กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย(Riverbank Filtration) ระยะที่ 1
"การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย"

Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology Phase 1
"Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development
Using Modern Riverbank Filtration Technology"

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

Executive Summary Report (ไทย-English)

จัดทำโดย

บริษัท เอเชีย แล็ป แอนด์ คอนซัลแตนท์ จำกัด

บริษัท อินเตอร์ วอเตอร์ คอนซัลแตนท์ จำกัด

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มกราคม 2556

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) ระยะที่ 1

"การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัย"

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

จัดทำโดย

บริษัท เอเซีย แล็ป แอนด์ คอนซัลแตนท์ จำกัด

บริษัท อินเตอร์ วอเตอร์ คอนซัลแตนท์ จำกัด

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มกราคม 2556

รายงานสำหรับผู้บริหาร

เจ้าของโครงการ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จัดทำโดย

บริษัท เอเชีย แล็ป แอนด์ คอนซัลแตนท์ จำกัด
บริษัท อินเตอร์ วอเตอร์ คอนซัลแตนท์ จำกัด
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คณะที่ปรึกษาโครงการ

1. นายปราณีต ร้อยบาง	อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
2. นายสุพจน์ เจิมสวัสดิพงษ์	รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
3. นายสัมฤทธิ์ ชุษณะทัศน์	รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

คณะกรรมการดำเนินการจ้างที่ปรึกษาโดยวิธีคัดเลือก

1. นายสัมฤทธิ์ ชุษณะทัศน์	รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
2. นายประกอบ อยู่คง	นักธรณีวิทยาชำนาญการพิเศษ
3. นายบรรจง พรมจันทร์	นักธรณีวิทยาชำนาญการพิเศษ
4. นายมหิปพงศ์ วรกุล	นักธรณีวิทยาชำนาญการพิเศษ
5. นายสุกรี บูรณะสรรค์	นายช่างเทคนิคชำนาญงาน

คณะกรรมการตรวจสอบงาน

1. นายสิทธิศักดิ์ มั่นอยู่	นักธรณีวิทยาชำนาญการพิเศษ
2. นายวิทยา มีนิสัย	นักธรณีวิทยาชำนาญการพิเศษ
3. ดร.เกรียงศักดิ์ ภิระไร	นักธรณีวิทยาชำนาญการ
4. นางอัญชลี พงษ์สถิตย์พัฒน์	นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ
5. นางสาวอุไร บางยี่ขัน	เจ้าพนักงานพัสดุชำนาญงาน

คณะทำงาน

1. นายนิยม มาประจง	ผู้จัดการโครงการ/ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ
2. รศ.ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีสุข	รองผู้จัดการโครงการ/ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
3. Prof.Thomas Grischek	ผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศด้านการจัดทำระบบ RBF
4. Dr. Paul Pavelic	ผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศด้านการจัดทำระบบ RBF

คณะทำงาน (ต่อ)

5. นายธีรวัชร อินทรสูต	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา
6. ผศ.หล้า อาจวิชัย	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา
7. นายธีรศักดิ์ ตั้งสุทธินนท์	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีฟิสิกส์
8. รศ.รังสรรค์ เนียมสนิท	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดทำแผนหลักของโครงการ
9. รศ.สุเมธ แก่นมณี	ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์นโยบายและแผน
10. ผศ.วิวัฒน์ อังศุสิงห์	ผู้เชี่ยวชาญด้านการประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วม
11. ดร.พิพัธน์ เรืองแสง	ผู้เชี่ยวชาญด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์และการใช้ที่ดิน
12. ผศ.ดร.ฟองสวาท สุวคนธ์ สิงหราชวราพันธ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
13. นายโพยม สราภิรมย์	ผู้เชี่ยวชาญด้านแบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำบาดาล
14. นายสมฤทัย ทะสดวก	ผู้เชี่ยวชาญด้านประปา
15. นายพนัส กมลพนัส	ผู้เชี่ยวชาญด้านเศรษฐศาสตร์
16. นายพิชัย อัศววิภาส	ผู้เชี่ยวชาญด้านเศรษฐศาสตร์
17. นางรังษิยา กมลพนัส	ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม
18. นายปรีดา แย้มมณฑา	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา
19. นายชูชัย ฉลองชัยสิทธิ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมเครื่องกลและไฟฟ้า
20. นายอนุวัฒน์ ศรีสวัสดิ์	นักวิเคราะห์นโยบายและแผน
21. น.ส.เลอลักษณ์ แก้วจอมแพง	นักอุทกวิทยา
22. นายประยุทธ เสนชัย	นักอุทกธรณีวิทยา
23. น.ส.เพ็ญลดา บุญสงกา	นักอุทกธรณีวิทยา
24. นายบุญญสิทธิ์ คิ้วดวงตา	นักอุทกธรณีวิทยา
25. นายพิเชษฐ์ แก้วสมวาง	นักอุทกธรณีวิทยา
26. น.ส.ศิริพร ศรีภูธร	นักธรณีวิทยา
27. น.ส.กิตติยา เลิศล้ำ	นักธรณีวิทยา
28. นายณัฐวุฒิ วงศ์สุวรรณ์	นักธรณีวิทยา
29. นายชัยพิทักษ์ ทองทุม	นักธรณีวิทยา
30. นายธิติวัฒน์ วงษ์ศักดิ์	นักสารสนเทศภูมิศาสตร์
31. น.ส.วันวิสา ศรีพัฒนากุล	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
32. น.ส.สุกันยา สินสมบูรณ์	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
33. นายวันชัย โสตถิกุล	ผู้ประสานงานโครงการ/ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
34. น.ส.เกวรี พลเกิ้น	ผู้ประสานงานโครงการ/วิศวกรแหล่งน้ำ
35. น.ส.สุธีรา ปรัชญาเกรียงไกร	ผู้ประสานงานโครงการ/นักวิชาการสิ่งแวดล้อม

สรุปโครงการ

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) ระยะที่ 1 "การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัย" ดำเนินการศึกษาความเหมาะสมในการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่บริเวณชายฝั่งแม่น้ำสายหลักของประเทศ เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภคและการอุตสาหกรรมในอนาคต

การสำรวจและออกแบบระบบ RBF ได้คัดเลือกพื้นที่ศักยภาพบริเวณแม่น้ำสายหลักทั่วประเทศ โดยทำการรวบรวมข้อมูล สำรวจขั้นรายละเอียดในภาคสนามด้านต่างๆ คือ ภูมิประเทศ อุทกวิทยา สภาพแหล่งน้ำผิวดินทั้งปริมาณและคุณภาพ ด้านธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา การสูบทดสอบสภาพแหล่งน้ำบาดาลเชิงปริมาณและคุณภาพ ศึกษาความต้องการใช้น้ำทั้งในปัจจุบันและอนาคต ความต้องการใช้น้ำของการประปาส่วนภูมิภาค การใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย พร้อมประเมินศักยภาพของพื้นที่เพื่อศึกษาปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่ปลอดภัยในแต่ละฤดูกาลและอัตราส่วนการซึมผ่านของน้ำผิวดินสู่น้ำบาดาลและจำลองการออกแบบบ่อ RBF ที่ใช้ท่อกรองแนวนอน ตามความต้องการในการผลิตประปาในแต่ละพื้นที่ พร้อมประเมินงบประมาณในการก่อสร้างระบบ การเดินระบบและการดูแลรักษาระบบ เพื่อนำไปใช้ในการประเมินความเหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์

ผลการสำรวจภาคสนามและวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆ พบว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพเพื่อการพัฒนาระบบ RBF ขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางตอนบนรวม 12 พื้นที่ ได้แก่ ได้แก่ 1) อ.เชียงแสน จ.เชียงราย 2) อ.เมือง จ.เชียงราย 3) จ.เชียงใหม่-ลำพูน 4) อ.เมือง จ.ลำปาง 5) อ.เมือง-สูงแม่น จ.แพร่ 6) อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 7) อ.เมือง จ.พิจิตร 8) อ.โกรกพระ จ.นครสวรรค์ 9) จ.ชัยนาท-อุทัยธานี 10) อ.ศรีเชียงใหม่ จ.หนองคาย 11) อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี และ 12) อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา หลังการสำรวจและศึกษาขั้นรายละเอียดพบว่า มีตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF รวม 37 ตำแหน่ง เมื่อทำการประเมินศักยภาพแต่ละตำแหน่งพบว่ามีพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบตามลำดับดังนี้ พื้นที่เหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่เชียงราย พื้นที่ชัยนาท-อุทัยธานี และพื้นที่กำแพงเพชร พื้นที่เหมาะสมปานกลาง ได้แก่ พื้นที่เชียงใหม่–ลำพูน พื้นที่พิจิตร พื้นที่แพร่ พื้นที่ลำปาง พื้นที่สุราษฎร์ธานี และพื้นที่นครสวรรค์ ส่วนพื้นที่เหมาะสมในลำดับถัดมาได้แก่ พื้นที่สงขลา พื้นที่เชียงแสน จ.เชียงราย และ พื้นที่ศรีเชียงใหม่ จ.หนองคาย

การพัฒนาระบบ RBF ได้กำหนดแนวทางการพัฒนาแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ระยะละ 5 ปี คือ ระยะสั้น พ.ศ.2554-2558 ระยะกลาง พ.ศ.2559-2563 และระยะยาว พ.ศ.2564-2568

แผนงานระยะสั้น ประกอบด้วยโปรแกรม 2 โปรแกรม คือ โปรแกรมที่ 1 สำรวจ วิจัย สร้าง และถ่ายทอดองค์ความรู้เพื่อการพัฒนาระบบ RBF และโปรแกรมที่ 2 การวางแผนเชิงปฏิบัติการเพื่อขยายระบบ RBF ให้ความสำคัญกับการจัดการองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบ RBF การสร้างฐานข้อมูลพื้นที่ที่มีศักยภาพของการพัฒนาระบบ RBF การสร้างบุคลากรของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และก่อสร้างโครงการนำร่อง 2 ตำแหน่ง ในพื้นที่ศักยภาพสูง จำนวน 3 พื้นที่ ซึ่งได้ทำการสำรวจและตรวจสอบระบบการเชื่อมน้ำดิบและระบบผลิตและระบบจ่ายของการประปาส่วนภูมิภาคในพื้นที่แล้ว ได้แก่ พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พื้นที่จังหวัดชัยนาท-อุทัยธานี และพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

แผนระยะที่กลาง ส่งเสริมให้เกิดการนำระบบ RBF ไปสู่การปฏิบัติ เป็นการการผลักดันให้ระบบ RBF มีการใช้งานเพื่อการผลิตน้ำอุปโภค-บริโภค หรืออุตสาหกรรม อย่างเป็นรูปธรรมในอนาคต โดยดำเนินการในพื้นที่ศักยภาพปานกลาง ได้แก่ พื้นที่ อ.เมือง จ.ลำปาง อ.เมือง จ.พิจิตร อ.เมือง จ.แพร่ อ.โกรกพระ จ.นครสวรรค์ อ.พุนพิน จ.สุราษธานี

แผนระยะที่ยาว การติดตามและประเมินผลความสำเร็จและอุปสรรคของการพัฒนาระบบ RBF รวมทั้งเร่งขยายงานจากการดำเนินการในระยะกลางเพื่อให้การกระจายของระบบให้ครอบคลุมและทั่วถึงตามความต้องการของผู้ต้องการใช้มากขึ้น

การออกแบบและบริหารจัดการระบบ RBF ในพื้นที่นำร่อง 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร และพื้นที่จังหวัดชัยนาท-อุทัยธานี ได้ทำการออกแบบและประเมินราคาของระบบ RBF ตามปริมาณความต้องการใช้น้ำในอีก 10 ปีข้างหน้าของแต่ละพื้นที่ พบว่าการพัฒนาระบบ RBF ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ที่กำลังการผลิต 1200 ลบ.ม./ชม มีจำนวนผู้ใช้น้ำที่ได้รับประโยชน์จากน้ำที่ผลิตได้เท่ากับ 19,200 ราย มูลค่าการก่อสร้างระบบและค่าเดินระบบที่สามารถประหยัดได้เมื่อเทียบกับระบบผลิตน้ำแบบเดิม เท่ากับ 116.92 ล้านบาท และจากผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ พบว่ามีความคุ้มค่าสูง เนื่องจากมี B/C Ratio 2.11 เท่า และราคาค่าน้ำประปาที่จุดคุ้มทุนเท่ากับ 3.07 บาท/ลบ.ม. พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร พัฒนาระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 600 ลบ.ม./ชม มีจำนวนผู้ใช้น้ำที่ได้รับประโยชน์จากน้ำที่ผลิตได้เท่ากับ 9,600 ราย มีมูลค่าการก่อสร้างระบบและค่าเดินระบบที่สามารถประหยัดได้ จำนวน 47.89 ล้านบาท และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมีค่า B/C Ratio 1.12 เท่า ราคาค่าน้ำประปาที่จุดคุ้มทุนเท่ากับ 3.77 บาท/ลบ.ม. ส่วนพื้นที่จังหวัดชัยนาท-อุทัยธานี พัฒนาระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 500 ลบ.ม./ชม มีมูลค่าการก่อสร้างระบบและค่าเดินระบบที่สามารถประหยัดได้ จำนวน 39.45 ล้านบาท เมื่อประเมินทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าไม่มีความคุ้มทุน เนื่องจากมีความต้องการใช้น้ำน้อยกว่ากำลังการผลิต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินแผนการพัฒนาระบบ RBF ทั้ง 3 ระยะ หากในพื้นที่ดังกล่าวผลิตน้ำประปาด้วยระบบ RBF แทนระบบเดิมที่มีทั้งหมด สามารถประหยัดค่าก่อสร้างและค่าเดินระบบได้ประมาณ 9,390 ล้านบาท และคิดเป็นค่าเดินระบบที่ลดลง 2,590 ล้านบาท มีจำนวนผู้ใช้น้ำที่ได้รับประโยชน์จำนวน 1.73 ล้านราย

การพัฒนาระบบ RBF เป็นการสูบน้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินที่ผ่านการกรองจากธรรมชาติขึ้นมาใช้ที่นอกจากเป็นการลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตน้ำแล้วยังเป็นการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีระบบ เพื่อให้ทุกส่วนของประเทศมีน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคและบริโภคอย่างเพียงพอ

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) ระยะที่ 1
"การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัย"

รายงานสำหรับผู้บริหาร

สารบัญ

		หน้า
สรุปโครงการ		**ค**
สารบัญตาราง		**ฌ**
สารบัญรูป		**ญ**
บทที่ 1	**บทนำ**	**1-1**
	1.1 ความเป็นมา	1-1
	1.2 วัตถุประสงค์	1-1
	1.3 เป้าหมาย	1-2
	1.4 พื้นที่ดำเนินการ	1-3
บทที่ 2	**หลักการของระบบการสูบน้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินที่ผ่านการกรองจากธรรมชาติ**	**2-1**
	2.1 หลักการทั่วไปของระบบ RBF	2-1
	2.2 พัฒนาการของระบบ RBF	2-1
	2.3 ประเภทของบ่อน้ำบาดาลในระบบ RBF	2-2
	2.4 การก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลระบบ RBF	2-3
	2.5 หลักการเลือกตำแหน่งเพื่อการพัฒนาระบบ RBF	2-5
	2.6 ทางเลือกในการออกแบบระบบ RBF	2-5
บทที่ 3	**วิธีการและขั้นตอนการศึกษาการพัฒนาระบบ RBF ในประเทศไทย**	**3-1**
	3.1 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	3-2
	3.2 การคัดเลือกพื้นที่ในการพัฒนาระบบ RBF	3-2
	3.3 การสำรวจภาคสนาม	3-4
	3.4 การประเมินศักยภาพพื้นที่ในด้านต่างๆ	3-5
	3.5 การจัดเรียงลำดับตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF	3-8
	3.6 การจัดทำระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์	3-8
	3.7 การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	3-9
	3.8 การจัดทำแผนหลักสำหรับการพัฒนาระบบ RBF	3-9
	3.9 การจัดทำขอบเขตและแผนการดำเนินการในระยะต่อไป	3-9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 พื้นที่ศักยภาพการพัฒนาระบบ RBF ของประเทศไทย **4-1**

4.1 การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำ 4-1
4.1.1 แม่น้ำสายหลักใน 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทย 4-1
4.1.2 ลักษณะทางธรณีวิทยา 4-1
4.1.3 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา 4-1
4.2 การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด 4-5
4.2.1 การคัดเลือกตำแหน่งศักยภาพเบื้องต้น 4-5
4.2.2 การคัดเลือกตำแหน่งศักยภาพขั้นรายละเอียด 4-8
4.2.3 คัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด 4-11

บทที่ 5 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดและการคัดกรองพื้นที่ศึกษา **5-1**

5.1 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด 5-1
5.1.1 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย 5-1
5.1.2 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 5-4
5.1.3 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด จังหวัดเชียงใหม่ - ลำพูน 5-6
5.1.4 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 5-8
5.1.5 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง - สูงเม่น จังหวัดแพร่ 5-10
5.1.6 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 5-12
5.1.7 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 5-14
5.1.8 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ 5-16
5.1.9 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท 5-18
5.1.10 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย 5-20
5.1.11 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี 5-22
5.1.12 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 5-24
5.2 การคัดกรองพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด 5-26
5.2.1 การคัดกรองความเหมาะสมทางอุทกธรณีวิทยา 5-26
5.2.2 การคัดกรองความเหมาะสมด้านความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค - บริโภค 5-27
5.2.3 ผลการคัดกรอง 5-27

บทที่ 6 การประเมินพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียดและจัดเรียงลำดับ ตำแหน่งเหมาะสมสำหรับการก่อสร้างระบบ RBF **6-1**

6.1 การประเมินพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด 9 พื้นที่ 6-1
6.1.1 แหล่งน้ำผิวดิน 6-1
6.1.2 แหล่งน้ำบาดาล 6-1
6.1.3 การใช้น้ำและความต้องการใช้น้ำ 6-1

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.1.4 สมดุลน้ำและการออกแบบระบบ RBF 6-1
6.1.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 6-2
6.1.6 เศรษฐศาสตร์ 6-2
6.2 การจัดเรียงลำดับตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF 6-2

บทที่ 7 การจัดทำแผนหลักเพื่อการพัฒนาระบบ RBF 7-1

7.1 หลักการและสาระสำคัญของแผนหลักระบบ RBF 7-1
7.2 แผนหลักการพัฒนาระบบ RBF 7-1
7.2.1 แผนระยะสั้น 7-1
7.2.2 แผนระยะกลาง 7-1
7.2.3 แผนระยะยาว 7-2

บทที่ 8 การออกแบบและบริหารจัดการเบื้องต้นระบบ RBF นำร่อง 8-1

8.1 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 8-1
8.1.1 ความเหมาะสมของระบบ RBF 8-1
8.1.2 การออกแบบระบบ RBF 8-2
8.1.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 8-4
8.1.4 เศรษฐศาสตร์ 8-4
8.1.5 ผลประโยชน์จากระบบ RBF 8-4
8.2 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 8-5
8.2.1 ความเหมาะสมของระบบ RBF 8-5
8.2.2 การออกแบบระบบ RBF 8-6
8.2.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 8-7
8.2.4 เศรษฐศาสตร์ 8-7
8.2.5 ผลประโยชน์จากระบบ RBF 8-7
8.3 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี 8-9
8.3.1 ความเหมาะสมของระบบ RBF 8-9
8.3.2 การออกแบบระบบ RBF 8-10
8.3.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 8-11
8.3.4 เศรษฐศาสตร์ 8-13
8.3.5 ผลประโยชน์จากระบบ RBF 8-13

บทที่ 9 สรุปผลการศึกษา 9-1

9.1 การสำรวจและประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ศักยภาพ 9-1
9.1.1 การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำ 9-1
9.1.2 การคัดเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาระบบ RBF 9-1

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

9.1.3 การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด 9-1
9.1.4 การศึกษาในพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดและการคัดกรองพื้นที่ศึกษา 9-2
9.1.5 การประเมินพื้นที่ขั้นรายละเอียดและจัดลำดับตำแหน่งสำหรับการก่อสร้างระบบ RBF 9-4
9.2 แผนหลักการพัฒนาระบบ RBF 9-5
9.2.1 แผนระยะสั้น 9-5
9.2.2 แผนระยะกลาง 9-6
9.2.3 แผนระยะยาว 9-6

บทที่ 10 ข้อเสนอแนะแผนการดำเนินงานในพื้นที่นำร่อง 10-1

10.1 แผนการดำเนินงานในระยะที่ 2 10-1
10.1.1 การสำรวจรายละเอียดในพื้นที่ศักยภาพสูง 3 พื้นที่ 10-1
10.1.2 การสำรวจขั้นรายละเอียดเพื่อออกแบบก่อสร้างระบบ RBF 2 พื้นที่ 10-3
10.1.3 การออกแบบและก่อสร้างระบบ RBF พื้นที่นำร่อง 10-3
10.1.4 การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วม 10-4
10.2 แผนการดำเนินงานในระยะที่ 3 10-4

เอกสารอ้างอิง อ-1

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4-1	เกณฑ์การให้คะแนนและค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละตัวแปร	4-9
ตารางที่ 4-2	พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด 12 พื้นที่	4-11
ตารางที่ 6-1	ข้อมูลอุทกวิทยาของตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF	6-12
ตารางที่ 6-2	ข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาของตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF	6-13
ตารางที่ 6-3	ระดับความเหมาะสมของปัจจัยด้านการประปาเพื่อพัฒนาระบบ RBF	6-14
ตารางที่ 6-4	ผลการประเมินตำแหน่งศักยภาพ	6-15
ตารางที่ 6-5	ผลการออกแบบระบบ RBF โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	6-17
ตารางที่ 6-6	ผลกระทบจากการก่อสร้างระบบ RBF	6-18
ตารางที่ 6-7	สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์	6-19
ตารางที่ 7-1	สรุปโครงการตามโปรแกรมระยะต่างๆ	7-3
ตารางที่ 8-1	รายละเอียดบ่อ RBF พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย	8-2
ตารางที่ 8-2	รายการก่อสร้างบ่อ RBF พื้นที่ อ.เมือง จ.เชียงราย	8-3
ตารางที่ 8-3	รายละเอียดบ่อ RBF พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร	8-6
ตารางที่ 8-4	รายการก่อสร้างบ่อ RBF พื้นที่ อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	8-7
ตารางที่ 8-5	รายละเอียดบ่อ RBF พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี	8-11
ตารางที่ 8-6	รายการก่อสร้างบ่อ RBF พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี	8-12
ตารางที่ 10-1	แผนการดำเนินงานในระยะที่ 2 การศึกษาขั้นรายละเอียด ออกแบบ และพัฒนาระบบ RBF	10-5
ตารางที่ 10-2	แผนการดำเนินงานในระยะที่ 3 การดำเนินการทดลอง และพัฒนาระบบ RBF	10-6

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1-1	แสดงพื้นที่โครงการ	1-3
รูปที่ 2-1	ลักษณะของการพัฒนาแหล่งน้ำระบบ RBF	2-1
รูปที่ 2-2	รูปแบบการพัฒนาระบบ RBF ที่ติดตั้งท่อกรองน้ำในแนวนอน	2-2
รูปที่ 2-3	ระบบ RBF ที่ใช้บ่อบาดาลแนวตั้งและโรงสูบน้ำ	2-3
รูปที่ 2-4	ขั้นตอนการก่อสร้างท่อรวมน้ำของระบบ RBF	2-4
รูปที่ 2-5	รูปแบบของท่อกรองแนวนอนที่ใช้ในระบบ RBF	2-4
รูปที่ 3-1	ภาพรวมการศึกษาโครงการ	3-1
รูปที่ 3-2	ขั้นตอนและข้อมูลที่สำคัญ	3-3
รูปที่ 3-3	ขั้นตอนการศึกษาเพื่อพัฒนาและขยายระบบจ่ายน้ำประปาสำหรับระบบ RBF	3-6
รูปที่ 4-1	ลักษณะทางธรณีวิทยาที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF	4-2
รูปที่ 4-2	ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF	4-3
รูปที่ 4-3	พื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำ	4-4
รูปที่ 4-4	บ่อบาดาลที่เหมาะสมด้านอุทกธรณีวิทยา	4-6
รูปที่ 4-5	ตำแหน่งศักยภาพเบื้องต้นในการพัฒนาระบบ RBF	4-7
รูปที่ 4-6	ระดับความเหมาะสมของตำแหน่งศักยภาพขั้นรายละเอียด	4-10
รูปที่ 4-7	พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด 12 พื้นที่	4-12
รูปที่ 5-1	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย	5-3
รูปที่ 5-2	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย	5-5
รูปที่ 5-3	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด จังหวัดเชียงใหม่ - ลำพูน	5-7
รูปที่ 5-4	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง	5-9
รูปที่ 5-5	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง - สูงเม่น จังหวัดแพร่	5-11
รูปที่ 5-6	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร	5-13
รูปที่ 5-7	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร	5-15
รูปที่ 5-8	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์	5-17
รูปที่ 5-9	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท	5-19
รูปที่ 5-10	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย	5-21
รูปที่ 5-11	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี	5-23
รูปที่ 5-12	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา	5-25
รูปที่ 6-1	แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย	6-3
รูปที่ 6-2	แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด จังหวัดเชียงใหม่-ลำพูน	6-4
รูปที่ 6-3	แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง	6-5
รูปที่ 6-4	แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง-สูงเม่น จังหวัดแพร่	6-6

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6-5	แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร	6-7
รูปที่ 6-6	แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร	6-8
รูปที่ 6-7	แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์	6-9
รูปที่ 6-8	แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท	6-10
รูปที่ 6-9	แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี	6-11
รูปที่ 7-1	พื้นที่ศักยภาพเพื่อการพัฒนาระบบ RBF ตามแผนงานระยะต่างๆ	7-2
รูปที่ 8-1	ตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF แบบบ่อแนวนอน พื้นที่จังหวัดเชียงราย	8-1
รูปที่ 8-2	ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาและการตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF แบบบ่อแนวนอน พื้นที่จังหวัดเชียงราย	8-2
รูปที่ 8-3	ตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF แบบบ่อแนวนอน พื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร	8-5
รูปที่ 8-4	ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาและการตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF แบบบ่อแนวนอน พื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร	8-6
รูปที่ 8-5	ตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF แบบบ่อแนวนอน พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี	8-9
รูปที่ 8-6	ภาคตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี	8-10
รูปที่ 9-1	พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด 12 พื้นที่	9-3
รูปที่ 10-1	ขอบเขตการดำเนินการศึกษาโครงการโครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยทั้ง 3 ระยะ	10-2

บทที่ 1

บทนำ

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) ระยะที่ 1 "การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัย" เป็นระบบสูบน้ำผสมผสานระหว่างน้ำบาดาลที่กักเก็บในตะกอนหินร่วนน้ำพาและน้ำในแม่น้ำที่ซึมผ่านชั้นกรวดทรายสู่ชั้นน้ำบาดาลตามชายฝั่งแม่น้ำ ทำให้น้ำผ่านการกรองและมีการปรับคุณภาพโดยธรรมชาติ จึงได้น้ำที่มีคุณภาพดีและช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปาสำหรับการอุปโภคบริโภค โครงการวิจัยระยะที่ 1 : "การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย" ได้ศึกษาวิจัยความเหมาะสมของพื้นที่ในลุ่มน้ำหลักที่สำคัญในประเทศไทย เพื่อคัดเลือกเป็นพื้นที่ดำเนินโครงการจำนวนสองพื้นที่ ที่จะศึกษาวิจัยสำรวจขั้นรายละเอียดเพื่อออกแบบและดำเนินการก่อสร้างโครงการนำร่องในโครงการระยะที่ 2

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันปัญหาด้านการผลิตน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และอุตสาหกรรมมีความสำคัญมากขึ้นในประเทศไทย ทั้งนี้เกิดจากปัญหาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่นำมาผลิตน้ำประปา โดยภาพรวมทั้งประเทศ พบว่าแหล่งน้ำดิบมีความสกปรก สาเหตุเกิดจากการระบายของเสียจากแหล่งกำเนิดมลพิษต่าง ๆ โดยเฉพาะเขตชุมชนเมืองและแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้กระบวนการผลิตน้ำประปามีค่าใช้จ่ายมากขึ้น

นอกจากปัญหาด้านคุณภาพของน้ำแล้ว ในอนาคตประเทศไทยจะประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างมาก โดยพิจารณาความต้องการการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค ชลประทาน อุตสาหกรรมและการรักษาระบบนิเวศนี้

สภาพปัญหาและอุปสรรคของการพัฒนาแหล่งน้ำมีหลายประการ โดยทุกลุ่มน้ำมีข้อจำกัดและหลายท้องที่ไม่สามารถสร้างงานพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมเพิ่มเติม โดยใช้วิธีการแบบเดิมเนื่องจากปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่เสื่อมโทรม และมีการปนเปื้อนมากขึ้นปัญหาเกี่ยวกับที่ดินและการย้ายชุมชน ปัญหาด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์ธรรมชาติ และปัญหาที่เกิดจากแหล่งน้ำใต้ดินมีการปนเปื้อนจากสารที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ความเค็ม สารหนู ฟลูออไรด์ และเหล็กที่อยู่ใกล้แหล่งทิ้งขยะหรือเหมืองแร่ เป็นต้น

กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้เล็งเห็นปัญหาดังกล่าว จึงจัดทำโครงการศึกษาการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยบริเวณพื้นที่ชายฝั่งแม่น้ำสายหลักของประเทศ เพื่อจัดทำแผนหลักการบริหารจัดการน้ำบาดาลอย่างเป็นระบบและยั่งยืนขึ้น เพื่อเร่งศึกษาวิจัยเทคนิควิธีการสมัยใหม่และทดลองดำเนินการระบบน้ำที่มีความเหมาะสม เพื่อให้ประชาชนมีน้ำสะอาดใช้อย่างเพียงพอกับความต้องการที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตอันใกล้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ บริเวณพื้นที่ชายฝั่งแม่น้ำสายหลักของประเทศขึ้นมาใช้แก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภค และการอุตสาหกรรม โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำบาดาลควบคู่กับน้ำผิวดินของประเทศไทยให้มีน้ำใช้อย่างเพียงพอในอนาคต โดยการสำรวจและศึกษาในขั้นรายละเอียดในพื้นที่ชายฝั่งของแม่น้ำสายหลักที่มี

ศักยภาพในด้านอุทกธรณีวิทยา ความต้องการน้ำ ความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์ สังคม สิ่งแวดล้อม และจัดทำแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อกำหนดความเหมาะสมในการจัดทำแผนหลักของการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ต่อไป

1.2.2 เพื่อศึกษาและออกแบบระบบการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่นำร่อง ที่สามารถใช้เป็นแหล่งผลิตน้ำได้จริง พร้อมทั้งเผยแพร่และประชาสัมพันธ์แก่หน่วยงานที่สนใจ นำผลการศึกษานี้ไปขยายผลต่อไปในอนาคต

1.2.3 เพื่อประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ สังคม และผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม และประเมินผลความสำเร็จในภาพรวมของโครงการ และแนวทางการขยายผลสู่การปฏิบัติในอนาคต

1.2.4 เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ในการสำรวจ และออกแบบการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งของแม่น้ำให้กับรัฐวิสาหกิจ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.3 เป้าหมาย

1.3.1 เพื่อทำการสำรวจอุทกธรณีวิทยาในขั้นรายละเอียด และพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ขึ้นมาใช้ในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งของแม่น้ำสายหลักโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย และทางเลือกในการพัฒนาน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินสำหรับการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมในอนาคต

1.3.2 เพื่อคัดเลือกพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในพื้นที่ทางด้านอุทกธรณีวิทยา ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อมมาทำการจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์น้ำบาดาลและน้ำผิวดิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบก่อสร้างระบบ Riverbank Filtration

1.3.3 เพื่อหาแนวทาง เทคนิค และวิธีการในการสำรวจออกแบบการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ขึ้นมาใช้ผลิตเป็นน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการอุตสาหกรรม ในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งของแม่น้ำสายหลักที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของประเทศไทย

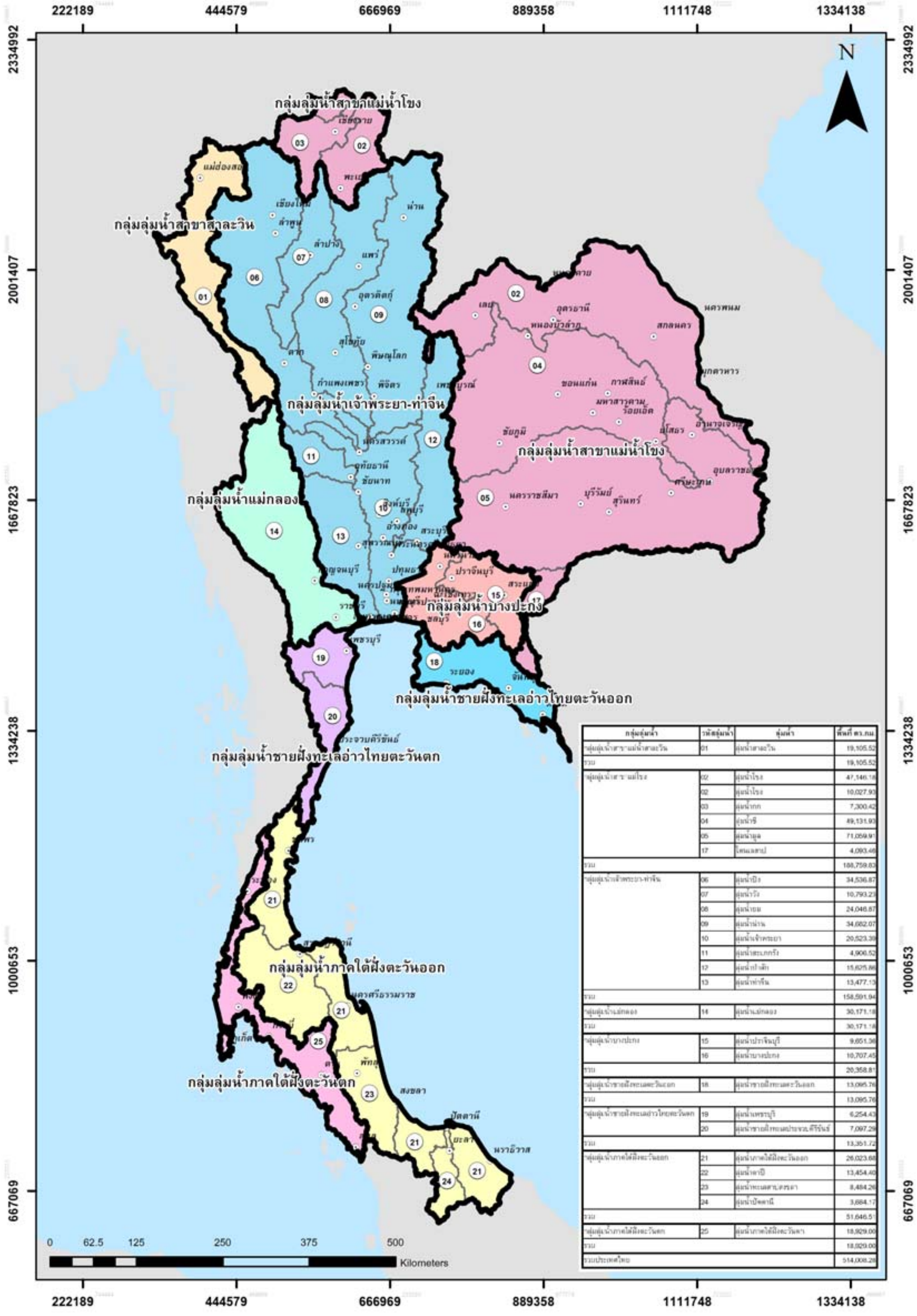
1.3.4 เพื่อให้มีแผนหลักสำหรับการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ ขึ้นมาใช้ในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งของแม่น้ำสายหลักโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อใช้แก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภค และอุตสาหกรรมในอนาคต

1.3.5 เพื่อให้ได้ระบบการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยนำร่อง ที่มีความคุ้มทุนและมีความพร้อมในการเป็นต้นแบบของการพัฒนาแหล่งน้ำ เพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมที่สามารถใช้เป็นแหล่งผลิตน้ำได้จริงและเป็นแหล่งเรียนรู้ทางวิชาการแก่เจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาล การประปาส่วนภูมิภาค หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ องค์กรส่วนปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานอื่น ๆ ที่สนใจ

1.3.6 เพื่อให้รัฐวิสาหกิจ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานอื่น ๆ ได้รับการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งของแม่น้ำสายหลัก เมื่อผลการศึกษา ออกแบบและทดลองระบบการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย บรรลุตามวัตถุประสงค์ กรมทรัพยากรน้ำบาดาลมีนโยบายที่จะมอบให้รัฐวิสาหกิจ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือหน่วยงานอื่นๆ เพื่อนำไปขยายผลต่อไปอย่างเป็นระบบ

1.4 พื้นที่ดำเนินการ

เป็นบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำหลักที่สูบน้ำผิวดินมาใช้ในการผลิตประปา และขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมในหน้าแล้ง เนื่องจากระดับน้ำผิวดินมีระดับลดลงจนไม่สามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ผลิตเป็นประปาได้ เช่น แม่น้ำปิง แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำโขง แม่น้ำกก เป็นต้น ดังแสดงใน**รูปที่ 1-1**



กลุ่มลุ่มน้ำ	รหัสลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำ	พื้นที่ ตร.กม.
กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสาละวิน	01	ลุ่มน้ำสาละวิน	19,105.52
รวม			19,105.52
กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่โขง	02	ลุ่มน้ำโขง	47,146.18
	02	ลุ่มน้ำโขง	10,027.93
	03	ลุ่มน้ำกก	7,300.42
	04	ลุ่มน้ำชี	49,131.93
	05	ลุ่มน้ำมูล	71,059.91
	17	โตนเลสาป	4,093.46
รวม			188,759.83
กลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีน	06	ลุ่มน้ำปิง	34,536.87
	07	ลุ่มน้ำวัง	10,793.23
	08	ลุ่มน้ำยม	24,046.87
	09	ลุ่มน้ำน่าน	34,682.07
	10	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	20,523.39
	11	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	4,906.52
	12	ลุ่มน้ำป่าสัก	15,625.86
	13	ลุ่มน้ำท่าจีน	13,477.13
รวม			158,591.94
กลุ่มลุ่มน้ำแม่กลอง	14	ลุ่มน้ำแม่กลอง	30,171.18
รวม			30,171.18
กลุ่มลุ่มน้ำบางปะกง	15	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	9,651.36
	16	ลุ่มน้ำบางปะกง	10,707.45
รวม			20,358.81
กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	18	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	13,095.76
รวม			13,095.76
กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก	19	ลุ่มน้ำเพชรบุรี	6,254.43
	20	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	7,097.29
รวม			13,351.72
กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	21	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	26,023.68
	22	ลุ่มน้ำตาปี	13,454.40
	23	ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	8,484.26
	24	ลุ่มน้ำปัตตานี	3,684.17
รวม			51,646.51
กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	25	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	18,929.00
รวม			18,929.00
รวมประเทศไทย			514,008.28

รูปที่ 1-1 แสดงพื้นที่โครงการ

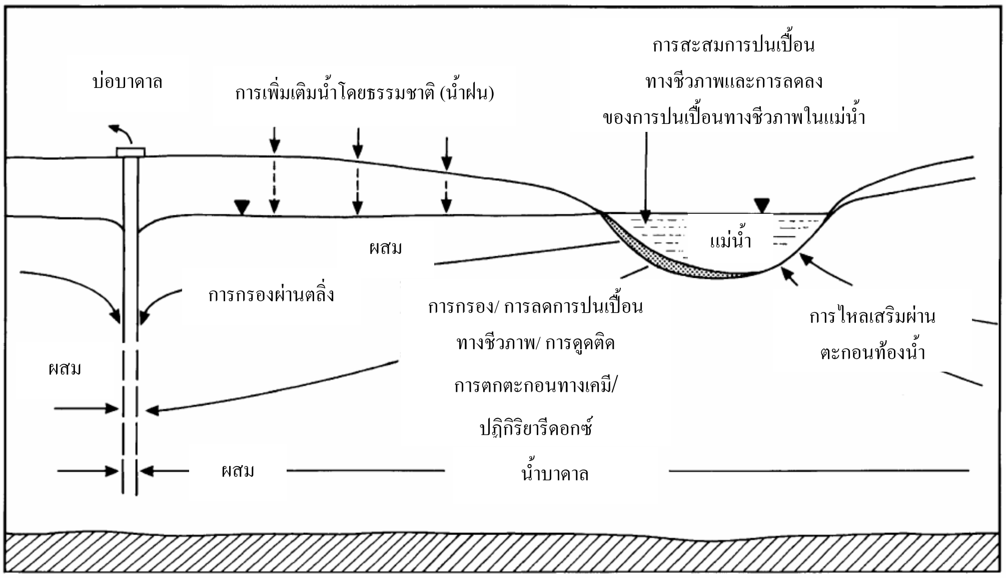
บทที่ 2

หลักการของระบบการสูบน้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินที่ผ่านการกรองจากธรรมชาติ

2.1 หลักการทั่วไปของระบบ RBF

การพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยบริเวณพื้นที่ชายฝั่งแม่น้ำสายหลัก หรือการสูบน้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินที่ผ่านการกรองจากธรรมชาติ ที่เรียกว่า "Riverbank Filtration (RBF)" เป็นระบบสูบน้ำผสมผสานระหว่างน้ำบาดาลที่กักเก็บในตะกอนหินร่วนน้ำพา และน้ำในแม่น้ำที่ซึมผ่านชั้นกรวดทรายสู่ชั้นน้ำบาดาลตามชายฝั่งแม่น้ำ (**รูปที่ 2-1**) ทำให้มีคุณภาพน้ำดีขึ้นเมื่อผ่านการกรอง และผ่านการปรับคุณภาพโดยธรรมชาติ เช่น สารอินทรีย์ สารเคมี จุลินทรีย์ สารพิษ และตะกอน ทำให้น้ำที่ได้มีคุณภาพค่อนข้างคงที่ และเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำคุณภาพดีสำหรับการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมอย่างมาก

ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาระบบ RBF และประสิทธิภาพของระบบ RBF ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สามารถดึงจากแม่น้ำสู่ชั้นน้ำบาดาล คุณภาพน้ำในแม่น้ำ แหล่งของการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นในแม่น้ำ ความเร็วการไหลและลักษณะตะกอนท้องน้ำ (Bed Load Characteristics) ลักษณะการไหลของแม่น้ำในแต่ละฤดูกาล เสถียรภาพของทางน้ำ



รูปที่ 2-1 ลักษณะของการพัฒนาแหล่งน้ำระบบ RBF (จาก Hiscock and Grischek, 2002)

2.2 พัฒนาการของระบบ RBF

การพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยบริเวณพื้นที่ชายฝั่งแม่น้ำสายหลัก ระบบ RBF ได้เริ่มใช้ในทวีปยุโรปมาเป็นเวลามากกว่า 100 ปี โดยเฉพาะในช่วงหลังยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมมีการพัฒนาระบบ RBF ขึ้นมากมาย เนื่องจากคุณภาพน้ำในแม่น้ำสายหลักเสื่อมโทรมลงอย่างมากจากการระบายน้ำเสียอุตสาหกรรมและชุมชนเมือง ปัจจุบันระบบ RBF ยังคงเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยและใช้สำหรับพัฒนาแหล่งน้ำ

บาดาลขนาดใหญ่บริเวณพื้นที่ชายฝั่งแม่น้ำสายหลักและมีการประยุกต์ใช้งานอยู่ทั่วโลก เช่น ประเทศสาธารณรัฐสโลวัก ใช้ระบบ RBF ร้อยละ 50 ของการผลิตน้ำดื่ม ประเทศเยอรมนี ประเทศฮังการี และประเทศเนเธอร์แลนด์มีการใช้ระบบ RBF มากกว่าร้อยละ 45 นอกจากนั้นยังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในประเทศออสเตรีย ยูโกสลาเวีย สหรัฐอเมริกา จีน อินเดีย เกาหลีใต้ และอียิปต์ ขณะที่ประเทศรัสเซีย ไนจีเรีย ไนเจอร์ และประเทศในทวีปอเมริกาใต้กำลังพัฒนาระบบ RBF พร้อมกับชุมชนเมืองใหญ่ที่อยู่ติดเขตชายฝั่งแม่น้ำสายหลัก

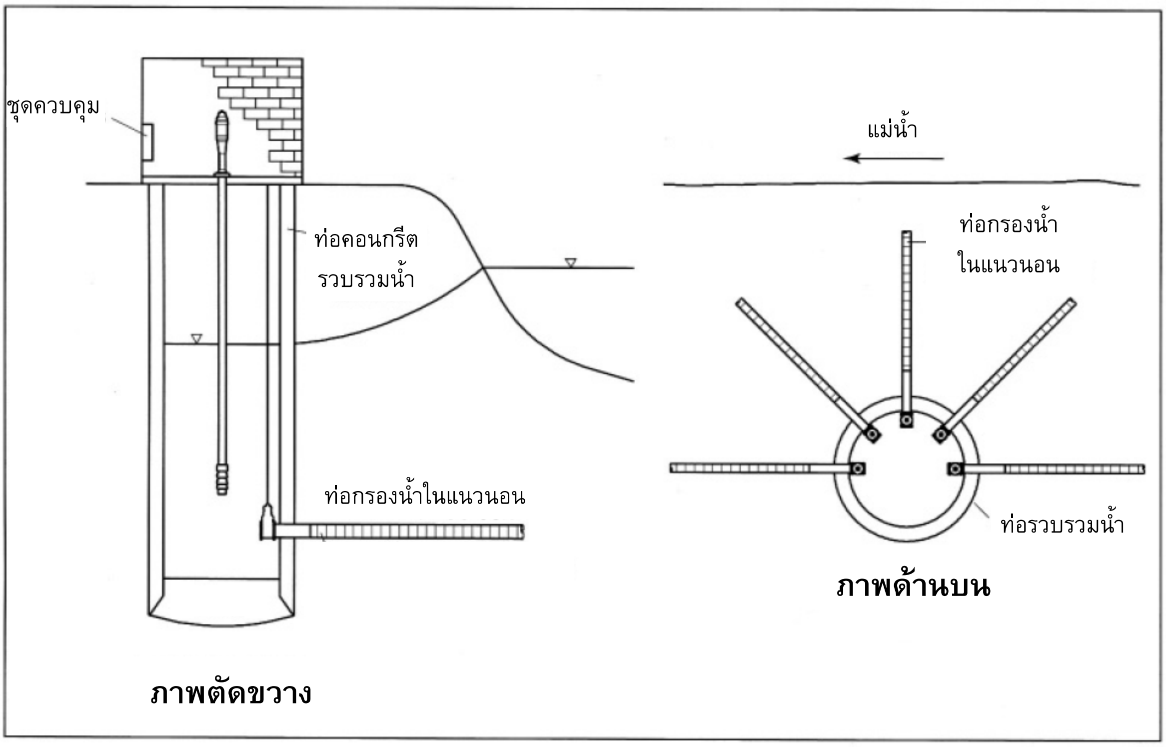
2.3 ประเภทของบ่อน้ำบาดาลในระบบ RBF

ระบบ RBF มีการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล 3 แบบ ประกอบด้วย:

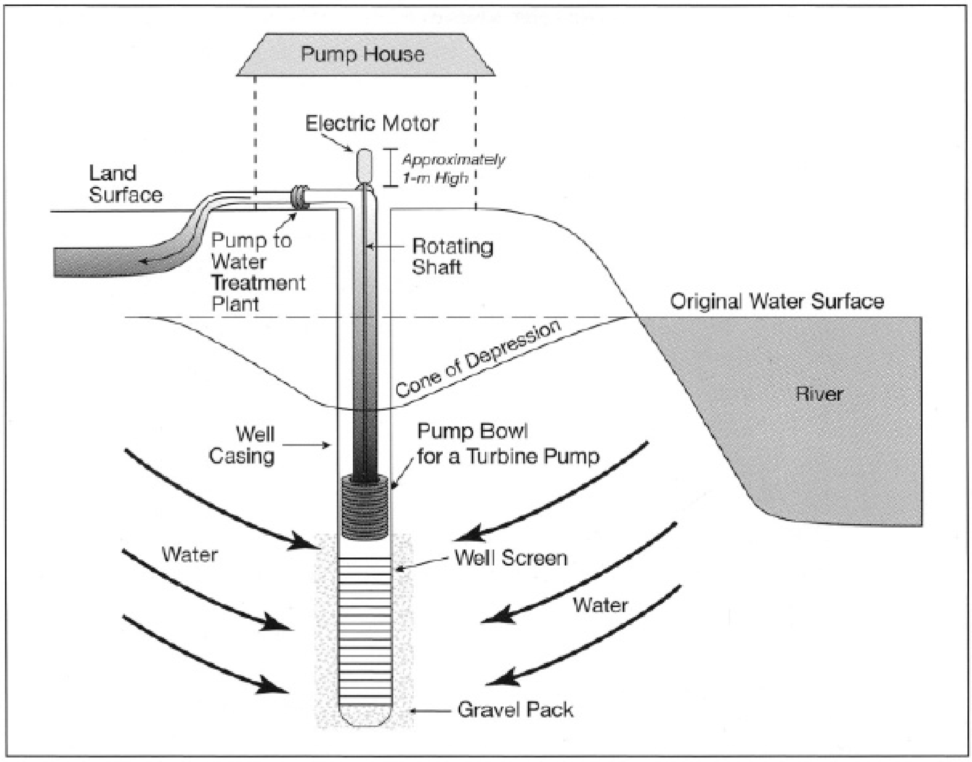
บ่อรวมน้ำแนวนอน (Horizontal Collector Well) เป็นระบบที่มีบ่อรวมน้ำทรงกลมอยู่ตรงกลางที่เจาะลึกลงไปและมีท่อกรองแนวนอนที่เจาะตามแนวราบไปในชั้นตะกอนร่วน ใต้ท้องแม่น้ำหรือทะเลสาบ ลักษณะของบ่อน้ำบาดาลแบบนี้ แสดงใน**รูปที่ 2-2**

บ่อแนวตั้ง (Vertical Well) เป็นบ่อน้ำบาดาลแบบทั่วไปที่เจาะลงไปในชั้นหินอุ้มน้ำ หรือ เจาะลงไปในชั้นหินอุ้มน้ำใต้ตะกอนท้องแม่น้ำหรือทะเลสาบ (**รูปที่ 2-3**)

บ่อขุด (Pit หรือ Dug well) บ่อน้ำบาดาลระดับตื้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ (7-10 ม.) ขุดด้วยแรงงานคนริมฝั่งแม่น้ำและตั้งอยู่ในแต่ละชุมชน



รูปที่ 2-2 รูปแบบการพัฒนาระบบ RBF ที่ติดตั้งท่อกรองน้ำในแนวนอน (ดัดแปลงจาก Ray et al., 2002)

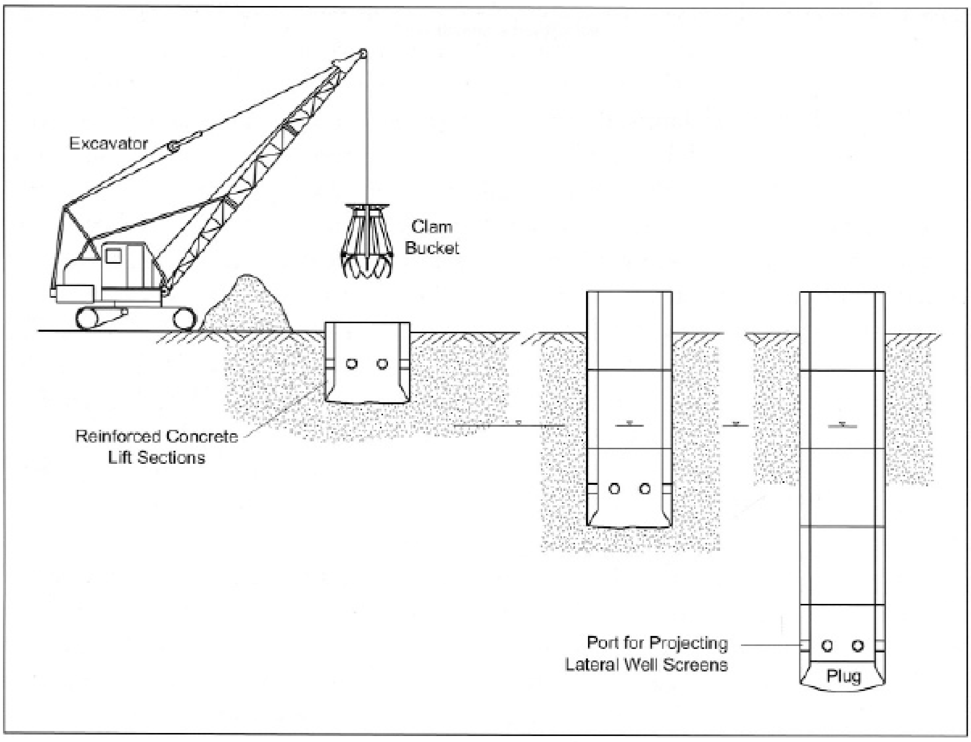


รูปที่ 2-3 ระบบ RBF ที่ใช้บ่อบาดาลแนวตั้งและโรงสูบน้ำ (ดัดแปลงจาก Ray et al., 2002)

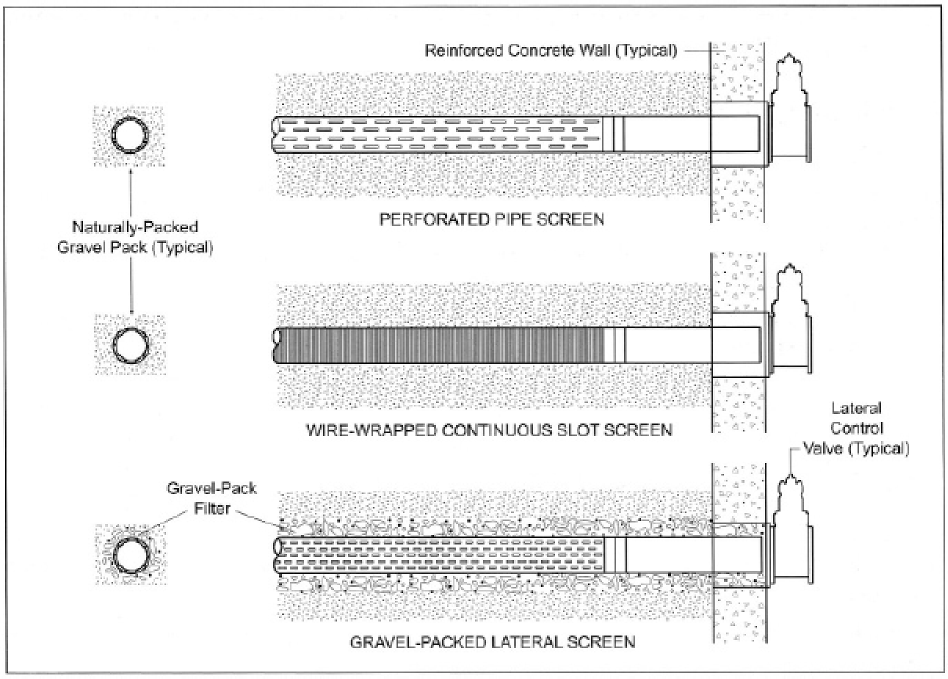
2.4 การก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลระบบ RBF

ระบบ RBF ที่มีการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลแบบ Collector Well ประกอบด้วยงานก่อสร้าง 2 ส่วน คือ ท่อคอนกรีตรวมน้ำ (Concrete Wet Well Caisson) และท่อกรองแนวนอน (Lateral Well Screens) ดัง**รูปที่ 2-4** และ **2-5** โดยทั่วไปท่อคอนกรีตรวมน้ำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 3 - 6 ม. (หรือขยายขนาดได้ตามความเหมาะสม) การก่อสร้างโดยวิธีปกติสามารถทำได้ถึงความลึกประมาณ 46 ม.

ท่อกรองแนวนอนจะถูกเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำเพื่อประสิทธิภาพของระบบการสูบน้ำ **รูปที่ 2-5** แสดงท่อกรองแนวนอนแบบต่างๆ ที่นำมาใช้ในระบบ RBF



รูปที่ 2-4 ขั้นตอนการก่อสร้างท่อรวมน้ำของระบบ RBF (ดัดแปลงจาก Ray et al., 2002)



รูปที่ 2-5 รูปแบบของท่อกรองแนวนอนที่ใช้ในระบบ RBF (ดัดแปลงจาก Ray et al., 2002)

2.5 หลักการเลือกตำแหน่งเพื่อการพัฒนาระบบ RBF

การเลือกตำแหน่งโครงการและการออกแบบระบบ RBF ขึ้นอยู่กับลักษณะทางอุทกวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ วัตถุประสงค์ของการพัฒนาน้ำขึ้นมาใช้ประโยชน์ เพื่อให้การพัฒนาระบบ RBF มีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืนนั้นแม่น้ำจะต้องมีความต่อเนื่องทางชลศาสตร์กับชั้นน้ำบาดาลที่อยู่ติดกัน และมีชั้นตะกอนที่หนาเพียงพอที่จะให้น้ำในปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการ

โครงการ RBF ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่ตะกอนกรวดทรายของชั้นน้ำบาดาลตะกอนน้ำพาที่มีค่าความนำทางชลศาสตร์ (Hydraulic Conductivity) มากกว่า $1x10^{-4}$ ม./วิ มีความหนาของชั้นน้ำบาดาลที่สูบใช้น้ำในช่วง 5-60 ม.

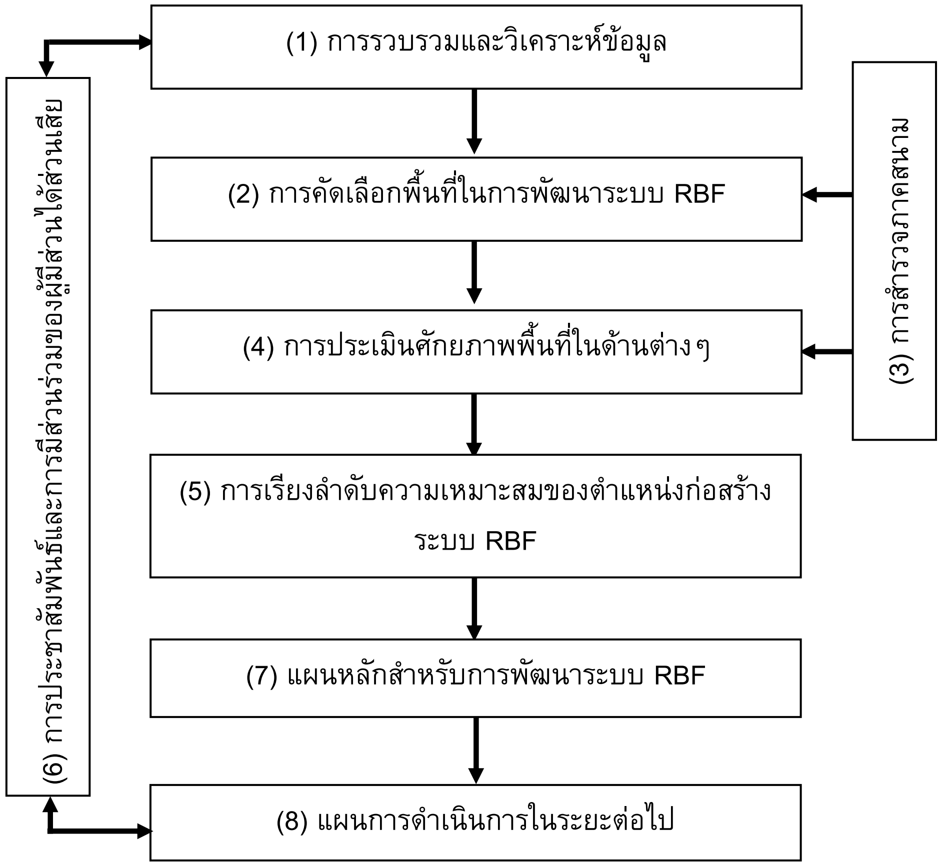
2.6 ทางเลือกในการออกแบบระบบ RBF

ในการออกแบบตำแหน่ง ความลึกท่อกรอง และวิธีการสูบน้ำในระบบ RBF นิยมใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ในการจำลองทางเลือกของวิธีการและตำแหน่งที่เหมาะสมของระบบ ในหลายกรณีใช้แบบจำลอง MODFLOW (Harbaugh and McDonald, 1996) ในการทดลองจำลองกรณีการออกแบบแบบต่างๆ ซึ่งพารามิเตอร์หลักต่างๆ ได้แก่ ชนิดและความหนาของหินอุ้มน้ำ ค่าความนำทางชลศาสตร์ ความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของหินอุ้มน้ำ ข้อมูลการไหลของน้ำบาดาล ระดับน้ำบาดาล ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบ และขอบเขตของแบบจำลอง เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีการและขั้นตอนการศึกษาการพัฒนาระบบ RBF ในประเทศไทย

การพัฒนาระบบ RBF ในประเทศไทยเริ่มจากการคัดเลือกหาพื้นที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF ที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำสายหลักของ 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย กลุ่มบริษัทที่ปรึกษาจึงดำเนินการสำรวจความเหมาะสมทางอุทกวิทยาและอุทกธรณีวิทยา คุณภาพน้ำ ความต้องการน้ำ สังคม เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม หลังจากนั้นได้ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่จะดำเนินการออกแบบก่อสร้างระบบ RBF รวมทั้งจัดทำแผนหลักเพื่อการพัฒนาระบบในพื้นที่ที่มีศักยภาพ การดำเนินงานโครงการประกอบด้วย 8 ขั้นตอนหลักดังแสดงใน**รูปที่ 3-1** และมีขั้นตอนต่างๆ ดัง**รูปที่ 3-2**



รูปที่ 3-1 ภาพรวมการศึกษาโครงการ

3.1 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลในการคัดเลือกพื้นที่ในการพัฒนาระบบ RBF ประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1) ภูมิประเทศ การคมนาคม และขอบเขตการปกครอง
2) สภาพอากาศ อุทกวิทยา และสภาพแหล่งน้ำผิวดินทั้งปริมาณและคุณภาพ
3) ธรณีวิทยา
4) อุทกธรณีวิทยา บ่อน้ำบาดาล และสภาพแหล่งน้ำบาดาลทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ
5) การใช้น้ำและความต้องการใช้น้ำทั้งในปัจจุบันและอนาคต
6) ระบบประปาเพื่อการอุปโภคและบริโภค
7) การใช้ประโยชน์ที่ดิน
8) การพัฒนาระบบ RBF
9) การออกแบบก่อสร้าง การใช้งานและการบำรุงรักษาระบบ RBF จากกรณีศึกษาปัญหาที่พบจากต่างประเทศ

ข้อมูลที่ทำการรวบรวมได้ทำการวิเคราะห์เพื่อนำมาใช้ในการคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด และสำรวจในภาคสนามเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF

3.2 การคัดเลือกพื้นที่ในการพัฒนาระบบ RBF

การคัดเลือกพื้นที่ในการพัฒนาระบบ RBF มีขั้นตอนและวิธีการ แสดงใน**รูปที่ 3-2** การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดได้ทำการสำรวจในภาคสนามเพิ่มเติม ร่วมกับรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ มีขั้นตอนในการคัดเลือกพื้นที่ในการพัฒนาระบบ RBF 6 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำ

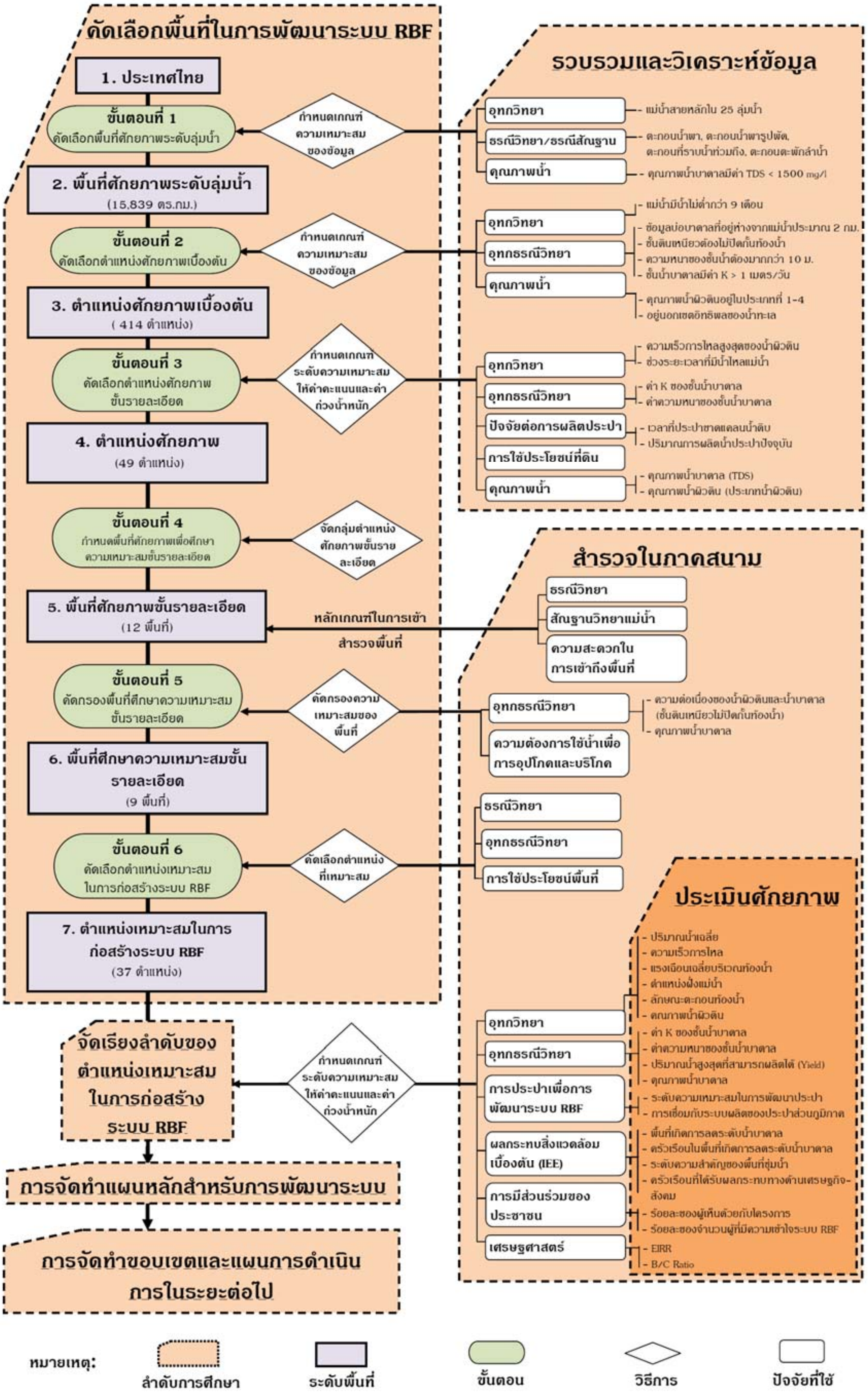
เป็นการคัดเลือกพื้นที่ในลุ่มน้ำหลัก 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทย ได้กำหนดเกณฑ์ความเหมาะสมจากข้อมูลทุติยภูมิด้านอุทกวิทยา ธรณีสัณฐาน/ธรณีวิทยา และคุณภาพน้ำบาดาล มาร่วมใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล โดยการซ้อนทับ (Overlay) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.2.2 การคัดเลือกตำแหน่งศักยภาพเบื้องต้น

ได้นำข้อมูลของพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำมาทำการศึกษา โดยใช้ข้อมูลอุทกวิทยา (ปริมาณน้ำ) อุทกธรณีวิทยา ข้อมูลชั้นดินและหิน (ความสัมพันธ์ของน้ำผิวดินและน้ำบาดาล) จากบ่อบาดาลเดิมที่มีอยู่แล้วมาประมวลและคัดเลือกเหลือ 414 ตำแหน่ง ผลการคัดเลือกแสดงไว้ในบทที่ 4 หัวข้อ 4.2

3.2.3 การคัดเลือกตำแหน่งศักยภาพขั้นรายละเอียด

ได้จากการจัดระดับความเหมาะสมของตำแหน่งศักยภาพเบื้องต้น โดยกำหนดเกณฑ์ความเหมาะสม พร้อมให้ค่าคะแนน ค่าถ่วงน้ำหนัก และเพิ่มข้อมูลในการคัดเลือก ประกอบด้วยข้อมูลอุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตน้ำประปา การใช้ประโยชน์ที่ดิน และคุณภาพน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน จากการคัดเลือกพบว่าตำแหน่งศักยภาพที่มีระดับความเหมาะสมมากมีจำนวน 49 ตำแหน่ง มีขั้นตอนและผลแสดงไว้ในบทที่ 4 หัวข้อ 4.2



รูปที่ 3-2 ขั้นตอนและข้อมูลที่สำคัญ

3.2.4 การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด

จากตำแหน่งศักยภาพขั้นรายละเอียด 49 ตำแหน่ง โดยจัดกลุ่มให้ตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันอยู่ในพื้นที่เดียวกัน เพื่อให้สะดวกต่อการศึกษาและการสำรวจในภาคสนาม สามารถจัดกลุ่มได้เป็น 12 พื้นที่ คือ (1) อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย (2) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย (3) จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน (4) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง (5) อำเภอเมืองและอำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ (6) อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร (7) อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร (8) อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ (9) อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท (10) อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย (11) อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี และ (12) อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ผลการคัดเลือกพื้นที่ในขั้นตอนนี้อธิบายไว้ในบทที่ 4 หัวข้อ 4.2

3.2.5 การคัดกรองพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด

ข้อมูลที่ใช้ในการคัดกรองในขั้นตอนนี้คือ ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาขั้นรายละเอียด และความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค พื้นที่ที่ผ่านการคัดกรองเรียกว่า พื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด ข้อมูลในภาคสนามและรายละเอียดการคัดกรองพื้นที่ในขั้นตอนนี้แสดงในบทที่ 5 จากการคัดกรองพบว่าพื้นที่ที่ผ่านการคัดกรองมีจำนวน 9 พื้นที่ ดังนี้ (1) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย (2) จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน (3) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง (4) อำเภอเมืองและอำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ (5) อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร (6) อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร (7) อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ (8) อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท และ (9) อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

3.2.6 การคัดเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF

ตำแหน่งที่เหมาะสมได้จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจในภาคสนาม คัดเลือกโดยใช้เกณฑ์ความเหมาะสมในด้านธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา การใช้ประโยชน์ที่ดิน การประปาเพื่อพัฒนาระบบ RBF ปริมาณน้ำที่สามารถนำขึ้นมาใช้ได้ ผลกระทบสิ่งแวดล้อม การออกแบบก่อสร้างระบบ RBF และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน เพื่อใช้ในการจัดระดับข้อมูลและนำไปใช้ในการจัดเรียงลำดับตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF พื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด 9 พื้นที่ มีตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF จำนวน 36 ตำแหน่ง รายละเอียดของตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF แสดงในบทที่ 6

3.3 การสำรวจภาคสนาม

การสำรวจภาคสนามในพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดทั้ง 12 พื้นที่ เป็นการสำรวจเพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติมในด้านอุทกวิทยา ธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา คุณภาพน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน รายละเอียดการสำรวจภาคสนามแสดงในบทที่ 5 และ บทที่ 6 โดยมีรายการสำรวจและขั้นตอนดังนี้

3.3.1 การสำรวจทางอุทกวิทยาของแม่น้ำ

1) การสำรวจลักษณะตะกอนท้องน้ำ
2) วัดระดับน้ำและความเร็วการไหลของน้ำ
3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ
4) ทดลองการซึมของตะกอนท้องน้ำในสนาม
5) ทดลองการซึมของตะกอนท้องน้ำในห้องปฏิบัติการ
6) เก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำ

3.3.2 การสำรวจทางธรณีวิทยา

1) สำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า
2) สำรวจธรณีฟิสิกส์ตัดขวางลำน้ำ
3) เจาะบ่อสำรวจและก่อสร้างบ่อสังเกตการณ์
4) เจาะบ่อสำรวจและก่อสร้างบ่อสูบทดสอบ
5) วิเคราะห์ช่วงขนาดและสัดส่วนปริมาณของกรวดทราย

3.3.3 การสำรวจทางอุทกธรณีวิทยา

1) สำรวจและคัดเลือกบ่อบาดาลที่มีอยู่แล้ว
2) สูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล
3) รังวัดระดับปากบ่อน้ำบาดาล
4) เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและวิเคราะห์คุณภาพ
5) ติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำและคุณภาพน้ำอัตโนมัติ
6) จัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยาในมาตราส่วน 1:10,000

3.4 การประเมินศักยภาพพื้นที่ในด้านต่าง ๆ

ตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF นำมาประเมินความเหมาะสม ผลการประเมินด้านต่างๆ ถูกนำมาใช้เป็นปัจจัยในการจัดลำดับความเหมาะสม โดยการให้ค่าคะแนนและค่าถ่วงน้ำหนัก การประเมินในด้านต่างๆ ประกอบด้วย

3.4.1 อุทกวิทยา ประกอบด้วย

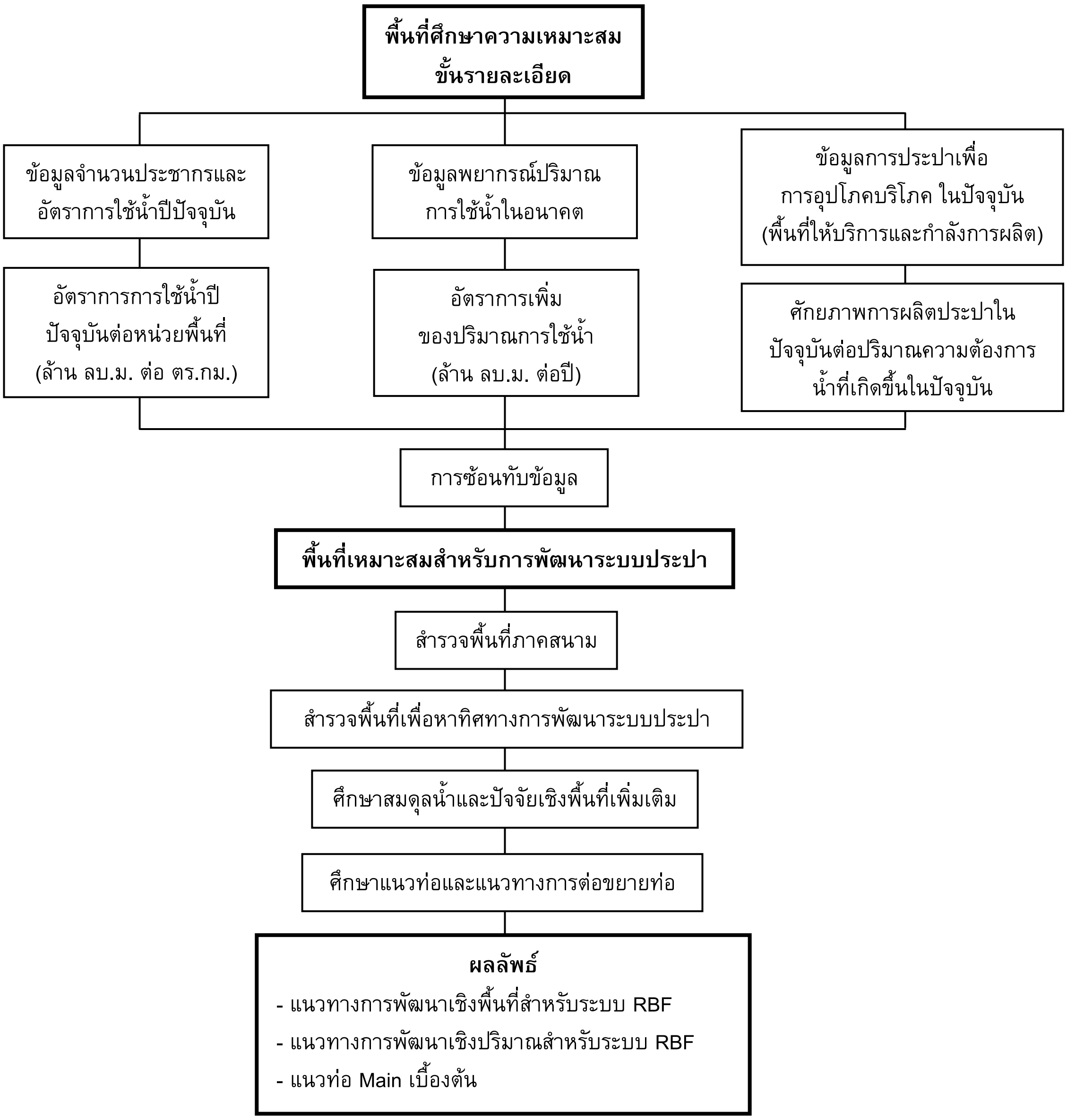
1) อัตราการไหลเฉลี่ย
2) ความเร็วการไหลสูงสุด
3) แรงเฉือนเฉลี่ยบริเวณท้องน้ำ
4) ตำแหน่งของฝั่งแม่น้ำ
5) ลักษณะการกระจายขนาดเม็ดดินของตะกอนท้องน้ำ
6) คุณภาพน้ำผิวดิน

3.4.2 อุทกธรณีวิทยา

1) ความหนาของชั้นน้ำบาดาล
2) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน
3) ปริมาณน้ำสูงสุดที่ระบบ RBF สามารถผลิตได้
4) คุณภาพน้ำบาดาล

3.4.3 การวิเคราะห์ระบบประปาเพื่อการพัฒนาระบบ RBF

การศึกษา 3 ส่วน ได้แก่ 1) การศึกษาศักยภาพของการขยายระบบประปาด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 2) การศึกษาแนวทางการขยายพื้นที่การให้บริการของประปาภูมิภาค (พื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือก) และ 3) การออกแบบเบื้องต้นสำหรับพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือก ซึ่งแผนการศึกษาสามารถแสดงได้ดัง**รูปที่ 3-3**



รูปที่ 3-3 ขั้นตอนการศึกษาเพื่อพัฒนาและขยายระบบจ่ายน้ำประปาสำหรับระบบ RBF

3.4.4 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นเมื่อมีการพัฒนาระบบ RBF ได้มีการนำปัจจัยทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ด้าน ประกอบด้วย ทรัพยากรทางด้านกายภาพ ทรัพยากรทางด้านชีวภาพ คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ และคุณค่าคุณภาพชีวิต และสามารถใช้ปัจจัยนั้นมาเปรียบเทียบเพื่อจัดเรียงลำดับตำแหน่งในการก่อสร้างระบบ RBF โดยมีปัจจัยผลกระทบสิ่งแวดล้อมจำนวน 4 ปัจจัย ได้แก่

1) พื้นที่ได้รับผลกระทบจากการลดลงของระดับน้ำบาดาล

เป็นพื้นที่ได้รับผลกระทบเมื่อสูบน้ำจากระบบ RBF ในปริมาณการสูบที่ได้ออกแบบตามความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นของการประปาส่วนภูมิภาคในอีก 10 ปีข้างหน้า รายละเอียดแสดงในบทที่ 6

2) จำนวนครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบจากการลดลงของระดับน้ำบาดาล ในรัศมี 1 ตร.กม.

3) ระดับความสำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำ

4) จำนวนครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม

3.4.5 การมีส่วนร่วมของประชาชน

สำหรับการดำเนินการของโครงการนี้ได้สร้างระดับการมีส่วนร่วมของประชาชน เช่น การให้ข้อมูลข่าวสารผ่านทางเอกสารสิ่งพิมพ์ และการจัดนิทรรศการ ต่อมาเป็นการรับฟังความคิดเห็น โดยเปิดให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล ข้อเท็จจริง และความคิดเห็นเพื่อประกอบการตัดสินใจ ผ่านการทำแบบสอบถาม และการจัดประชุมรับฟังความคิดเห็น จากการดำเนินการข้างต้น นำมาซึ่งการพิจารณาการประเมินผลการมีส่วนร่วมของประชาชนที่นำมาใช้ในการจัดเรียงลำดับความเหมาะสม โดยพิจารณา 2 ประเด็น ประกอบด้วย

1) ร้อยละความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อโครงการ
2) ความเข้าใจในเนื้อหาการประชุม

3.4.6 เศรษฐศาสตร์

การประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วยที่ตั้งและแนวคิดในการพัฒนาโครงการก่อสร้างระบบ RBF การประเมินต้นทุนของโครงการ และการประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นตอนและหลักเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์

การประเมินความเหมาะสมต่อการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

(1) การประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ
ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

(1.1) การประเมินต้นทุนตามราคาการเงินของโครงการ

เป็นการประเมินต้นทุนตามราคาทางการเงิน ณ ปีปัจจุบัน (พ.ศ.2555) ของทรัพยากรต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในโครงการ ประกอบด้วย

- ค่าออกแบบและค่าควบคุมงานก่อสร้าง
- ค่าที่ดิน
- ค่าลงทุน ได้แก่ ค่าสิ่งปลูกสร้าง ค่าเครื่องจักร-อุปกรณ์
- ค่าดำเนินการ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายบุคลากร ค่าวัสดุการผลิต ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา

(1.2) การปรับต้นทุนตามราคาทางการเงินเป็นต้นทุนตามราคาทางเศรษฐศาสตร์

(2) การประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ
สำหรับโครงการผลิตน้ำด้วยระบบ RBF มีผลประโยชน์ที่สามารถประเมินได้ ดังนี้

(2.1) ผลประโยชน์ของผู้ใช้น้ำ

(2.2) มูลค่าประหยัดค่าลงทุนขยายกำลังการผลิตน้ำ

(2.3) มูลค่าประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต

(3) การคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์

ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ 3 ดัชนี ที่ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับพิจารณาความเหมาะสมและคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ คือ

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value; NPV)
- อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ (Economic Internal Rate of Return; EIRR)
- อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit/Cost Ratio; B/C Ratio)

2) การนำผลการประเมินความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ไปใช้

สำหรับเกณฑ์ชี้วัดที่นำไปใช้จัดเรียงลำดับความสำคัญของโครงการนั้น ใช้ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ 2 ดัชนี คือ อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโครงการ (EIRR) และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) โดยไม่นำมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) ไปใช้ เนื่องจากหากมูลค่าการลงทุนของโครงการต่างกัน ค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

รายละเอียดและผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับก่อสร้างระบบ RBF แต่ละตำแหน่ง ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 6

3.5 การจัดเรียงลำดับตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF

จากการกำหนดระดับความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์และประเมินในด้านอุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา ผลกระทบสิ่งแวดล้อม การประปาเพื่อการพัฒนาระบบ RBF ผลกระทบสิ่งแวดล้อม การมีส่วนร่วมของประชาชน และเศรษฐศาสตร์ พร้อมทั้งให้ค่าคะแนนและค่าถ่วงน้ำหนัก ผลการจัดเรียงลำดับจะเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF เพื่อใช้เป็นพื้นที่นำร่องในระยะที่ 2 ของโครงการต่อไป ข้อมูลและผลการจัดเรียงลำดับแสดงในบทที่ 6

3.6 การจัดทำระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

การจัดทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากหน่วยงานที่ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมขั้นต้นจากหน่วยงานต่างๆ และข้อมูลที่จัดทำขึ้นมาใหม่รวมไปจนถึงการปรับแก้ข้อมูลเดิมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีการปรับเปลี่ยนตามปัจจุบัน โดยข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลนั้นจะประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลเชิงอรรถอธิบาย (Attribute Data) ประกอบด้วยระบบพิกัดภูมิศาสตร์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปของ Shape file โดยใช้โปรแกรม Arcgis นำเข้าและจัดเก็บชั้นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปแบบของฐานข้อมูล Geodatabase มี 2 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การรวบรวมข้อมูลและการจัดกลุ่มข้อมูล (2) การสร้างระบบฐานข้อมูล โดยการรวบรวมข้อมูลและการจัดกลุ่มข้อมูล จำแนกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ กลุ่มข้อมูลทุติยภูมิ และกลุ่มข้อมูลที่จัดทำขึ้นมาใหม่ในโครงการ การสร้างระบบฐานข้อมูล ใช้โปรแกรมประยุกต์ Arc Catalog ข้อมูลถูกจัดเก็บในรูปแบบของ File Geodatabase และข้อมูลได้ถูกจัดเก็บเป็นหมวดหมู่ ซึ่งสามารถปรับปรุง แก้ไข และง่ายต่อการค้นหา

3.7 การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) การนำผลการศึกษาวิจัยไปเผยแพร่และประชาสัมพันธ์

เป็นเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลการการศึกษาวิจัยผ่านทางเว็บไซต์ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และเอกสารแผ่นพับ

2) การจัดประชุมเพื่อนำเสนอและเผยแพร่ข้อมูล

โดยจะดำเนินการจัดประชุมสัมมนา 2 ครั้ง ได้แก่

(1) การประชุมสัมมนาครั้งที่ 1 เป็นการแนะนำเปิดตัวโครงการ หลังจากที่กลุ่มบริษัทที่ปรึกษาได้จัดส่งรายงานแผนการดำเนินการขั้นต้นให้แก่กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

(2) การประชุมสัมมนาครั้งที่ 2 เป็นการจัดประชุมสัมมนาเพื่อเผยแพร่ความรู้จากผลการศึกษาทั้งหมดของโครงการก่อนปิดโครงการ

3) การจัดประชุมรับฟังความคิดเห็น

โดยดำเนินการจัดประชุมสัมมนาจำนวน 2 ครั้ง ดังนี้

(1) การประชุมรับฟังความคิดเห็นครั้งที่ 1 เป็นการจัดประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด

(2) การประชุมรับฟังความคิดเห็นครั้งที่ 2 เป็นการประชุมเพื่อนำเสนอขั้นตอนการดำเนินงานทางด้านเทคนิค ให้หน่วยงานระดับจังหวัด และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องร่วมแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับขั้นตอนทางด้านเทคนิคต่างๆ รวมถึงทัศนคติที่มีต่อการดำเนินโครงการ

3.8 การจัดทำแผนหลักสำหรับการพัฒนาระบบ RBF

กรอบแนวทางในการจัดทำแผนหลักการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ประกอบด้วยการศึกษารวบรวม และวิเคราะห์นโยบาย/แผนการพัฒนาพื้นที่ของภาครัฐ การลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลสภาวะแวดล้อม รวมถึงวิเคราะห์ทางยุทธศาสตร์ (Strategic Analysis) เพื่อนำไปกำหนดเป็นยุทธศาสตร์การใช้เทคโนโลยี Riverbank Filtration ในประเทศไทยต่อไป รายละเอียดของแผนหลักสำหรับการพัฒนาระบบ RBF แสดงในบทที่ 7

3.9 การจัดทำขอบเขตและแผนการดำเนินการในระยะต่อไป

กลุ่มบริษัทที่ปรึกษาจัดทำขอบเขตและแผนการดำเนินงานในขั้นศึกษารายละเอียด การออกแบบและการพัฒนาระบบ RBF (ระยะที่ 2) รายละเอียดแสดงไว้ในบทที่ 9

บทที่ 4

พื้นที่ศักยภาพการพัฒนาระบบ RBF ของประเทศไทย

บทนี้ได้กล่าวถึงผลการคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำและพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด ซึ่งขั้นตอนที่ 1-4 ในขั้นตอนการคัดเลือกพื้นที่ดังแสดงใน**รูปที่ 3-2** โดยเป็นการคัดเลือกพื้นที่จากข้อมูลทุติยภูมิที่ได้รวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ เพื่อให้ได้พื้นที่ศักยภาพเบื้องต้นในการพัฒนาระบบ RBF ในประเทศไทย และพื้นที่สำหรับศึกษาในขั้นรายละเอียด

4.1 การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำ

เป็นการคัดเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาระบบ RBF ในลุ่มน้ำหลักของประเทศ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่ได้รวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ เป็นขั้นตอนที่ 1 ในขั้นตอนการคัดเลือกพื้นที่ ดังแสดงใน**รูปที่ 3-2** โดยมีข้อมูลหรือปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือก ดังนี้คือ

4.1.1 แม่น้ำสายหลักใน 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทย

เกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกแม่น้ำสายหลักและพื้นที่ศึกษา แม่น้ำสายหลักควรที่มีน้ำไหลตลอดปีหรือเกือบตลอดปี กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาให้อยู่ห่างจากแม่น้ำ 2 ฝั่งๆ ละ 2 กม.

