กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

โครงการพัฒนาและจัดทำหลักสูตรช่างเจาะน้ำบาดาลและหลักสูตรวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560

คู่มือการฝึกอบรมหลักสูตรวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา

จัดทำโดย : สถาบันวิจัยทรัพยากรน้ำใต้ดิน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มิถุนายน 2561

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

โครงการพัฒนาและจัดทำหลักสูตรช่างเจาะน้ำบาดาล และหลักสูตรวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560

คู่มือการฝึกอบรมสำหรับวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา

จัดทำโดย

GWRI

สถาบันวิจัยทรัพยากรน้ำใต้ดิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มิถุนายน 2561

คู่มือการฝึกอบรมสำหรับวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา

เจ้าของโครงการ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จัดทำโดย

สถาบันวิจัยทรัพยากรน้ำใต้ดิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กระทรวงศึกษาธิการ

ที่ปรึกษาโครงการ

1. นางสาวจงจิตร์ นีรนาทเมธีกุล	อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
2. ดร.อรัญญา เฟื่องสวัสดิ์	รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
3. ดร.อรนุช หล่อเพ็ญศรี	รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

คณะกรรมการตรวจสอบงาน

1. ดร.ทัศนีย์ เนตรทัศน์	ประธานกรรมการ
2. นายประสิทธิพร จิตต์วารี	กรรมการ
3. นางสาวพิมพ์ชนก ภู่ประดับ	กรรมการ
4. นายณัฐพร สกุลแก้ว	กรรมการ
5. ดร.มนัสวี เฮงสุวรรณ	กรรมการ

คณะที่ปรึกษา

1. รศ.ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีสุข	หัวหน้าโครงการ
2. นายธีรวัชร อินทรสูต	ผู้เชี่ยวชาญด้านการเจาะน้ำบาดาล
3. นายวันชัย โสตถิกุล	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยาหรืออุทกธรณีวิทยา
4. นางสาวเกวรี พลเกิ้น	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมเครื่องกลหรือวิศวกรรมแหล่งน้ำ
5. นายประยุทธ เสนชัย	นักธรณีวิทยาหรืออุทกธรณีวิทยา
6. นางสาวศิรินภา สมบัติภูธร	ผู้ประสานงานโครงการ
7. นางสาวขนิษฐา อุตมูล	ผู้ประสานงานโครงการ

คำนำ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการส่งเสริมความรู้ความสามารถของช่างเจาะน้ำบาดาลตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 และให้บริการปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่ช่างเจาะน้ำบาดาล และวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา รวมทั้งจัดให้กรมทรัพยากรน้ำบาดาลจัดการฝึกอบรมสัมมนาทางวิชาการเจาะน้ำบาดาล และมีการออกหนังสือรับรองช่างเจาะน้ำบาดาลและวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา ให้แก่ผู้อบรมที่สอบผ่านการวัดผล ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกำหนด โดยที่ผ่านมามีการฝึกอบรมให้แก่วิศวกรหรือนักธรณีวิทยา รวมทั้งสิ้น 21 รุ่น กรมทรัพยากรน้ำบาดาลเห็นควรให้มีการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา จึงได้มอบหมายให้สถาบันวิจัยทรัพยากรน้ำใต้ดิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นผู้ดำเนินการโครงการพัฒนาและจัดทำหลักสูตรช่างเจาะน้ำบาดาลและหลักสูตรวิศวกรหรือนักธรณีวิทยาประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

หลักสูตรวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา เป็นหลักสูตรที่เน้นการให้ความรู้ด้านทรัพยากรน้ำบาดาลและการเจาะน้ำบาดาล ทั้งในระดับพื้นฐานและระดับที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญการเจาะน้ำบาดาลเป็นอย่างดี เพื่อให้วิศวกรและนักธรณีวิทยาสามารถปฏิบัติหน้าที่เป็นผู้กำกับ ดูแล และรับรองรายงานการเจาะน้ำบาดาลของช่างเจาะน้ำบาดาลในเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลขนาดบ่อน้ำบาดาลที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรุบ่อตั้งแต่ 150 มิลลิเมตร (6 นิ้ว) ขึ้นไป และนอกเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรุบ่อตั้งแต่ 200 มิลลิเมตร (8 นิ้ว) ขึ้นไป ได้ เนื้อหาของหลักสูตรประกอบด้วย 6 บท ได้แก่ **บทที่ 1) ความรู้ทั่วไป**: ยุทธศาสตร์บริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล ระยะ 20 ปี ภาวะผู้นำและประสิทธิภาพการทำงาน จริยธรรมและจรรยาบรรณในวิชาชีพช่างเจาะ และการจ้างงานของภาครัฐและมาตรฐานการตรวจรับงานเจาะน้ำบาดาล **บทที่ 2) ความรู้พื้นฐานทางอุทกธรณีวิทยา**: ธรณีวิทยาเบื้องต้น อุทกธรณีวิทยาเบื้องต้น การสำรวจแหล่งน้ำบาดาล การอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาล และระบบฐานข้อมูลทรัพยากรน้ำบาดาล/สารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาล **บทที่ 3) การเจาะน้ำบาดาล**: ความปลอดภัยและข้อควรคำนึงพื้นฐานในการเจาะน้ำบาดาล เครื่องเจาะน้ำบาดาลแบบหมุน เครื่องเจาะน้ำบาดาลแบบผสม น้ำโคลน การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล การเก็บตัวอย่างตะกอน ดินและหิน การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ การคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ การอุดกลบบ่อน้ำบาดาลที่มีปัญหาและเลิกใช้ การบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล การควบคุมและกำกับงานเจาะน้ำบาดาล ปัญหาและการแก้ปัญหาในการเจาะ การเขียนรายงานเจาะ **บทที่ 4) กฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล และกฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง**

กิตติกรรมประกาศ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ขอขอบพระคุณที่ปรึกษาสถาบันวิจัยทรัพยากรน้ำใต้ดิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น เจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลจากฝ่ายต่างๆ ผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งประกอบด้วย นายเจริญ เชื่อมไธสง นายวิฑิต ศิริโภคากิจ นายธีรศักดิ์ ตั้งสุทธินนท์ และนายสุวัฒน์ พลศิลป์ ผู้แทนแทนนักธรณีวิทยาหรือนักอุทกธรณีวิทยา นางสาวสมคิด บัวเพ็ง และนายสัมฤทธิ์ ชุษณะทัศน์ ผู้แทนสมาคมอุทกธรณีวิทยาไทย นายสมชัย วงค์สวัสดิ์ และนายสุรทิน ชัยสมภู ผู้แทนสมาคมน้ำบาดาลไทย นายพอพล แย้มจินดา และนายสมรรถ ราชัยธร ผู้แทนวิศวกรเครื่องกลและช่างเจาะ นายสุนทร พุ่มจันทร์ ผู้แทนสถาบันการศึกษาจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งผู้แทนจากบริษัทเอกชน ได้แก่ บริษัท จิว ซ่ง ฮวด และบริษัท ส. แสงหัตถการ ที่ให้ข้อเสนอแนะและร่วมระดมความคิดเห็นในการพัฒนาหลักสูตรช่างเจาะน้ำบาดาล และหลักสูตรวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการจัดทำโครงการพัฒนาและจัดทำหลักสูตรช่างเจาะน้ำบาดาลและหลักสูตรวิศวกรหรือนักธรณีวิทยาประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

รายละเอียดของหลักสูตร

การเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล สำหรับวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา

คำอธิบายของหลักสูตร

หลักสูตรวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา เป็นหลักสูตรที่เน้นการให้ ความรู้ด้านทรัพยากรน้ำบาดาล และการเจาะน้ำบาดาลทั้งในระดับพื้นฐานและระดับที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญการเจาะน้ำบาดาลเป็นอย่างดี เนื้อหาของหลักสูตรประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ หลักสูตรภาคบรรยาย ประกอบด้วย 4 บท **บทที่ 1) ความรู้ทั่วไป**: ยุทธศาสตร์บริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล ระยะ 20 ปี ภาวะผู้นำและประสิทธิภาพการทำงาน จริยธรรมและจรรยาบรรณในวิชาชีพช่างเจาะและการจ้างงานของภาครัฐและมาตรฐานการตรวจรับงานเจาะน้ำบาดาล **บทที่ 2) ความรู้พื้นฐานทางอุทกธรณีวิทยา**: ธรณีวิทยาเบื้องต้นอุทกธรณีวิทยาเบื้องต้น การสำรวจแหล่งน้ำบาดาล การอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาล และระบบฐานข้อมูลทรัพยากรน้ำบาดาล/สารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาล **บทที่ 3) การเจาะน้ำบาดาล**: ความปลอดภัยและข้อควรคำนึงพื้นฐานในการเจาะน้ำบาดาล เครื่องเจาะน้ำบาดาลแบบหมุน เครื่องเจาะน้ำบาดาลแบบผสม น้ำโคลน การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล การเก็บตัวอย่างตะกอน ดินและหิน การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำการคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ การอุดกลบบ่อบาดาลที่มีปัญหาและเลิกใช้ การบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาลการควบคุมและกำกับงานเจาะบ่อน้ำบาดาลที่มีปัญหา การแก้ปัญหาในการเจาะ และการเขียนรายงานเจาะ **บทที่ 4) กฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล และกฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง**: กฎหมายน้ำบาดาล และกฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และส่วนที่ 2 หลักสูตรภาคปฏิบัติ ประกอบด้วย การเก็บและการบรรยายตัวอย่างตะกอน-เศษหิน สาธิตการทำงานของเครื่องจักรกล เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุพร้อมทั้งปฏิบัติการ เจาะในภาคสนาม การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล

สิทธิประโยชน์ของวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา สามารถเป็นผู้กำกับ ดูแล และรับรองรายงานการเจาะน้ำบาดาลที่ใส่ท่อกรุขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 150 มิลลิเมตร (6 นิ้ว) ขึ้นไป ในเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล และการเจาะน้ำบาดาลที่ใส่ท่อกรุขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 200 มิลลิเมตร (8 นิ้ว) ขึ้นไป นอกเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล ตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520

วัตถุประสงค์ของหลักสูตร

1. เพื่อให้วิศวกรหรือนักธรณีวิทยาที่ปฏิบัติหน้าที่ด้านการควบคุมและรับรองงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาลได้เข้าใจในเนื้อหาของงานด้านน้ำบาดาล การเจาะน้ำบาดาลประกอบด้วยความรู้ทั่วไป ความรู้พื้นฐานทางอุทกธรณีวิทยา การเจาะน้ำบาดาล กฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาลและกฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. เพื่อป้องกัน รักษาและอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำบาดาลให้มีแหล่งน้ำบาดาล ที่สะอาดมีปริมาณเพียงพอที่จะนำขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน

<u>พื้นฐานความรู้ของผู้เข้ารับการอบรมที่จำเป็น</u>

- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่าทางวิทยาศาสตร์ (สาขาธรณีวิทยา หรือ เทคโนโลยีธรณี) หรือทางวิศวกรรมศาสตร์ (สาขาวิศวกรรมโยธาหรือ วิศวกรรมแหล่งน้ำ หรือ วิศวกรรมธรณี หรือ วิศวกรรมเหมืองแร่ หรือ วิศวกรรมสำรวจ หรือวิศวกรรมเครื่องกล) หรือเทียบเท่าขึ้นไป
- เป็นสมาชิกสมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย หรือสมาชิกสมาคมอุทกธรณีวิทยาไทย หรือสมาชิกสมาคมวิศวกรเหมืองแร่ไทย หรือสมาชิกสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ หรือได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกร พ.ศ. 2542
- ไม่เป็นข้าราชการพลเรือนสามัญตามพระราชบัญญัติระเบียบข้าราชการพลเรือน พ.ศ. 2551
- ไม่เป็นบุคคลวิกลจริตหรือจิตฟั่นเฟือน ไม่สมประกอบ บุคคลไร้ความสามารถ หรือเสมือนไร้ความสามารถ
- ไม่เคยถูกเพิกถอนหนังสือรับรอง เว้นแต่ระยะเวลาแห่งการถูกเพิกถอนได้ล่วงพ้นไปแล้ว ไม่น้อยกว่า 6 เดือนนับแต่เหตุแห่งการถูกเพิกถอนได้สิ้นสุดลง
- ไม่เคยถูกลงโทษฐานฝ่าฝืนพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.2520 เว้นแต่ระยะเวลาได้ล่วงพ้นไปแล้วไม่น้อยกว่า 6 เดือนนับแต่วันถูกลงโทษครั้งสุดท้าย

<u>วิธีการเรียนการสอน</u>

ภาคบรรยาย : 76 %

ภาคปฏิบัติ : 24 %

<u>วิทยากร</u>

-

<u>วิธีวัดผล</u>

- การทดสอบข้อสอบแบบอัตนัย ที่มีเนื้อหา ความรู้ทั่วไป ความรู้เบื้องต้นด้านอุทกธรณีวิทยา ความรู้ด้านการเจาะและการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล และพระราชบัญญัติน้ำบาดาล
- ภาคปฏิบัติ

<u>วิธีประเมินผล</u>

- สอบข้อเขียน โดยการอิงคะแนน
- ภาคปฏิบัติ

เนื้อหาหลักสูตร (ภาคบรรยาย)

ลำดับ	หัวข้อ	จำนวนชั่วโมง
	บทที่ 1 ความรู้ทั่วไป	**3.0**
1.1	ยุทธศาสตร์บริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล ระยะ 20 ปี	0.5
1.2	ภาวะผู้นำและประสิทธิภาพการทำงาน	0.5
1.3	จริยธรรมและจรรยาบรรณในวิชาชีพ	0.5
1.4	การจ้างงานของภาครัฐและมาตรฐานการตรวจรับงานเจาะน้ำบาดาล	1.5
	บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานทางอุทกธรณีวิทยา	**9.0**
2.1	ธรณีวิทยาเบื้องต้น	1.0
2.2	อุทกธรณีวิทยา	2.0
2.3	มาตรฐานและการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล	1.0
2.4	การสำรวจแหล่งน้ำบาดาล	2.0
2.5	การอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาล	2.0
2.6	ระบบฐานข้อมูลและระบบสารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาล	1.0
	บทที่ 3 การเจาะน้ำบาดาล	**16.0**
3.1	การควบคุมและกำกับงานเจาะบ่อน้ำบาดาล	2.0
3.2	เทคนิคการเจาะน้ำบาดาล	2.0
3.3	เทคนิคการผสมน้ำโคลน	1.0
3.4	การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล	3.0
3.5	การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล	1.0
3.6	การทดสอบคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ	2.0
3.7	การบรรยายตัวอย่างตะกอนดินและหิน	2.0
3.8	ปัญหาและการแก้ปัญหาในการเจาะ	2.0
3.9	การเขียนรายงานการควบคุมและให้คำปรึกษาช่างเจาะน้ำบาดาล	1.0
	บทที่ 4 กฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล และกฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	**3.0**
4.1	กฎหมายน้ำบาดาล	1.5
4.2	กฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	1.5
	รวม	**31.0**

เนื้อหาหลักสูตร (ภาคปฏิบัติ)

ลำดับ	หัวข้อ	จำนวนชั่วโมง
1	การตรวจสอบแร่และหิน	2.0
2	การสาธิตการเจาะและการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (สนาม)	4.0
3	การสาธิตสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล (สนาม)	2.0
4	การวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบ	2.0
รวม		**10.0**

ตารางที่ 1 กำหนดคุณสมบัติประเภทช่างเจาะน้ำบาดาล

ลำดับ	คุณสมบัติ	ช่างเจาะน้ำบาดาล ระดับ 1	ช่างเจาะน้ำบาดาล ระดับ 2	ช่างเจาะน้ำบาดาล ระดับ 3	ช่างเจาะน้ำบาดาล ระดับ 4
1	วุฒิการศึกษา	ความรู้ขั้นพื้นฐานตามภาครัฐกำหนด	ความรู้ขั้นพื้นฐานตามภาครัฐกำหนด	ความรู้ขั้นพื้นฐานตามภาครัฐกำหนด	ไม่ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า
2	ผลงาน	ผ่านการปฏิบัติงานเป็นผู้ช่วยช่างเจาะ ไม่น้อยกว่า 3 ปี และมีผลการปฏิบัติงานมาแสดง	เจาะน้ำบาดาลในชั้นหินร่วน หรือชั้นหินแข็ง ความลึกตั้งแต่ 30 เมตรขึ้นไป รวมจำนวนไม่น้อยกว่า 15 บ่อ	เจาะน้ำบาดาลในชั้นหินร่วน หรือชั้นหินแข็ง ความลึกตั้งแต่ 100 เมตรขึ้นไป หรือบ่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 8 นิ้วขึ้นไป หรือบ่อที่เจาะในพื้นที่มีสภาพอุทกธรณีวิทยาซับซ้อน รวมจำนวนไม่น้อยกว่า 15 บ่อ	เจาะน้ำบาดาลในชั้นหินร่วน หรือชั้นหินแข็ง ความลึกตั้งแต่ 150 เมตรขึ้นไป รวมจำนวนไม่น้อยกว่า 80 บ่อ
3	ผ่านการฝึกอบรม	หลักสูตรช่างเจาะน้ำบาดาลระดับ 1 และเป็นผู้ที่สอบผ่านตามหลักเกณฑ์วิธีการที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกำหนด	ผ่านหลักสูตรช่างเจาะน้ำบาดาลระดับ 1 มาแล้วอย่างน้อย 3 ปี	ผ่านหลักสูตรช่างเจาะน้ำบาดาลระดับ 2 มาแล้วอย่างน้อย 3 ปี	ผ่านหลักสูตรช่างเจาะน้ำบาดาลระดับ 3 มาแล้วอย่างน้อย 3 ปี
4	อื่นๆ				

ที่มา : การประชุมคณะอนุกรรมการทางเทคนิคและวิชาการ การเจาะและการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลครั้งที่ 1/2559 เมื่อวันที่ 27 มกราคม 2559

สารบัญ

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญตาราง

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

สารบัญรูป

หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

บทที่ 1
ความรู้ทั่วไป

ความรู้ทั่วไปสำหรับวิศวกรและนักธรณีวิทยาในการควบคุมและให้คำปรึกษางานเจาะน้ำบาดาล

- **วิสัยทัศน์ ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล**
- **พันธกิจ**
- **องค์ประกอบของยุทธศาสตร์บริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล**
- **ภาวะผู้นำและประสิทธิภาพการทำงาน และ**
- **การจ้างงานของภาครัฐและมาตรฐานการตรวจรับงานเจาะน้ำบาดาล**

1.1 ยุทธศาสตร์บริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579)

1.1.1 วิสัยทัศน์ (Vision)

จากการวิเคราะห์ปัจจัยภายในที่เป็นตัวกำหนดจุดแข็งและจุดอ่อนขององค์กร และปัจจัยภายนอก ที่ก่อให้เกิดโอกาสและข้อจำกัด ในการดำเนินงานบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลขององค์กร ทำให้สามารถกำหนดภาพที่พึงปรารถนาในอนาคต (Tangible Imange) อย่างเป็นไปได้ ภายในระยะ 20 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2560-2579) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ได้ว่า **“น้ำบาดาล เพื่อความสุขของประชาชน”**

1.1.2 พันธกิจ (Mission)

เพื่อให้แผนยุทธศาสตร์กรมทรัพยากรน้ำบาดาล พ.ศ. 2560-2564 สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล ให้เป็นฐานของการพัฒนาที่สมดุล ระหว่างมิติเศรษฐกิจสังคม ตลอดจนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศอย่างมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน มี “ธรรมภิบาล” ตามหลัก “ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” โดยมี “คน” เป็นทั้งผู้ร่วม และผู้รับผลของการพัฒนา ที่สอดคล้องกับเจตนารมร์ของร่างรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2559 นโยบายของรัฐบาล (พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี) กรอบยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปีข้างหน้า แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) แผนยุทธศาสตร์กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2560-2579 ตลอดจนแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำ แผนยุทธศาสตร์กรมฯ ฉบับนี้ จึงมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ด้านต่างๆ ดังนี้

1) วิเคราะห์ สำรวจ และประเมินศักยภาพน้ำบาดาล ที่สามารถนำมารองรับขีดความสามารถในการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจ พร้อมทั้งเป็นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์ และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ

2) ควบคุมกิจการการใช้ประโยชน์จากน้ำบาดาลให้มีประสิทธิภาพและเป็นธรรมเพื่อตอบสนองการดำเนินกิจการทางเศรษฐกิจของภาคอุตสาหกรรม เกษตร และบริการ การดำรงชีวิตของมนุษย์ผ่านการอุปโภค บริโภคของครัวเรือน และผดุงความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศ

3) อนุรักษ์และฟื้นฟู รวมทั้งพัฒนาทรัพยากรน้ำบาดาล และแหล่งน้ำบาดาล ให้มีหรือพลิกฟื้นกลับมามีปริมาณและคุณภาพที่เพียงพอ ต่อการเป็นฐานของการพัฒนาที่สมดุลและยั่งยืนของประเทศ

4) สร้าง ยกระดับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อถ่ายทอดและเผยแพร่องค์ความรู้ วิทยาการ และเทคโนโลยี ด้านการวิเคราะห์ สำรวจ ประเมินศักยภาพ อนุรักษ์ ฟื้นฟู พัฒนา รวมทั้งการให้บริการในการใช้น้ำบาดาลอย่างอนุรักษ์ มีประสิทธิภาพ และเป็นธรรม ออกสู่สาธารณะชนและผู้ใช้บริการรวมทั้งสังคมแห่งการเรียนรู้และร่วมมือระหว่างกัน ทั้งในและต่างประเทศ

5) ยกระดับและเพิ่มขีดความสามารถ องค์ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ในการพัฒนาและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลให้กับบุคลากรและกำลังคนที่เกี่ยวข้อง

1.1.3 องค์ประกอบของยุทธศาสตร์บริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล

เพื่อให้บรรลุถึงวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมายรวม ของการบริหารจัดการน้ำบาดาล เพื่อให้น้ำบาดาลสามารถเป็นฐานของการพัฒนาที่สมดุลและยั่งยืน ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง อย่างมีธรรมภิบาล โดยมี “คน” เป็นเป้าหมายของการพัฒนาฯ ดังกล่าว จึงได้กำหนดยุทธศาสตร์บริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลระย 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) โดยกำหนดเป้าหมายการดำเนินงานช่วงระยะของการพัฒนาออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 (ปี พ.ศ. 2560-2564) ระยะที่ 2 (ปี พ.ศ. 2565-2569) ระยะที่ 3 (ปี พ.ศ. 2570-2574) และระยะที่ 4 (ปี พ.ศ. 2575-2579) มาตอบสนอง ดังนี้

1.1.3.1 ยุทธศาสตร์ ที่ 1 : สำรวจและผลิตน้ำต้นทุนเพื่อตอบสนองความต้องการน้ำด้านอุปโภค บริโภค เกษตร อุตสาหกรรม ท่องเที่ยว และบริการ

1) เป้าประสงค์

มีน้ำบาดาลที่มีคุณภาพและปริมาณเพียงพอ เพื่อการอุปโภค บริโภค ตลอดจนเพื่อสนับสนุนภาคการผลิต ทั้งอุตสาหกรรม เกษตร ท่องเที่ยวและบริการ

2) กลยุทธ์/มาตรการรองรับ

พัฒนาน้ำบาดาล ทำแผนความต้องการใช้น้ำบาดาล เพื่อการอุปโภคบริโภค การผลิต ทั้งด้านเกษตร อุตสาหกรรม ท่องเที่ยวและบริการ ที่พร้อมเผยแพร่ต่อสาธารณะชน โดยดำเนินการ ดังนี้

2.1) เร่งจัดทำแผนพัฒนาการใช้ประโยชน์ของน้ำบาดาลเชิงรุกแบบองค์รวมเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค ภาคการผลิต ทั้งด้านการเกษตร อุตสาหกรรม และบริการ

2.2) เร่งรัดพัฒนาน้ำบาดาลและระบบประปาบาดาลในพื้นที่เป้าหมายให้ครบถ้วน

3) แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ : ภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 1 (**ตารางที่ 1.1.3-1**)

ตารางที่ 1.1.3-1 แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ : ภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 1

แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ	เป้าหมาย			
	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3	ระยะที่ 4
เพิ่มน้ำต้นทุนให้กับระบบประปาหมู่บ้าน	7,649 แห่ง			
พัฒนาแหล่งน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนน้ำดื่มให้กับโรงเรียนทั่วประเทศ	3,145 แห่ง	1,599 แห่ง		
จัดหาแหล่งน้ำบาดาลที่มีคุณภาพเพื่อใช้ในการบรรเทาและแก้ไขปัญหาความขาดแคลนน้ำของน้ำเค็ม	97 แห่ง	150 แห่ง	138 แห่ง	98 แห่ง
ระบบกระจายน้ำบาดาลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	6,641 แห่ง	6,600 แห่ง	6,600 แห่ง	6,583 แห่ง
สำรวจและพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลระดับลึกในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษ	15 แห่ง	25 แห่ง	25 แห่ง	35 แห่ง
River Bank Filtration	12 พื้นที่			
สำรวจ และพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อน เพื่อส่งเสริมการผลิตพลังงานความร้อนใต้พิภพ และอุตสาหกรรมท้องถิ่น	16 แห่ง	40 แห่ง	40 แห่ง	11 แห่ง
สิ่งเสริมการบูรณาการเพื่อการใช้ประโยชน์ทรัพยากรน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่เกษตร (ทั้งในเขตและนอกเขตชลประทาน)	/	/	/	/

1.1.3.2 ยุทธศาสตร์ ที่ 2 : เสริมสร้างศักยภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล

1) เป้าประสงค์

1.1) เสริมสร้างองค์ความรู้และพัฒนาบุคลากร

1.2) บริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศและโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3) บังคับใช้กฎหมายตามหลักธรรมาภิบาล

1.4) เสริมสร้างขวัญและกำลังใจ ภาพลักษณ์ที่ดีขององค์กร พร้อมทั้งเผยแพร่ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อสาธารณะชน

1.5) มีบทลงโทษต่อผู้กระทำความผิดและขวัดขวางการดำเนินนโยบายของรัฐบาล

2) กลยุทธ์/มาตรการรองรับ

คุ้มครองพื้นที่น้ำบาดาล และมาตรการเชิงรับ เน้นการพัฒนาบุคลากร และการจัดการความรู้ พัฒนาระบบฐานข้อมูล การมีส่วนร่วม สร้างแรงจูงใจ เพิ่มแนวทางใช้งบกองทุนฯเผยแพร่ข้อมูลสถานการณ์น้ำบาดาล พัฒนากฎหมาย และเพิ่มการประชาสัมพันธ์ โดยดำเนินการ ดังนี้

2.1) จัดตั้งวิทยาลัยน้ำบาดาลประชารักษ์ บูรณาการและประสานความร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และชุมชน เพื่อเพิ่มศักยภาพด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล โดยบุคลากรปฏิบัติงานตามมาตรฐาน และได้รับการพัฒนาขีดสมรรถะในการปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอในทุกประเภทและระดับชั้น ทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาคโดยมีการพัฒนาองค์ความรู้และการจัดการความรู้ทุกรูปแบบเป็นกลไกสนับสนุน

2.2) จัดตั้งศูนย์นาคราช พัฒนาระบบฐานข้อมูล พร้อมทั้งเร่งรัดการพัฒนาเครือข่าย และระบบรายงานข้อมูลสารสนเทศด้านทรัพยากรน้ำบาดาล ที่พร้อมเผยแพร่ต่อสาธารณะชนและหน่วยงานที่สนใจให้สามารถเข้าถึงได้โดยสะดวก และเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ (DSS) เชิงนโยบายสำหรับผู้บริหารเพิ่มแนวทาง และบทบาทการตรวจสอบแหล่งน้ำบาดาล ที่ระดับน้ำลดต่ำมาก เพื่อวางแนฟื้นฟู พร้อมทั้งฟื้นฟูบำบัดแหล่งน้ำบาดาลที่ได้รับการปนเปื้อน เพิ่มประสิทธิภาพระบบติดตามสถาการณ์น้ำบาดาลและการแจ้งเตือนประชาชน พัฒนาข้อมูลน้ำบาดาลต้นทุนในระดับจังหวัดที่ถูกต้อง แม่นยำ และทันสมัยที่สามารถเผยแพร่เพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจของภาครัฐ ภาคเอกชน และรับทราบโดยทั่วไปของสาธารณะชน

2.3) จัดตั้งกองป้องกันและปราบปรามฯ ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมประชาชน หน่วยงาน องค์กร และผู้ประกอบการต่างๆ ให้ร่วมกันอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและใช้อย่างรู้คุณค่า

2.4) จัดตั้งกองสื่อสารและการมีส่วนร่วม ผลักดัน สร้าง และพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือให้เข้มแข็ง ทั้งในระหว่างหน่วยงานและภาคีที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถรับรู้และแลกเปลี่ยนข้อมูลการบริหารจัดการน้ำทั้งระบบ ทั้งในเชิงอุปทานและเชิงอุปสงค์ และในระดับพื้นที่ เพื่อเสริมสร้างศักยภาพการบริหารจัดการ เฝ้าระวัง และสังเกตการณ์ ในระดับพื้นที่ ลุ่มน้ำ จัดหวัด และชุมชน ที่ครอบคลุมถึงแหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญและพื้นที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำบาดาล ส่งเสริมและสร้างแรงจูงใจให้แก่เจ้าหน้าที่และผู้ประกอบการให้ตระหนักถึงคุณค่าและมูลค่าของแหล่งน้ำบาดาล เพิ่มช่องทางการสื่อสารและประชาสัมพันธ์ให้สาธารณะชนเข้าใจกฎหมายน้ำบาดาล รวมทั้งกฎและระเบียบที่เกี่ยวข้อง อย่างทั่วถึง กว้างขวาง และต่อเนื่อง

2.5) จัดตั้งศูนย์ปฏิบัติการกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ปรับปรุงและพัฒนากฎหมายน้ำบาดาล กฎและระเบียบที่เกี่ยวข้องให้ทันสมัย รวมทั้งระเบียบของกองทุนพัฒนาน้ำบาดาล เพื่อให้เป็นกลไกสนับสนุนภารกิจตามแผนยุทธศาสตร์ฯ พัฒนากฎหมายน้ำบาดาล และเพิ่มมาตรการบังคับใช้กฎหมาย ให้มีประสิทธิภาพและทันสมัย นำมาตรการทางเศรษฐกิจและสังคม ที่เน้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน มาสนับสนุนรวมทั้งปรับปรุงระเบียบกองทุนพัฒนาน้ำบาดาล เพื่อเป็นกลไกสนับสนุนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลได้ครอบคลุมภารกิจตามแผนยุทธศาสตร์ฯได้อย่างคล่องตัวและเป็นธรรม ประกาศเขตคุ้มครองพื้นที่เติมน้ำบาดาลที่สำคัญและมาตรการคุ้มครองที่เกี่ยวข้อง

3) แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ : ภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 2 (**ตารางที่ 1.1.3-2**)

ตารางที่ 1.1.3-2 แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ : ภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 2

แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ	เป้าหมาย			
	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3	ระยะที่ 4
ปรับปรุงและพัฒนากฎหมายที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำบาดาล	ปรับปรุงและพัฒนาให้เข้ากับสถานการณ์			
ส่งเสริม พัฒนาศักยภาพและเพิ่มประสิทธิภาพบุคลากร	ปีละ 500 รายโดยสับเปลี่ยนหมุนเวียน			
จัดทำฐานข้อมูลไอโซโทปของผู้ประกอบกิจการน้ำบาดาล เพื่อกำกับ ควบคุม ดูแลการประกอบกิจกรน้ำบาดาล ตาม พ.ร.บ. น้ำบาดาล	9,400 บ่อ	15,000 บ่อ	16,000 บ่อ	9,800 บ่อ
สำรวจสถานการณ์บ่อน้ำบาดาลและประเมินการใช้น้ำบาดาลเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลของประเทศ (ยกเว้นกรุงเทพมหานคร)	ฐานข้อมูลบ่อน้ำบาดาล 76 จังหวัด			
เสริมสร้างศักยภาพด้านการกำกับ ดูแลการประกอบกิจการน้ำบาดาลตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520	300 ครั้ง	300 ครั้ง	300 ครั้ง	300 ครั้ง
ติดตามประเมินผลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะและเพิ่มขีดความสามารถการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลในองค์กรรวม	/	/	/	/

1.1.3.3 ยุทธศาสตร์ที่ 3 : เสริมสร้างขบวนการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับน้ำบาดาลทั้งนโยบายระดับปฏิบัติ กลุ่มผู้ใช้น้ำบาดาล ภาคเอกชน ภาคประชาชน NGO และระดับลุ่มน้ำ

1) เป้าประสงค์

1.1) บริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลในระดับลุ่มน้ำและจังหวัดมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

1.2) ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนเพื่อเป็นกลไกเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลให้เกิดประโยชน์อย่างทั่วถึง

1.3) เสริมสร้างความเข้มแข็งให้เครือข่ายน้ำบาดาลทั้งภายในประเทศ และนานาประเทศ ทั้งในและนอกภูมิภาค ระดับปฏิบัติ (หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง) รวมทั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำในระดับพื้นที่ลุ่มน้ำ

1.4) สร้างความเป็นผู้นำในประชาคมอาเซียนด้านน้ำบาดาล

2) กลยุทธ์/มาตรการรองรับ

สร้างความเข้มแข็ง ทั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำ และเครือข่ายระดับลุ่มน้ำ โดย

2.1) ศึกษาแนวทางและโครงสร้างของคณะกรรมการลุ่มน้ำหลัก ย่อย และสาขา เพื่อพิจารณาผู้แทนจากกรมทรัยากรน้ำบาดาลที่เหมาะสมร่วมเป็นคณะกรรมการระดับลุ่มน้ำหลัก ย่อย และสาขา

2.2) พัฒนาขีดความสามารถและศักยภาพบุคลากรทุกประเภทและทุกระดับทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค ให้มีความรู้ ความสามารถ ตลอดจนความเชี่ยวชาญ ทักษะ และประสบการณ์ให้ครอบคลุมภารกิจขององค์กรในทุกมิติ โดยมีการสร้างองค์กรแห่งการเรียนรู้และการพัฒนาระบบการจัดการความรู้อย่างเป็นรูปธรรม เป็นกลไกสนับสนุน

2.3) เร่งรัดจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้รับบริการ

2.4) บริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลเป็นรายแอ่ง/รายลุ่มน้ำในแต่ละพื้นที่อย่างยั่งยืน

2.5) เสริมสร้างขีดความสามารถและศักยภาพด้านการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลและการกำกับดูแลการประกอบกิจการน้ำบาดาลของสำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 1-12 อย่างทั่วถึง

2.6) เสริมสร้างบทบาทในการเป็นศูนย์กลางการพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำบาดาลในประชาคมอาเซียน โดยประสานความร่วมมือกับนานาประเทศ ทั้งในและยอกภูมิภาค เพื่อรับการถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เผยแพร่ออกไปสู่ประเทศเพื่อนบ้าน และร่วมมือกันบริหารจัดการแอ่งน้ำบาดาลในภูมิภาคร่วมกัน

3) แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ : ภายใต้ยุทธ์ศาสตร์ที่ 3 (**ตารางที่ 1.1.3-3**)

ตารางที่ 1.1.3-3 แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ : ภายใต้ยุทธ์ศาสตร์ที่ 3

แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ	**เป้าหมาย**			
	ระยะที่ 1	**ระยะที่ 2**	**ระยะที่ 3**	**ระยะที่ 4**
ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล	- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำบาดาล - พัฒนาองค์ความรู้ การร่วมมือทางวิชาการและการพัฒนาระหว่างประเทศในอาเซียน			
กำกับควบคุมการประกอบกิจการน้ำบาดาล	94,800 บ่อ	126,500 บ่อ	136,000 บ่อ	136,000 บ่อ
การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลรายแอ่ง	15 แอ่ง	12 แอ่ง	-	-
การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วม	/	/	/	/
พัฒนาองค์ความรู้และการจัดการความรู้ทุกรู้แบบทั้งจากตัวบุคคลและจากงานวิจัย				
การสนับสนุนกลุ่มผู้ใช้น้ำและภาคีเครือข่ายน้ำบาดาลและเยาวชนน้ำบาดาลให้มีความเข้มแข็ง	/	/	/	/
การรับฟังความคิดเห็นและส่งเสริมสนับสนุนการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล	/	/	/	/
สนับสนุนให้เครือข่ายอาสาพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้าน	/	/	/	/
สนับสนุนและส่งเสริมความรู้ความเข้าใจด้านน้ำบาดาลให้แก่เครือข่าย	/	/	/	/
ผลักดันการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	/	/	/	/

1.1.3.4 ยุทธ์ศาสตร์ที่ 4 : ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมการวิจัย และพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำบาดาล

1) เป้าประสงค์

1.1) ประชาชนได้รับการบริการ และใช้ประโยชน์จาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลได้อย่างเหมาะสม และทันต่อสถานการณ์

1.2) ประชาชนมีแหล่งน้ำสำรองเพิ่มขึ้นในภาวะวิกฤต

1.3) เพื่อให้มีระบบสารสนเทศที่ทันสมัย และเหมาะสมกับการใช้งานในทุกระดับ

1.4) เพื่อให้มีเครื่องมือ อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวก และระบบเทคโนโลยีสารสนเทศอันทันสมัยและจำเป็นต่อการบริหารจัดการและพัฒนาทรัพยากรน้ำบาดาล และให้บริการน้ำบาดาลอย่างเพียงพอและประสิทธิภาพ

2) กลยุทธ์/มาตรการรองรับ

ศึกษา สำรวจ ประเมินศักยภาพ พัฒนา อนุรักษ์ฟื้นฟู กำกับดูแล ควบคุมและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล โดย

2.1) พัฒนาการวิเคราะห์ข้อมูลศักยภาพน้ำบาดาล และประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดทำการประมาณการณ์สมดุลน้ำ (Water Balance) ทั้งด้านอุปทานและอุปสงค์ของน้ำทั้งระบบ ให้มีความพร้อมต่อการสนับสนุนข้อมูลแหล่งน้ำบาดาลในการบริหารจัดการน้ำฯ ในแต่ละพื้นที่ โดยเฉพาะในช่วงเกิดวิกฤตภัยแล้งได้อย่างทันท่วงที

2.2) เร่งรัดจัดการทำแผนที่น้ำบาดาลที่มีความละเอียดสูง ทั้งในระดับรายจังหวัดโดยเฉพาะในพื้นที่หาน้ำยาก รวมทั้งพื้นที่ที่มีแนวโน้มการขยายตัวของเมืองและเศรษฐกิจ ให้ถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้นให้ทันสมันและทั่วถึง พร้อมทั้งต่อการนำไปใช้ประโยชน์ทั้งภาครัฐและสาธารณะชน

2.3) ผลักดันการเข้าถึงแหล่งทุน ทั้งจากงบประมาณ และ/หรือการขอรับการสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาน้ำบาดาล เพื่อการเจาะสำรวจ และศึกษา วิจัย พัฒนา อนุรักษ์ฟื้นฟู และบริหารจัดการแหล่งน้ำบาดาล

2.4) ศึกษา สำรวจ วิจัย พัฒนา อนุรักษ์ฟื้นฟูและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลให้สามารถใช้ได้อย่างยั่งยืน เพื่อตอบสนองความต่อการพัฒนาประเทศในอนาคต

2.5) เร่งรัดการจัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวก พร้อมทั้งพัฒนาระบบสารสนเทศภายในองค์กร ให้ทันสมัย มีคุณภาพ และเพียงพอ พร้อมรับการพัฒนา อนุรักษ์ และให้บริการน้ำบาดาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ : ภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 4 (**ตารางที่ 1.1.3-4**)

ตารางที่ 1.1.3-4 แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ : ภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 4

แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ	เป้าหมาย			
	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3	ระยะที่ 4
ศึกษาสำรวจและจัดทำแผนที่น้ำบาดาลชั้นรายละเอียด มาตราส่วน 1 : 50,000	216 ระวาง	101 ระวาง	-	-
ศึกษาสำรวจและจัดทำแผนที่น้ำบาดาลชั้นรายละเอียด มาตราส่วน 1 : 4,000 ในเขตพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษ และพ้นที่โดยรอบ	2 พื้นที่	3 พื้นที่	3 พื้นที่	3 พื้นที่
บรรเทาและแก้ไขปัญหาการลดลงของระดับน้ำบาดาล โดยการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล	14 แห่ง	24 แห่ง	50 แห่ง	50 แห่ง
วางเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลเพื่อติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล	17 แอ่ง	8 แอ่ง	-	-
สำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล เพื่อการบริหารจัดการทั่วประเทศ	16 แอ่ง	11 แอ่ง	-	-
สำรวจและศึกษาค่าพื้นฐานโลหะหนัก ในน้ำบาดาล	49 แห่ง	-	-	-
เฝ้าระวังคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ทิ้งขยะ	245 แห่ง	-	-	-
สำรวจ ออกแบบ และพัฒนาระบบกักเก็บน้ำใต้ดิน	5 แห่ง	15 แห่ง	15 แห่ง	15 แห่ง
พัฒนาแหล่งน้ำบาดาลเพื่อรักษาระบบนิเวศ	30 แห่ง	60 แห่ง	-	-
สำรวจรังวัดความสูงของภูมิประเทศโดยวิธีการรังวัดและโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมด้วยเทคโนโลยี Interferometer Synthetic Aperture Radar (InSAR)	ติดตามการใช้น้ำบาดาลและการทรุดตัวของแผ่นดินและมาตรการป้องกันในพื้นที่วิกฤตการณ์น้ำบาดาล			
เพิ่มประสิทธิภาพระบบบริการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลอย่างยั่งยืน (Empowerment of Groundwater managering system in sustainable way)	- พัฒนาและเพิ่มศักยภาพบุคลากร อปท. ภาคเอกชน ผู้ประกอบวิชาชีพน้ำบาดาลและองค์กรผู้ใช้น้ำ - พิพิธภัณฑ์น้ำบาดาลและศูนย์การเรียนรู้ - เสริมสร้างศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ขาดแคลนน้ำ - จัดหา วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือเกี่ยวกับเทคโนโลยีสำรวจ พัฒนา/อนุรักษ์			
พัฒนาข้อมูลสารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาลและโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ	/	/	/	/
พัฒนาระบบสารสนเทศที่สะดวกต่อการเข้าถึงและใช้งานในทุกภาพส่วน	/	/	/	/
สำรวจตรวจสอบคุณภาพน้ำบาดาลเพื่ออุปโภค บริโภคทั้งประเทศ	16,700 แห่ง	20,710 แห่ง	20,710 แห่ง	20,710 แห่ง
ศึกษาสำรวจและจัดทำแผนที่ศักยภาพ Air borne 3D	16 ระวาง	11 ระวาง	-	-
สำรวจ ออกแบบ และประเมินศักยภาพเฉพาะแห่งของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนโครงการอันเนื่องจากพระราชดำริ	500 แห่ง	100 แห่ง	-	-

ตารางที่ 1.1.3-4 แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ : ภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 4 (ต่อ)

แผนงาน/โครงการ/กิจกรรมรองรับ	เป้าหมาย			
	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3	ระยะที่ 4
พัฒนาแหล่งน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนโครงการอันเนื่องจากพระราชดำริ	250 แห่ง	250 แห่ง	250 แห่ง	250 แห่ง
ฟื้นฟูระบบทรัพยากรน้ำบาดาลที่เกิดความเสียหายจากภัยพิบัติ (Clean Up)	30,000 บ่อ	30,000 บ่อ	6,000 บ่อ	-
สำรวจ ออกแบบ และประเมินความเหมาะสมการก่อสร้างระบบกระจายน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (One Village One water Supply : OVOWS)	20,000 แห่ง	25,000 แห่ง	25,000 แห่ง	25,000 แห่ง

1.2 ภาวะผู้นำและประสิทธิภาพการทำงาน

ในการบริหารหน่วยงานหรือองค์กร ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานของรัฐบาลหรือเอกชนปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานภายในองค์กร คือการมีผู้บริหารที่มีความรู้ความสามารถและทักษะในการบริหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีภาวะผู้นำของผู้บริหาร ที่จะสามารถนำพาองค์กร ให้มีความเป็นน้ำหนึ่งใจเดียวกันที่ปฏิบัติงานเพื่อมุ่งไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้ร่วมกันได้ภาวะผู้นำเปรียบเสมือนอาวุธประจำกายของผู้บริหาร และผู้นำที่เป็นนักบริหารมืออาชีพที่จะสามารถสร้างอำนาจชักนำและมีอิทธิพลเหนือผู้อื่นตัวชี้วัดการนำของผู้บริหารที่ได้ชื่อว่ามืออาชีพ คือผลสัมฤทธิ์และประสิทธิภาพของงานภาวะผู้นำจึงเป็นตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ และประสิทธิภาพของงานจำเป็นต้องมีบุคคลที่ทำหน้าที่รับผิดชอบในการบริหารซึ่งเราเรียกว่าหัวหน้าหรือผู้บังคับบัญชา (Superior) หัวหน้าหรือผู้บังคับบัญชาจึงมีความสำคัญในฐานะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบในการบริหารให้ประสบความสำเร็จ หัวหน้าบางทีก็เรียกผู้บริหารหรือผู้นำ แต่ละคนจะมีความสำคัญต่อหน่วยงาน เพราะความสำเร็จของการบริหารที่ส่งผลไปสู่ความสำเร็จขององค์กร จะขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้นำที่จะใช้ศักยภาพที่มี ใช้ทรัพยากรทางการบริหาร อันได้แก่ คน งบประมาณวัสดุอุปกรณ์ และวิธีการให้ประสบความสำเร็จได้อย่างไร ความสามารถของผู้นำในการใช้ทรัพยากรบุคคลมาร่วมทำงานด้วยกันจนสำเร็จ จะเกิดจากภาวะผู้นำ

ภาวะผู้นำของผู้นำจึงถือว่าเป็นส่วนสำคัญยิ่งในการบริหารงานให้ประสบผลสำเร็จ การพัฒนาองค์กรให้ก้าวหน้าควรเริ่มต้นที่การสร้างภาวะผู้นำ ให้เกิดกับผู้นำผู้บริหารในฐานะเป็นผู้นำองค์กร จะต้องสร้างความร่วมมือร่วมใจกันในการปฏิบัติงาน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ร่วมกัน นั่นคือผู้บริหารจะต้องเป็นผู้นำ (Leader) ผู้นำจะต้องมีความเป็นผู้นำ หรือภาวะผู้นำ (Leadership)

คำว่า **ผู้นำ (Leader)** กับคำว่า **ภาวะผู้นำ (Leadership)** เป็นคำที่มีความสัมพันธ์กันเมื่อมีผู้นำก็ต้องมีภาวะผู้นำของคนนั้นซึ่งเป็นคุณสมบัติของความเป็นผู้นำที่อยู่ในตนเองที่ทำให้ผู้อื่นรู้สึกสัมผัสการนำเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ผู้นำจึงต้องเป็นผู้ที่มีทั้งศาสตร์และศิลป์อยู่ในตนเองที่สร้างความโดดเด่นใน

กลุ่มทำให้เป็นที่ยอมรับของกลุ่มที่จะให้ความไว้วางใจและเชื่อใจว่าสามารถนำพาไปสู่ความสำเร็จทำให้ได้รับความร่วมมือและที่นอกเหนือไปจากนั้นคือการได้รับความเคารพนับถือ

ผู้นำ หมายถึงบุคคลในกลุ่มที่ได้รับมอบหมายให้กำกับและประสานงานให้กิจกรรมของกลุ่มมีความสัมพันธ์กันซึ่งผู้นำอาจเป็นผู้ที่อาจได้รับการเลือกตั้งหรือแต่งตั้งหรือเป็นผู้ที่แสดงตัวเป็นผู้ที่มีอิทธิพลในกลุ่มเพื่อที่จะกำกับและประสานงานที่จะนำไปสู่เป้าหมายด้วยพลังของกลุ่มเป็นผู้ตัดสินใจเป็นผู้ออกคำสั่งเป็นผู้ขจัดปัญหาการโต้แย้งภายในกลุ่ม

สรุปได้ว่า **ผู้นำ (Leader)** คือ บุคคลที่สามารถชักจูงหรือชี้นำบุคคลอื่น ให้ปฏิบัติงาน สำเร็จตามเป้าหมาย บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพ

ส่วน **ภาวะผู้นำ (Leadership)** การนำองค์กรสู่ความสำเร็จบรรลุเป้าหมายนั้น ผู้นำจำเป็นต้องพัฒนาตนเองให้มีความรู้ความสามารถในการนำรวมถึงการเปิดโอกาสให้ผู้อื่นมีส่วนร่วมในการวางแผนสร้างระบบงานภาวะผู้นำสามารถจำแนกออกได้ 2 ลักษณะ คือในลักษณะของการใช้อำนาจบังคับกำกับควบคุมเพื่อให้ผู้ตามเกิดพฤติกรรมตามที่ตนต้องการเพื่อการบรรลุเป้าหมายส่วนอีกลักษณะหนึ่งก็คือการใช้สัมพันธภาพที่ดีระหว่างผู้นำกับผู้ตามสร้างความเป็นกันเองเพื่อกระตุ้นจูงใจให้ผู้ตามเต็มใจที่จะมีส่วนร่วมหรือมีพฤติกรรมที่พึงประสงค์เพื่อการบรรลุเป้าหมายเช่นเดียวกัน

สรุปได้ว่า **ภาวะผู้นำ (Leadership)** คือ ความสามารถของแต่ละบุคคลในอันที่จะก่อให้เกิดกิจกรรมหรือการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของกลุ่มโดยใช้การชักชวน จูงใจให้บุคคลหรือกลุ่มปฏิบัติตามความคิดเห็น ความต้องการของตนได้ด้วยความเต็มใจ และยินดีที่จะให้ความร่วมมือโดยมีความสำเร็จของกลุ่มหรือองค์กรเป็นเป้าหมาย ดังนั้น ผู้นำคือ ผู้ที่มีอิทธิพลต่อบุคคลหรือกลุ่มในอันที่ก่อให้เกิดการกระทำกิจกรรม หรือการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของกลุ่ม

1.2.1 ลักษณะและบทบาทของผู้นำที่จะทำให้องค์กรประสบความสำเร็จ

ผู้นำเป็นส่วนหนึ่งของการบริหารหรือการจัดการ ผู้จัดการหรือผู้บริหารมีหน้าที่วางแผนและจัดระเบียบให้งานดำเนินไปได้ด้วยความเรียบร้อย แต่ผู้นำมีหน้าที่ทำให้ผู้อื่นตาม และการที่คนอื่นตามผู้นำก็ไม่มีใครรับรองว่า ผู้นำจะนำไปในทิศทางที่ถูกต้องเสมอ ดังนั้นคนที่เป็นผู้นำที่เข้มแข็ง ก็อาจจะไม่ใช่ผู้จัดการหรือบริหารที่ดีได้ หรือผู้บริหารผู้จัดการที่ดีก็อาจไม่ใช่ผู้นำที่ดีก็ได้ดังนั้นถ้าเป็นไปได้องค์กรหนึ่งองค์กรใดที่ต้องการประสบความสำเร็จ ก็ย่อมต้องการผู้บริหาร หรือผู้จัดการที่มีลักษณะเป็นผู้นำดังนี้

1.2.1.1 ต้องมีความฉลาด (Intelligence)

ผู้นำจะต้องมีระดับความรู้และสติปัญญาโดยเฉลี่ยสูงกว่าบุคคลที่ให้เขาเป็นผู้นำ เพราะผู้นำจะต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ บุคคลที่ฉลาดเท่านั้นที่จะสามารถจัดการกับปัญหาต่างๆ หรือเรื่องราวต่างๆ ได้

1.2.1.2 ต้องมีวุฒิภาวะทางสังคมและใจกว้าง (Social Maturity & Achievement Drive)

คือจะต้องมีความสนใจสิ่งต่างๆ รอบตัวอย่างกว้างขวาง มีวุฒิภาวะทางอารมณ์ ต้องยอมรับสภาพต่างๆ ไม่ว่าแพ้หรือชนะ ไม่ว่าผิดหวังหรือสำเร็จ ผู้นำจะต้องมีความอดทนต่อความคับข้องใจต่างๆ

พยายามขจัดความรู้สึกต่อต้านสังคม หรือต่อต้านคนอื่นให้เหลือน้อยที่สุด เป็นคนมีเหตุผล เป็นคนเชื่อมั่นในตนเอง และนับถือตนเอง

1.2.1.3 ต้องมีแรงจูงใจภายใน (Inner Motivation)

ผู้นำจะต้องมีแรงขับที่จะทำอะไรให้เด่น ให้สำเร็จอยู่เรื่อย ๆ เมื่อทำสิ่งหนึ่งสำเร็จก็ต้องการที่จะทำสิ่งอื่นต่อไป เมื่อทำสิ่งใดสำเร็จก็จะกลายเป็นแรงจูงใจท้าทายให้ทำสิ่งอื่นให้สำเร็จต่อไป ผู้นำจะต้องมีความรับผิดชอบอย่างสูง เพราะความรับผิดชอบจะเป็นบันไดที่ทำให้เขามีโอกาสประสบความสำเร็จ

1.2.1.4 ต้องมีเจตคติที่ดีเกี่ยวกับมนุษยสัมพันธ์ (Human Relations Attitudes)

ผู้นำที่ประสบความสำเร็จนั้น เขายอมรับอยู่เสมอว่า งานที่สำเร็จนั้นมีคนอื่นช่วยทำ ไม่ใช่เขาทำเอง ดังนั้น เขาจะต้องพัฒนาความเข้าใจและทักษะทางสังคมที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่น ผู้นำจะต้องให้ความนับถือผู้อื่นและจำต้องระลึกอยู่เสมอว่า ความสำเร็จในการเป็นผู้นำนั้น ขึ้นอยู่กับความร่วมมือกับผู้อื่น และการติดต่อกับบุคคลอื่นในฐานะที่เขาเป็นบุคคล ไม่ใช่ในฐานะที่เขาเป็นส่วนหนึ่งของการทำงานเท่านั้น ผู้นำจะต้องยอมรับศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ของคนอื่น และมีความสนใจร่วมกับผู้อื่น

จะเห็นได้ว่า **ผู้นำ ซึ่งหมายความถึงบุคคลที่ได้รับแต่งตั้งขึ้นมาหรือได้รับการยกย่องขึ้นให้เป็นหัวหน้าผู้ตัดสินใจ** เพราะมีความสามารถการปกครองบังคับบัญชา และจะพาผู้ตามหรือผู้ใต้บังคับบัญชาไปในทางดีหรือชั่วได้ โดยใช้ระบบกระบวนการติดต่อซึ่งกันและกันในอันที่จะให้บรรลุเป้าหมาย และความสามารถที่จะชักจูงผู้อื่นให้ความร่วมมือร่วมใจกับตน ดำเนินการไปสู่จุดมุ่งหมายของตนได้ ดังนั้น การเป็นผู้นำจึงเป็นศิลปะของการที่จะมีอิทธิพลเหนือคน และนำคนแต่ละคนไปโดยที่คนเหล่านั้นมีความเชื่ออย่างเต็มใจ มีความมั่นใจในตัวผู้นำ มีความเคารพนับถือและให้ความร่วมมือกับผู้นำด้วยความจริงใจ เพื่อจะได้ปฏิบัติภารกิจให้ลุล่วงไปด้วยดี ภาวะผู้นำนั้น ย่อมเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งในการบริหารงาน และเป็นจุดรวมพลังของทุกคนในองค์กร ฉะนั้นผู้นำย่อมเป็นหลักที่มีความสำคัญยิ่งในการบริหารงาน

ต่อผู้ใต้บังคับบัญชา และต่อผลงานอันเป็นส่วนรวม คุณภาพ และคุณลักษณะของผู้นำย่อมจะมีผลสะท้อนต่อวิธีปฏิบัติงานและผลงานขององค์กรเป็นอย่างมาก

บทบาทของผู้นำในยุคที่ผ่านๆ มานั้น ถือว่าไม่มีบทบาทที่สำคัญ โดยถือว่าผู้นำเกิดขึ้นโดยกำเนิดหรือเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ แต่ในสภาวะปัจจุบันนี้ ถือว่าผู้นำนั้นสามารถเรียนรู้ ฝึกอบรม และเสริมสร้างขึ้นมาได้ ทั้งนี้เพราะว่าผู้นำได้เป็นที่ยอมรับว่า มีบทบาทสำคัญต่อการบริหาร ลักษณะของผู้นำก็แตกต่างกันไปตามสถานการณ์ ซึ่งทำให้เกิดผู้นำในแบบต่างๆ แต่ลักษณะของผู้นำที่เป็นที่ยอมรับคือผู้นำในฐานะผู้นำทาง ไม่ว่าจะเป็นผู้นำขององค์กร หรือผู้นำทางสังคม **หมายถึง คนที่สามารถชี้ให้คนอื่นดำเนินการไปในทางที่ถูกต้องได้**

ในปัจจุบันเรามักจะมุ่งที่ตัวผู้นำที่สามารถชักจูงให้ผู้ปฏิบัติงานดำเนินงานไปพร้อม ๆ กันอย่างมีประสิทธิภาพ งานขององค์กรจะก้าวหน้าอย่างไรอยู่ที่ตัวผู้นำเป็นสำคัญ ผู้นำจะต้องเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ มากกว่าคนอื่น แก้ปัญหาต่างๆ ได้ สามารถทำให้ผู้ใต้บังคับบัญชาร่วมกันแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างสอดคล้องตามสถานการณ์ต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วจนองค์กรมีขนาดใหญ่และมีความ

สลับซับซ้อนในการบริหารงานตามสถานการณ์ที่ผู้นำต้องมีความสามารถหลายอย่าง ลักษณะการบริหารไม่ได้อยู่ที่ผู้นำคนเดียว แต่อยู่ที่ผู้ปฏิบัติงานทุกคน ดังนั้น ผู้นำในทศวรรษหน้าจะต้องเป็นนักพัฒนา ให้ผู้ใต้บังคับบัญชาแต่ละคนสามารถทำงานได้เองทุกอย่าง ทั้งในงานที่ทำร่วมกัน และงานที่ทำเฉพาะตัวผู้นำในทศวรรษหน้าจะต้องพัฒนาผู้ใต้บังคับบัญชาให้มีความสามารถที่จะทำงานได้เองไม่ได้ขึ้นอยู่กับผู้นำองค์กรหรือหัวหน้างาน

S: Shoulders own responsibility ไม่ปัดสวะ รับผิดชอบงานในหน้าที่ทั้งของตนเอง และลูกน้อง

U: Understands his men ให้ความสนใจและมีความเข้าใจลูกน้อง

P: Progresses เรียนรู้อยู่เสมอ รู้จักปรับปรุงตนเอง แก้ไขข้อบกพร่องไม่ทำตัวเป็นน้ำเต็มแก้วเติมอะไรไม่ได้อีกเลย

E: Enforces all regulations เป็นตัวอย่างที่ดี

R: Respects his men ยอมรับและเห็นความสำคัญของลูกน้องว่าเป็นทรัพยากรมีคุณค่า

V: Visualizes problems รู้จักป้องกันปัญหา ไม่มองข้ามทั้งเรื่องงานไม่ปล่อยให้เรื่องเล็กเป็นเรื่องใหญ่

I: Inspires confidence เสริมสร้างขวัญลูกน้องให้ดี ให้ลูกน้องเชื่อมั่นยอมรับความศรัทธา

S: Sells ideas สร้างความร่วมมือ สามารถจูงใจลูกน้องได้ ขายความคิด

I: Instructs clearly สอนงานเป็น สั่งงานชัดเจน

O: Originates มีความคิดริเริ่ม กระตุ้นและเสริมสร้างบรรยากาศให้ลูกน้องได้มีโอกาสริเริ่มสร้างสรรค์ด้วย

N: Notice performance ให้การยกย่องชมเชย หัวหน้าไม่ควรหวงคำชมเชยลูกน้อง ควรส่งเสริมและให้กำลังใจกันอยู่เสมอ

1.2.2 บทสรุป

ความสำเร็จของการบริหารที่ส่งผลไปสู่ความสำเร็จขององค์กร คือความสามารถของผู้นำที่จะให้ผู้อื่นมีส่วนร่วมในการสร้างพันธกิจแรงจูงใจวิสัยทัศน์ การสร้างระบบการทำงานที่มีประสิทธิผลไปในทิศทางเดียวกันเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ร่วมกันผู้นำที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นผู้นำที่มุ่งทั้งงานและคนโดยใช้แนวความคิดผู้นำเชิงคุณลักษณะแนวคิดผู้นำเชิงพฤติกรรม แนวคิดผู้นำเชิงสถานการณ์ แนวคิดภาวะผู้นำสมัยใหม่และการนำหลักธรรมมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นผู้นำที่ดีมีประสิทธิภาพในยุคโลกาภิวัฒน์ (Phinit Kotakarn, 2559)

บทที่ 2
ความรู้พื้นฐานทางอุทกธรณีวิทยา

ความรู้พื้นฐานทางอุทกธรณีวิทยาสำหรับวิศวกรและนักธรณี ที่จำเป็นที่ใช้ในงานควบคุมและให้คำปรึกษาด้านการเจาะน้ำบาดาลในบทที่ 2 ประกอบด้วย 6 ส่วน ได้แก่

1. ธรณีวิทยาเบื้องต้น
2. อุทกธรณีวิทยา
3. มาตรฐานและการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล
4. การสำรวจแหล่งน้ำบาดาล
5. การอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาล
6. ระบบฐานข้อมูลและระบบสารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาล

2.1 ธรณีวิทยาเบื้องต้น

ธรณีวิทยาสำคัญต่องานเจาะน้ำบาดาลอย่างไร

- แร่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของหิน เมื่อรู้จักแร่ ทำให้ทราบว่าหินที่ทำการเจาะเป็นหินชนิดอะไร
- หินและตะกอนต่างๆเป็นวัตถุตัวกลางที่น้ำไหลผ่านและมีช่องว่างหรือรอยแตกมากน้อยเพียงใด
- หินหรือวัตถุตัวกลางที่อุ้มน้ำเป็นหินชนิดใด มีโครงสร้าง มีการปรากฏตัวอยู่บนเปลือกโลกอย่างไร (การวางตัว กว้าง ยาว และหนาหรือลึก) มีโอกาสกักเก็บน้ำมากน้อยเพียงใด

ธรณีวิทยา เป็นแขนงหนึ่งของวิชาทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวถึงแนวความคิดพื้นฐานและหลักของวิทยาศาสตร์ทางกายภาพในระดับกว้างมากกว่าที่เจาะจงไปในรายละเอียดเหมือนวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น โดยมีวัตถุประสงค์ของวิชา เพื่อเข้าใจถึงประวัติศาสตร์ของโลก สิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัว รวมไปถึงกระบวนการต่างๆ และอิทธิพลของธรรมชาติที่มีต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์

2.1.1 ส่วนประกอบของเปลือกโลกและอายุทางธรณีวิทยา

2.1.1.1 ส่วนประกอบของเปลือกโลก

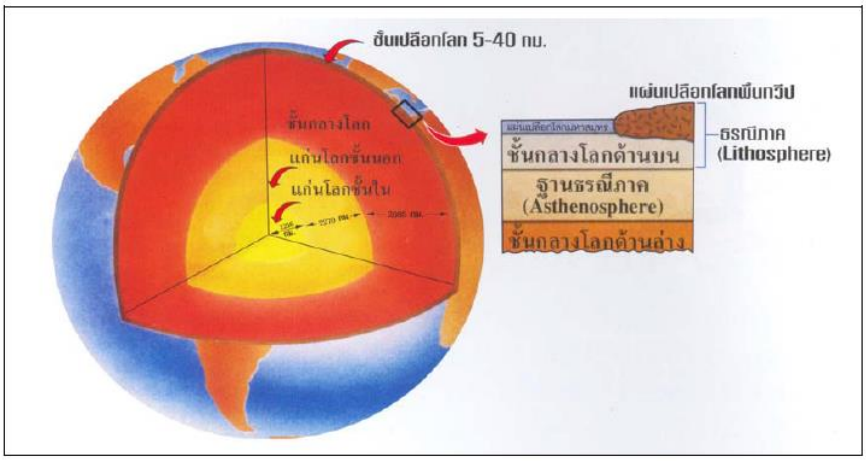
โลกของเรา มีสัณฐานเกือบเป็นวงกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางแนวนอนหรือเส้นศูนย์สูตรยาว 12,755 กิโลเมตร จากการศึกษาคลื่นแผ่นดินไหวทำให้นักวิทยาศาสตร์แบ่งโลกออกเป็นชั้นต่างๆ จากผิวโลกถึงชั้นในสุดได้ 3 ชั้นใหญ่ๆ (**รูปที่ 2.1.1-1**) ดังนี้

1) ชั้นเปลือกโลก (Crust) เป็นชั้นนอกสุดมีความหนาระหว่าง 5-40 กิโลเมตร จากผิวโลก มีสภาพเป็นของแข็งทั้งหมด สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 ส่วน คือ ชั้นเปลือกโลกพื้นทวีป (Continental

crust) มีความหนาแน่นต่ำประกอบด้วยแร่มีธาตุ ซิลิกอน อะลูมิเนียม โปรแตสเซียม และโซเดียมเป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีชื่อเรียกว่า ชั้นไซอัล (sial) และชั้นเปลือกโลกมหาสมุทร (Oceanic crust) มีความหนาแน่นมากกว่าส่วนบน ประกอบด้วยแร่ที่มีธาตุ ซิลิกอน แมกนีเซียม เหล็ก และแคลเซียม เป็นส่วนใหญ่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ชั้นไซมา (sima)

2) ชั้นกลางโลกหรือเนื้อโลก (Mantle) เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างเปลือกโลกกับแก่นโลกมีความหนาประมาณ 2,885 กิโลเมตร มีส่วนประกอบของแมกนีเซียม เหล็กและซิลิกอนเป็นส่วนใหญ่โดยมีธาตุโลหะมากกว่าชั้นเปลือกโลก ชั้นกลางโลกเกือบทั้งหมดเป็นของแข็ง ยกเว้นที่ความลึกประมาณ 70-260 กิโลเมตร มีการหลอมละลายของหินบางส่วน เรียกว่า ชั้นฐานธรณีภาค (Asthenosphere)

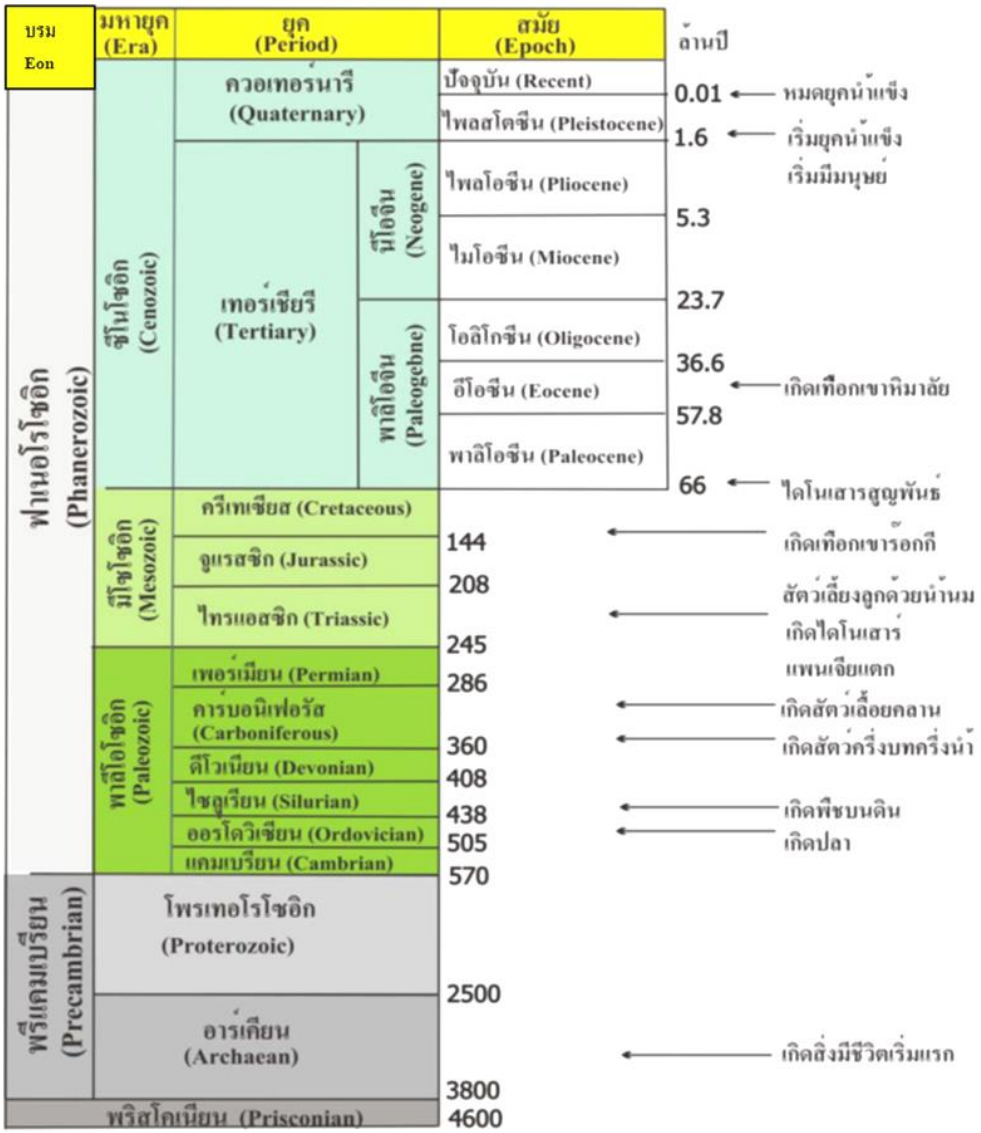
3) ชั้นแก่นโลก (Core) เป็นส่วนชั้นในสุดของโลกมีความหนาแน่นมาก มีรัศมียาวประมาณ 3,486 กิโลเมตร ประกอบด้วยละผสมระหว่างเหล็กและนิเกิล แบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือแก่นโลกชั้นนอก (outer core) มีลักษณะคล้ายของหนืด ยืดหยุ่นแบบพลาสติก แก่นโลกชั้นใน (inter core) เป็นของแข็ง มีความหนาแน่นสูง ทรงกลมขนาดรัศมี 1,216 กิโลเมตร เชื่อว่าประกอบด้วยเหล็กและนิกเกิลเป็นหลัก มีความหนาแน่นมากกว่าหินทั่วไปถึง 5 เท่า (ความถ่วงจำเพาะมากกว่า 17) และมีความร้อนสูงถึง 4,000 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.1.1-1 โครงสร้างของเปลือกโลก (กรมทรัพยากรธรณี, 2559)

2.1.1.2 อายุทางธรณีวิทยา (Geologic Time)

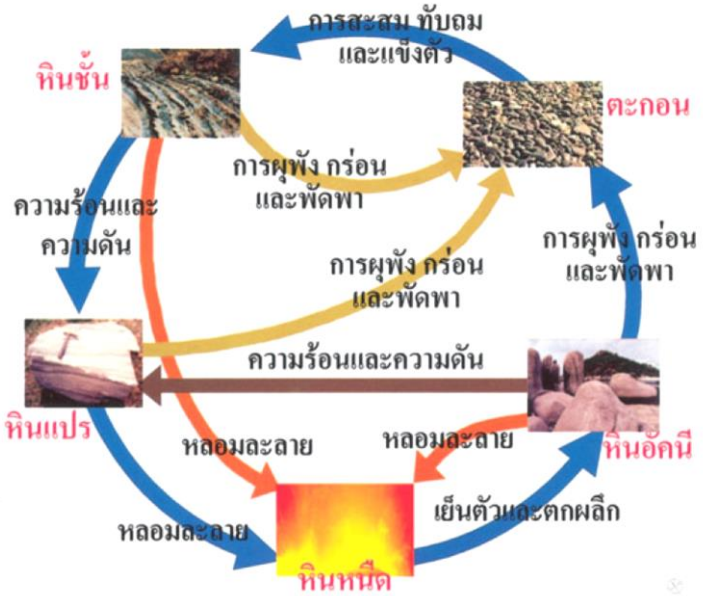
อายุทางธรณีวิทยามีความสำคัญในการช่วยลำดับความสำคัญเหตุการณ์ทางธรรณีวิทยา และช่วยเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกแสดงลำดับอายุทางธรณีวิทยา (**รูปที่ 2.1.1-2**) โดยอาศัยอายุสัมพันธ์จากหลักของความเป็นเอกภาพ หลักทับซ้อน และหลักวิวัฒนาการของซากบรรพชีวิน หน่วยเวลาที่ใหญ่ที่สุดคือ บรมยุค (Eon), มหายุค (Era) แล้วแบ่งย่อยเป็น ยุค (Period) และสมัย (Epoch)



รูปที่ 2.1.1-2 ตารางอายุทางธรณีวิทยา (ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, 2552)

2.1.2 วัฏจักรของหิน

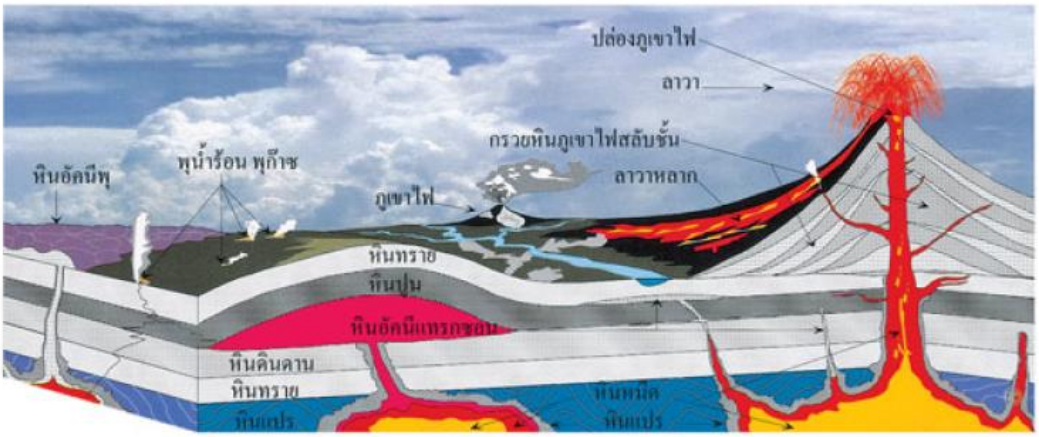
วัฏจักรของหิน (Rock cycle) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของหินทั้ง 3 ชนิด จากหินชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่งหรืออาจเปลี่ยนกลับไปเป็นหินชนิดเดิมอีกก็ได้ (**รูปที่ 2.1.2-1**) กล่าวคือ เมื่อ หินหนืดเย็นตัวลงจะตกผลึกได้เป็น หินอัคนี เมื่อหินอัคนีผ่านกระบวนการผุพังอยู่กับที่และการกร่อนจนกลายเป็นตะกอนมีกระแสน้ำ ลม ธารน้ำแข็ง หรือคลื่นในทะเล พัดพาไปสะสมตัวภายหลังมีสารละลายเข้าไปประสานตะกอนเกิดเป็นหินตะกอน เมื่อหินตะกอนได้รับความร้อนและแรงกดอัดสูงจะเกิดการแปรสภาพกลายเป็นหินแปร และหินแปรเมื่อได้รับความร้อนสูงมากจนหลอมละลาย ก็จะกลายสภาพเป็นหินหนืด ซึ่งเมื่อเย็นตัวลงก็จะตกผลึกเป็นหินอัคนีอีกครั้งหนึ่งวนเวียนเช่นนี้เรื่อยไปเป็นวัฏจักรของหิน กระบวนการเหล่านี้อาจข้ามขั้นตอนดังกล่าวได้ เช่น จากหินอัคนีไปเป็นหินแปร หรือจากหินแปรไปเป็นหินตะกอน



รูปที่ 2.1.2-1 วัฏจักรของหิน (กรมทรัพยากรธรณี, 2559)

2.1.3 ลักษณะเนื้อของหิน

หิน (Rock) เป็นวัตถุที่มีมากที่สุดในโลกเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุอื่นๆ หินมีความแข็งแรงและมีสีต่างๆ หินส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแร่ตั้งแต่ชนิดหนึ่งขึ้นไป (**รูปที่ 2.1.3-1**) หรือบางอย่างอาจประกอบด้วยแร่มากกว่าสิบชนิด หรือประกอบด้วยแร่เพียงชนิดเดียว เช่น หินปูนบริสุทธิ์ ซึ่งประกอบด้วยแร่แคลไซต์เพียงอย่างเดียว เรามักพบเห็นหินอยู่ทั่วไป โดยอาจอยู่ในลักษณะของเศษหินตามทางหรือกรวดตามธารน้ำ ลำคลอง หน้าผา และภูเขาที่มีหินแข็งโผล่อยู่เหนือผิวดิน หินส่วนใหญ่ถูกปิดทับอยู่ใต้ผิวพื้นดิน ในทางธรณีวิทยานั้นได้แบ่งหินตามการกำเนิดออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ หินอัคนี หินตะกอนหรือหินชั้น และหินแปร



รูปที่ 2.1.3-1 กระบวนแทรกดันของหินหนือ แล้วเย็นตัวลงได้เป็นหินอัคนี เมื่อเกิดกระบวนการผุพังทำลายพาไปทับถมได้หินตะกอนแล้วเมื่อผ่านกระบวนการของความร้อนจนกลายเป็นหินแปร (กรมทรัพยากรธรณี, 2559)

2.1.3.1 หินอัคนี

หินอัคนี (Igneous Rock) เกิดจากหินหนืดที่อยู่ใต้เปลือกโลกแทรกดันขึ้นมาแล้ว ตกผลึกเป็นแร่ต่าง และเย็นตัวลง จับตัวแน่นเป็นหินที่ผิวโลก หินหนืดและลาวาเป็นส่วนผสมของธาตุต่างๆ คือ Silica,

Iron, sodium, potassium, etc. เมื่อหินหนืดและลาวาเย็นตัวลงแร่จะตกผลึกและมีแร่ตกผลึกเป็นลำดับ โดยมีกลุ่มแร่ที่ตกผลึกขณะอุณหภูมิสูง และอีกกลุ่มเกิดขณะอุณหภูมิต่ำ ขณะที่กระบวนการดำเนินต่อเนื่อง หินหนืดจะมีแร่ชนิดต่างๆ ตัวหินหนืดเองจะมีแก๊สและไอน้ำ แก๊ส ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งถูกขับออกสู่บรรยากาศ หินอัคนีสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1) หินอัคนีแทรกซอน (Intrusive Igneous Rock)

หินอัคนีแทรกซอนเกิดจากการเย็นตัวลงอย่างช้าๆ ของแมกมาซึ่งอยู่ลึกลงไปใต้เปลือกโลก เมื่อแมกมาดันตัวขึ้นมาสู่เปลือกโลกระดับหนึ่ง จะมีการเย็นตัวลงอย่างช้าๆ แร่มีระยะเวลาตกผลึกมาก ผลึกแร่จึงมีขนาดใหญ่ และจะมีลักษณะเป็นเหลี่ยมหน้าผลึก เกาะประสานตัวกันอย่างแน่นสนิท โดยมีขนาดผลึกแร่ใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร ตัวอย่างหินอัคนีแทรกซอน (**รูปที่ 2.1.3-2)** ได้แก่

• หินแกรนิต (Granite) มีสีจาง ขนาดผลึกใหญ่ มีส่วนประกอบเป็นแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์และแร่ไมกา หินประเภทนี้ใช้ในการทำหินประดับ หินครก หินก่อสร้างและเป็นหินที่พบแหล่งแร่อยู่ใกล้เคียง อาทิ แร่ดีบุก แร่ตะกั่ว สังกะสี แร่หายาก และแร่เฟลด์สปาร์

• หินไดออไรด์ (Diorite) มีสีเข้มกว่าหินแกรนิต สีเขียวประจุดขาว หรือสีดำประจุดขาว ขนาดผลึกใหญ่ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ แร่ไมกา และแร่ฮอร์นเบลนด์ หินประเภทนี้ใช้ทำหินประดับที่มีราคาค่อนข้างสูง หินครก และเป็นหินที่พบแหล่งแร่อยู่ใกล้เคียง อาทิ แร่ทองคำ แร่เงิน และแร่โลหะพื้นฐาน

• หินแกบโบร (Gabbro) มีสีดำเข้ม ขนาดผลึกใหญ่ ประกอบด้วยแร่ไพรอกซีน แร่เฟลด์สปาร์ แร่ฮอร์นเบลนด์ และแร่โอลีวีน หินประเภทนี้ใช้ทำหินประดับที่มีราคาค่อนข้างสูงและเป็นหินที่พบแหล่งแร่ที่เกิดในอุณหภูมิสูงเช่นแร่โครไมต์และแร่นิกเกิลอยู่ใกล้เคียงเช่นกัน

2) หินอัคนีพุ หรือ หินภูเขาไฟ (Extrusive Igneous Rock or Volcanic Rock)

หินอัคนีพุ หรือ หินภูเขาไฟเกิดจากการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วของแมกมาที่มาปะทุออกมานอกผิวโลกเป็นลาวา (Lava) เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าภูเขาไฟระเบิด ถ้าลาวาเหลวมาก (มีความหนืดต่ำ) ลาวาจะไหลเอ่อนองทับถมตัวกัน เมื่อเย็นตัวแข็งจะมีลักษณะเป็นชั้นๆ ได้ การที่หินหนืดปะทุออกมาภายนอกนั้น แร่จะเย็นตัวตกผลึกและแข็งตัวเร็วมาก ผลึกแร่จะมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นเป็นรูปผลึก และหากลาวามีการเย็นตัวลงเร็วอย่างฉับพลันด้วยแล้วและไม่มีเวลามากพอให้เกิดการผลึกของแร่ ผลึกอาจไม่เกิดขึ้นเลย เช่น หินออบซิเดียน (หินแก้วภูเขาไฟ) อย่างไรก็ตาม ลาวาที่ไหลทะลักขึ้นสู่ผิวโลกมักจะมีก๊าซและสารระเหิดอยู่ด้วย เมื่อลาวาถูกพ่นออกมาเย็นตัวนอกผิวโลกส่วนที่เป็นก๊าซจะขยายตัวกระจายไปในอวกาศ เมื่อลาวาเย็นตัวแข็งก็จะเกิดรูพรุนอยู่ทั่วไปในเนื้อหิน เช่นในหินพัมมิซ (Pumice) และหินบะซอลต์ประเภทมีรูพรุน (Vesicular หรือ Scoria Basalt) ตัวอย่างหินอัคนีพุ (**รูปที่ 2.1.3-2)** ได้แก่

• หินไรโอไลต์ (Rhyolte) มีสีขาว ขาวแดงหรือแดงชมพู มักพบผลึกดอก มีปริมาณธาตุซิลิกาค่อนข้างสูง แร่ประกอบหินคล้ายแกรนิต หินประเภทนี้ถ้าเป็นหินผุมักมักใช้เป็นดินขาวและวัสดุปรับปรุงดิน

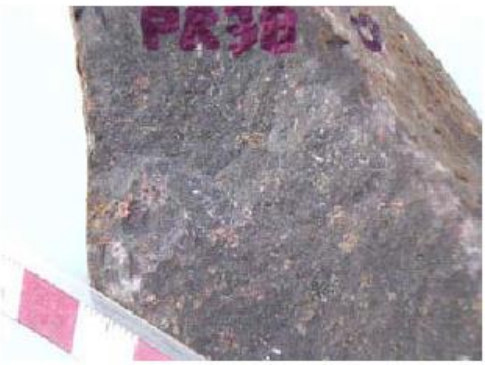
• หินแอนดีไซต์ (Andesite) มีสีเขียว สีเทาเขียว มีปริมาณธาตุซิลิกาปานกลาง แร่ประกอบหินคล้ายหินไดโอไรต์ หินประเภทนี้ใช้เป็นหินประดับ หินก่อสร้างและมีความสัมพันธ์กับแหล่งแร่โลหะมีค่า

• หินบะซอลต์ (Basalt) มีสีเข้ม สีดำ มีปริมาณธาตุซิลิกาต่ำ แต่ปริมาณธาตุแมกนีเซียมและเหล็กสูง มักพบรูพรุน แร่ประกอบหินคล้ายหินแกบโบร หินประเภทนี้มักใช้เป็นหินก่อสร้าง วัสดุปรับปรุงคุณภาพดินและมีความสัมพันธ์กับพลอยและแร่อัญมณีอื่นๆ อีกหลายชนิด

หินแกรนิต

หินแกบโบร

หินแอนดีไซต์



หินบะซอลต์

รูปที่ 2.1.3-2 ตัวอย่างหินอัคนี (กรมทรัพยากรธรณี, 2559)

