บทที่ 7
สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาถึงการแพร่ของน้ำเค็มของชั้นน้ำนนทบุรีครั้งนี้ เนื่องมาจากชั้นน้ำนนทบุรีของพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล (7 จังหวัดในพื้นที่ศึกษา) ได้รับผลกระทบจากการรุกล้ำของน้ำเค็มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากเดิมที่มีน้ำจืดเปลี่ยนกลายเป็นน้ำเค็ม ประกอบกับการสูบน้ำบาดาลเพื่อตอบสนองความต้องการใช้ในการอุปโภคบริโภค และการอุตสาหกรรม ทั้งทางภาคเอกชนและภาคราชการ/รัฐวิสาหกิจ ทำให้ระดับน้ำของชั้นน้ำนี้มีแนวโน้มที่ลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ลิ่มของน้ำเค็มมีการเคลื่อนตัวเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี

จากการศึกษาการจำลองสภาพการรุกล้ำของน้ำเค็มในชั้นน้ำนนทบุรี โดยใช้แบบจำลอง MT3D และแบบจำลอง GMS สามารถสรุปได้ดังนี้

7.1 ข้อสรุป

7.1.1 อัตราการสูบน้ำบาดาลในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล จากการประมาณอัตราการสูบน้ำบาดาลโดยเปรียบเทียบกับผลของค่าระดับน้ำบาดาล ในปี พ.ศ.2540 พบว่ากรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีการใช้น้ำประมาณวันละ 2,490,829 ลูกบาศก์เมตร มาจากภาคเอกชนประมาณ 1,351,408 ลูกบาศก์เมตร และภาคราชการประมาณ 1,139,421 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 54% และ 46% ของปริมาณการใช้น้ำบาดาลทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉลี่ยจากปี พ.ศ.2526-2540 มีอัตราเพิ่มขึ้นปีละ 5.1% โดยที่การใช้น้ำส่วนใหญ่อยู่ในภาคอุตสาหกรรม 44% สำหรับการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค 29% หน่วยงานราชการอื่นๆ 17% และการประปานครหลวง/ภูมิภาค 10% ตามลำดับ

7.1.2 การศึกษาและประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า แบบจำลอง GMS แบบจำลอง MODFLOW และ MT3D สามารถจำลองสภาพการแพร่ของน้ำได้ดี เนื่องจากแบบจำลอง GMS เป็นแบบจำลองที่ช่วยในการป้อนเข้า และแสดงผลการคำนวณในรูปของกราฟฟิคได้เป็นอย่างดี

7.1.3 การตรวจสอบแบบจำลอง MODFLOW ในช่วงปี พ.ศ.2536-2540 โดยการปรับเปอร์เซ็นต์อัตราการสูบน้ำ พบว่า เปอร์เซ็นต์อัตราการสูบที่สอดคล้องกับระดับน้ำเท่ากับ 77% ของปริมาณการสูบน้ำที่ประมาณได้โดยวิธีของ JICA (ปี 2535) และผลจากการสำรวจอัตราการสูบน้ำของโครงการศึกษาและพัฒนาแหล่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรมฯ พบว่ามีเปอร์การสูบน้ำโดยเฉลี่ยของแต่ละจังหวัดเท่ากับ 74% ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงมาก จากการจำลองสภาพด้วยเปอร์เซ็นต์อัตราการสูบทั้ง 2 กรณี พบว่า แบบจำลองมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดที่เปอร์เซ็นต์การสูบน้ำเฉลี่ย 74%

7.1.4 จากการศึกษาสมดุลของน้ำบาดาล พบว่า ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าชั้นน้ำส่วนหนึ่งมาจากการรั่วของน้ำบาดาลจากชั้นน้ำที่อยู่ด้านบน (upper leakance) โดยเฉลี่ยประมาณ 76% ของปริมาณที่ไหลเข้าทั้งหมด และอีกส่วนหนึ่งมาจากบริเวณที่เป็นพื้นที่เติมน้ำ (recharge area) 18% ซึ่งมีการรั่วของด้านล่างเข้าชั้นน้ำ (lower leakance) และการไหลออกไปยังด้านข้าง (lateral flow) 3% และ 4% ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสูงสุดมาจากการรั่วของด้านล่างออกไปยังชั้นน้ำอื่น 74% และมาจากการสูบน้ำบาดาลออก 23% และการรั่วออกไปยังชั้นน้ำด้านบน 3%

สำหรับชั้นน้ำนนทบุรีมีปริมาณน้ำไหลเข้าเท่ากับ 8.69% ของปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการรั่วซึมจากชั้นน้ำนครหลวง ปริมาณน้ำกักเก็บ (ปริมาณน้ำที่ไหลเข้า-ปริมาณน้ำที่ไหลออก) เท่ากับเฉลี่ย 45,619 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

7.1.5 การหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากการใช้แบบจำลอง MT3D จำลองสภาพความเค็มโดยใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2529-2535 หลังจากการปรับเทียบข้อมูลจากการคำนวณ และค่าความเข้มข้นคลอไรด์จากบ่อสังเกตการณ์ พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับชั้นน้ำนนทบุรีคือ