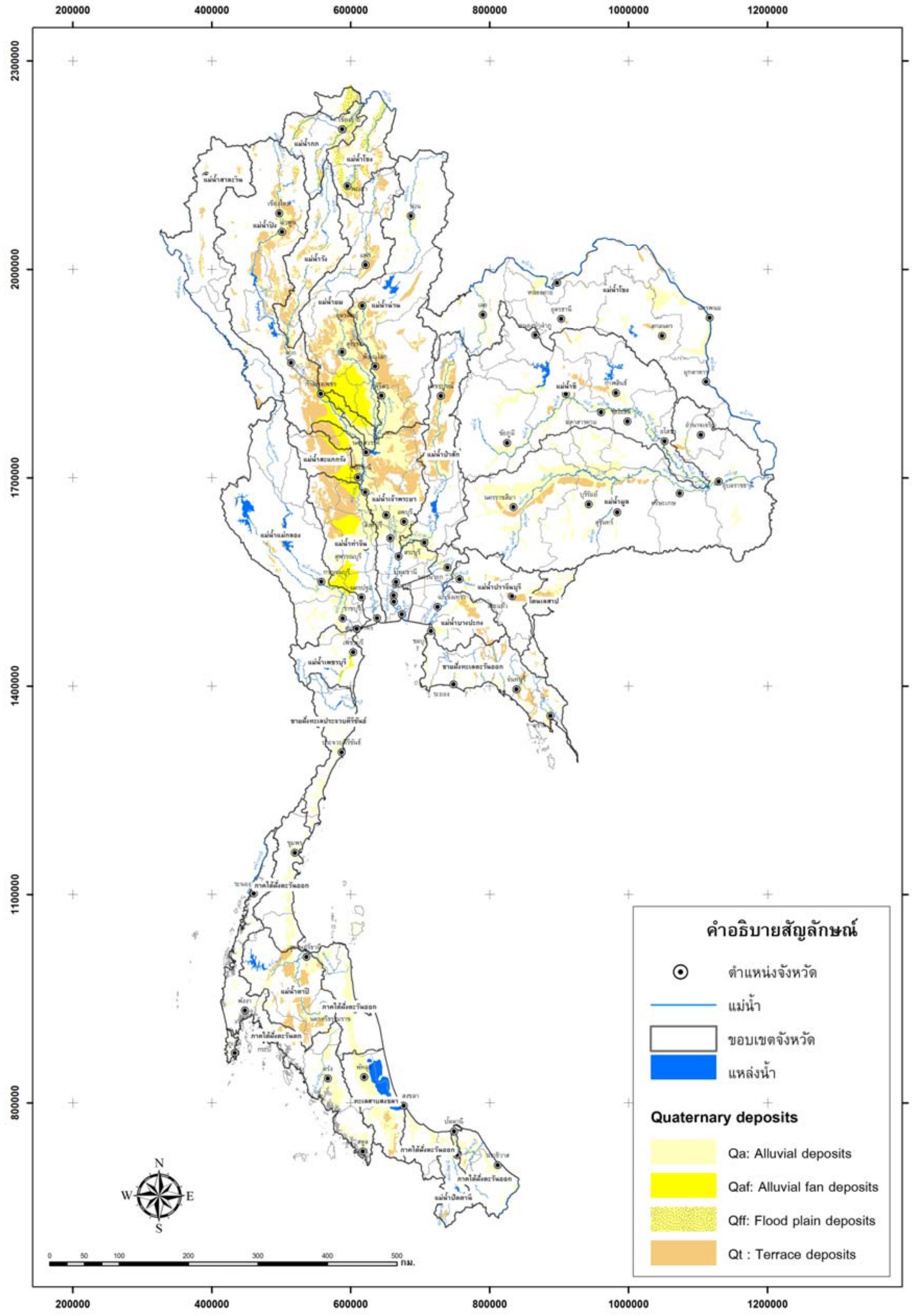
4.1.2 ลักษณะทางธรณีวิทยา

ลักษณะทางธรณีวิทยาที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF ได้แก่ ชั้นตะกอนหินร่วน ซึ่งประกอบด้วย ทราย และกรวด มีอัตราส่วนมากกว่าดินเหนียว หรือตะกอนน้ำพาในยุคควอเทอร์นารี เช่น ตะกอนน้ำพา ตะกอนน้ำพารูปพัด ตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง และตะกอนตะพักลำน้ำ (**รูปที่ 4-1**)

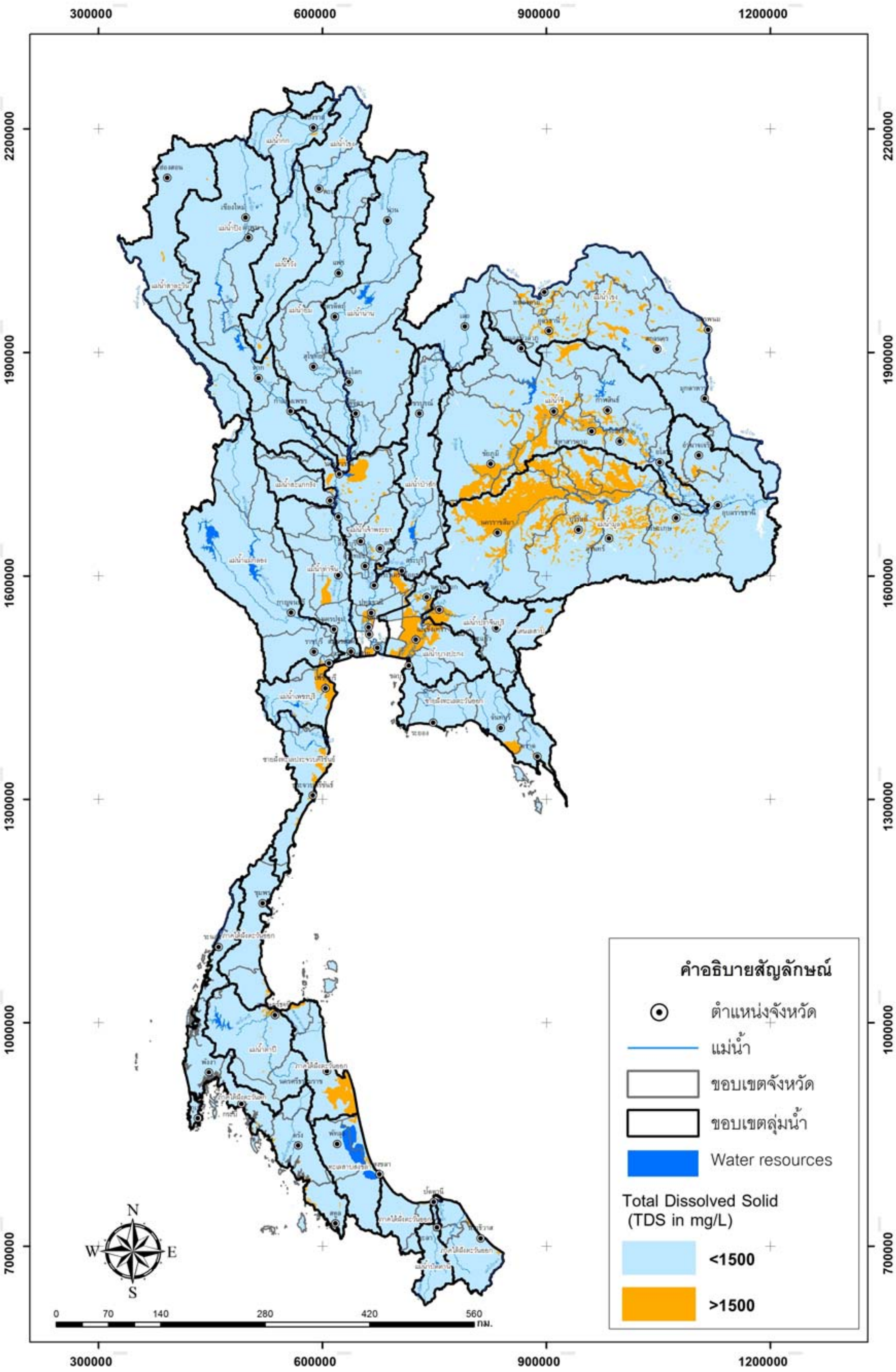
4.1.3 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา

ข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาพิจารณาความเหมาะสมในเบื้องต้น ได้แก่ คุณภาพน้ำบาดาล ที่มีค่าสารละลายมวลรวม (TDS) น้อยกว่า 1,500 มก./ล หรือเป็นน้ำจืด เป็นพื้นที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF เนื่องจากพื้นที่ที่มีค่า TDS สูงกว่า 1,500 มก./ล เป็นน้ำกร่อย หรือเค็ม ไม่เหมาะสมต่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF (**รูปที่ 4-2**)

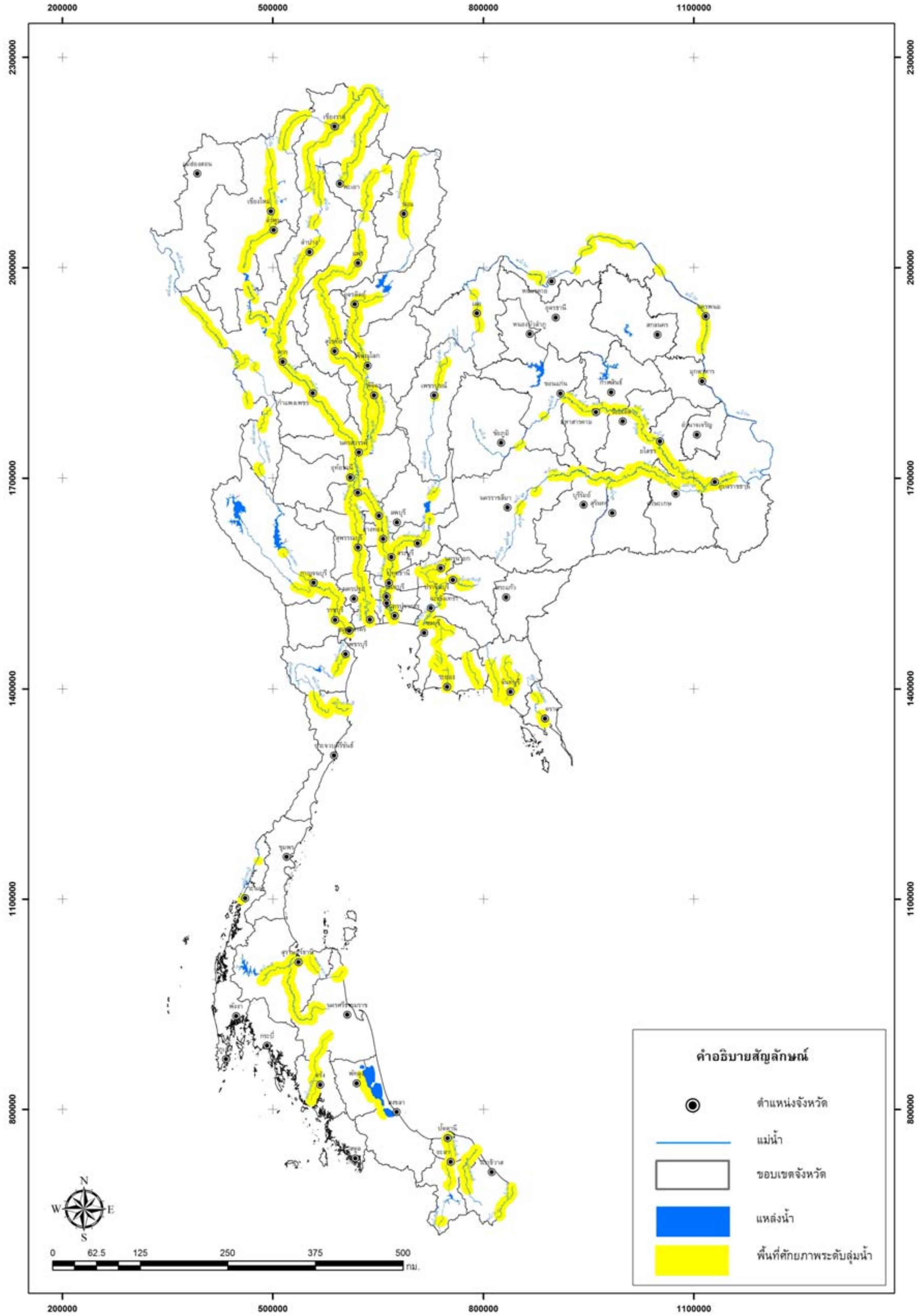
จากการวิเคราะห์ข้อมูลแม่น้ำสายหลักใน 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทย ลักษณะทางธรณีวิทยา และลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา พบว่ามีพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำ จำนวน 15,839 ตร.กม. แสดงดัง**รูปที่ 4-3**



รูปที่ 4-1 ลักษณะทางธรณีวิทยาที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF



รูปที่ 4-2 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF



รูปที่ 4-3 พื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำ

4.2 การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด

การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด เป็นขั้นตอนที่ 3 ดัง**รูปที่ 3-2** ซึ่งได้กล่าวสรุปการคัดเลือกตำแหน่งศักยภาพเบื้องต้นและขั้นรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การคัดเลือกตำแหน่งศักยภาพเบื้องต้น

เป็นขั้นตอนต่อจากการได้พื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำ โดยอาศัยข้อมูลหลักๆ ดังนี้

1) อุทกวิทยา

ตำแหน่งที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF เบื้องต้นต้องมีปริมาณน้ำในแม่น้ำตลอดทั้งปี หรือไม่น้อยกว่า 9 เดือน โดยในช่วงฤดูแล้ง 6 เดือน (พ.ย.-เม.ย.) แม่น้ำสายหลักควรมีน้ำในแม่น้ำไม่น้อยกว่า 3 เดือน ช่วงเวลาที่มีน้ำไหลในแม่น้ำ

2) อุทกธรณีวิทยา

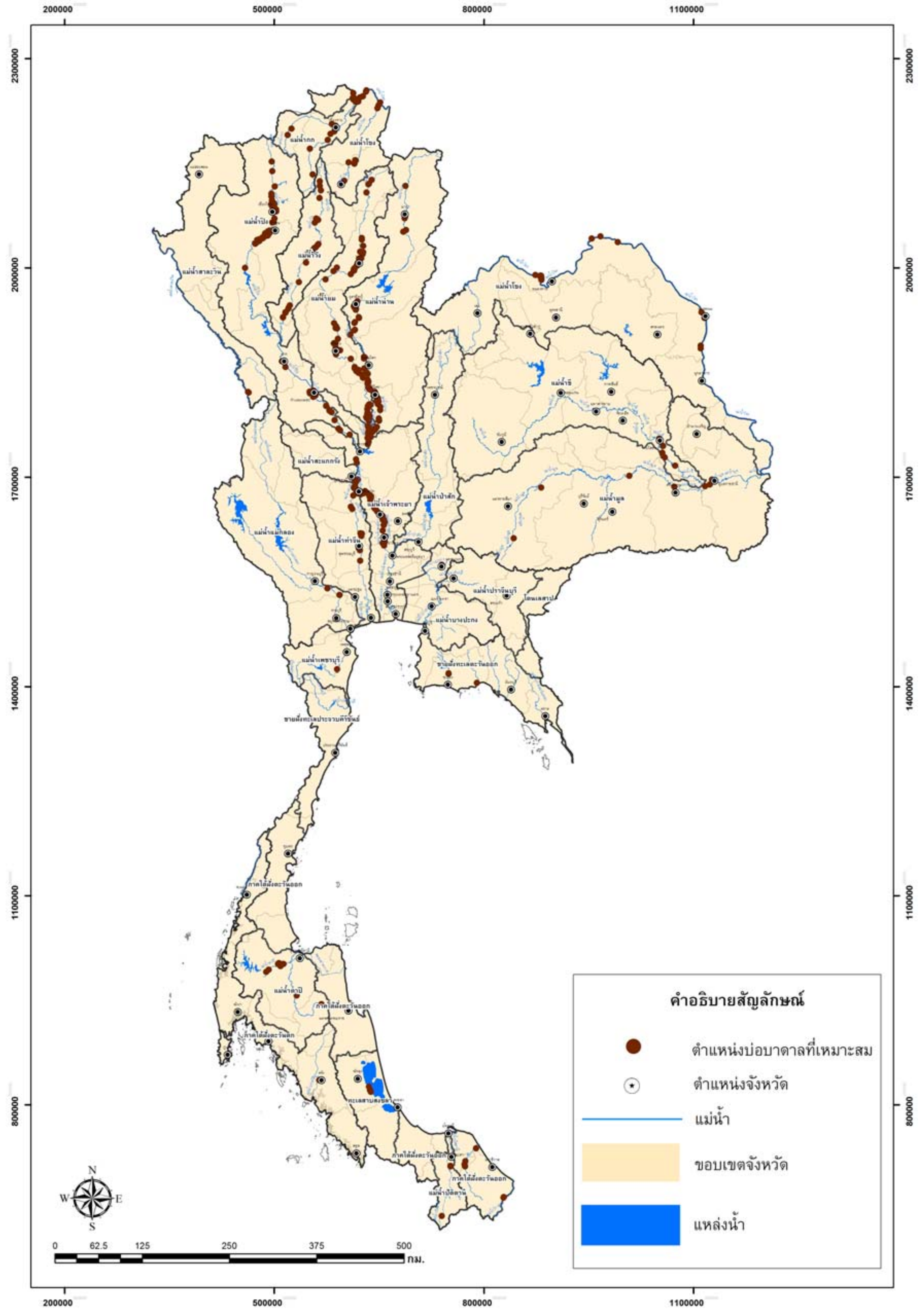
ตัวแปรที่สำคัญทางอุทกธรณีวิทยา ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K) ต้องมีค่ามากกว่า 1 ม./วัน ความหนาของชั้นดินเหนียวชั้นบนต้องน้อยกว่าความลึกของท้องแม่น้ำ เพื่อให้มีการเชื่อมต่อทางชลศาสตร์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล และความหนาของชั้นน้ำบาดาลต้องมากกว่า 10 ม.

ข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยารวบรวมจากบ่อบาดาลที่มีอยู่แล้วในพื้นที่ พบว่าในพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำมีบ่อบาดาลในพื้นที่ทั้งหมด 13,581 บ่อ และเป็นบ่อที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ความเหมาะสมด้านอุทกธรณีวิทยาสำหรับการพัฒนาระบบ RBF จำนวน 582 บ่อ ดังแสดงใน**รูปที่ 4-4**

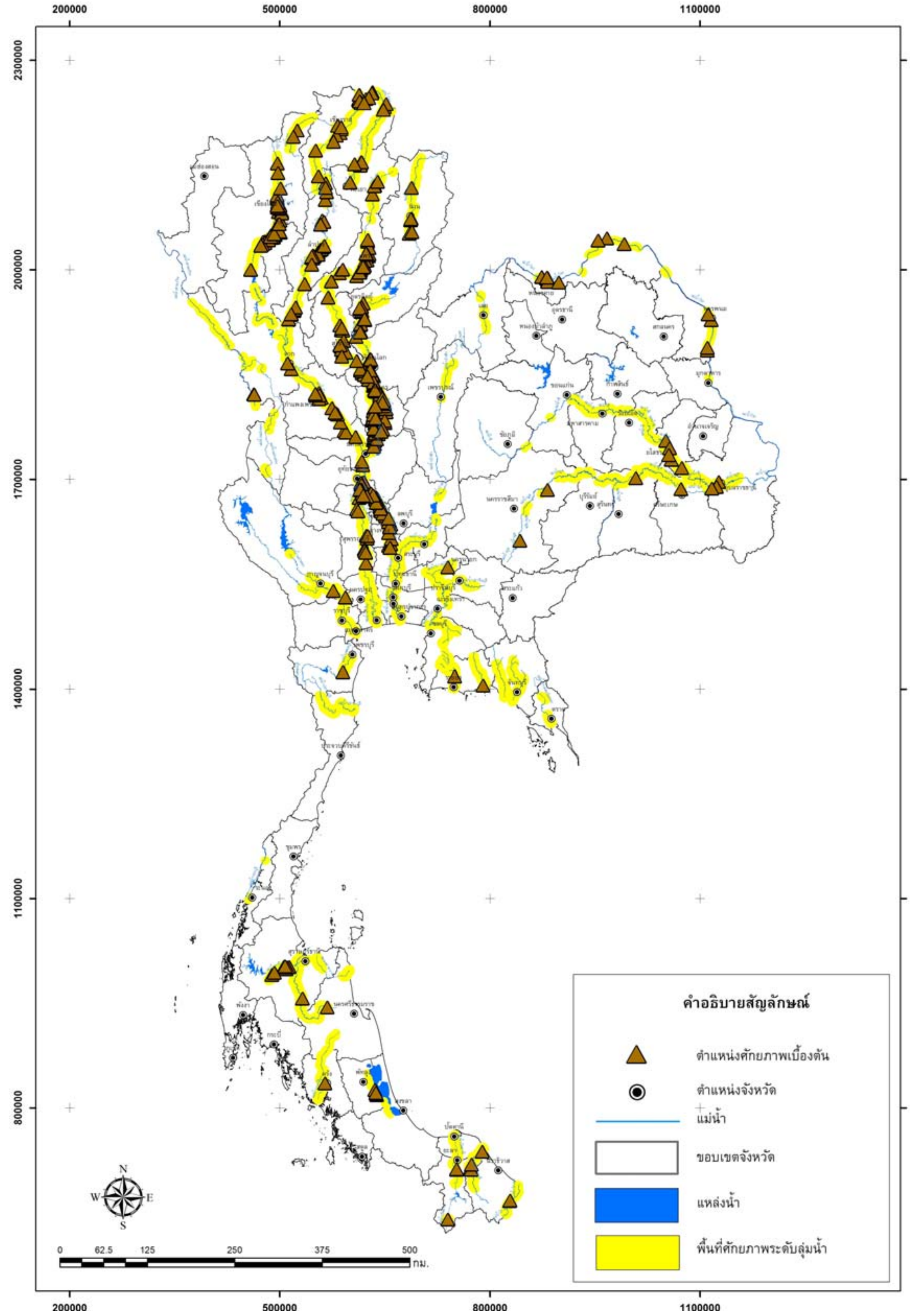
3) คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำผิวดินที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF ควรมีคุณภาพดีมากถึงเสื่อมโทรม ซึ่งจัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ถึงแหล่งน้ำประเภทที่ 4 แต่ทั้งนี้คุณภาพน้ำผิวดินต้องอยู่นอกอิทธิพลของการขึ้นลงของระดับน้ำทะเล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งด้านอุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา และคุณภาพน้ำ พบว่าตำแหน่งที่มีความเหมาะสมทั้งสามด้านมีจำนวน 414 ตำแหน่ง ซึ่งถือว่าเป็นตำแหน่งศักยภาพในการพัฒนาระบบ RBF เบื้องต้น (**รูปที่ 4-5**)



รูปที่ 4-4 บ่อบาดาลที่เหมาะสมด้านอุทกธรณีวิทยา



รูปที่ 4-5 ตำแหน่งศักยภาพเบื้องต้นในการพัฒนาระบบ RBF

4.2.2 การคัดเลือกตำแหน่งศักยภาพขั้นรายละเอียด

การจัดระดับความเหมาะสมของตำแหน่งศักยภาพเบื้องต้นออกเป็น 3 ระดับ คือเหมาะสมต่ำ ปานกลาง และมาก โดยใช้ข้อมูลในการจัดระดับ 5 ด้าน ข้อมูลในแต่ละด้านถูกจัดระดับความเหมาะสมสำหรับระบบ RBF โดยระดับที่มีความเหมาะสมน้อยให้คะแนนเท่ากับ 1 ระดับที่มีความเหมาะสมปานกลาง ให้คะแนนเท่ากับ 3 และระดับที่มีความเหมาะสมมาก ให้ค่าคะแนนเท่ากับ 5 พร้อมทั้งทำการให้ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลตามความสำคัญและจัดลำดับ (Lee and Lee, 2008 และ Lee and Lee, 2010) ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (**ตารางที่ 4-1**)

1) อุทกวิทยา

พิจารณาระดับความเหมาะสมด้านอุทกวิทยา โดยใช้ข้อมูลความเร็วการไหลสูงสุดของน้ำในแม่น้ำ และช่วงระยะเวลาที่แม่น้ำมีน้ำไหล

2) อุทกธรณีวิทยา

พิจารณาความเหมาะสมด้านอุทกธรณีวิทยาโดยใช้ข้อมูลค่าความหนาของชั้นน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน

3) คุณภาพน้ำ

พิจารณาความเหมาะสมด้านคุณภาพน้ำบาดาลโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำผิวดิน และคุณภาพน้ำบาดาล (TDS)

4) การใช้ประโยชน์ที่ดิน

เป็นข้อมูลสำหรับใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่ก่อสร้างระบบเติมน้ำ โดยแบ่งระดับความเหมาะสมออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและอุตสาหกรรม และพื้นที่สาธารณะ

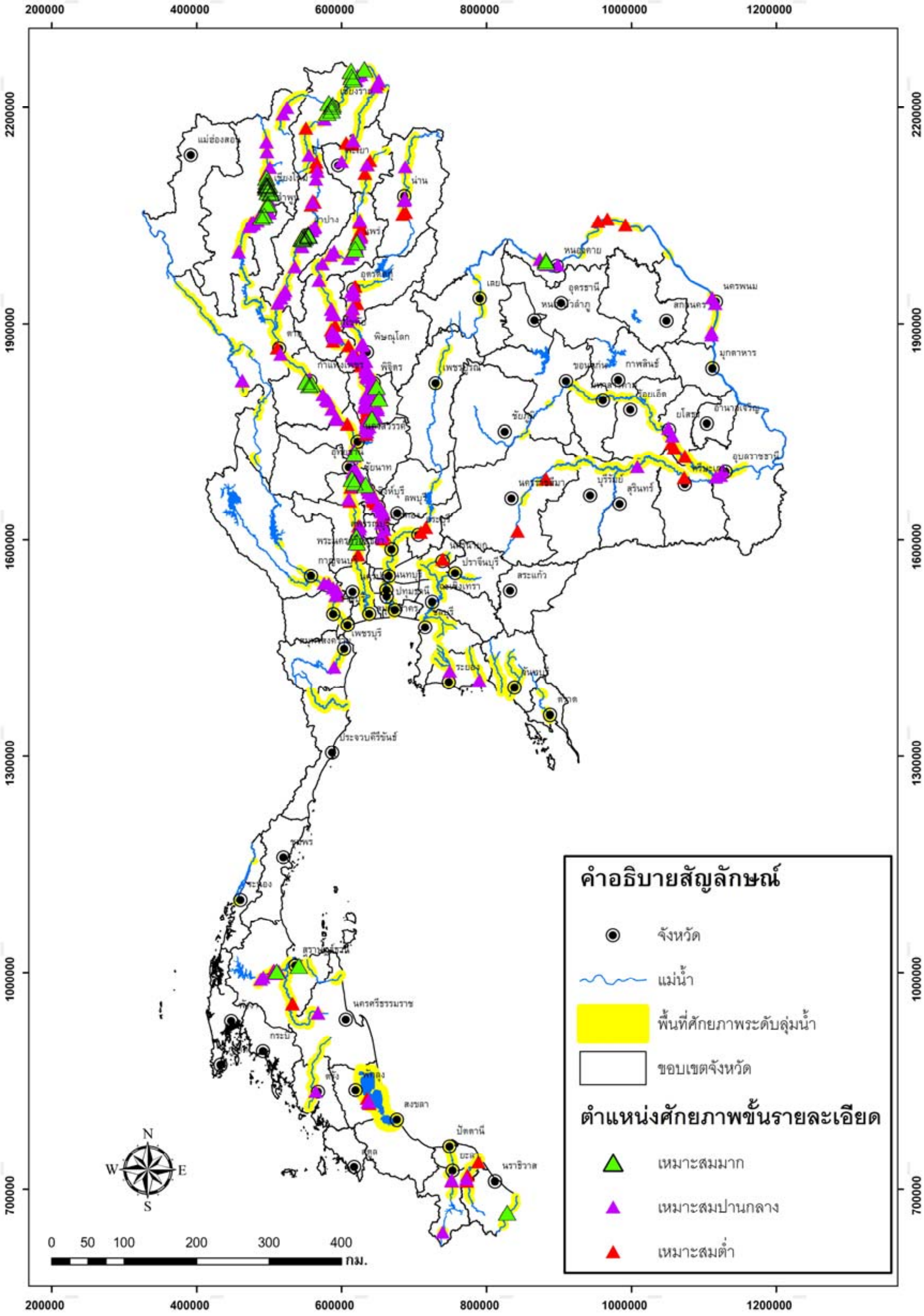
5) การผลิตประปา (ประปาส่วนภูมิภาค)

พิจารณาความเหมาะสมโดยใช้ข้อมูลเวลาที่ขาดแคลนน้ำดิบในการผลิตประปา และปริมาณการผลิตน้ำประปาปัจจุบัน

จากการให้ค่าคะแนนและค่าน้ำหนักของตำแหน่งศักยภาพเบื้องต้น 414 ตำแหน่ง ตามเกณฑ์ใน **ตารางที่ 4-1** พบว่ามีคะแนนตั้งแต่ 190 จนถึง 500 และนำมาจัดเป็น 3 ระดับ คือ ตำแหน่งศักยภาพที่มีความเหมาะสมมากสำหรับการพัฒนาระบบ RBF คือ ตำแหน่งศักยภาพที่มีคะแนนระหว่าง 400 - 500 มีจำนวน 49 ตำแหน่ง ตำแหน่งศักยภาพที่มีความเหมาะสมปานกลางสำหรับการพัฒนาระบบ RBF คือ ตำแหน่งศักยภาพที่มีคะแนนระหว่าง 300 - 399 มีจำนวน 262 ตำแหน่ง และตำแหน่งศักยภาพที่มีความเหมาะสมต่ำสำหรับการพัฒนาระบบ RBF คือตำแหน่งศักยภาพที่มีคะแนนระหว่าง 190 - 299 มีจำนวน 103 ตำแหน่ง แสดงดัง**รูปที่ 4-6**

ตารางที่ 4-1 เกณฑ์การให้คะแนนและค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละตัวแปร

ลำดับ	เกณฑ์การให้คะแนน	หน่วย	คะแนน			น้ำหนัก
			1	3	5	100
1	**อุทกวิทยา**					
1.1	ความเร็วการไหลสูงสุด	ม./วิ	0.5 – 1.0	>1.0 -1.5	> 1.5	10
1.2	ช่วงเวลาที่มีน้ำในแม่น้ำ	เดือน	9	10 - 11	12	15
2	**อุทกธรณีวิทยา**					
2.1	ความหนาชั้นน้ำบาดาล	ม.	10 - 15	16 - 20	> 20	20
2.2	ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน	ม./วัน	1 - 5	6 - 10	> 10	10
3	**คุณภาพน้ำ**					
3.1	คุณภาพน้ำผิวดิน	ประเภทแหล่งน้ำ	4	3	1 - 2	5
3.2	คุณภาพน้ำบาดาล (TDS)	มก./ล.	601 - 1,000	300 - 600	< 300	10
4	**การใช้ที่ดิน**	ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ชุมชน/อุตสาหกรรม	พื้นที่การเกษตร	พื้นที่ว่าง/สาธารณะ	5
5	**การผลิตประปา (ประปาส่วนภูมิภาค)**					
5.1	ประปาขาดแคลนน้ำดิบ	เดือน	< 1	1 - 3	> 3	5
5.2	ปริมาณการผลิตน้ำประปาปัจจุบัน	ล้าน ลบ.ม./ปี	< 1	1 - 5	> 5	20



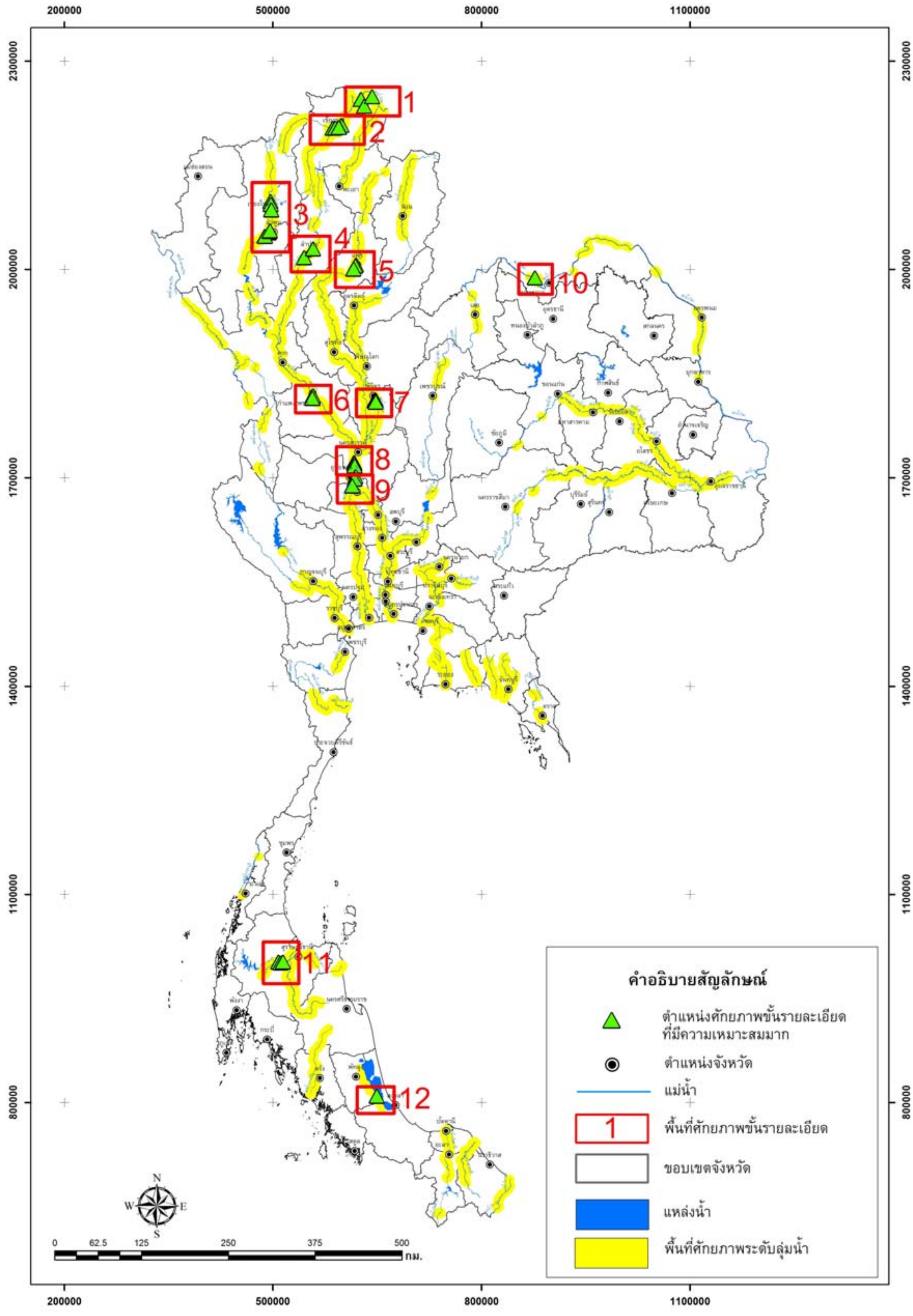
รูปที่ 4-6 ระดับความ สมของตำแหน่งศักยภาพขั้นรายละเอียด

4.2.3 คัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด

ดำเนินการจัดกลุ่มตำแหน่งศักยภาพขั้นรายละเอียดที่มีความเหมาะสม จำนวน 49 ตำแหน่ง ส่วนตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันจัดเป็นพื้นที่เดียวกัน แบ่งได้เป็น 11 พื้นที่ แต่เนื่องจากพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่ประสบปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค อย่างมาก จึงได้เลือกพื้นที่นี้เป็นพื้นที่ที่ 12 เพื่อสำรวจในภาคสนามต่อไป พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด**แสดงในรูปที่ 4-7** และ**ตารางที่ 4-2**

ตารางที่ 4-2 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด 12 พื้นที่

<table>
<tr><th>ลำดับที่</th><th>อำเภอ</th><th>จังหวัด</th><th>แม่น้ำ</th></tr>
<tr><td>1</td><td>เชียงแสน</td><td>เชียงราย</td><td>โขง</td></tr>
<tr><td>2</td><td>เมืองเชียงราย</td><td>เชียงราย</td><td>กก</td></tr>
<tr><td rowspan="6">3</td><td>แม่ริม</td><td rowspan="5">เชียงใหม่</td><td rowspan="6">ปิง</td></tr>
<tr><td>สันทราย</td></tr>
<tr><td>เมืองเชียงใหม่</td></tr>
<tr><td>หางดง</td></tr>
<tr><td>สารภี</td></tr>
<tr><td>ป่าซาง</td><td>ลำพูน</td></tr>
<tr><td>4</td><td>เมืองลำปาง</td><td>ลำปาง</td><td>วัง</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5</td><td>เมืองแพร่</td><td rowspan="2">แพร่</td><td rowspan="2">ยม</td></tr>
<tr><td>สูงเม่น</td></tr>
<tr><td>6</td><td>เมืองกำแพงเพชร</td><td>กำแพงเพชร</td><td>ปิง</td></tr>
<tr><td>7</td><td>เมืองพิจิตร</td><td>พิจิตร</td><td>น่าน</td></tr>
<tr><td>8</td><td>โกรกพระ</td><td>นครสวรรค์</td><td>เจ้าพระยา</td></tr>
<tr><td>9</td><td>เมืองชัยนาท</td><td>ชัยนาท</td><td>เจ้าพระยา</td></tr>
<tr><td>10</td><td>พุนพิน</td><td>สุราษฎร์ธานี</td><td>แม่น้ำพุมดวง</td></tr>
<tr><td>11</td><td>ศรีเชียงใหม่</td><td>หนองคาย</td><td>โขง</td></tr>
<tr><td>12</td><td>หาดใหญ่</td><td>สงขลา</td><td>คลองอู่ตะเภา</td></tr>
</table>



รูปที่ 4-7 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด 12 พื้นที่

บทที่ 5

พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดและการคัดกรองพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดโครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) ระยะที่ 1 จำนวน 12 พื้นที่ได้จากการคัดเลือกโดยใช้ข้อมูล อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา ปัจจัยต่อการผลิตประปา การใช้ประโยชน์ที่ดิน และคุณภาพน้ำ รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกพื้นที่แต่ละแห่ง มีดังนี้

5.1 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด

ข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับเกณฑ์การคัดเลือกแต่ละเกณฑ์ที่กล่าวมาแล้วข้างบนจะมีการเก็บรวบรวมจากแหล่งข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากหน่วยงานของรัฐและเอกชน มีการวางแผนการสำรวจภาคสนามและเจาะสำรวจเพื่อหาข้อมูลปฐมภูมิ ในแต่ละเกณฑ์การคัดเลือก จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษารวบรวม ได้นำมาทำการให้คะแนน ประเมินและจัดลำดับศักยภาพและความเหมาะสมของพื้นที่ จากพื้นที่ศักยภาพเบื้องต้น นำมาคัดกรองหาพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด จากการคัดกรอง พบว่ามีพื้นที่ที่มีศักยภาพขั้นรายละเอียด 12 พื้นที่ ได้แก่

(1) อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย (2) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย (3) จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน (4) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง (5) อำเภอเมืองและอำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ (6) อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร (7) อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร (8) อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ (9) อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท (10) อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย (11) อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี และ (12) อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ดังต่อไปนี้

5.1.1 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย

1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่ศักยภาพครอบคลุมพื้นที่ของอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย รวมพื้นที่ 144 ตร.กม. ลักษณะเป็นภูเขาแนวยาวด้านตะวันตก สำหรับบริเวณตอนกลาง และด้านตะวันออก เป็นที่ราบน้ำท่วมถึงของแม่น้ำจนถึงเนินเขา (**รูปที่ 5-1**) พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 89.85) ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่พืชไร่ รองลงมาเป็นนาข้าว ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ป่าไม้และไม้ยืนต้นกับไม้ผล พื้นที่ชุมชนและอื่นๆ (ร้อยละ 6.88) พื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 3.27)

2) อุทกวิทยา การสำรวจอุทกวิทยาเพื่อประเมินปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับวางแผนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

(1) ลักษณะตะกอนท้องน้ำ เป็นทรายละเอียดผสมกรวดขนาดใหญ่ และมีอนุภาคของทรายแป้งปนอยู่บ้างเล็กน้อย มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมออยู่ระว่าง 2.08 - 12.31 และ มีค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้งอยู่ระหว่าง 0.89 - 1.73

(2) อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ พบว่าการซึมของน้ำผ่านตะกอนท้องน้ำ มีค่าอัตราการซึมคงที่สุดท้ายอยู่ระหว่าง 3 - 100 ม./วัน

(3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำและความเร็วการไหลของน้ำ พบว่าแม่น้ำโขงมีความกว้างประมาณ 1,000 ม. ความลึก 12 ม. (ระดับเสาศูนย์ = 357.11 ม.รทก.)

(4) คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่า แม่น้ำโขงมีความขุ่นอยู่ในช่วง 51 - 350 NTU ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 3.41 - 7.74 มก./ล. และปริมาณเหล็กประมาณ 0.10 มก./ล.

3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา จำแนกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้ 4 หน่วย ดังนี้

(1) ตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน (Qfd) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว พบชั้นดินเหนียวหนา 5 - 8 ม. อยู่ด้านบนชั้นกรวดที่มีความหนา 5 - 30 ม. ให้น้ำบาดาลในเกณฑ์ 10 ลบ.ม./ชม. ถึงมากกว่า 20 ลบ.ม./ชม.

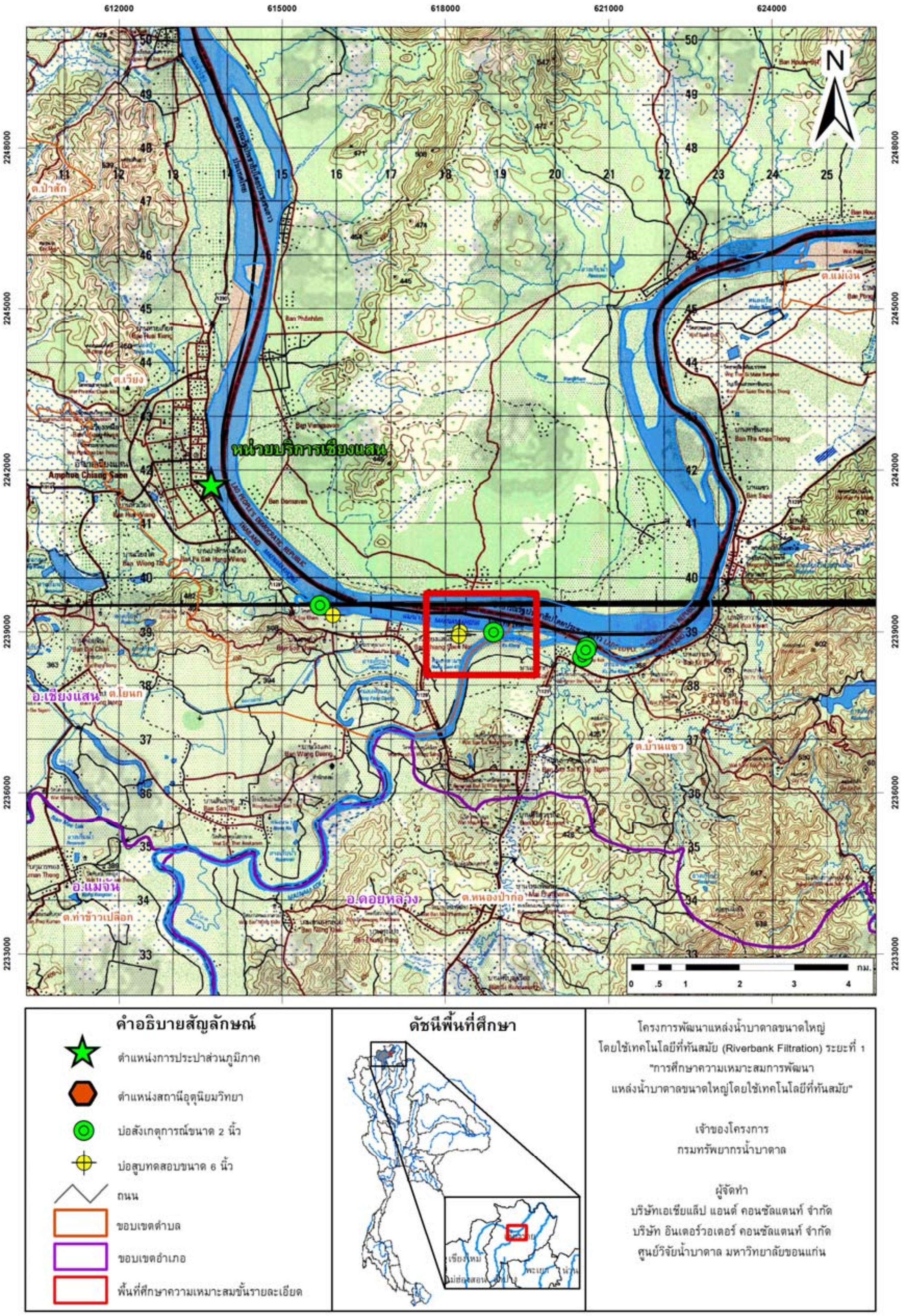
(2) ตะกอนตะพักลำน้ำยุคใหม่ (Qyt) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ให้น้ำบาดาลในเกณฑ์ 10 - 20 ลบ.ม./ชม.

(3) ตะกอนตะพักลำน้ำยุคเก่า (Qot) ประกอบด้วยชั้นทรายหยาบถึงกรวด หนาประมาณ 30 - 50 ม. แทรกสลับด้วยดินเหนียวชั้นบาง 2 - 5 ม. ให้น้ำบาดาลในเกณฑ์ 2 - 10 ลบ.ม./ชม.

(4) หน่วยหินแกรนิต (Gr) ปริมาณน้ำน้อยกว่า 2 ลบ.ม./ชม. แต่บริเวณหินแกรนิตผุ หรือบริเวณที่มีรอยแตก อาจให้ปริมาณน้ำถึง 20 ลบ.ม./ชม.

จากการสำรวจภาคสนามระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม 2554 พบว่าพื้นที่ศึกษารองรับด้วยตะกอนชั้นดินเหนียวสีดำ ความหนา 5 - 9 ม. ถัดลงไปเป็นชั้นกรวด ความหนา 21 - 25 ม. บางส่วนมีชั้นทรายหยาบแทรกอยู่เป็นชั้นบางๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 42 - 121 ม./วัน

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่การให้บริการของประปาส่วนภูมิภาคสาขาแม่สายให้บริการครอบคลุม 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอแม่สาย อำเภอแม่จัน และอำเภอเชียงแสน ใช้แหล่งน้ำดิบจากแม่น้ำโขงและบ่อบาดาล กำลังผลิตใช้งาน 19,920 ลบ.ม./วัน จำนวนผู้ใช้น้ำ ในเขตบริการของเชียงแสนมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นประมาณ 2 เท่าของสิบปีที่ผ่านในปัจจุบันพบว่ามีจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 13,673 รายซึ่งมีปริมาณน้ำผลิต 381,409 ลบ.ม./เดือน



รูปที่ 5-1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย

5.1.2 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ของอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย รวมพื้นที่ 414 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาแนวยาวด้านตะวันตก บริเวณตอนกลางและตะวันออกเป็นที่ราบน้ำท่วมถึงของแม่น้ำจนถึงเนินเขา มีแม่น้ำกกเป็นแม่น้ำสายหลัก (**รูปที่ 5-2**) พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 80.45) ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าว รองลงมาเป็นพืชไร่ พื้นที่ชุมชนและอื่นๆ (ร้อยละ 17.66) และพื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 1.89)

2) อุทกวิทยา การสำรวจอุทกวิทยาเพื่อประเมินปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับวางแผนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ได้แก่

(1) ลักษณะตะกอนท้องน้ำ ส่วนใหญ่เป็นทราย หรือทรายปนกรวด มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ อยู่ระว่าง 2.67 - 5.60 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้งอยู่ระหว่าง 0.86 - 1.39

(2) อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ การทดสอบในสนาม พบว่า มีค่าอัตราการซึมคงที่สุดท้ายอยู่ระหว่าง 5.00 - 60.00 ม./วัน และการทดสอบอัตราการซึมในห้องปฏิบัติการ พบว่าตะกอนท้องน้ำมีอัตราการซึมอยู่ในช่วง 0.50 - 22.90 ม./วัน น้ำที่ไหลผ่านแท่งตัวอย่างและถูกกรองโดยตะกอนท้องน้ำ โดยมีความขุ่นของน้ำอยู่ระหว่าง 5.00 – 16.00 NTU

(3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ พบว่าแม่น้ำกกมีความกว้างประมาณ 110 ม. ความลึก 7 ม.

(4) คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่า แม่น้ำกกมีความขุ่นประมาณ 128.50 - 138.00 NTU ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 2.26 - 3.99 มก./ล. และปริมาณเหล็กประมาณ 0.19 - 0.28 มก./ล.

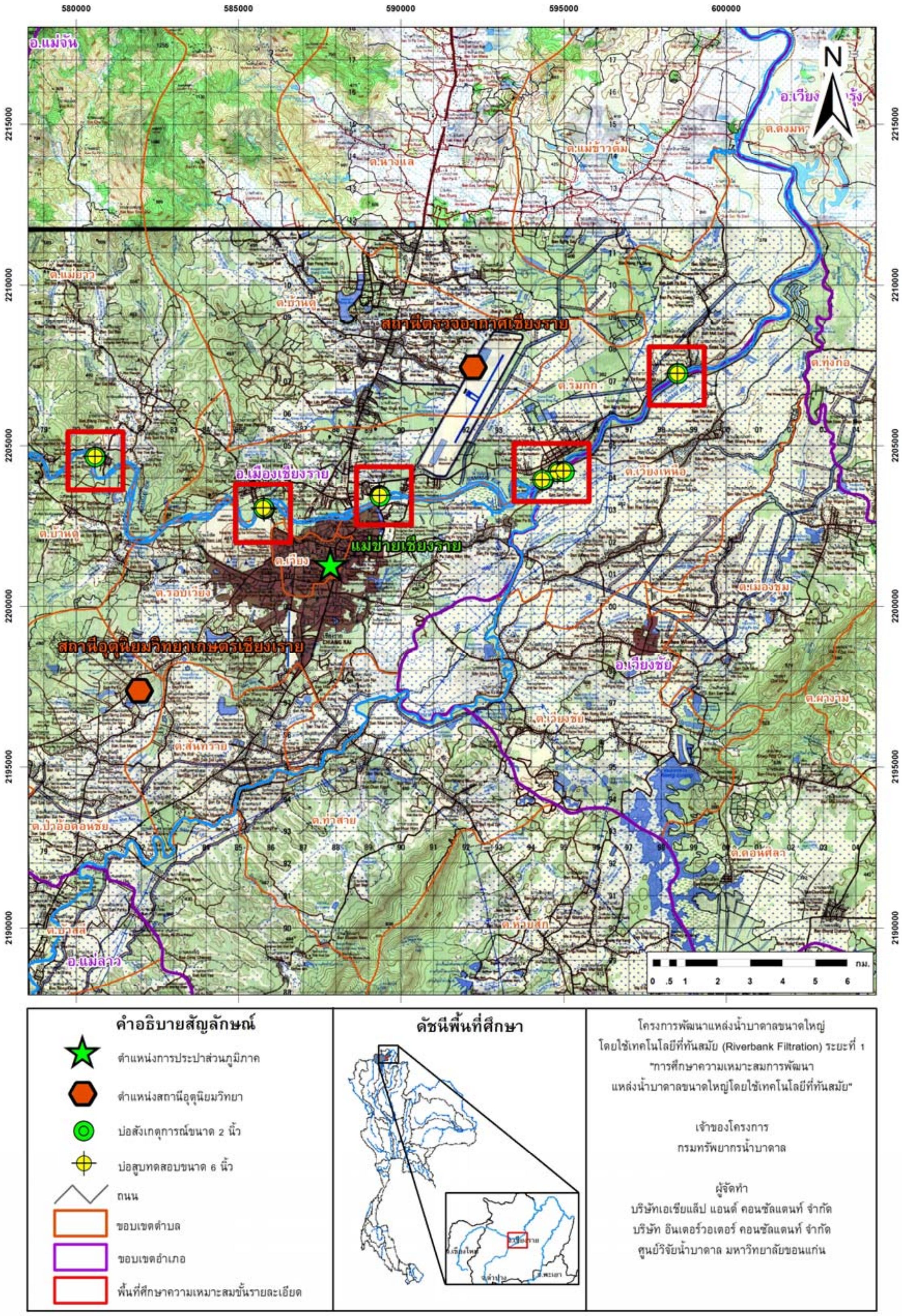
3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา จำแนกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้ 2 หน่วย ดังนี้

(1) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน (Qfd) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว โดยพบชั้นน้ำบาดาลที่ช่วงความลึกประมาณ 5 - 30 ม. ให้น้ำบาดาลในเกณฑ์ 10 ถึง 20 ลบ.ม./ชม.

(2) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักลำน้ำยุคเก่า (Qot) ประกอบด้วยชั้นทรายหยาบถึงกรวดหนาประมาณ 30 - 50 ม. แทรกสลับด้วยดินเหนียวชั้นบาง 2 - 5 ม. ให้น้ำบาดาลในเกณฑ์ 2 - 10 ลบ.ม./ชม.

จากการสำรวจภาคสนามระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม 2554 พบว่าพื้นที่ศึกษารองรับด้วยตะกอน ทรายหนาประมาณ 4 - 6 ม. ถัดลงไปประกอบด้วยตะกอนกรวดทรายสลับกับชั้นดินเหนียวหนาประมาณ 22 - 43 ม. ซึ่งน้ำบาดาลมีทิศทางการไหลจากตะวันตกมาสู่ตะวันออกของพื้นที่ มีระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาล 375 - 400 ม.รทก. จากผลการสูบทดสอบพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 19.70 – 71.91 ม./วัน ส่วนคุณภาพน้ำบาดาลพบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 1.81 - 3.08 มก./ล. มีเหล็กประมาณ 0.13 - 15.01 มก./ล. และมีแมงกานีสประมาณ 0.05 - 0.55 มก./ล.

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่การให้บริการของประปาส่วนภูมิภาค สาขาเชียงราย ครอบคลุมพื้นที่เทศบาลเมืองเชียงราย แหล่งน้ำดิบหลัก คือ แม่น้ำกก พบว่ามีจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 19,136 ราย กำลังผลิตใช้งาน 36,000 ลบ.ม./วัน ปริมาณน้ำผลิต 695,950 ลบ.ม./เดือน พื้นที่อำเภอเมืองเชียงราย มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้น้ำเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 5-2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

5.1.3 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด จังหวัดเชียงใหม่ - ลำพูน

1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน รวมพื้นที่ 1,820 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาและป่าละเมาะ มีที่ราบอยู่ตอนกลางตามสองฟากฝั่งแม่น้ำปิง (**รูปที่ 5-3**) พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 87.02) ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ รองลงมาเป็นนาข้าว พืชไร่ ไม้ยืนต้นกับไม้ผลและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับ พื้นที่ชุมชนและอื่นๆ (ร้อยละ 12.49) และพื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 0.49)

2) อุทกวิทยา การสำรวจอุทกวิทยา เพื่อประเมินปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับวางแผนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ได้แก่

(1) ลักษณะตะกอนท้องน้ำ ส่วนใหญ่เป็นทรายขนาดปานกลางถึงทรายหยาบ มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมออยู่ระว่าง 1.55 - 58.75 และ มีค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้งอยู่ระหว่าง 0.85 - 1.83

(2) อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ การทดสอบในสนาม พบว่าอัตราการซึมคงที่สุดท้ายอยู่ระหว่าง 0.14 - 39.60 ม./วัน การทดสอบอัตราการซึมในห้องปฏิบัติการ พบว่าตะกอนท้องน้ำมีอัตราการซึมอยู่ในช่วง 0.05 - 0.35 ม./วัน น้ำที่ไหลผ่านแท่งตัวอย่างจะถูกกรองโดยตะกอนท้องน้ำ โดยมีความขุ่นของน้ำหลังจากการกรองอยู่ระหว่าง 1 - 5 NTU

(3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ พบว่าแม่น้ำปิงมีความกว้างประมาณ 100 ม. ความลึก 8 - 12 ม. (ระดับท้องน้ำสถานี P.1 = 299.16 ม.รทก.)

(4) คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่าแม่น้ำปิงมีความขุ่นประมาณ 158 - 267 NTU ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 2.49 – 4.86 มก./ล. และปริมาณเหล็กประมาณ 0.18 - 0.23 มก./ล.

3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา จำแนกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้ 3 หน่วย ดังนี้

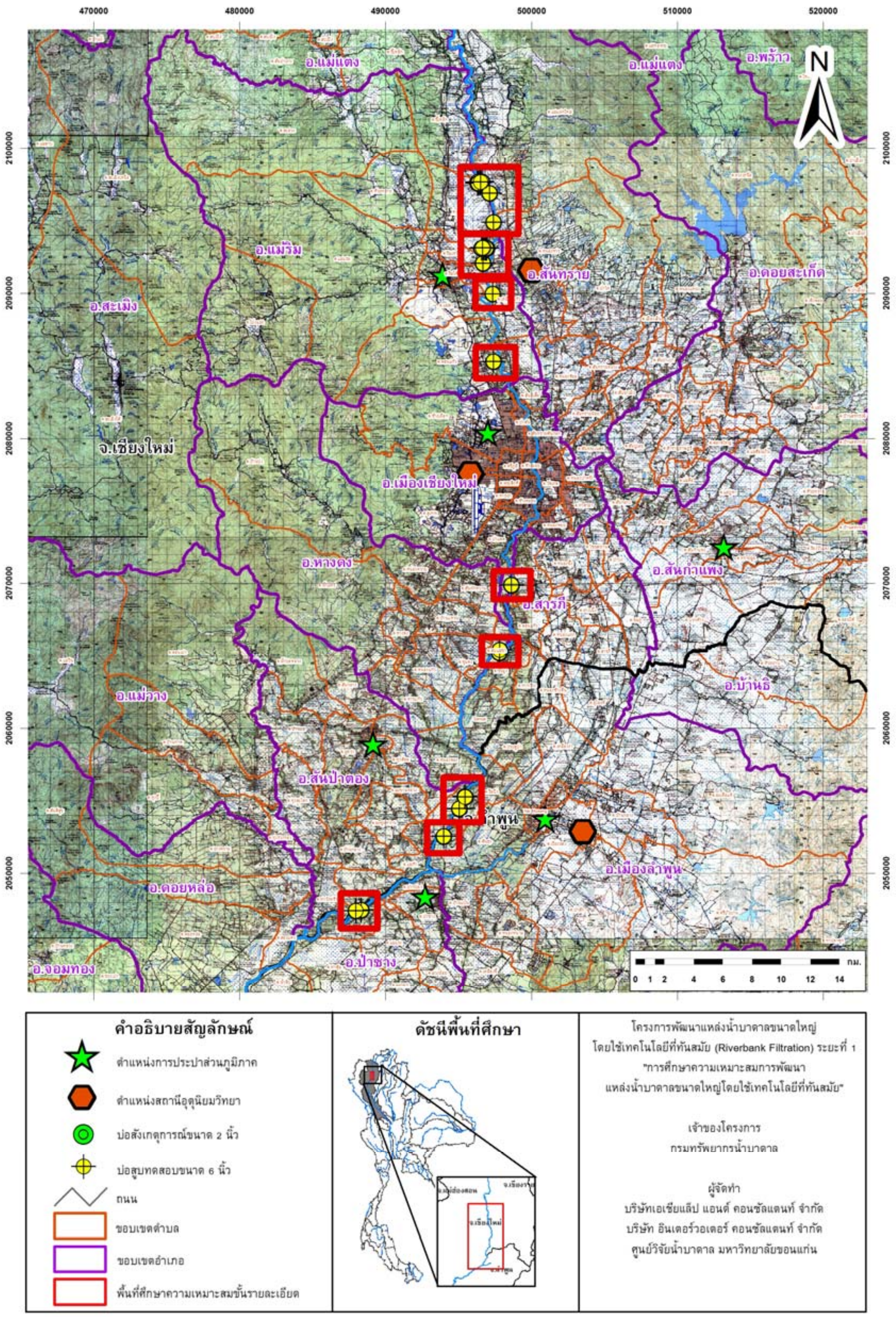
(1) ตะกอนน้ำพา (Qfd) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ความลึกของชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20–40 ม.

(2) ตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ (Qyt) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ความลึกของชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30 - 100 ม.

(3) ตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า (Qot) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ความลึกของชั้นน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 50–250 ม.

จากการสำรวจภาคสนามระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม 2554 พบว่าพื้นที่ศึกษารองรับด้วยชั้นดินเหนียวหนาประมาณ 1 - 2 ม. ชั้นล่างเป็นตะกอนทรายและกรวด หนาประมาณ 20 - 37 ม. แทรกสลับกับเลนส์ดินเหนียว มีระบบการไหลแบบบริเวณกว้างพบว่าบริเวณพื้นที่ขอบแอ่งซึ่งเป็นบริเวณด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือจะเป็นพื้นที่รับน้ำ ทำให้น้ำบาดาลไหลจากขอบแอ่งเข้าสู่กลางแอ่งซึ่งเป็นที่ราบ มีระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาล 280 - 310 ม.รทก. จากผลการสูบทดสอบพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 5.16 – 109.85 ม./วัน ส่วนคุณภาพน้ำบาดาล พบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ 0.97 - 2.50 มก./ล. มีเหล็กประมาณ 0.91 - 6.02 มก./ล. และมีแมงกานีสประมาณ 0.20 - 7.30 มก./ล.

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่การให้บริการของประปาส่วนภูมิภาคในขอบเขตใกล้เคียงกับตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF มีการประปาส่วนภูมิภาคสาขาที่เกี่ยวข้อง 3 แห่ง คือ การประปาส่วนภูมิภาคสาขาเชียงใหม่ แม่ริมและลำพูน แหล่งน้ำดิบหลัก คือ แม่น้ำปิง พบว่ามีจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 106,500 ราย ปริมาณน้ำจำหน่าย 2,626,111 ลบ.ม./เดือน ในช่วงปี 2551 - 2554 มีการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้น้ำเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 5-3 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด จังหวัดเชียงใหม่ - ลำพูน

5.1.4 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ของอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง รวมพื้นที่ 640 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสูง มีภูเขาสูงทอดตัวยาวตามแนวทิศเหนือไปยังทิศใต้ของจังหวัด ตอนกลางเป็นที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำ มีแม่น้ำวังเป็นแม่น้ำสายหลัก (**รูปที่ 5-4**) พื้นที่ป่าไม้ (ร้อยละ 75.71) ส่วนใหญ่เป็นป่าผลัดใบสมบูรณ์ รองลงมาเป็นป่าดิบสมบูรณ์ พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 16.74) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (ร้อยละ 3.59) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (ร้อยละ 2.96) และพื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 1.00)

2) อุทกวิทยา การสำรวจอุทกวิทยาเพื่อประเมินปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับวางแผนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ได้แก่

(1) ลักษณะตะกอนท้องน้ำ ส่วนใหญ่เป็นทรายขนาดปานกลางจนถึงหยาบและมีกรวดผสม

(2) อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ การทดสอบในสนาม มีค่าอัตราการซึมคงที่สุดท้ายอยู่ระหว่าง 7.6 - 34.6 ม./วัน การทดสอบอัตราการซึมในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีอัตราการซึมอยู่ในช่วง 0.6–28.6 ม./วัน น้ำที่ไหลผ่านแท่งตัวอย่างจะถูกกรองโดยตะกอนท้องน้ำ โดยมีความขุ่นของน้ำหลังจากการกรองอยู่ระหว่าง 4 - 20 NTU

(3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ พบว่าแม่น้ำวังมีความกว้างประมาณ 100 - 160 ม. ความลึก 8 ม. (4) คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่า แม่น้ำวังมีความขุ่นประมาณ 50 - 65 NTU ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 3 - 6 มก./ล. และปริมาณเหล็กเฉลี่ย 0.12 มก./ล.

3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา จำแนกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้ 3 หน่วย ดังนี้

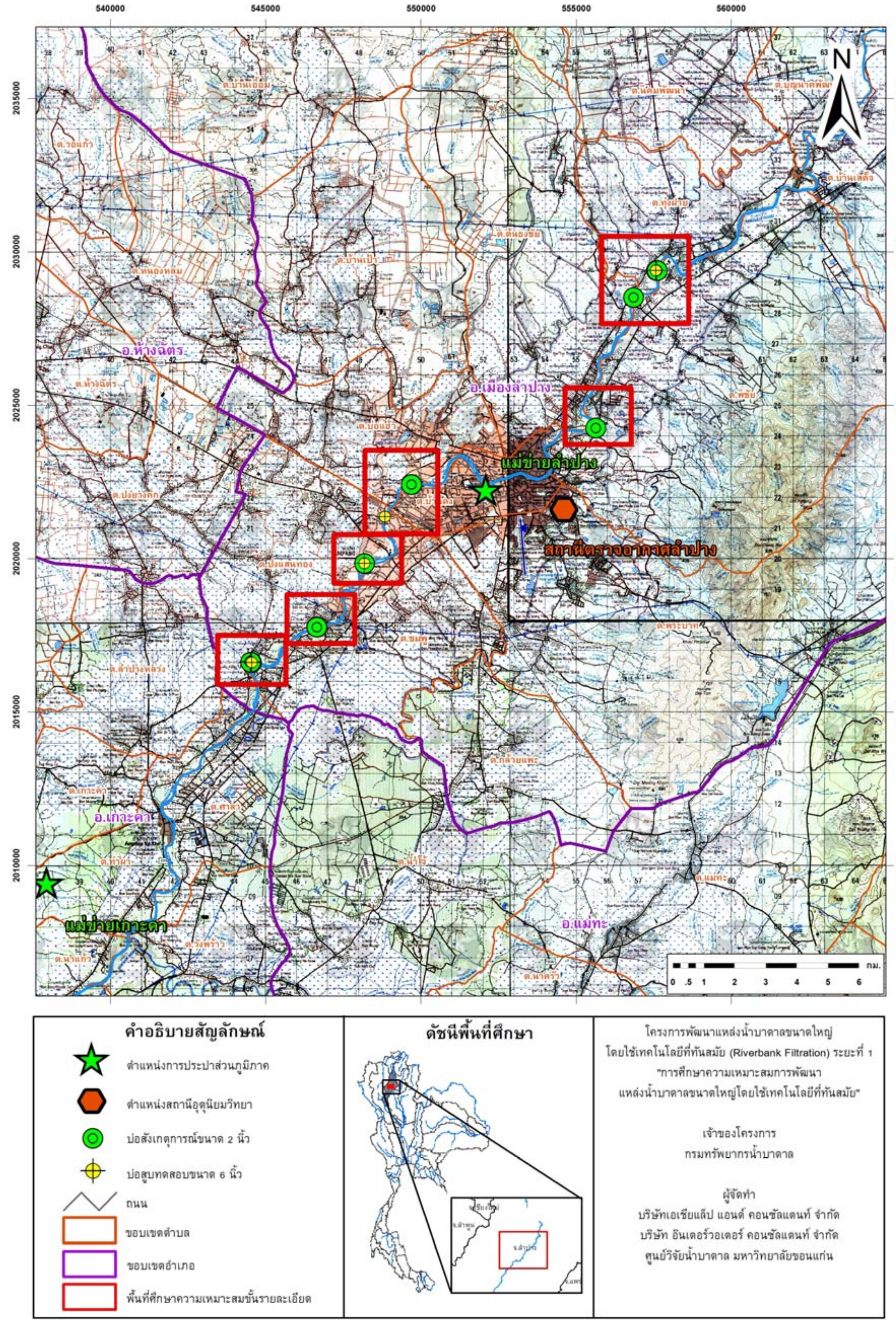
(1) ตะกอนน้ำพา (Qfd) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ให้น้ำได้ในเกณฑ์มากกว่า 20 ลบ.ม./ชม.

(2) ตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ (Qyt) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และลูกรัง ปริมาณน้ำที่พัฒนาได้โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2 - 10 ลบ.ม./ชม.

(3) ตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า (Qot) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และลูกรัง โดยทั่วไปให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 2 - 10 ลบ.ม./ชม.

จากการสำรวจภาคสนามระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคม 2555 พบว่าพื้นที่ศึกษารองรับด้วยตะกอนดินเหนียว หนาประมาณ 3 - 8 ม. ถัดลงไปประกอบด้วยตะกอนกรวด ทรายสลับกับชั้นดินเหนียว หนาประมาณ 30 - 40 ม. โดยพื้นที่ศึกษาเมื่อพิจารณาระบบการไหลแบบบริเวณกว้างพบว่ารูปแบบการไหลของน้ำบาดาลในบริเวณทิศเหนือไหลจากด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นพื้นที่รับน้ำลงสู่แม่น้ำวัง และไหลจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือลงสู่แม่น้ำวัง ซึ่งทั้งสองทิศทางจะไหลลงสู่กลางแอ่งซึ่งเป็นที่ราบ จากผลการสูบทดสอบพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 8 - 43 ม./วัน ส่วนคุณภาพน้ำบาดาลพบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 0.5 - 2.0 มก./ล. มีเหล็กประมาณ 4.0 - 7.0 มก./ล. และมีแมงกานีสประมาณ 0.4 - 0.5 มก./ล.

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่การให้บริการของประปาส่วนภูมิภาคสาขาลำปาง และเกาะคา ครอบคลุมพื้นที่เทศบาลนครลำปาง และเทศบาลตำบลเกาะคา จังหวัดลำปาง แหล่งน้ำดิบหลัก คือ สระเก็บน้ำดิบรับน้ำจากคลองชลประทานฝั่งซ้ายเขื่อนกิ่วลม และแม่น้ำวัง พบว่ามีจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 33,167 ราย กำลังผลิตใช้งาน 44,160 ลบ.ม./วัน ปริมาณน้ำผลิต 974,798 ลบ.ม. การขยายตัวของประชากรในอีก 10 ปี พบว่า ในปี 2565 จะต้องการกำลังการผลิตอีกประมาณ 90 ลบ.ม./ชม. ซึ่งการพัฒนาระบบ RBF จะช่วยเสริมปริมาณการผลิตนี้ได้ในอนาคต



รูปที่ 5-4 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

5.1.5 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง - สูงเม่น จังหวัดแพร่

1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่ศึกษาขั้นรายละเอียดครอบคลุมพื้นที่ของอำเภอเมือง และอำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ รวมพื้นที่ 192 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มขนานไปกับแม่น้ำยมและมีแนวเขาขนาบทั้งสองด้าน (**รูปที่ 5-5**) พื้นที่ป่าไม้ (ร้อยละ 71.81) พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 21.79) ส่วนใหญ่เป็นนาข้าว และพืชไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (ร้อยละ 2.85) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (ร้อยละ 2.81) และพื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 0.74)

2) อุทกวิทยา การสำรวจอุทกวิทยาเพื่อประเมินปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับวางแผนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ได้แก่

(1) ลักษณะตะกอนท้องน้ำ ส่วนใหญ่เป็นกรวดปนทรายปานกลางจนถึงทรายหยาบ มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมออยู่ระว่าง 2.55 - 13.33 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้งอยู่ระหว่าง 0.16 - 1.05

(2) อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ การทดสอบในสนาม มีค่าอัตราการซึมคงที่สุดท้ายอยู่ระหว่าง 0.86 - 64.32 ม./วัน การทดสอบอัตราการซึมในห้องปฏิบัติการ มีอัตราการซึมอยู่ในช่วง 1.2 - 64.4 ม./วัน น้ำที่ไหลผ่านแท่งตัวอย่างและถูกกรองโดยตะกอนท้องน้ำมีความขุ่นอยู่ระหว่าง 5 - 35 NTU

(3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ พบว่าแม่น้ำยมมีความกว้างประมาณ 120 ม. ความลึก 13 ม.

(4) คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่า แม่น้ำยมมีความขุ่น 17.65 NTU ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ 3.44 – 3.54 มก./ล. และปริมาณเหล็ก 0.12 มก./ล.

3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา จำแนกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้ 3 หน่วย ดังนี้

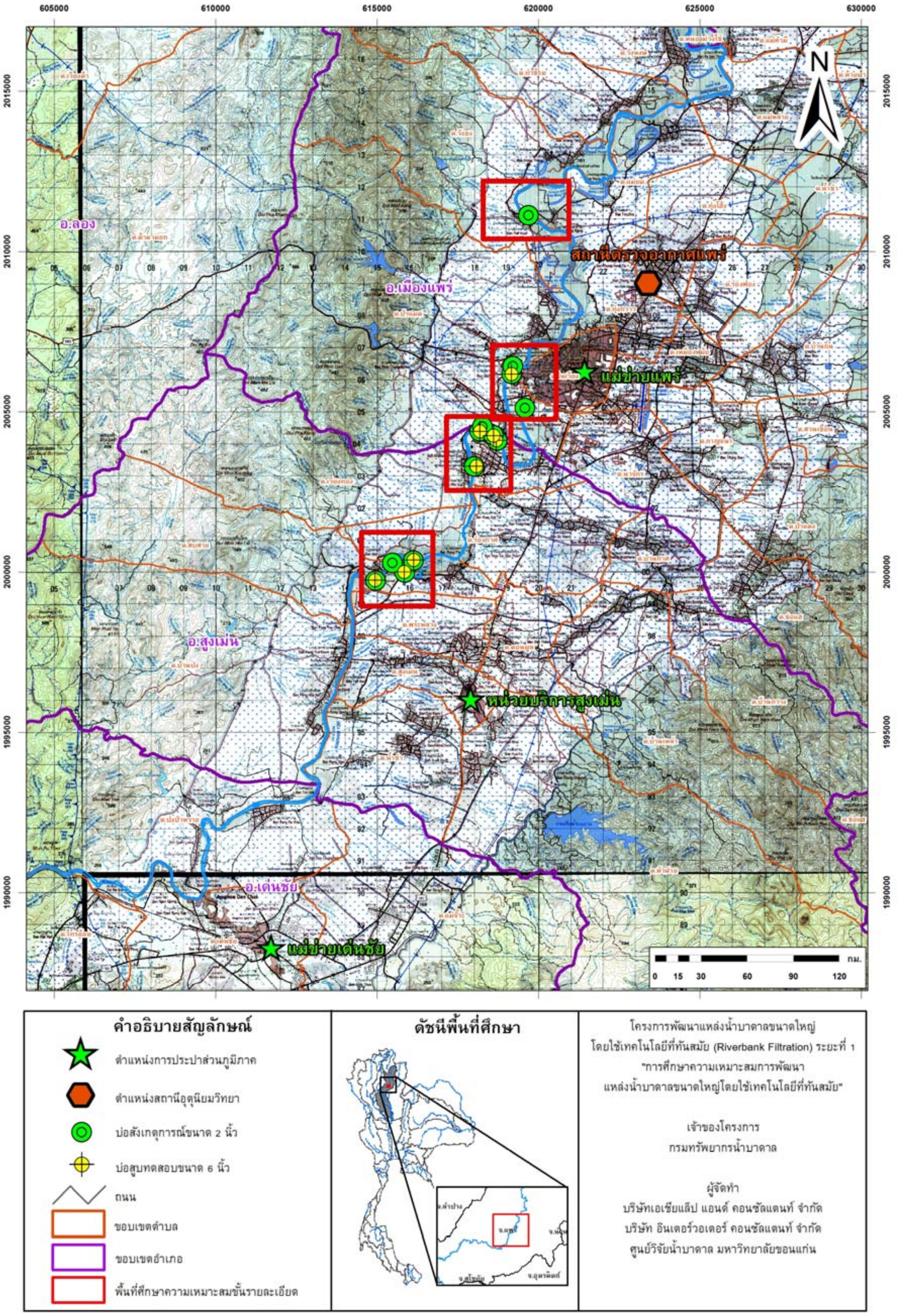
(1) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน (Qfd) ประกอบด้วยกรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเคลย์ และโคลน ให้น้ำบาดาลในเกณฑ์มากกว่า 30 ลบ.ม./ชม.

(2) ชั้นน้ำตะกอนตะพักลำน้ำ (Qt) ประกอบด้วยทราย ทรายแป้ง ดินเคลย์ ชั้นกรวด ชั้นดินแลง

(3) ชั้นน้ำในหน่วยหินแข็ง ประกอบด้วย หน่วยหินอัคนีชนิดเบสและหน่วยหินตะกอน

จากการสำรวจภาคสนามระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2554 ถึง มกราคม 2555 พบว่าพื้นที่ศึกษารองรับด้วยตะกอนดินเหนียวหนาประมาณ 2 - 8 ม. ถัดลงไปเป็นตะกอนกรวดทรายหนาประมาณ 20 - 43 ม. พบเลนส์ของดินเหนียวแทรกในชั้นกรวดทราย โดยกรวดทรายบริเวณท้องน้ำมีความต่อเนื่องกับชั้นกรวดทรายที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของตะกอนแบบสม่ำเสมอ โดยพื้นที่ศึกษาเมื่อพิจารณาระบบการไหลแบบบริเวณกว้างเป็นพื้นที่สูญเสียน้ำบาดาล พื้นที่รับน้ำอยู่บริเวณขอบแอ่งบาดาลซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขาสูง ทิศทางการไหลหลักของน้ำบาดาลมีการไหลจากด้านทิศเหนือ ตะวันออก และตะวันตก ไปยังตอนกลางของพื้นที่ตามลุ่มแม่น้ำยม และไหลลงสู่พื้นที่ทางด้านทิศใต้ต่อไป มีระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาล 150 - 160 ม.รทก. จากผลการสูบทดสอบพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 12 - 16 ม./วัน ส่วนคุณภาพน้ำบาดาล พบว่า มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 1.38 - 2.39 มก./ล. มีเหล็กประมาณ 1.17 - 4.92 มก./ล. และมีแมงกานีสประมาณ 0.19 - 0.52 มก./ล.

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่การให้บริการของประปาส่วนภูมิภาคสาขาแพร่ครอบคลุมพื้นที่เทศบาลเมืองแพร่ ใช้แหล่งน้ำดิบหลักจากแม่น้ำยม พบว่ามีจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 10,572 ราย กำลังผลิตใช้งาน 12,000 ลบ.ม./วัน ปริมาณน้ำผลิต 290,650 ลบ.ม./เดือน พื้นที่บริการแพร่เป็นเขตการให้บริการประปาที่มีขนาดใหญ่ และมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้น้ำเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 5-5 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง - สูงเม่น จังหวัดแพร่

5.1.6 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ของอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร รวมพื้นที่ 91 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำขนานไปกับแม่น้ำปิง ที่มีลักษณะเป็นที่ราบน้ำท่วมถึง ด้านทิศใต้มีลักษณะเป็นที่เนินสูง (**รูปที่ 5-6**) พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 69.72) ส่วนใหญ่เป็นนาข้าว รองลงมาเป็นไม้ยืนต้น พืชไร่ ไม้ผล พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์/โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ พื้นที่ป่าไม้ (ร้อยละ 26.85) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (ร้อยละ 2.32) พื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 0.57) และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (ร้อยละ 2.32)

2) อุทกวิทยา การสำรวจอุทกวิทยาเพื่อประเมินปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับวางแผนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ได้แก่

(1) ลักษณะตะกอนท้องน้ำ ส่วนใหญ่เป็นกรวดทราย มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมออยู่ระหว่าง 2.82 - 8.89 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้งอยู่ระหว่าง 0.61 - 1.42

(2) อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ การทดสอบในสนาม มีค่าอัตราการซึมคงที่สุดท้ายอยู่ระหว่าง 1.2 - 47.5 ม./วัน การทดสอบอัตราการซึมในห้องปฏิบัติการ มีอัตราการซึมอยู่ในช่วง 0.26 - 0.38 ม./วัน น้ำที่ไหลผ่านแท่งตัวอย่างจะถูกกรองโดยตะกอนท้องน้ำ โดยมีความขุ่นของน้ำอยู่ระหว่าง 3 - 7 NTU

(3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ พบว่าแม่น้ำปิงมีความกว้างประมาณ 370 ม. ความลึก 6.9 ม.

(4) คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่า แม่น้ำปิงมีความขุ่นเฉลี่ยประมาณ 136 - 146 NTU ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 2.98 – 5.85 มก./ล. และปริมาณเหล็กประมาณ 0.07 - 0.16 มก./ล.

3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา จำแนกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้ 3 หน่วย ดังนี้

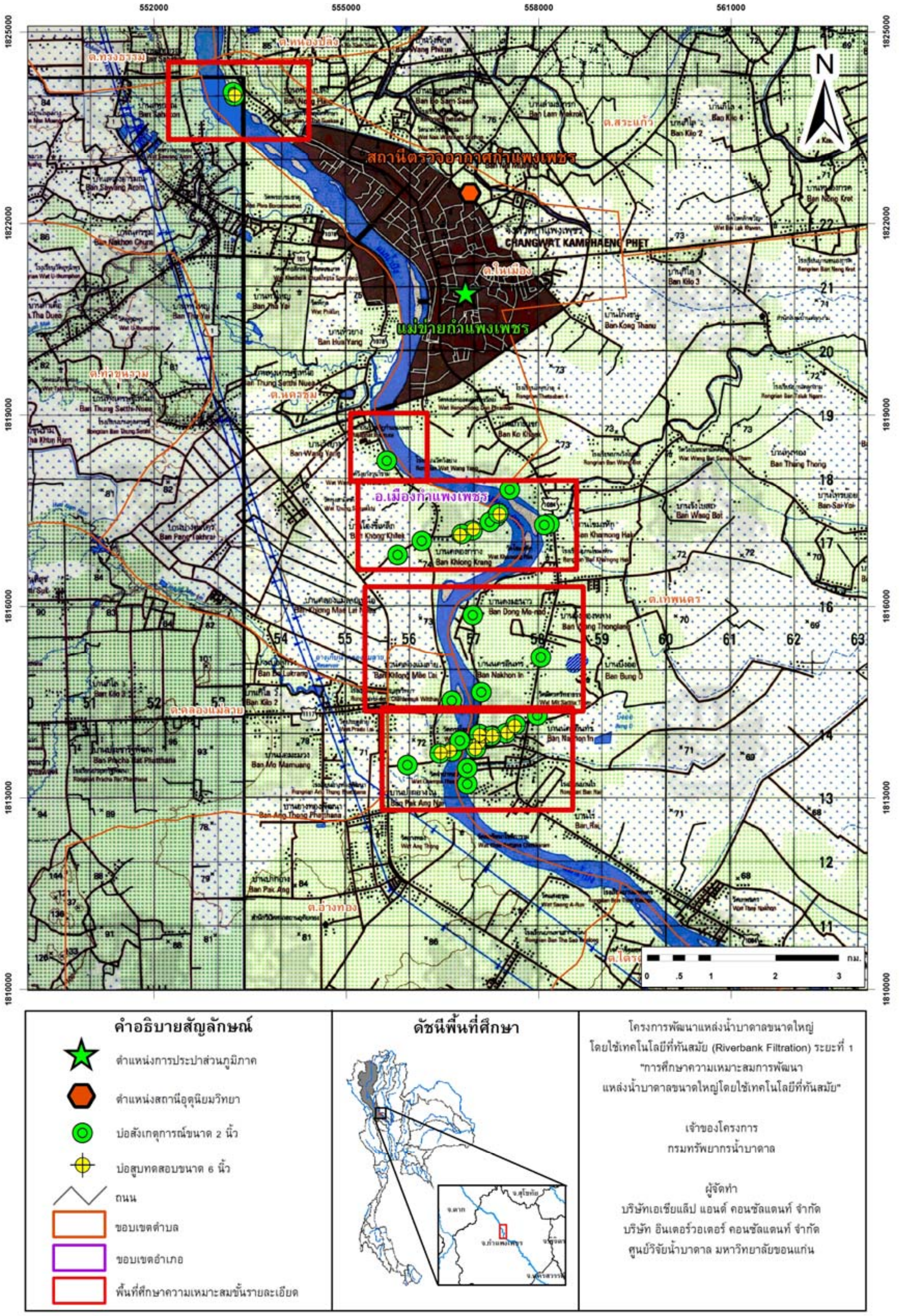
(1) ตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน (Qfd) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และบางบริเวณพบดินเหนียวแทรกสลับอยู่เป็นชั้นบางๆ ให้น้ำบาดาลในเกณฑ์มากกว่า 20 ลบ.ม./ชม.

(2) ตะกอนตะพักลำน้ำยุคใหม่ (Qot) ประกอบด้วยกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ให้น้ำบาดาลในเกณฑ์ 10 - 20 ลบ.ม./ชม.

(3) ชั้นน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Qc) ประกอบด้วยเศษหิน กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินลูกรังและดินมาร์ล

จากการสำรวจภาคสนามระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน 2554 พบว่าพื้นที่ศึกษารองรับด้วยตะกอนดินเหนียวหนาประมาณ 5 - 8 ม. ถัดลงไปเป็นตะกอนกรวดทรายหนาประมาณ 15 - 33 ม. พบเลนส์ของดินเหนียวแทรกในชั้นกรวดทราย โดยกรวดทรายบริเวณท้องน้ำมีความต่อเนื่องกับชั้นกรวดทรายที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำ โดยระบบการไหลแบบบริเวณกว้างมีทิศทางการไหลหลักจากทางด้านทิศเหนือ ตะวันออก และทิศตะวันตก ไหลลงสู่แม่น้ำปิง และไหลจากเหนือลงใต้ มีระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาล 68 - 80 ม.รทก. จากผลการสูบทดสอบพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 45.40 – 281.30 ม./วัน ส่วนคุณภาพน้ำบาดาลพบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ 2.10 - 2.58 มก./ล. มีเหล็ก 0.05 - 0.48 มก./ล. และมีแมงกานีส 0.31 - 1.00 มก./ล.

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่ศักยภาพเขตจังหวัดกำแพงเพชรครอบคลุมตำบลต่างๆ ในเขตอำเภอเมือง โดยสามารถแยกได้เป็นพื้นที่ให้บริการเดิม และพื้นที่นอกเขตการให้บริการของการประปาส่วนภูมิภาค พื้นที่ให้บริการเดิมของการประปาภูมิภาคสาขากำแพงเพชรครอบคลุมพื้นที่เทศบาลเมืองกำแพงเพชร เทศบาลตำบลคลองแม่ลาย เทศบาลตำบลนครชุม โดยพบว่า จำนวนผู้ใช้น้ำในพื้นที่ให้บริการของการประปาส่วนภูมิภาคสาขากำแพงเพชร เพิ่มขึ้นอย่างมากโดยเฉพาะช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ปัจจุบันมีจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 19,986 ราย กำลังผลิตใช้งาน 24,960 ลบ.ม./วัน ปริมาณน้ำผลิต 576,035 ลบ.ม./เดือน



รูปที่ 5-6 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

5.1.7 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร

1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ของอำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร รวมพื้นที่ 50 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำขนานไปกับแม่น้ำน่านที่มีลักษณะเป็นที่ราบน้ำท่วมถึง (**รูปที่ 5-7**) พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 90.52) ส่วนใหญ่เป็นนาข้าว รองลงมาเป็นไม้ยืนต้น พืชไร่ และไม้ผล ตามลำดับ พื้นที่ป่าไม้ (ร้อยละ 0.31) พื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 1.29) และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (ร้อยละ 7.88)

2) อุทกวิทยา การสำรวจอุทกวิทยาเพื่อประเมินปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับวางแผนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ได้แก่

(1) ลักษณะตะกอนท้องน้ำ เป็นทรายละเอียดถึงปานกลาง และมีชั้นดินเหนียวหรือทรายแป้งแทรกเป็นระยะ มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมออยู่ระว่าง 1.50 - 1.54 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้งอยู่ระหว่าง 0.98 - 1.11

(2) อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ การทดสอบในสนาม มีค่าอัตราการซึมคงที่สุดท้ายอยู่ระหว่าง 0.3 - 1.6 ม./วัน การทดสอบอัตราการซึมในห้องปฏิบัติการ มีอัตราการซึมอยู่ในช่วง 0.2 - 4.0 ม./วัน น้ำที่ไหลผ่านแท่งตัวอย่างจะถูกกรองโดยตะกอนท้องน้ำ โดยมีความขุ่นของน้ำหลังจากการกรองอยู่ระหว่าง 1 - 15 NTU

(3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ พบว่าแม่น้ำน่านมีความกว้างประมาณ 150 ม. ความลึก 15.5 ม.

(4) คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่าแม่น้ำน่านมีความขุ่นเฉลี่ยประมาณ 136 NTU ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 1.79 – 2.45 มก./ล. และปริมาณเหล็กประมาณ 0.21 – 0.24 มก./ล.

3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา จำแนกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้ 3 หน่วย ดังนี้

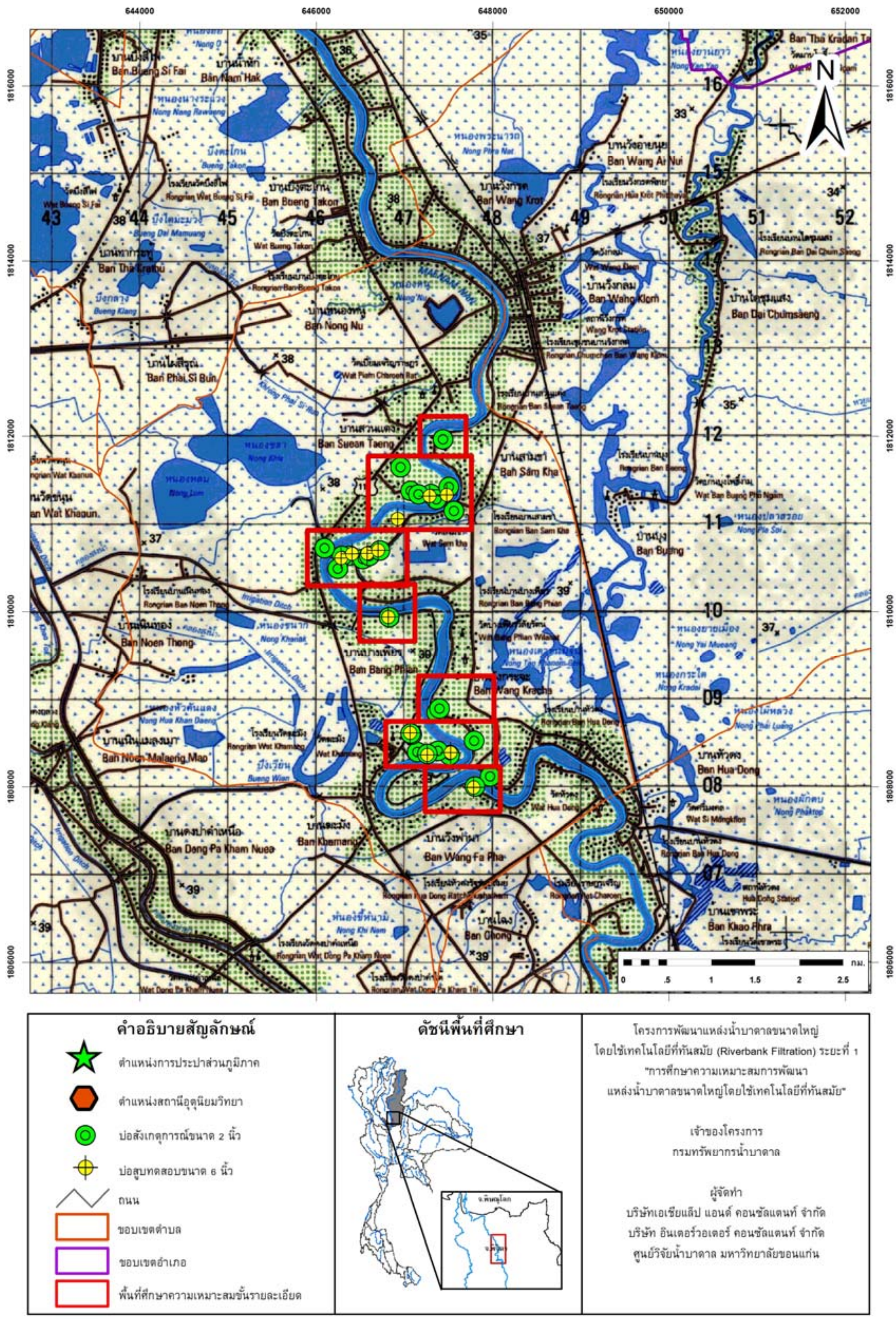
(1) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน (Qfd) ประกอบด้วยทราย กรวด ขนาดต่างๆ แทรกสลับด้วยชั้นดินเหนียวสีเหลือง

(2) ชั้นน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Qc) ประกอบด้วยเศษหิน กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเทอราโรซ่า ดินลูกรัง และดินมาร์ล

(3) หน่วยหินแข็ง ประกอบด้วยหินแกรนิต และหินแกรโนไดโอไรต์

จากการสำรวจภาคสนามระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม 2554 พบว่าพื้นที่ศึกษารองรับด้วยตะกอนดินเหนียวหนาประมาณ 1 - 14 ม. ถัดลงไปเป็นตะกอนกรวดทรายหนาประมาณ 12 - 26 ม. พบเลนส์ของดินเหนียวแทรกในชั้นกรวดทราย โดยกรวดทรายบริเวณท้องน้ำมีความต่อเนื่องกับชั้นกรวดทรายที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของตะกอนแบบสม่ำเสมอ ทิศทางการไหลหลักของน้ำบาดาลมีการไหลจากด้านทิศเหนือตะวันออก และตะวันตก ไปยังตอนกลางของพื้นที่ตามลุ่มแม่น้ำน่าน และไหลลงสู่พื้นที่ทางด้านทิศใต้ต่อไป มีระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาล 33 - 34 ม.รทก. จากผลการสูบทดสอบพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 29 - 110 ม./วัน ส่วนคุณภาพน้ำบาดาลพบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 1.52 - 2.23 มก./ล. มีเหล็กประมาณ 4.19 - 14.85 มก./ล. และมีแมงกานีสประมาณ 0.58 - 1.80 มก./ล.

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่การให้บริการของประปาส่วนภูมิภาคสาขาพิจิตรครอบคลุมพื้นที่เทศบาลเมืองพิจิตร เทศบาลตำบลสากเหล็ก วังกรด ท่าพ่อ หัวดง และวังทรายพูน จังหวัดพิจิตร ปัจจุบันแม่ข่ายพิจิตรใช้แหล่งน้ำดิบจากแม่น้ำน่าน พบว่าจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 19,471 ราย กำลังผลิตใช้งาน 27,360 ลบ.ม./วัน ปริมาณน้ำผลิต 409,119 ลบ.ม./เดือน พื้นที่บริการพิจิตรและตะพานหินเป็นเขตการให้บริการประปาที่มีขนาดใหญ่ และมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้น้ำเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในช่วงปี 2550 - 2554 มีจำนวนผู้ใช้น้ำมากกว่าช่วงสิบปีก่อนหน้ามาก



รูปที่ 5-7 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร

5.1.8 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่อำเภอโกรกพระ และบางส่วนของอำเภอเมืองนครสวรรค์และพยุหะคีรี มีพื้นที่ 210 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ มีแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายหลัก โดยสภาพภูมิประเทศทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตกมีลักษณะเป็นภูเขาสูงวางตัวในแนวเหนือ - ใต้ (**รูปที่ 5-8**) พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 77.35) ส่วนใหญ่เป็นนาข้าว รองลงมาเป็นไม้ยืนต้น พืชไร่ และไม้ผล ตามลำดับ พื้นที่ป่าไม้ (ร้อยละ 11.73) พื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 1.29) และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (ร้อยละ 8.69)

2) อุทกวิทยา การสำรวจอุทกวิทยาเพื่อประเมินปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับวางแผนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

(1) ลักษณะตะกอนท้องน้ำ ช่วงบนเป็นทรายขนาดปานกลางจนถึงทรายหยาบ ถัดลงไปเป็นทรายหยาบผสมกรวด บางจุดมีดินทรายแป้งเคลือบปิดชั้นบนท้องน้ำ มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมออยู่ระว่าง 1.90 - 4.60 และ มีค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้งอยู่ระหว่าง 0.63 - 1.52

(2) อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ การทดสอบในสนาม มีค่าอัตราการซึมคงที่สุดท้ายอยู่ระหว่าง 2.3 - 28.8 ม./วัน การทดสอบอัตราการซึมในห้องปฏิบัติการ มีอัตราการซึมอยู่ในช่วง 0.4 - 9.2 ม./วัน น้ำที่ไหลผ่านแท่งตัวอย่างจะถูกกรองโดยตะกอนท้องน้ำ โดยมีความขุ่นของน้ำหลังจากการกรองอยู่ระหว่าง 1 - 15 NTU

(3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ พบว่าแม่น้ำเจ้าพระยามีความกว้างประมาณ 300 ม. ความลึก 11.84 ม.

