บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากประชากรของประเทศไทยในปัจจุบันเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการนำทรัพยากรธรรมชาติต่างๆมาใช้ จึงมีปริมาณมากขึ้นตามจำนวนการเพิ่มของประชากร น้ำซึ่งเป็นหนึ่งในทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต ถึงแม้ว่าน้ำจะเป็นทรัพยากรธรรมชาติใช้แล้วที่ไม่มีการสูญสิ้น แต่ก็ไม่สามารถกล่าวได้ว่าประชากรทุกคนจะมีน้ำใช้อย่างพอเพียงต่อการอุปโภค-บริโภค นอกจากนี้ประเทศไทยยังเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงจำเป็นต้องมีปริมาณน้ำสำรองไว้ใช้อย่างต่อเนื่อง

โดยแหล่งน้ำสำรองนี้มีทั้งแหล่งน้ำสำรองผิวดินเช่นการสร้างอ่างเก็บน้ำ การสร้างเขื่อนทดน้ำเพื่อยกระดับน้ำ นอกจากแหล่งน้ำผิวดินแล้ว แหล่งน้ำใต้ดินก็มีส่วนในการเก็บน้ำเพื่อใช้เป็นแหล่งน้ำสำรอง และด้วยเหตุที่มีการนำน้ำจากใต้ผิวดินมาใช้แทนน้ำผิวดินหรือน้ำประปาโดยการสูบขึ้นมาทั้งการใช้เพื่ออุปโภคบริโภค หรือการใช้เพื่ออุตสาหกรรมจึงทำให้ระดับน้ำใต้ดินลดตัวลงซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการแทรกตัวของน้ำเค็มในพื้นที่ชายทะเล เกิดการทรุดตัวของพื้นดิน และทำให้น้ำใต้ดินเดิมเกิดมลพิษได้

ด้วยเหตุนี้เองจึงมีการศึกษาหาวิธีการเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดิน โดยการอัดเสริมน้ำจากผิวดินสู่ใต้ผิวดินโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก และการเติมน้ำโดยการอัดน้ำ เพื่อรักษาสภาพอุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำใต้ดิน ให้อยู่ในสภาพสมดุลดีขึ้น

เนื่องจากการอัดเสริมปริมาณน้ำใต้ดินนี้สามารถเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินได้มากหรือน้อยนี้ขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ลักษณะชั้นดินให้น้ำ (aquifer) ระดับน้ำใต้ดินเดิม ปริมาณน้ำที่นำมาอัดเสริมและองค์ประกอบที่สำคัญในการอัดเสริมน้ำนี้คือ การกระจายตัวของขนาดทรายในชั้นดินให้น้ำนั้น

ในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของอัตราการเติมน้ำใต้ดินโดยแรงโน้มถ่วงของโลกเมื่อเทียบกับการกระจายตัวของขนาดทราย และนำค่าที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการทดลองอัตราการเติมน้ำในพื้นที่ทดลองภาคสนาม

1.2 วัตถุประสงค์

ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์การศึกษาไว้ดังนี้

1.2.1 ทบทวนการศึกษาและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเติมน้ำใต้ดิน

1.2.2 ออกแบบการทดลองการเติมน้ำใต้ดินในภาคสนามและการทดลอง

1.2.3 วิเคราะห์ผลการเติมน้ำใต้ดินจากข้อมูลภาคสนามและการทดลอง

1.2.4 หาความสัมพันธ์ของอัตราการเติมน้ำใต้ดินที่สัมพันธ์กับการกระจายตัวของขนาดทราย

1.2.5 เปรียบเทียบผลการทดลองภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ

1.2.6 เสนอแนะแนวทางการออกแบบการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินโดยแรงโน้มถ่วง

1.3 ขอบข่ายการศึกษา

1.3.1 การทดลองการเติมน้ำ ใช้วัสดุทราย โดยแบ่งเป็นทรายชนิดหลักคือทรายที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.125 มม. 0.25 มม. 0.5 มม. 1.0 มม. ซึ่งอยู่ในช่วงของ ทรายละเอียด (fine sand) ถึง ทรายหยาบ (coarse sand) และทรายที่คละกันตามการกระจายตัวแบบ ทรายที่มีขนาดคละกันดี (well graded) ทรายที่มีขนาดคละกันขาดช่วง(gap graded) และทรายจากพื้นที่ทดลองภาคสนาม

1.3.2 แบบจำลองการเติมน้ำในห้องปฏิบัติการ ทดลองในแบบจำลองทางกายภาพขนาด กว้าง 1.0 เมตร ยาว 2.1 เมตร สูง 0.5 เมตร ณ.ห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.3 การทดลองภาคสนาม ดำเนินการที่ หมู่บ้านกิโลสอง ต.สระแก้ว อ.เมือง จ.กำแพงเพชร ในโครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูน้ำใต้ดินในจังหวัดกำแพงเพชร โดยมีขนาดสระทดลอง

กว้าง 10 เมตร ยาว 115 เมตร ลึก 2 เมตร และบ่อบาดาลทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2540 ถึง เดือนเมษายน 2541 (รูปที่ 1-1)

1.3.4 การเก็บข้อมูลภาคสนาม เช่นระดับน้ำจากบ่อสังเกตุการณ์จำนวน 18 บ่อ และจากสระทดลอง โดยเก็บข้อมูลทุกเดือน ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2540 ถึง เดือนเมษายน 2541 เป็นเวลา 12 เดือน เพื่อให้รู้สภาพการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดินโดยทั่วไปของพื้นที่ทดลอง

1.3.5 การทดลองเติมน้ำภาคสนามดำเนินการในพื้นที่ทดลอง ระหว่างวันที่ 17 พฤษภาคม 2540 ถึง 30 เมษายน 2541 โดยเก็บตัวอย่างระดับน้ำจำนวน 18 บ่อ

1.3.6 การวิเคราะห์อัตราการเติมน้ำ พิจารณาขนาดองค์ประกอบในเรื่องการกระจายทรายและขนาดทราย ความนำชลศาสตร์แนวราบ อัตราการซึม ระยะทางและระดับการยกตัวเนื่องจากการเติมน้ำ