2.1.3.2 หินตะกอน

หินตะกอน (Sedimentary Rock) เป็นหินที่เกิดจากการสะสมและตกตะกอนทับถมของเศษหิน ดิน ทราย ที่แตกหลุดหรือถูกชะละลายออกมาจากหินเดิมโดยตัวการธรรมชาติ เช่น น้ำ ลม ธารน้ำแข็ง น้ำทะเล พัดพาตะกอนไปทับถมในแอ่งสะสมตัว หลังจากนั้นได้เกิดกระบวนการการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีในตะกอน ทำให้ตะกอนกลายเป็นหิน ภายหลังการสะสมตะกอน กระบวนการนี้อาจเกิดที่ผิวโลกหรือใกล้ผิวโลกก็ได้ กระบวนการนี้รวมถึงการอัด ซึ่งตะกอนขนาดเล็กถูกบีบอัดดีกว่าตะกอนขนาดใหญ่ การเชื่อมประสาน เป็นการตกผลึกของแร่รอบเม็ดตะกอน ซึ่งมักเป็นแร่ควอตซ์หรือแคลไซต์ การเกิดผลึกใหม่ด้วย เช่น การแทนที่ของแมกนีเซียมในหินปูน ทำให้เกิดหินโดโลไมต์ หินชั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ หินตะกอนเนื้อประสม และหินตะกอนเนื้อประสาน

1) หินตะกอนเนื้อประสม (Clastic Sedimentary Rock)

หินตะกอนเนื้อประสมเป็นหินชั้นที่ประกอบด้วยเนื้อตะกอน ประเภทกรวด ทราย เศษหิน และดิน ที่มีการเชื่อมประสานเป็นหิน หินตะกอนเนื้อประสมสามารถจำแนกย่อยได้โดยใช้ขนาดของเม็ดตะกอน เช่น

- หินกรวดมน (conglomerate) ประกอบด้วยเศษหินหรือกรวดมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร ปะปนอยู่กับเนื้อพื้นที่มีขนาดทรายหรือทรายแป้ง มีวัตถุประสานจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์ ซิลิกา ทำให้แข็งตัวเป็นหิน
- หินทราย (sandstone) ประกอบด้วยตะกอนที่มีขนาดเม็ดตะกอนระหว่าง 1/16-2 มิลลิเมตร มีวัตถุประสานที่ทำให้แข็งตัวจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนตเหล็กออกไซด์ ซิลิกา เป็นต้น
- หินทรายแป้ง (siltstone) หินโคลน (mudstone) และหินดินดาน (shale) ประกอบด้วยตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 1/16 มิลลิเมตร มีวัตถุประสานเช่นเดียวกับหินทราย และหินกรวดมน

2) หินตะกอนเนื้อประสาน (Nonclastic Sedimentary Rock)

หินตะกอนเนื้อประสมเป็นหินที่เกิดจากการตกผลึกทางเคมี หรือจากสิ่งมีชีวิต มีเนื้อประสานกันแน่นเป็นรูปผลึก สามารถจำแนกย่อยได้โดยใช้ส่วนประกอบทางเคมี ซึ่งมักพบเพียง 1-2 แร่ ตัวอย่างของหินประเภทนี้ **รูปที่ 2.1.3-3** คือ

- หินปูน (Limestone) ทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ ประกอบด้วย แร่แคลไซต์และ/หรือแร่โดโลไมต์ โดยอาจพบแร่ซิลิกาและแร่ดินเป็นองค์ประกอบบ้าง หินประเภทนี้เป็นหินหลักในอุตสาหกรรมก่อสร้าง หินประดับ และแร่เพื่อการเกษตรและประมง
- หินเชิร์ต (Chert) ประกอบด้วยแร่ซิลิกา สำหรับหินที่มีส่วนประกอบคล้ายกันและมีสีดำเรียกว่าหินฟลินส์ (Flint) หินประเภทนี้มีความแข็งและเหนียวมาก จึงใช้ทำอาวุธหรือเครื่องมือล่าสัตว์ในอดีต
- เกลือหิน (Rock salt) ประกอบด้วยแร่เฮไลต์และซิลไวต์ หินประเภทนี้ใช้ทำเกลือสินเธาว์และปุ๋ยโพแทซ

หินทรายแสดงชั้นเฉียงระดับ

หินกรวดมน

ชั้นหินปูน

ชั้นหินเชิร์ต

รูปที่ 2.1.3-3 ตัวอย่างหินตะกอน (กรมทรัพยากรธรณี, 2559)

2.1.3.3 หินแปร

หินแปร (Metamorphic Rock) เป็นหินที่เกิดจากการแปรสภาพของหินเดิมซึ่งอาจเป็นได้ทั้งหินอัคนี หินตะกอน และหินแปร ภายใต้อิทธิพลของความร้อน หรือความดัน หรือทั้งสองอย่างในสภาพที่ยังเป็นของแข็ง หินแปรอาจแสดงการเรียงตัวของแร่ตามแนวแรงหรือไม่มีก็ได้อย่างไรก็ตาม หินแปรประกอบด้วยแร่ใหม่ซึ่งเกิดจากกระบวนการแปรสภาพหรือการเปลี่ยนรูปทรงของแร่อยู่เสมอ ซึ่งแร่บางชนิดสามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงอุณหภูมิและความร้อนระหว่างที่เกิดการแปรสภาพได้ หินแปรอาจมีส่วนประกอบเหมือนหรือใกล้เคียงกับหินเดิมหรือต่างกันก็ได้ หินแปรสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1) หินที่เกิดจากการแปรสภาพบริเวณไพศาล (Regional metamorphism)

หินแปรที่เกิดจากแปรสภาพบริเวณไพศาลมักพบเป็นบริเวณกว้าง โดยถูกอิทธิพลของความร้อนและความดันทำให้เกิดแร่ใหม่หรือผลึกใหม่เกิดขึ้น หินมีการจัดเรียงตัวของแร่ใหม่ และแสดงริ้วขนาน (Foliation) อันเนื่องมาจากแร่เดิมถูกบีบอัดจนเรียงตัวเป็นแนวหรือแถบขนานกัน

- หินชนวน หรือหินกาบ (Slate) เป็นหินแปรเกรดต่ำที่แปรสภาพจากหินดินดานหรือหินเถ้าภูเขาไฟ มีเนื้อละเอียดมากแบบหินชนวน (slaty texture)
- หินฟิลไลต์ (Phyllite) เป็นหินแปรที่มีส่วนประกอบเช่นเดียวกับหินชนวน แต่มีขนาดแร่ใหญ่กว่า

• หินชีสต์ (Schist) ประกอบด้วยแร่ที่เป็นแผ่นๆเห็นได้ชัดเจน ได้แก่ แร่ไมกา แร่ทัลค์ แร่คลอไรต์ และแร่ที่มีลักษณะเป็นใยปนอยู่ทั่วไป

• หินแอมฟิโบไลต์ (Amphibolite) เป็นหินแปรที่ประกอบด้วยแร่ฮอร์นเบลนด์และเฟลด์สปาร์เป็นหลัก มีการเรียงตัว เนื่องจากแร่ฮอร์นเบลนด์ มักมีสีเขียว สีเทาหรือสีดำ หินประเภทนี้บางครั้งใช้เป็นหินประดับ

• หินไนส์ (Gneiss) เป็นหินแปรเนื้อหยาบ แปรสภาพมาจากหินแกรนิต หินแกบโบร หินไดโอไรต์ หรือหินทราย

หินที่เกิดจากการแปรสภาพสัมผัส เป็นการแปรสภาพโดยความร้อนและปฏิกิริยาทางเคมีของสารละลายที่ขึ้นมากับหินหนืดมาสัมผัสกับหินท้องที่ โดยไม่มีอิทธิพลของความดันมากนัก ปฏิกิริยาทางเคมีอาจทำให้ได้แร่ใหม่บางส่วนหรือเกิดแร่ใหม่แทนที่แร่ในหินเดิม (**รูปที่ 2.1.3-4)** ตัวอย่างหินแปรได้แก่

• หินควอตไซต์ (Quartzite) เกิดจากการแปรสภาพมาจากหินทรายที่มีแร่ควอตซ์เป็นส่วนประกอบหลัก หินควอตไซต์บริสุทธิ์มีสีขาว เหล็กหรือมลทินอื่นๆ มักทำให้มีสีเข้มหรือสีน้ำตาล แร่ควอตซ์ในเนื้อหินมักมีการเชื่อมประสานกัน หินประเภทนี้มีความแข็งและเหนียว

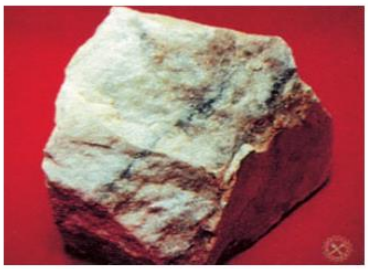
• หินอ่อน (Marble) เกิดจากการแปรสภาพมาจากของหินอ่อนและหินโดโลสโตน มีขนาดเม็ดผลึกเล็กถึงหยาบ โดยมากหินอ่อนมีสีขาว สีอื่นก็มี เช่น ชมพู เหลือง เขียว หินประเภทนี้ส่วนใหญ่ทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ

• หินฮอร์นเฟลส์ (Hornfels) เกิดจากการแปรสภาพจากหินดินดาน มีขนาดเม็ดตะกอนละเอียดมาก สีเทาและดำ รอยแตกโค้งและคมมาก มีความแข็งแรงและเหนียวมาก จึงถูกเรียกว่า “หินเหล็กไฟ”

หินชนวน

หินไนส์

หินควอตไซต์



หินอ่อน

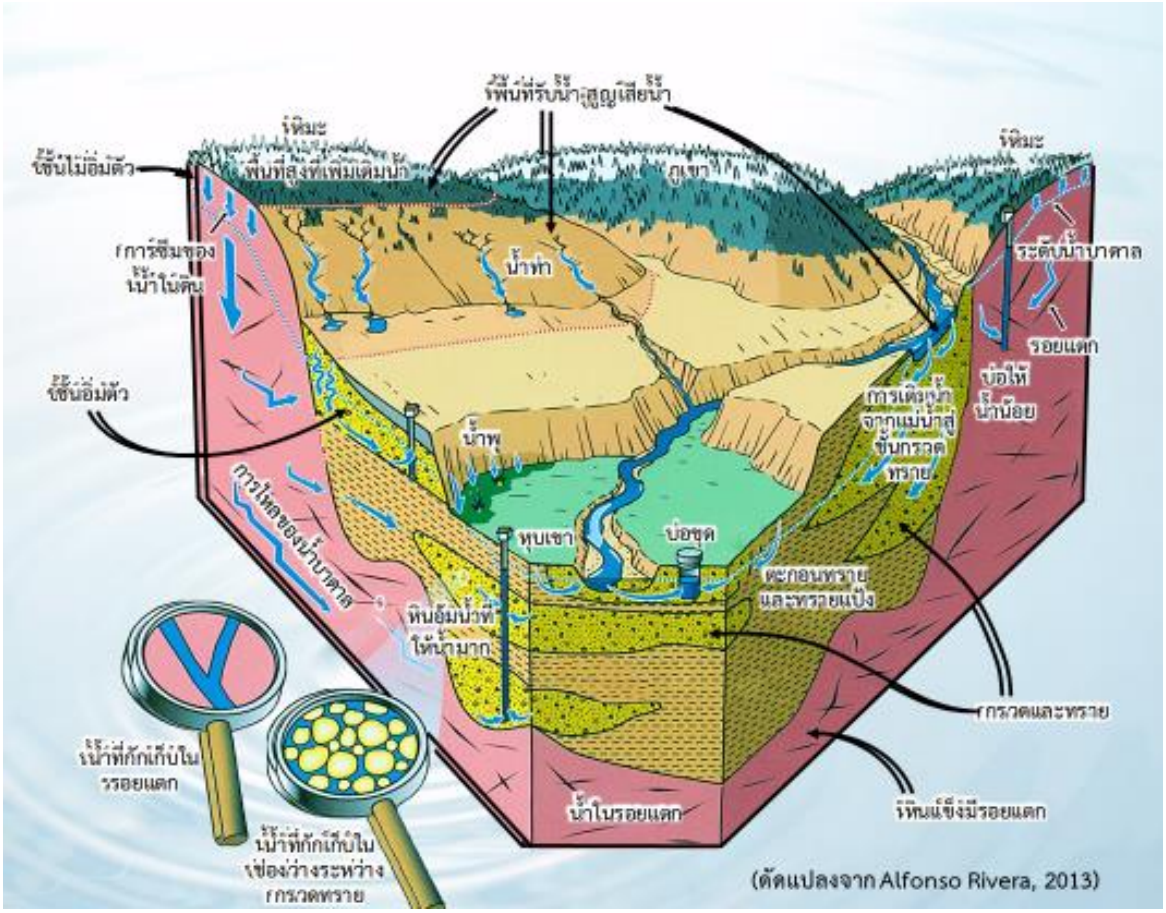
รูปที่ 2.1.3-4 ตัวอย่างหินแปร (กรมทรัพยากรธรณี, 2559)

2.1.4 การเรียงลำดับและโครงสร้างของหิน

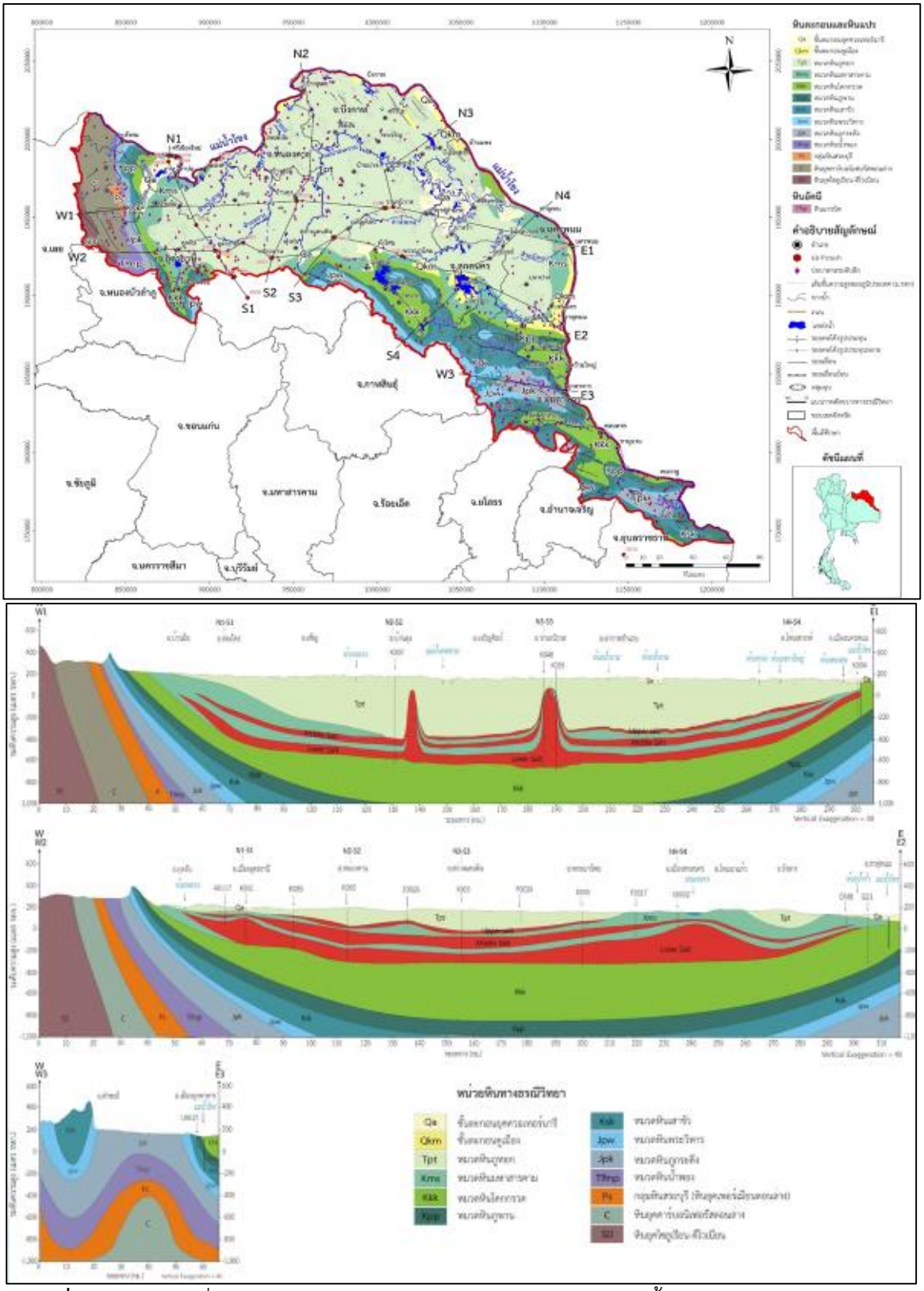
ธรรมชาติและการกระจายตัวของหินอุ้มน้ำ (aquifers) และหินต้านน้ำ (aquitards) ในระบบธรณีวิทยาควบคุมโดย **1) ลักษณะทางกายภาพหรือเนื้อของหิน (Lithology) 2) การเรียงลำดับของชั้นหินและขนาดกว้าง ยาวและหนา (Stratigraphy) และ 3) ลักษณะของโครงสร้างของหินที่เป็นแหล่งกักเก็บและเป็นวัตถุตัวกลางที่ย่อมให้น้ำบาดาลไหลผ่าน**

2.1.4.1 การเรียงลำดับของชั้นหิน (stratigraphy)

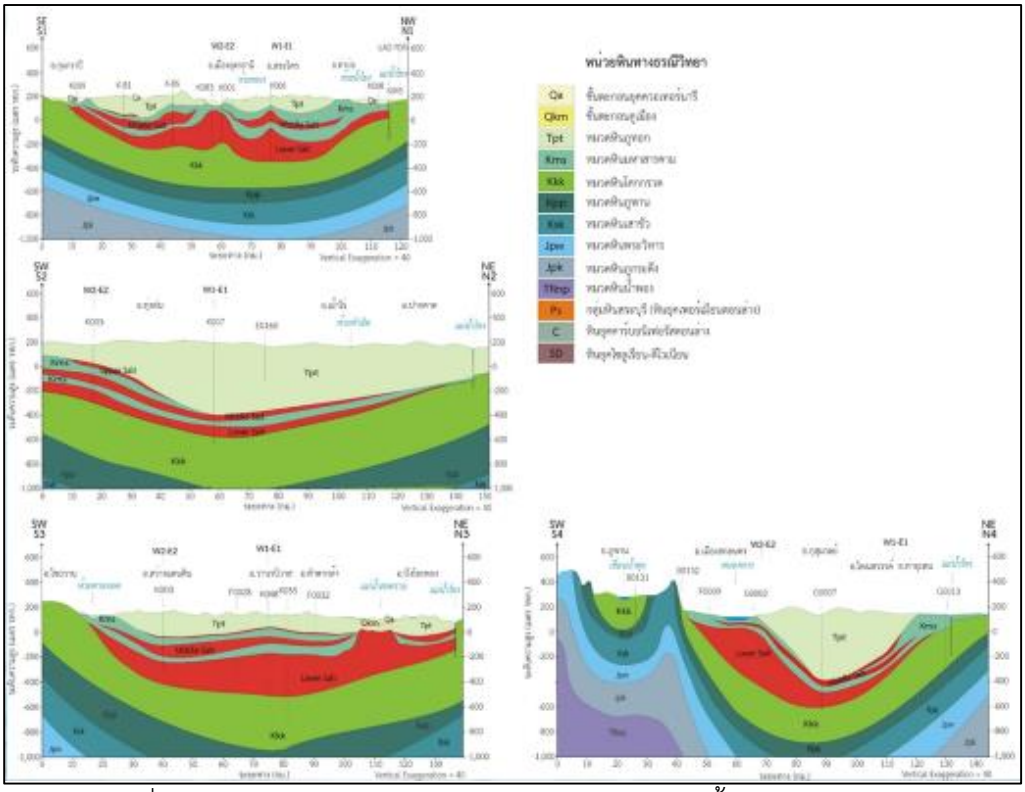
การเรียงลำดับของชั้นหิน (stratigraphy) รวมถึงขนาดรูปร่าง ความหนาและการเรียงลำดับตามการเกิด (อายุ) หน่วยหินต่างๆ หรือชั้นหินของหินตะกอนดังแสดงใน**รูปที่ 2.1.4-1** แผนที่ธรณีวิทยาและภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลอุดรธานี-สกลนครแสดงการวางตัวและโครงสร้างของหินแข็งของหินตะกอนและหินชั้นชุดโคราช **(รูปที่ 2.1.4-2**, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2560ข)



รูปที่ 2.1.4-1 การสะสมตัวของหินแข็ง (หินตะกอนหรือหินชั้น) และตะกอนหินร่วน (ดัดแปลงจาก Rivera, 2013)



รูปที่ 2.1.4-2 แผนที่ธรณีวิทยาและภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลอุดรธานี-สกลนคร แสดงการวางตัวและโครงสร้างของหินแข็งของหินตะกอนและหินชั้นชุดโคราช (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2560ข).



รูปที่ 2.1.4-2 แผนที่ธรณีวิทยาและภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลอุดรธานี-สกลนคร แสดงการวางตัวและโครงสร้างของหินแข็งของหินตะกอนและหินชั้นชุดโคราช (ต่อ) (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2560ข).

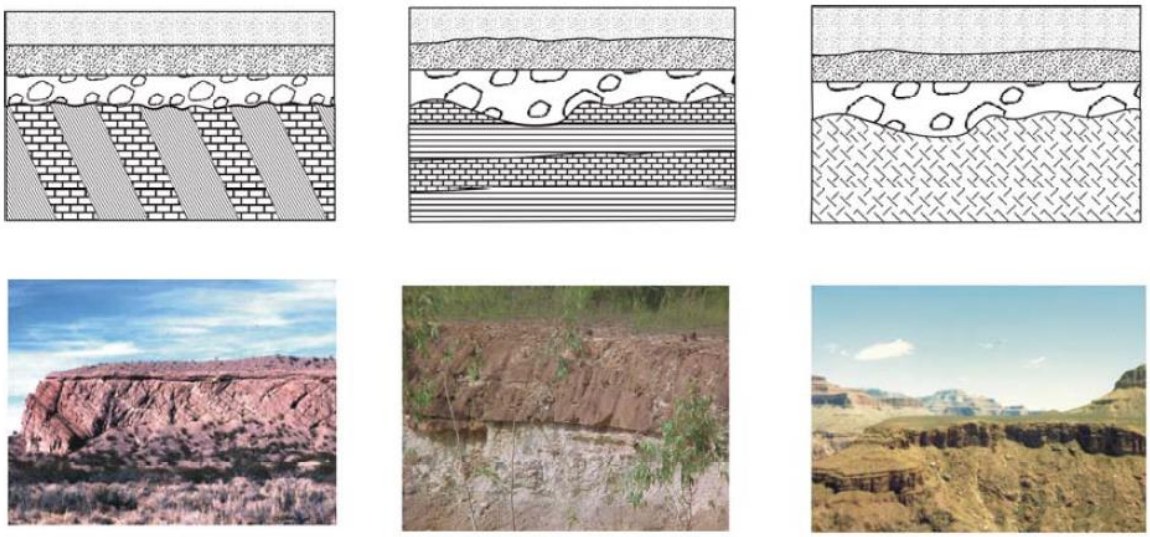
2.1.4.2 โครงสร้างของหิน (Structural features)

ลักษณะของโครงสร้างของหินหิน (Structural features) หมายถึง ลักษณะรูปทรงเลขาคณิตที่เด่น มีรูปร่าง รูปทรงสัณฐาน การกระจายหรือการวางตัว ที่สามารถบรรยายลักษณะเหล่านั้นได้ โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สำคัญ สามารถจำแนกตามชนิดของการเกิดได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ (เพียงตา สาตรักษ์ , 2552) คือ

รอยสัมผัส (contacts) ได้แก่โครงสร้างที่เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการเกิดของหิน หรือเป็นรอยสัมผัสแบบไม่ต่อเนื่อง (unconformity) ดังแสดงใน**รูปที่ 2.1.4-3**

โครงสร้างปฐมภูมิ (primary structures) ได้แก่โครงสร้างที่เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการเกิดของหิน เช่น การวางตัวของชั้นหิน (Bedding) การวางตัวฉันเฉียง (cross-bedding) การวางตัวของชั้นหินเรียงขนาด (graded bedding) ริ้วรอยคลื่น (ripple marks) ระแหงโคลน (mud crack) ดังแสดงใน**รูปที่2.1.4-4**

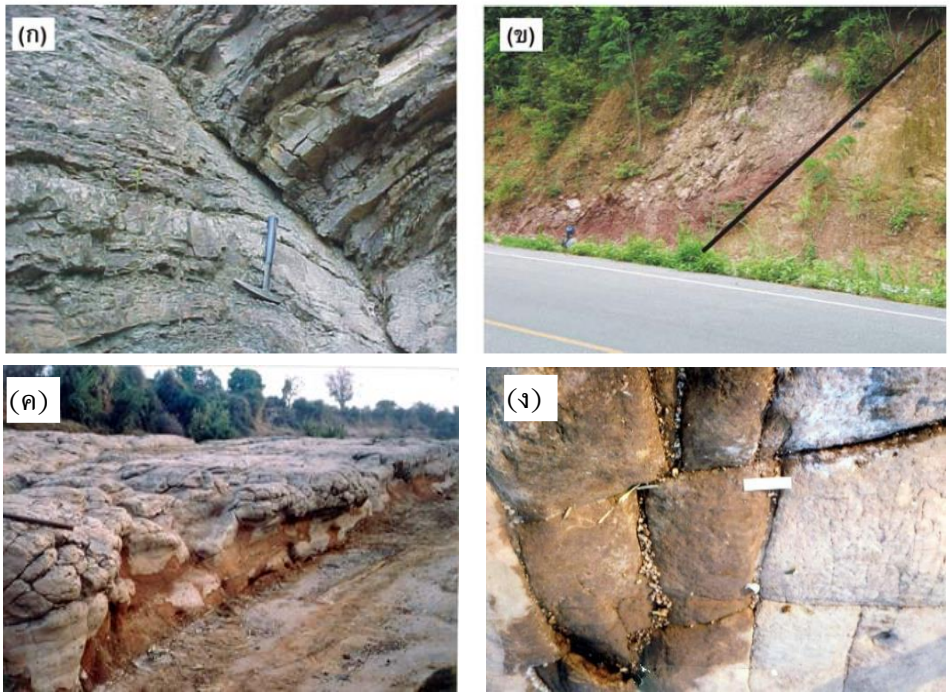
1) โครงสร้างทุติยภูมิ (secondary structures) เป็นโครงสร้างที่หินถูกแรงกระทำ ได้แก่ รอยแตกหรือรอยแยก (joints) รอยแตกเฉือน (shear fracture) รอยเลื่อน (faults) ชั้นหินโค้ง (fold) แนวแตกเรียบ (cleavage) ริ้วขนาน (lineation) เขตรอยเฉือน (shear zone) ดังแสดงใน**รูปที่ 2.1.4-5** และ**2.1.4-6**



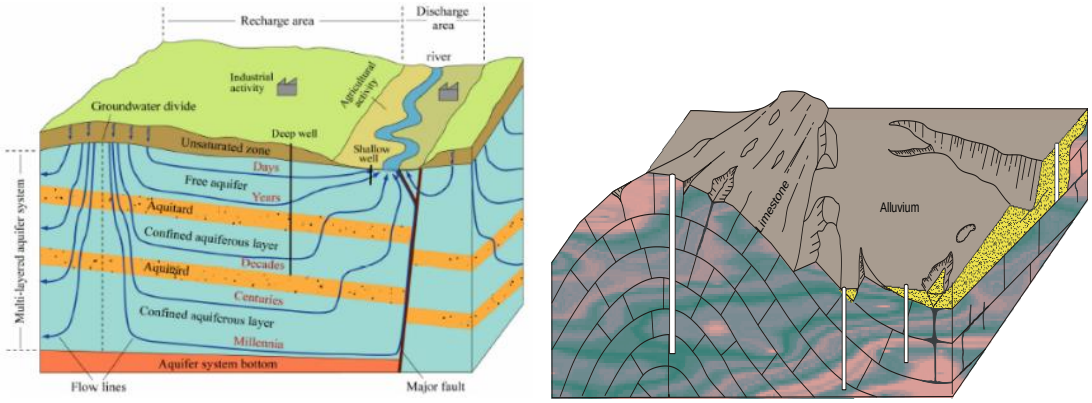
ก) ข) ค)

รูปที่ 2.1.4-3 รอยสัมผัส (contacts) ก) รอยชั้นไม่ต่อเนื่องเชิงมุม (angular unconformity) ข) รอยชั้นไม่ต่อเนื่องคงระดับ (disconformaity) ค) รอยชั้นไม่ต่อเนื่องบนหินอัคนี (nonconformity) (ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, 2552)

รูปที่ 2.1.4-4 รอยแยก (joints) ก) รอยเกิดจากแรงดึงผิวของหินบะซอลต์ในแขวงจำปาสัก สปป. ลาว ข) รอยแยกแนวราบ (ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, 2552) ค) และ ง) รอยแยกในหินทราย ชุดภูทอก พระลานหินเกิ้ง อ.บ้านไผ่ จ.ขอนแก่น (Srisuk, 1994)



รูปที่ 2.1.4-5 รอยเลื่อน (fault) ก) รอยเลื่อน ชั้นหินเลื่อนแสดงการหมุน ที่อำเภอปากชม จ.เลย ข) รอยเลื่อน สังเกตุจากความเข้มข้นของสีหิน เส้นทาง จ.แพร่น่าน (ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, 2552) ค) และ ง) รอยเลื่อนที่พบในหินทราย ชุดภูทอก ในลำน้ำชี บ้านท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น (Srisuk, 1994)



ก) ข)

รูปที่ 2.1.4-6 ก) การวางตัวของชั้นหินและรอยเลื่อน (fault) (Andersonand W.W. Woessner, 1992) ที่ควบคุมการไหลของน้ำบาดาล ข) การโค้งงอของหินปูนเกิดรอยแตกตรงบริเวณสันโค้งงอ ทำให้เกิดการกักเก็บและการซึมผ่านของน้ำฝนลงสู่น้ำบาดาล (Freeze and cherry, 1976)

2.2 อุทกธรณีวิทยา

อุทกธรณีวิทยาเบื้องต้นที่ควรทราบ ได้แก่

- **อุทกธรณีวิทยาเป็นวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับการกักเก็บของน้ำใต้ดินและน้ำบาดาลที่กักเก็บในช่องว่างต่างๆ ของหิน**
- **มีบทบาทสำคัญต่อแหล่งน้ำบาดาล**
- **น้ำบาดาลเป็นองค์ประกอบของวัฏจักรของน้ำ และเชื่อมโยงกับศาสตร์และนักวิชาชีพต่างๆ หลายสาขา**
- **น้ำมีคุณสมบัติทางชลศาสตร์และไหลผ่านวัตถุตัวกลางชนิดต่างๆ หรือหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา**
- **หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาหรือหินอุ้มน้ำ หินต้าน และหินกั้นน้ำซึ่งมีสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของน้ำบาดาลที่แตกต่างกัน**
- **น้ำบาดาลมีการไหลที่เป็นระบบในแอ่งกักเก็บและมีศักยภาพ ทั้งปริมาณและคุณภาพของที่แตกต่างกันในพื้นที่ต่างๆ ของแอ่งกักเก็บ**
- **น้ำบาดาลของประไทยมีความแตกต่างกัน และหลากหลายขึ้นอยู่กับสภาพทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย**
- **เป็นความรู้เพื้นฐานที่สำหรับต่อผู้ทำงานด้านการเจาะและพัฒนาด้านแหล่งน้ำบาดาล**

2.2.1 วัฏจักรของน้ำ

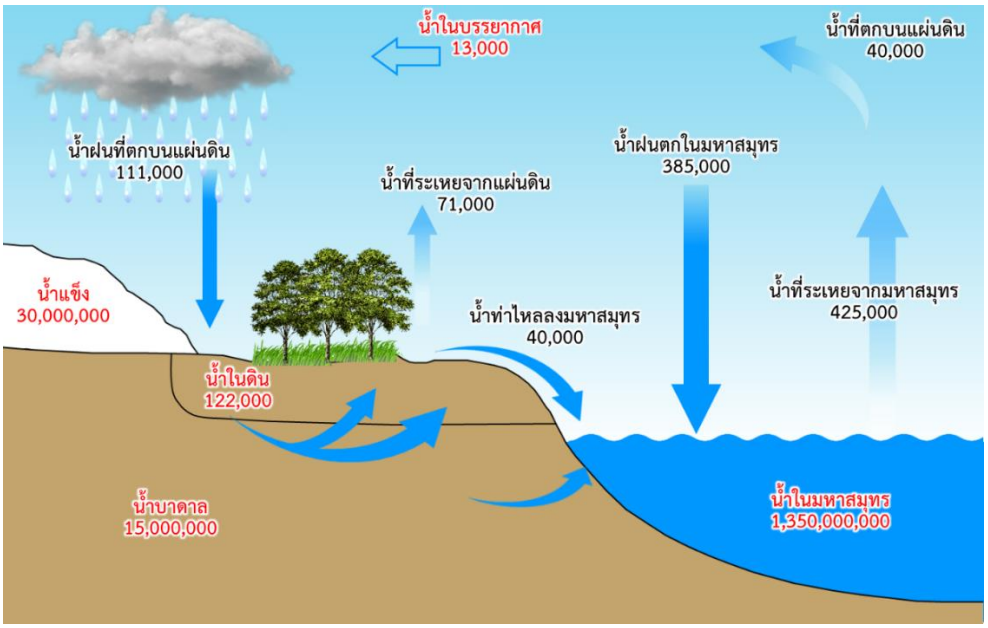
น้ำบาดาล (groundwater) คือ น้ำที่แทรกอยู่ตามช่องว่าง รอยแตกหรือโพรงของหินที่เป็นวัตถุตัวกลางที่กักเก็บน้ำเรียกว่า **หินอุ้มน้ำ** (aquifer) น้ำบาดาลจะกักเก็บอยู่ในชั้นหินที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำหรือช่องว่างจะเต็มไปด้วยน้ำ**ส่วนน้ำในดิน** (soil water) คือ น้ำที่แทรกอยู่ตามช่องว่างที่มีทั้งอากาศและน้ำอยู่ระหว่างเม็ดดินและเม็ดแร่ ทั้งน้ำในดินและน้ำบาดาลรวมกันจะเรียกว่า **น้ำใต้ดิน** (subsurface water)

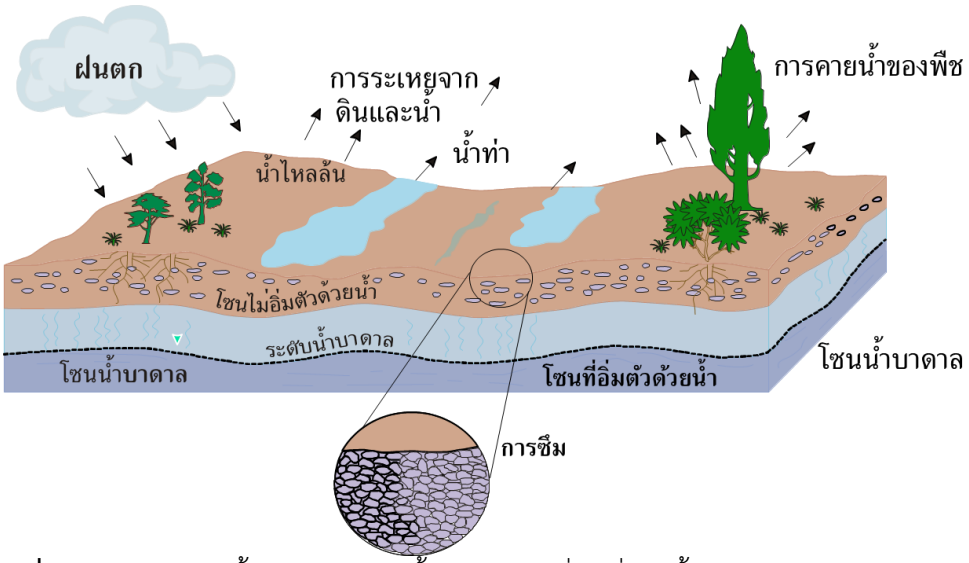
น้ำในธรรมชาติจะหมุนเวียนและเปลี่ยนสถานภาพตามสภาพสิ่งแวดล้อม เช่น ก๊าซ ของแข็ง และของเหลว ในระบบอุทกวิทยาหรือในวัฏจักรของน้ำ น้ำมีการหมุนเวียนตลอดเวลาทั้งในชั้นบรรยากาศ ผิวดินและ ใต้ดิน การประเมินสมดุลของน้ำใช้หลักการเบื้องต้น คือ

ปริมาณน้ำเข้าสู่ระบบทั้งหมด – ปริมาณน้ำออกจากระบบทั้งหมด = $\pm$ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในระบบ

การประเมินสมดุลของวัฏจักรของน้ำเป็นการประเมินในเชิงภาพรวมหรือเป็นการอนุมานแบบกลุ่มปริมาณน้ำในวัฏจักรทั้งหมดประมาณ 1,395 ล้าน ลบ.กม. ซึ่งรวมทั้งน้ำในมหาสมุทร ทะเลสาบ แม่น้ำและน้ำในบรรยากาศ ประมาณ 96% (1,350 ล้าน ลบ.กม.) ของน้ำทั้งหมดเป็นน้ำที่กักเก็บอยู่ในมหาสมุทร ส่วนที่เหลือประมาณ 45 ล้าน ลบ.กม. เป็นน้ำจืด ซึ่งเป็นน้ำแข็งในบริเวณขั้วโลกเหนือและใต้ ประมาณ 30 ล้าน ลบ.กม. (Rivera, 2014) เป็นน้ำที่กักเก็บในช่องว่างของหินหรือชั้นหินที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำหรือน้ำบาดาล

หรือรวมไปถึงน้ำในดินด้วย ทั้งน้ำบาดาลและน้ำในดิน เรียกว่า น้ำใต้ดิน และอีกประมาณ 15.12 ล้าน ลบ.กม. จะเป็นน้ำที่กักเก็บในทะเลสาบและในแม่น้ำลำธารต่าง ๆ น้ำจะมีการเคลื่อนที่และเปลี่ยนสถานะภาพจากของเหลวไปเป็นไอโดยการระเหยและเป็นของแข็ง (น้ำแข็ง) การวิเคราะห์ระบบของน้ำบาดาลควรจะทำการวิเคราะห์และมีการวางแผนการจัดการเป็นส่วนๆ ตั้งแต่พื้นที่ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และพื้นที่เฉพาะแหล่ง น้ำบาดาลเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรน้ำ (hydrologic cycle) ซึ่งวัฏจักรน้ำกล่าวถึงการหมุนเวียนเคลื่อนที่ และเปลี่ยนสถานะของน้ำในโลก (**รูปที่ 2.2.2-1**) ฝนที่ตกลงบนพื้นดินบางส่วนระเหยกลับสู่บรรยากาศ บางส่วนไหลไปบนผิวดิน บางส่วนซึมลงใต้ผิวดิน น้ำใต้ผิวดินระดับตื้นถูกพืชดูดไปใช้และคายออกทางปากใบ แต่ส่วนที่ซึมลึกลงสู่ชั้นอิ่มตัวด้วยน้ำ เรียกว่า **น้ำบาดาล**





รูปที่ 2.2.1-1 วัฏจักรน้ำแสดงปริมาณน้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำบนผิวดินและใต้ดินของโลก
(หน่วย : แหล่งน้ำ (สีแดง) ลบ.กม. ; น้ำที่เคลื่อนที่ ลบ.กม/ปี)
(Schlesinger, 1997, ดัดแปลงจาก Rivera, 2014 และ Christopherson, 2000)

2.2.1.1 การเกิดและการกักเก็บของน้ำบาดาล

น้ำบาดาลกำเนิดมาจาก 3 แหล่ง คือ น้ำจากชั้นบรรยากาศ น้ำที่กักเก็บในช่องว่างของหินพร้อมกับการเกิดของหินและน้ำที่เกิดจากการเย็นตัวของหินหลอมเหลว

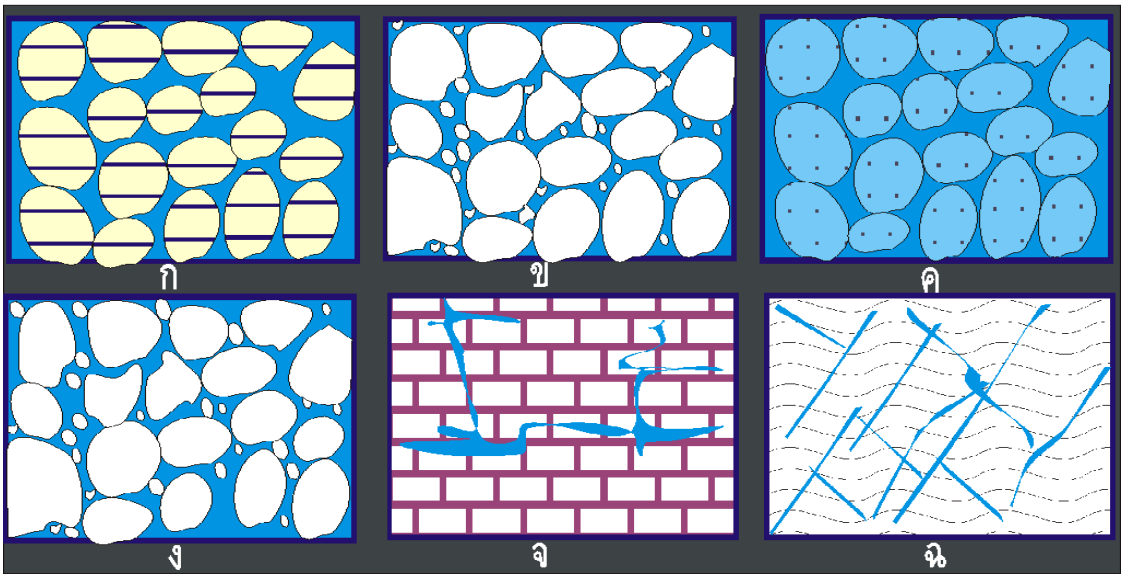
1) น้ำจากบรรยากาศ (meteoric water) น้ำบาดาลที่มาจากน้ำในบรรยากาศได้แก่ น้ำฝน หิมะ และลูกเห็บ เป็นต้น วัฏจักรของน้ำซึ่งเป็นผลของขบวนการระเหย ฝนตก และการซึมของน้ำ น้ำเหล่านี้จะเพิ่มเติมเข้าไปสู่หินที่มีรูพรุนและรอยแตกโดยแรง ดึงดูดของโลก

2) น้ำที่เกิดขึ้นพร้อมกับการกำเนิดของหิน (connate water) น้ำบาดาลประเภทนี้เกิดขึ้นและกักเก็บในขณะที่แร่ต่าง ๆ เกิดการตกตะกอนและแข็งตัวกลายเป็นหิน น้ำจะกักเก็บและแทรกตัวอยู่ตามรูพรุนและช่องว่างในเนื้อของหิน ในรูปแบบต่าง ๆ กัน ดังใน**รูปที่ 2.2.1-2ก ถึง 2.2.1-2ง**

3) น้ำที่เกิดจากการเย็นตัวของหินหลอมเหลว (juvenile water) ในขณะที่หินอัคนีเกิดการเย็นตัวลงไอน้ำต่าง ๆ จะกลายเป็นน้ำในขณะที่แร่ต่าง ๆ เกิดการตกผลึก น้ำเหล่านี้จะแทรกตัวในช่องว่างในหินหรือในบางแห่งไอน้ำร้อนจากภายในโลกจะพุ่งหรือดันขึ้นมาบนผิวโลกในลักษณะของน้ำพุร้อนหรือไอน้ำ

2.2.1.2 ลักษณะของหินทางอุทกธรณีวิทยา

ลักษณะของวัสดุหรือเนื้อของชั้นหินอุ้มน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชั้นหินอุ้มน้ำหินร่วน (unconsolidated aquifer) และชั้นหินอุ้มน้ำหินแข็ง (consolidated aquifer) ชั้นหินอุ้มน้ำหินร่วน ได้แก่ ชั้นตะกอนกรวดทรายที่ยังไม่มีสารเชื่อมให้ก้อนกรวดทรายจับตัวกันเป็นก้อนทึบ ชั้นหินอุ้มน้ำหินแข็ง ได้แก่ ชั้นหินที่มีรอยแตก รอยแยก และรอยเลื่อน ในพวกหินทุกชนิด ได้แก่ หินชั้น (sedimentary rock) หินอัคนี (igneous rock)และหินแปร (metamorphic rock) ในหินอัคนีและหินแปรมีรอยแตก รอยแยกและรอยเลื่อนน้อย โดยเฉพาะหินแปร ดังนั้นหินแปรจึงเป็นชั้นน้ำที่เก็บกักน้ำและส่งผ่านน้ำได้น้อย หินอัคนีบางชนิด เช่น หินบะซอลต์ มีรอยแตกและรอยแยกในชั้นหินมาก ส่วนหินตะกอนมักจะมีรอยแตก รอยแยกและรอยเลื่อนมาก และยังมีช่องว่างระหว่างเม็ดหินอีกด้วย ดังนั้นหินตะกอนจึงเป็นชั้นหินอุ้มน้ำที่ดี หินปูนเป็นหินตะกอนชนิดหนึ่งซึ่งแม้ว่าเนื้อหินจะทึบน้ำแต่มีรอยแตกและโพรง ซึ่งเกิดจากการละลายเนื่องจากน้ำฝนที่เป็นกรดอ่อนๆ ลักษณะของโพรงช่องว่างในทั้งชั้นหินร่วน หินแข็ง และหินปูน แสดงใน**รูปที่ 2.2.2-2**



(ก) ตะกอนสะสมตัวกันอย่างดีมีความพรุนสูง

(ข) ตะกอนสะสมตัวและเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบมีความพรุนต่ำ

(ค) ตะกอนประกอบด้วยกรวดซึ่งมีความพรุนในตัวเองอยู่แล้วเรียงตัวกันอย่างมีระเบียบชั้นหินประเภทนี้มีความพรุนสูง

(ง) ตะกอนสะสมและเรียงตัวอย่างมีระเบียบแต่ช่องว่างถูกน้ำแร่มาตกตัวอยู่ทำให้ไม่มีความพรุน

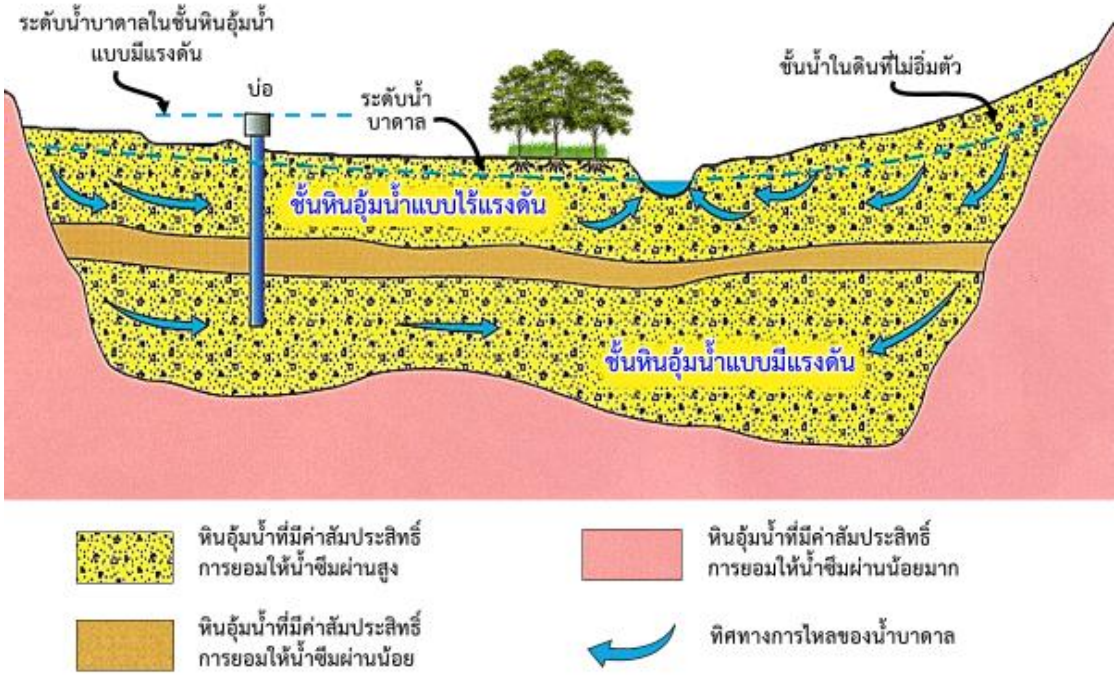
(จ) หินซึ่งเกิดความพรุนเนื่องจากส่วนประกอบเดิมถูกน้ำยาเคมีละลายออกไป

(ฉ) หินซึ่งเกิดความพรุนเนื่องจากมีรอยแตกร้าว

รูปที่ 2.2.1-2 ความพรุนของหิน (Meinzer, 1923 ดัดแปลงจาก Todd, 1980)

2.2.1.3 ประเภทของหินอุ้มน้ำ

ชั้นหินที่เก็บกักน้ำในช่องว่างได้มากและสามารถให้น้ำได้ดี เรียกว่า **ชั้นหินอุ้มน้ำ (aquifer)**แต่ถ้าเป็นชั้นหินที่ให้น้ำได้ไม่ดี เรียกว่า **ชั้นหินต้านน้ำ (aquitard)**ชั้นหินและชั้นหินต้านน้ำมักจะมีตำแหน่งที่วางสลับกัน ดังนั้น ชั้นหินต้านน้ำที่ส่งผ่านน้ำได้ซึ่งหินต้านนี้ เรียกว่า **ชั้นกั้นน้ำ (confining layer)** ลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำในเชิงอุทกธรณีวิทยาแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ **ชั้นน้ำไร้แรงดัน**(unconfined aquifer) และชั้นน้ำมีแรงดัน (confined aquifer) ซึ่งแตกต่างกันตรงที่ขอบบนของชั้นน้ำไร้แรงดันเป็นระดับน้ำบาดาล (water table) ส่วนขอบบนของชั้นน้ำมีแรงดันเป็นชั้นกั้นน้ำ (**รูปที่ 2.2.1-3**) ดังนั้นชั้นน้ำไร้แรงดันจึงมักจะเป็นชั้นน้ำแรกที่อยู่ใต้ผิวดิน ผิวบนของชั้นน้ำไร้แรงดันสัมผัสกับชั้นบรรยากาศ (แม้อยู่ใต้ผิวดิน) ความดันน้ำบาดาลที่ผิวบนของชั้นน้ำไร้แรงดันมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ บ่อที่ได้น้ำจากชั้นน้ำไร้แรงดันจะได้ระดับน้ำในบ่อเท่ากับขอบบนของชั้นน้ำ และขอบบนของชั้นน้ำไร้แรงดันย่อมแปรผันไปตามฤดูกาลในฤดูฝนขอบบนของชั้นน้ำไร้แรงดันจะเคลื่อนที่สูงขึ้น

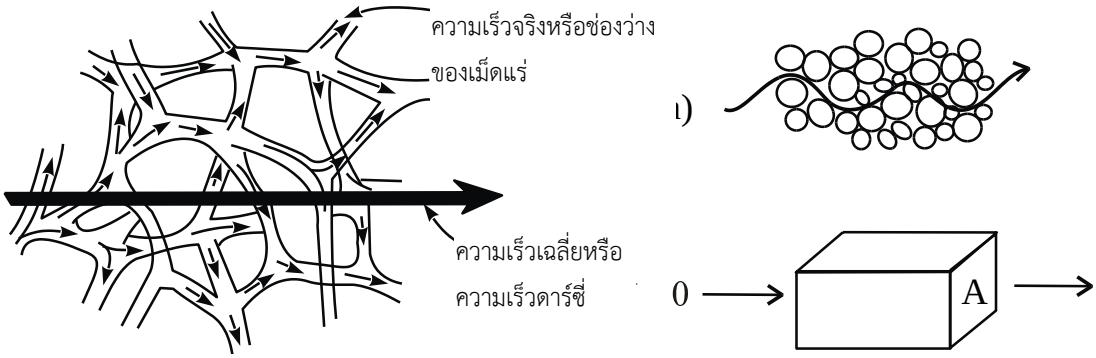


รูปที่ 2.2.1-3 ภาพตัดขวางอุทกธรณีวิทยา ประเภทของชั้นหินอุ้มน้ำ (Rivera, 2014)

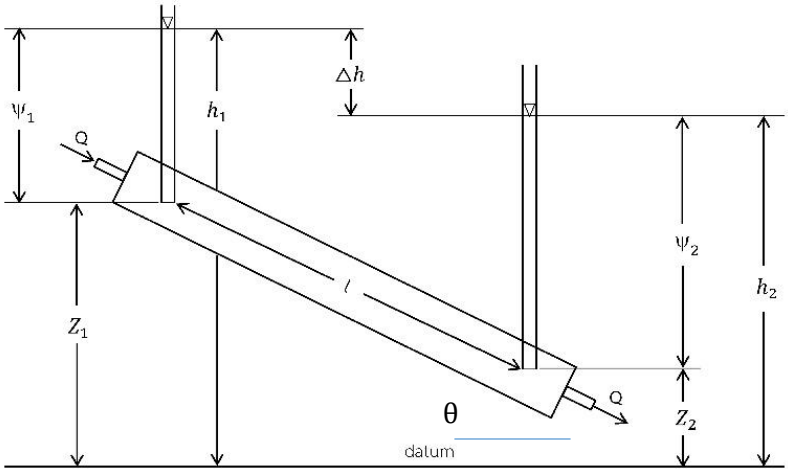
2.2.2 การไหลของน้ำบาดาล

2.2.2.1 กฎของดาร์ซี่

น้ำบาดาลกักเก็บอยู่ในช่องว่างของหินหรือดินที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำ น้ำมีการไหลหรือเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งเนื่องจากความแตกต่างในแรงดันของน้ำหรือความแตกต่างของเฮด (head) แต่การไหลของน้ำบาดาลจะมีอัตราการไหลที่ช้ากว่าน้ำท่าหรือน้ำผิวดิน เนื่องจากน้ำบาดาลไหลผ่านช่องว่างที่มีความพรุนต่อเนื่องในหิน (effective porosity) น้ำบาดาลอาจจะไหลด้วยความเร็วประมาณ 1 เมตร ถึง 500 เมตรต่อปี ยกเว้นน้ำที่ไหลในรอยแตกหรือโพรงหินปูนอาจมีความเร็ว 100 ถึง 200 เมตรต่อวัน ความเร็วจริงของน้ำผ่านรูพรุน (actual velocity, Va **รูปที่ 2.2.2-1**) ขึ้นอยู่กับความพรุนของหิน (porosity, n) ความพรุน หมายถึง ปริมาตรของช่องว่างในหินต่อปริมาตรของหินทั้งหมด ความพรุนเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของหินชนิดต่าง ๆ จะมีค่าเป็นช่วง ๆ Darcy (1856) ได้ทำการศึกษาและทำการทดลองการไหลของน้ำผ่านชั้นทรายที่มีความพรุนสม่ำเสมอโดยคำนวณหาอัตราการไหล (v) ดังแสดงใน**รูปที่ 2.2.2-2**



รูปที่ 2.2.2-1 ความเร็วจริงของน้ำในรูพรุนของหิน (actual velocity, Va) และความเร็วเฉลี่ย (averaged velocity, V) (Freeze and Cherry, 1979)



รูปที่ 2.2.2-2 การทดลองของดาร์ซี่และการคำนวณหาค่าระดับความสูงของ h (hydraulic head) (Freeze and Cherry, 1979)

กำหนดให้

V	= ความเร็วดาร์ซี่หรืออัตราการไหลเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัด
A	= พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางของน้ำไหลผ่าน
Δl	= ระยะทางที่ขนานกับทิศทางการไหลของน้ำจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง
h_1	= ความสูงของระดับน้ำเนื่องจากแรงดันน้ำ เมื่อเทียบจากระดับมาตรฐาน (datum) ณ จุดที่ 1 (hydraulic head at point 1)
h_2	= ความสูงของระดับน้ำเนื่องจากแรงดันน้ำ เมื่อเทียบจากระดับมาตรฐาน (datum) ณ จุดที่ 2 (hydraulic head at point 2)
z_1	= ความสูง ณ จุดที่น้ำไหลออก/เข้าชั้นหินอุ้มน้ำจากระดับมาตรฐาน (datum) ของน้ำ ณ จุดที่ 1 (elevation head at point 1)

z_2 = ความสูง ณ จุดที่น้ำไหลเข้า/ออกชั้นหินอุ้มน้ำจากระดับมาตรฐาน (datum) ของน้ำ ณ จุดที่ 2 (elevation head at point 2)

θ = มุมเอียงของวัตถุตัวกลางทำกับแนวระนาบ อัตราการไหลของน้ำ (Q) และความเร็วเฉลี่ย (v) ไม่ขึ้นกับค่าของมุมเอียง

ความเร็วดาร์ซี่หรือความเร็วเฉลี่ย (v) ของน้ำจากจุดน้ำเข้าถึงจุดน้ำออกซึ่งมีระยะทาง Δl ผ่านกระบอกที่มีพื้นที่หน้าตัด (A) และมีอัตราการไหล (Q) พบว่า

$v = Q/A$----------(2-1)

จากการทดลองดาร์ซี่พบว่าอัตราการไหลต่อหน่วยพื้นที่ (ความเร็วดาร์ซี่, v) มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความแตกต่างของระดับน้ำหรือ head ($h1-h2 = \Delta h$) และเป็นสัดส่วนกลับกับระยะทาง (Δl) ซึ่งเมื่อเขียนเป็นสมการจะพบว่าหินแต่ละชนิดจะมีค่าคงที่ (K) ดังนี้

$v = -K.\ \Delta h/\Delta l$----------(2-2)

$i = \Delta h/\Delta v$

ค่า $\Delta h/\Delta l$ เป็นค่า slope ของความแตกต่างระดับน้ำต่อระยะทางระหว่างจุด 2 จุด เรียกว่าความลาดทางชลศาสตร์ส่วนค่าคงที่ K จะเป็นค่าคงที่ของวัตถุตัวกลาง เช่น ดินและหินชนิดนั้น ๆ และเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของหินอุ้มน้ำ (hydraulic conductivity) ดังนี้ค่า K ของหินแต่ละชนิดจึงมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของหิน (**ตารางที่ 2.2.4-1**)

น้ำบาดาลไหลจากบริเวณที่มีระดับแรงดันหรือเฮดที่สูงกว่าไปยังเฮดที่ต่ำกว่าเสมอ ดังนั้น สมการที่ (2-2)

2.2.2.2 ข้อจำกัดของกฎดาร์ซี่

- ความเร็วของน้ำจึงมีค่าเป็นลบ (-) กฎของดาร์ซี่มักจะใช้คำนวณความเร็วของน้ำบาดาลที่มีการไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) หรือน้ำที่มีความเร็วที่ช้าที่ไหลผ่านวัตถุตัวกลางและน้ำหรือของเหลวนั้นต้องมีความหนาแน่นคงที่
- สำหรับการไหลในหินที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำ
- ได้ทั้งระดับน้ำคงที่และเปลี่ยนแปลง (steady และ transient state flow)
- ไหลในทั้งหินอุ้มน้ำ (aquifer) และหินต้านน้ำ (aquitard) ที่มีรูพรุนคงที่ตลอดเนื้อหินและมีการไหลในแนงแกน X, Y และ Z เท่ากันและไม่เท่ากัน (homogeneous & heterogeneous, isotropic & anisotropic aquifers)
- น้ำบาดาลไหลผ่านชั้นหินที่มีรูพรุนที่ต่อเนื่องที่เกิดจากเม็ดกรวดทรายที่มีความเร็วช้า

การไหลของของเหลวผ่านวัตถุตัวกลางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งทำให้สูญเสียพลังงาน Hubbert (1940) ได้ทำการศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันของน้ำและศักยภาพของของเหลวที่ไหล

ผ่านวัตถุตัวกลาง **ศักยภาพของของเหลว** (fluid potential,ϕ) หมายถึง ปริมาณทางกายภาพที่สามารถวัดได้บนทุก ๆ จุดในระบบของการไหลของน้ำบาดาล (flow system) คุณสมบัติอันนี้จะทำให้น้ำไหลจากพื้นที่หนึ่งซึ่งมีค่าศักยภาพ (potential) สูงไปยังศักยภาพต่ำกว่า โดยไม่ได้คำนึงถึงทิศทาง ดังนั้น ขบวนการทางกลศาสตร์ (mechanical process work done) หรือ เป็นงานที่เกิดขึ้นในขณะที่ของเหลวไหลผ่านวัตถุตัวกลางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เมื่อของเหลวนั้นๆ มีมวล (mass) หนึ่งหน่วย ดังนั้น ศักยภาพของของเหลว ที่น้ำไหลผ่านวัตถุตัวกลางคือ พลังงานกลต่อหนึ่งหน่วยมวลของของเหลว (mechanical energy)

การไหลของน้ำผ่านวัตถุตัวกลางจะมีความเร็วช้ามาก ๆ ของเหลวไม่สามารถยืดหยุ่นได้ (incompressible fluid, ρ = constant) แรงดันของน้ำ (p, fluid pressure) คือ

$$\phi = gh \qquad (2\text{-}3)$$

ศักยภาพของของเหลว (fluid potential, ϕ) ณ จุดใด ๆ ในวัตถุตัวกลางก็คือ ผลคูณของค่า hydraulic head (h) กับค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity, g) เมื่อค่า gบนเปลือกโลกมีค่าเกือบคงที่ ดังนั้น ศักยภาพของของเหลว ณ จุดใด ๆ (ϕ) สามารถวัดได้จากค่า hydraulic head ณ จุดที่น้ำเข้าบ่อหรือท่อกรอง ค่าϕ สามารถคำนวณมาจาก ระดับความสูงของผิวดินลบด้วยความลึกของระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์หรือบ่อน้ำบาดาล (เฮด = ระดับความสูงของผิวดิน – ความลึกของระดับน้ำบาดาลในบ่อ)เมื่อได้ค่าเฮดณ จุดต่างๆ ในหินอุ้มน้ำก็สามารถนำมาสร้างเส้นชั้นความสูงของ head หรือ เส้น equipotential line ดังนั้นน้ำบาดาลไหลจากบริเวณที่**มีเฮดสูงไปยังบริเวณที่มีเฮดต่ำกว่า**หรือสามารถหารายละเอียดได้ในเรื่องการสร้างตาข่ายการไหลของน้ำบาดาล

2.2.3 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ

2.2.3.1 คุณสมบัติด้านการกักเก็บน้ำ

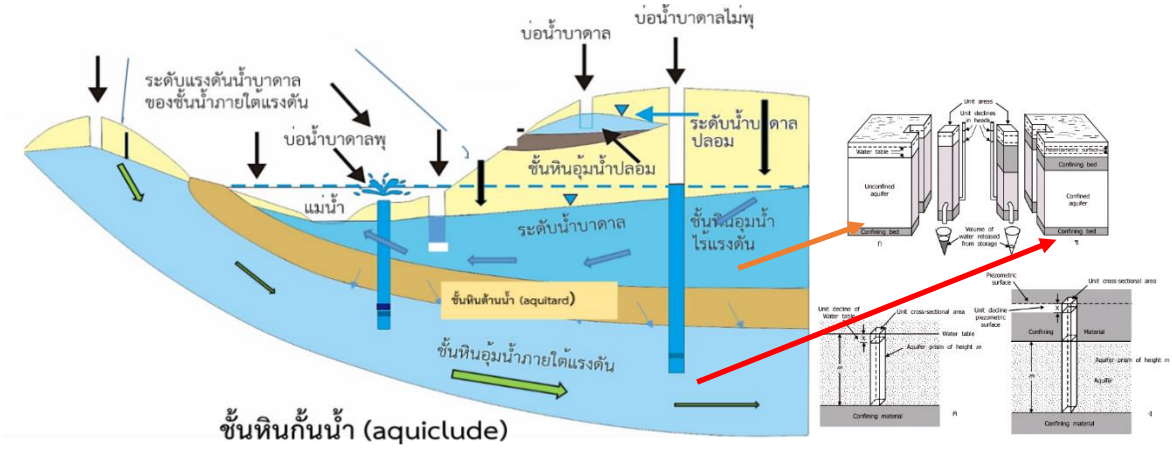
คุณสมบัติด้านการกักเก็บน้ำ ได้แก่ ความพรุน (porosity, θ) อัตราการให้น้ำจำเพาะ (specific yield) สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (storativity) และสัมประสิทธิ์การกักเก็บจำเพาะ (specific storage)

ความพรุน ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของปริมาตรของช่องว่าง (น้ำและอากาศ) ต่อปริมาตรของชั้นน้ำโดยรวม วัตถุที่มีความพรุนตั้งแต่ <0.01 ถึง 70% ส่วนหินที่มีความพรุนสูงย่อมมีน้ำกักเก็บน้ำมาก ปริมาณน้ำจากชั้นหินอุ้มน้ำที่สามารถระบายโดยแรงโน้มถ่วงเข้าสู่บ่อน้ำบาดาลต่อหน่วยพื้นที่ในแนวระนาบและต่อระดับน้ำลดลงหนึ่งหน่วย เรียกว่า **อัตราให้น้ำจำเพาะ** (specific yield, S_y) การไหลเนื่องจากการบีบตัวของชั้นหินอุ้มน้ำปริมาณน้ำที่ไหลเข้าบ่อน้ำบาดาลต่อเฮดที่ลดลงหนึ่งหน่วยต่อหน่วยพื้นที่ในแนวระนาบเรียกว่า **สัมประสิทธิ์การกักเก็บ**(Storativity, S **รูปที่ 2.2.3-1**) ดังนั้นสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (S) ในหินอุ้มน้ำไร้แรงดัน จึงมีค่าเท่ากับอัตราให้น้ำจำเพาะ (S_y) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.03 ถึง 0.3

สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (S) ในชั้นน้ำมีแรงดันจึงถือว่ามีค่าเท่ากับ ผลคูณของสัมประสิทธิ์การเก็บกักจำเพาะ (S_s) กับความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ (b) ($S=S_sb$) ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดันมีค่าช่วงประมาณ 10^{-6} - 10^{-3}

2.2.3.2 คุณสมบัติด้านการไหล

คุณสมบัติด้านการไหล ได้แก่ สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (hydraulic conductivity) และสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (transmissivity)



รูปที่ 2.2.3-1 ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ ในชั้นหินอุ้มน้ำที่ไร้แรงดันและชั้นหินอุ้มน้ำที่มีแรงดัน (Domenico and Schwartz, 1998)

1) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K) คือ อัตราการยอมให้น้ำซึมผ่านวัตถุตัวกลางผ่านพื้นที่หน้าตัดหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับการไหลภายใต้ความลาดชลศาสตร์ (hydraulic gradient) หนึ่งหน่วย และ K เป็นค่าคงที่สำหรับวัตถุตัวอย่างนั้นๆ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในหินชนิดเดียวกัน มีความแตกต่างกันในตำแหน่งต่างๆ และในทิศทางในแนว x, y และ z ซึ่งจะทำให้คุณสมบัติของชั้นหินอุ้มน้ำมีลักษณะต่างๆกันในการควบคุมการไหลของน้ำ

ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K) ของชั้นหินมีค่าแตกต่างกันถึง 12 ระดับขนาด ตั้งแต่ 10^{-14}-10^{-2} เมตรต่อวินาที ของชั้นกรวดสะอาด (**ตารางที่ 2.2.3-1)**

2) ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (transmissivity, T) หมายถึงค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านตลอดความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ

$$T=Kb \qquad (2\text{-}5)$$

b คือ ความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ

2.2.4 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำบาดาล

2.2.4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำบาดาล

อนินทรีย์สาร อินทรีย์สาร และก๊าซ ที่ละลายและเคลื่อนที่ไปกับน้ำบาดาลที่พบในน้ำบาดาล ดัง**ตารางที่ 2.2.4-1**

1) สารประกอบหลัก มีค่ามากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

2) สารประกอบที่พบน้อย มีค่าตั้งแต่ 0.01-10 มิลลิกรัมต่อลิตร

3) สารละลายที่น้อยมาก ๆ เพียงร่องรอย หรือมีค่าน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปกติอินทรีย์สารที่พบในน้ำบาดาลจะมีประมาณหนึ่งในร้อยส่วน ส่วนน้ำผิวดินพบอินทรีย์สารที่เป็นเพียงส่วนน้อยหรือร่องรอยเท่านั้นและจะมีกรดฮิวมิค (Humic) และกรดฟูลวิค (Fulvic)

น้ำบาดาลที่พบในชั้นหินอุ้มน้ำระดับลึก อาจพบอินทรีย์สารถึง 200 มิลิกรัมต่อลิตร เช่น สารประเภท acetate และ propionate ก๊าซที่พบมากในน้ำบาดาล ได้แก่ oxygen, carbondioxide, hydrogen, sulfide และ methane (Domenico and Schwartz, 1998)

2.2.4.2 การวิเคราะห์น้ำปกติ

การวิเคราะห์ในทางปฏิบัติตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจสอบปริมาณส่วนประกอบทางเคมีทุกชนิดในน้ำ การวิเคราะห์น้ำเพื่อตรวจสอบให้ได้มาตรฐานต่อการบริโภค อุตสาหกรรมและเกษตร ควรทำการวิเคราะห์ธาตุหรือสารประกอบที่สำคัญ เช่นใน**ตารางที่ 2.2.4-2** นอกจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบของธาตุหลักแล้ว ควรทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าสารละลายมวลรวม (Total Disolved Solids; TDS) หรือตรวจสอบการนำไฟฟ้าของน้ำ (Electrical Conductivity, EC) ส่วนประกอบ TDS อาจได้จากการเอาน้ำตัวอย่างมาระเหยให้แห้งเพื่อหาปริมาณของสายละลายมวลนรวมในน้ำตัวอย่างนั้น ส่วนการวัดค่า EC เป็นการวัดความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าและอาจต้องวิเคราะห์ปริมาณ ไอออนที่มีอยู่ในของเหลวนั้นๆ

ตารางที่ 2.2.4-1 ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของชั้นดินและหิน (K)

ชนิดวัสดุ	วัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (ม./วินาที)
หินร่วน	ดินเหนียว	1×10^{-11} - 4.7×10^{-9}
	ทรายแป้ง, ดินลมหอบ	1×10^{-9} - 2×10^{-5}
	ทรายละเอียด	2×10^{-7} - 2×10^{-4}
	ทรายขนาดกลาง	9×10^{-7} - 5×10^{-4}
	ทรายหยาบ	9×10^{-7} - 6×10^{-3}
	กรวด	3×10^{-4} - 3×10^{-2}
หินตะกอน	หินดินดาน	1×10^{-13} - 2×10^{-9}
	หินทรายแป้ง	1×10^{-11} - 1.4×10^{-8}
	หินทราย	3×10^{-10} - 6×10^{-6}
	หินปูน โดโลไมต์	1×10^{-9} - 6×10^{-6}
	คาสต์ หินปูนแนวปะการัง	1×10^{-6} - 2×10^{-2}
	หินแอนไฮไดรต์	4×10^{-13} - 2×10^{-8}
	หินเกลือ	1×10^{-12} - 1×10^{-10}
หินอัคนีและหินแปร	หินบะซอลต์ ที่ไม่มีรอยแตก	2×10^{-11} - 4.2×10^{-7}
	หินบะซอลต์ ที่มีรอยแตก	4×10^{-7} - 2×10^{-2}
	หินแกรนิตผุ	3.3×10^{-6} - 5.2×10^{-5}
	หินแกบโบรผุ	5.5×10^{-7} - 3.8×10^{-6}
	หินอัคนีและหินแปรมีรอยแตก	8×10^{-9} - 3×10^{-4}
	หินอัคนีและหินแปรไม่มีรอยแตก	3×10^{-14} - 2×10^{-10}

(Domenico and Schwartz, 1990)

ตารางที่ 2.2.4-2 สารละลายที่พบในน้ำบาดาล จำแนกโดยปริมาณที่พบในน้ำบาดาล

สารละลายหลัก (>5 มก./ล.)		
ไบคาร์บอเนต (HCO^{3-})	ซิลิคอน (Si)	โซเดียม (Na)
คัลเซียม (Ca)	แมกนีเซียม (Mg)	ซัลเฟต (SO_4)
คลอไรด์ (Cl)	ไนโตรเจน (N)	กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3)
สารละลายที่พบน้อย (<0.01 – 10.0 มก./ล.)		
โบรอน (B)	ออกวิเจน (O)	โบรไมด์ (Br)
คาร์บอเนต (CO)	ไนเตรต (NO_3)	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
ฟลูออไรด์ (F)	โพแทสเซียม (K)	
เหล็ก (Fe)	สตรอนเชียม (Sr)	
สารที่พบเพียงร่องรอย (<0.1 มก./ล.)		
อะลูมิเนียม (Al)	ไอโอไดด์ (I)	เงิน (Ag)
พลวง (Sb)	แลนทานัม (La)	แทลเลียม (Tl)
อาร์เซนิก (As)	ตะกั่ว (Pb)	ธอเรียม (Th)
แบเรียม (Ba)	ลิเทียม (Li)	ดีบุก (Sn)
เบริลเลียม (Be)	มังกานีส (Mn)	ไทเทเนียม (Ti)
บิสมัท (Bi)	โมลิบดีนัม (Mo)	ทังสเตน (W)
แคดเมียม (Cd)	ลิกนิน ($C_{10}H_{12}O_4$)	ยูเรเนียม (U)
ซีเรียม (Ce)	นิกเกิล (Ni)	วาเนเดียม (V)
ซีเซียม (Cs)	ไนโอเบียม (Nb)	อิตเทอร์เบียม (Yb)
โครเมียม (Cr)	ฟอสเฟต (PO_4^{3-})	อิตเทรียม (Y)
โคบอลต์ (Co)	แพลทินัม (Pt)	สังกะสี (Zn)
ทองแดง (cu)	เรเดียม (Ra)	เซอร์โคเนียม (Zr)
แกลเลียม (Ga)	รูบิเดียม (Rb)	กรดฟุลวิค (Fulvic Acid)
เจอร์เมเนียม (Ge)	รูทีเนียม (Ru)	ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbons)
ทองคำ (Au)	สแกนเดียม (Sc)	คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates)
อินเดียม (In)	ซิลิเนียม (Se)	

ตารางที่ 2.2.4-3 ตัวอย่างของธาตุและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำบาดาลที่ตรวจสอบเป็นประจำ

ตัวแปร	มก./ล.	ตัวแปร	มก./ล.
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.7[1]	ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)	2,300[1]
คัลเซียม (Ca)	1[1]	แมกนีเซียม (Mg)	1
โซเดียม (Na)	550	โพแทสเซียม (K)	3.5
เหล็ก (Fe)	8.7	ไนเตรต (NO_3^-)[2] และไนไตรต์ (NO_2^-)	0.1[1]
ไนไทรต์ (NO_2)	0.1[1]	คลอไรด์ (Cl)	45
ซัลเฟต (SO_4)	59	ฟลูออไรด์ (F)	0.25
ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-)	1,315	ความกระด้างทั้งหมด (Hardness, T)	8
สภาพความเป็นด่าง (Alkalinity)	1,078	ความสมดุล (Balance)	1.01
ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (TDS)[3]	1,321		

[1] แสดงถึง ความเข้มข้น “น้อยกว่า” หน่วยของการนำไฟฟ้า (conductivity) คือμS, pH มีหน่วยเป็น pH โลหะทั้งหมดมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร (mg/L)

[2] NO_2 = nitrite, NO_3 = nitrate และ

[3] Total Dissolved Solids. (Domenico and Schwartz, 1998)

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ในช่วงเวลาหนึ่งจะใช้เป็นฐานข้อมูลของช่วงเวลานั้น ทั้งนี้คุณภาพของน้ำบาดาลอาจจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือการตรวจสอบแต่ละครั้งอาจมีข้อผิดพลาดได้ ดังนี้จึงต้องใช้ความระวังในการเก็บตัวอย่าง การเก็บรักษาและวิธีการวิเคราะห์พร้อมทั้งวัน เวลา ที่วิเคราะห์

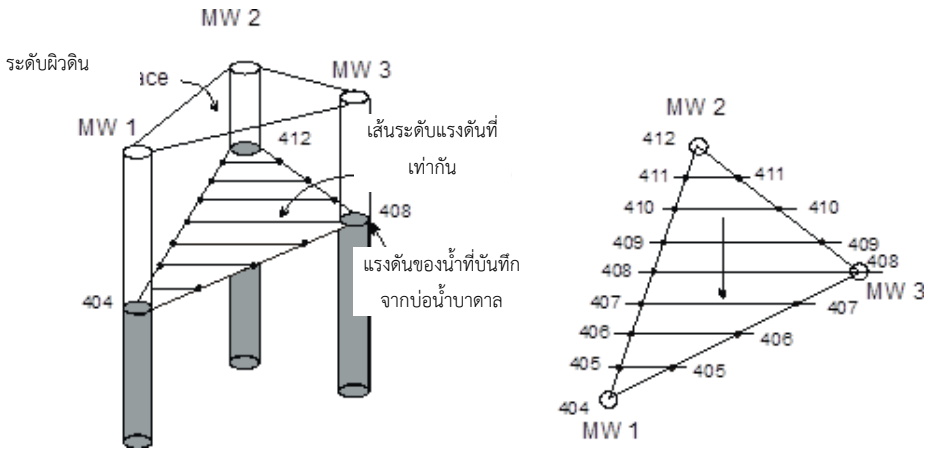
2.2.5 ตาข่ายการไหลของน้ำบาดาล

การวิเคราะห์ตาข่ายการไหลของน้ำบาดาลเป็นขั้นตอนเบื้องต้นของการคำนวณทิศทาง ปริมาณและความเร็วของการไหลของน้ำบาดาลผ่านวัตถุตัวกลาง เป็นการนำกฎของดาร์ซี่และหลักการเบื้องต้นของคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำมาประยุกต์โดยการวิเคราะห์ความสูงของระดับน้ำในหินอุ้มน้ำหรือเฮด (h) และเส้นที่มีแรงดันเท่ากันหรือศักยภาพของของเหลว (ϕ =gh) เมื่อสามารถคำนวณแรงดันของน้ำเท่ากันแล้ว การลากเส้นทิศทางการไหลของน้ำหลัก (flow line) ณ จุดต่างๆ ในหินอุ้มน้ำ สามารถทำได้โดยการลากเส้นตัดตั้งฉากกับแรงดันของน้ำเท่ากัน (equipotential line)

การหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลจากบ่อน้ำบาดาลสามบ่อหรือเรียกว่า ปัญหาสามจุด (three point problem) สามารถวัดระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์ แล้วแปลงเป็นค่าเฮดซึ่งมีหน่วยเป็นเมตรสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 3 บ่อ MW1 (404 ม.), MW2 (412 ม.) และ MW3 (408 ม.) จากเฮดในบ่อสังเกตการณ์ 3 บ่อ สามารถลากเส้นที่มีเฮดเท่ากันหรือเส้นแรงดันของน้ำเท่ากันตั้งแต่เส้นที่ 411 เมตรไป

จนถึงเส้นที่ 405 เมตรตามระยะทางระหว่างบ่อเหล่านี้ แล้วสามารถลากเส้นที่ตั้งฉากกับเส้นแรงดันของน้ำเท่ากันซึ่งจะเป็นแนวเส้นของที่ความลาดชลศาสตร์ ที่ชันที่สุดซึ่งเป็นทิศทางการไหลหลักดัง**รูปที่ 2.2.5-1**

ตาข่ายการไหลของน้ำบาดาล สามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธีการ 1) การวิเคราะห์ในเชิงกราฟฟิค 2) แบบจำลองทางกายภาพ และ 3) การสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (numerical model) การสร้างตาข่ายการไหลของน้ำบาดาลด้วยวิธีกราฟฟิคสามารถสร้างได้ในกรณีที่การไหลของน้ำบาดาลในชั้นหินไม่ยุ่งยากและมีขอบเขตที่ทราบชัดเจนวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจถึงพื้นฐานในการสร้างตาข่ายการไหลและการประเมินทิศทาง ขนาด และปริมาณการไหลของน้ำบาดาลโดยสังเขป เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ในเชิงปริมาณขั้นรายละเอียดต่อไป



รูปที่ 2.2.5-1 ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล (ลูกศร) ตามแนว ความลาดชลศาสตร์ (i) ที่ชันที่สุดจะเป็นทิศทางการไหลของน้ำบาดาลหลัก (Kresic, 1997)

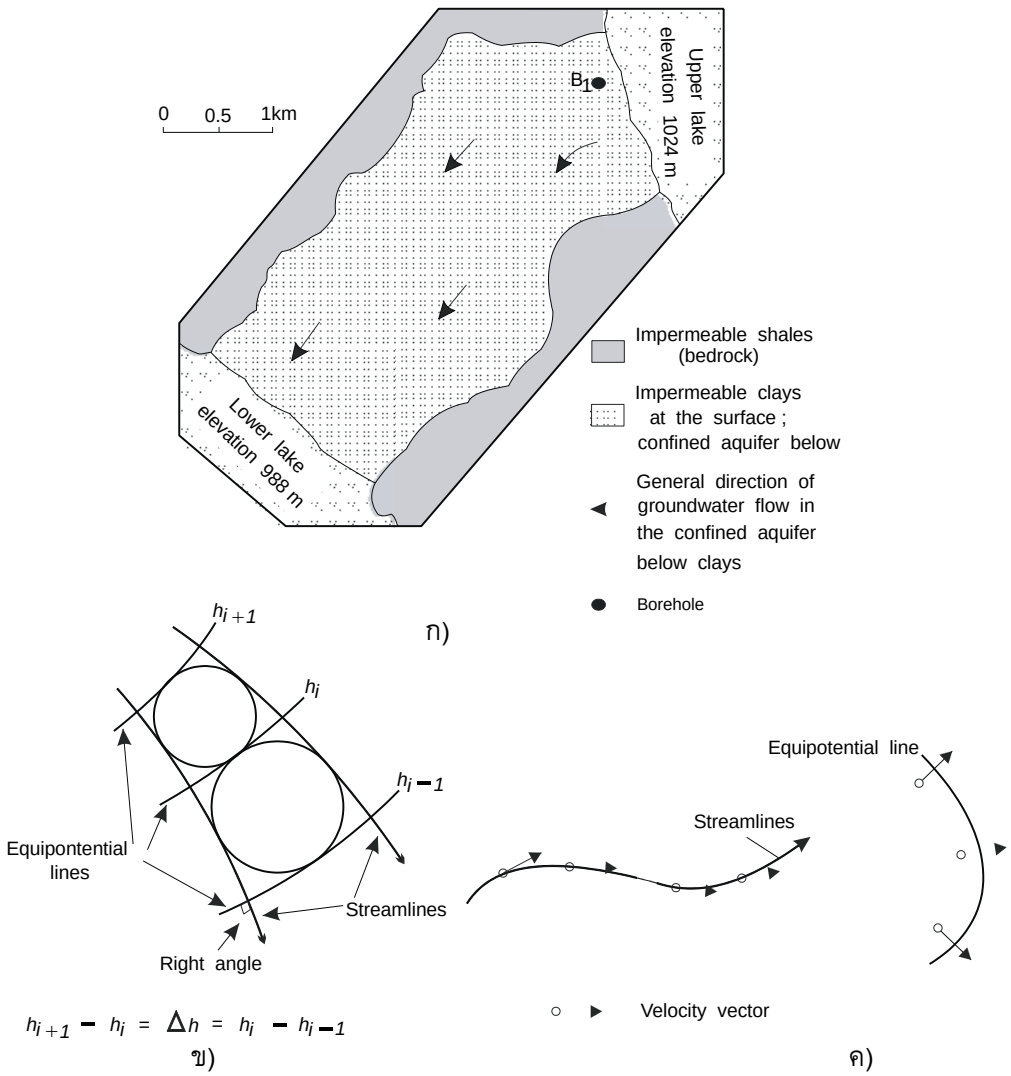
การสร้างตาข่ายการไหลของน้ำบาดาลด้วยวิธีกราฟฟิค สามารถสร้างได้ในกรณีที่ง่าย เช่น หินอุ้มน้ำแบบมีความพรุนสม่ำเสมอและทิศทางของน้ำไหลของน้ำ ณ จุดใดจุดหนึ่งเท่ากันทุกทิศทาง (homogeneous and isotropic systems) **รูปที่ 2.2.5-2** แสดงตัวอย่างการไหลของน้ำบาดาลจากทะเลสาบด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือผ่านหินอุ้มน้ำมายังทิศตะวันตกเฉียงใต้ สมมุติให้หินอุ้มน้ำมีชั้นเดียว ดังนั้น**รูปที่ 2.2.5-2ก** แสดงการไหลของน้ำคร่าวๆ ในแนวราบ**รูปที่ 2.2.5-2ข** เป็นตัวอย่างการตัดกันของเส้นแรงดันเท่ากันและทิศทางการไหลหลัก ที่มีรูปต่างเป็นตาข่าย โดยภายในตาข่ายสามารถจะเขียนวงกลมหรือวงรีโดยด้านทั้ง 4 ด้าน สัมผัสกับวงกลมหรือวงรีได้ ดังใน**รูปที่ 2.2.5-2ค**