(4) คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่าแม่น้ำเจ้าพระยามีความขุ่นเฉลี่ย 93 NTU ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ 2.26 – 2.37 มก./ล. และปริมาณเหล็ก 0.28 - 0.34 มก./ล.

3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา จำแนกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้ 3 หน่วย ดังนี้

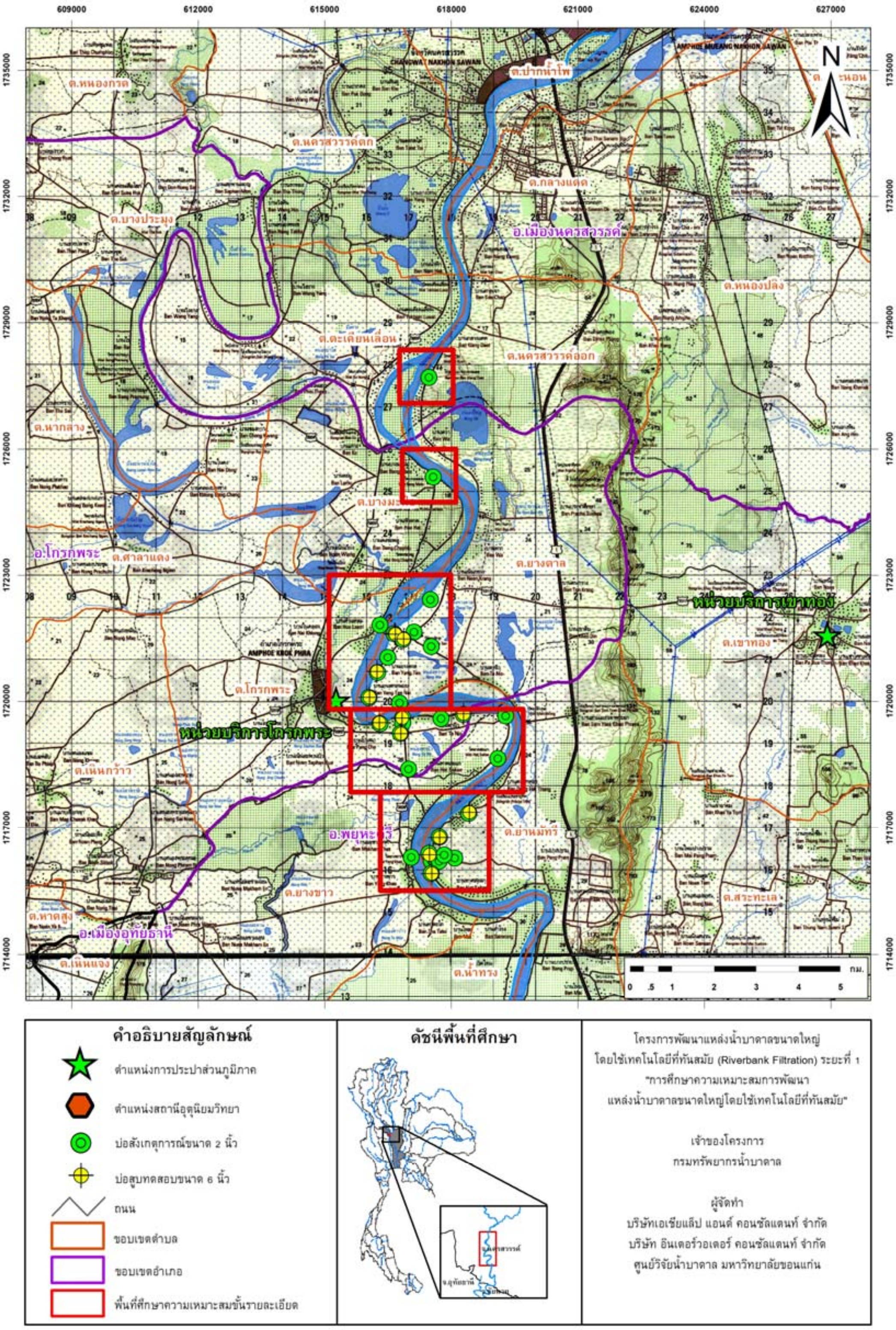
(1) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน (Qfd) ประกอบด้วยทราย กรวด แทรกสลับด้วยชั้นดินเหนียว

(2) ชั้นน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Qc) ประกอบด้วยเศษหิน กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเทอราโรซ่า ดินลูกรัง และดินมาร์ล

(3) หน่วยหินแข็ง ประกอบด้วยหินแกรนิต หินแกรโนไดโอไรต์ และไดโอไรต์

จากการสำรวจภาคสนามระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม 2554 พบว่าพื้นที่ศึกษารองรับด้วยตะกอนดินเหนียวหนาประมาณ 4 - 14 ม. ถัดลงไปเป็นตะกอนกรวดทรายหนาประมาณ 35 - 39 ม. และล่างสุดรองรับด้วยหินอัคนีแทรกซอนโดยกรวดทรายบริเวณท้องน้ำมีความต่อเนื่องกับชั้นกรวดทรายที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของตะกอนแบบสม่ำเสมอ ทิศทางการไหลหลักของน้ำบาดาลมีการไหลจากด้านทิศเหนือ ตะวันออกและตะวันตก ไปยังตอนกลางของพื้นที่ตามลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และไหลลงสู่พื้นที่ทางด้านทิศใต้ต่อไป มีระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาล 20 - 22 ม.รทก. จากผลการสูบทดสอบพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 17 - 87 ม./วัน ส่วนคุณภาพน้ำบาดาล พบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 1.29 - 2.10 มก./ล. มีเหล็กประมาณ 0.26 - 7.10 มก./ล. และมีแมงกานีสประมาณ 0.005 - 3.51 มก./ล.

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่การให้บริการของประปาส่วนภูมิภาคสาขานครสวรรค์ครอบคลุมพื้นที่เทศบาลตำบลโกรกพระ นครสวรรค์ออก และนครสวรรค์ตก จังหวัดนครสวรรค์ ใช้แหล่งน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้น้ำเป็นจำนวนมาก (ประมาณ 3 เท่าตัว) โดยเฉพาะในช่วงปี 2551 - 2554 ปัจจุบันมีจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 20,812 ราย กำลังผลิตใช้งาน 26,400 ลบ.ม./วัน ปริมาณน้ำผลิต 470,333 ลบ.ม./เดือน



รูปที่ 5-8 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

5.1.9 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท

1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ของอำเภอเมืองชัยนาท อำเภอมโนรมย์ อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท และอำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี รวมพื้นที่ 800 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่มขนานไปกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีลักษณะเป็นที่ราบน้ำท่วมถึง (**รูปที่ 5-9**) พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 82.15) ส่วนใหญ่เป็นนาข้าว รองลงมาเป็นพืชไร่ ไม้ยืนต้น พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ไม้ผล พืชสวน ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์/โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ และพืชน้ำ ตามลำดับ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (ร้อยละ 8.93) พื้นที่ป่าไม้ (ร้อยละ 4.81) พื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 3.90) และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (ร้อยละ 0.21)

2) อุทกวิทยา การสำรวจอุทกวิทยาเพื่อประเมินปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับวางแผนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ได้แก่

(1) ลักษณะตะกอนท้องน้ำ ช่วงบนเป็นทรายขนาดปานกลางจนถึงทรายหยาบ หนาประมาณ 1.5 - 2 ม. ถัดลงไปเป็นทรายหยาบผสมกรวด มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมออยู่ระว่าง 1.53 - 2.57 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้งอยู่ระหว่าง 0.82 - 1.34

(2) อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ การทดสอบในสนาม มีค่าอัตราการซึมคงที่สุดท้ายอยู่ระหว่าง 181.40 - 200.60 ม./วัน และการทดสอบอัตราการซึมในห้องปฏิบัติการ มีอัตราการซึมอยู่ในช่วง 0.17 - 70.10 ม./วัน น้ำที่ไหลผ่านแท่งตัวอย่างจะถูกกรองโดยตะกอนท้องน้ำ โดยมีความขุ่นของน้ำหลังจากการกรองอยู่ระหว่าง 1 - 50 NTU

(3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ พบว่าแม่น้ำเจ้าพระยามีความกว้างประมาณ 250 ม. ความลึก 15.4 ม.

(4) คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่า แม่น้ำเจ้าพระยามีความขุ่นเฉลี่ยประมาณ 6.55 NTU ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 4.41 มก./ล. และปริมาณเหล็กประมาณ 0.19 มก./ล.

3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา จำแนกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้ 3 หน่วย ดังนี้

(1) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน (Qfd) ประกอบด้วยทราย กรวด ขนาดต่างๆ โดยพบชั้นน้ำบาดาลมีช่วงความลึกมากกว่า 40 ม. ให้น้ำบาดาลในเกณฑ์มากกว่า 30 ลบ.ม./ชม.

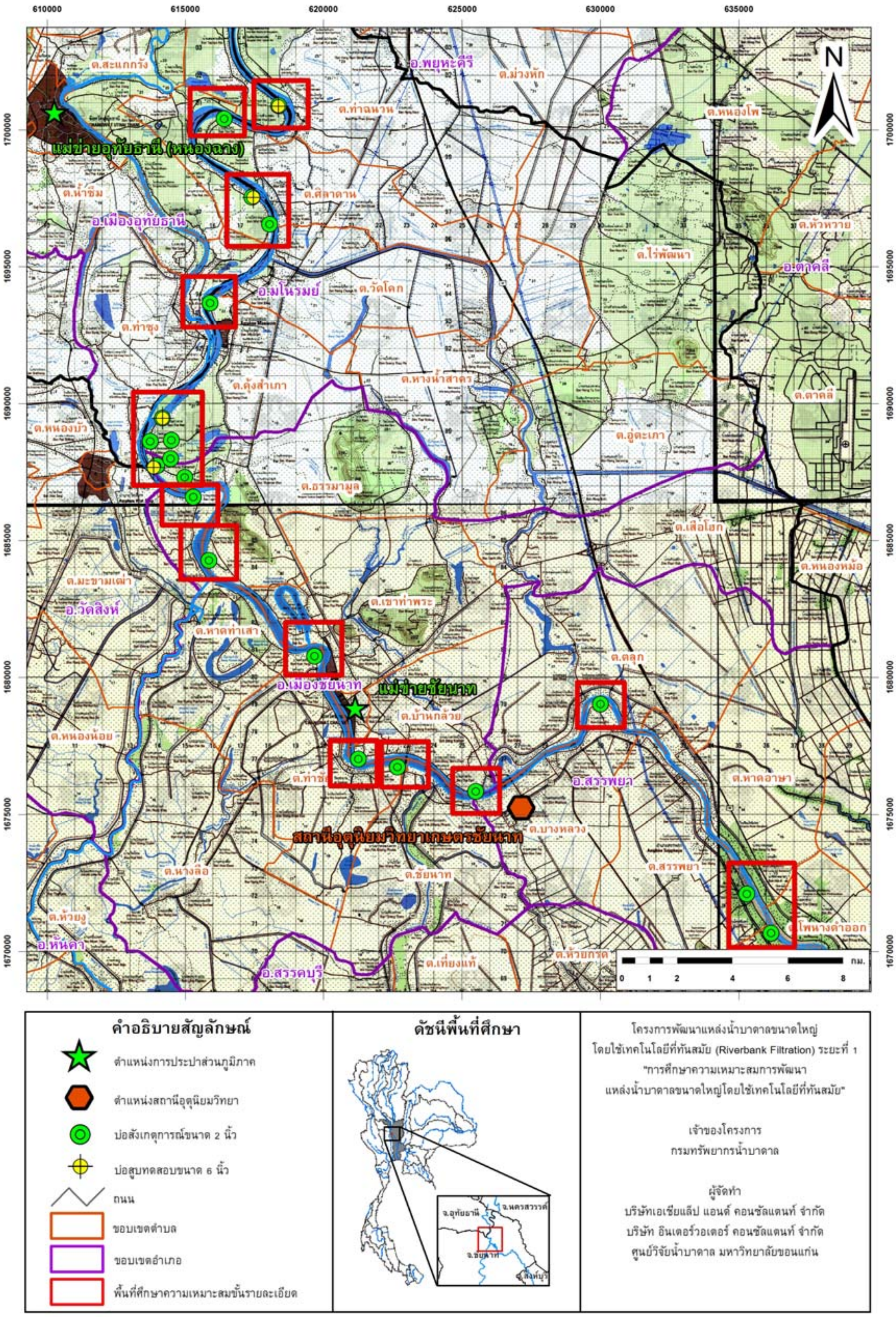
(2) ชั้นน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Qc) ประกอบด้วยเศษหิน กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเทอราโรซ่า ดินลูกรัง และดินมาร์ล

(3) ชั้นน้ำในหน่วยหินแข็ง ประกอบด้วย หน่วยหินอัคนีแทรกซอน หน่วยหินภูพาน หน่วยหินเสาขัว กลุ่มหินโคราช หน่วยหินตะกอนยุคจูแรสซิก - ไทรแอสซิก หน่วยหินซับบอน กลุ่มหินโคราช หน่วยหินเขาขาด กลุ่มหินสระบุรี

จากการสำรวจภาคสนามระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม 2554 พบว่าพื้นที่ศึกษารองรับด้วยตะกอนดินเหนียวหนาประมาณ 4 - 12 ม. ถัดลงไปเป็นตะกอนกรวดทรายหนาประมาณ 26 - 32 ม. พบเลนส์ของดินเหนียวแทรกในชั้นกรวดทราย โดยกรวดทรายบริเวณท้องน้ำมีความต่อเนื่องกับชั้นกรวดทรายที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของตะกอนแบบสม่ำเสมอ ทิศทางการไหลหลักของน้ำบาดาลมีการไหลจากด้านทิศเหนือตะวันออก และตะวันตก ไปยังตอนกลางของพื้นที่ตามลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และไหลลงสู่พื้นที่ทางด้านทิศใต้ต่อไป มีระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาล 16 - 16.5 ม.รทก. จากผลการสูบทดสอบพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 7 - 32 ม./วัน ส่วนคุณภาพน้ำบาดาล พบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 3.13 - 3.64 มก./ล. มีเหล็กประมาณ 0.20 - 3.66 มก./ล. และมีแมงกานีสประมาณ 0.27 - 1.75 มก./ล.

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่การให้บริการของประปาส่วนภูมิภาคสาขาชัยนาทครอบคลุมพื้นที่เทศบาลเมืองชัยนาท ตำบลเขาท่าพระ อำเภอเมือง และอำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท ปัจจุบันแม่ข่าย

ชัยนาทใช้แหล่งน้ำดิบหลักจากแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่า จำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 9,882 ราย กำลังผลิตใช้งาน 12,000 ลบ.ม./วัน ปริมาณน้ำผลิต 241,186 ลบ.ม./เดือน



รูปที่ 5-9 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท

5.1.10 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย

1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย รวมพื้นที่ 72 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงทางด้านตะวันตก ลาดลงทางตะวันออกบริเวณตอนกลางเป็นที่ราบเรียบจนถึงเนินเขา และเป็นภูเขาทางด้านตะวันออกของพื้นที่ (**รูปที่ 5-10**) พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 86.86) ส่วนใหญ่เป็นนาข้าว รองลงมาเป็นไม้ยืนต้นและไม้ผล พืชไร่ พื้นที่ป่าไม้ และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับ พื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 5.91) และพื้นที่ชุมชนและอื่นๆ (ร้อยละ 7.23)

2) อุทกวิทยา การสำรวจอุทกวิทยาเพื่อประเมินปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับวางแผนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ได้แก่

(1) ลักษณะตะกอนท้องน้ำ เป็นทรายปนกรวด มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมออยู่ระว่าง 1.35 - 2.82 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้งอยู่ระหว่าง 0.54 - 1.50

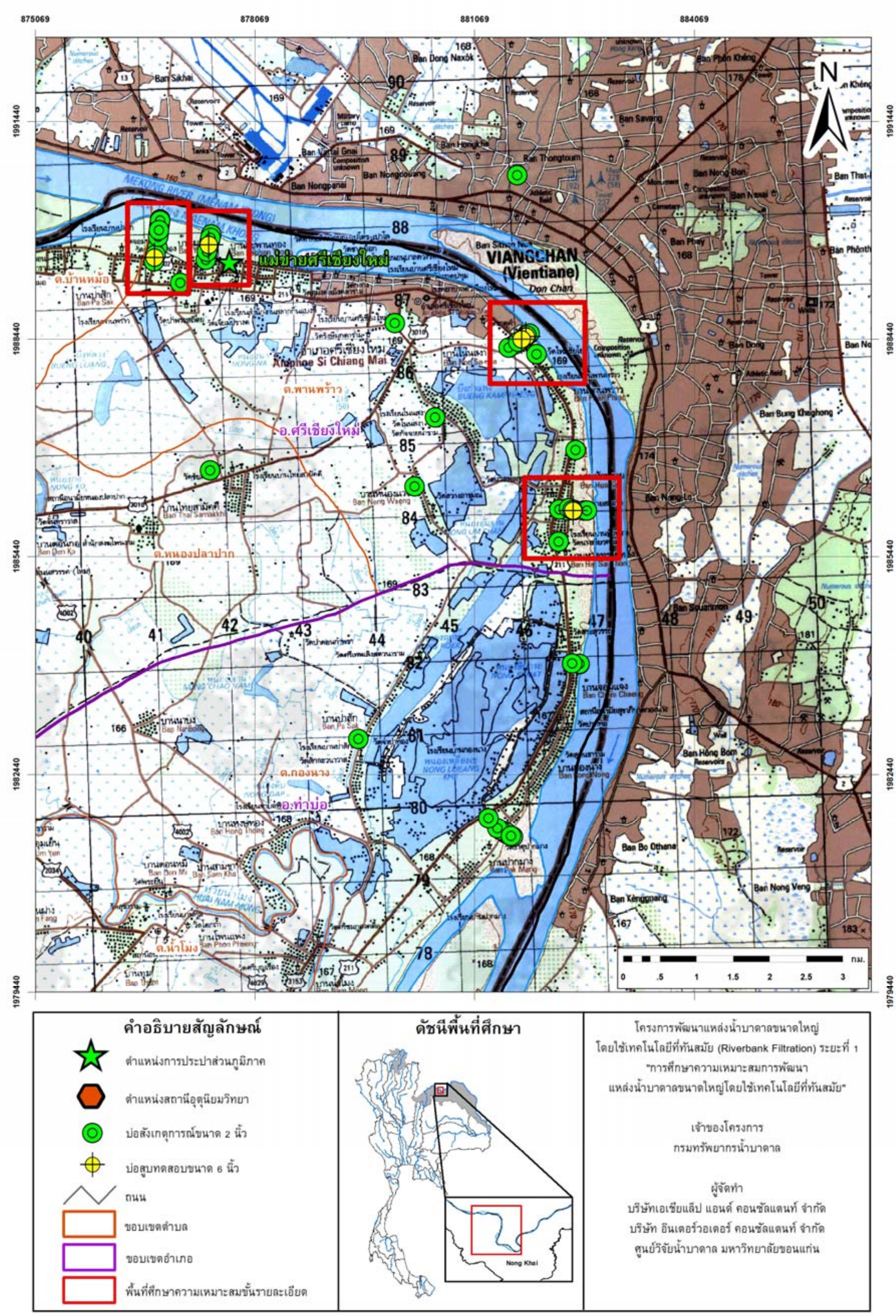
(2) อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ การทดสอบในสนาม มีค่าอัตราการซึมคงที่สุดท้ายอยู่ระหว่าง 1.3 - 6.5 ม./วัน การทดสอบอัตราการซึมในห้องปฏิบัติการ มีอัตราการซึมอยู่ในช่วง 0.1 – 0.4 ม./วัน น้ำที่ไหลผ่านแท่งตัวอย่างจะถูกกรองโดยตะกอนท้องน้ำ โดยมีความขุ่นของน้ำหลังจากการกรองอยู่ระหว่าง 0.5 - 2 NTU

(3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ พบว่าแม่น้ำโขงมีความกว้างประมาณ ประมาณ 500 - 1,000 ม. ความลึกประมาณ 12.50 ม.

(4) คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่าแม่น้ำโขงมีความขุ่นประมาณ 1,000 - 1,800 NTU ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 2.07 - 2.32 มก./ล. และปริมาณเหล็กประมาณ 0.11 มก./ล.

3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา สามารถแบ่งออกได้ 1 หน่วย คือ หน่วยตะกอนน้ำพา ประกอบด้วยตะกอนทราย และกรวดหนาประมาณ 15 - 40 ม. จากการสำรวจภาคสนามตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2554 พบว่าพื้นที่ศึกษารองรับด้วยตะกอนน้ำพาประกอบด้วย ตะกอนดินเหนียว และทรายแป้ง หนาประมาณ 4 - 10 ม. ถัดลงไปเป็นกรวด ทราย หนาประมาณ 8 - 30 ม. น้ำบาดาลมีทิศทางการไหลหลักจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก ซึ่งไหลเข้าสู่แม่น้ำโขง พบการไหลเฉพาะแห่งบริเวณตอนกลางของพื้นที่ มีระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาล 140 - 170 ม.รทก. จากผลการสูบทดสอบพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 25 - 50 ม./วัน ส่วนคุณภาพน้ำบาดาลพบว่า มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 1.84 - 2.97 มก./ล. มีเหล็กประมาณ 0.10 - 7.30 มก./ล. และมีแมงกานีสประมาณ 0.08 - 0.42 มก./ล.

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่การให้บริการของประปาส่วนภูมิภาค สาขาศรีเชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่เขตเมืองของ อำเภอศรีเชียงใหม่ และอำเภอสังคม จังหวัดหนองคาย มีแหล่งน้ำดิบ 2 แหล่งด้วยกัน คือ น้ำบาดาลจากบ่อบาดาลในเขตบริการศรีเชียงใหม่ และแม่น้ำโขงในเขตบริการสังคม พบว่าพื้นที่ศรีเชียงใหม่เป็นเขตการให้บริการประปาที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก แต่มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้น้ำเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันมีจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 4,011 ราย กำลังผลิตใช้งาน 5,808 ลบ.ม./วัน ปริมาณน้ำผลิต 90,282 ลบ.ม./เดือน



รูปที่ 5-10 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย

5.1.11 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บนฝั่งทะเลด้านตะวันตกของอ่าวไทยมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาและที่ราบลุ่มแม่น้ำ มีเทือกเขาสูง ทอดยาวตามแนวตะวันตก - ตะวันออกของพื้นที่รวมมีพื้นที่ 1,240 ตร.กม. (**รูปที่ 5-11**) พื้นที่ป่าไม้ (ร้อยละ 31.69) ส่วนใหญ่เป็นป่าดิบสมบูรณ์พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 60.15) ส่วนใหญ่เป็นไม้ยืนต้น ไม้ผล และสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (ร้อยละ 2.30) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (ร้อยละ 3.56) เช่น ไม้ละเมาะ พื้นที่ลุ่ม และทุ่งหญ้า เป็นต้น และพื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 2.30)

2) อุทกวิทยา การสำรวจอุทกวิทยาเพื่อประเมินปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับวางแผนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ได้แก่

(1) ลักษณะตะกอนท้องน้ำ พบว่าตะกอนท้องน้ำส่วนใหญ่เป็นทรายขนาดปานกลางจนถึงหยาบและมีกรวดขนาดเล็กผสม มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมออยู่ระว่าง 1.65 - 4.60 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้งอยู่ระหว่าง 0.79 - 1.52

(2) อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ การทดสอบการซึมในสนาม มีค่าอัตราการซึมคงที่สุดท้ายอยู่ระหว่าง 8.64 - 13.25 ม./วัน การทดสอบอัตราการซึมในห้องปฏิบัติการ มีอัตราการซึมในช่วง 0.40 ม./วัน น้ำที่ไหลผ่านแท่งตัวอย่างจะถูกกรองโดยตะกอนท้องน้ำ โดยมีความขุ่นของน้ำหลังจากการกรองอยู่ระหว่าง 7 NTU

(3) การสำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ พบว่าแม่น้ำพุมดวงมีความกว้างประมาณ 100 ม. ความลึก 12 ม.

(4) คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่าแม่น้ำพุมดวงมีความขุ่นเฉลี่ยประมาณ 12 NTU ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำมีค่าระหว่าง 2.06 – 2.26 มก./ล. และปริมาณเหล็กมีค่าระหว่าง 0.30 – 0.32 มก./ล.

3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา จำแนกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้ 3 หน่วย ดังนี้

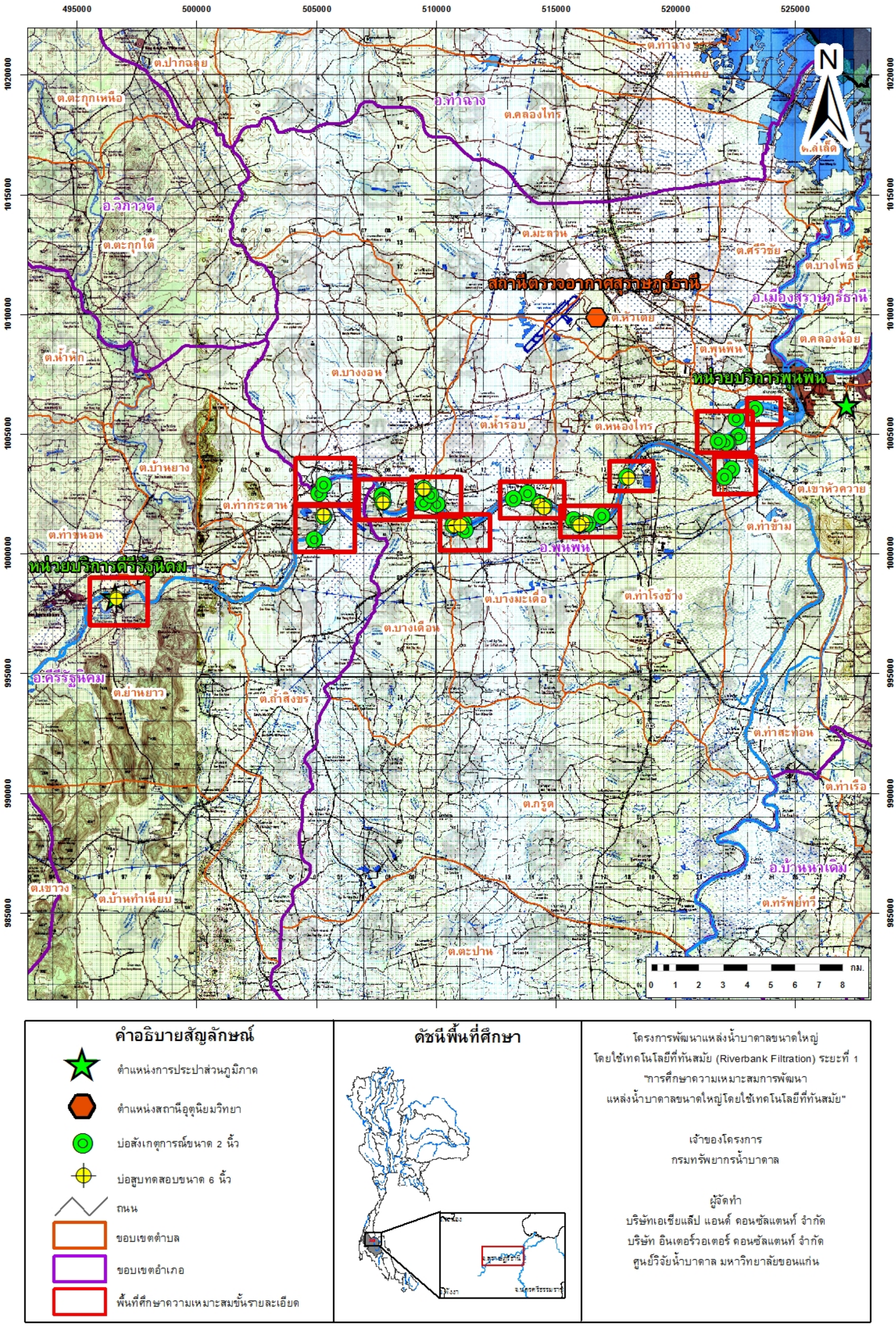
(1) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน (Qfd) ประกอบด้วยทราย กรวด ขนาดต่างๆ มีความมนปานกลาง มีการคัดขนาดปานกลางถึงดี แทรกสลับด้วยชั้นดินเหนียวสีเหลือง น้ำตาล และเทา

(2) ชั้นน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Qc) ประกอบด้วยเศษหิน กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินลูกรัง

(3) หน่วยหินแข็ง ประกอบด้วย หน่วยหินแปร และหน่วยหินตะกอน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชั้นทึบน้ำ

จากการสำรวจภาคสนามระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม 2554 พบว่าพื้นที่ศึกษารองรับด้วยตะกอนดินเหนียวหนาประมาณ 2 - 6 ม. ถัดลงไปเป็นตะกอนกรวดทรายหนาประมาณ 12 - 18 ม. พบเลนส์ของดินเหนียวแทรกในชั้นกรวดทราย โดยกรวดทรายบริเวณท้องน้ำมีความต่อเนื่องกับชั้นกรวดทรายที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของตะกอนแบบสม่ำเสมอ ทิศทางการไหลหลักของน้ำบาดาลมีการไหลจากด้านทิศตะวันตก ไปยังทิศตะวันออก มีระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาล 3.0 - 4.5 ม.รทก. จากผลการสูบทดสอบพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 47 - 94 ม./วัน ส่วนคุณภาพน้ำบาดาล พบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำประมาณ 1.64 - 2.40 มก./ล. มีเหล็กประมาณ 0.68 - 15.26 มก./ล. และมีแมงกานีสประมาณ 0.52 - 0.61 มก./ล.

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่การให้บริการของประปาส่วนภูมิภาคสาขาสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ครอบคลุมพื้นที่เทศบาลเมืองสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง และตำบลท่าข้าม อำเภอพุนพิน ปัจจุบันใช้แหล่งน้ำดิบหลัก คือ คลองพุมดวง พบว่าจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด 61,402 ราย กำลังผลิตใช้งาน 2,124,000 ลบ.ม./เดือน ปริมาณน้ำผลิต 2,429,476 ลบ.ม./เดือน



รูปที่ 5-11 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

5.1.12 พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

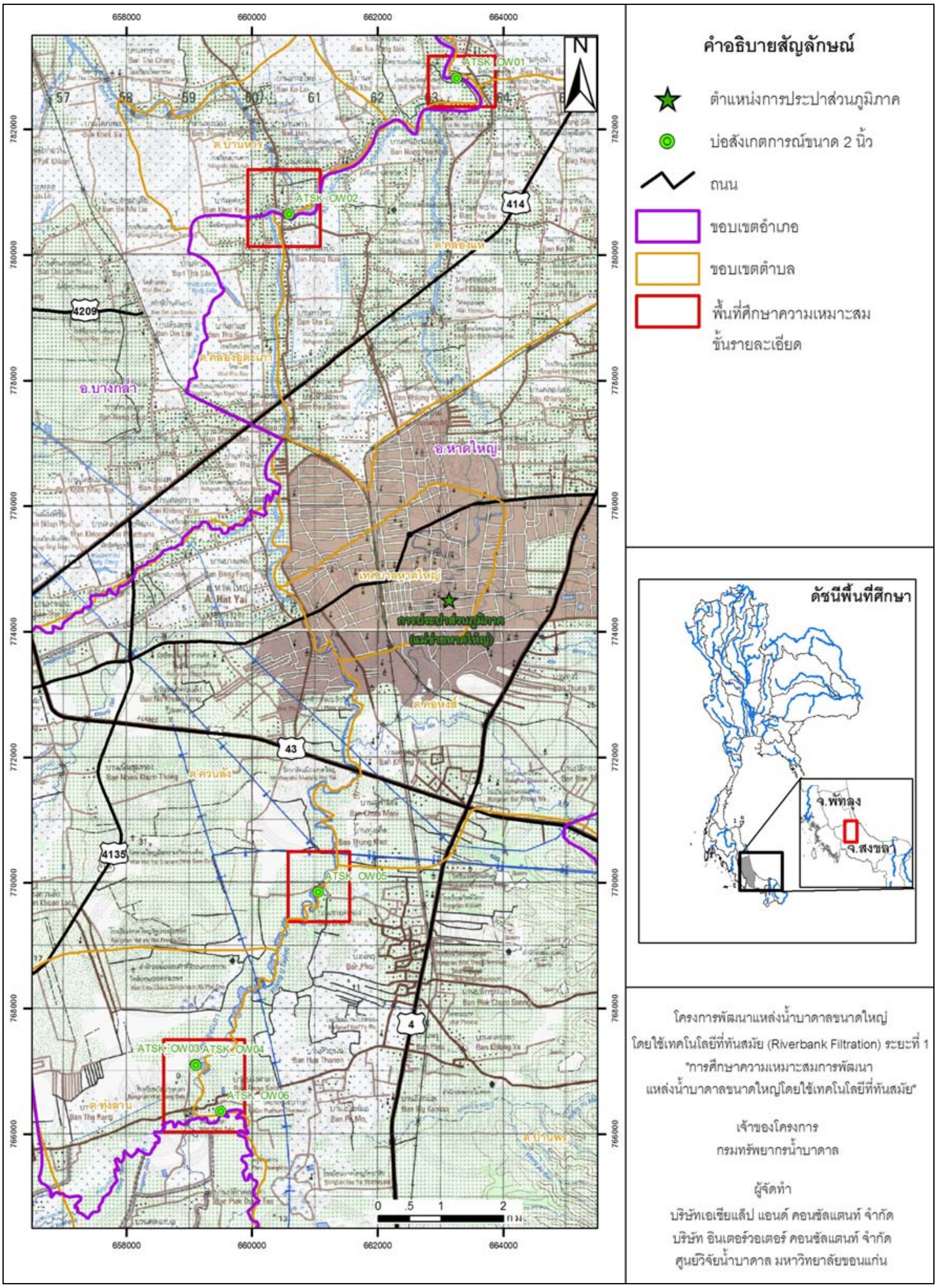
1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ พื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาและที่ราบลุ่มแม่น้ำ มีเนินเขา ทอดตัวตามแนวเหนือ - ใต้ของพื้นที่ (**รูปที่ 5-12**) รวมมีพื้นที่ 162 ตร.กม. มีคลองอู่ตะเภาเป็นแหล่งน้ำหลัก พื้นที่ป่าไม้ (ร้อยละ 0.09) พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ 73.37) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (ร้อยละ 25.54) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (ร้อยละ 3.56) เช่น ไม้ละเมาะ พื้นที่ลุ่ม และทุ่งหญ้า เป็นต้น และพื้นที่แหล่งน้ำ (ร้อยละ 1.01)

2) อุทกวิทยา สภาพแหล่งน้ำคลองอู่ตะเภารวมความยาวทั้งสิ้นประมาณ 130 กม. มีลักษณะตะกอนท้องน้ำเป็นดินเหนียว บริเวณกลางน้ำมีความกว้างประมาณ 15 - 30 ม. และบริเวณปลายน้ำมีความกว้างประมาณ 30 - 50 ม. ความลึกประมาณ 5 - 10 ม. มีระดับน้ำสูงสุด 9.10 ม. และระดับน้ำต่ำสุด 1.0 ม. มีอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด 894.0 ลบ.ม./วินาที และอัตราการไหลต่ำสุด 7.8 ลบ.ม./วิ ส่วนคุณภาพน้ำผิวดินจากการประเมินคุณภาพน้ำผิวดิน โดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) ของส่วนแหล่งน้ำจืด สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ พบว่ามีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ จัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร การอุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

3) อุทกธรณีวิทยา ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา จำแนกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้ 2 หน่วย คือ ชั้นตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน (Qfd) ประกอบด้วยทราย กรวด แทรกสลับด้วยชั้นดินเหนียวปนเศษเปลือกหอยในบางช่วง และชั้นตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า (Qot) ประกอบด้วย ชั้นตะกอนทราย และกรวด ชั้นทรายปนดินเหนียวปนกรวด ชั้นทรายแป้งสลับชั้นดินเหนียวปนกรวด สลับด้วยกระเปาะหรือเลนซ์ของดินเหนียวปนทราย

จากการสำรวจภาคสนามช่วงกุมภาพันธ์ 2555 พบว่าพื้นที่ศึกษาเมื่อพิจารณาระบบการไหลแบบบริเวณกว้างเป็นพื้นที่สูญเสียน้ำบาดาล พื้นที่รับน้ำอยู่บริเวณขอบแอ่งบาดาลซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขาสูง ทิศทางการไหลหลักของน้ำบาดาลมีการไหลจากด้านทิศใต้ ตะวันออก และตะวันตก ไปยังตอนกลางของพื้นที่ตามที่ราบลุ่มคลองอู่ตะเภาและไหลลงสู่พื้นที่ทางด้านทิศเหนือต่อไป มีระดับแรงดันเท่ากันของน้ำบาดาล 2 - 6 ม.รทก.

4) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พื้นที่การให้บริการของประปาส่วนภูมิภาคสาขาหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ครอบคลุมพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ ตำบลบ้านพรุ ตำบลคลองแห ตำบลควนลัง ตำบลคอหงส์ และตำบลน้ำน้อย อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ปัจจุบันใช้แหล่งน้ำดิบหลัก คือ คลองอู่ตะเภา



รูปที่ 5-12 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

5.2 การคัดกรองพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด

กลุ่มบริษัทที่ปรึกษาได้คัดเลือกพื้นที่ศักยภาพเพื่อศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียดโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิด้านอุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา ธรณีวิทยา ธรณีสัณฐาน คุณภาพน้ำผิวดินและน้ำบาดาล การใช้ประโยชน์ของพื้นที่และปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตประปา การคัดเลือกพื้นที่แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 คัดเลือกพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำ ขั้นตอนที่ 2 คัดเลือกตำแหน่งศักยภาพเบื้องต้น ขั้นตอนที่ 3 คัดเลือกตำแหน่งศักยภาพขั้นรายละเอียด และขั้นตอนที่ 4 กำหนดพื้นที่ศักยภาพเพื่อศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด ผลจากการคัดเลือกสามารถกำหนดพื้นที่ศักยภาพเพื่อศึกษาขั้นรายละเอียดจำนวน 12 พื้นที่ ได้แก่

1) อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย
2) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
3) จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน
4) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
5) อำเภอเมืองและสูงเม่น จังหวัดแพร่
6) อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร
7) อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร
8) อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์
9) อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท
10) อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย
11) อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี
12) อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น กลุ่มบริษัทที่ปรึกษาจึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ 12 พื้นที่ โดยเน้นการสำรวจข้อมูล ด้านอุทกวิทยา ธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา คุณภาพน้ำผิวดินและน้ำบาดาล และสภาพการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค

ข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ได้นำมาพิจารณาครัดกรองพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับทำการสำรวจความเหมาะสมขั้นรายละเอียดต่อไป การคัดกรองพื้นที่ดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2.1 การคัดกรองความเหมาะสมทางอุทกธรณีวิทยา

เนื่องจากระบบ RBF เป็นระบบสูบน้ำผสมผสานระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลโดยเหนี่ยวนำน้ำจากแม่น้ำให้ไหลผ่านชั้นกรวดทรายเข้าสู่บ่อน้ำบาดาลที่อยู่ฝั่งแม่น้ำ ดังนั้นลักษณะทางอุทกธรณีบริเวณฝั่งแม่น้ำจึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณน้ำ (yield) และสัดส่วนของน้ำผิวดินและน้ำบาดาลที่จะได้จากระบบ RBF ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่สำคัญต่อการพัฒนาระบบ RBF ที่สุดคือความเชื่อมโยงระหว่างน้ำในแม่น้ำและน้ำบาดาล คือ น้ำในแม่น้ำต้องสามารถซึมผ่านตะกอนท้องน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลได้ หรือไม่มีชั้นดินเหนียวปิดทับท้องน้ำ จากการศึกษาข้อมูลทางด้านอุทกธรณีวิทยาทั้งจากข้อมูลเดิมที่มีอยู่และจากการสำรวจเพิ่มเติมในภาคสนามโดยการเจาะบ่อสังเกตการณ์ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 6 บ่อ พบว่าพื้นที่***ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา*** มีศักยภาพการพัฒนาระบบ RBF ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีชั้นดินเหนียวหนาเกินกว่าระดับท้องน้ำในแม่น้ำ ทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องระหว่างชั้นน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน

5.2.2 การคัดกรองความเหมาะสมด้านความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค - บริโภค

การพัฒนาน้ำขึ้นมาใช้ด้วยระบบ RBF ที่เป็นระบบการบำบัดคุณภาพน้ำโดยธรรมชาติ และสามารถผลิตน้ำสะอาดได้เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะระบบ RBF แบบใช้ท่อกรองแนวนอน ดังนั้นน้ำสะอาดที่ผลิตได้ต้องมีการจัดสรรให้แก่พื้นที่มีต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคปริมาณสูงทั้งในปัจจุบันและอนาคต แต่พื้นที่ศักยภาพเพื่อศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด 12 พื้นที่ มีทั้งพื้นที่มีความต้องการน้ำสูง และพื้นที่มีความต้องการน้ำต่ำ ในพื้นที่ที่มีความต้องการน้ำต่ำและมีความเป็นไปได้ต่ำในการส่งน้ำให้แก่พื้นที่ต้องการน้ำอื่นๆ จึงถือว่าไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนมีความจำเป็นและเร่งด่วนในการพัฒนาระบบ RBF เนื่องจากยังไม่สามารถนำน้ำที่จะผลิตขึ้นมาไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ จากการสำรวจข้อมูลด้านความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และแนวโน้มการขยายตัวของชุมชนในพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด พบว่า

1) พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย จากการประเมินแนวโน้มของจำนวนผู้ใช้น้ำในอนาคตของการประปาส่วนภูมิภาค พบว่าอีก 10 ปีข้างหน้า มีจำนวนผู้ใช้น้ำเพิ่มขึ้น 545 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 2.9 ต่อปี ซึ่งเป็นอัตราการเพิ่มที่น้อยมาก แสดงให้เห็นว่ามีการขยายตัวของชุมชนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย จึงเป็นพื้นที่ที่ไม่มีความเหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบ RBF

2) พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย จากการประเมินแนวโน้มของจำนวนผู้ใช้น้ำในอนาคตของการประปาส่วนภูมิภาค พบว่าอีก 10 ปีข้างหน้า มีจำนวนผู้ใช้น้ำเพิ่มขึ้น 510 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 2 ต่อปี ซึ่งเป็นอัตราการเพิ่มที่น้อยมาก แสดงให้เห็นว่ามีการขยายตัวของชุมชนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย จึงเป็นพื้นที่ที่ไม่มีความจำเป็นเร่งด่วนสำหรับการพัฒนาระบบ RBF ในด้านของความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค

5.2.3 ผลการคัดกรอง

จากการคัดกรองโดยใช้ความเหมาะสมทางด้านอุทกธรณีวิทยาและความเหมาะสมด้านความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค พบว่าพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาไม่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบ RBF เนื่องจากมีชั้นดินเหนียวหนาเกินระดับท้องน้ำ ส่วนพื้นที่ไม่มีความเหมาะสมด้านความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค เนื่องจากมีความต้องการใช้น้ำต่ำมาก เมื่อเทียบกับกำลังการผลิตของระบบ RBF ที่ใช้ท่อกรองแนวนอน ได้แก่ พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย และพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดอำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย ดังนั้นพื้นที่ที่ผ่านการคัดกรองหรือพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด มีจำนวน 9 พื้นที่ ได้แก่

1) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
2) จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน
3) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
4) อำเภอเมืองและสูงเม่น จังหวัดแพร่
5) อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร
6) อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร
7) อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์
8) อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท
9) อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

บทที่ 6

การประเมินพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียดและจัดเรียงลำดับตำแหน่งเหมาะสมสำหรับการก่อสร้างระบบ RBF

กลุ่มบริษัทที่ปรึกษาได้คัดเลือกตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ใน 9 พื้นที่ พร้อมประเมินความเหมาะสมในด้าน แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำบาดาล การใช้น้ำและความต้องการใช้น้ำ สมดุลน้ำและการออกแบบระบบ RBF ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และเศรษฐศาสตร์ เพื่อนำข้อมูลจากการประเมินไปจัดเรียงลำดับตำแหน่งความเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF **รูปที่ 6-1** ถึง **รูปที่ 6-9** แสดงตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ใน 9 พื้นที่

6.1 การประเมินพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด 9 พื้นที่

6.1.1 แหล่งน้ำผิวดิน

จากการสำรวจทางอุทกวิทยาพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด 9 พื้นที่ ซึ่งประกอบด้วย การสำรวจหน้าตัดแม่น้ำกก ความเร็วการไหลของน้ำ อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ ลักษณะตะกอนท้องน้ำ และคุณภาพน้ำผิวดิน กลุ่มบริษัทที่ปรึกษาได้นำผลการสำรวจมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าปัจจัยที่ใช้ในการจัดเรียงลำดับของตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF สรุปไว้ใน**ตารางที่ 6-1**

6.1.2 แหล่งน้ำบาดาล

การประมวลข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยา ได้สรุปจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาในภาคสนาม เช่น การเจาะสำรวจบ่อสังเกตการณ์ บ่อสูบทดสอบ การติดตามตรวจวัดระดับน้ำบาดาล การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า การวิเคราะห์ช่วงขนาดและสัดส่วนปริมาณของกรวดทราย การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและวิเคราะห์คุณภาพ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการประเมินความเหมาะสมของตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF สรุปไว้ใน**ตารางที่ 6-2**

6.1.3 การใช้น้ำและความต้องการใช้น้ำ

การศึกษาการใช้น้ำและความต้องการใช้น้ำแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ระบบประปาของการประปาส่วนภูมิภาค การกำหนดพื้นที่ในการพัฒนาและออกแบบเบื้องต้น ปัจจัยในการประเมินการใช้น้ำและความต้องการน้ำประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ความเหมาะสมในการพัฒนาประปา และความเหมาะสมในการเชื่อมต่อระบบ RBF ดังแสดงใน**ตารางที่ 6-3**

6.1.4 สมดุลน้ำและการออกแบบระบบ RBF

การประเมินสมดุลน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด โดยใช้แบบจำลองน้ำบาดาลเชิงคณิตศาสตร์ สรุปไว้ใน**ตารางที่ 6-4** และผลการประเมินปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถผลิตขึ้นมาใช้ได้อย่างปลอดภัยของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด 9 พื้นที่ สรุปดัง**ตารางที่ 6-5**

6.1.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมี 4 ปัจจัย ได้แก่

1) พื้นที่ได้รับผลกระทบจากการลดลงของระดับน้ำบาดาล คือ พื้นที่ที่อยู่ในบริเวณที่มีการลดลงของระดับน้ำบาดาลลดเกิน 6 ม. จากผิวดินหรือถ้าพื้นที่ที่มีระดับน้ำบาดาลต่ำกว่าผิวดินเกิน 6 ม. กำหนดให้ระดับน้ำลดลงได้อีก 1 ม. หรือเกิน 7 ม. จากผิวดิน เมื่อสูบน้ำจากระบบ RBF ตามปริมาณที่ต้องการผลิตใน 10 ปีข้างหน้า

2) จำนวนครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบจากการลดลงของระดับน้ำบาดาล ในข้อ (1) ในระยะรัศมี 1 กิโลเมตร จากบ่อสูบน้ำ

3) ระดับความสำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำ

4) จำนวนครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม ในพื้นที่ศึกษา

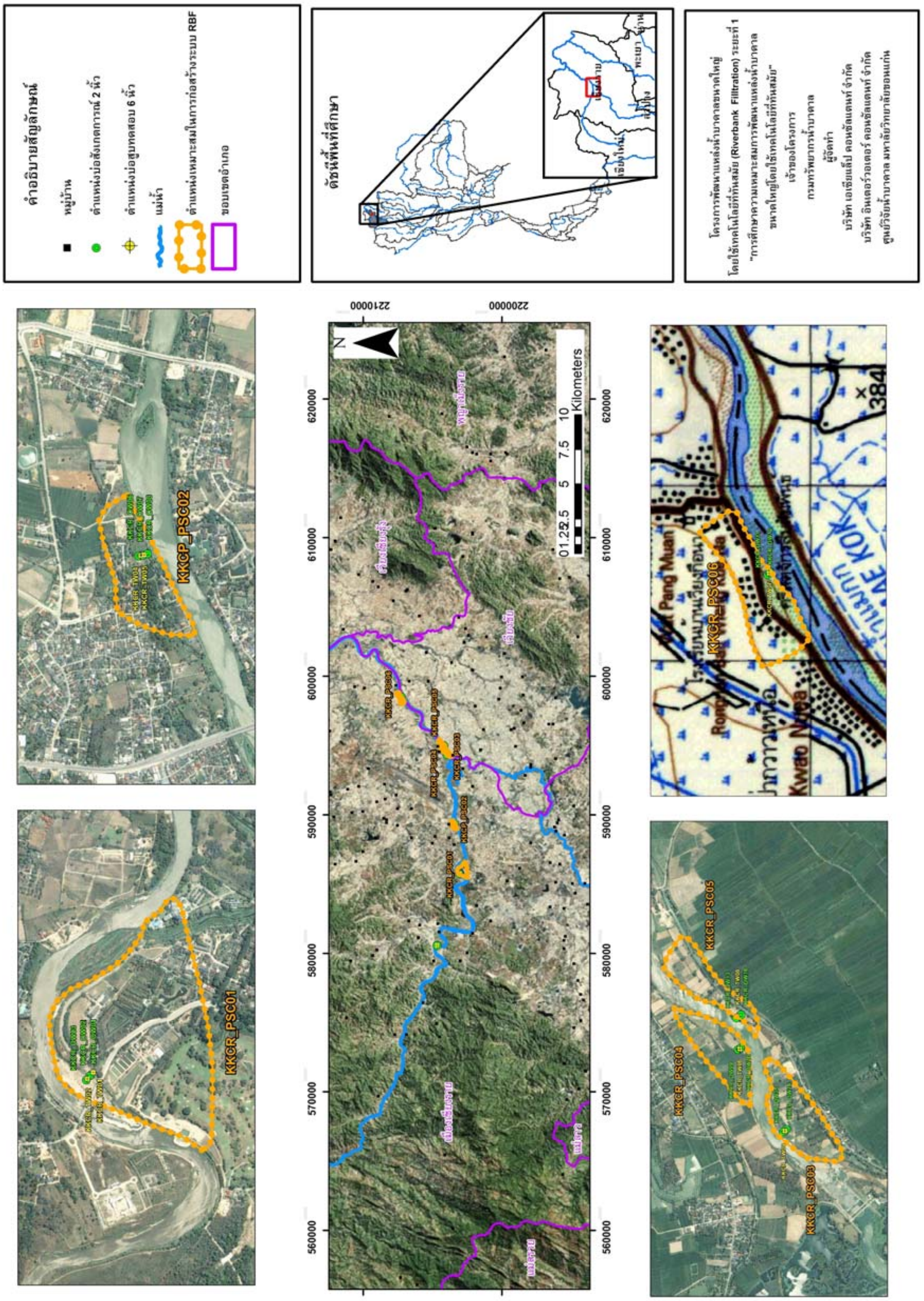
ผลการศึกษาแสดง**ดังตารางที่ 6-6**

6.1.6 เศรษฐศาสตร์

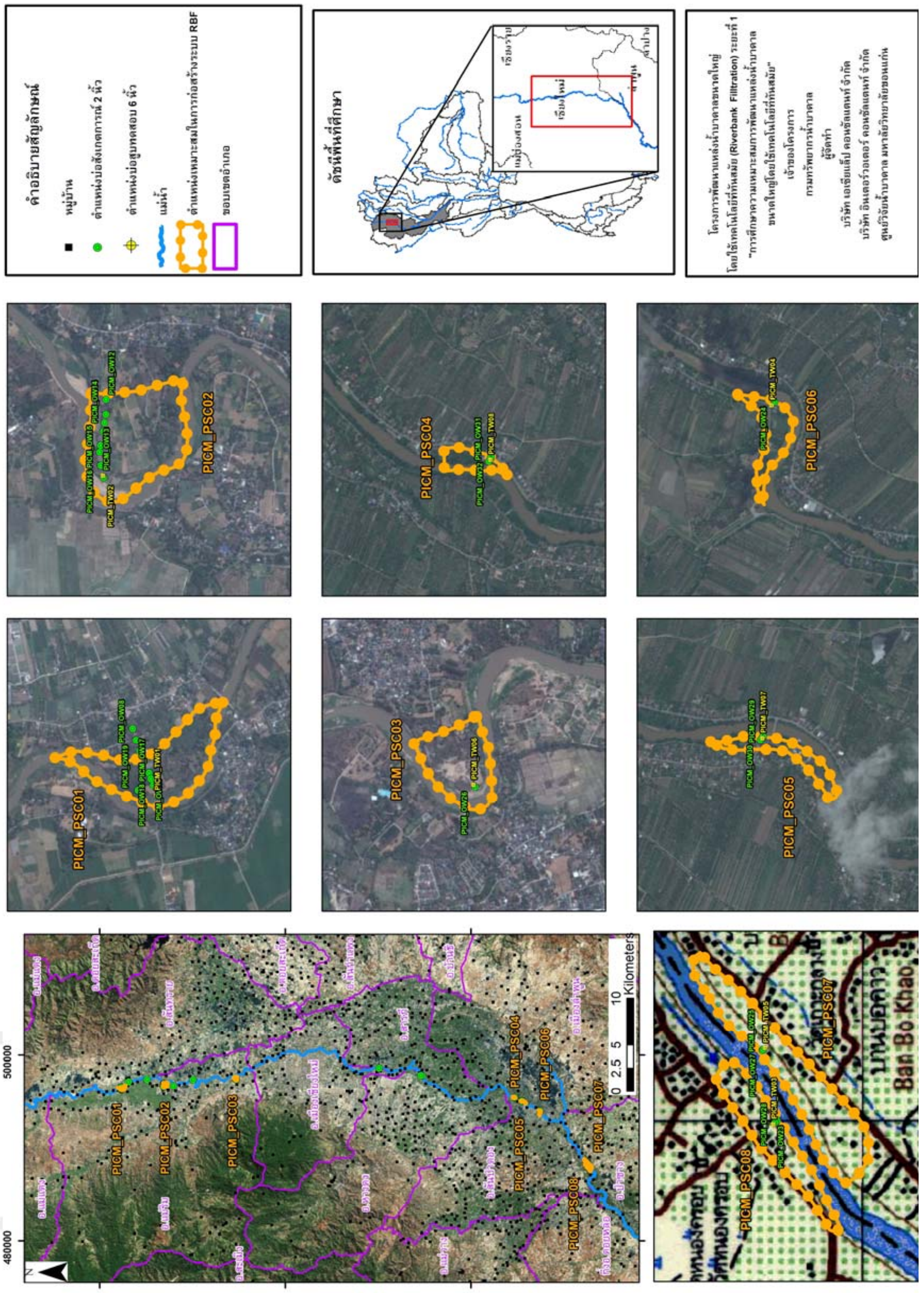
การประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย การประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ และการประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ ต้นทุนและผลประโยชน์ที่ประเมินได้ข้างต้นจะนำไปใช้พิจารณาจัดลำดับความเหมาะสมการพัฒนาระบบ RBF ของตำแหน่งศักยภาพต่างๆ ที่คัดเลือกไว้แล้ว ขั้นตอนการประเมินดังกล่าวได้อธิบายในบทที่ 3 หัวข้อ 3.4.6 ผลการประเมินสรุปแสดงในตารางที่ 6-7

6.2 การจัดเรียงลำดับตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF

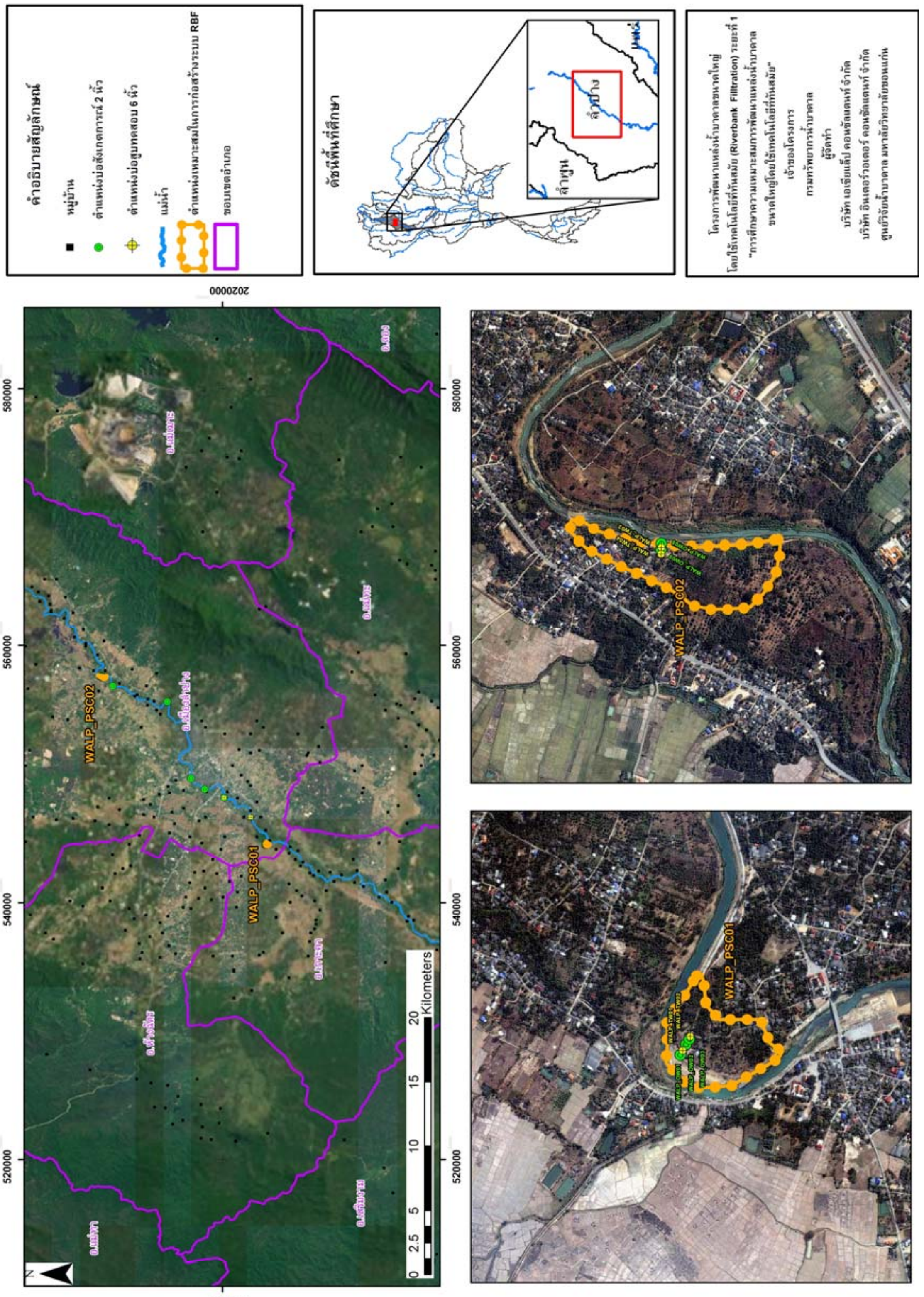
จากการประเมินความเหมาะสมด้านต่างๆ เพื่อนำไปจัดเรียงลำดับความเหมาะสม ปัจจัยที่ใช้ในการจัดเรียงลำดับประกอบด้วย ปัจจัยด้านอุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา การประปาเพื่อการพัฒนาระบบ RBF ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ และเศรษฐศาสตร์ จากการให้ค่าคะแนนและค่าถ่วงน้ำหนักทั้ง 6 ปัจจัย พบว่าตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF นำร่อง ที่มีคะแนนสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ตำแหน่ง KKCR_PSC01 อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย CPCN_PSC01 อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี และ PIKP_PSC02 อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีความเหมาะสมมากในการพัฒนาระบบ RBF



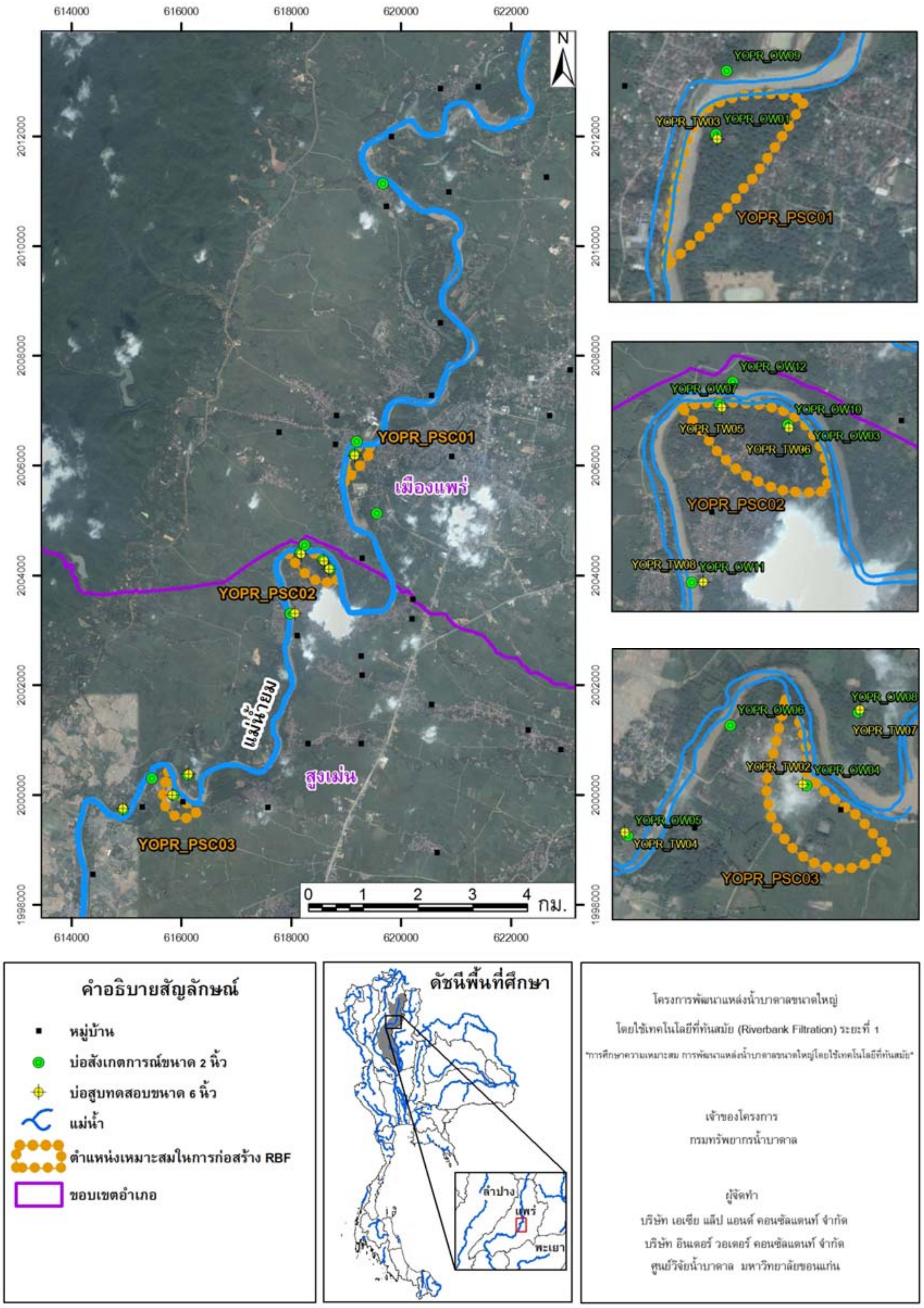
รูปที่ 6-1 แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย



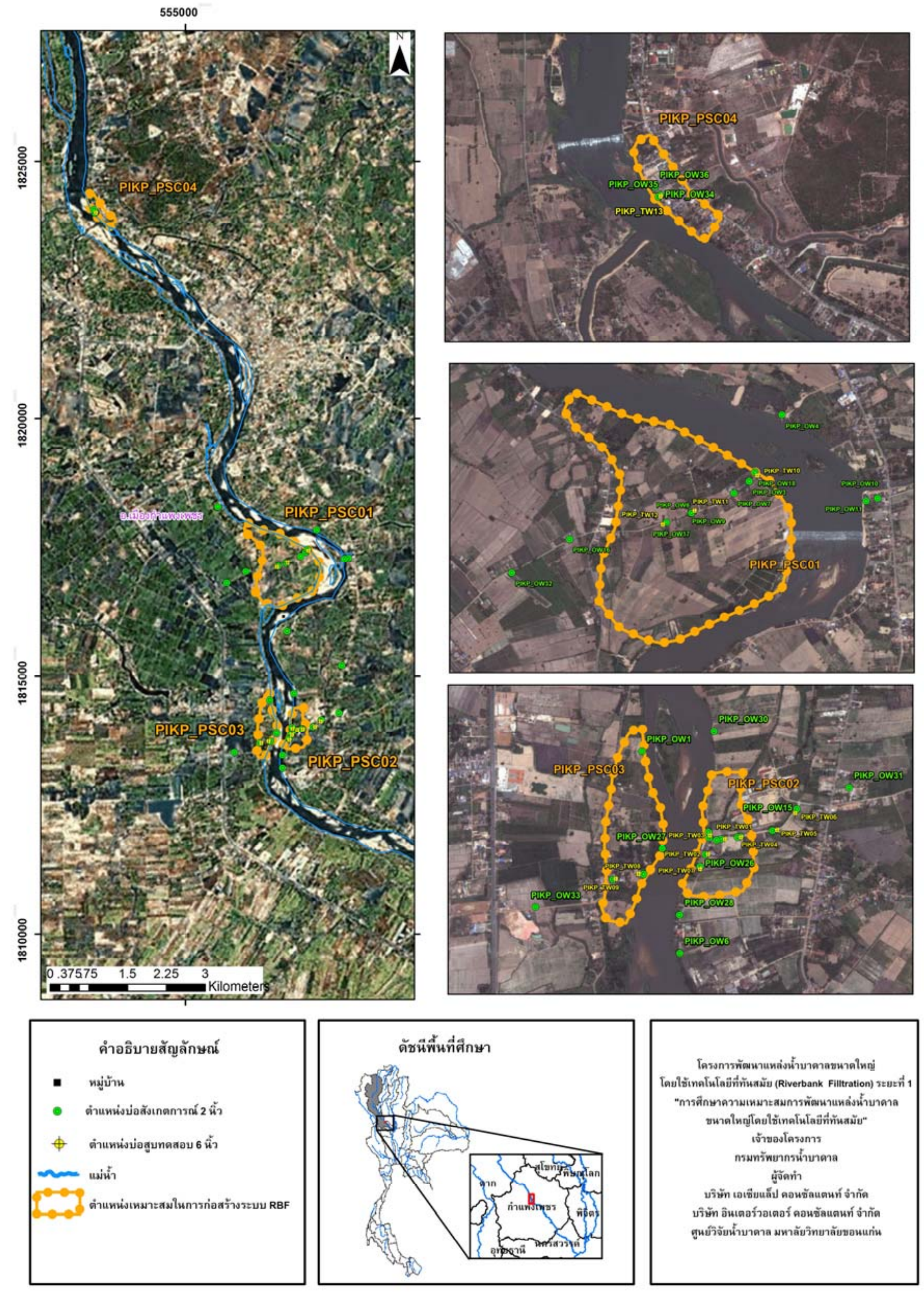
รูปที่ 6-2 แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด จังหวัดเชียงใหม่-ลำพูน



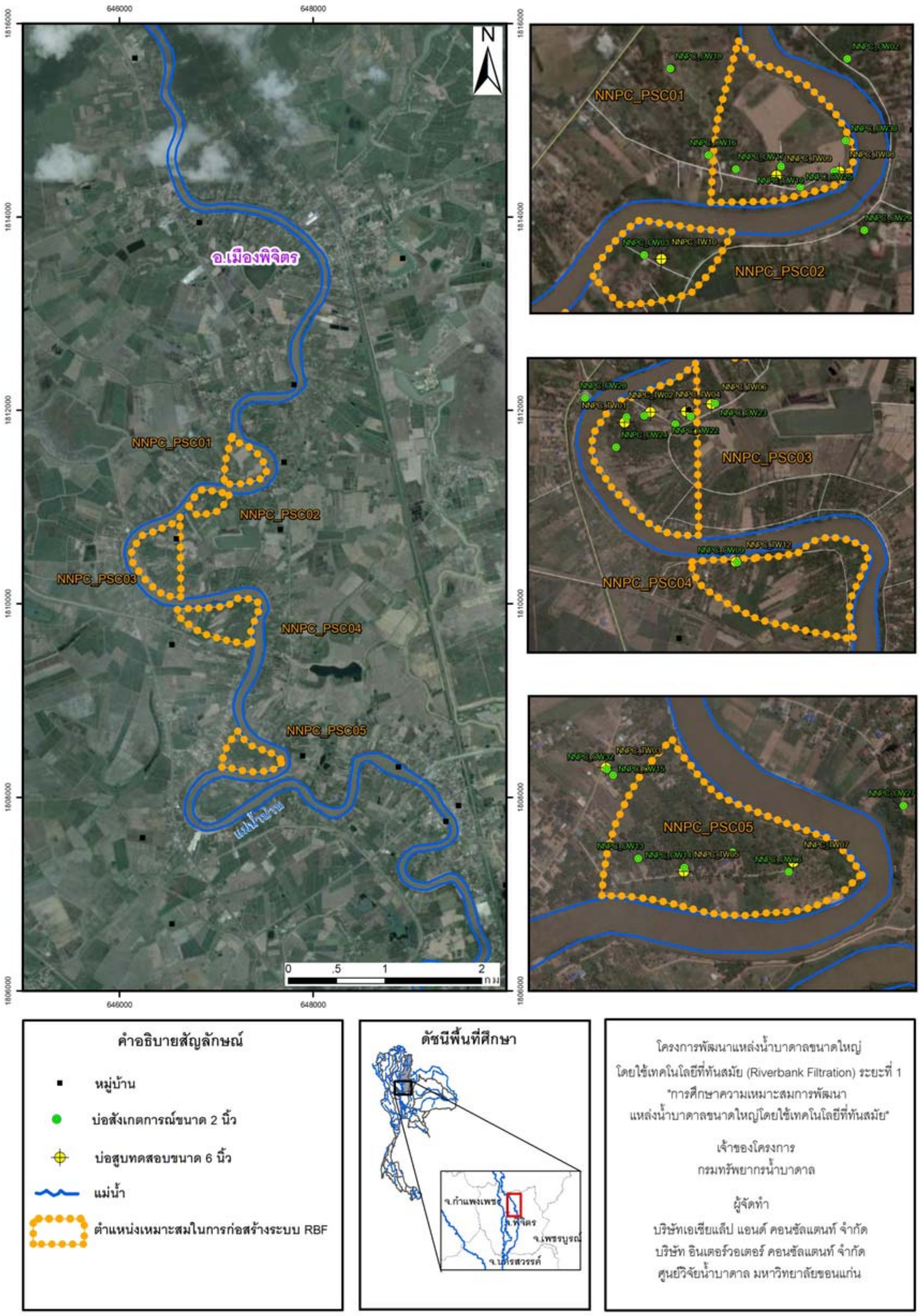
รูปที่ 6-3 แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง



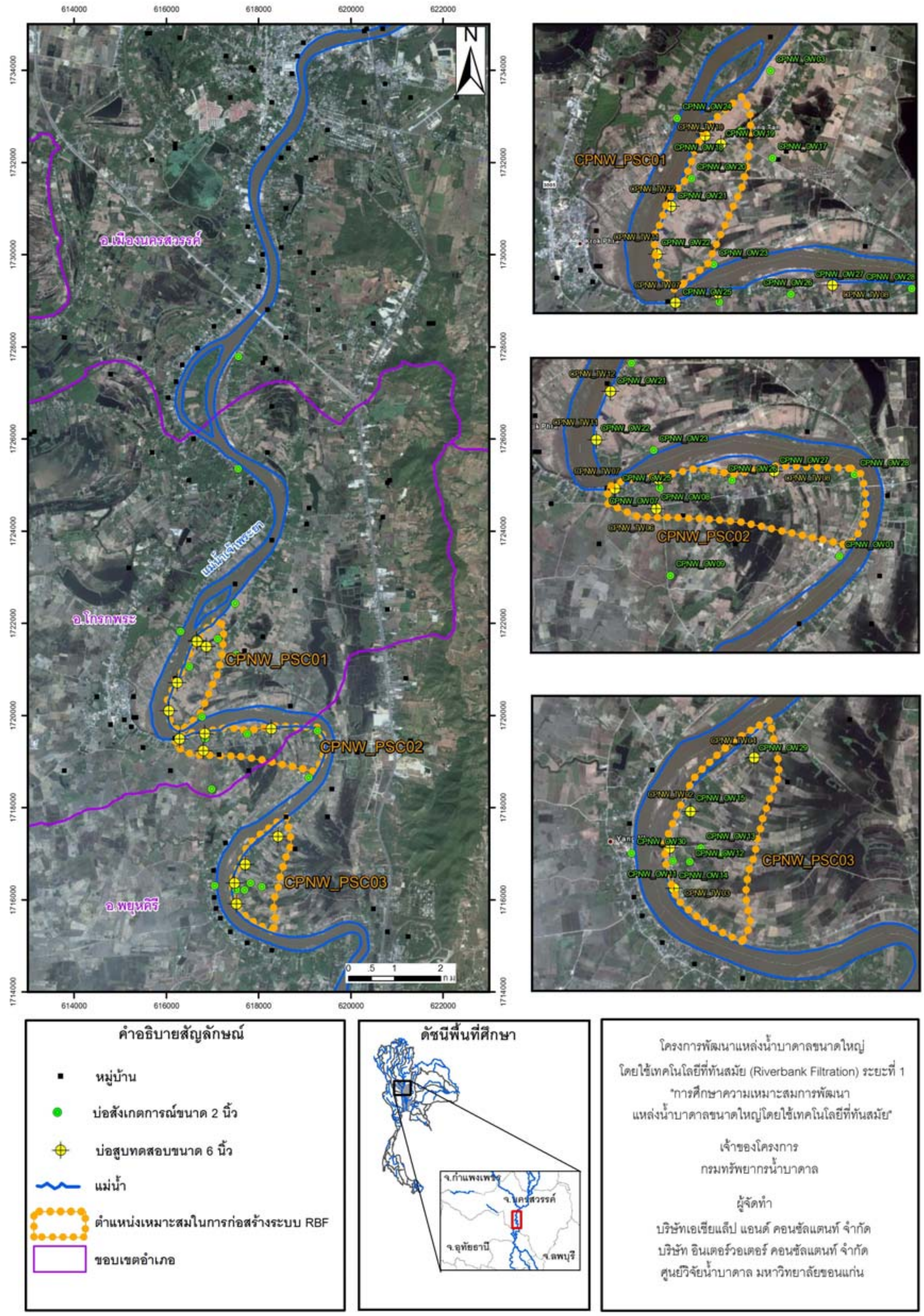
รูปที่ 6-4 แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง-สูงเม่น จังหวัดแพร่



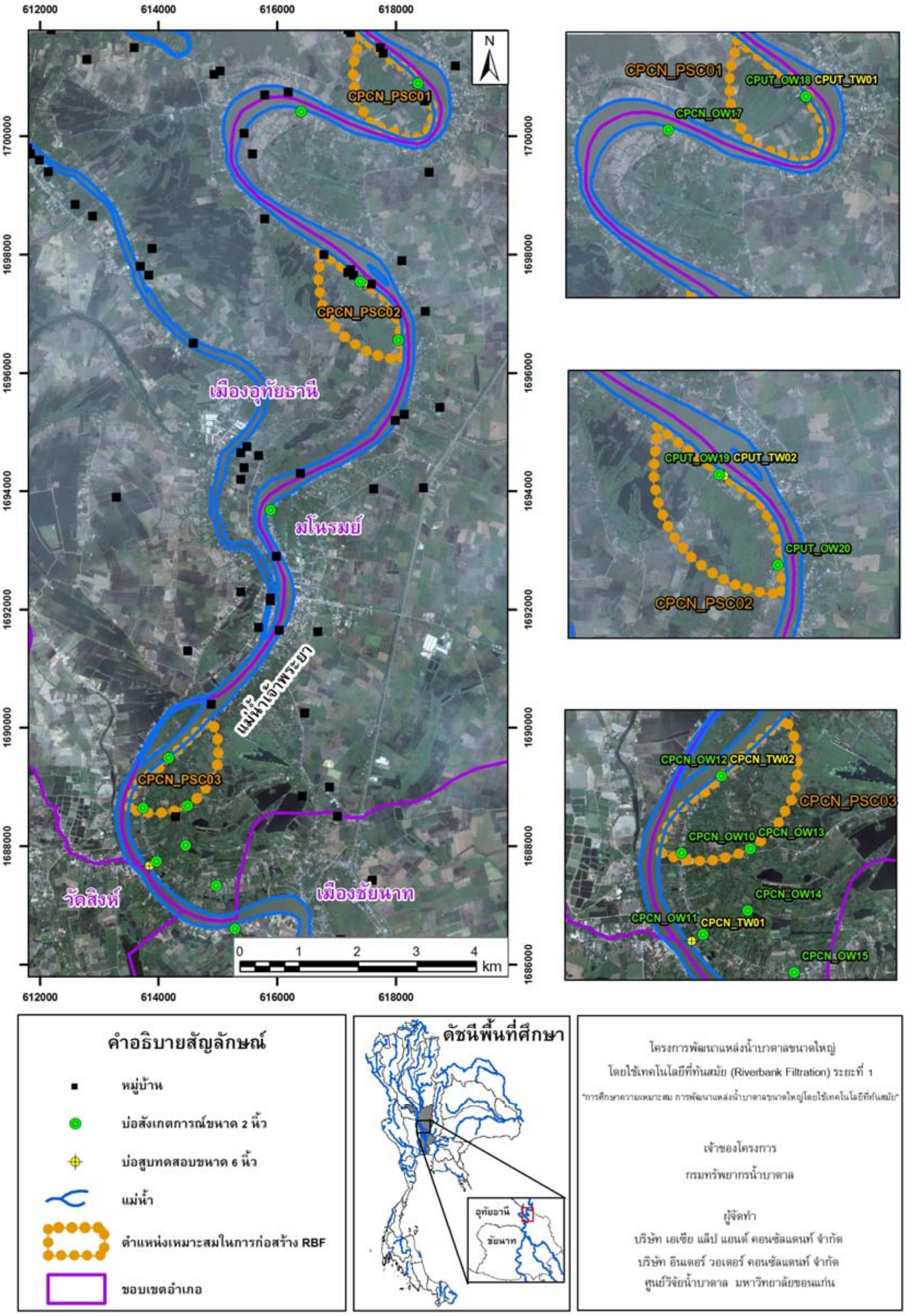
รูปที่ 6-5 แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร



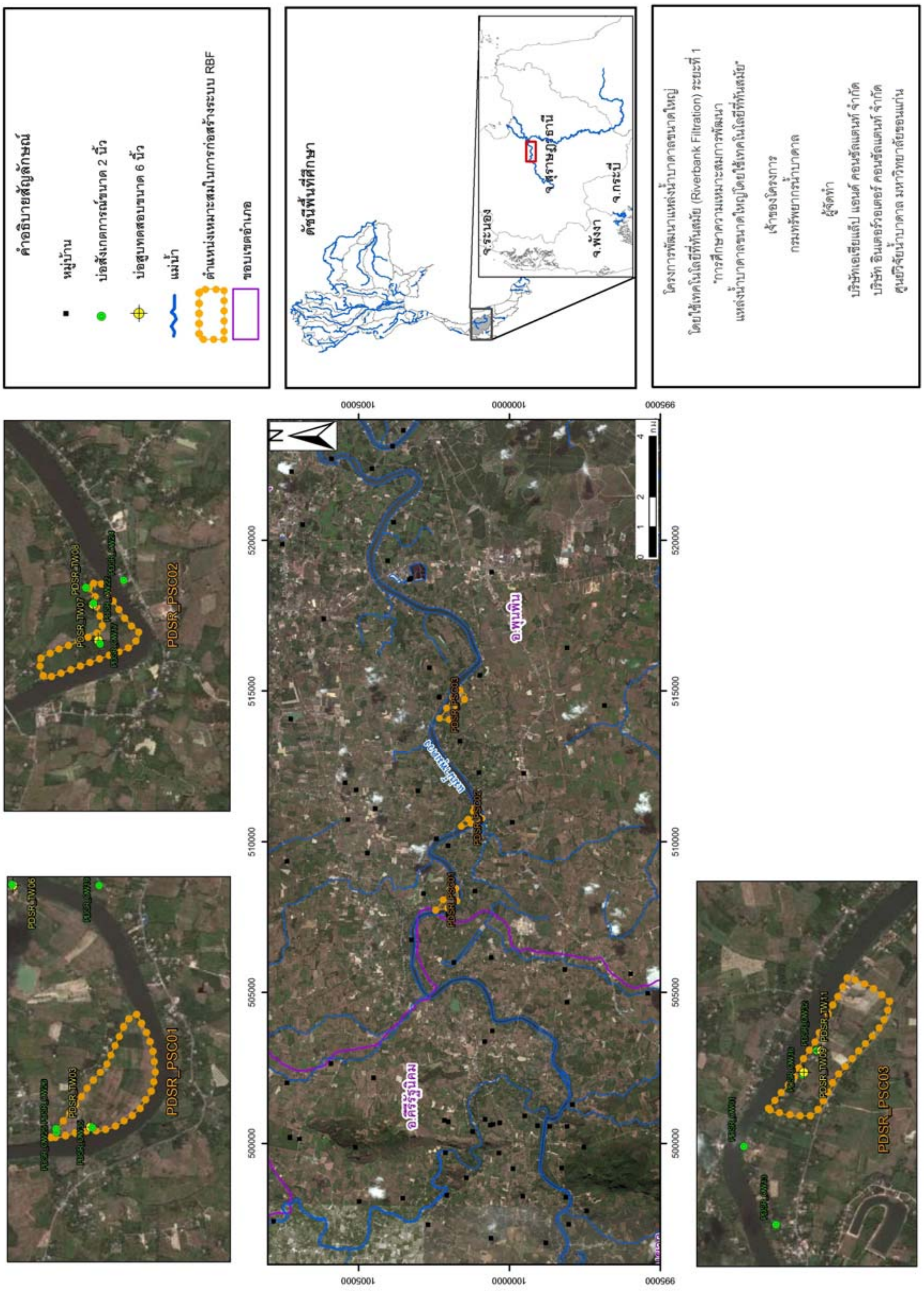
รูปที่ 6-6 แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร



รูปที่ 6-7 แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์



รูปที่ 6-8 แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท



รูปที่ 6-9 แผนที่แสดงตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ตารางที่ 6-1 ข้อมูลอุทกวิทยาของตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF

ตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF	อัตราการไหลเฉลี่ย (ลบ.ม./วิ)	ความเร็วการไหลสูงสุด (ม./วิ)	แรงเฉือนท้องน้ำเฉลี่ย (นิวตัน/ตร.ม.)	ตำแหน่งของฝั่งแม่น้ำ	การกระจายขนาดเม็ดดินของตะกอนท้องน้ำ	คุณภาพน้ำผิวดิน (เฉลี่ย)							
						ความขุ่น (NTU)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มก./ล.)	ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ (มก./ล.)	เหล็ก (มก./ล.)	แมงกานีส (มก./ล.)	ไนเตรท (มก./ล.)	แอมโมเนีย (มก./ล.)	ความกระด้าง (มก./ล. ในรูปของ $CaCO_3$)
KKCR_PSC01	126.86	0.99	18.96	ตรง	uniform	128.50	6.75	2.39	0.21	<0.0050	<0.020	<0.40	53.20
KKCR_PSC02	243.14	2.32	30.00	โค้งนอก	non-uniform	128.50	6.75	3.99	0.19	0.0538	<0.020	<0.40	51.20
KKCR_PSC03	243.14	2.32	30.00	โค้งใน	non-uniform	128.50	6.75	2.26	0.24	0.0841	<0.020	<0.40	51.20
KKCR_PSC04	243.14	2.32	30.00	โค้งใน	non-uniform	128.50	6.75	2.26	0.24	0.0841	<0.020	<0.40	51.20
KKCR_PSC05	243.14	2.32	30.00	ตรง	non-uniform	128.50	6.75	2.26	0.24	0.0841	<0.020	<0.40	51.20
KKCR_PSC06	243.14	2.32	30.00	โค้งใน	non-uniform	138.00	6.92	2.39	0.28	0.1292	<0.020	<0.40	55.10
PICM_PSC01	165.39	1.08	17.37	โค้งใน	non-uniform	220.00	7.30	2.64	0.19	0.0535	<0.020	<0.40	63.70
PICM_PSC02	182.71	1.18	16.93	โค้งใน	uniform	229.00	6.20	2.49	0.19	0.0570	<0.020	<0.40	69.70
PICM_PSC03	185.10	0.81	16.00	โค้งใน	uniform	267.00	6.70	3.63	0.23	0.1588	<0.020	<0.40	61.80
PICM_PSC04	267.81	1.01	26.27	โค้งนอก	uniform	158.00	5.30	3.47	0.18	0.1058	0.055	<0.40	69.70
PICM_PSC05	267.81	1.01	26.27	โค้งใน	uniform	158.00	5.90	3.52	0.21	0.0944	0.175	<0.40	77.70
PICM_PSC06	267.81	1.01	26.27	โค้งใน	uniform	158.00	4.60	3.82	0.21	0.1036	0.122	<0.40	71.70
PICM_PSC07	267.81	1.01	26.27	ตรง	uniform	158.00	5.20	4.86	0.18	<0.0050	0.161	<0.40	73.70
PICM_PSC08	267.81	1.01	26.27	ตรง	uniform	158.00	5.20	4.86	0.18	<0.0050	0.161	<0.40	73.70
WALP_PSC01	90.00	1.21	13.30	โค้งใน	non-uniform	112.00	8.17	3.66	0.11	0.1809	0.093	<0.40	153.00
WALP_PSC02	77.82	1.19	29.09	โค้งใน	non-uniform	107.00	7.90	5.29	0.10	0.0469	<0.020	<0.40	122.00
YOPR_PSC01	287.00	0.90	43.71	โค้งใน	uniform	17.65	4.15	3.54	0.12	0.1000	<0.029	<0.40	117.00
YOPR_PSC02	287.00	0.90	43.71	โค้งใน	uniform	17.65	4.15	3.44	0.12	0.1000	0.029	<0.40	117.00
YOPR_PSC03	476.65	1.19	40.64	โค้งนอก	uniform	17.65	4.15	3.44	0.12	0.1000	0.029	<0.40	117.00
PIKP_PSC01	329.00	0.90	14.12	โค้งใน	uniform	146.00	7.40	2.98	0.07	<0.0050	0.061	<0.40	89.50
PIKP_PSC02	278.05	2.40	14.12	โค้งใน	uniform	136.00	7.40	5.85	0.16	0.0100	0.190	<0.40	72.80
PIKP_PSC03	278.05	2.40	14.12	โค้งใน	uniform	136.00	7.40	5.85	0.16	0.0100	0.190	<0.40	72.80
PIKP_PSC04	329.00	0.90	14.12	โค้งใน	uniform	146.00	7.4	2.98	0.86	0.0500	0.370	<0.40	105.00
NNPC_PSC01	1274.59	1.50	6.62	โค้งใน	uniform	136.00	5.50	1.79	0.24	<0.0050	0.360	<0.40	69.70
NNPC_PSC02	1064.19	1.08	4.47	โค้งใน	uniform	136.00	6.90	1.79	0.24	<0.0050	0.360	<0.40	69.70
NNPC_PSC03	1064.19	1.08	4.47	โค้งใน	uniform	136.00	5.30	2.45	0.21	<0.0050	0.560	69.70	69.70
NNPC_PSC04	1064.19	1.08	4.47	โค้งใน	uniform	136.00	5.10	2.45	0.21	<0.0050	0.560	69.70	69.70
NNPC_PSC05	1064.19	1.08	4.47	โค้งใน	uniform	136.00	7.40	2.45	0.21	<0.0050	0.560	69.70	69.70
CPNW_PSC01	851.07	0.80	6.76	โค้งใน	uniform	93.00	4.40	2.37	0.28	0.0200	0.350	<0.40	73.70
CPNW_PSC02	851.07	0.80	6.76	โค้งใน	uniform	93.00	7.50	2.37	0.28	0.0200	0.350	<0.40	73.70
CPNW_PSC03	402.24	0.98	6.20	โค้งใน	uniform	93.00	6.70	2.26	0.34	0.0300	0.270	<0.40	75.70
CPCN_PSC01	1498.56	1.76	7.83	โค้งใน	uniform	6.55	6.50	4.41	0.19	0.0200	0.230	<0.40	75.70
CPCN_PSC02	1498.56	1.76	7.83	โค้งใน	uniform	6.55	6.50	4.41	0.19	0.0200	0.230	<0.40	75.70
CPCN_PSC03	1498.56	1.76	7.83	โค้งใน	uniform	6.55	6.50	4.41	0.19	0.0200	0.230	<0.40	75.70
PDSR_PSC01	251.37	1.43	8.37	โค้งใน	uniform	12.00	4.50	2.06	0.32	<0.0050	<0.020	<0.40	33.50
PDSR_PSC02	251.37	1.43	8.37	โค้งใน	uniform	12.00	4.60	2.26	0.30	<0.0050	0.115	<0.40	37.40
PDSR_PSC03	1054.48	1.28	9.81	โค้งใน	uniform	12.00	4.60	2.26	0.30	<0.0050	0.115	<0.40	37.40

ตารางที่ 6-2 ข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาของตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF

ตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF	ความหนาของชั้นหิน (ม.)	ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (ม./วัน)	ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ (มก./ล)	เหล็ก (มก./ล)	แมงกานีส (มก./ล)	ฟลูออไรด์ (มก./ล)	ความกระด้าง (มก./ล. ในรูปของ $CaCO_3$)
KKCR_PSC01	22	71.91	3.08	15.01	0.46	0.30	59.80
KKCR_PSC02	35	32.67	2.01	6.70	0.47	0.21	65.70
KKCR_PSC03	40	11.05	2.02	0.19	0.32	0.46	59.80
KKCR_PSC04	43	21.81	1.95	0.17	0.55	0.09	43.80
KKCR_PSC05	41	19.70	1.84	0.13	0.05	0.08	53.80
KKCR_PSC06	35	64.57	1.81	3.80	0.51	<0.01	29.90
PICM_PSC01	35	49.57	2.50	2.20	7.32	0.26	85.70
PICM_PSC02	20	109.85	1.00	1.21	0.87	0.44	61.80
PICM_PSC03	33	7.83	0.97	1.21	0.20	0.37	12.00
PICM_PSC04	35	32.81	1.64	5.81	1.04	0.40	43.80
PICM_PSC05	35	10.65	1.21	6.02	0.98	0.38	41.80
PICM_PSC06	35	39.16	1.32	6.01	0.80	0.50	57.80
PICM_PSC07	37	5.16	1.61	0.91	0.33	3.15	65.70
PICM_PSC08	37	14.04	1.86	0.95	0.25	2.35	130.00
WALP_PSC01	35	32.30	0.46	7.44	0.43	<0.01	27.90
WALP_PSC02	20	42.80	0.98	4.95	0.37	0.24	193.00
YOPR_PSC01	24	12.00	1.38	1.17	0.19	0.58	220.00
YOPR_PSC02	42	16.00	2.16	2.02	0.20	0.37	240.00
YOPR_PSC03	28	12.00	2.39	4.92	0.52	0.23	244.00
PIKP_PSC01	33	281.30	2.58	0.05	1.00	0.11	74.50
PIKP_PSC02	20	153.30	2.55	0.05	0.31	0.20	61.80
PIKP_PSC03	15	45.40	2.10	0.48	0.58	0.06	71.10
PIKP_PSC04	12	290.00	2.58	3.99	1.00	0.11	150
NNPC_PSC01	12	58.00	1.93	14.85	1.80	0.24	91.60
NNPC_PSC02	25	29.00	1.52	10.80	0.73	0.19	63.70
NNPC_PSC03	27	110.00	2.23	4.19	0.58	0.42	71.70
NNPC_PSC04	16	80.00	2.23	4.19	0.58	0.42	71.70
NNPC_PSC05	26	59.00	1.60	9.03	0.63	0.55	21.70
CPNW_PSC01	39	87.00	2.10	0.26	<0.005	0.66	67.70
CPNW_PSC02	35	17.00	1.99	0.77	0.53	0.67	102.00
CPNW_PSC03	37	48.00	1.29	7.10	3.51	0.42	108.00
CPCN_PSC01	32	32.00	3.13	0.20	0.91	0.57	83.70
CPCN_PSC02	30	23.00	3.54	3.66	1.75	0.84	173.00
CPCN_PSC03	26	7.00	3.64	0.31	0.27	0.71	95.60
PDSR_PSC01	8	80.00	1.64	15.26	0.52	<0.01	29.50
PDSR_PSC02	15	94.00	1.70	12.65	0.53	0.08	80.70
PDSR_PSC03	12	47.00	2.40	0.68	0.61	0.62	140.00