1.4 <u>การศึกษาที่ผ่านมา</u>

1.4.1 การศึกษาด้านการเติมน้ำในประเทศไทย

วจี รามณรงค์ (1975) ได้ทดลองเติมน้ำ (artificial recharge) สู่ใต้ผิวดินที่อำเภอบางพูน จังหวัดปทุมธานี โดยพื้นที่ทดลองอยู่ใกล้กับคลองบางหลวงเล็ก ซึ่งเป็นสาขาของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยการทดลองนี้ได้กำหนดแนวทางคือ การเติมน้ำโดยใช้บ่อบาดาลที่เติมน้ำโดยใช้แรงดัน และ เติมน้ำโดยไม่ใช้แรงดัน ซึ่งได้ทดลองโดยการเจาะบ่อบาดาลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว ความลึก 212 ฟุตโดยด้านล่างบ่ออยู่ติดชั้นดินให้น้ำกรุงเทพ(Bangkok Aquifer) และเจาะบ่อสังเกตการณ์จำนวน 6 บ่อ เพื่อใช้ในการวัดระดับน้ำโดยรอบ มีจำนวน 4 บ่อที่เจาะลึกถึงชั้นดินให้น้ำกรุงเทพ ส่วนที่เหลือเจาะบ่อสังเกตการณ์ที่ระดับความลึกจนถึงชั้นดินให้น้ำพระประแดง (Pharpadang Aquifer) และ ชั้นดินให้น้ำนครหลวง(Nakornruang Aquifer) โดยการเติมน้ำเติมโดยไม่ใช้ความดันจำนวน 7 ครั้งซึ่งสามารถใช้ได้ดีในกรณีของใช้น้ำสะอาด ในการเติมโดยมีอัตราการเติมที่ได้ประมาณ 408 ลบ.ม/วัน และ 5 ครั้งในกรณีเติมน้ำโดยใช้ความดันสามารถเติมได้ที่อัตรา 5,755 ลบ.ม/วัน

กรมโยธาธิการ (1987) ได้ทดลองการเติมน้ำที่ บ้านร้องกองข้าว อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์คือ หาวิธีการที่ดีที่สุดในการพัฒนาสภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ทดลอง และเป็นแนวทางแก้ปัญหาของพื้นที่อื่นที่มีสภาพปัญหาคล้ายกัน แก้ปัญหาแหล่งน้ำ

รูปที่ 1-1 ตำแหน่งพื้นที่ทดลองภาคสนาม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำรองในเขตหมู่บ้าน และ เพื่อเก็บกักปริมาณน้ำฝนไว้ใช้ในฤดูแล้ง โดยการทดลองสามารถแบ่งแนวทางได้เป็น 2 กรณีคือ (1) การเติมน้ำโดยอาศัยน้ำผิวดินซึ่งทำการขุดสระเปิดหน้าดินขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร ลึก 1.2 เมตร โดยมีพื้นที่รองด้วยทรายกรองและผ่านน้ำสู่บ่อบาดาลโดยใช้การวางท่อต่อไปเป็นช่วง ซึ่งสามารถเติมน้ำสู่ชั้นดินให้น้ำได้ประมาณ 366,300 ลบ.ม ในช่วงเวลา 4 ปี (2) การเติมน้ำโดยอาศัยน้ำฝนที่รวมจากพื้นที่หลังคาและมาเก็บในถัง เพื่อบำบัดแล้วนำลงสู่ชั้นดินให้น้ำโดยอาศัยบ่อบาดาล โดยการทดลองนี้สามารถเพิ่มปริมาณน้ำได้ 19,900 ลบ.ม ในช่วงเวลา 4 ปี

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (1981) ได้ศึกษาการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่กรุงเทพฯ โดยสรุปผลการศึกษาคือ การเติมน้ำโดยวิธีการเติมน้ำจากผิวดิน (spreading)ไม่เหมาะสมกับการเติมน้ำในพื้นที่กรุงเทพฯ โดยได้แนะนำวิธีการที่เหมาะสม คือการขุดบ่อเพื่อเติมน้ำซึ่งสามารถเติมน้ำได้ถึงชั้นดินให้น้ำที่มีระดับลึกกว่าชั้นดินให้น้ำกรุงเทพ เช่นชั้นดินให้น้ำพระประแดง นครหลวง และ นนทบุรี โดยให้ระดับเติมน้ำในบ่อมีความลึกมากกว่า 25 เมตร

Piyasena W.M. , Hosking R.J. และ Prinya Nutalaya (1981) ได้ศึกษาและพิจารณาว่า ความหนาของชั้นให้น้ำ ระยะทางของขอบเขตระดับน้ำคงที่ ความกว้างของคลอง และความลึกของคลองที่ผ่านชั้นของชั้นดินให้น้ำว่า กรณีใดจะมีผลต่อการเติมน้ำสู่ชั้นของระบบน้ำใต้ดิน โดยผลการศึกษาสรุปได้ว่า ความกว้างและความลึกของคลองไม่มีผลมากต่อการเติมน้ำเท่ากับระดับน้ำคงที่ที่อยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงและความหนาของชั้นดินให้น้ำ ซึ่งการเติมน้ำที่มีประสิทธิภาพเกิดจากคลองที่มีลักษณะแคบแต่มีชั้นให้น้ำที่อยู่ต่ำก็เป็นไปได้