การวิเคราะห์ตาข่ายการไหลของน้ำบาดาลโดยวิธีกราฟฟิคเฉพาะกรณีการไหลของน้ำแบบสภาวะคงที่ (steady state flow) สิ่งที่สำคัญประการแรกคือ สภาพขอบเขตของหินอุ้มน้ำ (boundary conditions) การลากเส้นแรงดันของน้ำเท่ากัน เมื่อพบกับขอบเขตของหิน มีหลักการลากทิศทางการไหลหลักตามความลาดชลศาสตร์หลักของบ่อสังเกตการณ์อย่างน้อย 3 บ่อขึ้นไป ดังใน**รูปที่ 2.2.5-3**

ถ้าขอบเขตของหินอุ้มน้ำเป็นหินทึบน้ำหรือน้ำไม่ไหลผ่าน (impermeable boundary) เส้นแรงดันของน้ำเท่ากัน (เส้นประ) จะตั้งฉากกับขอบเขตของน้ำไม่ไหลผ่าน หรือทิศทางการไหลของน้ำจะขนานกับขอบเขต (**รูปที่ 2.2.5-3ก**)

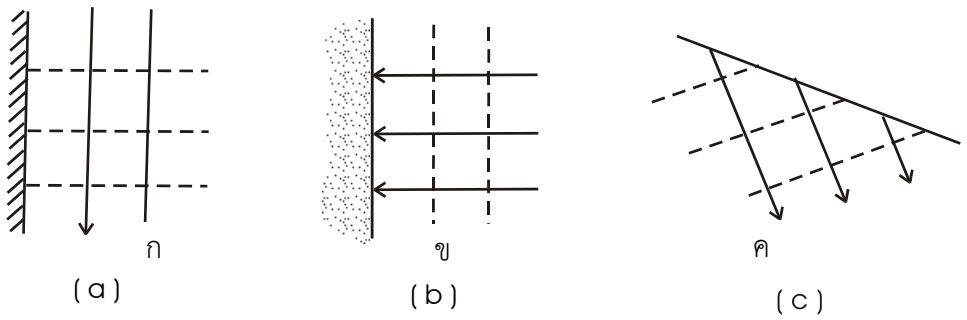
ถ้าขอบเขตของหินอุ้มน้ำเป็นเส้นที่เฮดคงที่ constant-head boundary ดังใน**รูปที่ 2.2.5-3ข** เช่น กรณีเป็นแม่น้ำที่มีระดับน้ำคงที่ตลอดเส้นแรงดันของน้ำเท่ากัน จะขนานกับขอบเขตหรือทิศทางการไหลจะตั้งฉากกับขอบเขต

ถ้าขอบเขตของหินอุ้มน้ำเป็นระดับน้ำบาดาล (Water table boundary) ดังใน**รูปที่ 2.2.5-3ค** เส้นแรงดันของน้ำเท่ากัน ไม่จำเป็นจะต้องตั้งฉากกับระดับน้ำบาดาล



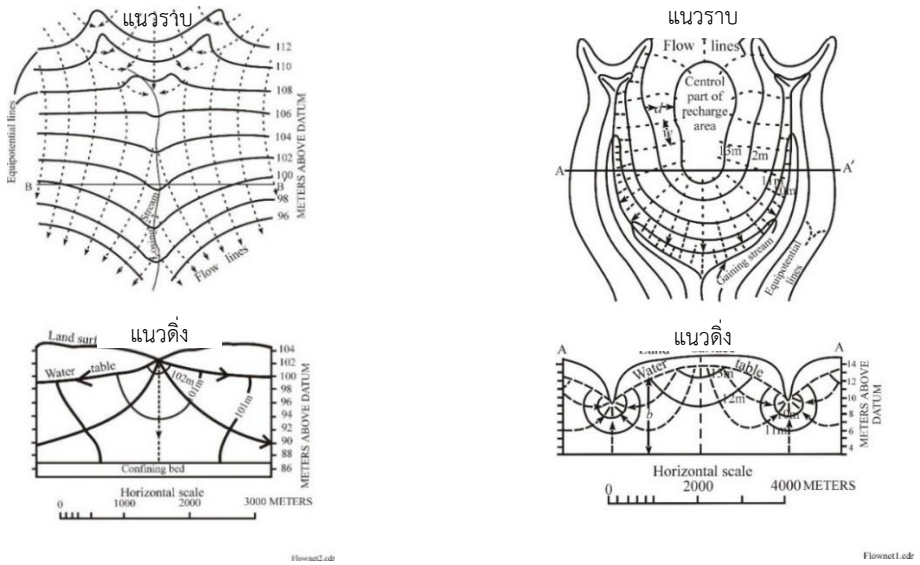
รูปที่ 2.2.5-2 ตัวอย่างตาข่ายการไหลของน้ำบาดาล

ก) การไหลของน้ำบาดาลจากทะเลสาบด้านบนและล่าง ข) การตัดกันของตาข่ายการไหล และ ค) การตัดกันของเส้นแรงดันของน้ำเท่ากันและเส้นทิศทางการไหลหลัก (Kresic, 1997)



รูปที่ 2.2.5-3 สภาพขอบเขตของหินอุ้มน้ำ (Freeze and Cherry, 1979)

เมื่อสามารถสร้างตาข่ายการไหลได้ทั้งแนวระนาบ (x-y) และแนวดิ่ง (x-z) สามารถคำนวณอัตราการไหลและบริเวณของน้ำผ่านวัตถุตัวกลาง (**รูปที่ 2.2.6-4)** ดังจะได้กล่าวต่อไปใน**หัวข้อ 2.2.6** การไหลของน้ำบาดาลในแอ่งกักเก็บ



ก) แม่น้ำลำธารเป็นพื้นที่เพิ่มเติมน้ำ (recharge area) ข) แม่น้ำลำธารเป็นพื้นที่สูญเสียน้ำ (discharge area)

รูปที่ 2.2.5-4 ตัวอย่างของตาข่ายการไหลของน้ำบาดาลในแนวราบและแนวดิ่ง

2.2.6 การไหลของน้ำในแอ่งน้ำบาดาล

Toth (1963) ได้คิดวิธีการวิเคราะห์การไหลของน้ำหรือวิเคราะห์ตาข่ายการไหลของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาล โดยคำนึงถึงสภาพสิ่งแวดล้อมทางอุทกธรณีวิทยา (hydrogeologic environments) ซึ่งประกอบด้วย สภาพภูมิอากาศ (climate) สภาพภูมิประเทศ (topography) สภาพธรณีวิทยา (geology) และข้อมูลต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของวัฏจักรน้ำในระบบอุทกวิทยา

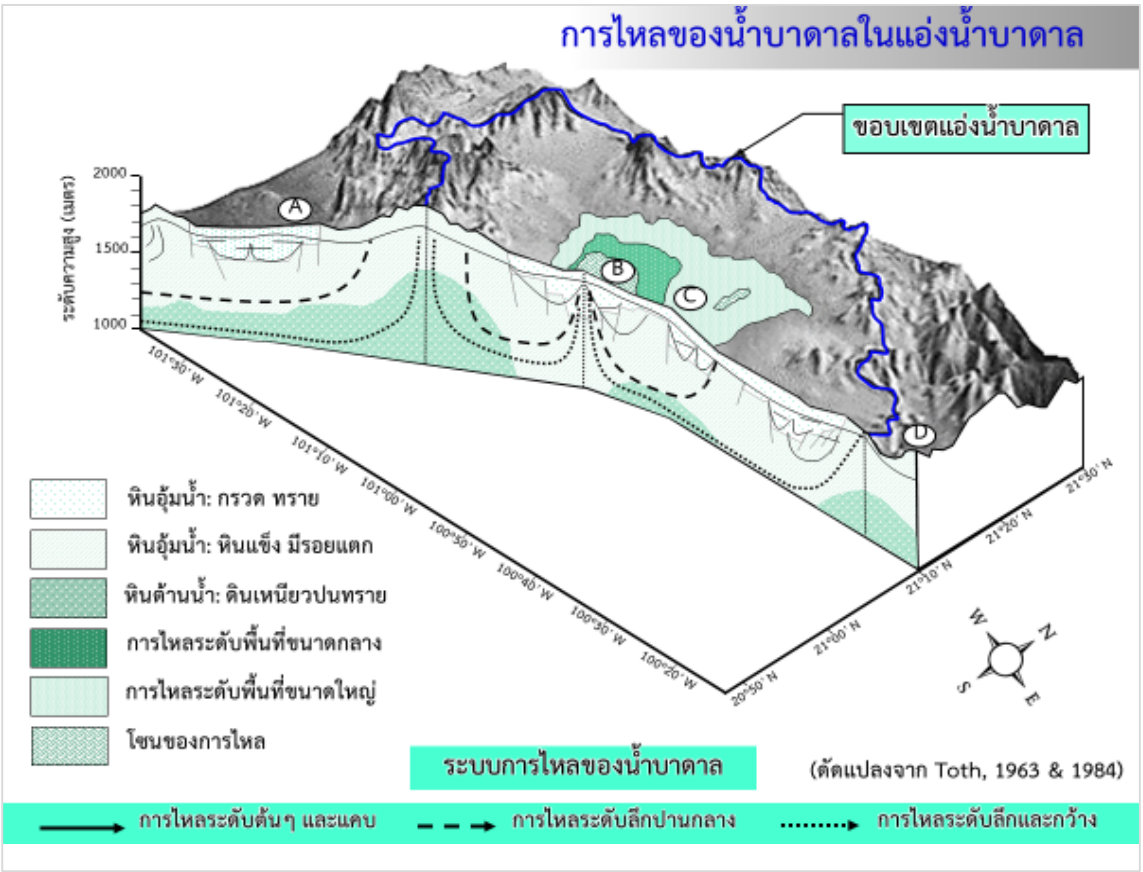
การศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของน้ำบาดาลในแต่ละแอ่งน้ำบาดาล ควรพิจารณาถึงระบบการไหลของน้ำบาดาล (groundwater flow system) และรูปแบบการไหลของระบบการไหลนั้นๆ ในแอ่งน้ำบาดาล (groundwater flow pattern) จากนั้นนำมาสร้างเป็นแบบจำลองเชิงมโน

ทัศน์ (conceptual model) และนำมาจำลองการไหลของน้ำบาดาลที่ร่วมกับการคำนวณหรือการจำลองทางคณิตศาสตร์ในทางทฤษฎี (theoretical techniques) ต่อไป

2.2.6.1 ระบบการไหลของน้ำบาดาล

1) การไหลของน้ำบาดาล สามารถจำแนกได้เป็น 3 ระบบ (**รูปที่ 2.2.6-1**) ดังนี้

1.1) ระบบการไหลเฉพาะแห่ง (local flow system) เป็นการไหลของน้ำในระดับตื้นมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางและอัตราการไหลที่ไม่แน่นอน เนื่องจากได้รับผลกระทบจากการซึมของน้ำผิวดินและการระเหยสูง ระยะทางและเวลาการไหลจะสั้น คุณภาพของน้ำมีความเข้มข้นของสารละลายมวลรวมต่ำ (Total Dissolved Solids, TDS) สารละลายเหล่านั้นส่วนใหญ่ประกอบด้วย HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+} และมีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในแนวดิ่งค่อนข้างสูง

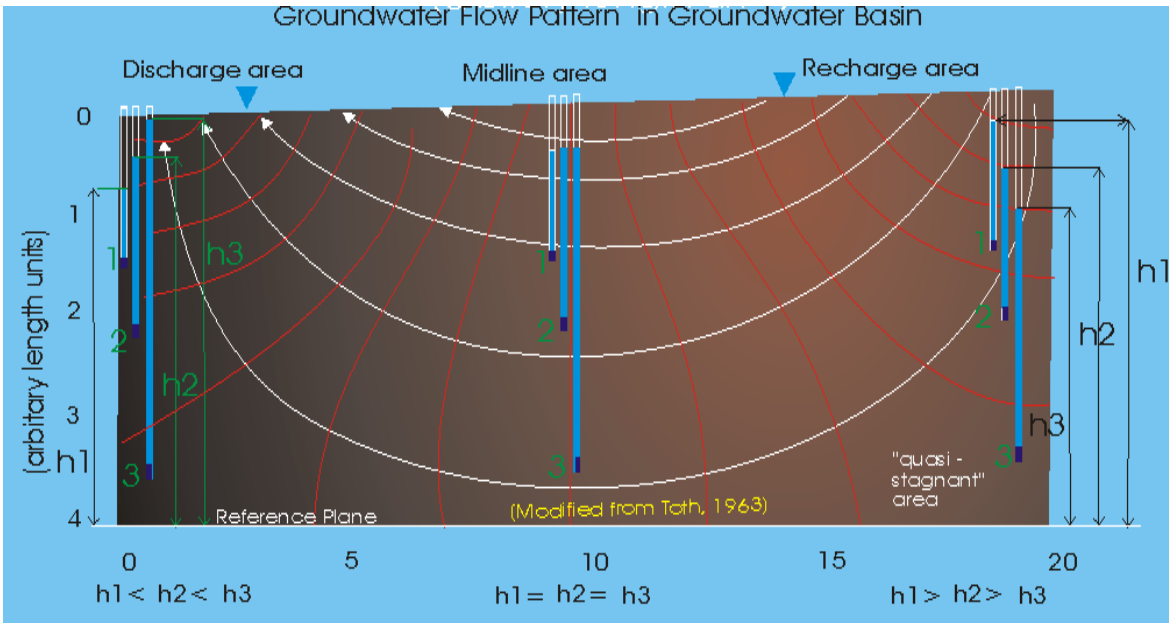


รูปที่ 2.2.6-1 ระบบการไหลของน้ำบาดาล (ดัดแปลงจาก Toth, 1963 และ 1984)

1.2) ระบบการไหลขนาดกลาง(intermediate flow system) การไหลของน้ำบาดาลที่เกิดเป็นบริเวณกว้างและลึก มีความเข้มข้นของสารละลายมวลรวมเพิ่มขึ้นตามระยะทางการไหล มีการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย $SO_4^=$และ Cl^- บ้าง และระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลน้อย

1.3) ระบบการไหลบริเวณกว้าง (regional flow system) ระบบการไหลของน้ำเป็นบริเวณกว้างและลึกมากขึ้น มีอัตราการไหลช้าและใช้เวลานาน อุณหภูมิของน้ำค่อนข้างสูง ความเข้มข้นของสารละลายมวลรวม, Cl^-, $SO_4^=$มีค่าสูงและมีค่า HCO_3^-ลดลง

ในแต่ละระบบการไหลของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาล ประกอบด้วย พื้นที่ 3 ส่วน (**รูปที่ 2.2.6-2**) คือ พื้นที่รับน้ำ (recharge area) หรือพื้นที่ที่น้ำบาดาลไหลลงตามแรงดึงดูดของโลก (ไหลแนวดิ่ง) พื้นที่ปันน้ำ (midline area) หรือพื้นที่ที่น้ำบาดาลไหลในแนวราบ และพื้นที่สูญเสียน้ำ (discharge area) หรือพื้นที่ที่น้ำบาดาลไหลขึ้น บางบริเวณที่น้ำบาดาลไม่มีการไหลหรือไหลช้ามาก ระบบการไหลของน้ำบาดาลมีความสัมพันธ์กับพื้นที่รับน้ำและพื้นที่สูญเสียน้ำ คุณลักษณะของพื้นที่ทั้งสามส่วนสามารถสรุปได้ดัง**ตารางที่ 2.2.6-1**



รูปที่ 2.2.6-2 การกระจายตัวของพื้นที่รับน้ำ พื้นที่ปันน้ำ และพื้นที่สูญเสียน้ำ(Toth, 1963)

ตารางที่ 2.2.6-1คุณลักษณะของระบบการไหลของน้ำบาดาล

พื้นที่รับน้ำ (Recharge area)	พื้นที่ปันน้ำ (Midline area)	พื้นที่สูญเสียน้ำ (Discharge area)
• อยู่บนพื้นที่สูงหรือเนิน มีต้นไม้ยืนต้น • ระดับน้ำลึก (หรือ 4-5 เมตรลงไป) • ระดับน้ำบาดาลจะค่อนข่างลึก (>5 มขึ้นไป • น้ำใต้ดินไหลผ่านชั้นหิน (น้ำจะไหลในแนวดิ่งหรือไหลลงโดยแรงดึงดูดของโลก) • แหล่งน้ำบาดาลได้รับน้ำเพิ่มเติมจากน้ำฝน • คุณภาพน้ำมีค่าสารละลายมวลรวมหรือ TDS และอุณหภูมิ ต่ำ • ขบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้น ได้แก่ dissolution, hydration และ oxidization- มีการเปลี่ยนแปลงของ Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^- $CO_3^=$และ $SO_4^=$ค่อนข้างสูง	• น้ำใต้ดินไหลในแนวราบ อุณหภูมิของน้ำค่อนข้างคงที่ • ขบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นได้แก่ dissolution, precipitation, sulfate reduction และ base exchange • คุณภาพของน้ำประกอบจะมี Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, $SO_4^=$, Cl^- ปริมาณสูง และมีค่า TDS สูงขึ้น	• อยู่บนพื้นที่ลุ่มหรือต่ำ • ระดับน้าตื้น (หรือตื้นกว่า 2 ลง) • น้ำใต้ดินไหลผ่านชั้นหิน และไหลขึ้นในแนวดิ่ง (ไหลขึ้น) • คุณภาพของน้ำจะมี TDS, $SO4^=$, Cl^-และ Na^+สูงขึ้น • ขบวนการทางเคมีของน้ำ ได้แก่ precipitation, reduction และ membrane filtration

(Toth, 1986 and Sreisuk, 1994))

2) การวิเคราะห์ตาข่ายการไหลในแอ่งน้ำบาดาล

การวิเคราะห์ตาข่ายการไหลในแอ่งน้ำบาดาล สามารถประเมินได้ 2 วิธี คือ การสำรวจข้อมูลภาคสนามและการวิเคราะห์ทางทฤษฎี

2.2) การวิเคราะห์โดยข้อมูลภาคสนาม

ข้อมูลภาคสนามที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ ระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาลและบ่อสังเกตการณ์ การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำบาดาล การทำแผนที่ผิวดินและการคำนวณระดับน้ำหรือปริมาณน้ำต่ำสุดของลำน้ำ (base flow) การวิเคราะห์ตาข่ายการไหลโดยการวัดระดับน้ำ เป็นวิธีทางตรงในการสร้างตาข่ายการไหล แต่ในทางปฏิบัติข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ไม่สามารถจะครอบคลุมพื้นที่ได้ ดังนั้นการวิเคราะห์รูปแบบการไหลของน้ำจึงอาศัยวิธีการทางอ้อมด้วยวิธีอื่นๆ มาช่วยประเมิน เช่น การวิเคราะห์รูปแบบการกระจายของคุณภาพทางเคมีของน้ำ (hydrochemistry) การทำแผนที่ของปรากฏการณ์ผิวดินที่เกี่ยวข้องกับการไหลของน้ำ (surface mapping) และการศึกษาระดับน้ำต่ำสุดของน้ำในลำธารหรือลำห้วยจากข้อมูลระดับน้ำ (base flow)

2.2) การวิเคราะห์โดยทางทฤษฎี

ทำการวิเคราะห์โดยใช้หลักการทางชลศาสตร์ของน้ำบาดาลที่ไหลผ่านวัตถุตัวกลาง ในปัจจุบันมีแบบจำลองสำเร็จรูปที่นำเอาคณิตศาสตร์เชิงตัวเลขมาประยุกต์ ทั้งนี้ผู้ใช้ควรมีความเข้าใจถึง

วิธีการและการประยุกต์ใช้ร่วมกับการจัดระบบฐานข้อมูลข้อเสียของการจำลองการไหลของน้ำบาดาล คือ ก่อนการจำลองจะต้องเข้าใจระบบสภาพสิ่งแวดล้อมทางอุทกธรณีวิทยาและการจัดระบบข้อมูลที่มี นอกจากนี้ผู้จำลองต้องมีพื้นฐานความรู้ทางชลศาสตร์และอุทกธรณีวิทยาอย่างเพียงพอ ข้อดีของการจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ สามารถจำลองสภาพต่างๆ ทั้งในสภาพธรรมชาติการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดินในเชิงตัวเลขหรือเชิงปริมาณได้รวดเร็ว

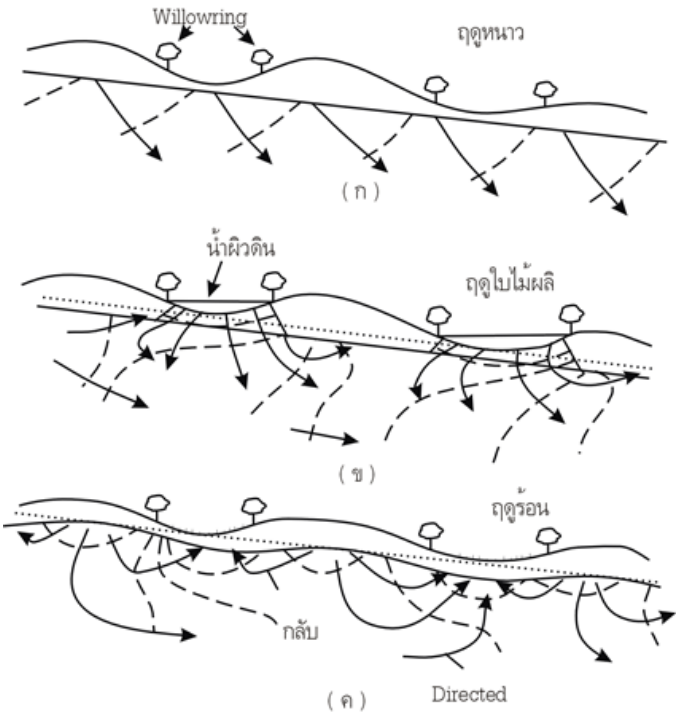
รูปแบบการไหลและระบบการไหลของน้ำบาดาลเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติและการใช้น้ำบาดาล ถ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับสภาพสิ่งแวดล้อมทางอุทกธรณีวิทยาได้แก่ 1) สภาพภูมิอากาศ 2) ภูมิประเทศหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ 3) สภาพธรณีวิทยาเป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้ตาข่ายการไหลของน้ำบาดาลเปลี่ยนแปลง เมื่อตาข่ายการไหลของน้ำเปลี่ยนแปลง ทิศทาง ความเร็วและปริมาณของน้ำบาดาลจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย

2.2.6.2 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลเนื่องจากสภาพภูมิอากาศ

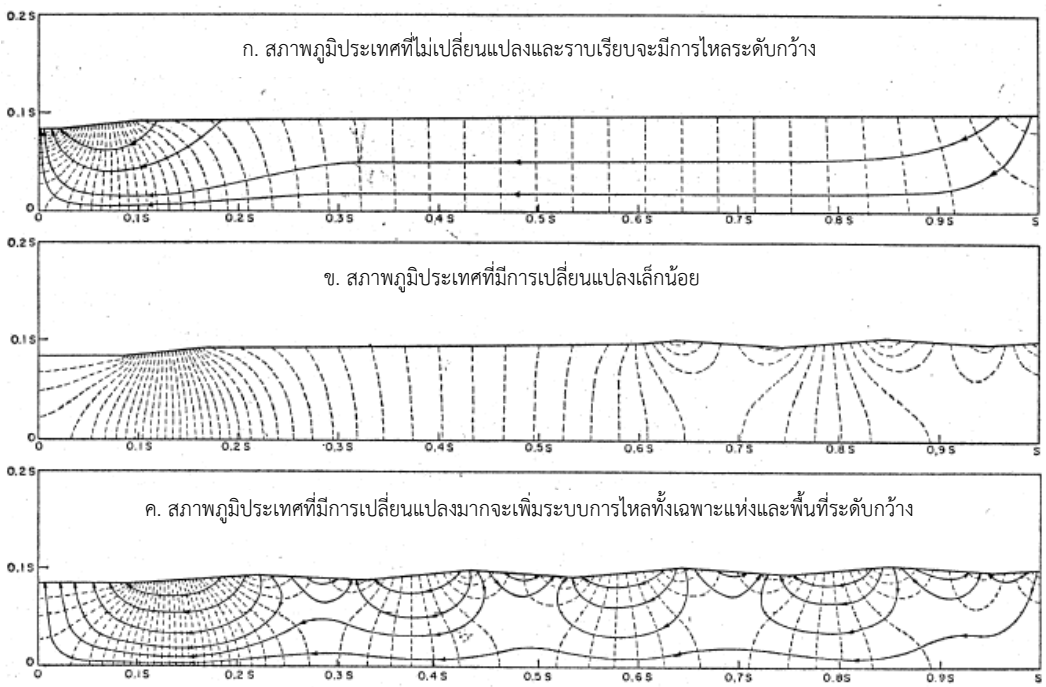
เนื่องจากสภาพดินฟ้าอากาศ เช่น ปริมาณฝนตก การระเหยของดิน พืช และน้ำ จะมีผลทำให้เกิดการเพิ่มเติม และสูญเสียน้ำต่อระบบน้ำใต้ดินอย่างชัดเจน สภาพภูมิอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่ ดัง**รูปที่ 2.2.6-3** ผลการเปลี่ยนแปลงของตาข่ายการไหลในแต่ละฤดูกาลจะไม่เหมือนกัน ดังนั้นพื้นที่รับน้ำและพื้นที่สูญเสียน้ำ ของการไหลของน้ำบาดาลระดับตื้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดตามฤดูกาล (ฤดูหนาว ฤดูใบไม้ผลิ และฤดูร้อน) ดังนั้นปริมาณการกักเก็บของน้ำบาดาลจึงเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล

2.2.6.3 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ

เมื่อสภาพภูมิประเทศ เช่น ความสูงต่ำของผิวดินมีการเปลี่ยนแปลงไปหรือการใช้ประโยชน์ ที่ดินมีการพัฒนา (การปลูกพืช ตัดไม้ทำลายป่า หรือการสร้างอ่างเก็บน้ำบนผิวดินเพิ่มขึ้น) ระบบการไหลเวียนของน้ำบาดาลจะมีการเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่นั้นๆ ดังตัวอย่างใน **รูปที่ 2.2.6-4**



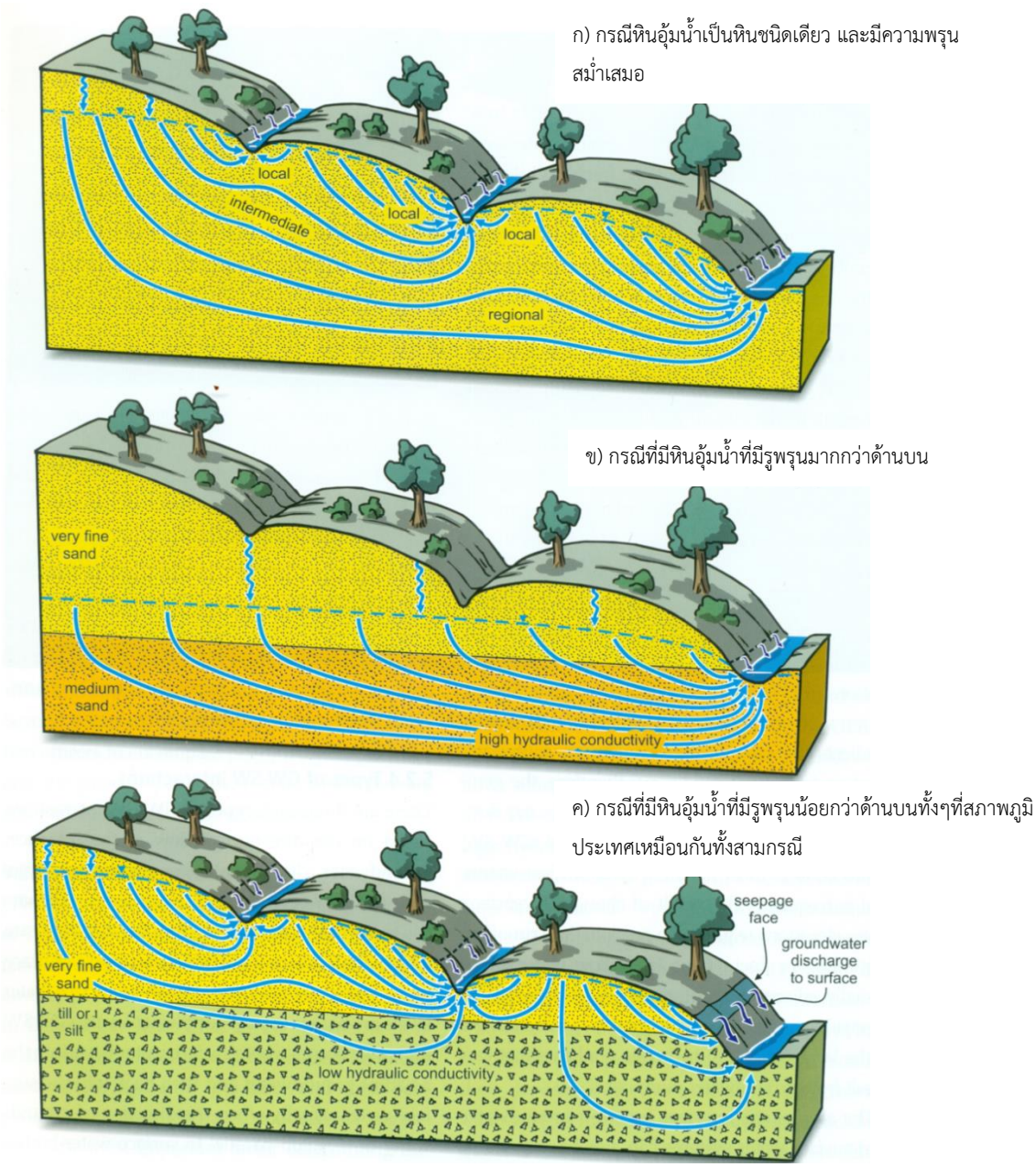
รูปที่ 2.2.6-3 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของน้ำบาดาลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Meyboom, 1961)



รูปที่ 2.2.6-4 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของน้ำบาดาลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศ(Freeze and Witherspoon, 1967)

2.2.6.4 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลเนื่องจากสภาพธรณีวิทยา

คุณสมบัติของหินแต่ละชนิดมีความแตกต่างในการกักเก็บและการยอมให้น้ำซึมผ่าน ดังนั้นการวางตัวของชั้นหิน โครงสร้างและชนิดของหินต่างๆ ที่วางตัวอยู่ใต้ผิวดิน จึงมีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการไหลของน้ำบาดาลในระดับลึก ดังใน**รูปที่ 2.2.6-5** ระบบการไหลของน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสภาพธรณีวิทยา



รูปที่ 2.2.6-5 รูปแบบการไหลน้ำบาดาลที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพธรณีวิทยา (Rivera, 2014)

2.2.7 แหล่งน้ำบาดาลของประเทศไทย

จากการศึกษารายงานของเจริญ เพียรเจริญ (2525) วจี รามณรงค์ และสมชัย วงคสวัสดิ์ (2542) วิฑิต ศิริโภคากิจ (2543) และกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2548) สามารถจำแนกประเภทของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา (hydrogeological units) ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มหินอุ้มน้ำประเภทหินร่วน (unconsolidated aquifers) และกลุ่มหินอุ้มน้ำประเภทหินแข็ง (consolidated aquifers) ดังแผนที่อุทกธรณีวิทยาประเทศไทย (**รูปที่ 2.2.7-1)**

2.2.7.1 หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

1) กลุ่มหินอุ้มน้ำประเภทหินร่วน

น้ำบาดาลในตะกอนหินร่วนนับเป็นแหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญหรือประมาณร้อยละ 90 ของแหล่งน้ำบาดาลที่พัฒนาขึ้นมาใช้ เช่น บริเวณที่ราบลุ่มเจ้าพระยา ตะกอนหินร่วนของประเทศไทย

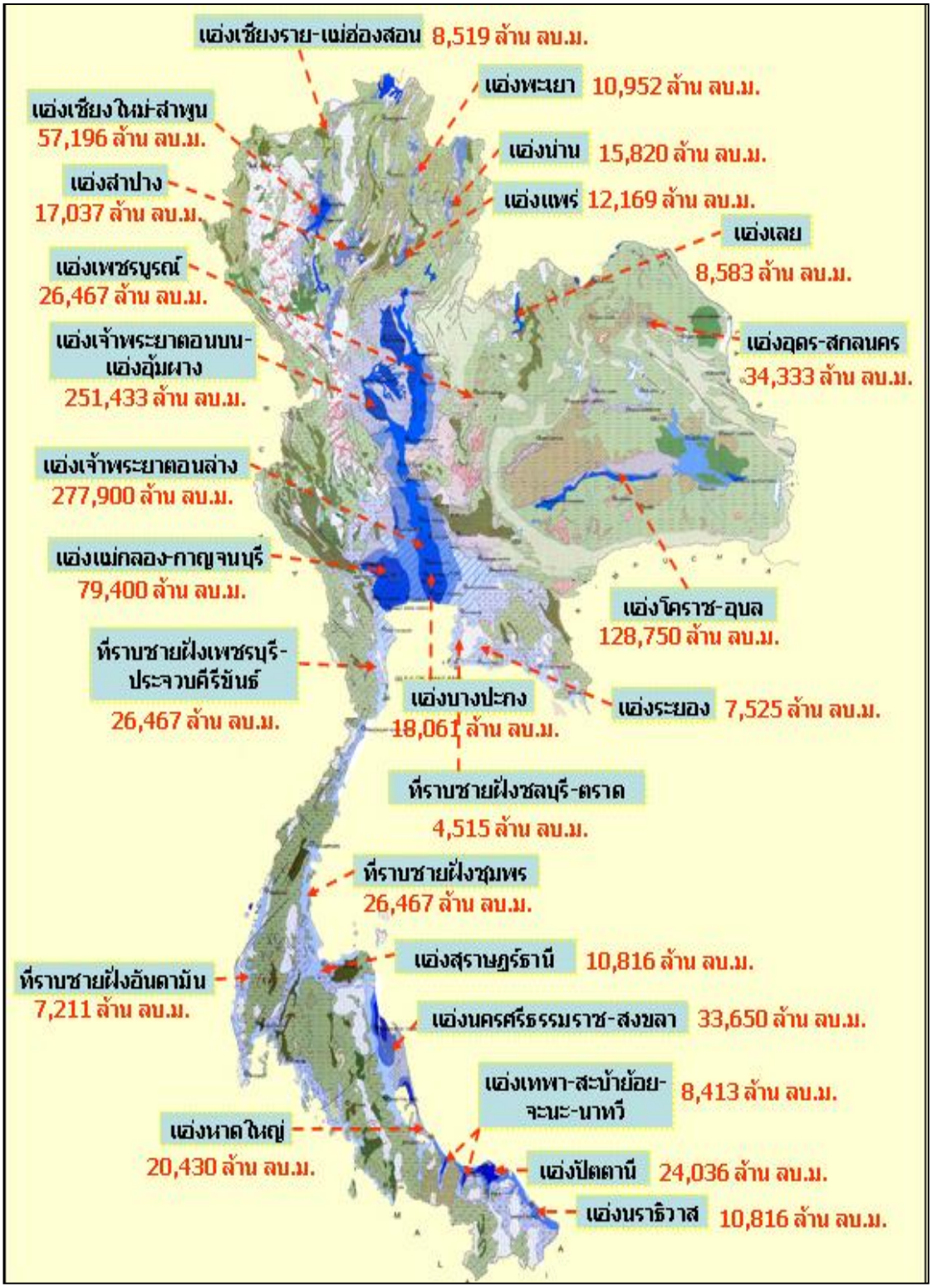
2) กลุ่มหินอุ้มน้ำประเภทหินแข็ง

คุณสมบัติการกักเก็บน้ำบาดาลในชั้นหินแข็งขึ้นอยู่กับอิทธิพลความพรุนทุติยภูมิ เช่นโพรงของหินปูนใต้ดิน รอยแตกในชั้นหินอันเกิดจากแนวรอยเลื่อนของหิน ระบบรอยแตกอันเกิดจากการปรีในชั้นหิน รอยแตกที่เกิดจากการโค้งงอของชั้นหิน หรือรอยแตกที่เกิดจากการหดตัวดังนั้นในหินแต่ละชนิดย่อมมีแนวรอยแตกในรูปแบบที่แตกต่างกัน หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาที่กักเก็บน้ำบาดาลในหินแข็งที่พบในประเทศไทยมีหลายยุคตั้งแต่ปลายยุค Tertiary ไปจนถึงยุค Pre-Cambrian บ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ที่เจาะและพัฒนาน้ำบาดาลจากชั้นหินแข็ง

2.2.7.2 ศักยภาพน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพ

ปัจจุบันการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในระดับสากล ได้อาศัยหลักการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำผิวดินและน้ำบาดาลเชิงบูรณาการในพื้นที่ลุ่มน้ำ (Integrated Water Resource Management, IWRM) ในการจัดทำแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล ให้มีความสอดคล้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ จึงมีความจำเป็นที่ควรพิจารณาเรื่องการจำแนกแหล่งน้ำบาดาล ให้สอดคล้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำหลัก เพื่อให้การศึกษาด้านศักยภาพเชิงปริมาณในแต่ละลุ่มน้ำมีความชัดเจนมากอย่างยิ่ง

การศึกษาศักยภาพน้ำบาดาลได้ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2507 จนถึงปัจจุบันโดยจัดทำเป็นแผนที่อุทกธรณีวิทยา (hydrogeological maps) แสดงสภาพแหล่งน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำชุดต่างๆ ในลักษณะเฉพาะพื้นที่ ภูมิภาค และภาพรวมทั้งประเทศ (วิฑิต ศิริโภคากิจ, 2543) ซึ่งมีลักษณะและรูปแบบแตกต่างกัน แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลที่ใช้เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาล ในปัจจุบันเป็นแผนที่น้ำบาดาล มาตราส่วน 1 : 100,000 และ 1 : 50,000 ที่จัดทำขึ้นทั้งประเทศใน ปี พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2555 โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาล



รูปที่ 2.2.7-1 แผนที่อุทกธรณีวิทยาประเทศไทย (กรมทรัพยากรธรณี, 2548)

แผนที่น้ำบาดาลแสดงศักยภาพน้ำบาดาลทั้ง 2 ด้าน ได้แก่

1) ศักยภาพในเชิงปริมาณ ซึ่งแสดงขีดความสามารถในการพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ (groundwater potential) โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

1.1) ความสามารถให้น้ำน้อยกว่า 2 ลบ.ม./ชม.

1.2) ความสามารถให้น้ำ 2 ถึง 10 ลบ.ม./ชม.

1.3) ความสามารถให้น้ำน้อยกว่า 10 ถึง 20 ลบ.ม./ชม. และ

1.4) ความสามารถให้น้ำมากกว่า 20 ลบ.ม./ชม.

2) ศักยภาพในเชิงคุณภาพ ซึ่งแสดงคุณภาพน้ำบาดาลโดยใช้ดัชนีชี้วัดปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (TDS) ซึ่งเป็นค่ารวมของปริมาณเกลือแร่ทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำบาดาล แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 1.1) ปริมาณ TDS น้อยกว่า 500 มก./ล. 1.2) ปริมาณ TDS 500-1,500 มก./ล. และ 1.3) ปริมาณ TDS มากกว่า 1,500 มก./ล.ตามลำดับดังแสดงใน**ตารางที่ 2.2.7-1** และ**รูปที่ 2.2.7-2** ถึง**รูปที่ 2.2.7-6**

2.2.7.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลสำหรับกิจกรรมต่างๆ

การบริหารจัดการด้านคุณภาพของน้ำบาดาลจะต้องพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลสำหรับกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ 1) การอุปโภคบริโภค 2) อุตสาหกรรม และ 3) เกษตรกรรม

1) คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค

คุณภาพน้ำที่เหมาะสำหรับใช้ในการอุปโภคบริโภค สามารถพิจารณาได้จากคุณลักษณะต่างๆ ดังนี้

1.1) คุณลักษณะทางกายภาพ เป็นคุณลักษณะภายนอกของน้ำที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา ชิมรส และดมกลิ่นได้ ซึ่งลักษณะทางกายภาพของน้ำบาดาลที่ดีควรเป็นน้ำที่ปราศจากสี กลิ่น รส และความขุ่น

1.2) คุณลักษณะทางเคมี ต้องทำการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำบาดาล ได้แก่ ค่าความกระด้าง คลอไรด์ ซัลเฟต ไนเตรต ฟลูออไรด์ เหล็ก แมงกานีส และปริมาณมวลสารที่ละลายได้ทั้งหมด ตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำโดยทั่วไปมักพิจารณาค่าปริมาณมวลสารที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นค่ารวมของปริมาณเกลือแร่ทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ

1.3) คุณลักษณะทางสารพิษ สารพิษในน้ำบาดาลที่นำมาพิจารณาตรวจวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ สารหนู ปรอท ตะกั่ว ซีลีเนียม แคดเมียม และไซยาไนด์ น้ำบาดาลตามธรรมชาติส่วนใหญ่จะตรวจไม่พบสารพิษเหล่านี้ นอกจากอาจเกิดการรั่วไหลเนื่องจากอุบัติเหตุหรือจากแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้น้ำบาดาลตามธรรมชาตินั้นถูกปนเปื้อน

1.4) คุณลักษณะทางแบคทีเรีย น้ำบาดาลได้ผ่านการกรองโดยธรรมชาติจึงเป็นน้ำที่สะอาด เชื้อโรคที่ตรวจพบในน้ำบาดาลมักเกิดโดยการปนเปื้อนจากภายนอก

มาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภคประเภทต่างๆ ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.2.7-2**

โดยทั่วไปที่ใช้ในการอุตสาหกรรม มักจะพิจารณาองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ความกระด้าง ซิลิกา และปริมาณมวลสารทั้งหมดที่ละลายได้ (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12, 2542)

2) คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการอุตสาหกรรม

เกณฑ์คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการอุตสาหกรรมจะมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำเช่น อุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ ต้องใช้น้ำบาดาลที่ปราศจากกลิ่น รส เหล็ก และแมงกานีส อุตสาหกรรมการผลิตน้ำแข็งต้องพิจารณาปริมาณซิลิกา และความเป็นด่าง ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง ต้องใช้น้ำบริสุทธิ์ ในอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการต้มน้ำในหม้อต้มความดันสูง น้ำบาดาลต้องมีคุณรูปที่แน่นอน ส่วนในระบบถ่ายเทความร้อน คุณภาพน้ำบาดาลอาจไม่สำคัญมากนัก ดัง**ตารางที่ 2.2.7-3**

ตารางที่ 2.2.7-1 ศักยภาพน้ำบาดาลในภูมิภาคต่างๆ

แหล่งน้ำบาดาล	คุณลักษณะทั่วไป
1) ภาคเหนือ (รูปที่ 2.2.7-3)	
1.1) แอ่งเชียงใหม่-ลำพูน	แอ่งเชียงใหม่-ลำพูน พื้นที่ประมาณ 4,000 ตร.กม.แหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญในแอ่งเชียงใหม่-ลำพูน แบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ 1) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน มีพื้นที่กว้างประมาณ5 กม. ยาว 120 กม.และมีความหนา 20-80 ม. ส่วนใหญ่เป็นชั้นน้ำบาดาลแบบแบบเปิดหรือไร้แรงดัน ให้ปริมาณน้ำ 10-50 ลบ.ม./ชม. มีระดับน้ำบาดาลปกติที่วัดจากระดับน้ำผิวดินในฤดูฝนลึก 2-4 ม. ในฤดูแล้งลึก 5-10 ม.ส่วนคุณภาพน้ำบาดาลส่วนใหญ่มีปริมาณเหล็กสูงกว่ามาตรฐานน้ำดื่ม ปัจจุบันมีการใช้น้ำในแหล่งน้ำบาดาลชั้นนี้เพิ่มมากขึ้น 2) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพายุคเก่า แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบที่ราบขั้นบันไดระดับต่ำ วางตัวติดกับชั้นตะกอนน้ำพายุคปัจจุบันซึ่งเป็นตะกอนกรวดทรายแทรกสลับอยู่ในตะกอนดินเหนียวและทรายละเอียด ความหนาของชั้นตะกอนประมาณ 30-70 ม.มีความลึกจากระดับผิวดิน 100-150 ม.ให้ปริมาณน้ำ 5-10 ลบ.ม./ชม. และอีกประเภทหนึ่ง คือ ชั้นตะกอนแบบที่ราบขั้นบันไดระดับสูง พบบริเวณขอบแอ่ง ประกอบด้วยตะกอนกรวดขนาดใหญ่ กรวด ทราย และดินเหนียว มีความหนา 200-500 ม.ชั้นน้ำที่มีศักยภาพการให้น้ำสูงจะอยู่ที่ระดับ 200-300 ม.บริเวณขอบแอ่งที่ความลึกไม่เกิน 200 ม.จะให้ปริมาณน้ำประมาณ 2-15 ลบ.ม./ชม. ที่ระดับความลึก 300 เมตร สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชั้น มีความหนา 20-50 ม.ให้ปริมาณน้ำประมาณ 50-200 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีคุณภาพดีแต่ปริมาณเหล็กและฟลูออไรด์ค่อนข้างสูง
1.2) แอ่งลำปาง	แอ่งลำปาง พื้นที่ประมาณ 2,000 ตร.กม.มีความหนาของชั้นตะกอนประมาณ 100-300 ม. แหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญในแอ่งลำปางแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ 1) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน ประกอบด้วย ตะกอนกรวด ทรายและดินเหนียวจากแม่น้ำวังที่มีการคัดขนาดค่อนข้างดี อยู่ลึกจากผิวดินเฉลี่ย 15-30 ม.มีความหนาของชั้นตะกอนเฉลี่ย 10-30 ม.ให้ปริมาณน้ำประมาณ 5-8 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำโดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ดี แต่มีปริมาณเหล็กสูง 2) ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลตะกอนน้ำพายุคเก่า ประกอบด้วย 2.2) ชั้นหินอุ้มน้ำแบบตะกอนที่ราบขั้นบันไดระดับต่ำ ประกอบด้วย ตะกอนทรายขนาดปานกลางถึงทรายละเอียดและมีดินเหนียวแทรกสลับ มีความหนา 20-40 ม.ชั้นหินอุ้มน้ำเป็นตะกอนทรายและทรายละเอียดความหนาประมาณ 3-10 ม. ประกอบด้วย ตะกอนกรวด ทราย และดินเหนียวแทรกสลับ มีความหนาของชั้นตะกอนเฉลี่ย 100-200 ม.มีตะกอนหินอุ้มน้ำหรือชั้นน้ำบาดาลอยู่ 3 ระดับ คือ ชั้นแรกอยู่ที่ความลึกจากผิวดินประมาณ 40-100 ม.ให้ปริมาณน้ำ 20-30 ลบ.ม./ชม. ชั้นที่สองอยู่ที่ความลึกจากผิวดินประมาณ 140-200 ม.ให้ปริมาณน้ำ 30-50 ลบ.ม./ชม. และชั้นที่สามอยู่ที่ความลึกจากผิวดิน 240 เมตร ให้ปริมาณน้ำประมาณ 5-10 ลบ.ม./ชม. ความหนาของชั้นน้ำบาดาลแต่ละชั้นหนาประมาณ 20-40 เมตร ที่ระดับความลึก 40-120 ม. ให้ปริมาณน้ำ 30-100 ลบ.ม./ชม. ชั้นน้ำบาดาลทั้ง 3 ชั้นนี้เป็นชั้นน้ำบาดาลแบบมีแรงดัน มีระดับน้ำเฉลี่ยลึก 2-10 ม. จากผิวดิน และบางแห่งเมื่อเจาะบ่อจะให้บ่อน้ำพุ ซึ่งพื้นที่ในบริเวณขอบแอ่งที่ระดับความลึกไม่เกิน 80 ม. ให้ปริมาณน้ำเพียง 3-10 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำในชั้นน้ำบาดาลนี้มีคุณภาพดี แต่มีปริมาณเหล็กสูง

ตารางที่ 2.2.7-1 ศักยภาพน้ำบาดาลในภูมิภาคต่างๆ (ต่อ)

แหล่งน้ำบาดาล	คุณลักษณะทั่วไป
1.3) แอ่งเชียงราย-พะเยา-แม่สาย	แอ่งเชียงราย-พะเยา-แม่สาย เป็นแอ่งที่มีชั้นหินอุ้มน้ำที่เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนจากแม่น้ำกก แม่น้ำลาว และแม่น้ำจัน แหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญของแอ่งน้ำนี้แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ 1) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบันซึ่งตะกอนเกิดจากแม่น้ำแล้วสะสมตามริมฝั่ง มีความกว้าง 300-800 ม. ความหนา 10-20 ม. ให้ปริมาณน้ำประมาณ 5-10 ลบ.ม./ชม. 2) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพายุคเก่า แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 2.2) ที่ราบขั้นบันไดระดับต่ำเช่นตะกอนทรายละเอียดและมีดินเหนียวแทรกอยู่เป็นชั้นบางๆ ให้ปริมาณน้ำ 3-10 ลบ.ม./ชม. 2.2) ที่ราบขั้นบันไดระดับสูง เช่น ตะกอนกรวดและทรายหยาบและมีดินเหนียวแทรกสลับ-ชั้นน้ำบาดาลมีความหนา 50-150 ม. พื้นที่ให้ปริมาณน้ำ 5-10 ลบ.ม./ชม. และที่ความลึกของชั้นน้ำบาดาลจากผิวดิน 80-120 ม. ให้ปริมาณน้ำ 20-50 ลบ.ม./ชม.
1.4) แอ่งแพร่	แอ่งแพร่ อยู่ในที่ราบลุ่มของแม่น้ำยม มีพื้นที่ประมาณ 100 ตร.กม.แหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญพบอยู่ 2 ประเภท คือ 1) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน พบบริเวณแคบๆ ขนานกับแม่น้ำยม มีความหนา 5-10 ม. ให้ปริมาณน้ำ 3-8 ลบ.ม./ชม. 2) ตะกอนน้ำพายุคเก่า ประกอบด้วย ชั้นตะกอนแบบที่ราบขั้นบันไดระดับต่ำ เป็นดินเหนียวและทรายละเอียดมีชั้นกรวดทรายแทรกสลับบางๆ ขนาดความหนาของชั้นตะกอน 20-50 ม. ให้ปริมาณน้ำ 3-5 ลบ.ม./ชม. และชั้นตะกอนแบบที่ราบขั้นบันไดระดับสูง เป็นชั้นตะกอนกรวดทรายขนาดใหญ่ ทราย และดินเหนียว โดยแบ่งความลึกของชั้นน้ำออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ชั้นบนที่ความลึกจากผิวดิน ไม่เกิน 100 ม. ให้ปริมาณน้ำ 5-10 ลบ.ม./ชม. และชั้นล่างที่ความลึกจากผิวดิน 100-300 ม. ให้ปริมาณน้ำ 10-50 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำส่วนใหญ่เป็นคุณภาพน้ำดี แต่มีปริมาณเหล็กสูง
1.5) แอ่งเจ้าพระยาตอนเหนือ	ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 18,000 ตร.กม.มีความกว้างของแอ่งประมาณ 90 กม.และยาวประมาณ 200 กม. คลุมพื้นที่ในเขต จ.อุตรดิตถ์ พิษณุโลก สุโขทัย พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ เป็นพื้นที่ราบลุ่มที่เกิดจากตะกอนแม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน เป็นตะกอนหินร่วน มีความหนาของชั้นตะกอน 300-500 ม. ส่วนบริเวณกลางแอ่งมีความหนาประมาณ 700 ม. แหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด คือ 1) ชั้นน้ำบาดาลตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน ของแม่น้ำปิง วัง ยม และน่านแอ่งน้ำบาดาลมีความหนาประมาณ 10-50 ม. (น้ำบาดาลระดับตื้น) ให้ปริมาณน้ำ 10-50 ลบ.ม./ชม. 2) ชั้นน้ำบาดาลตะกอนน้ำพายุคเก่า แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 2.1) ตะกอนแบบที่ราบขั้นบันไดระดับต่ำ เป็นชั้นตะกอนดินเหนียวและทรายละเอียด มีความหนาเฉลี่ย 50-100 ม. ให้ปริมาณน้ำประมาณ 5-10 ลบ.ม./ชม. และ 2.2) ตะกอนแบบที่ราบขั้นบันไดระดับสูง เป็นตะกอนกรวดทรายขนาดใหญ่ ทรายและดินเหนียว ให้ปริมาณน้ำ 3-10 ลบ.ม./ชม. ในบริเวณขอบแอ่ง ส่วนบริเวณกลางแอ่งเป็นตะกอนกรวดทรายและดินเหนียว ชั้นน้ำบาดาลนี้แบ่งออกเป็น 2-3 ชั้น มีความลึกจากผิวดินน้อยกว่า 300 ม. ให้ปริมาณน้ำ 50-10 ลบ.ม./ชม. ในบางแห่งอาจสูงถึง 300 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำบาดาลส่วนใหญ่มีคุณภาพดีแต่มีปริมาณเหล็กสูง
1.6) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินปูน	แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินปูน ได้แก่ หินปูนยุคไทรแอสซิก ยุคเพอร์เมียน และยุคออร์โดวิเชียน ตัวอย่างเช่นในบริเวณ จ.แม่ฮ่องสอน อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ อ.เทิง จ.เชียงราย อ.เมือง จ.ลำปาง อ.สอง และ อ.ร้องกวาง จ.แพร่ โพรงหรือถ้ำหินปูนยุคเพอร์เมียนให้น้ำบาดาลปริมาณมาก 5-30 ลบ.ม./ชม. บางแห่งให้น้ำถึง 50 ลบ.ม./ชม. หินปูนยุคไทรแอสซิก บริเวณแอ่งแม่เมาะ จ.ลำปาง ที่ระดับความลึก 30-100 ม. ให้ปริมาณน้ำมากประมาณ 100 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำบาดาลมีความกระด้างสูง
1.7) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินชั้น หรือหินชั้นกึ่งหินแปร	แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินชั้นกึ่งหินแปร ได้แก่ หินดินดาน หินทราย หินทรายแป้ง หินชนวน หินฟิลไลด์ และหินกรวดมน น้ำบาดาลได้จากรอยแตกรอยแยกของชั้นหิน มีปริมาณน้ำ 1-10 ลบ.ม./ชม.บางบริเวณอาจไม่ได้น้ำ แต่บางแห่งอาจได้น้ำมากกว่า 10 ลบ.ม./ชม. ได้แก่ บริเวณ อ.แม่ทา จ.ลำปาง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ อ.น้ำปาด จ.อุตรดิตถ์ อ.เชียงม่วน จ.พะเยา และ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์
1.8) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินแปรและหินอัคนี	ครอบคลุมพื้นที่บริเวณด้านตะวันตกของภาคเหนือ และกระจายอยู่บริเวณอื่นเป็นแห่งๆ เป็นหน่วยหินที่ศักยภาพการให้น้ำบาดาลต่ำในปริมาณ 1-5 ลบ.ม./ชม. เพราะรอยแตกมีลักษณะไม่ต่อเนื่องกัน บางแห่งอาจไม่ให้น้ำ แต่บางแห่งอาจให้น้ำมากกว่า 5-30 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำที่ได้สามารถนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ แต่มีปริมาณเหล็กค่อนข้างสูง

ตารางที่ 2.2.7-1 ศักยภาพน้ำบาดาลในภูมิภาคต่างๆ (ต่อ)

แหล่งน้ำบาดาล	คุณลักษณะทั่วไป
2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 2.2.7-4)	
2.2) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินตะกอนน้ำพา	แหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญมีอยู่ 2 ประเภท คือ 1) น้ำบาดาลในตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน เป็นแหล่งน้ำบาดาลที่เกิดในตะกอนกรวดทรายของลำน้ำมูล ลำน้ำชี และสาขา ประกอบด้วย ตะกอนทรายหยาบ ทรายละเอียด ทรายแป้ง และดินเหนียว มีความหนา 10-30 ม. ให้ปริมาณน้ำ 3-7 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำส่วนใหญ่เป็นน้ำกร่อยถึงเค็ม ส่วนบริเวณแม่น้ำโขง ในท้องที่ อ.ศรีเชียงใหม่ อ.บึงกาฬ จ.หนองคาย อ.ท่าอุเทน อ.ธาตุพนม จ.นครพนม เป็นชั้นกรวดทรายมีความหนา 30-60 ลบ.ม./ชม. ให้ปริมาณน้ำ 20-50 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำดี และ 2) น้ำบาดาลในตะกอนน้ำพายุคเก่า ประกอบด้วยตะกอนกรวด ทราย และดินเหนียว สะสมตัวอยู่ตามขอบแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร มีความหนา 30-100 ม. บริเวณขอบแอ่งโคราชด้านทิศใต้ ซึ่งขนานไปกับลำน้ำมูล ตั้งแต่ จ.นครราชสีมา จนถึง จ.สุรินทร์ ให้ปริมาณน้ำบาดาล 20-50 ลบ.ม./ชม. แหล่งน้ำบาดาลเป็นประเภทไร้แรงดัน พื้นที่บางแห่งมีน้ำบาดาลพุ บริเวณด้านเหนือของลุ่มน้ำชี บริเวณ จ.ขอนแก่น และ จ.กาฬสินธุ์ ความหนาของตะกอน 30-50 ม. ให้ปริมาณน้ำ 5-20 ลบ.ม./ชม. และมีคุณภาพดี
2.2) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินโคราช	พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือกว่าร้อยละ 80 เป็นหินแข็งชุดโคราช ประกอบด้วยหินชุดโคกกรวด ภูทอก มหาสารคาม ภูพาน เสาขัว พระวิหาร ภูกระดึง น้ำพอง และห้วยหินลาด น้ำบาดาลได้จากรอยแตก หรือรอยต่อระหว่างชั้นหิน ชั้นน้ำที่ให้น้ำมาก คือ หินชุดภูทอก เสาขัว และภูกระดึง ให้ปริมาณน้ำ 10-100 ลบ.ม./ชม.ที่ความลึก 10-40 ม. และ 50-100 ม. หรือบางแห่งลึก 150 ม. ส่วนหมวดหินอื่น คือ หินชุดมหาสารคาม โคกกรวด ภูพาน พระวิหาร น้ำพอง และห้วยหินลาด ให้ปริมาณน้ำ 2-10 ลบ.ม./ชม. บ่อน้ำบาดาลในหินชุดมหาสารคาม ส่วนใหญ่เป็นน้ำบาดาลเค็ม
2.3) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินปูน หินภูเขาไฟ และหินอัคนี	หน่วยหินปูน หินภูเขาไฟ และหินอัคนี พบบริเวณขอบที่ราบสูงโคราช แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินปูนบริเวณ จ.เลย และด้านทิศใต้ของ จ.นครราชสีมา ให้น้ำปริมาณ 10-50 ลบ.ม./ชม. สำหรับแหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินภูเขาไฟ และหินอัคนี ให้น้ำปริมาณ 2-5 ลบ.ม./ชม.
3) ภาคกลางและภาคตะวันตก (รูปที่ 2.2.7-5)	
3.1) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินตะกอนน้ำพา	แหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญมีอยู่ 2 ประเภท คือ 1) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน เป็นแหล่งน้ำบาดาลระดับตื้นที่สำคัญของภาคนี้ ความหนาของตะกอน 20-50 ม. แหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งน้ำบาดาลบริเวณด้านตะวันออกของ จังหวัดกาญจนบุรี ด้านเหนือของ จังหวัดสุพรรณบุรี และพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา ได้น้ำปริมาณ 30-50 ลบ.ม./ชม. และบางแห่งได้ปริมาณน้ำสูงถึง 80 ลบ.ม./ชม. 2) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินตะกอนน้ำพายุคเก่า 2.2) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ประกอบด้วยกรวด ทราย และดินเหนียวแทรกสลับกัน มีความหนามากถึง 2,000 ม. ที่ความลึกไม่เกิน 700 ม. พบว่ามีชั้นกรวดทรายถึง 8 ชั้น แต่ละชั้นมีความหนา 30-50 ม. ให้ปริมาณน้ำ 100-300 ลบ.ม./ชม. 2.2) บริเวณพื้นที่ราบขอบแอ่งที่ราบภาคกลาง ที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำแม่กลอง เช่น บริเวณเขตพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา สมุทรสงคราม และสุพรรณบุรี ปริมาณน้ำบาดาล 10-30 ลบ.ม./ชม. น้ำบาดาลคุณภาพน้ำกร่อยหรือเค็ม
3.2) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินตะกอนเชิงเขา	บริเวณพื้นที่ที่ราบเชิงเขา ความหนาของตะกอน 20-50 ม. ได้ปริมาณน้ำบาดาล 2-10 ลบ.ม./ชม. บริเวณพื้นที่ จ.ลพบุรี และ จ.สระบุรี เป็นตะกอนที่ผุพังจากหินปูน ประเภทมาลล์(Marl)ซึ่งตะกอนเหล่านี้เป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาลได้ดี ได้ปริมาณน้ำบาดาล 10-30 ลบ.ม./ชม.
3.3) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินปูน	พบบริเวณ จ.สระบุรี และ จ.ลพบุรี ส่วนใหญ่หินปูนยุค Permian เป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาลที่ดี ให้ปริมาณน้ำบาดาล 10-100 ลบ.ม./ชม. บางบริเวณพบแหล่งน้ำพุที่สำคัญ เช่น น้ำพุที่ไหลออกมาเป็นน้ำตกไทรโยคในปัจจุบัน
3.4) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินภูเขาไฟ	พบบริเวณ จ.สระบุรี จ.ลพบุรี และ จ.นครนายก ได้ปริมาณน้ำบาดาล 2-10 ลบ.ม./ชม. บางพื้นที่ตามแนวรอยเลื่อน เช่น บริเวณ อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี ให้ปริมาณน้ำบาดาล 30-40 ลบ.ม./ชม.

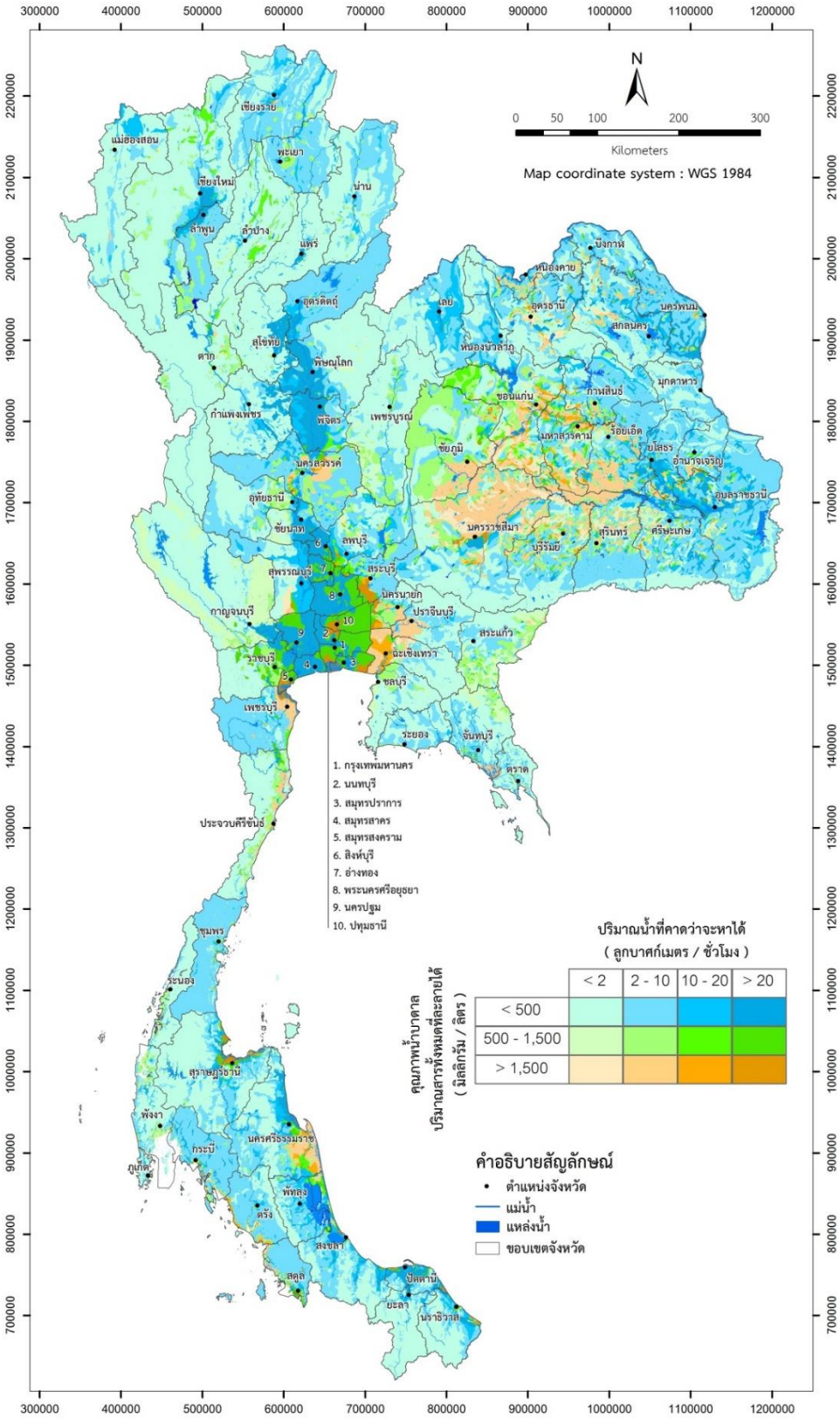
ตารางที่ 2.2.7-1 ศักยภาพน้ำบาดาลในภูมิภาคต่างๆ (ต่อ)

แหล่งน้ำบาดาล	คุณลักษณะทั่วไป
3.5) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินแปร	โดยทั่วไปหินแปร มักไม่กักเก็บน้ำ บางบ่อได้น้ำปริมาณ 1-5 ลบ.ม./ชม.
4) ภาคตะวันออก	
4.1) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินตะกอนชายหาด	แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินตะกอนชายหาด เป็นแหล่งน้ำบาดาลระดับตื้น ที่ความลึก 3-8 ม. ให้ปริมาณน้ำ 5-10 ลบ.ม./ชม.คุณภาพน้ำเป็นน้ำจืด บางบริเวณของบ้านทับเตาถ่าน อ.สัตหีบ และพื้นที่ระหว่าง อ.เมืองระยอง กับ อ.แกลง จ.ระยอง ได้น้ำปริมาณสูงถึง 10-30 ลบ.ม./ชม.
4.2) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินปูน	แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินปูนบริเวณชายแดนไทย-กัมพูชา ให้ปริมาณน้ำ 10-20 ลบ.ม./ชม. พื้นที่บริเวณ อ.วังจันทร์ จ.ระยอง อ.วังน้ำเย็น จ.สระแก้ว ให้ปริมาณน้ำ 20-50 ลบ.ม./ชม.
4.3) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินภูเขาไฟ	หินภูเขาไฟ ได้แก่ แอนดีไซต์ (Andesite)และ ไรโอไลต์ (Rhyolite)ในบริเวณ จ.ปราจีนบุรี ให้น้ำปริมาณ 10-40 ลบ.ม./ชม.
4.4) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินชั้นกึ่งหินแปร และหินแกรนิต	เป็นหน่วยหินที่ไม่ค่อยเก็บกักน้ำบาดาล บางบ่อได้น้ำปริมาณ 1-5 ลบ.ม./ชม.
5) ภาคใต้ (รูปที่ 2.2.7-6)	
5.1) แอ่งสุราษฎร์ธานี-ท่าฉาง	มีพื้นที่ประมาณ 500 ตร.กม.ประกอบด้วย ตะกอนกรวด ทราย และดินเหนียว มีความหนา 200-300 ม. ลึกจากผิวดินประมาณ 150 ม. แหล่งน้ำบาดาลมีหินอุ้มน้ำรวม 3 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 ลึกจากผิวดินประมาณ 40 ม. มีความหนาประมาณ 15 ม. ให้ปริมาณน้ำ 30-80 ลบ.ม./ชม ชั้นที่ 2 ลึกจากผิวดินประมาณ 60 ม. มีความหนาประมาณ 12 ม. ให้ปริมาณน้ำ 30-50 ลบ.ม./ชมและชั้นที่ 3 ลึกจากผิวดินประมาณ 90 ม. ให้ปริมาณน้ำ 10-30 ลบ.ม./ชม ส่วนใหญ่ให้น้ำคุณภาพดี
5.2) แอ่งนครศรีธรรมราช	มีพื้นที่ประมาณ 2,000 ตร.กม.หินอุ้มน้ำประกอบด้วย ตะกอนกรวด ทราย และดินเหนียว มีความหนา 200-400 ม. บ่อน้ำบาดาลส่วนใหญ่ขุดเจาะที่ความลึกไม่เกิน 300 ม. แอ่งนครศรีธรรมราชมีหินอุ้มน้ำรวม 3 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 ลึกจากผิวดิน 80-100 ม. มีความหนา 10-20 ม. ให้ปริมาณน้ำ 20-50 ลบ.ม./ชม ชั้นที่ 2 ลึกจากผิวดิน 130-150 ม. มีความหนา 15-20 ม. ให้ปริมาณน้ำ 10-30 ลบ.ม./ชม และชั้นที่ 3 ลึกจากผิวดิน 170-200 ม. มีความหนา 10-15 ม. ให้ปริมาณน้ำ 15-30 ลบ.ม./ชม ส่วนใหญ่มีคุณภาพน้ำดี
5.3) แอ่งระโนด-สงขลา	มีพื้นที่ประมาณ 2,400 ตร.กม. เป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล ประกอบด้วยตะกอนกรวด ทราย และดินเหนียว มีความหนาประมาณ 200 ม. ปัจจุบันมีการพัฒนาน้ำบาดาลที่ความลึกไม่เกิน 150 ม. แอ่งระโนด-สงขลา มีหินอุ้มน้ำรวม 3 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 ลึกจากผิวดิน 55-80 ม. มีความหนา 10-15 ม. ให้ปริมาณน้ำ 10-20 ลบ.ม./ชม. น้ำบาดาลมีปริมาณคลอไรด์ 300-500 มก./ลิตร ชั้นที่ 2 ลึกจากผิวดิน 100-200 ม. มีความหนา 10-20 ม. ให้ปริมาณน้ำ 15-30 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่มีปริมาณเหล็กสูงและชั้นที่ 3 ลึกจากผิวดิน 130-140 ม. มีความหนาประมาณ 5-15 ม. ให้ปริมาณน้ำ 10-20 ลบ.ม./ชม.คุณภาพน้ำดี
5.4) แอ่งหาดใหญ่	มีพื้นที่ประมาณ 300 ตร.กม.ประกอบด้วยตะกอนกรวด ทราย และดินเหนียว มีความหนา 100-200 ม. มีหินอุ้มน้ำรวม 3 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 ลึกจากผิวดิน 20-40 ม. มีความหนา 10-20 ม. ประกอบด้วยกรวดทรายขนาดใหญ่ กรวดทรายขนาดกลาง ที่มีการคัดขนาดดี ให้ปริมาณน้ำ 30-100 ลบ.ม./ชม บางแห่งให้น้ำมากถึง 150 ลบ.ม./ชม คุณภาพน้ำส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่มีปริมาณเหล็กสูง ชั้นที่ 2 ลึกจากผิวดิน 50-60 ม. มีความหนา 10-20 ม. ประกอบด้วยชั้นกรวดทรายมีดินเหนียวแทรกสลับ ให้ปริมาณน้ำ 20-50 ลบ.ม./ชม คุณภาพน้ำส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่มีปริมาณเหล็กสูง และชั้นที่ 3 ลึกจากผิวดินประมาณ 100 ม. มีความหนา 20-30 ม. ประกอบด้วยทรายหยาบและละเอียดแทรกสลับกับดินเหนียวให้ปริมาณน้ำ 10-30 ลบ.ม./ชมพื้นที่บริเวณขอบแอ่งหาดใหญ่พบแหล่งน้ำบาดาลตะกอนตะพักลำน้ำ ประกอบด้วยชั้นกรวดทรายขนาดใหญ่ ทรายหยาบและดินเหนียว ให้ปริมาณน้ำ 3-10 ลบ.ม./ชมคุณภาพน้ำส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่มีปริมาณเหล็กสูง ส่วนบริเวณด้านทิศเหนือของแอ่ง คุณภาพน้ำเป็นน้ำกร่อยและเค็ม

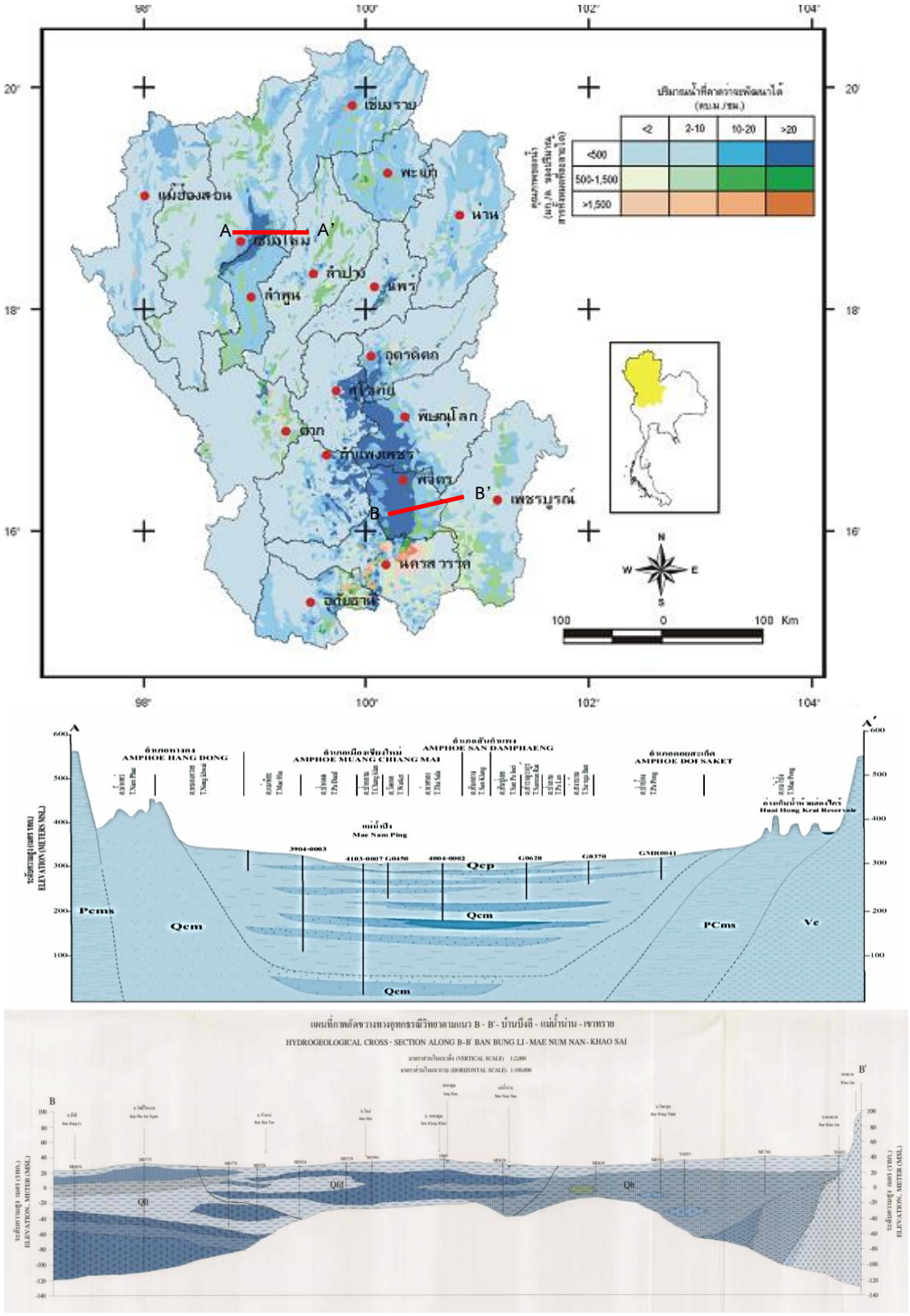
ตารางที่ 2.2.7-1 ศักยภาพน้ำบาดาลในภูมิภาคต่างๆ (ต่อ)

แหล่งน้ำบาดาล	คุณลักษณะทั่วไป
5.5) แอ่งปัตตา	มีพื้นที่ประมาณ 1,700 ตร.กม.มีแม่น้ำปัตตานีเป็นแม่น้ำสายหลัก แหล่งน้ำบาดาลประกอบด้วยตะกอนกรวดทรายขนาดกลางถึงใหญ่ ทรายหยาบ ทรายละเอียด และดินเหนียว มีความหนา 200-300 ม. มีหินอุ้มน้ำรวม 2 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 ลึกจากผิวดิน 30-50 ม. มีความหนา 10-50 ม. ประกอบด้วยตะกอนกรวดทรายและมีดินเหนียวแทรกสลับ ให้ปริมาณน้ำ 30-100 ลบ.ม./ชม บางแห่งเป็นบ่อน้ำบาดาลพุ คุณภาพน้ำส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่มีปริมาณเหล็กสูง และชั้นที่ 2 ลึกจากผิวดิน 85-100 ม. มีความหนา 10-40 ม. ประกอบด้วยตะกอนกรวดทรายและมีดินเหนียวแทรกสลับ ให้ปริมาณน้ำ 50-200 ลบ.ม./ชม คุณภาพน้ำดี พื้นที่บริเวณขอบแอ่งส่วนใหญ่น้ำบาดาลกักเก็บอยู่ในแหล่งน้ำบาดาลตะกอนเชิงเขา มีความหนา 20-50 ม. ให้ปริมาณน้ำ 2-8 ลบ.ม./ชม คุณภาพน้ำส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดที่มีปริมาณเหล็กสูง ส่วนบริเวณที่ราบชายฝั่งทะเลมีชั้นตะกอนชายหาดซึ่งเป็นแหล่งน้ำบาดาลระดับตื้น ชั้นตะกอนมีความหนาประมาณ 5-10 ม. ให้ปริมาณน้ำ 2-8 ลบ.ม./ชม
5.6) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินปูน	แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินปูนเป็นแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็งที่ดีที่สุด บ่อน้ำบาดาลให้น้ำในเกณฑ์ 10-100 ลบ.ม./ชม. พบในพื้นที่หลายจังหวัด คือ พังงา กระบี่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง ตรัง สตูล สำหรับพื้นที่บริเวณ อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ น้ำบาดาลกักเก็บอยู่ในโพรงหินปูนในลักษณะธารน้ำใต้ดิน บางแห่งเป็นน้ำพุ เช่น ที่ธารโบกขรณี ซึ่งมีอัตราการไหลเฉลี่ยสูงถึง 1,500 ลบ.ม./ชม.
5.7) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินชั้นกึ่งหินแปร	แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินชั้นกึ่งหินแปรจะได้น้ำจากรอยแตก มีปริมาณน้ำ 2-10 ลบ.ม./ชม
5.8) แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินแปรและหินอัคนี	แหล่งน้ำบาดาลในหน่วยหินแปรและหินอัคนีจะให้ปริมาณน้ำเพียง 2-5 ลบ.ม./ชม

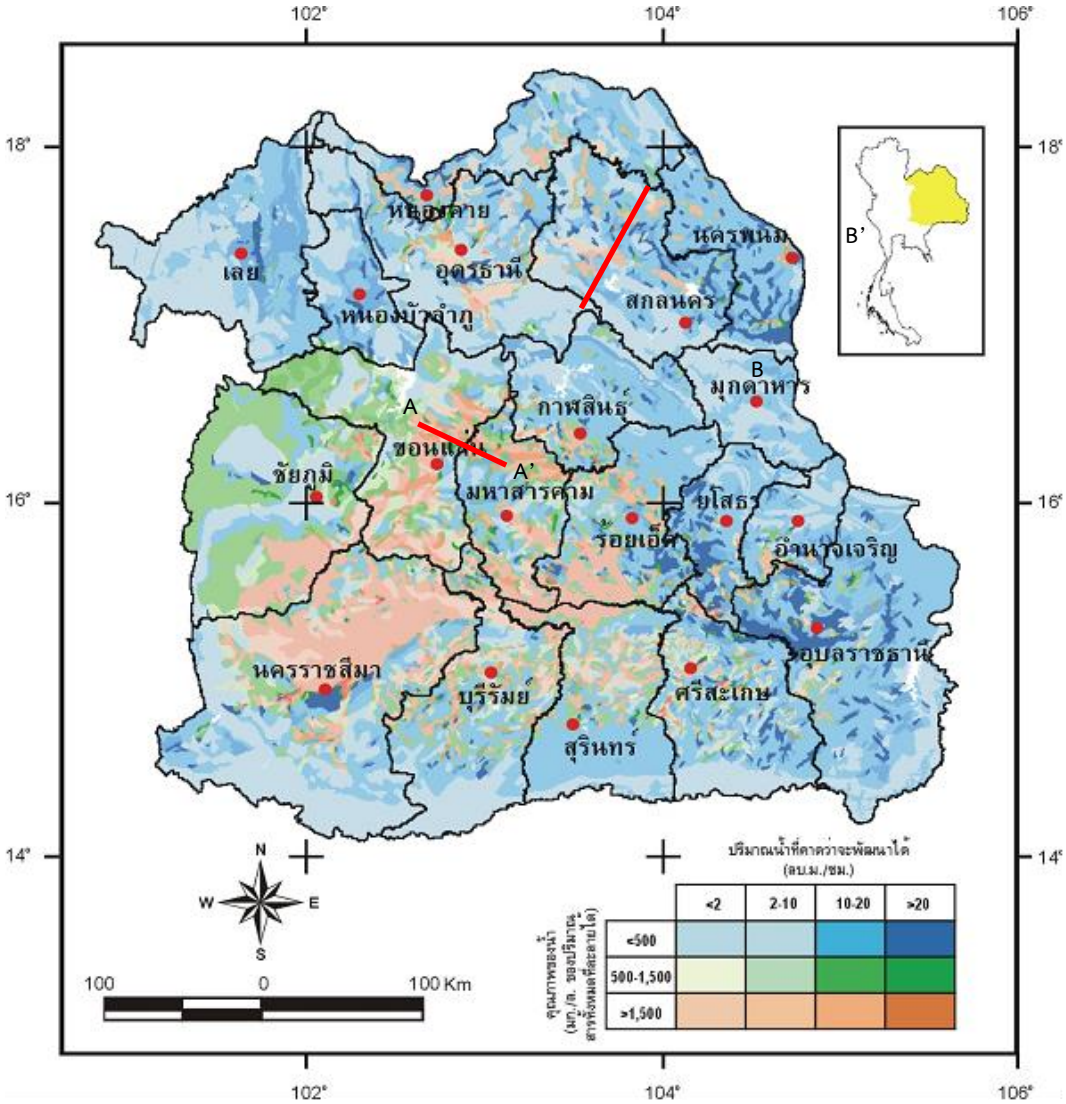
ดัดแปลงจาก วจี รามณรงค์และสมชัย วงศ์สวัสดิ์ (2542)

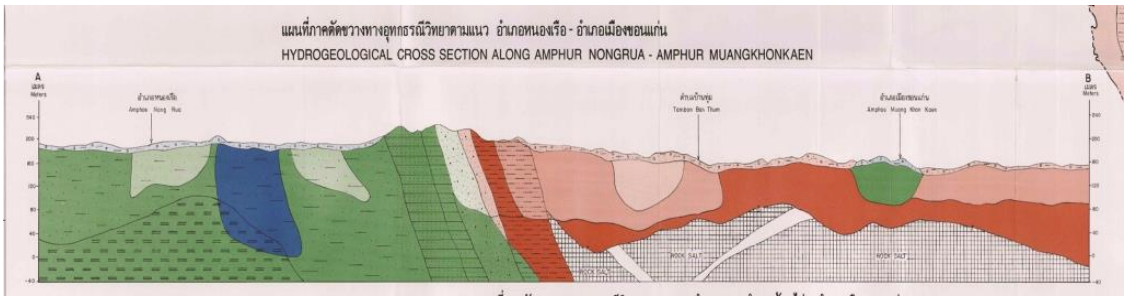


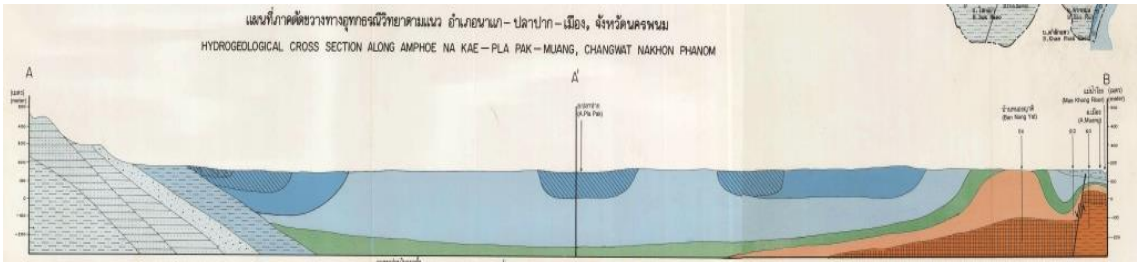
รูปที่ 2.2.7-2 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพของประเทศไทย (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2542)