ค่าความสามารถในการแพร่ในแนว Longitudinal เท่ากับ 48.27 เมตร

ค่าความพรุนใช้การ เท่ากับ 0.111

ซึ่งค่าความสามารถในการแพร่ในแนวตามยาวมีผลต่อการจำลองสภาพอย่างยิ่ง โดยเฉพาะเมื่อกำหนดให้ค่าดังกล่าวมีค่าสูงก็จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งค่าระยะทางในการเคลื่อนที่ของสารในการจำลองสภาพนี้มีค่าเท่ากับ 250 เมตร สำหรับการปรับค่าความพรุนรวมของแบบจำลอง พบว่า 25% ของความพรุนรวมเหมาะสำหรับการจำลองสภาพมากที่สุด อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าความคาดเคลื่อนมาก มาจากการกำหนดขอบเขตความเข้มข้นในชั้นน้ำอื่นๆ ที่ไม่มีบ่อสังเกตการณ์มาเป็นตัวปรับเทียบ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ศึกษามาก่อนหน้าใน (Gelhar และคนอื่นๆ) (ดูรูปที่ 3-4) พบว่า ค่าความสามารถในการแพร่ของน้ำเค็มอยู่

ในช่วงที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูง จึงสามารถยอมรับความความเคลื่อนที่เกิดขึ้นและนำมาประยุกต์ใช้ในการจำลองสภาพในกรณีต่างๆ ได้

7.1.6 การแพร่ของน้ำเค็มในพื้นที่ศึกษา การแพร่ของน้ำเค็มของชั้นน้ำนนทบุรีได้รับอิทธิพลมาจาก 2 แหล่ง คือ การแพร่ของน้ำเค็มจากทะเลและการแพร่ของน้ำเค็มจากชั้นดินที่อยู่ด้านบน โดยที่การแพร่ของน้ำเค็มจะเกิดขึ้นที่บริเวณทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณอำเภอพระสมุทรเจดีย์ บางบ่อ และบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ โดยแพร่เข้าสู่บริเวณตอนกลางของพื้นที่กรุงเทพมหานคร ส่วนการรั่วซึมของน้ำเค็มที่อยู่สูงกว่า เกิดขึ้นที่บริเวณซึ่งมาจากน้ำทะเลที่เข้าไปกักเก็บอยู่ในชั้นกรวดทรายพร้อมกับการเกิดการทับถมของชั้นกรวดทราย ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดปทุมธานี โดยที่ความเค็มสูงสุดของบริเวณดังกล่าวจะจืดลง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเค็มได้มีการละลายออกไปยังพื้นที่ด้านข้าง เห็นได้ว่าในบริเวณที่แต่เดิมเป็นน้ำจืดเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำกร่อย และเป็นน้ำเค็มในที่สุด

7.1.7 จากผลการจำลองสภาพในช่วงปี 2541-2560 โดยใช้อัตราการสูบน้ำในกรณีต่างๆ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูบน้ำกับความเค็มเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อกัน โดยเฉพาะในบริเวณที่แหล่งความเค็มมาจากน้ำที่ขังตัวอยู่ในชั้นน้ำ จากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูบน้ำบาดาลกับพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบความเค็มมากกว่า 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในปี 2560 พบว่าการกำหนดอัตราการสูบในกรณีต่างๆ นี้จะส่งผลกระทบในระยะยาวมากกว่าในระยะสั้นๆ และถ้าลดอัตราการสูบน้ำลงมากๆ ก็จะทำให้น้ำเค็มรุกล้ำน้อยลงตามไปด้วย และอัตราการสูบน้ำเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเคลื่อนตัวของน้ำเค็ม เช่น ในกรณีอัตราการสูบน้ำในกรณีที่ 3 (เพิ่มอัตราการสูบน้ำ 4%) ที่มีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากความเค็มมากกว่า 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยที่มีพื้นที่ประมาณ 1,844 ตารางกิโลเมตร ในปี 2541 เพิ่มเป็น 2,160 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2560 ซึ่งเพิ่มขึ้น 17% ซึ่งพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ของน้ำเค็มดังกล่าว ขึ้นอยู่กับปริมาณการสูบน้ำของพื้นที่ศึกษา

7.1.8 จากผลการจำลองสภาพในช่วงปี 2536-2540 พบว่า มวลเกลือของชั้นน้ำนนทบุรีมาจากทะเล 84% และการรั่วจากชั้นน้ำนครหลวง 16% ของมวลเกลือที่ไหลเข้า สำหรับการไหลออกไปยังชั้นน้ำด้านข้าง 91% ของมวลเกลือที่ไหลออก จากการสูบน้ำ 1% และจากการรั่วซึมออกชั้นน้ำสามโคก 3% จากเปอร์เซ็นต์การไหลเข้าและออกจากชั้นน้ำนนทบุรี ชี้ว่าแหล่งของน้ำเค็มนี้มาจาก การรั่วซึมของน้ำเค็มจากทะเล และละลายจากเกลือในชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ และชั้นน้ำนครหลวงได้ และความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเค็มกับอัตราการสูบน้ำ พบว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบหรือการแพร่ของน้ำเค็มเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการสูบน้ำ เช่น กรณี