Murakami M. (1982) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย และมีวัตถุประสงค์ในการเติมน้ำโดยใช้น้ำจืดที่ได้จากแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำใกล้เคียง ทั้งนี้แนวคิดของการเพิ่มปริมาณน้ำมาจากการลดตัวของระดับน้ำใต้ดินในกรุงเทพฯที่ทำให้เกิดปัญหาการทรุดตัวที่มีค่ามากกว่า 10 ซม./ปี และการแทรกตัวของน้ำเค็มเข้ามา โดยการพิจารณาพื้นที่ได้ทดสอบตัวอย่างดิน ชนิดของดิน ความลึกที่ต้องการเจาะโดยอาศัยการการกระจายตัวของดิน โดยทดสอบการกระจายตัวในกรณีของอนุภาคของดินที่เล็กกว่า 0.0625 มม. ใช้วิธีการของ hydrometer และกรณีที่อนุภาคของดินที่ใหญ่กว่า 0.0625 มม. ใช้วิธีการของ wet sieve analysis ในส่วนของการค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่าน (coefficient of permeability) หาจากความเร็วของน้ำภายใต้ความชันทางชลศาสตร์ (hydraulic gradient) ที่

อุณหภูมิ 15 °C หรืออาจหาได้จากสมการของ Wenzel ซึ่งความเป็นไปได้ในการเลือกพื้นที่เหมาะสมที่ทำการเติมน้ำคือบริเวณตามแนวชายฝั่งตลอดแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งสามารถเติมน้ำได้ทั้งกรณีของการเติมน้ำโดยใช้การขุดสระ หรือการเติมน้ำโดยผ่านทางบ่อบาดาล (injection well) โดยเติมอย่างต่อเนื่อง และน้ำที่เติมได้เก็บอยู่ในชั้นให้น้ำกรุงเทพ (50 เมตร)

วจี รามณรงค์ (1988) แนะนำวิธีการเติมน้ำใต้ดินโดยอาศัยน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน ในกรุงเทพฯ และเติมน้ำผ่านชั้นทรายและกรวดของชั้นดินให้น้ำกรุงเทพ โดยน้ำที่นำมาเติมนี้ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพและน้ำใต้ดินเดิมในชั้นน้ำนี้เป็นน้ำที่ที่ส่วนผสมของเกลือ (saline) อยู่ โดยก่อนเติมน้ำนี้ต้องทำการสูบทดสอบ (pumping test) เพื่อตรวจสอบลักษณะของชั้นดินให้น้ำ และการเติมน้ำนี้เติมโดยใช้แรงโน้มถ่วงของโลกและเติมโดยใช้แรงดัน และสามารถสรุปได้ว่าการเติมน้ำโดยใช้แรงโน้มถ่วงของโลกนี้สามารถเติมได้ในปริมาณ 17 ลบ.ม/ชม. โดยระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์สูงขึ้น 1.15 เมตร และการเติมน้ำที่ใช้ความดันสามารถเติมได้ 200 ลบ.ม/ชม. โดยมีอัตราการเติมน้ำลดลง 12 % เนื่องจากการอุดตันหลังจากผ่านไป 4 วัน

Sverdrup และ Parcer (1989) ได้ศึกษาต่อจากรายงานของ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (1981) โดยนำแนวทางการเสนอวิธีการเติมน้ำในเขตกรุงเทพมาเสนอแนวทางการจัดการควบคุมปริมาณน้ำท่วมในเขตกรุงเทพและพื้นที่ใกล้เคียง โดยมีวัตถุประสงค์ในการควบคุมปริมาณน้ำใต้ดิน ป้องกันการใช้น้ำใต้ดิน การเติมน้ำสู่ชั้นน้ำใต้ดิน แก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และติดตามผลของระดับน้ำ

กรมโยธาธิการ (1998) ได้ศึกษาการเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินในพื้นที่ บ้านกิโลสอง อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร สืบเนื่องจากการใช้น้ำส่วนใหญ่ในการอุปโภคบริโภคมาจากน้ำใต้ดินจึงทำให้ระดับของน้ำใต้ดินลดลง ดังนั้นจึงมีการเสนอแนวทางการเติมน้ำจากผิวดินสู่ชั้นน้ำใต้ดินเพื่อยกระดับน้ำใต้ดินให้สูงขึ้นสองแนวทาง โดยแนวทางแรกผันน้ำจากแม่น้ำปิงผ่านคลองชลประทานท่อทองแดงเพื่อเติมในสระทดลองขนาดสระกว้าง 10 เมตร ยาว 115 เมตร ลึก 2 เมตร ลาดด้านข้าง 1:1.5 ขนาดทรายที่เป็นวัสดุกรองในพื้นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.25-0.3 มม. โดยใช้วิธีนำน้ำมาพักไว้ในสระทดลองแล้วปล่อยให้น้ำซึมผ่านชั้นทรายลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน แนวทางที่สองนำน้ำจากคลองชลประทานมาปรับปรุงคุณภาพโดยการนำน้ำมาผ่านทรายกรอง (slow sand filter) ในบ่อกรองที่สร้างขึ้นโดยน้ำที่ผ่านการกรอง ก่อนเติมสู่ชั้นน้ำใต้ดินในระดับลึกโดยผ่านบ่อบาดาลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ลึกประมาณ 20 เมตร โดยมีวิธีการติดตามผลการเติมน้ำโดย

การเจาะบ่อสังเกตการณ์จำนวน 16 บ่อในรัศมี 200 เมตร เพื่อตรวจสอบระดับน้ำที่ขึ้น-ลงขณะเติมน้ำ โดยการทดลองสามารถแบ่งออกเป็น การเติมน้ำแบบสระ 3 ช่วง (เดือนพฤษภาคม 2540 , เดือนธันวาคม 2540 , เดือนมีนาคม-เดือนเมษายน 2541) และการเติมน้ำโดยใช้บ่อบาดาล 1 ครั้ง (เดือนมีนาคม-เดือนเมษายน 2541) โดยผลการทดลองของสระเติมน้ำครั้งที่ 1 และ 2 นี้ เป็นช่วงระยะเวลาสั้น โดยอัตราการซึมที่ได้ประมาณ 0.12-0.15 ม./ชม. และ 0.03 ม./ชม. ตามลำดับ ส่วนการเติมน้ำในช่วงที่ 3 ใช้ระยะเวลาในการเติมประมาณ 1 เดือน โดยอัตราการเติมน้ำที่ได้เฉลี่ย 0.30 - 0.35 ม/ชม. ส่วนการเติมน้ำจากบ่อบาดาลสามารถเติมได้ประมาณ 200 ลบ.ม/วัน