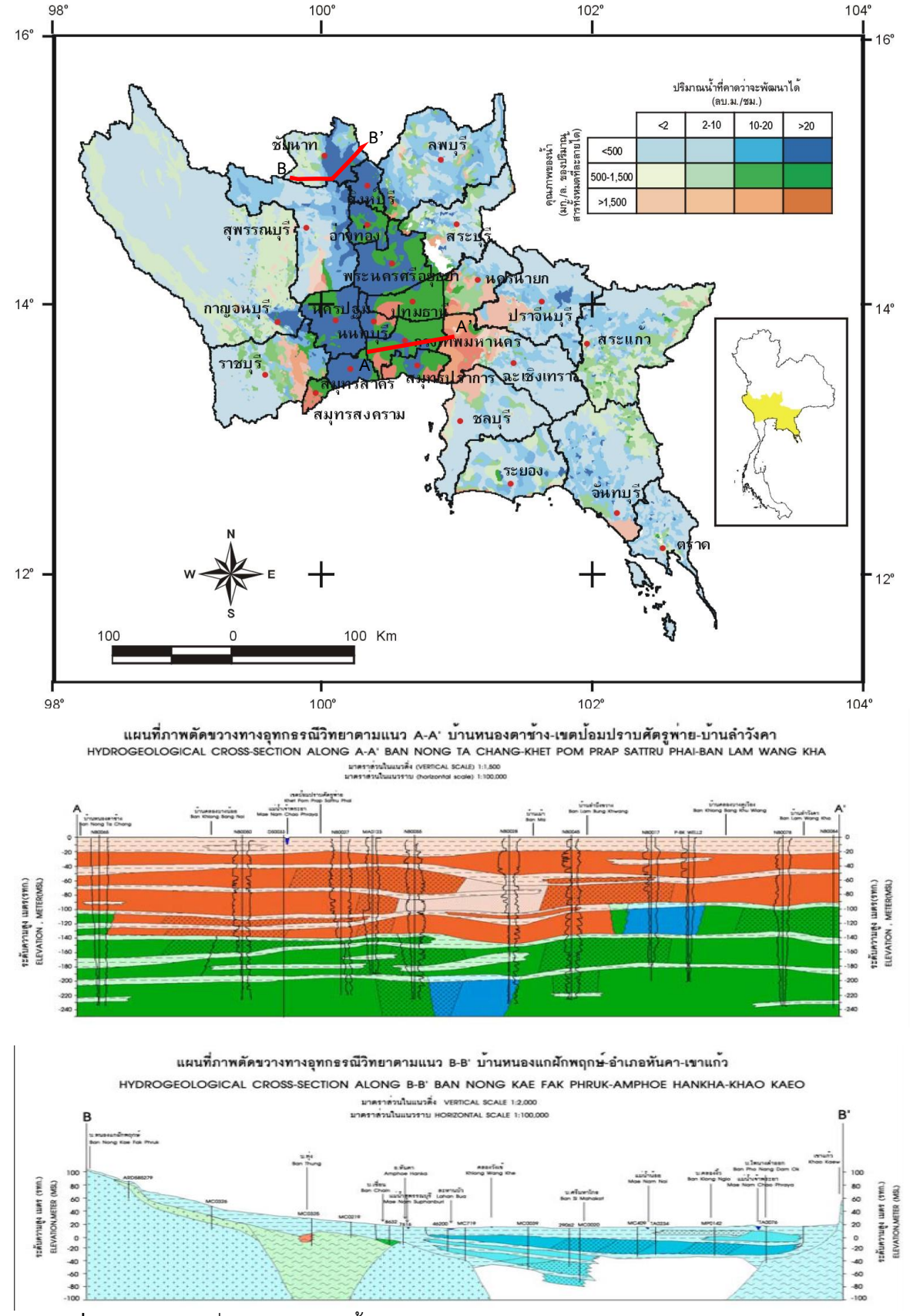
รูปที่ 2.2.7-3 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพภาคเหนือ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2542)



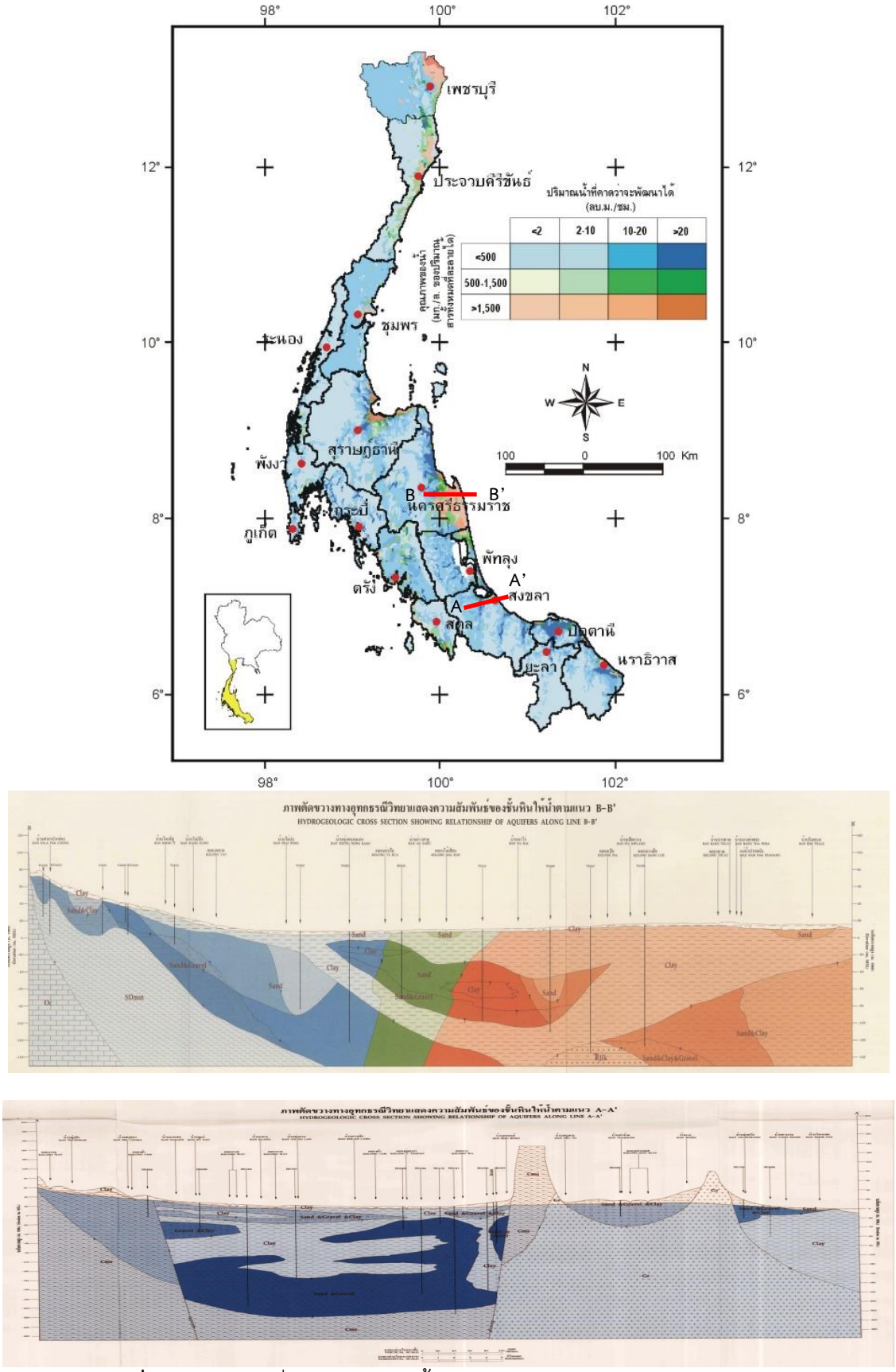




รูปที่ 2.2.7-4 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2542)



รูปที่ 2.2.7-5 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออก (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2542)



รูปที่ 2.2.7-6 แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพภาคใต้
(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2542)

ตารางที่ 2.2.7-2 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
คุณลักษณะทางกายภาพ		
1. สี (Colour)	5	15 (Pt-Co)
2. ความขุ่น (Turbidity)	5	20 (JTU)
3. ความเปนกรด-ด่าง (pH)	7.0-8.5	6.5-9.2
คุณลักษณะทางเคมี (หนวย มก/ล)		
4. เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	1.0
5. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	0.5
6. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	1.5
7. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0	15.0
8. ซัลเฟต (SO4)	ไม่เกิน 200	250
9. คลอไรด (Cl)	ไม่เกิน 250	600
10. ฟลูออไรด (F)	ไม่เกิน 0.7	1.0
11. ไนเตรต (NO3)	ไม่เกิน 45	45
12. ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness as $CaCO_3$)	ไม่เกิน 300	500
13. ความกระด้างถาวร (Non-carbonate hardness as $CaCO_3$)	ไม่เกิน 200	ไม่เกิน 250
14. ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solids, TDS)	ไม่เกิน 600	1,200
สารพิษ		
15. สารหนู (As)	ต้องไม่มีเลย	0.05
16. ไซยาไนด์ (CN)	ต้องไม่มีเลย	0.1
17. ตะกั่ว (Pb)	ต้องไม่มีเลย	0.05
18. ปรอท (Hg)	ต้องไม่มีเลย	0.001
19. แคดเมียม (Cd)	ต้องไม่มีเลย	0.01
20. ซิลิเนียม (Se)	ต้องไม่มีเลย	0.01
คุณสมบัติทางแบคทีเรีย		
21. แบคทีเรียที่ตรวจพบโดยวิธี Standard plate count	ไม่เกิน 500 (โคโลนี/ลบ.ซม.)	
22. แบคทีเรียที่ตรวจพบโดยวิธี MPN	น้อยกว่า 2.2 (เอ็มพีเอ็น/100 ลบ.ซม.)	
23. อี.โคไล (E.coli)	ต้องไม่มีเลย	

ตารางที่ 2.2.7-3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
คุณลักษณะทางกายภาพ		
1. สี (Colour)	5	15 (Platinum-Cobalt, Pt-Co)
2. รส (Taste)	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
3. กลิ่น (Odour)	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
4. ความขุ่น (Turbidity)	5	20 (Silica scale unit, SSU)
5. ความเปนกรด-ด่าง (pH)	6.5-8.5	9.2
คุณลักษณะทางเคมี (หนวย มก/ล)		
6. ปริมาณสารทั้งหมด (Total solids)	500	1,500
7. เหล็ก (Fe)	0.5	1.0
8. แมงกานีส (Mn)	0.3	0.5
9. เหล็กและมังกานีส (Fe & Mn)	0.5	1.0
10. ทองแดง (Cu)	1.0	1.5
11. สังกะสี (Zn)	5.0	15.0
12. คัลเซียม (แคลเซียม) (Ca)	75 [b]	200
13. แมกนีเซียม (Mg)	50	150
14. ซัลเฟต (SO4)	200	250 [c]
15. คลอไรด์ (Cl)	250	600
16. ฟลูออไรด์ (F)	0.7	1.0
17. ไนเตรต (NO3)	45	45
18. อัลคิลเบนซิลซัลโฟเนต (Alkybenzyl Sulfonate, ABS)	0.5	1.0
19. ฟีโนลิกซับสแตนซ์ (Phenolic substances as phenol)	0.001	0.002
สารพิษ		
20. ปรอท (Hg)	0.001	-
21. ตะกั่ว (Pb)	0.05	-
22. อาร์เซนิก (As)	0.05	-
23. ซิลิเนียม (Se)	0.01	-
24. โครเมียม (Cr hexavalent)	0.05	-
25. ไซยาไนด์ (CN)	0.2	-
26. แคดเมียม (Cd)	0.01	-
27. แบเรียม (Ba)	1.0	-

ตารางที่ 2.2.7-3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
28. แสตนดาร์ดเพลทเคานต์ (Standard Plate Count)	500 (Colonies/cm^3)	-
29. เอ็มพีเอ็น (MPN)	น้อยกว่า 2.2 Coliform Organism/100 cm3)	
30. อี.โคไล (E.coli)	ไมมี	

หมายเหตุ : [a] เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดเป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้สำหรับน้ำประปาหรือน้ำบาดาลที่มีความจำเป็นต้องใช้บริโภคเป็นการชั่วคราว และน้ำที่มีคุณลักษณะอยู่ในระหว่างเกณฑ์กำหนดสูงสุด กับเกณฑ์อนุโลมสูงสุดนั้น ไม่ใช่น้ำที่ให้เครื่องหมายมาตรฐานได้

[b]หากแคลเซียมมีปริมาณสูงสุดกว่าที่กำหนด และแมกนีเซียมมีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนดในมาตรฐาน ให้พิจารณาแคลเซียมและแมกนีเซียมในเทอมของความกระด้างทั้งหมด (total hardness) ถ้ารวมความกระด้างทั้งหมดเพื่อคำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตมีปริมาณต่ำกว่า 300 มก./ล. ให้ถือว่าน้ำนั้นเป็นไปตามมาตรฐานการแบ่งระดับความกระด้างของน้ำ ดังต่อไปนี้

0-75	มก./ล.	เรียก	น้ำออน
75-150	มก./ล.	เรียก	น้ำกระด้างปานกลาง
150-300	มก./ล.	เรียก	น้ำกระด้าง
>300	มก./ล.	เรียก	น้ำกระด้างมาก

[c]หากซัลเฟตมีปริมาณถึง 250 มก./ล. แมกนีเซียมตองมีปริมาณไมเกิน 30 มก./ล.

(ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332, 2521)

2.2.7.4 คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อเกษตรกรรม

คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรม สามารถพิจารณาจากปริมาณของโซเดียม (Na) เป็นสำคัญ เนื่องจาก Na มีผลต่อคุณสมบัติในการระบายน้ำของดิน ซึ่งสามารถพิจารณาจาก 1) soluble-sodium percentage ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.2.7-4** และ 2) Sodium Absorption Ration (SAR) ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.2.7-5** นอกจากธาตุโซเดียมแล้วยังต้องพิจารณาถึงปริมาณเกลือแร่ทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำบาดาล ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้านทานความเค็มที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้ยังมีธาตุที่เป็นตัวชี้บอกคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรได้ดีเช่นกัน คือ โบรอน (Bo) ซึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และพืชต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตารางที่ 2.2.7-4 คุณภาพน้ำบาดาลสำหรับการใช้เพื่อการเกษตรกรรม โดยพิจารณาจำนวนร้อยละของโซเดียม (Todd, 1980)

ชั้นคุณภาพ	% Na	Electrical conductance (Ec) (μS/cm)
ดีเยี่ยม (excellent)	< 20	< 250
ดี (good)	20 - 40	250 - 750
ใช้ได้ (permissible)	40 - 60	750 - 2,000
ไม่ค่อยเหมาะสม (doubtful)	60 - 80	2,000 - 3,000
ไม่เหมาะสม (unsuitable)	> 80	> 3,000

(Todd, 1980)

ตารางที่ 2.2.7-5 คุณภาพน้ำบาดาลสำหรับการใช้เพื่อการเกษตรกรรม โดยพิจารณาจาก Sodium Absorbtion Ration (SAR)

SAR (meq/l)	คุณภาพน้ำบาดาล
< 10	น้ำดีเยี่ยม (Excellent water)
10 - 18	น้ำดีมาก (Good water)
18 - 26	น้ำพอใช้ (Fair water)
> 26	น้ำไม่เหมาะสม (Poor water)

(Todd, 1980)

2.3 มาตรฐานและการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล

2.3.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาล

มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลสำหรับกิจกรรมต่างๆ การบริหารจัดการด้านคุณภาพของน้ำบาดาลจะต้องพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลสำหรับกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ 1) การอุปโภคบริโภค 2) อุตสาหกรรม และ 3) เกษตรกรรม

2.3.1.1 คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค

คุณภาพน้ำที่เหมาะสำหรับใช้ในการอุปโภคบริโภค สามารถพิจารณาได้จากคุณลักษณะต่างๆ ดังนี้

1) คุณลักษณะทางกายภาพ เป็นคุณลักษณะภายนอกของน้ำที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา ชิมรส และดมกลิ่นได้ ซึ่งลักษณะทางกายภาพของน้ำบาดาลที่ดีควรเป็นน้ำที่ปราศจากสี กลิ่น รส และความขุ่น

2) คุณลักษณะทางเคมี ต้องทำการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำบาดาล ได้แก่ ค่าความกระด้าง คลอไรด์ ซัลเฟต ไนเตรต ฟลูออไรด์ เหล็ก แมงกานีส และปริมาณมวลสารที่ละลายได้ทั้งหมด ตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำโดยทั่วไปมักพิจารณาค่าปริมาณมวลสารที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นค่ารวมของปริมาณเกลือแร่ทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ

3) คุณลักษณะทางสารพิษ สารพิษในน้ำบาดาลที่นำมาพิจารณาตรวจวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ สารหนู ปรอท ตะกั่ว ซีลีเนียม แคดเมียม และไซยาไนด์ น้ำบาดาลตามธรรมชาติส่วนใหญ่จะตรวจไม่พบสารพิษเหล่านี้ นอกจากอาจเกิดการรั่วไหลเนื่องจากอุบัติเหตุหรือจากแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้น้ำบาดาลตามธรรมชาตินั้นถูกปนเปื้อน

4) คุณลักษณะทางแบคทีเรีย น้ำบาดาลได้ผ่านการกรองโดยธรรมชาติจึงเป็นน้ำที่สะอาด เชื้อโรคที่ตรวจพบในน้ำบาดาลมักเกิดโดยการปนเปื้อนจากภายนอก

มาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภคประเภทต่างๆ ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.3.1-1**

โดยทั่วไปที่ใช้ในการอุตสาหกรรม มักจะพิจารณาองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ความกระด้าง ซิลิกา และปริมาณมวลสารทั้งหมดที่ละลายได้ (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12, 2542)

2.3.1.2 คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการอุตสาหกรรม

เกณฑ์คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการอุตสาหกรรมจะมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำเช่น อุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ ต้องใช้น้ำบาดาลที่ปราศจากกลิ่น รส เหล็ก และแมงกานีส อุตสาหกรรมการผลิตน้ำแข็งต้องพิจารณาปริมาณซิลิกา และความเป็นด่าง ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง ต้องใช้น้ำบริสุทธิ์ ในอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการต้มน้ำในหม้อต้มความดันสูง น้ำบาดาลต้อง

มีคุณรูปที่แน่นอน ส่วนในระบบถ่ายเทความร้อน คุณภาพน้ำบาดาลอาจไม่สำคัญมากนัก ดัง**ตารางที่ 2.3.1-2**

ตารางที่ 2.3.1-1 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
คุณลักษณะทางกายภาพ		
1. สี (Colour)	5	15 (Pt-Co)
2. ความขุ่น (Turbidity)	5	20 (JTU)
3. ความเปนกรด-ด่าง (pH)	7.0-8.5	6.5-9.2
คุณลักษณะทางเคมี (หนวย มก/ล)		
4. เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	1.0
5. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	0.5
6. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	1.5
7. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0	15.0
8. ซัลเฟต (SO4)	ไม่เกิน 200	250
9. คลอไรด (Cl)	ไม่เกิน 250	600
10. ฟลูออไรด (F)	ไม่เกิน 0.7	1.0
11. ไนเตรต (NO3)	ไม่เกิน 45	45
12. ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness as $CaCO_3$)	ไม่เกิน 300	500
13. ความกระด้างถาวร (Non-carbonate hardness as $CaCO_3$)	ไม่เกิน 200	ไม่เกิน 250
14. ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solids, TDS)	ไม่เกิน 600	1,200
สารพิษ		
15. สารหนู (As)	ต้องไม่มีเลย	0.05
16. ไซยาไนด์ (CN)	ต้องไม่มีเลย	0.1
17. ตะกั่ว (Pb)	ต้องไม่มีเลย	0.05
18. ปรอท (Hg)	ต้องไม่มีเลย	0.001
19. แคดเมียม (Cd)	ต้องไม่มีเลย	0.01
20. ซิลิเนียม (Se)	ต้องไม่มีเลย	0.01
คุณสมบัติทางแบคทีเรีย		
21. แบคทีเรียที่ตรวจพบโดยวิธี Standard plate count	ไม่เกิน 500 (โคโลนี/ลบ.ซม.)	
22. แบคทีเรียที่ตรวจพบโดยวิธี MPN	น้อยกว่า 2.2 (เอ็มพีเอ็น/100 ลบ.ซม.)	
23. อี.โคไล (E.coli)	ต้องไม่มีเลย	

ตารางที่ 2.3.1-2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
คุณลักษณะทางกายภาพ		
1. สี (Colour)	5	15 (Platinum-Cobalt, Pt-Co)
2. รส (Taste)	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
3. กลิ่น (Odour)	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
4. ความขุ่น (Turbidity)	5	20 (Silica scale unit, SSU)
5. ความเปนกรด-ด่าง (pH)	6.5-8.5	9.2
คุณลักษณะทางเคมี (หนวย มก/ล)		
6. ปริมาณสารทั้งหมด (Total solids)	500	1,500
7. เหล็ก (Fe)	0.5	1.0
8. แมงกานีส (Mn)	0.3	0.5
9. เหล็กและมังกานีส (Fe & Mn)	0.5	1.0
10. ทองแดง (Cu)	1.0	1.5
11. สังกะสี (Zn)	5.0	15.0
12. คัลเซียม (แคลเซียม) (Ca)	75 [b]	200
13. แมกนีเซียม (Mg)	50	150
14. ซัลเฟต (SO4)	200	250 [c]
15. คลอไรด์ (Cl)	250	600
16. ฟลูออไรด์ (F)	0.7	1.0
17. ไนเตรต (NO3)	45	45
18. อัลคิลเบนซิลซัลโฟเนต (Alkybenzyl Sulfonate, ABS)	0.5	1.0
19. ฟีโนลิกซับสแตนซ์ (Phenolic substances as phenol)	0.001	0.002
สารพิษ		
20. ปรอท (Hg)	0.001	-
21. ตะกั่ว (Pb)	0.05	-
22. อาร์เซนิก (As)	0.05	-
23. ซิลิเนียม (Se)	0.01	-
24. โครเมียม (Cr hexavalent)	0.05	-
25. ไซยาไนด์ (CN)	0.2	-
26. แคดเมียม (Cd)	0.01	-
27. แบเรียม (Ba)	1.0	-

ตารางที่ 2.3.1-2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
28. แสตนดาร์ดเพลทเคานต์ (Standard Plate Count)	500 (Colonies/cm^3)	-
29. เอ็มพีเอ็น (MPN)	น้อยกว่า 2.2 Coliform Organism/100 cm3)	
30. อี.โคไล (E.coli)	ไมมี	

หมายเหตุ : [a] เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดเป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้สำหรับน้ำประปาหรือน้ำบาดาลที่มีความจำเป็นต้องใช้บริโภคเป็นการชั่วคราว และน้ำที่มีคุณลักษณะอยู่ในระหว่างเกณฑ์กำหนดสูงสุด กับเกณฑ์อนุโลมสูงสุดนั้น ไม่ใช่น้ำที่ให้เครื่องหมายมาตรฐานได้

[b]หากแคลเซียมมีปริมาณสูงสุดกว่าที่กำหนด และแมกนีเซียมมีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนดในมาตรฐาน ให้พิจารณาแคลเซียมและแมกนีเซียมในเทอมของความกระด้างทั้งหมด (total hardness) ถ้ารวมความกระด้างทั้งหมดเพื่อคำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตมีปริมาณต่ำกว่า 300 มก./ล. ให้ถือว่าน้ำนั้นเป็นไปตามมาตรฐานการแบ่งระดับความกระด้างของน้ำ ดังต่อไปนี้

0-75	มก./ล.	เรียก	น้ำออน
75-150	มก./ล.	เรียก	น้ำกระด้างปานกลาง
150-300	มก./ล.	เรียก	น้ำกระด้าง
>300	มก./ล.	เรียก	น้ำกระด้างมาก

[c]หากซัลเฟตมีปริมาณถึง 250 มก./ล. แมกนีเซียมตองมีปริมาณไมเกิน 30 มก./ล.

(ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332, 2521)

2.3.1.3 คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อเกษตรกรรม

คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรม สามารถพิจารณาจากปริมาณของโซเดียม (Na) เป็นสำคัญ เนื่องจาก Na มีผลต่อคุณสมบัติในการระบายน้ำของดิน ซึ่งสามารถพิจารณาจาก 1) soluble-sodium percentage ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.3.1-3** และ 2) Sodium Absorption Ration (SAR) ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.3.1-4** นอกจากธาตุโซเดียมแล้วยังต้องพิจารณาถึงปริมาณเกลือแร่ทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำบาดาล ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้านทานความเค็มที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้ยังมีธาตุที่เป็นตัวชี้บอกคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรได้ดีเช่นกัน คือ โบรอน (Bo) ซึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และพืชต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตารางที่ 2.3.1-3 คุณภาพน้ำบาดาลสำหรับการใช้เพื่อการเกษตรกรรม โดยพิจารณาจำนวนร้อยละของโซเดียม (Todd, 1980)

ชั้นคุณภาพ	% Na	Electrical conductance (Ec) (µS/cm)
ดีเยี่ยม (excellent)	< 20	< 250
ดี (good)	20 - 40	250 - 750
ใช้ได้ (permissible)	40 - 60	750 - 2,000
ไม่ค่อยเหมาะสม (doubtful)	60 - 80	2,000 - 3,000
ไม่เหมาะสม (unsuitable)	> 80	> 3,000

(Todd, 1980)

ตารางที่ 2.3.1-4 คุณภาพน้ำบาดาลสำหรับการใช้เพื่อการเกษตรกรรม โดยพิจารณาจาก Sodium Absorbtion Ration (SAR)

SAR (meq/l)	คุณภาพน้ำบาดาล
< 10	น้ำดีเยี่ยม (Excellent water)
10 - 18	น้ำดีมาก (Good water)
18 - 26	น้ำพอใช้ (Fair water)
> 26	น้ำไม่เหมาะสม (Poor water)

(Todd, 1980)

2.3.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล

2.3.2.1 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลเป็นระบบที่สำคัญระบบหนึ่งเพราะคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ต้องสะอาดได้มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 หรือตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก (WHO) ปัญหาคุณภาพน้ำบาดาลส่วนใหญ่จะมาจากน้ำบาดาลที่มีปริมาณเหล็กสูงกว่ามาตรฐานและยังมีแร่ธาตุอื่นๆ ต้องปรับปรุงคุณภาพก่อนนำไปใช้ เช่น ความกระด้าง ความเค็ม หรือฟลูออไรด์

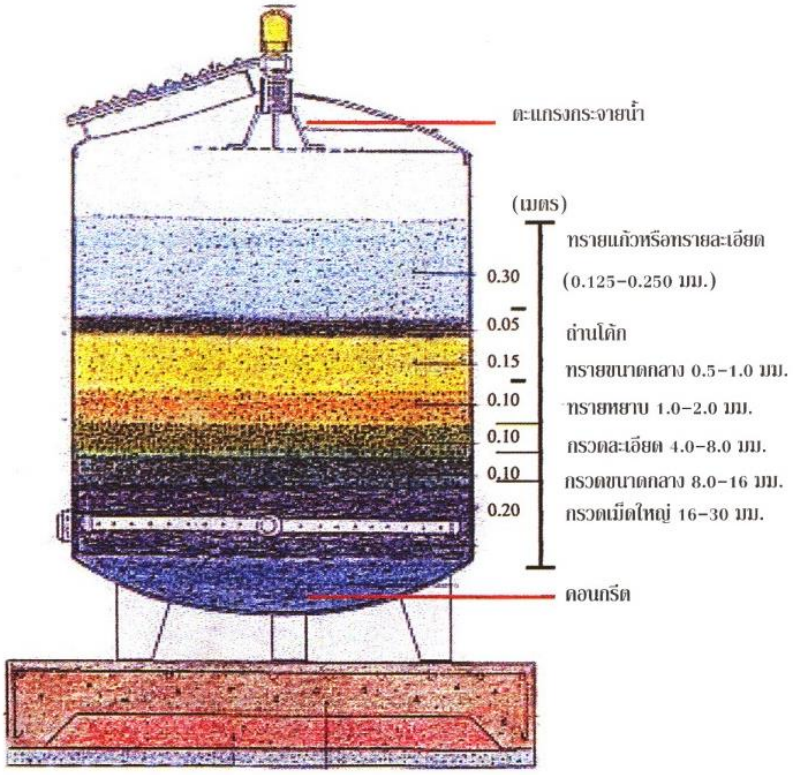
1) การกำจัดสนิมเหล็ก

การกำจัดสนิมเหล็กมี 2 วิธี คือ ระบบถังกรองแบบกรองเร็ว (rapid sand filter) และถังกรองสนิมเหล็กระบบกรองช้า (slow sand filter)

1.1) ถังกรองสนิมเหล็กแบบกรองเร็ว (**รูปที่ 2.3.2-1** และ **2.3.2-2**) ขนาดของเครื่องกำจัดสนิมเหล็ก ตามของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล มีรูปเป็นแบบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.15 ม. สูง 1.20 ม. ระบบกรองแบบใช้แรงดันสามารถล้าง (back wash) ตัวถังที่ควบคุมประตูน้ำทำหน้าที่ขจัดเหล็ก

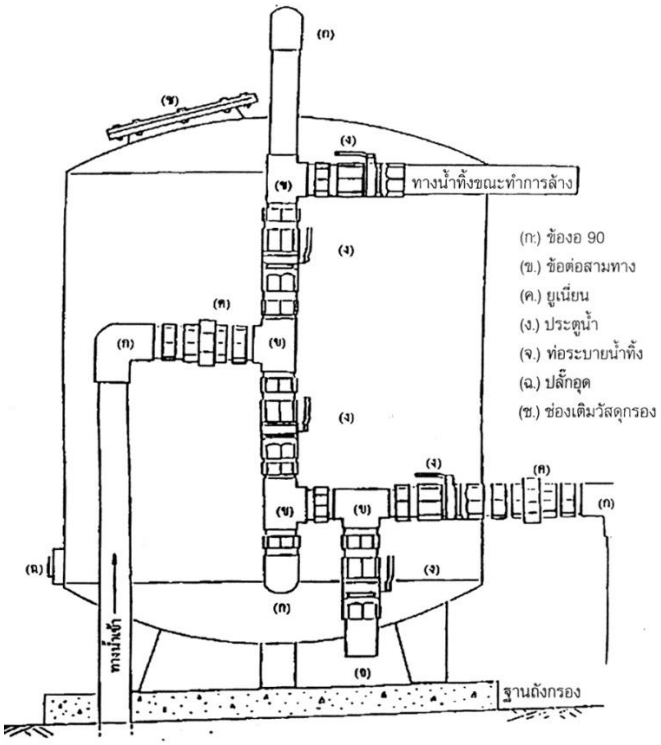
และตะกอนต่างๆ จากบ่อน้ำบาดาล ความสามารถในการกรองไม่น้อยกว่า 7 ลบ.ม./ชม. ภายในบรรจุวัสดุ เช่น กรวด ทราย และถ่านโค้ก และมีช่องเติมวัสดุกรอง สำหรับเปลี่ยนวัสดุกรอง ภายนอกติดตั้งอุปกรณ์ของประตูน้ำแบบบอลวาล์ว (ball valve)

1.2) ถังกรองสนิมเหล็กระบบกรองช้า เป็นถังกรองที่ติดตั้งชั้นกระจายน้ำบนถังกรองที่เป็นถาดทำจากอลูมิเนียม ภายในถาดบรรจุถ่านไม้ และถังกรองบรรจุกรวดทรายเป็นชั้นๆ จากล่างถึงบนตามลำดับ เพื่อกรองสนิมเหล็กหรือตะกอนดินทรายออกจากน้ำบาดาล (**รูปที่ 2.3.2-3**)



รูปที่ 2.3.2-1 อุปกรณ์ภายในของถังกรองสนิมเหล็ก (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551)

.



รูปที่ 2.3.2-2 อุปกรณ์ภายนอกของถังกรองสนิมเหล็ก (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551)

รูปที่ 2.3.2-3 ถังกรองสนิมเหล็กระบบกรองช้า (รพช, 2540)

2) หลักการกำจัดสารละลายทางเคมี

การกำจัดสารละลายทางเคมีในน้ำบาดาล แต่ละชนิดมีกำวิธีแตกต่างกัน ดังนี้

2.1) การกำจัดเหล็กและแมงกานีส

ที่นิยมใช้มี 2 วิธีคือ

(1) ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจากการเปลี่ยนเหล็กที่มีประจุบวก 2 และแมงกานีสที่มีประจุบวก 2 ให้เป็นเหล็กที่มีประจุบวก 3 และแมงกานีสที่มีประจุบวก 4 ซึ่งตกผลึกได้ง่ายกว่า ตัวออกซิไดซ์ที่นิยมใช้ได้แก่ ออกซิเจนคลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ โซเดียมไฮโพคลอไรด์ หรือด่างทับทิม ปกติใช้ออกซิเจนก่อนเพราะมีอยู่ในอากาศ หรือเรียกว่าวิธีเติมอากาศถ้าใช้ออกซิเจนแล้วยังไม่ได้ผลเท่าที่ควร ก็จำเป็นต้องใช้ตัวออกซิไดซ์ตัวอื่น เพื่อให้เกิดตะกอนสมบูรณ์ขึ้น แล้วจึงผ่านถังกรองเพื่อกรองตะกอนออกเครื่องกรอง อาจใช้ความดันหรือแบบธรรมดาที่มีสารกรองทรายอย่างเดียว

(2) วิธีใช้สารกรองซีโอไลต์ (zeolite) ได้แก่ แมงกานีสกรีนแซนด์ (maganese green sand) และแมงกานีสซีโอไลต์ (manganese zeolite)

- แมงกานีสกรีนแซนด์ เป็นเม็ดสีน้ำตาลดำมีแมงกานีสไดออกไซด์เคลือบผิวเม็ดทรายทำให้มีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นให้เร็วขึ้นเมื่อมีการเติมคลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ โซเดียมไฮโพคลอไรต์ ออกซิเจน หรือด่างทับทิม ใช้เวลาเพียง 5 - 10 วินาทีทำให้เหล็กและแมงกานีสตกตะกอน ซึ่งติดค้างอยู่ในสารกรองได้ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองด้วย เมื่อใช้เครื่องกรองไปนานๆ หรือไม่สามารถใช้งานได้ดีต้องทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพของสารกรอง (regeneration) ด้วยสารละลายด่างทับทิมใช้เวลาประมาณ 1 - 2 ชม. ซึ่งใช้ในระบบความดันปิดได้

- แมงกานีสซีโอไลต์เป็นสารสีม่วงดำสามารถนำมาใช้ในระบบความดันปิดที่ไม่มีอากาศได้ต้องเติมคลอรีนและด่างทับทิมเพื่อให้เกิดการตกตะกอนและการฟื้นฟูสภาพก่อนผ่านสารกรอง ระบบนี้มีราคาสูงกว่าระบบแมงกานีสกรีนแซนด์แต่มีระบบการใช้งานที่ง่ายกว่า การใช้งานที่นาน และถูกกว่า

2.2) การกำจัดความกระด้าง

การกำจัดความกระด้างเป็นการกำจัดสารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายน้ำ วิธีที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันได้แก่ วิธีแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange resin) ซึ่งใช้สารอินทรีย์พอลิเมอร์ที่เรียกว่า **เรซิน** เรซินที่นำมาใช้กำจัดความกระด้างเป็นชนิดประจุบวก-กรดแก่ (strong acid cation) ใช้ไอออนบวก (Na^+) ของตัวเองแลกกับไอออนบวกของน้ำที่ต้องการปรับปรุงคุณภาพ (Ca^{2+}) กระบวนการกำจัดความกระด้าง (softening process) โดยปล่อยน้ำที่ต้องการกำจัดความกระด้างผ่านถัง
เรซิน เรซินจะจับ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ไว้ แล้วปล่อยน้ำที่มีเกลือโซเดียมออกมาเป็นน้ำอ่อนซึ่งนำไปใช้ได้ เมื่อเรซินถูกใช้จนหมดประสิทธิภาพแล้วจะปล่อยน้ำเข้าไปล้างย้อนกลับ แล้วผ่านน้ำเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้าไปเพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพของเรซิน ต่อจากนั้นจะปล่อยน้ำเข้าไปล้างน้ำเกลือออกและนำมาใช้งานได้ต่อไป น้ำที่จะกำจัดความกระด้างต้องใส เพราะเรซินไม่มีคุณสมบัติเป็นสารกรอง ถ้าน้ำบาดาลมีเหล็กและความขุ่น

สูง ต้องผ่านการกำจัดให้ใสก่อน มิฉะนั้นจะทำให้เรซินเสื่อมคุณภาพจนไม่สามารถใช้งานได้ สำหรับวิธีต้มสามารถกำจัดความกระด้างชั่วคราวซึ่งโดยมากใช้ในครัวเรือนเท่านั้น

2.3) การกำจัดความกร่อยหรือความเค็มและสารละลายน้ำอื่นๆ

ความกร่อยหรือความเค็ม หรือสารละลายน้ำอื่นๆ นอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถกำจัดได้โดยวิธีดังนี้ คือ

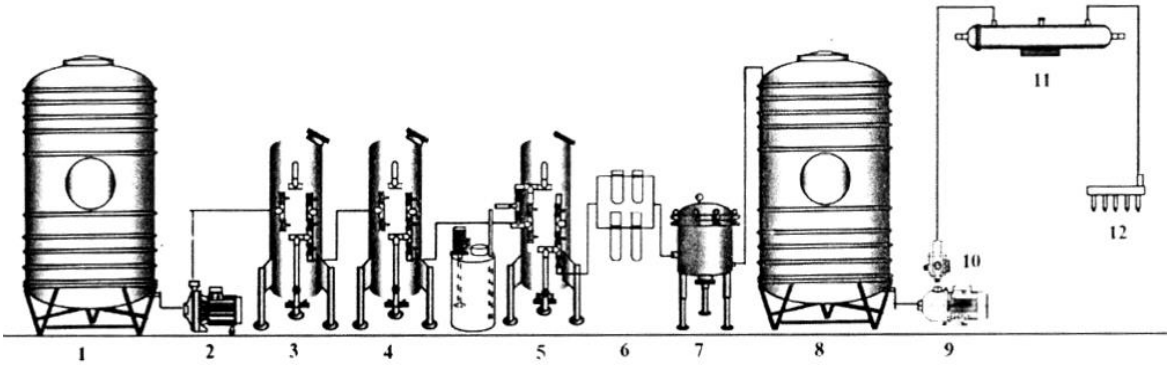
(1) วิธีแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) เหมาะสำหรับน้ำที่มีสารละลายทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolve Solids, TDS) น้อยกว่า 700 ส่วนในล้านส่วน (มก./ล. หรือ มก./ล.) วิธีนี้ใช้เรซินสังเคราะห์ซึ่งสามารถกำจัดพวกไอออนประจุบวกน้ำ เช่น แคดเมียม (Cd^{2+}) สังกะสี (Zn^{2+}) ทองแดง (Cu2+) แบเรียม (Ba2+) และไอออนประจุลบ เช่น ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ไนเตรต (NO_3^-) ให้มีคุณสมบัติในการกำจัดไอออนทั้งประจุบวกและประจุลบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น น้ำที่ถูกกำจัดทั้งสารประจุบวกและประจุลบโดยใช้เรซินแล้วจะเป็นน้ำที่มีไอออนละลายอยู่น้อยเรียกว่าน้ำขจัดไอออนแล้วซึ่งเหมาะที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องการใช้น้ำที่มีความบริสุทธิ์มาก

(2) วิธีรีเวอร์สออสโมซิส (reverse osmosis) เหมาะสำหรับน้ำที่มี TDS มากกว่า 700 มก./ล. รีเวอร์สออสโมซิสเป็นการใช้แรงดันน้ำที่มีสารละลายเข้มข้นผ่านเยื่อสังเคราะห์แบบพิเศษ (semi-permeable membrane) เพื่อแยกน้ำออกจากสาร ละลายเข้มข้น ซึ่งสามารถกำจัดความกร่อยหรือความเค็มและลดปริมาณของสารละลายในน้ำต่างๆ ออกได้ นอกจากลดความกระด้าง ลดปริมาณฟลูออไรด์ หรือกำจัดโลหะที่เป็นพิษ สารอินทรีย์ จุลินทรีย์ และไวรัส

2.3.2.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาบาดาลสำหรับดื่ม

1) องค์ประกอบของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาบาดาลสำหรับดื่ม

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลให้เป็นน้ำดื่มตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลกที่มีอัตราการผลิต 500-1,000 ลิตร/ชั่วโมง (ล./ชม.) ปรับปรุงโดยใช้ระบบแลกเปลี่ยนไอออน น้ำดิบต้องมีค่า TDS ต่ำกว่า 1,000 มก./ล. มีค่าความกระด้างทั้งหมดต่ำกว่า 300 มก./ล. องค์ประกอบของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำตามแบบของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2548) แสดงใน**รูปที่ 2.3.2-1** มีรายละเอียดดังนี้



1. ถังเก็บน้ำสแตนเลส ขนาด 3,000 ลิตร
2. เครื่องสูบน้ำเข้าเครื่อง ขนาด 550 วัตต์
3. ถังกรอง Anthracite และ Manganese
4. ถังกรอง Carbon
5. ถังกรอง Resin พร้อมถังบรรจุน้ำเกลือและมอเตอร์กวน
6. ระบบกรองหยาบ 5 ไมครอน 2 ชุด
7. ระบบกรองละเอียด ขนาด 0.3 ไมครอน
8. ถังเก็บน้ำสแตนเลส ขนาด 3,000 ลิตร
9. เครื่องสูบน้ำเข้าเครื่องบรรจุ ขนาด 300 วัตต์
10. ชุดควบคุมอัตโนมัติ
11. เครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเลต (UV)
12. หัวบรรจุขวด 20 หัว

รูปที่ 2.3.2-1 ระบบแลกเปลี่ยนไอออน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

1.1) ถังบรรจุน้ำดื่มสแตนเลสขนาด 3,000 ล.

1.2) เครื่องสูบน้ำสำหรับสูบน้ำเข้าเครื่อง-กรอง เป็นแบบเครื่องสูบหอยโข่ง ตัวเครื่องสูบน้ำ ใบพัด กะพ้อรีดน้ำ และเพลาส่วนที่สัมผัสกับน้ำทำด้วยเหล็กสแตนเลส 316 ระบบป้องกันการรั่วซึมมีหน้าสัมผัสเป็นคาร์บอนและเซรามิค สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า 3.6 ลบ.ม./ชม. แรงดันส่งรวม 26 ม. ความเร็วไม่เกิน 2,900 - 3,000 รอบ/นาที มีจำนวนใบพัดไม่น้อยกว่า 4 ใบ มอเตอร์เป็นแบบ F IP 55 หรือดีกว่า ขนาดไม่เกิน 550 วัตต์ ใช้กับไฟเฟสเดียว 220V/50 Hz มอเตอร์ต่อกับเครื่องสูบแบบระบบปิด

1.3) ถังกรองน้ำบาดาล

ถังกรองน้ำบาดาลมีหลายประเภท ได้แก่ ถังกรองถ่านแอนทราไซท์และแมงกานีส (anthracite and manganese) ถังกรองถ่านกัมมันต์ (activated carbon) และถังกรองเรซิน (resin) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 2.3.2-1**

1.4) ระบบกรองหยาบ

ระบบกรองหยาบ จำนวน 4 ตัว ประกอบด้วย

- ตัวเครื่องทำด้วยพอลิโพรไพลีน
- ไส้กรองขนาด 5 ไมครอน 2 ชุด
- ไส้กรองขนาด 20 ไมครอน 2 ชุด
- ตัวกรองหยาบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.25 ซม. และยาว 50 ซม.

- ขนาดท่อน้ำเข้า-ออก 1.87 ซม.
- ปุ่มปรับระบายอากาศ

ตารางที่ 2.3.2-1 ประเภทและคุณสมบัติของถังกรองคุณภาพน้ำบาดาล

ประเภทและคุณสมบัติของถังกรอง	ถังกรองถ่านแอนทราไซท์และแมงกานีส	ถังกรองถ่านกัมมันต์	ถังกรองเรซิน
(1) ความสามารถในการกรอง	กรองสนิมเหล็ก ความขุ่น ตะกอนแขวนลอย และโลหะหนัก	กรองกลิ่น รส ที่เกิดจากสารอินทรีย์ในน้ำ	กำจัดความกระด้าง ($CaCO_3$ และ $MgCO_3$)
(2) ปริมาณของสารกรอง	60 - 70 % ของปริมาตรถังกรอง	60 - 70 % ของปริมาตรถังกรอง	60 % ของปริมาตรถังกรอง
(3) รูปแบบถัง	รูปทรงกระบอก	-	-
(3.1) ชนิดของถังกรอง	สแตนเลส เกรด 304 (ภายในทาสีรองพื้น 2 ชั้น และทาทับด้วยสีอีพ๊อกซี่)	-	พอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE บรรจุน้ำเกลือ 100 ลิตร)
(3.2) เส้นผ่าศูนย์กลาง (Ø) (3.3) ความหนา (3.4) ความสูงเฉพาะตัวไม่รวมขา (ความสูงทั้งหมด)	50 ซม. 2.0 มม. 150 ซม. (185 ซม.)	50 ซม. 2.0 มม. 150 ซม. (185 ซม.)	50 ซม. 2.0 มม. 150 ซม. (185 ซม.)
(4) เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อน้ำเข้า-ออก (ท่อพีวีซี)	3.81 ซม.	3.81 ซม.	3.75 ซม.
(5) เส้นผ่าศูนย์กลางของวาล์วพีวีซี	3.81 ซม.	3.81 ซม.	3.75 ซม.
(6) ความสามารถทนแรงดัน	70 ปอนด์/ตารางนิ้ว	70 ปอนด์/ตารางนิ้ว	70 ปอนด์/ตารางนิ้ว
(7) อุปกรณ์ประกอบ			
(7.1) มาตรวัดแรงดัน	1 ชุด	1 ชุด	1 ชุด
(7.2) ก๊อกเก็บตัวอย่างน้ำ	1 ชุด	1 ชุด	1 ชุด
(7.3) อื่นๆ	-	-	- มอเตอร์กวน แบบ TEFC ขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ ความเร็วรอบไม่เกิน 1,500 รอบต่อนาที - เพลาและใบกวนสแตนเลส เกรด 304 เพลาขนาด19 มม. ใบกวนขนาด 125 มม. ความยาวทั้งหมด 450 มม. เคลือบด้วยพีอี - หัวฉีดน้ำเกลือขนาด 1.87 ซม. 1 ชุด

ตารางที่ 2.3.2-1 ประเภทและคุณสมบัติของถังกรองคุณภาพน้ำบาดาล (ต่อ)

ประเภทและคุณสมบัติของถังกรอง	ถังกรองถ่านแอนทราไซท์และแมงกานีส	ถังกรองถ่านกัมมันต์	ถังกรองเรซิน
(8) คุณสมบัติของสารกรอง	แอนทราไซท์ - ขนาด 0.8 - 2.0 มม. - fixed carbon 92 - 98% - ความแข็ง 3 ตามสเกลของโมส์ แมงกานีส - ขนาด 0.8 - 2.0 มม. - ความเป็นกรด-ด่าง 6.2-8.5 - ความถ่วงจำเพาะ 2.4-2.5	ถ่านกัมมันต์ - ขนาด 0.6 - 2.36 มม. - ความกระด้าง > 98 % - ค่าไอโอดีน 1,100 มก./ก. (มก.ของไอโอดีนต่อถ่านกัมมันต์ 1 กรัม) - ความเป็นกรด-ด่าง 9 - 11	เรซิน - ขนาด 16 - 55 เมช (mesh) - ความสามารถในการจับอิออน 1.9 meq/ml - เรซินเป็นชนิดประจุบวก-กรดแก่

1.5) ระบบกรองละเอียด

- ตัวเครื่องเป็นสแตนเลส เกรด 304 ทรง กระบอกแบบรับแรงดัน มีตัวล็อกระหว่างตัวถังและฝาแบบเกลียวติดบานพับพร้อมสปริง
- ตัวกรองละเอียดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 ซม. หนา 2 มม. และสูงรวมทั้งหมด 97 ซม.
- ขนาดท่อน้ำเข้า-ออก 3.75 ซม.
- สามารถกรองน้ำได้ 3,000 ล./ชม.
- ไส้กรองแบบเซรามิคกรองได้ละเอียด 0.3 ไมครอน จำนวน 20 ชุด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 23.75 ซม.
- ฝาครอบไส้กรองเป็นแบบใช้ยางโอริงคู่การใส่และถอดไส้ให้กดเข้าและดึงออกจากตัวเครื่องเพื่อสะดวกในการทำความสะอาดไส้กรอง
- มาตรวัดแรงดันน้ำและวาล์วระบายอากาศ

1.6) เครื่องสูบน้ำเข้าเครื่องบรรจุ

เครื่องสูบน้ำอัตโนมัติสำหรับสูบน้ำเข้าเครื่องบรรจุเป็นเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง เครื่องสูบน้ำ ใบพัด ใบรีดน้ำ และเพลาส่วนที่สัมผัสกับน้ำทำด้วยเหล็กสแตนเลส เกรด 316 มีระบบป้องกันการรั่วซึมเป็นแบบปิดแน่น จึงมีหน้าสัมผัสถ่านและเซรามิค สูบน้ำได้มากกว่า 3 ลบ.ม./ชม.ที่แรงดันส่ง 11 ม. ความเร็ว 2,900 - 3,000 รอบ/นาที มีจำนวนใบพัดไม่น้อยกว่า 2 ใบ มอเตอร์เป็นแบบ F IP 55 หรือดีกว่า ขนาดของมอเตอร์ต้องไม่เกิน 300 วัตต์ ใช้กับไฟฟ้าเฟสเดียว 220 V/50 Hz มอเตอร์ต่อกับปั๊มแบบระบบปิด

1.7) ชุดควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ

ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำอัตโนมัติจะติดตั้งที่ท่อทางออกของเครื่องสูบน้ำ ชุดควบคุมติดตั้งได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอนมีวาล์วกันน้ำไหลกลับและเกจจ์วัดแรงดันอยู่ในตัวสามารถจ่ายน้ำได้

อย่างต่อเนื่อง และให้แรงดันน้ำคงที่เมื่อเปิดวาล์วจ่ายน้ำออก ณ อัตราการไหลค่าหนึ่ง เมื่อไม่มีการใช้น้ำชุดควบคุมสามารถหน่วงเวลาให้เครื่องสูบทำงานต่อไปอีก ไม่น้อยกว่า 5 วินาที แล้วจึงสั่งตัดการทำงาน กรณีที่มีน้ำไหลเข้าทางด้านดูดของเครื่องสูบน้ำ ชุดควบคุมต้องสามารถสั่งตัดการทำงานของเครื่องสูบน้ำพร้อมกับมีไฟแสดงสถานะผิดปกติติด และมีความสามารถเดินเครื่องได้เองหลังจากผ่านไป 1 ชั่วโมง หรือสามารถปรับด้วยมือได้ทันที สามารถตั้งแรงดันเริ่มต้นที่ให้เครื่องสูบน้ำเริ่มทำงานได้ตั้งแต่ 1 ถึง 3.5 บาร์ สามารถใช้กับไฟฟ้าเฟสเดียว 220 V/50 Hz และกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 12A และมีอัตราการไหลสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 80 ลิตร ตัวเรือนของชุดควบคุมต้องสามารถป้องกันฝุ่นและน้ำได้ไม่ต่ำกว่ามาตรฐาน IP 65 เป็นสินค้าได้มาตรฐานตามมาตรฐานยุโรป หรืออเมริกาไม่ต่ำกว่า 2 มาตรฐาน

1.8) ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวี

- ตัวเครื่องทำด้วยเหล็กสแตนเลสเกรด 304
- หลอดอัลตร้าไวโอเลต (หลอดยูวี) ควรมีอย่างน้อย 1 หลอด และหุ้มด้วยหลอดควอรตซ์
- หลอดยูวีใช้ไฟขนาด 39 วัตต์ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ และสามารถใช้งานสูงถึง 10,000 ชั่วโมง
- อุปกรณ์ทำความสะอาดได้โดยที่ไม่ต้องหยุดการใช้งาน
- ไฟแสดงการทำงานของหลอด
- เครื่องมีความยาว 118.75 ซม. กว้าง 13.75 ซม. สูง 22.50 - 26.25 ซม.
- มีทางน้ำเข้า-ออกขนาด 2.5 ซม.
- ระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องไม่เกิน 2.72 ลบ.ม./ชม.

1.9) หัวบรรจุขวด

- หัวบรรจุขวดทำด้วยสแตนเลส เกรด 304 จำนวน 1 หัว
- ลังบรรจุขวดขนาด 20 ขวด จำนวน 1 ลัง
- เครื่องมีความสูง 55 ซม. ยาว 45 ม.
- ขนาดท่อน้ำเข้า 2.5 ซม.
- ขนาดท่อหัวจ่าย 0.62 ซม.
- ขนาดวาล์วควบคุม 1.25 ซม.
- แผ่นล็อกขวดทำด้วยพีวีซีหนา 5 มม. จำนวน 2 แผ่น

1.10) ตู้ควบคุมการทำงานทั้งระบบ ประกอบด้วย

- เบรคเกอร์ 220 โวลต์
- โวลต์มิเตอร์, แอมป์มิเตอร์
- ฟิวส์
- ไฟโอเวอร์โหลด
- แมกเนติก

- โอเวอร์โหลด
- ไฟแสดงการทำงานหน้าตู้ทุกตำแหน่ง
- ตู้เหล็กขนาด 35X52x17 ลบ.ซม.
- Timer rotary ครบชุด
- อุปกรณ์ป้องกันไฟตก

2) ขั้นตอนการทำงานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาบาดาลสำหรับดื่ม

ขั้นตอนการทำงานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาบาดาลสำหรับดื่มตามแบบของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2548) สรุปได้ดังนี้

2.1) น้ำบาดาลที่ถูกสูบขึ้นมาจากบ่อน้ำบาดาลขึ้นไปเก็บบนถังสูง แล้วมีการปล่อยน้ำลงมาไหลผ่านถังกรองสนิมเหล็กลงเก็บไว้ในถังพักน้ำสแตนเลสใบที่ 1 โดยจะมีบอลวาล์วเป็นตัวเปิด-ปิดน้ำที่เข้าสู่ถัง

2.2) หลังจากที่น้ำเข้าถังพักน้ำแล้ว จะมีปั๊มหอยโข่งสำหรับสูบน้ำเข้าเครื่องกรอง ทำหน้าที่สูบน้ำจากถังพักน้ำผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ให้สะอาดขึ้นโดยจะผ่านระบบถังกรอง เช่น ถังกรอง anthracite และ manganese ถังกรอง activated carbon และถังกรอง resin ฯลฯ จนได้คุณภาพน้ำที่ดีขึ้น สะอาดขึ้น พร้อมที่จะใช้บริโภคได้ เข้าบรรจุไว้ในถังพักน้ำสแตนเลสใบที่ 2 ถึงขบวนการทำงานต่างๆ จะเป็นไปโดยอัตโนมัติ กล่าวคือ จะมีการใส่อุปกรณ์ตรวจเช็คระดับน้ำไว้ที่ถังพักน้ำสแตนเลสใบที่ 1 และ 2 ไว้ เมื่อใดก็ตาม ที่ระดับน้ำในถังพักใบที่ 2 มีระดับต่ำจนถึงจุดที่ให้ปั๊มสูบน้ำหอยโข่งทำงาน ปั๊มน้ำก็จะทำการสูบน้ำจากถังพักใบที่ 1 ไปเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้น้ำสะอาดเก็บไว้ในถังพักใบที่ 2 จนกระทั่งน้ำในถังพักน้ำมีปริมาณมากเพียงพอถึงจุดสูงสุดที่ตั้งไว้ ปั๊มก็จะหยุดทำงานระบบการทำงานก็ต้องสัมพันธ์กับระดับน้ำในถังพักใบที่ 1 ด้วยถ้าระดับน้ำในถังพักใบที่ 1 มีระดับน้ำต่ำ ปั๊มก็จะไม่ทำงาน (ซึ่งสามารถตั้งค่าจุดต่ำสุดที่ต้องให้ปั๊มหยุดทำงานและจุดที่เริ่มทำงานได้) ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ปั๊มเกิดความเสียหายเนื่องจากการวิ่งของเครื่องสูบขาดน้ำ

2.3) เมื่อมีการเปิดก๊อกน้ำเพื่อใช้น้ำจะมีปั๊มน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับสูบน้ำเข้าเครื่องบรรจุน้ำเป็นตัวช่วยจ่ายน้ำให้มีปริมาณน้ำที่เพียงพอและแรงดันน้ำทั้งที่ เมื่อเปิดก๊อกจ่ายน้ำออก ณ อัตราการไหลค่าหนึ่ง และปั๊มน้ำจะหยุดโดยอัตโนมัติ เมื่อไม่มีการเปิดก๊อกน้ำแล้ว นอกจากนี้ ยังสามารถตัดการทำงานของปั๊มน้ำได้โดยอัตโนมัติ เมื่อปริมาณน้ำในถังพักใบที่ 2 แห้ง ทำให้ไม่มีน้ำไหลผ่านเข้าท่อทางดูดของปั๊มน้ำ เพื่อป้องกันปั๊มน้ำเสียหาย

2.4) น้ำที่ถูกบรรจุไว้ถังพักน้ำใบที่ 2 จะเป็นน้ำซึ่งได้ผ่านกรรมวิธีปรับปรุงคุณภาพจนสะอาดสามารถใช้บริโภคได้ แต่เพื่อความมั่นใจในคุณภาพของน้ำ ว่ามีความสะอาดเพียงพอ จนสามารถใช้ดื่มได้ จึงมีกรรมวิธีให้น้ำผ่านแสง UV อีกครั้งหนึ่ง กล่าวคือ เมื่อมีการเปิดน้ำจากหัวก๊อกเพื่อรองน้ำไปบริโภค น้ำที่ไหลออกจากก๊อกน้ำนั้นจะถูกผ่านแสง UV เพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคอีกครั้ง โดยหลอดให้กำเนิดแสง UV นี้จะถูกเปิดโดยอัตโนมัติ เมื่อมีการเปิดก๊อกน้ำ และปิดเมื่อก๊อกน้ำถูกปิด

2.4 การสำรวจแหล่งน้ำบาดาล

ถึงแม้ว่าน้ำบาดาลไม่สามารถมองเห็นได้จากผิวดิน แต่มีวิธีการที่สำรวจปริมาณที่สามารถพัฒนานำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ได้หลายๆ วิธีเพื่อที่จะให้ได้ข้อมูลที่แน่ชัด บ่งบอกว่าจะมีแหล่งน้ำจริงหรือไม่ วัตถุประสงค์ของการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลเพื่อ

1. **สำรวจหรือตรวจสอบหาสถานที่และปริมาณที่จะสามารถพัฒนานำน้ำบาดาลขึ้นมา**
2. **กำหนดตำแหน่งจุดเจาะน้ำบาดาล**
3. **สำรวจจัดเก็บข้อมูลด้านระดับน้ำบาดาล ระดับความลึกของชั้นน้ำบาดาล คุณภาพน้ำบาดาลเบื้องต้น และลักษณะการวางตัวของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินระดับตื้น**
4. **ตรวจวัดชั้นน้ำด้วยเครื่องหยั่งธรณีข้อมูลหลุมเจาะหรือบ่อน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการออกแบบและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล**

2.4.1 การสำรวจธรณีวิทยาบนผิวดิน

ลักษณะของแหล่งน้ำบาดาลเกิดขึ้นภายใต้ความสับสนและสลับซับซ้อนของธรรมชาติ และตัวแปรต่างๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้น ดังนั้น จึงยากที่จะทราบถึงปัญหาหรือผลกระทบต่อแหล่งน้ำแหล่งใดแหล่งหนึ่ง ดังนั้นการแบ่งพื้นที่ต่างๆ ตามสภาพสิ่งแวดล้อมทางอุทกธรณีวิทยา คือแหล่งน้ำบาดาลที่ควรจะคำนึงถึงในการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากว่าแหล่งกักเก็บน้ำบาดาลแทรกซึมอยู่ในชั้นหินที่มีรูพรุน หรือรอยแตก วิธีการทางธรณีวิทยาเป็นงานเริ่มต้นและได้ผลที่รวดเร็ว ประหยัดค่าใช้จ่าย วิธีการประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ การเก็บข้อมูลของชนิดของหิน โครงสร้าง และการตีความหมายทางด้านอุทกธรณีวิทยา จากแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา ภาพถ่ายทางอากาศแม้กระทั่งข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมในบริเวณที่ครอบคลุมพื้นที่กว้างๆ ลักษณะของงานดังกล่าวเหมาะสำหรับงานพื้นฐาน ไม่ต้องการรายละเอียดมาก **ตารางที่ 2.4.1-1** แสดงชนิดของหินที่มีความสัมพันธ์กับบริมาณการกักเก็บของน้ำบาดาลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการประมาณปริมาณขอลแหล่งกักเก็บน้ำบาดาลเบื้องต้น และใช้เวลาอันสั้น ถ้าในบริเวณที่มีลักษณะทางธรณีวิทยาสลับซับซ้อน การสำรวจผิวดินโดยวิธีการทางธรณีวิทยาอาจจะไม่สามารถช่วยแก้ปัญหาได้มากนัก

การแปรเปลี่ยนของสภาพ ดินฟ้าอากาศ สามารถเก็บข้อมูลได้ในบริเวณกว้าง ๆ แต่ความหนาของเขตที่มีอากาศในช่องว่างและลักษณะธรณีสัณฐานสามารถสังเกตได้ และเปรียบเทียบได้ในบริเวณแคบ ๆ ดังนั้นการเลือกพื้นที่หรือแอ่งต่าง ๆ ที่จะทำการสำรวจรายละเอียดจึงจำเป็นจะต้องนำตัวประกอบดังที่กล่าวมาพิจารณาหลักการเลือกพื้นที่โดยใช้ลักษณะภูมิประเทศ และสิ่งแวดล้อมเพื่อเจาะน้ำบาดาลโดยสังเขปก่อนการสำรวจโดยละเอียด

1. ใช้แผนที่ธรณีวิทยา หรืออุทกธรณีวิทยาของพื้นที่นั้นๆ

2. พื้นที่ใดมีลักษณะเป็นทุ่งราบ ตรวจสอบดูจากบ่อขุดทั่วๆ ไป ที่มีน้ำใช้ตลอดปี ระดับน้ำในบ่อลึกมีมาก และกรวดทรายที่ขุดขึ้นมา มีลักษณะกลมมน มีความหนามาก พื้นที่นั้นมักจะเป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาลได้ดี

3. พื้นที่ใดมีลักษณะเหมือนข้อ 1 แต่กรวดทรายที่บ่อเก่าที่ขุดขึ้นมา ไม่กลมมนมักเป็นกรวดเหลี่ยม มีดินเหนียวสีขาวๆ ปนมาก ลักษณะพื้นที่นั้นมักจะเป็นแหล่งกักเก็บน้ำน้อยหรือไม่พบเลย การเลือกจุดเจาะในกรณีเช่นนี้ควรจะปรึกษานักวิชาการ ด้านน้ำบาดาล ดีกว่าขุดเจาะเอาเอง

4. พื้นที่ใดเป็นทุ่งราบหรือหุบเขา มีแม่น้ำลำธารไหลผ่าน แม่น้ำคดเคี้ยวไปมาและ มีหาดทรายกว้างขวาง ฤดูฝนมักจะมีน้ำล้นฝั่ง และฤดูแล้งมีน้ำไหลในแม่น้ำลำธาร พื้นที่นั้นจะเป็นแหล่งน้ำบาดาลอย่างดีจะเลือกเจาะบริเวณไหนก็ ได้ แล้วแต่ความเหมาะสมที่จะใช้น้ำ

5. พื้นที่ใดที่เป็นคุ้งน้ำ ควรจะเลือกเจาะบริเวณคุ้งด้านที่มีหาดทราย หรือด้านตรงข้ามของคุ้งน้ำด้านที่มีตลิ่งชัน น้ำเซาะไม่ควรเจาะ

6. พื้นที่ใดมีลักษณะเป็นที่ราบลานเทชั้นบันได หลายชั้น ควรเลือกเจาะในบริเวณที่ราบที่อยู่ระดับต่ำที่สุด ที่ราบอยู่ระดับสูงๆ ถึงแม้จะมีน้ำก็จะอยู่ในระดับลึกกว่า

7. พื้นที่ใดมีลักษณะเป็นทุ่งราบขวางริมทะเล จะเจาะบริเวณใดก็คงจะได้น้ำแต่ไม่ควรเจาะลงลึกมากจะพบน้ำ เค็ม หรือควรสำรวจรายละเอียดเพิ่มเติม

8. ถ้าขุดเจาะพบชั้นกรวด ทรายปนดินเหนียวแต่ชั้นดินเหนียวไม่หนา มากนัก ควรจะขุดเจาะต่อไปอาจจะถึงชั้นกรวดทรายที่อุ้มน้ำ

9. บ่อเจาะหรือบ่อขุด ควรจะอยู่ห่างจากแหล่งน้ำโสโครก เช่น ส้วมหรือท่อระบายน้ำให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ จะต้องเจาะห่างจากแหล่งน้ำโสโครกอย่างน้อย 30 เมตร

10. พื้นที่ใดเป็นที่ราบแห้งแล้ง แต่มีต้นไม้ขึ้นเขียวชอุ่มเป็นหย่อมๆ และเป็นแนวยาวตลอดทั้งปี แสดงว่าพื้นที่บริเวณนั้นมีแหล่ง น้ำบาดาล ซึ่งอาจจะเป็นร่องน้ำเก่าที่ถูกดินปิดทับไปแล้วก็ได้ ถ้าเจาะบ่อในบริเวณนี้อาจจะได้ผล

11. พื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำเค็มหรือพบคราบเกลือ เช่น บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือควรจะเลือกที่เจาะในบริเวณ ที่เป็นเนินสูงๆ ที่มีป่าหรือพุ่มไม้ทั่วไป หรือ บริเวณลาดชันซึ่งจะให้ปริมาณน้ำมากกว่าบริเวณเนินสูง หรือใช้เครื่องมือวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้าช่วยในการสำรวจ

12. พื้นที่ที่เป็นภูเขาที่หินโผล่ทั่วไปและชั้นหินเอียงเทเข้าไปทางเชิงเขาไม่ควรอย่างยิ่งที่จะเจาะน้ำบาดาลแต่ถ้ามีความจำเป็นต้อง เจาะน้ำบาดาล ควรจะเลือกเจาะลงไปทางเชิงเขา หรือสำรวจโครงสร้างของชั้นหินให้แน่ชัดหรือศึกษาจากแผนที่ ธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของบริเวณนั้นๆ เสียก่อน

ส่วนวิธีการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมภาพถ่ายของผิวโลกจากเครื่องบินหรือดาวเทียม ในช่วงของความยาวของคลื่นแม่เหล็กต่างๆ กัน สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทางอุทกธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยาได้ การตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ จัดเป็นภาพขาว-ดำ สังเกตจากรูปแบบต่างๆ สี ความสูงต่ำของภูมิประเทศ สามารถจะแยกประเภทชนิดของหิน-ดิน ,

ความชื้นในดิน, พืช และการใช้ประโยชน์ของดินได้โดยสังเขป ก่อนจัดทำแผนที่ธรณีวิทยาหรืออุทกธรณีวิทยาภาพถ่ายทางอากาศแสดงให้เห็นถึงขอบเขตของชนิดหิน-ดิน และพืช แม้กระทั่งการวางตัวของหินบางชนิดได้ดี รวมถึงลักษณะต่างๆ เช่น รอยแตก รอยแยก สภาพการผุพังทำลายของชั้นดิน-หิน และความสามารถการซึมซาบของน้ำในหินแต่ละประเภทบริเวณที่เป็นน้ำพุ ห้วยหนอง คลองบึงต่างๆ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงแหล่งเพิ่มเติมน้ำสู่ชั้นหินอุ้มน้ำ และแสดงถึงระดับน้ำบาดาลซึ่งอยู่ไม่ลึกมากนัก การใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ประยุกต์ใช้ในการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลนำมาใช้ได้ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. สามารถบอกตำแหน่งของน้ำซึม และน้ำซับ และน้ำพุร้อนได้โดยตรง
2. ประเมินค่าของปริมาณการไหลของน้ำบาดาลระดับพื้นสู่แผ่นดิน
3. หาตำแหน่งของปริมาณของน้ำบาดาลไหลเข้าสู่บริเวณแหล่งน้ำ

ถึงอย่างไรก็ตามการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ในงานน้ำบาดาลในระดับตื้นๆ มีความยุ่งยากอยู่มาก ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายอย่าง เช่น ความสูงที่ทำการถ่ายมุมของกล้อง ความหนาแน่น และลักษณะของต้นไม้หรือพืช ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ความเปลี่ยนแปลงของชนิดของดินและความชื้นของดิน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำบาดาล ส่วนประกอบและการผุพังของอินทรีย์ในดิน

ตารางที่ 2.4.1-1 ชนิดของหินที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกักเก็บของน้ำบาดาล

ชนิดของหิน	ปริมาณน้ำโดยประมาณ (ลบ.ม/วัน)
ทรายหยาบและกรวดคัดขนาดไล่เลี่ยกันและหินอื่นที่มีรูพรุน	1000 - 20,000
หินปูนที่เป็นโพรง	500 - 5,000
ทรายและกรวดปนกับทรายละเอียดและหินทราย	100 - 2,000
หินที่มีรอยแตกและหินผุ	10 - 500

2.4.2 การสำรวจอุทกธรณีวิทยา

แผนที่อุกทธรณีวิทยามีส่วนแตกต่างกับแผนที่ทั่วๆ ไป ซึ่งจุดมุ่งหมายไม่เหมือนกับงานธรณีวิทยา การทำแผนที่หรือการแบ่งชนิดหินจำเป็นต้องแตกต่างกัน ลักษณะของแผนที่อุทกธรณีวิทยาจะต่างจากแผนที่ธรณีวิทยาคือ แผนที่ธรณีวิทยาให้ความสำคัญในส่วนของการเรียงลำดับอายุ แต่แผนที่อุทกธรณีวิทยาไม่ได้จัดไว้แม้กระทั่งหน่วยของหินต่างๆ จะแตกต่างกัน

ความรู้ทางด้านการเรียงลำดับชั้นหิน เป็นวิชาที่มีความสำคัญในการค้นหาแหล่งน้ำในหินชั้นแข็งและหินภูเขาไฟ ทราบถึงความลึก ความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ ชั้นหินมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่และชนิดของชั้นหินกักเก็บ

ความรู้ทางด้านโครงสร้างธรณีวิทยาเป็นเครื่องช่วยเสริมสร้างในการแยกประเภทและการวางตัวของหินเพื่อได้ทราบถึงชั้นหินอุ้มน้ำมีการเคลื่อนย้ายหรือถูกแรงมากระทำ โครงสร้างต่างๆ เช่น ในส่วนของหินไม่แข็งตัวรอยเลื่อนต่างๆ อาจจะหาได้ไม่ง่ายนัก หรือถูกตะกอนปิดทับอยู่ ซึ่งเป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่ของแหล่งน้ำบาดาล

ความรู้ทางด้านธรณีสัณฐานวิทยา มีส่วนสำคัญในการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในชั้นหินที่มีอายุไม่มากนัก เช่น ตะกอนในควอเทอร์นารี หรือในยุคปัจจุบัน เช่น ลักษณะของการสะสมของชั้นหินไม่แข็งตัวหรือดินร่วน เช่น บริเวณภาคกลางและแอ่งต่างๆ ในภาคเหนือ ภาคใต้ และบริเวณลุ่มแม่น้ำใหญ่ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เป็นต้น

การสำรวจทางอุทกธรณีวิทยาเป็นเครื่องมือกำหนดหรือแนวทางการที่จะบ่งบอกว่า บริเวณใดบ้างพอจะมีแหล่งน้ำบาดาล มีปริมาณมากหรือน้อยและมีคุณภาพของน้ำเป็นอย่างไรบ้าง เพียงพอหรือเหมาะสมสำหรับการพัฒนาขึ้นมาใช้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการหรือไม่ จากการศึกษาพบว่าชนิดของชั้นหินต่างๆ สามารถที่จะให้น้ำจากบ่อน้ำบาดาลได้ดังนี้

2.4.3 การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ เป็นวิธีทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้วัดคุณสมบัติทางกายภาพของผิวโลกเพื่อค้นหาการสะสมตัวของแหล่งแร่หรือลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา การคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง หากเลือกวิธีการสำรวจที่ถูกต้องเหมาะสมกับปัจจัยต่างๆ ก็จะทำให้สามารถแปลความหมายข้อมูลการสำรวจได้ง่าย ได้ผลการสำรวจที่ถูกต้องแม่นยำ รวมทั้งประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการสำรวจภาคสนาม ซึ่งบางกรณีอาจจำเป็นต้องใช้การสำรวจธรณีฟิสิกส์หลายวิธีควบคู่กันไป เพื่อให้ได้ข้อมูลการสำรวจที่ครบถ้วน อย่างไรก็ตาม ผลการสำรวจย่อมขึ้นกับปัจจัยต่างๆ โดยสรุปคือ (1) ความชำนาญของผู้ดำเนินการสำรวจเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด และ (2) ผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยา วิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินครอบคลุมเฉพาะวิธีการสำรวจที่นำมาประยุกต์ใช้ในด้านการสำรวจด้านอุทกธรณีวิทยาเท่านั้น ประกอบด้วยวิธีการสำรวจ 4 วิธี คือ การสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้า (resistivity methods) การสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (shallow seismic refraction method) การสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic methods, EM methods) การสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค (micro-gravity methods)

การคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินและสภาพอุทกธรณีวิทยาที่จะทำการคัดเลือกวิธีการสำรวจและระดับความสำคัญ สรุปไว้ในดัง**ตารางที่ 2.4.3-1, 2.4.3-2** และ **2.4.3-3**

การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่นิยมใช้กันในประเทศไทยได้แก่ การสำรวจด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้า

ตารางที่ 2.4.3-1 การเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

การประยุกต์ใช้งาน	การสำรวจตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห	การสำรวจตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	การสำรวจตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ VLF	วิธีการสำรวจตรวจวัดแรงโน้มถ่วง
การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน	A	A	B	
การสำรวจชั้นดินปกคลุมและชั้นดินตะกอนหินร่วน	A	A	B	
การสำรวจชั้นหินแข็งที่ระดับความลึกต่างๆ	B	B	B	B
การสำรวจระดับความลึกของระดับน้ำบาดาล	A	B	B	B
การสำรวจแนวรอยแตก แนวรอยเลื่อนใต้ผิวดิน	B	B	A	B
การสำรวจโพรงและหลุมยุบใต้ผิวดินในหินปูน	B	B	B	A
การสำรวจในพื้นที่แหล่งฝังกลบขยะ		B	B	
การสำรวจการรุกล้ำของน้ำเค็มในชั้นน้ำ		A	B	
การสำรวจชั้นหินอุ้มน้ำเค็ม		A	B	
การสำรวจสิ่งก่อสร้างใต้ผิวดิน		A		

หมายเหตุ: A หมายถึง วิธีการที่ควรเลือกใช้เป็นอันดับแรก และสามารถประยุกต์ใช้ตรวจวัดวิธีเดียวได้
B หมายถึง วิธีการที่ควรเลือกใช้เป็นอันดับรองหรือควรใช้ควบคู่กับวิธีอื่น
(ASTM, 2006)

ตารางที่ 2.4.3-2 การเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินสำหรับงานสำรวจการปนเปื้อนใต้ผิวดิน

วิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน	สภาพอุทกธรณีวิทยา
การสำรวจตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	ประยุกต์ใช้ในการสำรวจการปนเปื้อนใต้ผิวดินในสภาพอุทกธรณีวิทยาต่างๆ อย่างกว้างขวาง เพื่อสำรวจลักษณะการแพร่ขยายของสารปนเปื้อน มีลักษณะคล้ายวิธีการสำรวจแบบ EM ยกเว้นการตรวจหาวัสดุโลหะใต้ผิวดิน วิธีนี้มีระดับความลึกของการสำรวจ โดยส่วนใหญ่ไม่เกิน 200 เมตร แต่หากใช้ power booster อาจสำรวจได้ลึกเกินกว่า 500 เมตร
การสำรวจตรวจวัดความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห	ประยุกต์ใช้ในการสำรวจความหนาของชั้นตะกอนหินร่วน และความลึกของชั้นหินแข็ง และประยุกต์ใช้ในการหาแนวรอยแตกรอยเลื่อนในชั้นหินแข็งใต้ผิวดิน ระดับความลึกของการสำรวจโดยส่วนใหญ่ไม่เกิน 50 เมตร ยกเว้นกรณีการใช้ระเบิดเป็นต้นกำเนิดเสียงภายใต้สภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินที่เหมาะสม อาจสำรวจได้ลึกเกินกว่า 100 เมตร
การสำรวจตรวจวัดสนามคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	ประยุกต์ใช้ในการสำรวจโครงสร้างอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการอื่น อาจประยุกต์ใช้ในการสำรวจการแพร่ขยายของสารปนเปื้อน และอัตราการเคลื่อนที่ของ contamination plumes รวมไปถึงมลพิษที่ถูกกลบฝังและสิ่งก่อสร้างใต้ผิวดิน เช่น แนวท่อและวัสดุโลหะอื่นๆ วิธีนี้มีระดับความลึกโดยส่วนใหญ่ไม่เกิน 30 เมตร สำหรับ VLF
วิธีการสำรวจตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค	ประยุกต์ใช้ในการประมาณการความลึกของชั้นตะกอนหินร่วน ที่วางตัวเหนือชั้นหินแข็ง หรือประยุกต์ใช้ในการสำรวจขอบเขตของพื้นที่ฝังกลบขยะ ในกรณีที่สิ่งฝังกลบมีความหนาแน่นแตกต่างจากชั้นดินธรรมชาติในพื้นที่นั้น การสำรวจด้วยวิธีนี้สามารถใช้ในการสำรวจหาโพรงหินปูนใต้ดิน และช่องว่างอันเกิดจากแนวรอยแตกรอยเลื่อนในชั้นหินแข็งได้ดี

(USEPA, 1993)

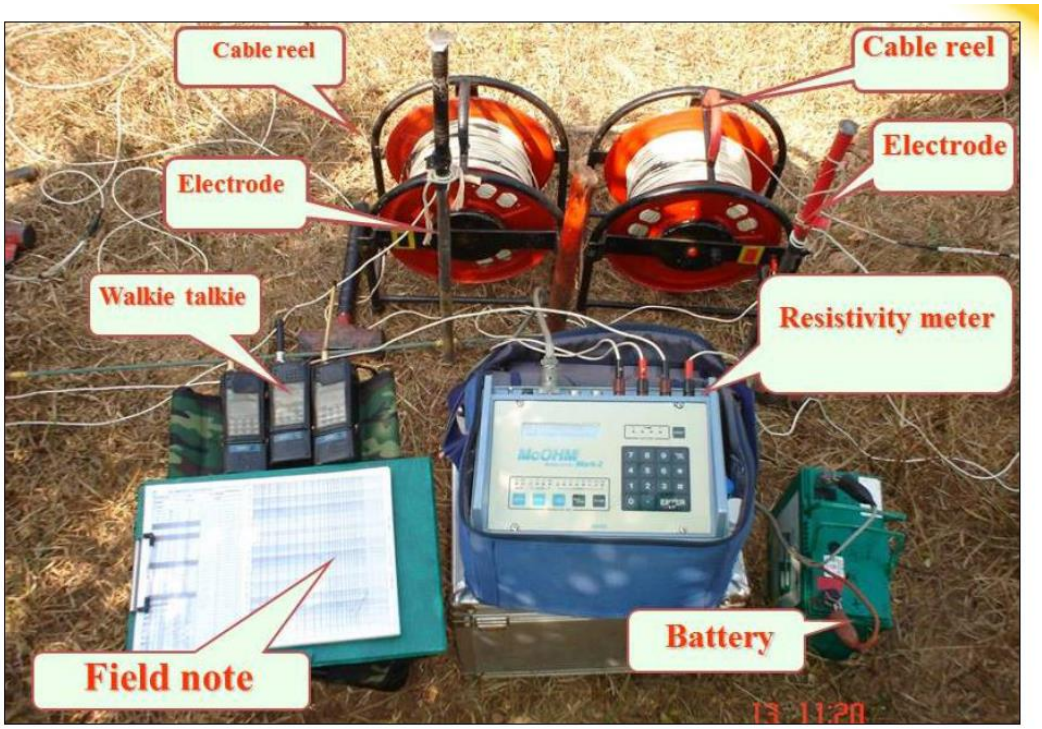
ตารางที่ 2.4.3-3 การคัดเลือกวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินตามสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจ

สภาพอุทกธรณีวิทยา	การสำรวจ ตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้า จำเพาะ	การสำรวจ ตรวจวัดความเร็ว คลื่นไหวสะเทือน แบบหักเห	การสำรวจ ตรวจวัด สนามแม่เหล็ก ไฟฟ้า	การสำรวจ ตรวจวัดแรงโน้ม ถ่วงจุลภาค
แนวรอยต่อระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็ม	A, A*, or A**			
การสำรวจเพื่อตรวจสอบแหล่งน้ำบาดาลเค็ม	A, and A**		A	
น้ำบาดาลในตะกอนหินร่วน	A, and A*			
น้ำบาดาลในหินตะกอน (ระดับตื้น)	B		A (VLF-EM)	
น้ำบาดาลระดับลึกที่วางตัวอยู่บนชั้นดินเหนียวเค็ม	N		A (FDEM)	
น้ำบาดาลระดับตื้นในร่องน้ำยุคเก่า	A	B (fan shooting)	C (VLF-EM)	
พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยชั้นดินแข็งและแห้ง	B		A (FDEM)	
น้ำบาดาลในหินที่มีรอยแตกหรือรอยเลื่อน	A		B	
น้ำบาดาลระดับตื้นในหินที่มีรอยแตกหรือรอยเลื่อน	B	A (reverse section)		
น้ำบาดาลในถ้ำหินปูนใต้ดิน	B	N		A
น้ำบาดาลระดับตื้นในถ้ำหินปูนใต้ดิน	A	N	B (VLF-EM)	
น้ำบาดาลในหินภูเขาไฟ	B		A (FDEM)	
น้ำบาดาลระดับตื้นในหินภูเขาไฟ	B		A (VLF-EM)	
ตำแหน่งของมวลสารอินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำบาดาล			A	B
ตำแหน่งของมวลสารอนินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำบาดาล			A (FDEM)	
ตำแหน่งของมวลสารโลหะปนเปื้อนในน้ำบาดาล	B		A (FDEM)	

หมายเหตุ: A หมายถึง วิธีการที่ควรเลือกใช้เป็นอันดับแรก
A* หมายถึง การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบตัดแนว
A** หมายถึง การสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบทั่วพื้นที่
B หมายถึง วิธีการที่ควรเลือกใช้เป็นอันดับสองหรือใช้ควบคู่กับวิธีการอื่น
C หมายถึง วิธีการที่ควรเลือกใช้เป็นอันดับสามหรือใช้ควบคู่กับวิธีการอื่น
N หมายถึง วิธีการที่ไม่แนะนำให้ใช้ในการสำรวจ

2.4.3.1 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินเป็นตัวจำกัดปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านชั้นหินนั้นๆ เมื่อเราให้ศักย์ไฟฟ้าผ่านลงไปในชั้นหิน ปกติในทางปฏิบัติกระแสจะถูกส่งลงสู่ดินผ่านขั้วไฟฟ้าสองขั้ว แล้ววัดค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วไฟฟ้าอีกสองขั้ว ซึ่งอยู่ในแนวเส้นตรงเส้นเดียวกัน จากขนาดของค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นเราสามารถคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (apparent resistivity) ได้ เครื่องมือที่ใช้วัดความต้านทานกระแสไฟฟ้าหรือ resistivity meter (**รูปที่ 2.4.3-1**)



รูปที่ 2.4.3-1 เครื่องวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้า หรือ Resistivity meter

การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะในภาคสนาม สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี

1) การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าทั้ง 4 หลัก ซึ่งมีรูปแบบการจัดหลักขั้วไฟฟ้าตามมาตรฐานสากลหลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดีข้อด้อยที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจและวัตถุประสงค์ของการสำรวจ

2) เทคนิคของการสำรวจ เป็นวิธีการสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน ซึ่งประกอบด้วย การสำรวจแบบหยั่งลึก (sounding) แบบตัดแนว (profiling) แบบทั่วพื้นที่ (mapping) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การสำรวจค่าความต้านไฟฟ้า สามารถสำรวจหาความแตกต่างทั้งทางด้านลึก ด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าด้วยค่าระยะห่างต่างๆ ของขั้วไฟฟ้า และด้านข้าง เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของพื้นที่ด้วยการอ่านค่าความต้านไฟฟ้าที่จุดต่างๆ ที่ระยะห่างของขั้วไฟฟ้าคงที่

วิธีการวัดความต้านทานไฟฟ้าผิวดินที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในการสำรวจน้ำบาดาล เนื่องจากเครื่องมือเคลื่อนย้ายได้สะดวก ง่ายต่อการใช้ประหยัดเวลาในการวัด เป็นวิธีที่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ สำหรับกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะ นอกจากนี้ยังปรับปรุงใช้ได้ดีกับการหาขอบเขตน้ำบาดาลเค็ม ซึ่งจะให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลงต่ำมาก เมื่อระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ถ้าพบชั้นน้ำเค็ม นอกจากนี้ถ้าบริเวณที่ชั้นดินเป็นเนื้อเดียวกันอาจใช้หาระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นส่วนบนสุดของชั้นน้ำเปิดที่นำไฟฟ้าได้ดี เช่น ได้มีการนำวิธีการสำรวจนี้ไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการกำหนดพื้นที่และขนาดของแหล่งน้ำ

บาดาลเสีย ชนิดน้ำเค็ม แหล่งน้ำเสีย ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำระบายจากเหมืองที่มีสภาพเป็นกรด เป็นต้น

2.4.4 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน เป็นการสำรวจภาคสนาม เพื่อสืบหาข้อมูลในเชิงลึกโดยใช้เครื่องมือการสำรวจหยั่งลึกหรือเจาะลึกลงไปจากผิวดิน เพื่อจัดเก็บข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินของพื้นที่สำรวจ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการสำรวจจัดเก็บข้อมูลด้านระดับน้ำบาดาล ระดับความลึกของชั้นน้ำ คุณภาพน้ำบาดาลเบื้องต้น และลักษณะการวางตัวของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินระดับตื้น เป็นขั้นตอนการสำรวจภาคสนามที่ต่อเนื่องจากการสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน หรือต่อเนื่องจากขั้นตอนการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน โดยจากรูปแบบอุทกธรณีวิทยามโนทัศน์ หรือแบบจำลองทางธรณีฟิสิกส์ที่จัดทำขึ้นโดยจำลองสภาพอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดินได้คร่าวๆ เพื่อวางแผนในการเจาะสำรวจต่อไป และในบางกรณีที่บ่อลึกอาจมีการตรวจสอบสภาพของชั้นดินและหินโดยการหยั่งธรณีหลุมเจาะ เพื่อจะวางแผนการสร้างบ่อน้ำบาดาลต่อไป

2.4.5 การหยั่งธรณีหลุมเจาะ

งานตรวจวัดชั้นน้ำด้วยเครื่องหยั่งธรณีในงานน้ำบาดาลเป็นการสำรวจข้อมูลหลุมเจาะหรือบ่อน้ำบาดาลเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการออกแบบและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล เป็นการหย่อนอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าทางฟิสิกส์ลงไปในหลุมเจาะน้ำบาดาลเพื่อให้ได้ค่าคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของชั้นตะกอน ชั้นหิน คุณภาพน้ำ มีลักษณะการบ่งชี้ปริมาณน้ำ ความลึกและความหนาของชั้นน้ำและชั้นหินตลอดจนโครงสร้างของหลุมเจาะ เป็นต้น ค่าข้อมูลที่ได้จากเทคนิคของการตรวจวัดดังกล่าวเป็นข้อมูลต่อเนื่องในรูปเส้นกราฟบนจอคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถเก็บบันทึก เป็นไฟล์ข้อมูลได้ ข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้หาความสัมพันธ์เปรียบเทียบกับตัวอย่างดินและหินซึ่งเก็บจากหลุมเจาะนั้นๆ ได้ ได้แก่ การตรวจวัดด้วยหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ (SP) ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะด้วย Single-point resistance (SPR) ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะด้วยหัววัดขนาด 16 นิ้ว (short-normal, R(16N)) และขนาด 64 นิ้ว (long-normal, R(64N)) และค่ากัมมันตรังสีธรรมชาติ (Natural Gamma, GR)

2.4.5.1 การหยั่งวัดความต้านทานไฟฟ้าด้วยวิธี single-point resistance

การหยั่งวัดความต้านทานไฟฟ้า ด้วยวิธี sigle-point resistance (SPR) ดังแสดงใน**รูปที่ 2.4.5-1** มีหลักการ ดังนี้

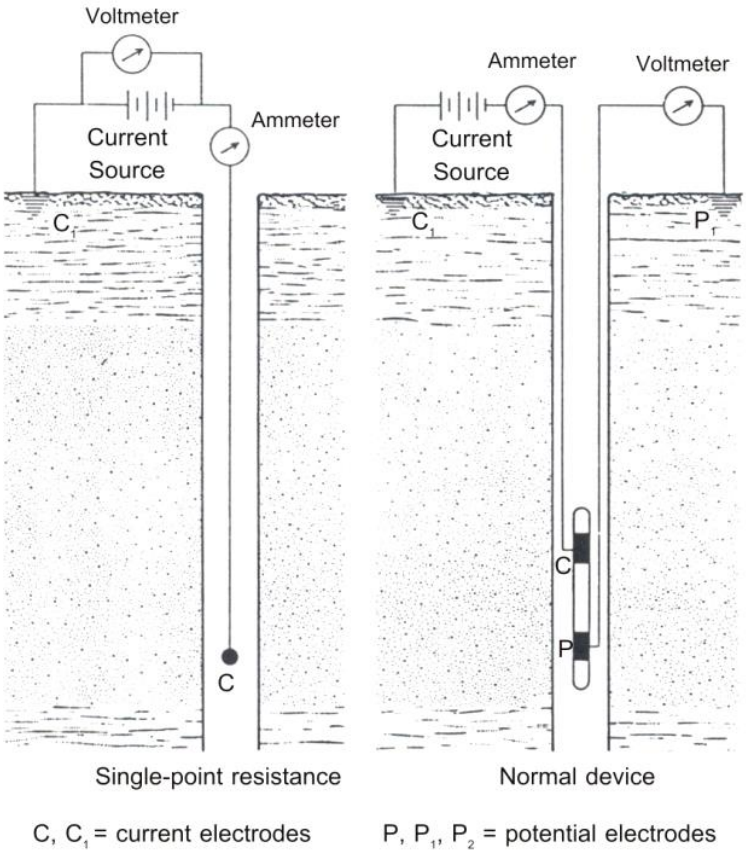
1) มีขั้วไฟฟ้า (current electrode) สองขั้ว คือ บวกและลบติดอยู่ที่ปลายสายไฟฟ้า ขั้วหนึ่งถูกหย่อนลงไปในหลุมเจาะ

2) หลุมเจาะต้องมีน้ำหรือโคลนอยู่เต็มเพื่อเป็นสื่อทางไฟฟ้า

3) ปล่อยและวัดกระแสไฟฟ้า (ammeter) หรือค่าความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าในชั้นหิน ขณะหย่อนขั้วหัวหยั่งลงหรือดึงขึ้นจากหลุมเจาะ ค่าดังกล่าวจะถูกรายงานต่อเนื่องในรูปของกราฟซึ่งเรียกว่า electric log หรือ resistivity log

4) ค่าความต้านทานที่ได้เป็นผลเนื่อง จากอิทธิพลของน้ำหรือโคลนเจาะในหลุมเจาะต่อชั้นหินและต่อความกว้างของหลุมเจาะโดยตรง

5) ประโยชน์ของการตรวจวัดวิธี SPR คือ ได้ข้อมูลที่ดีตามแนวดิ่งตลอดความลึก ใช้งานสะดวก



รูปที่ 2.4.5-1 การจัดขั้วไฟฟ้าสำหรับการหยั่งวัดค่าความต้านทานในหลุมเจาะ (Driscoll, 1987)

2.5.5.2 การหยั่งวัดศักย์ไฟฟ้าหลุมเจาะ

การหยั่งวัดศักย์ไฟฟ้าหลุมเจาะ (self potential, SP) มีหลักการ ดังนี้

1) ศักย์ไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติในชั้นดินชั้นหินภายใต้เปลือกโลก เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ของสารสองชนิดสัมผัสกัน เช่น ระหว่างแนวสัมผัสของชั้นดินเหนียวกับชั้นทรายหรือระหว่างชั้นทรายกับหินอัคนี เป็นต้น

2) ศักย์ไฟฟ้าในหลุมเจาะเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างโคลนเจาะกับชั้นหิน และระหว่างโคลนเจาะกับโคลนที่ฉาบผนังบ่อ (mud cake) หรือระหว่างโคลนเจาะกับน้ำบาดาลในชั้นน้ำ

3) การหยั่งวัดศักย์ไฟฟ้าที่ความลึกต่างๆ ในหลุมเจาะ ใช้หลักการเดียวกันกับที่กล่าวใน**ข้อ 2.4.5.1** แต่ใช้เครื่องวัดเป็น voltmeter มีหน่วยวัดเป็นมิลลิโวลต์

4) ต้องป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าจากภายนอกผ่านเข้าสู่วงจรของเครื่องขณะตรวจวัด

5) เปิดเครื่องวัด voltmeter และค่อยๆ หย่อนขั้วไฟฟ้าลงไปที่ก้นหลุมหรือดึงขึ้นจากก้นหลุมสู่ปากบ่อ

6) ค่าศักย์ไฟฟ้าจะถูกรายงานต่อเนื่องในรูปของกราฟบนกระดาษตามความลึกของหลุมเจาะ

7) ค่าความต่างศักย์ มีตั้งแต่ศูนย์ถึงหลายร้อยมิลลิโวลต์ คิดเป็น + หรือ - จากแนวเส้นที่มีค่าต่ำสุด (baseline หรือ shale-line) และสัมพันธ์กับความลึกของชั้นดินชั้นหินแต่ละชั้น

8) ประโยชน์และการแปลความหมายของ SP-curve และข้อควรสังเกต

8.1) เป็นการยากในการแปลความหมายของ SP-curve ที่ระดับความลึกใกล้ผิวดิน ในขณะที่ SP-curve จะมีการเปลี่ยนแปลงชัดเจนขึ้น เมื่อความลึกหลุมเจาะมากขึ้นๆ เพราะน้ำบาดาลที่ระดับลึกมีแร่ธาตุเจือปนมากขึ้นด้วย

8.2) ในการแปลความหมายจำเป็น ต้องลากเส้น baseline ขึ้นก่อนเสมอ สำหรับกรณีที่ชั้นดินชั้นหิน ไม่มีชั้นดินเหนียวหรือชั้นหินดินดานหรือมีตลอดความลึก SP-curve อาจลดความสำคัญต่อการแปลความหมายลง หรือไม่ใช้ประโยชน์เลย

8.3) ลักษณะการตีออกทางซ้าย (-) หรือตีออกทางขวา (+) ของ SP-curve โดยเทียบจาก baseline แปลความได้ว่าถ้า SP-curve ตีไปทางซ้ายของ baseline (มีค่า-) แสดงว่าน้ำบาดาลมีสารละลายเคมีสูง กว่าน้ำบาดาลในชั้นแสดง และถ้าSP-curve ไปทางขวาของbaseline (มีค่า+) แสดงว่าน้ำบาดาลมีสารละลายเคมีต่ำ SP-curve ที่มีค่าเป็นบวกมากๆ บ่งบอกว่าเป็นชั้นน้ำจืด อย่างไรก็ตามการตีไปทางซ้ายและทางขวาของ SP-curve จะใช้ประโยชน์ได้น้อยหรือไม่มีความหมายเลย ถ้าหากชั้นดินชั้นหิน มีความหนาต่ำกว่า 1.0 ม.