ตารางที่ 6-3 ระดับความเหมาะสมของปัจจัยด้านการประปาเพื่อพัฒนาระบบ RBF

ตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบRBF	ความเหมาะสมในการพัฒนาประปา	ความเหมาะสมในการเชื่อมระบบ RBF กับระบบผลิตของประปาส่วนภูมิภาค
KKCR_PSC01	สูง	สูง
KKCR_PSC02	สูง	ต่ำ
KKCR_PSC03	ปานกลาง	ต่ำ
KKCR_PSC04	ปานกลาง	ต่ำ
KKCR_PSC05	ปานกลาง	ต่ำ
KKCR_PSC06	ต่ำ	ต่ำ
PICM_PSC01	ปานกลาง	ปานกลาง
PICM_PSC02	ปานกลาง	ต่ำ
PICM_PSC03	สูง	ต่ำ
PICM_PSC04	สูง	ปานกลาง
PICM_PSC05	สูง	ปานกลาง
PICM_PSC06	ปานกลาง	ต่ำ
PICM_PSC07	สูง	ต่ำ
PICM_PSC08	สูง	ต่ำ
WALP_PSC01	ปานกลาง	ต่ำ
WALP_PSC02	ปานกลาง	ปานกลาง
YOPR_PSC01	สูง	ปานกลาง
YOPR_PSC02	ปานกลาง	ต่ำ
YOPR_PSC03	ต่ำ	ต่ำ
PIKP_PSC01	ปานกลาง	ต่ำ
PIKP_PSC02	ปานกลาง	ปานกลาง
PIKP_PSC03	สูง	ปานกลาง
PIKP_PSC04	ปานกลาง	สูง
NNPC_PSC01	ปานกลาง	ปานกลาง
NNPC_PSC02	ปานกลาง	ต่ำ
NNPC_PSC03	ปานกลาง	ต่ำ
NNPC_PSC04	สูง	ต่ำ
NNPC_PSC05	สูง	ต่ำ
CPNW_PSC01	ปานกลาง	ต่ำ
CPNW_PSC02	ต่ำ	ปานกลาง
CPNW_PSC03	สูง	ต่ำ
CPCN_PSC01	ต่ำ	สูง
CPCN_PSC02	สูง	ต่ำ
CPCN_PSC03	ต่ำ	ต่ำ
PDSR_PSC01	สูง	ต่ำ
PDSR_PSC02	สูง	ต่ำ
PDSR_PSC03	ต่ำ	ต่ำ

ตารางที่ 6-4 ผลการประเมินตำแหน่งศักยภาพ

ตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF	ฤดูกาล	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม./ชม.)			อัตราส่วน
		น้ำผิวดิน	น้ำบาดาล	รวม	น้ำผิวดิน : น้ำบาดาล
KKCR_PSC01	ฤดูฝน	1,988	1,088	3,075	65:35
	ฤดูแล้ง	1,713	938	2,650	
KKCR_PSC02	ฤดูฝน	2,575	750	3,325	65:35
	ฤดูแล้ง	2,308	675	2,983	
KKCR_PSC03	ฤดูฝน	947	516	1,463	65:35
	ฤดูแล้ง	947	514	1,461	
KKCR_PSC04	ฤดูฝน	1,763	779	2,542	69:31
	ฤดูแล้ง	1,729	771	2,500	
KKCR_PSC05	ฤดูฝน	1,550	717	2,267	68:32
	ฤดูแล้ง	1,621	729	2,350	
KKCR_PSC06	ฤดูฝน	1,450	475	1,925	75:25
	ฤดูแล้ง	1,483	483	1,967	
PICM_PSC01	ฤดูฝน	1,900	188	2,088	91:9
	ฤดูแล้ง	1,767	175	1,942	
PICM_PSC02	ฤดูฝน	6,658	663	7,321	91:9
	ฤดูแล้ง	6,454	642	7,096	
PICM_PSC03	ฤดูฝน	650	104	754	86:14
	ฤดูแล้ง	625	100	725	
PICM_PSC04	ฤดูฝน	1,721	625	2,346	73:27
	ฤดูแล้ง	1,383	504	1,888	
PICM_PSC05	ฤดูฝน	1,600	479	2,079	77:23
	ฤดูแล้ง	1,267	379	1,646	
PICM_PSC06	ฤดูฝน	2,758	900	3,658	75:25
	ฤดูแล้ง	2,117	688	2,804	
PICM_PSC07	ฤดูฝน	1,321	283	1,604	82:18
	ฤดูแล้ง	1,296	275	1,571	
PICM_PSC08	ฤดูฝน	667	471	1,138	59:41
	ฤดูแล้ง	667	471	1,138	
WALP_PSC01	ฤดูฝน	588	363	950	62:38
	ฤดูแล้ง	517	321	838	
WALP_PSC02	ฤดูฝน	688	108	796	86:14
	ฤดูแล้ง	638	100	738	
YOPR_PSC01	ฤดูฝน	638	104	742	86:14
	ฤดูแล้ง	546	92	638	
YOPR_PSC02	ฤดูฝน	754	125	879	86:14
	ฤดูแล้ง	650	108	758	
YOPR_PSC03	ฤดูฝน	133	33	167	80:20
	ฤดูแล้ง	117	29	146	

ตารางที่ 6-4 ผลการประเมินตำแหน่งศักยภาพ (ต่อ)

ตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF	ฤดูกาล	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม./ชม.)			อัตราส่วน
		น้ำผิวดิน	น้ำบาดาล	รวม	น้ำผิวดิน : น้ำบาดาล
PIKP_PSC01	ฤดูฝน	2,071	279	2,350	88:12
	ฤดูแล้ง	2,050	275	2,325	
PIKP_PSC02	ฤดูฝน	1,233	138	1,371	90:10
	ฤดูแล้ง	1,225	133	1,358	
PIKP_PSC03	ฤดูฝน	821	125	946	87:13
	ฤดูแล้ง	817	117	933	
PIKP_PSC04	ฤดูฝน	22,367	2,029	24,396	91:9
	ฤดูแล้ง	22,109	2,096	24,205	
NNPC_PSC01	ฤดูฝน	2,300	560	2,860	81:19
	ฤดูแล้ง	1,500	350	1,850	
NNPC_PSC02	ฤดูฝน	2,800	500	3,300	85:15
	ฤดูแล้ง	1,900	340	2,240	
NNPC_PSC03	ฤดูฝน	7,000	1,350	8,350	84:16
	ฤดูแล้ง	4,900	950	5,850	
NNPC_PSC04	ฤดูฝน	4,300	680	4,980	87:13
	ฤดูแล้ง	2,800	420	3,220	
NNPC_PSC05	ฤดูฝน	7,700	1,400	9,100	85:15
	ฤดูแล้ง	5,200	900	6,100	
CPNW_PSC01	ฤดูฝน	17,000	4,100	21,100	81:19
	ฤดูแล้ง	13,700	3,300	17,000	
CPNW_PSC02	ฤดูฝน	14,500	2,500	17,000	84:16
	ฤดูแล้ง	11,200	2,100	13,300	
CPNW_PSC03	ฤดูฝน	11,400	2,180	13,580	84:16
	ฤดูแล้ง	9,000	1,700	10,700	
CPCN_PSC01	ฤดูฝน	5,654	879	6,533	61:39
	ฤดูแล้ง	425	663	1,088	
CPCN_PSC02	ฤดูฝน	2,196	308	2,504	88:12
	ฤดูแล้ง	1,688	242	1,929	
CPCN_PSC03	ฤดูฝน	1,463	200	1,663	88:12
	ฤดูแล้ง	1,138	154	1,292	
PDSR_PSC01	ฤดูฝน	900	150	1,050	85:15
	ฤดูแล้ง	700	120	820	
PDSR_PSC02	ฤดูฝน	780	190	970	79:21
	ฤดูแล้ง	580	150	730	
PDSR_PSC03	ฤดูฝน	1,180	260	1,440	81:19
	ฤดูแล้ง	940	220	1,160	

ตารางที่ 6-5 ผลการออกแบบระบบ RBF โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF	พื้นที่ได้รับผลกระทบจากการลดระดับของน้ำบาดาล (ไร่)	ครัวเรือนได้รับผลกระทบจากการลดระดับของน้ำบาดาล (หลังคาเรือน)	พื้นที่ชุ่มน้ำ	ครัวเรือนในรัศมี 1 กม.
KKCR_PSC01	25	0	แม่น้ำกก	698
KKCR_PSC02	12	0	แม่น้ำกก	531
KKCR_PSC03	17	1	แม่น้ำกก	153
KKCR_PSC04	84	0	แม่น้ำกก	294
KKCR_PSC05	115	0	แม่น้ำกก	155
KKCR_PSC06	49	20	แม่น้ำกก	144
PICM_PSC01	425	140	แม่น้ำปิง	345
PICM_PSC02	15	0	แม่น้ำปิง	300
PICM_PSC03	6	0	แม่น้ำปิง	900
PICM_PSC04	230	44	แม่น้ำปิง	545
PICM_PSC05	6	2	แม่น้ำปิง	488
PICM_PSC06	22	7	แม่น้ำปิง	376
PICM_PSC07	127	84	แม่น้ำปิง	357
PICM_PSC08	44	7	แม่น้ำปิง	400
WALP_PSC01	129	54	แม่น้ำวัง	734
WALP_PSC02	156	80	แม่น้ำวัง	1329
YOPR_PSC01	150	21	แม่น้ำยม	168
YOPR_PSC02	132	15	แม่น้ำยม	136
YOPR_PSC03	430	110	แม่น้ำยม	179
PIKP_PSC01	22	6	แม่น้ำปิง	140
PIKP_PSC02	22	7	แม่น้ำปิง	198
PIKP_PSC03	128	46	แม่น้ำปิง	125
PIKP_PSC04	107	11	แม่น้ำปิง	58
NNPC_PSC01	4	0	แม่น้ำน่าน	225
NNPC_PSC02	4	0	แม่น้ำน่าน	213
NNPC_PSC03	5	0	แม่น้ำน่าน	149
NNPC_PSC04	17	2	แม่น้ำน่าน	179
NNPC_PSC05	8	0	แม่น้ำน่าน	310
CPNW_PSC01	3	1	แม่น้ำเจ้าพระยา	179
CPNW_PSC02	4	6	แม่น้ำเจ้าพระยา	140
CPNW_PSC03	3	6	แม่น้ำเจ้าพระยา	295
CPCN_PSC01	14	3	แม่น้ำเจ้าพระยา	295
CPCN_PSC02	49	6	แม่น้ำเจ้าพระยา	140
CPCN_PSC03	38	1	แม่น้ำเจ้าพระยา	158
PDSR_PSC01	2	1	แม่น้ำพุมดวง	103
PDSR_PSC02	62	2	แม่น้ำพุมดวง	116
PDSR_PSC03	6	4	แม่น้ำพุมดวง	127

ตารางที่ 6-6 ผลกระทบจากการก่อสร้างระบบ RBF

ตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF	ปริมาณการใช้น้ำที่ปลอดภัย (ลบ.ม./ชม.)	ปริมาณน้ำที่ต้องการผลิต (ลบ.ม./ชม.)	ขนาดท่อรวมน้ำ (ม.)	ความยาวท่อกรอง (ม.)	จำนวนท่อกรอง (ท่อ)	ความลึกถึงท่อกรอง (ม.)	ระยะห่างจากฝั่งแม่น้ำ (ม.)
KKCR_PSC01	2,650	1,200	3.2	85	6	16	30
KKCR_PSC02	2,983	1,200	3.2	65	4	16	30
KKCR_PSC03	1,461	1,200	3.2	95	6	16	30
KKCR_PSC04	2,500	1,200	3.2	70	4	16	30
KKCR_PSC05	2,350	1,200	3.2	55	8	16	30
KKCR_PSC06	1,967	1,300	3.2	75	8	16	30
PICM_PSC01	1,942	1,000	3.2	60	4	20	30
PICM_PSC02	7,096	4,600*	3.2	55	6	20	30
PICM_PSC03	725	500	3.2	75	8	20	30
PICM_PSC04	1,888	1,000	3.2	67	4	20	30
PICM_PSC05	1,646	1,000	3.2	60	6	20	30
PICM_PSC06	2,804	1,000	3.2	50	4	20	30
PICM_PSC07	1,571	500	3.2	80	8	20	30
PICM_PSC08	1,138	900	3.2	90	8	20	30
WALP_PSC01	838	600	3.2	55	6	18	30
WALP_PSC02	738	600	3.2	50	6	18	30
YOPR_PSC01	638	500	3.2	70	4	22	30
YOPR_PSC02	758	500	3.2	55	4	22	30
YOPR_PSC03	146	500	3.2	85	4	22	30
PIKP_PSC01	2,325	600	3.0	30	4	22	30
PIKP_PSC02	1,358	600	3.0	65	4	16	30
PIKP_PSC03	933	600	3.0	75	6	16	30
PIKP_PSC04	24,396	600	3.0	50	6	11	30
NNPC_PSC01	1,850	500	3.2	45	4	20	30
NNPC_PSC02	2,240	500	3.2	15	4	25	30
NNPC_PSC03	5,850	500	3.2	20	4	25	30
NNPC_PSC04	3,220	500	3.2	20	4	25	30
NNPC_PSC05	6,100	500	3.2	20	4	25	30
CPNW_PSC01	17,000	500	3.2	22	4	20	30
CPNW_PSC02	13,300	500	3.2	50	4	20	30
CPNW_PSC03	10,700	500	3.2	30	4	20	30
CPCN_PSC01	1,088	500	3.2	30	3	25	30
CPCN_PSC02	1,929	500	3.2	20	4	25	30
CPCN_PSC03	1,292	500	3.2	100	4	25	30
PDSR_PSC01	820	500	3.2	35	4	10	30
PDSR_PSC02	730	500	3.2	30	4	15	30
PDSR_PSC03	1,160	500	3.2	25	4	15	30

ตารางที่ 6-7 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์

ตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF	ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์			ราคาค่าน้ำ (บาท/ลบ.ม.) ณ จุดคุ้มทุน (B/C = 1)
	NPV (ล้าน บาท)	B/C Ratio (เท่า)	EIRR (%)	
KKCR_PSC01	56.2	1.9	34.2%	3.26
KKCR_PSC02	19.3	1.3	15.3%	4.62
KKCR_PSC03	19.3	1.1	11.8%	5.76
KKCR_PSC04	19.3	1.3	15.3%	4.66
KKCR_PSC05	19.3	1.2	14.4%	4.88
KKCR_PSC06	19.3	1.2	13.5%	4.84
PICM_PSC01	63.7	1.5	28.1%	2.52
PICM_PSC02	80.1	1.6	42.4%	2.20
PICM_PSC03	-42.0	0.5	-2.3%	3.52
PICM_PSC04	69.7	1.6	31.9%	1.93
PICM_PSC05	48.4	1.4	24.2%	2.21
PICM_PSC06	77.5	1.5	29.1%	2.14
PICM_PSC07	-63.6	0.4	-3.2%	4.37
PICM_PSC08	-22.9	0.8	5.2%	2.92
WALP_PSC01	-22.1	0.7	3.3%	3.56
WALP_PSC02	-22.9	0.7	2.2%	4.17
YOPR_PSC01	-33.0	0.3	-8.5%	18.87
YOPR_PSC02	-33.8	0.4	-5.7%	8.07
YOPR_PSC03	-32.5	0.4	-6.1%	9.43
PIKP_PSC01	-3.6	0.9	8.0%	7.10
PIKP_PSC02	-29.6	0.6	0.5%	7.72
PIKP_PSC03	-39.6	0.5	-1.8%	9.46
PIKP_PSC04	5.1	1.1	15.7%	3.8
NNPC_PSC01	4.1	1.3	22.0%	8.35
NNPC_PSC02	2.5	1.1	13.9%	10.91
NNPC_PSC03	6.7	1.5	34.8%	7.97
NNPC_PSC04	6.7	1.5	34.8%	7.97
NNPC_PSC05	6.7	1.5	34.8%	7.97
CPNW_PSC01	-6.0	0.9	7.2%	12.01
CPNW_PSC02	-3.6	0.9	7.8%	12.21
CPNW_PSC03	-7.9	0.9	6.5%	11.56
CPCN_PSC01	-7.4	0.8	1.3%	5.45
CPCN_PSC02	-23.0	0.4	-13.2%	31.93
CPCN_PSC03	-54.1	0.4	-4.3%	7.49
PDSR_PSC01	-23.9	0.7	3.0%	25.04
PDSR_PSC02	-7.1	0.9	7.3%	21.99
PDSR_PSC03	-32.5	0.6	-2.5%	66.34

บทที่ 7

การจัดทำแผนหลักเพื่อการพัฒนาระบบ RBF

7.1 หลักการและสาระสำคัญของแผนหลักระบบ RBF

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จัดทำแผนหลักการพัฒนาระบบ RBF ภายใต้แผนแม่บทเพื่อการพัฒนาและอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555 - 2559 ยุทธศาสตร์ที่ 3: พัฒนาน้ำบาดาลเพื่อใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนและกลยุทธ์ที่ 17 เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำบาดาลโดยเทคโนโลยีที่ทันสมัยในการจัดระบบการกระจายน้ำ โดยกำหนดให้แผนแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ระยะละ 5 ปี คือ ระยะสั้น พ.ศ.2554 - 2558 ระยะกลาง พ.ศ.2559 - 2563 และระยะยาว พ.ศ.2564 - 2568 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการพัฒนาระบบ RBF เกิดขึ้นใน 2 ทาง คือ 1) จำนวนครัวเรือนที่ได้รับผลประโยชน์หรือตอบสนองความต้องการใช้น้ำ และ 2) มูลค่าที่ประหยัดได้เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยใช้น้ำผิวดิน

7.2 แผนหลักการพัฒนาระบบ RBF

แผนหลักการพัฒนาระบบ RBF ทั้งสามระยะคือ ระยะสั้น กลาง และยาว ประกอบด้วยโปรแกรมของโครงการต่างๆ ที่เกื้อหนุนซึ่งกันและกันที่ต้องดำเนินการตามลำดับ 4 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรมที่ 1 สำรวจ วิจัย สร้าง ความรู้และบุคลากรเพื่อการพัฒนาระบบ RBF (แผนระยะสั้น) โปรแกรมที่ 2 การวางแผนเชิงปฏิบัติการเพื่อขยายระบบ RBF (แผนระยะสั้น) โปรแกรมที่ 3 ส่งเสริมให้เกิดการนำระบบ RBF ไปสู่การปฏิบัติ (แผนระยะกลาง) และโปรแกรมที่ 4 คือ การติดตาม ประเมินผล และขยายงาน (แผนระยะยาว) สามารถสรุปได้ดังนี้

7.2.1 แผนระยะสั้น

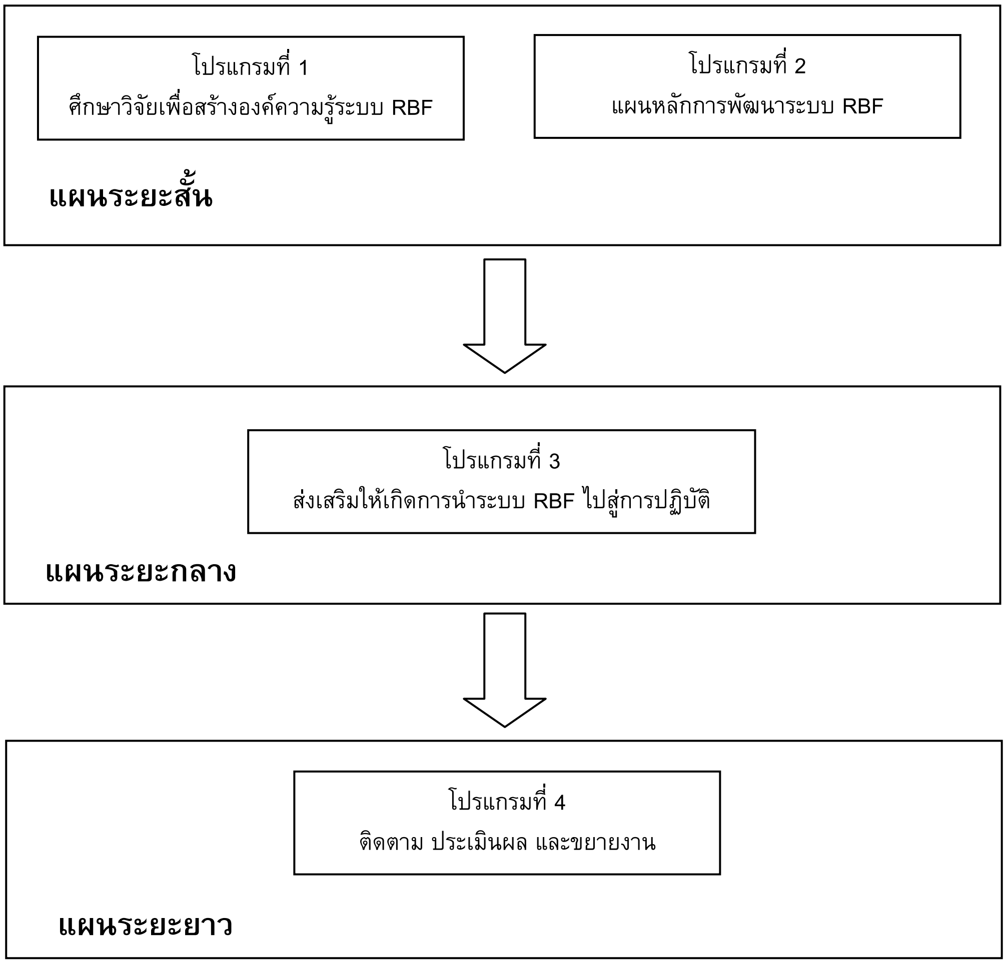
แผนระยะสั้น ประกอบด้วย 2 โปรแกรม คือ โปรแกรมที่ 1 การสำรวจ การวิจัย การสร้างองค์ความรู้และบุคคลากรเพื่อการพัฒนาระบบ RBF และโปรแกรมที่ 2 การวางแผนเชิงปฏิบัติการเพื่อขยายระบบ RBF ให้ความสำคัญกับการจัดการองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบ RBF การสร้างฐานข้อมูลพื้นที่ที่มีศักยภาพของการพัฒนาระบบ RBF การสร้างบุคลากรของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และทำก่อสร้างโครงการนำร่อง 2 ตำแหน่งซึ่งทำการคัดเลือกจาก 4 พื้นที่ที่มีศักยภาพสูงได้แก่ พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พื้นที่จังหวัดชัยนาท-อุทัยธานี พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร และพื้นที่เชียงใหม่-ลำพูน (**รูปที่ 7-1** และ**ตารางที่ 7-1**)

7.2.2 แผนระยะกลาง

แผนระยะกลางนี้ประกอบด้วยโปรแกรมที่ 3 คือ ส่งเสริมให้เกิดการนำระบบ RBF ไปสู่การปฏิบัติ เป็นการการผลักดันให้ระบบ RBF มีการใช้งานเพื่อการผลิตน้ำอุปโภค-บริโภค หรืออุตสาหกรรม อย่างเป็นรูปธรรมในอนาคต ทำการประชาสัมพันธ์ และส่งเสริมการมีส่วนร่วม ให้หน่วยงานอื่นๆ เข้าใจ เห็นประโยชน์ของระบบ เช่น การประปาส่วนภูมิภาค กรมทรัพยากรน้ำบาดาล องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และบริษัทผลิตน้ำประปาเอกชน และมีความรู้ความสามารถในการก่อสร้าง และดูแลระบบเพียงพอที่จะมั่นใจและตัดสินใจลงทุนดำเนินการสร้างระบบ RBF ขึ้นมาใช้ ในพื้นที่ศักยภาพระดับกลาง ได้แก่ พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ พื้นที่อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ พื้นที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 35 ตำแหน่ง ใน 9 พื้นที่ศักยภาพ ดัง**รูปที่ 7-1** โครงการตามแผนแสดงใน**ตารางที่ 7-1**

7.2.3 แผนระยะยาว

แผนงานระยะยาวประกอบด้วย โปรแกรมที่ 4 ติดตาม ประเมินผล และขยายงาน ซึ่งประกอบด้วย 2 โครงการ ได้แก่ โครงการติดตาม ประเมินผล ระบบนำร่องระบบ RBF และโครงการสำรวจเพื่อขยายพื้นที่ศักยภาพระบบ RBF ที่เป็นการดำเนินการสำรวจพื้นที่ศักยภาพเพิ่มเติมในพื้นที่ที่มีศักยภาพหรือในพื้นที่ที่มีความต้องการใช้น้ำสูงแต่เป็นพื้นที่ยังขาดข้อมูลขั้นพื้นฐานในการก่อสร้างระบบ RBF ยังต้องมีการสำรวจความเหมาะสมในขั้นรายละเอียดเพิ่มเติม เช่น พื้นที่อำเภอเชียงแสน และอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย พื้นที่อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย พื้นที่อำเภอสามเงา อำเภอเมือง และอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม และพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นต้น ดังแสดงใน**รูปที่ 7-1** ใน**ตารางที่ 7-1**



รูปที่ 7-1 กระบวนการดำเนินงานเพื่อการพัฒนาระบบ RBF ตามแผนงานระยะต่างๆ

ตารางที่ 7-1 สรุปโครงการตามโปรแกรมระยะต่างๆ

ลำดับ	ชื่อโครงการ	ปีงบประมาณ	งบประมาณ (ล้านบาท)	หน่วยงาน
แผนระยะสั้น พ.ศ.2554-2558				
โปรแกรมที่ 1	**สำรวจ วิจัย สร้างองค์ความรู้และบุคลากรเพื่อการพัฒนาระบบ RBF**			
โครงการ 1.1	การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัย: การศึกษาศักยภาพการพัฒนาระบบ RBF (phase 1)	2553-2554	-	ทบ.
โครงการ 1.2	การก่อสร้างระบบ RBF ในพื้นที่นำร่อง	2555-2557	300	ทบ. และ กปภ.
โครงการ 1.3	การทดลองเดินระบบสูบน้ำและดูแลรักษาระบบ RBF ในพื้นที่นำร่อง	2557	40	ทบ. และ กปภ.
โครงการ 1.4	การจัดทำคู่มือการพัฒนาและดูแลรักษาระบบ RBF	2558	10	ทบ.
โครงการ 1.5	การพัฒนาบุคลากรเพื่อรองรับการพัฒนาระบบ RBF	2555-2558	10	ทบ.
โปรแกรมที่ 2	**จัดทำแผนหลักการพัฒนาระบบ RBF**			
โครงการ 2.1	การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัย: การจัดทำแผนหลัก (phase 1)	2553-2554	-	ทบ.และ กปภ.
แผนระยะกลาง พ.ศ. 2559-2563				
โปรแกรมที่ 3	**ส่งเสริมให้เกิดการนำระบบ RBF ไปสู่การปฏิบัติ**			
โครงการ 3.1	การประชาสัมพันธ์ และส่งเสริมการมีส่วนร่วม และสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	2559-2563	10	ทบ. อปท. และ กปภ.
โครงการ 3.2	การฝึกอบรมและถ่ายทอดองค์ความรู้แก่บุคลากรของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	2559-2563	10	ทบ. อปท. และ กปภ.
แผนระยะยาว พ.ศ. 2564-2568				
โปรแกรมที่ 4	**ติดตาม ประเมินผล และขยายงาน**			
โครงการ 4.1	การติดตาม ประเมินผล ระบบนำร่องและการขยายงานระบบ RBF	2564-2568	20	ทบ.
โครงการ 4.2	การสำรวจพื้นที่ศักยภาพเพิ่มเติมและขยายผลสู่หน่วยงานท้องถิ่น	2564-2568	200	ทบ. อปท. และ กปภ.

หมายเหตุ ทบ. คือ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กปภ. คือ การประปาส่วนภูมิภาค และ อปท. คือ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

บทที่ 8

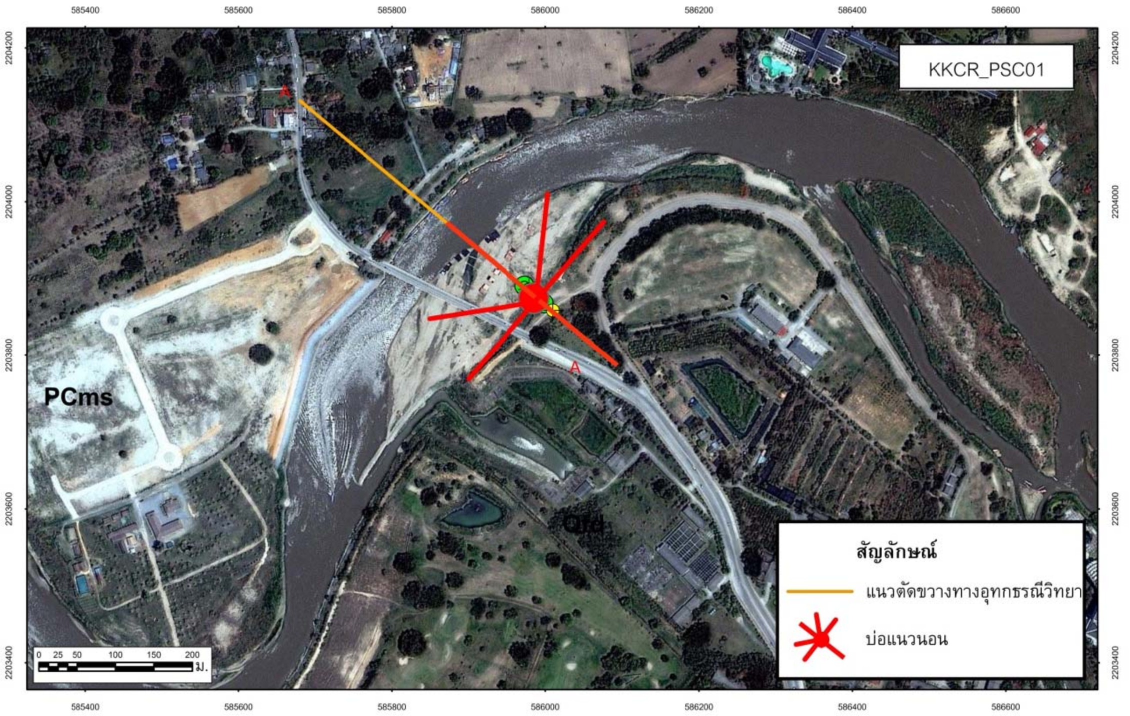
การออกแบบและบริหารจัดการเบื้องต้นระบบ RBF นำร่อง

การออกแบบทางวิศวกรรมเบื้องต้น แนวทางการเชื่อมต่อระบบประปา และดำเนินการประมวลผลด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และผลประโยชน์จากระบบ RBF ในพื้นที่ศักยภาพสูง 3 พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร และ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี สรุปได้ดังนี้

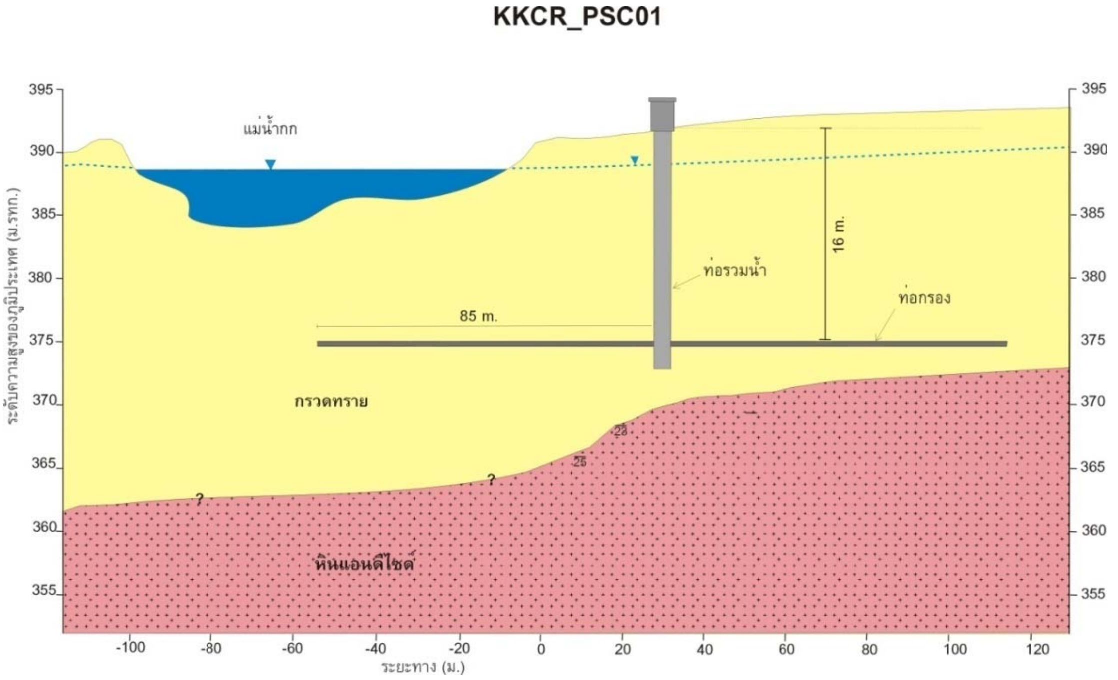
8.1 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

8.1.1 ความเหมาะสมของระบบ RBF

ตำแหน่งที่เหมาะสมมากที่สุดของตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย คือ บริเวณตำแหน่งที่ 1 หรือ ตำแหน่ง KKCR_PSC01 ซึ่งเป็นพื้นที่สาธารณะของเทศบาลเมืองเชียงราย บริเวณโค้งน้ำด้านในของแม่น้ำกกใกล้สะพานแม่ฟ้าหลวงติดกับพื้นที่ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเชียงราย ตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย (**รูปที่ 8-1** และ **8-2**) เป็นพื้นที่ที่มีลักษณะทางอุทกวิทยาและอุทกธรณีวิทยาเหมาะสม คือ มีตำแหน่งอยู่ในโค้งของแม่น้ำที่เหมาะสมสำหรับการรับน้ำจากหลายทิศทางเนื่องจากเป็นเส้นทางการไหลของน้ำตามธรรมชาติ มีน้ำผิวดินไหลตลอดปีและมีชั้นน้ำบาดาลเป็นกรวดทรายหนามากกว่า 20 เมตร คุณภาพน้ำบาดาลและน้ำผิวดินอยู่ในระดับที่สามารถพัฒนาระบบ RBF ได้ การประเมินปริมาณการใช้น้ำที่ปลอดภัยพบว่าหากพัฒนาบ่อแนวนอนที่ตำแหน่งนี้จะมีปริมาณการใช้น้ำที่ปลอดภัยที่ประมาณ 2,650 ลบ.ม./ชม. และมีผลกระทบจากการสูบน้ำด้วยระบบ RBF กับพื้นที่โดยรอบเพียง น้อยมาก



รูปที่ 8-1 ตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF แบบบ่อแนวนอน พื้นที่จังหวัดเชียงราย



รูปที่ 8-2 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาและการตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF แบบบ่อแนวนอน พื้นที่จังหวัดเชียงราย

8.1.2 การออกแบบระบบ RBF

จากผลการศึกษารายละเอียดในพื้นที่และการประเมินพื้นที่จากการลงพื้นที่ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศสามารถสรุปได้ว่า ข้อได้เปรียบของการพัฒนาระบบ RBF ณ ตำแหน่ง KKCR_PSC01 คือ

- ตำแหน่งนี้อยู่ในโค้งของแม่น้ำที่เหมาะสม
- สามารถสร้างบ่อ RBF ได้ทั้ง 2 รูปแบบ คือ บ่อน้ำบาดาลที่ใช้ท่อกรองแนวตั้ง (vertical well) และบ่อน้ำบาดาลที่ใช้ท่อกรองแนวนอน (horizontal well)
- มีบ่อสังเกตการณ์และผลการศึกษาขั้นรายละเอียดทางอุทกธรณีวิทยาเดิมที่ดำเนินการไว้ในระยะที่ 1 ที่สามารถใช้เป็นบ่อในการติดตามตรวจสอบในการศึกษาในระยะที่ 2 และ 3 ได้
- คุณภาพน้ำบาดาลอยู่ในระดับที่สามารถพัฒนาระบบ RBF ได้แสดงใน**ตารางที่ 8-1** และ **8-2**

ตารางที่ 8-1 รายละเอียดบ่อ RBF พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

รายการ	จำนวน	หน่วย
ความลึกบ่อรวบรวมน้ำ	18	เมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	3.20	เมตร
ความหนากำแพง	0.60	เมตร
ความลึกของท่อกรอง	16	เมตร
จำนวนท่อกรอง	6	ท่อ
ความยาวท่อกรอง	85	เมตร
ความยาวรวมท่อกรอง	510	เมตร

ตารางที่ 8-2 รายการก่อสร้างบ่อ RBF พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

ลำดับ	รายการ	หน่วย	จำนวน	ราคา/หน่วย	รวม
1	**ระบบผลิตน้ำดิบ**				**35,997,400**
1.1	ก่อสร้างบ่อสูบน้ำแนวนอน (RC well)	บ่อ	1		12,377,400
	ก่อสร้างท่อรวบรวมน้ำ (Caisson) ขนาด 3.2 ม. ลึก 18 ม.	บ่อ	1	1,157,4 00	1,157,400
	ติดตั้งท่อกรองแนวนอน (lateral screen)	เมตร	510	22,000	11,220,000
1.2	ก่อสร้างโรงสูบน้ำ	โรง	1	500,000	500,000
1.3	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำพร้อมมอร์เตอร์ vertical turbine ขนาด 132 KW 175 HP จำนวน 2 ชุด ชุดละ 2 เครื่อง เนื่องจากแต่ละชุดมีอายุการใช้งานเพียง 5 ปี	เครื่อง	4	5,780,000	23,120,000
1.4	วางท่อส่งน้ำดิบ ขนาด 500 มม.	เมตร	200	3,710	742,000
2	**ระบบผลิตน้ำประปา**				**37,882,000**
2.1	ก่อสร้างถังน้ำใส ขนาด 4000 ลบ.ม.	ถัง	2	15,959,000	31,918,000
2.2	ก่อสร้างโรงเก็บจ่ายสารเคมี ขนาด 7 x 12 ม.	โรง	1	888,000	888,000
2.3	ติดตั้งเครื่องจ่ายแกสคลอรีน พร้อมอุปกรณ์นิรภัย 6 Kg/H	ชุด	2	1,038,000	2,076,000
2.4	ประสานท่อภายในระบบประปา	งาน	1	3,000,000	3,000,000
3	**ระบบจ่ายน้ำประปา**				**537,000**
3.1	วางระบบท่อจ่ายน้ำ ขนาด 600 มม.	เมตร	100	5,370	537,000
4	**อื่น ๆ**				**12,077,000**
4.1	เช่าที่ดินหรือซื้อที่ดินขนาด 5 ไร่	ไร่	5		0
4.2	ถมดินและปรับบริเวณ	งาน	1	2,000,000	2,000,000
4.3	ก่อสร้างถนน คสล.	ตร.ม.	1000	680	680,000
4.4	ติดตั้งระบบไฟฟ้ากำลังและแสงสว่าง	งาน	1	2,500,000	2,500,000
4.5	ติดตั้งระบบควมคุมอัตโนมัต	งาน	2	2,000,000	4,000,000
4.6	ก่อสร้างโรงเก็บท่อและอุปกรณ์ ขนาด 7 x 12 ม.	โรง	1	697,000	697,000
4.7	ค่าออกแบบรายละเอียด	ครั้ง	1	700,000	700,000
4.8	ค่าควบคุมงานก่อสร้าง	ครั้ง	1	1,500,000	1,500,000
	รวมเงินงบประมาณ				**86,493,400**
	รวมค่าเผื่อเหลือเผื่อขาด 10 %				**95,142,740**

8.1.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

หากมีการพัฒนาโครงการในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย เมื่อประเมินจาก ระบบ RBF ในปริมาณการสูบที่ได้ออกแบบตามความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นของการประปาส่วนภูมิภาคในอีก 10 ปีข้างหน้า มีปริมาณที่ต้องการผลิต 1,200 ลบ.ม./ชม. พบว่า มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 25 ไร่ ไม่มีครัวเรือนได้รับผลกระทบจากการลดลงของระดับน้ำ

8.1.4 เศรษฐศาสตร์

การประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ แบ่งเป็นผลประโยชน์ของผู้ใช้น้ำ มูลค่าประหยัดค่าลงทุนขยายกำลังการผลิตน้ำ และมูลค่าประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต การคำนวณหาผลประโยชน์ของผู้ใช้น้ำดำเนินการโดยใช้มูลค่าผลประโยชน์ของผู้ใช้น้ำในอัตรา 1 บาท/ลบ.ม. ตามผลการประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์คูณกับปริมาณความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยรายปีตลอดอายุโครงการ (ระยะเวลา 10 ปี) คิดเป็นมูลค่ารวมของผลประโยชน์ของผู้ใช้น้ำประมาณ 172.53 ล้านบาท มูลค่าประหยัดค่าลงทุนก่อสร้างโรงผลิตน้ำประปา ดำเนินการโดยการเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างโรงผลิตน้ำประปาแบบดั้งเดิมกับโรงผลิตน้ำประปาด้วยระบบ RBF ในขนาดกำลังผลิตที่เท่ากันในกรณีนี้ คือ 1,200 ลบ.ม./ชม. มูลค่าที่ประหยัดได้เท่ากับ 77.72 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดในการผลิตน้ำเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการลดสารเคมีในขบวนการผลิตน้ำมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.15 บาท/ลบ.ม. และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 0.41 บาท/ลบ.ม.

จากต้นทุนและผลประโยชน์ที่ประเมินได้ข้างต้น กำหนดอายุโครงการ 10 ปี จากนั้นจึงคำนวณหาดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ ค่าดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ที่สูงกว่าเกณฑ์ทั้งหมด กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการมีค่าเป็นบวก อัตราผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่ามากกว่า 1 และมีอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) สูงกว่าร้อยละ 10 ดังนั้น ตำแหน่ง KKCR_PSC01 มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีค่า NPV จำนวน 56.24 ล้านบาท ค่า B/C Ratio 2.11 เท่า และ EIRR มีค่า 51% และราคาค่าน้ำประปาที่จุดคุ้มทุนเท่ากับ 3.07 บาท/ลบ.ม.

8.1.5 ผลประโยชน์จากระบบ RBF

ผลประโยชน์จากระบบ RBF สามารถพิจารณาได้ 2 ทาง ได้แก่ จำนวนผู้ใช้น้ำหรือครัวเรือนที่ได้รับประโยชน์ และ มูลค่าที่ระบบ RBF สามารถประหยัดได้เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยใช้น้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำดิบ เมื่อแบ่งการพิจารณาผลประโยชน์ออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่มีการพัฒนาระบบ RBF เต็มศักยภาพของพื้นที่ และ กรณีที่พัฒนาระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 1,200 ลบ.ม./ชม.

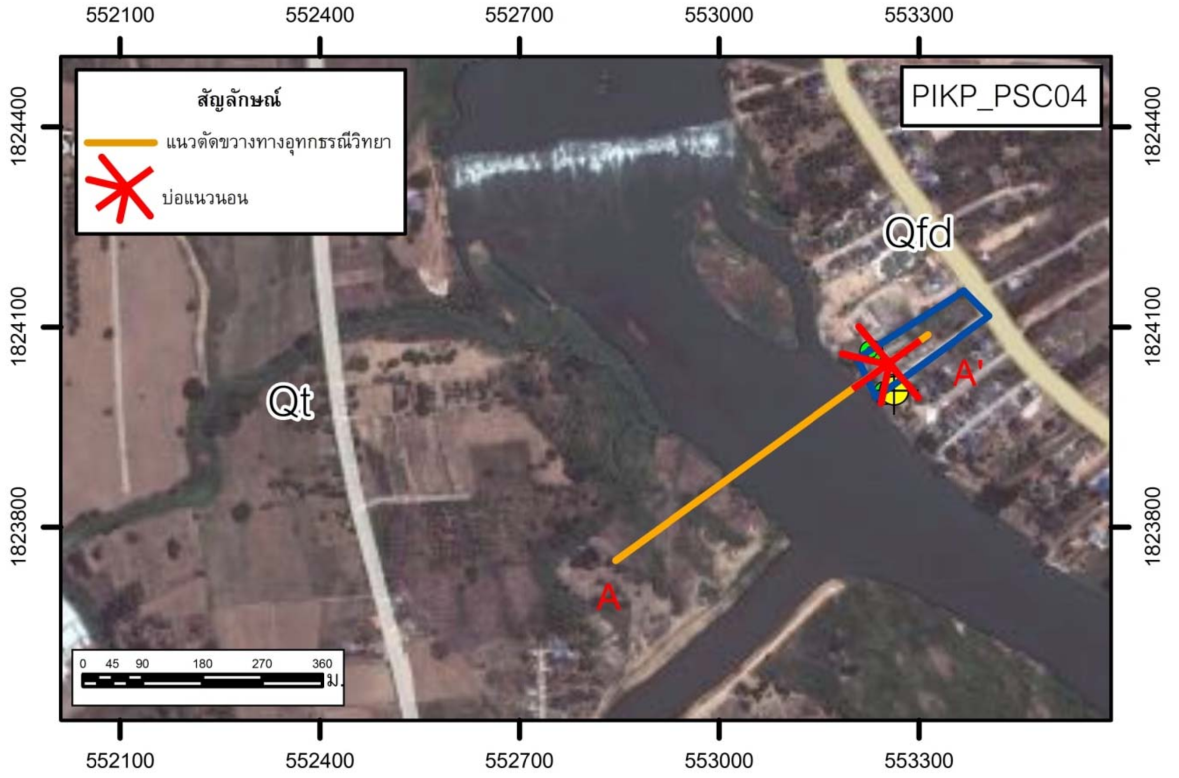
กรณีที่มีการพัฒนาระบบ RBF เต็มศักยภาพของพื้นที่ จะสามารถผลิตน้ำได้ 2,650 ลบ.ม./ชม. ผลิตน้ำวันละ 16 ชม. มีมูลค่าการก่อสร้างระบบที่สามารถประหยัดได้ จำนวน 155 ล้านบาท และ สามารถประหยัดค่าเดินระบบได้จำนวน 86.7 ล้านบาท

กรณีพัฒนาระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 1,200 ลบ.ม./ชม. ซึ่งเป็นกำลังการผลิตของระบบ RBF ตามความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นใน 10 ปีข้างหน้าของพื้นที่ มีมูลค่าการก่อสร้างระบบที่สามารถประหยัดได้ จำนวน 77.72 ล้านบาท และ สามารถประหยัดค่าเดินระบบได้จำนวน 39.2 ล้านบาท

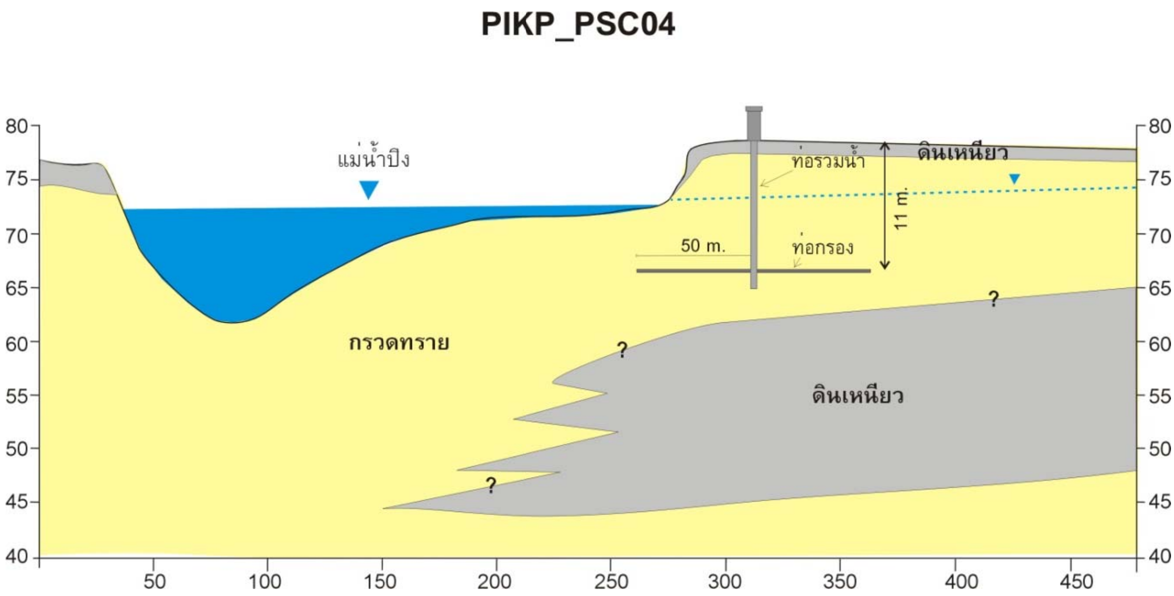
8.2 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

8.2.1 ความเหมาะสมของระบบ RBF

ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ตำแหน่ง PIKP_PSC04 คือ ตำแหน่งที่มีศักยภาพสูงในการสร้างระบบ RBF นำร่อง ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ในพื้นที่สถานีผลิตน้ำหนองปลิง ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขากำแพงเพชร (**รูปที่ 8-3 และ 8-4**) จากการสำรวจลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ของการประปาส่วนภูมิภาค พบว่าชั้นน้ำบาดาลมีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านอยู่ในช่วง 100-290 ม./วัน มีความหนาของชั้นน้ำบาดาลประมาณ 8-10 ม. สถานีผลิตน้ำหนองปลิงตั้งอยู่บริเวณท้ายฝายกั้นน้ำของกรมชลประทานประมาณ 1 กม. ทำให้น้ำผิวดินมีคุณภาพค่อนข้างดี การประเมินปริมาณการใช้น้ำที่ปลอดภัยพบว่าหากพัฒนาบ่อแนวนอนที่ตำแหน่งนี้จะมีปริมาณการใช้น้ำที่ปลอดภัยที่ประมาณ 24,205 ลบ.ม./ชม. ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ผลิตได้จำนวนมากเมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่นๆในพื้นที่นี้



รูปที่ 8-3 ตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF แบบบ่อแนวนอน พื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร



รูปที่ 8-4 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาและการตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF แบบบ่อแนวนอน พื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร

8.2.2 การออกแบบระบบ RBF

ผลการประเมินศักยภาพโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถผลิตขึ้นมาใช้ได้อย่างปลอดภัย กำหนดให้พื้นที่ได้รับผลกระทบมีขอบเขตรัศมีจากบ่อ RBF ไม่เกิน 500 ม. กำหนดให้มีระดับน้ำบาดาลลดลึกไม่เกิน 6 ม. จากผิวดิน เป็นระยะที่เครื่องสูบน้ำแบบแรงดูดที่ประชาชนใช้สูบสามารถสูบน้ำได้ ส่วนในกรณีที่ระดับน้ำบาดาลปกติก่อนพัฒนาระบบ RBF ลึกมากกว่า 6 ม. จากผิวดิน จะกำหนดให้มีระยะน้ำบาดาลลดลงจากปกติไม่เกิน 1 ม. ซึ่งพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ฤดูแล้งมีระดับน้ำบาดาลปกติโดยเฉลี่ยลึกมากกว่า 6 ม. จากผิวดิน ดังนั้นระยะน้ำบาดาลที่สามารถลดลงได้ คือ 1 ม. พบว่ามีค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถผลิตขึ้นมาใช้ได้อย่างปลอดภัยประมาณ 24,205 ลบ.ม./ชม. และเป็นน้ำผิวดิน 91 ส่วน อีก 9 ส่วนที่เหลือเป็นน้ำบาดาล การออกแบบระบบ RBF ที่ปริมาณความต้องการใช้น้ำตั้งแต่ 500 จนถึง 1,000 ลบ.ม./ชม. รายละเอียดและรายการก่อสร้างระบบ RBF แสดงใน**ตารางที่ 8-3 และ 8-4**

ตารางที่ 8-3 รายละเอียดบ่อ RBF พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

รายการ	จำนวน	หน่วย
ความลึกบ่อรวบรวมน้ำ	13	เมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	3.0	เมตร
ความหนากำแพง	0.60	เมตร
ความลึกของท่อกรอง	11	เมตร
จำนวนท่อกรอง	6	ท่อ
ความยาวท่อกรอง	50	เมตร
ความยาวรวมท่อกรอง	300	เมตร

น้ำที่ผลิตได้จากระบบ RBF จะบริหารจัดการโดยการประปาส่วนภูมิภาค สาขากำแพงเพชร ซึ่งจะทำการจัดสรรน้ำที่ได้ให้แก่ผู้ใช้น้ำในพื้นที่ให้บริการของประปาในปัจจุบันที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ และหากน้ำที่ผลิตได้มีปริมาณมากกว่าผู้ใช้น้ำในปัจจุบันของการประปาสาขากำแพงเพชร จะมีการพิจารณาขยายพื้นที่ให้บริการ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำที่ผลิตได้อย่างคุ้มค่า

8.2.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

หากมีการพัฒนาโครงการในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร เมื่อประเมินจาก ระบบ RBF ในปริมาณการสูบที่ได้ออกแบบตามความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นของการประปาส่วนภูมิภาคในอีก 10 ปีข้างหน้า มีปริมาณที่ต้องการผลิต 600 ลบ.ม./ชม. พบว่า มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 107 ไร่ ซึ่งมีครัวเรือนที่อยู่ในพื้นที่ 11 หลังคาเรือน แต่พบว่าครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบไม่มีการใช้น้ำจากบ่อบาดาล จึงถือว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นไม่ก่อความเดือดร้อนแก่ประชาชนในพื้นที่แต่อย่างใด

8.2.4 เศรษฐศาสตร์

การประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ แบ่งเป็น (1) มูลค่ารวมของผลประโยชน์ของผู้ใช้น้ำ มีค่าประมาณ 75.34 ล้านบาท (2) มูลค่าประหยัดค่าลงทุนก่อสร้างโรงผลิตน้ำประปา เมื่อเปรียบเทียบกับโรงผลิตน้ำประปาแบบดั้งเดิม ในขนาดกำลังผลิตที่เท่ากันในกรณีนี้ คือ 600 ลบ.ม./ชม. มูลค่าที่ประหยัดได้เท่ากับ 35.59 ล้านบาท และ (3) ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดในการผลิตน้ำเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการลดสารเคมีในขบวนการผลิตน้ำมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.13 บาท/ลบ.ม. และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 0.22 บาท/ลบ.ม.

จากต้นทุนและผลประโยชน์ที่ประเมินได้ข้างต้น กำหนดอายุโครงการ 10 ปี จากนั้นจึงคำนวณหาดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ ค่าดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ที่สูงกว่าเกณฑ์ทั้งหมด กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการมีค่าเป็นบวก อัตราผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่ามากกว่า 1 และมีอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) สูงกว่าร้อยละ 10 ดังนั้น ตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF ที่สถานีผลิตน้ำหนองปลิงของการประปาส่วนภูมิภาคสาขากำแพงเพชรจึงมีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีค่า NPV จำนวน 5.07 ล้านบาท ค่า B/C Ratio 1.12 และ EIRR มีค่าเท่ากับ 15.7% และราคาค่าน้ำประปาที่จุดคุ้มทุนเท่ากับ 3.77 บาท/ลบ.ม.

8.2.5 ผลประโยชน์จากระบบ RBF

กรณีพัฒนาระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 1,200 ลบ.ม./ชม. ซึ่งเป็นกำลังการผลิตของระบบ RBF ตามความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นใน 10 ปีข้างหน้าของพื้นที่ มีมูลค่าการก่อสร้างระบบที่สามารถประหยัดได้ จำนวน 55.24 ล้านบาท และ สามารถประหยัดค่าเดินระบบได้จำนวน 3.92 ล้านบาท/ปี

ผลประโยชน์จากระบบ RBF สามารถพิจารณาได้ 2 ทาง ได้แก่ จำนวนผู้ใช้น้ำหรือครัวเรือนที่ได้รับประโยชน์ และ มูลค่าที่ระบบ RBF สามารถประหยัดได้เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยใช้น้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำดิบ เมื่อแบ่งการพิจารณาผลประโยชน์ออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่มีการพัฒนาระบบ RBF เต็มศักยภาพของพื้นที่ และ กรณีที่พัฒนาระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 600 ลบ.ม./ชม. สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

กรณีที่มีการพัฒนาระบบ RBF เต็มศักยภาพของพื้นที่ จะสามารถผลิตน้ำได้ 24,205 ลบ.ม./ชม. ผลิตน้ำวันละ 16 ชม. จำนวนผู้ใช้น้ำที่ได้รับประโยชน์จากน้ำที่ผลิตได้เท่ากับ 388,880 ราย (อัตราการใช้น้ำในเขตเมือง 1 ลบ.ม./วัน/ผู้ใช้น้ำ) มีมูลค่าการก่อสร้างระบบที่สามารถประหยัดได้ จำนวน 1423.60 ล้านบาท และ สามารถประหยัดค่าเดินระบบได้จำนวน 494.7 ล้านบาท

กรณีพัฒนาระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 600 ลบ.ม./ชม. ซึ่งเป็นกำลังการผลิตของระบบ RBF ตามความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นใน 10 ปีข้างหน้าของพื้นที่นี้ จำนวนผู้ใช้น้ำที่ได้รับประโยชน์จากน้ำที่ผลิตได้เท่ากับ

9,600 ราย มีมูลค่าการก่อสร้างระบบที่สามารถประหยัดได้ จำนวน 35.59 ล้านบาท และ สามารถประหยัดค่าเดินระบบได้จำนวน 12.3 ล้านบาท

ตารางที่ 8-4 รายการก่อสร้างบ่อ RBF พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

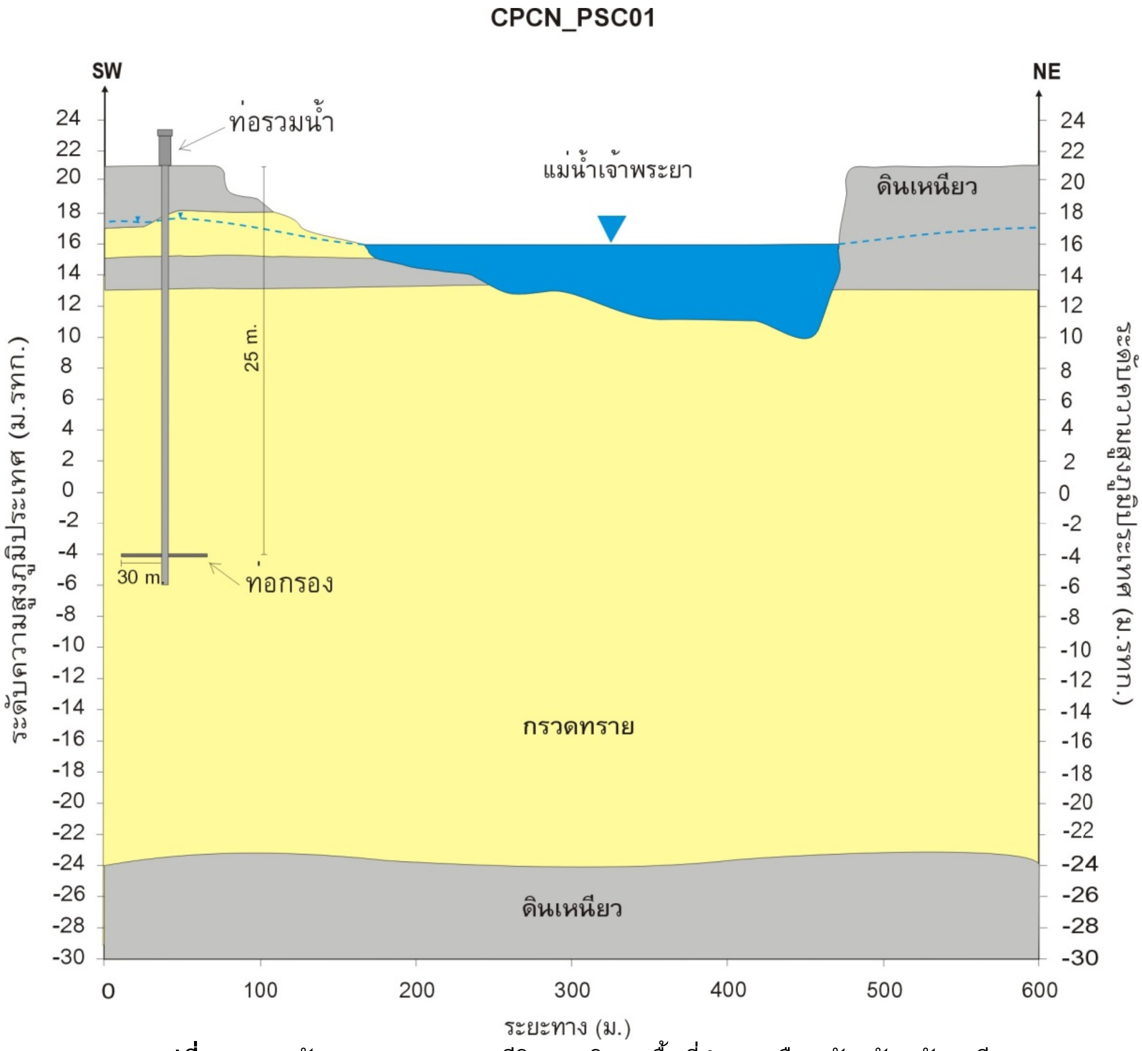
ลำดับ	รายการ	หน่วย	จำนวน	ราคา/หน่วย	รวม
1	**ระบบผลิตน้ำดิบ**				**20,514,400**
1.1	ก่อสร้างบ่อสูบน้ำแนวนอน (RC well)	บ่อ	1		7,451,400
	ก่อสร้างท่อรวบรวมน้ำ (Caisson) ขนาด 3.0 ม. ลึก 13 ม.	บ่อ	1	851,400	851,400
	ติดตั้งท่อกรองแนวนอน (lateral screen)	เมตร	300	22,000	6,600,000
1.2	ก่อสร้างโรงสูบน้ำ ขนาด 5 x 5 m.	โรง	1	500,000	500,000
1.3	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำพร้อมมอร์เตอร์ vertical turbine ขนาด 55 KW 75 HP จำนวน 2 ชุด ชุดละ 2 เครื่อง เนื่องจากแต่ละชุดมีอายุการใช้งานเพียง 5 ปี	เครื่อง	4	3,048,000	12,192,000
1.4	วางท่อส่งน้ำดิบ ขนาด 500 มม.	เมตร	100	3,710	371,000
2	**ระบบผลิตน้ำประปา**				18,623,000
2.1	ก่อสร้างถังน้ำใส ขนาด 4000 ลบ.ม.	ถัง	1	12,659,000	12,659,000
2.2	ก่อสร้างโรงเก็บจ่ายสารเคมี ขนาด 7 x 12 ม.	โรง	1	888,000	888,000
2.3	ติดตั้งเครื่องจ่ายแกสคลอรีน พร้อมอุปกรณ์นิรภัย 6 Kg/H	ชุด	2	1,038,000	2,076,000
2.4	ประสานท่อภายในระบบประปา	งาน	1	3,000,000	3,000,000
3	**ระบบจ่ายน้ำประปา**				371,000
3.1	วางระบบท่อจ่ายน้ำ ขนาด 500 มม.	เมตร	100	3,710	371,000
4	**อื่น ๆ**				9,537,000
4.1	เช่าที่ดินหรือซื้อที่ดินขนาด 5 ไร่	ไร่	5		0
4.2	ถมดินและปรับบริเวณ	งาน	1	2,000,000	2,000,000
4.3	ก่อสร้างถนน คสล.	ตร.ม.	500	680	340,000
4.4	ติดตั้งระบบไฟฟ้ากำลังและแสงสว่าง	งาน	1	2,500,000	2,500,000
4.5	ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัต	งาน	2	2,000,000	4,000,000
4.6	ก่อสร้างโรงเก็บท่อและอุปกรณ์ ขนาด 7 x 12 ม.	โรง	1	697,000	697,000
4.7	ค่าออกแบบรายละเอียด	ครั้ง	1	620,000	620,000
4.8	ค่าควบคุมงานก่อสร้าง	ครั้ง	1	620,000	620,000
รวมเงินงบประมาณ					**49,045,400**
รวมค่าเผื่อเหลือเผื่อขาด 10 %					**53,949,940**

8.3 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี

8.3.1 ความเหมาะสมของระบบ RBF

ตำแหน่งที่มีศักยภาพสูงสุดและคาดว่าจะก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี อยู่บริเวณพื้นที่สถานีผลิตน้ำเกาะเทโพ (**รูปที่ 8-5** และ **8-6**) ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุทัยธานี ทางท้ายน้ำของตำแหน่ง CPCN_PSC01 แนวภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยารองรับด้วยชั้นดินเหนียว หนาประมาณ 6-12 ม. ถัดลงไปเป็นชั้นตะกอนกรวดทราย หนาประมาณ 30 ม. พบดินเหนียวลักษณะเป็นเลนส์แทรกอยู่ ชั้นล่างสุดรองรับด้วยตะกอนดินเหนียว โดยกรวดทรายบริเวณท้องน้ำมีความต่อเนื่องกับชั้นกรวดทรายที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำ ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของตะกอนแบบสม่ำเสมอ ความลึกระดับน้ำบาดาลประมาณ 2 ม. จากผิวดิน ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านประมาณ 23 ม./วัน มีลักษณะทางอุทกวิทยาเหมาะสมมาก คือ มีปริมาณน้ำผิวดินมาก ระดับน้ำผิวดินไม่เปลี่ยนแปลงมากเนื่องจากเป็นแม่น้ำสายใหญ่ที่มีน้ำมากตลอดทั้งปี มีความเร็วการไหลมาก และไม่เสี่ยงต่อการอุดตันของตะกอนท้องน้ำ การประเมินปริมาณการใช้น้ำที่ปลอดภัยพบว่าหากพัฒนาบ่อแนวนอนที่ตำแหน่งนี้มีปริมาณการใช้น้ำที่ปลอดภัย 1,088 ลบ.ม./ชม.

รูปที่ 8-5 ตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF แบบบ่อแนวนอน พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี



รูปที่ 8-6 ภาคตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี

8.3.2 การออกแบบระบบ RBF

การประเมินโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถผลิตขึ้นมาใช้ได้อย่างปลอดภัย โดยกำหนดให้พื้นที่ได้รับผลกระทบมีขอบเขตรัศมีไม่เกิน 500 ม. จากบ่อบาดาลระบบ RBF และต้องมีระดับน้ำบาดาลลึกไม่เกิน 6 ม. จากผิวดิน เป็นระยะที่เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งสามารถสูบน้ำได้ ส่วนในกรณีที่ระดับน้ำบาดาลปกติก่อนพัฒนาระบบ RBF ลึกมากกว่า 6 ม. จากผิวดิน กำหนดให้มีระยะน้ำบาดาลลดลงจากปกติไม่เกิน 1 ม. ซึ่งพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียดอำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี ฤดูแล้งมีระดับน้ำบาดาลปกติโดยเฉลี่ยประมาณ 3 ม. จากผิวดิน ดังนั้นระยะน้ำบาดาลที่สามารถลดลงได้ คือ 3 ม. ปริมาณการใช้น้ำสูงสุดที่ใช้ได้อย่างปลอดภัย ณ ตำแหน่ง CPCN_PSC01 มีค่าประมาณ 1,088 ลบ.ม./ชม.

ระยะทางแม่น้ำถึงพื้นที่ของการประปาส่วนภูมิภาคประมาณ 70-80 ม. และจากภาคตัดขวางทางธรณีวิทยาบริเวณเหนือน้ำและท้ายน้ำของพื้นที่ เมื่อใช้ข้อมูลพื้นฐานจากการสำรวจมาทำการออกแบบระบบ RBF เบื้องต้นทั้งแบบบ่อแนวตั้งและบ่อแนวนอน พบว่า ความหนาของชั้นน้ำบาดาลสามารถสร้างได้ทั้งบ่อแนวตั้ง โดยทั้งบ่อแนวตั้งและบ่อแนวนอนควรสร้างอยู่ด้านหลังของแผ่นกันพัง ซึ่งแผ่นกันพังนี้จะมีผลต่อการไหลของน้ำผิวดินเข้าบ่อ จึงควรสำรวจโครงสร้างและความลึกของพนังกันตลิ่งพังนี้ให้ชัดเจนก่อนทำการออกแบบขั้นรายละเอียด และควร

มีการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมบ่อ RBF เนื่องจากในพื้นที่นี้มีการเกิดน้ำท่วมบ่อยครั้ง การคำนวณหาขนาดท่อรวมน้ำ จำนวนท่อกรอง ความลึกของท่อรวมน้ำ ความยาวท่อกรอง ความลึกที่จะติดตั้งท่อกรอง และระยะห่างจากแม่น้ำที่เหมาะสม ผลการจำลองกรณีนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการประเมินราคาการก่อสร้าง และวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน จากการศึกษาปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตของการประปาส่วนภูมิภาคใน 10 ปีข้างหน้า ได้ออกแบบรายละเอียดและรายการก่อสร้างระบบ RBF ดังแสดงใน**ตารางที่ 8-5 และ 8-6**

ตารางที่ 8-5 รายละเอียดบ่อ RBF พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี

รายการ	จำนวน	หน่วย
ความลึกบ่อรวบรวมน้ำ	27	เมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	3.2	เมตร
ความหนากำแพง	0.60	เมตร
ความลึกของท่อกรอง	25	เมตร
จำนวนท่อกรอง	3	ท่อ
ความยาวท่อกรอง	30	เมตร
ความยาวรวมท่อกรอง	90	เมตร

8.3.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

หากมีการพัฒนาโครงการในพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี เมื่อประเมินจาก ระบบ RBF ในปริมาณการสูบที่ได้ออกแบบตามความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นของการประปาส่วนภูมิภาคในอีก 10 ปีข้างหน้า มีปริมาณที่ต้องการผลิต 500 ลบ.ม./ชม. พบว่า มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 14 ไร่ ซึ่งมีครัวเรือนที่อยู่ในพื้นที่เพียง 3 หลังคาเรือน อีกทั้งครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบไม่มีการใช้น้ำจากบ่อบาดาล จึงถือว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นไม่ก่อความเดือดร้อนแก่ประชาชนในพื้นที่แต่อย่างใด

ตารางที่ 8-6 รายการก่อสร้างบ่อ RBF พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย	จำนวน	รวม
1	**ระบบผลิตน้ำดิบ**				16,200,400
1.1	ก่อสร้างบ่อสูบน้ำแนวนอน (RC well)	บ่อ	1		3,137,400
	ก่อสร้างท่อรวบรวมน้ำ (Cassion) ขนาด 3.2 ม. ลึก 27 ม.	บ่อ	1	1,157,400	1,157,400
	ติดตั้งท่อกรองแนวนอน (lateral screen)	เมตร	90	22,000	1,980,000
1.2	ก่อสร้างโรงสูบน้ำ ขนาด 5 x 5 ม.	โรง	1	500,000	500,000
1.3	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำพร้อมมอร์เตอร์ vertical turbine ขนาด 55 kw 75 HP จำนวน 2 ชุด ชุดละ 2 เครื่อง เนื่องจากแต่ละชุดมีอายุการใช้งานเพียง 5 ปี	เครื่อง	4	3,048,000	12,192,000
1.4	วางท่อส่งน้ำดิบ ขนาด 500 มม.	เมตร	100	3,710	371,000
2	**ระบบผลิตน้ำประปา**				**18,623,000**
2.1	ก่อสร้างถังน้ำใส ขนาด 4000 ลบ.ม.	ถัง	1	12,659,000	12,659,000
2.2	ก่อสร้างโรงเก็บจ่ายสารเคมี ขนาด 7 x 12 ม.	โรง	1	888,000	888,000
2.3	ติดตั้งเครื่องจ่ายแกสคลอรีน พร้อมอุปกรณ์นิรภัย 6 Kg/H	ชุด	2	1,038,000	2,076,000
2.4	ประสานท่อภายในระบบประปา	งาน	1	3,000,000	3,000,000
3	**ระบบจ่ายน้ำประปา**				**371,000**
3.1	วางระบบท่อจ่ายน้ำ ขนาด 500 มม.	เมตร	100	3,710	371,000
4	**อื่น ๆ**				**9,537,000**
4.1	เช่าที่ดินหรือซื้อที่ดินขนาด 5 ไร่	ไร่	5		0
4.2	ถมดินและปรับบริเวณ	งาน	1	2,000,000	2,000,000
4.3	ก่อสร้างถนน คสล.	ตร.ม.	500	680	340,000
4.4	ติดตั้งระบบไฟฟ้ากำลังและแสงสว่าง	งาน	1	2,500,000	2,500,000
4.5	ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ	งาน	2	2,000,000	4,000,000
4.6	ก่อสร้างโรงเก็บท่อและอุปกรณ์ ขนาด 7 x 12 ม.	โรง	1	530,000	530,000
4.7	ค่าออกแบบรายละเอียด	ครั้ง	1	530,000	530,000
4.8	ค่าควบคุมงานก่อสร้าง	ครั้ง	1	620,000	620,000
รวมเงินงบประมาณ					**44,731,400**
รวมค่าเผื่อเหลือเผื่อขาด 10 %					**49,204,540**

8.3.4 เศรษฐศาสตร์

การประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ แบ่งเป็น (1) มูลค่ารวมของผลประโยชน์ของผู้ใช้น้ำ มีค่าประมาณ 66.43 ล้านบาท (2) มูลค่าประหยัดค่าลงทุนก่อสร้างโรงผลิตน้ำประปา เมื่อเปรียบเทียบกับโรงผลิตน้ำประปาแบบดั้งเดิม ในขนาดกำลังผลิตที่เท่ากันในกรณีนี้ คือ 500 ลบ.ม./ชม. มูลค่าที่ประหยัดได้เท่ากับ 24.75 ล้านบาท และ (3) ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดในการผลิตน้ำเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการลดสารเคมีในขบวนการผลิตน้ำมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.42 บาท/ลบ.ม. และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 0.22 บาท/ลบ.ม.

จากต้นทุนและผลประโยชน์ที่ประเมินได้ข้างต้น กำหนดอายุโครงการ 10 ปี เพื่อคำนวณหาดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ หากมีการก่อสร้างบ่อ RBF เพื่อตอบสนองความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นในอนาคตอีก 10 ปีข้างหน้า พบว่าตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF ที่สถานีผลิตน้ำเกาะเทโพ ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุทัยธานี เมื่อก่อสร้างระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 500 ลบม./ชม ไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมีค่า NPV ติดลบ (-7.38 ล้านบาท) ค่า B/C Ratio น้อยกว่า1 (0.81) และ ค่า EIRR มีค่าน้อยกว่า 10 % (1.3%) สาเหตุที่การก่อสร้างระบบ RBF ในพื้นที่นี้ไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากมีอัตราการขยายตัวของผู้ใช้น้ำต่ำ โดยปี 2555 มีความต้องการใช้น้ำเพิ่มจากกำลังการผลิตของการประปาส่วนภูมิภาคเพียง 112 ลบ.ม./ชม. และในปี 2565 มีความต้องการใช้น้ำเพิ่มเพียง 325 ลบ.ม./ชม. ในขณะที่ได้ออกแบบก่อสร้างบ่อระบบ RBF ไว้ที่กำลังการผลิต 500 ลบ.ม./ชม. (ตามข้อกำหนดของ TOR) ทำให้มีค่าลงทุนสูงกว่าประโยชน์ที่ได้รับ ดังนั้นในการบริหารจัดการน้ำที่ได้จากระบบ RBF ในพื้นที่นี้จึงควรมีการขยายพื้นที่ในการให้บริการน้ำประปาเพิ่มขึ้น พร้อมทั้งประชาสัมพันธ์และสร้างความร่วมมือกับท้องถิ่นเพื่อให้นำน้ำสะอาดที่ผลิตได้นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่

8.3.5 ผลประโยชน์จากระบบ RBF

ผลประโยชน์จากระบบ RBF สามารถพิจารณาได้ 2 กรณี คือ

กรณีที่มีการพัฒนาระบบ RBF เต็มศักยภาพของพื้นที่ จะสามารถผลิตน้ำได้ 1,088 ลบ.ม./ชม. ผลิตน้ำวันละ 16 ชม. จำนวนผู้ใช้น้ำที่ได้รับประโยชน์จากน้ำที่ผลิตได้เท่ากับ 17,408 ราย (อัตราการใช้น้ำในเขตเมือง 1 ลบ.ม./วัน/ผู้ใช้น้ำ) มีมูลค่าการก่อสร้างระบบที่สามารถประหยัดได้ จำนวน 49.5 ล้านบาท และ สามารถประหยัดค่าเดินระบบได้จำนวน 40.7 ล้านบาท

กรณีพัฒนาระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 500 ลบ.ม./ชม. มีจำนวนผู้ใช้น้ำที่ได้รับประโยชน์จากน้ำที่ผลิตได้เท่ากับ 8,000 ราย มีมูลค่าการก่อสร้างระบบที่สามารถประหยัดได้ จำนวน 24.75 ล้านบาท และ สามารถประหยัดค่าเดินระบบได้จำนวน 18.7 ล้านบาท

จากผลการประเมินของแต่ละพื้นที่ พบว่าพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย เป็นพื้นที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF มากที่สุด เนื่องจากมีความต้องการใช้น้ำและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าพื้นที่อื่น รองลงมาคือพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งมีความต้องการใช้น้ำในอนาคตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกทั้งยังมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และลำดับสุดท้ายคือพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี ที่แม้ในปัจจุบันมีความต้องการขยายระบบผลิตน้ำประปาอย่างเร่งด่วน แต่ปริมาณความต้องการใช้น้ำยังถือว่าเป็นมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับการผลิตน้ำด้วยระบบ RBF ที่สามารถผลิตน้ำในปริมาณมาก จึงทำให้พื้นที่นี้ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน แต่อย่างไรก็ตามหากมีการปรับขนาดของระบบ RBF ให้สอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ จะทำให้พื้นที่นี้มีความคุ้มค่าเพิ่มมากขึ้น

บทที่ 9

สรุปผลการศึกษา

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) ระยะที่ 1 "การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัย" เป็นการศึกษาความเหมาะสมของการพัฒนาระบบ RBF บริเวณพื้นที่ชายฝั่งแม่น้ำสายหลักของประเทศทั้ง 25 ลุ่มน้ำ เป็นการสำรวจและประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ศักยภาพ โดยใช้ปัจจัยด้านอุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา คุณภาพน้ำ ความต้องการน้ำ ความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์ สังคม และผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อคัดเลือกและจัดลำดับพื้นที่และตำแหน่งที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF ประเมินปริมาณน้ำที่ใช้ได้อย่างปลอดภัยของตำแหน่งศักยภาพและออกแบบระบบ RBF เบื้องต้น พร้อมทั้งจัดทำแผนหลักการพัฒนาระบบ RBF เพื่อขยายผลการศึกษาไปสู่การปฏิบัติในอนาคตต่อไป

9.1 การสำรวจและประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ศักยภาพ

การคัดเลือกพื้นที่และตำแหน่งศักยภาพระบบ RBF มี 5 ขั้นตอน คือ (1) การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำ (2) การคัดเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาระบบ RBF (3) การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด (4) การศึกษาในพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดและการคัดกรองพื้นที่ศึกษา และ (5) การประเมินพื้นที่ขั้นรายละเอียดและจัดลำดับตำแหน่งสำหรับการก่อสร้างระบบ RBF ในแต่ละขั้นตอนมีหลักเกณฑ์การพิจารณาและมีผลการคัดเลือก ดังนี้

9.1.1 การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำ

การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำในบริเวณแม่น้ำสายหลัก 25 ลุ่มน้ำ ใช้ข้อมูลพื้นฐาน 3 ด้าน คือ แม่น้ำ ธรณีวิทยา และคุณภาพน้ำบาดาล โดยการคัดเลือกพื้นที่ที่แม่น้ำที่มีน้ำไหลตลอดปีหรือเกือบตลอดปี หน่วยหินทางธรณีวิทยาที่เป็นชั้นตะกอนหินร่วนหรือตะกอนทางน้ำยุค Quaternary และน้ำบาดาลมีปริมาณสารละลายมวลรวม (TDS) น้อยกว่า 1,500 มก./ล. เป็นพื้นที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF จากการซ้อนทับข้อมูล 3 ด้าน พบว่า มีพื้นที่ศักยภาพระดับลุ่มน้ำประมาณ 15,840 ตร.กม. ส่วนใหญ่กระจายตัวในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสาขาของแม่น้ำเจ้าพระยา

9.1.2 การคัดเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาระบบ RBF

การคัดเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาระบบ RBF อาศัยข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้น 3 ด้าน คือ อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา และคุณภาพน้ำผิวดิน ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่มีแม่น้ำไหลมากกว่า 9 เดือน ชั้นน้ำบาดาลมีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านมากกว่า 1 ม./วัน ความหนาของชั้นดินเหนียวชั้นบนน้อยกว่าความลึกของท้องแม่น้ำ และมีความหนาของชั้นน้ำบาดาลมากกว่า 10 ม. มีคุณภาพน้ำผิวดินอยู่ในกลุ่มของแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ถึง 4 และอยู่นอกอิทธิพลของการขึ้นลงของน้ำทะเล

9.1.3 การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด

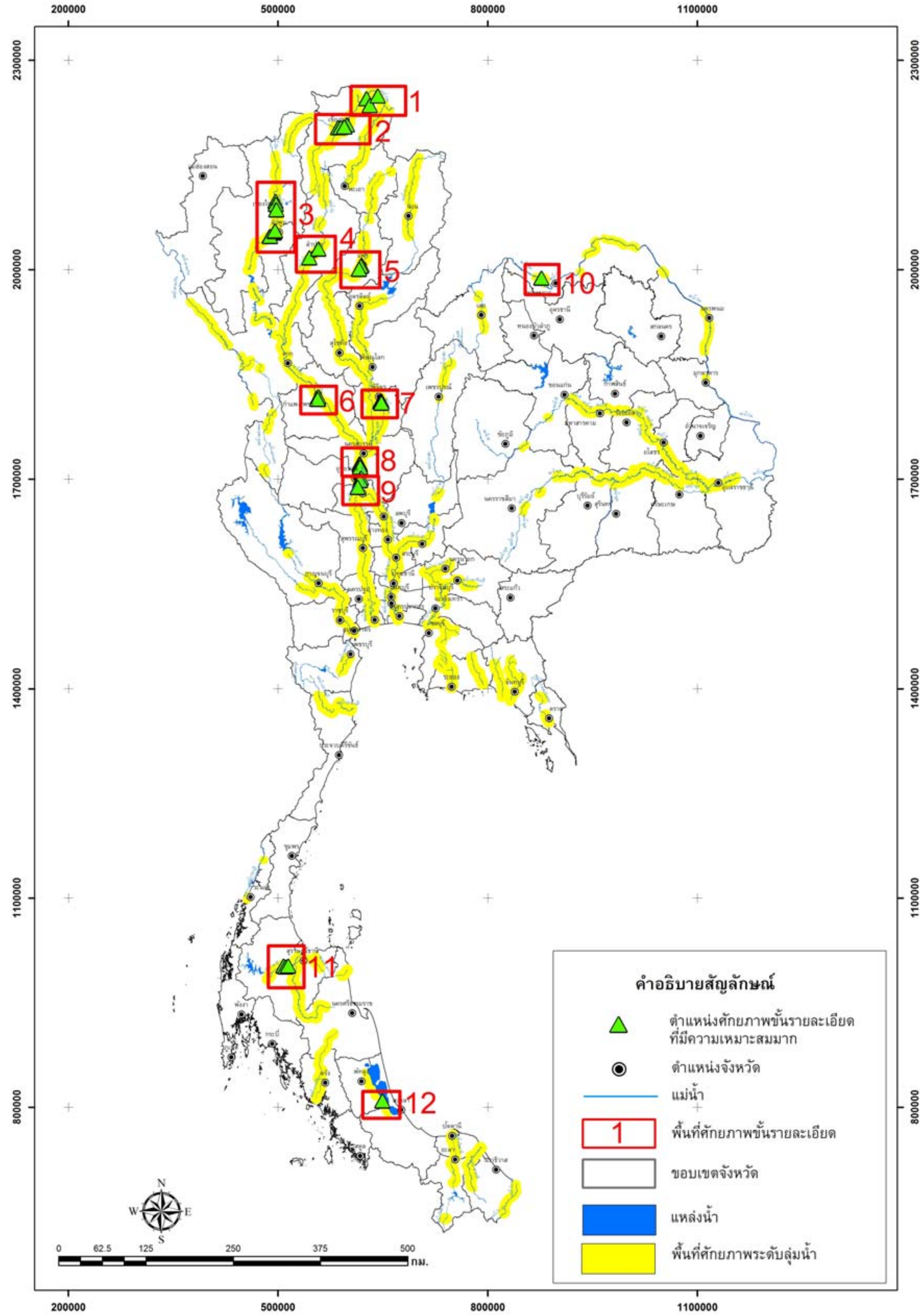
การคัดเลือกพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดเพื่อจัดระดับความเหมาะสมของตำแหน่งศักยภาพเบื้องต้น 414 ตำแหน่ง โดยใช้ข้อมูลด้านอุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา คุณภาพน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการผลิตประปา สามารถจัดแบ่งได้ 3 ระดับ คือ เหมาะสมมาก 49 ตำแหน่ง เหมาะสมปานกลาง 262 ตำแหน่ง และ

เหมาะสมน้อย 103 ตำแหน่ง เมื่อทำการรวมกลุ่มตำแหน่งที่มีความเหมาะมาก 49 ตำแหน่ง ให้ตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันอยู่ในพื้นที่เดียวกันทำให้ได้พื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด 12 พื้นที่ **(รูปที่ 9-1)** ได้แก่ (1) อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย (2) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย (3) จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน (4) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง (5) อำเภอเมืองและอำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ (6) อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร (7) อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร (8) อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ (9) อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท (10) อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย (11) อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี และ (12) อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

9.1.4 การศึกษาในพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดและการคัดกรองพื้นที่ศึกษา

การศึกษาในพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียดและการคัดกรองพื้นที่ศึกษา เป็นการสำรวจข้อมูลด้านต่างๆ เช่น การสำรวจอุทกวิทยา การสำรวจอุทกธรณีวิทยา การศึกษาการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค เป็นการศึกษาระบบการผลิตน้ำประปาและความต้องการน้ำของพื้นที่ เช่น กำลังการผลิต ที่ตั้งแหล่งน้ำ ปริมาณความต้องการน้ำปัจจุบันและแนวโน้มความต้องการในอนาคต รวมถึงโครงข่ายพื้นที่การให้บริการประปาในปัจจุบัน ในพื้นที่ศักยภาพขั้นรายละเอียด 12 พื้นที่ ในขั้นตอนนี้สามารถคัดกรองพื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำ 3 พื้นที่ ออกจากกลุ่มพื้นที่ที่ต้องทำการศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด คือ พื้นที่ศักยภาพอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เนื่องจากมีชั้นดินเหนียวหนาเกินระดับท้องน้ำ พื้นที่อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย และพื้นที่อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย มีความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค น้อยเกินไป เมื่อเทียบกับกำลังการผลิตของระบบ RBF

ดังนั้นพื้นที่ที่ผ่านการคัดกรองความเหมาะสมเพื่อศึกษาขั้นรายละเอียดจึงมี 9 พื้นที่ ได้แก่ (1) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย (2) จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน (3) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง (4) อำเภอเมืองและสูงเม่น จังหวัดแพร่ (5) อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร (6) อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร (7) อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ (8) อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท และ (9) อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 9-1 พื้นทีศักยภาพขั้นรายละเอียด 12 พื้นที่

9.1.5 การประเมินพื้นที่ขั้นรายละเอียดและจัดลำดับตำแหน่งสำหรับการก่อสร้างระบบ RBF

การคัดเลือกตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ในพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด 9 พื้นที่ เป็นการประเมินความเหมาะสม ด้านน้ำผิวดิน น้ำบาดาล ความต้องการน้ำ ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ และจัดลำดับตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ตามแผนระยะต่างๆ

1) การกำหนดตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF ในพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด

ตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF ต้องผ่านเกณฑ์ ดังนี้ ด้านธรณีวิทยาต้องมีความหนาของชั้นน้ำบาดาลมากกว่า 10 ม. ด้านอุทกธรณีวิทยาต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านมากกว่า 1 ม./วัน ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ ต้องเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการก่อสร้างระบบ RBF ได้ เช่น พื้นที่สาธารณะ เป็นต้น

2) การประเมินความเหมาะสมของตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF

ประกอบด้วยการประเมินปัจจัยที่สำคัญ 6 ปัจจัย คือ อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา การเชื่อมต่อระบบประปา ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ความร่วมมือของประชาชน และความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ดังนี้

2.1) การประเมินความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดิน ประกอบด้วย การกระจายขนาดเม็ดดินของตะกอนท้องน้ำ อัตราการซึมผ่านตะกอนท้องน้ำ การสำรวจหน้าตัดแม่น้ำและความเร็วการไหลของน้ำและความเร็วการไหลสูงสุด แรงเฉือนเฉลี่ยบริเวณท้องน้ำ ตำแหน่งของฝั่งแม่น้ำ และคุณภาพน้ำผิวดิน

2.2) การประเมินความเหมาะสมของแหล่งน้ำบาดาล เป็นการประมวลข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมขั้นรายละเอียด เป็นการศึกษาความหนาของกรวดทรายท้องน้ำ ความต่อเนื่องกันของชั้นน้ำบาดาลและแม่น้ำ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T) ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (S) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K) และผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลในพารามิเตอร์ที่สำคัญ และมีการศึกษาสมดุลน้ำการประเมินตำแหน่งศักยภาพ และการออกแบบระบบ RBF การคำนวณสมดุลน้ำบาดาลโดยการจำลองการไหลของน้ำบาดาลเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถผลิตขึ้นมาใช้ได้อย่างปลอดภัย การออกแบบระบบ RBF เป็นการออกแบบขนาดท่อรวมน้ำ จำนวนท่อกรอง ความลึกของท่อรวมน้ำ ความยาวท่อกรอง ความลึกที่จะติดตั้งท่อกรอง ระยะห่างจากแม่น้ำที่เหมาะสม ผลการจำลองกรณีนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการประเมินราคาการก่อสร้างและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ และการเงิน

2.3) การใช้น้ำและความต้องการใช้น้ำเป็นปัจจัยในการศึกษาพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาระบบประปา แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ระบบประปาของการประปาส่วนภูมิภาคเพื่อศึกษาศักยภาพพื้นที่ในการพัฒนาระบบประปา การกำหนดพื้นที่ในการพัฒนาและออกแบบเบื้องต้น เพื่อความสะดวกในการเชื่อมต่อระบบ RBF กับระบบผลิตน้ำน้ำประปาในพื้นที่ใกล้เคียง

2.4) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมภายใต้กรอบของรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น (IEE) ได้พิจารณาปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4 ปัจจัย คือ พื้นที่ได้รับผลกระทบจากการลดลงของระดับน้ำบาดาล จำนวนครัวเรือนได้รับผลกระทบจากการลดลงของระดับน้ำบาดาลในรัศมี 1 กม. ระดับความสำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำ และจำนวนครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบทางเศรษฐกิจ-สังคม

2.5) การประเมินความร่วมมือของประชาชนในพื้นที่ พิจารณาจากผลการประชุมและความคิดเห็นของตัวแทนหน่วยงานในท้องที่ที่เข้าร่วมการประชุมรับฟังความคิดเห็นในทุกๆ พื้นที่ พิจารณา 2 ประเด็น คือ ร้อยละของผู้เห็นด้วยกับโครงการ และความเข้าใจในเนื้อหาการประชุม

2.6) การประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย การประเมินต้นทุนของโครงการ และการประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ แล้วใช้ค่าดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) และอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) ในการจัดกลุ่มความเหมาะสมของแต่ละตำแหน่ง

ผลการประเมินศักยภาพของแหล่งน้ำระบบ RBF ในแต่ละตำแหน่ง พบว่าศักยภาพการให้น้ำเมื่อติดตั้งกลุ่มของบ่อ RBF ที่ใช้ท่อกรองแนวนอนอยู่ในช่วง 500-4,600 ลบ.ม./ชม. และพบว่ามีตำแหน่งศักยภาพที่เหมาะสมต่อการพัฒนาระบบ RBF รวม 37 ตำแหน่ง ใน 9 พื้นที่ จากการให้ค่าคะแนนและค่าถ่วงน้ำหนักทั้ง 6 ปัจจัย พบว่าตำแหน่งเหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF นำร่อง ที่มีคะแนนสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ตำแหน่ง KKCR_PSC01 อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย CPCN_PSC01 อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี และ PIKP_PSC04 อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งถือเป็นตำแหน่งที่มีความเหมาะสมมากในการพัฒนาระบบ RBF

พื้นที่เหมาะสมรองมาลงที่สามารถพัฒนาได้ในแผนระยะกลาง ได้แก่ พื้นที่จังหวัดเชียงใหม่–ลำพูน และพื้นที่จังหวัดพิจิตร ส่วนพื้นที่ควรพิจารณาดำเนินการในแผนระยะยาวได้แก่ พื้นที่อำเภอเมือง-สูงแม่น จังหวัดแพร่ พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พื้นที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี พื้นที่อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย พื้นที่อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ และพื้นที่อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย

9.2 แผนหลักการพัฒนาระบบ RBF

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จัดทำแผนหลักการพัฒนาระบบ RBF ภายใต้แผนแม่บทเพื่อการพัฒนาและอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555 – 2559 ยุทธศาสตร์ที่ 3: พัฒนาน้ำบาดาลเพื่อใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนและกลยุทธ์ที่ 17 เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำบาดาลโดยเทคโนโลยีที่ทันสมัยในการจัดระบบการกระจายน้ำ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาน้ำบาดาลโดยใช้ระบบ RBF เสริมระบบการผลิตน้ำประปาของประเทศไทยให้ประชาชนมีน้ำสะอาดใช้อย่างเพียงพอกับความต้องการที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต โดยกำหนดให้แผนแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ระยะละ 5 ปี คือ ระยะสั้น พ.ศ.2554-2558 ระยะกลาง พ.ศ.2559-2563 และระยะยาว พ.ศ.2564-2568

ภายใต้แผนหลักนี้ พบว่าประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการพัฒนาระบบ RBF เกิดขึ้นใน 2 ทาง คือ 1) จำนวนครัวเรือนที่ได้รับผลประโยชน์หรือตอบสนองความต้องการใช้น้ำได้ และ 2) ประหยัดค่าก่อสร้างระบบและค่าเดินระบบเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยใช้น้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำดิบ

หากประเมินจากความต้องการน้ำในอีก 15 ปีข้างหน้า ของพื้นที่ 28 พื้นที่ที่อยู่ในแผนการพัฒนาระบบ RBF จะมีความต้องการน้ำประมาณ 632 ล้าน ลบ.ม./ปี หากพื้นที่ดังกล่าวผลิตน้ำประปาด้วยระบบ RBF แทนระบบเดิมที่มีทั้งหมด สามารถประหยัดค่าก่อสร้างระบบและค่าเดินระบบได้ประมาณ 6,800 และ 450 ล้านบาทต่อปี ตามลำดับ

9.2.1 แผนระยะสั้น

แผนการพัฒนาระบบ RBF ในระยะสั้น ให้ความสำคัญกับการจัดการองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบ RBF ได้แก่ การสร้างฐานข้อมูลพื้นที่ที่มีศักยภาพของการพัฒนาระบบ RBF การสร้างโครงการนำร่อง 2 ตำแหน่ง ในพื้นที่ศักยภาพสูง จำนวน 4 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พื้นที่จังหวัดชัยนาท-อุทัยธานี พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร และพื้นที่เชียงใหม่-ลำพูน การสร้างบุคลากรของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และจัดทำแผนหลักการวิจัยและขยายงานระบบ RBF อย่างเป็นระบบ

9.2.2 แผนระยะกลาง

ในแผนระยะกลางนี้กรมทรัพยากรน้ำบาดาลควรทำการประชาสัมพันธ์ ผลักดัน และส่งเสริมให้เกิดการนำเอาระบบ RBF ไปใช้ในการขยายระบบประปาของหน่วยงานต่างๆ เช่น การประปาส่วนภูมิภาค กรมทรัพยากรน้ำ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และบริษัทผลิตน้ำประปาเอกชน หรือสนับสนุนการผลิตน้ำใช้ในภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ศักยภาพดังกล่าว โดยการสร้างงานด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี ประชาสัมพันธ์จุดแข็งของระบบ โดยใช้ระบบ RBF ในพื้นที่นำร่องเป็นแหล่งศึกษาดูงานและฝึกอบรมเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานอื่นๆ และดำเนินการพัฒนาระบบ RBF ร่วมกับหน่วยงานต่างๆ ในพื้นที่ศักยภาพระดับกลาง ได้แก่ พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 35 ตำแหน่ง ใน 9 พื้นที่ศักยภาพ

9.2.3 แผนระยะยาว

แผนระยะยาวเป็นการสำรวจและศึกษาพื้นที่ศักยภาพระบบ RBF เพิ่มเติมในเขตที่ยังไม่ครอบคลุม หรือในพื้นที่ห่างไกลที่อาจมีความต้องการระบบประปาขนาดกลางและขนาดเล็ก กรมทรัพยากรน้ำบาดาลจึงควรให้ความช่วยเหลือโดยการดำเนินการสำรวจพื้นที่ศักยภาพเพิ่มเติม ควบคู่ไปกับการประเมินผล กำกับดูแล การพัฒนาระบบ RBF ในพื้นที่นำร่องและโครงการที่ดำเนินการในระยะกลาง เพื่อนำผลการติดตามตรวจสอบที่ได้ไปเป็นฐานข้อมูลและข้อมูลอ้างอิงในการปรับปรุงระบบ RBF ต่อไป และดำเนินการสำรวจและก่อสร้างในพื้นที่ศักยภาพของแผนระยะยาว เช่น พื้นที่ อำเภอเชียงแสน และ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย อำเภอสามเงา อำเภอเมือง และ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก และอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นต้น

9.3 การออกแบบและบริหารจัดการเบื้องต้น ระบบ RBF ในพื้นที่นำร่อง

การออกแบบทางวิศวกรรมเบื้องต้น แนวทางการเชื่อมต่อระบบประปา และการประมวลผลด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และผลประโยชน์จากระบบ RBF ในพื้นที่ศักยภาพสูง 3 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร และ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี สรุปได้ดังนี้

9.3.1 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

ตำแหน่งที่เหมาะสมมากที่สุดของตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF ของพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย คือ ตำแหน่ง KKCR_PSC01 ซึ่งเป็นพื้นที่สาธารณะของเทศบาลเมืองเชียงราย บริเวณโค้งน้ำด้านในของแม่น้ำกกใกล้สะพานแม่ฟ้าหลวงติดกับพื้นที่ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเชียงราย ต.ริมกก อ.เมือง จ.เชียงราย ข้อสังเกตสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาในการวางแผนการสำรวจเพิ่มเติมและก่อสร้างระบบ RBF คือ น้ำในแม่น้ำกกมีความขุ่นสูงมากเป็นช่วงๆ ในฤดูฝน (700-3,000 NTU) ดังนั้นในการพัฒนาระบบ RBF จึงต้องคำนึงถึงระยะเวลาเดินทางของน้ำเพื่อให้การกรองมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะควบคุมความขุ่นของน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปาได้ จากการออกแบบและประเมินงบประมาณของบ่อระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 1200 ลบ.ม./ชม ซึ่งเป็นปริมาณความต้องการการใช้น้ำในอีก 10 ปีข้างหน้า พบว่า มีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการลดระดับของน้ำบาดาลจำนวน 25 ไร่ และไม่มีครัวเรือนอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนาระบบ RBF คิดเป็นจำนวนผู้ใช้น้ำที่ได้รับประโยชน์จากน้ำที่ผลิตได้เท่ากับ 19,200 ราย มูลค่าการก่อสร้างระบบที่สามารถประหยัดได้เมื่อเทียบกับระบบผลิตน้ำแบบเดิม จำนวน 77.72 ล้านบาท และ สามารถประหยัดค่าเดินระบบได้จำนวน 39.2 ล้านบาท และจากผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ พบว่ามีความคุ้มค่าสูง เนื่องจากมีค่า NPV จำนวน 56.24 ล้านบาท ค่า B/C Ratio 2.11 เท่า และ EIRR มีค่า 51% และราคาค่าน้ำประปาที่จุดคุ้มทุนเท่ากับ 3.07 บาท/ลบ.ม.