1.4.2 การศึกษาที่ผ่านมาในต่างประเทศ

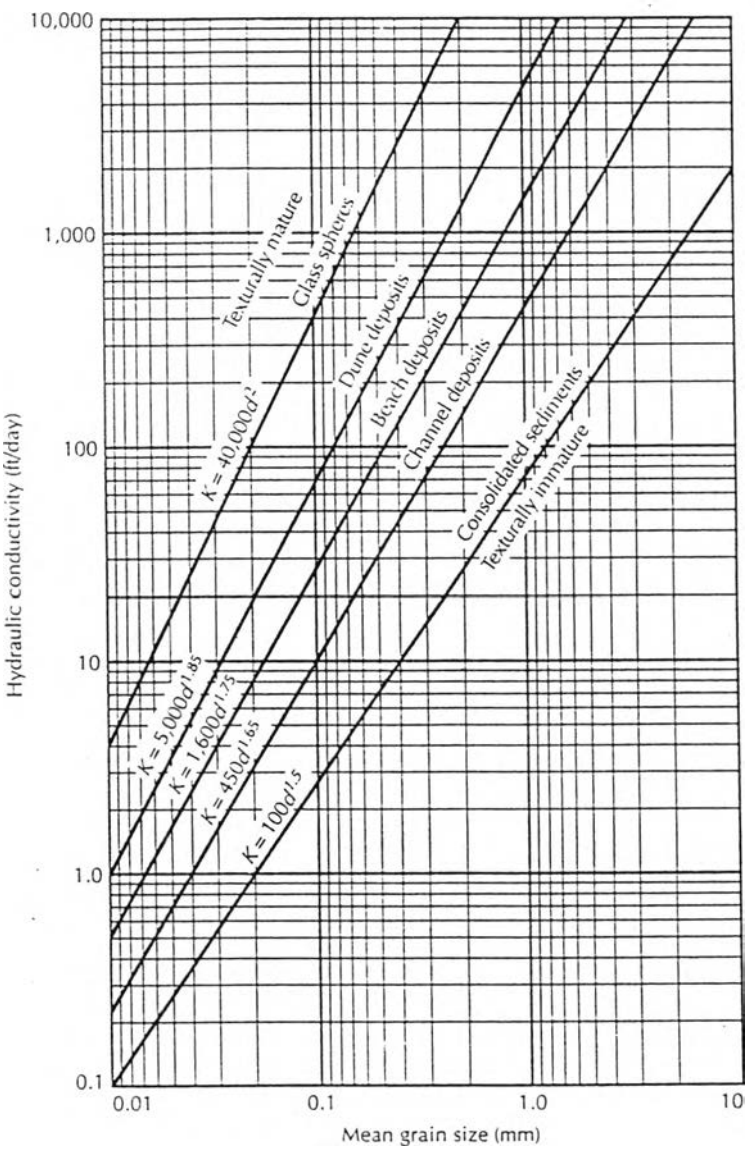
Hazen (1911) ได้แสดงการประมาณค่าความนำชลศาสตร์จากการกระจายตัวของทราย โดยกำหนดค่าการกระจายตัว D_{10} มีค่าระหว่าง 0.1-0.3 มม. โดยเสนอสมการที่ใช้ในการประมาณค่าความนำชลศาสตร์ $K=CD_{10}^2$ โดย C เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ขึ้นกับชนิดของตัวกลาง ดังนี้ ทรายละเอียด (40-80) ทรายปานกลาง (80-120) และทรายหยาบ (120-150)

Wesner และ Baier (1970) พื้นที่ รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเจาะบ่อจำนวน 23 บ่อเพื่อเติมน้ำโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงโลก และสามารถเพิ่มปริมาณของน้ำใต้ดินได้ 6,400-8,200 ล้านลิตร ด้วยอัตราการเติมน้ำที่มากกว่า 34 ลิตร/วินาที โดยการเติมน้ำนี้สามารถช่วยในการควบคุมการรุกตัวของน้ำเค็มในพื้นที่ชายฝั่งทะเล

Flavin และ Hawant (1982) พื้นที่ของ Lee Valley ลอนดอน ประเทศอังกฤษ โดยวัตถุประสงค์ของการเติมน้ำเพื่อสร้างแหล่งน้ำสำรองในฤดูแล้ง โดยเจาะบ่อบาดาลเติมน้ำจำนวน 12 บ่อ และสามารถเติมน้ำได้ถึง 5,800 ล้านลิตร/ปี โดยมีอัตราการเติมน้ำ เฉลี่ย 47 ลิตร/วินาที และจากผลการเติมน้ำสามารถยกระดับน้ำใต้ดินให้สูงขึ้นได้

Knorr และ Cliett (1985) ทดลองเติมน้ำในพื้นที่ของ El psso รัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา โดยเจาะบ่อบาดาลเติมน้ำและสามารถเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินได้ 310 ล้านลิตร ด้วยอัตรา 4.72 ลิตร/วินาที โดยผลที่ได้จากการเติมน้ำนี้คือ ระดับน้ำใต้ดินเดิมมีระดับสูงขึ้น และเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินเพื่อสำรองไว้ใช้ในฤดูแล้ง

Shepherd (1989) ได้ศึกษาต่อจาก Hazen (1911) โดยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (D_{50}) กับค่าความนำชลศาสตร์ เพื่อประมาณค่าความนำชลศาสตร์ของตะกอนท้องน้ำหลายๆ ชนิด โดยการศึกษาสามารถสรุปความสัมพันธ์ดังนี้ (รูปที่ 1-2)



รูปที่ 1-2 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวเฉลี่ยกับความนำชลศาสตร์