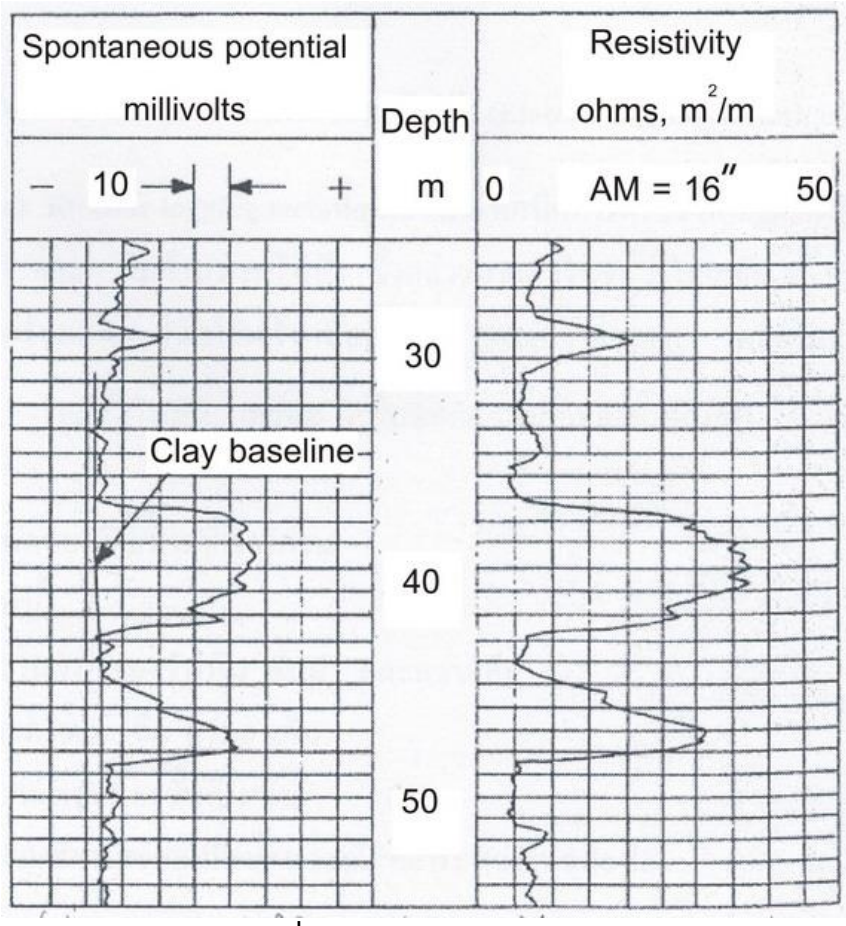
8.4) ข้อสรุปของการแปลความหมายต่างๆ ของ SP-curve โดยปกติจะต้องมีการแปลความหมายควบคู่กับกราฟความต้านทาไฟฟ้า (SPR) เสมอ

8.5) เส้น baseline อาจจะค่อยๆ เปลี่ยนฐาน (shift) หรือเปลี่ยนอย่างทันทีก็ได้ ตามความลึกของบ่อโดยปราศจากเหตุผลอธิบาย

8.6) ให้ระลึกไว้เสมอว่า SP-curve จะถูกใช้แปลความหมายควบคู่กับกราฟ e-logs อื่นๆ เช่น single point resistance, natural gamma, short normal, long normal หากพิจารณา SP-curve อย่างเดียวแปลค่าจะสร้างความยุ่งยากและผิดพลาดได้

8.7) อิทธิพลของโคลนเจาะต่อ SP-curve ที่สำคัญคือ กรณีใช้น้ำจืดผสมโคลนเจาะ SP-curve ในน้ำบาดาลเค็มจะตีออกซ้ายมาก (highly negaitve) เทียบจาก baseline ส่วนในชั้นหินอุ้มน้ำจืด SP-curve จะตีออกซ้ายเพียงเล็กน้อย (slightly negative) เทียบจาก baseline ตัวอย่าง**รูปที่ 2.4.5-2**

กรณีใช้น้ำโคลน (salt-base bentonite) หรือกรณีการเจาะผ่านชั้นน้ำเค็มที่อยู่บนชั้นน้ำจืด หรือเติมเกลือแกงเข้าไปผสมในโคลนเจาะ (salted drilling fluid) เกลือแกงที่เติมในน้ำโคลนจะไปทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้ากลับกัน ทำให้การแปลค่ามีความยุ่งยากและผิดพลาดได้



รูปที่ 2.4.5-2 ตัวอย่าง SP-curve

2.4.5.3 การหยั่งวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้า

หลักและเทคนิคการหยั่งวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้า (electric logging techniques) เป็นเทคนิคการตรวจวัดหลุมเจาะโดยรวมเอาการหยั่งวัดศักย์ไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า โดยการหย่อนขั้วลงจากปากบ่อหรือดึงขึ้นจากก้นบ่อพร้อมกัน โดยใช้เครื่องมือเรียกว่า electric logging เครื่องตรวจจะบันทึกกราฟ 2 เส้น คือ SP และ SPR

โดยอัตโนมัติพร้อมๆ กับบอกความลึกของชั้นดินชั้นหินแล้วนำกราฟที่ได้ไปแปลค่า

- ชนิดของดินหินที่เจาะผ่าน
- ชั้นน้ำ
- ความหนาของชั้นหิน ชั้นน้ำและความลึก
- คุณภาพน้ำจืด กร่อย เค็ม
- ความพรุนของชั้นดินชั้นหิน
- ความสัมพันธ์ต่อเนื่องทางธรณีวิทยาระหว่างบ่อต่อบ่อ

ประโยชน์ของการหยั่งวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้า ได้แก่

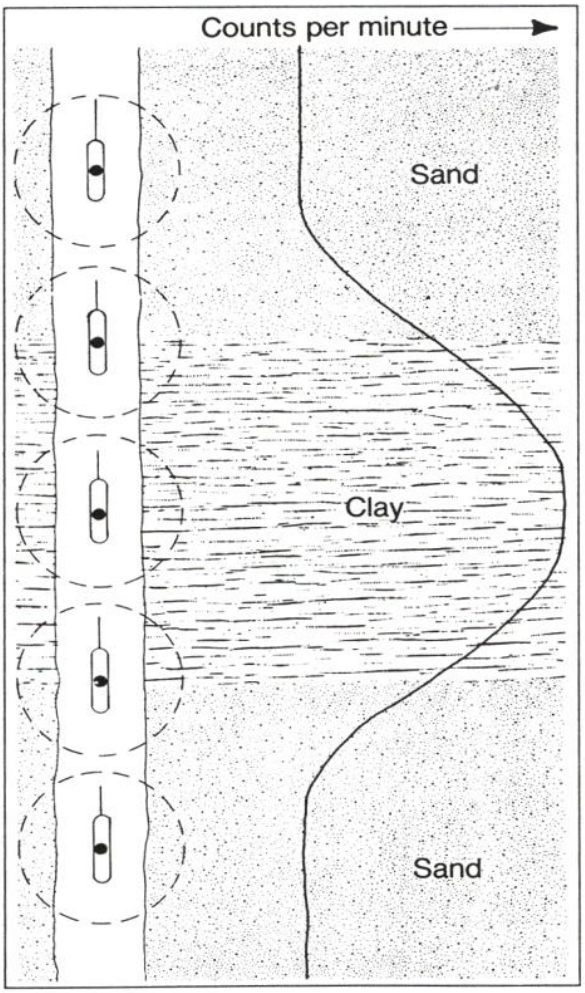
- การออกแบบสร้างบ่อน้ำบาดาล

- กำหนดตำแหน่งและความยาวของท่อกรุ ท่อกรอง
- กำหนดตำแหน่งการอุดซีเมนต์หรือดินเหนียวเพื่อกั้นน้ำที่ไม่พึงประสงค์ เช่น น้ำกร่อยเค็ม น้ำเสียเข้าบ่อน้ำบาดาล
- ข้อจำกัด คือ ใช้ตรวจวัดกับบ่อที่ไม่มีน้ำหรือบ่อที่ใส่ท่อกรุท่อกรองแล้วไม่ได้

2.4.5.4 การหยั่งวัดแกมม่าธรรมชาติ

หินแต่ละชนิดจะมีปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่แตกต่างกัน กัมมันตภาพรังสีที่สามารถตรวจวัดในบ่อน้ำบาดาลได้ คือ การวัดแกมม่าธรรมชาติ (natural-gamma) จะได้ natural-gamma curve หรือ gamma-ray curve ซึ่งต่างจากการวัดรังสีแกมม่า-แกมม่า (gamma-gamma) การวัดรังสีนิวตรอน (neutron) แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการวัดแกมม่าธรรมชาติ

การหยั่งวัดแกมม่าธรรมชาติ (natural-gamma) ดังแสดงใน**รูปที่ 2.4.4-3** มีหลักการดังนี้



รูปที่ 2.4.5-3 การหยั่งวัดแกมม่าธรรมชาติ (Driscoll, 1987)

1) ในธรรมชาติหินเกือบทุกชนิดจะปล่อย natural gamma ออกมาจากแร่ที่มีส่วนประกอบของธาตุโพแทสเซียม ยูเรเนียม และธอเรียม ซึ่งปกติจะมีอยู่มากในชั้นดินเหนียว ในหินดินดาน และมากกว่าในชั้นทราย หินทราย และหินปูน

2) รังสีแกมม่ามีคุณสมบัติสามารถแผ่กระจายและทะลุทะลวงผ่านวัตถุต่างๆ ได้แม้กระทั่งบ่อเจาะที่ลงท่อกรุท่อกรองแล้ว ทั้งที่เป็นท่อเหล็กและท่อพีวีซีโดยตรวจวัดได้ในระยะห่างประมาณ 15 - 30 ซม. จากผนังท่อกรุ

3) ผลการหยั่งวัดในรูปของnatural-gamma curve ทางด้านน้ำบาดาล นำไปแปลค่าเพื่อแบ่งแยกดินเหนียวจากชั้นกรวดทราย หรือชั้นน้ำ หรือแยกชั้นหินดินดานออกจากชั้นหินทราย เป็นต้น

4) natural-gamma curveไม่สามารถบอกรายละเอียดเกี่ยวกับคุณภาพน้ำได้

2.4.5.5 การแปลความหมายของกราฟผลการหยั่งธรณีหลุมเจาะ

ในทางปฏิบัติกราฟผลการหยั่งธรณีหลุมเจาะ รวม 5 กราฟที่กล่าวมาแล้ว คือ SP และ GR ปรากฏอยู่ทางซ้ายมือ ส่วนค่า SPR ค่า R(16N) และค่า R(64N) ปรากฏอยู่ทางขวามือ การแปลความหมายส่วนใหญ่สามารถทำได้ในเชิงเปรียบเทียบ (qualitative interpretation) มากกว่าในเชิงปริมาณหรือการคำนวณซึ่งความถูกต้องแม่นยำจะต้องอาศัยปัจจัยต่อไปนี้

- นำกราฟหลายๆ ชนิดมาพิจารณาร่วมกัน
- ความรู้เกี่ยวกับธรณีวิทยาของพื้นที่นั้นๆ
- ความชำนาญ ประสบการณ์ และศิลปะของผู้แปล
- ตัวอย่างดินหรือหินของหลุมเจาะ และข้อมูลข้างเคียง
- รายละเอียดเกี่ยวกับสถานที่ของหลุมเจาะ
- ความถูกต้องในการหยั่งวัดหลุมเจาะ

1) การหารอยสัมผัสระหว่างชั้นดินชั้นหิน จากเส้นกราฟ SP และ SPR รอยสัมผัสระหว่างชั้นหินจะอยู่ตรงจุดกึ่งกลางของส่วนโค้งชั้นที่สุดของกราฟซึ่งเปลี่ยนแนวโค้ง (maximum curvature) ทั้งในกราฟ SP และ SPR จะอยู่ตรงกัน แต่ถ้าเหลื่อมกันให้ยึดถือกราฟ SPR เป็นสำคัญ (**รูปที่ 2.4.5-4**)

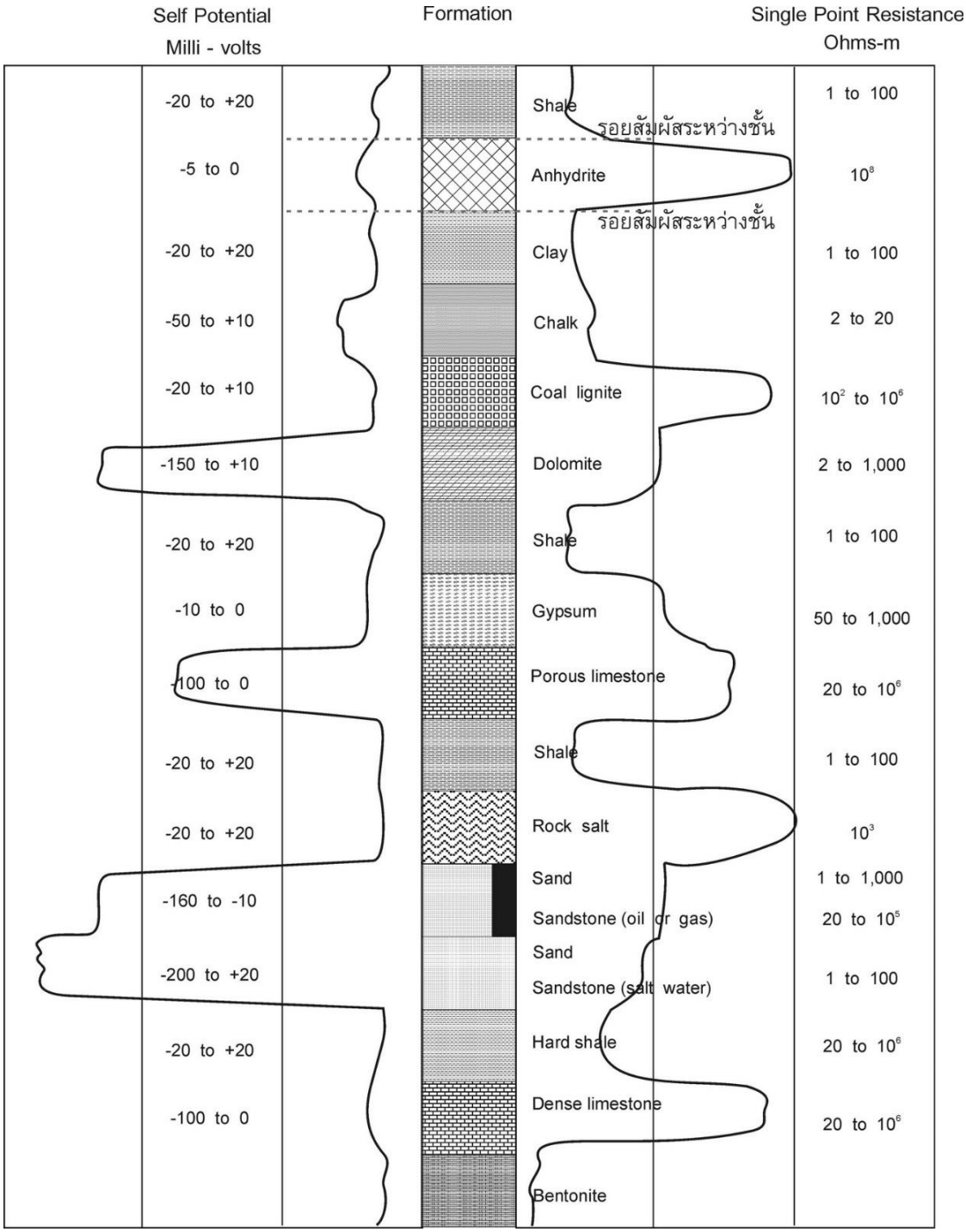
2) การแปลค่าชนิดของหิน โดยพิจารณาจากเส้นกราฟ SP SPR R(16N) และ R(64N) ร่วมกัน โดยยึดหลักว่าเมื่อกราฟ SP ขยับออกจากแนวเส้นที่มีค่าต่ำสุด (baseline) บ่งบอกว่าบริเวณนี้มีชั้นดินเหนียวแทรกสลับกับชั้นกรวดทราย หรือมีชั้นหิน ดินดานแทรกสลับชั้นหินทราย (เจริญ เพียรเจริญ, 2540) หรือแยกชั้นน้ำจืดออกจากชั้นน้ำเค็ม ดังสรุปใน**ตารางที่ 2.4.5-1** และ**รูปที่ 2.4.5-5**

3) การแปลค่าชนิดของชั้นตะกอนจาก E-logs ซึ่งมีกราฟ SP และ GR ทางซ้ายมือ และกราฟ SPR R(16N) และ R(64N) ทางด้านขวามือเพื่อแบ่งแยกชั้นดินเหนียวจากชั้นกรวดทรายหรือชั้นน้ำหรือแยกชั้นหินดินดานจากชั้นหินทราย ดังแสดงใน**รูปที่ 2.4.5-6** ซึ่งถ้าพิจารณาที่ค่าแกมม่าชี้ให้เห็นว่าชั้นดินเหนียวจะปล่อยรังสีแกมม่าธรรมชาติมากกว่าของชั้นกรวดทราย

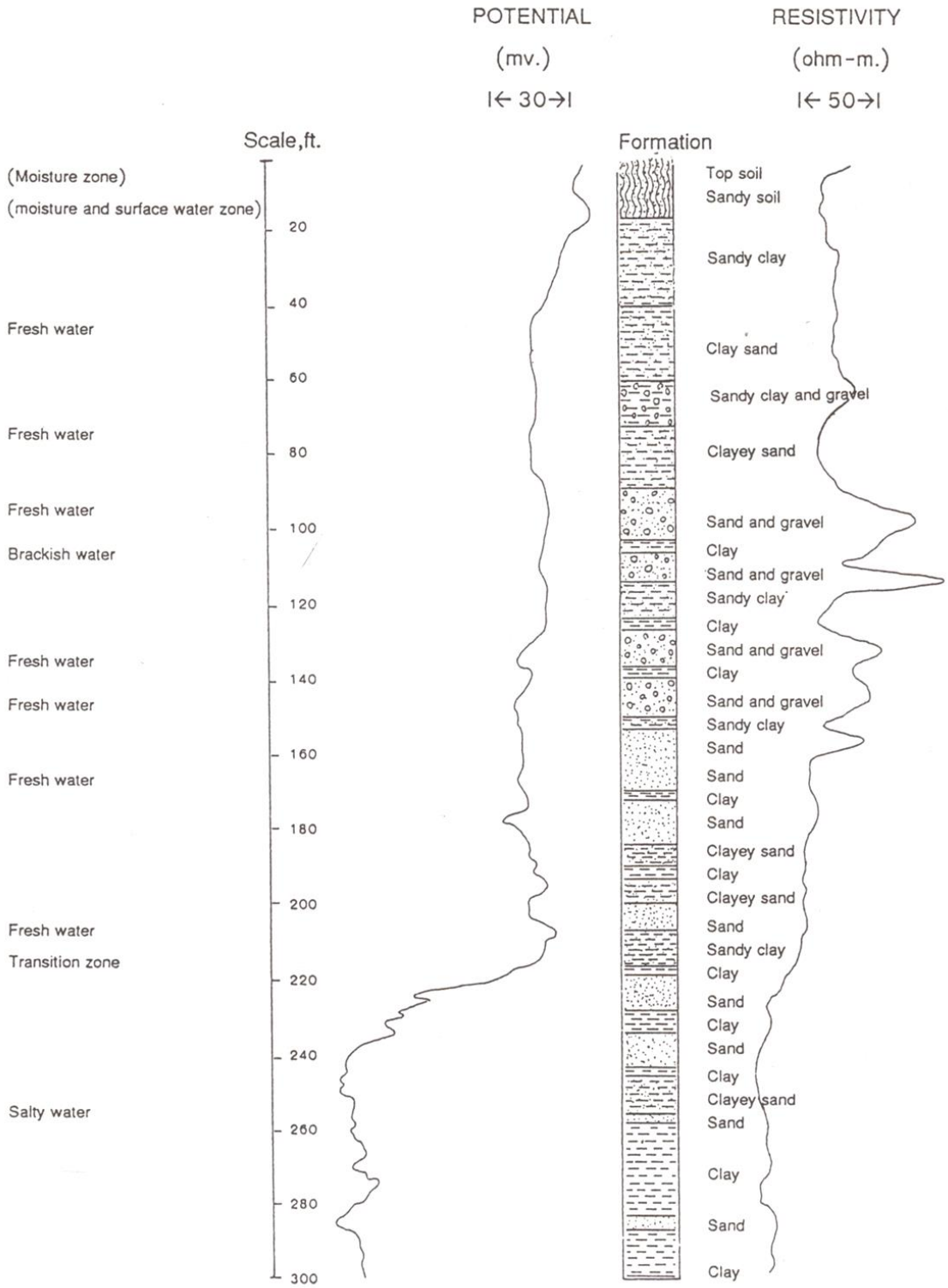
ตารางที่ 2.4.5-1 การแปลผลการหยั่งวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้าในหลุมเจาะด้วยน้ำโคลนจืด

ชั้นดินชั้นหิน	ค่า SP-log	ค่า R-logs
1. ชั้นดินเหนียวหรือหินดินดาน	ไม่มีเลย (0)	ต่ำ
2. ชั้นทรายน้ำจืด	ปานกลาง (-) หรือ (+)	ปานกลางหรือสูง
3. ชั้นตะกอนหรือหินน้ำเค็ม	สูง	ต่ำ
4. ชั้นหินทราย	ต่ำ	สูง
5. หินปูนไม่มีรอยแตก ชั้นยิปซัม ถ่านหิน แอนไฮไดรท์ หินเกลือ	ต่ำ	สูง
6. ชั้นหินมีน้ำมันหรือแก๊สธรรมชาติ	สูง	ต่ำ
7. หินเนื้อแน่นทุกประเภท	ต่ำ	สูงมาก

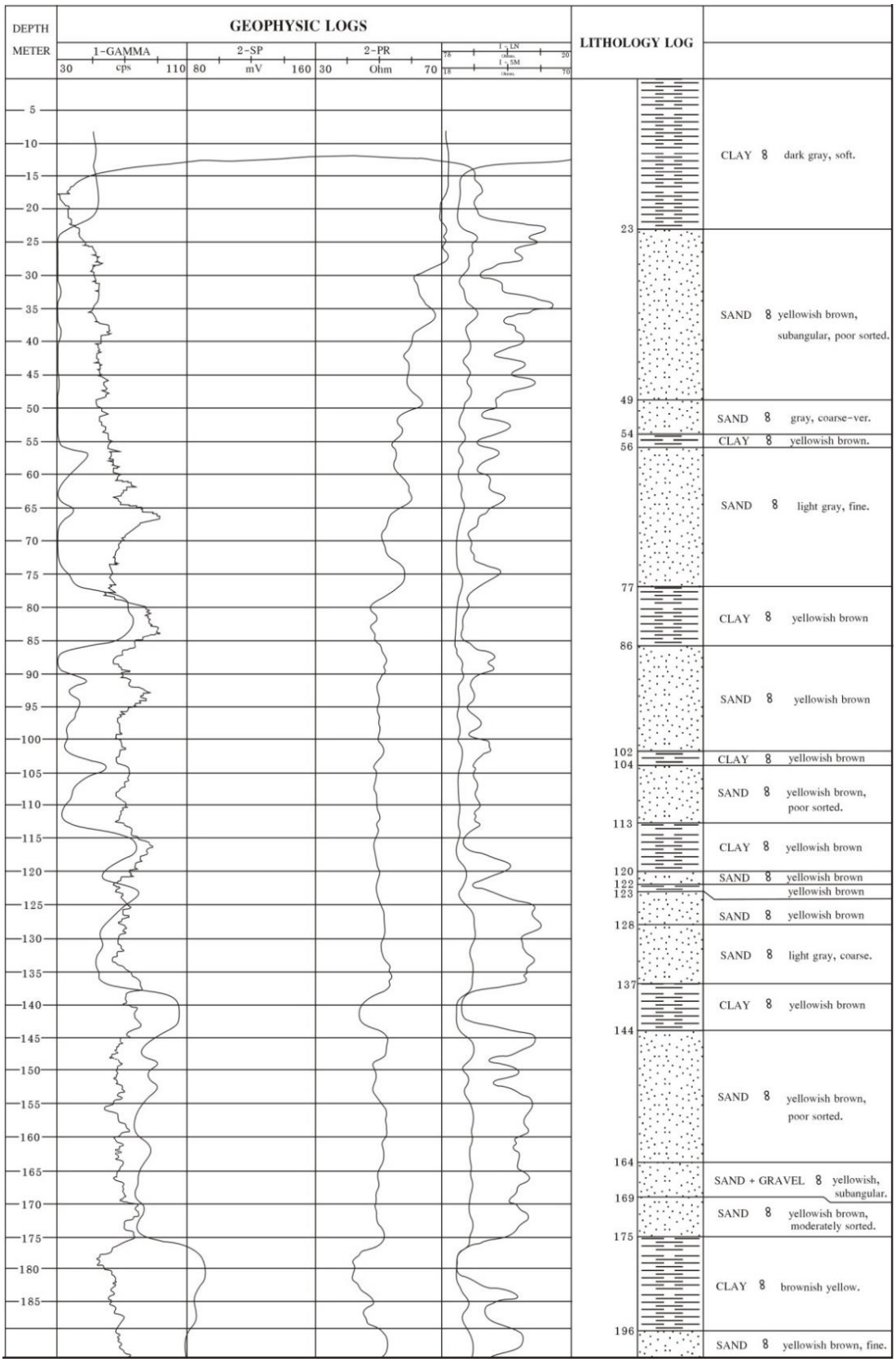
(ดัดแปลงจาก เจริญ เพียรเจริญ, 2540)



รูปที่ 2.4.5-4 ตัวอย่างผลการหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะ (เจริญ เพียรเจริญ, 2540)



รูปที่ 2.4.5-5 ตัวอย่างผลการหยั่งวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้า



รูปที่ 2.4.5-6 ตัวอย่างการแปลค่าชนิดของชั้นตะกอน

2.5 การอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาล

ปัญหาซึ่งเกิดจากวิกฤตการณน้ำบาดาลในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทยในปัจจุบันได้ทวีความรุนแรงมากขึ้น สาเหตุสำคัญมาจากการพัฒนาน้ำบาดาลในกิจการอุปโภคบริโภค เกษตรกรรมและอุตสาหกรรมมากเกินกว่าปริมาณที่ธรรมชาติจะเพิ่มเติมและทำให้เกิดผลกระทบตามมา เช่นแผ่นดินทรุด การรุกล้ำของน้ำเค็มสู่แหล่งน้ำจืด การลดของระดับน้ำบาดาลจนต้องเลิกใช้งาน ตลอดจนการปนเปื้อนของสารพิษในน้ำบาดาลอันเกิดจากกองขยะอุตสาหกรรม ปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องได้รับการแกไขโดยเร่งดวน การพัฒนาองค์ความรูด้านต่างๆ ให้ประชาชนได้ทราบถึงสาเหตุและนำเสนอแนวทางการใช้น้ำบาดาลอย่างถูกหลักวิชาการในเชิงอนุรักษ์ รวมทั้งมีส่วนร่วมในการฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาลที่ถูกพัฒนาจนเกินสมดุลของแหล่งน้ำบาดาล

วัตถุประสงค์ในการนำเสนอหัวเรื่องต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรแหล่งน้ำบาดาล เพื่อจะให้ผู้ที่ทำหน้าที่ควบคุมหน่วยเจาะและแนะนำช่างเจาะหรือผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับการเจาะได้ตระหนักและระวังสิ่งที่อาจจะเกิดผลกระทบเนื่องจากการเจาะน้ำบาดาลที่อาจเกิดปัญหาต่างๆ เช่น การเจาะในพื้นที่ต้นน้ำหรือพื้นที่รับน้ำฝน (recharge area) การวางเครือข่ายในการเฝ้าระวังระดับน้ำและตรวจสอบคุณภาพน้ำ ทราบถึงหลักการและเทคนิคในการสร้างและวางบ่อสังเกตการณ์ การป้องกันหรือตรวจสอบการแพร่กระจายของมลพิษในแหล่งน้ำบาดาล การควบคุมแพร่กระจายของการปนเปื้อน ในขณะที่ทำการเจาะเพื่อสำรวจหรือเจาะเพื่อพัฒนาน้ำบาดาล

2.5.1 การอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล

การอนุรักษ์น้ำบาดาล หมายถึง วิธีการหรือกระบวนการซึ่งจะทำให้แหล่งน้ำบาดาลมีปริมาณสำรองที่มั่นคงยั่งยืนเพื่อให้ผู้ใช้น้ำได้ใช้น้ำบาดาลในปริมาณเพียงพอ และคุณภาพที่เหมาะสมตลอดไป การอนุรักษ์น้ำบาดาลยังรวมไปถึงวิธีการหรือกระบวนการที่ทำให้แหล่งน้ำบาดาลที่ถูกสูบใช้เกินปริมาณที่กำหนด (overdraft) กลับสู่สภาพเดิม มีพื้นที่เพิ่มเติมน้ำที่เอื้อต่อการไหลเพิ่มเติมของน้ำผิวดิน ผู้ใช้น้ำมีจิตสำนึกต่อการใช้น้ำแบบประหยัดและคุ้มค่า ผู้ใช้น้ำตระหนักร่วมกันที่จะร่วมกันอนุรักษ์น้ำบาดาล

หลักการอนุรักษ์น้ำบาดาล ประกอบด้วย

- การเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ
- การอนุรักษ์พื้นที่ต้นน้ำหรือพื้นที่เพิ่มเติมน้ำบาดาล
- การควบคุมปริมาณการใช้น้ำบาดาล

การใช้น้ำบาดาลโดยทั่วไป เมื่อเริ่มใช้ ผู้ใช้น้ำจะไม่คำนึงถึงการบริหารจัดการอยู่ในลักษณะต่างคนต่างใช้ เมื่อเวลาผ่านไปมีบ่อน้ำบาดาลมากขึ้น ชั้นน้ำอยู่ที่ความลึกมากขึ้น ปริมาณน้ำบาดาลถูกสูบขึ้นมาใช้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนก่อให้เกิดปัญหาทั้งระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว คุณภาพน้ำก็ต่ำลงและเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ตามมา

การอนุรักษ์น้ำบาดาลมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแนวปฏิบัติในการสูบน้ำและอนุรักษ์พื้นที่เพิ่มเติมน้ำตลอดจนรวบรวมปัญหาและแก้ปัญหาของแอ่งน้ำบาดาลของตนเองที่เกิดขึ้นไปตามเวลาการใช้น้ำบาดาล ดังนั้นการบริหารจัดการน้ำบาดาลจึงมีความจำเป็น ดังนี้

1) การจัดการน้ำบาดาลเป็นงานควบคุมปริมาณน้ำไหลเข้าและไหลออกจากแหล่งน้ำบาดาลให้เป็นไปอย่างเหมาะสมคุ้มค่าเกี่ยวกับการเพิ่มเติมน้ำและปริมาณการสูบน้ำของผู้ใช้น้ำทั้งหมดในแอ่งน้ำบาดาลเพื่อให้มีน้ำบาดาลใช้ได้ตลอดไปไม่มีวันหมด

2) การอนุรักษ์พื้นที่เพิ่มเติมน้ำ ประกอบด้วย การบำรุงรักษาฟื้นฟูพื้นที่เพิ่มเติมน้ำให้เอื้อต่อการเพิ่มเติมน้ำบาดาลสู่ชั้นน้ำบาดาลอย่างเต็มที่ ได้น้ำจืดที่สะอาด ปริมาณมาก ปราศจากการปนเปื้อนจากมลพิษ

3) การควบคุมปริมาณการใช้น้ำบาดาลเป็นงานที่ประกอบด้วยการเก็บข้อมูลการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำในแอ่งน้ำบาดาลให้ครบถ้วนเพื่อให้ได้ข้อมูลการสูบน้ำที่แท้จริงตามชนิดผู้ใช้น้ำ เพื่อวางนโยบายและกำหนดปริมาณการใช้น้ำในระยะยาวให้เพียงพอและยุติธรรม

4) การจัดการปัญหาการใช้น้ำเป็นงานที่รวบรวมปัญหาการใช้น้ำบาดาล จัดลำดับปัญหาและแก้ปัญหาการใช้น้ำเพื่อให้การใช้น้ำบาดาลมีน้ำเพียงพอต่อผู้ใช้ควบคู่ไปกับการอนุรักษ์น้ำบาดาล และสิ่งแวดล้อม

การอนุรักษ์น้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม ประกอบ ด้วยขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่การจัดการน้ำบาดาล การอนุรักษ์พื้นที่ต้นน้ำ หรือพื้นที่เพิ่มเติมน้ำบาดาล การควบคุมปริมาณการใช้น้ำบาดาล การรวบรวมปัญหาการใช้น้ำบาดาล ตลอดจนการวางแผนจัดการปัญหาน้ำบาดาลเพื่อให้การอนุรักษ์น้ำบาดาลยั่งยืนควบคู่กับการใช้น้ำบาดาล

2.5.1.1 การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล

การพัฒนาน้ำบาดาลถ้าจะให้ได้ผลสูงสุดจำเป็น ต้องวางแผนการใช้น้ำให้ครอบคลุมตลอดทั้งแอ่งน้ำบาดาล เนื่องจากลักษณะแอ่งน้ำบาดาลเป็นอ่างน้ำธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่ซึ่งอยู่ใต้ดิน การใช้น้ำบาดาลในอ่างน้ำดังกล่าว ไม่ว่าจะโดยผู้หนึ่งผู้ใด ย่อมจะมีผลต่อผู้ใช้น้ำรายอื่นๆด้วย การจัดการน้ำบาดาลนั้นโดยทั่วไปต้องคำนึงถึงไม่เฉพาะสภาพทางธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยาเท่านั้นแต่จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ กฎหมาย การเมือง และการเงินด้วย ปกติการใช้น้ำบาดาลถ้าจะให้ได้ผลคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจในการนำน้ำบาดาลจากแอ่งน้ำบาดาลขึ้นมาใช้แล้ว ต้องเป็นการใช้น้ำผสมผสานระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินควบคู่กันไป

ขั้นตอนหรือวิธีการดำเนินงานในการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลเมื่อมีการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำและเตรียมแผนการจัดการน้ำบาดาลแล้ว ขั้นตอนการตัดสินใจสุดท้ายจำเป็นต้องให้หน่วยงานรัฐบาลเป็นผู้ดำเนินงาน

1) หลักการในการจัดการแอ่งน้ำบาดาล

การจัดการแอ่งน้ำบาดาลจะต้องสอดคล้องกับแผนการพัฒนาน้ำบาดาล เพื่อจุดประสงค์เกี่ยวกับด้านสังคมและเศรษฐกิจ โดยทั่วไปแต่ละจุดประสงค์หลักของการจัดการน้ำบาดาลก็เพื่อให้ได้ "ปริมาณน้ำมากที่สุด คุณภาพตามต้องการ ด้วยราคาต่ำที่สุด" ในการพัฒนาแอ่งน้ำบาดาลยังต้องคำนึงถึงด้วยว่า แอ่งน้ำบาดาลเปรียบเสมือนเป็นที่เก็บน้ำใต้ดินขนาดใหญ่ การใช้น้ำบาดาลหรือการสูบน้ำบาดาลไปใช้ ณ จุดใดจุดหนึ่งในแอ่งน้ำบาดาลนั้น จะมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำบาดาล ณ จุดอื่นๆ ในแอ่งน้ำบาดาลนั้นด้วย

การพัฒนาน้ำบาดาลจากแอ่งน้ำบาดาล เริ่มจากบ่อสูบน้ำบาดาลไม่กี่บ่อ กระจายอยู่ในท้องที่ต่างๆในแอ่งน้ำบาดาล เมื่อเวลาผ่านไปมีการเจาะน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้อัตราการสูบน้ำจากแอ่งน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามจำนวนของบ่อน้ำบาดาล การเพิ่มขึ้นของจำนวนบ่อน้ำบาดาลนี้จะมีจำนวนมากตามเวลา จนในที่สุดความสมดุลระหว่างปริมาณน้ำไหลเข้าแอ่งน้ำบาดาล และปริมาณน้ำที่สูบจากแอ่งน้ำบาดาลเสียไป หรือปริมาณการสูบน้ำสูงกว่าปริมาณน้ำไหลเข้ามากๆ ดังนั้นการใช้น้ำหลังจากเวลาดังกล่าวถ้าขาดการจัดการก็จะทำให้เกิดการลดลงของระดับน้ำบาดาล และปริมาณน้ำบาดาลทำให้มีผลกระทบต่อสภาพสังคมและเศรษฐกิจ

การจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นการควบคุมปริมาณน้ำไหลเข้าและออกจากแอ่งน้ำบาดาลให้เป็นไปตามหลักวิชาการ ด้วยเหตุผลดังกล่าวแล้ว การใช้น้ำบาดาลในอนาคตจำเป็นจะต้องมีการจัดการน้ำบาดาลที่ดี เพื่อให้น้ำบาดาลสามารถใช้ได้ตลอดไป ซึ่งในการจัดการ จุดประสงค์สำคัญ ได้แก่ การใช้น้ำบาดาลซึ่งมีปริมาณเพิ่มเติมต่อปีอย่างจำกัดให้คุ้มค่าทางเศรษฐกิจมากที่สุด

2) การจัดการแอ่งน้ำบาดาลชนิดใช้น้ำร่วมกัน

การพัฒนาทรัพยากรน้ำจากลุ่มน้ำใดๆ ถ้าจะให้ได้ผลประโยชน์สูงสุดควรใช้วิธีใช้น้ำร่วมกันระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน วิธีการนี้จะทำให้ได้น้ำเต็มที่ตามต้องการ พร้อมกับมีการอนุรักษ์น้ำไปพร้อมกันด้วยเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

หลักการของการใช้น้ำร่วมกันระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน เป็นการกักเก็บน้ำที่ไหลในแม่น้ำไว้ใช้ในอ่างเก็บน้ำผิวดินแล้วเปลี่ยนไปเก็บไว้ในรูปของน้ำใต้ดิน น้ำในอ่างเหนือเขื่อนเหมาะสำหรับเป็นน้ำใช้ในระหว่างปี ในขณะที่น้ำบาดาลจะสงวนไว้ใช้ในช่วงขาดฝน หรือฤดูแล้ง ดังนั้น ระดับน้ำบาดาลควรจะเปลี่ยนแปลงได้ ในช่วงปีแล้งและปีฝนมาก นั่นคือระดับน้ำบาดาลจะต่ำกว่าปกติในฤดูแล้ง แล้วคืนตัวสู่ระดับปกติในปีฝนมาก ภายใต้ระบบการใช้น้ำร่วมกันในระหว่างช่วงปีมีฝนตกปกติ น้ำผิวดินจะถูกนำไปใช้ให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ **พร้อมทั้งทำการอัดหรือเพิ่มเติมน้ำผิวดินลงสู่ชั้นน้ำบาดาลให้มากที่สุดเพื่อยกระดับน้ำบาดาล** ในทางกลับกัน ในช่วงหรือปีที่ฝนแล้ง น้ำผิวดินจะมีอยู่อย่างจำกัด ปริมาณน้ำทดแทนจะได้จากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้และปล่อยให้ระดับน้ำบาดาลลดต่ำลงกว่าปกติได้ หลักการของการใช้น้ำร่วมกันขึ้นอยู่กับการใช้น้ำบาดาลจากแอ่ง ภายใต้ช่วงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลช่วงหนึ่ง

2.5.1.2 การอนุรักษ์พื้นที่ต้นน้ำหรือพื้นที่เพิ่มเติมน้ำบาดาล

1) ความสำคัญและบทบาทของการอนุรักษ์พื้นที่ต้นน้ำ

พื้นที่ต้นน้ำหรือพื้นที่เพิ่มเติมน้ำบาดาล นับว่าเป็นพื้นที่สำคัญมาก สำหรับชั้นน้ำบาดาลเปรียบเสมือนปากขวดหรือปากโอ่งที่จะให้น้ำไหลเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล ถ้าพื้นที่ต้นน้ำมีความสมบูรณ์ทั้งต้นไม้ปกคลุม และสภาพแวดล้อมปราศจากมลพิษ ก็จะทำให้น้ำที่ไหลเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลมีปริมาณมากและคุณภาพดี ในทางตรงกันข้าม ถ้าพื้นที่ต้นน้ำหรือพื้นที่เพิ่มเติมน้ำถูกทำลายหรือมีการปนเปื้อนของมลพิษ จะทำให้น้ำที่เพิ่มเติมสู่ชั้นน้ำบาดาลมีปริมาณน้อยและคุณภาพไม่ดี ใช้ประโยชน์ไม่ได้ อีกทั้งต้องสิ้นเปลืองงบประมาณในการบำบัดเพิ่มขึ้น

2) ชนิดของพื้นที่เพิ่มเติมน้ำ

พื้นที่เพิ่มเติมน้ำมีอยู่หลายชนิด ประกอบ ด้วย พื้นที่ป่าและแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือรอยแตกของหินตามธรรมชาติ เขตเกษตรกรรม เช่น พื้นที่ไร่ พื้นที่นา พื้นที่สวน พื้นที่ชุมชน พื้นที่อุตสาหกรรมและเขตพาณิชยกรรม

2.1) พื้นที่ป่าต้นน้ำ แหล่งน้ำธรรมชาติ และรอยแตกของหิน พื้นที่เหล่านี้จะช่วยให้น้ำฝนที่ตกลงมาแต่ละปีไหลเพิ่มเติมเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลได้ อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ปริมาณน้ำมากและคุณภาพดี เช่น พื้นที่ป่ารอบๆ แอ่งลุ่มน้ำเจ้าพระยาและพื้นที่ป่าลำน้ำสาขาในภาคเหนือ เป็นต้น ตลอดจนแหล่งน้ำธรรมชาติต่างๆ เช่น บึงบอระเพ็ด และเขื่อนต่างๆ

2.2) เขตเกษตรกรรม พื้นที่เกษตรกรรมทั้งพื้นที่ปลูกพืชไร่ต่างๆ เช่น ไร่อ้อย ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นแหล่งเพิ่มเติมน้ำบาดาลด้วยเช่นกัน ในขณะที่พื้นที่นาทั้งนาน้ำฝนและเขตชลประทาน ก็มีส่วนเพิ่มเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาล ตลอดจนพื้นที่สวนซึ่งขุดเป็นคูน้ำในภาคกลาง ก็มีส่วนเพิ่มเติมน้ำเช่นกัน

2.4) พื้นที่ชุมชนในที่นี้หมายถึงชุมชนชนบท มีส่วนในการเพิ่มเติมน้ำแต่จะเป็นน้ำที่ไหลบ่าผิวดิน และน้ำใช้จากชุมชน ซึ่งส่วนใหญ่น้ำจะมีคุณภาพต่ำลง

2.4) เขตอุตสาหกรรม พื้นที่อุตสาหกรรมส่วนใหญ่ น้ำฝนหรือน้ำไหลบ่าผิวดินจะถูกรวบรวมระบายออกไป ทำให้น้ำไหลเพิ่มเติมน้ำลงในส่วนของน้ำฝน แต่น้ำเสียจากอุตสาหกรรมมีโอกาสจะซึมลงสู่ใต้ดินมากขึ้น ทำให้น้ำใต้ดินมีคุณภาพลดลง

2.5) เขตพาณิชยกรรมและชุมชนเมือง ปัจจุบันเขตชุมชนเมืองและเขตพาณิชยกรรมซึ่งเป็นย่านการค้า จะรวบรวมน้ำฝนไหลบ่าผิวดินระบายออกไป ในขณะที่น้ำเสียจากเมือง ระบบถังส้วม และอื่นๆ มีส่วนไหลลงสู่น้ำใต้ดินแทน และทำให้น้ำใต้ดินมีคุณภาพลดลง

2.5.1.3 การควบคุมปริมาณการใช้น้ำบาดาล

ปริมาณน้ำบาดาลที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ถือว่าเป็นทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัด สำหรับผู้ใช้น้ำในปัจจุบันและอนาคต การควบคุมปริมาณการใช้น้ำบาดาลก็เพื่อให้ผู้ใช้น้ำในแอ่งน้ำบาดาลทั้งในปัจจุบันและอนาคต สามารถใช้น้ำได้ตลอดไปอย่างเหมาะสมคุ้มค่า และมีคุณภาพที่ดี โดยตระหนักถึงการใช้อย่างประหยัด และการมีส่วนร่วมกับผู้ใช้น้ำรายอื่นๆ การควบคุมปริมาณการใช้น้ำบาดาลประกอบด้วย การจัดแบ่งเขตและชั้นน้ำบาดาล การจำแนกผู้ใช้น้ำ การจดทะเบียนผู้ใช้น้ำและการรวบรวมปริมาณการใช้น้ำบาดาลและระดับน้ำบาดาล

1) การจัดแบ่งเขตและชั้นน้ำบาดาล

การจัดแบ่งเขตและชั้นน้ำบาดาลนี้ จะช่วยให้ทราบปริมาณน้ำบาดาลที่มีอยู่ อาจจะจัดแบ่งเขตตามแอ่งน้ำบาดาล ตามความลึกของชั้นน้ำบาดาล แต่ละลุ่มน้ำ แต่ละภูมิภาคให้แน่ชัด มีผลการศึกษาที่น่าเชื่อถือและใช้ประโยชน์ได้จริง

2) การจำแนกผู้ใช้น้ำ

การจำแนกผู้ใช้น้ำตามชนิดการใช้น้ำ ตามความจำเป็น เช่น น้ำอุปโภคบริโภค น้ำเพื่อเกษตรกรรม น้ำเพื่ออุตสาหกรรม และน้ำเพื่อพาณิชยกรรม เป็นต้น ซึ่งปัจจุบัน พ.ร.บ.น้ำบาดาล 2520 ได้จัดแบ่งไว้แล้วแต่ควรจะมีการศึกษาวิจัย การจัดแบ่งชนิดผู้ใช้น้ำให้เหมาะสมยิ่งขึ้นตามกาลสมัย

3) การจดทะเบียนผู้ใช้น้ำ

ทะเบียนผู้ใช้น้ำนี้ควรจะต้องมีการจดทะเบียนผู้ใช้น้ำให้ครบถ้วนทั้งเอกชนและราชการ เพื่อให้การควบคุมการใช้น้ำมีประสิทธิภาพ ควรจะมีการปรับปรุง พ.ร.บ.น้ำบาดาล ให้หน่วยงานราชการต้องจดทะเบียนและจ่ายค่าน้ำบาดาล ซึ่งคิดราคาอาจ จะถูกมากๆ เช่น ร้อยละ 10 เป็นต้นเพื่อให้ตระหนักถึงคุณค่าน้ำบาดาล

4) การรวบรวมปริมาณการใช้น้ำบาดาลและระดับน้ำบาดาล

ปริมาณน้ำบาดาลแต่ละแอ่งหรือเขตการใช้น้ำบาดาลและระดับน้ำบาดาล ควรต้องมีการรวบรวมอย่างเป็นระบบทุกๆ รอบปี น้ำเพื่อใช้ประกอบการกำหนดปริมาณน้ำปลอดภัยของแต่ละแอ่งน้ำบาดาลหรือเขตน้ำบาดาลที่จะใช้ได้ในแต่ละปี

5) การกำหนดปริมาณการใช้น้ำบาดาล

ปริมาณน้ำบาดาลควรกำหนดตามความต้องการของผู้ใช้ จัดลำดับความสำคัญของผู้ใช้น้ำตาม พ.ร.บ.น้ำบาดาล ปริมาณน้ำบาดาลสำรอง ปริมาณน้ำบาดาลปลอดภัยรายปี ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ ที่ พ.ร.บ.น้ำบาดาลและกลุ่มผู้ใช้น้ำมีความเห็นร่วมกัน แล้วจัดสรรปริมาณน้ำบาดาลในระยะรอบปี และรอบ 5 ปี เป็นต้น

2.5.1.4 การรวบรวมปัญหาการใช้น้ำบาดาล

การใช้น้ำบาดาล ในแต่ละปีจะมีผู้ใช้น้ำเพิ่มขึ้น ตามด้วยปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น จำนวนบ่อและความลึกของบ่อ ดังนั้น ในรอบ 1 ปี ควรจะรวบรวมปัญหาการใช้น้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลแต่ละแอ่ง เพื่อจัดลำดับความสำคัญเพื่อประโยชน์ในการวิจัยและแก้ไข ทั้งในรูปแอ่งน้ำบาดาลแต่ละแอ่ง และรวมเป็นปัญหาน้ำบาดาลของประเทศโดยรวม

การประเมินความเสี่ยงการปนเปื้อนของแหล่งน้ำบาดาล หมายถึง กระบวนการที่นำมาใช้เพื่อคาดการณ์ถึงความเป็นไปได้ที่น้ำบาดาลจะถูกปนเปื้อนจากมลสาร

2.5.1.5 การวางแผนจัดการปัญหาน้ำบาดาล

ปัญหาน้ำบาดาลที่ได้ใน**ข้อ 2.5.1.4** จะต้องนำมาจัดทำแผนแก้ปัญหาเพื่อเสนอให้คณะกรรมการน้ำบาดาลจัดสรรงบประมาณในแต่ละปี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ อนุรักษ์พื้นที่เพิ่มเติมน้ำ การแก้ไข

ปัญหาสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำบาดาล ในรูปคณะอนุกรรมการน้ำบาดาลแต่ละแอ่งน้ำบาดาล สัมพันธ์กับคณะ กรรมการน้ำบาดาลในระดับประเทศ

2.5.2 การวางเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์

การวางเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชั้นน้ำบาดาล ดังนี้

1) ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ คุณภาพน้ำ และทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

2) ทิศทางการกระจายตัวและความเข้มข้น ของสารปนเปื้อนที่สะสมอยู่ในชั้นน้ำบาดาล

3) ข้อมูลที่ได้สามารถใช้ประโยชน์สำหรับวางแผนฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาลที่ถูกปนเปื้อนกลับสู่สภาพเดิมหรือดีขึ้น และเฝ้าระวังสารต่างๆ จากแหล่งปนเปื้อน

การวางเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์ สามารถจำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ เพื่อการศึกษาการปนเปื้อนน้ำบาดาล และเพื่อการศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำบาดาล ดังนี้

2.5.3 การปนเปื้อนของแหล่งน้ำบาดาล

จำแนกตามขนาดพื้นที่การศึกษาออกเป็น 2 ระดับ คือ พื้นที่ขนาดเล็ก และพื้นที่ขนาดใหญ่ ตามผังแสดงใน**รูปที่ 2.5.3-1** ดังนี้

1) พื้นที่ขนาดเล็ก ได้แก่ พื้นที่ที่เกิดการปนเปื้อนหรือมีโอกาสเกิดการปนเปื้อน จากการทิ้งสารปนเปื้อน การรั่วซึมจากที่กักเก็บสารปนเปื้อน เหมืองแร่ หรือฐานปฏิบัติงานต่างๆ หรือพื้นที่สูบน้ำบาดาลมากและเกิดการดันและแทรกตัวของน้ำกร่อยและน้ำเค็มและอื่นๆ มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

(1) การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

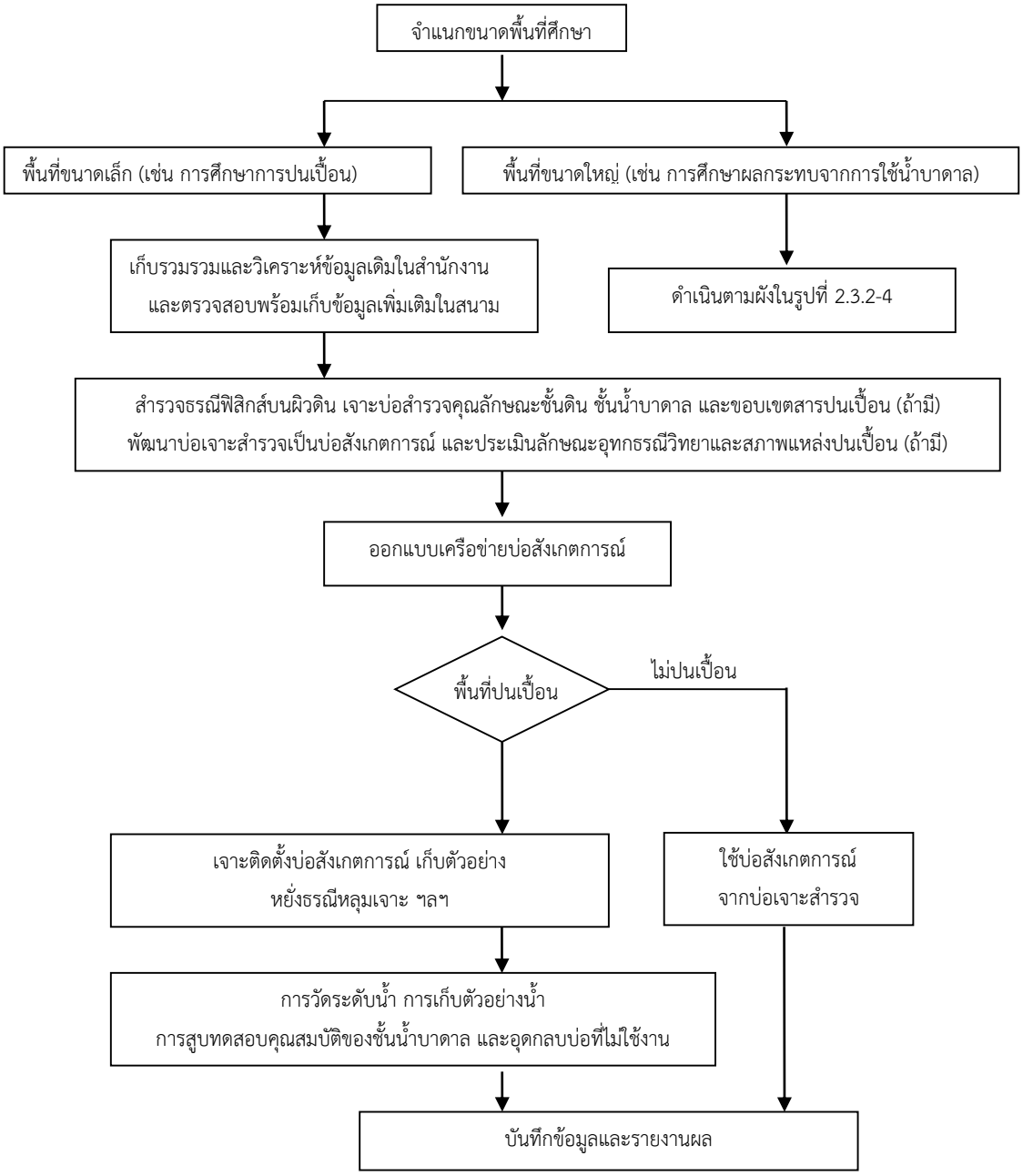
(1.1) สภาพภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยสภาพภูมิอากาศในเรื่องอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน และสภาพภูมิประเทศ ในเรื่องเส้นทางคมนาคม ลุ่มน้ำ ทางน้ำ แหล่งน้ำ ฯลฯ

(1.2) ลักษณะทางธรณีวิทยา อุทกธรณี วิทยา เช่น ชนิด ความลึก และคุณลักษณะของชั้นน้ำบาดาล

(1.3) ตำแหน่ง ความลึก ระดับน้ำคงที่ ระยะน้ำลด อัตราการสูบ และคุณภาพน้ำ ของบ่อน้ำบาดาลและบ่อน้ำตื้น ที่มีอยู่ในพื้นที่และบริเวณข้างเคียง

(1.4) ลักษณะของแหล่งปนเปื้อน ว่าเป็นลักษณะใด ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 3 แหล่งใหญ่ๆ (Canter, 1981) ได้แก่ (1) แหล่งทิ้งหรือฝังสารปนเปื้อน (waste disposal sources) เช่น บริเวณทิ้งหรือฝังกลบขยะ กองแร่ หรือที่กักกากหางแร่ สระบำบัดน้ำเสีย สถานที่เก็บหรือทิ้งสารกัมมันตรังสี เป็นต้น (2) แหล่งปนเปื้อนที่ได้รับผลกระทบจากที่กักเก็บสารปนเปื้อนหรือฐานปฏิบัติงาน (nondisposal sources) เช่น จากบ่อน้ำบาดาลที่เลิกใช้ การใช้สารเคมีและยาฆ่าแมลงจากภาคการเกษตร ผลจากการเจาะบ่อน้ำมัน ถังกักเก็บหรือท่อส่งสารอันตรายและของเสียอันตรายที่อยู่ใต้ดิน และอุบัติเหตุ

ระหว่างการขนส่ง (3) แหล่งปนเปื้อนน้ำกร่อยเค็มจากการสูบน้ำมากเกินไป เช่น การแทรกตัวของน้ำทะเลในทิศทางแนวราบ การดันตัวจากชั้นน้ำเค็มที่อยู่ด้านล่าง เป็นต้น



รูปที่ 2.5.3-1 ผังแสดงการดำเนินงานวางเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนในน้ำบาดาล

(2) ตรวจสอบ และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในสนาม ดังนี้

(2.1) ตำแหน่งและชนิดของสาร ประกอบ ของสิ่งปนเปื้อน เช่น เป็นสารอนินทรีย์ สารอินทรีย์ หรือสารสังเคราะห์อินทรีย์เคมี ตรวจสอบถึงแหล่งปนเปื้อนว่ามาจากประเภทใด เช่น

อุตสาหกรรมเทศบาล เหมืองแร่ เกษตรกรรม หรือจากธรรมชาติ (เช่น การแทรกหรือดันตัวของน้ำเค็ม เป็นต้น) และระยะเวลาที่เกิดการปนเปื้อน

(2.2) ศึกษาถึงลักษณะของชั้นดินและหิน พร้อมพิกัดตำแหน่ง และขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของชนิดหรือเนื้อดินและหิน บริเวณที่เกิดการพังถล่มของดิน และจุดที่มีการพุของน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษาหรือข้างเคียง กำหนดเส้นทางการทิ้งน้ำปนเปื้อนหรือมีการบำบัดที่เหมาะสม สำหรับการเจาะพัฒนาบ่อสังเกตการณ์ และการสูบเก็บตัวอย่างน้ำ

(3) การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน เพื่อประมาณความลึกและขอบเขตการกระจายตัวของการปนเปื้อน ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับออกแบบและกำหนดหลุมเจาะสำรวจ มีเทคนิคการสำรวจหลายวิธี ได้แก่

(3.1) Electromagnetic induction or terrain conductivity หลักการคือส่งคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าลงไปในชั้นดิน ทำให้เกิดคลื่นสนามแม่เหล็กใหม่ ผ่านชั้นดินกลับมายังตัวรับ ซึ่งผลของอัตราส่วนระหว่างคลื่นแม่เหล็กทั้งสอง สามารถนำมาหาค่าการนำไฟฟ้าของชั้นดิน วิธีการสำรวจนี้เหมาะสำหรับตรวจสอบร่องรอยการรั่วซึมของสารไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) บริเวณพื้นที่ในเมืองหรือบนบริเวณที่เป็นพื้นถนนหรือพื้นตัวอาคารเพราะไม่ต้องตอกหมุดสำรวจ (Saunders, 1983) การสำรวจด้วยวิธีนี้ยังเหมาะสำหรับหาร่องรอยของ acid mine drainage (Ludwig, 1983) หรือตรวจสอบการแทรกตัวของน้ำเค็ม บริเวณชายทะเล หรือหาขอบเขตพื้นที่ฝังของเสียที่อันตราย (Rudy and Caolic, 1984)

(3.2) Ground penetrating radar หลักการคือส่งคลื่นวิทยุที่มีความถี่สูง ผ่านเครื่องส่งกำลัง (transducer) ลงในชั้นดิน แล้วสะท้อนกลับมายังdigital control unit ซึ่งจะแปลงค่าออกมาเป็นค่าเปรียบเทียบของความต่างศักย์สูงสุด วิธีการนี้เหมาะสำหรับใช้หารูปลักษณะโครงสร้างที่บรรจุหรือกักเก็บสารปนเปื้อนในระดับตื้นๆ เช่น แนวท่อใต้ดิน ถังน้ำมันหรือเคมี ซึ่งวิธีนี้ใช้เวลาน้อยแต่การแปลตีความข้อมูลที่ถูกต้องกระทำได้ค่อนข้างยากและค่าใช้จ่ายสูง

(3.3) Earth resistivity หลักการคือส่งกระแสไฟฟ้าตรง (direct current) ลงไปในชั้นดิน ทำให้ผ่านชั้นดินกลับมายังตัวรับ อ่านค่าความต่างศักย์ที่ได้นำมาหาค่าคุณสมบัติของชั้นดิน นิยมใช้ตรวจสอบขอบเขตการกระจายและความลึก ของชั้นน้ำบาดาลและสารปนเปื้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสารปนเปื้อนที่มีค่าความนำไฟฟ้าที่แตกต่างจากพื้นที่โดยรอบ วิธีนี้ให้ผลค่อนข้างแม่นยำ แต่พื้นที่ที่ศึกษาต้องเป็นพื้นที่ว่างเปล่า ไม่อยู่ในตัวอาคารหรือพื้นถนนคอนกรีต และเป็นพื้นที่มีความยาวพอที่จะตอกหมุดและลากสายไฟสำรวจได้สะดวก

(3.4) Magnetometer วิธีนี้ใช้ตรวจสอบ ส่วนผิวบนของสารจำพวกโลหะ เหล็ก แมงกานีส โดยผ่านคลื่นแม่เหล็กลงในชั้นดิน

(3.5) Seismic ใช้ตรวจสอบความหนาของชั้นดินและความลึกของหน้าหิน และการแยกลักษณะของแต่ละชั้นหิน โดยผ่านคลื่นสั่นสะเทือนลงไปในชั้นดินหรือหิน และมีตัวรับคลื่นที่สะท้อนหรือหักเหกลับ แล้วนำค่าที่ได้มาแปลเป็นค่าความหนาแน่นของชั้นที่สำรวจ

การสำรวจที่มากกว่าหนึ่งวิธีจะช่วยให้เกิดความต้อง มีผลดียิ่งขึ้น (Taylor and Cherbauer, 1984) แต่ทั้งนี้ ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายและระยะเวลาที่ต้องใช้มากขึ้นด้วย

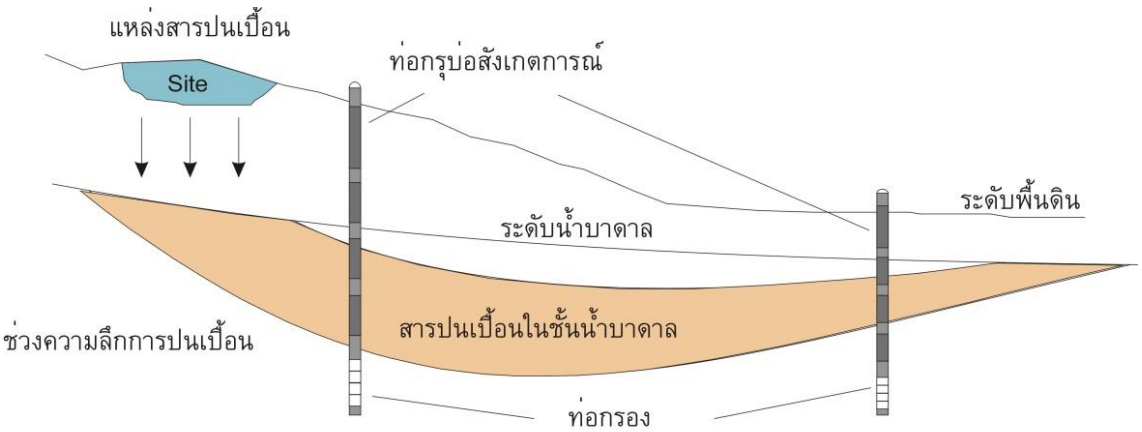
(4) การเจาะสำรวจ ศึกษาความลึก ชนิดและคุณลักษณะ ของชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำและชั้นน้ำบาดาล ตลอดจนขอบเขตของสารปนเปื้อน (ถ้ามี) ที่กระจายอยู่ในชั้นดินและชั้นน้ำบาดาล ซึ่งการเจาะสำรวจ ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

(4.1) เจาะเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษาสารปนเปื้อนในชั้นที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ใช้วิธีเจาะแบบมือหมุนหรือเครื่องเจาะกลวง เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนจากหลุมเจาะ ตรวจสอบพร้อมบรรยายลักษณะตัวอย่างดินในสนาม และวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ

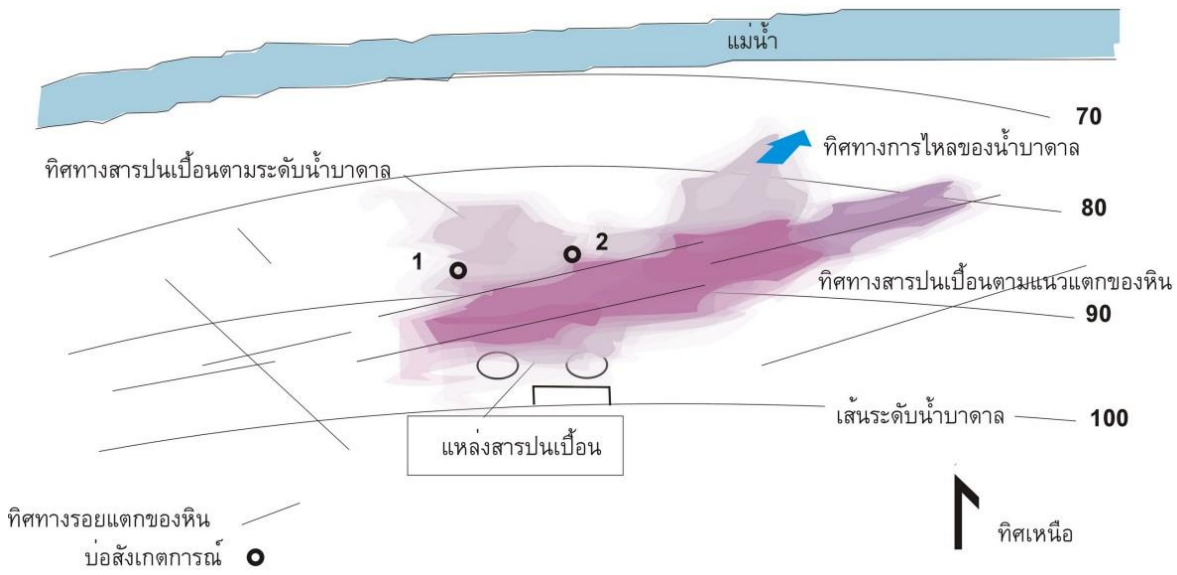
(4.2) เจาะเก็บตัวอย่างดินหินเพื่อศึกษาลักษณะชั้นน้ำบาดาลและสารปนเปื้อนในชั้นน้ำ ใช้เครื่องเจาะแบบหมุนตรง

(4.3) หยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของชั้นดิน ชั้นน้ำบาดาล และสารปนเปื้อน การใช้และการแปลค่าข้อมูลหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะ และเลือกวิธีหยั่งธรณีหลุมเจาะ

การดำเนินงานจากขั้นตอนที่ (1) ถึง (4) ตามที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องกระทำ มิฉะนั้นแล้วตำแหน่งและความลึกของบ่อสังเกตการณ์ที่เจาะ อาจจะไม่ถูกต้อง และได้ข้อมูลที่ไม่ตรงกับความเป็นจริง ทำให้ผลการศึกษาคลาดเคลื่อน เช่น ตำแหน่งและความลึกเจาะที่ไม่ถูกต้อง (**รูปที่ 2.4.3-2**)



รูปที่ 2.5.3-2 บ่อสังเกตการณ์ที่ติดตั้งท่อกรองไม่ตรงกับช่วงความลึกของสารปนเปื้อน



รูปที่ 2.5.3-3 ตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์ที่ไม่ครอบคลุมถึงพื้นที่ปนเปื้อนตามแนวแตกของหิน (EPA, 2001)

(5) ประเมินสภาพทางอุทกธรณีวิทยา ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลหาได้จากระดับน้ำคงที่ในหลุมเจาะสำรวจ และบ่อน้ำบาดาลที่มีอยู่ในบริเวณข้างเคียง แต่ทั้งนี้ต้องมั่นใจว่าข้อมูลที่ได้จากบ่อน้ำบาดาลนั้นๆ เป็นข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นตัวแทนระดับน้ำในชั้นน้ำบาดาลเดียวกันกับที่ทำการศึกษา กรณีในรอยแตกหรือโพรงของชั้นหินแข็ง ทดสอบโดยใช้สารติดตาม (tracer) ประมาณความลึกและขอบเขตของสารปนเปื้อนในน้ำบาดาล (ถ้ามี) ในกรณีที่ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ไม่เพียงพอต่อการประเมินทิศทางการไหลของน้ำบาดาล ซึ่งจำเป็นต้องทำการเจาะหลุมสำรวจเบื้องต้นในชั้นน้ำบาดาลอย่างน้อย 3 จุด วางตัวเป็นรูปสามเหลี่ยม เพื่อหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล แต่ทั้งนี้ต้องหาสถานที่หรือทางระบายน้ำที่ได้จากการเจาะให้เหมาะสม หากจุดเจาะอยู่ในพื้นที่ถูกปนเปื้อนและมีสารปนเปื้อนขึ้นมากับน้ำที่ได้จากการเจาะ

(6) การออกแบบเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อกำหนด ตำแหน่ง ความลึก และจำนวนของบ่อสังเกตการณ์ ซึ่งจำแนกออกเป็นพื้นที่ถูกปนเปื้อน และพื้นที่ยังไม่ถูกปนเปื้อน ตามรายละเอียดแสดงใน **ตารางที่ 2.5.3-1**

2) พื้นที่ขนาดใหญ่ ได้แก่ พื้นที่ที่เกิดการปนเปื้อนหรือมีโอกาสเกิดการปนเปื้อนจากการดันและแทรกตัวของน้ำทะเลตามแนวชายฝั่งทะเลและการทรุดตัวของแผ่นดิน

2.5.3.1 การศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำบาดาล

มีขั้นตอนการดำเนินการ ตามผังแสดงใน**รูปที่ 2.5.3-4** ดังนี้

1) การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเดิม และการตรวจสอบและเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในสนาม

2) จัดทำแบบจำลองสภาพน้ำบาดาลเบื้องต้น ในพื้นที่ดำเนินงานเพื่อกำหนดตำแหน่งและแนวสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน เจาะสำรวจบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ การจัดทำแบบจำลองน้ำบาดาลเชิงคณิตศาสตร์และการประยุกต์ใช้

3) การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินและการเจาะสำรวจ ในกรณีที่มีการศึกษาถึงลักษณะทางกลศาสตร์ของชั้นดิน ให้ทำการเจาะเก็บตัวอย่างและทดสอบดิน

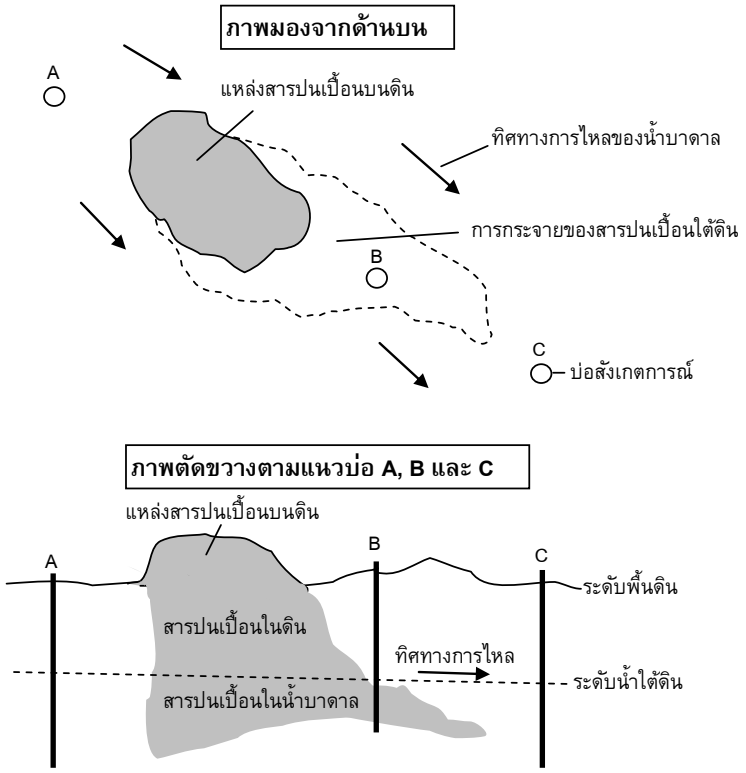
4) การสูบทดสอบปริมาณน้ำเพื่อหาคุณสมบัติและค่าชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล สำหรับแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล กรณีพื้นที่ปนเปื้อนไม่ควรทำการสูบทดสอบเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน หากมีความจำเป็นให้สูบทดสอบในพื้นที่ห่างออกไปหรือใช้วิธีการอื่นๆ

5) ปรับและสรุปแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลและสภาพการปนเปื้อนให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

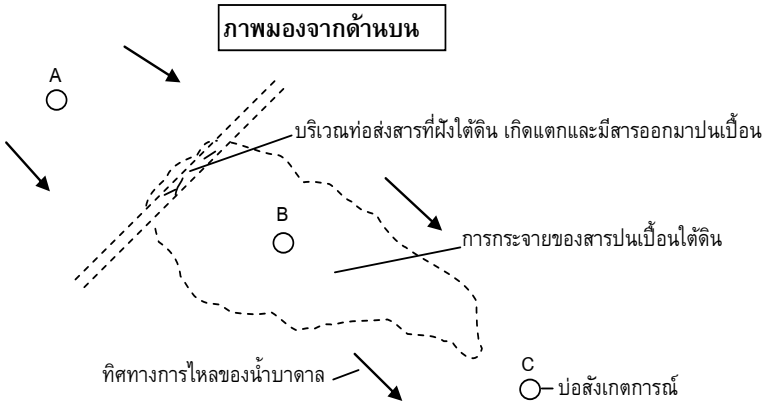
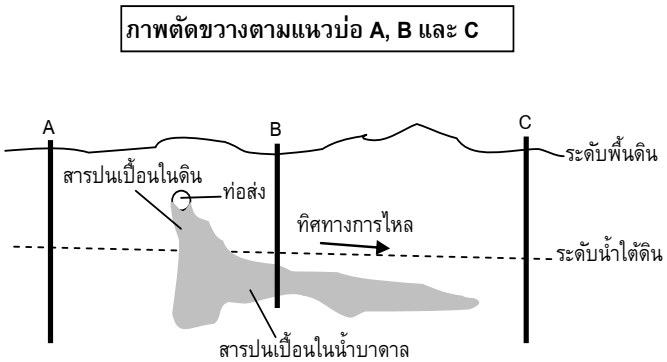
6) การออกแบบเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์ เพื่อกำหนด ตำแหน่ง ความลึก และจำนวนของบ่อสังเกตการณ์ ตามรายละเอียดแสดงใน**ตารางที่ 2.5.3-2**

