เมื่อมีโครงการบำบัดน้ำเสีย กรุงเทพมหานคร โดย BOD ของน้ำเสียที่บำบัดแล้ว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20 มก./ล 133
รูปที่ 5.17 กรณีศึกษาสภาพแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคต ปี 2550 เมื่อมีโครงการบำบัดน้ำเสีย กรุงเทพมหานคร โดย BOD ของน้ำเสียที่บำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 มก./ล 134

หน้า

รูปที่ 5.18 กรณีศึกษาสภาพแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคต ปี 2560
เมื่อมีโครงการบำบัดน้ำเสีย กรุงเทพมหานคร โดย BOD
ของน้ำเสียที่บำบัดแล้ว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20 มก./ล 135
รูปที่ 5.19 กรณีศึกษาสภาพแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคต ปี 2560
เมื่อมีโครงการบำบัดน้ำเสีย กรุงเทพมหานคร โดย BOD
ของน้ำเสียที่บำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 มก./ล. 136
รูปที่ 6.1 แสดงผลการปรับเทียบค่าระดับจากการคำนวณกับค่าระดับจากข้อมูลสำรวจ
ณ สถานี C.12 (กรมชลประทานสามเสน
วันที่ 17-31 มีนาคม 2537) 138
รูปที่ 6.2 แสดงผลการปรับเทียบค่าระดับจากการคำนวณกับค่าระดับจากข้อมูลสำรวจ
ณ สถานี C.22 (กรมชลประทานปากเกร็ด
วันที่ 17-31 มีนาคม 2537) 138
รูปที่ 6.3 แสดงผลการตรวจสอบค่าระดับจากการคำนวณกับค่าระดับจากข้อมูลสำรวจ
ณ สถานี C.12 (กรมชลประทานสามเสน
เดือนมกราคม 2537) 139
รูปที่ 6.4 แสดงผลการตรวจสอบค่าระดับจากการคำนวณกับค่าระดับจากข้อมูลสำรวจ
ณ สถานี C.22 (กรมชลประทานปากเกร็ด
เดือนมกราคม 2537) 139
รูปที่ 6.5 แสดงผลการตรวจสอบค่าระดับจากการคำนวณกับค่าระดับจากข้อมูลสำรวจ
ณ สถานี C.12 (กรมชลประทานสามเสน
เดือนกุมภาพันธ์ 2537) 140
รูปที่ 6.6 แสดงผลการตรวจสอบค่าระดับจากการคำนวณกับค่าระดับจากข้อมูลสำรวจ
ณ สถานี C.22 (กรมชลประทานปากเกร็ด
เดือนกุมภาพันธ์ 2537) 140
รูปที่ 6.7 แสดงผลการปรับเทียบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากการคำนวณกับ
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากการสำรวจ
ณ สถานีสูบน้ำสำแล (กม. 96) 142
รูปที่ 6.8 แสดงผลการปรับเทียบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากการคำนวณกับ
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากการสำรวจ
ณ สถานีสะพานนนทบุรี (กม. 84) 142

หน้า

รูปที่ 6.9 แสดงผลการปรับเทียบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากการคำนวณกับ
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากการสำรวจ
ณ สถานีปากเกร็ด (กม. 70) 143
รูปที่ 6.10 แสดงผลการปรับเทียบค่า BOD เฉลี่ยรายวันจากการคำนวณกับค่า BOD เฉลี่ย
รายวันจากการสำรวจ ณ สถานีสูบน้ำสำแล (กม. 96)
วันที่ 17-31 มีนาคม 2537 145
รูปที่ 6.11 แสดงผลการปรับเทียบค่า DO เฉลี่ยรายวันจากการคำนวณกับ
ค่า DO เฉลี่ยรายวันจากการสำรวจ ณ สถานีสูบน้ำสำแล (กม. 96)
วันที่ 17-31 มีนาคม 2537 145
รูปที่ 6.12 แสดงผลการปรับเทียบค่า BOD เฉลี่ยรายวันจากการคำนวณกับค่า BOD เฉลี่ย
รายวันจากการสำรวจ ณ สถานีสะพานนนทบุรี (กม. 84)
วันที่ 17-31 มีนาคม 2537 146
รูปที่ 6.13 แสดงผลการปรับเทียบค่า DO เฉลียรายวันจากการคำนวณกับ
ค่า DO เฉลี่ยรายวันจากการสำรวจ ณ สถานีสะพานนนทบุรี (กม. 84)
วันที่ 17-31 มีนาคม 2537 146
รูปที่ 6.14 แสดงผลการปรับเทียบค่า BOD เฉลี่ยรายวันจากการคำนวณกับค่า BOD เฉลี่ย
รายวันจากการสำรวจ ณ สถานีปากเกร็ด (กม. 70)
วันที่ 17-31 มีนาคม 2537 147
รูปที่ 6.15 แสดงผลการปรับเทียบค่า DO เฉลี่ยรายวันจากการคำนวณกับ
ค่า DO เฉลี่ยรายวันจากการสำรวจ ณ สถานีปากเกร็ด (กม. 70)
วันที่ 17-31 มีนาคม 2537 147
รูปที่ 6.16 ค่า BOD เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึง
ปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2537 149
รูปที่ 6.17 ค่า DO เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึง
ปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2537 149
รูปที่ 6.18 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึง
ปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2537 150
รูปที่ 6.19 ค่า BOD เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึง
ปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2540 152