Teller (1990) ได้ศึกษาที่ เมือง เคลย์ตัน ประเทศออสเตรเลีย โดยนำน้ำจากแหล่งน้ำสำรองที่แม่น้ำเมอเรย์ (Murray) อัดผ่านบ่อบาดาลอัดน้ำผ่านชั้นดินให้น้ำซึ่งชั้นดินให้น้ำในช่วงฤดูร้อนนี้ได้รับมลพิษจากสารพิษต่าง ๆ โดยการเติมน้ำโดยวิธีอัดน้ำผ่านบ่อบาดาลทำในช่วงฤดูหนาว และน้ำเหล่านี้ไปแทนที่ช่องว่างในชั้นดินให้น้ำในช่วงฤดูร้อน เพื่อต้องการที่ลดมลพิษ

และเพิ่มระดับของน้ำใต้ดิน โดยเจาะบ่อบาดาลลึก 115 เมตร เพื่ออัดน้ำโดยมีผลที่ได้คือน้ำใต้ดินมีมลพิษต่ำลง และระดับน้ำใต้ดินยกตัวสูงขึ้น

Howles (1993) ได้ศึกษาที่ Le Fevrv Peninsula เป็นพื้นที่ที่อยู่ภายในเมือง อดีเลด ประเทศออสเตรเลีย และเป็นพื้นที่ที่มีความเจริญ โดยมีระดับน้ำใต้ดินตื้นและใช้น้ำใต้ดินเพื่อการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจของประชากร และมีการเคลื่อนที่ของน้ำสู่ทะเลทางด้านข้างของ Peninsula โดยระดับของน้ำจะลดลงประมาณ 0.1-0.3 เมตร/ปี ดังนั้นจึงหาวิธีใช้ในการเพิ่มระดับของน้ำใต้ดิน โดยการใช้วิธีการเพื่อต้องการให้เกิดปัญหาน้อยที่สุด โดยการขุดคูแล้วปล่อยน้ำให้ซึมลงตามธรรมชาติ โดยผลที่ได้คือระดับน้ำใต้ดินในเขตนี้มีระดับสูงขึ้น

Duchene M., McBean A. E. และ Thomson N. R. (1994) ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการตรวจสอบอัตราการซึมของน้ำจากร่องคูเทียบกับเวลา ความลึกของน้ำในร่องคู ระยะทางระหว่างระดับน้ำใต้ดินเริ่มต้นกับระดับร่องคู ลักษณะของดินโดยรอบพื้นที่เติมน้ำ ผลจากการอุดตันของหน้าดิน และความชื้นในดินเริ่มต้น จากการศึกษาพบว่าอัตราการซึมของน้ำลดลง เมื่อเทียบกับเวลาที่ผ่านไป และอัตราการซึมของน้ำลดลงเมื่อระดับน้ำใต้ดินมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่อัตราการซึมมีค่ามากขึ้นในกรณีที่ระดับน้ำในร่องคูมีค่ามากขึ้น และอัตราการซึมลงของน้ำด้านล่างของร่องคูมีค่าประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของการซึมทั้งหมด โดยค่าความชื้นเริ่มต้นมีผลต่ออัตราการซึมน้อยมาก ส่วนการอุดตันของหน้าดินมีผลมากต่ออัตราการซึมของน้ำโดยทำให้อัตราการซึมของน้ำมีค่าต่ำลง

Stefanaku G. I. และ Ross A. M. (1997) ลืบเนื่องจากการลดตัวของน้ำใต้ดินที่เป็นผลมาจากการสูบน้ำไปใช้ ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการเพิ่มระดับน้ำใต้ดิน โดยใช้พื้นที่ศึกษาในการทดลองเติมน้ำที่ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มาวิเคราะห์ ผลจากแบบจำลองสามารถคำนวณปริมาณน้ำที่สามารถเก็บในชั้นน้ำใต้ดิน ประมาณ 1,300 ล้านแกลลอน/วัน

Lacomb J. P. (1997) ได้ศึกษาผลการเติมน้ำโดยใช้บ่อบาดาลอัดน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินก่อนที่จำนำกลับมาใช้ใหม่ที่เมือง เคปเมย์ รัฐนิวเจอร์ซี ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนำน้ำจากพื้นที่ใกล้เคียง โดยบ่อเติมน้ำจะมีความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดินอชูลิน ชั้นดินให้น้ำโคเฮนเซ และชั้นดินให้น้ำริโอแกรนด์ ซึ่งเป็นชั้นน้ำในระดับลึก ประมาณ 100 เมตร โดยน้ำถูกอัดผ่านบ่อบาดาลจำนวน

4 บ่อ โดยน้ำที่นำมาอัดลงสู่ระดับน้ำใต้ดินนี้สามารถนำกลับมาใช้ในปริมาณ 61-720 ล้านแกลลอน/ปี หรือประมาณ 87 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำเติมทั้งหมด โดยผลที่ได้จากการเติมน้ำทำให้ระดับน้ำใต้ดินมีระดับสูงขึ้นกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 5 ฟุต