7) ตัวอย่างความหนาแน่นของเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์ของประเทศต่างๆ ในทวีปยุโรปสำหรับเครือข่ายวัดระดับน้ำ อยู่ระหว่าง 0.11 ถึง 2.27 แห่งต่อพื้นที่ 100 ตร.กม.แต่มีบางสถานการณ์ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ที่ความหนาแน่นมากถึง 10.7 แห่งต่อพื้นที่ 100 ตร.กม. ส่วนเครือข่ายวัดคุณภาพน้ำ อยู่ระหว่าง 0.02 ถึง 1.61 แห่งต่อพื้นที่ 100 ตร.กม.(Jousma and Willems, 1996)

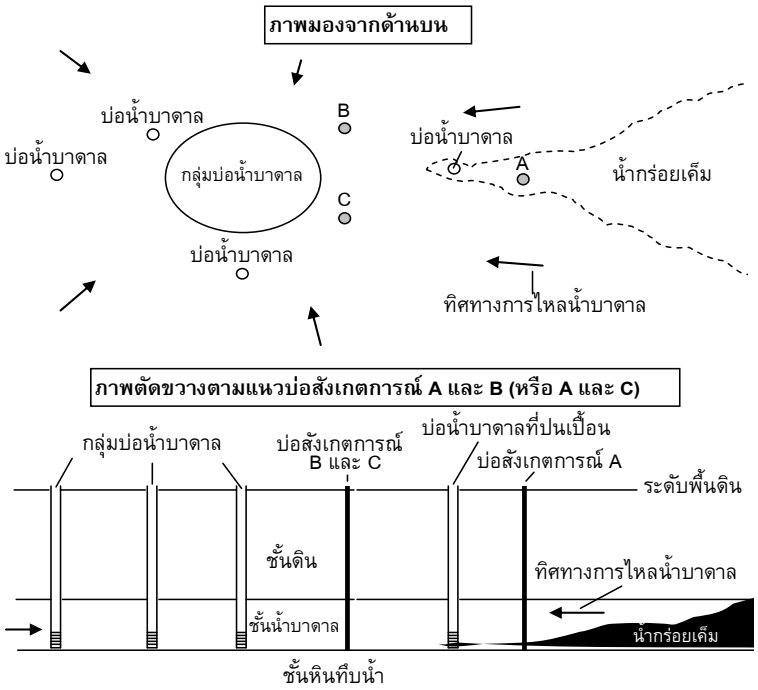
ตารางที่ 2.5.3-1 เครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนน้ำบาดาลในพื้นที่ขนาดเล็ก

ลักษณะการปนเปื้อนหรือผลกระทบ	ตำแหน่ง จำนวน และความลึกของบ่อสังเกตการณ์
1. พื้นที่ทิ้งสารปนเปื้อน (เช่น บริเวณทิ้ง หรือฝังกลบขยะ กองแร่หรือที่กักกากหางแร่ สระบำบัดน้ำเสีย สถานที่เก็บหรือทิ้งสารกัมมันตรังสี เป็นต้น)	- อยู่เหนือน้ำของแหล่งสารปนเปื้อน จำนวน อย่างน้อย 1 บ่อ (A) - อยู่ในพื้นที่ถูกปนเปื้อน จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ (B) - อยู่ท้ายน้ำของแหล่งสารปนเปื้อน มาทิศทางพื้นที่ถูกปนเปื้อน (แต่อยู่นอกเขตพื้นที่ถูกปนเปื้อน) จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ(C) - ให้ประมาณทิศทาง ตำแหน่งบ่อทั้งสาม อยู่ในแนวเดียวกับ ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล - จำนวนบ่ออาจจะถูกกำหนดเพิ่ม เพื่อศึกษาทิศทางและขอบเขต การกระจายตัวของสารปนเปื้อน - ระดับความลึกและระยะห่าง จะต้องออกแบบให้เหมาะสม สัมพันธ์กับผลการประเมินสภาพอุทกธรณีวิทยา ลักษณะของสารปนเปื้อนและจุดประสงค์ของงาน 

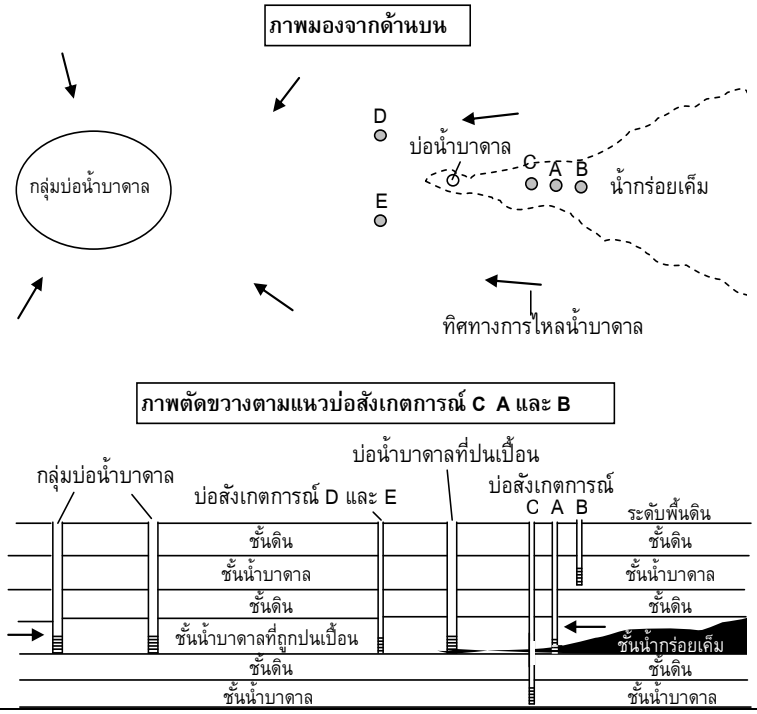
ตารางที่ 2.5.3-1 เครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนน้ำบาดาลในพื้นที่ขนาดเล็ก (ต่อ)

ลักษณะการปนเปื้อนหรือผลกระทบ	ตำแหน่ง จำนวน และความลึกของบ่อสังเกตการณ์
2. พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากที่กักเก็บสารปนเปื้อนหรือฐานปฏิบัติงาน (เช่น จากบ่อน้ำบาดาลที่เลิกใช้ การใช้สารเคมีและยาฆ่าแมลงจากภาคการ เกษตร ผลจากการเจาะบ่อน้ำมัน ถังกักเก็บหรือท่อส่งสารอันตรายและของเสียอันตรายที่อยู่ใต้ดิน และอุบัติเหตุระหว่างการขนส่ง เป็นต้น)	- อยู่เหนือน้ำของแหล่งสารปนเปื้อน จำนวน อย่างน้อย 1 บ่อ (A) - อยู่ท้ายน้ำของแหล่งสารปนเปื้อน มาทิศทางพื้นที่ถูกปนเปื้อน (แต่อยู่ในเขตพื้นที่ถูกปนเปื้อน) จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ (B) - อยู่ท้ายน้ำของแหล่งสารปนเปื้อน มาทิศทางพื้นที่ถูกปนเปื้อน (แต่อยู่นอกเขตพื้นที่ถูกปนเปื้อน) จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ (C) - ให้ตำแหน่งบ่อทั้งสาม มีทิศทางอยู่ในแนวเดียวกับ ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล - จำนวนบ่ออาจจะถูกกำหนดเพิ่ม เพื่อศึกษาทิศทางและขอบเขต การกระจายตัวของสารปนเปื้อน - ระดับความลึกและระยะห่าง จะต้องออกแบบให้เหมาะสม สัมพันธ์กับผลการประเมินสภาพอุทกธรณีวิทยา ลักษณะของสารปนเปื้อนและจุดประสงค์ของงาน  

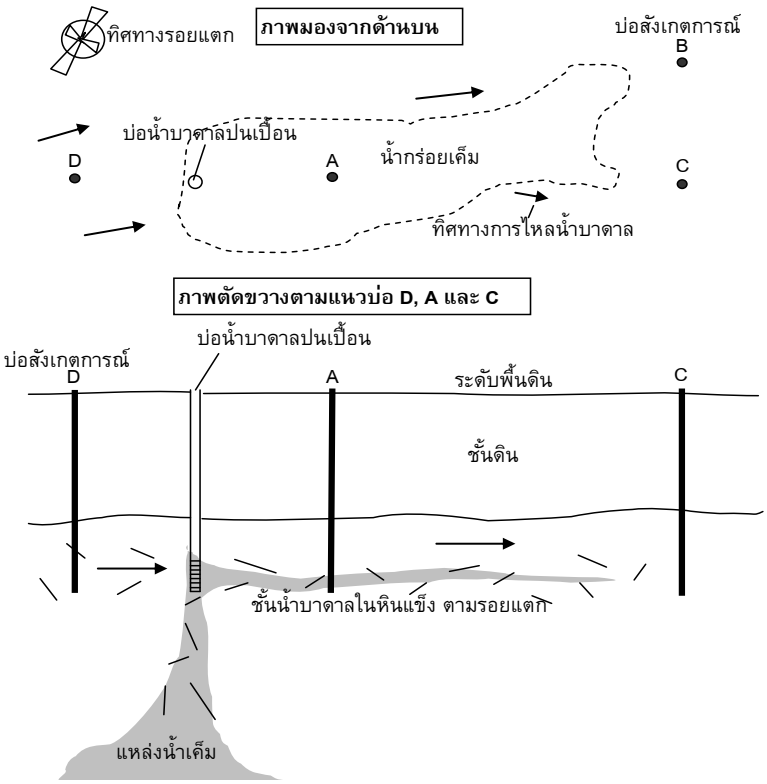
ตารางที่ 2.5.3-1 เครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนน้ำบาดาลในพื้นที่ขนาดเล็ก (ต่อ)

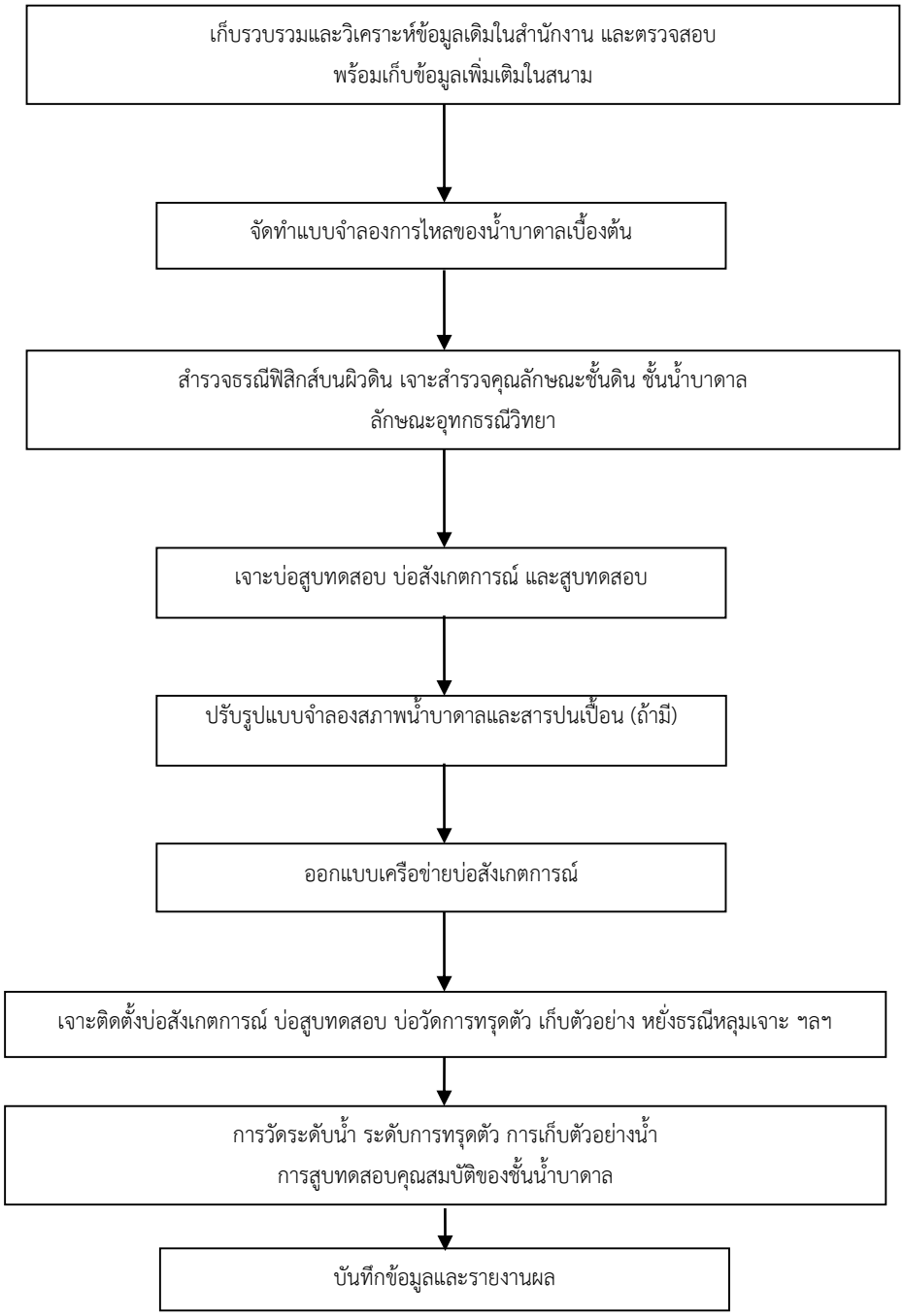
ลักษณะการปนเปื้อนหรือผลกระทบ	ตำแหน่ง จำนวน และความลึกของบ่อสังเกตการณ์
3. พื้นที่สูบน้ำมากเกินสมดุลและเกิดการปนเปื้อนน้ำกร่อยเค็ม 3.1 กรณีแหล่งน้ำกร่อยเค็มอยู่ในแนวระนาบหรือบนผิวดิน 3.1.1 กรณีชั้นน้ำบาดาลชั้นเดียว	- อยู่ในพื้นที่และช่วงความลึกที่ถูกปนเปื้อน จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ (A) - อยู่นอกพื้นที่ถูกปนเปื้อนและอยู่ระหว่างบ่อที่ถูกปนเปื้อนและบ่อที่ยังไม่ถูกปนเปื้อน จำนวนอย่างน้อย 2 บ่อ (B และ C) - ให้แนวบ่อ B และ C ประมาณตั้งฉากกับทิศทางการไหลของน้ำกร่อยเค็ม - จำนวนบ่ออาจจะถูกกำหนดเพิ่ม เพื่อศึกษาทิศทางและขอบเขต การกระจายตัวของสารปนเปื้อน - ระดับความลึกและระยะห่าง จะต้องออกแบบให้เหมาะสม สัมพันธ์กับข้อมูลของบ่อที่กำลังสูบ ความลึกของชั้นน้ำบาดาล ผลการประเมินสภาพอุทกธรณีวิทยา ลักษณะของสารปนเปื้อนและจุดประสงค์ของงาน 

ตารางที่ 2.5.3-1 เครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนน้ำบาดาลในพื้นที่ขนาดเล็ก (ต่อ)

ลักษณะการปนเปื้อนหรือผลกระทบ	ตำแหน่ง จำนวน และความลึกของบ่อสังเกตการณ์
3.1.2 กรณีชั้นน้ำบาดาลหลายชั้น	- อยู่ในพื้นที่ถูกปนเปื้อนและให้ระดับความลึกเดียวกันกับชั้นน้ำบาดาลที่ถูกปนเปื้อน จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ (A) - อยู่ในพื้นที่ถูกปนเปื้อน ในชั้นน้ำบาดาลที่ความลึกอยู่เหนือระดับชั้นน้ำบาดาลที่ถูกปนเปื้อน จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ (B) - อยู่ในพื้นที่ถูกปนเปื้อน ในชั้นน้ำบาดาลที่อยู่ใต้ระดับชั้นน้ำบาดาลที่ถูก ปนเปื้อน (ถ้าชั้นน้ำบาดาล มีตั้งแต่ 3 ชั้น ขึ้นไป) จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ (C) - อยู่นอกพื้นที่ถูกปนเปื้อนและอยู่ระหว่างบ่อที่ถูกปนเปื้อนและบ่อที่ยังไม่ถูกปนเปื้อน ความลึกเดียวกันกับชั้นน้ำบาดาลที่ถูกปนเปื้อน จำนวนอย่างน้อย 2 บ่อ (D และE) - ให้ประมาณทิศทาง ตำแหน่งบ่อ CA และ B อยู่ในแนวเดียวกับทิศทางการไหลของน้ำบาดาล และประมาณตั้งฉากกับแนวบ่อ D และ E - จำนวนบ่ออาจจะถูกกำหนดเพิ่ม เพื่อศึกษาทิศทางและขอบเขต การกระจายตัวของสารปนเปื้อน - ระดับความลึกและระยะห่าง จะต้องออกแบบให้เหมาะสม สัมพันธ์กับข้อมูลของบ่อที่กำลังสูบ ความลึกของชั้นน้ำบาดาล ผลการประเมินสภาพอุทกธรณีวิทยา ลักษณะองสารปนเปื้อนและจุดประสงค์ของงาน 

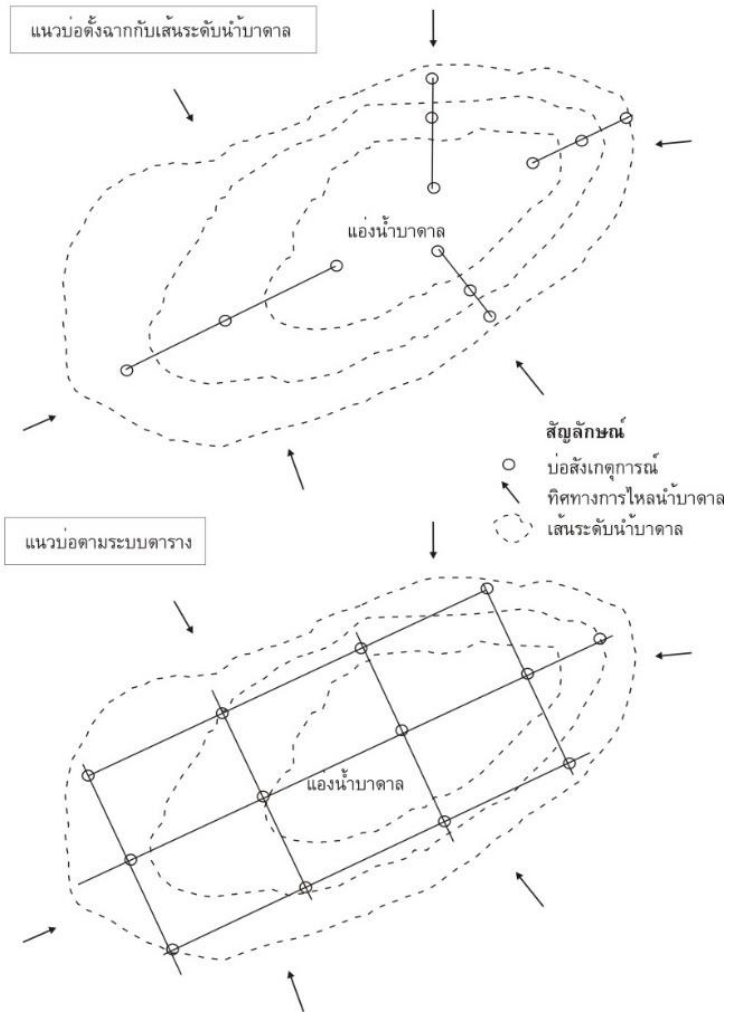
ตารางที่ 2.5.3-1 เครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนน้ำบาดาลในพื้นที่ขนาดเล็ก (ต่อ)

ลักษณะการปนเปื้อนหรือผลกระทบ	ตำแหน่ง จำนวน และความลึกของบ่อสังเกตการณ์
3.2 กรณีแหล่งน้ำกร่อยเค็มมีระดับความลึกกว่าชั้นน้ำบาดาลที่สูบน้ำหรือมีการดันตัวของน้ำเค็มในแนวดิ่ง (upconing) รวม ถึงแหล่งน้ำพุร้อน	- อยู่ท้ายน้ำ ในพื้นที่และช่วงความลึกเดียวกันกับชั้นน้ำบาดาลที่ถูกปนเปื้อนอย่างน้อย 1 บ่อ (A) - อยู่ท้ายน้ำ นอกพื้นที่และช่วงความลึกเดียวกันกับชั้นน้ำบาดาลที่ถูกปนเปื้อน อย่างน้อย 2 บ่อ (B และ C) ตามทิศทางรอยแตกของชั้นหิน - อยู่เหนือน้ำ นอกพื้นที่และช่วงความลึกเดียวกันกับชั้นน้ำบาดาลที่ถูกปนเปื้อน จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ (D) - ให้ประมาณทิศทาง ตำแหน่งบ่อ D A และ C (หรือ D A และ B) อยู่ในแนวเดียวกับ ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล - จำนวนบ่ออาจจะถูกกำหนดเพิ่ม เพื่อศึกษาทิศทางและขอบเขต การกระจายตัวของสารปนเปื้อน - ระดับความลึกและระยะห่าง จะต้องออกแบบให้เหมาะสม สัมพันธ์กับข้อมูลของบ่อที่กำลังสูบ ความลึกของชั้นน้ำบาดาล ผลการประเมินสภาพอุทกธรณีวิทยา ลักษณะของสารปนเปื้อนและจุดประสงค์ของงาน  	

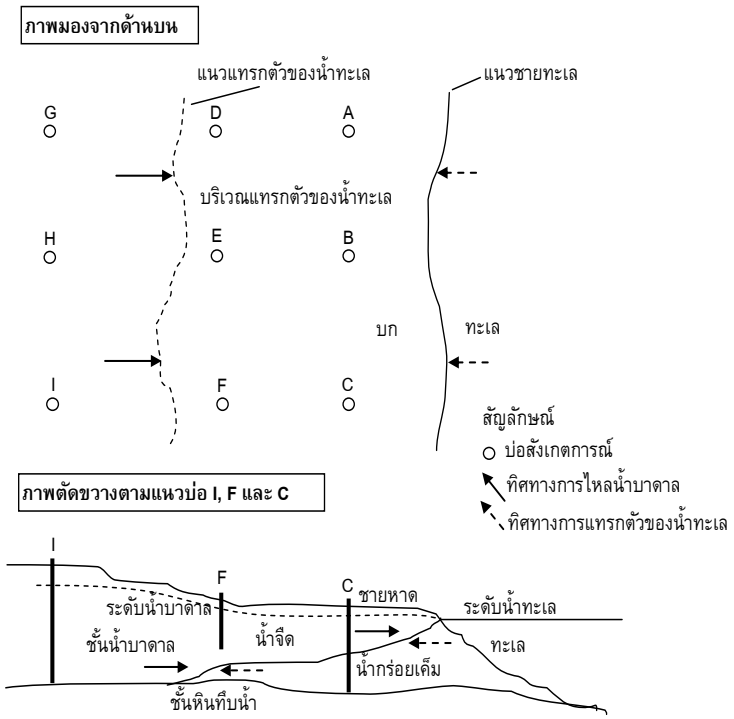


รูปที่ 2.5.3-4 ผังแสดงการดำเนินงานการศึกษาวางเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำบาดาล

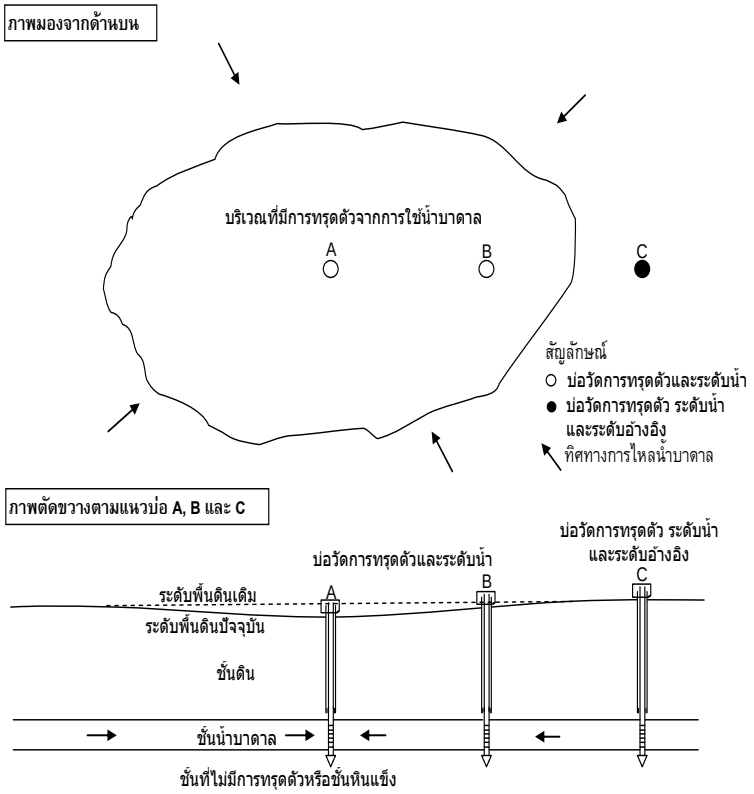
ตารางที่ 2.5.3-2 เครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ขนาดใหญ่

ลักษณะการปนเปื้อนหรือผลกระทบ	ตำแหน่ง จำนวน และความลึกของบ่อสังเกตการณ์
1. ศึกษาและประเมินสภาพน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาล	- ให้มีแนวบ่อสังเกตการณ์ อย่างน้อย 4 แนว แนวละ 3 บ่อ โดยแต่ละแนวตั้งฉากกับเส้นระดับ (contour line) น้ำบาดาล - หรือรูปแบบเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์อาจจะเป็นระบบตาราง (grid system) - ความยาวของท่อกรองในกรณีที่ต้องการทราบแรงดันน้ำบาดาลเฉพาะช่วงความลึกใดความลึกหนึ่งต้องกำหนดให้ความยาวท่อกรองมีขนาดสั้น ส่วนกรณีที่ต้องการทราบค่าเฉลี่ยตลอดความหนาของชั้นน้ำให้กำหนดความยาวท่อกรองตลอดความหนาของชั้นน้ำบาดาล - จำนวน ความลึก และระยะห่างบ่อ ต้องกำหนดให้เหมาะสม สัมพันธ์กับผลที่ประเมิน และวัตถุประสงค์ของงาน 

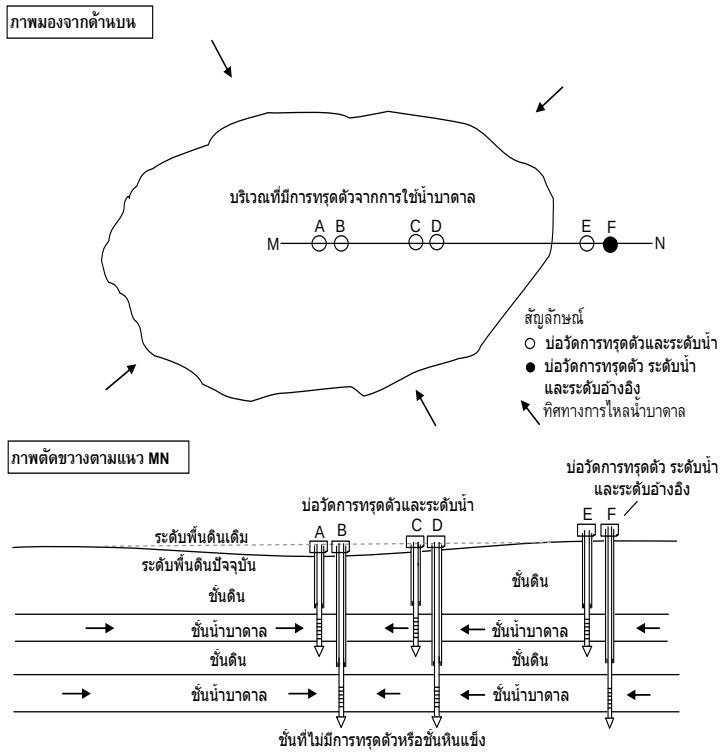
ตารางที่ 2.5.3-2 เครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ขนาดใหญ่ (ต่อ)

ลักษณะการปนเปื้อนหรือผลกระทบ	ตำแหน่ง จำนวน และความลึกของบ่อสังเกตการณ์
2. การปนเปื้อนน้ำบาดาล เช่น พื้นที่แทรกตัวของน้ำเค็มโดยธรรมชาติบริเวณติดกับทะเล และมีการแทรกตัวของน้ำทะเล เข้ามาในชั้นน้ำบาดาล	- อยู่ในพื้นที่และช่วงความลึกที่ถูกปนเปื้อน ให้ขนานกับแนวชายทะเล จำนวนอย่างน้อย 3 บ่อ (A, B และC) - อยู่ในพื้นที่ถูกปนเปื้อน แต่ความลึกอยู่เหนือช่วงระดับสิ่งปนเปื้อน ให้ขนานกับแนวชายทะเล จำนวนอย่างน้อย 3 บ่อ (D, E และF) บ่อF มีวัตถุประสงค์ใช้ตรวจสอบความเค็มในกรณีที่น้ำเค็มเคลื่อนตัวเข้ามาและปนเปื้อนน้ำบาดาลระดับตื้นกว่า - อยู่นอกพื้นที่ถูกปนเปื้อน ให้ขนานกับแนวชายทะเล จำนวนอย่างน้อย 3 บ่อ (G, H และI) - จำนวนบ่ออาจจะถูกกำหนดเพิ่ม เพื่อศึกษาในรายละเอียด ของทิศทางและขอบเขต ของพื้นที่ที่ถูกปนเปื้อน - ระดับความลึกและระยะห่างบ่อ จะต้องออกแบบให้เหมาะสมสัมพันธ์กับข้อมูลของบ่อที่กำลังสูบ ความลึกของชั้นน้ำบาดาล ผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน และจุดประสงค์ของงาน  	

ตารางที่ 2.5.3-2 เครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ขนาดใหญ่ (ต่อ)

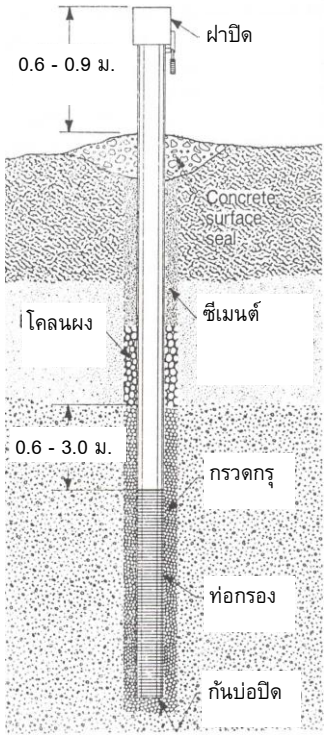
ลักษณะการปนเปื้อนหรือผลกระทบ	ตำแหน่ง จำนวน และความลึกของบ่อสังเกตการณ์
3. การทรุดของแผ่นดิน 3.1 กรณีมีชั้นน้ำบาดาลชั้นเดียว	- ใกล้กับศูนย์กลางของพื้นที่สูบน้ำที่มีการทรุดตัว ให้ติดตั้งบ่อวัดการทรุดตัว มีท่อกรองในระดับความลึกเดียวกันกับชั้นน้ำบาดาลที่มีการสูบน้ำ พร้อมอุปกรณ์วัดการทรุดตัวในชั้นดินต่างๆที่อยู่เหนือชั้นน้ำ จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ (A) - ห่างจากศูนย์กลางของพื้นที่สูบน้ำและอยู่ในในพื้นที่ที่มีการทรุดตัว ให้ติดตั้งบ่อแบบเดียวกันกับแบบบ่อ A จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ (B) - อยู่นอกพื้นที่ที่มีการทรุดตัว ให้ติดตั้งบ่อแบบเดียวกันกับแบบ A พร้อมหมุดหลักฐานหรือบ่อระดับอ้างอิง จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ (C) - จำนวน ระยะความลึก และระยะห่างบ่อ ต้องกำหนดให้เหมาะสมสัมพันธ์กับผลที่ประเมินได้และวัตถุประสงค์ของงานที่จะทำ 

ตารางที่ 2.5.3-2 เครือข่ายบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ขนาดใหญ่ (ต่อ)

ลักษณะการปนเปื้อนหรือผลกระทบ	ตำแหน่ง จำนวน และความลึกของบ่อสังเกตการณ์
3.2 กรณีมีชั้นน้ำบาดาลหลายชั้น	- ใกล้กับศูนย์กลางของพื้นที่สูบน้ำที่มีการทรุดตัว ให้ติดตั้งบ่อวัดการทรุดตัว มีท่อกรองในระดับความลึกเดียวกันกับชั้นน้ำบาดาลที่มีการสูบน้ำ พร้อมอุปกรณ์วัดการทรุดตัวในชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นน้ำ จำนวนอย่างน้อย 1 บ่อ ในแต่ละชั้นน้ำบาดาล ในกรณีนี้ ยกตัวอย่าง มี 2 ชั้นน้ำ คือ ชั้นน้ำบน จะเป็นบ่อ A และชั้นน้ำล่าง เป็นบ่อ B (หรือติดตั้งบ่อวัดการทรุดตัวแบบหลายช่วงความลึก - ห่างจากศูนย์กลางของพื้นที่สูบน้ำและอยู่ในพื้นที่ที่มีการทรุดตัว ให้ติดตั้งบ่อแบบเดียวกันกับแบบบ่อ A และ B คือ ชั้นน้ำบน จะเป็นบ่อ C และชั้นน้ำล่าง เป็นบ่อ D - อยู่นอกพื้นที่ที่มีการทรุดตัว ให้ติดตั้งบ่อแบบเดียวกันกับแบบบ่อ A และ B คือ ชั้นน้ำบน จะเป็นบ่อ E และชั้นน้ำล่าง เป็นบ่อ F พร้อมติดตั้งระดับอ้างอิงในบ่อ F - จำนวน ระยะความลึก และระยะห่างบ่อ ต้องกำหนดให้เหมาะสมสัมพันธ์กับผลที่ประเมินได้และวัตถุประสงค์ของงาน 

2.5.4 บ่อสังเกตการณ์

บ่อสังเกตการณ์จะคล้ายกับแบบบ่อน้ำบาดาล แต่ขนาดท่อกรุท่อกรองสังเกตการณ์มีขนาดเล็กกว่า ปกติจะมีขนาด 51 มม. (2 นิ้ว) เว้นแต่มีจุดประสงค์เพื่อใช้เป็นบ่อสูบทดสอบ ขนาดของบ่อจะเป็น 101 – 152 มม. (4 - 6 นิ้ว) เนื่องจากบ่อสังเกตการณ์ส่วนใหญ่จะไม่มีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ห่างไกลจากผู้คนดูแล และต้องป้องกันไม่ให้ตัวอย่างที่เก็บได้ เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง จึงต้องมีการป้องกันที่ปากบ่อเป็นอย่างดี (**รูปที่ 2.5.4-1**)



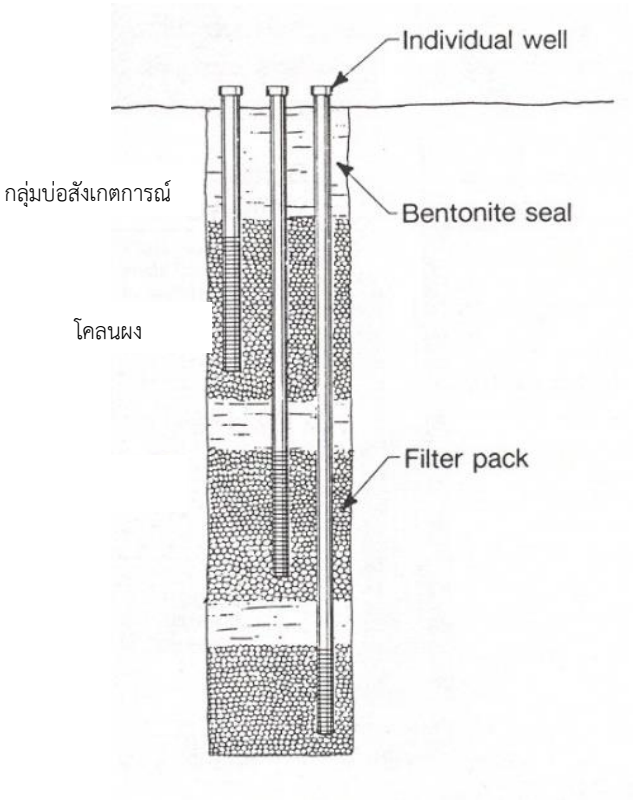
รูปที่ 2.5.4-1 รูปแบบบ่อสังเกตการณ์ (Driscoll, 1987)

รูปแบบบ่อสังเกตการณ์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบบ่อเดี่ยว เป็นแบบที่ใช้โดยทั่วไป เพื่อหาข้อมูลที่ช่วงระดับความลึกเดียว ตาม**รูปที่ 2.5.4-1** และแบบกลุ่มบ่อ โดยติดตั้งหลายบ่อ ที่ช่วงความลึกต่างกันในแต่ละพื้นที่ (**รูปที่ 2.5.4-2**) เพื่อหาข้อมูลได้หลายช่วงความลึกหรือหลายชั้นน้ำในหลุมเจาะเดียว

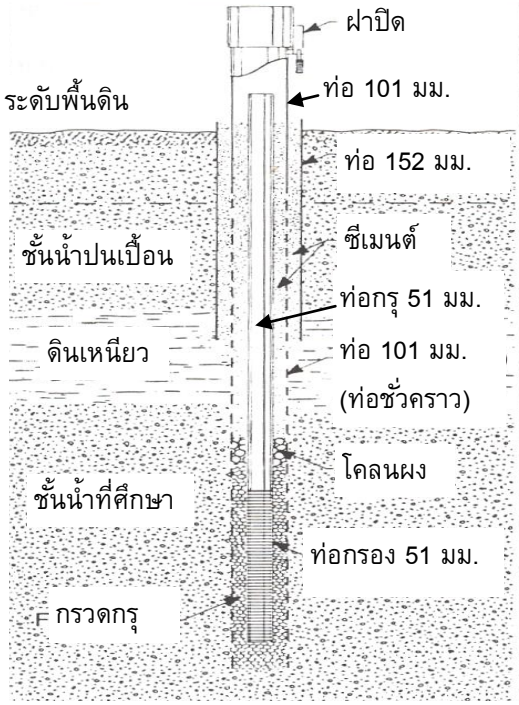
บ่อสังเกตการณ์ ที่ใช้ศึกษาการปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาล ต้องออกแบบให้มีการป้องกันสิ่งปนเปื้อนใดๆ ไม่ให้เข้าไปเจือปนกับตัวอย่างน้ำ ตามช่วงความลึกที่ต้องจะเก็บ เพื่อให้ตัวอย่างน้ำนั้น เป็นตัวแทนของน้ำ ในชั้นน้ำบาดาลที่ช่วงความลึกนั้น (**รูปที่ 2.5.4-3**)

บ่อสังเกตการณ์อีกประเภทหนึ่ง ใช้วัดการทรุดตัวของพื้นดินที่มีผลกระทบจากการใช้น้ำบาดาล มีลักษณะเป็นบ่อที่มีท่อสองชั้น ท่อชั้นนอกจะเป็นท่อใช้ตรวจสอบการทรุดตัว ติดตั้งในชั้นดินเหนียวเหนือชั้นน้ำบาดาลที่มีผลกระทบจากการสูบน้ำ ส่วนท่อชั้นใน ใช้เป็นบ่อระดับอ้างอิงและวัดระดับน้ำ ลักษณะเป็นบ่อน้ำบาดาล ปลายท่อของบ่อวางตัวในชั้นดินหรือหินที่อยู่ใต้ชั้นน้ำบาดาลนั้นและไม่ได้รับผลกระทบหรือ

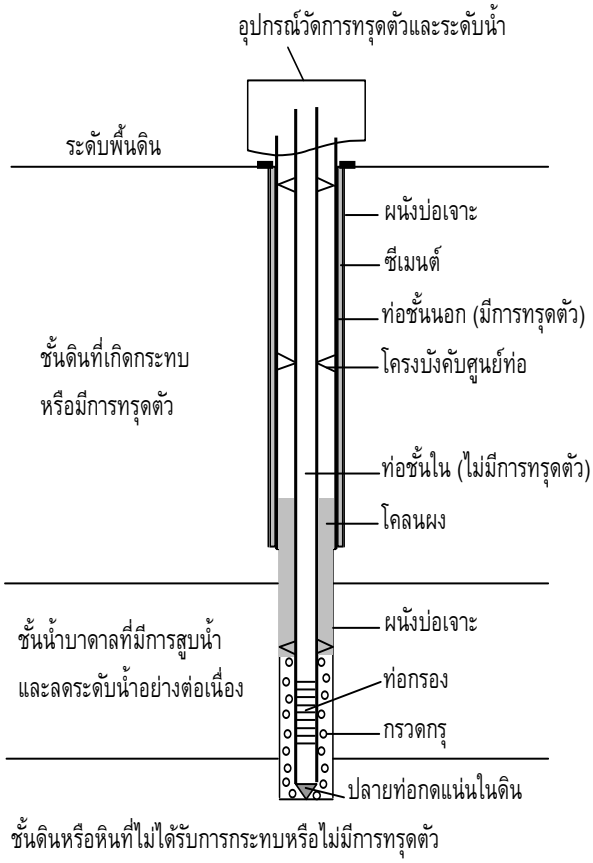
ทรุดตัวจากการสูบน้ำ ตามที่ได้แสดงใน**รูปที่ 2.5.4-4** หรือเป็นแบบทีมีจุดเชื่อมต่อที่ปลายท่อชั้นนอกและท่อชั้นใน มีลักษณะเป็นแบบต่อเลื่อน (slip joint) ทำให้ท่อทั้งสองเป็นอิสระต่อกัน สามารถติดตั้ง ตัวต่อเลื่อนหลายตำแหน่งความลึกในบ่อเดียวกัน เพื่อตรวจสอบการทรุดตัวเฉพาะของชั้นดินที่ระดับบนสุด และการทรุดตัวสะสมรวมของแต่ละชั้นดิน ที่หลายช่วงความลึกในระดับล่าง (**รูปที่ 2.5.4-5**)



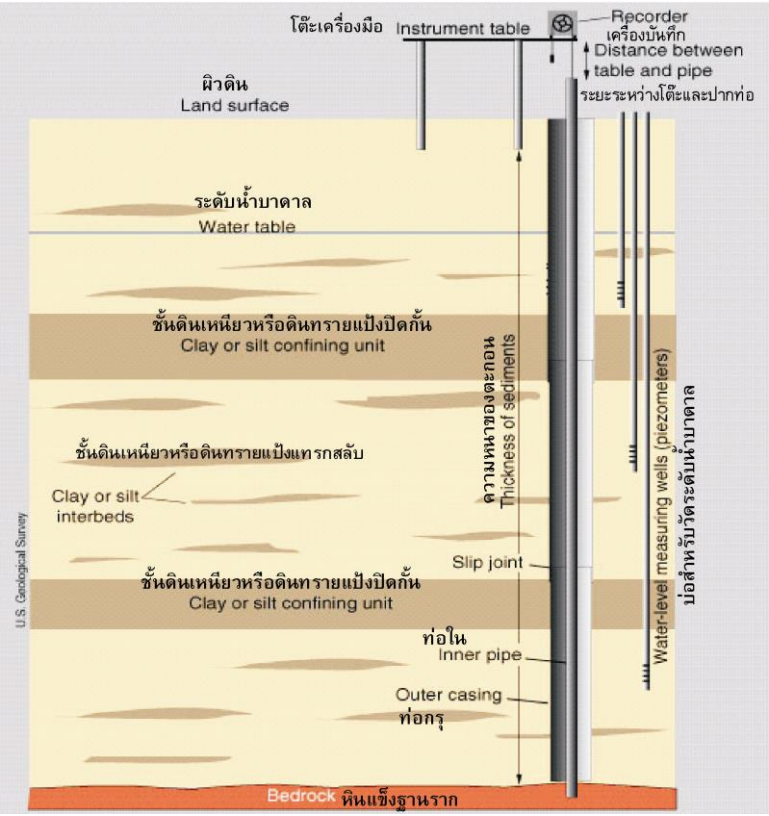
รูปที่ 2.5.4-2 กลุ่มบ่อสังเกตการณ์ (Driscoll, 1987)



รูปที่ 2.5.4-3 บ่อสังเกตการณ์ที่มีการติดตั้งท่อป้องกันการปนเปื้อน (Driscoll, 1987)



รูปที่ 2.5.4-4 บ่อวัดการทรุดตัวแบบช่วงความลึกเดียว



รูปที่ 2.5.4-5 บ่อวัดการทรุดตัวแบบหลายช่วงความลึก (ดัดแปลงจาก Leake, 2004)

2.5.5 การเจาะและติดตั้งบ่อสังเกตการณ์

การเจาะบ่อสังเกตการณ์ มีหลายวิธีคล้ายคลึงกับเจาะน้ำบาดาล สิ่งสำคัญในการเจาะและก่อสร้าง คือ ต้องป้องกันอย่าให้เกิดการปนเปื้อนจากการปฏิบัติงาน ทั้งในบ่อและในชั้นหินอุ้มน้ำ ซึ่งจะทำให้ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ จากตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ผิดไปจากความเป็นจริง

1) แบบมือหมุน (hand auger) เป็นวิธีเจาะโดยใช้กำลังคน ขนาดหัวเจาะ มักจะเล็กกว่า 102 มม. (4 นิ้ว) ไม่ใช้น้ำ น้ำโคลน หรือลม เป็นชุดเจาะที่คล่องตัว ค่าใช้จ่ายถูก แต่เจาะได้เฉพาะในชั้นดิน ที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ไม่ลึก ไม่เหมาะที่จะเก็บตัวอย่างทราย

2) แบบเจาะกลวง (hollow stem auger) เป็นวิธีเจาะแบบหมุน มีอุปกรณ์เฉพาะ คือ หัวและก้านเจาะที่มีลักษณะกลวง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในมีขนาดใหญ่พอที่จะสอดท่อกรุท่อกรองขนาด51 มม. (2 นิ้ว) ได้ เจาะในชั้นหินร่วนและลึกกว่าแบบมือหมุน เจาะได้เร็ว และมีความคล่องตัว

3) แบบหมุนตรง (direct rotary) เป็นวิธีเดียวกับการเจาะน้ำบาดาล เจาะได้ในชั้นหินร่วนและหินแข็ง สามารถเจาะได้ลึกและเร็ว

4) แบบกระแทกด้วยลม (down the hole) เหมาะสำหรับเจาะในชั้นหินแข็ง โดยเฉพาะในชั้นหินแข็งมาก เจาะได้เร็วมาก บ่งบอกเมื่อเจาะถึงชั้นน้ำบาดาล สามารถเก็บตัวอย่างน้ำได้ในขณะเจาะ แต่ถ้า

เจาะในชั้นหินร่วน ต้องลงท่อกันพังตลอด ทำให้การเก็บข้อมูลธรณีหลุมเจาะได้ไม่ครบทุกค่า (log functions)

5) แบบกระแทก (cable tool) เจาะได้ในชั้นหินร่วนและหินแข็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นหินแข็งปานกลางจะเหมาะสม เช่น หินปูน หินทราย หินดินดาน เป็นต้น

2.5.5.1 การเลือกใช้ชนิดและขนาดวัสดุก่อสร้าง

1) ท่อกรุท่อกรอง (well casing and screen) ท่อกรุท่อกรองที่จะใช้ติดตั้งสำหรับบ่อสังเกตการณ์ จะต้องมีคุณสมบัติวัสดุ ขนาดและความยาว ตามหลักการพิจารณา ดังนี้

1.1) เป็นวัสดุที่ไม่เกิดปฏิกิริยากับตัวอย่างน้ำที่ต้องการเก็บทดสอบ เช่น ท่อพีวีซี จะเหมาะสมกว่าท่อโลหะ ในกรณีที่สารปนเปื้อน มีสภาพเป็นกรดหรือด่างสูง หรือต้องการทดสอบสารละลายโลหะในน้ำ หรือในกรณีศึกษาการปนเปื้อนของสาร อินทรีย์ระเหยง่ายและสารอินทรีย์อื่นๆ ท่อโลหะจะเหมาะสมกว่าท่อพีวีซี เป็นต้น

1.2) มีความแข็งแรงเพียงพอต่อสภาพการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน ช่วงทำการพัฒนาบ่อและเป็นบ่อลึก

1.3) ขนาดร่องเปิดท่อกรอง ต้องมีขนาดเหมาะสม ควรมีพื้นที่เปิด 15 - 20% ทำให้น้ำไหลเข้าบ่อที่มีความเร็วเหมาะสม สามารถกรองเม็ดกรวดทราย ในกรวดกรุและชั้นน้ำบาดาล ไม่ให้เข้าบ่อ

1.4) หากขนาดของบ่อที่ติดตั้งไม่ลึก และใช้เพียงเพื่อวัดระดับน้ำ จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 51 มม. (2 นิ้ว) แต่สำหรับบ่อลึก มีการเก็บตัวอย่างน้ำ และทดสอบปริมาณน้ำ ขนาดของบ่อควรมีขนาดตั้งแต่ 102 มม. (4 นิ้ว) ขึ้นไป จะทำให้ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้นั้น มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น (เพราะการพัฒนาบ่อกระทำได้ดีกว่าบ่อขนาด 51 มม. หรือ 2 นิ้ว) และสามารถหาข้อมูลจากการสูบทดสอบ ใช้คำนวณหาค่าคุณลักษณะของชั้นน้ำบาดาล

1.5) ความยาวท่อกรอง โดยปกติจะติดตั้งยาวประมาณ 1 ม. ตรงตำแหน่งช่วงความลึกที่ต้องการเก็บตัวอย่างน้ำในชั้นน้ำบาดาล

1.6) การเชื่อมต่อท่อกรุและท่อกรอง สิ่งที่ดีที่สุด คือ การเชื่อม ถ้าเป็นท่อพีวีซี อาจต่อด้วยแบบเกลียวและข้อต่อ พันทับด้วยเทปเทฟลอน (teflon tape) หรือใส่โอริง (o-ring) ในข้อต่อเกลียว

1.7) เป็นวัสดุง่ายแก่การติดตั้งและมีราคาที่เหมาะสม

2) กรวดกรุ คุณสมบัติ และขนาดของกรวดกรุ

3) การอุดข้างบ่อ

2.5.5.2 การติดตั้งบ่อสังเกตการณ์

1) อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ เช่น โครงฐานวางท่อกรุท่อกรอง หูหิ้ว ลวดสลิง กุญแจจับและขันท่อ ฯลฯ ต้องสะอาด ปราศจากสิ่งปนเปื้อนใดๆ อาจใช้ผงซักฟอก และฉีดล้างด้วยน้ำสะอาด หรือใช้สาร โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) โซเดียมคาร์บอเนต (sodium

carbonate) ไตรโซเดียมฟอสเฟส (trisodium phosphate) แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (calcium hypochlorite) (Richter and Collentine, 1983)

2) การลงท่อกรุท่อกรอง และการต่อท่อควรใช้วิธีเชื่อม (welding) ถ้าต่อด้วยเกลียวและข้อต่อควรพันทับด้วยเทปเทฟลอนหรือใส่โอริงในข้อต่อเกลียว ห้ามใช้น้ำยาละลาย (solvent) เชื่อมประสานเป็นอันขาด เพราะท่อ พีวีซีเชื่อมต่อโดยใช้น้ำยาละลาย จะทำให้ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ มีการปนเปื้อน ของสารเตตระไฮโดรฟูราน (tetrahydrofuran) เมทธีลเอทธีลคีโตน (methylethyl ketone) เมทธีลบูทีล คีโตน (methylbutyl ketone) และสาร อินทรีย์สังเคราะห์อื่นๆ (Sosebee et al., 1983)

3) การกรุกรวด ใช้ขนาดกรวดที่เหมาะสมกับร่องเปิดของท่อกรอง และเม็ดกรวดทรายของชั้นน้ำบาดาลในชั้นหินร่วน แต่ในกรณีที่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ขนาดเม็ดกรวดทรายของชั้นน้ำบาดาลแล้ว โดยทั่วไปจะใช้ขนาดกรวดกรุ 2 – 5 มม. หรือในชั้นน้ำบาดาลที่เป็นชั้นหินแข็ง อาจไม่จำเป็นต้องกรุกรวด

4) การอุดข้างบ่อ โดยทั่วไปมักจะใช้ซีเมนต์จะมีข้อเสีย สำหรับบ่อที่เป็นท่อพีวีซีเพราะเมื่อซีเมนต์แข็งตัว จะหดตัว (shrinkage) และเกิดเป็นช่องว่างเล็กๆ ระหว่างผิวท่อและซีเมนต์ หรือเกิดรอยแตก (cracking) ในซีเมนต์ (Wehrmann, 1983) หรืออาจจะใช้ซีเมนต์ผสมโคลนเจาะ (bentonite) ใส่โคลนผง 1.4 - 2.3 กก. ในน้ำ 25 ลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วเติมซีเมนต์ 42.6 กก. (Driscoll, 1987) วัสดุที่ใช้ติดตั้งทุกชนิด ต้องไม่เป็นวัสดุปนเปื้อน ไปเจือปนน้ำในบ่อและในชั้นน้ำบาดาล ทำให้ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้เกิดความคลาดเคลื่อน

2.5.5.3 การพัฒนาบ่อ

การพัฒนาบ่อสังเกตการณ์ กระทำโดยวิธีการตักน้ำ สูบน้ำด้วยลม เครื่องสูบแบบติดตั้งที่ปากบ่อ หรือด้วยเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำ แต่มีข้อแตกต่างจากการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลทั่วไป คือ พยายามสูบน้ำออกจากบ่อด้วยปริมาณน้ำน้อยๆ และสม่ำเสมอ จนกระทั่งน้ำที่สูบได้ มีค่าสารละลายรวม (TDS) คงที่หรือค่อนข้างคงที่ ไม่ควรใช้วิธีการพัฒนาบ่อแบบรุนแรง เช่น แบบอัดและดึงด้วยลูกสูบ การเป่าอัดกวนน้ำและสูบออกด้วยลม เป็นต้น

2.5.5.4 การวัดระดับน้ำ

ใช้เครื่องมือวัดระดับน้ำ แบบสายเทปไฟฟ้า หรือเครื่องวัดอัตโนมัติติดตั้งที่บ่อ โดยมีจุดระดับอ้างอิงซึ่งอาจจะเป็นระดับน้ำทะเลปลานกลาง ระดับพื้นดินหรือจุดอ้างอิงที่สร้างขึ้นใช้เฉพาะในแต่ละพื้นที่

2.5.5.5 การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในสนาม

2.5.5.6 บันทึกข้อมูลและรายงานผล

การดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนผู้ปฏิบัติ จะต้องบันทึกข้อมูลและรายงานผลการดำเนินงาน เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการดำเนินงานในขั้นตอนต่อไป

2.5.6 การควบคุมการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน

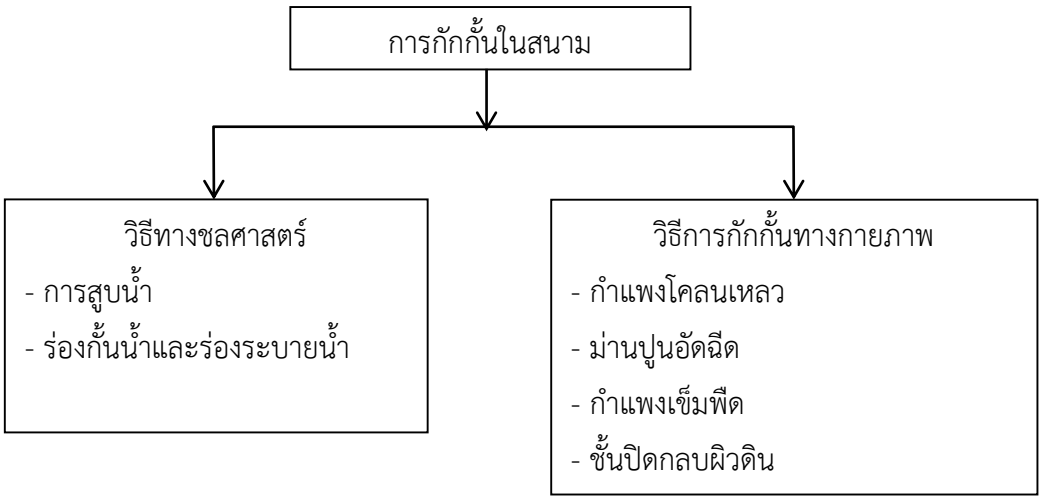
กระบวนการฟื้นฟูการปนเปื้อนสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การดึงสารปนเปื้อนออกมา (removal) การแยก (separation) การทำลาย (destruction) และการกักกั้น (containment) การฟื้นฟูการปนเปื้อนโดยวิธีการกักกั้น เป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อสกัดกั้นหรือกักกั้นไม่ให้สารปนเปื้อนแพร่กระจายสู่พื้นที่ภายนอก โดยทั่วไปแล้ววิธีนี้ ไม่มีการทำลาย หรือโยกย้ายสารปนเปื้อนไปที่อื่น มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวคิดและหลักการในการฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาลที่มีการปนเปื้อนไม่รวมถึงรายละเอียดการออกแบบ หรือการดำเนินการทางวิศวกรรม ที่เกี่ยวข้อง แต่จะกล่าวถึงทางเลือกต่างๆที่มีพร้อมทั้งข้อควรพิจารณาและข้อจำกัดอื่นๆ

การควบคุมโดยวิธีการกักกั้น (in-situ containment) เป็นการป้องกันการแพร่กระจาย สารปนเปื้อนออกนอกบริเวณปนเปื้อน ซึ่งหมายถึงการกักกันสารปนเปื้อนให้อยู่กับที่โดยการสร้างวัตถุกักกั้นไว้ล้อมรอบบริเวณปนเปื้อน

การกักกั้นการปนเปื้อนในพื้นที่เกิดการปนเปื้อน เป็นวิธีการที่นิยมใช้โดยทั่วไป และเป็นวิธีที่ได้ผลดี เพื่อแก้ปัญหาแบบถาวรหรือแบบชั่วคราว คำว่าการกักกั้น (containment) หมายถึง การป้องกันสารปนเปื้อนไม่ให้แพร่กระจายออกไปสู่ที่อื่น โดยทั่วไปแล้ววิธีนี้ ไม่มีการทำลาย หรือโยกย้ายสารปนเปื้อนไปที่อื่น แม้ว่าในวิธีการกักกั้นโดยใช้วิธีทางชลศาสตร์ (hydraulic containment) จะมีการแยกสารปนเปื้อนที่ละลายในน้ำบาดาลออกไป การกักกั้นยังสามารถนำไปใช้กักกั้นวัสดุปนเปื้อนที่ขุดตักขึ้นมาได้ด้วย

วิธีการกักกั้น นิยมใช้ในการแก้ไขปัญหาในกรณีที่การบำบัดในพื้นที่หรือการขุดออกทิ้ง ไม่สามารถทำได้ หรือทำได้แต่ค่าใช้จ่ายสูงเกินไป การกักกั้นจึงเป็นทางเลือกสุดท้าย ถ้าการฟื้นฟู หรือการกู้ไม่สามารถทำได้ และพื้นที่นั้นมีข้อจำกัดในการใช้สอย ส่วนมากมักใช้กักกั้น สารปนเปื้อนที่เป็นสารเหลว หรือน้ำบาดาล ไม่ให้ไหลกระจายออกนอกพื้นที่ อย่างไรก็ดี การกักกั้นยังสามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาการปนเปื้อนในดินได้เช่นเดียวกัน ถ้าบริเวณนั้นมีโอกาสเกิดการรั่วไหลของสารปนเปื้อนไปที่อื่น ทางเลือกอื่นๆ สำหรับวิธีการกักกั้น มีแสดงใน**รูปที่ 2.5.6-1**

เทคนิคการกักกั้นควรจะได้รับการออกแบบโดยหน่วยงาน บริษัท หรือ บุคคลที่มีคุณสมบัติ และแล้วแต่สภาพพื้นที่



รูปที่ 2.5.6-1 ทางเลือกอื่นๆ ในการทำการกักกั้น

2.6 ระบบฐานข้อมูลและระบบสารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาล

ระบบฐานข้อมูลและระบบสารสนเทศของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลมีประโยชน์ต่อวิศวกรและนักธรณีวิทยาในการควบคุมการเจาะอย่างไร

- ทราบข้อมูลประวัติบ่อบาดาลทั่วประเทศที่ทันสมัย
- แผนที่บ่อบาดาล (G-MIS) แผนทีน้ำบาดาลรายจังหวัด
- สามารถเข้าถึงแอพพลิเคชั่น (application) Badan4Thai
- ได้รับความรู้พื้นฐานด้านน้ำบาดาล
- ทราบข่าวสารเกี่ยวกับน้ำบาดาลเพื่อช่วยในวางแผนการสำรวจและเจาะหาแหล่งน้ำบาดาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- การจำลองข้อมูลด้านอุทกธรรีวิทยาโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Arc Hydro Groundwater (AHGW)

ระบบฐานข้อมูลน้ำบาดาลที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้เผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ตที่ประชาชนทั่วไปได้เข้าถึงประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

2.6.1 ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล

ข้อมูลพื้นฐานบ่อน้ำบาดาล ที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้เผยแพร่ในเว็บไซต์ของกรมฯ ซึ่งสามารถค้นหาได้ทั้งระดับจังหวัด ระดับอำเภอ และระดับตำบล มีรายละเอียดของบ่อน้ำบาดาล ได้แก่ หมายเลขบ่อ พิกัดบ่อ แผนที่ตั้งบ่อ ที่อยู่ ประเภทบ่อ สภาพน้ำ ความลึกบ่อ ความลึกพัฒนา ปริมาณน้ำ ระดับน้ำปกติ รูปถ่ายบ่อ/ที่ตั้งบ่อ ดังแสดงตัวอย่างใน**รูปที่ 2.6.1-1**

2.6.2 แผนที่บ่อน้ำบาดาล (G-MIS)

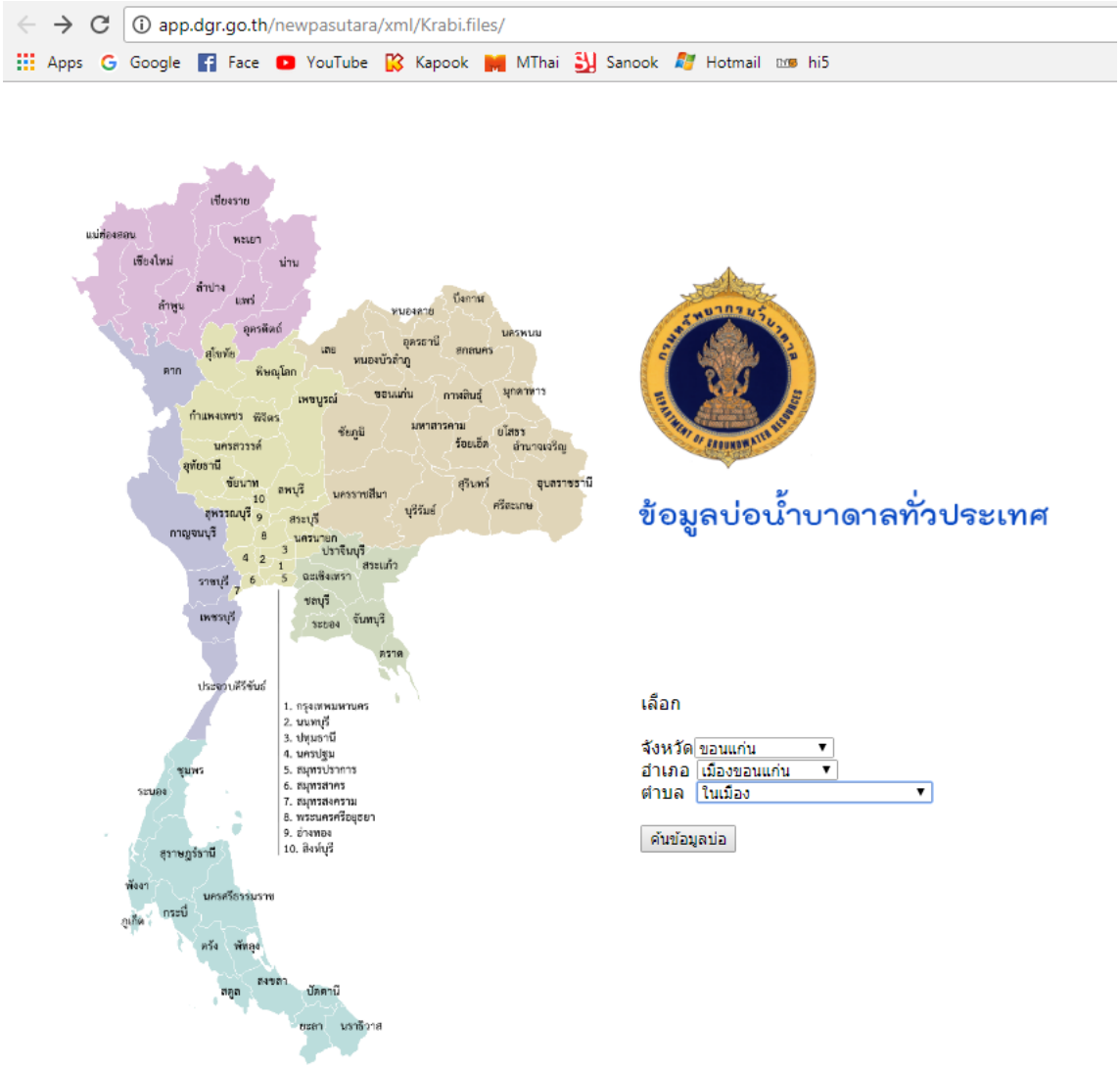
ระบบภูมิสารสนเทศอุทกธรณีวิทยาและการจัดการน้ำบาดาล (GMIS) พัฒนาโดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาล เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยสำหรับองค์การบริหารจัดการส่วนท้องถิ่น เช่น อบต., เทศบาล ในการบริการจัดการบ่อน้ำบาดาลในเขตของตนโดยเข้าไปที่เว็บไซต์ของกรม หรือ http://gmis.longdo.com/home ดังแสดงตัวอย่างใน**รูปที่ 2.6.2-1**

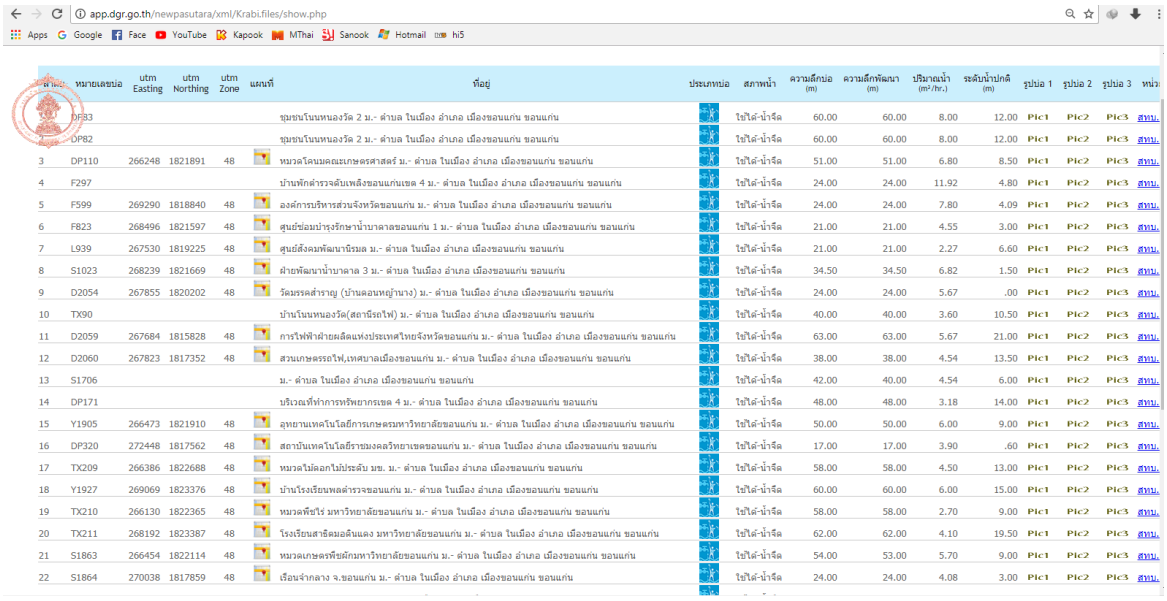
2.6.3 แผนที่น้ำบาดาล

แผนที่บ่อน้ำบาดาลรายจังหวัด ที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้เผยแพร่ในเว็บไซต์ของกรมฯ ซึ่งสามารถค้นหาได้ทั้งประเทศ มีทั้งแผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัดที่เป็น Hard Copy ต้นฉบับ (แผนที่น้ำบาดาลใหญ่) และแผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัดที่ได้จัดทำขึ้นมาใหม่โดยใช้ฐานข้อมูลเดิมจากแผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัด (2530-2543) ดังแสดงตัวอย่างใน**รูปที่ 2.6.3-1**

2.6.4 แอพพลิเคชั่น Badan4Thai

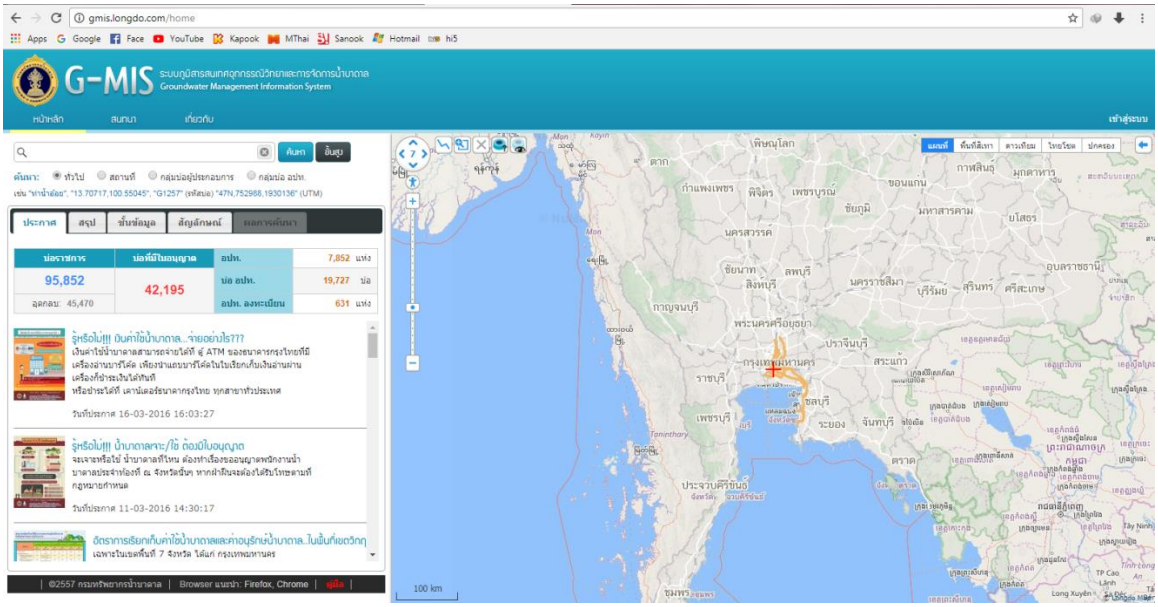
เป็นแอพพลิเคชั่นน้ำบาดาล เพื่อประชาชน โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ข้อมูลด้านน้ำบาดาลให้ประชาชนทั่วไปได้เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายยิ่งขึ้น เช่น ข่าวสาร ความรู้ที่เกี่ยวกับน้ำบาดาล และข้อมูลที่ตั้งบ่อน้ำบาดาลแต่ละจังหวัดทั่วประเทศ เป็นต้น มีช่องทางการติดต่อให้ประชาชนทั่วไปที่ต้องการทราบข้อมูลต่างๆ สามารถส่งข้อความมาทางแอพพลิเคชั่นนี้ได้เช่นกัน สำหรับผู้ที่สนใจสามารถดาวน์โหลดได้ทั้งในระบบ IOS และ Android ดังแสดงตัวอย่างใน**รูปที่ 2.6.4-1**

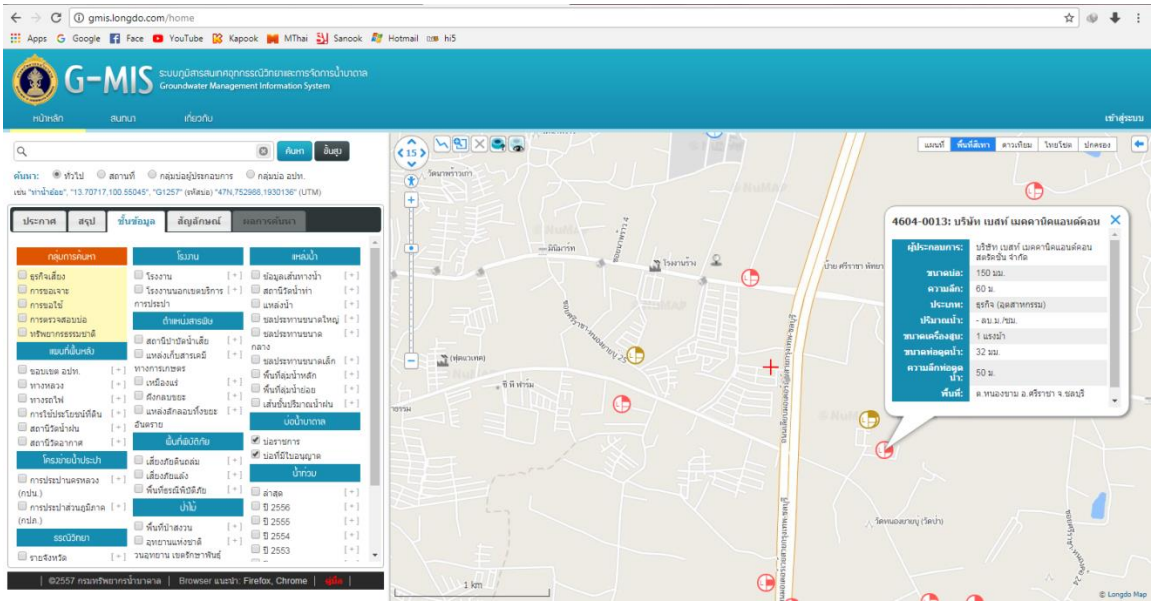




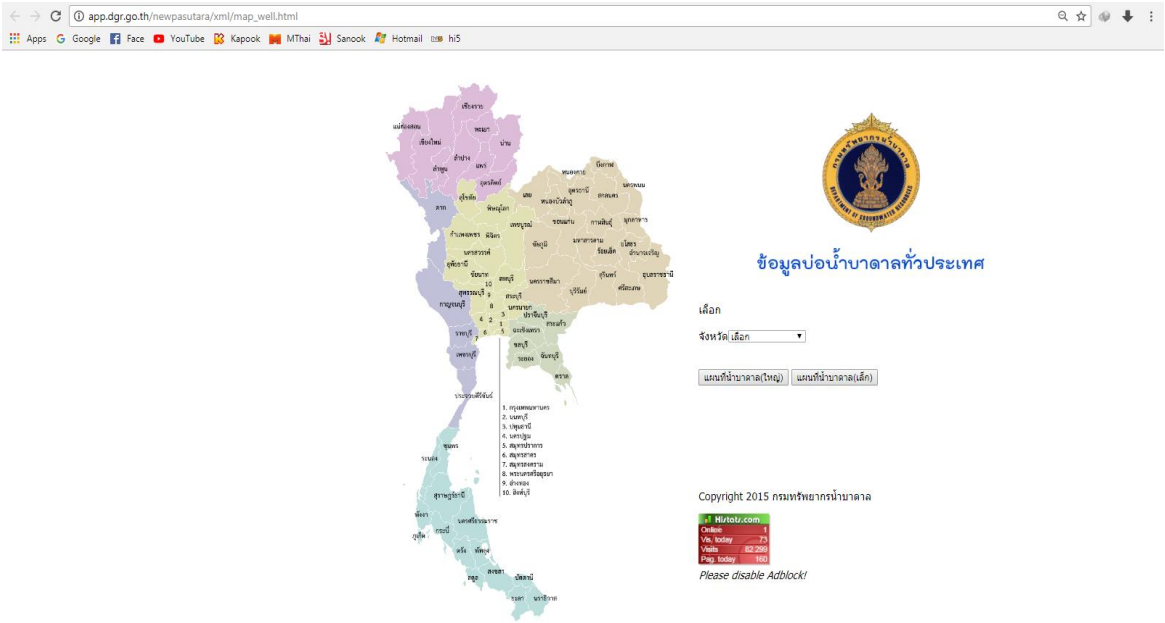
ลำดับ	หมายเลขบ่อ	utm Easting	utm Northing	utm Zone	แผนที่	ที่อยู่	ประเภทบ่อ	สภาพน้ำ	ความลึกบ่อ (m)	ความลึกพัฒนา (m)	ปริมาณน้ำ (m³/hr.)	ระดับน้ำปกติ (m)	รูปบ่อ 1	รูปบ่อ 2	รูปบ่อ 3	หน่ว
	DP83					ชุมชนโนนหนองวัด 2 ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	60.00	60.00	8.00	12.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
	DP82					ชุมชนโนนหนองวัด 2 ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	60.00	60.00	8.00	12.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
3	DP110	266248	1821891	48		หมวดโคนมคณะเกษตรศาสตร์ ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	51.00	51.00	6.80	8.50	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
4	F297					บ้านพักดำรวจดับเพลิงขอนแก่นเขต 4 ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	24.00	24.00	11.92	4.80	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
5	F599	269290	1818840	48		องค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	24.00	24.00	7.80	4.09	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
6	F823	268496	1821597	48		ศูนย์ซ่อมบำรุงรักษาน้ำบาดาลขอนแก่น 1 ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	21.00	21.00	4.55	3.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
7	L939	267530	1819225	48		ศูนย์ส่งคมพัฒนานิรมล ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	21.00	21.00	2.27	6.60	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
8	S1023	268239	1821669	48		ฝ่ายพัฒนาน้ำบาดาล 3 ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	34.50	34.50	6.82	1.50	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
9	D2054	267855	1820202	48		วัดมรรคสำราญ (บ้านดอนหญ้านาง) ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	24.00	24.00	5.67	.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
10	TX90					บ้านโนนหนองวัด(สถานีรถไฟ) ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	40.00	40.00	3.60	10.50	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
11	D2059	267684	1815828	48		การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจังหวัดขอนแก่น ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	63.00	63.00	5.67	21.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
12	D2060	267823	1817352	48		สวนเกษตรรถไฟ,เทศบาลเมืองขอนแก่น ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	38.00	38.00	4.54	13.50	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
13	S1706					ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	42.00	40.00	4.54	6.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
14	DP171					บริเวณที่ทำการทรัพยากรเขต 4 ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	48.00	48.00	3.18	14.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
15	Y1905	266473	1821910	48		อุทยานเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยขอนแก่น ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	50.00	50.00	6.00	9.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
16	DP320	272448	1817562	48		สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตขอนแก่น ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	17.00	17.00	3.90	.60	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
17	TX209	266386	1822688	48		หมวดไม้ดอกไม้ประดับ มข. ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	58.00	58.00	4.50	13.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
18	Y1927	269069	1823376	48		บ้านโรงเรียนพลตำรวจขอนแก่น ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	60.00	60.00	6.00	15.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
19	TX210	266130	1822365	48		หมวดพืชไร่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	58.00	58.00	2.70	9.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
20	TX211	268192	1823387	48		โรงเรียนสาธิตมอดินแดง มหาวิทยาลัยขอนแก่น ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	62.00	62.00	4.10	19.50	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
21	S1863	266454	1822114	48		หมวดเกษตรพืชผักนหาวิทยาลัยขอนแก่น ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	54.00	53.00	5.70	9.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.
22	S1864	270038	1817859	48		เรือนจำกลาง จ.ขอนแก่น ม.- ตำบล ในเมือง อำเภอ เมืองขอนแก่น ขอนแก่น		ใช้ได้-น้ำจืด	24.00	24.00	4.08	3.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ.