9.3.2 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

ตำแหน่ง PIKP_PSC04 คือตำแหน่งที่มีศักยภาพสูงในการสร้างระบบ RBF นำร่อง ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ข้อดีที่สำคัญของตำแหน่งนี้คือตั้งอยู่ในพื้นที่สถานีผลิตน้ำหนองปลิง ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขากำแพงเพชร ซึ่งทำให้การเชื่อมต่อระบบการผลิตและระบบจ่ายน้ำเป็นไปได้ง่าย และสะดวกในการบริหารจัดการ จากการออกแบบและประเมินงบประมาณของบ่อระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 600 ลบ.ม./ชม (ความต้องการน้ำใน 10 ปีข้างหน้า) พบว่า มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 107 ไร่ ซึ่งมีครัวเรือนที่อยู่ในพื้นที่ 11 หลังคาเรือน แต่พบว่าครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบไม่มีการใช้น้ำจากบ่อบาดาล จึงถือว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นไม่ก่อความเดือดร้อนแก่ประชาชนในพื้นที่แต่อย่างใด ประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนาระบบ RBF คิดเป็นจำนวนผู้ใช้น้ำที่ได้รับประโยชน์จากน้ำที่ผลิตได้เท่ากับ 9,600 ราย มีมูลค่าการก่อสร้างระบบที่สามารถประหยัดได้ จำนวน 35.59 ล้านบาท และสามารถประหยัดค่าเดินระบบได้จำนวน 12.3 ล้านบาท และจากผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ พบว่ามีความคุ้มค่าเนื่องจากมีค่า NPV จำนวน 5.07 ล้านบาท ค่า B/C Ratio 1.12 และ EIRR มีค่าเท่ากับ 15.7% และราคาค่าน้ำประปาที่จุดคุ้มทุนเท่ากับ 3.77 บาท/ลบ.ม.

9.3.3 พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี

ตำแหน่งที่มีศักยภาพสูงสุดของพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี อยู่บริเวณพื้นที่สถานีผลิตน้ำเกาะเทโพ ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุทัยธานี ทางท้ายน้ำของตำแหน่ง CPCN_PSC01 ข้อดีของตำแหน่งนี้นอกจากตั้งอยู่ในพื้นที่ของการประปาซึ่งทำให้สะดวกต่อการบริหารจัดการแล้วยังใช้น้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่เป็นแม่น้ำสายใหญ่ที่มีน้ำตลอดทั้งปีและมีความขุ่นไม่สูงมาก จากการออกแบบและประเมินงบประมาณของบ่อระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 500 ลบ.ม./ชม พบว่า มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 14 ไร่ ซึ่งมีครัวเรือนที่อยู่ในพื้นที่เพียง 3 หลังคาเรือน อีกทั้งครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบไม่มีการใช้น้ำจากบ่อบาดาล จึงถือว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นไม่ก่อความเดือดร้อนแก่ประชาชนในพื้นที่แต่อย่างได ประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนาระบบ RBF คิดเป็นจำนวนผู้ใช้น้ำที่ได้รับประโยชน์จากน้ำที่ผลิตได้เท่ากับ 8,000 ราย มีมูลค่าการก่อสร้างระบบที่สามารถประหยัดได้ จำนวน 24.75 ล้านบาท และ สามารถประหยัดค่าเดินระบบได้จำนวน 18.7 ล้านบาท พบว่าตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF ที่สถานีผลิตน้ำเกาะเทโพ ของการประประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุทัยธานี เมื่อก่อสร้างระบบ RBF ที่กำลังการผลิต 500 ลบม./ชม ไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมีค่า NPV ติดลบ (-7.38 ล้านบาท) ค่า B/C Ratio น้อยกว่า 1 (0.81) และ ค่า EIRR มีค่าน้อยกว่า 10 % (1.3%) สาเหตุที่การก่อสร้างระบบ RBF ในพื้นที่นี้ไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากมีอัตราการขยายตัวของผู้ใช้น้ำต่ำ โดยในปี 2565 มีความต้องการใช้น้ำเพิ่มเพียง 325 ลบ.ม./ชม. ในขณะที่ได้ออกแบบก่อสร้างบ่อระบบ RBF ไว้ที่กำลังการผลิต 500 ลบ.ม./ชม. (ตามข้อกำหนดของ TOR) ทำให้มีค่าลงทุนสูงกว่าประโยชน์ที่ได้รับ ดังนั้นในการบริหารจัดการน้ำที่ได้จากระบบ RBF ในพื้นที่นี้จึงควรมีการขยายพื้นที่ในการให้บริการน้ำประปาเพิ่มขึ้น พร้อมทั้งประชาสัมพันธ์และสร้างความร่วมมือกับท้องถิ่นเพื่อให้นำน้ำสะอาดที่ผลิตได้นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่

บทที่ 10

ข้อเสนอแนะแผนการดำเนินงานในพื้นที่นำร่อง

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) กำหนดการศึกษาออกเป็น 3 ระยะ ประกอบด้วย ระยะที่ 1 การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ระยะที่ 2 การศึกษาขั้นรายละเอียด ออกแบบและก่อสร้างระบบ RBF นำร่อง 2 พื้นที่ และระยะที่ 3 การศึกษาและทดลองเดินระบบ RBF ดังมีขั้นตอนและขอบเขตการดำเนินการดัง**รูปที่ 10-1**

10.1 แผนการดำเนินงานในระยะที่ 2

การดำเนินงานในพื้นที่นำร่อง คือ การก่อสร้างระบบ RBF ในระยะที่ 2 และการทดลองเดินระบบในระยะที่ 3 ในพื้นที่ศักยภาพสูง 2 พื้นที่ จากการศึกษาในระยะที่ 1 พบว่าพื้นที่มีศักยภาพสูงและเหมาะสมในการพัฒนาในระยะสั้น จำนวน 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พื้นที่ จังหวัดชัยนาท-อุทัยธานี พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร และพื้นที่เชียงใหม่-ลำพูน ดังนั้นในการดำเนินงานในระยะที่ 2 จึงควรทำการสำรวจเพิ่มเติมทั้ง 3 พื้นที่ เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการก่อสร้างระบบ RBF 2 พื้นที่ หลังจากนั้นจึงทำการออกแบบและก่อสร้างระบบ RBF โดยการประสานความร่วมมือกับเจ้าของพื้นที่ในการใช้พื้นที่และขอความร่วมมือในการต่อเชื่อมระบบผลิตประปากับระบบ RBF การสำรวจอุทกธรณีวิทยาขั้นรายละเอียด การออกแบบ และก่อสร้างระบบ RBF รวมทั้งติดตั้งระบบติดตามตรวจสอบ

10.1.1 การสำรวจรายละเอียดในพื้นที่ศักยภาพสูง 3 พื้นที่

สำรวจขอบเขตพื้นที่ กำหนดตำแหน่งเจาะสำรวจในการศึกษาขั้นรายละเอียด และติดต่อประสานงานกับเจ้าของพื้นที่ สำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ เจาะสำรวจตะกอนท้องน้ำ ติดตั้งสถานีตรวจสอบภูมิอากาศและตรวจวัดระดับน้ำผิวดิน สำรวจธรณีฟิสิกส์เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการเจาะสำรวจ เจาะสำรวจและติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ เจาะบ่อสูบทดสอบ พร้อมทำการหยั่งธรณีหลุมเจาะแบบ Self Potential, Resistivity และ Gamma Ray เก็บตัวอย่างตะกอนทราย ดินเหนียว และกรวดของชั้นน้ำบาดาล นำมาวิเคราะห์ช่วงขนาดและสัดส่วนปริมาณของกรวดทราย เพื่อประเมินความพรุน ความหนาและการต่อเนื่องของชั้นน้ำ ขอบเขตการแผ่กระจาย ความลึกของระดับน้ำ และทิศทางการไหลของน้ำบาดาล ติดตั้งเครื่องวัดระดับและคุณภาพน้ำบาดาลอัตโนมัติ

สูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจากบ่อสูบทดสอบและวัดระยะน้ำคืนตัวเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ พร้อมเก็บน้ำตัวอย่างน้ำบาดาลจากบ่อสูบทดสอบ และวิเคราะห์คุณภาพน้ำแบบสมบูรณ์ทั้งพารามิเตอร์ทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และสารพิษ เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ ก่อน ระหว่าง และหลังทำการสูบทดสอบ ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบาดาลที่เกิดจากการสูบทดสอบระยะยาว เพื่อศึกษาระยะเวลาเดินทางของน้ำจากแม่น้ำถึงบ่อสูบทดสอบ เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินและวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินแบบสมบูรณ์ รังวัดพิกัดปากบ่อสังเกตการณ์ บ่อสูบทดสอบ

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration)

ระยะที่ 1 การศึกษาความเหมาะสมการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย

1.1 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
1.2 การคัดเลือกพื้นที่ในการพัฒนาระบบ RBF
1.3 การสำรวจภาคสนาม
1.4 การประเมินศักยภาพพื้นที่ในด้านต่างๆ
1.5 การจัดเรียงลำดับความเหมาะสมของตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF
1.6 การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
1.7 การจัดทำแผนหลักสำหรับการพัฒนาระบบ RBF

ระยะที่ 2 การศึกษาขั้นรายละเอียด ออกแบบและก่อสร้างแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย

2.1 การศึกษารายละเอียดพื้นที่มีศักยภาพสูง 3 พื้นที่
2.2 คัดเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF นำร่อง จำนวน 2 พื้นที่
2.3 การสำรวจขั้นรายละเอียดเพื่อออกแบบก่อสร้างระบบ RBF 2 พื้นที่นำร่อง
2.4 การออกแบบและพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ทั้ง 2 พื้นที่นำร่อง
2.5 การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วม

ระยะที่ 3 การศึกษาและทดลองดำเนินการ แหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย

3.1 ดำเนินการทดลองสูบน้ำ
3.2 ติดตามผลกระทบของระดับน้ำ คุณภาพน้ำและการทรุดตัวของพื้นดิน
3.3 การประเมินประสิทธิภาพระบบสูบน้ำ
3.4 ประเมินค่าใช้จ่ายการผลิตน้ำในระบบ RBF และเปรียบเทียบกับการผลิตน้ำประปาด้วยระบบอื่น
3.5 การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วม
3.6 การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
3.7 การประเมินโครงการของผลการศึกษาพื้นที่นำร่อง

รูปที่ 10-1 ขอบเขตการดำเนินการศึกษาโครงการโครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยทั้ง 3 ระยะ

สรุปผลการสำรวจเบื้องต้น พร้อมจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:10,000 เพื่อใช้วางแผนในการออกแบบระบบ RBF และใช้จัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จัดทำแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อจำลองตำแหน่งที่เหมาะสมก่อสร้างระบบ RBF และใช้ในการออกแบบวิธีการและตำแหน่งระบบสูบน้ำที่เหมาะสม ประเมินระดับความลึก ทิศทางและความยาวของแต่ละแนวท่อกรองบ่อที่จะติดตั้ง และแนวโน้มปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ในระบบ RBF ที่ติดตั้งท่อกรองแนวนอน รายงานผลการสำรวจ สรุปพื้นที่เป้าหมายในการสำรวจรายละเอียดและตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF ในขั้นตอนต่อไป

หลังจากทำการสำรวจเพิ่มเติมในทั้ง 3 พื้นที่ ให้ทำการสรุปผลการสำรวจและคัดเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF นำร่อง จำนวน 2 พื้นที่ จากกนั้นจึงทำการสำรวจขั้นรายละเอียดเพื่อการออกแบบก่อสร้างในพื้นที่นำร่องจำนวน 2 พื้นที่ ดังแสดงแผนการดำเนินการใน**ตารางที่ 10-1**

10.1.2 การสำรวจขั้นรายละเอียดเพื่อออกแบบก่อสร้างระบบ RBF 2 พื้นที่

การดำเนินงานในขั้นนี้เป็นการสำรวจเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบก่อสร้างบ่อ RBF ปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำที่บ่อ RBF สามารถผลิตได้ ใน 2 พื้นที่ โดยมีกิจกรรมที่เน้นการสำรวจรายละเอียดเพื่อออกแบบก่อสร้างบ่อระบบ RBF ได้แก่

การเจาะบ่อสำรวจพื้นที่ละ 100 บ่อ รอบบริเวณพื้นที่ที่จะก่อสร้างบ่อ RBF พื้นที่ 100 ม.*100 ม. (ระยะห่างแต่ละบ่อประมาณ 10 ม.) พร้อมเก็บตัวอย่างดินไปทำการวิเคราะห์ขนาดและสัดส่วนของตะกอนจากบ่อเจาะสำรวจ บ่อละ 3 ตัวอย่าง รวมพื้นที่ละ 300 ตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบลักษณะของชั้นน้ำบาดาล และการเปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาล รอบบริเวณตำแหน่งก่อสร้างบ่อ RBF เจาะกลุ่มบ่อสังเกตการณ์ขนาด เพื่อติดตามระดับน้ำและคุณภาพน้ำในระดับและระยะที่แตกต่างกัน เจาะบ่อสูบทดสอบขนาดใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว) สูบทดสอบปริมาณน้ำระยะยาวจากบ่อสูบทดสอบ เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล สำรวจภูมิประเทศขั้นรายละเอียดมาตราส่วน 1:4,000 เพื่อใช้ในการออกแบบก่อสร้าง

จัดทำแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยการออกแบบและกำหนดตำแหน่งก่อสร้างบ่อ RBF ระดับความลึก ทิศทาง และความยาวของแต่ละแนวท่อกรองบ่อที่จะติดตั้ง และแนวโน้มปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ จัดทำระบบฐานข้อมูลและแผนที่อุทกธรณีวิทยาขั้นรายละเอียดมาตราส่วน 1:4,000 ในพื้นที่นำร่องทั้ง 2 พื้นที่ แสดงชั้นน้ำบาดาลและหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา ระบบการไหลของน้ำบาดาล และคุณภาพน้ำบาดาล

10.1.3 การออกแบบและก่อสร้างระบบ RBF พื้นที่นำร่อง

การออกแบบและก่อสร้างระบบ RBF พื้นที่นำร่องประกอบด้วยการ การจัดหาที่ดินในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย 2 พื้นที่ โดยการประสานงานขอความร่วมมือขอใช้พื้นที่ของการประปาส่วนภูมิภาคในพื้นที่นั้น ออกแบบรายละเอียดระบบ RBF ที่ติดตั้งท่อกรองแนวนอน เพื่อให้ได้บ่อระบบ RBF หรือกลุ่มบ่อระบบ RBF ตามมาตรฐานสากลที่สามารถสูบน้ำดิบได้อย่างน้อย 500 ลบ.ม./ชม. การก่อสร้างระบบ RBF ที่ติดตั้งท่อกรองน้ำในแนวนอนในแต่ละพื้นที่นำร่อง ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน มีการปรับตั้งอุปกรณ์เพื่อเริ่มงาน การทดสอบอุปกรณ์ การทดสอบการใช้งานของระบบของสถานีทดลองสูบน้ำที่ต้องการทั้งหมด การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบรวมทั้งหมด

รวมทั้งทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำที่ได้จากระบบ RBF ที่ติดตั้งท่อกรองน้ำในแนวนอน ในแต่ละพื้นที่นำร่อง เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 45 วัน และสังเกตการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์พร้อมศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาลและระดับน้ำลด ประเมินการให้น้ำของบ่อ และกำหนดขนาดและจำนวนเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมที่จะติดตั้งในระบบ เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลแบบบางส่วนจากการสูบทดสอบระบบ RBF ติดตั้งหมุดหลักฐานและวัดระดับความสูงพื้นที่นำร่องทั้ง 2 พื้นที่ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานใช้อ้างอิงและศึกษาการทรุดตัวของพื้นดิน จัดทำแผนการทดสอบระบบและพัฒนาระบบ RBF ที่ติดตั้งท่อกรองน้ำในแนวนอนของแต่ละพื้นที่ เช่น ตารางการทดลองสูบน้ำ ระบบบำรุงรักษา และการติดตามตรวจสอบระบบ พัฒนา

ระบบการประเมินการผลการดำเนินการสูบน้ำ และความเสี่ยงต่างๆ ในทางเทคนิค ซึ่งแผนงานจำเป็นต้องมีการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยที่อาจเกิดขึ้นได้

10.1.4 การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วม

การประชาสัมพันธ์และรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เป็นการเปิดตัวแนะนำโครงการระยะที่ 2 สร้างความเข้าใจ ในการดำเนินงานของโครงการและรับฟังความคิดเห็นจากประชาชนทุกภาคส่วน เพื่อการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน

10.2 แผนการดำเนินงานในระยะที่ 3

การดำเนินการทดลองและพัฒนาระบบ RBF (ระยะที่ 3) คือ การทดลองเดินระบบ RBF ที่ได้ ก่อสร้างขึ้นร่วมกับการประปาส่วนภูมิภาค โดยจะทดลองสูบน้ำเป็นระยะเวลาประมาณ 360 วัน ติดตามผลกระทบของระดับน้ำคุณภาพน้ำ และการทรุดตัวของพื้นดิน ประกอบด้วยการวัดระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์ พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำดิบ และตัวอย่างน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์ทุกเดือน เพื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกายภาพ และทางเคมี และวัดระดับความสูงของพื้นดินตามหลักหมุดที่วางไว้ ทุก 4 เดือน ทำการประเมินประสิทธิภาพระบบสูบน้ำ ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพที่สูบได้จากระบบ RBF เช่น อัตราการให้น้ำของทั้งระบบหรือเฉพาะในแต่ละแนวและทิศทางของท่อกรองน้ำติดตั้ง คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปหลังจากน้ำที่สูบผ่านระบบ RBF เมื่อเทียบกับน้ำที่สูบจากแม่น้ำโดยตรง เป็นต้น กิจกรรมของการดำเนินงานระยะนี้ประกอบด้วย

การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วม เพื่อนำเสนอและเผยแพร่ข้อมูลผลการดำเนินการในระยะที่ 3 ในพื้นที่ที่คัดเลือก 2 พื้นที่ และรับฟังความคิดเห็นจากประชาชนทุกภาคส่วน ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจใน วิธีการสูบผลิตน้ำ การบำรุงรักษา ต้นทุนทั้งระบบ และค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำ รวมทั้งปัญหา อุปสรรค และวิธีการแก้ไขที่ถูกต้อง

สรุปประเมินผลการดำเนินงานโครงการระยะที่ 2 และระยะที่ 3 เชิงความเหมาะสมทางวิศวกรรมเศรษฐศาสตร์ สังคม และสิ่งแวดล้อมของโครงการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนแผนหลักการพัฒนาระบบ RBF และการนำผลการศึกษาไปขยายผลต่อไป แสดงแผนการดำเนินงานในระยะที่ 3 ใน**ตารางที่ 10-2**

ตารางที่ 10-1 แผนการดำเนินงานในระยะที่ 2 การศึกษาขั้นรายละเอียด ออกแบบและพัฒนาระบบ RBF

ลำดับ	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ	ระยะเวลาดำเนินการ (เดือน)																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	**การศึกษารายละเอียดพื้นที่มีศักยภาพสูง 3 พื้นที่ (เชียงราย, กำแพงเพชร, อุทัยธานี)**	■	■	■	■	■													
1.1	กำหนดขอบเขตพื้นที่ ตำแหน่ง ในการศึกษาขั้นรายละเอียด และติดต่อประสานงานกับเจ้าของพื้นที่	▨																	
1.2	การสำรวจภาคสนามเพิ่มเติม ใน 3 พื้นที่ศักยภาพสูง		▨	▨	▨														
	1) สำรวจหน้าตัดของแม่น้ำ พื้นที่ละ 3 จุด		░	░															
	2) เจาะสำรวจตะกอนท้องน้ำด้วยสว่านมือหมุนและเก็บตัวอย่างทุกเมตร พื้นที่ละ 3 หลุม ความลึกไม่ต่ำกว่า 3 ม.		░	░															
	3) ทดสอบขนาดและสัดส่วนของตะกอนท้องน้ำจากหลุมเจาะสว่านมือหมุน พื้นที่ละ 3 หลุม หลุมละ 3 ตัวอย่าง			░															
	4) วิเคราะห์ปริมาณสารเคมีในดินแบบสมบูรณ์ พื้นที่ละ 3 หลุม หลุมละ 3 ตัวอย่าง			░	░														
	5) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธี 2D-resistivity 3 พื้นที่ พื้นที่ละ 6 แนวๆ ละ 300 เมตร		░																
	6) เจาะบ่อสังเกตการณ์ (PVC ∅ 2") พื้นที่ละ 10 บ่อ ความลึกไม่เกินบ่อละ 50 ม.		░																
	7) เจาะบ่อสูบทดสอบพร้อมหยั่งธรณีหลุมเจาะ (PVC ∅ 8") พื้นที่ละ 1 บ่อ		░																
	8) สูบทดสอบปริมาณน้ำ ไม่น้อยกว่า 168 ชั่วโมง หรือ 7 วัน			░															
	9) ติดตั้งสถานีตรวจวัดระดับน้ำผิวดินและคุณภาพน้ำผิวดิน พื้นที่ละ 1 ชุด		░																
	10) ติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและคุณภาพน้ำอัตโนมัติ พื้นที่ละ 3 ตัว (อาจใช้เครื่องมือเดิมจากระยะที่ 1)			░															
	11) เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลแบบสมบูรณ์จากบ่อสังเกตการณ์ จำนวน 5 บ่อ บ่อละ 3 ครั้ง ก่อนสูบ ระหว่างสูบและหลังสูบทดสอบ รวมพื้นที่ละ 15 ตัวอย่าง			░	░														
	12) เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลแบบสมบูรณ์จากบ่อสูบทดสอบ (ระหว่างสูบทดสอบ) วันละ 1 ตัวอย่าง จำนวน 7 วัน รวมพื้นที่ละ 7 ตัวอย่าง			░	░														
	13) เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินและวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินแบบสมบูรณ์ พื้นที่ละ 3 ตำแหน่งๆละ 1 ตัวอย่าง			░	░														
	14) รังวัดพิกัดปากบ่อสังเกตการณ์ บ่อสูบทดสอบ และบ่อเดิม รวมจำนวน 100 บ่อ				░														
1.3	การจัดทำแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เบื้องต้น				▨	▨													
1.4	สรุปผลการสำรวจและคัดเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบ RBF จำนวน 2 พื้นที่					▨													
2	**การสำรวจขั้นรายละเอียดเพื่อออกแบบก่อสร้างระบบ RBF 2 พื้นที่นำร่อง**						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2.1	จัดหาที่ดิน						▨												
2.2	กำหนดตำแหน่งก่อสร้างระบบ RBF และขอบเขตพื้นที่สำรวจ						▨												
2.3	การสำรวจภาคสนามเพิ่มเติม ใน 2 พื้นที่นำร่อง						▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	
	1) วัดความเร็วการไหลของน้ำผิวดินทุกเดือน ไม่ต่ำกว่า 12 เดือน พื้นที่ละ 3 จุด						░	░	░	░	░	░	░	░	░	░	░	░	
	2) ทดลองการซึมและการอุดตันของตะกอนท้องน้ำในสนาม พื้นที่ละ 1 แห่ง ทดสอบระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 6 เดือน พร้อมเก็บตัวอย่างน้ำที่ได้จากการทดลองวิเคราห์คุณภาพน้ำแบบบางส่วน เดือนละ 2 ครั้ง ครั้งละ 3 ตัวอย่าง รวมพื้นที่ละ 36 ตัวอย่าง						░	░	░	░	░	░							
	3) เจาะบ่อสำรวจ พื้นที่ละ 100 บ่อ (รอบตำแหน่งก่อสร้าง 100*100 ม.) ความลึกบ่อละไม่เกิน 50 ม.						░	░											
	4) ติดตั้งกลุ่มบ่อสังเกตการณ์ (PVC ∅ 2") พื้นที่ละ 10 ตำแหน่งๆ ละ 4-6 บ่อ ความลึกอยู่ในช่วง 5-40 ม. ความลึกของกลุ่มบ่อรวม 120 ม.							░	░										
	5) เจาะบ่อสังเกตการณ์ (PVC ∅ 2") ห่างจากตำแหน่งก่อสร้าง ในรัศมี 500 ม. พื้นที่ละ 10 บ่อ ความลึกไม่เกิน								░										
	6) เจาะบ่อสูบทดสอบพร้อมหยั่งธรณีหลุมเจาะ (PVC ∅ 12") พื้นที่ละ 1 บ่อ								░										
	7) สูบทดสอบปริมาณน้ำระยะยาว จากบ่อสูบทดสอบ (12") พื้นที่ละ 1 บ่อ ไม่น้อยกว่า 720 ชั่วโมง หรือ 30 วัน									░									
	8) เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลแบบบางส่วนจากบ่อสังเกตการณ์ พื้นที่ละ จำนวน 10 บ่อ ในระหว่างการสูบทดสอบ วันละ 1 ตัวอย่าง รวมพื้นที่ละ 300 ตัวอย่าง										░	░							
	9) เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลแบบบางส่วนจากบ่อสูบทดสอบ (ระหว่างสูบทดสอบ) วันละ 1 ตัวอย่าง จำนวน 30 วัน รวมพื้นที่ละ 30 ตัวอย่าง									░	░	░							
	10) วิเคราะห์ขนาดและสัดส่วนของตะกอนจากบ่อสูบทดสอบ (12") บ่อละ 20 ตัวอย่าง									░									
	11) วิเคราะห์ขนาดและสัดส่วนของตะกอนจากบ่อเจาะสำรวจ จำนวน 100 บ่อละ 3 ตัวอย่าง								░	░									
	12) เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบางส่วน พื้นที่ละ 1 จุด วันละ 1 ตัวอย่าง จำนวน 30 วัน รวมพื้นที่ละ 30 ตัวอย่าง (ระหว่างการสูบทดสอบ)									░	░	░							
	13) สำรวจภูมิประเทศ									░	░								
2.4	การจัดทำแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยในการออกแบบและหาตำแหน่งก่อสร้างบ่อ RBF									▨	▨	▨							
2.5	ระบบฐานข้อมูลและแผนที่อุทกธรณีวิทยา 1:4,000 ขั้นรายละเอียด						▨	▨	▨	▨	▨	▨							
3	**การออกแบบและพัฒนาระบบ RBF 2 พื้นที่นำร่อง**											■	■	■	■	■	■	■	■
3.1	การออกแบบรายละเอียดของระบบ RBF											▨	▨						
3.2	ก่อสร้างระบบและพัฒนาระบบ RBF													▨	▨	▨	▨		
3.3	สูบทดสอบปริมาณน้ำจากระบบ RBF เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 45 วัน																	▨	▨
3.4	วิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลแบบสมบูรณ์จากระบบ RBF พื้นที่ละ 45 ครั้ง																	▨	▨
3.5	สำรวจและติดตั้งหมุดหลักฐานวัดระดับการทรุดตัวของพื้นที่ พื้นที่ละ 5 ตำแหน่งๆ 2 ครั้ง																	▨	
3.6	จัดทำแผนการทดสอบระบบและพัฒนาระบบ RBF																	▨	
4	**การจัดทำระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์**	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	**การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมของประชาชน**		■										■						■
5.1	การจัดประชุมเพื่อประชาสัมพันธ์และรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้ง 3 พื้นที่ (เปิดตัวโครงการ)		▨																
5.2	การจัดประชุมเพื่อนำเสนอและเผยแพร่ข้อมูลการศึกษา และรับฟังความคิดเห็น จำนวน 2 พื้นที่												▨						
5.3	การจัดประชุมเพื่อนำเสนอและเผยแพร่ข้อมูลผลการศึกษาโครงการในระยะที่ 2 (ปิดโครงการ)																		▨
6	**แผนการส่งมอบงาน**																		
6.1	รายงานแผนการดำเนินการขั้นต้น จำนวน 20 ชุด	▲																	
6.2	รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 จำนวน 20 ชุด					▲													
6.3	รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 จำนวน 20 ชุด								▲										
6.4	รายงานฉบับกลาง จำนวน 20 ชุด											▲							
6.5	รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3 จำนวน 20 ชุด														▲				
6.6	รายงานร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ จำนวน 20 ชุด																	▲	
6.7	รายงานฉบับสมบูรณ์ รายงานสำหรับผู้บริหาร จำนวน 50 ชุด																		▲

■ แผนปฏิบัติการหลัก ▨ แผนปฏิบัติการรอง ▲ วันส่งมอบงาน

ตารางที่ 10-2 แผนการดำเนินงานในระยะที่ 3 การดำเนินการทดลองและพัฒนาระบบ RBF

ลำดับ	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ	ระยะเวลาดำเนินการ (เดือน)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	**การดำเนินการทดลองและการพัฒนาระบบ RBF**												
1.1	ดำเนินการทดลองสูบน้ำ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.2	ติดตามผลกระทบของระดับน้ำ คุณภาพน้ำและการทรุดตัวของพื้นดิน	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.3	การประเมินประสิทธิภาพระบบสูบน้ำ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.4	การประเมินและวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.5	การจัดทำระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.6	แผนการดำเนินการระบบ และการดูแลรักษาระบบ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.7	การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วม	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.7.1	งานประชาสัมพันธ์จัดทำเว็บไซต์โครงการ	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
1.7.2	จัดประชุมเพื่อนำเสนอและเผยแพร่ข้อมูล												□
1.8	การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง		■										■
2	**แผนการส่งมอบงาน**												
2.1	รายงานแผนการดำเนินการขั้นต้น จำนวน 20 ชุด	▲											
2.2	รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 จำนวน 20 ชุด				▲								
2.4	รายงานฉบับกลาง จำนวน 20 ชุด								▲				
2.6	รายงานร่างฉบับสมบูรณ์ จำนวน 20 ชุด											▲	
2.7	รายงานฉบับสมบูรณ์ จำนวน 50 ชุด												▲

■ แผนปฏิบัติการหลัก □ แผนปฏิบัติการรอง ▲ วันส่งมอบงาน

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ, 2554. คุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย ปี 2550-2553, สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมควบคุมมลพิษ, 2555. คุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย ปี 2554, สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมชลประทาน, 2546. โครงการศึกษาเพื่อทำแผนหลักรองรับการพัฒนาแหล่งน้ำและปรับปรุงโครงการชลประทานสำหรับแผนฯ 9, รายงานสถานภาพลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมทรัพยากรธรณี, 2542. แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพของประเทศไทย, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมทรัพยากรธรณี, 2543. แผนที่น้ำบาดาลระวางจังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดลำพูน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดพิจิตร จังหวัดลำปาง จังหวัดแพร่ จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดชัยนาท จังหวัดหนองคาย จังหวัดสุราษฎร์ธานี มาตราส่วน 1:100000, กรุงเทพฯ

กรมทรัพยากรธรณี, 2549. แผนที่น้ำบาดาลมาตราส่วน 1: 250,000, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมทรัพยากรธรณี, 2550. แผนที่ธรณีวิทยา จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดลำพูน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดพิจิตร จังหวัดลำปาง จังหวัดแพร่ จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดชัยนาท จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดสงขลา มาตราส่วน 1:50000, กรุงเทพฯ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2550. โครงการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของน้ำบาดาลจากสารอินทรีย์ไอระเหยบริเวณนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551. โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2553. โครงการสำรวจสถานภาพบ่อน้ำบาดาล ศึกษากำหนดเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์และประเมินการใช้น้ำบาดาลเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลของประเทศ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมพัฒนาที่ดิน, 2549. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดลำพูน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดพิจิตร จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดชัยนาท จังหวัดหนองคาย จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดสงขลา, กรุงเทพฯ

กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549. สถิติข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543) ประเทศไทย, กรุงเทพฯ

กองพัฒนาแหล่งน้ำ ฝ่ายทรัพยากรน้ำ การประปาส่วนภูมิภาค, 2554, http://wr.pwa.co.th/, สืบค้นวันที่ 15-10-2554

การประปาส่วนภูมิภาค, 2553. คุณภาพน้ำและการควบคุม, http://www.pwa.co.th/document/performance_water.htm, สืบค้นเมื่อวันที่ 07-05-2553

ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน, 2554. ข้อมูลอุทกวิทยา, http://hydro-8.com/, http://hydro-5.com/, http://www.hydro-1.net/ and http://hydro-2.com/, สืบค้นเมื่อวันที่ (20-23)-04-2554

สำนักงานสภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2547. รายงานการศึกษาฉบับสุดท้าย, โครงการศึกษาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของชาติอย่างมีประสิทธิภาพและการจัดการ 25 ลุ่มน้ำสำคัญของประเทศ, กรุงเทพมหานคร

สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน, 2552. แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีอุทกวิทยา, http://water.rid.go.th/hyd/hyd_isohyetal/hyd_isohyetal.html, สืบค้นวันที่ 10-03-2554

อุดร จารุรัตน์ และจารุรัตน์ วรนิสรากุล, 2545. วิศวกรรมการประปาและสุขาภิบาล. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Caldwell, T., J. , 2006. Presentation of data for factors significant to yield from several river bank filtration systems in the U.S. and Europe. In: River bank filtration hydrology-Impacts on system capacity and water quality, Hubbs S.A. (ed.), Springer Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 299-340.

Central Intelligence Agency, 2553. The World Factbook, https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2097.html, สืบค้นวันที่ 15-09-2553

Cheong, J.Y., Hamm, S.Y., Kim, S.H., Ko, E.J., Yang, K. Lee, J.H., 2009. Estimating hydraulic conductivity using grain-size analyses, aquifer tests, and numerical modeling in a riverside alluvial system in South Korea, Hydrogeology Journal (2008) 16: 1129–1143.

ESCAP, 1996. Manual on GIS for Planners and Decision Makers, United Nations. New York. p.7-10.

Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), 2009. Infiltration rate and Infiltration test, Annex 2, http://www.fao.org/docrep/. Rome.

Foster, S., Tuinhof, A., Kemper, K., Garduño, H., and Nanni, M., 2006. Characterization of Groundwater Systems key concepts and frequent misconceptions, GW Mate, The World Bank Global Water Partnership Program, Briefing Note Series No.2

Grischek T., Schubert J., Jasperse J.L., Stowe S.M. and Collins M.R., 2007, What Is The Apppropriate site for RBF, ISMAR6 Proceedings, 466-474. Phoenix, USA.

Grischek, T. and Schoenheinz, D., (2003). Siting and Design Issues for Riverbank Filtration Schemes, Riverbank Filtration: Improving Source-water Quality, Water Science and Technology Library (291-302)

Harbaugh, A.W., Banta, E.R., Hill, M.C., and McDonald, M.G., 2000, MODFLOW-2000, the U.S. Geological Survey modular ground-water model -- User guide to modularization concepts and the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Open-File Report 00-92, 121 p.

Hiscock, K.M. and Grischek, T., (2002). Attenuation of groundwater pollution by bank filtration, Journal of Hydrology 266 (2002) 139–144

Hubbs S.A., 2006. River bank filtration hydrology-Impacts on system capacity and water quality, Springer Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 299-340.

Hubbs, S.A., (2004). Riverbank Filtration Hydrology, Impacts on System Capacity and Water Quality. NATO Science Series.

Kelson, V. 2012. Predicting collector well yield with MODFLOW. Groundwater. DOI: 10.1111/j.1745-6584.2012.00910.x.

Lee, S. I., and Lee, S. (2008). Site suitability analysis for riverbank filtration in the Han River, Korea. Proceedings of the IAHR-APD Congress, 236-239. Beijing : Tsinghua University Press.

Lee, S. I., and Lee, S. (2010). Development of site suitability analysis system for riverbank filtration. Water

Logan, J., (1964), Estimating transmissibility from routine production tests of water wells, Ground Water, vol. 2, no. 1, pp. 36-37.

Mekong River Commission, 2554. ข้อมูลอุทกวิทยา, http://ffw.mrcmekong.org/ สืบค้นเมื่อวันที่ 30-04-2554

Michael schön, 2006. Systematic comparison of riverbankfiltration sites in austria and india, Institut für Umwelttechnik, Germany.

Moore, R., V. Kelson, J. Wittman, and V. Rash. 2011. A modeling framework for the design of collector wells. Groundwater. DOI: 10.11/j.1745-6584.2011.00850.x.

Ray, C., Melin, G., and Linsky, R.B., (2003), Riverbank Filtration: Improving Source-water Quality, Water Science and Technology Library.

Rushton, K.R., 1987. Vertical Flow in Heavily Exploited Hard Rock and Alluvial Aquifers Department of Civil Engineering, University of Birmingham, U.K.

Schubert, J., 2002. German experience with riverbank filtration systems. In: River bank filtration-Improving source water quality, C.Ray, G. Melin, R.B. Linsky (eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 35-48.

Schubert, J., 2006. Significance of hydrologic aspects on RBF performance. In: River bank filtration hydrology-Impacts on system capacity and water quality, Hubbs S.A. (ed.), Springer Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1-42.

Stowe, S. M., P.G., CPG, (2003), Siting and Testing Procedures for Riverbank Filtration Systems, Riverbank Filtration : The Future is NOW, The Second International Riverbank Filtration Conference, The National Water Research Institute (NWRI), 57-61.

Todd, D.K., and Mays, L., 2005. Groundwater Hydrology, John Wiley, New York.

Department of Groundwater Resources

Ministry of Natural Resources & Environment

Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology Phase 1

"Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology"

Executive Summary

Prepared by

Asia Lab & Consultant Co.,Ltd.

Inter Water Consultant Co.,Ltd.

Khon Kaen University

January 2013

Executive Summary Report

Project Funding:

Department of Groundwater Resources

Ministry of Natural Resources and Environment

Preparation:

Asia Lab & Consultant Co.,Ltd.

Inter Water Consultant Co.,Ltd.

Khon Kaen University

Project Advisory Board:

1. Mr. Praneet Roibang	Director General, Department of Groundwater Resources
2. Mr. Supot Jemsawatdipong	Deputy Director General, Department of Groundwater Resources
3. Mr. Sumrit Chussanatus	Deputy Director General, Department of Groundwater Resources

Contracting Committee:

1. Mr. Sumrit Chussanatus	Chairman
2. Mr. Prakorb Ukong	Member
3. Mr. Bunjong Bhomjun	Member
4. Mr.Mahippong Worakul	Member
5. Mr. Sukree Buranasan	Member

Project Inspection Committee:

1. Mr. Sitisak Manyou	Chairman
2. Dr. Kriangsak Pirarai	Member
3. Ms. Anchalee Pongsatitpat	Member
4. Mr. Withaya Menisai	Member
5. Ms. Urai Bangyeekhan	Member

Project Team

1. Mr.Niyom Maprajong	Project Manager/ Expert in Water Resources Engineering
2. Assoc. Prof. Dr. Kriengsak Srisuk	Deputy Project Manager / Expert in Hydrogeology
3. Prof.Thomas Grischek	Expert in River Bank Filtration
4. Dr. Paul Pavelic	Expert in River Bank Filtration

Project Team (Cont.)

5. Mr.Teerawash Intrasuta	Expert in Geology
6. Asst. Prof. Laa Archwichai	Expert in Geology
7. Mr.Theerasak Tangsutthinon	Expert in Geophysics
8. Assoc. Prof. Rungson Naimsanit	Expert in Strategic Planning
9. Asst.Prof.Sumet Kaenmanee	Expert in Policy Analysis and Planning
10. Asst.Prof.Wiwat Aungsusing	Expert in Publicity and Participation
11. Dr. Pipat Reungsang	Expert in GIS
12. Asst.Prof.Dr.Fongsaward S. Singharajwarapan	Expert in Hydrogeology
13. Mr. Phayom Sarapirom	Expert in Groundwater Modeling
14. Mr.Somruthai Tasaduak	Expert in Water Supply Engineering
15. Mr.Panut Kamolpanus	Expert in Economics
16. Mr.Phichai Assavavipas	Expert in Economics
17. Ms. Rangsiya Kamolpanus	Expert in Environmental Impact Study
18. Mr.Preedee Yammontar	Expert in Civil Engineering
19. Mr.Chuchai Chalongchaisith	Expert in Mechanical and Electrical Engineering
20. Mr.Anuwat Sresawat	Plan and Policy Analyst
21. Ms.Lerlack Kaewjompang	Hydrologist
22. Mr. Prayuth Senchai	Hydrogeologist
23. Ms.Penlada Boonsongka	Hydrogeologist
24. Mr.Bunyasit kiwduangta	Hydrogeologist
25. Mr.Pichet Kaewsomwarng	Hydrogeologist
26. Ms.Siriporn Sriphuthon	Geologist
27. Ms.Kittiya Iertlum	Geologist
28. Mr. Nuttawut Wongsuwan	Geologist
29. Mr. Chaipitak Thongthum	Geologist
30. Mr.Thitiwat Wongsak	GIS
31. Ms.Wanwisa Sriphattanakul	Environments
32. Ms.Sukanya Sinsomboon	Environments
33. Mr.Wanchai Sotthikul	Project Coordinator and Expert in Hydrogeology
34. Ms.Kewaree Pholkern	Project Coordinator and Water Resources Engineer
35. Ms.Suteera Prachyakriangkrai	Project Academic Coordinator and Environments

Project Conclusion

The project entitled "Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration (RBF) Technology, Phase 1: Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration (RBF) Technology" conducted the feasibility investigations along the main river basins in Thailand to identify the suitable sites for the RBF system construction for large groundwater sources development. The RBF system would be useful for domestic and industrial water shortage mitigation in the future.

The investigations and design of the RBF system consist of the selection of the potential areas from the existing river basins in Thailand. The data acquisitions for site selection criteria include the collection and compilation of existing data various detailed field work and field investigations in the following aspects: 1) topography , 2) hydrology, 3) surface water sources, water quantity and quality, 4) geology, 5) Hydrogeology, 6) pumping tests for groundwater quantity and quality determination, 7) study of the existing and future water demand, 8) water demand of the Provincial Water Work Authority, 9) landuse conditions, 10) environment impacts of the RBF system, and 11) stakeholders participation. Additional further studies for the RBF system design include: 1) evaluations of potential areas to study seasonal groundwater safe yield for the RBF system development, 2) determination of surface water groundwater ratio in the RBF water abstraction, 3) model simulation for the RBF collector well design using horizontal well screen, 4) study on water demand for water supply production in each potential area, and 5) evaluations of the costs for the RBF system construction, system operation and maintenance for further evaluation of the economic feasibility.

The results of field investigations and analysis of various data groups show that the twelve (12) potential areas for the RBF system development are located mainly in the North Region and Upper Central Region. These include 1) Amphoe Chiangsaen, Chiang Rai Province, 2) Amphoe Muang, Chiang Rai Province, 3) Chiang Mai-Lumphun Province, 4) Amphoe Muang, Lampang Province, 5) Amphoe Muang - Amphoe Sungmen, Phrae Province, 6) Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, 7) Amphoe Muang, Phichit Province, 8) Amphoe Krok Phra, Nakhon Sawan Province, 9) Chainat-U Thai Thani Province, 10) Amphoe Sri Chiang Mai, Nong Khai Province, 11) Amphoe Phun Phin, Surat Thani Province, and 12) Amphoe Hat Yai, Songkhla Province. After the detailed investigations and detailed studies, thirty seven (37) locations were identified for more detailed feasibility study. Site suitability ranking based on suitability classification include: 1) very suitable areas are those in Chiang Rai, Chainat-U Thai Thani, and Kamphaeng Phet, 2) moderate suitable areas are those in Chiang Mai-Lamphun, Phichit, Phrae, Lampang, Surat Thani, and Nakhon Sawan, and 3) low suitable areas are those in Songkhla; Amphue Chiangsaen, Chiang Rai Province; and Amphoe Sri Chiang Mai, Nong Khai Province.

The development plans for the RBF system are categorized into 3 phases, namely, short term development plans during B.E. 2554 – 2558, intermediate term development plans during B.E. 2559 – 2563, and long term development plans during B.E. 2564 – 2568. Short term development plans consist of two (2) programs, namely, 1) Investigations, researches, construction, and knowledge transfer for the

RBF system development, and 2) Action plans formulation for the expandsion of the RBF system emphasizing and providing priority to the RBF knowledge management, Database development for the potential areas for the RBF system development, personnel development for the Department of Groundwater Resources and other related organizations, construction of pilot RBF system at two (2) locations in the three (3) very suitable areas of Amphoe Muang, Chiang Rai Province, Chainat-U Thai Thani Province, and Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province. Intermediate term development plans include the encouragement for the implementation of the RBF system to develop water supply for domestic and industrial consumptions in the future. The medium suitable areas for the workplans include those in Amphoe Muang, Lampang Province, Amphoe Muang, Phichit Province, Amphoe Muang, Phrae Province, Amphoe Krok Phra, Nakhon Sawan Province, and Amphoe Phun Phin, Surat Thani Province. Long term development plans include the monitoring and assessment of the success and difficulties of the RBF system development as well as the accelerating of work programs in the intermediate development plans to serve, distribute and cover the increasing demands.

The design and management activities of the RBF system in the three (3) selected pilot areas (Amphoe Muang, Chiang Rai Province, Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, and Chainat-U Thai Thani Province) include the design and evaluations of the RBF System construction costs by considering water demand for each area in the next ten (10) years. The results show that the RBF system development in Amphoe Muang, Chiang Rai Province, would provide water production capacity of 1200 cu. m/hour for water users of 19,200 households. The saving costs for the construction of the RBF system and system operation comparing to the existing water production system is 116,92 million Baht. The results of the economic feasibility evaluation show high cost-benefit with the benefit/cost ratio of 2.11 and the water supply fee at the break-even point of 3.07 Baht/cu.m. The area of Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, could provide water production capacity of 600 cu. m./hour to serve the water users of 9,600 households. The saving cost for the construction of the RBF system and system operation comparing to the existing water production system is 47.89 million Baht. The results of the economic feasibility evaluation show good cost-benefit with the benefit/cost ratio of 1.12 and the water supply fee at the break-even point of 3.77 Baht/cu.m. The area of Chainat-U Thai Thani Province could provide water production capacity of 500 cu.m./hour. The saving cost for the construction of the RBF system and system operation comparing to the existing water production system is 39.45 million Baht. The results of the economic evaluation show that the construction of the RBF system in this area is not economic feasible due to low water demand.

The expected benefits from the three (3) phases development of the RBF system, to replace all the original water supply producing system, would be the saving costs of construction and operation of about 9,390 million Baht which is equivalent to the reduction cost of system operation of 2,590 million Baht with the water users of 1.73 million households. The development of the RBF system is the conjunctive pumping of groundwater and surface water through the natural filtration. The system could save the cost of water supply production and that is the systematic water resources management to provide adequate clean water for domestic consumption in every part of the country.

Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology Phase 1 "Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology"

Executive Summary Report

Content

		Page
Project Conclusion		c
Tables		e
Figures		f
Chapter 1	**Introduction**	**1-1**
	1.1 Project Background	1-1
	1.2 Project Objectives	1-2
	1.3 Project Goal	1-2
	1.4 Project Area	1-3
Chapter 2	**Concept of Riverbank Filtration (RBF) System**	**2-1**
	2.1 General Concept of the RBF	2-1
	2.2 Evolution of the RBF System	2-1
	2.3 Well Types for the RBF System	2-2
	2.4 Collector Well Construction	2-3
	2.5 Site Selection of RBF System	2-5
	2.6 RBF System Design Options	2-5
Chapter 3	**Method and Steps of Study and Development of RBF in Thailand**	**3-1**
	3.1 Data Compilation and Analysis	3-2
	3.2 Selection of Areas for the RBF System Development	3-2
	3.2.1 Selection of Potential Areas at the River Basin Scale	3-2
	3.2.2 Selection of Initial Potential Sites	3-2
	3.2.3 Selection of Detailed Potential Site	3-2
	3.2.4 Selection of Detailed Potential Areas	3-3
	3.2.5 Selection of Areas for Detailed Feasibility Study	3-3
	3.2.6 Selection of Feasible Sites for RBF System Construction	3-3
	3.3 Field Investigations	3-5
	3.3.1 River Hydrology Investigations	3-5
	3.3.2 Geological Investigations	3-5

Content (cont)

		Page
	3.3.3 Hydrogeological Investigations	3-5
	3.4 Potential Evaluations of Potential Areas	3-5
	3.4.1 River Hydrology	3-5
	3.4.2 Hydrogeology	3-6
	3.4.3 Water Work System Analysis for RBF System Development	3-6
	3.4.4 Environmental Impacts	3-7
	3.4.5 Public Participation	3-7
	3.4.6 Economic Considerations	3-7
	3.5 Ranking of the Potential Sites for RBF System Construction	3-8
	3.6 Database	3-8
	3.7 Public Information Dissemination and Stakeholder Participation	3-9
	3.8 Formulation of Master Plans for RBF System Development	3-9
	3.9 Formulation of Scopes and Further Phase Workplans	3-9
Chapter 4	**Potential Areas for RBF System Development in Thailand**	**4-1**
	4.1 Selection of Potential Areas at the River Basin Scale	4-1
	4.1.1 Main Rivers in Twenty Five River Basins in Thailand	4-1
	4.1.2 Geological Conditions	4-1
	4.1.3 Hydrogeological Conditions	4-1
	4.2 Selection of Detailed Potential Areas	4-5
	4.2.1 Selection of Initial Potential Sites	4-5
	4.2.2 Selection of Detailed Potential Sites	4-5
	4.2.3 Selection of Detailed Potential Areas	4-10
Chapter 5	**Detailed Potential Areas and Selection of Areas for Feasibility Study**	**5-1**
	5.1 Detailed Potential Areas	5-1
	5.1.1 Amphoe Chiangsaen, Chiang Rai Province	5-1
	5.1.2 Amphoe Muang, Chiang Rai Province	5-4
	5.1.3 Chiang Mai-Lamphun Province	5-6
	5.1.4 Amphoe Muang, Lampang Province	5-8
	5.1.5 Amphoe Muang-Amphoe Sungmen, Phrae Province	5-10
	5.1.6 Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province	5-12
	5.1.7 Amphoe Muang, Phichit Province	5-14
	5.1.8 Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province	5-16
	5.1.9 Amphoe Muang, Chainat Province	5-18
	5.1.10 Amphoe Sri Chiang Mai, Nongkhai Province	5-20

Content (cont)

		Page
	5.1.11 Amphoe Phunphin, Surat Thani Province	5-22
	5.1.12 Amphoe Hat Yai, Songkla Province	5-24
	5.2 Selection screening of areas for detailed feasibility study	5-26
	5.2.1 Hydrogeological Feasibility Screening	5-26
	5.2.2 Domestic water Demand Feasibility Screening	5-27
	5.2.3 Screening Results	5-27
Chapter 6	**Evaluation of the detailed investigated areas and ranking the loctions for the pilot construction of RBF system**	**6-1**
	6.1 Detailed Evaluation of the Suitable Nine Areas	6-1
	6.1.1 Surface Water	6-1
	6.1.2 Groundwater	6-1
	6.1.3 Water Usage and Water Demand	6-1
	6.1.4 Water Balance and Desgin of RBF System	6-1
	6.1.5 Environmental Impacts	6-2
	6.1.6 Economic Feasibility	6-2
	6.2 Ranking of the RBF construction sites	6-2
Chapter 7	**Formulation of Master Plan for the Riverbank Filtration System Development**	**7-1**
	7.1 Concept of the Riverbank Filtration System	7-1
	7.2 Master Plan for the RBF System Development	7-1
	7.2.1 Short Term Plans	7-1
	7.2.2 Intermediate Term Plans	7-2
	7.2.3 Long Term Plans	7-2
Chapter 8	**Preliminary Design and Management of the Pilot RBF System**	**8-1**
	8.1 Amphoe Muang, Chiang Rai Province	8-1
	8.1.1 Suitability of the RBF System	8-1
	8.1.2 Design of the RBF System	8-2
	8.1.3 Environmental Impacts	8-5
	8.1.4 Economics Impacts	8-5
	8.1.5 Benefits from the RBF System	8-5
	8.2 Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province	8-6
	8.2.1 Suitability of the RBF System	8-6
	8.2.2 Design of the RBF System	8-7

Content (cont)

Page

8.2.3 Environmental Impacts 8-8

8.2.4 Economics Impacts 8-8

8.2.5 Benefits from the RBF System 8-10

8.3 Amphoe Muang, U-thai Thani Province 8-10

8.3.1 Suitability of the RBF System 8-10

8.3.2 Design of the RBF System 8-12

8.3.3 Environmental Impacts 8-14

8.3.4 Economics Impacts 8-14

8.3.5 Benefits from the RBF System 8-14

Chapter 9 Conclusions 9-1

9.1 Investigations and suitability assessment of the potential areas 9-1

9.1.1 Selection of potential areas at the river basin scale 9-1

9.1.2 Selection of initial suitable sites for RBF system development 9-1

9.1.3 Selection of detailed potential areas 9-2

9.1.4 Investigations of the detailed potential areas and areas selection screening 9-2

9.1.5 Detailed assessment and ranking of the areas for pilot RBF system design and construction 9-4

9.2 Master plans for RBF system development 9-5

9.2.1 Short term plans 9-6

9.2.2 Intermediate term plans 9-6

9.2.3 Long term plans 9-6

Chapter 10 Reccomendations and workplan of the Pilot Riverbank Filtration Project 10-1

10.1 Workplan of Phas II 10-1

10.1.2 Detailed investigation for 3 high potential areas 10-1

10.1.3 Detailed investigation for construction of the two pilot sites 10-3

10.1.4 Design and construction of the two pilot sites 10-3

10.1.5 Publicing and participatory 10-3

10.2 Workplan of Phase III 10-3

References R-1

Tables

		Page
Table 4-1	Criteria and weight for each parameter.	4-6
Table 4-2	Twelve Detailed potential areas.	4-10
Table 6-1	Hydrological data of suitable locations for RBF construction.	6-12
Table 6-2	Hydrogeological data of suitable locations for RBF construction.	6-18
Table 6-3	Suitable levels of water supply criteria for RBF development.	6-19
Table 6-4	Evaluated Result of potential locations.	6-20
Table 6-5	Impact of RBFsystem construction.	6-22
Table 6-6	Result of RBF Designed by using mathematical model.	6-23
Table 6-7	Economic Indices.	6-24
Table 7-1	List of Projects according to Program Periods.	7-4
Table 8-1	Details of the RBF collector well in Amphoe Muang, Chiang Rai Province.	8-2
Table 8-2	Construction item lists for RBF collector well, Amphoe Muang, Chiang Rai Province.	8-4
Table 8-3	Details of RBF collector well in Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province	8-8
Table 8-4	Construction item lists of the RBF collector well in Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province	8-9
Table 8-5	Details of the RBF wells in Amphoe Muang, U-Thai Thani Province.	8-12
Table 8-6	Construction item lists for the RBF well construction in Amphoe Muang, U-thai Thani Province.	8-13
Table 10-1	Operation plan for Pase II:Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration (RBF) Technology	10-4
Table 10-2	Operation plan for Pase III:Encourage the RBF System to practical operation	10-5

Figures

		Page
Figure 1-1	Project areas.	1-4
Figure 2-1	General schematic section of a riverbank filtration site.	2-1
Figure 2-2	Cross section and plan views of a horizontal collector well.	2-2
Figure 2-3	Vertical well with a pump house.	2-3
Figure 2-4	Collector well construction.	2-4
Figure 2-5	Various types of lateral well screens for the RBF system.	2-4
Figure 3-1	Overall RBF project working protocol.	3-1
Figure 3-2	Selection steps, criteria and parameters.	3-4
Figure 3-3	Study steps for development and expansion of water supply distribution for the RBF system.	3-6
Figure 4-1	Suitable geological feature for development of RBF system.	4-2
Figure 4-2	Suitable hydrogeological feature for development of RBF system.	4-3
Figure 4-3	Potential areas for development of RBF system in river basin scale.	4-4
Figure 4-4	Location of groundwater well in the appropriate hydrogeological areas.	4-7
Figure 4-5	Initial potential locations for RBF system development.	4-8
Figure 4-6	Suitable level of the detailed potential locations.	4-9
Figure 4-7	Locations of twelve detailed potential areas.	4-11
Figure 5-1	Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Chiang Saen, Chiang Rai Province.	5-3
Figure 5-2	Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang, Chiang Rai Province.	5-5
Figure 5-3	Topographic expression of detailed potential areas in Chiang Mai and Lamphun Provinces.	5-7
Figure 5-4	Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang, Lampang Province.	5-9
Figure 5-5	Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang and Amphoe Sungmen, Phrae Province.	5-11
Figure 5-6	Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province.	5-13
Figure 5-7	Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang, Phichit Province.	5-15
Figure 5-8	Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province.	5-17
Figure 5-9	Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang, Chainat Province.	5-21

Figures (cont)

		Page
Figure 5-10	Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Sri Chiang Mai Nong Khai Province .	5-23
Figure 5-11	Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Phunphin, Surat Thani Province.	5-25
Figure 5-12	Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Hat Yai, Songkhla Province.	5-26
Figure 6-1	Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amhoe Muang, Chiang Rai province.	6-3
Figure 6-2	Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Chiang Mai-Lamphun province.	6-4
Figure 6-3	Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Muang, Lampang province.	6-5
Figure 6-4	Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Sungmen, Phrae province.	6-6
Figure 6-5	Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Sungmen, Kamphaeng Phet province.	6-7
Figure 6-6	Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Muang, Phichit province.	6-8
Figure 6-7	Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan province.	6-9
Figure 6-8	Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Muang, Chainat province.	6-10
Figure 6-9	Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Phunphin, Surat Thani province.	6-11
Figure 7-1	Potential areas for RBF development according to the master plan	7-3
Figure 8-1	Location suitable for the construction of the RBF system using horizontal collector well, Chiang Rai Province.	8-1
Figure 8-2	Hydrogeological cross section and location of horizontal collector well in Chiang Rai Province.	8-2
Figure 8-3	Location suitable for the construction of the RBF system using horizontal collector well, Kamphaeng Phet Province.	8-6
Figure 8-4	Hydrogeological cross section and location of horizontal collector well in Kamphaeng Phet Province.	8-7
Figure 8-5	Location suitable for the construction of the RBF system using horizontal collector well, Amphoe Muang, U-thai Thani Province.	8-11

Figures (cont)

		Page
Figure 8-6	Hydrogeological cross section and location of horizontal collector well in Amphoe Muang, U-thai Thani Province.	8-11
Figure 9-1	Twelve detailed potential areas.	9-3
Figure 10-1	Project Protocol of a Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology (RBF) for 3 phases.	10-2

Chapter 1

Introduction

The project entitled "Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration (RBF) Technology" is the pumping system that draws water from mixed sources from alluvial aquifers and from river water that filtrated through the river bed and sediments along the river bank. The filtrated water yields good quality water through natural filter and this will essentially decrease the cost of good quality water supply production for domestic and industrial consumptions.

Phase 1: "Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration (RBF) Technology" conducted the feasibility investigations along the main river basins in Thailand to select 2 feasible sites for detailed investigations for pilot RBF system design and construction project.

1.1 Project Background

At present, water supply problem for domestic and industrial consumptions has been increasingly important in Thailand. This is due to the problem of raw surface water quality deterioration. In general, it is found that the discharge of waste water from the community and large urban areas into water bodies caused the contamination so as to increase the cost of water supply production.

In Thailand, in addition to water quality problem, severe water shortage for domestic, irrigation, and industrial uses as well as ecological system sustainability will be encountered in the near future. There are many conditions and aspects that cause problems and difficulties in water resources development. Every river basin seems to have the limitation. Many river basins cannot be further developed for additional water supply using the conventional development methods. The influencing factors include: the raw water quality deterioration; continuing and increasing surface water sources contamination; problems in land use and community relocation; environmental impact and natural conservation problems; and problems in natural groundwater resources contamination such as that from salinity, arsenic, fluoride, and iron oxides derived from the existing nearby waste disposal sites or mining areas.

The Department of Groundwater Resources (DGR) recognizes such above-mentioned problems. And therefore, "Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology "project is proposed. The target areas are initially focused along the main river courses in Thailand so as to: formulate the master plans for systematic and sustainable groundwater management, study and research on the modern techniques and methods, and conduct the demonstrating appropriate water management system to provide adequate good quality water to meet the increasing public water demand in the near future.

1.2 Project Objectives

1.2.1 To study the feasibility of large scale water resources development using the modern RBF technology in the potential areas along the major river courses so as to solve the problems of domestic and industrial water shortage. The results will be used as guidelines for groundwater-surface water conjunctive use management in the future. The study procedure includes the detailed study and investigations in the areas along the main river courses with potential hydrogeological conditions, water demand, suitable socio-economic conditions, and appropriate environment. Mathematical groundwater modeling will be carried out to evaluate the feasibility to formulate the master plan for large scale groundwater resources development.

1.2.2 To study and design the pilot system for large scale groundwater resources development to verify that the method could be successfully employed for water resources management and could be further expanded to other areas and extended to other interested parties or organizations in the future.

1.2.3 To evaluate the feasibility of the project on socio-economic and environmental impact aspects as well as evaluate the overall success of the project and identify the strategy for future project implementation.

1.2.4 To transfer the knowledge in the investigation and design of the large scale groundwater resources development using RBF technology to the state enterprise organizations and local administrative authorities and other related parties.

1.3 Project Goal

1.3.1 To investigate detailed hydrogeological conditions in the project area so as to select the appropriate sites for the RBF development as the alternative method of the groundwater-surface water conjunctive development for future domestic and industrial uses.

1.3.2 To select the areas that are feasible in hydrogeologic, socio-economic, and environmental impact conditions for the mathematical groundwater-surface water conjunctive use modeling. The obtained data will be further used for the RBF system design and construction.

1.3.3 To produce the guideline, techniques, and methodology in site investigation and site specific design of the RBF system for water supply to serve the domestic and industrial water demand.

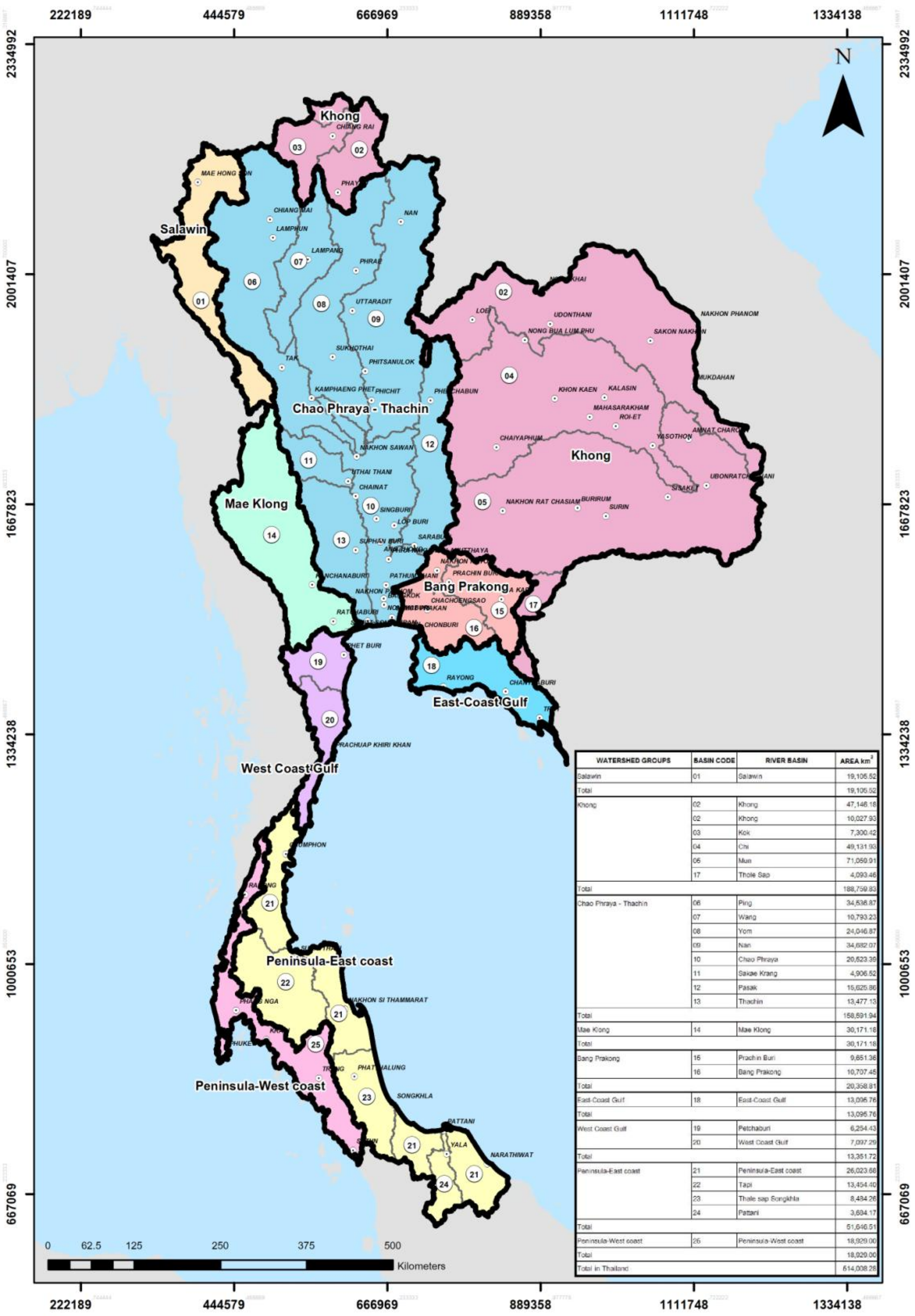
1.3.4 To formulate the master plan for large scale groundwater resources development using modern RBF technology to solve and mitigate the domestic and industrial water shortage problems in the near future.

1.3.5 To provide the pilot project on the large scale groundwater resources development system using RBF modern technology which will be a demonstrating prototype of practical water resources development as well as to be the academic learning site for the DGR officers and other interested organizations.

1.3.6 To transfer the knowledge and technical- know- how of the project to the state enterprise organization, local administrative authorities, and other parties for further systematic project expansion and extension.

1.4 Project Area

The project areas cover the main river basins where water supply demands are high and surface water sources are limited during the dry season such as Ping River Basin, Chaophraya River Basin, Mekong River Basin, and Kok River Basin, as shown in **Figure 1-1**.



WATERSHED GROUPS	BASIN CODE	RIVER BASIN	AREA km²
Salawin	01	Salawin	19,105.52
Total			19,105.52
Khong	02	Khong	47,146.18
	02	Khong	10,027.93
	03	Kok	7,300.42
	04	Chi	49,131.93
	06	Mun	71,059.91
	17	Thole Sap	4,093.46
Total			188,759.83
Chao Phraya - Thachin	06	Ping	34,636.87
	07	Wang	10,793.23
	08	Yom	24,046.87
	09	Nan	34,682.07
	10	Chao Phraya	20,523.39
	11	Sakae Krang	4,906.52
	12	Pasak	15,625.86
	13	Thachin	13,477.13
Total			158,691.94
Mae Klong	14	Mae Klong	30,171.18
Total			30,171.18
Bang Prakong	15	Prachin Buri	9,651.36
	16	Bang Prakong	10,707.45
Total			20,358.81
East-Coast Gulf	18	East-Coast Gulf	13,096.76
Total			13,095.76
West Coast Gulf	19	Petchaburi	6,254.43
	20	West Coast Gulf	7,097.29
Total			13,351.72
Peninsula-East coast	21	Peninsula-East coast	26,023.68
	22	Tapi	13,454.40
	23	Thale sap Songkhla	8,484.26
	24	Pattani	3,684.17
Total			51,646.51
Peninsula-West coast	25	Peninsula-West coast	18,929.00
Total			18,929.00
Total in Thailand			514,008.28

Figure 1-1 Project areas

Chapter 2

Concept of Riverbank Filtration (RBF) System

2.1 General Concept of the RBF

Riverbank filtration (RBF) is the influx of river water to the unconsolidated aquifer induced by a hydraulic gradient. Collector wells located on the riverbanks in a certain distance from the river (Figure 2-1) create a pressure head difference between the river and aquifer, which induces the water from the river to flow downward through the porous sand and gravel aquifer into the pumping wells. By applying the RBF system for water supply extraction, surface water from the river and groundwater from the aquifer are in conjunctive pumping and conjunctive used. The RBF system could be used to improve water quality and remove contaminants- such as organics, chemicals, microbiological pathogens, toxic substances and particles, from surface water- through a combination of physiochemical and biological processes during induced infiltration. The application of the RBF system could highly reduce the production cost of good quality water for domestic and industrial water supply.

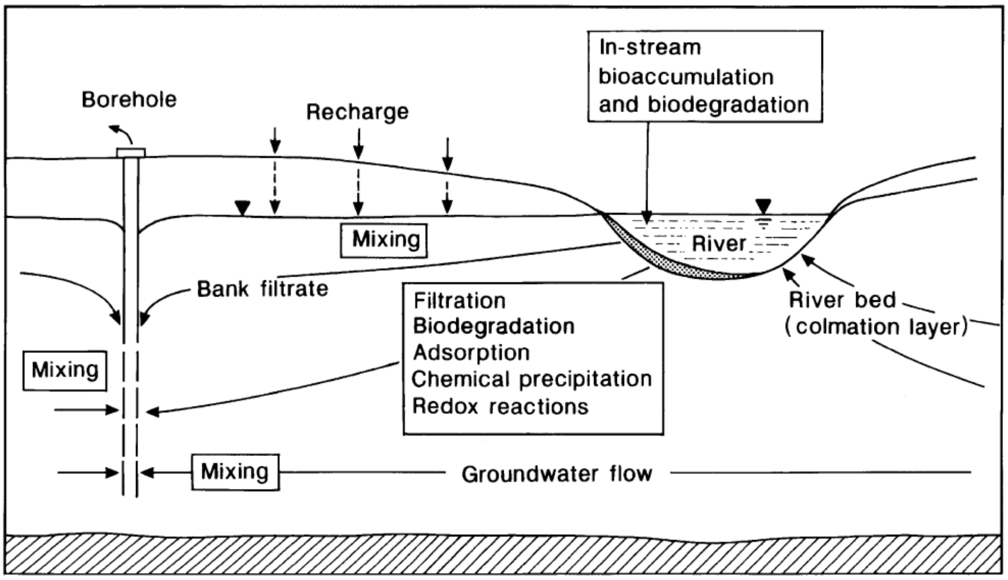


Figure 2-1 General schematic section of a riverbank filtration site (After Hiscock and Grischek, 2002)

2.2 Evolution of the RBF System

Riverbank filtration has been successfully practiced for more than 100 years in European countries, especially in the post industrial reform period, a lot of the RBF systems had been developed due to the deterioration of water quality in the main river courses resulting from industrial and urban waste water effluents. Currently, the RBF system is still the method for water supply in many countries worldwide. For

example, 50% of potable water supplies in the Slovak Republic, 45% in Hungary, 16% in Germany and 5% in The Netherlands are obtained from the riverbank filtration system. RBF has also been widely applied in many countries such as Austria, Yugoslavia, The United States, China, India, South Korea, and Egypt. Currently, Russia, Nigeria, Niger, and South American countries are developing the RBF system for water supplies in the metropolitan areas located next to the existing main river courses.

2.3 Well Types for the RBF System

Three types of wells have been used for RBF, namely,

Horizontal Collector Well: A circular central collection caisson sunk into ground with horizontal lateral well screens pushed out into unconsolidated aquifer deposits beneath a river or lake as shown in **Figure 2-2**.

Vertical Well: A tube well that is drilled vertically downward into an aquifer or under the bed of a lake or stream as shown in **Figure 2-3**.

Dug Well: A shallow, large-diameter (7-10 m.) well that, in most instances, is manually dug into the ground next to the river bank. Typically, a dug well is constructed for an individual residential water supply.

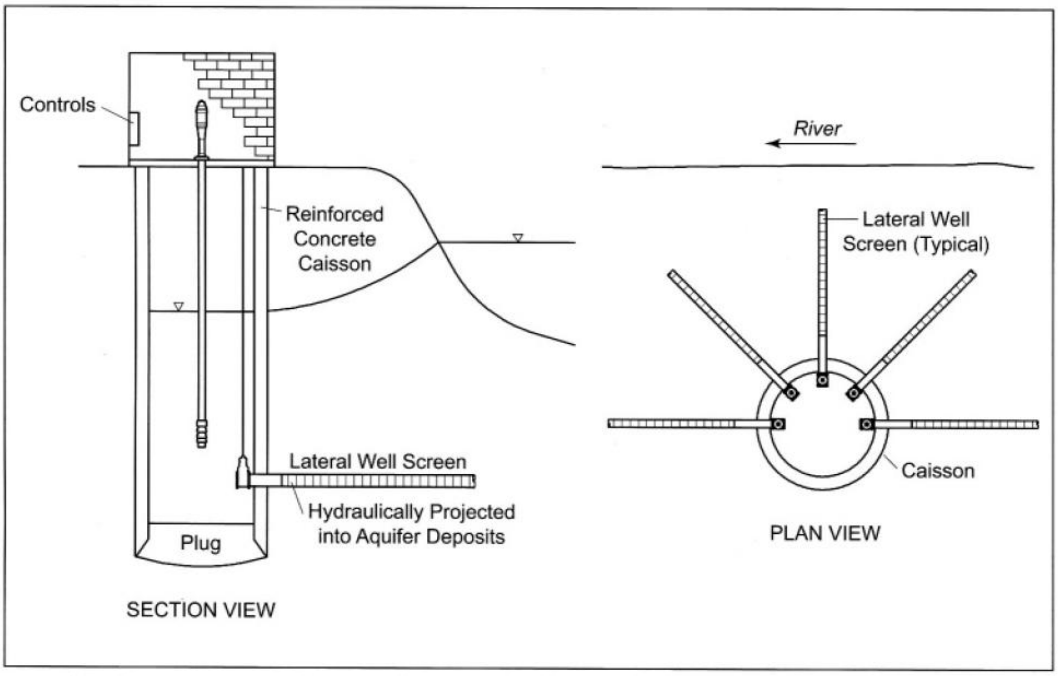


Figure 2-2 Cross section and plan views of a horizontal collector well (After Ray et al., 2002)

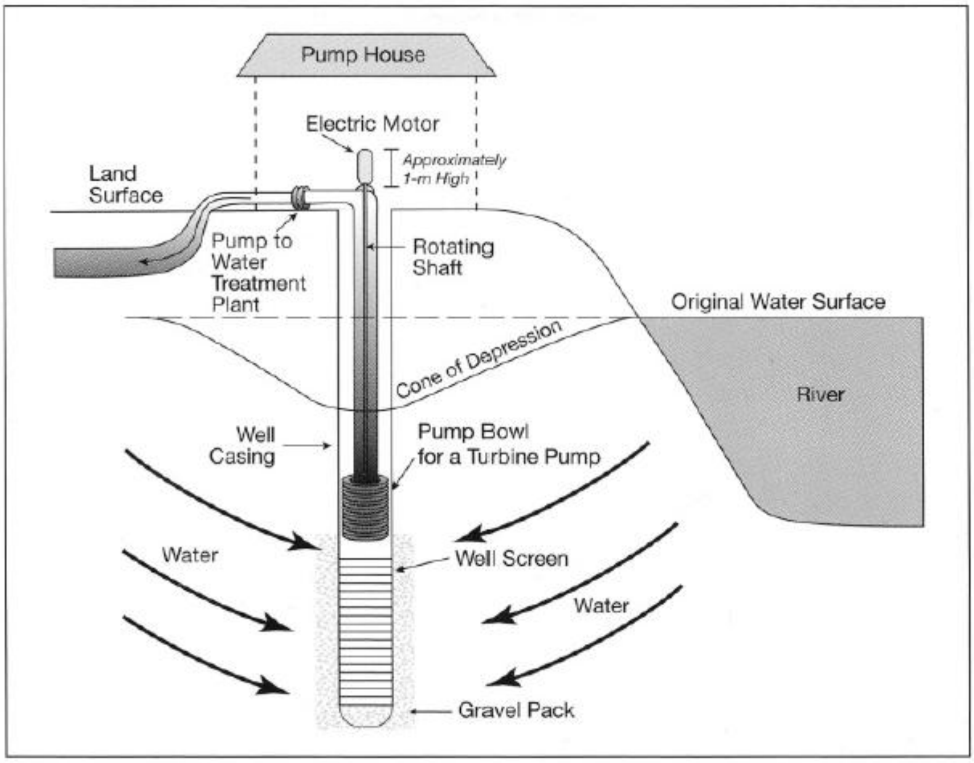


Figure 2-3 Vertical well with a pump house (After Ray et al., 2002)

2.4 Collector Well Construction

The construction of collector wells involves two main components, namely, the concrete wet well caisson and lateral well screens as illustrated in **Figures 2-4** and **2-5**. Typically, the concrete caissons are constructed with an inside diameter ranging from 3 to 6 m. or larger, if necessary. The caissons can be installed to depths of 46 m. using normal construction methods.

Lateral well screens would be selected considering the aquifer characteristics for water pumping efficiency. **Figure 2-5** shows various types of lateral well screens used for the RBF system.

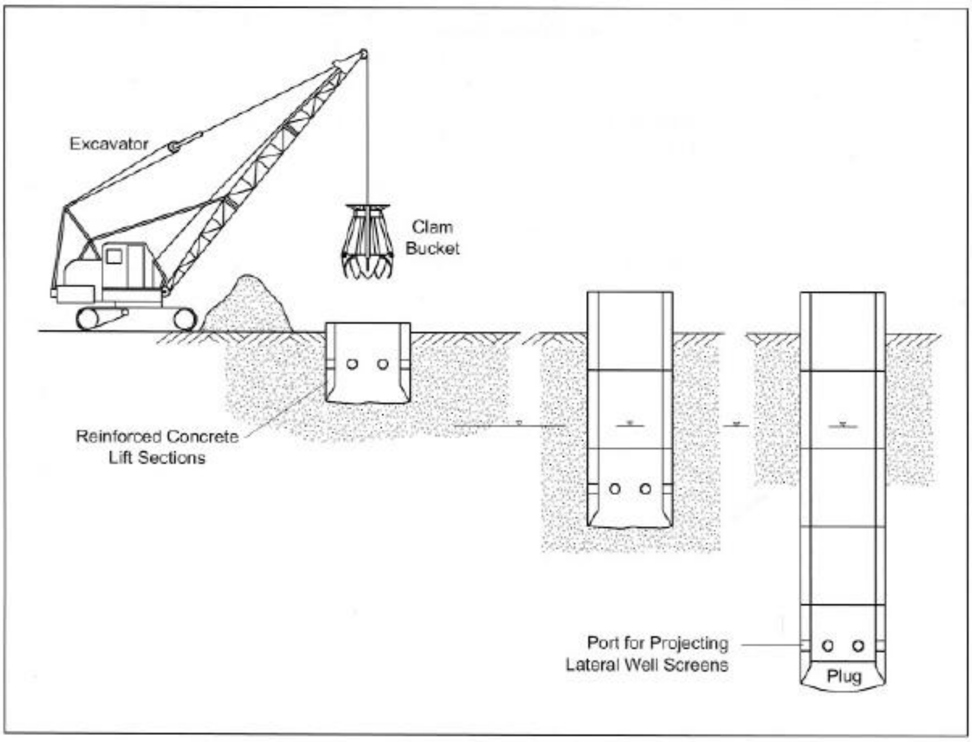


Figure 2-4 Collector well construction (After Ray et al., 2002)

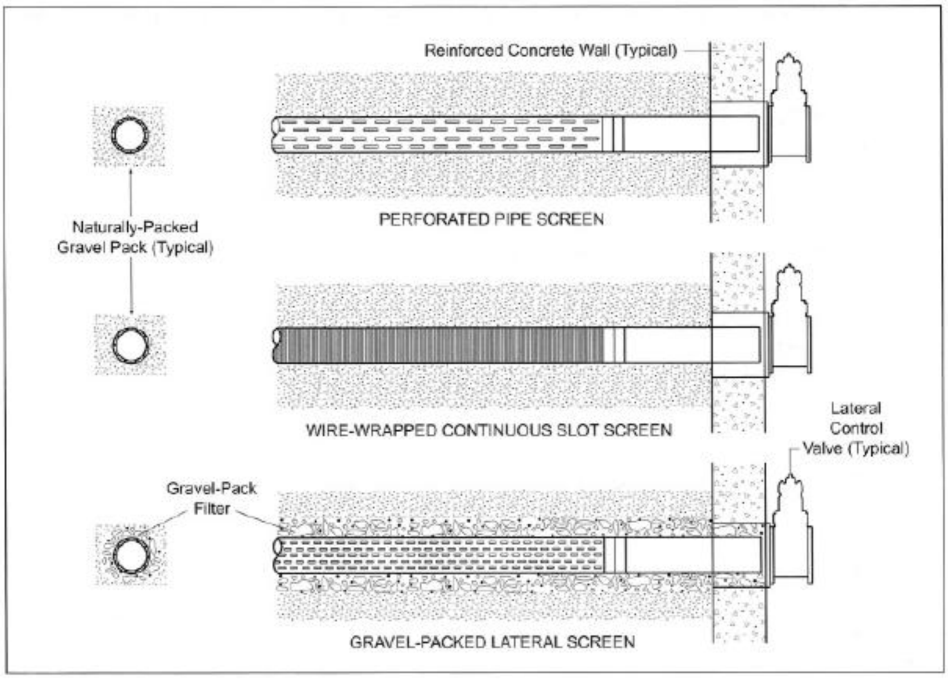


Figure 2-5 Various types of lateral well screens for the RBF system (After Ray et al., 2002)

2.5 Site Selection of RBF System

The siting and design of RBF systems depend upon river hydrology, hydrogeological site conditions, and the aims of water withdrawal; however, for effective and sustainable use of RBF, the river should be in hydraulic contact with the adjacent aquifer of adequate thickness to provide the required water supply.

Most RBF sites are located in alluvial sand and gravel aquifers having hydraulic conductivities higher than $1x10^{-4}$ m./sec. The thickness of exploited aquifers ranges from 5 to 60 m.

2.6 RBF System Design Options

Different scenarios for siting wells, depth of lateral well screens and pumping methods for RBF usually obtained by using MODFLOW (Harbaugh and McDonald, 1996) mathematical groundwater flow model. The model parameters used for MODFLOW simulation include type and thickness of aquifer, hydraulic conductivity, aquifer heterogeneity, groundwater flow, groundwater level, required pumping water quantity, and boundary type of the model.

Chapter 3

Method and Steps of Study and Development of RBF in Thailand

The development of the RBF system in Thailand initiates from the RBF site selection from the existing 25 river basins in the country. The consulting consortium conducted the site selection by identifying site selection criteria such as hydrology, hydrogeology, water quality, water demand, socio-economy, and environment impact. The RBF system construction designs were performed after the suitable sites were identified and master plans for the RBF system development in the potential areas were formulated. The project operation consists of 8 main steps as illustrated in **Figure 3-1** and various steps as shown in **Figure 3-2**.