1.4.3 แนวทางการเติมน้ำที่ผ่านมา

จากการศึกษาที่ผ่านมาทั้งในประเทศไทยและการศึกษาในต่างประเทศ พบว่าแนวทางในการเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินนี้ มีสาเหตุจากระดับน้ำใต้ดินเดิมมีระดับลดลงเนื่องจากการสูบน้ำใต้ดินไปใช้หรือการไหลออกของน้ำใต้ดินระหว่างชั้นน้ำ ซึ่งส่งผลเกิดการรุกตัวของน้ำเค็ม การทรุดตัวของพื้นที่ การเกิดมลพิษในชั้นดินให้น้ำ นอกจากนี้การเติมน้ำใต้ดินจะช่วยเพิ่มปริมาณน้ำสำรองในชั้นดินให้น้ำ ซึ่งการเติมน้ำใต้ดินนี้ทำอย่างแพร่หลายในยุโรป อเมริกา ออสเตรเลีย และญี่ปุ่น โดยลักษณะการเติมน้ำใต้ดินมีวิธีที่ใช้คือ (1) การเติมน้ำใต้ดินโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกในลักษณะการเปิดผิวหน้าดินโดยปล่อยให้น้ำซึมลงตามธรรมชาติ (2) การเติมน้ำใต้ดินผ่านบ่อบาดาลเพื่อเติมในชั้นน้ำใต้ดิน โดยส่วนใหญ่ลักษณะการเติมน้ำโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกนี้สามารถเติมในพื้นที่ที่มีชั้นดินให้น้ำในลักษณะตื้น (3) การเติมน้ำใต้ดินโดยวิธีอัดน้ำจากผิวดินสู่ชั้นดินให้น้ำผ่านบ่อบาดาล โดยสามารถกำหนดความลึกของบ่อบาดาลตามความลึกของชั้นดินให้น้ำ ซึ่งการเติมน้ำในวิธีนี้นิยมเติมน้ำในชั้นดินให้น้ำลักษณะลึก โดยวิธีการเติมน้ำที่ใช้เป็นการเติมน้ำโดยไม่ใช้แรงดันโดยวิธีการเปิดผิวหน้าดินหรือเติมน้ำใต้ดินผ่านบ่อบาดาลโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงและการอัดน้ำผ่านบ่อบาดาล โดยผลที่ได้จากการเติมน้ำในพื้นที่อื่นๆสามารถยกรัดน้ำใต้ดิน เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินไว้เป็นแหล่งน้ำสำรอง ป้องกันการแทรกตัวของน้ำเค็ม ลดปริมาณสารพิษในน้ำใต้ดิน (ตารางที่ 1-1)

1.4.4 สรุปการศึกษาที่ผ่านมา

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ปริมาณน้ำที่สามารถเติมสู่ชั้นดินให้น้ำมีปริมาณมากหรือน้อยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของชั้นดินให้น้ำเช่นอัตราการซึมของชั้นดิน ระดับน้ำใต้ดินเดิม วิธีการเติมน้ำ สภาพพื้นที่เติมน้ำ ความนำชลศาสตร์ ความหนาของชั้นน้ำ โดยการศึกษาที่ผ่านมา ในส่วนใหญ่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับความนำชลศาสตร์ ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ทราบถึงความสามารถในการผ่านของน้ำ โดยที่ค่าความนำชลศาสตร์มีค่าที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เนื่องมาจากชนิดของดินตามค่าการกระจายตัวของเม็ดดิน

ตารางที่ 1.1 การเติมน้ำที่ผ่านมาในต่างประเทศ

โครงการ	ประเทศ	ความหนาชั้นน้ำ	ความนำชลศาสตร์	ปริมาณฝน มม./ปี	วิธีการเติมน้ำ	ประโยชน์ที่ได้จากการเติมน้ำ	ผู้วิจัย/ปี
1. Baltezers Waterworks	ลัทเวีย	30-40 เมตร	30-50 เมตร/วัน	566	ระเหิดน้ำ	ปริมาณน้ำที่นำมาใช้เพิ่มขึ้น 80,000 ลบ.ม/วัน	V.Kunin / 1958
2. Kalauao Well-Field	สหรัฐฯ	10 เมตร	100-200 เมตร/วัน	750	ระเหิดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 120,000 ลบ.ม/วัน	Lau,L,S / 1962
3. Eigulai Water Intake	ลิทัวเนีย	9-20 เมตร	30-40 เมตร/วัน	550-850	ระเหิดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 360,000 ลบ.ม ในช่วง 3 เดือน	V.Kunin / 1963
4.Nigata Injection Project	ญี่ปุ่น	10-30 เมตร	120-500 เมตร/วัน	1,600-2,000	บ่อบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 2,000 - 2,500 ลบ.ม/วัน	Ishiwada / 1963
5. Togushima Injection Project	ญี่ปุ่น	30 เมตร	10 เมตร/วัน	1,000-1,500	บ่อบาดาลอัดน้ำ	อัตราการเติมน้ำโดยใช้แรงดันสูงสุดที่ 90 ลบ.ม/ชม.	Takahashi / 1963
6. Hodagaya Injection Project	ญี่ปุ่น	60-80 เมตร	56 เมตร/วัน	1500-2000	บ่อบาดาลอัดน้ำ	ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้น 6-8 เมตร	Kishi / 1963
7. LowerDurance	ฝรั่งเศษ	20 เมตร	700 เมตร/วัน	500	บ่อบาดาล	ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น 2 ล้าน ลบ.ม/เดือน	Muller-Feuga / 1965
8. Zaghouan Limestones	ตูนีเซีย	50 เมตร	-	463	ระเหิด และ บ่อบาดาล	ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้น 10 เมตร	G Castany / 1965
9. Tangiers Recharge	โมร็อคโค	3.5 เมตร	900 เมตร/วัน	600-700	ระเหิดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น 500 ลบ.ม/วัน	Ammbroggi R และ R Hazen / 1965
10. Zanvoort	เนเธอร์แลนด์	120 เมตร	120 เมตร/วัน	800	คลองรอบพื้นที่	เติมน้ำจำนวน 70 ล้าน ลบ.ม/ปี เพื่อป้องกันการแทรกตัวของน้ำเค็ม	Huisman / 1967
12. Barcelona area	สเปน	20 เมตร	25-250 เมตร/วัน	750	บ่อบาดาล	ปริมาณน้ำที่นำมาใช้เพิ่มขึ้น 50 ล้าน ลบ.ม/ปี	R.De Wiest / 1967
13.Basel Recharge Scheme	สวิสเซอร์แลนด์	50 เมตร	350 เมตร/วัน	650	บ่อบาดาล	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 45 ล้าน ลบ.ม/ปี	Bize,J และ L,Bourguet / 1967
14. Biskra Alluvial Valley	แอลจีเลีย	30-40 เมตร	40 เมตร/วัน	254-400	ระเหิดน้ำ	เพิ่มปริมาณการสูบน้ำได้ 5 ล้าน ลบ.ม/ปี	Tixeront,J และ J.M.Danial / 1967
15. Berdekin Delta	ออสเตรเลีย	15-45 เมตร	300 เมตร/วัน	1,070	บ่อบาดาล	ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้น 3 เมตร	O'Shea J , A / 1967
16. Haltern Sands Recharge	เยอรมัน	250 เมตร	10-15 เมตร/วัน	750-800	ระเหิดน้ำ	ปริมาณน้ำที่นำมาใช้เพิ่มขึ้น 100 ล้าน ลบ.ม/ปี	Vandenbergue / 1968
17. Coastal Plain Aquifer	อิสราเอล	80-100 เมตร	-	550	ระเหิด และ บ่อบาดาล	ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น 65 ล้าน ลบ.ม/ปี	Aberbach และ Sellinger / 1969
18. Danube River Valley	บัลแกเลีย	10-15 เมตร	-	300-800	บ่อบาดาล	ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น 12,000 ลบ.ม/ตร.กม./ปี	Enea I และ E Frugine / 1969
19. Donzere-Mondagon	ฝรั่งเศษ	3-8 เมตร	170 เมตร/วัน	500	บ่อบาดาล	ปริมาณน้ำที่นำมาใช้เพิ่มขึ้น 10 ล้าน ลบ.ม/ปี	J.Archambult / 1969
20. Reservoir of Karlsakoga	สวีเดน	10 เมตร	100-1,000 เมตร/วัน	750	ระเหิดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 1,500 ลบ.ม/วัน	J.Archambult / 1969
21. Long Island Rechrge	สหรัฐฯ	200 เมตร	36 เมตร/วัน	1000-1200	ระเหิด และ บ่อบาดาล	ป้องกันการแทรกตัวของน้ำเค็ม , เพิ่มระดับน้ำใต้ดิน และ ปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนการเติม	Newyork State / 1969