หน้า

รูปที่ 6.20 ค่า DO เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2540 152
รูปที่ 6.21 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2537 153
รูปที่ 6.22 ค่า BOD เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2550 154
รูปที่ 6.23 ค่า DO เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2550 154
รูปที่ 6.24 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2550 155
รูปที่ 6.25 ค่า BOD เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2560 156
รูปที่ 6.26 ค่า DO เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2560 156
รูปที่ 6.27 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัดตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม 2560 157
รูปที่ 6.28 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า BOD เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำของเดือนมีนาคม ปี 2540, 2550 และ 2560 158
รูปที่ 6.29 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า DO เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำของเดือนมีนาคม ปี 2540, 2550 และ 2560 159
รูปที่ 6.30 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า BOD เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ ระหว่างค่า $BOD_{effluent}$ = 20 มก./ล.และ $BOD_{effluent}$ = 10 มก./ล. เดือนมีนาคม ปี 2540 161
รูปที่ 6.31 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า DO เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ ระหว่างค่า $BOD_{effluent}$ = 20 มก./ล. และ $BOD_{effluent}$ = 10 มก./ล. เดือนมีนาคม ปี 2540 162

หน้า

รูปที่ 6.32 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า BOD เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ ระหว่างค่า $BOD_{effluent}$ = 20 มก./ล.และ $BOD_{effluent}$ = 10 มก./ล. เดือนมีนาคม ปี 2550 .. 163

รูปที่ 6.33 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า DO เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ ระหว่างค่า $BOD_{effluent}$ = 20 มก./ล. และ $BOD_{effluent}$ = 10 มก./ล. เดือนมีนาคม ปี 2550 .. 164

รูปที่ 6.34 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า BOD เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ ระหว่างค่า $BOD_{effluent}$ = 20 มก./ล.และ $BOD_{effluent}$ = 10 มก./ล. เดือนมีนาคม ปี 2560 165

รูปที่ 6.35 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า DO เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ ระหว่างค่า $BOD_{effluent}$ = 20 มก./ล. และ $BOD_{effluent}$ = 10 มก./ล. เดือนมีนาคม ปี 2560 .. 166

รูปที่ 6.36 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า BOD เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม ปี 2540 2550 และ 2560 เมื่อค่า $BOD_{effluent}$ = 20 มก./ล. 167

รูปที่ 6.37 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า DO เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม ปี 2540 2550 และ 2560 เมื่อค่า $BOD_{effluent}$ = 20 มก./ล. 168

รูปที่ 6.38 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า BODเฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม ปี 2540 2550 และ 2560 เมื่อค่า $BOD_{effluent}$ = 10 มก./ล. 170

รูปที่ 6.39 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า DO เฉลี่ยที่แต่ละหน้าตัด ตามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่อำเภอบางไทรถึงปากแม่น้ำ เดือนมีนาคม ปี 2540 2550 และ 2560 เมื่อค่า $BOD_{effluent}$ = 10 มก./ล. 170

หน้า

รูปที่ 6.40 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า BOD เฉลี่ย กรณีไม่มีและมีโครงการบำบัดน้ำเสียรวมของกรุงเทพมหานครโดยค่า $BOD_{effluent}$ = 20 มก./ล. ปี 2540 2550 และ 2560 172

รูปที่ 6.41 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า DO เฉลี่ย กรณีไม่มีและมีโครงการบำบัดน้ำเสียรวมของกรุงเทพมหานครโดยค่า $BOD_{effluent}$ = 20 มก./ล. ปี 2540 2550 และ 2560 173

รูปที่ 6.42 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า BOD เฉลี่ย กรณีไม่มีและมีโครงการบำบัดน้ำเสียรวมของกรุงเทพมหานครโดยค่า $BOD_{effluent}$ = 10 มก./ล. ปี 2540 2550 และ 2560 174

รูปที่ 6.43 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่า DO เฉลี่ย กรณีไม่มีและมีโครงการบำบัดน้ำเสียรวมของกรุงเทพมหานครโดยค่า $BOD_{effluent}$ = 10 มก./ล. ปี 2540 2550 และ 2560 175