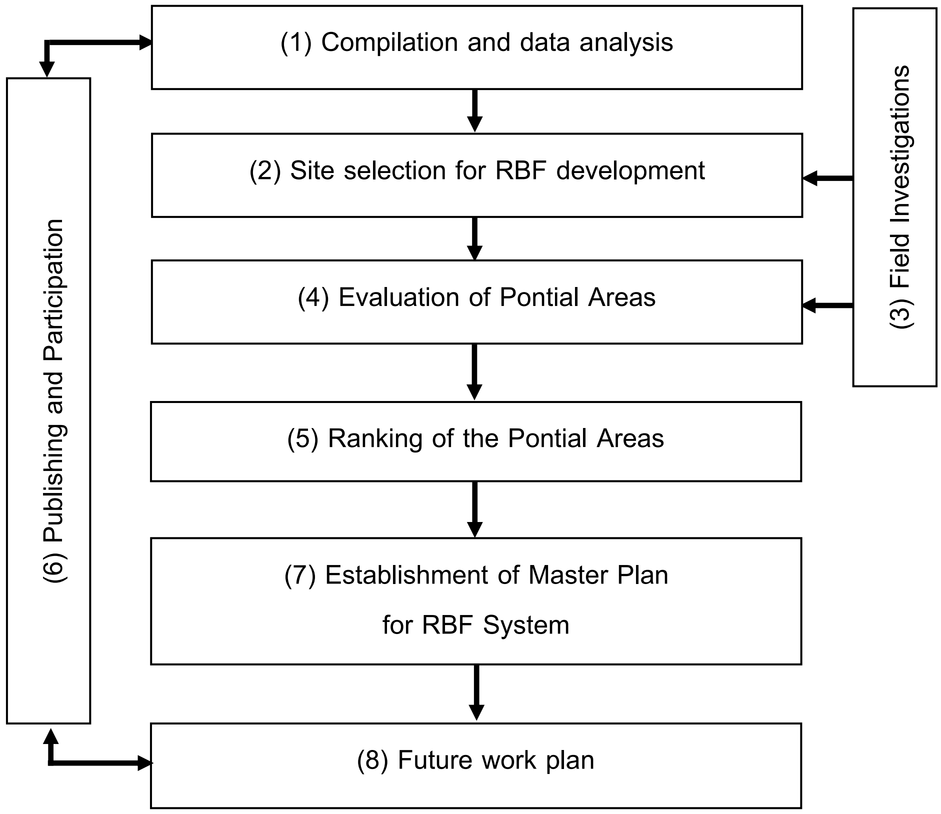


Figure 3-1 Overall RBF project working protocol

3.1 Data Compilation and Analysis

Site selection criteria for RBF system development include:

1) Topograpgy, transportation and administrative boundary,
2) Climate, hydrology and quantity and quality of surface water,
3) Geology,
4) Hydrogeology, groundwater wells, quantity and quality of groundwater,
5) Present and future water uses and water demands,
6) Water supply system for domestic consumption,
7) Land uses,
8) RBF system development, and
9) Exsisting case studies on RBF system construction designs, operation and maintenance.

The above-mentioned data were compiled and analysed to select the detailed RBF potential areas and carry out field investigations to identify the appropriate locations for the RBF system construction as shown in **Figure 3-2**.

3.2 Selection of Areas for the RBF System Development

Method and steps in the selection of the areas for the RBF system development is shown in **Figure 3-2.** The selection of the detailed potential RBF areas is conducted by considering field investigation data incorporating the existing secondary data compiled from various agencies and organizations. Th selection procedure is divided into 6 steps as in the following:

3.2.1 Selection of Potential Areas at the River Basin Scale

Twenty five (25) main river basins in Thailand are considered by using the selection criteria obtained from secondary data such as hydrology, geomorphology/geology, and groundwater quality. The data are processed and analyzed using the Geographical Information System (GIS) overlay technique.

3.2.2 Selection of Initial Potential Sites

The potential areas at the river basin scale obtained from section 3.2.1 were further examined in more details by considering hydrogeologic (water quantity) data, and hydrogeological data. The subsurface data of soil and rock strata (surface water and groundwater relation) were determined from exsisting groundwater wells in the areas. The data were processed and 414 potential sites were identified. The selection results are presented in Chapter 4, section 4.2.

3.2.3 Selection of Detailed Potential Site

The initial potential sites obtained in section 3.2.2 were classified and ranked into site suitability level for the RBF system development by scoring, weighing, rating and ranking methods by considering additional parameters such as river hydrology, hydrogeology, factors affecting water supply production, landuses, and quality of surface water and ground water. The site suitability classification and

ranking show that 49 locations are in the very suitable level. The selection steps and results are described in Chapter 4, Section 4.2

3.2.4 Selection of Detailed Potential Areas

The fourty nine (49) very suitable locations obtained from Section 3.2.3 were regrouped into 12 areas using river basins, administrative district and province boundaries, namely, (1) Amphoe Chiangsaen, Chiang Rai Province, (2) Amphoe Muang Chiang Rai, Chiang Rai Province, (3) Chiang Mai and Lamphun Provinces, (4) Amphoe Muang Lampang, Lampang Province, (5) Amphoe Muang Phrae and Amphoe Sungmen, Phrae Province, (6) Amphoe Muang Kamphaeng Phet, Kamphaeng Phet Province, (7) Amphoe Muang Phichit, Phichit Province, (8) Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province, (9) Amphoe Muang Chainat, Chainat Province, (10) Amphoe Phunphin, Surat Thani Province, (11) Amphoe Sri Chiang Mai, Nongkhai Province, and (12) Amphoe Hat Yai, Songkhla Province. The selection results are described in Chapter 4, Section 4.2.

3.2.5 Selection of Areas for Detailed Feasibility Study

The data used in this step of selection include detailed field hydrogeologic data and domestic water demand of the areas. The selected areas are designated as detailed feasibility study areas. The field data and selection steps are described in Chapter 5. The selection results include 9 areas, namely, (1) Amphoe Muang Chiang Rai, Chiang Rai Province, (2) Chiang Mai and Lamphun Provinces, (3) Amphoe Muang Lampang, Lampang Province, (4) Amphoe Muang and Amphoe Sungmen,Phrae Province, (5) Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, (6) Amphoe Muang, Phichit Province, (7) Amphoe Krok Phra, Nakhon Sawan Province, (8) Amphoe Muang, Chainat Province, and (9) Amphoe Phunphin, Surat Thani Province.

3.2.6 Selection of Feasible Sites for RBF System Construction

The nine (9) detailed feasibility study areas obtained from Section 3.2.5 are further considered to select feasible sites for RBF system design and construction. The suitability data used for the selection considerations include geological data, hydrogeological data, landuse, water work interested in RBF system development, water safe yield, environmental impact, RBF system design, and cost-benefit and finance. The sites scoring, weighing, rating and ranking are carried out to obtain 37 feasible sites for RBF system construction. The details of the feasible sites for RBF system construction are described in Chapter 6.

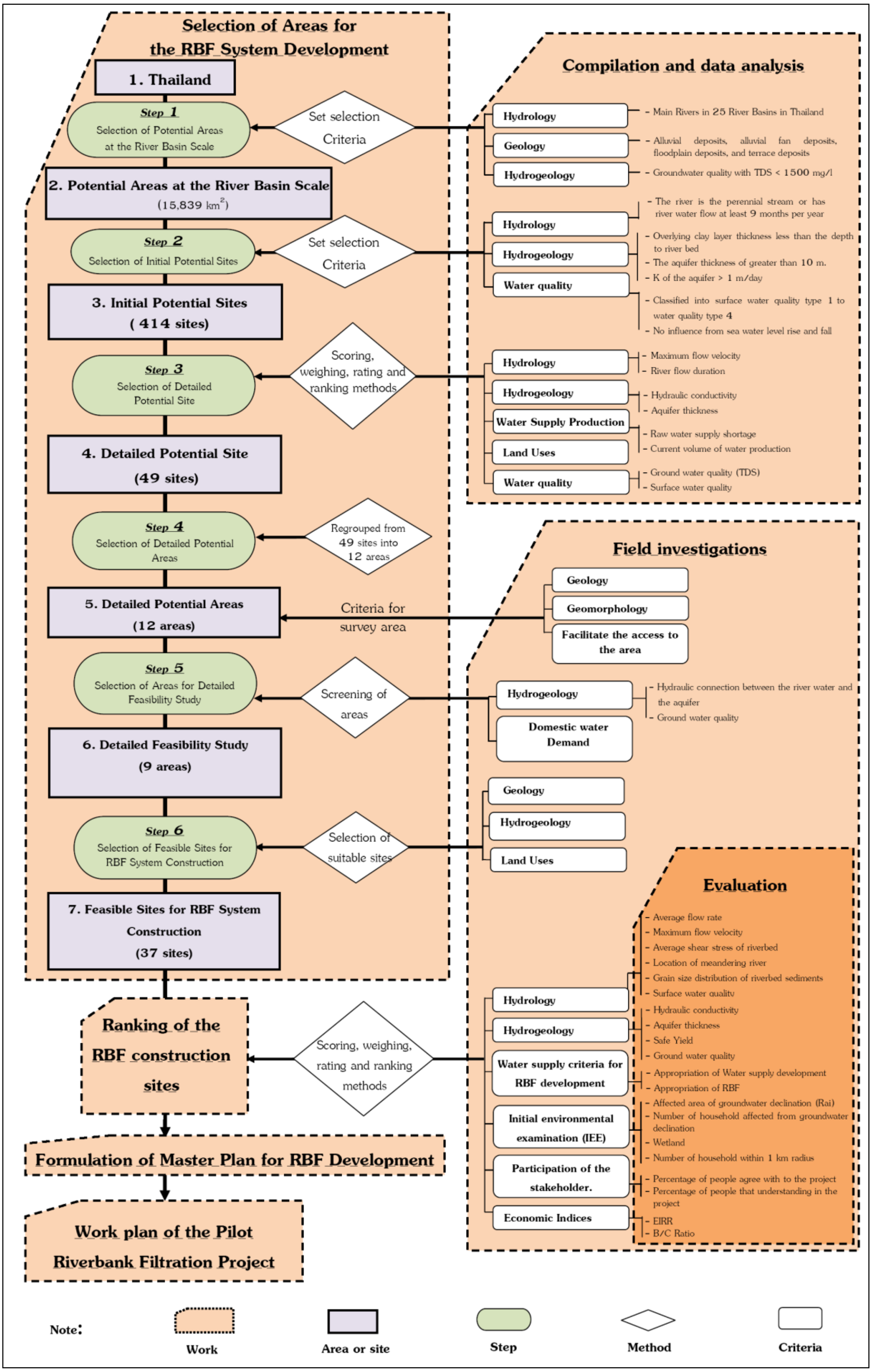


Figure 3-2 Selection steps, criteria and parameters

3.3 Field Investigations

Field investigations were conducted in the selected twelve (12) detailed potential areas in Section 3.2.4 to acquire additional data on hydrology, geology, hydrogeology, quality of groundwater and surface water as described in Chapters 5 and 6. Parameters and investigation steps are as in the following:

3.3.1 River Hydrology Investigations

1) Investigations of riverbed sediments,
2) Measurement of river water level and river flow velocity,
3) Survey of river profiles,
4) Field infiltration experiments on the riverbed sediments,
5) Laboratory infiltration experiments on the riverbed sediments, and
6) River water samplings and analyses.

3.3.2 Geological Investigations

1) Resistivity surveys,
2) Siesmic refraction survey across the rivers,
3) Investigation wells drilling and observation wells construction,
4) Investigation wells drilling and pumping test wells construction, and
5) Sieve analyses of soil samples from the wells.

3.3.3 Hydrogeological Investigations

1) Investigation and selection of existing groundwater wells,
2) Pumping tests,
3) Levelling survey of groundwater wells,
4) Groundwater samplings and groundwater quality analyses,
5) Installations of automatic groundwater level and groundwater quality measuring devices.
6) Preparation of hydrogeological maps at the scale of 1:10,000.

3.4 Potential Evaluations of Potential Areas

The potential locations for the RBF system construction were evaluated for the RBF suitability. The evaluation results of various aspects were used as factors for scoring, weighing, rating and ranking of the suitable areas. The various evaluations include:

3.4.1 River Hydrology

1) Average flow rate
2) Maximum flow velocity
3) Average shear stress at the river bed
4) Location of the river banks
5) Grain size distribution of the river bed sediments

6) Quality of surface water

3.4.2 Hydrogeology

1) Aquifer thickness
2) Aquifer hydraulic conductivity
3) Maximum water quantity which the RBF system can produce
4) Groundwater quality

3.4.3 Water Work System Analysis for RBF System Development

The analysis of the water work system includes 1) study the potential expansion of the water work system by using the Geographical Information System (GIS), 2) study the trends for the expansion of water supply service areas of the provincial water work (selected areas), and 3) initial RBF system design for each selected sites. The study steps are illustrated in **Figure 3-3.**

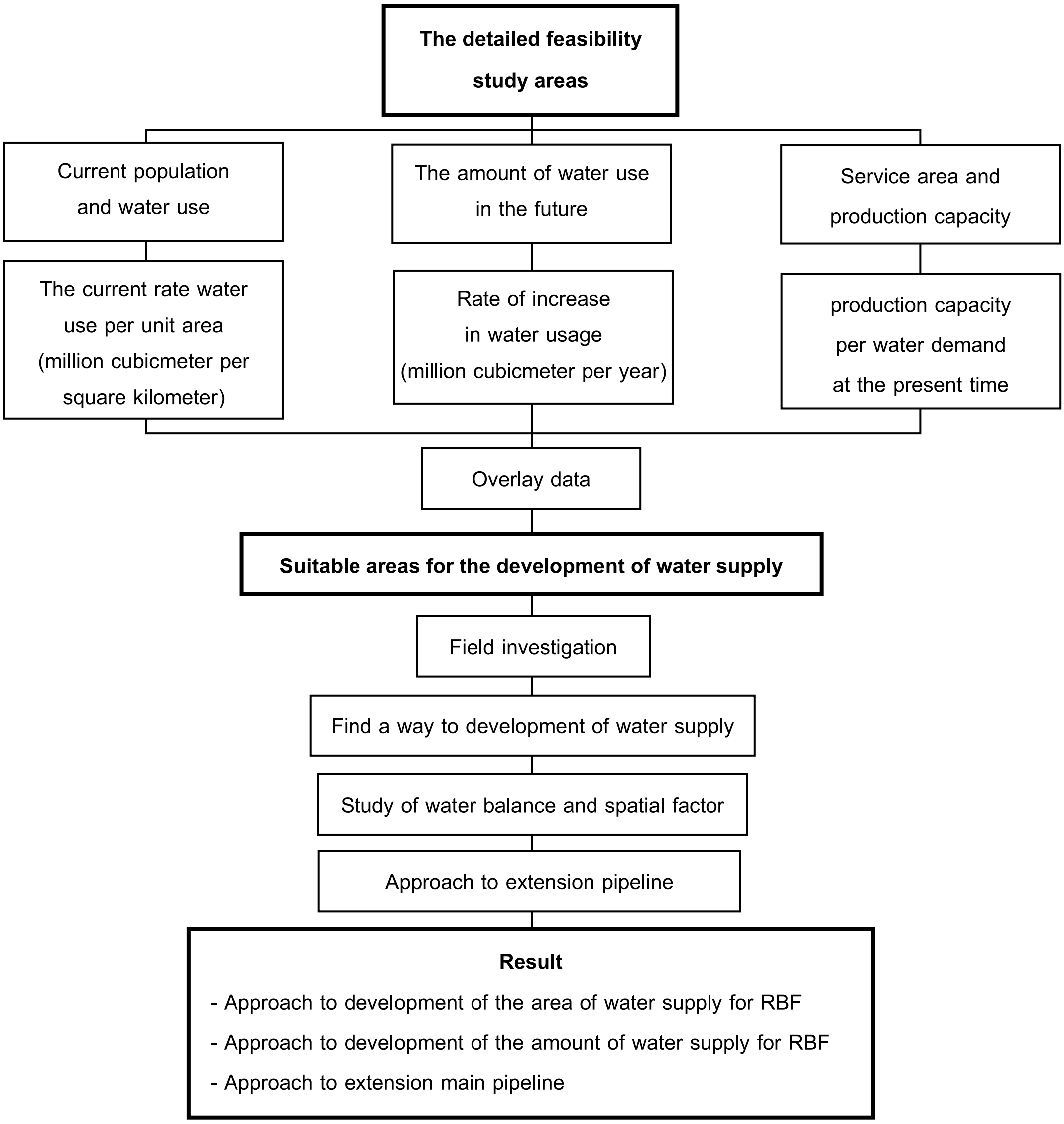


Figure 3-3 Study steps for development and expansion of water supply distribution for the RBF system

3.4.4 Environmental Impacts

The assessment of invironmental impacts due to RBF system development was conducted by considering 4 environmental elements and values, namely, natural physical resources, natural biological resources, human use value, and quality of life value. Four (4) factors of environmental impact were considered which included:

1) Impacted areas due to groundwater level lowering

These include the areas impacted by groundwater abstraction using the designed increasing water demand of the provincial water work in the next 10 years period. The details were described in Chapter 6.

2) Numbers of impacted households due to groundwater level lowering within the radius of 1 square kilometer

3) Level of Importance of wetland

4) Numbers of households receiving socio-economic impact

3.4.5 Public Participation

Public participation and consultation of the project include project information dissemination by using project brochure, documents, and project kick-start exhibition. Series of public consultation seminars and questionnaires were organized to obtain data, facts and opinions from related public sectors and stakeholders. The assessment of the public participation was carried out considering 2 aspects, namely,

1) Percentage of opinions on the project,
2) Understanding of the seminar contexts.

The information obtained from the public participation and consultations were used for RBF site suitability ranking.

3.4.6 Economic Considerations

The assessment of the economic feasibility of the RBF system construction was conducted by using the cost-benefit analysis of the project which consist of the following details:

1) Criteria and steps of economic feasibility assessment

The assessment of the economic investment feasibility of the project is divided into three (3) main steps as in the following:

(1) The assessment of the project economic investment cost

The assessment steps include:

(1.1) The assessment of the project financial investment cost

The investment financial costs at the present year (B.E. 2555) of the resources for the project which include;

- Cost for design and construction control
- Cost for land purchasing
- Cost for investment such as building and equipment
- Cost for operation such as personnel, materials, electricity and maintenance.

(1.2) Adjustment of the financial investment cost to economic investment cost

(2) The assessment of the project economic benefits

The benefits of the RBF system could be assessed from:

(2.1) benefits of water users

(2.2) saving cost of the water production expansion investment

(2.3) saving cost of the production investment

(3) Calculation of the economic index

Three (3) economic indeces are used for consideration of the project economic feasibility, these include:

- Net Present Value (NPV)
- Economic Internal Rate of Return (EIRR)
- Benefit/Cost ratio (B/C ratio)

2) Application of the results of the economic feasibility assessment

The economic internal rate of return (EIRR) and the benefit/cost ratio (B/C ratio) are used for the RBF system ranking. The project net present value (NPV) is not used because the project NPV is not comparable when the project investment cost is different.

Details and assessments of the economic feasibility of locations for the RBF system construction are presented in Chaper 6.

3.5 Ranking of the Potential Sites for RBF System Construction

Several factors for ranking of the RBF sites for construction are hydrology, hydrogeology, water supply environmental impacts, participatory of the stakeholders and economics. Marks and weight functions six factors were given for ranking Details and assessments of the ranking of the Potential Sites for RBF System Construction are presented in Chaper 6.

3.6 Database

The current database were compiled from versions sources (secondary) and additional field investigations (primary) during this projest. Data were retrieved in the form of spatial and attribute formats by ARCGIS

3.7 Public Information Dissemination and Stakeholder Participation

Public Information Dissemination and Stakeholder Participation were conducted as the following.

1) Public dissemination of the research findings

2) Public conference meeting for data dissemination

(1) First Seminar Meeting is to introduce the project kick start immediately after the consulting groups submitted the inception report to the Department of Groundwater Resources and approved by the project employment inspection committee.

(2) Seminar Meeting for research findings conclusions is to disseminate the project findings prior to the project closure.

3) Public Cosultation Forum

Two seminar meetings were organized, these included:

(1) First Meeting is to obtain the stakeholders opinions who live in the vicinity of the detailed RBF potential areas.

(2) Second Meeting is to present the steps of technical working procedures to the provincial organizations and allow related agencies to provide ideas and information pertaining to technical steps and other opinions to the project.

3.8 Formulation of Master Plans for RBF System Development

The framework for the RBF master plans development consists of the studies, compilations, analyses of government policies and development plans, field work data collection, and strategic analysis to identify strategies for the RBF application in Thailand. The details of the master plans for the RBF system development are described in Chapter 7.

3.9 Formulation of Scopes and Further Phase Workplans

The RBF Project consulting groups proposed scopes and further workplans for detailed investigations for the design and development of the second phase RBF system are described in Chapter 9.

Chapter 4

Potential Areas for RBF System Development in Thailand

This chapter describes the selection procedure and steps for potential areas at the river basin scale and detailed potential areas as shown in **Figure 3-2** in Chapter 3. Initial potential areas for RBF system development were identified using secondary data obtained from various agencies and organizations. The identified initial potential areas would be used for further detailed investigations and selection.

4.1 Selection of Potential Areas at the River Basin Scale

Potential areas for thr RBF system were initially identified in the main river basins in Thailand by using secondary data compiled from various government organizations. The selection steps are illustrated in **Figure 3-2**. The selection criteria are as in the following.

4.1.1 Main Rivers in Twenty Five River Basins in Thailand

Considerations were focused on the perennial main rivers or rivers with water flows nearly 12 months a year. The study areas extend about 2 kilometers from both sides of the river.

4.1.2 Geological Conditions

Quaternary deposits of sands and gravels are considered appropriate for the RBF system development. These deposits include alluvial deposits, alluvial fan deposits, floodplain deposits, and terrace deposits (**Figure 4-1**)

4.1.3 Hydrogeological Conditions

Fresh groundwater or groundwater quality with total dissolved solids (TDS) less than 1,500 mg/l is initially considered appropriate for the RBF. The area with groundwater quality in this limit is shown in **Figure 4-2**.

The analysis of data from the main 25 river basins, geological conditions, and hydrogeological conditions is conducted to identify the approximate potential areas at the river basin scale of 15,835 square kilometers as shown in **Figure 4-3**.

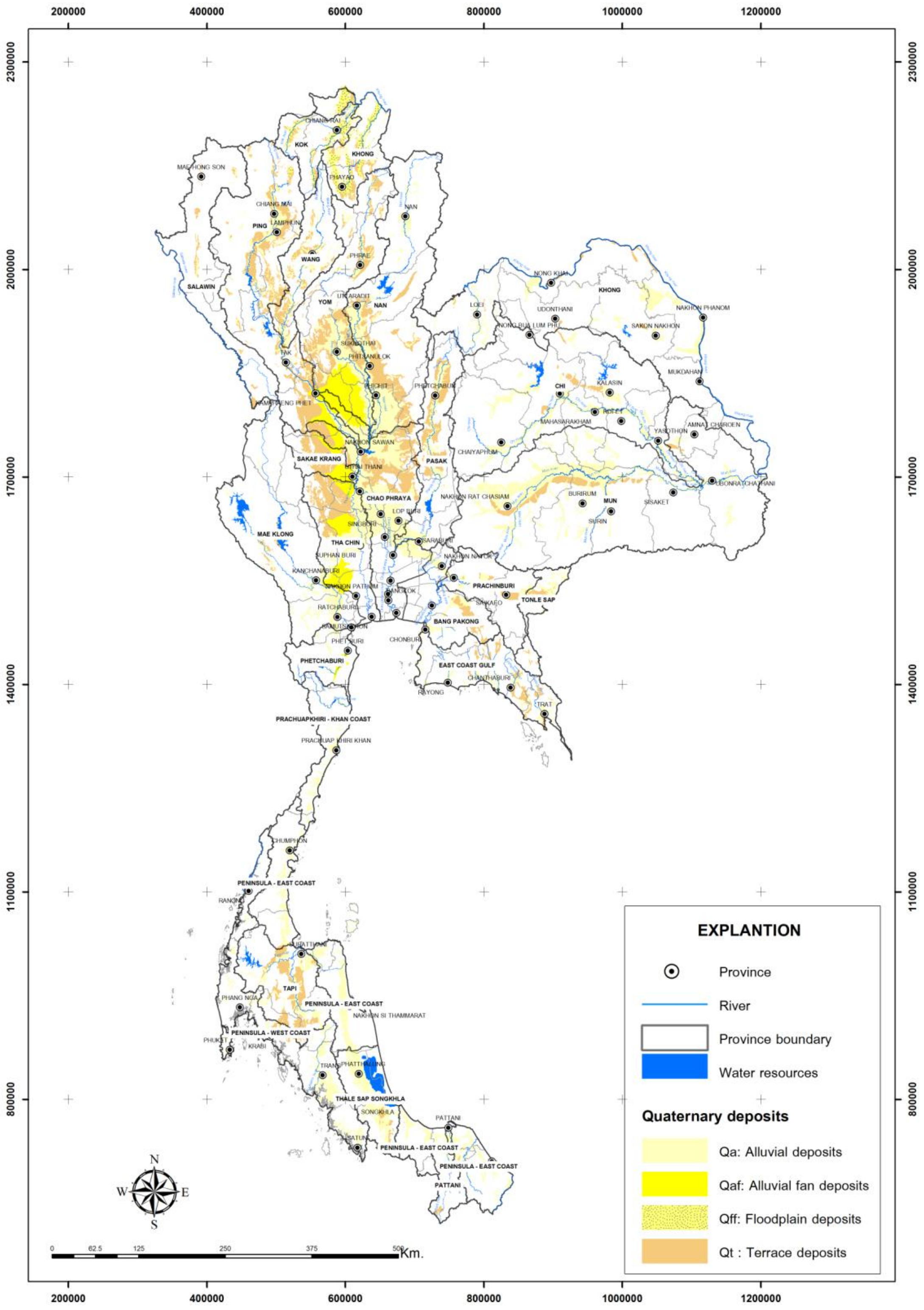


Figure 4-1 Suitable geological feature for development of RBF system

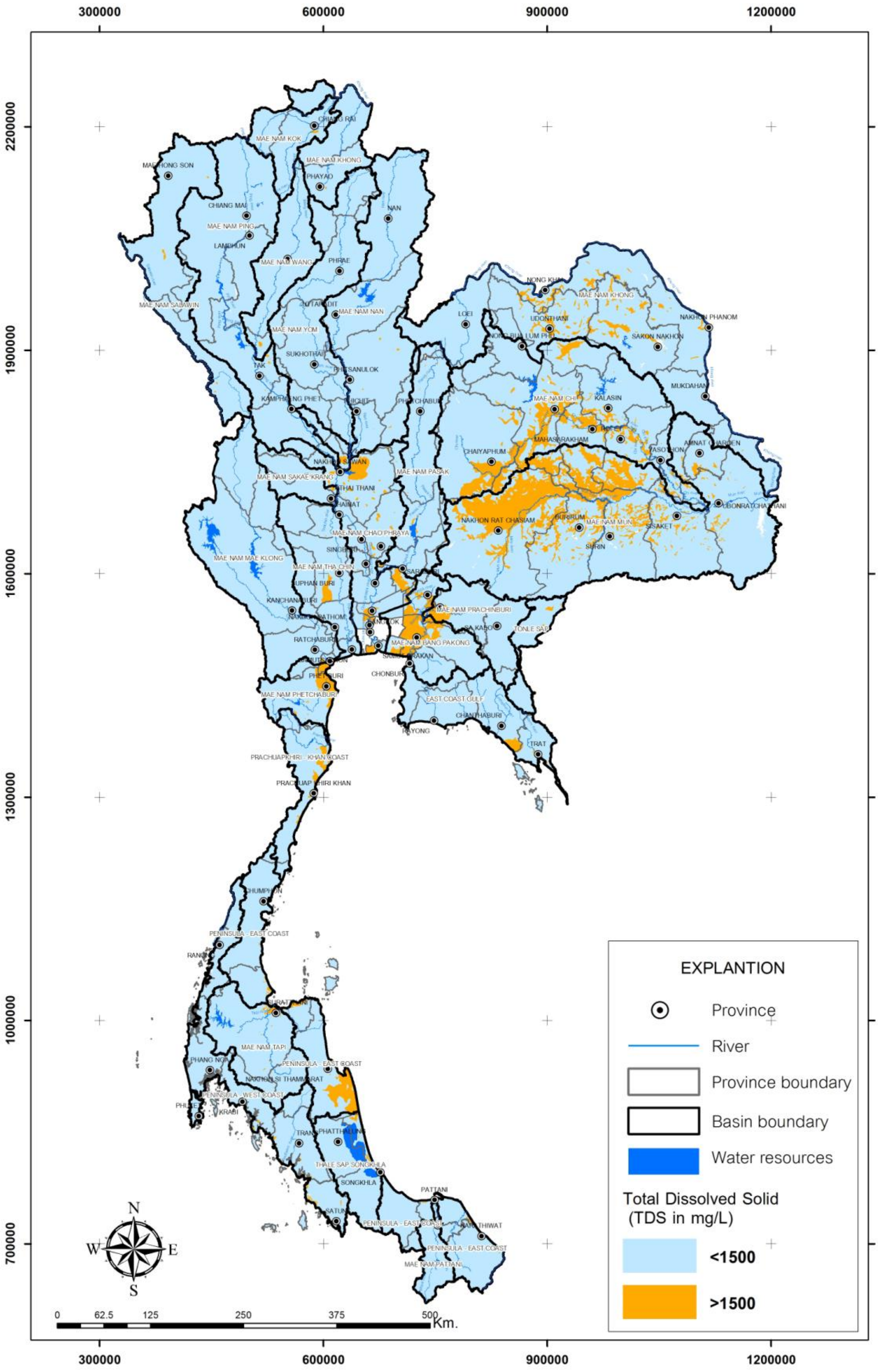


Figure 4-2 Suitable hydrogeological feature for development of RBF system

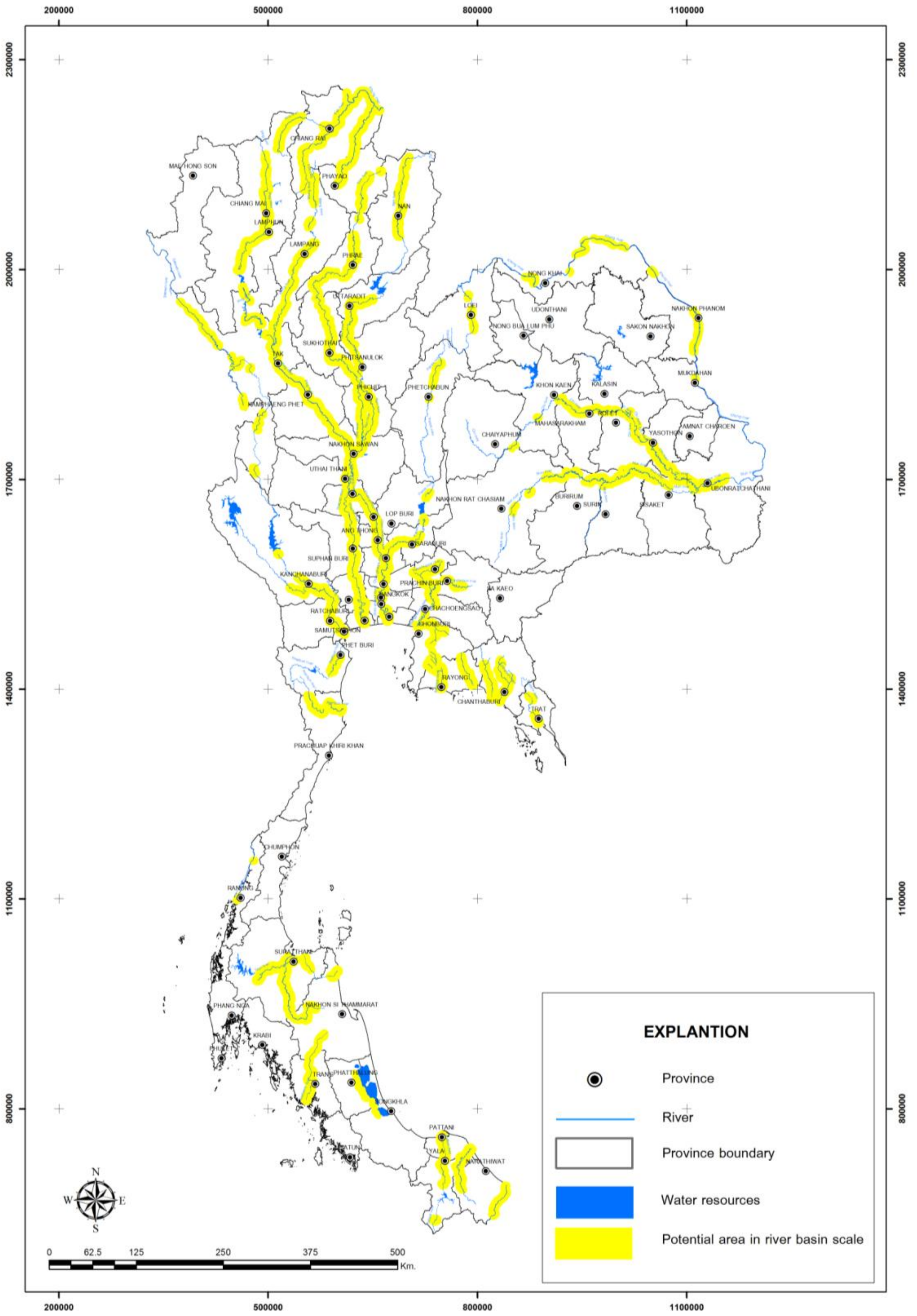


Figure 4-3 Potential areas for development of RBF system in river basin scale

4.2 Selection of Detailed Potential Areas

Figure 3-2 (Chapter 3) shows step 3 of the selection of detailed potential areas which will be described as in the following sections.

4.2.1 Selection of Initial Potential Sites

After the initial potential areas at the river basin scale are obtained, the selection of initial potential sites is carried out by considering the following parameters.

1) Hydrology

The river is the perennial stream or has river water flow at least 9 months per year.

2) Hydrogeology

Hydrogeological parameters taken into considerations include hydraulic conductivity (K) of the aquifer (greater than 1 m/day), overlying clay layer thickness less than the depth to river bed (to ensure hydraulic connection between river water and groundwater), and the aquifer thickness of greater than 10 m.

The above-mentioned parameters were compiled and determined from existing 13,581 groundwater wells located in the river basins. And 582 groundwater wells with appropriate parameters were selected to include in the detailed analysis as shown in **Figure 4-4**.

3) Water Quality

Surface water quality for the RBF system development should be in good quality to deteriorate which are classified into surface water quality type 1 to water quality type 4 and has no influence from sea water level rise and fall.

The analysis of the hydrological data, hydrogeological data, and water quality find that there are 414 locations initially suitable for the RBF system development (**Figure 4-5**).

4.2.2 Selection of Detailed Potential Sites

The level of suitability of the locations for the RBF system development are classified into 3 levels, namely, poor suitable, medium suitable, and very suitable by considering data from 5 groups of criteria. The groups of criteria include hydrology, hydrogeology, water quality, landuses, and water supply production. Each data group is classified into suitability levels for the RBF system development and assigned the scoring value of 1, 3, and 5 for poor suitable, medium suitable and very suitable level, respectively. The scoring value is then weighed considering the significance and priority of the data (Lee and Lee, 2008 and Lee and Lee, 2010) as elaborated in the following (**Table 4-1**).

1) Hydrology

The river hydrology suitability is considered by using maximum river flow velocity and the flow period.

2) Hydrogeology

The hydrogeological suitability is considered by using the aquifer thickness data and the aquifer hydraulic conductivity data.

3) Water Quality

Water quality suitability is considered by using surface water quality (water quality type 1-4) and groundwater quality (TDS).

4) Land Uses

Landuse data is used for the RBF site access and land availability for construction. The landuses are classified into agricultural areas, residential and industrial areas, and public land areas.

5) Water Supply Production

Duration and time spell of raw surface water shortage for water supply production and quantity of current water supply production are the suitability parameters for the water supply production.

The scoring and ranking of the 414 potential locations by using the criteria presented in **Table 4-1** are conducted. The sites have the suitability rating score ranging from 190 to 500. Three levels of suitability ranking are suggested, namely, 1) fourty nine (49) very suitable sites with the score ranging from 400-500, 2) two hundred and sixty two (262) medium suitable sites with the score ranging from 300-399, and 3) one hundred and three (103) poor suitable sites with the score ranging from 190-299, as shown in **Figure 4-6**.

Table 4-1 Criteria and weight for each parameter

No	Criteria	Unit	Score			Weight
			1	**3**	**5**	**100**
1	**Hydrology**					
1.1	Maximum flow velocity	m/s	0.5 – 1.0	>1.0 -1.5	> 1.5	10
1.2	River flow duration	Month	9	10 - 11	12	15
2	**Hydrogeology**					
2.1	Aquifer thickness	m	10 - 15	16 - 20	> 20	20
2.2	Hydraulic conductivity	m/day	1 - 5	6 - 10	> 10	10
3	**Water quality**					
3.1	Surface water quality	Classification	4	3	1 - 2	5
3.2	Ground water quality (TDS)	mg/L	601 - 1,000	300 - 600	< 300	10
4	**Landuse**	Types of landuse	Urban /Industrial zones	Agricultural zone	Public zone	5
5	**Water production (Provincial Waterworks)**					
5.1	Raw water supply shortage	Month	< 1	1 - 3	> 3	5
5.2	Current volume of water production	MCM/y	< 1	1 - 5	> 5	20

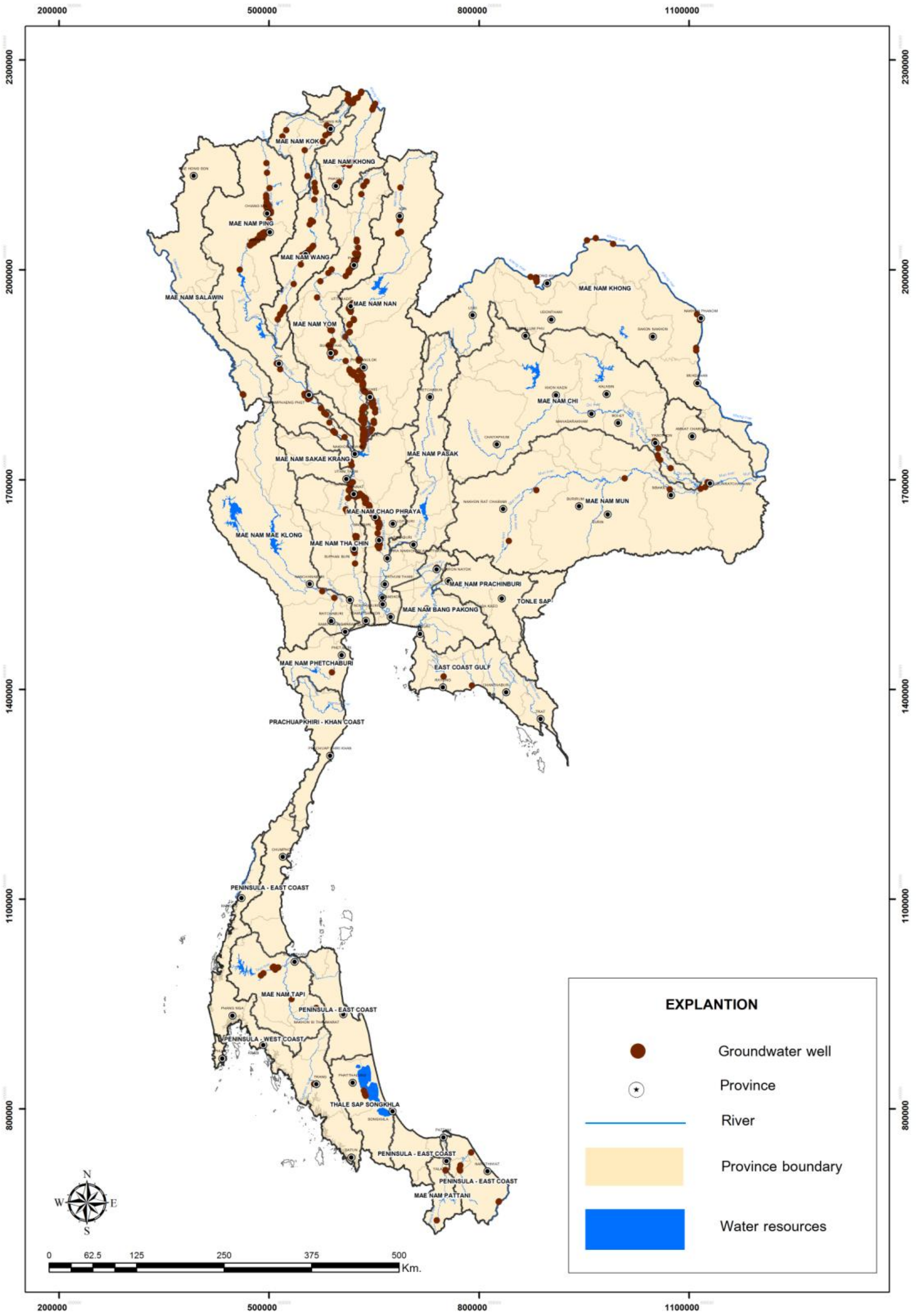


Figure 4-4 Location of groundwater well in the appropriate hydrogeological areas

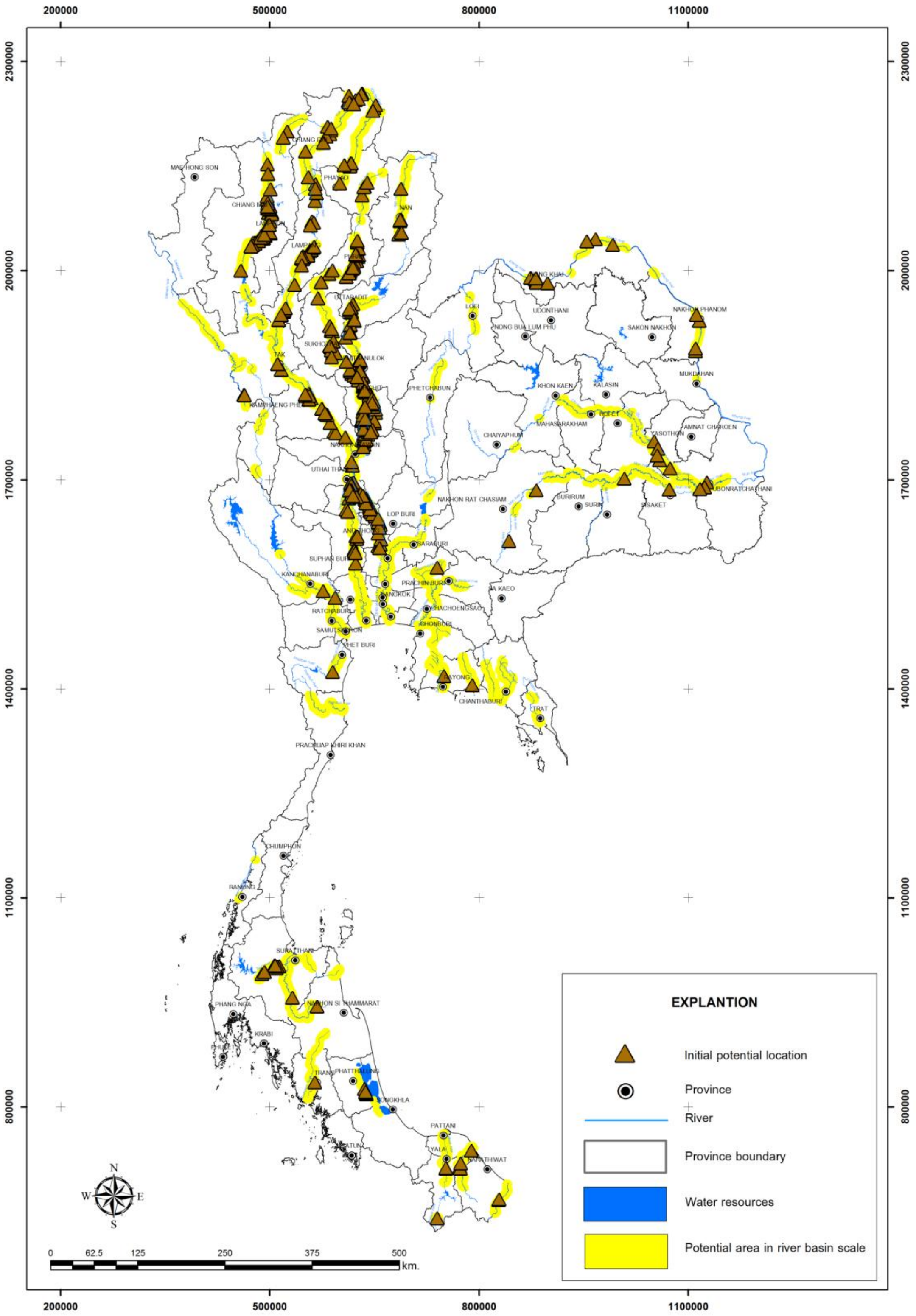


Figure 4-5 Initial potential locations for RBF system development

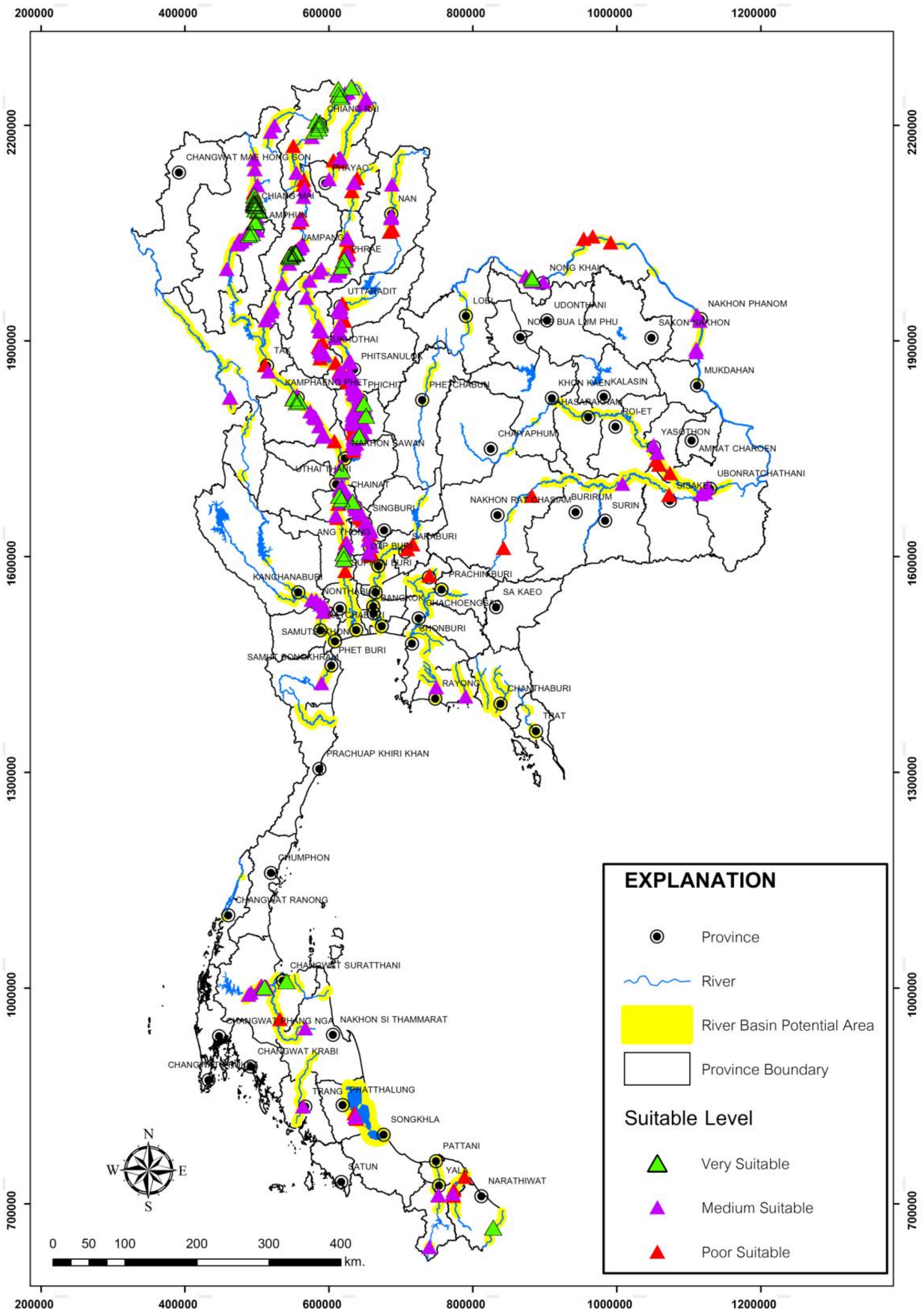


Figure 4-6 Suitable level of the detailed potential locations

4.2.3 Selection of Detailed Potential Areas

The fourty nine (49) very suitable locations for the RBF system development obtained from section 4.2.2 were regrouped into 11 areas according to administrative boundary and river basins. Additional area number 12 in Hat Yai District was added on for severe water shortage problem location. The regrouped 12 detailed potential areas are shown in **Figure 4-7** and **Table 4-2**.

Table 4-2 Twelve detailed potential areas

No	Amphoe	Province	River
1	Chiangsaen	Chiang Rai	Khong
2	Muang Chaing Rai	Chiang Rai	Kok
3	Mae Rim	Chiang Mai	Ping
	San Sai		
	Muang Chaing Mai		
	Hang Dong		
	Saraphi		
	Pasang	Lamphun	
4	Muang Lampang	Lampang	Wang
5	Munag Phrae	Phrae	Yom
	Sungmen		
6	Muang Kamphaeng Phet	Kamphaeng Phet	Ping
7	Muang Phichit	Phichit	Nan
8	Krokphra	Nakhon Sawan	Chao Phraya
9	Muang Chainat	Chainat	Chao Phraya
10	Phunphin	Surat Thani	Phum Duang
11	Si Chiang Mai	Nong khai	Khong
12	Hat Yai	Songkhla	khlong-u-taphao

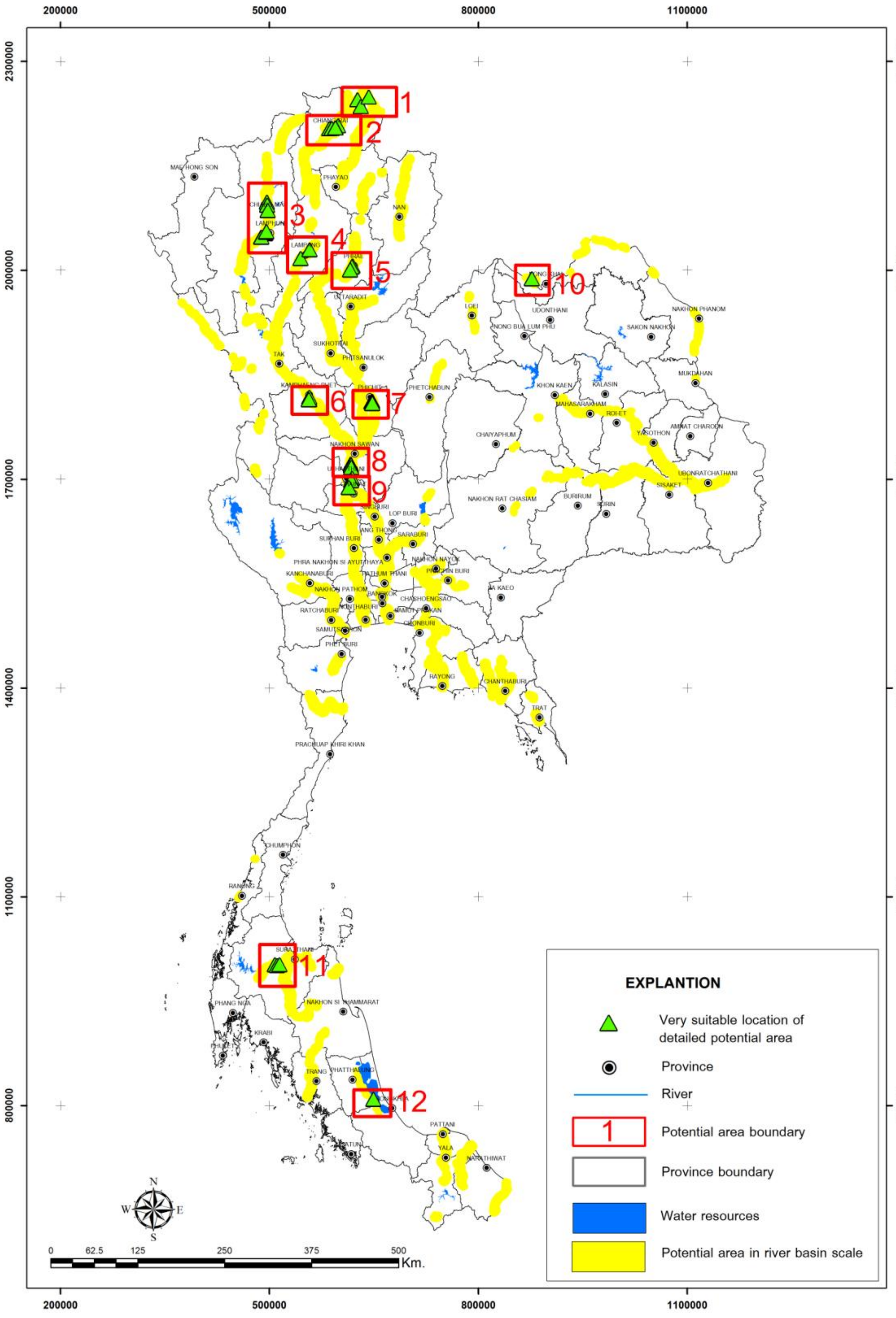


Figure 4-7 Locations of twelve detailed potential areas

Chapter 5

Detailed Potential Areas and Selection of Areas for Feasibility Study

Twelve (12) detailed potential areas for the RBF system development were selected by considering the selection criteria such as hydrology, hydrogeology, factors affecting water supply production, landuse and water quality. Details information related to selection of each area are described as in the followings:

5.1 Detailed Potential Areas

Secondary data pertaining to the above-mentioned selection criteria were compiled and collected from the available existing data sources from government organizations and private agencies. Field work and drilling investigation programs were planned and carried out to acquire additional more detailed primary data under each group of selection criteria. The scoring, rating, and ranking were then conducted on the initial potential areas to further identify detailed potential and suitable areas for the RBF system development. The selection results suggest twelve (12) detailed potential areas which include: (1) Amphoe Chiang Saen, Chiang Rai Province, (2) Amphoe Muang, Chiang Rai Province, (3) Chiang Mai and Lamphun Provinces, (4) Amphoe Muang, Lampang Province, (5) Amphoe Muang and Amphoe Sungmen, Phrae Province, (6) Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, (7) Amphoe Muang, Phichit Province, (8) Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province, (9) Amphoe Muang, Chainat Province, (10) Amphoe Sri Chiang Mai, Nogkhai Province, (11) Amphoe Phunphin, Surat Thani Province, and (12) Amphoe Hat Yai, Songkhla Province. More details of each area is described as in the followings:

5.1.1 Amphoe Chiangsaen, Chiang Rai Province

1) Topography: The potential areas are located in Amphoe Chiang Saen, Chiang Rai Province, covering about 144 sq. kilometers. Mountain ranges are found in the west part with the floodplain area in the central and east portion (**Figure 5-1**). The land uses consist of 89.85 % agriculture (upland crops and paddy field), 6.88 % residential area, 2.32 % miscellaneous, and 3.27 % surface water bodies.

2) Hydrology: The investigation of the river hydrology to assess the quantity and quality of surface water include:

(1) River bed sediments mainly consist of gravelly fine sands with the coefficient of uniformity (C_u) and concavity (C_c) varies from 2.08 - 12.31 and 0.89 - 1.73, respectively.

(2) Hydraulic conductivity (K) of the river bed sediments vary from 3 - 100 m/day.

(3) The survey of the river profile shows that the Mekong River has the width and depth of about 1,000 m. and 12 m., respectively.

(4) Surface water quality determination showed that the water from the Mekong River had the turbidity varying from 51 - 350 NTU with dissolved organic carbon (DOC) of 3.41 - 7.74 mg./l, and iron concentration of 0.10 mg./l.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is characterized into 4 units using physical characteristic and hydraulic conductivity, namely:

(1) Recent Floodplain Deposits (Qfd), which consist of gravels, sands, and silts, with clay layer of 5 -8 m. thick overlying the gravel stratum of 5-30 m. thick. The aquifer yields groundwater in the range of 10 - 20 cu.m./hour.

(2) Young River Terrace Deposits (Qyt), which consist of gravels, sands, silts, and clays. The deposit yields groundwater varying from 10 – 20 cu.m./hour.

(3) Old River Terrace Deposits (Qot) which consist of sand – gravel stratum with varying thickness from 30 -50 m. Clay lenses of 2 – 5 thick are found. The deposits yields groundwater varying from 2 – 10 cu.m./hour.

(4) Consolidated Rock Unit which is granite (Gr) with groundwater yield of 2 – 20 cu. m./hour.

The results of field investigations during May to August, B.E. 2554 show that the area is covered with 5 - 9 m. of black clay layer overlying the 21 - 25 m. of gravel layer. Thin interlayer of sands are found in places. The groundwater levels in the areas vary from 350 - 370 m. above mean sea level. The hydraulic conductivity (K) of the aquifer determined from pumping tests varies from 42 - 121 m./day.

4) Domestic water consumption: The service of water supply of the Mae Sai Branch, Chiang Rai provincial water work covers the area of Amphoe Mae Sai, Amphoe Mae Chan, and Amphoe Chiang Saen. The sources of the raw water for water supply production are from the Mekong River and groundwater wells. Total recent numbers of water users are 13,673 households. Water supply production capacity is 19,920 cu. m./day with the produced water of 381,409 cu. m./month. About twice the numbers of water users in Chiang Saen area have been continuously increasing during the past decade.

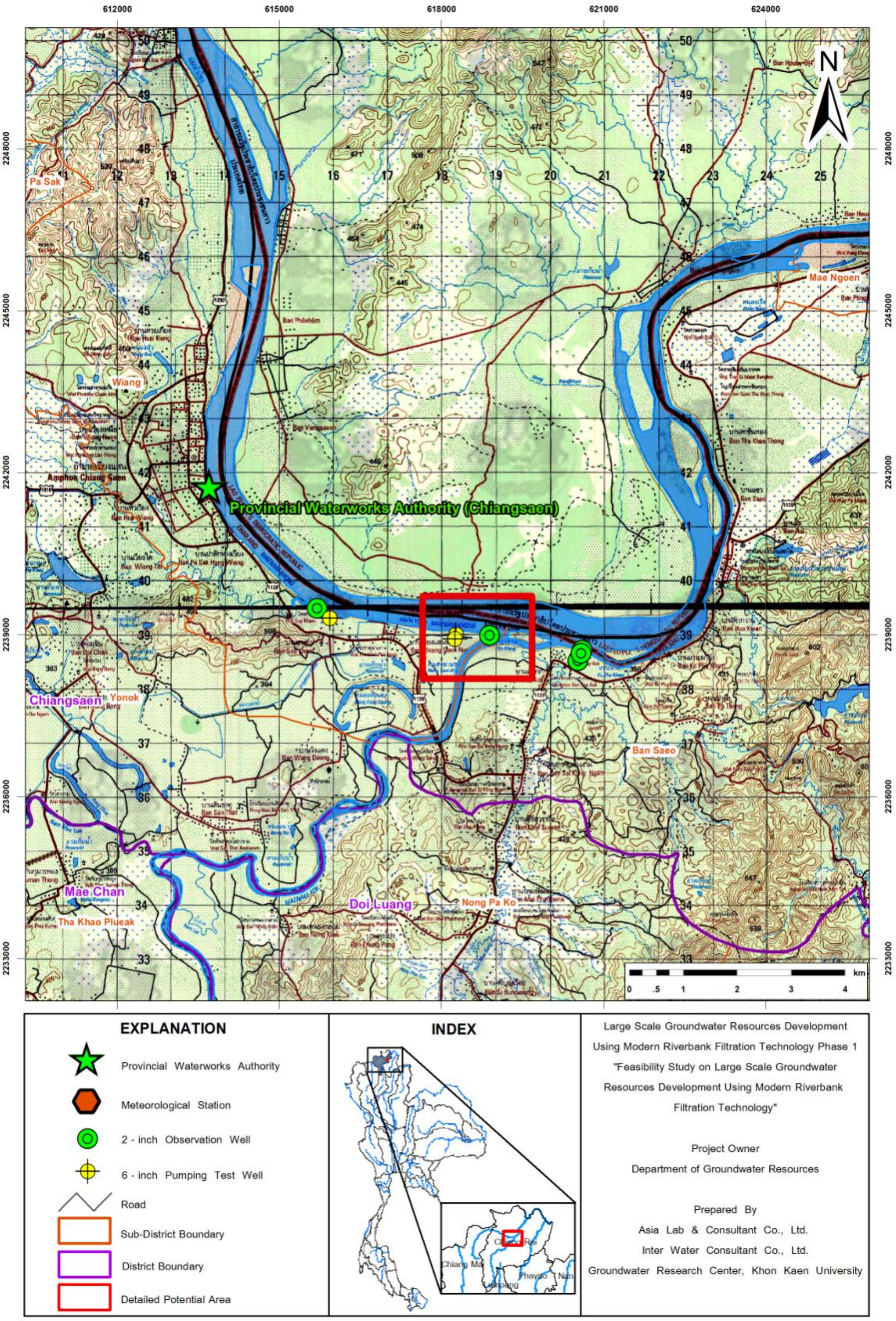


Figure 5-1 Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Chiang Saen, Chiang Rai Province

5.1.2 Amphoe Muang, Chiang Rai Province

1) Topography: The study area is located in Amphoe Muang, Chiang Rai Province, covering the area of about 414 sq. kilometers. The topography consists of mountainous terrane in the west and floodplain of the Kok River in the central and east parts (**Figure 5-2**). The land uses consist of 26.85 % forest, 80.45 % agriculture (upland crops and paddy field), 17.66% residential area, and 1.89% surface water bodies.

2) Hydrology: The investigation of the river hydrology to assess the quantity and quality of surface water include:

(1) River bed sediments mainly consist of gravelly sands with the coefficient of uniformity (Cu) and concavity (Cc) varies from 2.67 - 5.60 and 0.86 - 1.39, respectively.

(2) Hydraulic conductivity (K) of the river bed sediments were determined from the field and laboratory tests using water with turbidity varies from 5.00 – 16.00 NTU. The values of the field and laboratory hydraulic conductivity vary from 5.00 - 60.00 m/day and 0.50 - 22.90 m/day, respectively.

(3) The survey of the river profile shows that the Kok River has the width and depth of about 110 m. and 7 m., respectively.

(4) Surface water quality determination showed that the water from the Kok River had the turbidity varying from 128.50 - 138.00 NTU with dissolved organic carbon (DOC) of 2.26 - 3.99 mg./l, and iron concentration of 0.19 - 0.28 mg./l.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is characterized into 2 units using physical characteristic and hydraulic conductivity, namely:

(1) Recent Floodplain Deposits (Qfd), which consists of gravels, sands, silts, and clays. The aquifer is found at varying depths of 5 – 30 m. with groundwater yield of 10 – 20 cu. m./hour.

(2) Old River Terrace Deposits (Qot), which consists of gravel and sand layers with the thickness of 30 – 50 m. inter-stratified with 2 – 5 m. clay layer. The aquifer yields groundwater varying from 2 – 10 cu.m./hour.

The results of field investigations during May to August, B.E. 2554 show that the area is covered with 4 - 6 m. sand layer overlying the 22 - 43 m. gravelly sand stratum. Clay lenses were identified locally in the gravel and sand strata. Regional groundwater flows from west to east part of the area. The groundwater levels in the areas vary from 375 - 400 m. above mean sea level. The hydraulic conductivity (K) of the aquifer determined from pumping tests varies from 19.70 – 71.91 m./day. Groundwater quality determinations show the dissolved organic carbon (DOC) of 1.81 - 3.08 mg./l, iron concentration of 0.13 - 15.01 mg./l, and manganese concentration of 0.05 - 0.55mg./l.

4) Domestic water consumption: The service of water supply of the Chiang Rai provincial water work covers the area of Chiang Rai City Municipality. The main raw water source for water supply production is from The Kok River. Total recent numbers of water users are 19,136 households. Water supply production capacity is 36,000 cu. m./day with the produced water of 695,950 cu. m./month. The service areas in Amphoe Muang, Chiang Rai Province, are large with rapid increase in the numbers of water users.

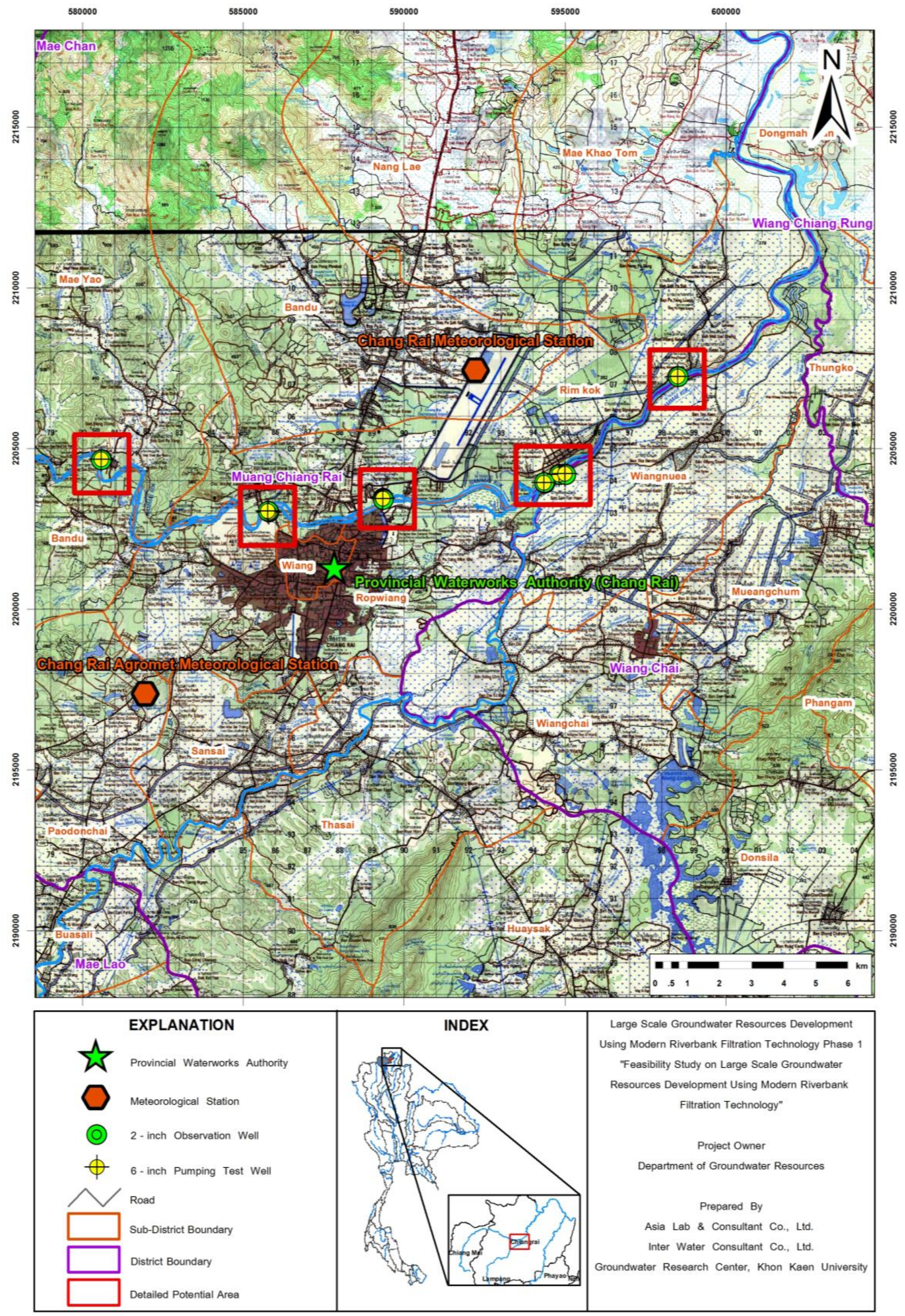


Figure 5-2 Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang, Chiang Rai Province

5.1.3 Chiang Mai-Lamphun Province

1) Topography: The study areas located in the Chiang Mai and Lamphun Provinces covering the areas of about 1,820 sq. kilometers. The topography consists of mountainous terrane and woods land. The floodplain of the Ping River are located in the central part of the area (Figure 5-3). The land uses consist of 87.02 % agriculture (mainly woods land with minor paddy field, upland and crops), 12.49 % residential area, and 0.49 % surface water bodies.

2) Hydrology: The investigation of the river hydrology to assess the quantity and quality of surface water include:

(1) River bed sediments mainly consist of medium to coarse sands with the coefficient of uniformity (Cu) and concavity (Cc) varies from 1.55 - 58.75 and 0.85 - 1.83, respectively.

(2) Hydraulic conductivity (K) of the river bed sediments were determined from the field and laboratory tests using water with turbidity varies from 1 - 5 NTU. The values of the field and laboratory hydraulic conductivity vary from 0.14 - 39.60 m/day and 0.05 - 0.35 m/day, respectively.

(3) The survey of the river profile shows that the Ping River has the width and depth of about 100 m. and 8 - 12 m., respectively.

(4) Surface water quality determination showed that the water from the Ping River had the turbidity varying from 158 - 267 NTU with dissolved organic carbon (DOC) of 2.49 – 4.86 mg./l, and iron concentration of 0.18 - 0.23 mg./l.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is characterized into 3 units using physical characteristic and hydraulic conductivity, namely:

(1) Recent Floodplain Deposits (Qfd), which consists of gravels, sands, silts, and clays. The depths of the aquifer vary from 20–40 m.

(2) Youg River Terrace Deposits (Qyt), which consists of gravels, sands, silts, and clays. The depths of the aquifer vary from 30 - 100 m.

(3) Old Terrace Deposits (Qot), which consist of gravels, sands, silts, and clays. The depths of the aquifer vary from 50–250 m.

The results of field investigations during May to August, B.E. 2554 show that the area is covered with 1 - 2 m. of clay layer overlying the 20 - 37 m. of gravel and sand strata. Clay lenses were identified locally in the gravel and sand strata. Regional groundwater flows from the rim of the basin in the northwest and northeast into the central floodplain area. The groundwater levels in the areas vary from 280 - 310 m. above mean sea level. The hydraulic conductivity (K) of the aquifer determined from pumping tests varies from 5.16 – 109.85 m./day. Groundwater quality determinations show the dissolved organic carbon (DOC) of 0.97 - 2.50 mg./l, iron concentration of 0.91 - 6.02 mg./l, and manganese concentration of 0.20 - 7.30 mg./l.

4) Domestic water consumption: The service of water supply of the Chiang Mai and Lamphun areas involves three (3) branches of provincial water works, namely, Chiang Mai, Mae Rim, and Lamphun. The main raw water for water supply production is from the Ping River. Total recent numbers of water users are 106,500 households. The produced water supply is about 2,626,111 cu. m/month. Due to rapid business growth during last decade, the high demand of water supply is drastically increased.

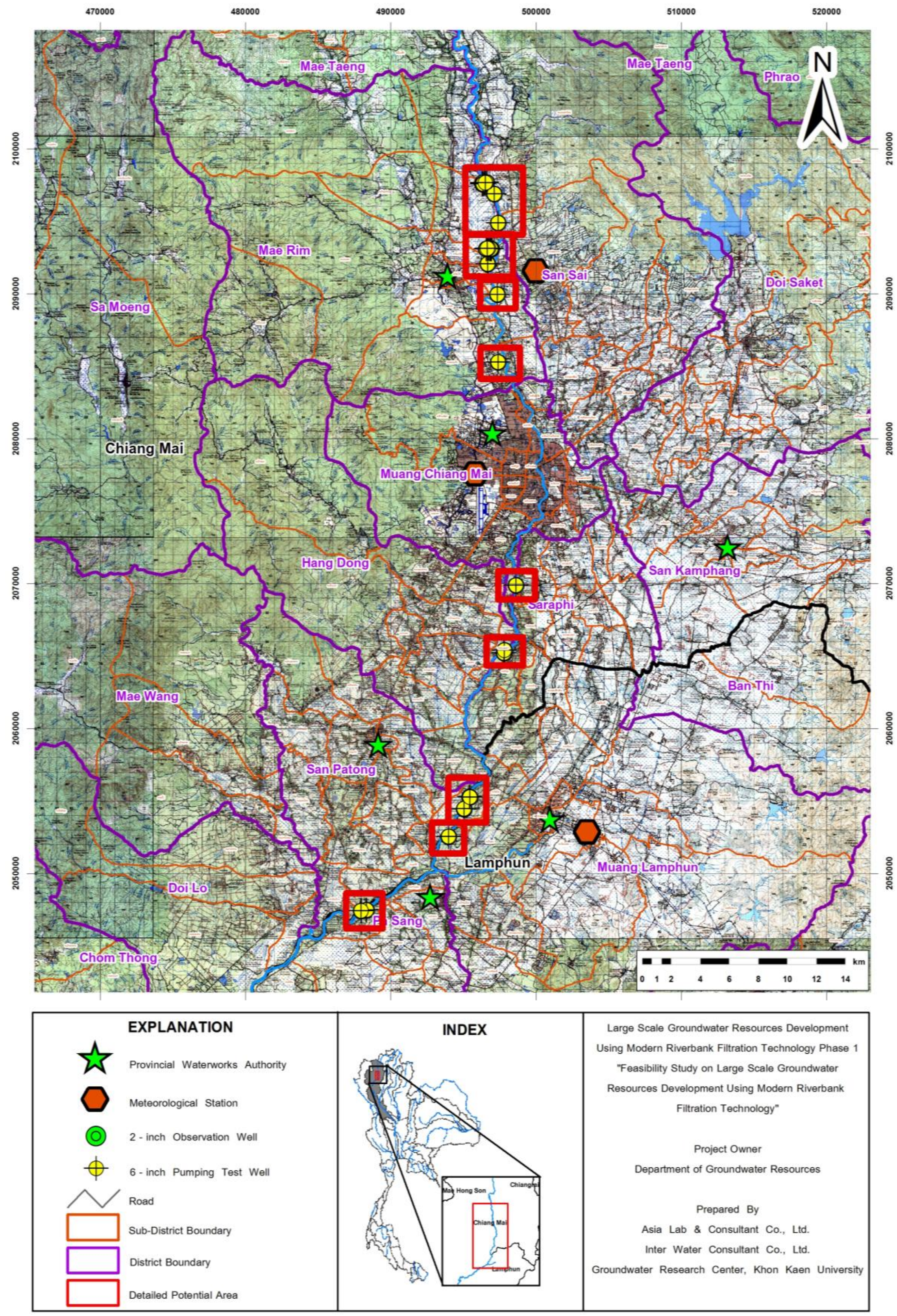


Figure 5-3 Topographic expression of detailed potential areas in Chiang Mai and Lamphun Provinces

5.1.4 Amphoe Muang, Lampang Province

1) Topography: The study area in Amphoe Muang, Lampang Province, cover the total areas of 640 square kilometers. The topography is the flat-lying high land with northeast-southwest trending mountain ranges. The central part is the floodplain located along the Wang River (Figure 5-4). The land uses consist of 75.71% forest, 16.74% agriculture, 3.59% residential area, 2.96% miscellaneous, and 1.00% surface water bodies.

2) Hydrology: The investigation of the river hydrology to assess the quantity and quality of surface water include:

(1) River bed sediments mainly consist of gravelly medium to coarse sands

(2) Hydraulic conductivity (K) of the river bed sediments were determined from the field and laboratory tests using water with turbidity varies from 4 - 20 NTU. The values of the field and laboratory hydraulic conductivity vary from 7.6 - 34.6 m/day and 0.6–28.6 m/day, respectively.

(3) The survey of the river profile shows that the Wang River has the width and depth of about 100 - 160 m. and 8 m., respectively.

(4) Surface water quality determination showed that the water from the Ping River had the turbidity varying from 50 - 65 NTU with dissolved organic carbon (DOC) of 3 - 6 mg./l, and iron concentration of 0.12 mg./l.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is characterized into 3 units using physical characteristic and hydraulic conductivity, namely:

(1) Recent Floodplain Deposits (Qfd), which consists of gravels, sands, silts, and clays. The aquifer yields groundwater greater than 20 cu.m./hour.

(2) Young River Terrace Deposits (Qyt), which consist of gravels, sands, silts, clays and lateritic soils. The deposit yields groundwater varying from 2 – 10 cu.m./hour.

(3) Old Terrace Deposits (Qot), which consist of gravels, sands, silts, clays, and lateritic soils. The deposit yields groundwater varying from 2 – 10 cu.m./hour.

The results of field investigations during January to March, B.E. 2554 show that the area is covered with 3 - 8 m. of clay layer overlying the 30 - 40 m. of gravel and sand strata. Clay lenses were identified locally in the gravel and sand strata. Regional groundwater flows from southeast (in the north part) and from northwest to the central flat-lying floodplain of the Wang River. The hydraulic conductivity (K) of the aquifer determined from pumping tests varies from 8 - 43 m./day. Groundwater quality determinations show the dissolved organic carbon (DOC) of 0.5 - 2.0 mg./l, iron concentration of 4.0 - 7.0 mg./l, and manganese concentration of 0.4 - 0.5 mg./l.

4) Domestic Water Consumption: The service of water supply of the Lampang provincial water work covers the area of Lampang City Municipality and District Municipality of Korkha, Lampang Province. The main sources of raw water for water supply production are from storage pond receiving water from left side irrigation canal of Kew Lom Dam and from the Wang River. Total recent numbers of water users are 33,167 households. Water supply production capacity is 44,160 cu. m./day with the produced water of 974,798 cu. m./month. The forcast for the increase of population in the next 10 years

shows that in B.E. 2565 water demand would increase to about 90 cu. m/ hour. The RBF system development would supplement this increasing water production in the future.

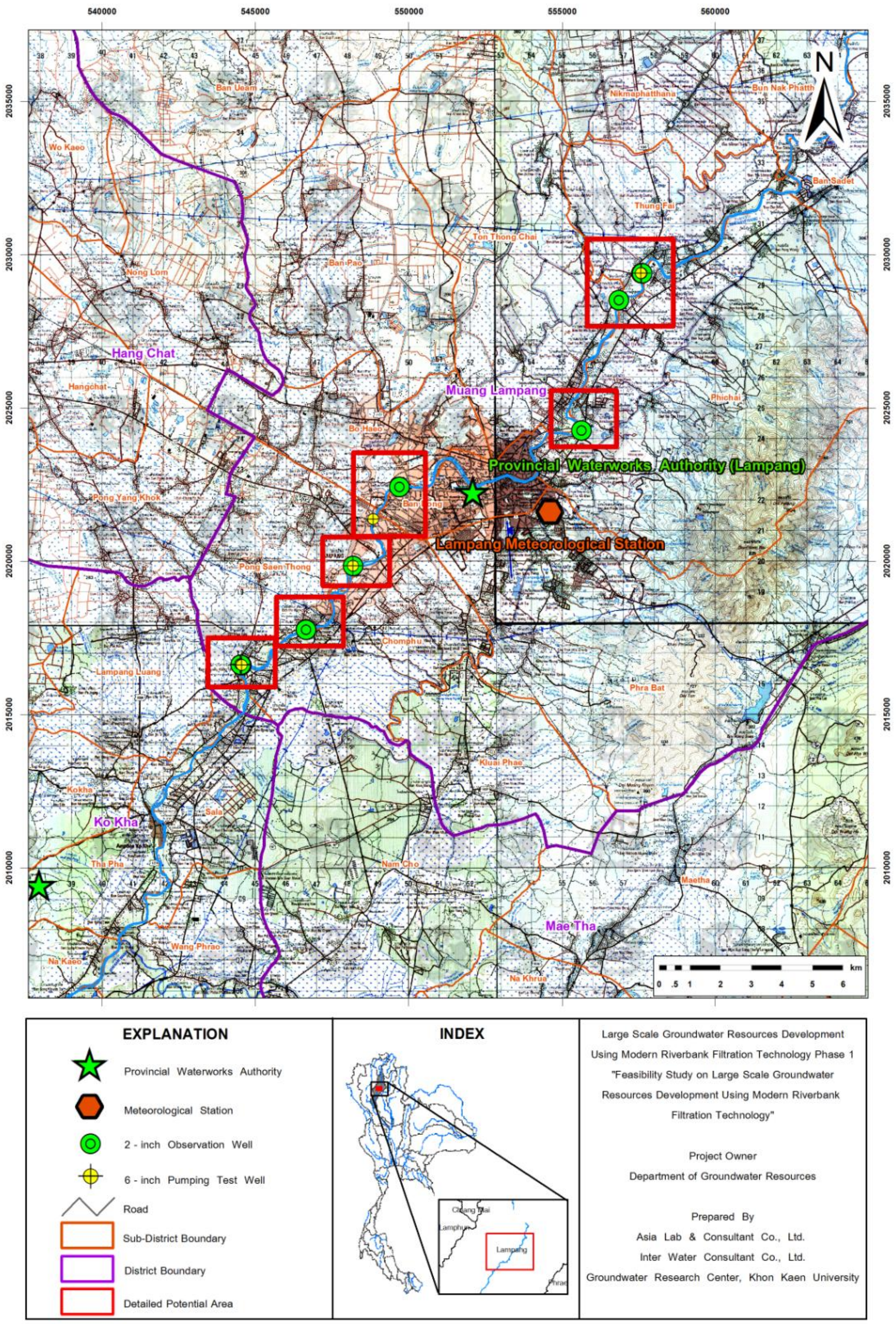


Figure 5-4 Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang, Lampang Province

5.1.5 Amphoe Muang-Amphoe Sungmen, Phrae Province

1) Topography: The study area in Amphoe Muang and Amphoe Sungmen, Phrae Province, cover the total areas of 192 square kilometers. The topography is the floodplain located along the Yom River with mountain ranges on both sides of the river bank (Figure 5-5). The land uses consist of 71.81% forest, 21.79% agriculture (upland crops and paddy field), 2.85% residential area, 2.81% miscellaneous, and 0.74% surface water bodies.

2) Hydrology: The investigation of the river hydrology to assess the quantity and quality of surface water include:

(1) River bed sediments mainly consist of gravelly medium to coarse sands with the coefficient of uniformity (Cu) and concavity (Cc) varies from 2.55 - 13.33 and 0.16 – 1.05, respectively.

(2) Hydraulic conductivity (K) of the river bed sediments were determined from the field and laboratory tests using water with turbidity varies from 5 – 35 NTU. The values of the field and laboratory hydraulic conductivity vary from 0.86 – 64.32 m/day and 1.2 -64.4 m/day, respectively.

(3) The survey of the river profile shows that the Yom River has the width and depth of about 120 m. and 13 m., respectively.

(4) Surface water quality determination showed that the water from the Yom River had the turbidity of 17.65 NTU with dissolved organic carbon (DOC) of 3.44 – 3.54 mg./l, and iron concentration of 0.12 mg./l.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is characterized into 3 units using physical characteristic and hydraulic conductivity, namely:

(1) Recent Floodplain Deposits (Qfd), which consists of gravels, sands, silts, and mud. The deposit yields groundwater greater than 30 cu.m./hour.

(2) River Terrace Deposits (Qt), which consists of sands, silts, clays and gravels and lateritic soils.

(3) Consolidated Rock Unit, which consists of basic igneous rocks and sedimentary rocks

The results of field investigations during September, B.E. 2554 to January, B.E. 2555 show that the area is covered with 2 – 8 m. of clay layer overlying the 20 – 43 m. of gravel and sand strata. Clay lenses were identified locally in the gravel and sand strata. The river bed sediments and the aquifer shows continuous lateral distribution and connection. From the view point of regional groundwater flow, the study areas are located in the groundwater discharge areas. The recharge areas are located along the portion of the edge of the groundwater basin in the upland mountainous terrane. The main direction of groundwater flows are from north, east, and west of the areas to the central part along the Yom River floodplain and continue on to the south portion of the basin. The groundwater levels in the areas vary from 150 – 160 m. above mean sea level. The hydraulic conductivity (K) of the aquifer determined from pumping tests varies from 12 – 16 m./day. Groundwater quality determinations show the dissolved organic carbon (DOC) of 1.38 – 2.39 mg./l, iron concentration of 1.17 – 4.92 mg./l, and manganese concentration of 0.19 -0.52 mg./l.

4) Domestic water consumption: The service of water supply of the Phrae provincial water work covers the area of Muang Phrae Municipality. The main source of raw water for water supply

production is from the Yom River. Total recent numbers of water users are 10,572 households. Water supply production capacity is 12,000 cu. m./day with the produced water of 290,650 cu. m./month. The service areas in Phrae water supply system is large with high increasing water users and water demand.

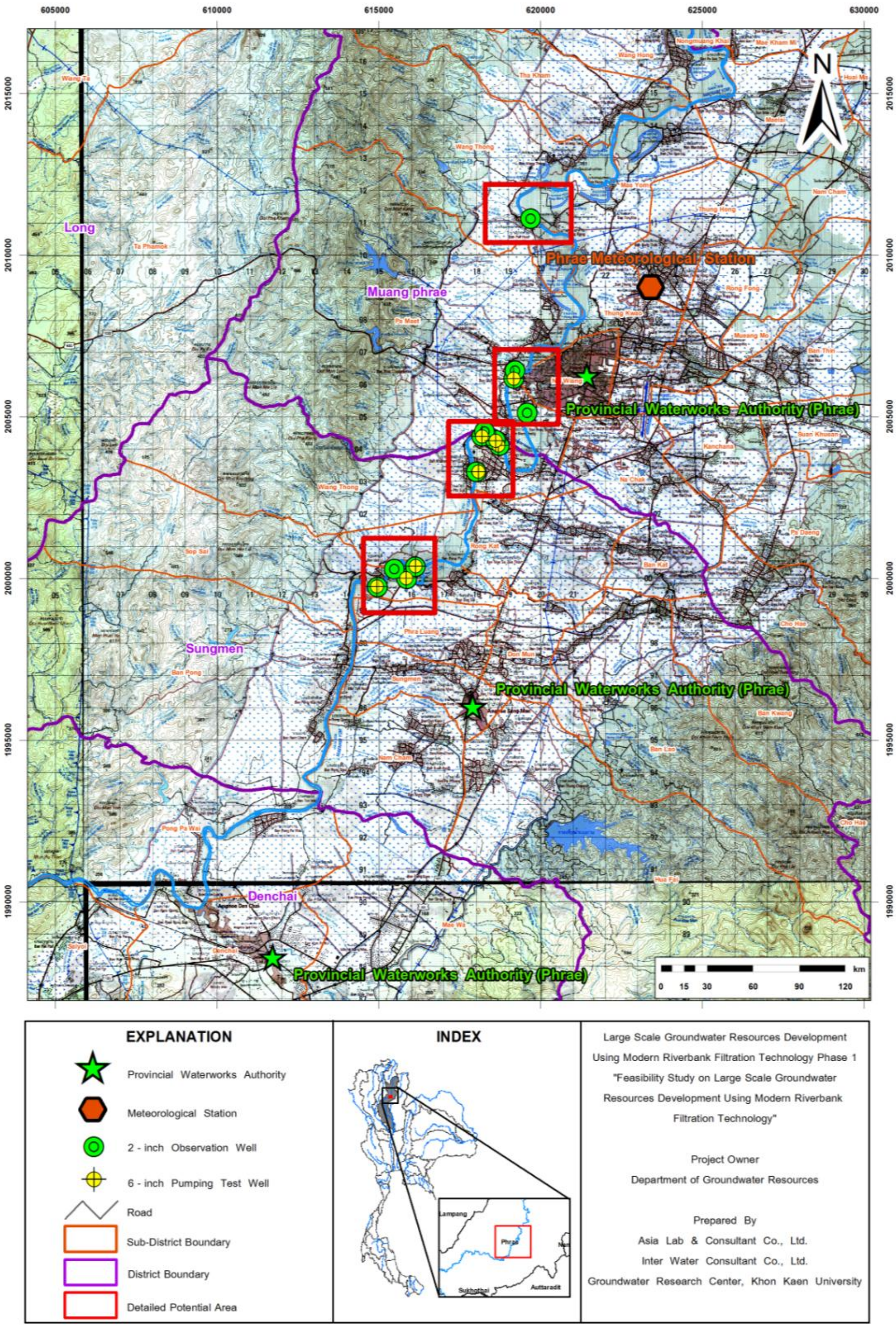


Figure 5-5 Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang and Amphoe Sungmen, Phrae Province

5.1.6 Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province

1) Topography: The study areas cover the administrative areas of Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, embracing about 91 sq. kilometers. The topography is the floodplain of the Ping River with the highland area in the south part (Figure 5-6). The land uses consist of 26.85% forest, 69.72% agriculture (upland crops and paddy field), 2.32% residential area, 2.32% miscellaneous, and 0.57% surface water bodies.

2) Hydrology: The investigation of the river hydrology to assess the quantity and quality of surface water include:

(1) River bed sediments mainly consist of sands and gravels with the coefficient of uniformity (Cu) and concavity (Cc) varies from 2.82 – 8.89 and 0.61 – 1.42, respectively.

(2) Hydraulic conductivity (K) of the river bed sediments were determined from the field and laboratory tests using water with turbidity varies from 5 – 35 NTU. The values of the field and laboratory hydraulic conductivity vary from 1.2 – 47.5 m/day and 0.26 – 0.38 m/day, respectively.

(3) The survey of the river profile shows that the Ping River has the width and depth of about 370 m. and 6.9 m., respectively.

(4) Surface water quality determination showed that the water from the Ping River had the turbidity varying from 136 – 146 NTU with dissolved organic carbon (DOC) of 2.89 – 5.85 mg./l, and iron concentration of 0.07 – 0.16 mg./l.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is characterized into 3 units using physical characteristic and hydraulic conductivity, namely:

(1) Recent Floodplain Deposits (Qfd), which consists of gravels, sands, and silts, with thin inter-layer of clays. The deposit yields groundwater greater than 20 cu.m./hour.

(2) Recent River terrace deposits (Qot), which consists of gravels, sands, silts, and clays. The deposit yields groundwater varying from 10 – 20 cu.m./hour.

(3) Colluvial Deposits (Qc) which consist of rock fragments, gravels, sands, silts, lateritic soils and marls.

The results of field investigations during May to September, B.E. 2554 show that the area is covered with 5 – 8 m. of clay layer overlying the 15 – 33 m. of gravel and sand strata. Clay lenses were identified locally in the gravel and sand strata. The river bed sediments and the aquifer shows continuous lateral distribution and connection. Regional groundwater flows from north, east, and west to the Ping River and on to the south. The groundwater levels in the areas vary from 68 – 80 m. above mean sea level. The hydraulic conductivity (K) of the aquifer determined from pumping tests varies from 45.40 – 281.30 m./day. Groundwater quality determinations show the dissolved organic carbon (DOC) of 2.10 – 2.58 mg./l, iron concentration of 0.05 – 0.48 mg./l, and manganese concentration of 0.31 - 1.00 mg./l.

4) Domestic water consumption: The service of water supply of the Kamphaeng Phet provincial water work covers the area of Kamphaeng Phet Municipality, Mae Lai District Municipality, and Nakhon Chum Municipality. Total recent numbers of water users are 19,986 households. Water supply

production capacity is 24,960 cu. m./day with the produced water of 576,035 cu. m./month. The service areas in Kamphaeng Phet water supply system is increasing in the last decade.