ตารางที่ 1.1 การเติมน้ำที่ผ่านมาในต่างประเทศ (ต่อ)

โครงการ	ประเทศ	ความหนาชั้นน้ำ	ความนำชลศาสตร์	ปริมาณฝน มม./ปี	วิธีการเติมน้ำ	ประโยชน์ที่ได้จากการเติมน้ำ	ผู้วิจัย/ปี
22. Ruhr Valley	เยอรมัน	8 เมตร	100-1,000 เมตร/วัน	750-800	สระ และ ปอบาดาล	ปริมาณน้ำที่นำมาใช้เพิ่มขึ้น 100 ล้าน ลบ.ม/ปี	Donness / 1969
23.Rhine Valley	เยอรมัน	7 เมตร	100 เมตร/วัน	750-800	ปอบาดาล	ปริมาณน้ำที่นำมาใช้เพิ่มขึ้น 1 ล้าน ลบ.ม/ปี	Gandenberger , W / 1969
24.Shine Valley	ฝรั่งเศษ	8-15 เมตร	50 เมตร/วัน	740	สระเติมน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 12 ล้าน ลบ.ม/ปี	J.Archambult / 1969
25. Coastal plains	โตโก	150 เมตร	17-35 เมตร/วัน	750	สระเติมน้ำ	ปริมาณน้ำที่นำมาใช้ 2 ล้าน ลบ.ม/ปี	G Castany / 1970
26. Menuma Injection Project	ญี่ปุ่น	50-100 เมตร	80 เมตร/วัน	1,000-1,500	ปอบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 4,000 ลบ.ม/วัน	T.Konishi / 1970
27. Prut River Valley Infilltratlor	ยูเครน	3-10 เมตร	10-650 เมตร/วัน	600-800	สระเติมน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมเพิ่มขึ้น 58% ในช่วงฤดูแล้ง ปริมาณน้ำที่เติมเพิ่มขึ้น 85% ในช่วงฤดูหนาว	V.Kunin Y.But และ Y.Yunchev /1971
28. Usbakistan River	อุสเบกีสถาน	10-13 เมตร	30-35 เมตร/วัน	380	ปอบาดาล	ปริมาณน้ำที่เติมเพิ่มขึ้น 60-70% ของปีที่ผ่านมา	Merzayev S Sh. และ A.Akramov
29. Major Area	อิสราเอล	200 เมตร	-	-	ปอบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 100,000 ล้าน ลิตร/ปี	Rehburn และ Schware / 1972
30. Bud Valley	สวิสเซอร์แลนด์	250 เมตร	-	-	ปอบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 600 ล้าน ลิตร/ปี	Hawil / 1982
31. London Lee Valley	อังกฤษ	320 เมตร	-	-	ปอบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 2,800-2,900 ล้าน ลิตร/ปี	Flavin และ Hawant / 1982
32. D Hona Barcelona	สเปน	-	-	-	ปอบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 110 ล้าน ลิตร ในช่วงสามเดือนแรก	Cushaliu al / 1982
33. Water Factory California	สหรัฐฯ	130 เมตร	-	-	ปอบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 6,800-8,200 ล้าน ลิตร/ปี	Wasner และ Baier / 1983
34. Ei psso Texus	สหรัฐฯ	150 เมตร	-	-	ปอบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 310 ล้าน ลิตร/ปี	Knoor และ Cliett / 1985
35. Clayton	ออสเตรเลีย	50 เมตร	-	-	ปอบาดาลอัดน้ำ	ลดปริมาณการเกิดการลดตัว (drawdown)ขณะสูบน้ำ	Teller / 1990
36. Le Fevrv Peninsula	ออสเตรเลีย	10 เมตร	-	-	สร้างคูรับน้ำ	ช่วยเพิ่มระดับน้ำใต้ดินของพื้นที่ทดลอง	Howle / 1993
37. Paddoock Farm	ออสเตรเลีย	10 เมตร	-	-	สระเติมน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 60 ล้าน ลิตร/ปี	ASR. / 1993
36. Andrew Farm	ออสเตรเลีย	20 เมตร	18 เมตร/วัน	-	ปอบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 160 ล้าน ลิตร/ปี	ASR. / 1993
39. Angas-Bremer	ออสเตรเลีย	75-100 เมตร	100 เมตร/วัน	-	ปอบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมได้ 2,400 ล้าน ลิตร/ปี	ASR. / 1993
40. Scott collage school	ออสเตรเลีย	150 เมตร	-	-	ปอบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมลง 30 ล้าน ลิตร/ปี เพื่อลดความเค็ม	ASR. / 1993
41. Northfield	ออสเตรเลีย	40 เมตร	24 ลิตร/วินาที	-	ปอบาดาลอัดน้ำ	ปริมาณน้ำที่เติมลง 10 ล้าน ลิตร/ปี เพื่อลดความเค็ม	ASR. / 1993