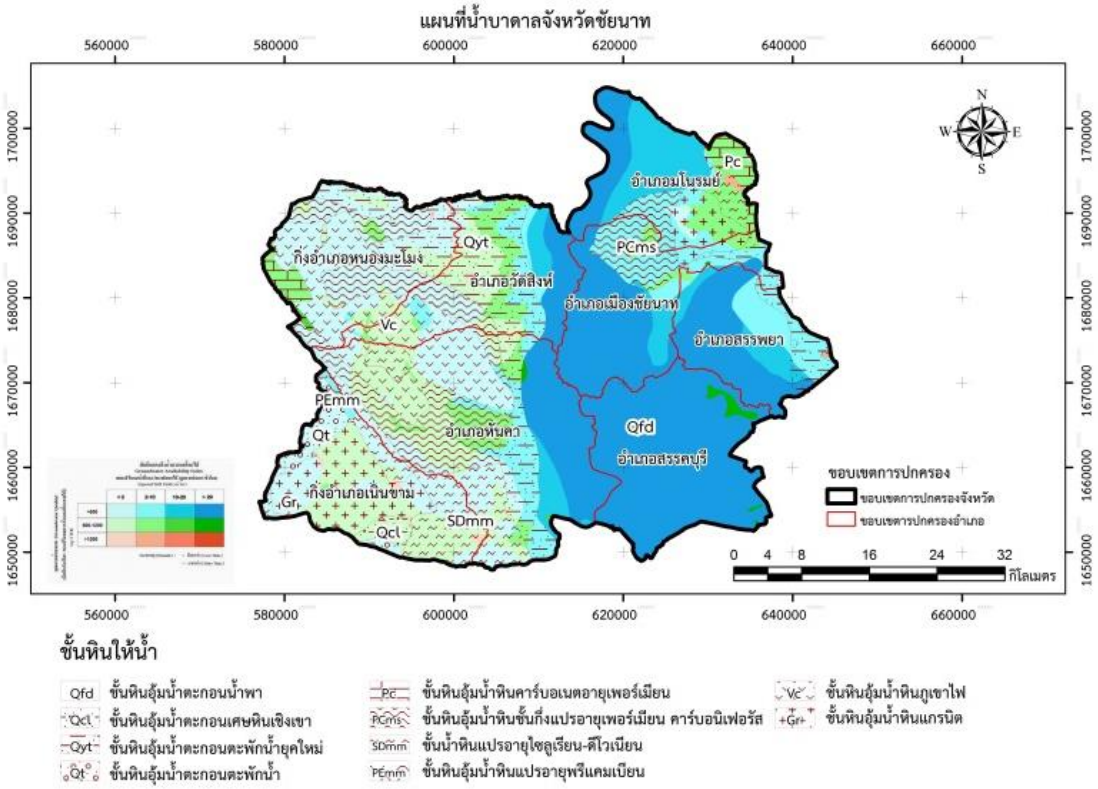
รูปที่ 2.6.1-1 ตัวอย่างข้อมูลบ่อน้ำบาดาล



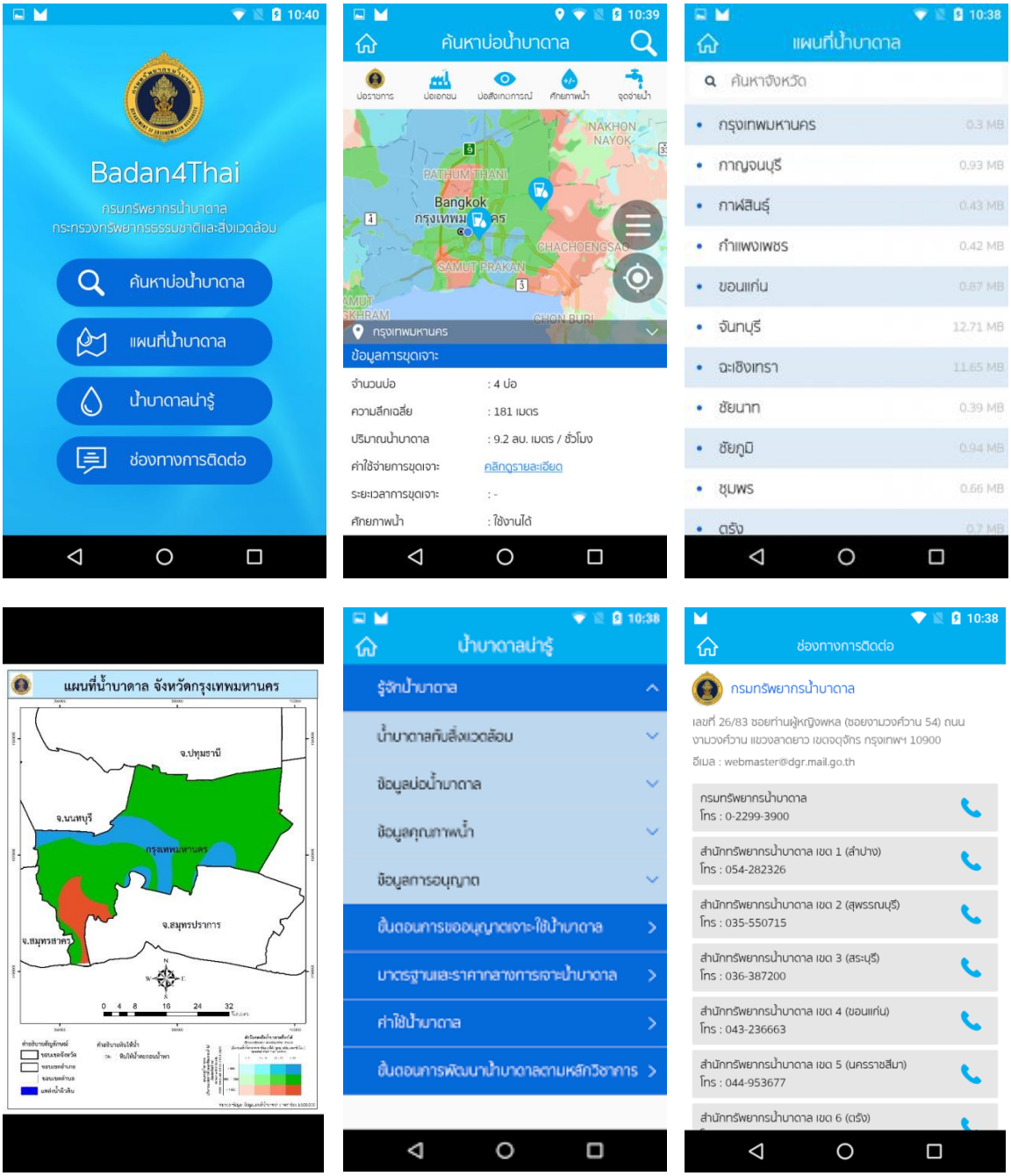


รูปที่ 2.6.2-1 ตัวอย่างข้อมูลแผนที่บ่อน้ำบาดาล (G-MIS)





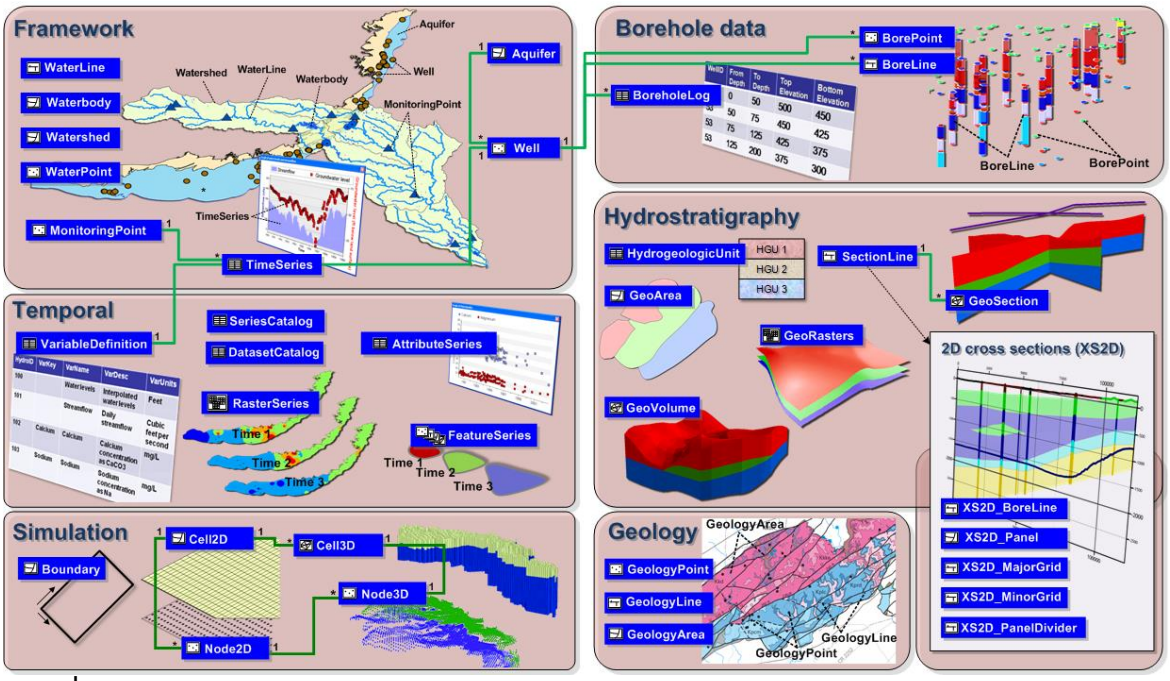
รูปที่ 2.6.3-1 ตัวอย่างข้อมูลแผนที่บ่อน้ำบาดาล



รูปที่ 2.6.4-1 ตัวอย่างแอพพลิเคชั่น “Badan4Thai”

2.6.5 Arc Hydro Groundwater Data Model

แบบจำลองนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อนำเสนอระบบฐานข้อมูลด้านน้ำบาดาลด้วยการประยุกต์ใช้ระบบ GIS (ESRI Press, 2010) สามารถเก็บ วิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลได้หลายมิติและหลายรูปแบบ ฐานข้อมูลต่างๆ ประกอบด้วยหินอุ้มน้ำ ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล ลักษณะต่างๆทางอุทกธรณีวิทยา ชุดเวลาการเก็บข้อมูล และผลการจำลองต่างๆ (**รูปที่ 2.6.5-1**) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ร่วมกันกับฐานข้อมูลของน้ำผิวดินได้



รูปที่ 2.6.5-1 โครงสร้างระบบฐานข้อมูลของแบบจำลอง Arc Hydro Groundwater Data Model (ESRI Press, 2010)

2.6.5.1 ขอบเขตงานและองค์ประกอบของงาน

ขอบเขตงานของ Arc Hydro เพื่อให้จัดทำโครงสร้างข้อมูลอย่างง่ายสำหรับการจัดเก็บกลุ่มข้อมูลระบบอุทกวิทยา ที่รองรับข้อมูลด้านการวิเคราะห์แหล่งน้ำต่างๆ เช่น ระบบทางน้ำ ทางน้ำ แหล่งน้ำ การสร้างแผนที่ระดับน้ำบาดาลและคุณภาพน้ำบาดาล และการแสดงชุดข้อมูลของสถานีตรวจวัดข้อมูลและบ่อน้ำบาดาล (**รูปที่ 2.6.5-2**)

Aquifer – เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของโพลีกอน แสดงขอบเขตของหินอุ้มน้ำที่สามารถจัดและนำเสนอให้เห็นโซนที่แตกต่างกันทั้งในรูปของแผนที่และภาพตัดขวางของหินอุ้มน้ำ

MonitoringPoint – เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของจุดที่แสดงตำแหน่งของสถานีตรวจวัดทางอุทกวิทยาต่างๆ เช่น สถานีตรวจวัดระดับน้ำผิวดิน และสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝน

SeriesCatalog – เป็นการเก็บข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของตารางตัวดัชนีและการสรุปลำดับชุดข้อมูลไว้ในตารางเวลา

TimeSeries – เป็นตารางการเก็บข้อมูลที่เวลาต่างๆ เช่น ข้อมูลระดับน้ำ การไหลของน้ำ และคุณนภาพน้ำ

VariableDefinition – เป็นตารางที่ใช้ในการเก็บค่าต่างๆตามเวลา ของชุดข้อมูล

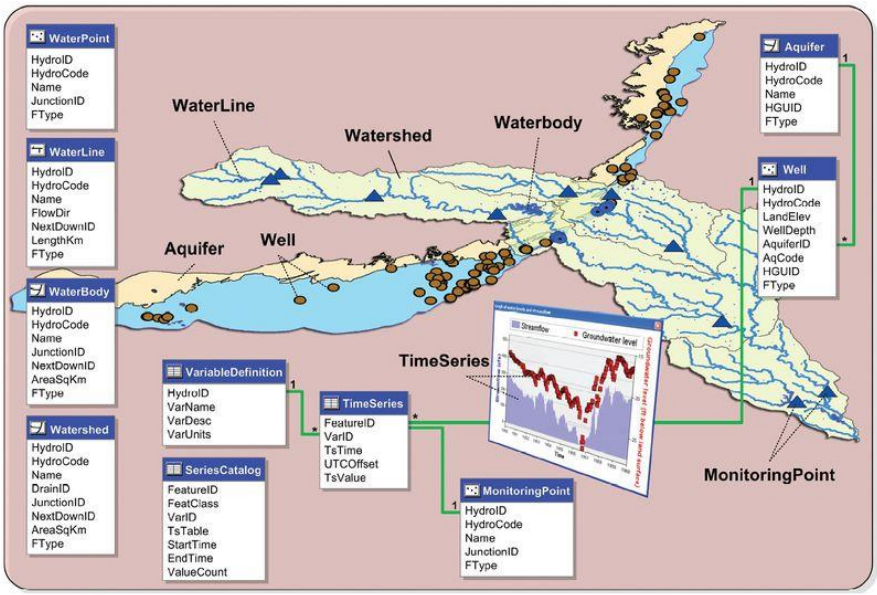
WaterBody – เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของโพลีกอน เช่น สระน้ำ ทะเลสาบ บึง และปากแม่น้ำ

WaterLine – เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลทางอุทกวิทยาที่อยู่ในรูปแบบแนวเส้น เป็นเส้นสีน้ำเงิน เช่น แผนที่แสดงทางน้ำ และแหล่งน้ำต่างๆ

WaterPoint – เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลทางอุทกวิทยาที่อยู่ในรูปแบบจุด เช่น น้ำพุ น้ำผุดหรือบริเวณที่มีการสูญเสียน้ำบาดาล และโครงสร้างๆ ต่างๆ

Watershed – เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลพื้นที่ลุ่มน้ำอยู่ในรูปแบบโพลีกอน ที่แสดงระบบทางน้ำและการไหลของน้ำในระบบแหล่งน้ำ

Well – เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลในรูปแบบจุดที่แสดงตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลและรายละเอียดของข้อมูลบ่อน้ำบาดาล



รูปที่ 2.6.5-2 โครงสร้างของ Arc Hydro
(ESRI Press, 2010)

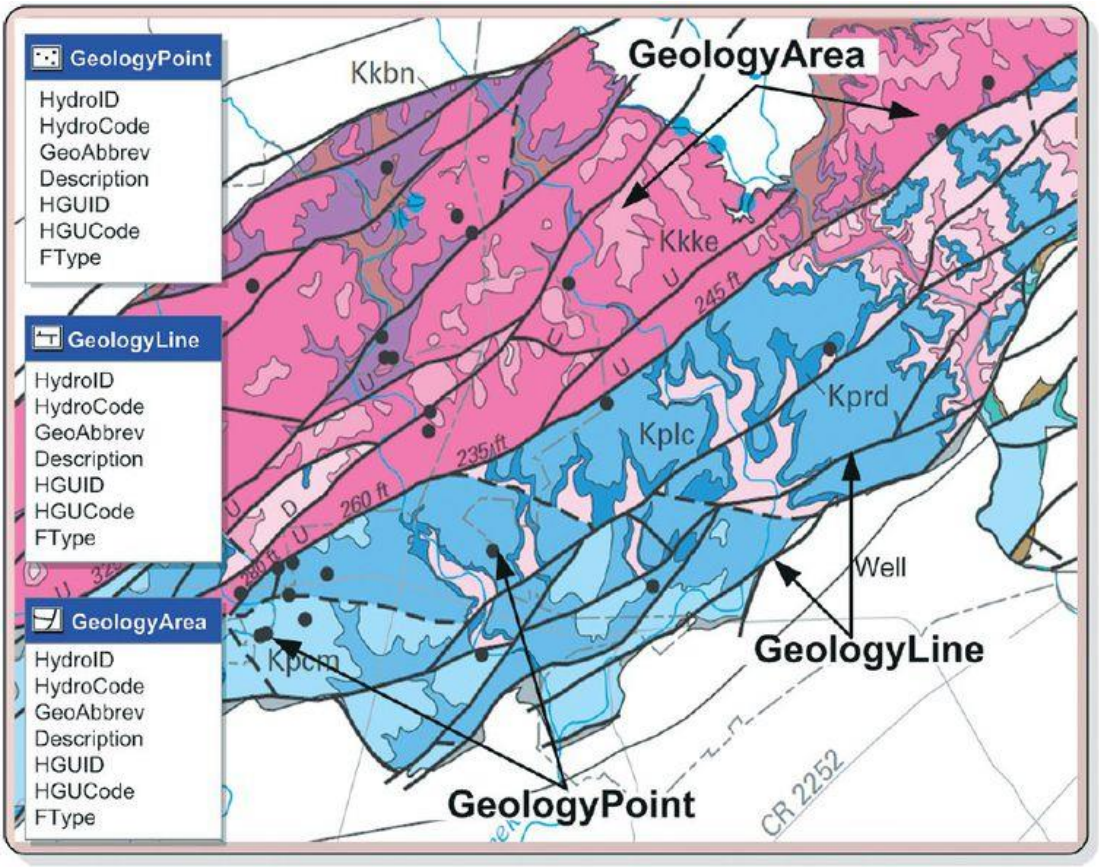
2.6.5.2 องค์ประกอบทางธรณีวิทยา

องค์ประกอบทางธรณีวิทยาประกอบด้วยกลุ่มของลักษณะชั้นข้อมูลที่นำเสนอในรูปของแผนที่ธรณีวิทยาเพื่อที่จะบูรณาการข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาร่วมกับข้อมูลด้านน้ำบาดาล (**รูปที่ 2.6.5-3**)

GeologyPoint – เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของจุดที่แสดงตำแหน่งต่างๆ เช่น น้ำพุ น้ำผุด หลุมยุบ และตำแหน่งที่สำรวจ เป็นต้น

GeologyLine – เป็นการนำเสนอข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของแนวเส้นที่แสดงลักษณะแนวรอยเลื่อน แนวสัมผัส และแนวพนังหินอัคนี

GeologyArea – เป็นการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของโพลีกอนที่ลักษณะต่างๆ เช่น หน่วยหินทางธรณีวิทยา และโซนการเปลี่ยนแปลงชนิดของหิน

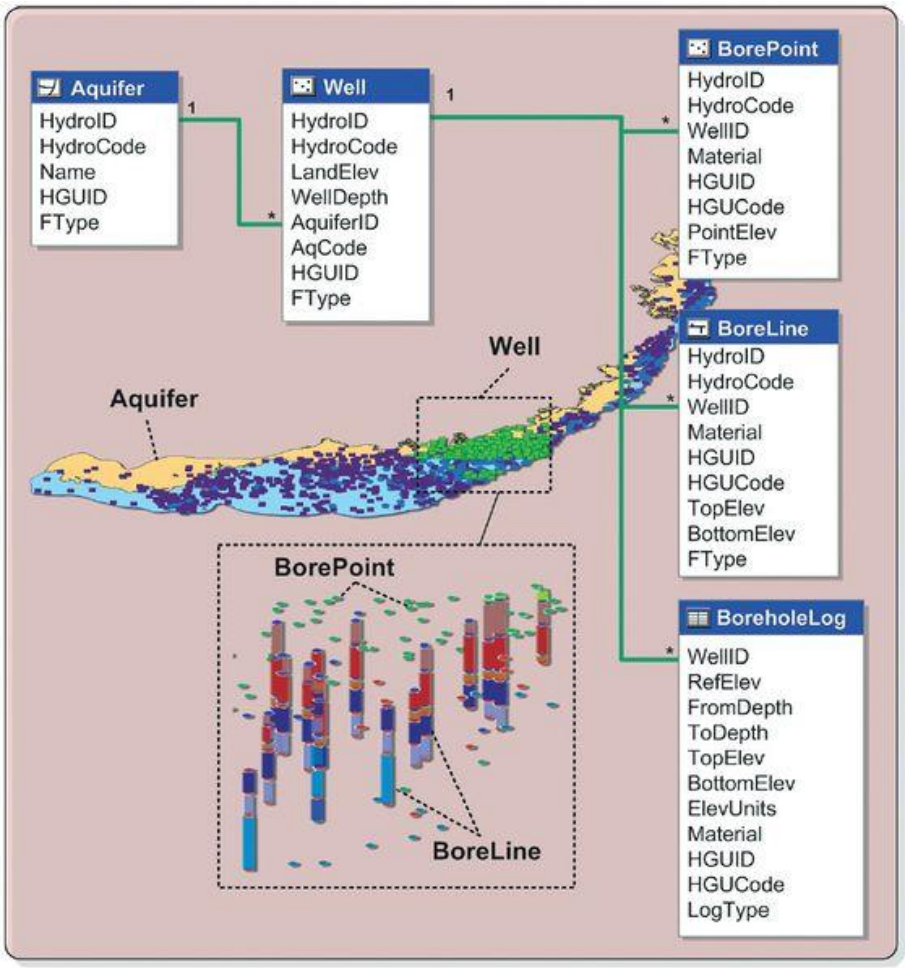


รูปที่ 2.6.5-3 องค์ประกอบทางธรณีวิทยาที่แสดงลักษณะข้อมูลในรูปของแผนที่ธรณีวิทยา (ESRI Press, 2010)

2.6.5.3 ข้อมูลหลุมเจาะ

องค์ประกอบข้อมูลหลุมเจาะประกอบด้วยชั้นข้อมูลของหลุมเจาะตลอดความลึกการเจาะที่นำเสนอในรูปแบบ 3 มิติ ข้อมูลเหล่านั้นสามารถจัดเก็บได้รูปแบบของ ตารางที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะของบ่อ หรือในรูปแบบของจุดที่เป็น 3 มิติและลักษณะของแนวเส้น โดยสามารถดูได้ใน Arc Scene (**รูปที่ 2.6.5-4**)

- BoreholeLog – เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลหลุมเจาะที่อยู่ในรูปแบบของตาราง และแถวอื่นในตาราง Borehole Log แสดงลักษณะของจุดหรือช่วงความยาวของหลุมเจาะ
- BorePoint – เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลที่เป็นจุดตลอดความยาวของหลุมเจาะในรูปแบบ 3 มิติ
- BoreLine – เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลที่เป็นแนวเส้นตลอดความยาวของหลุมเจาะในรูปแบบ 3 มิติ



รูปที่ 2.6.5-4 องค์ประกอบข้อมูลหลุมเจาะ
(ESRI Press, 2010)

2.6.5.4 ลำดับชั้นหินทางอุทกธรณีวิทยา

องค์ประกอบของลำดับชั้นหินทางอุทกธรณีวิทยาเป็นการแสดงหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในรูปแบบ 2 และ 3 มิติ ชั้นข้อมูลที่นำเสนอของแบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาประกอบด้วยโพลีกอน 2 มิติ ที่แสดงการกระจายตัวหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา พื้นผิวที่แสดงชั้นบนสุดและชั้นล่างสุดของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา (**รูปที่ 2.6.5-5**) และภาพตัดขวางสามารถทำได้ในชั้นข้อมูลที่หลากหลาย โดยใช้ “XS2D” (**รูปที่ 2.6.5-6**)

GeoArea – เป็นลักษณะชั้นข้อมูลที่แสดงการกระจายตัวของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

GeoRasters – แค็ตตาล็อกของราสเตอร์ใช้เพื่อจัดเก็บข้อมูลพื้นผิวของราสเตอร์ ประกอบด้วยฐานข้อมูลต่างๆ ทางธรณีวิทยา

GeoSection – เป็นการนำเสนอลักษณะชั้นข้อมูลภาพตัดขวางในรูปแบบ 3 มิติ

GeoVolume – เป็นการนำเสนอหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในรูปแบบ 3 มิติ

HydrogeologicUnit – เป็นการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของตารางที่ใช้กำหนดหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

SectionLine – เป็นลักษณะชั้นข้อมูลแนวเส้นที่แสดง แนวภาพตัดขวางในรูปแบบ 2 มิติ

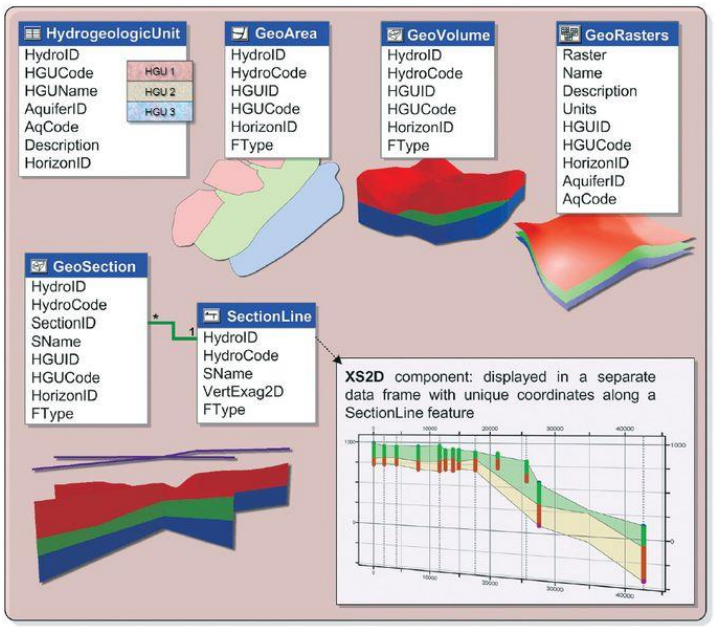
XS2D_Catalog – เป็นตารางที่ใช้ในการจัดการชั้นข้อมูลภาพตัดขวางในรูปแบบ 2 มิติ

XS2D_BoreLine – เป็นลักษณะชั้นข้อมูลแนวเส้นที่แสดงข้อมูลหลุมเจาะตลอดแนวภาพตัดขวาง เมื่อต้องการสร้างแนวภาพตัดขวางใหม่ ต้องทำการเลือกกลุ่มบ่อใกล้แนวภาพตัดขวางที่ตัดผ่าน จากนั้นข้อมูลลำดับชั้นหินทางอุทกธรณีวิทยาของหลุมเจาะจะถูกนำมาหาความสัมพันธ์ในแนวภาพตัดขวางนั้น

XS2D_Panel – เป็นลักษณะชั้นข้อมูลเป็นโพลีกอนที่แสดงหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาในแนวภาพตัดขวาง "panels."

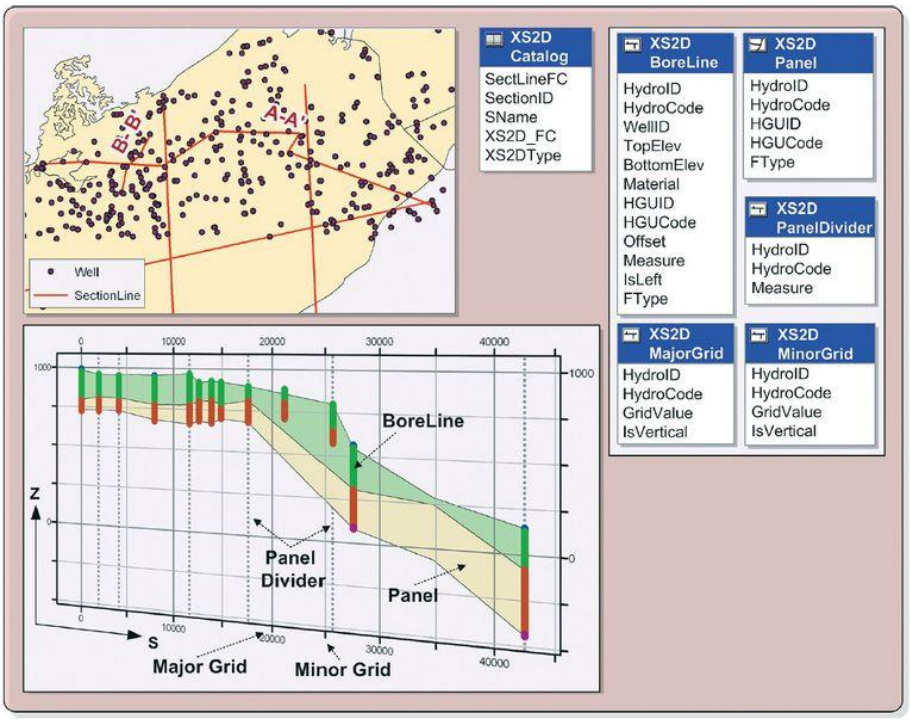
XS2D_PanelDivider – เป็นลักษณะชั้นข้อมูลแนวเส้นในแนวดิ่งของระนาบภาพตัดขวาง ที่แสดงตำแหน่งการเปลี่ยนแนวภาพตัดขวาง มักถูกใช้เป็นแนวแสดงทิศทางของภาพตัดขวาง

XS2D_MajorGrid and XS2D_MinorGrid – เป็นลักษณะชั้นข้อมูลแนวเส้นของแนวกริดที่แสดงทิศทางของแนวภาพตัดขวางทั้งในแนวระนาบและแนวดิ่งในรูปแบบ 2 มิติ โดย MajorGrid เป็นแนวเส้นที่แสดงแนวภาพตัดขวาง ส่วน Minor Grid เป็นเส้นที่แสดงเครื่องหมายขีดตลอดขอบเขตความยางของภาพตัดขวาง



รูปที่ 2.6.5-5 องค์ประกอบของลำดับชั้นหินทางอุทกธรณีวิทยา

(ESRI Press, 2010)



รูปที่ 2.6.5-6 องค์ประกอบของ XS2D

(ESRI Press, 2010)

2.6.5.5 ลำดับเวลา

องค์ประกอบของลำดับเวลาเป็นการให้ออกแบบการเก็บข้อมูลแต่ละเวลาใน Arc Hydro โดยจะรองรับการใช้งานเพื่อการนำเสนอที่หลากหลายขึ้นของแต่ละช่วงเวลา (**รูปที่ 2.6.5-7**)

AttributeSeries – เป็นตารางที่แสดงข้อมูลตามลำดับเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลที่มีความหลากหลาย.

DatasetCatalog – เป็นตารางที่แสดงดัชนีอ้างอิงกลุ่มข้อมูลตามลำดับเวลา

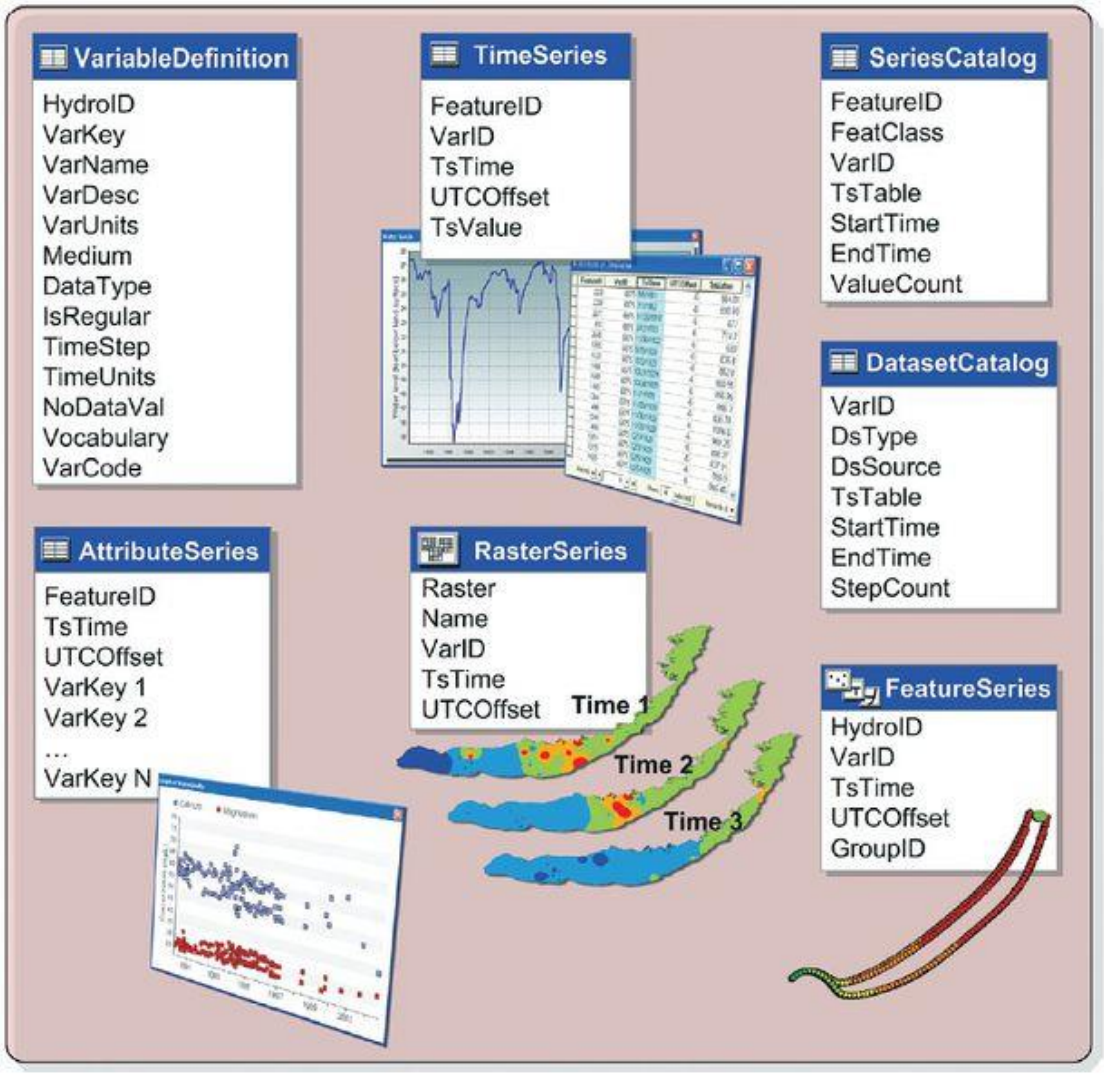
FeatureSeries – เป็นการเก็บลักษณะดัชนีข้อมูลตามเวลาที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งหรือลักษณะรูปร่างตามการเปลี่ยนแปลงของเวลา

RasterSeries – เป็นแค็ตตาล็อกของราสเตอร์ที่ใช้เก็บดัชนีกลุ่มข้อมูลของราสเตอร์ตามเวลานั้นๆ

SeriesCatalog – เป็นตารางที่ใช้เก็บดัชนีต่างๆ และสรุปลำดับชุดข้อมูลในตารางของ TimeSeries

TimeSeries – เป็นตารางที่ใช้เก็บลำดับชุดข้อมูล

VariableDefinition – เป็นตารางที่ใช้กำหนดความหลากหลายของลำดับชุดข้อมูล



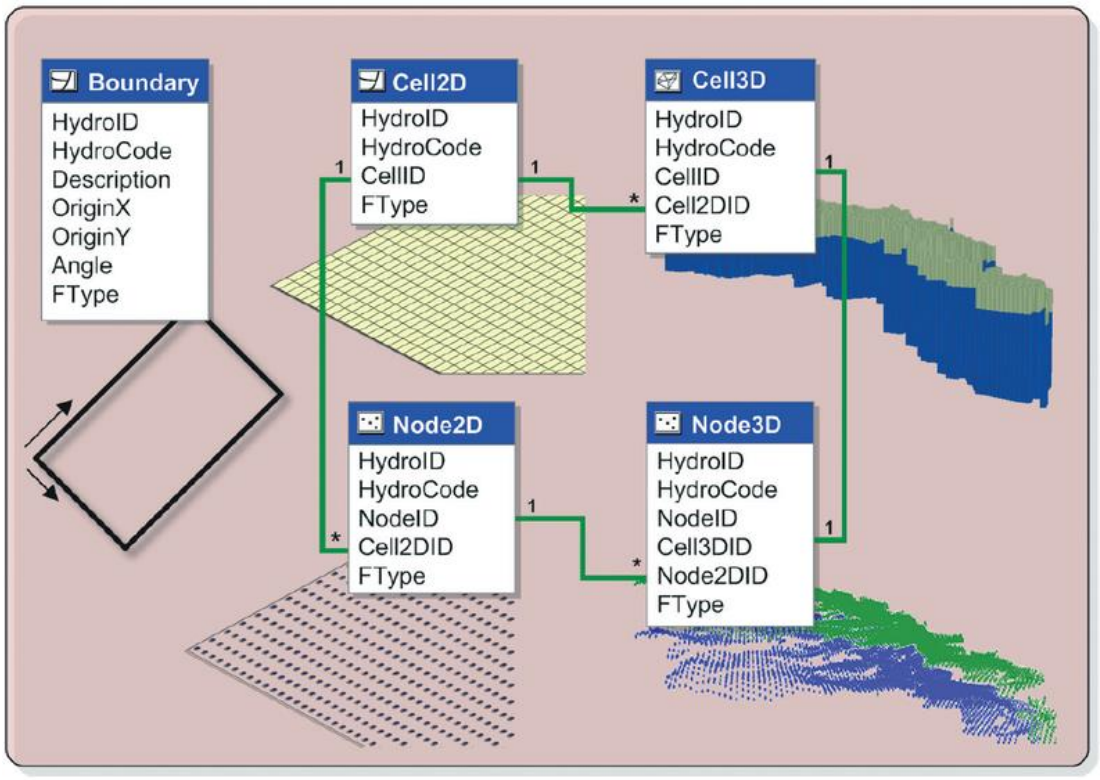
รูปที่ 2.6.5-7 องค์ประกอบช่วงเวลาของข้อมูล
(ESRI Press, 2010)

2.6.5.6 การจำลอง

ลักษณะชุดข้อมูลของการจำลอง Arc Hydro Groundwater (AHGW) เป็นชุดของลักษณะชั้นข้อมูลที่เป็นเวคเตอร์สามารถเป็นตัวแทนข้อมูลที่ดีได้ในจำลองและสามารถออกแบบจำลองได้ทั้งระบบ finite element และ finite difference ใน GIS ประกอบด้วยชั้นข้อมูล 4 ชั้น ได้แก่ Boundary, Cell2D, Cell3D, Node2D และ Node3D โดยสามารถจัดเก็บและนำเสนอได้ทั้งข้อมูลนำเข้าและผลการจำลองที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งที่ทำการจำลอง

- Boundary – เป็นลักษณะชั้นข้อมูลแบบโพลีกอนที่แสดงแบบจำลองรูปแบบ 2 มิติ ซึ่งไม่ใช่ส่วนที่สำคัญในการนำเสนอแบบจำลองแต่สามารถใช้แสดงตำแหน่งของแบบจำลองเพื่อรองรับการอ้างอิงเชิงพื้นที่หรือการสืบค้นข้อมูลอย่างง่าย

- Cell2D – เป็นลักษณะชั้นข้อมูลแบบโพลีกอนที่แสดงเซลล์หรือองค์ประกอบต่างๆในแบบจำลองรูปแบบ 2 มิติ หรือในแต่ละชั้นของ แบบจำลองรูปแบบ 3 มิติ
- Cell3D – เป็นลักษณะชั้นข้อมูลที่หลากหลายที่แสดงเซลล์และองค์ประกอบของแบบจำลองในรูปแบบ 3 มิติ
- Node2D – เป็นลักษณะชั้นข้อมูลแบบจุดรูปแบบ 2 มิติ ที่แสดง node ในกริด/ตาข่าย แบบจำลอง หรือ node ในแต่ละชั้นของกริด/ตาข่าย แบบจำลองรูปแบบ 3 มิติ
- Node3D – เป็นลักษณะชั้นข้อมูลแบบจุดรูปแบบ 3 มิติ ที่แสดง node ในกริด/ตาข่าย แบบจำลอง



รูปที่ 2.6.5-8 ลักษณะชุดข้อมูลของการจำลอง Arc Hydro Groundwater (AHGW)
(ESRI Press, 2010)

3.1 การควบคุมและกำกับงานเจาะน้ำบาดาล

การควบคุมและกำกับงานเจาะน้ำบาดาลจะต้องตรวจสอบถึงองค์ประกอบหลายๆ ด้าน เช่น ขนาดบ่อ ความลึก เครื่องจักร วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ สภาพพื้นที่ สภาพอุทกธรณีวิทยา และความยากง่ายในการดำเนินการรวมทั้งข้อกำหนดต่างๆ ของงาน

งานควบคุมก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลจัดเป็นวิชาชีพเฉพาะ บ่อน้ำบาดาลขนาดเล็กและตื้นอาจไม่มีความจำเป็น ต้องมีบุคลากรหรือผู้เชี่ยวชาญ แต่บ่อน้ำบาดาลขนาดใหญ่และลึกมากมีต้นทุนการก่อสร้างสูง หรืออาจสร้างความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมได้มาก จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญควบคุมและกำกับงาน

รูปแบบบ่อผลิตน้ำบาดาลขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และสภาพอุทกธรณีวิทยา ดังนั้นการควบคุมและกำกับงานเจาะบ่อจึงต้องแตกต่างกัน จึงต้องอาศัยผู้มีประสบการณ์การเจาะน้ำบาดาลในหลายพื้นที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า

3.1.1 รายการตรวจสอบงานเจาะน้ำบาดาล

การควบคุมและกำกับงานเจาะน้ำบาดาลมีรายการตรวจสอบเพื่อประกอบการพิจารณา ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.1.1-1** ดังนี้

3.1.2 วิธีการตรวจสอบ

3.1.2.1 คำขอรับใบอนุญาตการเจาะน้ำบาดาล ต้องตรวจสอบว่ามีหรือไม่ ตรวจสอบสถานที่และความลึกบ่อ ขนาดบ่อ ให้ตรงตามที่ขออนุญาต

3.1.2.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ ต้องตรวจสอบว่ามีหรือไม่ วิธีการสำรวจและผลการสำรวจ

3.1.2.3 เครื่องเจาะและอุปกรณ์การเจาะน้ำบาดาล ต้องตรวจสอบประเภทเครื่องเจาะมีความเหมาะสมกับสภาพทางอุทกธรณีวิทยาหรือไม่

3.1.2.4 การเจาะหลุมสำรวจ

1) การเจาะหลุมสำรวจ

เป็นการเจาะเพื่อเก็บตัวอย่างชั้นดินหรือแท่งหิน หรือการทำแบ่งทดสอบทุกชั้นน้ำ หลุมเจาะสำรวจมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 7 - 8 นิ้ว

2) การเจาะเก็บตัวอย่างดินและหิน

ชั้นดินและกรวดทรายที่เจาะผ่านต้องเก็บใส่ภาชนะหรือกล่อง ถุงพลาสติกและระบุความลึกทุกๆ ระยะ 1 เมตร รวมทั้งคำบรรยายชนิดดินและหินเหล่านั้น

3) การตรวจสอบธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะ

เป็นการหยั่งธรณีหลุมเจาะด้วยอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและกัมมันตรังสีต้องพิจารณาตามข้อกำหนดให้ละเอียดว่ามีค่าตัวแปรอะไรบ้างที่ต้องดำเนินการ ในขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนค่าตัวแปรที่ต้องตรวจวัดและความลึก

4) การออกแบบบ่อน้ำบาดาล

ขนาดบ่อ ระดับความลึกของท่อกรุท่อกรอง ขนาดกรวดและการกรุ การผลึกซีเมนต์และดินเหนียว ฯลฯ

5) การก่อสร้างบ่อสังเกตการณ์และการอุดกลบบ่อ

เมื่อเจาะน้ำบาดาลที่ปรึกษาและผู้ประกอบการอาจพิจารณาสร้างเป็นบ่อสังเกตการณ์ขนาด 4 นิ้ว หรือก่อสร้างเป็นบ่อผลิตหรือยกเลิกการสร้างบ่อผลิตแล้วอุดกลบ

3.1.2.5 ก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

ถ้าหากพบว่าปริมาณและคุณภาพน้ำดี ควรก่อสร้างเป็นบ่อผลิต สามารถระบุขนาดบ่อและความลึกที่จะทำการก่อสร้างได้ชัดเจน

1) การเจาะขยายหลุม ช่างเจาะผู้มีประสบการณ์และเคยผ่านงานบริเวณนั้นๆ มาก่อน ย่อมกำหนดความยากง่ายของงานเจาะ รวมทั้งอัตราการเสี่ยงหรือความยากง่ายของงาน เช่น เจาะในชั้นกรวดทรายอาจมีการใช้วัสดุกั้นบ่อพังสูง เป็นต้น หรือใช้ท่อกันพังมากกว่าปกติ

2) การติดตั้งท่อกรุท่อกรอง ท่อกรุและท่อกรองมีหลายขนาดและชนิด การติดตั้งขึ้นอยู่กับความยากง่าย เช่น การติดตั้งท่อพีวีซี ท่อเหล็กขันเกลียว ท่อเหล็กเชื่อม หรือท่อไฟเบอร์กลาส และขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งพร้อมท่อกรุท่อกรองอื่นๆ รวมถึงติดตั้งท่อรับทราย ติดตั้งโครงบังคับท่อ

3) การกรุบ่อ งานกรุบ่อในที่นี้หมายถึง การกรุกรวด หรือการเติมกรวดให้รอบท่อกรองน้ำ การผนึกซีเมนต์และดินเหนียว

3.1) กรวดคัดขนาด ล้างกรวดด้วยสารคลอรีน

3.2) ผนึกบ่อน้ำบาดาลด้วยดินเหนียว

3.3) ผนึกบ่อน้ำบาดาลด้วยซีเมนต์

4) การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล บ่อน้ำบาดาลเมื่อกรุกรวดได้ระดับแล้วจะต้องฉีดล้างท่อกรองด้วยสารเคมีชนิดโพลีฟอสเฟต (polyphosphate) บ่อขนาดใหญ่และมีช่วงท่อกรองยาวต้องใช้สารเคมีมาก จากนั้นจึงฉีดล้างท่อกรองด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ใช้น้ำฉีด การกวนบ่อ และอื่นๆ อีกหลายวิธี ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่าท่อกรอง และชั้นน้ำบาดาลโดยรอบสะอาดโคลนวิทยาศาสตร์ เคลือบปิด ขั้นตอนนี้อาจใช้เวลานาน 1 - 3 วัน แล้วจึงทำการเป่าล้างบ่อน้ำบาดาลด้วยเครื่องอัดลม ขนาดและกำลังของเครื่องอัดลม มักให้ความระมัดระวังต่อการทำงานขั้นตอนนี้มาก

4.1) การล้างโคลนเบนโทไนต์โดยการเติมสารโพลีพอสเพตหรือสารอื่นๆ งานกำจัดโคลนวิทยาศาสตร์โดยการเติมสารโพลีฟอสเฟตหรืออื่นๆ

4.2) การพัฒนาบ่อหรือล้างบ่อโดยวิธีต่างๆ

4.3) การพัฒนาบ่อด้วยเครื่องอัดลมที่มีปริมาณและแรงดันสูง

4.4) การฆ่าเชื้อโรคในบ่อน้ำบาดาล

3.1.2.6 งานสูบทดสอบปริมาณน้ำ

งานสูบทดสอบเป็นงานที่ช่างเจาะปฏิบัติร่วมกับนักอุทกธรณีวิทยา มีวิธีการและข้อกำหนดแตกต่างกันหลายลักษณะดังนี้

1) งานสูบทดสอบด้วยอัตราสูบคงที่ 8 - 24 ชม. หรือ 7 - 10 วัน

2) งานสูบทดสอบแบบปรับอัตราสูบ 4 ขั้นๆ ละ 4 ชม.

3) งานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ การทดสอบและเก็บตัวอย่างน้ำจากชั้นน้ำต่างๆ เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล ณ ที่ชั้นน้ำหนึ่งๆ มีในกรณีการเจาะบ่อในหินร่วนระดับลึกๆ มีหลายชั้นน้ำ

4) งานวิเคราะห์ผลการสูบทดสอบ เพื่อประเมินชนิดและขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1.2.7 งานทำคอนกรีตเสริมเหล็กรอบฐานบ่อ ขนาด 2 ม. X 2 ม. X 0.55 ม.

3.1.2.8 งานอุปกรณ์ปิดบ่อ

เมื่อเจาะน้ำบาดาลเสร็จแล้วแต่ยังไม่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำต้องทำฝาปิดบ่อให้แน่นหนาป้องกันบุคคลอื่นๆ ทิ้งวัสดุที่ไม่พึงประสงค์ลงไปในบ่อ ควรล๊อคกุญแจ

3.8.2.9 รายงานผลการดำเนินงาน

ช่างเจาะต้องทำรายงานส่งให้วิศวกรหรือนักอุทกธรณีวิทยาเพื่อนำเสนอต่อผู้ว่าจ้างและ/หรือกรมทรัพยากรน้ำบาดาลหรือสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด ได้แก่

- รายงานการปฏิบัติงานประจำวัน (แนบ นบ./3)
- รายงานการทดสอบปริมาณน้ำ (แนบ นบ./4)
- รายงานประวัติบ่อน้ำบาดาล (แนบ นบ./5)
- ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- ตัวอย่างดิน หิน จากการเจาะพร้อมคำอธิบายทางธรณีวิทยา
- ตัวอย่างน้ำ

3.1.2.10 ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ (ถ้ามี)

ช่างเจาะน้ำบาดาลและ/หรือ วิศวกรหรือนักธรณีวิทยาผู้ควบคุมงาน องค์ประกอบของงานติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ประกอบด้วย เครื่องสูบน้ำ ท่อดูด ท่อส่ง สายไฟฟ้า กล่องควบคุมระบบไฟ มิเตอร์ วาล์ว สายวัดแรงดัน ต้องตรวจสอบให้ตรงกับข้อกำหนดของขอบเขตงาน

ตารางที่ 3.1.2-1 รายการตรวจเช็คสำหรับผู้ควบคุมงานเจาะน้ำบาดาล

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	มี	ไม่มี
1	**คำขอรับใบอนุญาตการเจาะน้ำบาดาล (แนบ นบ./1)**				
1.1	ตำแหน่งจุดเจาะน้ำบาดาล	UTM			
1.2	ความลึกบ่อน้ำบาดาล	เมตร			
1.3	ขนาดบ่อน้ำบาดาล	มิลลิเมตร			
1.4	ขนาดหลุมเจาะสำรวจ	มิลลิเมตร			
2	**การสำรวจธรณีฟิสิกส์**	วิธีการ			
3	**เครื่องเจาะและอุปกรณ์การเจาะน้ำบาดาล**	ประเภท			
4	**การเจาะหลุมสำรวจ**				
4.1	เจาะหลุมสำรวจ	วิธีการ			
4.2	เจาะเก็บตัวอย่างดิน/หิน	วิธีการ			
4.3	ตรวจสอบธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะ	วิธีการ			
4.4	ออกแบบบ่อน้ำบาดาล	วิธีการ			
4.5	ก่อสร้างบ่อสังเกตการณ์และการอุดกลบบ่อ	วิธีการ			
5	**ก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล**				
5.1	การเจาะขยายหลุม	ขนาดบ่อ			
5.2	การติดตั้งท่อกรุท่อกรอง				
	5.2.1 ท่อกรุ	ชนิด/มาตรฐาน			
	5.2.2 ท่อกรอง	ชนิด/มาตรฐาน			
	5.2.3 ท่อรับทราย	ชนิด/มาตรฐาน			
	5.2.4 โครงบังคับท่อ	ชนิด/มาตรฐาน			
	5.2.5 ความยาวท่อกรอง	เมตร			
5.3	การกรุบ่อ				
	5.3.1 กรวดคัดขนาดกรุบ่อ	ระยะ			
	5.3.2 ผนึกบ่อน้ำบาดาลด้วยดินเหนียว	ระยะ			
	5.3.3 ผนึกบ่อน้ำบาดาลด้วยซีเมนต์	ระยะ			
5.4	การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล				
	5.4.1 การล้างโคลนเบนโทไนต์โดยการเติมสารโพลีฟอสเฟต หรือสารอื่นๆ	วิธีการ			
	5.4.2 การพัฒนาบ่อหรือล้างบ่อโดยวิธีต่างๆ	วิธีการ			
	5.4.3 พัฒนาบ่อด้วยเครื่องอัดลมที่มีปริมาณและแรงดันสูง	วิธีการ			
	5.4.4 การฆ่าเชื้อโรคในบ่อน้ำบาดาล	วิธีการ			

ตารางที่ 3.1.2-1 รายการตรวจเช็คสำหรับผู้ควบคุมงานเจาะน้ำบาดาล (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	มี	ไม่มี
6	**การสูบทดสอบปริมาณน้ำ**				
6.1	งานสูบทดสอบด้วยอัตราสูบคงที่ 8-24 ชม. หรือ 7-10 วัน	วิธีการ			
6.2	งานสูบทดสอบแบบปรับอัตราสูบ 4 ขั้นๆ ละ 4 ชม.	วิธีการ			
6.3	งานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	วิธีการ			
6.4	การวิเคราะห์ผลการสูบทดสอบ	วิธีการ			
7	**การปรับสภาพพื้นที่**				
	- ลานคอนกรีตฐานบ่อ ขนาด 2 ม. x 2 ม. x 0.15 ม.	ขนาด			
8	**งานอุปกรณ์ปิดบ่อ**				
9	**รายงานผลการดำเนินการ**				
9.1	รายงานการปฏิบัติงานประจำวัน (แนบ นบ./3)	ชุด			
9.2	รายงานการทดสอบปริมาณน้ำ (แนบ นบ./4)	ชุด			
9.3	รายงานประวัติบ่อน้ำบาดาล (แนบ นบ./5)	ชุด			
9.4	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	ตัวอย่าง			
9.5	ตัวอย่างดิน หิน จากการเจาะพร้อมคำอธิบายทางธรณีวิทยา	ตัวอย่าง			
9.6	ตัวอย่างน้ำ	ตัวอย่าง			
10	**ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ**	ชนิด/ขนาด			
10.1	เครื่องสูบน้ำ	ชนิด			
10.2	ขนาดเครื่องสูบน้ำ	แรงม้า			
10.3	ขนาดท่อส่ง	มิลลิเมตร			
10.4	ขนาดสายไฟฟ้า	มิลลิเมตร			

3.2 เทคนิคการเจาะน้ำบาดาล

การเจาะน้ำบาดาลสามารถเจาะด้วยเครื่องหลายประเภทซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน และสภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่นั้น ปัจจุบันการเจาะน้ำบาดาลที่นิยมใช้กันอยู่ในประเทศไทย ได้แก่

- **การเจาะน้ำบาดาลแบบหมุน**
- **การเจาะน้ำบาดาลด้วยเครื่องเจาะน้ำบาดาลแบบผสม**

การเจาะน้ำบาดาลด้วยเครื่องเจาะแบบหมุนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ ใหญ่ๆ คือ

- **การเจาะด้วยเครื่องเจาะแบบหมุนอัดตรง (Direct Rotary) และ**
- **การเจาะด้วยเครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับ (Reverse Rotary)**

ข้อดีและข้อเสียของการเจาะด้วยเครื่องเจาะแบบหมุน

ข้อดี

1. เจาะได้เร็วมากในหินร่วน และมีปัญหาเรื่องหลุมเจาะพังน้อย เพราะน้ำโคลนที่อัดลงไปจะช่วยฉาบผนังหลุมเจาะ จึงไม่ต้องใส่ท่อกันพัง
2. เคลื่อนย้ายได้สะดวก และติดตั้งเครื่องเจาะได้รวดเร็ว
3. เจาะในชั้นหินที่แข็งมากสลับกับหินที่แข็งน้อยได้ผลดีกว่าเครื่องเจาะแบบกระแทก
4. มีอุปกรณ์พัฒนาบ่อพร้อมที่ใช้ได้และครบถ้วนกว่าเครื่องเจาะแบบกระแทก เช่น มีเครื่องสูบน้ำโคลนในการอุดบ่อด้วยซีเมนต์ เป็นต้น
5. เจาะได้ลึกกว่าเครื่องเจาะแบบกระแทกและมีปัญหาหลุมเจาะคดน้อยกว่า
6. ขนาดของบ่อสามารถเจาะได้ตามที่ต้องการ การเจาะแบบหมุนดูดกลับเหมาะสมสำหรับการเจาะบ่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่

ข้อเสีย

1. ในหินแข็งมากๆ เจาะได้ช้า
2.ใช้คนงานในการเจาะมาก
3. ต้องใช้น้ำในการเจาะมาก โดยเฉพาะการเจาะแบบหมุนดูดกลับ
4. การเจาะสำรวจชั้นหินหรือชั้นหินอุ้มน้ำอาจได้ผลดี ไม่เท่าเครื่องเจาะแบบกระแทก

3.2.1 การเจาะน้ำบาดาลด้วยเครื่องเจาะแบบหมุนอัดตรง

เครื่องเจาะแบบหมุนตรงเป็นเครื่องเจาะที่นิยมใช้มากที่สุดเพราะ

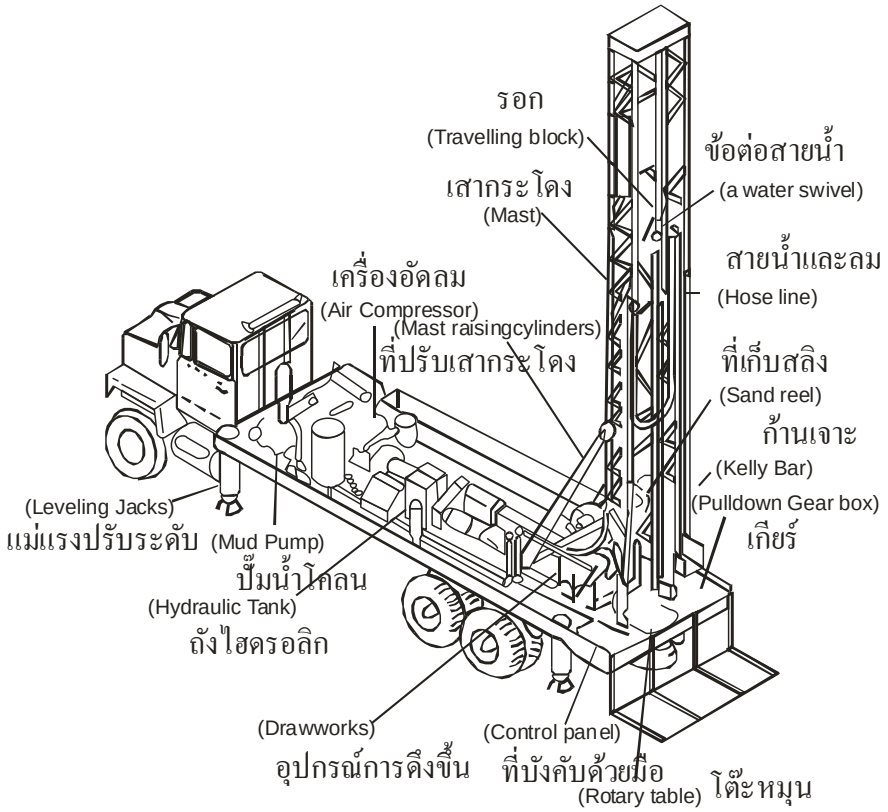
- เจาะได้เร็วและมีประสิทธิภาพสูงใน**หินร่วน**
- เคลื่อนย้ายได้สะดวกและมีอุปกรณ์ครบชุด

หลักการเบื้องต้นของเครื่องเจาะแบบนี้ ใช้หลักการหมุนหัวเจาะพร้อมๆ กับมีแรงกดให้หัวเจาะกัดหินเป็นรูกลม อัดน้ำผสมโคลนเข้าทางรูก้านนำเจาะผ่านก้านเจาะและทะลุผ่านหัวเจาะน้ำโคลนภายใต้แรงดันจะไหลกลับขึ้นสู่ผิวดินทางช่องว่างระหว่างก้านเจาะกับผนังหลุมเจาะและอุ้มเอาเศษดิน-หินขึ้นมา

พร้อมกันด้วย และไหลลงสู่บ่อพักน้ำโคลนเศษดิน-หินที่มีน้ำหนักมากจะตกตะกอนก้นบ่อ ส่วนน้ำโคลนในบ่อพักจะถูกดูดลงสู่หลุมเจาะหมุนเวียนเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

ส่วนประกอบและอุปกรณ์ของเครื่องเจาะแบบหมุนค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน ประกอบด้วยอุปกรณีที่สำคัญ ดังแสดงใน**รูปที่ 3.2.1-1** ดังนี้

- เสากระโดง (Mast)
- ระบบกว้าน (Draw Works)
- เครื่องสูบน้ำโคลน (Mud Pump)
- ระบบเครื่องยนต์ (Prime Mover)
- ระบบก้านเจาะ (Drilling stem) และ
- ชุดหัวเจาะ (Bits)



รูปที่ 3.2.1-1 ส่วนประกอบของรถเจาะแบบหมุน (โครงการร่วมไทย-ออสเตรเลีย, 2528)

3.2.1.1 ส่วนประกอบของเครื่องเจาะ

1) เสากระโดง (Mast) เสากระโดงของเครื่องเจาะแบบหมุน ไม่จำเป็นจะต้องยึดสายติดกับดินติดตั้งง่ายกว่าของเครื่องเจาะแบบกระแทก เพราะใช้ระบบไฮดรอลิค เสากระโดงประกอบด้วยเสาเหล็กต่อเข้าด้วยกันแบบโครงเหล็ก ความสูงตั้งแต่ 32-50 ฟุต (10-15 เมตร) เจาะ ได้ลึก 1,000 – 2,500 ฟุต (305-760 เมตร) มีหน้าที่เป็นโครงช่วยยกหรือหย่อนก้านเจาะ ท่อกรุ ท่อกรองหรือในส่วนอื่นๆ ลงในหลุมเจาะ มี

ระบบรอกพวง 3-4 รอก ติดอยู่ปลายบนสุด เสากระโดงต้องมีความแข็งแรงพอที่จะทนแรงดึง ในแนวตั้งฉากขนาดมาตรฐาน 32 ฟุต (10 เมตร) จะทนแรงดึงในแนวดิ่งได้มากกว่า 15 ตัน

2) ระบบกว้าน (Draw Works) ระบบกว้านเป็นหัวใจของเครื่องเจาะ เพราะเป็นศูนย์รวมการปฏิบัติงานของช่างเจาะ ประกอบด้วย 2 ระบบคือ ระบบการบังคับเครื่องยนต์ เช่น คลัตช์ เฟือง โซ่ และคันบังคับต่างๆ ส่วนอีกระบบคือ ระบบสายสลิง ซึ่งสามารถม้วนเข้าและคลายออก ได้ในเวลายกก้านเจาะหรืออุปกรณ์อื่นๆ ขึ้นหรือลงหลุมเจาะ

3) เครื่องสูบน้ำโคลน (Mud Pump) มีหน้าที่โดยตรงในการสูบน้ำโคลนให้หมุนเวียนผ่านก้านเจาะลงไปทางหัวเจาะ (การเจาะแบบหมุนอัดตรง) และไหลอุ้มเศษดิน - หินขึ้นทางช่องว่างระหว่างก้านเจาะและผนังหลุมเจาะขึ้นสู่ผิวดินแล้วไหลตามร่องลงสู่บ่อพักน้ำโคลนในบ่อพักก็จะถูกอัดลงไปในหลุมเจาะใหม่หมุนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป ขณะดำเนินการเจาะนอกจากสูบน้ำโคลนแล้วยังใช้สูบซีเมนต์เพื่อการอุดบ่อและพัฒนาบ่อด้วย เครื่องสูบที่ใช้มักจะเป็นระบบลูกสูบแบบชักตั้งแต่ 2 สูบขึ้นไป โดยปกติเครื่องเจาะขนาดเจาะ ได้ลึก 1,000-2,500 ฟุต (305-760 เมตร) ใช้เครื่องสูบที่มีลูกสูบขนาด 5 นิ้ว (2.7 ซม.) อย่างไรก็ตาม ถ้าเครื่องเจาะแบบหมุนขนาดเล็ก เครื่องสูบน้ำโคลนอาจจะใช้สูบหอยโข่ง แบบแรงดันสูงแทนลูกสูบชักได้ แต่ก็มีข้อจำกัดมากมาย

4) ระบบเครื่องยนต์ขับ (Prime Mover) พลังงานจากเครื่องยนต์ที่นำไปใช้มี 2 ประเภท คือใช้ฉุดเครื่องสูบและฉุดระบบกว้านต่างๆ รวมทั้งหมุนแท่นเจาะ เครื่องยนต์ที่ใช้ต้องมีแรงม้าสูง เช่น เครื่องเจาะที่สามารถเจาะ ได้ลึก 1,000 ฟุต (305 เมตร) อาจจะต้องใช้เครื่องยนต์ฉุดที่มีแรงม้าเกินกว่า 150 แรงม้า เป็นต้น

5) ระบบก้านเจาะ (Drill string) มีส่วนประกอบต่างๆ ในระบบก้านเจาะเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและจำเป็นต้องเปลี่ยนบ่อยๆ จึงจำเป็นต้องบำรุงรักษาอย่างดี ส่วนประกอบต่างๆ มีดังนี้ ก้านนำเจาะ (Kelly) ก้านเจาะ (Drill stem) ท่อถ่วง (Drill Collar) และหัวเจาะ (Bits) ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไปนี้

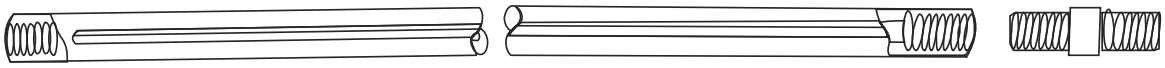
ก. ก้านนำเจาะ (Kelly) เป็นเหล็กท่อนบนสุดในระบบก้านเจาะต่อตรงเข้ากับข้อต่อหมุน (Swivel) ตัวข้อต่อหมุนมีลักษณะคล้ายข้องอ 90 องศา ปลายข้อด้านหนึ่งต่อเข้ากับสายสูบน้ำโคลน เข้ากับสายสูบน้ำโคลน และอีกด้านต่อเข้ากับก้านนำเจาะ (**รูปที่ 3.2.1-2**) ข้อต่อหมุนด้านที่ติดกับก้านนำเจาะมีอุปกรณ์บังคับให้ข้อต่อหมุนอยู่กับที่ เมื่อก้านนำเจาะหมุน ปลายบนสุดของข้อต่อหมุนมีหูหิ้วเพื่อแขวนไว้กับตะขอของรอก (**รูปที่ 3.2.1-2**) ดังนั้นจึงสามารถยกก้านนำเจาะขึ้นมาได้ โดยดึงผ่านรอกและในขณะเดียวกันใช้น้ำโคลนอัดผ่านข้อต่อหมุนเข้าไปผ่านรูของก้านนำเจาะ

ตัวก้านนำเจาะอาจจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมกลวงหรือกลม แต่ทำเป็นร่องรูปเสี้ยวพระจันทร์ตลอดแนวความยาว 2-3 ร่อง การเคลื่อนตัวของก้านนำเจาะจะอยู่ภายในแท่นหมุน (Rotary Table) ซึ่งมีเหลี่ยมหรือสันรองจับไว้ให้ก้านนำเจาะหมุนไปด้วยตลอดเวลา ตัวแท่นหมุนเป็นแท่นบังคับการหมุนของก้านเจาะตั้งอยู่ตอนหลังสุดของเครื่องเจาะตรงตำแหน่งขึ้น-ลงของก้านนำเจาะพอดีและได้รับการถ่ายทอดพลังงานการหมุนโดยตรงจากเครื่องยนต์โดยผ่านทางระบบเพลา ก้านนำเจาะโดยปกติมีความยาวน้อยกว่าความยาว

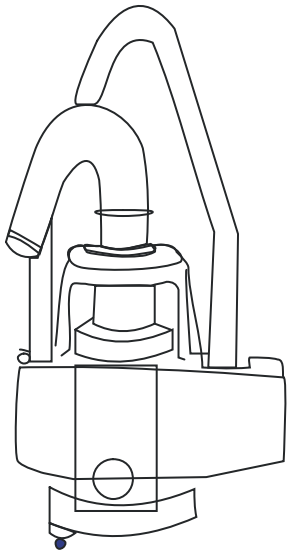
ระหว่างแท่นหมุน กับปลายรอกโตงเตง เมื่ออยู่ในระดับสูงสุด จึงสามารถที่จะดึงปลายล่างของก้านนำเจาะให้อยู่เหนือระดับแท่นหมุนได้

ข. ก้านเจาะ (Drill Stem) เป็นเหล็กกลวงกลม ทำด้วยเหล็กเหนียว อย่างดีจึงสามารถทนแรงดึงและแรงบิดได้มาก ปกติความยาว 10-30 ฟุต (3-9 เมตร) ตามขนาดและความสูงของเสากระโดง ขนาด

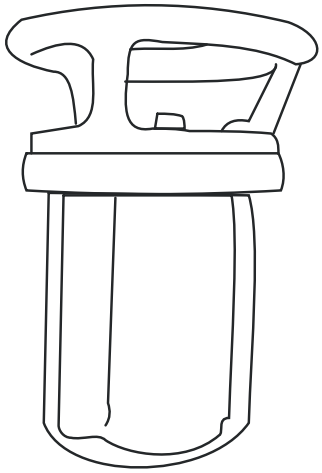
เส้นผ่าศูนย์กลางที่นิยมใช้ในการเจาะน้ำบาดาล บาดาล มี 3 ขนาด คือ 2 3/8 นิ้ว (6 ซม.), 2 7/8 นิ้ว (7 ซม.) และ 3 1/2 นิ้ว (8.9 ซม.)



ก)



ข)



ค)

รูปที่ 3.2.1-2 ระบบก้านจะประกอบด้วย ก) ก้านนำเจาะ ข) ข้อต่อหมุน และ ค) หัวบังคับหมุนก้านเจาะ

ก้านเจาะท่อนบนสุดจะต่อกับก้านนำเจาะโดยใช้ข้อต่อ (Tool joint) เมื่อก้านนำเจาะหมุนก้านเจาะก็จะหมุนตามด้วย การเริ่มเจาะครั้งแรกต้องใช้หัวเจาะต่อเข้ากับก้านนำเจาะ โดยตรงก่อน เมื่อเจาะจนสุดความยาวของก้านนำเจาะแล้วจึงเอาก้านนำเจาะขึ้นต่อก้านเจาะปลายบนกับก้านนำเจาะ ส่วนปลายล่างต่อเข้ากับก้านหัวเจาะโดยใช้แรงหมุนกับก้านนำเจาะ เมื่อเจาะหมดก้านเจาะแต่ละท่อนก็ต่อก้านใหม่โดยใช้ข้อต่อ (Tool joint)

ค. ท่อถ่วง (Drill collar) เป็นท่อเหล็กรูเล็กแต่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก โดยทั่วไปมีความยาวน้อยกว่าก้านเจาะ ท่อถ่วงที่มีความเหมาะสมกับงานเจาะน้ำบาดาลจะหนัก ไม่น้อยกว่า 500 กิโลกรัมต่อท่อน น้ำหนักจากท่อถ่วงจะช่วยกดหัวเจาะให้เจาะได้ลึกและเร็วขึ้น

ง. หัวเจาะ (Bits) หัวเจาะของเครื่องเจาะแบบหมุนที่ใช้ในงานเจาะน้ำบาดาลมี 2 ประเภท คือ หัวเจาะรูปร่างคล้ายหางปลา (Drag bits) และหัวเจาะระบบหมุนด้วยลูกปืน (Roller bits) หัวเจาะรูปร่าง

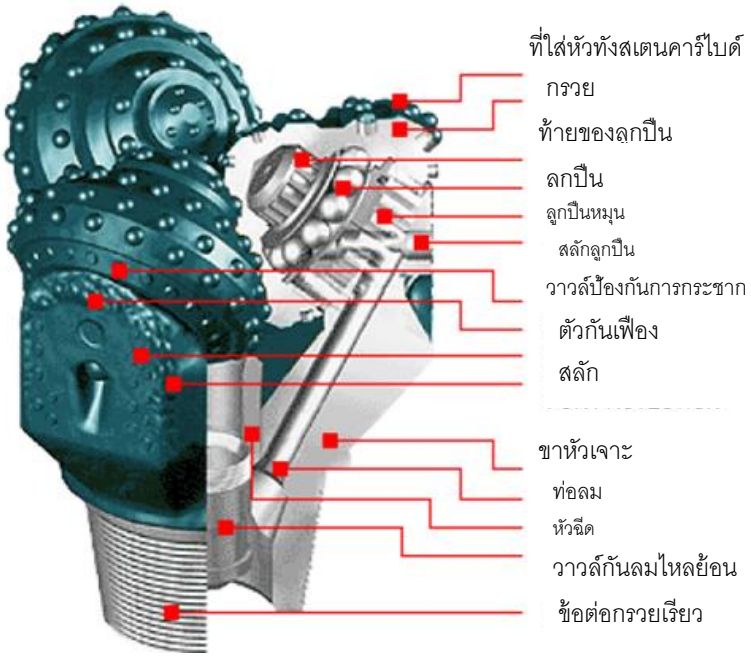
คล้ายหางปลา (Drag bits) มีลักษณะปลายบานเป็นปีก ตั้งแต่ 2 ปีก หรือหลายปีก ปลายและคมปีกแต่ละปีกฝังโลหะแข็ง เช่น ทังสะเตนคาร์ไบด์ ดังตัวอย่างใน**รูปที่ 3.2.1-3** มีรูหรือร่องน้ำออกมาทางปีก ทั้งนี้เพื่อให้น้ำโคลนฉีดล้างทำความสะอาดและหล่อเย็นหัวเจาะอยู่ตลอดเวลาในขณะทำการเจาะหัวเจาะจะหมุนไปทั้งตัว โดยไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งแยกกันหมุน หัวเจาะประเภทนี้เหมาะสมที่จะเจาะในหินร่วนประเภทกรวดทรายและดินเหนียวเท่านั้น

รูปที่ 3.2.1-3 ตัวอย่างหัวเจาะรูปร่างคล้ายหางปลา (IndiaMART InterMESH Ltd, 1996)

หัวเจาะหมุนด้วยลูกปืน (Roller bits) บางครั้งเรียกว่า Rock bits มีลักษณะแตกต่างกับหัวเจาะประเภทแรกที่เวลาเจาะชิ้นส่วนบางชิ้นของหัวเจาะจะแยกกันหมุนโดยอิสระ ส่วนที่แยกหมุนมีลักษณะหมุนเป็นลูกกลิ้ง มีฟันเฟืองรอบด้าน ยกเว้นด้านหัวซึ่งติดอยู่กับโครงหัวเจาะ หัวเจาะหนึ่งๆ อาจจะมีลูกกลิ้ง 2-3 หรือ 4 ลูก แล้วแต่บริษัทผู้ผลิต ดังใน**รูปที่ 3.2-1-4** และลักษณะของฟันเฟืองก็จะออกแบบให้เหมาะสมสำหรับเจาะในหินแต่ละประเภท ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป รูที่น้ำโคลนไหลออกส่วนใหญ่จะอยู่ตรงกลางหัวเจาะ

ระบบการหมุนตัวของกรวยฟันเฟืองของหัวเจาะหมุนด้วยลูกปืน แบ่งออกเป็น 2 ระบบด้วยกัน คือ ระบบหมุนตัวที่ใช้ลมเป็นตัวหล่อลื่น (ระบบเปิด) และระบบหมุนตัวที่ใช้จารบีเป็นตัวหล่อลื่น (ระบบปิด) ดังแสดงใน**รูปที่ 3.2.1-5** ระบบหมุนตัวที่ใช้ลมเป็นตัวหล่อลื่นเป็นระบบเปิด ในกรณีที่น้ำโคลนมีทรายปนอยู่ อายุการใช้งานจะสั้น แต่จะใช้งานได้ดีถ้าใช้ลม ละอองน้ำหรือฟองเคมีเป็นตัวหล่อลื่น หัวเจาะระบบนี้ราคาถูก

รูปที่ 3.2.1-4 หัวเจาะหมุนด้วยลูกปืน (Roller bits) ชนิดต่างๆ (ASME, 2018)



รูปที่ 3.2.1-5 แสดงระบบหมุนตัวของลูกปืน
(JN Dunster, 2004)

3.2.2 การเจาะน้ำบาดาลด้วยเครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับ

3.2.2.1 หลักการทั่วไปของการเจาะแบบหมุนดูดกลับ

เครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับเป็นระบบหนึ่งของเครื่องเจาะแบบหมุน แต่แทนที่จะอัดของเหลวหรืออากาศเข้าหางก้านเจาะทะลุผ่านหัวเจาะ และไหลขึ้นมาตามช่องว่างระหว่างก้านเจาะกับผนังหลุมเจาะ กลับเป็นขบวนการในทางตรงข้าม **(รูปที่ 3.2.2-1)** น้ำโคลนจะไหลลงหลุมเจาะตามช่องว่างระหว่างก้านเจาะกับผนังหลุมเจาะ จากนั้นน้ำโคลนผสมเศษดิน-หิน จะถูกดูดกลับเข้าหางหัวเจาะผ่านก้านเจาะและสู่บ่อพักน้ำโคลน เครื่องเจาะแบบนี้ใช้เจาะหลุมใหญ่เจาะได้รวดเร็วในชั้นหินที่อ่อนซึ่งมักจะมีปัญหาผนังหลุมเจาะพัง ข้อดีอีกประการหนึ่งที่ทำเช่นนี้ได้ เพราะว่าความเร็วของน้ำโคลนที่ถูกดูดกลับโดยใช้ลมดูดจาก

เครื่องสูบ เครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับสามารถเจาะหลุมเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 18 นิ้ว ถึง 60 นิ้ว (46-152 ซม.) ความลึก 600 ฟุต (183 เมตร) โดยใช้ก้านเจาะขนาด 6 นิ้ว (15.24 ซม.)