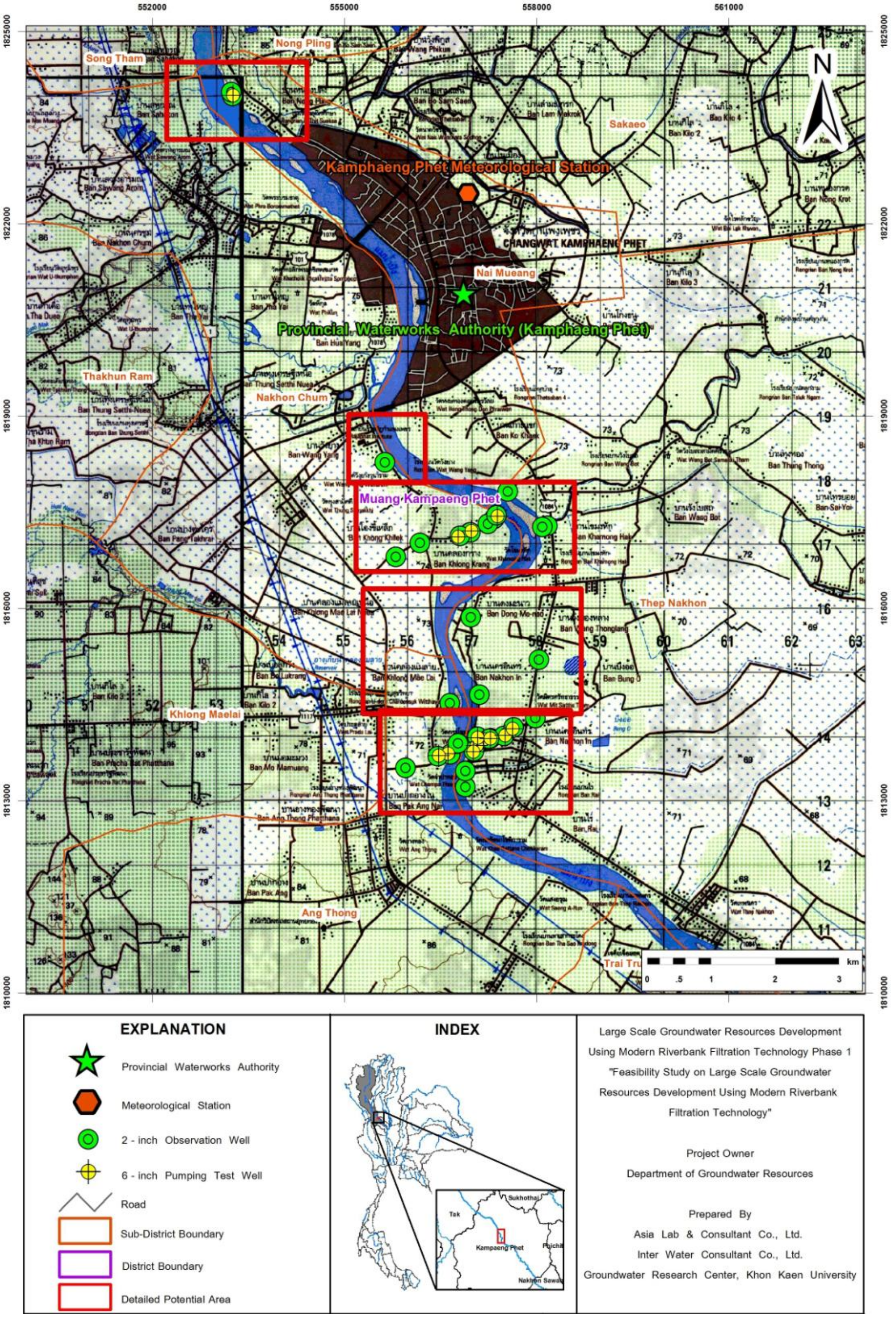


Figure 5-6 Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province.

5.1.7 Amphoe Muang, Phichit Province

1) Topography: The study areas cover the administrative areas of Amphoe Muang, Phichit Province, embracing about 50 sq. kilometers. The topography is the floodplain of the Nan River (Figure 5-7). The land uses consist of 90.52% agriculture (upland crops and paddy field), 0.31% forest, 1.29% surface water bodies, and 7.88% residential area.

2) Hydrology: The investigation of the river hydrology to assess the quantity and quality of surface water include:

(1) River bed sediments mainly consist of fine to medium grained sands with sparodically deposits of clay and silt layers. The sediments have the coefficient of uniformity (Cu) and concavity (Cc) varies from 1.50 – 1.54 and 0.98 – 1.11, respectively.

(2) Hydraulic conductivity (K) of the river bed sediments were determined from the field and laboratory tests using water with turbidity varies from 1 – 15 NTU. The values of the field and laboratory hydraulic conductivity vary from 0.30 – 1.60 m/day and 0.20 – 4.00 m/day, respectively.

(3) The survey of the river profile shows that the Nan River has the width and depth of about 150 m. and 15.50 m., respectively.

(4) Surface water quality determination showed that the water from the Nan River had the average turbidity of 136 NTU with dissolved organic carbon (DOC) of 1.79 – 2.45 mg./l, and iron concentration of 0.21 – 0.24 mg./l.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is characterized into 3 units using physical characteristic and hydraulic conductivity, namely:

(1) Recent Floodplain Deposits (Qfd), which consists of sands and gravels, with inter-layer of yellow clays.

(2) Colluvial Deposits (Qc), which consist of rock fragments, gravels, sands, silts, lateritic soils, terarosa and marls.

(3) Consolidated Rock Unit of Granite and Granodiorite.

The results of field investigations during May to October, B.E. 2554 show that the area is covered with 1 – 14 m. of clay layer overlying the 12 – 26 m. of gravel and sand strata. Clay lenses were identified locally in the gravel and sand strata. The river bed sediments and the aquifer shows continuous lateral distribution and connection. Regional groundwater flows from north, east, and west to the central part of the Nan River basin and on to the south. The groundwater levels in the areas vary from 33 – 34 m. above mean sea level. The hydraulic conductivity (K) of the aquifer determined from pumping tests varies from 29 – 110 m./day. Groundwater quality determinations show the dissolved organic carbon (DOC) of 1.52 – 2.23 mg./l, iron concentration of 4.19 – 14.85 mg./l, and manganese concentration of 0.58 - 1.80 mg./l.

4) Domestic water consumption: The service of water supply of the Phichit provincial water work covers the area of Phichit Municipality, District Municipality of Sak Lek, Wang Krod, Hua Dong, and Wang Sai Phun, Phichit Province. Total recent numbers of water users are 19,471 households. Water supply production capacity is 27,360 cu. m./day with the produced water of 409,119 cu. m./month.

The service areas in Phichit and Taphanhin water supply system is large and increasing numbers of water users and water demand in the last decade.

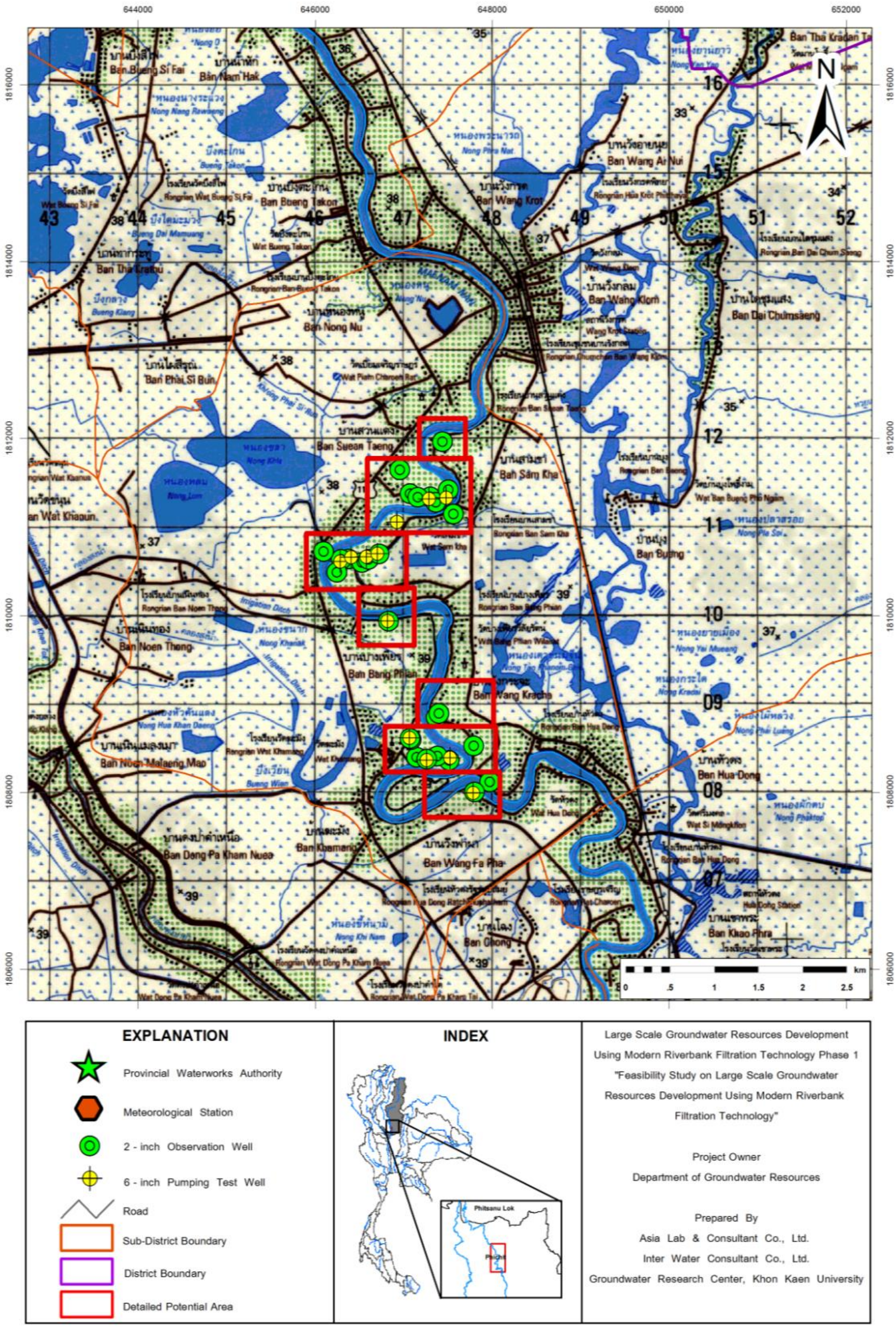


Figure 5-7 Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang, Phichit Province.

5.1.8 Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province

1) Topography: The study areas cover the administrative areas of Amphoe Krokphra and parts of Amphoe Muang and Phayuhakhiree, Nakhon Sawan Province, embracing about 210 sq. kilometers. The topography is the floodplain of the Chao Phraya River with the mountainous terrane in the east and west (Figure 5-8). The land uses consist of 77.35% agriculture (upland crops and paddy field), 11.73% forest, 1.29% surface water bodies, and 8.69% residential area.

2) Hydrology: The investigation of the river hydrology to assess the quantity and quality of surface water include:

(1) The upper part of the river bed sediments mainly consist of medium to coarse-grained grained sands with underlying gravelly coarse sands. Silt layers were found in places covered the river bed sediments. The river bed sediments have the coefficient of uniformity (Cu) and concavity (Cc) varies from 1.90 – 4.60 and 0.63 – 1.52, respectively.

(2) Hydraulic conductivity (K) of the river bed sediments were determined from the field and laboratory tests using water with turbidity varies from 1 – 15 NTU. The values of the field and laboratory hydraulic conductivity vary from 2.30 – 28.80 m/day and 0.40 – 9.20 m/day, respectively.

(3) The survey of the river profile shows that the Chao Phraya River has the width and depth of about 300 m. and 11.84 m., respectively.

(4) Surface water quality determination showed that the water from the Chao Phraya River had the average turbidity of 93 NTU with dissolved organic carbon (DOC) of 2.26 – 2.37 mg./l, and iron concentration of 0.28 – 0.34 mg./l.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is characterized into 3 units using physical characteristic and hydraulic conductivity, namely:

(1) Recent floodplain deposits (Qfd), which consists of sands and gravels, with inter-layer of yellow clays.

(2) Colluvial Deposits (Qc), which consist of rock fragments, gravels, sands, silts, lateritic soils, terarosa and marls.

(3) Consolidated rock unit, which consists of Granite, Granodiorite. and Diorite

The results of field investigations during May to October, B.E. 2554 show that the area is covered with 4 – 14 m. of clay layer overlying the 35 – 39 m. of gravel and sand strata. The river bed sediments and the aquifer shows continuous lateral distribution and connection. Regional groundwater flows from north, east, and west to the central part of the Chao Phraya River basin and on to the south. The groundwater levels in the areas vary from 20 – 22 m. above mean sea level. The hydraulic conductivity (K) of the aquifer determined from pumping tests varies from 17 – 87 m./day. Groundwater quality determinations show the dissolved organic carbon (DOC) of 1.29 – 2.10 mg./l, iron concentration of about 0.26 – 7.10 mg./l, and manganese concentration of about 0.005 – 3.51 mg./l.

4) Domestic water consumption: The service area of water supply of the Nakhon Sawan provincial water work covers the areas of the District Municipality of Krokphra, East Nakhon Sawan, and West Nakhon Sawan, Nakhon Sawan Province. Total recent numbers of water users are 20,812 households. Water supply production capacity is 26,400 cu. m./day with the produced water of 470,333

cu. m./month. The service areas in Phichit and Taphanhin water supply system is large and increasing numbers of water users and water demand in the last decade.

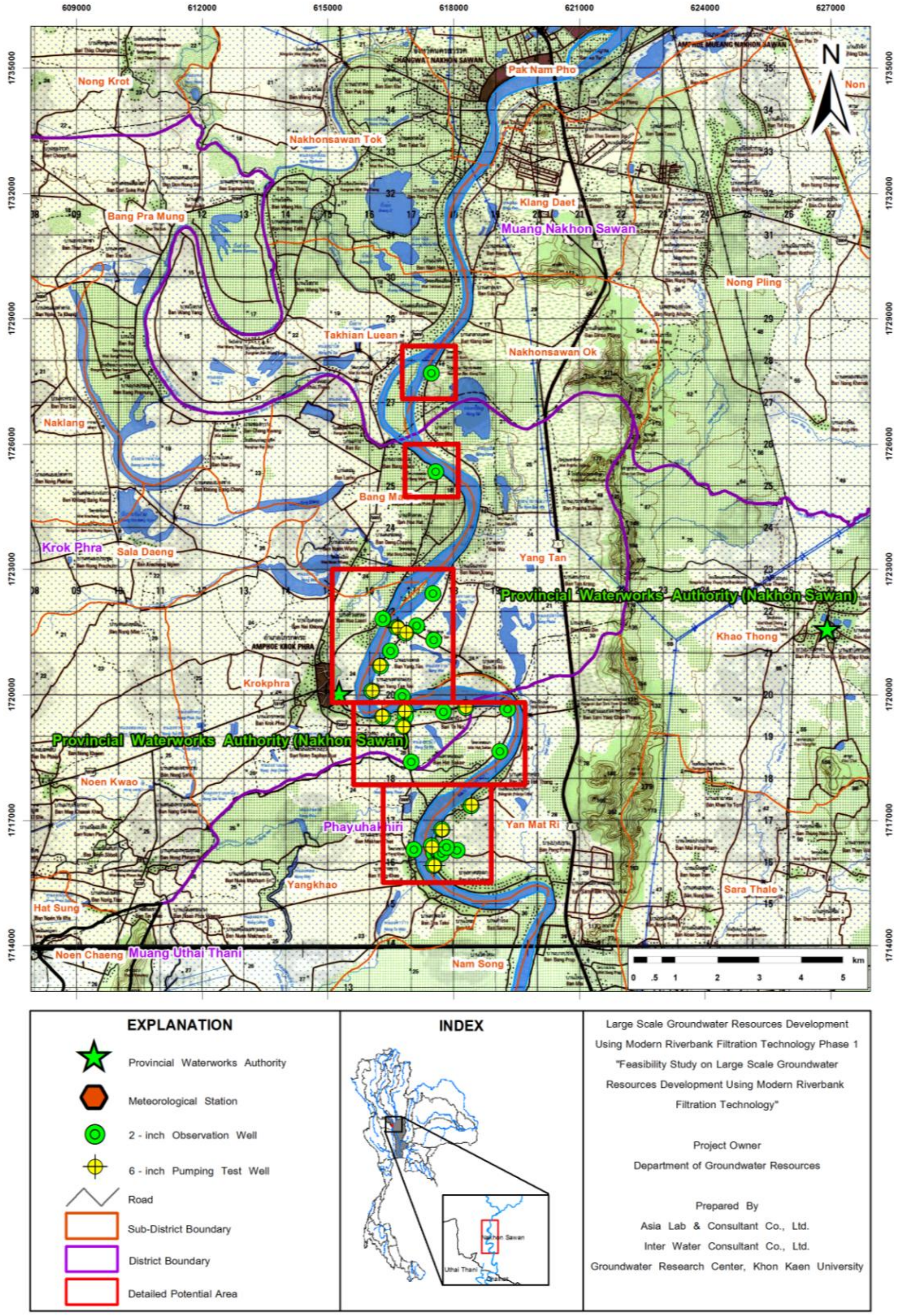


Figure 5-8 Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province.

5.1.9 Amphoe Muang, Chainat Province

1) Topography: The study areas cover the administrative areas of Amphoe Muang, Amphoe Manorom, and Amphoe Sappaya, Chainat Province and Amphoe Muang Uthai Thani Province, embracing about 800 sq. kilometers. The topography is the floodplain of the Chao Phraya River (Figure 5-9). The land uses consist of 82.15% agriculture (upland crops and paddy field), 4.81% forestry, 3.90% surface water bodies, and 8.93% residential area, and 0.21 % miscellaneous.

2) Hydrology: The investigation of the river hydrology to assess the quantity and quality of surface water include:

(1) The upper part of the river bed sediments mainly consist of medium to coarse-grained grained sands of 1.5 – 2 m. thick with underlying gravelly coarse sands. The river bed sediments have the coefficient of uniformity (Cu) and concavity (Cc) varies from 1.53 – 2.57 and 0.82 – 1.34, respectively.

(2) Hydraulic conductivity (K) of the river bed sediments were determined from the field and laboratory tests using water with turbidity varies from 1 – 50 NTU. The values of the field and laboratory hydraulic conductivity vary from 181.40 – 200.60 m/day and 0.17 – 70.10 m/day, respectively.

(3) The survey of the river profile shows that the Chao Phraya River has the width and depth of about 250 m. and 15.40 m., respectively.

(4) Surface water quality determination showed that the water from the Chao Phraya River had the average turbidity of 6.55 NTU with dissolved organic carbon (DOC) of about 4.41 mg./l, and iron concentration of 0.19 mg./l.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is characterized into 3 units using physical characteristic and hydraulic conductivity, namely:

(1) Recent floodplain deposits (Qfd), which consists of sands and gravels. The aquifer is found deeper than 40 m. with groundwater yield greater than 30 cu. m./hour.

(2) Colluvial Deposits (Qc), which consist of rock fragments, gravels, sands, silts, lateritic soils, terarosa and marls.

(3) Consolidated aquifers consist of plutonic igneous rocks, Phu Phan Formation, Sao Khua Formation Sedimentary rocks of Jurassic- Triassic Khorat Group, Sap Born Formation of Khorat Group, and Khao Khad Formation of Saraburi Group.

The results of field investigations during May to October, B.E. 2554 show that the area is covered with 4 – 12 m. of clay layer overlying the 26 – 32 m. of gravel and sand strata. The river bed sediments and the aquifer shows continuous lateral distribution and connection. Regional groundwater flows from north, east, and west to the central part of the Chao Phraya River basin and on to the south. The groundwater levels in the areas vary from 16 – 16.5 m. above mean sea level. The hydraulic conductivity (K) of the aquifer determined from pumping tests varies from 7 – 32 m./day. Groundwater quality determinations show the dissolved organic carbon (DOC) of 3.13 – 3.64 mg./l, iron concentration of about 0.20 – 3.66 mg./l, and manganese concentration of about 0.27 – 1.75 mg./l.

4) Domestic water consumption: The service of water supply of the Chainat provincial water work covers the areas of the Muang Chainat Municipality, Khao Thaphra District of Amphoe Muang,

and Amphoe Hankha, Chainat Province. Total recent numbers of water users are 9,882 households. Water supply production capacity is 12,000 cu. m./day with the produced water of 241,186 cu. m./month.

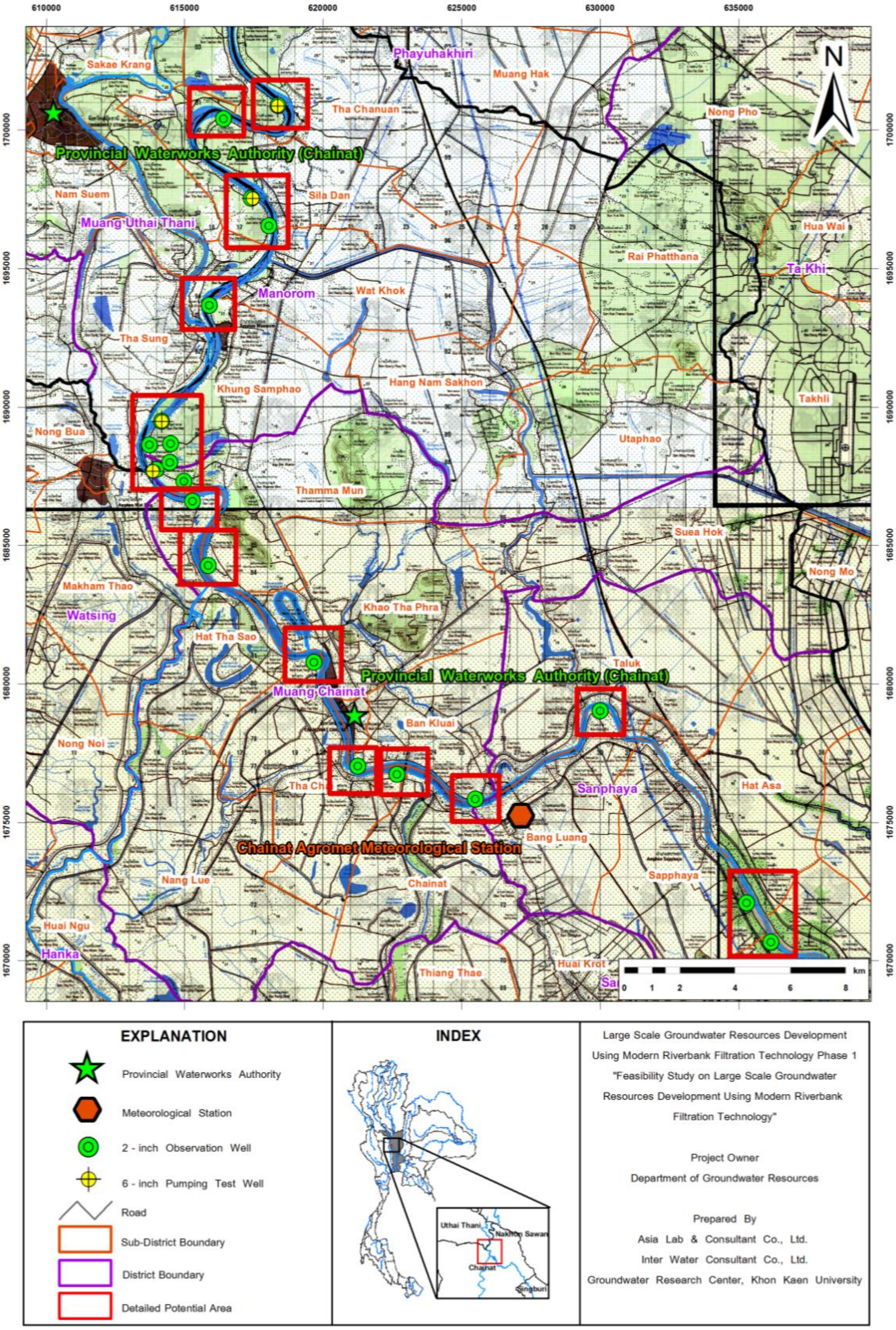


Figure 5-9 Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Muang, Chainat Province

5.1.10 Amphoe Sri Chiang Mai, Nongkhai Province

1) Topography: The study areas cover the administrative areas of Amphoe Sri Chiang Mai, Nongkhai Province, embracing about 72 sq. kilometers. The topography of the area consists of mountainous terrane in the west and slopes into the east. The central part is the floodplain of the Mekong River (Figure 5-10). The land uses consist of 86.86% agriculture (upland crops and paddy field), 5.91% surface water bodies, and 7.23% residential area and others.

2) Hydrology: The investigation of the river hydrology to assess the quantity and quality of surface water include:

(1) The river bed sediments consist of gravelly sands with the coefficient of uniformity (Cu) and concavity (Cc) varies from 1.35 – 2.82 and 0.54 – 1.50, respectively.

(2) Hydraulic conductivity (K) of the river bed sediments were determined from the field and laboratory tests using water with turbidity varies from 0.5 – 2 NTU. The values of the field and laboratory hydraulic conductivity vary from 1.3 – 6.5 m/day and 0.10 – 0.40 m/day, respectively.

(3) The survey of the river profile shows that the Mekong River has the width and depth of about 500 – 1,000 m. and 12.5 m., respectively.

(4) Surface water quality determination showed that the water from the Mekong River had the turbidity varying from 1,000 – 1,800 NTU with dissolved organic carbon (DOC) of about 2.07 – 2.32 mg./l, and iron concentration of 0.11 mg./l.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is grouped into 1 unit of alluvial deposits which consists of sands and gravels of about 15 – 40 m. thick. Field drilling investigations in July, B.E. 2554, show that the area is covered with alluvial clay and silt layers of 4 – 10 m. thick overlying gravel and sand strata of 8 – 30 m. thick. Regional groundwater flows from the west to east into the Mekong River. Local groundwater flow is also identified in the central part of the study area. The groundwater levels vary from 140 – 170 m. above mean sea level. The hydraulic conductivity (K) of the aquifer determined from pumping tests varies from 25 – 50 m./day. Groundwater quality determinations show the dissolved organic carbon (DOC) of 1.84 – 2.97 mg./l, iron concentration of about 0.10 – 7.30 mg./l, and manganese concentration of about 0.08 – 0.42 mg./l.

4) Domestic water consumption: The service of water supply of the Sri Chiang Mai provincial water work covers the urban areas of Amphoe Sri Chiang Mai and Amphoe Sungkom, Nongkhai Province. The sources of raw water for water supply production are from groundwater wells in Sri Chiang Mai service zone and from the Mekong River in the service zone of Amphoe Sungkom. Total recent numbers of water users are 4,011 households. Water supply production capacity is 5,808 cu. m./day with the produced water of 90,282 cu. m./month.

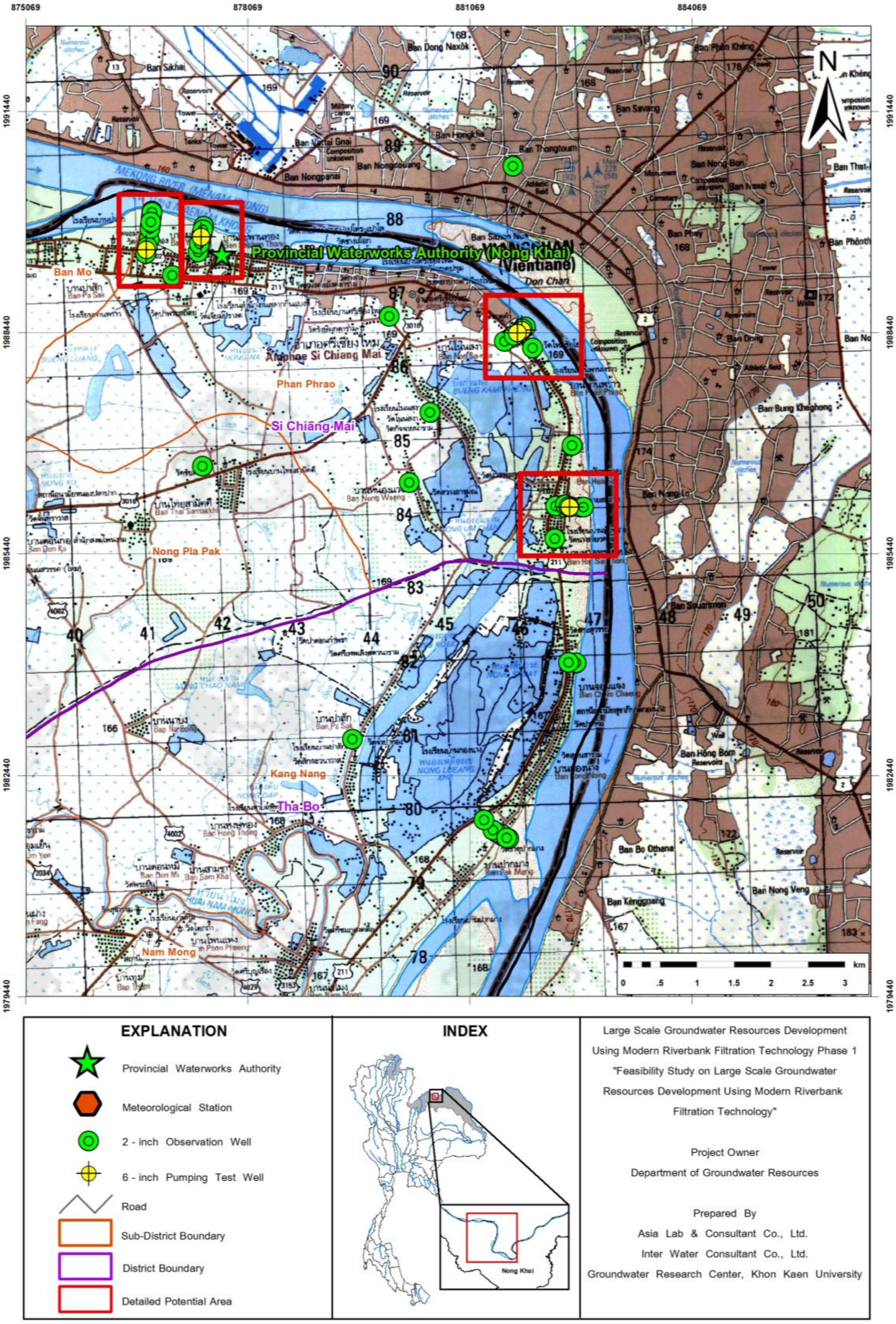


Figure 5-10 Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Sri Chiang Mai, Nong Khai Province

5.1.11 Amphoe Phunphin, Surat Thani Province

1) Topography: The study area is located in the west coast of the gulf of Thailand. The topography of the area consists of west-east high mountain ranges and floodplain, embracing the land areas of about 1,240 sq. kilometers (Figure **5-11**). The land uses consist of 60.15% agriculture (mainly upland crops), 31.69% forestry, 2.30% surface water bodies, and 2.30% residential area, and 3.56% miscellaneous.

2) Hydrology: The investigation of the river hydrology to assess the quantity and quality of surface water include:

(1) River bed sediments mainly consist of gravelly medium to coarse sands with the coefficient of uniformity (Cu) and concavity (Cc) varies from 1.65 – 4.60 and 0.79 – 1.52, respectively.

(2) Hydraulic conductivity (K) of the river bed sediments were determined from the field and laboratory tests using water with turbidity of 7 NTU. The values of the field and laboratory hydraulic conductivity vary from 8.64 – 13.25 m/day and 0.40 m/day, respectively.

(3) The survey of the river profile shows that the Phum Duang River has the width and depth of about 100 m. and 12 m., respectively.

(4) Surface water quality determination showed that the water from the Phum Duang River had the turbidity of 12 NTU with dissolved organic carbon (DOC) of 2.06 – 2.26 mg./l, and iron concentration of 0.30 – 0.32 mg./l.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is characterized into 3 units using physical characteristic and hydraulic conductivity, namely:

(1) Recent floodplain deposits (Qfd), which consists of sands and gravels. The sands and gravels strata are intercalated with yellow, brown, and grey clay layers.

(2) Colluvial Deposits (Qc), which consist of rock fragments, gravels, sands, silts, and lateritic soils.

(3) Consolidated rock unit consists of metamorphic and sedimentary rocks which are mainly the aquicludes.

The results of field investigations during May to October, B.E. 2554 show that the area is covered with 2 – 6 m. of clay layer overlying the 12 – 18 m. of gravel and sand strata. Lenses of clays are found interfingering in the gravel and sand strata. The river bed sediments and the aquifer shows continuous lateral distribution and connection. Regional groundwater flows from west to east. The groundwater levels in the areas vary from 3.00 – 4.50 m. above mean sea level. The hydraulic conductivity (K) of the aquifer determined from pumping tests varies from 47 – 94 m./day. Groundwater quality determinations show the dissolved organic carbon (DOC) of 1.64 – 2.40 mg./l, iron concentration of about 0.68 – 15.26 mg./l, and manganese concentration of about 0.52 – 0.61 mg./l.

4) Domestic water consumption: The service of water supply of the Surat Thani provincial water work covers the areas of the Muang Surat Thani Municipality, Amphoe Muang, and Thakham District of Amphoe Phunphin. Present source of raw water for water supply production is from Phum Duang canal. Total recent numbers of water users are 61,402 households. Water supply production capacity is 2,124,000 cu. m./month with the produced water of 2,429,476 cu. m./month.

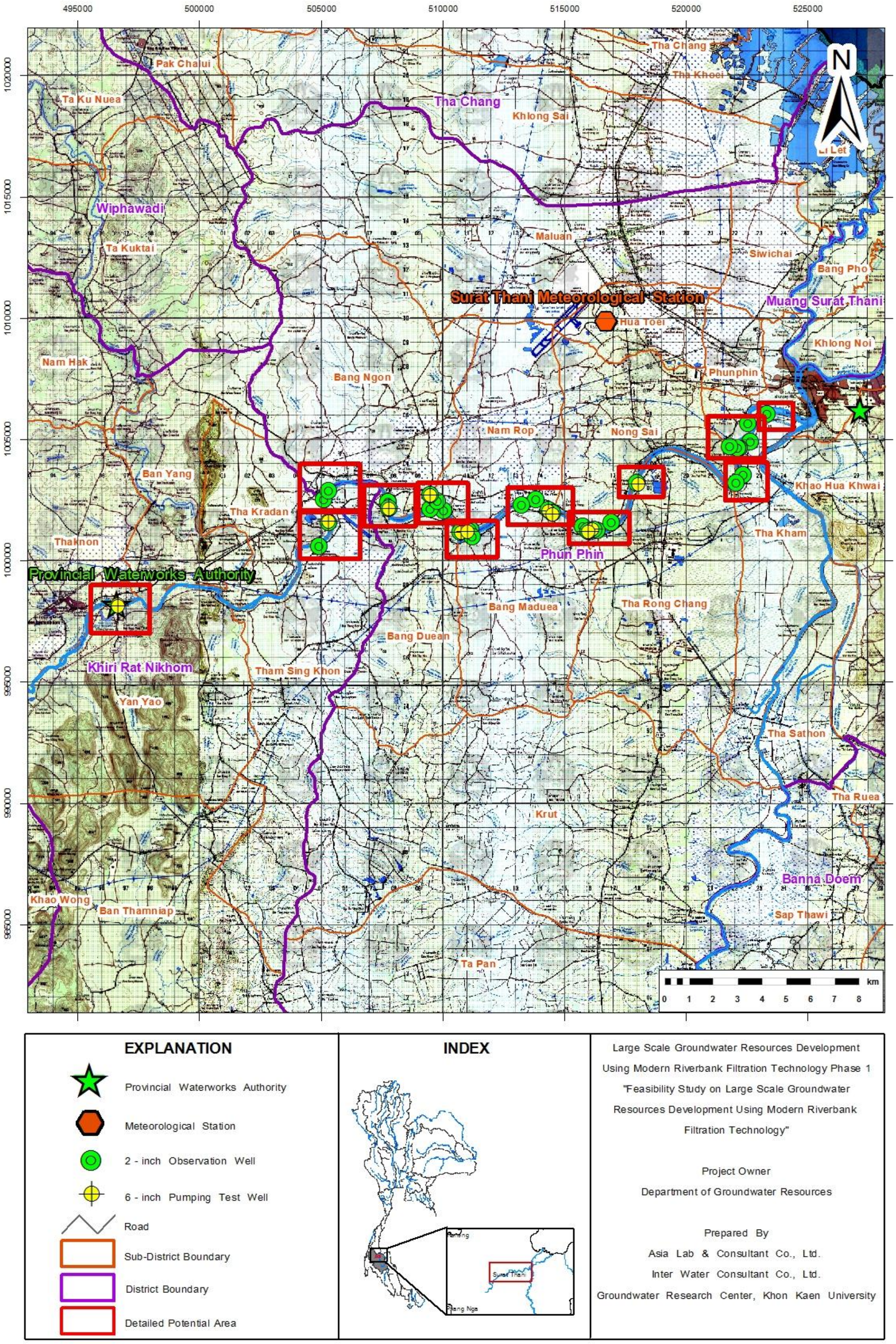


Figure 5-11 Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Phunphin, Surat Thani Province.

5.1.12 Amphoe Hat Yai, Songkla Province

1) Topography: The topography of Amphoe Hat Yai, Songkhla Province consists of north-south trending mountainous terrane and floodplain (Figure 5-12), embracing the area of about 162 sq. kilometers. The main surface water source is the U-taphao canal. The land uses consist of 73.37% agriculture, 0.09% forestry, 1.01% surface water bodies, and 25.54% residential area, and 3.56% miscellaneous.

2) Hydrology: U-taphao canal has the total length of 130 km. Canal bed sediments are mainly clays. The widths of the canal at the mid length and at the canal mouth vary from 15 – 30 m. and 30 – 50 m., respectively. The canal depths vary from 5 – 10 m. The maximum and minimum canal water level is 9.10 m and 1.0 m., respectively. The maximum and minimum flow rate is 890.0 cu. m/sec and 7.8 cu. m/sec, respectively. Canal water quality, according to the water quality index (WQI) classification of the Bureau of Water Quality Management, Department of Pollution Control, is fair and is classified as Type 3 surface water source. The canal receives the effluence discharge from some activities in the area. Raw water from the canal can be used for agriculture. With normal process of water quality treatment, canal water can be used for domestic consumption.

3) Hydrogeology: Hydrostratigraphic unit of the study area is characterized into 2 units using physical characteristic and hydraulic conductivity, namely:

(1) Recent Floodplain Deposits (Qfd), which consists of sands and gravels inter-layering with clays.

(2) Old River Terrace Deposits (Qot), which consist of layers of gravels and sands; clayey, gravelly sands; and silts alternated with clayey gravels and sandy clay lenses.

Field drilling investigations in February, B.E. 2554 show that regional groundwater flows from south, east, and west to the central low land part of the U-taphao Canal and on to the north portion. Groundwater levels in the area vary from 2 – 6 m. above mean sea level.

4) Domestic water consumption: The service of water supply of the Hat Yai, Songkhla provincial water work covers the areas of the Hat Yai Municipality, District Municipality of Ban Phru, Khlong Hae, Kwuan Lang, Kho Hong, and Nam Noi, of Amphoe Hat Yai, Songkhla Province. The main source of raw water for water supply production is from the U-taphao Canal.

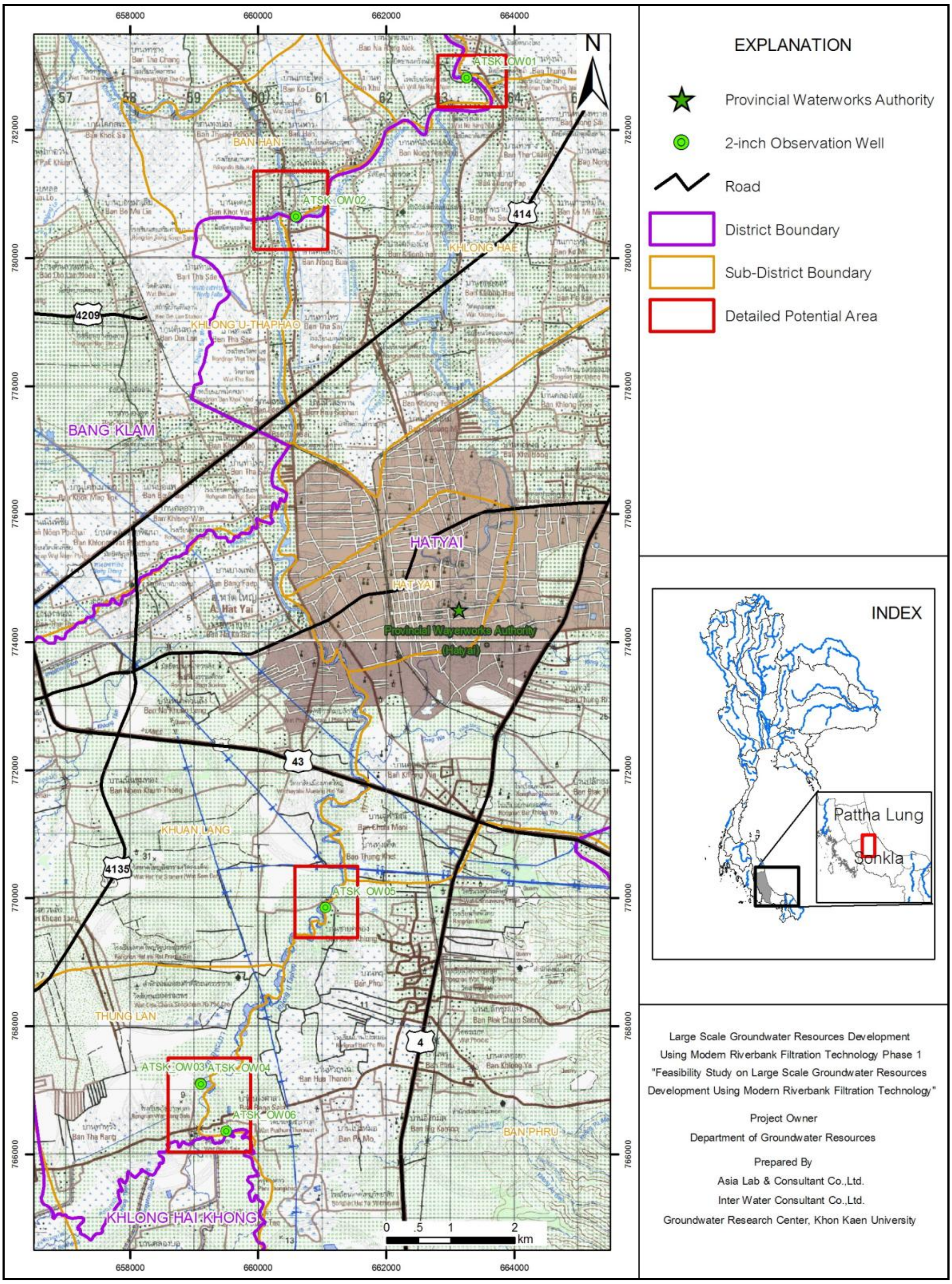


Figure 5-12 Topographic expression of detailed potential areas in Amphoe Hat Yai, Songkhla Province

5.2 Selection screening of areas for detailed feasibility study

Selection criteria used for the screening of detailed feasibility study areas include secondary data on hydrology, hydrogeology, geology, geomorphology, quality of surface water and groundwater, landuse and factors affecting water supply production. Area selection is divided into 4 steps, namely, 1. Selection of potential areas at the river basin scale, 2. Selection of initial potential areas, 3. Selection of detailed potential areas, and 4. Selection of areas for detailed feasibility study. Following 4 steps of selection process, 12 potential areas are identified, namely:

1) Amphoe Chiang Saen, Chiang Rai Province
2) Amphoe Muang, Chiang Rai Province
3) Chiang Mai and Lamphun Provinces
4) Amphoe Muang, Lampang Province
5) Amphoe Muang and Amphoe Sungmen, Phrae Province
6) Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province
7) Amphoe Muang, Phichit Province
8) Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province
9) Amphoe Muang, Chainat Province
10) Amphoe Sri Chiang Mai, Nongkhai Province
11) Amphoe Phunphin, Surat Thani Province, and
12) Amphoe Hat Yai, Songkhla Province.

More detailed primary data on selection criteria such as hydrology, hydrogeology, geology, quality of surface water and groundwater, and domestic water consumption are acquired from field work and drilling investigation programs. Considering the additional acquired data, screening of appropriate areas for further detailed feasibility study is carried out as in the following.

5.2.1 Hydrogeological Feasibility Screening

Riverbank filtration (RBF) system is the conjunctive pumping of river water and groundwater to induce the water from the river to flow downward through the porous sand and gravel aquifer into the pumping collector wells located on the riverbanks. The hydrogeological conditions of the riverbank are the indicators of water yield and proportion of surface water-groundwater obtained from the RBF system.

Hydraulic connection between the river water and the aquifer is the most important condition for the RBF system development. The water from the river must be able to infiltrate through the river bed sediments into the aquifer,i.e., no clay layer capping the river bed. Six (6) 2 inch diameter observation wells were sunk in each potential areas to obtain additional field data. The analysis of the borehole data from each area showed that the area in Amphoe Hat Yai, Songkla Province, is not suitable for the RBF system development due to the presence of thick overlying clay layer showing no hydraulic connection between the river water and the aquifer.

5.2.2 Domestic water Demand Feasibility Screening

Water development using the RBF system is the method that could improve water quality naturally and large quantity of clean water could be acquired, particularly when using horizontal collector well system. The RBF system is therefore suitable for the areas where large quantity of water is required for expanding communities and where present and future water demands are increasingly high. Considering the large quantity of water available and large quantity of present and future water demands, the 12 potential areas were screened and selected. The water demand feasibility screening showed that:

1) Amphoe Chiang Saen, Chiang Rai Province: Trend analysis of increasing numbers of future water users indicated that in the next 10 years, the increasing water users would be 545 households, which is equivalent to 2.9% increase per year(very small increase in water demand and small expansion of community). The potential areas in Amphoe Chiang Saen are ,therefore, not suitable for the RBF system development.

2) Amphoe Sri Chiang Mai, Nongkhai Province: The same analysis is conducted for this area and found that, in the next 10 years, the increasing numbers of water users would be 510 householders which is equivalent to 2% increase per year (very small increase in water demand and small expansion of community). The potential area in Amphoe Sri Chiang Mai is, therefore, considered not suitable for the RBF system development.

5.2.3 Screening Results

The potential area in Amphoe Hat Yai, Songkla Province, did not pass the hydrogeological screening criterion due to that the overlying clay layer is thicker than the depth to the river bed. The potential areas in Amphoe Chiang Saen, Chiang Rai Province and that in Amphoe Sri chiang Mai, Nongkhai Province, did not pass the future water demand screening criterion. There are nine (9) potential areas that passed the screening criteria, namely, the areas in:

1) Amphoe Muang, Chiang Rai Province,
2) Chiang Mai and Lamphun Province,
3) Amphoe Muang, Lampang Province,
4) Amphoe Muang and Amphoe Sungmen, Phrae Province,
5) Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province,
6) Amphoe Muang, Phichit Province,
7) Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province,
8) Amphoe Muang, Chainat Province, and
9) Amphoe Phunphin, Surat Thani Province

Chapter 6

Evaluation of Areas for Detailed Feasibility Study and Ranking of Pilot Locations for RBF System Construction

The consulting team selected nine (9) most suitable areas for detailed evaluation based on significant factors such as: sources of surface water and groundwater, water demand and usage, water balance, RBF system design, environmental impacts and economics. These factors were used for site suitability ranking for RBF system construction as shown in **Figures. 6-1** to **6-9**.

6.1 Detailed Evaluation of the Suitable Nine Areas

6.1.1 Surface Water

Hydrological investigation consists of survey of the KoK River profile, flow velocity measurement, hydraulic conductivity of river bed sediments measurement and grain size analysis of the river bed sediments, and measurement of surface water quality. Eventually, these parameters were identified and used for the ranking of suitable locations for RBF system construction as shown in **Table 6-1**.

6.1.2 Groundwater

Hydrogelogical evaluation was done by compiling existing data from all related data sources. Additional field investigations were planned and carried out which included: drilling for test wells and piezometers, monitoring of water level, surface geophysical investigation using resistivity survey, sieve analysis of the aquifer materials, pumpig tests, sampling of non-pumping and pumping water samples, and groundwater quality analysis. The obtained data were shown in **Table 6-2**.

6.1.3 Water Usage and Water Demand

There are three steps of studies on water usage and water demand, namely, review on the existing system of Provincial Waterwork. future development areas , and preliminary design. The factors considered in the evaluation of water uasage and water demand consist of two (2) aspects, namely, suitability for water supply development and suitability for connection to the RBF system as shown in Table 6-3.

6.1.4 Water Balance and Desgin of RBF System

The evaluation of water balance and safe yield of the nine (9) detailed suitable areas were carried out by using mathematical groundwater model. The results are illustrated in Tables 6-4 and 6-5.

6.1.5 Environmental Impacts

There are 4 criteria in evaluating environmental impacts of the RBF System, namely,

1. Impacted area which is defined by the area effected by the lowering of water level greater than 6 meters below the ground surface or if the area has an exising water level greater than 6 meters, the water level greater than 7 meters below the ground surface is specified, for the RBF system water abstraction at the demand quantity in the next 10 years.

2. Numbers of effected households due to water level decline in no. 1 above, within the radius of 1 kilometer from the pumping well,

3 Level of Importance of wetland Classification, and

4. Numbers of households receiving socio-economic impact.

The results of the environmental impacts assessment are shown in **Table 6-6**.

6.1.6 Economic Feasibility

Evaluation of the economic feasibility of the RBF system construction consists of the evaluation of the project economic investment cost and project economic benefits. The results will be used for the ranking of the economic feasibility of potential locations for the RBF system construction. Details of evaluation steps are described in Chapter 3, Section 3.4.6 and the evaluation results are shown in Table 6-7.

6.2 Ranking of the Potential Sites for RBF System Construction

Factors for ranking of the RBF construction site consist of hydrology, hydrogeology, water supply, environmental impacts, public and stakeholders participation and economics. The scoring, weighting, and rating of the potential sites are conducted considering the aboved mentioned parameters. The potential sites are then ranked and classified into level of site suitability. The results of the potential site rating and ranking show that the most three (3) suitable locations or sites for the pilot RBF construction are those in: Amphoe Muang, Chaing Rai Province, at location KKCR_PSC01; Amphoe Muang, Uthaithani Province, at the location CPCN_PSC01; and Amphoe Muang, Kamphaengphet Province, at the location PIKP_PSC02.

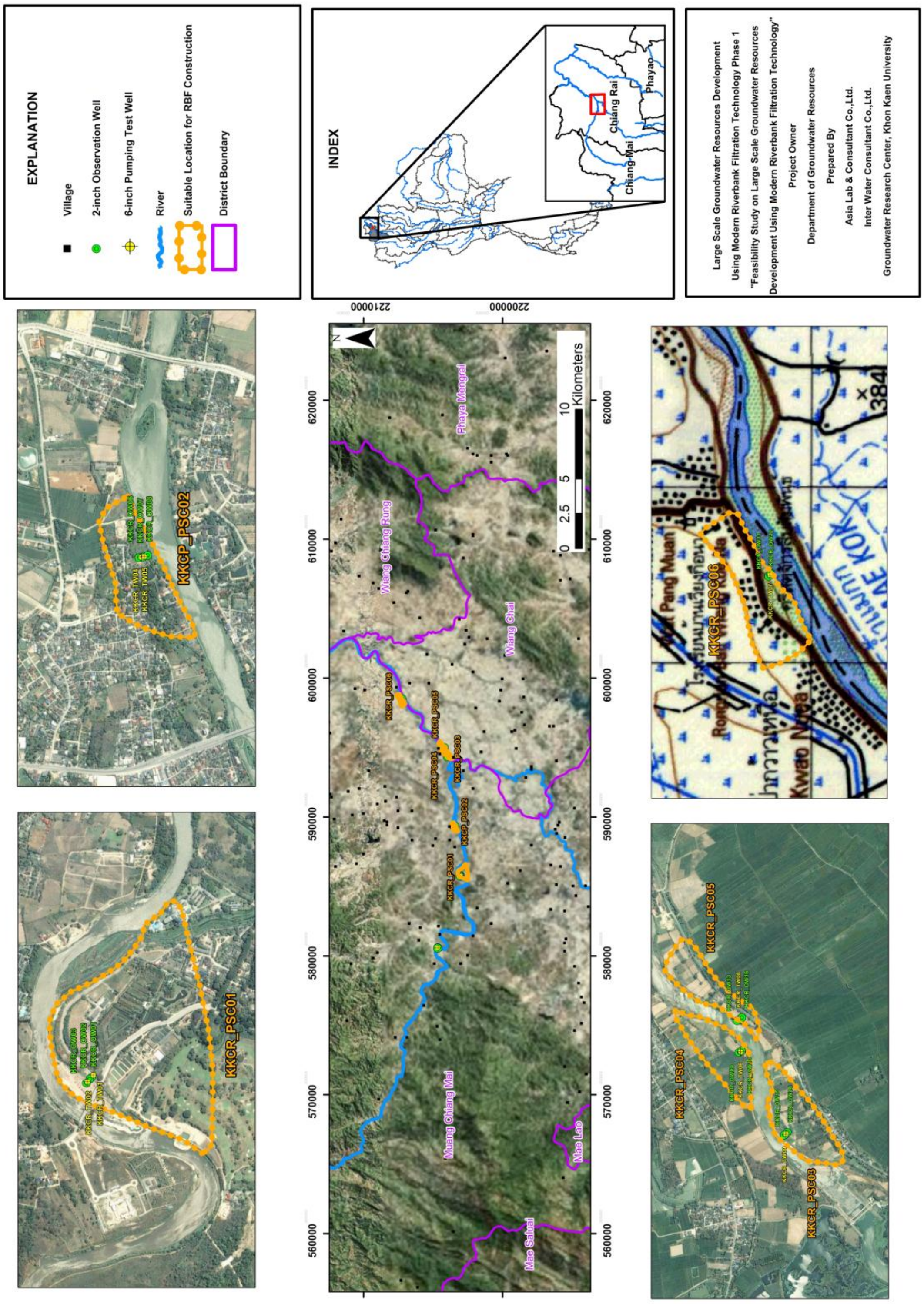


Figure 6-1 Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amhoe Muang, Chiang Rai province

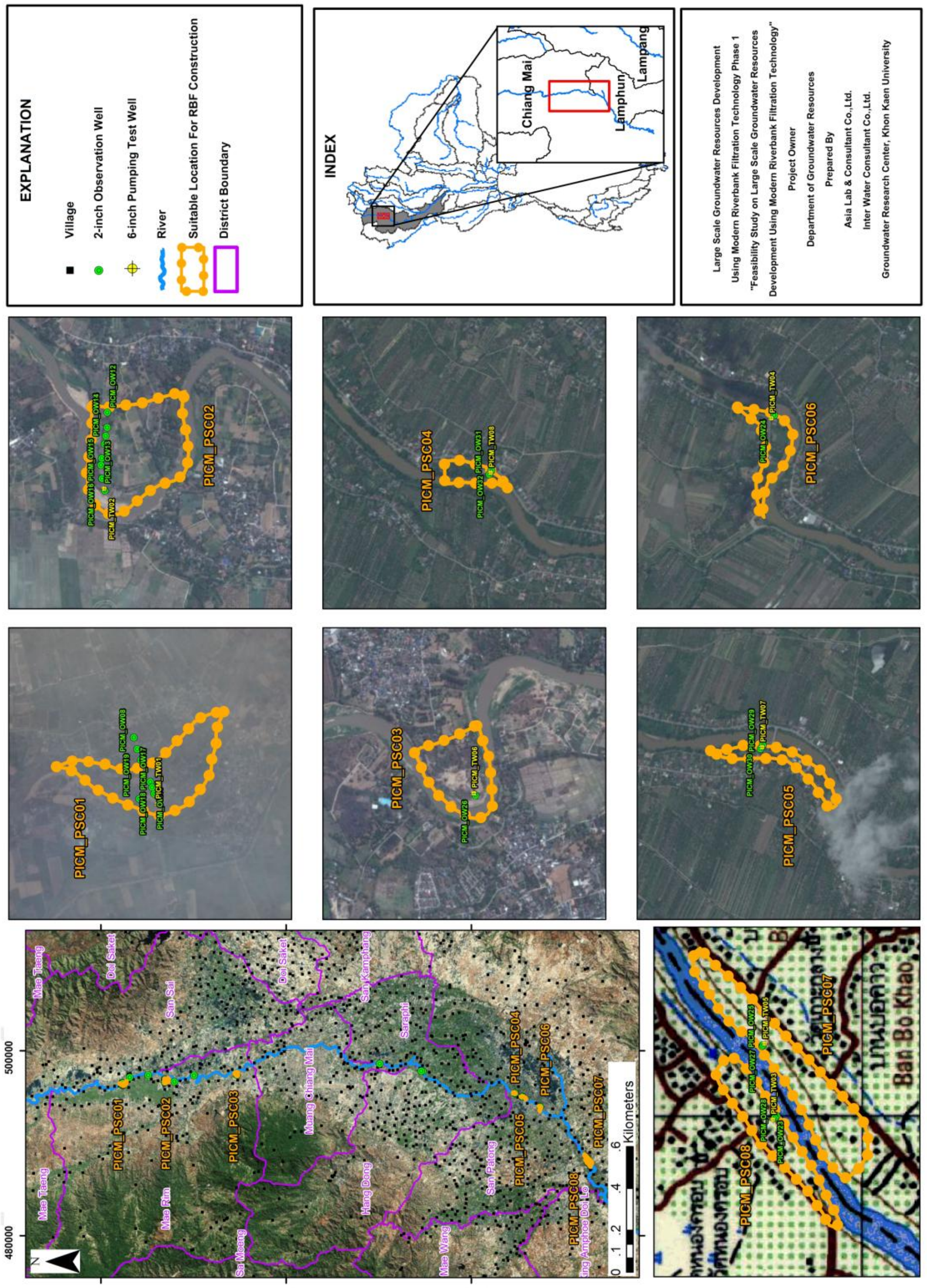


Figure 6-2 Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Chiang Mai-Lamphun

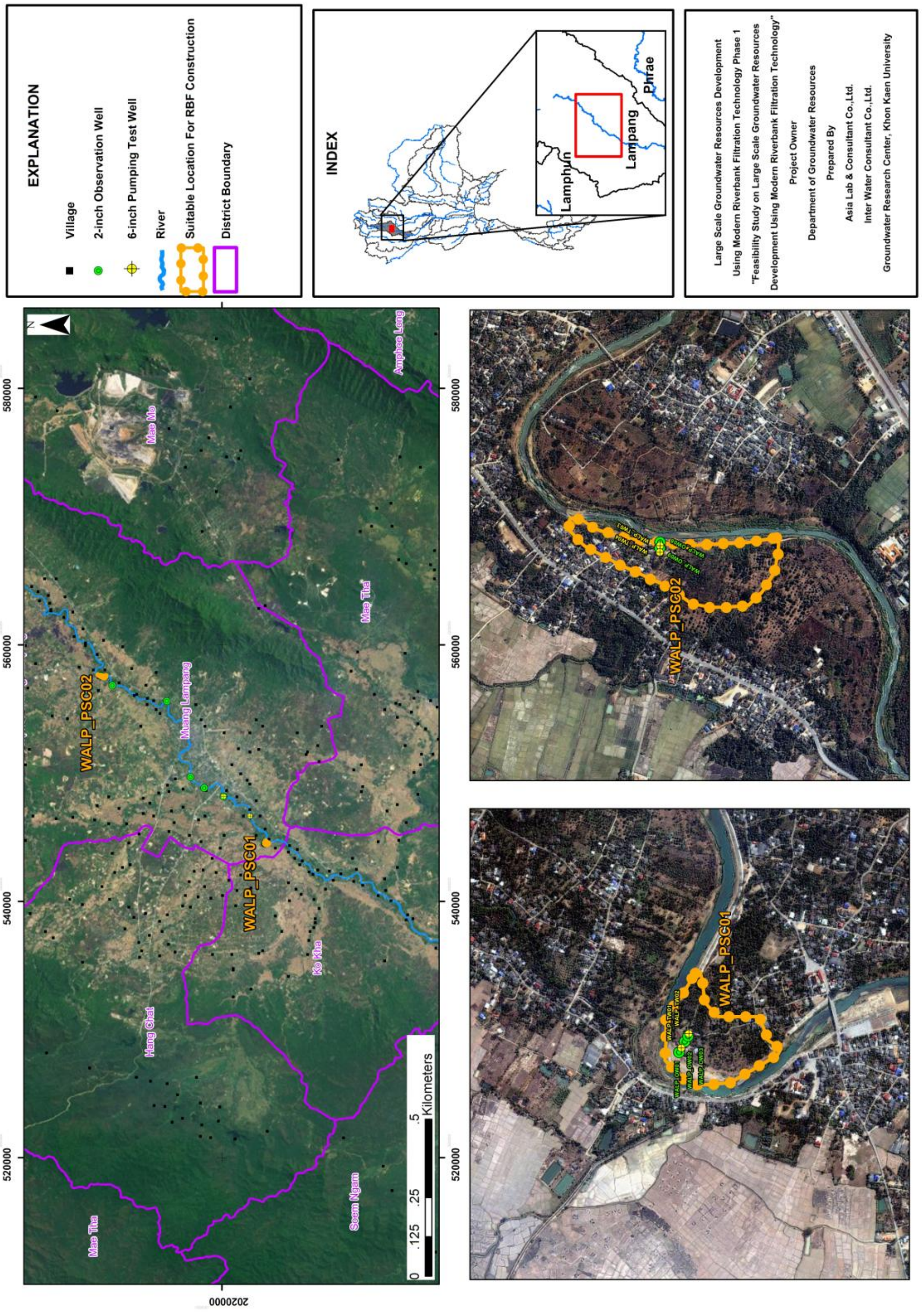


Figure 6-3 Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Muang, Lampang province

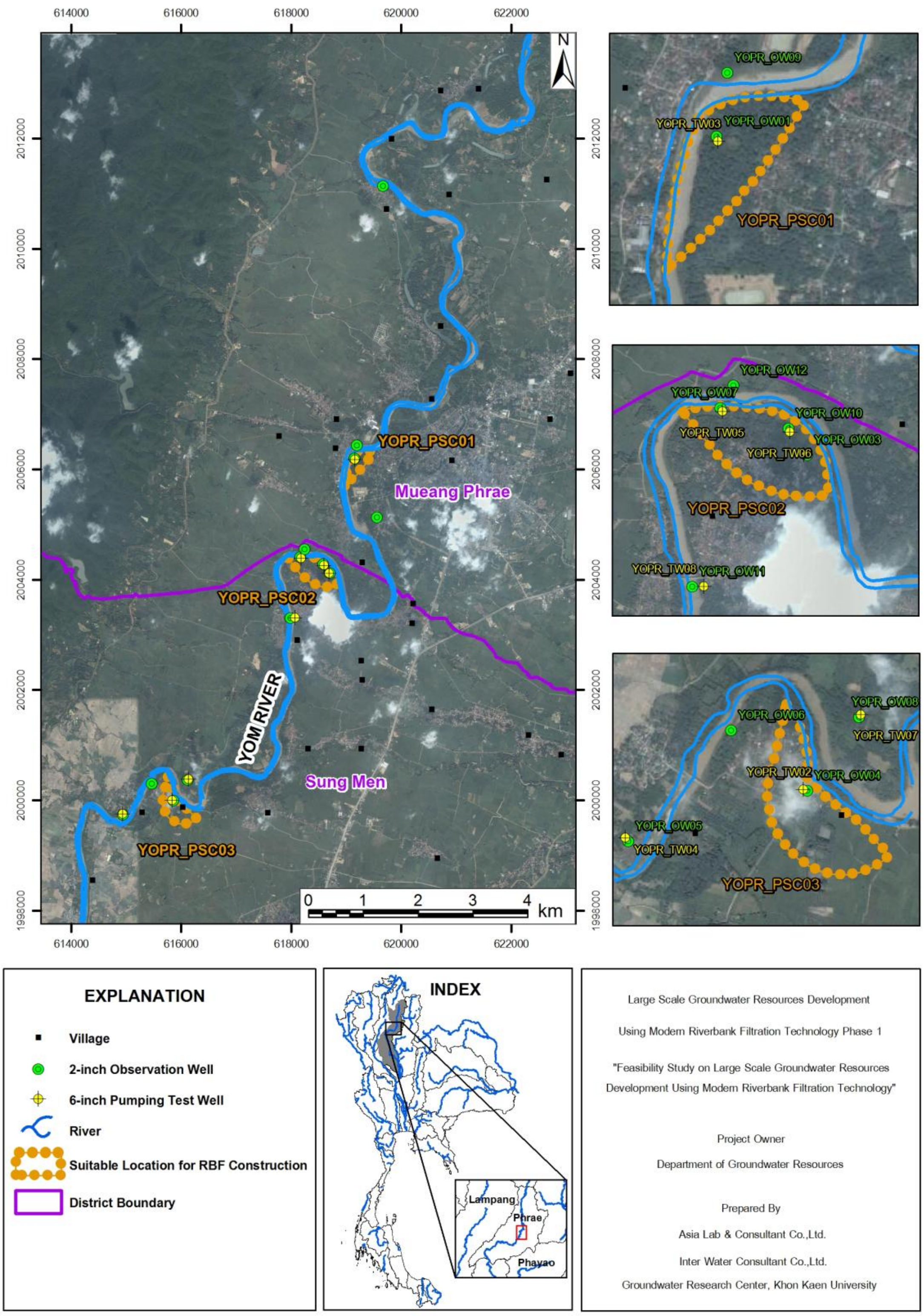


Figure 6-4 Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Sungmen, Phrae province

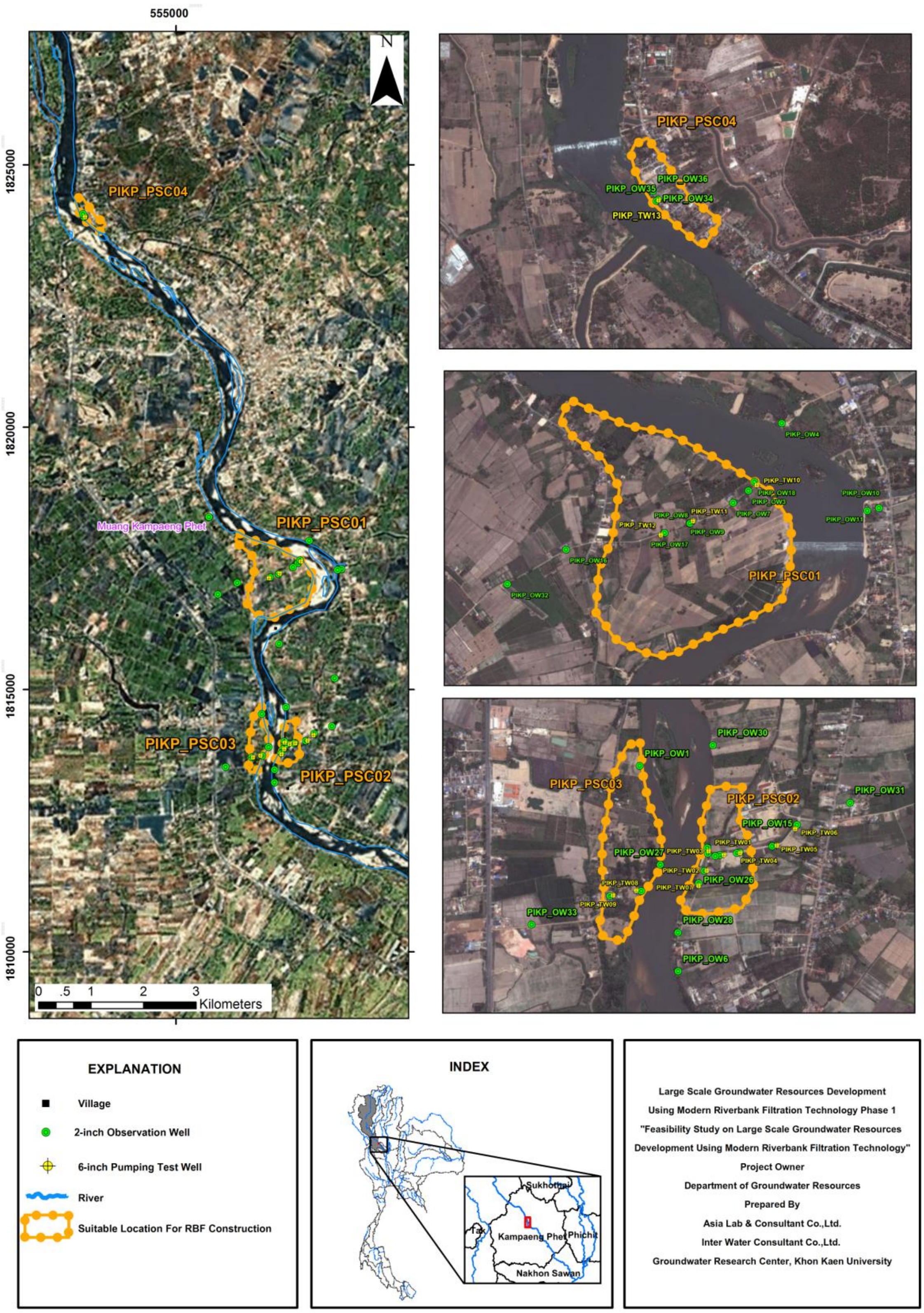


Figure 6-5 Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Sungmen, Kamphaeng Phet province

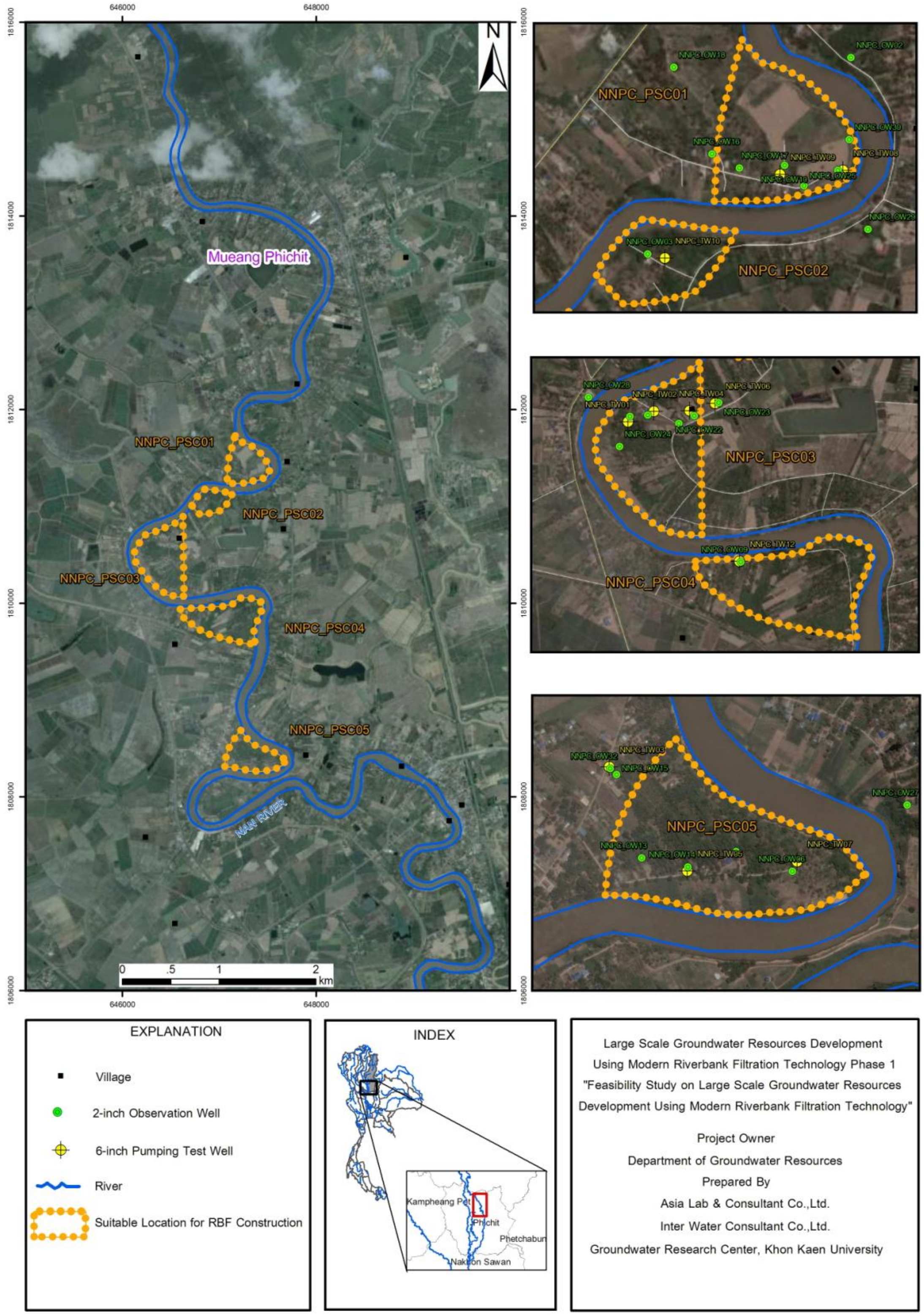


Figure 6-6 Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Muang, Phichit province

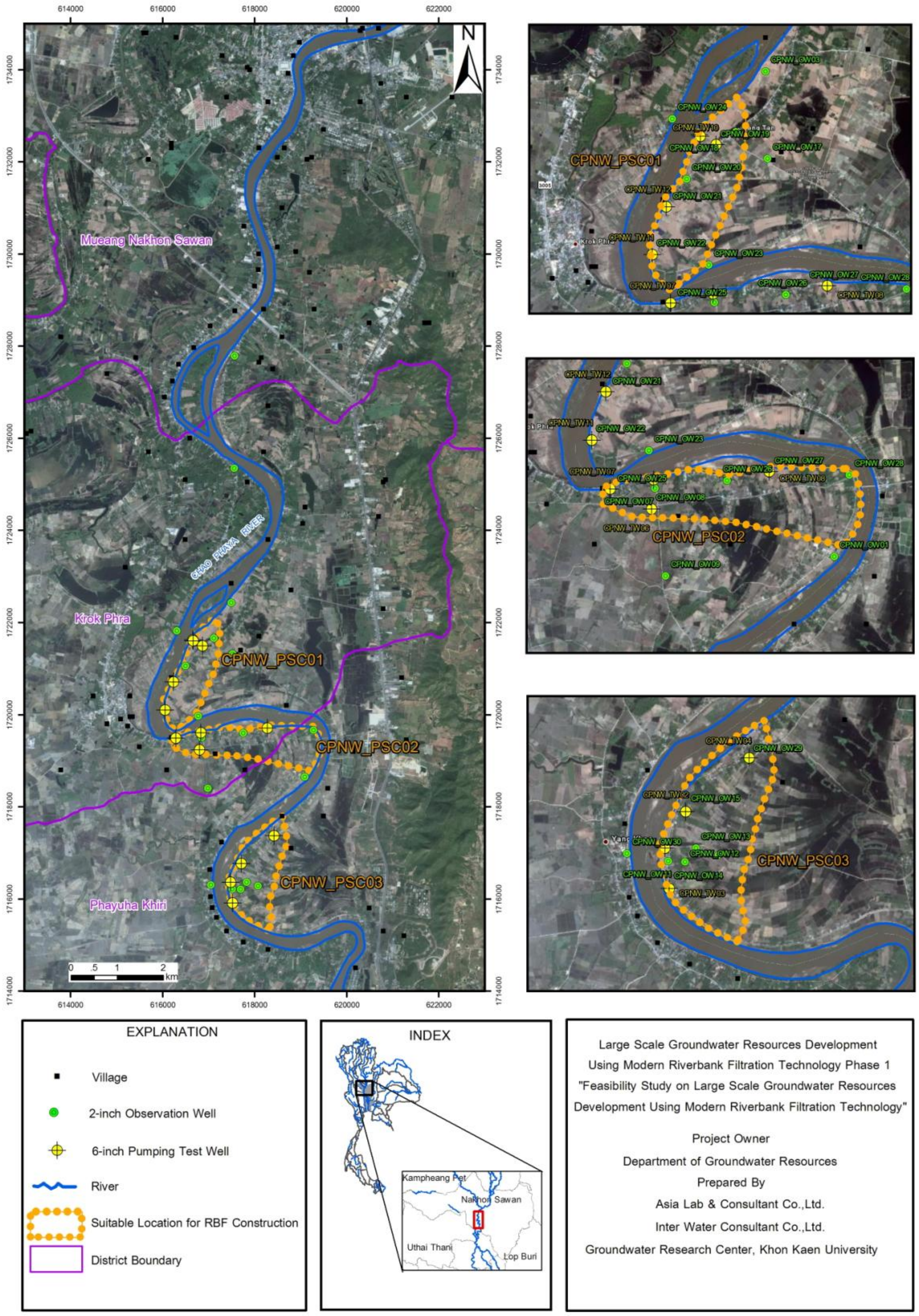


Figure 6-7 Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan province

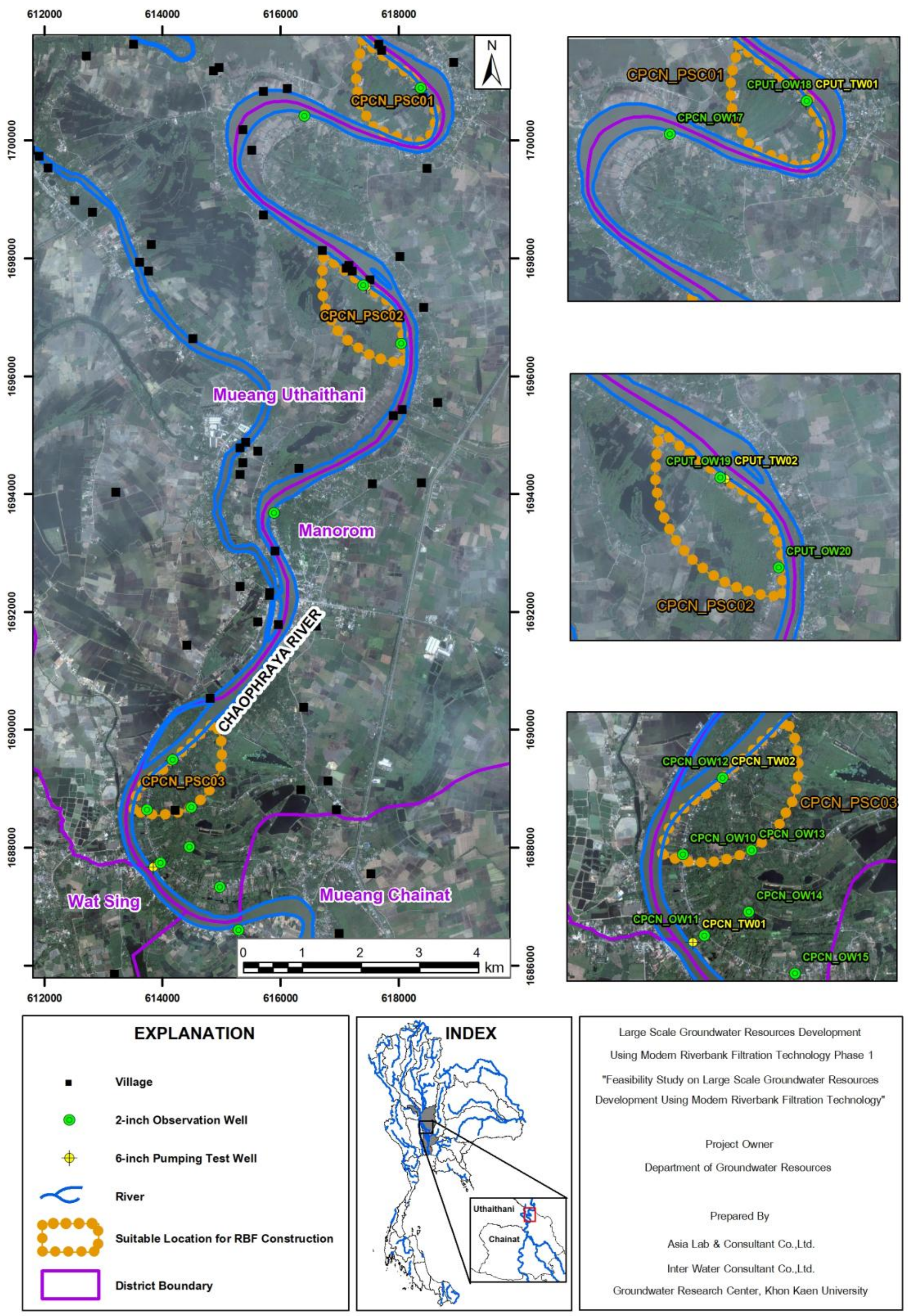


Figure 6-8 Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Muang, Chainat province

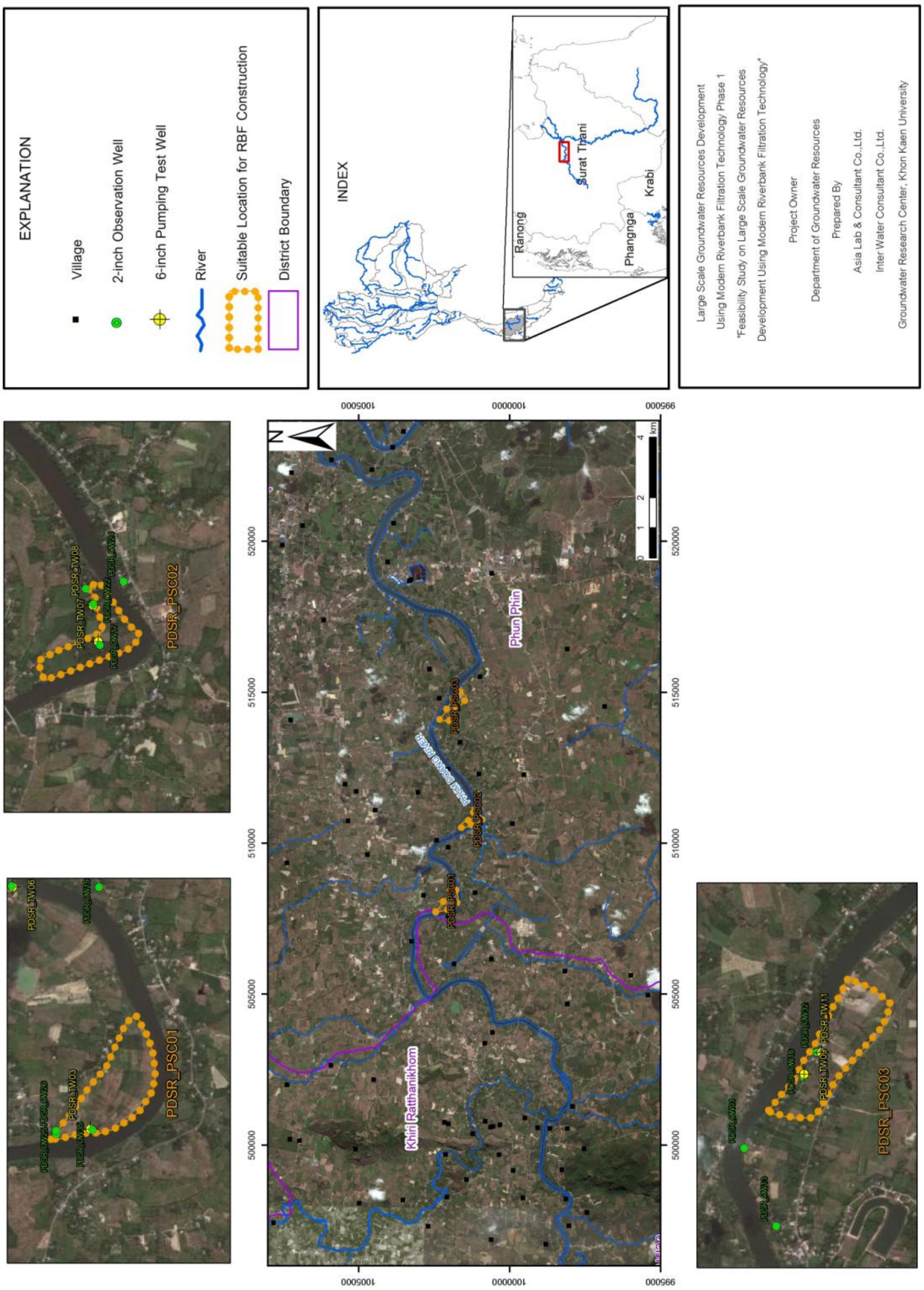


Figure 6-9 Suitable location for RBF construction in detailed potential area of Amphoe Phunphin, Surat Thani province

Table 6-1 Hydrological data of suitable locations for RBF construction.

Suitable location for RBF construction	Average flow rate (m^3/s)	Maximum flow velocity (m/s)	Average shear stress of riverbed (N/m^2)	Location of meandering river	Grain size distribution of riverbed sediments	Surface water quality (average)							
						Turbidity (NTU)	Dissolved Oxygen (mg/L)	Organic matter (mg/L)	Iron (mg/L)	Manganese (mg/L)	Nitrate (mg/L)	Ammonia (mg/L)	Hardness as $CaCO_3$ (mg/L)
KKCR_PSC01	126.86	0.99	18.96	Straight	uniform	128.50	6.75	2.39	0.21	<0.0050	<0.020	<0.40	53.20
KKCR_PSC02	243.14	2.32	30.00	Outside bend	non-uniform	128.50	6.75	3.99	0.19	0.0538	<0.020	<0.40	51.20
KKCR_PSC03	243.14	2.32	30.00	Inside bend	non-uniform	128.50	6.75	2.26	0.24	0.0841	<0.020	<0.40	51.20
KKCR_PSC04	243.14	2.32	30.00	Inside bend	non-uniform	128.50	6.75	2.26	0.24	0.0841	<0.020	<0.40	51.20
KKCR_PSC05	243.14	2.32	30.00	Straight	non-uniform	128.50	6.75	2.26	0.24	0.0841	<0.020	<0.40	51.20
KKCR_PSC06	243.14	2.32	30.00	Inside bend	non-uniform	138.00	6.92	2.39	0.28	0.1292	<0.020	<0.40	55.10
PICM_PSC01	165.39	1.08	17.37	Inside bend	non-uniform	220.00	7.30	2.64	0.19	0.0535	<0.020	<0.40	63.70
PICM_PSC02	182.71	1.18	16.93	Inside bend	uniform	229.00	6.20	2.49	0.19	0.0570	<0.020	<0.40	69.70
PICM_PSC03	185.10	0.81	16.00	Inside bend	uniform	267.00	6.70	3.63	0.23	0.1588	<0.020	<0.40	61.80
PICM_PSC04	267.81	1.01	26.27	Outside bend	uniform	158.00	5.30	3.47	0.18	0.1058	0.055	<0.40	69.70
PICM_PSC05	267.81	1.01	26.27	Inside bend	uniform	158.00	5.90	3.52	0.21	0.0944	0.175	<0.40	77.70
PICM_PSC06	267.81	1.01	26.27	Inside bend	uniform	158.00	4.60	3.82	0.21	0.1036	0.122	<0.40	71.70
PICM_PSC07	267.81	1.01	26.27	Straight	uniform	158.00	5.20	4.86	0.18	<0.0050	0.161	<0.40	73.70
PICM_PSC08	267.81	1.01	26.27	Straight	uniform	158.00	5.20	4.86	0.18	<0.0050	0.161	<0.40	73.70
WALP_PSC01	90.00	1.21	13.30	Inside bend	non-uniform	112.00	8.17	3.66	0.11	0.1809	0.093	<0.40	153.00
WALP_PSC02	77.82	1.19	29.09	Inside bend	non-uniform	107.00	7.90	5.29	0.10	0.0469	<0.020	<0.40	122.00
YOPR_PSC01	287.00	0.90	43.71	Inside bend	uniform	17.65	4.15	3.54	0.12	0.1000	<0.029	<0.40	117.00
YOPR_PSC02	287.00	0.90	43.71	Inside bend	uniform	17.65	4.15	3.44	0.12	0.1000	0.029	<0.40	117.00
YOPR_PSC03	476.65	1.19	40.64	Outside bend	uniform	17.65	4.15	3.44	0.12	0.1000	0.029	<0.40	117.00
PIKP_PSC01	329.00	0.90	14.12	Inside bend	uniform	146.00	7.40	2.98	0.07	<0.0050	0.061	<0.40	89.50
PIKP_PSC02	278.05	2.40	14.12	Inside bend	uniform	136.00	7.40	5.85	0.16	0.0100	0.190	<0.40	72.80
PIKP_PSC03	278.05	2.40	14.12	Inside bend	uniform	136.00	7.40	5.85	0.16	0.0100	0.190	<0.40	72.80
PIKP_PSC04	329.00	0.90	14.12	Inside bend	uniform	146.00	7.4	2.98	0.86	0.0500	0.370	<0.40	105.00
NNPC_PSC01	1274.59	1.50	6.62	Inside bend	uniform	136.00	5.50	1.79	0.24	<0.0050	0.360	<0.40	69.70
NNPC_PSC02	1064.19	1.08	4.47	Inside bend	uniform	136.00	6.90	1.79	0.24	<0.0050	0.360	<0.40	69.70
NNPC_PSC03	1064.19	1.08	4.47	Inside bend	uniform	136.00	5.30	2.45	0.21	<0.0050	0.560	69.70	69.70
NNPC_PSC04	1064.19	1.08	4.47	Inside bend	uniform	136.00	5.10	2.45	0.21	<0.0050	0.560	69.70	69.70
NNPC_PSC05	1064.19	1.08	4.47	Inside bend	uniform	136.00	7.40	2.45	0.21	<0.0050	0.560	69.70	69.70
CPNW_PSC01	851.07	0.80	6.76	Inside bend	uniform	93.00	4.40	2.37	0.28	0.0200	0.350	<0.40	73.70
CPNW_PSC02	851.07	0.80	6.76	Inside bend	uniform	93.00	7.50	2.37	0.28	0.0200	0.350	<0.40	73.70
CPNW_PSC03	402.24	0.98	6.20	Inside bend	uniform	93.00	6.70	2.26	0.34	0.0300	0.270	<0.40	75.70
CPCN_PSC01	1498.56	1.76	7.83	Inside bend	uniform	6.55	6.50	4.41	0.19	0.0200	0.230	<0.40	75.70
CPCN_PSC02	1498.56	1.76	7.83	Inside bend	uniform	6.55	6.50	4.41	0.19	0.0200	0.230	<0.40	75.70
CPCN_PSC03	1498.56	1.76	7.83	Inside bend	uniform	6.55	6.50	4.41	0.19	0.0200	0.230	<0.40	75.70
PDSR_PSC01	251.37	1.43	8.37	Inside bend	uniform	12.00	4.50	2.06	0.32	<0.0050	<0.020	<0.40	33.50
PDSR_PSC02	251.37	1.43	8.37	Inside bend	uniform	12.00	4.60	2.26	0.30	<0.0050	0.115	<0.40	37.40
PDSR_PSC03	1054.48	1.28	9.81	Inside bend	uniform	12.00	4.60	2.26	0.30	<0.0050	0.115	<0.40	37.40

Table 6-2 Hydrogeological data of suitable locations for RBF construction.

Suitable location for RBF construction	Aquifer thickness (m)	Hydraulic conductivity (m/day)	Organic matter (mg/L)	Iron (mg/L)	Manganese (mg/L)	Fluoride (mg/L)	Hardness as $CaCO_3$ (mg/L)
KKCR_PSC01	22	71.91	3.08	15.01	0.46	0.30	59.80
KKCR_PSC02	35	32.67	2.01	6.70	0.47	0.21	65.70
KKCR_PSC03	40	11.05	2.02	0.19	0.32	0.46	59.80
KKCR_PSC04	43	21.81	1.95	0.17	0.55	0.09	43.80
KKCR_PSC05	41	19.70	1.84	0.13	0.05	0.08	53.80
KKCR_PSC06	35	64.57	1.81	3.80	0.51	<0.01	29.90
PICM_PSC01	35	49.57	2.50	2.20	7.32	0.26	85.70
PICM_PSC02	20	109.85	1.00	1.21	0.87	0.44	61.80
PICM_PSC03	33	7.83	0.97	1.21	0.20	0.37	12.00
PICM_PSC04	35	32.81	1.64	5.81	1.04	0.40	43.80
PICM_PSC05	35	10.65	1.21	6.02	0.98	0.38	41.80
PICM_PSC06	35	39.16	1.32	6.01	0.80	0.50	57.80
PICM_PSC07	37	5.16	1.61	0.91	0.33	3.15	65.70
PICM_PSC08	37	14.04	1.86	0.95	0.25	2.35	130.00
WALP_PSC01	35	32.30	0.46	7.44	0.43	<0.01	27.90
WALP_PSC02	20	42.80	0.98	4.95	0.37	0.24	193.00
YOPR_PSC01	24	12.00	1.38	1.17	0.19	0.58	220.00
YOPR_PSC02	42	16.00	2.16	2.02	0.20	0.37	240.00
YOPR_PSC03	28	12.00	2.39	4.92	0.52	0.23	244.00
PIKP_PSC01	33	281.30	2.58	0.05	1.00	0.11	74.50
PIKP_PSC02	20	153.30	2.55	0.05	0.31	0.20	61.80
PIKP_PSC03	15	45.40	2.10	0.48	0.58	0.06	71.10
PIKP_PSC04	12	290.00	2.58	3.99	1.00	0.11	150
NNPC_PSC01	12	58.00	1.93	14.85	1.80	0.24	91.60
NNPC_PSC02	25	29.00	1.52	10.80	0.73	0.19	63.70
NNPC_PSC03	27	110.00	2.23	4.19	0.58	0.42	71.70
NNPC_PSC04	16	80.00	2.23	4.19	0.58	0.42	71.70
NNPC_PSC05	26	59.00	1.60	9.03	0.63	0.55	21.70
CPNW_PSC01	39	87.00	2.10	0.26	<0.005	0.66	67.70
CPNW_PSC02	35	17.00	1.99	0.77	0.53	0.67	102.00
CPNW_PSC03	37	48.00	1.29	7.10	3.51	0.42	108.00
CPCN_PSC01	32	32.00	3.13	0.20	0.91	0.57	83.70
CPCN_PSC02	30	23.00	3.54	3.66	1.75	0.84	173.00
CPCN_PSC03	26	7.00	3.64	0.31	0.27	0.71	95.60
PDSR_PSC01	8	80.00	1.64	15.26	0.52	<0.01	29.50
PDSR_PSC02	15	94.00	1.70	12.65	0.53	0.08	80.70
PDSR_PSC03	12	47.00	2.40	0.68	0.61	0.62	140.00

Table 6-3 Suitable levels of water supply criteria for RBF development.