ที่มา: American Water Resources Assosiation , 1997

1.5 แนวทางการศึกษา

ในการศึกษาได้กำหนดขั้นตอนการศึกษา(รูปที่ 1-3) ดังนี้

1.5.1 ทบทวนทฤษฎีการเติมน้ำใต้ดินและผลการทดลองทางด้านนี้ที่ผ่านมา

1.5.2 ออกแบบการทดลองทั้งในส่วนของภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ พร้อมกำหนดขนาดทรายที่ใช้ทดลองเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

1.5.3 จัดทำแบบจำลองในห้องปฏิบัติการและทดลองการหาอัตราการซึมที่มีค่าการกระจายตัวของทรายที่แตกต่างกันในห้องปฏิบัติการ พร้อมทดลองภาคสนาม

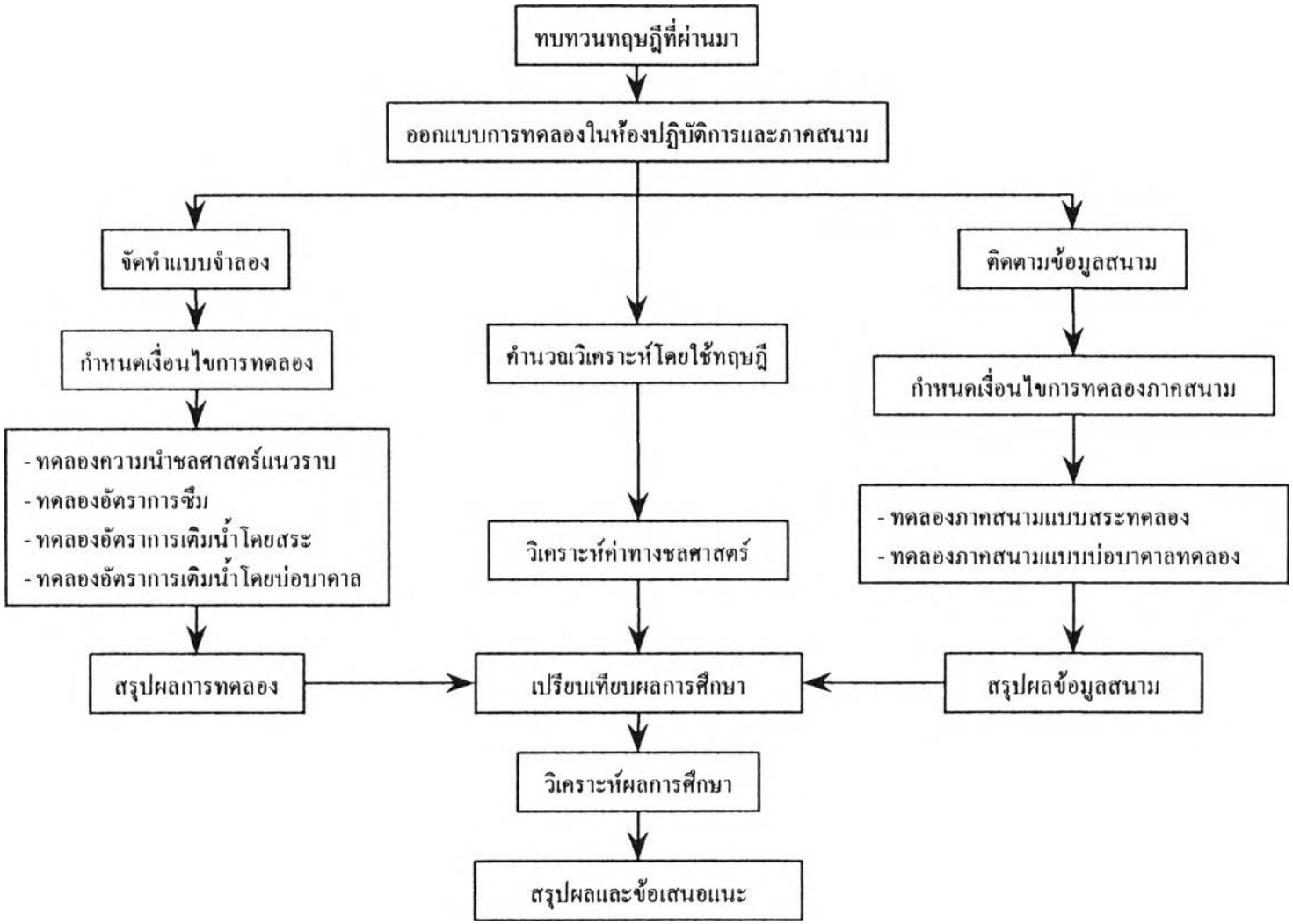
1.5.4 งานทางภาคสนาม ติดตามผลการทดลองจากโครงการอนุรักษ์ และฟื้นฟูน้ำใต้ดินในจังหวัดกำแพงเพชร เช่น ระดับน้ำใต้ดิน และดำเนินการทดลองการเติมน้ำภาคสนามด้วยสระและบ่อบาดาล พร้อมการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

1.5.5 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำจากการเติมโดยใช้ทฤษฎีที่มี

1.5.6 เปรียบเทียบผลการทดลองในภาคสนาม และการวิเคราะห์ที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ

1.5.7 สรุปผลและหาความสัมพันธ์ของอัตราการเติมของน้ำที่มีการกระจายตัวของขนาดทรายที่แตกต่างกัน

1.5.8 เสนอแนะแนวทางการออกแบบสระเติมน้ำและบ่อบาดาลเติมน้ำ โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง โดยใช้ความสัมพันธ์จากการทดลองที่ได้



รูปที่ 1-3 ขั้นตอนการศึกษา