เพิ่มอัตราการสูบน้ำ 4% จะเห็นได้ว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ 1,824 ตารางกิโลเมตร ในปี 2536 จะเพิ่มขึ้นเป็น 1844 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ.2540 ซึ่งเพิ่มจากเดิมปริมาณ 1%

7.1.9 แนวทางในการแก้ไขและป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็มในชั้นน้ำนนทบุรี ควรควบคุมอัตราการสูบน้ำบาดาลให้ลดลงในอัตรา 2-4% ต่อปี โดยเฉพาะในพื้นที่กรุงเทพตอนบน และบางส่วนของปทุมธานีเพื่อลดความเสี่ยงในการขยายตัวของน้ำกร่อยในชั้นน้ำนนทบุรี

7.2 ข้อเสนอแนะ

7.2.1 ในการจำลองสภาพการแพร่ของน้ำเค็มในชั้นน้ำนนทบุรีควรมีการเก็บข้อมูลบ่อบาดาลของชั้นน้ำสามโคกและชั้นน้ำอื่นประกอบด้วย เพื่อศึกษาสมดุลของมวลเกลือของระบบชั้นน้ำนี้ได้ และควรมีเก็บข้อมูลความเค็มของดิน (Salt content) ระหว่างชั้นน้ำ เพื่อจำลองสภาพความเค็ม ของชั้นดินที่อยู่ระหว่างชั้นน้ำนั้นๆ ได้

7.2.2 ควรมีการจำลองสภาพการแพร่ของน้ำเค็มในภาคสนามเปรียบเทียบแบบจำลองโดยการทดสอบ tracer test ของน้ำเค็มในพื้นที่ศึกษา หรือสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (physical model) ทั้งนี้เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ค่าความสามารถในการแพร่และความพรุนใช้การของชั้นน้ำ

7.2.3 การควบคุมลิ่มน้ำเค็มของชั้นน้ำนนทบุรีนี้มีสามารถทำได้โดยลดอัตราการสูบน้ำลง เป็นเปอร์เซ็นต์ต่างๆในแต่ละปี หรือเมื่อน้ำเค็มมีการความเปลี่ยนแปลงเป็นความเค็มจาก 1,000 ถึง 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ควบคุมให้บริเวณดังกล่าวมีการสูบน้ำในบริเวณนั้นด้วยอัตราที่คงที่หรือหยุดสูบ ซึ่งจะส่งผลทำให้การรุกล้ำของน้ำเค็มมีอัตราการเคลื่อนที่ช้ากว่า ทำให้พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมีน้อยลงไปด้วย หรือจัดการให้มีการกระจายการสูบน้ำออกไปให้ทั่วบริเวณ เพื่อทำให้ระดับน้ำบาดาลเพิ่มขึ้น และมีทิศทางการไหลลงสู่ทะเลเป็นผลทำให้การไหลของน้ำเค็มเข้าสู่แหล่งน้ำจืดลดลง และควรควบคุมมาตราการการสูบน้ำให้ลดลงในรายจังหวัด

7.2.4 การควบคุมอัตราการสูบน้ำของหน่วยงานต่างๆให้เป็นไปตามมาตรการ ควรมีการควบคุมอัตราการสูบน้ำของนิคมอุตสาหกรรม และการประปานครหลวง/ภูมิภาค โดยที่บริเวณที่น้ำประปาผิวดินไปถึง ควรเลิกสูบน้ำหรือทะยอยลดการสูบน้ำในบริเวณนั้นๆ และไม่ออกใบอนุญาตให้กับภาคเอกชนที่อยู่ในพื้นที่วิกฤตน้ำบาดาลและได้รับผลกระทบจากการแพร่ของน้ำเค็ม และจัดการหาแหล่งน้ำดิบผิวดินเพื่อทดแทนน้ำบาดาลของทางนิคมอุตสาหกรรมต่างๆ และกระจายการ

สูบน้ำออกไปทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อยกระดับน้ำบาดาลให้สูงขึ้นอีกด้วย

7.2.5 ควรมีการศึกษาการควบคุมลิ่มน้ำจืด ตามแนวชายฝั่งโดยการอัดน้ำจากผิวดินลงไปในชั้นน้ำทางบ่อบาดาล ซึ่งจากการอัดน้ำลงใต้ดิน ในแนวขนานกับชายฝั่งจะทำให้เกิดเป็นยกตัวตัวของระดับน้ำตามแนวชายฝั่ง

7.2.6 ควรมีการศึกษาการสร้างแนวป้องกันโดยการอัดน้ำเข้าและการสูบน้ำออก โดยจะอัดน้ำจืดลงสู่ชั้นน้ำและสูบน้ำที่เค็มออกมาบำบัดต่อไป

7.2.7 ควรมีการปรับปรุงขอบเขตของแบบจำลองทางด้านทะเลให้เหมาะสมต่อการจำลองสภาพเนื่องจากการแพร่จากน้ำเค็มต่อไป