Suitable location for RBF construction	Appropriation of Water supply development	Appropriation of RBF and Water Supply Conection
KKCR_PSC01	High	High
KKCR_PSC02	High	Low
KKCR_PSC03	Medium	Low
KKCR_PSC04	Medium	Low
KKCR_PSC05	Medium	Low
KKCR_PSC06	Low	Low
PICM_PSC01	Medium	Medium
PICM_PSC02	Medium	Low
PICM_PSC03	High	Low
PICM_PSC04	High	Medium
PICM_PSC05	High	Medium
PICM_PSC06	Medium	Low
PICM_PSC07	High	Low
PICM_PSC08	High	Low
WALP_PSC01	Medium	Low
WALP_PSC02	Medium	Medium
YOPR_PSC01	Medium	Low
YOPR_PSC02	High	Medium
YOPR_PSC03	Medium	Low
PIKP_PSC01	Medium	Low
PIKP_PSC02	Medium	Medium
PIKP_PSC03	High	Medium
PIKP_PSC04	Medium	High
NNPC_PSC01	High	Medium
NNPC_PSC02	Medium	Low
NNPC_PSC03	Medium	Low
NNPC_PSC04	High	Low
NNPC_PSC05	High	Low
CPNW_PSC01	Medium	Low
CPNW_PSC02	Low	Medium
CPNW_PSC03	High	Low
CPCN_PSC01	Low	Low
CPCN_PSC02	High	High
CPCN_PSC03	Medium	Low
PDSR_PSC01	High	Low
PDSR_PSC02	High	Low
PDSR_PSC03	Low	Low

Table 6-4 Evaluated Result of potential locations.

Suitable location for RBF construction	Season	Quantity (m^3/hr)			Ratio
		Surface water	Groundwater	Total	Surface water : Groundwater
KKCR_PSC01	Wet	1,988	1,088	3,075	65:35
	Dry	1,713	938	2,650	
KKCR_PSC02	Wet	2,575	750	3,325	65:35
	Dry	2,308	675	2,983	
KKCR_PSC03	Wet	947	516	1,463	65:35
	Dry	947	514	1,461	
KKCR_PSC04	Wet	1,763	779	2,542	69:31
	Dry	1,729	771	2,500	
KKCR_PSC05	Wet	1,621	729	2,350	68:32
	Dry	1,550	717	2,267	
KKCR_PSC06	Wet	1,483	483	1,967	75:25
	Dry	1,450	475	1,925	
PICM_PSC01	Wet	1,900	188	2,088	91:9
	Dry	1,767	175	1,942	
PICM_PSC02	Wet	6,658	663	7,321	91:9
	Dry	6,454	642	7,096	
PICM_PSC03	Wet	650	104	754	86:14
	Dry	625	100	725	
PICM_PSC04	Wet	1,721	625	2,346	73:27
	Dry	1,383	504	1,888	
PICM_PSC05	Wet	1,600	479	2,079	77:23
	Dry	1,267	379	1,646	
PICM_PSC06	Wet	2,758	900	3,658	75:25
	Dry	2,117	688	2,804	
PICM_PSC07	Wet	1,321	283	1,604	82:18
	Dry	1,296	275	1,571	
PICM_PSC08	Wet	667	471	1,138	59:41
	Dry	667	471	1,138	
WALP_PSC01	Wet	588	363	950	62:38
	Dry	517	321	838	
WALP_PSC02	Wet	688	108	796	86:14
	Dry	638	100	738	
YOPR_PSC01	Wet	638	104	742	86:14
	Dry	546	92	638	
YOPR_PSC02	Wet	754	125	879	86:14
	Dry	650	108	758	
YOPR_PSC03	Wet	133	33	167	80:20
	Dry	117	29	146	

Table 6-4 Evaluated Result of potential locations. (cont)

Suitable location for RBF construction	Season	Quantity (m^3/hr)			Ratio
		Surface water	Groundwater	Total	Surface water : Groundwate
PIKP_PSC01	Wet	2,071	279	2,350	88:12
	Dry	2,050	275	2,325	
PIKP_PSC02	Wet	1,233	138	1,371	90:10
	Dry	1,225	133	1,358	
PIKP_PSC03	Wet	821	125	946	87:13
	Dry	817	117	933	
PIKP_PSC04	Wet	22,367	2,029	24,396	91:9
	Dry	22,109	2,096	24,205	
NNPC_PSC01	Wet	2,300	560	2,860	81:19
	Dry	1,500	350	1,850	
NNPC_PSC02	Wet	2,800	500	3,300	85:15
	Dry	1,900	340	2,240	
NNPC_PSC03	Wet	7,000	1,350	8,350	84:16
	Dry	4,900	950	5,850	
NNPC_PSC04	Wet	4,300	680	4,980	87:13
	Dry	2,800	420	3,220	
NNPC_PSC05	Wet	7,700	1,400	9,100	85:15
	Dry	5,200	900	6,100	
CPNW_PSC01	Wet	17,000	4,100	21,100	81:19
	Dry	13,700	3,300	17,000	
CPNW_PSC02	Wet	14,500	2,500	17,000	84:16
	Dry	11,200	2,100	13,300	
CPNW_PSC03	Wet	11,400	2,180	13,580	84:16
	Dry	9,000	1,700	10,700	
CPCN_PSC01	Wet	5,654	879	6,533	61:39
	Dry	425	663	1,088	
CPCN_PSC02	Wet	2,196	308	2,504	88:12
	Dry	1,688	242	1,929	
CPCN_PSC03	Wet	1,463	200	1,663	88:12
	Dry	1,138	154	1,292	
PDSR_PSC01	Wet	900	150	1,050	85:15
	Dry	700	120	820	
PDSR_PSC02	Wet	780	190	970	79:21
	Dry	580	150	730	
PDSR_PSC03	Wet	1,180	260	1,440	81:19
	Dry	940	220	1,160	

Table 6-5 Impact of RBFsystem construction.

Suitable location for RBF construction	Affected area of groundwater declination (Rai)	Number of household affected from groundwater declination	Wetland	Number of household within 1 km radius
KKCR_PSC01	25	0	Kok River	698
KKCR_PSC02	12	0	Kok River	531
KKCR_PSC03	17	1	Kok River	153
KKCR_PSC04	84	0	Kok River	294
KKCR_PSC05	115	0	Kok River	155
KKCR_PSC06	49	20	Kok River	144
PICM_PSC01	425	140	Ping river	345
PICM_PSC02	15	0	Ping river	300
PICM_PSC03	6	0	Ping river	900
PICM_PSC04	230	44	Ping river	545
PICM_PSC05	6	2	Ping river	488
PICM_PSC06	22	7	Ping river	376
PICM_PSC07	127	84	Ping river	357
PICM_PSC08	44	7	Ping river	400
WALP_PSC01	129	54	Wang river	734
WALP_PSC02	156	80	Wang river	1329
YOPR_PSC01	150	21	Yom river	168
YOPR_PSC02	132	15	Yom river	136
YOPR_PSC03	430	110	Yom river	179
PIKP_PSC01	22	6	Ping river	140
PIKP_PSC02	22	7	Ping river	198
PIKP_PSC03	128	46	Ping river	125
PIKP_PSC04	107	11	Ping river	58
NNPC_PSC01	4	0	Nan river	225
NNPC_PSC02	4	0	Nan river	213
NNPC_PSC03	5	0	Nan river	149
NNPC_PSC04	17	2	Nan river	179
NNPC_PSC05	8	0	Nan river	310
CPNW_PSC01	3	1	Chao Phraya river	179
CPNW_PSC02	4	6	Chao Phraya river	140
CPNW_PSC03	3	6	Chao Phraya river	295
CPCN_PSC01	14	3	Chao Phraya river	295
CPCN_PSC02	49	6	Chao Phraya river	140
CPCN_PSC03	38	1	Chao Phraya river	158
PDSR_PSC01	2	1	Phum Duang River	103
PDSR_PSC02	62	2	Phum Duang River	116
PDSR_PSC03	6	4	Phum Duang River	127

Table 6-6 Result of RBF Designed by using mathematical model.

Suitable location for RBF construction	Safe Yield (m^3/hr)	Water Yield Demand (m^3/hr)	Diamiter of collector well (m)	Length of screen (m)	Number of screen	Depth to screen (m)	Distance from riverbank (m)
KKCR_PSC01	2,650	1,200	3.2	85	6	16	30
KKCR_PSC02	2,983	1,200	3.2	65	4	16	30
KKCR_PSC03	1,461	1,200	3.2	95	6	16	30
KKCR_PSC04	2,500	1,200	3.2	70	4	16	30
KKCR_PSC05	2,350	1,200	3.2	55	8	16	30
KKCR_PSC06	1,967	1,300	3.2	75	8	16	30
PICM_PSC01	1,942	1,000	3.2	60	4	20	30
PICM_PSC02	7,096	4,600*	3.2	55	6	20	30
PICM_PSC03	725	500	3.2	75	8	20	30
PICM_PSC04	1,888	1,000	3.2	67	4	20	30
PICM_PSC05	1,646	1,000	3.2	60	6	20	30
PICM_PSC06	2,804	1,000	3.2	50	4	20	30
PICM_PSC07	1,571	500	3.2	80	8	20	30
PICM_PSC08	1,138	900	3.2	90	8	20	30
WALP_PSC01	838	600	3.2	55	6	18	30
WALP_PSC02	738	600	3.2	50	6	18	30
YOPR_PSC01	638	500	3.2	70	4	22	30
YOPR_PSC02	758	500	3.2	55	4	22	30
YOPR_PSC03	146	500	3.2	85	4	22	30
PIKP_PSC01	2,325	600	3.0	30	4	22	30
PIKP_PSC02	1,358	600	3.0	65	4	16	30
PIKP_PSC03	933	600	3.0	75	6	16	30
PIKP_PSC04	24,396	600	3.0	50	6	11	30
NNPC_PSC01	1,850	500	3.2	45	4	20	30
NNPC_PSC02	2,240	500	3.2	15	4	25	30
NNPC_PSC03	5,850	500	3.2	20	4	25	30
NNPC_PSC04	3,220	500	3.2	20	4	25	30
NNPC_PSC05	6,100	500	3.2	20	4	25	30
CPNW_PSC01	17,000	500	3.2	22	4	20	30
CPNW_PSC02	13,300	500	3.2	50	4	20	30
CPNW_PSC03	10,700	500	3.2	30	4	20	30
CPCN_PSC01	1,088	500	3.2	30	3	25	30
CPCN_PSC02	1,929	500	3.2	20	4	25	30
CPCN_PSC03	1,292	500	3.2	100	4	25	30
PDSR_PSC01	820	500	3.2	35	4	10	30
PDSR_PSC02	730	500	3.2	30	4	15	30
PDSR_PSC03	1,160	500	3.2	25	4	15	30

Table 6-7 Economic Indices.

Suitable location for RBF construction	Economic Index			Water Cost (baht/m^3)
	NPV (Million baht)	B/C Ratio (times)	EIRR (%)	Break Even Point (B/C = 1)
KKCR_PSC01	46.52	1.63	0.26	3.72
KKCR_PSC02	44.06	1.55	0.23	3.87
KKCR_PSC03	36.18	1.41	0.20	4.12
KKCR_PSC04	45.12	1.51	0.22	3.91
KKCR_PSC05	40.92	1.47	0.21	4.09
KKCR_PSC06	40.63	1.38	0.19	4.10
PICM_PSC01	32.73	1.20	0.22	2.42
PICM_PSC02	99.31	1.70	0.81	2.09
PICM_PSC03	-22.59	0.70	0.01	3.14
PICM_PSC04	86.97	1.80	0.48	1.82
PICM_PSC05	64.71	1.60	0.35	2.07
PICM_PSC06	95.37	1.70	0.39	2.05
PICM_PSC07	-44.41	0.50	-0.01	3.97
PICM_PSC08	2.97	1.00	0.11	2.68
WALP_PSC01	-4.67	0.93	0.08	3.22
WALP_PSC02	-16.10	0.74	0.04	3.79
YOPR_PSC01	-22.41	0.45	-0.07	17.17
YOPR_PSC02	-22.21	0.55	-0.04	7.39
YOPR_PSC03	-39.69	0.40	-0.05	8.61
PIKP_PSC01	1.84	1.04	0.11	4.86
PIKP_PSC02	-19.49	0.73	0.03	5.16
PIKP_PSC03	-7.43	0.86	0.05	4.73
PIKP_PSC04	1.95	1.22	0.25	4.10
NNPC_PSC01	7.58	1.61	0.43	7.80
NNPC_PSC02	4.07	1.23	0.17	10.66
NNPC_PSC03	8.80	1.73	0.55	7.64
NNPC_PSC04	8.80	1.73	0.55	7.64
NNPC_PSC05	8.80	1.73	0.55	7.64
CPNW_PSC01	-2.42	0.96	0.09	11.70
CPNW_PSC02	2.48	1.06	0.12	11.60
CPNW_PSC03	-3.82	0.93	0.08	11.24
CPCN_PSC01	-17.13	0.49	-0.04	25.57
CPCN_PSC02	-20.45	0.46	-0.13	31.26
CPCN_PSC03	-44.70	0.44	-0.03	7.15
PDSR_PSC01	-17.45	0.77	0.05	24.15
PDSR_PSC02	-1.53	0.98	0.09	21.30
PDSR_PSC03	-26.96	0.62	-0.02	64.15

Chapter 7

Formulation of Master Plan for the Riverbank Filtration System Development

7.1 Concept of the Riverbank Filtration System

The Department of Groundwater Resources, Ministry of Environment and Natural Resources prepare a master plan for Riverbank Filtration system Development under the Department's Master Plan for Development and Conservation of Groundwater Source and Environments B.E. 2555-2559. Strategy 3: Sustainable development of groundwater and Strategy 17: Increase efficiency of groundwater exploitation by advanced/aprrropriate technology in water distribution system. This master plan is divided into 3 periods; namely, short term (B.E.2554-2558), Intermediate term (B.E.2559-2563) and long term(B.E.2564-2568). Expected benefits of the projects are considered in terms of the number of beneficial households within the developed areas and saving cost of water supply production and operation comparing to that of the original system that use raw surface water for water supply production alone.

7.2 Master Plan for the RBF System Development

This master plan, short, intermediate and long term periods, consists of 4 continuing and consecutive programs, namely: Program 1: Investigations, Research, Developent of knowledge body and the personnel for the RBF system development (Short term plan); Program 2: Preparation of Action Plans for the expansion of the RBF System development (Short term Plan), Program 3: Encouragement of the RBF System for implementation Intermediate Term Plans) and Program 4: Monitoring, evaluation and Expansion of the RBF System (Long Term Plans). These Programs can be summarized as follows.

7.2.1 Short Term Plans

The short term plan consists of two programs, namely Program 1: Investigations, Reserch and development of knowledge body and personnel for the RBF System development and Program 2: Preparation of Action Plans for the expansion of the RBF System development (Short term Plan). The program would emphasize on knowledge management on the RBF system, database creation for the potential areas that suitable for the RBF system development, capacity building and personnel development for the Department of Groundwater Resources and other related agencies, and construction of the two pilot sites which were selected from the four highly potential sites identified in the areas of Amphoe Muang, Chaing Rai Province, Chainat-Uthithani Province, Amphoe Muang, Khamphaeng Phet Province, and Chiang Mai-Lumphun Province (**Figure 7-1** and **Table 7.1**).

7.2.2 Intermediate Term Plans

The Intermediate Term Plans include Program 3: Encouragement of the RBF System for implementation (Intermediate Term Plans). The program activities are to produce water supply for domestic and industrial consumptions in the future, disseminate information and promote the public and stakeholders participation to understand the benefit of the RBF system. The stakeholders should include Provincial Waterworks Authority, Department of Groundwater Resources, Local Administration Organizations, and private water supply companies. Moreover, these organizations must have capability in construction and maintenance of their own system prior to the decision for investment in using the RBF system in the medium potential areas such as those in Amphoe Muang, Lampang Province, Amphoe Muang, Phichit Province, Amphoe Muang, Phrae Province, Amphoe Krok Phra, Nakhon Sawan Province, Amphoe Phunphin, Surat Thani Province. There are 35 potential locations identified within the 9 potential areas as shown in **Figure 7-1** and **Table 7-1**.

7.2.3 Long Term Plans

The Long Term Plans are described in Program 4: Monitoring, evaluation and expansion of the RBF System. Program 4 consists of two projects; namely, 1) monitoring and evaluations of the two pilot RBF sites , and 2) investigation of the additional potential areas where high water demand will be required and lacking of basic information regarding RBF system construction. Further additional detailed feasibility study should be carried out in such areas as as Amphoe Chaing Saen, Amphoe Mae Sai, Chaing Rai Province, Amphoe Sri Chaing Mai, Nong Khai Province, Amphoe Samgao, Tak Province and Amphoe mae Sod, Tak Province, Amphoe Muang Uttaradit Province, Amphoe Muang Nakhonprathom Province and Amphoe Hat Yai, Songkhla Province, as shown in **Figure 7-1** and **Table 7-1**.

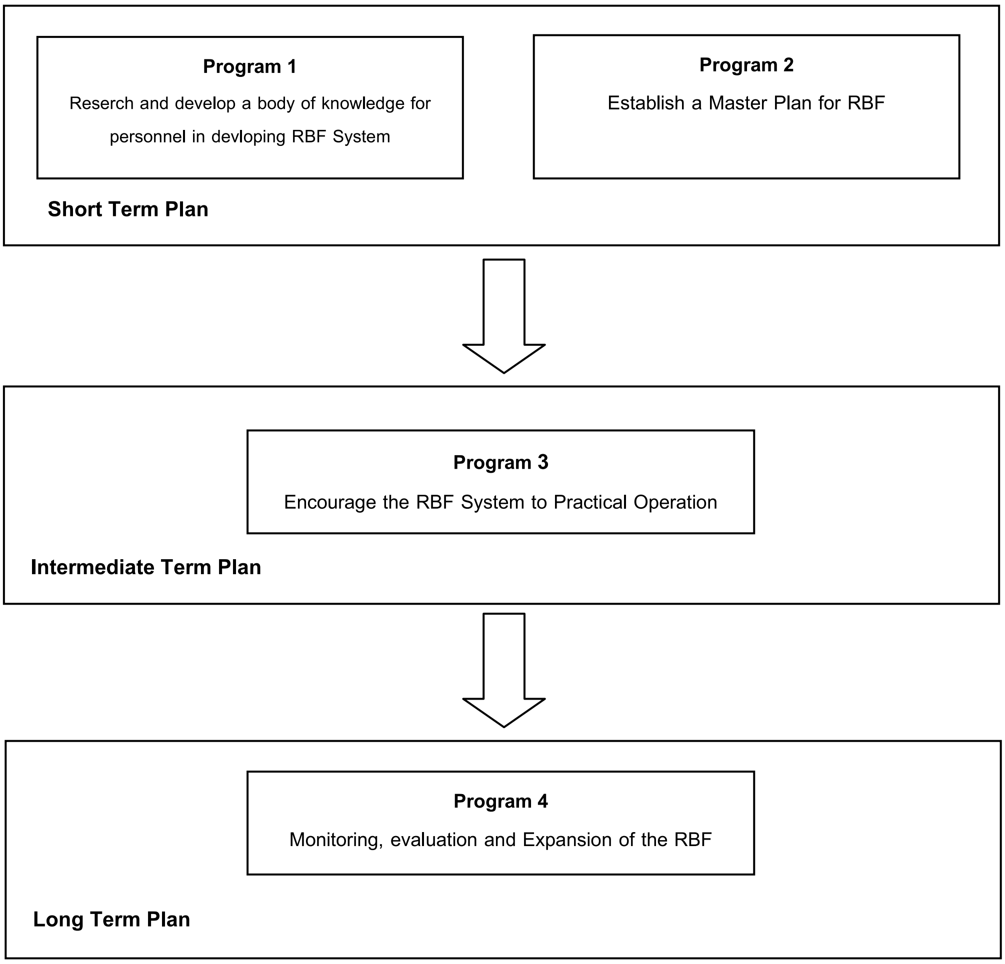


Figure 7-1 Working protocol for the RBF system development according to the master plan

Table 7-1 List of projects according to program time frame

Number	Names of project	Fiscal Year	Budget (million Baht)	Organizations
Short term Plan B.E. 2554 to B.E. 2558				
Program 1	**Investigations, Research, Developent of knowledge body and the personnel for the RBF system development**			
Project1.1	Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology (Phase I)	2553-2554	-	DGR.
Project 1.2	Construction of RBF System at the two pilot project areas	2555-2557	300	DGR and PWA
Project 1.3	Operation testing at the two pilot project areas	2557	40	DGR and PWA
Project 1.4	Preparation of Maunual of RBF system Operation and Maintenance	2558	10	DGR
Project 1.5	Personnel Development for Riverbank Filtration Project	2555-2558	10	DGR
Program 2	**Establish a Master Plan for RBF**			
Project 2.1	Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology (Phase II)	2553-2554	-	DGR and PWA
Intermediate Term Plan B.E. 2559 to B.E.2563				
Program3	**Encourage the RBF System to Practical Operation**			
Project 3.1	Publicizing and encouragement for project participation of the related agencies	2559-2563	10	DGR, LAO and PWA
Project 3.2	Conduct knowledge dissemination and transfer knowledge and technology in groundwater management to the community and the related agencies	2559-2563	10	DGR, LAO and PWA
Long Term Plan B.E. 2564 to B.E. 2568				
Prgram 4	Monitoring, evaluation and Expansion of the RBF System			
Project 4.1	RBF Monitoring, evaluation and Expansion of the RBF System	2564-2568	20	DGR,
Project 4.2	Additional detailed investigations and expanding the project to the local organizations	2564-2568	200	DGR, LAO and PWA

Remarkls : DGR: Department of groundwater Resources, PWA ; Provincial Waterwork Authority and LAO: Local Administration Organization

Chapter 8

Preliminary Design and Management of the Pilot RBF System

Preliminary engineering design, guideline for connecting to water supply system, and the assessment of economics, environment, and benefits impacts from the RBF system in the three (3) high potential areas in Amphoe Muang, Chiang Rai Province, Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, and Amphoe Muang, U-thai Thani Province are described in the following sections.

8.1 Amphoe Muang, Chiang Rai Province

8.1.1 Suitability of the RBF System

The most suitable location for the RBF system construction in Amphoe Muang, Chiang Rai Province, is at location number 1 (KKCR_PSC01) which is the public land of the Chiang Rai City Municipality. The location is situated at the inner meandering part of the Kok River near the Mae Fah Luang Bridge next to the area of Chiang Rai branch provincial water work, Rim Kok District, Amphoe Muang, Chiang Rai Province (**Figure 8-1 and 8-2**). The area possesses suitable hydrological and hydrogeological characteristics, i.e. meandering part of the river which is suitable to gain water from many directions, perennial river water flows, and the sand and gravel aquifer in the area is greater than 20 m. thick. Quality of surface water and groundwater are in the suitable range for the RBF system development. The assessment of the water safe yield shows the safe yield value of about 2,650 cu. m./hour. The environmental impact due to water withdrawal is minimal.

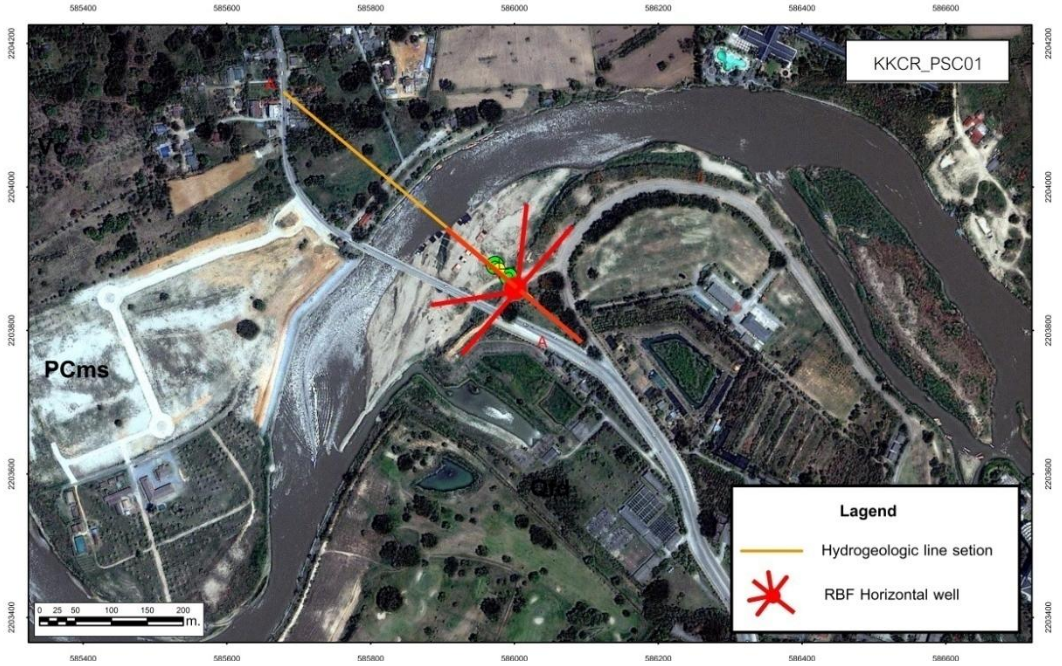


Figure 8-1 Location suitable for the construction of the RBF system using horizontal collector well, Chiang Rai Province.

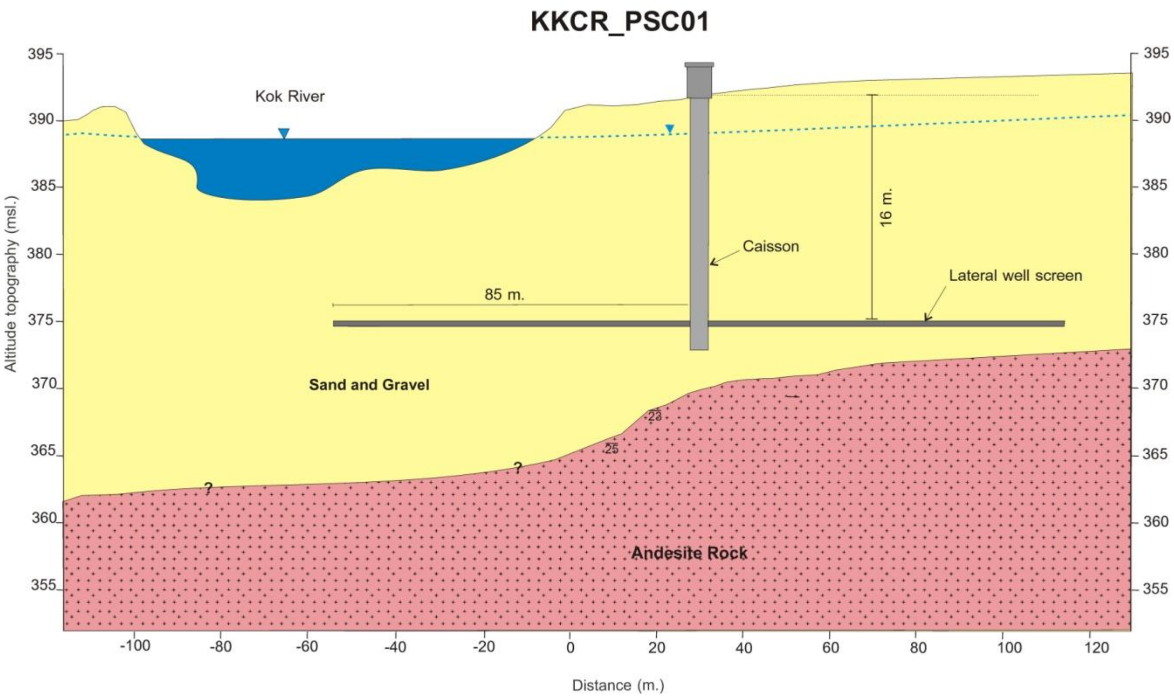


Figure 8-2 Hydrogeological cross section and location of horizontal collector well in Chiang Rai Province.

8.1.2 Design of the RBF System

The detailed field study and assessment of the area with the RBF expert from abroad agree that the advantage of the RBF system development at location KKCR_PSC01 are:

- location is at suitable river meandering side,
- vertical and horizontal collector wells are possible for the RBF system construction,
- observation wells and detailed hydrogeologic data are available from Phase I project that can be used for monitoring and further study in phase II and Phase III projects, and
- quality of groundwater is in the acceptable range for the RBF system development.

The details of the preliminary design of the RBF system in this area are illustrated in **Table 8-1 and 8-2**

Table 8-1 Details of the RBF collector well in Amphoe Muang, Chiang Rai Province

Item	Number	Unit
Depth of collector well	18	Meter
Inner diameter	3.20	Meter
Collector well wall thickness	0.60	Meter
Depth of well screen	16	Meter
Number of screen	6	Pipe
Screen length	85	Meter
Total screen length	510	Meter

Table 8-2 Construction item lists for RBF collector well, Amphoe Muang, Chiang Rai Province

No.	Item	Unit	Amount	Unit cost	Total
1	**Raw water production system**				**35,997,400**
1.1	Construction of horizontal well	well	1		12,377,400
	Construction of caisson of 3.2 m. dia. and 18 m. deep	well	1	1,157,4 00	1,157,400
	Installation of lateral screen	Meter	510	22,000	11,220,000
1.2	Construction of pumping house	Plant	1	500,000	500,000
1.3	Installation of pumps with motor, vertical turbine of 132 kw 175 HP, 2 sets at 2 pumps per set (working life is 5 years for each set)	pump	4	5,780,000	23,120,000
1.4	Installation of raw water distribution pipe of 500 mm. dia.	Meter	200	3,710	742,000
2	**Water supply production system**				**37,882,000**
2.1	Construction of clear water tank of 4,000 cu. m. storage capacity	Tank	2	15,959,000	31,918,000
2.2	Construction of storage and sign out of chemicals of 7 x 12 m. dimension	house	1	888,000	888,000
2.3	Installation of Chlorine gas storage and distribution unit with safety equipment 6 kg/H	Unit	2	1,038,000	2,076,000
2.4	Linking of pipes with the water supply system	Job	1	3,000,000	3,000,000
3	**Water supply distribution system**				**537,000**
3.1	Installation of water distributing pipes of 600 mm. dia,	Meter	100	5,370	537,000
4	**Miscellaneous**				**12,077,000**
4.1	Land lease or purchase	Rai	5		0
4.2	Earth fills and area clearing	Job	1	2,000,000	2,000,000
4.3	Construction of iron re-enforced concrete access road	Sq. meter	1000	680	680,000
4.4	Installation of power electricity and lighting	Job	1	2,500,000	2,500,000
4.5	Installation of automatic controlling system	Job	2	2,000,000	4,000,000
4.6	Construction of storage plant of 7 x 12 m. for pipes and equipment	Plant	1	697,000	697,000
4.7	Cost of detailed design	Design	1	700,000	700,000
4.8	Cost of construction control	Construction	1	1,500,000	1,500,000
Grand Total Cost					**86,493,400**
Grand Total cost with 10 % Contingency					**95,142,740**

8.1.3 Environmental Impacts

If the RBF system is constructed at this location in Amphoe Muang, Chiang Rai Province, and water abstraction using the RBF system at the rate of 1,200 cu. m./hour in the next 10 years, groundwater level lowering would affect the area of about 25 Rai. No household would have the impact from the groundwater level lowering.

8.1.4 Economics Impacts

The assessment of the benefits of the project consists of many aspects such as benefits of water users, saving cost of water production capacity expansion, and saving cost of water production. The benefits of the water users are calculated from the benefit value of 1 Baht/cu. m. of water (obtained from economic assessment) multiply by average water demand throughout the project lifetime (10 years). The total benefit of the water users obtained is about 172.53 million Baht. The saving cost of water production capacity expansion is assessed by comparing the investment cost of construction of normal water supply production plant with that of the RBF system at the same production rate of 1,200 cu. m./hour. The result shows the saving cost value of water production capacity expansion of 77.72 million Baht. The saving cost of water production can be calculated from the saving cost from the use of chemicals in the water production process which can save averagely about 0.15 Baht/cu. m. The saving cost of electricity is approximately 0.41 Baht/cu. m.

From the investment cost and benefits obtained above and given the project life time of 10 years, the economic indices are calculated. All obtained calculated economic indices show higher values than the criteria values, i.e., the Net Present Value (NPV) is positive, Benefit/Cost ratio (B/C ratio) is greater than 1, and the Economic Internal Rate of Return (EIRR) is higher than 10 %. Therefore, the construction of the RBF system at location KKCR_PSC01 is worth to invest because the NPV is 56.24 million Baht, the B/C Ratio is 2.11, and the EIRR is 51 % with the cost of water at the break-even point of 3.07 Baht/ cu. m.

8.1.5 Benefits from the RBF System

The benefits from the RBF system are considered from 2 aspects, namely, 1) number of water users or household that received the service, and 2) saving cost value that the RBF system can achieve when comparing to water supply production from surface raw water alone. The saving cost is considered in 2 cases, namely, the case of developing the RBF system at the full potential of the area and that at the production capacity of 1,200 cu. m./hour.

In the first case, the produced water would be about 2,650 cu. m./hour at 16 hours per day. The saving cost of the system construction is 155 million Baht and save the cost for the system operation of 86.7 million Baht.

In the second case, the required water production capacity is 1,200 cu. m./hour which is the water demand in the next 10 years in the area. The water users would be 19,200 households. The saving

cost of the system construction is 77.72 million Baht and save the cost for the system operation of 39.2 million Baht.

8.2 Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province

8.2.1 Suitability of the RBF System

The most suitable location for the pilot RBF system construction in Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, is at location PIKP_PSC04 situated in the Nong Pling water production station of the Kamphaeng Phet provincial water work (**Figure 8-3 and 8-4**). Drilling investigations in this area show that the aquifer possesses the hydraulic conductivity varying from 100 – 290 m./day with the thickness of 8 -10 m. The Nong Pling water production station is located nearly 1 kilometer from the irrigation storage reservoir. Raw water quality is good. The assessment of groundwater safe yield for the RBF abstraction in this location is about 24,205 cu. m. /hour which is the highest groundwater safe yield of the area.

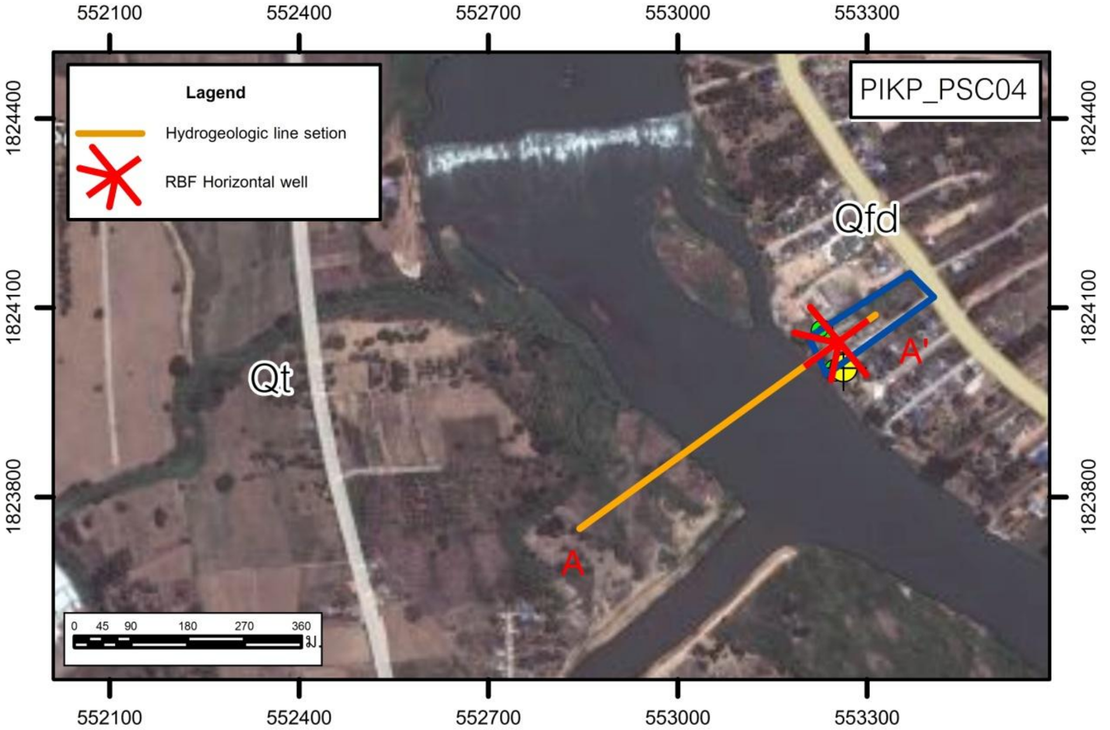


Figure 8-3 Location suitable for the construction of the RBF system using horizontal collector well, Kamphaeng Phet Province.

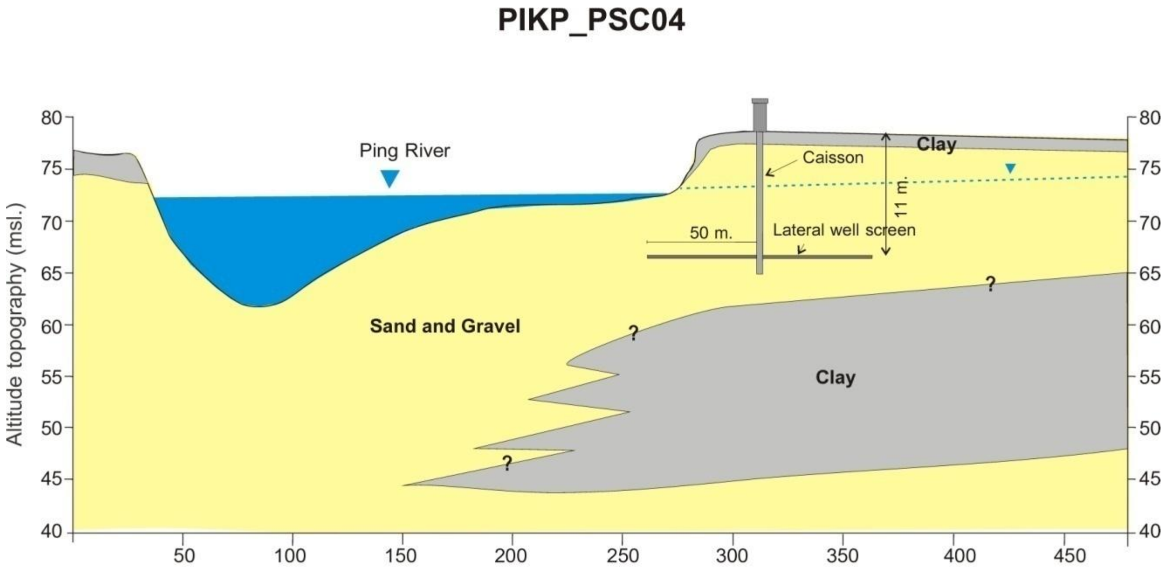


Figure 8-4 Hydrogeological cross section and location of horizontal collector well in Kamphaeng Phet Province.

8.2.2 Design of the RBF System

Water safe yield for the RBF abstraction is assessed based on the conditions that the impacted area with groundwater level lowering not greater than 6 meters from the ground surface (not affect normal pumping capacity of local groundwater user) extending over the area not greater than 500 meters radius away from the abstraction collector well. Where existing non-pumping groundwater level is deeper than 6 meters from the ground surface, the allowable groundwater lowering is not greater than 1 meter. The study area in Amphoe Muang, Kamphaeng Phet, non-pumping groundwater level during the dry season is deeper than 6 meters from the surface. Therefore, the safe allowable groundwater lowering of 1 meter by the RBF abstraction is specified. By using the mathematical groundwater flow model and the above-mentioned safe yield definition, the safe yield in this location is calculated to be about 24,205 cu. m./hour. The conjunctive portion of surface water-groundwater pumping is approximately 91 to 9. The RBF system design is based on water demands varying from 500 – 1,000 cu. m./hour. The details of the design and construction are illustrated in **Tables 8-3 and 8-4.**

Table 8-3 Details of RBF collector well in Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province.

Item	Number	Unit
Depth of collector well	13	Meter
Inner diameter	3.0	Meter
Collector well wall thickness	0.60	Meter
Depth of well screen	11	Meter
Number of screen	6	Pipe
Screen length	50	Meter
Total screen length	300	Meter

Water produced from the RBF system will be managed by the Kamphaeng Phet provincial water work to serve the water users in the present service area. The expansion of service area will be considered if future water demand is increasing.

8.2.3 Environmental Impacts

If the RBF system is constructed at this location in Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, and water abstraction using the RBF system at the rate of 600 cu. m./hour in the next 10 years, groundwater level lowering would affect the area of about 107 Rai, with 11 affected households. It is found that the affected households do not use groundwater for domestic consumption. The impact causes no trouble to the local residences.

8.2.4 Economics Impacts

The assessment of the benefits of the project is conducted in the same manner as mentioned in section 8.1.4. The assessment results show that (1) The total benefit of the water users obtained is about 75.34 million Baht. (2) The saving cost of water production using the RBF system at the rate of 600 cu. m./hour is 35.59 million Baht. And (3) The saving cost of water production calculated from the saving cost from the use of chemicals in the water production process is averagely about 0.13 Baht/cu. m. The saving cost of electricity is approximately 0.22 Baht/ cu. m.

From the investment cost and benefits obtained above and given the project life time of 10 years, the economic indices are calculated. All obtained calculated economic indices show higher values than the criteria values, i.e., the Net Present Value (NPV) is positive, Benefit/Cost ratio (B/C ratio) is greater than 1, and the Economic Internal Rate of Return (EIRR) is higher than 10 %. Therefore, the construction of the RBF system at this location is worth to invest because the NPV is 5.07 million Baht, the B/C Ratio is 1.12, and the EIRR is 15.7% with the cost of water at the break-even point of 3.77 Baht/ cu. m.

Table 8-4 Construction item lists of the RBF collector well in Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province.

No.	Item	Unit	Amount	Unit cost	Total
1	**Raw water production system**				**20,514,400**
1.1	Construction of horizontal well	well	1		7,451,400
	Construction of caisson of 3.0 m. dia. and 13 m. deep	well	1	851,400	851,400
	Installation of lateral screen	Meter	300	22,000	6,600,000
1.2	Construction of pumping house	Plant	1	500,000	500,000
1.3	Installation of pumps with motor, vertical turbine of 55 kw 75 HP, 2 sets at 2 pumps per set (working life is 5 years for each set)	pump	4	3,048,000	12,192,000
1.4	Installation of raw water distribution pipe of 500 mm. dia.	Meter	100	3,710	371,000
2	**Water supply production system**				18,623,000
2.1	Construction of clear water tank of 4,000 cu. m. storage capacity	Tank	1	12,659,000	12,659,000
2.2	Construction of storage and sign out of chemicals of 7 x 12 m. dimension	house	1	888,000	888,000
2.3	Installation of Chlorine gas storage and distribution unit with safety equipment 6 kg/H	Unit	2	1,038,000	2,076,000
2.4	Linking of pipes with the water supply system	Job	1	3,000,000	3,000,000
3	**Water supply distribution system**				371,000
3.1	Installation of water distributing pipes of 500 mm. dia,	Meter	100	3,710	371,000
4	**Miscellaneous**				9,537,000
4.1	Land lease or purchase	Rai	5		0
4.2	Earth fills and area clearing	Job	1	2,000,000	2,000,000
4.3	Construction of iron re-enforced concrete access road	Sq. meter	500	680	340,000
4.4	Installation of power electricity and lighting	Job	1	2,500,000	2,500,000
4.5	Installation of automatic controlling system	Job	2	2,000,000	4,000,000
4.6	Construction of storage plant of 7 x 12 m. for pipes and equipment	Plant	1	697,000	697,000
4.7	Cost of detailed design	Design	1	620,000	620,000
4.8	Cost of construction control	Construction	1	620,000	620,000
Grand Total Cost					**49,045,400**
Grand Total cost with 10 % Contingency					**53,949,940**

8.2.5 Benefits from the RBF System

The benefits from the RBF system are considered from 2 aspects, namely, 1) number of water users or household that received the service, and 2) saving cost value that the RBF system can achieve when comparing to water supply production from surface raw water alone. The saving cost is considered in 2 cases, namely, the case of developing the RBF system at the full potential of the area and that at the production capacity of 600 cu. m./hour.

In the first case, the produced water would be about 24,205 cu. m./hour at 16 hours per day. The water users would be 388,880 households. The saving cost of the system construction is 1423.60 million Baht and save the cost for the system operation of 355.9 million Baht.

In the second case, the required water production capacity is 600 cu. m./hour which is the water demand in the next 10 years in the area. The water users would be 9,600 households. The saving cost of the system construction is 35.59 million Baht and save the cost for the system operation of 12.3 million Baht.

8.3 Amphoe Muang, U-thai Thani Province

8.3.1 Suitability of the RBF System

The most suitable location for the pilot RBF system construction in Amphoe Muang, U-thai Thani Province, is situated in the Koh Thepho water production station of the U-thai Thani provincial water work downstream from the location CPCN_PSC01 (Figure 8-5 and 8-6). Drilling investigations in this area show that the area is covered with 6 – 12 m. clay layer overlying 30 m. sand and gravel layer inter fingering with clay lenses. The bottom part is underlain by clay layer. The river bed sediments has good continuous hydraulic connection with the aquifer. The groundwater level is about 2 meters below ground surface. The hydraulic conductivity of the aquifer is approximately 23 m./day. Large quantity of river water is available with high river flow velocity and low river water level fluctuation. There is no risk of river bed clogging. The assessment of water safe yield for the RBF abstraction in this location is about 1,088 cu. m. /hour.

Figure 8-5 Location suitable for the construction of the RBF system using horizontal collector well, Amphoe Muang, U-thai Thani Province.

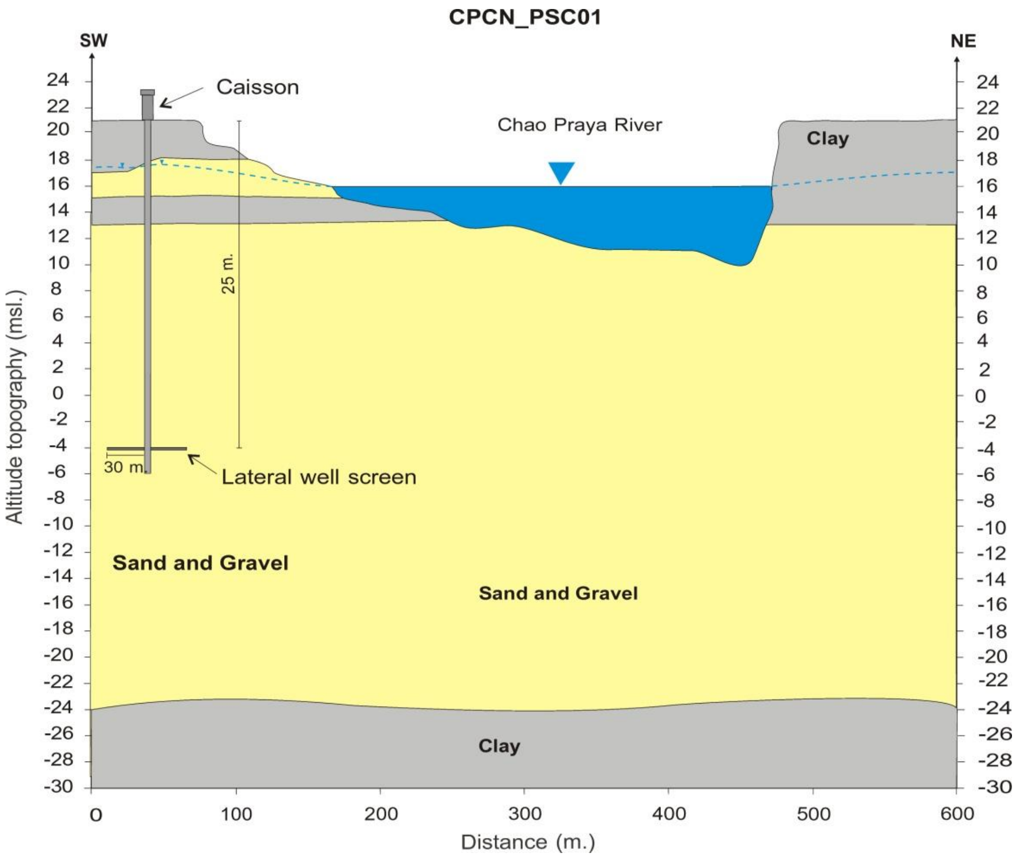


Figure 8-6 Hydrogeological cross section and location of horizontal collector well in Amphoe Muang, U-thai Thani Province.

8.3.2 Design of the RBF System

Water safe yield for the RBF abstraction is assessed based on the conditions that the allowable groundwater level lowering due to pumping must not greater than 6 meters from the ground surface (not affect normal pumping capacity of local groundwater user) extending over the area not greater than 500 meters radial away from the abstraction collector well. Where existing non-pumping groundwater level is deeper than 6 meters from the ground surface, the allowable groundwater lowering is not greater than 1 meter. The study area in Amphoe Muang, U-thai Thani Province shows that non-pumping groundwater level during the dry season is averagely 3 meters from the surface. Therefore, the safe allowable groundwater lowering of 3 meters by the RBF abstraction is specified. By using the mathematical groundwater flow model and the above-mentioned safe yield definition, the safe yield in this location (CPCN_PSC01) is calculated to be about 1,088 cu. m./hour.

The distance from the river to the area of the provincial water work is about 70 – 80 m. The data from geological section at the upstream and downstream areas show adequate thickness of aquifer for both vertical and horizontal RBF wells construction. The RBF wells should be constructed behind the river bank retaining wall. Since the river bank retaining wall would affect the river water flow to the wells, detailed investigation of the river bank deposits should be performed prior to detailed design. Flood protection of the RBF wells should also be designed because the area is frequently flooded. The assessments for the size of water collector pipes, number of well screens, depths of collector pipes, length of well screens, depths of well screen installation, and suitable distance of collector wells from the river are obtained from scenario modeling. The modeling results are used for preliminary data to evaluate the estimated construction cost and analyze the economic and finance feasibilities. From the data of water demand in the area in the next 10 years period, details and item lists of the RBF system construction are designed as shown in **Tables 8-5 and 8.6.**

Table 8-5 Details of the RBF wells in Amphoe Muang, U-Thai Thani Province.

Item	Number	Unit
Depth of collector well	27	Meter
Inner diameter	3.2	Meter
Collector well wall thickness	0.60	Meter
Depth of well screen	25	Meter
Number of screen	3	Pipe
Screen length	30	Meter
Total screen length	90	Meter

Table 8-6 Construction item lists for the RBF well construction in Amphoe Muang, U-thai Thani Province.

No.	Item	Unit	Amount	Unit cost	Total
1	**Raw water production system**				16,200,400
1.1	Construction of horizontal well	well	1		3,137,400
	Construction of caisson of 3.2 m. dia. and 27 m. deep	well	1	1,157,400	1,157,400
	Installation of lateral screen	Meter	90	22,000	1,980,000
1.2	Construction of pumping house	Plant	1	500,000	500,000
1.3	Installation of pumps with motor, vertical turbine of 55 kw 75 HP, 2 sets at 2 pumps per set (working life is 5 years for each set)	pump	4	3,048,000	12,192,000
1.4	Installation of raw water distribution pipe of 500 mm. dia.	Meter	100	3,710	371,000
2	**Water supply production system**				**18,623,000**
2.1	Construction of clear water tank of 4,000 cu. m. storage capacity	Tank	1	12,659,000	12,659,000
2.2	Construction of storage and sign out of chemicals of 7 x 12 m. dimension	house	1	888,000	888,000
2.3	Installation of Chlorine gas storage and distribution unit with safety equipment 6 kg/H	Unit	2	1,038,000	2,076,000
2.4	Linking of pipes with the water supply system	Job	1	3,000,000	3,000,000
3	**Water supply distribution system**				**371,000**
3.1	Installation of water distributing pipes of 500 mm. dia,	Meter	100	3,710	371,000
4	**Miscellaneous**				**9,537,000**
4.1	Land lease or purchase	Rai	5		0
4.2	Earth fills and area clearing	Job	1	2,000,000	2,000,000
4.3	Construction of iron re-enforced concrete access road	Sq. meter	500	680	340,000
4.4	Installation of power electricity and lighting	Job	1	2,500,000	2,500,000
4.5	Installation of automatic controlling system	Job	2	2,000,000	4,000,000
4.6	Construction of storage plant of 7 x 12 m. for pipes and equipment	Plant	1	530,000	530,000
4.7	Cost of detailed design	Design	1	530,000	530,000
4.8	Cost of construction control	Construction	1	620,000	620,000
Grand Total Cost					**44,731,400**
Grand Total cost with 10 % Contingency					**49,204,540**

8.3.3 Environmental Impacts

If the RBF system is constructed at this location in Amphoe Muang, U-thai Thani Province, and water abstraction using the RBF system at the rate of 500 cu. m./hour in the next 10 years, groundwater level lowering would affect the area of about 14 Rai, with 3 affected households. It is found that the affected households do not use groundwater for domestic consumption. The impact causes no trouble to the local residences.

8.3.4 Economics Impacts

The assessment of the benefits of the project is conducted in the same manner as mentioned in section 8.1.4. The assessment results show that: (1) the total benefit of the water users is about 66.43 million Baht. (2) The saving cost of water production using the RBF system at the rate of 500 cu. m./hour is 24.75 million Baht. And (3) The saving cost of water production calculated from the saving cost from the use of chemicals in the water production process is averagely about 0.42 Baht/cu. m. The saving cost of electricity is approximately 0.22 Baht/ cu. m.

From the investment cost and benefits obtained above and given the project life time of 10 years, the economic indices are calculated. The obtained calculated economic indices show that the Net Present Value (NPV) is negative (-7.38), Benefit/Cost ratio (B/C ratio) is less than 1(0.81), and the Economic Internal Rate of Return (EIRR) is less than 10 % (1.3%). Therefore, the construction of the RBF system at this location is not worth for investment. The cause that makes the RBF system construction not cost effective is due to the increase numbers of future water users is low. The investment costs are higher than the return benefits. It is suggested that water supply service expansion should be encouraged.

8.3.5 Benefits from the RBF System

The benefits from the RBF system are considered from 2 aspects, namely;

The case of developing the RBF system at the full potential of the area, the produced water would be 1,088 cu. m./hour at 16 hours per day. The number of water users would be 17,408 households. The saving cost of system construction would be 49.5 million Baht, and the saving cost of system operation would be 40.7 million Baht.

In the second case, the required water production capacity is 500 cu. m./hour which is the water demand in the next 10 years in the area. The water users would be 8,000 households. The saving cost of the system construction is 24.75 million Baht and save the cost for the system operation of 18.7 million Baht.

The assessment results of each potential area show that the site in Amphoe Muang, Chiang Rai Province, is the most suitable location for the pilot RBF system construction due to high future water demand and high economic cost effective. The second location is at the area of Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province due to high continuing increasing future water demand and economic cost

effective. The RBF system development in the potential site in Amphoe Muang, U-thai Thani Province is considered not cost effective due to low increasing future water demand in the area.

Chapter 9

Conclusions

The project entitled "Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration (RBF) Technology", Phase 1: "Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration (RBF) Technology" conducted the feasibility investigations along the main 25 river basins in Thailand to evaluate the suitability of the potential sites for the RBF system development. Site selection criteria identified for the investigations include hydrology, hydrogeology, water quality, water demand, socio-economy, and environmental impact. The potential areas and sites were selected and sites rating and ranking were carried out to identify the suitable areas and sites for the RBF system development. Safe yield of each selected potential sites was assessed and initial RBF system design was performed together with the formulation of the RBF system development master plans for future project implementation.

9.1 Investigations and suitability assessment of the potential areas

The selection of potential areas and sites for the RBF system was divided into 5 steps, namely; i) selection of potential areas at the river basin scale, ii) selection of initial suitable sites for the RBF system, iii) selection of the detailed potential areas, iv) investigations of the detailed potential areas and areas screening, and v) detailed assessment and ranking of the areas for pilot RBF system design and construction. Details and selection results of each step are as in the following:

9.1.1 Selection of potential areas at the river basin scale

The areas in the existing main 25 river basins in Thailand were considered and the potential areas were identified by using 3 groups of basic data, namely, river hydrology, geology, and groundwater quality. Three derivative maps- perennial or nearly perennial rivers, Quaternary geological map, and Groundwater quality map with total dissolved solids (TDS) less than 1,500 mg/l-were prepared. Data overlay technique was used to identify the potential areas of about 15,840 square kilometers at the river basin scale. The potential areas at this scale were mainly identified along the Chaophraya River Basin and its tributaries.

9.1.2 Selection of initial suitable sites for RBF system development

More detailed data on river hydrology, hydrogeology, and quality of surface water were used to identify initial suitable sites for RBF system development. River flows longer than 9 months per year was included. Additional parameters included in the selection criteria are aquifer hydraulic conductivity (K) greater than 1 m/day, thickness of the overlaying clay layer less than depth to the river bed, aquifer thickness greater than 10 m., surface water quality range in surface water quality classification of type 1 to type 4, and not affected by sea water intrusion.

9.1.3 Selection of detailed potential areas

Detailed potential areas of 414 locations were selected by using the data on hydrology, hydrogeology, water quality, landuse, and water supply production. Three groups of site suitability were classified, namely; very suitable group with 49 locations, medium suitable group with 262 locations, and poor suitable group with 103 locations. The 49 very suitable locations were re-arranged and re-grouped into 12 detailed potential areas based on administrative boundary (**Figure 9-1**). These include (1) Amphoe Chiang Saen, Chiang Rai Province, (2) Amphoe Muang, Chiang Rai Province, (3) Chiang Mai and Lamphun Provinces, (4) Amphoe Muang, Lampang Province, (5) Amphoe Muang and Amphoe Sung men, Phrae Province, (6) Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, (7) Amphoe Muang, Phichit Province, (8) Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province, (9) Amphoe Muang, Chainat Province, (10) Amphoe Sri Chiang Mai, Nong Khai Province, (11) Amphoe Phunphin Surat Thani Province, and (12) Amphoe Hat Yai, Songkhla Province.

9.1.4 Investigations of the detailed potential areas and areas selection screening

Field work and drilling investigations were performed in the 12 detailed potential areas to acquire additional field data on hydrology, hydrogeology, domestic water usage and demand. Field data acquisitions included provincial water supply production system and water demand in the areas such as water production capacity, surface water sources, present water requirement and future water demand as well as present network of water supply distribution and service. Three areas did not pass the screening criteria, these included the areas in: Amphoe Hat Yai, Songkhla Province, due to thick overlaying clay layer; Amphoe Chiang Saen, Chiang Rai Province; and Amphoe Sri Chiang Mai, Nong Khai Province due to too low future water supply demand.

Nine areas passed the screening criteria and were selected for further more detailed study, these include: (1) Amphoe Muang Chiang Rai Province, (2) Chiang Mai and Lamphun Provinces, (3) Amphoe Muang Lampang Province, (4) Amphoe Muang and Amphoe Sungmen, Phrae Province, (5) Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, (6) Amphoe Muang, Phichit Province, (7) Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province, (8) Amphoe Muang, Chainat Province, and (9) Amphoe Phunphin, Surat Thani Province.

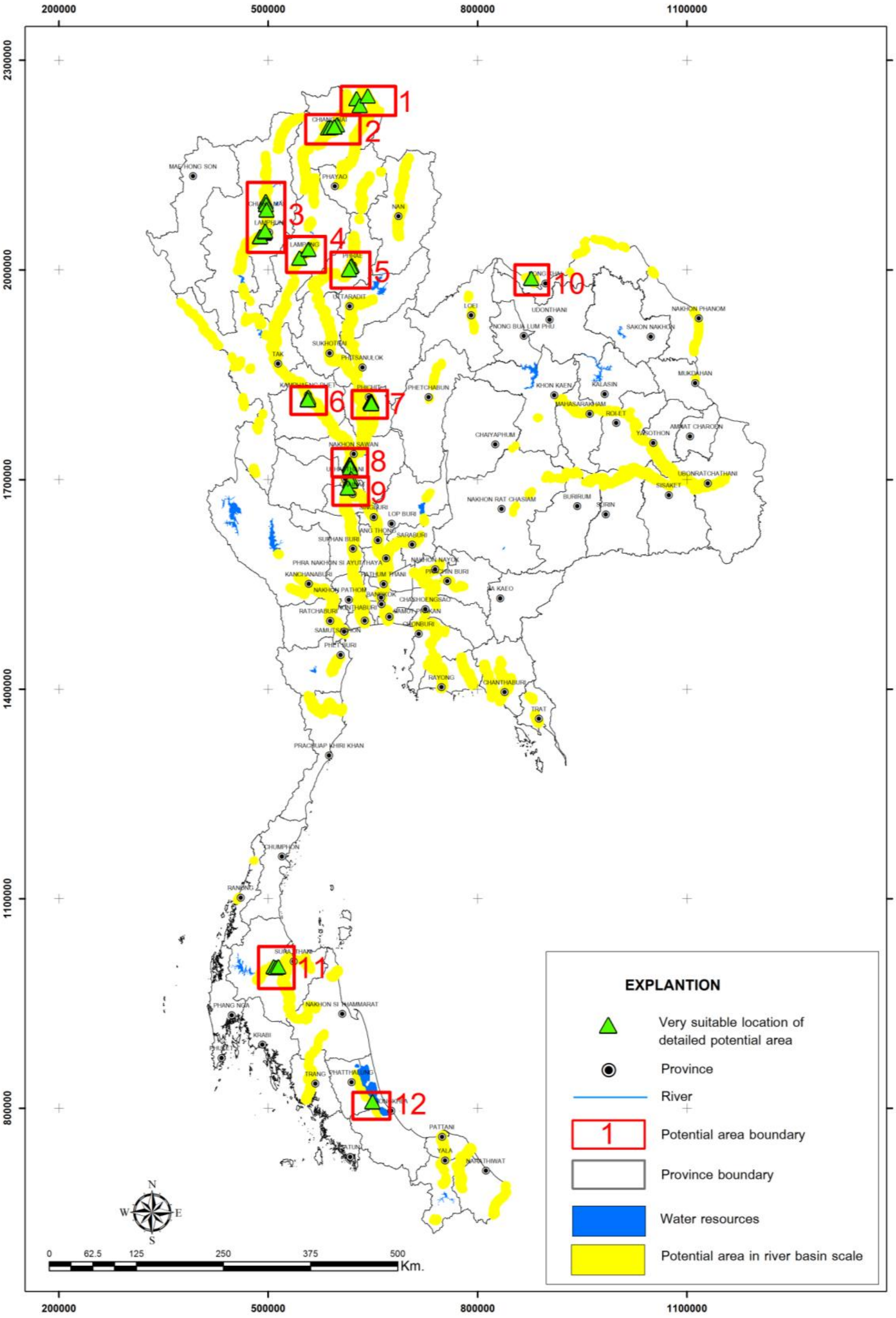


Figure 9-1 Twelve detailed potential areas

9.1.5 Detailed assessment and ranking of the areas for pilot RBF system design and construction

The assessment and ranking of the 9 suitable areas include the suitability assessment in surface water, groundwater, water demands, environmental impacts and economy. The areas were ranked based on suitability level according to various stage of master plans.

1) Identification of locations for the RBF system construction in the detailed suitable areas.

The suitable locations for the RBF system construction must pass the criteria such as that the aquifer with thickness greater than 10 m., aquifer hydraulic conductivity greater than 1 m./day, and suitable landuse condition (public land areas).

2) Suitability assessment of locations for RBF system construction

Six (6) important factors were considered in the assessment, namely, hydrology, hydrogeology, linkage with water work system, environmental impacts, public cooperation , and economic suitability. Details of each assessment include:

2.1) Suitability assessment of river hydrology (surface water sources) consist of grain size distribution of the river bed sediments, hydraulic conductivity of the river bed sediments, river profiling, river flow velocity and maximum flow velocity, average shear stress at the river bed, location of river bank in river meandering, and surface water quality.

2.2) Suitability assessment of groundwater sources consist of hydrogeological data processing in the detailed suitable areas. The assessment includes the determinations of thickness of river bed sands and gravels, hydraulic connectivity of groundwater and river water, aquifer transmissivity (T), aquifer storativity (S), and aquifer hydraulic conductivity (K) as well as the analysis of important groundwater quality parameters. Water balance study, potential location assessment, and the initial RBF system design were also carried out. Groundwater balance calculation was conducted by using mathematical groundwater flow modeling so as to determine groundwater safe yield of the area. The RBF system design consists of collector well size, number of well screens, depth of collector well, length of well screen, well screen installation depth, and suitable distance of collector well from the river. The model outputs are used as preliminary data for construction cost assessment and economic and financial analysis.

2.3) Water use and water demand are the factors considered in the study of the potential areas for RBF system development. Water supply system of the provincial water work was compiled to determine the potential of the areas for water supply system development and identify the development areas and preliminary desgn so as to facilitate the connection of the RBF system to the nearby water supply production system.

2.4) Environmental impact assessment of the project was performed by using the framework of the initial environmental examination(IEE). Four (4) factors of environmental impact were considered which included: Impacted areas due to groundwater level lowering, Numbers of impacted households due to groundwater level lowering within the radius of 1 square kilometer, Level of Importance of wetland, and Numbers of households receiving socio-economic impact.

2.5) The assessment of the public participation was carried out considering 2 aspects, namely, percentage of opinions on the project and understanding of the public consultation and feedback seminar contexts.

2.6) The assessment of the economic feasibility of the project was conducted by using the cost-benefit analysis. Three (3) economic indeces, namely; net present value (NPV), benefit/cost ratio (B/C ratio), and economic internal rate of return (EIRR), were used for economic feasibility classification of each potential location.

The assessment of water sources potential for RBF system at each potential location found that the installation of RBF collector well with horizontal well screen would provide the potential water yield in the range of 500-4,600 cubic meters per hour. It is found that thirty seven (37) locations -from nine (9) potential areas- are suitable for RBF system development. The potential sites were scored, weighed, rated and ranked based on 6 selection criteria. The ranking of the sites show that the top three ranks which are very suitable locations for the RBF system development include sites KKCR_PSC01 in Amphoe Muang, Chiang Rai Province, CPCN_PSC01 in Amphoe Muang, Uthai Thani Province, and PIKP_PSC04 in Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province.

Less suitable areas for intermediate term RBF development plans include the areas in Chiang Mai - Lamphun Provinces and Phichit Province. The areas should be considered for long term development plans include the areas in Amphoe Muang-Sungmen, Phrae Province, Amphoe Muang, Lampang Province, Amphoe Phunphin, Surat Thani Province, Amphoe Chiang Saen, Chiang Rai Province, Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province, and Amphoe Sri Chiang Mai, Nong Khai Province.

9.2 Master plans for RBF system development

The Department of Groundwater Resources (DGR), Ministry of Natural Resources and Environment, prepare master plans for the RBF system development under the Master Plans for Development and Conservation of Groundwater Resources and Environment B.E. 2555-2559, Strategy no. 3: Development of Groundwater for Sustainable Uses and Strategic Program no. 17: Increasing the Efficiency of Groundwater Usages by using Modern Technology in Water Distributing System Management. The RBF System Development Master Plans would provide guidelines for groundwater developments by using the RBF system to supplement water supply production system in Thailand so as to provide adequate clean water for increasing future water demand. The RBF system development master plans are divided into 3 phases of 5 years interval, namely, short term plans during B.E. 2554-2558, intermediate term plans during B.E. 2559-2563, and long term plans during B.E. 2563-2568.

Study on the expected impact of the RBF system development master plans showed 2 aspects of expected benefits, namely, 1) the RBF system could solve the problem of the increasing future water demand for domestic use which is the most important benefit of the project, and 2) saving costs of water supply construction and operations.

Water demand within 28 potential areas of RBF systems will be 632 million cubic meters for the next 15 years. The RBF system will sace cost of the construction and operation from the normal ,system of about 6800 and 450 milliom baths respectively.

9.2.1 Short term plans

Short term RBF system development plans focused on the management of knowledge on the RBF system such as creation of database on potential areas for RBF system development and construction of two (2) RBF system pilot projets in the selected four (4) very suitable areas. The selected four (4) very suitable areas for RBF system development include the areas in Amphoe Muang, Chiang Rai Province, Chainat-Uthai Thani Province, Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, and Chiang Mai-Lamphun Province. Personnel development and capacity building of the DGR and other related agencies and preparation of master plans for research and systematically expansion of RBF system are also included.

9.2.2 Intermediate term plans

Intermediate term master plans include the dissemination of RBF system information, promote and encourage the implementation of the RBF system in the expansion of water supply system in various organization and agencies such as Provincial Water Work Authority, Department of Water Resources, Local Administration Organization, and Private Water Supply Production Companies. Suggestion and support for water supply development for industrial use in the potential areas are also included. The RBF system pilot project should be used as learning center for the RBF technology transfer, information dissemination, training and study visit of personnels from various organizations. The implementation of the RBF system development project with other related organizations should be performed in the medium suitable areas such as in Amphoe Muang, Lampang Province, Amphoe Muang, Phichit Province, Amphoe Muang, Phrae Province, Amphoe Krokphra, Nakhon Sawan Province, and Amphoe Phunphin, Surat Thani Province. There are thirty five (35) locations from 9 potential areas that are suitable for intermediate term RBF system development.

9.2.3 Long term plans

Long term plans include additional investigations and studies to identify more potential areas for RBF system development not cover in this report or in remoted areas where medium and small scale water supply systems are required. The DGR should provide assistance in the investigations to identify additional potential areas together with the assessment, supervisions, and development of the RBF system in the pilot project areas and in the intermediate term project areas. The data obtained from the pilot project monitoring will be used as the database and reference data for continuing improvement of the RBF system. The investigations and constructions in the long term plan potential areas include the areas in Amphoe Chiang Saen and Amhoe Mae Sai, Chiang Rai Province; Amphoe Sri Chiang Mai, Nong Khai Province; Amphoe Sam Ngao, Amphoe Muang, and Amphoe Mae Sod, Tak Province; and Amphoe Hat Yai, Songkla Province.

9.3 Design and Preliminary Management of the RBF System in the Pilot Project Areas

The following sections describe the preliminary engineering design, guidelines for connection with existing water supply system, economic assessment, environmental impact, and benefits of the RBF system in the three (3) high potential areas in Amphoe Muang, Chiang Rai Province, Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province, and Amphoe Muang, U Thai Thani Province.

9.3.1 Amphoe Muang, Chiang Rai Province

The most suitable location for the RBF system construction in Amphoe Muang, Chiang Rai Province is location KKCR_PSC01 which is the public land belongs to Chian Rai City Municupality. The location is situated at the inner meandering of the Kok River next to The Mae Fah Luang bridge and immediately next to the area of the Chiang Rai Provincial Water Work, Rimkok District, Amphoe Muang, Chiang Rai Province.

The important consideration for additional field investigation planning and the RBF system construction is the high varying range of turbidity of the river water during the rainy season (700 – 3,000 NTU). The RBF system development at this location must consider the travel time of the river water to the groundwater collector well so as to ensure the efficiency of the turbidity removal by natural filtration to control suitable turbidity for water supply production.

The design and the assessment of the construction cost of RBF system with water supply production capacity of 1200 cu. m./hour (water demand in the next 10 years) shows that the impacted areas from groundwater level lowering is about 25 Rai in which no households are found. The benefits from the RBF system development in terms of water users are 19,200 households. The saving costs for the construction of the RBF system comparing to the original water supply production system is about 77.72 million Baht and save nearly 39.2 million Baht for the operation cost. The evaluation of the economic feasibility shows high cost-effective with the NPV value of 56.24 million Baht, B/C Ratio of 2.11, and the EIRR of 51 %. The fee for the water supply at the break even point is 3.07 Baht/ cu. m.

9.3.2 Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province

The location PIKP_PSC04 is selected for the pilot RBF system construction in the area of Amphoe Muang, Kamphaeng Phet Province. The advantage of this location is that the location is situated in the area of the Nong Pling water supply production station which is belonging to the Kamphaeng Phet Provincial Water Work Authority. This would facilitate the connection of the RBF system to the existing water distribution system and easy to manage.

The design and the assessment of the construction cost of RBF system with water supply production capacity of 600 cu. m./hour (water demand in the next 10 years) shows that the impacted areas from groundwater level lowering is about 107 Rai in with 11 households live in the area. However, it is found that there is no groundwater user in the area and, therefore, the environmental impact is considered minimal. The benefits from the RBF system development in terms of water users are 9,600 households. The saving costs for the construction of the RBF system comparing to the original water

supply production system is about 35.59 million Baht and save nearly 12.3 million Baht for the operation cost. The evaluation of the economic feasibility is cost-effective with the NPV value of 5.07 million Baht, B/C Ratio of 1.12, and the EIRR of 15.7 %. The fee for the water supply at the break even point is 3.77 Baht/ cu. m.

9.3.3 Amphoe Muang, UThai Thani Province

The most suitable location for the RBF system development in the area of Amphoe Muang, Uthai Thani Province is found at the area of the Koh Tepho water supply production station which belongs to the Uthai Thani Provincial Water Work Authority. The location is situated at the down stream side to the location CPCN_PSC01. The advantages of this location are that it is situated in the water work area which is easy to manage and raw water source is from the Chaophraya River which is the main river with perennial water flow and not high turbidity.

The design and the assessment of the construction cost of RBF system with water supply production capacity of 500 cu. m./hour (water demand in the next 10 years) shows that the impacted areas from groundwater level lowering is about 14 Rai in with 3 households live in the area. No environmental impact from groundwater level lowering is found. The benefits from the RBF system development in terms of water users are 8,000 households. The saving costs for the construction of the RBF system comparing to the original water supply production system is about 24.75 million Baht and save 18.7 million Baht for the operation cost. The evaluation of the economic feasibility found that the construction of the RBF system with the water supply proction capacity at 500 cu. m./hour is not cost-effective with the NPV value of -7.38 (minus) million Baht, B/C Ratio of less than 1, and the EIRR of less than 10 %(1.3%). The construction of the RBF system at this location is not economic cost-effective because of the increasing numbers of water users are small (increasing water demand in B.E. 2565 is 325 cu. m./hour, while the water supply production capacity according to the TOR is 500 cu.m./hour). The investment costs in this case is higher than the return benefits. To make the construction of the RBF system at this location economically feasible, it is suggested that the service areas of the water supply should be expanded and public information dissemination as well as creation of co-operations with local authorities should be carried out to promote the fully use of the produced clean water.

Chapter 10

Reccomendations and workplan of Pilot Riverbank Filtration Projects

The project of Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology (RBF) was assigned into 3 phases namely, Phase I: Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration (RBF) Technology, Phase II: Detailed study, design and construction of RBF system for two pilot areas and Phase III: Study and testing of RBF operation, The protocol and framework of three phases are shown in **Figure 10-1**.

10.1 Workplan of Phase II

As a result of Phase I, there are three highly potential sites for RBF constructions in the short term period plan such as Amphoe Muang, Chaing Rai Province, Amphoe Muang, Uthaithani Province, and Amphoe Muang, Kampaengphet Province. Therefore, the second phase of the project should focus on the additional detailed investigations at the three highly potential areas in order to determine the two pilot sites. Subsequently, detailed hydrogeologic investigations and monitoring system, design and construction of the system will be conducted by collaborating with the owner of the land and connection system to the local water supply. The suggestion procedures are recommended in **Table 10-1**.

10.1.2 Detailed investigation for 3 high potential areas

Assign study area boundaries and comunication of the related agencies. Then additional field investigations within three highly potential areas. The investigation consist of hydrology and hydrogeology survey as river profile survey, stream sediment sampling, seive analysis of the stream sediments and complete analysis for chemical compositions of the steram sedidments, 2D-resistivity survey, piezometer drilling, pumping test, Installation of surfacewater level and water quality equipments, collection of groundwater and surface water to analysis.

Preliminary results of the survey, herewith hydrogeological mapping in scale 1:10,000 for planning and design of RBF. Create mathematical models to simulate the appropriate construction site for RBF, design component of RBF well, potential amount of water available and concluded of study areas for details and the construction of RBF in the next step.

2 areas will be selected for pilot construction before detailed investigation for construction of RBF system. The suggestion procedures are recommended in **Table 10-1**.

Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology (RBF)

Phase I: Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank FiltrationTechnology

1.1 Compilation and analysis of data
1.2 Site selection for RBF development
1.3 Field investigations
1.4 Evaulation of the areas by considering several aspects
1.5 Ranking of the suitability of the study areas
1.6 Publicizing and participatory of the related agencies
1.7 Eastablishment of the master plan for RBF development

Phase II: Detailed study, design and construction of RBF system for two pilot sites and Phase III: study and testing of RBF operation

2.1 Deatailed study of the highly potential areas (3 areas)
2.2 Selection of the most suitable two pilot projects
2.3 Detailed investigations for design and construction within the two pilot sites
2.4 Design and development of RBF for the two pilot sites
2.5 Publicizing and participatory of the related agencies

Phase III: Encourage the RBF System to practical operation

3.1 Pumping test
3.2 Monitoring of water level decline and land subsidence
3.3 Evaluation of the pumping efficiency
3.4 Assessment of RBF operation cost and comparation to other water supply operations
3.5 Publicizing and participatory of the related agencies
3.6 Training DGR personnel and other agencies
3.7 Assessment of the two pilot projects

Figure 10-1 Project Protocol of a Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration Technology (RBF) for 3 phases

10.1.3 Detailed investigation for construction of the two pilot sites

Prior detailed designing, quatity and quality of the aquifer are needed.

Investigation of 100 bore hole (100*100 m2) well spacing is about 10 m,

Collect 3 sediment samples from each well for sieve analysis. Drilling for one well of 12 inches diameter test well and conduct long term pumping test, sampling water and topographic elevation survey within 1:4,000.

The sites are needed to be simulated for testing the depth, direction, length fof each screen, and pumping rate, formulation of database of essential information such as hydrogeologic data, maps,groundwater flow pattern and rates as well as water quality.

10.1.4 Design and construction of the two pilot sites

Preparation and aloocation of lands for two areas by collaborating with Provicial Waterworks Authority are the import step of this period. Detailed design for horizontal wells according to the standard with the discharge rates of the pump of at least 500 m3/hr. Construction of thesystem should be followed the intenational standard and testing the system as well.

Long term pumping of the system should be conducted for at least 45 days, by the same time, water level in exiting wells should be monitored. Water samples should also collected from time to time for analyze for chemical compositions. Moreover, program of operation, maintenance, monitoring of the system should be setup during the system operation. Evaluation of technical risk must be proposed.

10.1.5 Publicing and participatory

Publicing and technical hearing for the participatory agencies is a step of introducing the project Phase II. During the operation of the pilot project, encouragement of paticipatory, public hearing of the related personnel are promoting the project.

10.2 Workplan of Phase III

Phase III consists of testing of the operation system by continueously pumping water for 360 days. During this operation, monitoring of necessary parameters should be simultaneously done, such as water level (every month) in all exising observation wells (every month) , water quality of surcewater and groundwater, land subsidence (every 4 months).

Public hearing for participatory agencies should be done by collaborating with the Deparment of Groundwater Resources and Provicial Waterworks Authority of Thailand and other agencies. Introducing the know how of the RBF system, operation methodology, miantenace, cost and benefit , problem concerns and problem solving mehods.

Evaluation of the RBF Project Phases II and III should be summarized the aspects of engineering suitability, economics, social and environments. These items will be lead to revise the master plan of the RBF system and they will be taken to apply for the whole country as Tabulated in **Table 10-2**.

Table 10.1-1 Operation plan for Pase II:Feasibility Study on Large Scale Groundwater Resources Development Using Modern Riverbank Filtration (RBF) Technology

No.	Activities	Operation period (month)																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	**Detailed study of the highly potential areas (Chaing rai, Kamphangphet and Uthaithani**																		
1.1	Assign study area boundaries and comunication of the related agencies																		
1.2	Additional field investigations within three hgihly potential areas																		
	1) River profile survey, 3 lines for each area																		
	2) Stream sediment sampling by hand auger at least 3 m. deep, 3 holes for each area																		
	3) Seive analysis of the stream sediments																		
	4) Complete analysis for chemical compositions of the steram sedidments in 3 holes, 3 samples from one																		
	5) 2D-resistivity survey for 3 area, 6 line (300 m/line) for each site																		
	6) Piezometer drilling (PVC ∅ 2") 1o wells for each area, well deep of about 50 m.																		
	7) Test well with geophysical logging (PVC ∅ 8") , 1 well for each area																		
	8) Pumping test for at least 168 hours or 7 days																		
	9) Installation of surfacewater level and water quality equipments, one set each area																		
	10) Installation of water level and water quality in wells, 3 sets for one area (taken from Phase I)																		
	11) Collection of groundwater samples to complete analysis from 5 observation wells, 3 times from each well prio during and post pumping test, toatoal of 15 samples per area																		
	12) collection of groundwater samples to complete analysis from pumpingwater, one sample a day for 7 days, 7 samples																		
	13) Collection of surface water to complete analysis 3 sample an area																		
	14) Leveling of the head well elevations (100 wells)																		
1.3	Setup the initial numerical miodelling for the area																		
1.4	Summary of the results of site selction for the two RBF pilot areas																		
2	**Detailed investigation fro design and construction RBF for 2 pilot sites**																		
2.1	Land aloocation																		
2.2	Assign the location of the RBF construction and its boundary																		
2.3	Additional investigation for two pilot sites																		
	1) Measurement of river velocity once a month for 12 months, 3 locations for each aea																		
	2) Infiltration and clogging experiment at the two pilot sites for 6 months period and sampling two water samples for partial analysis, three location within two areas, total of 36 samples																		
	3) Driling of investigation wells 100 wells (area of 10 by 10 m.) , 50 m deep for each well																		
	4) Drilling and installation of piezometer nests (PVC ∅ 2") 10 nests, 4-6 wells per nest at the depth of 5 to 40 meters with the total depths of 120 m for each nest																		
	5) Drilling nd installation of piezometer (PVC ∅ 2") at 500 m from the constructed spots, 100 wells with																		
	6) Drilling and installation of test well and geophysical logging (PVC ∅ 12") one well for each area																		
	7) Long term pumping test in the 12 " well for 720 hours or 30 days																		
	8) Collection of groundwater samples for partial analysis 10 samples, one sample a day for 30 days (during pumping), totla of 300 samples for each area																		
	9) Collection of groundwater samples for partial analysis from pumping well, one sample a day for 30 days, total of 30 samples from each area																		
	10) Seive analysis of sediments from test wells (12") 20 samples a well																		
	11) Seive analysis of sediments frominvestigation wells (2") , 100 wells, 3 samples a well 20 samples a																		
	12) Collection of surface water to partial analysis , one location, one saple a day for 30 days (during pumping) total of 30 samples for each area																		
	13) Land leveling of the areas																		
2.4	Establishment of the numerical modeling for initial design for construction																		
2.5	Establishment of database and detailed hydrogeologic maps with a sclae of 1:4,000																		
3	**Design and delopment of RBF for two pilot areas**																		
3.1	Detailed design RBF System																		
3.2	Construction and development of RBF system																		
3.3	Long term and continous pumping test for 45 days																		
3.4	Analysis of complte groundwater samples for 45 samples from each area																		
3.5	Survey and installation of land elevation (benchmark) for monitoring land subsidence																		
3.6	Setup the test program of operation the system																		
4	**Establishment of Geographic information System**																		
5	**Publicing and participatory**																		
5.1	Technical Conference for initiation of the project																		
5.2	technical meeting for related agencies for two pilot areas																		
5.3	Final presentation and conference of Phase II																		
6	**Submission of the project**																		
6.1	Inception Report 20 sets																		
6.2	Progress Report I 20 sets																		
6.3	Progress Report II 20 sets																		
6.4	Interim Report 20 sets																		
6.5	Progress Report III 20 sets																		
6.6	Drat final Report 20 sets																		
6.7	Final Report and excutive report 50 sets																		

Main plan   Minor paln   Report submission

Table 10-2 Operation plan for Pase III:Encourage the RBF System to practical operation

No	Activities	Operation period (month)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	**Testign the system**												
1.1	Pumping												
1.2	Monitoring of water level water quality and land subsidence												
1.3	Evaluation of pumping efficency												
1.4	Econimci evaluation												
1.5	Setup Geographic Information System												
1.6	Work plan foor operation and maintenance												
1.7	Publicing and participatory												
1.7.1	Publicing and participatory via website												
1.7.2	technical meeting												
1.8	Training fro DGR staff and other related personnel												
2	**Report submission**												
2.1	Inception Report 20 sets	▲											
2.2	Progress Report I 20 sets				▲								
2.4	Interim Report 20 sets								▲				
2.6	Drat final Report 20 sets											▲	
2.7	Final Report and excutive report 50 sets												▲

Main plan **Minor plan** ▲ **report submission**

References

Caldwell, T., J. , 2006. Presentation of data for factors significant to yield from several river bank filtration systems in the U.S. and Europe. In: River bank filtration hydrology-Impacts on system capacity and water quality, Hubbs S.A. (ed.), Springer Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 299-340.

Central Intelligence Agency, 2553. The World Factbook, https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2097.html, สืบค้นวันที่ 15-09-2553

Cheong, J.Y., Hamm, S.Y., Kim, S.H., Ko, E.J., Yang, K. Lee, J.H., 2009. Estimating hydraulic conductivity using grain-size analyses, aquifer tests, and numerical modeling in a riverside alluvial system in South Korea, Hydrogeology Journal (2008) 16: 1129–1143.

DGR, 2007. Monitoring of Groundwater Contamination from Volatile Organic Compounds in Northern Region Industrial Estate, Mueang District, Lamphun Province, Department of Groundwater Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand (in Thai).

DGR, 2008. Groundwater Standard Formulation for Groundwater Well Drilling, Investigations, and Development, Department of Groundwater Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand (in Thai).

DMR, 1999. Map of groundwater quantity and quality potential in Thailand, Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand (in Thai).

DMR, 2000. Map of groundwater scale 1:100000, Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand (in Thai).

DMR, 2006. Map of groundwater scale 1:250000, Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand (in Thai).

DMR, 2007. Geological map in scale 1:50000, Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand (in Thai).

ESCAP, 1996. Manual on GIS for Planners and Decision Makers, United Nations. New York. p.7-10.

Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), 2009. Infiltration rate and Infiltration test, Annex 2, http://www.fao.org/docrep/. Rome.

Foster, S., Tuinhof, A., Kemper, K., Garduño, H., and Nanni, M., 2006. Characterization of Groundwater Systems key concepts and frequent misconceptions, GW Mate, The World Bank Global Water Partnership Program, Briefing Note Series No.2

Grischek T., Schubert J., Jasperse J.L., Stowe S.M. and Collins M.R., 2007, What Is The Apppropriate site for RBF, ISMAR6 Proceedings, 466-474. Phoenix, USA.

Grischek, T. and Schoenheinz, D., (2003). Siting and Design Issues for Riverbank Filtration Schemes, Riverbank Filtration: Improving Source-water Quality, Water Science and Technology Library (291-302)

Harbaugh, A.W., Banta, E.R., Hill, M.C., and McDonald, M.G., 2000, MODFLOW-2000, the U.S. Geological Survey modular ground-water model -- User guide to modularization concepts and the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Open-File Report 00-92, 121 p.

Hiscock, K.M. and Grischek, T., (2002). Attenuation of groundwater pollution by bank filtration, Journal of Hydrology 266 (2002) 139–144

Hubbs S.A., 2006. River bank filtration hydrology-Impacts on system capacity and water quality, Springer Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 299-340.

Hubbs, S.A., (2004). Riverbank Filtration Hydrology, Impacts on System Capacity and Water Quality. NATO Science Series.

Jarurat, U., Woranissarakul, J., 2002. Water Supply Engineering and Sanitation. Bangkok, King Mongkut's University of Technology Thonburi (in Thai).

Kelson, V. 2012. Predicting collector well yield with MODFLOW. Groundwater. DOI: 10.1111/j.1745-6584.2012.00910.x.

LDD, 2003. Land use map, Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand (in Thai).

Lee, S. I., and Lee, S. (2008). Site suitability analysis for riverbank filtration in the Han River, Korea. Proceedings of the IAHR-APD Congress, 236-239. Beijing : Tsinghua University Press.

Lee, S. I., and Lee, S. (2010). Development of site suitability analysis system for riverbank filtration. Water

Logan, J., (1964), Estimating transmissibility from routine production tests of water wells, Ground Water, vol. 2, no. 1, pp. 36-37.

Mekong River Commission, 2554. Hydrology data, Available via http://ffw.mrcmekong.org/. Cited 30-04-2011

Michael schön, 2006. Systematic comparison of riverbankfiltration sites in austria and india, Institut für Umwelttechnik, Germany.

Moore, R., V. Kelson, J. Wittman, and V. Rash. 2011. A modeling framework for the design of collector wells. Groundwater. DOI: 10.11/j.1745-6584.2011.00850.x.

NESAC, 2001. Final report of Efficient management of water resources and 25 watersheds management Project, National Economic and Social Advisory Council, Bangkok (in Thai).

PCD, 2012. Surface water quality in Thailand 2011. Water Quality Management Bureau, Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand (in Thai).

PCD, 2012. Surface water quality in Thailand during 2007-2010. Water Quality Management Bureau, Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand (in Thai).

PWA, 2010. Water quality and control. The development of water resources, Provincial Waterworks Authority, Bangkok, Thailand. Avialable via http://www.pwa.co.th/document/performance_water.htm. Cited 07-05-2010 (in Thai)

PWA, 2011. Summary of water supply of Thailand. The development of water resources, Provincial Waterworks Authority, Bangkok, Thailand. Avialable via http://wr.pwa.co.th/index2.php?id2=00&&part=1&&wreg=9&&w_year=2012. Cited 15-10-2011 (in Thai).

Ray, C., Melin, G., and Linsky, R.B., (2003), Riverbank Filtration: Improving Source-water Quality, Water Science and Technology Library.

RID, 2003, Study of Master plan for the development of water resources and irrigation improvement project for Thailand development plan No. 9, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand (in Thai).

RID, 2009. Location of hydrostation map, Office of water management and hydrogeology royal irrigation department, Thailand. Available via http://water.rid.go.th/hyd/hyd_isohyetal/hyd_isohyetal.html. Cited 10-03-2011 (in Thai).

RID, 2011. Runoff – Monitoring/Report. Hydrology and water management center, Office of water management and hydrogeology royal irrigation department, Thailand. Available via http://hydro-8.com/, http://hydro-5.com/, http://www.hydro-1.net/ and http://hydro-2.com/. Cited (20-23)-04-2011 (in Thai).

Rushton, K.R., 1987. Vertical Flow in Heavily Exploited Hard Rock and Alluvial Aquifers Department of Civil Engineering, University of Birmingham, U.K.

Schubert, J., 2002. German experience with riverbank filtration systems. In: River bank filtration-Improving source water quality, C.Ray, G. Melin, R.B. Linsky (eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 35-48.

Schubert, J., 2006. Significance of hydrologic aspects on RBF performance. In: River bank filtration hydrology-Impacts on system capacity and water quality, Hubbs S.A. (ed.), Springer Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1-42.

Stowe, S. M., P.G., CPG, (2003), Siting and Testing Procedures for Riverbank Filtration Systems, Riverbank Filtration : The Future is NOW, The Second International Riverbank Filtration Conference, The National Water Research Institute (NWRI), 57-61.

TMD, 2003. Climate statistics for 30-year period (1982-2011) of Thailand. Thai Meteorological Department, Ministry of Information and Communication Technology of Thailand (in Thai).

Todd, D.K., and Mays, L., 2005. Groundwater Hydrology, John Wiley, New York.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
เลขที่ 26/83 ซอยท่านผู้หญิงพหล (ซอยงามวงศ์วาน 54)
ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
โทร : 0-2299-3900 โทรสาร 0-2299-3927

บริษัท เอเชีย แล็ป แอนด์ คอนซัลแตนท์ จำกัด
สำนักงานเลขที่ 184 ซอยพุทธมณฑลสาย 2 ซอย 12
แขวงบางไผ่ เขตบางแค กรุงเทพมหานคร 10160
โทร : 0-2805-6660-3

บริษัท อินเตอร์ วอเตอร์ คอนซัลแตนท์ จำกัด
สำนักงานเลขที่ 599 หมู่ 2 ถนนมตรภาพ
ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
โทร : 043-394252-5

มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาคาร TE05 ชั้น 3 คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 4000
โทร : 043-202700