การเจาะแบบหมุนดูดกลับไม่ต้องใช้โคลนผงข้นมากเท่ากับการเจาะแบบหมุนอัดตรง ซึ่งน้ำโคลนอาจจะไปอุดตันชั้นหินอุ้มน้ำได้

การเจาะแบบให้หมุนดูดกลับดีกว่าการเจาะแบบลงท่อกันพังไปพร้อมๆกัน การเจาะที่ใช้ท่อกันพังไปพร้อมๆ กันอาจใช้เวลาการเจาะนาน บางครั้งถ้าบ่อขนาดใหญ่และไม่ลึกนักอาจใช้เวลาถึงหลายสัปดาห์ การเจาะแบบนี้ ช่างเจาะจะต้องแน่ใจว่าจะเจาะผ่านชั้นหินที่อ่อนหินร่วนและมีน้ำมากเพียงพอในชั้นหินอุ้มน้ำหรือทราบลักษณะของชั้นหินก่อนดำเนินการเจาะ เพราะว่าเครื่องเจาะแบบนี้เหมาะสำหรับเจาะในหินร่วน ซึ่งในกรณีนี้ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ก้านเจาะขนาดใหญ่ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำจะมีมากเพียงพอ ความสำคัญประการต่อมา คือการเจาะแบบนี้จะต้องใช้น้ำมาก จึงควรหาแหล่งน้ำให้เพียงพอ ถ้าองค์ประกอบต่างๆ ที่เข้าในการเจาะพร้อมแล้ว ช่างเจาะก็จะดำเนินการเจาะตามขั้นตอนต่อไป

รูปที่ 3.2.2-1 แสดงถึงระบบการไหลของน้ำ โดยการเจาะแบบหมุนดูดกลับ ซึ่งเศษดิน-หินและน้ำถูกดูดขึ้นมาทางก้านเจาะ

3.2.2.2 แนวทางปฏิบัติสำหรับการเจาะด้วยเครื่องแบบหมุนดูดกลับ (Guidelines for drilling reverse circulation)

1. หลังจากเลือกสถานที่จะเจาะเรียบร้อยแล้ว ขุดบ่อพักให้ขอบบ่อห่างเครื่องเจาะประมาณ 10 ฟุต (3.01 เมตร) ความลึกพอประมาณ โดยให้ปริมาตรของบ่อพักอย่างน้อยสามเท่าของปริมาตรหลุมที่จะเจาะ บ่อพักจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งจะเป็นบ่อรับและพักตะกอนที่ถูกยกขึ้นมาปนกับน้ำ และอีกส่วนหนึ่งเป็นบ่อพักน้ำโคลนที่จะปล่อยให้ไหลเวียนกลับเข้าสู่หลุมเจาะ ต้องแบ่งกั้นบ่อพักให้เป็นสองส่วนจะกันให้ระดับน้ำในบ่อพักบนให้สูงขึ้น เพื่อกันไม่ให้ตะกอนไหลกลับสู่หลุมเจาะอีกถ้าไม่ได้ขุดบ่อพักอาจจะใช้ถังแทนได้

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจาะจะต้องใช้มากกว่าสามเท่าของปริมาณที่จะใส่ลงไปในหลุมเจาะ ตัวอย่างเช่น สมมุติว่าจะเจาะหลุมขนาด 30 นิ้ว (76.20 ซม.) 200 ฟุต (60.96 เมตร) จึงจำเป็นจะต้องขุดบ่อพักที่มีปริมาตรเท่ากับ 3,500 ลูกบาศก์ฟุต (99,000 ลิตร) ดังนั้นบ่อพักจะสามารถจุน้ำได้ถึง 26,000 แกลลอน (98,410 ลิตร) ในระหว่างการเจาะก็ควรรักษาให้ปริมาณน้ำเต็มบ่อตลอดเวลา

2. ขุดร่องน้ำจากบ่อพักน้ำโคลนไปยังจุดที่จะทำการเจาะ เพื่อให้น้ำโคลนไหลจากบ่อพักไปยังหลุมเจาะ

3. การเจาะแบบนี้ขนาดของหัวเจาะจะใหญ่กว่าก้านเจาะ ดังนั้นจะต้องปล่อยก้านเจาะผ่านรูแท่นหมุนก่อน จึงจะต่อหัวเจาะเข้ากับก้านเจาะ จากนั้นจึงหย่อนหัวเจาะลงกับพื้นและดำเนินการเจาะต่อไป เมื่อเจาะลงลึกน้ำจากบ่อพักจะไหลเวียนรอบๆ หัวเจาะ

4. เริ่มเปิดเครื่องสูบน้ำ ซึ่งจะดูดเอาน้ำและเศษดิน-หินจากหลุมเจาะ ผ่านก้านเจาะและปล่อยสู่บ่อพักน้ำที่ใช้อาจจะมาจากคลองส่งน้ำหรือบ่อน้ำบาดาลที่อยู่ใกล้เคียงได้หลังจากเศษดิน-หินตกตะกอน น้ำโคลนจะไหลเวียนกลับสู่หลุมเจาะโดยทางร่องน้ำหรือท่อน้ำที่ต่อเชื่อมระหว่างบ่อพักกับหลุมเจาะ

น้ำเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยพยุงผนังหลุมเจาะโดยความดันน้ำเอง อัตราการไหลของน้ำที่ไหลเวียนในหลุมเจาะประมาณ 1,000 แกลลอนต่อนาที (3, 875 ลิตร/นาที) ซึ่งเหมือนว่าในอัตราการไหลของน้ำขนาดนี้ จะชะล้างผนังหลุมเจาะพัง ถึงอย่างไรก็ตามจากความเป็นจริงแล้ว ผนังบ่อจะไม่พังเนื่องจากความเร็วของน้ำที่ถูกดูดกลับจะเร็วเท่าความเร็วของน้ำที่ไหลเวียนในบ่อถึง 20 เท่า ดังนั้นไม่จำเป็นต้องใส่ท่อกันพัง และไม่จำเป็นต้องใช้น้ำโคลนช่วยในการเจาะ

การสร้างบ่อพักที่เหมาะสม จะกันเศษดินขนาดโคลนซึ่งดูดจากหลุมเจาะ ไม่ให้ไหลเวียนกลับสู่หลุมเจาะอีก ซึ่งจะทำให้หลุมเจาะสะอาดและปราศจากสิ่งที่จะไปอุดตันชั้นหินอุ้มน้ำ

ในชั้นหินที่ประกอบด้วยก้อนกรวดขนาดใหญ่และหินก้อนใหญ่ๆ ซึ่งไม่สามารถดูดผ่านก้านเจาะหรือผ่านระบบหมุนเวียนได้ ให้ใช้อุปกรณ์ เช่น ปุ้งกี๋ติดกับกระบอกตัก ตักเอาก้อนหินก้อนใหญ่ขึ้น โดยไม่ต้องเสียเวลาทำให้หินเหล่านั้นแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ

วิวัฒนาการอีกขั้นหนึ่งของเครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับ คือการใช้เครื่องอัดลมช่วยในระบบหมุนเวียนของเหลว จะทำให้ของเหลวที่ใช้ในการเจาะไหลเวียนด้วยความเร็วสูง และสามารถเจาะได้อย่างรวดเร็วในชั้นหินร่วน การขจัดเศษดิน-หินเป็นไปอย่างรวดเร็ว การเจาะโดยเฉลี่ยเจาะได้มากกว่า 40 ฟุต / นาที (12.19 เมตร/นาที) หรือบางครั้งอาจเจาะ ได้เร็วถึง 2 ฟุต/นาที (60.96 ซม./นาที) การใช้เครื่องอัดลมช่วยในการเจาะสามารถเจาะได้ลึกถึง 1,200 ฟุต (366 เมตร)

หลังจากทำการเจาะจนกระทั่งได้ความลึกตามที่ต้องการแล้ว ให้ถอนหัวเจาะขึ้นปิดเครื่องสูบน้ำและใส่ท่อกันพังส่วนบนของหลุมเจาะทันที ท่อกันพังเป็นท่อกลวงซึ่งอาจจะต่อด้วยเกลียวหรือเชื่อมต่อกัน พอจะกล่าวโดยสรุปได้ว่า เครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับ เป็นเครื่องเจาะที่เจาะได้เร็วและเหมาะสมในทางปฏิบัติที่จะเจาะหลุมขนาดใหญ่ในชั้นหินร่วน และสำหรับเจาะน้ำบาดาลในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำบาดาลมากๆ

3.2.2.3 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจาะ (Water required)

เครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับจะใช้น้ำประมาณ 250 แกลลอนต่อนาที ทั้งนี้ปริมาณน้ำอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติของหิน สำหรับหินที่มีช่องว่างมากอาจจะต้องใช้น้ำมากขึ้น การเจาะจะต้องเติมผงโคลนผสมน้ำ เพื่อให้น้ำโคลนฉาบผนังหลุมเจาะและป้องกันการรั่วซึมของน้ำที่ใช้ไหลเวียน บางครั้งอาจจะใช้ดินเหนียวผสมน้ำแทนผงโคลนได้ ปริมาณน้ำจะต้องเพียงพอที่จะสามารถใช้ได้ทั้งหมุนเวียนตามปกติ และใช้ในสภาวะฉุกเฉิน ซึ่งต้องมีมากพอที่จะรักษาระดับทั้งในบ่อพักและในหลุมเจาะ วิธีการทดสอบระดับน้ำในบ่อว่าอยู่ในระดับคงที่ มีอยู่หลายวิธี บางวิธียุ่งยากและไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ถ้าหากทำการเจาะตลอด 24 ชั่วโมง ต้องติดวาล์ว เพื่อควบคุมการไหลของน้ำจากภายนอกเข้าบ่อพักในขณะทำการเจาะ การไหลของน้ำในสภาวะปกติควรประมาณ 50 แกลลอนต่อนาที พนักงานเจาะที่ทำงานตลอด 24 ชั่วโมง บางครั้งก็ต้องปรับวาล์วให้มีความเหมาะสม การเจาะต้องดูแลระดับน้ำตลอด 24 ชั่วโมง และไม่ควรหยุดเจาะโดยที่หลุมเจาะ ไม่ได้ใส่ท่อกันพัง "รายละเอียด ขั้นตอนการเจาะและการแก้ปัญหาต่างๆ ดูในคู่มือการเจาะ"

3.2.2.4 การเลือกชนิดของหัวเจาะแบบหมุน

1) หัวเจาะสำหรับใช้กับชั้นดิน-หินที่อ่อน

- ในชั้นดิน-หินที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่น หรือเหนียวหนืด จำเป็นต้องใช้หัวเจาะที่ สามารถตัดดิน-หินเหล่านั้นออกเป็นชิ้นๆ ได้ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานที่ดี จึงมักใช้หัวเจาะแบบใบมีด
- การใช้หัวเจาะแบบเฟืองหมุนจะทำให้เจาะง่ายขึ้น โดยใช้แรงหมุนไม่มากนัก
- การตัดชั้นดิน-หินจะได้ดีขึ้นเมื่อใช้แรงบิดและกดช่วย
- หัวเจาะแบบเฟืองหมุนสำหรับใช้ในชั้นดิน-หินที่อ่อนจะมีลักษณะดังต่อไปนี้
- ฟันเฟืองยาวจะกดชั้นดิน-หินเป็นชั้น ในชั้นดิน-หินปนทรายต้องใช้ฟันเฟือง ชุบแข็ง
- มีช่วงฟันเฟืองห่าง เพื่อให้เศษดิน-หินที่เหนียวหนืดหลุดออกได้ง่ายดู**รูปที่ 3.2.2-1**

รูปที่ 3.2.2-2 หัวเจาะแบบ 3 กรวยฟันเฟืองเหล็กใช้ในการเจาะชั้นดิน-หินที่อ่อน (Technidrill, 2018)

2) หัวเจาะสำหรับใช้กับชั้นหินที่แข็งปานกลาง (Medium hard formation)

- ฟันเฟืองจะต้องสั้นและแข็งแรงขึ้น เพราะใช้ในชั้นดินหินที่แข็งขึ้นกว่าเดิม (**รูปที่ 3.2.2-2**)

- ชั้นดิน-หินที่แข็งขึ้นกว่าเดิมนี้ เมื่อถูกหัวเจาะกดจะแตกเป็นชิ้นง่ายขึ้น ดังนั้นหัวเจาะที่ใช้จึงควรมีขนาดฟันเฟืองสั้นมีจำนวนฟันเฟืองมากขึ้น และระยะระหว่างฟันเฟืองถี่เข้าด้วย

- หัวเจาะที่ใช้ในชั้นดิน-หินที่อ่อนจะมีมุมเหลื่อมของแกนกรวยฟันเฟือง 3 ถึง 4 องศา แต่ในหัวเจาะใช้ในชั้นดิน-หินที่แข็งปานกลาง มุมเหลื่อมนี้จะลดลงเป็น 1 ถึง 2 องศา

- การเจาะในชั้นดิน-หินที่แข็งปานกลางจะต้องใช้แรงกดสูงขึ้นเพื่อทำให้การทะลุทะลวงดี แต่อย่างไรก็ตามจะทำให้เกิดการสึกหรอที่ลูกปืนมากขึ้นด้วย

- อายุการใช้งานของหัวเจาะในชั้นดิน-หินที่แข็งพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบการสึกหรอของฟันเฟืองและลูกปืน

- หัวเจาะที่ใช้ในหินทรายและในหินแข็งชนิดอื่นๆ แข็งแกร่งมากโดยเฉพาะฟันเฟืองรอบนอก

- ในชั้นดังกล่าวนี้ควรจะใช้หัวเจาะรูปสิ่ว ซึ่งเชื่อมพอกหรือฝังด้วยทังสะเตนคาร์ไบด์

รูปที่ 3.2.2-3 หัวเจาะแบบ 3 กรวยฟันเฟืองเหล็กแบบรูปสิ่วสำหรับใช้ในการเจาะชั้นดิน-หินแข็งปานกลาง (Shaanxi Zuanlong Drilling Machine Co., Ltd, 2018)

3) หัวเจาะสำหรับชั้นหินที่แข็ง (Hard formation)

- ในหินแข็ง หัวเจาะไม่สามารถจะตัดหรือกัด แต่จะทำงานได้โดยบดเป็นชิ้นหรือทำให้แตกเป็นชิ้น ดังนั้นอาจจะทำให้ฟันเฟืองหักและมีการสึกหรอสูงมาก ดูรูปที่ **รูปที่ 3.2.2-3** และ **รูปที่ 3.2.2-4**

- การเจาะในหินแข็งจะต้องใช้หัวเจาะชนิดที่กรวยฟันเฟืองหมุนตัวได้อย่างแท้จริงนั่นก็คือ ไม่มีมุมเหลื่อมของแกนกรวย

- เนื่องจากเป็นการทำงานที่หนัก เพราะฉะนั้นจะพบว่าฟันเฟืองมีการสึกหรอ

-ฟันเฟืองที่ใช้ในหัวเจาะชนิดนี้มี 2 ชนิด คือ ชนิดเหล็กชุบแข็งหรือชนิดที่ทำด้วยทังสะเตนคาร์ไบด์บนฟันเฟืองที่มีกรวยหลายรูปแบบหรือรูปครึ่งวงกลม

- เพื่อกันการลื่นไถลสู่ก้นหลุม หัวเจาะชนิดนี้จะใช้ความเร็วในการหมุนหัวเจาะ

- กรวยฟันเฟืองจะไม่หมุนตัวถ้าไม่ใช้น้ำหนักกดเพียงพอ

- ฟันเฟืองชนิดที่ทำด้วยทังสะเตนคาร์ไบด์จะเจาะได้ง่ายกว่า และไม่ต้องใช้แรงกดอัดมากเท่ากับหัวเจาะที่มีฟันเฟืองเป็นโลหะชุบแข็ง นอกจากนั้นยังทนการกัดกร่อนได้ดีกว่าด้วย

รูปที่ 3.2.2-4 หัวเจาะแบบ 3 กรวยฟันเฟืองเหล็กใช้ในการเจาะชั้นดิน-หินแข็งและแข็งปานกลาง (PINSDADDY.COM, 2018)

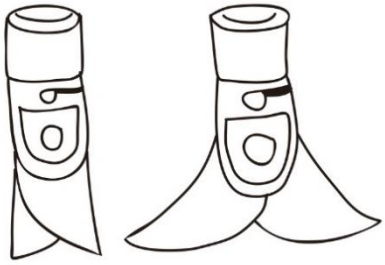
รูปที่ 3.2.2-5 หัวเจาะแบบ 3 กรวดฟันเฟืองชนิดที่ฝังด้วยทังสะเตนคาร์ไบด์ใช้ในการเจาะหินแข็งมากๆ (RockSmith, 2018)

4) หัวเจาะสำหรับงานเฉพาะอย่าง (Special bits)

หัวเจาะคว้านหลุม

- ในการเจาะน้ำ จำเป็นจะต้องคว้านหลุมให้ใหญ่ขึ้น โดยใช้หัวเจาะคว้าน ดังใน**รูปที่ 3.2.2-6**
- ในการเจาะเพื่องานก่อสร้าง ต้องคว้านหลุมให้กว้างขึ้น เพื่อใช้ในการยึดหรือเพิ่มพื้นที่รับน้ำหนัก
- เมื่อพบชั้นดิน-หินที่มีปัญหาจะต้องใช้ท่อกรุ ซึ่งท่อกรุนี้จะถูกดันลงในระดับลึกต่อไปขั้นตอนต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างบนเป็นตัวอย่างที่ต้องใช้หัวคว้านปลายขยายใต้ท่อกรุ (**รูปที่ 3.2.2-6**)
- เครื่องมือทั่วๆ ไปจะดันหัวคว้านให้ขยายตัวได้ด้วยความดันน้ำโคลน
- เมื่อขยายตัวแล้วหัวคว้านบ่อจะล็อคอยู่ในตำแหน่งนั้นจนกว่าจะถอนขึ้นผ่านทางท่อกรุ
- เมื่อกำลังเครื่องเจาะไม่พอเพียงที่จะเจาะขนาดบ่อที่ต้องการในการเจาะครั้งแรกก็จำเป็นต้องใช้หัวเจาะแบบคว้านหลุมเจาะ

- หัวเจาะแบบคว้านหลุมเจาะนี้ใช้ในการขยายหลุมเจาะ ซึ่งเจาะสำหรับเก็บตัวอย่างหรือเพื่อจะเจาะแนวเบนไปจากเดิม ดังแสดงใน**รูปที่ 3.2.2-7**



รูปที่ 3.2.2-6 หัวเจาะแบบคว้านปลายขยายใต้ท่อกรุ
(โครงการร่วมไทย-ออสเตรเลีย, 2528)

รูปที่ 3.2.2-7 หัวเจาะแบบคว้านหลุมเจาะ
(DIYTrade.com, 1999)

3.2.2.5 เทคนิคการเจาะด้วยเจาะแบบหมุน

1) ข้อควรคำนึงในการเจาะ

เมื่อเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแบบหมุน ช่างเจาะควรคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้เสมอ

ก. ให้หมั่นสังเกตเศษดิน-หินที่ขึ้นมาจากบ่อ (จดบันทึกความลึกทันทีที่มีปริมาณและสีของตัวอย่างดิน-หินเปลี่ยนแปลง)

ข. สังเกตการเอียงของบ่อ (ข้อสงเกตข้อหนึ่งคือก้านเจาะจะแกว่งเป็นรูปกรวย) ให้สังเกตด้วยว่าก้านเจาะหมุนตัวอยู่ที่จุดศูนย์กลางของบ่อหรือไม่

ค. ตรวจบันทึกอัตราความเร็วของการเจาะ จงคิดขณะที่กำลังเจาะ

การตัดสินใจของช่างเจาะขณะเจาะจะมีผลต่อสิ่งเหล่านี้

- ความปลอดภัยของพนักงานเจาะและเครื่องเจาะ
- การสั่นสะเทือนหรือเครื่องเจาะทำงานหนักเกินไป จะก่อความเสียหายแก่แท่นเจาะได้
- การสึกหรอของหัวเจาะ ชุดหัวเจาะ และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเจาะ
- ชั้นดิน-หินหรือหลุมเจาะพัง
- อายุการใช้งานของหัวเจาะ
- บ่อเอียง
- ความเหมาะสมของน้ำโคลนกับสภาพในหลุมเจาะ
- คุณภาพของตัวอย่างดิน-หินที่ขึ้นมาจากบ่อ

จุดสำคัญที่ช่างเจาะควรจะคำนึงถึง

- อย่ากดหัวเจาะแรงเมื่อเจาะผ่านชั้นดิน-หินที่เจาะง่าย
- ถึงแม้ว่าชั้นดิน-หินส่วนใหญ่จะสามารถเจาะทะลุด้วยแรงกดไม่มากนัก ก็ควรที่จะเจาะอย่างช้าๆ โดยให้หัวเจาะค่อยๆ ตัดชั้นดิน-หินออกเป็นเศษเล็กเศษน้อยดีกว่าให้หัวเจาะตักออกมาเป็นชิ้นใหญ่ๆ

2) อัตราเร็วของการหมุนและน้ำหนักที่กดทับ

ในชั้นดิน-หินที่อ่อนความเร็วของการเจาะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของการหมุน (โดยกำหนดว่าน้ำโคลนสามารถอุ้มเศษหินที่หัวเจาะกักขึ้นมาได้หมดทันที)

การเจาะในชั้นหินแข็งมักจะเกิดปัญหาหัวเจาะฟรีเป็นบางจังหวะ เนื่องจากหินแตกไม่สม่ำเสมอ น้ำโคลนอุ้มเศษดิน-หินขึ้นมาไม่หมด เป็นปัญหาใหญ่เมื่อการหมุนของหัวเจาะเร็วขึ้นและเป็นผลให้ความเร็วของการหมุนสูงเกินไป

อัตราการสึกหรอของหัวเจาะแบบฟันเฟืองจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของการหมุนหัวเจาะเพิ่มขึ้น

ควรรักษาทั้งแรงกดและความเร็วของการหมุนให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยและประหยัดสำหรับเครื่องเจาะและชุดหัวเจาะ (รวมทั้งหัวเจาะด้วย) ความเสียหายจะเกิดขึ้นกับหัวเจาะถ้าเพิ่มแรงกดและความเร็วของการหมุนหัวเจาะ ตัวอย่างเช่น ถ้าเพิ่มความเร็วของการหมุนขึ้น 100% จะเจาะได้เร็วขึ้นเพียง 30% เท่านั้น แต่อายุการใช้งานของหัวเจาะจะลดลงถึงครึ่งหนึ่ง

การเพิ่มแรงกดและความเร็วของการหมุนรวมทั้งขนาดของช่องว่างระหว่างหัวเจาะและผนังบ่อจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการควบคุมการสั่นสะเทือนของชุดหัวเจาะ การเจาะที่มีประสิทธิภาพจะต้องไม่ให้แรงกดและความเร็วของการหมุนมากเกินไป เพราะจะทำให้ก้านเจาะคดและเกิดการแกว่ง

3) การเจาะในชั้นดิน-หินที่มีรอยแตก

รอยแตกอาจเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติในหินทั่วๆ ไป รอยแตกอาจจะมีขนาดตั้งแต่เส้นผมจนกระทั่งเป็นโพรงใหญ่ รอยแตกอาจแตกเป็นระเบียบและไม่มีระเบียบทั่วทั้งชั้นหินก็ได้ ช่างเจาะมักจะสนใจแต่ชนิดของชั้นดิน-หินที่เจาะผ่านเท่านั้น โดยไม่คำนึงถึงรอยแตกในชั้นหินนั้นนั้นๆ

เศษดิน-หินจากรอยแตกมักจะหล่นลงไปในหลุมเจาะ ซึ่งเศษดิน-หินเหล่านี้ มักจะมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่หัวเจาะจะบดกัดได้หมด ซึ่งเมื่อเศษดิน-หินเหล่านี้หมุนไปกับหัวเจาะจะทำให้ขนาดของหลุมใหญ่เกินความต้องการ

ชั้นหินที่มีรอยแตกนี้อาจจะพังได้อย่างทันทีทันใด ซึ่งจะทำให้ก้านเจาะและชุดหัวเจาะติดและอุดตันการหมุนเวียนของน้ำโคลน เพื่อจะหลีกเลี่ยงอุปสรรคเหล่านี้ การรักษาให้ผนังหลุมเจาะแข็งแรงโดยการเจาะหลุมให้อยู่ในแนวดิ่ง รักษาน้ำโคลนให้มีความหนืดเพื่อให้ฉาบผนังหลุมเจาะได้ดี ควรรักษาให้น้ำโคลนเต็มหลุมเจาะอยู่ตลอดเวลาและไม่ควรหย่อนหรือถอนชุดหัวเจาะเร็วเกินไป เพราะจะทำให้ความดันในหลุมเจาะเพิ่มมากขึ้น

ช่างเจาะควรประเมินสถานการณ์ ได้อย่างรวดเร็วเมื่อเจาะในชั้นหินที่มีรอยแตกเพื่อตรวจสอบขนาดของโพรงอาจจะทำได้เมื่อเจาะผ่านชั้นหินลง ไปประมาณ 1-2 เมตร โดยทดลองยกหัวเจาะขึ้นและลงในขณะที่ไม่ปล่อยให้น้ำโคลนหมุนเวียน ถ้าพบว่ามีโพรงในชั้นหินควรเจาะลงไปครั้งละ 1-2 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงหลุมเจาะพัง ซึ่งอาจจะทำให้ชุดหัวเจาะติดหรือช่วยทำให้น้ำโคลนหมุนเวียนได้สะดวก

4) การหยุดชั่วคราวในระหว่างเจาะ

ในการเจาะบ่อลึกช่างเจาะจะต้องมีความชำนาญเพียงพอที่จะรู้ได้ทันทีเมื่อเกิดอุปสรรค อุปสรรคในการเจาะบ่อตื้นอาจแก้ปัญหาได้ง่ายกว่าด้วยการดึงชุดหัวเจาะขึ้นมาตรวจสอบ แต่สำหรับการเจาะบ่อลึกปัญหาการหยุดเจาะกลางคันเป็นอุปสรรคใหญ่มาก อุปสรรคที่เกิดภายในหลุมมักจะเป็นเรื่องที่ยุ่งยากที่จะประเมินสถานการณ์ได้

ทั้งนี้ป้องกันได้ด้วยการพยายามอย่าให้ชุดหัวเจาะติด โดยพยายามปฏิบัติดังนี้ขึ้นให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

- พยายามรักษาระบบการหมุนเวียนของน้ำโคลน
- ค่อยๆ หย่อนก้านเจาะลงทีละ 10-20 ซม. ทุกๆ 10 นาที ถ้าระบบ เครื่องส่งกำลังเสียและคาดว่าจะต้องหยุดเจาะนาน ให้ใช้รถแทรคเตอร์หรือรถบรรทุกดึงชุดหัวเจาะขึ้นมาอยู่ที่ระดับท่อกรุ
- เมื่อมีการหยุดเจาะกลางคัน ช่างเจาะจะต้องพิจารณาถึงการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นและเตรียมการให้พร้อมที่จะเจาะต่อไป

3.2.2.6 ปัญหาที่พบในการเจาะแบบหมุน

1. ความกดดันมากเกินไป

เมื่อความดันของน้ำโคลนมากเกินไป จะทำให้น้ำโคลนไหลเข้าไปในชั้นดิน-หิน น้ำโคลนที่มีคุณภาพต่ำจะแข็งตัวและกักเศษดิน-หินไว้ ดู**รูปที่ 3.2.2-8**

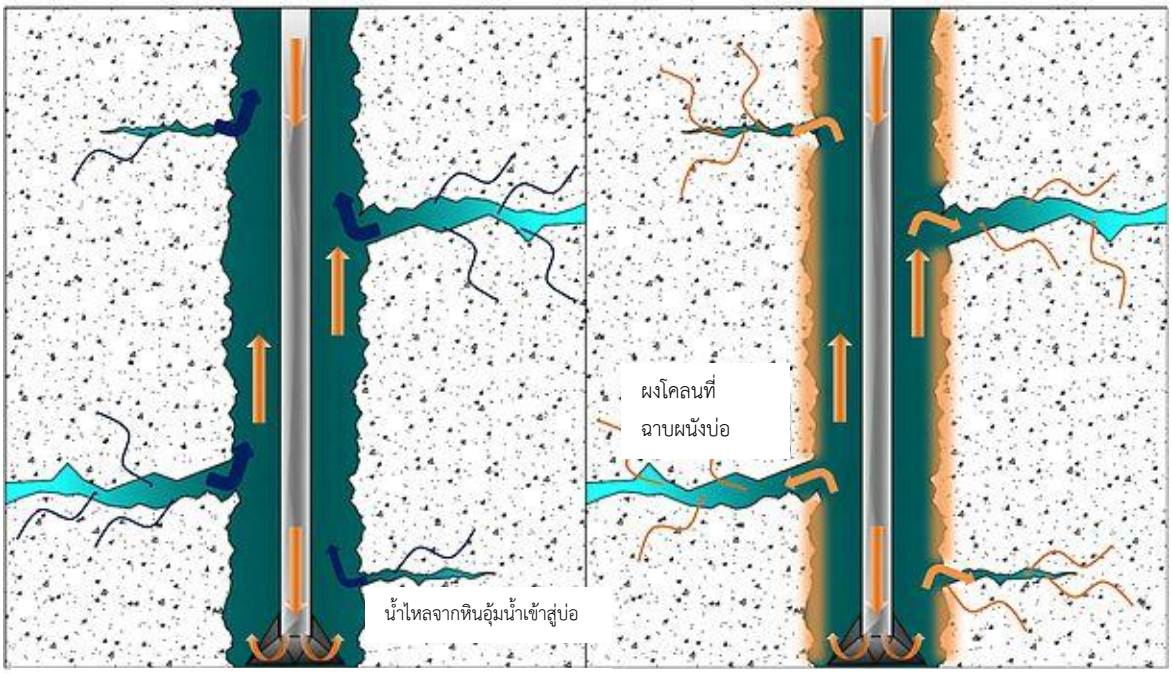
2. ความดันน้อยเกินไป

ความดันของน้ำโคลนน้อยเกินไปชั้นดิน-หินที่อ่อนและเหนียวจะบีบตัวเข้าสู่หลุมทำให้หลุมพังเป็นอุปสรรคต่อการล้างหลุม ในส่วนของหลุมที่อยู่ได้ชั้นที่ตีบเข้ามาจะมีความดันสูงกว่าส่วนบน

3. เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง

สาเหตุที่ทำให้ความดันเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือการเคลื่อนที่ขึ้นลงของหัวเจาะ ก้านเจาะ และกระบอกตัก เมื่อหย่อนหัวเจาะและก้านเจาะลงจะทำให้ความดันเพิ่มขึ้น เมื่อถึงหัวเจาะและก้านเจาะขึ้นความดันก็จะลดลง

ความดันสูงอาจมีสาเหตุมาจากการเป็นเครื่องสูบและการตักน้ำออกเร็วเกินไป ความดันต่ำลงอาจมีสาเหตุมาจากระดับของเหลวในหลุมลดลง สำหรับปัญหาและการแก้ปัญหาอื่นๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในการเจาะแบบหมุนจะกล่าวโดยละเอียด



สภาพที่ไม่สมดุล การหมุนเวียนน้ำโคลนน้อย สภาพที่สมดุล การหมุนเวียนน้ำโคลนมาก

รูปที่ 3.2.2-8 รูปร่างของบ่อเมื่อมีการหมุนเวียนน้ำโคลน
(Reform Energy Services, 2012)

3.2.2.7 การบำรุงรักษา

ควรตรวจสอบเครื่องเจาะเป็นประจำทุกวันก่อนปฏิบัติงาน และหมั่นดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอตามหนังสือคู่มือของเครื่องเจาะแต่ละชนิด ช่างเจาะที่ดีควรสามารถซ่อมแซมหรือแม้กระทั่งดัดแปลงอุปกรณ์บางชนิดของเครื่องเจาะเองได้ เช่น

- เหล็กนำศูนย์ควรจะซ่อมและเปลี่ยนแปลงให้ได้ขนาดตามความต้องการ
- หัวเจาะแบบคว้านหลุมเจาะสามารถดัดแปลงโดยการเชื่อมใบมีดติดกับหัว เพื่อใช้ในการเจาะชั้นหินอ่อน
- หัวเจาะแบบฟันเฟืองสามารถถอดกรวยฟันเฟืองทั้ง 3 ออก และเชื่อมกลับเข้าไปใหม่ได้

- หัวเจาะแบบใบมีดอาจลับหรือเชื่อมพอกหัวทังสะเตนคาร์ไบค์ หรือเปลี่ยนใบมีด
- การเปลี่ยนฟันเฟืองและลูกปืนหัวเจาะสามารถทำได้และจะประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าเปลี่ยนหัวเจาะใหม่ทั้งชุด
- รักษาความสะอาดของเครื่องเจาะอุปกรณ์การเจาะและบริเวณทำการเจาะได้

3.2.3 การเจาะน้ำบาดาลด้วยเครื่องเจาะน้ำบาดาลแบบผสม

3.2.3.1 เครื่องเจาะแบบผสมใช้น้ำและแรงดันลม (Down the Hole Hammer)

ข้อดี

- การเจาะด้วยน้ำผสมลมนี้
- สามารถเจาะได้เร็วกว่าเจาะด้วยน้ำเดิมหลายเท่า
- สามารถทราบได้ทันทีเมื่อเจาะไปถึงชั้นหินอุ้มน้ำ และทราบมีปริมาณของน้ำคร่าวๆ
- สามารถเลือกหัวเจาะรูปร่างคล้ายหัวเจาะแบบกระแทกซึ่งหมุนไปพร้อมๆ กับใช้แรงลมยกหัวเจาะกระแทกขึ้นลงด้วยที่ปลายหรือคมของหัวเจาะจะฝังโลหะแข็ง
- ใช้ลมที่มีแรงดันสูงจากเครื่องอัดลมผ่านเข้าทางข้อต่อหมุนก้านนำเจาะเหมือนน้ำโคลน

ข้อเสีย

เจาะในหินร่วนหรือหินที่แข็งน้อยไม่ค่อยได้ผล เพราะลมที่ขึ้นจากก้นหลุมเจาะจะหายไปในชั้นหินก่อนที่จะพยุงเศษหินขึ้นมาถึงผิวดินได้

เครื่องเจาะแบบหมุนอัดตรง สามารถดัดแปลงเป็นเครื่องเจาะหมุนกระแทกด้วย แรงลมได้ โดยเพิ่มเครื่องอัดลม 1 เครื่อง และชุดหัวเจาะหมุนกระแทกด้วยแรงลม 1 หัว (**ดูรูปที่ 3.2.3-1**) เครื่องเจาะแบบผสมลมและน้ำมีความสามารถเจาะด้วยน้ำโคลนให้ลึกประมาณ 100 ฟุต (30 เมตร) ใช้หัวเจาะขนาด 6 นิ้ว และก้านเจาะขนาด 2 7/8 นิ้ว ถ้าเจาะด้วยลมจะใช้ก้านเจาะขนาดเดิม (2 7/8) โดยใช้เครื่องอัดลมไม่แรงอัดประมาณนาทีละ 600 ลูกบาศก์ฟุต และแรงดันประมาณ 100- 125 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แต่ถ้าใช้หัวเจาะขนาด 4 นิ้ว ก็ใช้เครื่องอัดลมขนาดเล็กลงมา คือ 350 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ซึ่งจะมีแรงดัน 100-125 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นต้น วิธีการคำนวณความเร็วของลมและขนาดของหลุมเจาะ

3.2.3.2 ส่วนประกอบและชนิดของชุดหัวเจาะ

อุปกรณ์การเจาะหมุนกระแทกด้วยแรงลม

อุปกรณ์การเจาะหมุนกระแทกด้วยแรงลมมีหลายแบบ และหลายขนาดขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต การทำงานจะใช้หลักการเดียวกันคือใช้แรงดันลมเป็นตัวช่วยให้เกิดการทำงานรูปแบบของชุดหัวเจาะหมุนกระแทกด้วยแรงลมที่พบกันทั่วไป มีลักษณะดังแสดงใน**รูปที่ 3.2.3-1**

รูปที่ 3.2.3-1 ตัวอย่างของชุดหัวเจาะหมุนกระแทกด้วยแรงลม
(Focus Technology Co., Ltd, 1998)

ชนิดของหัวเจาะ

หัวเจาะรูปลูกเบี้ยวและหัวเจาะแบบกระดุมเม็ด เพื่อใช้กับเครื่องเจาะหมุนกระแทกด้วยแรงลมมีหลายขนาดด้วยกัน มีลักษณะดังแสดงใน**รูปที่ 3.2.2-2** และรูปที่ **3.2.3-3** ส่วนประกอบของชุดหัวเจาะหมุนกระแทกด้วยแรงลมชนิดต่างๆ

รูปที่ 3.2.3-2 ชนิดของหัวเจาะรูปต่างๆ
(Alibaba.com, 1999)

โครงสร้างของหัวเจาะหมุนกระแทก

รูปที่ 3.2.3-3 ส่วนประกอบของชุดหัวเจาะกระแทกด้วยแรงลม
(Alibaba.com, 1999)

3.2.3.3 เทคนิคการเจาะด้วยเครื่องเจาะหมุนกระแทกด้วยแรงลม

การเลือกใช้หัวเจาะให้ได้หัวเจาะที่เหมาะสมที่สุดนั้น จะต้องทราบสภาพชั้นดิน-หิน ที่ดำเนินการอยู่ขณะนั้น เพื่อรักษาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลุมเจาะให้คงที่ตลอดเวลา อาจจะต้องเปลี่ยนหัวเจาะอยู่บ่อยๆ (เนื่องจากหัวเจาะสึกกร่อน) วิธีการนี้จะช่วยให้ไม่ต้องคว้านหลุม

1) ขั้นตอนและการควบคุมการเจาะหมุนกระแทกด้วยแรงลม

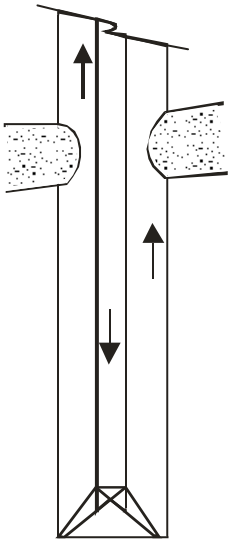
การหมุนของก้านเจาะมีบทบาทในการเจาะเพียงเล็กน้อยเท่านั้น กล่าวคือการหมุนจะทำให้หัวเจาะหมุนไปเล็กน้อย ทำให้การตอกกระแทกก้นหลุมในครั้งถัดไป ไม่ตอกซ้ำที่เดิม ซึ่งจะทำให้การกัดหลุมเจาะได้ทั่วหลุม

เครื่องเจาะกระแทกแบบใช้ลมจะมีการออกแบบให้มีกำลังเพียงพอที่จะกัดหินแข็งให้แตกได้ ในหลุมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่จะต้องใช้เครื่องเจาะที่มีหัวเจาะขนาดใหญ่ตามไปด้วยเพื่อให้ได้ทั้งน้ำหนักและกำลังสูงขึ้น การทำความสะอาดหลุมจะใช้แรงดันลมจากเครื่องอัดลมผ่านหัวเจาะ การจัดเศษดิน-หินจากก้นหลุมจะเกิดขึ้นในช่วงที่ชักชุดหัวเจาะขึ้น ซึ่งความดันลมที่ใช้ในการหมุนชุดหัวเจาะจะไม่ได้

นำไปใช้ในการหมุน แต่กำลังลมทั้งหมดจะถูกนำไปใช้ในการเป่า-พยุง เศษดิน-หินขึ้นจากก้นหลุมเจาะ (**รูปที่ 3.2.3-4**)

ความดันลมจะมีความสำคัญมากต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเจาะ ดังนั้นจะต้องระมัดระวังไม่ให้ทางเดินของลมในหลุมอุดตัน ในระหว่างดำเนินการเจาะลมที่มีแรงดันจะทำให้กำลังสูงเจาะได้รวดเร็ว และยังทำให้การขจัดเศษดิน-หินออกจากหลุมที่มีผลดีอีกด้วย ในหลุมที่เปียกหรือชื้นมากๆ เศษดิน-หินจะจับตัวกันเป็นก้อนโคลนรูปวงแหวน เคลือบอยู่รอบๆ ผนังหลุมเจาะ ถ้าหลุมเจาะนั้นมีการขจัดเศษดิน-หินและน้ำออกจากหลุมจะทำให้ลำบากขึ้น การแก้ปัญหาในเรื่องนี้ทำได้โดยการเพิ่มแรงดันลมให้มากขึ้น

การฉีดด้วยน้ำหรือถ้าจะให้ได้ผลดีอีกด้วยน้ำผสมฟองเคมีลงไปในหลุมจะช่วยให้เศษดิน-หินจับตัวเป็นโคลน แล้วเป่าโคลนออกจากหลุมเจาะได้โคลนเกิดจับตัวกันบนผนังหลุมเจาะ ทำให้การไหลเวียนไม่สะดวกส่วนผสมน้ำ 200 ลิตร ผสมสารเคมี 0.2 ลิตร ฉีดลงไปตามท่อลม เพื่อไปขจัดเศษดิน-หินบริเวณหัวเจาะและผนังบ่อ อัตราการฉีด 0.01 ถึง 0.02 ลิตร/วินาที (ส่วนผสม 200 ลิตร ใช้เวลาฉีดให้หมด 3-5 ชั่วโมง)



รูปที่ 3.2.3-4 การไหลเวียนของเศษดิน-หินในขณะเจาะโดยใช้ลม

หลุมเจาะในปริมาณมากจะทำให้ประสิทธิภาพ การหาความสะอาดหลุมลดลง เพราะแรงดันลมที่อัดลงไปจะต้องใช้ในการดันน้ำออกหลุมเจาะด้วย

ส่วนผสมทำให้เกิดฟองเคมี

- น้ำ 200 ลิตร ผสมสารเคมี 0.4-1.0 ลิตร (สารเคมียิ่งมากยิ่งสามารถทำให้น้ำออกจากหลุม ได้มาก) อัตราการฉีดน้ำฟองเคมีลงในหลุมให้ฉีดในอัตราคงที่ ที่ 0.02 ลิตร/วินาที

แรงดันลมมากเท่าใดจึงจะเพียงพอ

ถ้าเศษดิน-หินไม่สามารถผ่านขึ้นไปตามช่องว่างระหว่างก้านเจาะกับผนังหลุมได้ การเจาะก็จะดำเนินการต่อไปไม่ได้ เพราะเศษดิน-หินไม่สามารถขจัดออกจากหลุมได้ ในทางตรงกันข้าม ถ้าก้านเจาะที่ใช้มีขนาดเล็กกว่าขนาดของหลุมเจาะมากเกินไป จะทำให้การขจัดเศษดิน-หินออกจากหลุมเป็นไปได้ช้า ถึงขนาดที่เกือบไม่สามารถนำเอาเศษดิน-หินออกจากหลุมได้ ในกรณีเช่นนี้ถ้าใช้แรงดันลมที่มากพอ การเจาะก็จะดำเนินไปได้ตามตามปกติและรวดเร็ว ถ้าแรงดันลมไม่เพียงพอจะทำให้หัวเจาะเกิดการสึกหรอเนื่องจากไปกัดกร่อนกับเศษดิน-หินที่ค้างในหลุม เมื่อทราบขนาดแรงดันลมที่จำเป็นจะต้องใช้ในการเจาะแล้วก็เลือกขนาดก้านเจาะที่จะต้องใช้เพื่อให้ได้แรงดันในการขจัดเศษดิน-หินออกจากหลุมตามต้องการ แรงดันลมที่จะใช้นี้พิจารณาจากขนาดและน้ำหนักของเศษดิน-หิน ความเร็วต่ำสุดที่ใช้กันเศษดิน-หินมีตั้งแต่ 3,000 ฟุตต่อนาที สำหรับหินที่เบาจนถึง 7,000 ฟุตต่อนาที สำหรับพื้นที่หนักแรงดันลมต่ำสุดที่จะใช้ทำความสะอาดหัวเจาะนั้นมีแสดงไว้ในแผนภาพต่อไปนี้

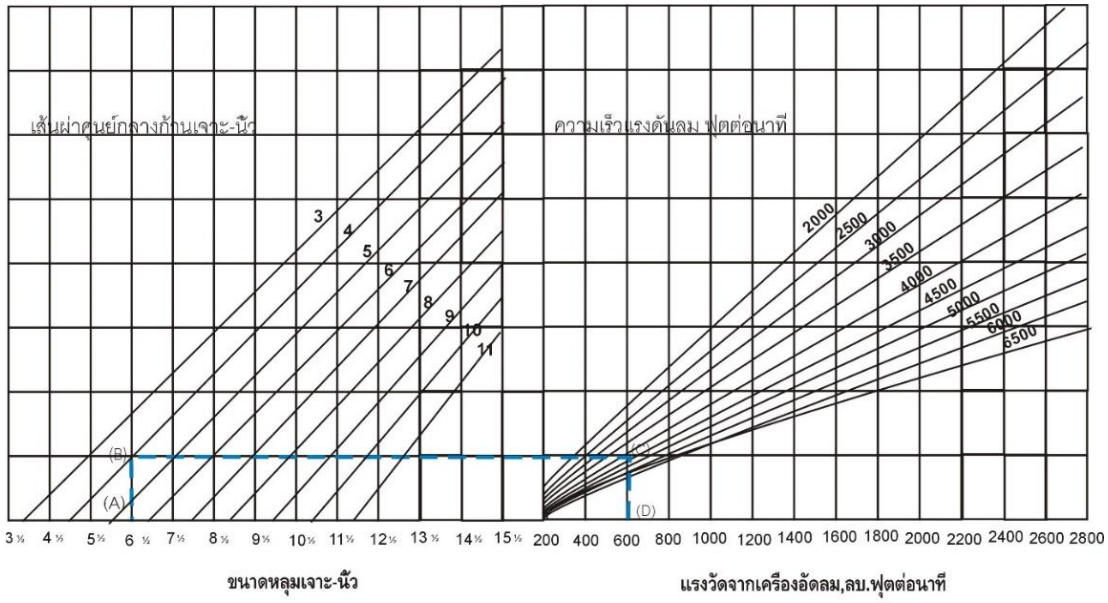
แผนภาพนี้ได้จากสูตร เมื่อ CFM ค่าแรงดันจริงจากเครื่องอัด
V= ความเร็วแรงอัดลมที่ต้องการ (ฟุตต่อนาที)

$$\text{CFM} = \frac{V\,(D^2 - d^2)}{183.3}$$

D = เส้นผ่าศูนย์กลาง หลุมเจาะ (นิ้ว)
d = เส้นผ่าศูนย์กลางวงนอกของก้านเจาะ (นิ้ว)

ตัวอย่าง เจาะหลุมขนาด 6 1/2 นิ้ว ด้วยก้านเจาะขนาด 4 1/2 นิ้ว ใช้ความเร็วแรงดันลม 5,000 ฟุต/นาที จะใช้แรงดันลมจริงจากเครื่องอัดลมเท่าใด

วิธีทำ จากขนาดหลุม 6 1/2 นิ้ว ที่จุด (A) ลากเส้นตรงไปตัดกับเส้นแสดงขนาดของก้านเจาะ 4 1/2 นิ้ว ที่จุด (B) แล้วลากตามแนวนอนไปตัดเส้นความเร็ว แรงดันลมที่เส้น 5,000 ฟุต/นาที ที่ (C) แล้วอ่านความดันลมที่ต้องการได้ 600 ลูกบาศก์ฟุต/นาที ที่จุด (D) ดังแสดงใน**รูปที่ 3.1.3-5**



รูปที่ 3.2.3-5 แผนภาพแสดงแรงดันลมที่ต้องใช้ในขณะเจาะ

การปรับแรงดันลม

การปรับแรงดันลมให้เหมาะสม สามารถทำได้โดยการปรับที่ลิ้นปิดเปิดหรือโช๊ค เพื่อให้เป็นแนวทางในการเลือกใช้ขนาดของวงแหวนบีบลมที่จะใช้ ให้พิจารณาแรงดันลมเทียบกับรายละเอียดใน **ตารางที่ 3.2.3-1**

ตารางที่ 3.2.3-1 ขนาดรูนมหนูและแรงดันลมที่ใช้

	แรงดันลม (ปอนด์/ตร.นิ้ว)			
	100	150	200	250
ขนาดรูนมหนู	**ปริมาณอากาศที่ได้ (ลบ.ฟุต/นาที)**			
1/8”	25	35	60	90
3/16”	35	45	75	105
5/16”	105	105	195	240
7/16”	210	290	370	460
1-2”	255	400	490	590

เมื่อชุดหัวเจาะกำลังเจาะในหลุมที่มีน้ำจะต้องเพิ่มแรงดันลมให้มากกว่าปกติเพื่อต้านกับแรงดันน้ำในหลุม เพื่อให้ชุดที่หัวเจาะทำงานได้ตามปกติและสามารถขจัดเศษดิน-หินออกจากหลุมได้ จะต้องให้แรงดันลมสูงกว่าแรงดันน้ำในหลุม แรงดันน้ำในหลุมอาจเกิดจากน้ำโคลนหรือเศษดิน-หินภายในหลุม แรงดันของน้ำสะอาดที่ความลึกต่างๆ มีแสดงไว้ใน**ตารางที่ 3.2.3-2**

ตารางที่ 3.2.3-2 แรงดันน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ

ความลึกของน้ำ		**ความดัน**		
ฟุต	เมตร	ปอนด์/ตร.นิ้ว	กิโลปาศคาล	กิโลกรัม/ตร.ซม.
10	3	4	27	0.281
20	6	9	62	0.633
50	15	22	151	1.547
100	30	43	296	3.023
200	60	87	600	6.117
250	75	109	751	7.664

การหล่อลื่นชุดหัวเจาะ

น้ำมันหล่อลื่นสำหรับหัวเจาะหินที่เหมาะสมจะต้องใช้อย่างสม่ำเสมอตามที่กำหนดไว้ เพื่อช่วยลดอัตราการสึกกร่อนของชุดหัวเจาะ ห้ามใช้น้ำมันหล่อลื่นชนิดทั่วๆ ไป เพราะว่าน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้กับหัวเจาะหินนั้นมีสูตรพิเศษทำให้มีความเหนียวและมีความหนืดคงที่ น้ำมันหล่อลื่นหัวเจาะหินที่แสดงใน**ตารางที่ 3.2.3 -3** เป็นน้ำมันที่เป็นที่นิยม

ตารางที่ 3.2.3-3 น้ำมันหล่อลื่นชุดหัวเจาะหิน

บริษัทผู้ผลิต	**เกรด 30**	**เกรด 50**
AMPOL	CLASSIA OIL 100	CLASSIA OIL 45
B.P.	RD.80	RD.220
CASTROL	RD oil DP.100	RD oil DP.220
EXXON	Arrox EP.65	Ster – Mar 90
CULF	Rock – drill63	
MOBIL	Almo No. 3	Almo No. 5
SHELL	Tonna R. oil 41	Tonna R. oil 72
TEXACO	1542 EMP	1543 EMP

ปริมาณการใช้น้ำมันหล่อลื่นต่อชั่วโมง

ปริมาณน้ำมันที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามรายละเอียดของชุดเจาะแต่ละชนิด ซึ่งปริมาณน้ำมันที่ควรจะใช้ดังกล่าวนี้จะมีกำหนดไว้ในคู่มือการใช้เครื่องมือชนิดนั้นๆ เช่นในกรณีชุดหัวเจาะที่ใช้คว้านหลุมให้ใช้ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นดังตัวอย่างเช่น

ขนาดของชุดหัวเจาะ	ควอร์ตหรือลิตร/ชั่วโมง
T3 –T4	1- 1 1/2
T5-T6	1 1/2 – 2

3) น้ำหนักกดบนหัวเจาะ

เพื่อเป็นแนวทางในการหาน้ำหนักกดบนหัวเจาะให้เหมาะสมควรดำเนิน การตามขั้นตอนดังนี้

1. เพิ่มแรงกดจนกว่าแรงดันลม ไม่มีการเพิ่มขึ้นอีก

2. สังเกตแรงกดจากเครื่องวัดความดัน ถ้ามี

3. ลดแรงกดลงเรื่อยๆ อย่างช้าๆ จนแรงดันลมเริ่มลดลงแล้วบันทึกค่าแรงดันที่ได้

4. ให้แรงกดลงที่หัวเจาะโดยใช้แรงดันในระหว่างช่วงแรงดันที่ได้ใน ข้อ 2 และ ข้อ 3

การลดน้ำหนักกดบนหัวเจาะแต่ละครั้ง จะทำให้ประสิทธิภาพการเจาะลดลงด้วยเมื่อความลึกของหลุมเจาะลึกมากขึ้น จะต้องใช้ก้านเจาะยาวเพิ่มขึ้นน้ำหนักจากก้านเจาะจะทำให้น้ำหนักกดบนหัวเจาะมากเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจะต้องลดแรงกดไฮดรอลิคที่มากเพิ่มขึ้นที่ตั้งไว้ตอนแรกลงด้วย เพื่อให้น้ำหนักกดที่ปลายหัวเจาะมีพอเหมาะ ตามคู่มือของชุดหัวเจาะนั้นๆ ดังตัวอย่างใน**ตารางที่ 3.2.2-4**

ตารางที่ 3.2.3-4 น้ำหนักกดบนหัวเจาะ

รุ่นของชุดที่หัวเจาะ	**น้ำหนักกดต่ำสุด**		**น้ำหนักกดสูงสุด**	
	ปอนด์	กก.	ปอนด์	กก.
T3	500	200	1200	550
T4	700	320	1700	770
T5	1000	450	2500	1125
T6	1000	725	3800	1725

หมายเหตุ : ถ้าเจาะโดยใช้น้ำหนักกดบนหัวเจาะต่ำกว่าน้ำหนักกดต่ำสุดที่กำหนดไว้ในตารางข้างบนนี้ จะทำให้อายุการใช้งานของหัวเจาะสั้นลงหรือเจาะได้ช้าลงกว่าปกติ ถ้าให้น้ำหนักกดเกินกว่าน้ำหนักกดสูงสุดจะทำให้หัวเจาะสึกกร่อนเร็วกว่าปกติ หรืออาจหาให้ชุดหัวเจาะแตกหักได้

3.2.3.4 ข้อควรสังเกต

ในการเจาะด้วยเครื่องเจาะกระแทกแบบใช้ลมนั้น มีข้อที่ควรระวังดังนี้

การดำเนินการของช่างเจาะ		จุดที่ต้องระวัง
- ก่อนติดตั้งชุดหัวเจาะกับก้านเจาะให้ทำความสะอาดก้านเจาะและท่อลมที่ต้องใช้ให้เรียบร้อย	→	ดูว่ามีโคลนแห้ง ก้อนจาระบี ใช้ขนแปรงเหล็กหรือวัตถุแข็งใดๆ อุดตันในท่อก้านเจาะหรือไม่ เพราะจะทำให้ชุดหัวเจาะเสียหายได้
- ปรับโช๊คหรือเปลี่ยนนมหนูให้ได้แรงดันลมตามที่ต้องการ	→	ตรวจสอบรายละเอียดในการปรับแรงดันลมจากคู่มือ
- ทดสอบเครื่องมือและตรวจสอบขนาดรูลม โดยทำการเจาะบนท่อนไม้ดูก่อน	→	ใช้เครื่องวัดความดันลมในขณะที่เครื่องเจาะกำลังทำงาน
- วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวเจาะทุกอันทั้งใหม่และที่พอกใหม่ แล้วตีตราขนาดของหัวเจาะไว้ด้วยทุกอัน	→	จะต้องวัดหัวเจาะตามลำดับของขนาด โดยเริ่มเจาะด้วยหัวเจาะที่มีขนาดใหญ่ที่สุดก่อน
- เติมน้ำมันหล่อลื่นชุดหัวเจาะในท่อฉีดน้ำมัน ถ้าก้านเจาะยังไม่ได้ทาภายในด้วยน้ำมันให้เทน้ำมันจำนวน 1 ลิตร ลงในรูก้านเจาะทุกครั้งก่อนติดตั้ง	→	มีความสำคัญในการที่จะทำให้การเจาะมีความสะดวกและทำให้อายุการใช้งานของเครื่องหัวเจาะเป็นไปอย่างเหมาะสม ตามปกติในการเจาะจะใช้น้ำมันหล่อลื่นหัวเจาะหิน 1 ลิตร/ชั่วโมง
- ติดตั้งชุดก้านเจาะแล้วหย่อนลงให้อยู่เหนือระดับกันหลุมแล้วเดินเครื่อง	→	ต้องระวังไม่ให้เครื่องมือหรือ หัวเจาะกระทบเครื่องเจาะหรือ ท่อกรุ เพราะเหล็กคาร์ไบต์นั้น แม้จะแข็งก็จริง แต่ว่าเปราะและแตกหักได้ง่าย

- ปล่อยลมเข้าในก้านเจาะแล้วทำการหมุนอย่างช้าๆ	→	ต้องเปิดลมเข้าและเริ่มหมุนก่อนเสมอก่อนที่จะทำการกัดเจาะหลุม
- หย่อนชุดหัวเจาะลงไปช้าๆจนหัวเจาะเริ่มกระแทกเนื้อหิน เพื่อตรวจการทำงานของชุดหัวเจาะอีกครั้ง แล้วจึงเพิ่มน้ำหนักกดบนหัวเจาะจนหินแตกออกเป็นชิ้นๆ	→	เมื่อเจาะบนพื้นผิวดิน ป้องกันไม่ให้หัวเจาะกระโดด และให้ตรวจดูประสิทธิภาพการชะล้างเศษดิน-หินด้วย

3.3 เทคนิคการผสมน้ำโคลน

ทำไมถึงต้องเจาะน้ำบาดาลด้วยน้ำโคลน

ช่างเจาะจะต้องเข้าใจความสำคัญของน้ำโคลน ดังนี้

1. **กันมิให้ผนังหลุมเจาะพัง**
2. **อุ้มเศษดิน-หินขึ้นมาจากก้นหลุม**
3. **ฉาบผนังหลุมเจาะ เพื่อลดการสูญเสียของน้ำโคลน**
4. **ช่วยให้เศษดิน-หินแขวนอยู่ได้เมื่อหยุดระบบหมุนเวียนของน้ำโคลน**
5. **ทำความสะอาดและลดอุณหภูมิของหัวเจาะ**
6. **หล่อลื่นลูกปืนหัวเจาะ เครื่องสูบน้ำโคลนและก้านเจาะ**
7. **เป็นสื่อกลางในการสำรวจด้วยเครื่องหยั่งธรณี**

ช่างเจาะควรทราบอะไรบ้างเกี่ยวกับน้ำโคลน

- คุณสมบัติและหน้าที่ของน้ำโคลน
- การเตรียมน้ำโคลน
- อุปกรณ์ผสมน้ำโคลน
- การออกแบบบ่อพักน้ำโคลน
- อัตราการตกตะกอนของเศษดินหินในบ่อพักน้ำโคลน
- การทดสอบความหนืดของน้ำโคลน และ
- อัตราการหมุนเวียนของน้ำโคลน

3.3.1 คุณสมบัติและหน้าที่ของน้ำโคลน

น้ำโคลนคือของเหลวที่จะกลายเป็นวุ้นเมื่อทิ้งไป แต่จะไหลได้อย่างสะดวกเมื่อกวนหรือใช้เครื่องสูบน้ำโคลน มี 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. ส่วนประกอบเป็นดินเหนียว – เบนทอไนต์

2. ส่วนประกอบเป็นโพลิเมอร์ – มีจำหน่ายทั่วไป

น้ำโคลนที่ส่วนประกอบเป็นโพลิเมอร์ มีข้อดีสำหรับการเจาะบ่อลึก แต่ราคาแพงมาก จึงนิยมใช้ประเภทที่มีส่วนประกอบเป็นดินเหนียวมากกว่า เพราะราคาถูกและใช้ได้ผลดีสำหรับสภาพการเจาะทั่วๆ ไป การเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแบบหมุนจะต้องใช้ของเหลวช่วยในการเจาะ ของเหลวนี้อาจเป็นน้ำโคลนหรือสารผสมที่มีส่วนประกอบแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะกับงานเจาะนั้นๆ

3.3.2 การเตรียมน้ำโคลน

ต้องเก็บผงโคลนอย่างถูกวิธี

- ไม่วางถุงผงโคลนไว้บนพื้นดิน และต้องคลุมถุงผงโคลนให้มิดชิด

น้ำที่ใช้ผสมผงโคลน ไม่ควรเป็นน้ำกร่อยหรือน้ำเค็ม จึงควรตรวจสอบคุณภาพของน้ำก่อนใช้ผสม

- ส่วนผสมบางอย่างในการผสมน้ำโคลนเป็นอันตรายต่อผิวหนัง และมีคุณสมบัติกัดกร่อน เช่น โซดาไฟ ควรผสมน้ำโคลนให้ถูกสัดส่วน

ถ้าต้องผสมน้ำโคลนปริมาณมากๆ อาจวัดปริมาณของผงโคลนด้วยการนับถุง แต่ช่างเจาะส่วนมากจะใช้น้ำโคลนเพียงประมาณ 1,000 ลิตร ซึ่งต้องใช้ผงโคลน ไม่ถึง 1 ถุง

เครื่องเจาะมักจะไม่มีเครื่องชั่งน้ำหนักติดมาพร้อมด้วย การตวงผงโคลนจึงต้องใช้ ถ้วยตวงปริมาตร 1 ลิตร **ตารางที่ 3.3.2-1** แสดงน้ำหนักของผงโคลนต่อปริมาตรของน้ำโคลน 1 ลิตร ผงโคลนหลายชนิดเป็นชนิดสำเร็จรูปและใช้ได้ทันที แต่สำหรับเบนทอไนต์ที่จะต้องผสมน้ำอย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อนเจาะ

ตารางที่ 3.3.2-1 ชนิดของผงโคลน

ประเภทของผงโคลน	น้ำหนัก กก. /ลิตร
โพลิเมอร์	0.6
เบนทอไนต์	1.1
เบนทอไนต์ชนิดพิเศษ	1.1
โซดาไฟ	0.8
เกลือป่น	1.1
สารเคมีที่ทำให้โพลิเมอร์แตกตัว	1.4
แบไรต์	2.2
สารที่ทำให้เกิดฟองเคมี	1.1
ซีเมนต์	1.5

ผสมผงโคลนขณะแห้งในถังผสมหรือโปรยผงโคลนในถังหรือบ่อผสมน้ำโคลน แล้วกวนให้ทั่ว ถ้าจะต้องเติมน้ำมันลงในน้ำโคลน ให้ผสมโพลิเมอร์กับน้ำมันจนกระทั่งเป็นวุ้นก่อนที่จะเทลงในถังผสมน้ำโคลน

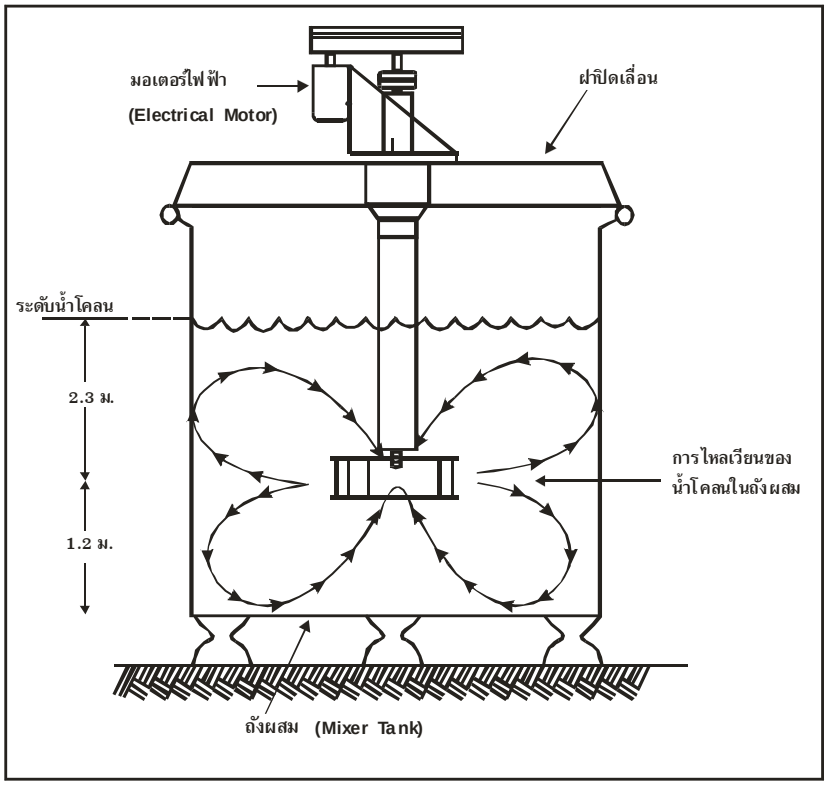
3.3.3 อุปกรณ์ผสมน้ำโคลน

ถังผสมน้ำโคลน

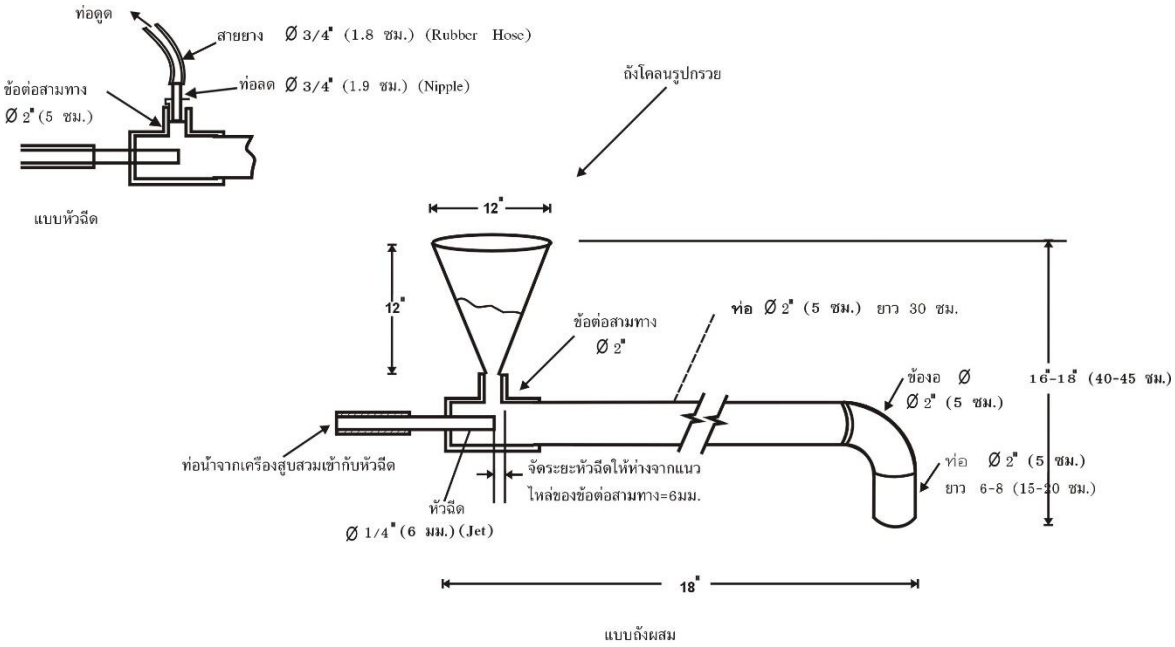
เมื่อผสมผงโคลนในถังผสม อาจใช้เครื่องสูบขนาดเล็กเป็นตัวฉีดน้ำ บริษัทแบรอยด์ ได้ออกแบบถังผสมน้ำโคลน ซึ่งประกอบขึ้นจากท่อขนาดมาตรฐานธรรมดาๆ ดังแสดงไว้ใน**รูปที่ 3.3.3-1** และ **3.3.3-2**

เครื่องผสมน้ำโคลนแบบใบพัด

เครื่องผสมแบบใบพัดนี้ใช้แรงปั่นใบพัดจากเครื่องยนต์ หรือเครื่องไฮดรอลิค หรือมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งต้องการการบำรุงรักษาไม่มากนัก



รูปที่ 3.3.3-1 เครื่องผสมน้ำโคลนแบบใบพัด

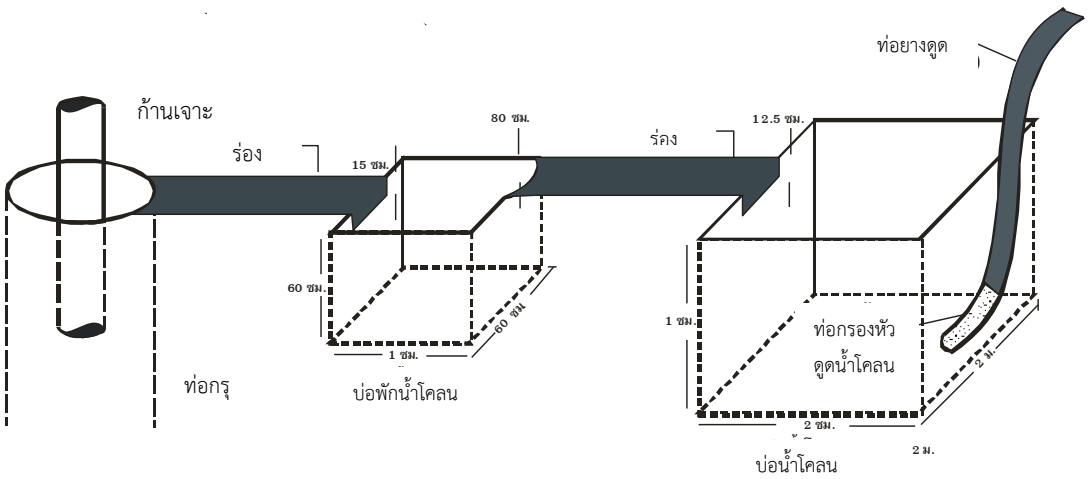


หมายเหตุ เมื่อจะผสมให้ปรับความดัน จนกระทั่งน้ำฉีดออกจากหัวฉีดเป็นฝอย จึงเทผงโคลนลงไป

รูปที่ 3.3.3-2 ตัวอย่างเครื่องผสมน้ำโคลนสำหรับเครื่องเจาะขนาดเล็ก

3.3.4 การออกแบบบ่อพักน้ำโคลน

บ่อพักน้ำโคลนที่ออกแบบดีจะทำให้น้ำโคลนไหลในร่องน้ำโคลนอย่างช้าๆ และจะต้องเป็นการไหลชนิดเอ่อเต็มพื้นที่ของบ่อพัก การไหลเช่นนี้จะทำให้เศษดิน-หินตกตะกอนในร่องและในบ่อพัก ตะกอนขนาดละเอียดจะแขวนลอยอยู่ในน้ำโคลนที่วัดความหนืดได้โดยตกตะกอน บ่อน้ำโคลนที่ออกแบบดังใน**รูปที่ 3.3.4-1** จะทำความสะอาดได้ดีต่อเมื่อหยุดเจาะ หากมีการทำให้น้ำโคลนในบ่อกระเพื่อมจะทำให้ไม่มีการตกตะกอน



รูปที่ 3.3.4-1 ตัวอย่างการจัดระบบบ่อน้ำโคลน

ช่างเจาะจะต้องคอยเปลี่ยนแปลงวิธีการเจาะ เพื่อกันไม่ให้ความดันในหลุมสูง เนื่องจากน้ำโคลนเมื่อหย่อนกระบอกตักลงใกล้จะถึงก้นหลุมให้หย่อนช้าๆ และค่อยๆ ดึงขึ้น

โคลนชนิดเบนทอไนต์จะรวมตัวกับดินเหนียว และทำให้มีความหนืดชนิดสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงควรตักออกจากก้นหลุมและทิ้งไป เมื่อได้แยกตัวอย่างออกแล้ว

โคลนชนิดโพลิเมอร์จะไม่รวมตัวกับดินเหนียว ถ้าความหนืดไม่มากนัก ดินเหนียวและดินทรายจะแยกตัวออกได้ในถังที่ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน และช่างเจาะจะนำโคลนชนิดนี้กลับไปใช้ได้อีก เพื่อกันไม่ให้หลุมเจาะพังต้องระวังอย่าให้ความหนืดของน้ำโคลนลดลง และรักษาระดับให้มีน้ำโคลนเต็มหลุมตลอดเวลา ในกรณีที่ชั้นดิน-หินเป็นชั้นกรวดหรือมีความพรุนสูงให้เพิ่มความหนืดของน้ำโคลน

โคลนเบนทอไนต์ที่จะใช้ในการกันไม่ให้หลุมพัง ควรจะผสมน้ำให้อิ่มตัวเต็มที่อย่างน้อย 12 ชั่วโมง และถ้าเป็นไปได้ควรจะเป็น 24 ชั่วโมง

หมายเหตุ โคลนเบนทอไนต์ที่ไม่ผสมน้ำให้อิ่มตัวก่อนใช้ จะไปอุดตันทำให้ผนังบ่อไม่ยอมให้น้ำไหลเข้าบ่อ

โคลนชนิด โพลิเมอร์ผสมน้ำใช้ได้ทันทีโดยไม่จำเป็นต้องผสมน้ำให้อิ่มตัวก่อน โคลนชนิดโพลิเมอร์มีอยู่หลายประเภท แต่สำหรับการเจาะแบบกระแทกมักจะใช้ โพลิเมอร์ประเภท

1) ไบโอดีเกรดเดเบิล แนตเจอรัล กัม (Biodegradable natural gums)

2) ประเภทสารประกอบโพลิเมอร์ ทรอล (Trol)

โพลิเมอร์ชนิดทรอลมีคุณสมบัติในการรักษาผนังบ่อไม่ให้พังได้ดีมาก โดยจะกันไม่ให้ดินเหนียวขยายตัวหรือแตกตัว เพราะโพลิเมอร์ชนิดนี้จะไปหุ้มเม็ดดินในบริเวณนั้นหมด

โพลิเมอร์ชนิดไบโอดีเกรดเดเบิล มีคุณสมบัติในการลดความหนืดและล้างออกจากชั้นหินอุ้มน้ำได้ง่าย ส่วนผสม น้ำ 1,000 ลิตรต่อ โพลิเมอร์ 5 กิโลกรัม

3.3.5 อัตราการตกตะกอนของเศษดินหินในบ่อพักน้ำโคลน

น้ำโคลนจะอุ้มเศษดิน-หินขึ้นมาจากบ่อ และกองเศษดิน-หินให้ตกตะกอนในบ่อน้ำโคลน น้ำโคลนในบ่อต้องไหลอย่างเอื่อยๆ เพื่อให้เศษดิน-หินมีเวลาตกตะกอน

อัตราการตกตะกอนโดยประมาณของเม็ดทรายในโคลนที่มีความหนืด 40 วินาที จะเป็นดังนี้

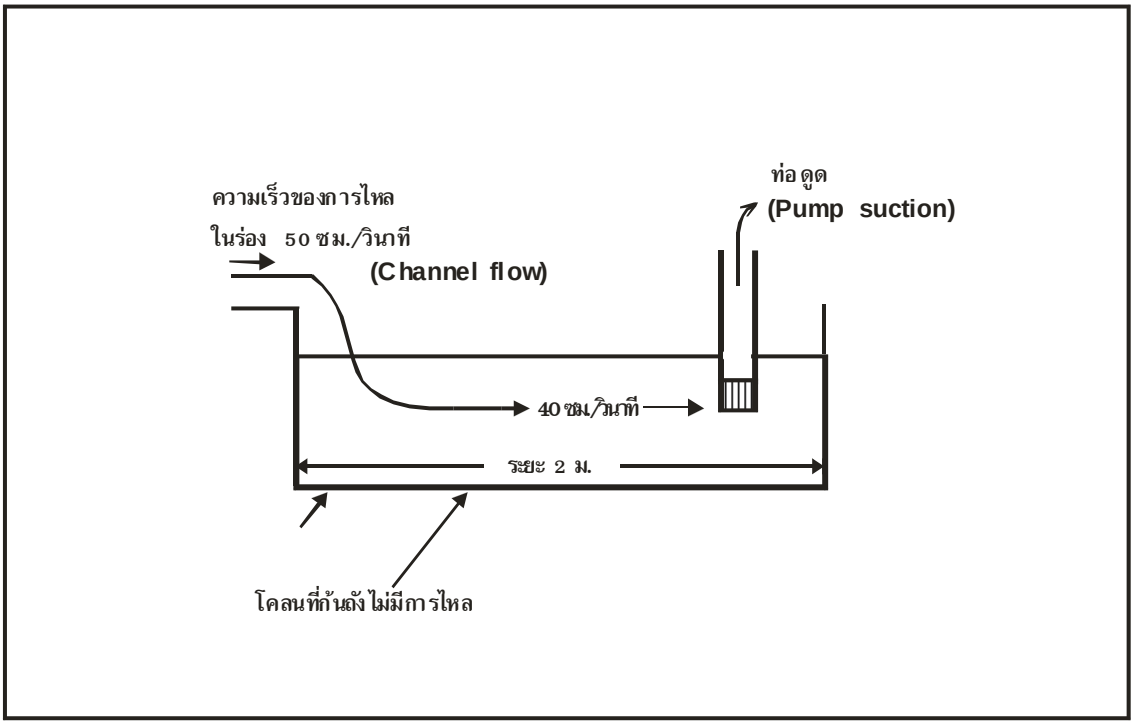
เม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม. = 0.7 มม./วินาที

“ “ 2 มม. = 3 มม./วินาที

“ “ 4 มม. = 11 มม./วินาที

เศษตัวอย่างดินหินขนาดใหญ่กว่าจะจมตัวในบ่อพักน้ำโคลนก่อน แค่เศษดิน-หินขนาดเล็กกว่าจะไหลเวียนกลับคืนไปยังหลุมอีก บ่อยครั้งที่น้ำโคลนจะไหลผ่านบ่อโคลนในลักษณะเป็นร่องเล็กๆ และไหลเร็วกว่า 40 มม. /วินาที (**รูปที่ 3.3.5-1**)

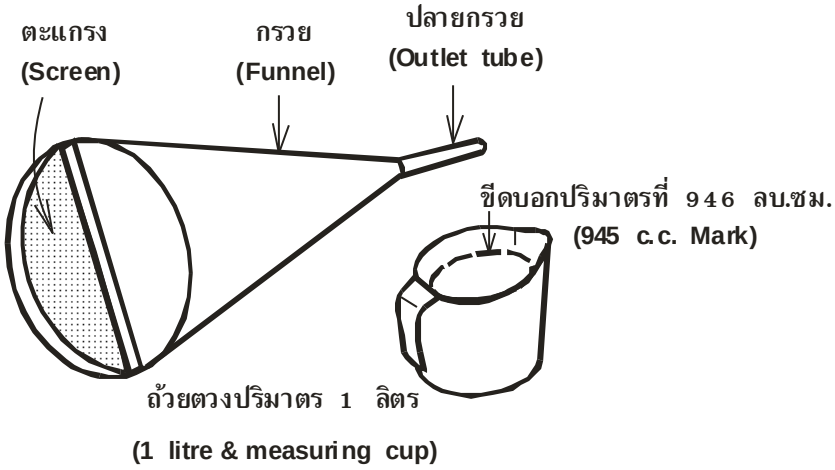
การทำความสะอาดบ่อน้ำโคลนในขณะที่เครื่องเจาะกำลังทำงานอยู่ ควรตักเศษดิน-หินที่ตกตะกอนอยู่บนโคลนออกด้วยความระมัดระวัง เพื่อไม่ให้เศษดินหินถูกดูดกลับลงไปในหลุมเจาะอีก



รูปที่ 3.3.5-1 อัตราการตกตะกอนในบ่อน้ำโคลน

3.3.6 การทดสอบความหนืดของน้ำโคลน

การทดสอบความหนืดโดยใช้กรวยนี้จะเป็นตัวชี้บอกถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการไหลของน้ำโคลน เพื่อให้ผลดียิ่งขึ้นควรวัดและจดบันทึกความหนืดของน้ำโคลนอย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 3.3.6-1 อุปกรณ์ทดสอบน้ำโคลนแบบกรวย

อุปกรณ์การทดสอบ (รูปที่ 3.3.6-1) ประกอบด้วย

1. กรวยมาตรฐาน
2. ถ้วยตวงมีขีดปริมาตรที่ 946 ลบ.ซม. (1 ควอร์ตสหรัฐ)
3. นาฬิกาจับเวลา

ถ้าทดสอบกับน้ำบริสุทธิ์จะอ่านค่าได้ 26 วินาที

วิธีทดสอบ

1. ตรวจดูให้กรวยสะอาด แห้งสนิท และไม่อุดตัน
2. ตั้งกรวยให้ตรงดิ่ง และใช้นิ้วมืออุดปลายกรวยไว้
3. ตักน้ำโคลนจากบ่อแล้วเทลงกรวยผ่านตะแกรงจนเต็มกรวย
4. ใช้ถ้วยตวงรองด้านล่างของกรวย ปล่อยน้ำโคลนให้ไหลลงยังถ้วยตวง เริ่มจับเวลาทันทีที่ปล่อยน้ำโคลน
5. จดบันทึกเวลาที่น้ำโคลนไหลลงถ้วยตวงจนได้ปริมาตร 946 ลบ.ซม. ค่าเวลาที่ได้คือ "ความหนืดของน้ำโคลนผ่านกรวย"
6. ปล่อยน้ำโคลนให้ไหลต่อออกไปจนหมดกรวย จดบันทึกเวลา ค่าเวลาที่ได้คือ เวลาที่น้ำโคลนหมดกรวย
7. ทำความสะอาดกรวยและถ้วยตวงและทิ้งให้แห้ง

8. น้ำสะอาดจะใช้เวลา 26 วินาที น้ำโคลนควรใช้เวลา 32-45 วินาที/ควอร์ต (หรือมากกว่าเมื่อจำเป็น)
9. ถ้าเจาะผ่านชั้นดินเหนียว ค่าความหนืดของน้ำโคลนจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเจาะผ่านชั้นกรวดหรือทรายและอื่นๆ ค่าจะลดลง
10. ถ้าต้องการเพิ่มความหนืดให้เติมผงโคลน ถ้าต้องการลดก็เพียงเติมน้ำ

3.3.7 อัตราการหมุนเวียนของน้ำโคลน

จุดมุ่งหมายของการหมุนเวียนของน้ำโคลน คือ เพื่อนำเศษดิน-หินขึ้นมาจากบ่อ โดยธรรมชาติแล้วเศษหินจะตกลงไปที่ก้นบ่อ อัตราเร็วของการตกขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ขนาดและรูปร่างของเศษดิน-หินนั้น และยังขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและความหนืดของน้ำโคลนด้วย

เศษดิน-หินที่กลมและหนักจะจมเร็ว เศษดิน-หินที่เป็นเกล็ดจะค่อยๆ จมลงน้ำโคลนที่มีความหนาแน่นมากจะหน่วงอัตราการจมของเศษดิน-หิน ความหนืดของน้ำโคลนจึงมีผลต่อการจมของเศษหินมาก เพื่อวัดเวลาที่เศษดิน-หินจะขึ้นมาจากก้นหลุม ควรดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ให้น้ำโคลนไหลหมุนเวียนขณะที่ยกหัวเจาะขึ้นจากก้นหลุมเล็กน้อย
2. เริ่มการเจาะ
3. วัดช่วงเวลาขณะที่เริ่มเจาะ จนกระทั่งเศษดิน-หินขึ้นมาถึงปากหลุม

ความเร็วของการไหลสามารถคำนวณได้จากการวัดอัตราการไหล ดังแสดงไว้ใน**ตารางที่ 3.3.7-1**

ตารางที่ 3.3.7-1 ความเร็วของการไหลของของเหลวขึ้นจากบ่อ

ชนิดของไหล	อัตราการไหลที่เหมาะสม (ม. /วินาที)
ลมและละอองน้ำ	25
น้ำ	0.6
โคลนธรรมดา	0.4
โคลนที่มีความหนืดสูง	0.2
ฟองเคมี	0.2

ถ้าความเร็วของการไหลสูงขึ้นเกินไปจะเซาะผนังบ่อให้เป็นโพรงในชั้นดิน-หินที่เปราะ ความเร็วของน้ำไม่ควรเกิน 2 เมตร/วินาที ความเร็วของลมไม่ควรเกิน 25 เมตร/วินาที ถ้าลมมีน้ำปนอยู่ก็ควรลดความเร็วลง ช่างเจาะควรเข้าใจถึงความเร็วของการไหลของน้ำขึ้นจากบ่อ ทั้งนี้เพื่อความแม่นยำในการเก็บตัวอย่างเศษดิน-หิน

3.4 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

ทำไมจึงต้องออกแบบบ่อน้ำบาดาล

- **หินอุ้มน้ำต่างชนิดกัน ออกแบบบ่อต่างกัน และใช้วัสดุต่างกัน**
- **การออกแบบบ่อในหินร่วน**
- **ชนิดของบ่อ บ่อลงกรวดกรุหรือไม่ลงกรวดกรุ**
- **การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์**
- **การวิเคราะห์ขนาดของเม็ดตะกอนที่จะออกแบบบ่อในแต่ละพื้นที่ไม่เหมือนกัน**
- **การออกแบบบ่อในหินแข็ง**

การออกแบบบ่อ หมายถึง การนำรายละเอียดต่างๆ ที่ได้จากการเจาะบ่อมาวางแผนการทำบ่อให้ได้ผลดีที่สุด การออกแบบอยู่ที่การใส่ท่อกรุและท่อกรองให้ถูกขนาดและถูกตำแหน่ง การออกแบบบ่อน้ำบาดาลอย่างง่าย การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลเป็นงานที่ต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนหลังจากเจาะพบชั้นน้ำบาดาล ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ประกอบการออกแบบบ่อน้ำบาดาลคือ

1) ข้อมูลจากช่างเจาะ (ความเร็วเจาะ การสูญเสียน้ำโคลน รอยแตก โพรง ตัวอย่างดิน ทรายหรือหิน ความเข้มข้นของน้ำโคลน เป็นต้น

2) ข้อมูลการแปลผลการหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะ

3) ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลบริเวณข้างเคียง (รูปแบบบ่อน้ำบาดาล ดังแสดงในภาคผนวก) เมื่อทำการออกแบบบ่อน้ำบาดาลโดยระบุขนาดบ่อ ขนาดหลุมเจาะขยาย ความลึกท่อกรุ และท่อกรองแล้วจึงก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลต่อไปเพื่อจะสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้

3.4.1 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลในหินร่วน

บ่อน้ำบาดาลที่เจาะในชั้นหินอุ้มน้ำชนิดกรวดและทรายมี 2 ชนิดคือ

1) บ่อที่ลงกรวดกรุ

2) บ่อที่ไม่ลงกรวดกรุ

บ่อที่ลงกรวดกรุ

การนำกรวดหรือทรายที่คัดขนาดแล้วใส่ลงไปรอบๆ ท่อกรองทำให้บริเวณนี้มีความซึมซาบสูง กรวดกรุที่คัดขนาดควรเลือกให้มีความสัมพันธ์กับขนาดของทรายในชั้นหินอุ้มน้ำเพื่อป้องกันทรายมิให้ไหลเข้าบ่อ ปัญหาน้ำไหลเข้าบ่อช้าเกือบจะไม่เกิดขึ้นในบ่อที่ลงกรวดกรุ ถ้าการพัฒนาบ่อดำเนินไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ การลงกรวดกรุจะเป็นผลดีในบางบ่อขึ้นอยู่กับลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำ เช่น ชั้นหินอุ้มน้ำชนิดทรายละเอียด การเรียงตัวดีมีความหนาสม่ำเสมอ ร่วน และมีลักษณะเป็นชั้นๆ การลงกรวดกรุจะได้ผลดี

บ่อที่ไม่ลงกรวดกรุ

บ่อสร้างขึ้นโดยอาศัยกรวดในชั้นหินอุ้มน้ำเป็นตัวกรอง การออกแบบรูเปิดของท่อกรองควรออกแบบให้มีรูให้ทรายที่อยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำส่วนหนึ่งสามารถไหลเข้าบ่อได้ และตักออกได้ในขณะที่พัฒนา

บ่อ รูเปิดท่อกรองควรมีขนาดที่ยอมให้ทรายในชั้นหินอุ้มน้ำผ่านได้ประมาณ 40% ถึง 60% การพัฒนาบ่อจะดึงเอาทรายละเอียดเข้าบ่อแล้วตักออกบริเวณรอบผนังบ่อ จะเหลือแต่ตะกอนเม็ดใหญ่กว่ารูเปิดของท่อกรองและกลายเป็นกรวดกรุโดยธรรมชาติ สามารถให้น้ำซึมผ่านได้มากขึ้น ผลจากการกรุกรวดโดยธรรมชาติทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของบ่อ และทำให้ตะกอนที่อยู่รอบผนังบ่อมีการเรียงตัวกันดี ผนังบ่อมีความมั่นคง อีกทั้งยังสามารถกันมิให้พวกตะกอนละเอียดในชั้นหินอุ้มน้ำไหลเข้าบ่อในสภาพที่เหมาะสมการสร้างบ่อโดยวิธีนี้มีประสิทธิภาพสูงและเสียค่าใช้จ่ายถูกกว่าบ่อที่ลงกรวดกรุ การเลือกขนาดรูเปิดของท่อกรองขึ้นอยู่กับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างของชั้นหินอุ้มน้ำ

3.4.1.1 บ่อที่ลงกรวดกรุ

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างบ่อน้ำบาดาลได้แก่

1. ท่อกรุหรือท่อกันพัง เป็นท่อเหล็กเหนียว ท่อพีวีซี หรือท่อชุบสังกะสีหรือแป๊ปน้ำที่มีความแข็งทนทาน

2. ท่อกรอง ท่อกรองมักจะทำด้วยโลหะผสม เช่น ทองเหลืองผสมทองแดง เหล็กชุบ ซึ่งมีราคาแพงบางครั้งใช้ท่อพีวีซีเซาะร่องซึ่งจะใส่ตรงชั้นหินอุ้มน้ำประมาณ 50-60% ของความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ

3. กรวดกรุ เป็นกรวดแม่น้ำซึ่งมีความมน กลม และมีการคัดขนาดให้ไล่เลี่ยกัน กรวดกรุจะใส่รอบท่อกรองและเลยขึ้นมาถึงท่อกรุบ้างเล็กน้อยเพื่อป้องกันเศษดิน-หินเข้าท่อกรองและบ่อกรวดกรุที่ใช้มักจะมีขนาดใหญ่กว่ารูท่อกรอง หรือรูท่อเซาะร่องประมาณ 3-4 เท่า

4. ซีเมนต์ ใช้ผสมน้ำเทส่วนบนรอบๆ ท่อกรุ ป้องกันไม่ให้น้ำสกปรกลงไปข้างๆ บ่อ

5. เครื่องสูบน้ำมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะใช้น้ำ ตั้งแต่สูบมือโยกจนถึงสูบเครื่องยนต์และที่ใช้ไฟฟ้า

1) การเลือกท่อกรุ ท่อกรองหรือท่อเซาะร่อง และท่อรับทราย

การเลือกท่อกรุ ท่อกรอง หรือท่อเซาะร่อง และท่อรับทราย รวมทั้งโครงบังคับบ่อซึ่งในการเลือกขนาดและชนิดของท่อจะต้องเป็นไปตามแบบบ่อที่กำหนดไว้ เช่น หากมีชั้นน้ำเค็มไม่ควรเลือกท่อบาง เช่น BSL แต่ควรเลือกท่อ BSM, BSH หรือท่อ ASTM sch.40 ซึ่งเป็นท่อหนา ถ้าชั้นน้ำบาดาลเป็นชั้นกรวดทรายน้ำจืด ควรเลือกท่อกรองประเภทแกนโครงพันลวดหรือท่อเซาะร่อง ถ้าชั้นน้ำบาดาลหากเป็นชั้นทรายละเอียดให้เลือกขนาดของช่องทางน้ำเข้าขนาดเล็ก แนวทางการเลือกขนาดและชนิดของท่อกรุ และท่อกรองมีดังนี้

(1) ท่อกรุ

ท่อกรุบ่อน้ำบาดาลที่นิยมใช้กันทั่วไป เปรียบเทียบของท่อมาตรฐานดังแสดงใน**ตารางที่ 3.4.1-1** ได้แก่ ท่อเหล็กและท่อพีวีซี

1) ประเภทท่อเหล็ก ท่อกรุที่เป็นเหล็ก ต้องเป็นเหล็กเหนียว ผิวเคลือบดำหรือชุบสังกะสี ซึ่งผลิตขึ้นตามมาตรฐาน American Petroleum Institute Standards [API] American Society for Testing and Material [ASTM] British Standards [BS] และมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) สำหรับชั้น

น้ำบาดาลที่มีคุณภาพน้ำเป็นกรดหรือมีคุณสมบัติกัดกร่อน หรือมีน้ำเค็มไม่ควรใช้ท่อกรุประเภท มาตรฐาน BS 1387 Steel and Tubular ชนิดบางและชนิดหนาปานกลาง

2) ท่อกรุประเภทพีวีซี ท่อกรุที่กำหนดให้ใช้เป็นท่อพีวีซี ควรใช้กับบ่อน้ำบาดาลที่มีระดับความลึกไม่เกิน 200 เมตร สำหรับท่อพีวีซีที่ใช้ควรได้มาตรฐานตาม มอก. หากเป็นบ่อน้ำบาดาลที่มีขนาดตั้งแต่ 100 มม. (4 นิ้ว) ขึ้นไป ควรใช้ท่อพีวีซีชั้นคุณภาพ ขนาด 13.5

ตารางที่ 3.4.1-1 การเปรียบเทียบรายละเอียดของท่อเหล็กและท่อ PVC แข็ง เฉพาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว หรือ 150 ม.ม.

1. ท่อเหล็ก									
รายละเอียด	ASTMA-53		API 5-L		BS1387		**มอก.276-277 (2-4)**		
	(A)	(B)	(A)	(B)	Med	Hard	2	3	4
O.D (mm.)	168.30	168.30	168.30		166.1	166.1	166.50	166.50	166.70
ความหนา (mm.)	7.11	7.11	7.11		4.85	5.4	5.0	5.4	7.1
ความต้านทานแรงดัน (เมกะพาสกาล)	10.45 (1,515 psi)	12.27 (1,779 psi)	1,200 psi	1,300 psi	700 psi	700 psi	50 Bar (735 psi)	50 Bar (735 psi)	50 Bar (735 psi)
จำนวนเกลียวปลายท่อ					11/นิ้ว	11/นิ้ว	11/นิ้ว	11/นิ้ว	8/นิ้ว
สีที่ขอบท่อ					Blue	Red	Blue	Red	Green

2. ท่อ PVC แข็ง		
รายละเอียด	**ประเภท 1 (ปลายธรรมดา)**	**ประเภท 2 (ปลายบาน)**
OD (หนา)	165 ± 0.40	166 ± 0.40
ความหนา (mm.)	11.7 ± 0.65	11.7 ± 0.65
ความต้านทานแรงดัน (เมกะพาสกาล) = 1.35 Mega Pascal (MPa) หรือ = 13.6 Kg/cm^2 หรือ = 193.49 psi		

การเปรียบเทียบแรงดันที่กระทำต่อท่อจะเห็นว่า PVC แข็ง ชนิดหนา 13.5 มม. ตาม มอก. 17 ทนแรงดันน้อยที่สุด (193.49 psi) เทียบกับท่อเหล็กประเภทต่างๆ ดังนั้นเมื่อเจาะน้ำบาดาลไม่ควรใช้กับบ่อที่ลึกเกินกว่า 200 เมตร (คำนวณกับกรวดกรุบ่อที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ= 2.65) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรุ และปริมาณของน้ำที่คาดว่าจะได้จากบ่อสามารถเปรียบเทียบได้ดัง**ตารางที่ 3.4.1-2**

ตารางที่ 3.4.1-2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรุ และปริมาณของน้ำที่คาดว่าจะได้จากบ่อ

ขนาดของจาน ลูกสูบ (ซม.)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ใหญ่สุดของท่อกรุ (ซม.)	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก สุดของท่อกรุ (ซม.)	ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะได้จากบ่อ 1 US gallon = 3.875 ltr. 1 UK gallon = 4.546 ltr. (แกลลอน / นาที)
10.16	15.24 ID	12.70 ID	น้อยกว่า 100
12.70	20.30 ID	15.24 ID	75 – 175
15.24	25.40 ID	20.30 ID	150 – 400
20.30	30.48 ID	25.40 ID	350 – 650
25.40	35.56 OD	30.48 OD	600 – 900
30.48	40.64 OD	35.56 OD	850 – 1300
35.56	50.48 OD	40.64 OD	1200 – 1800
40.64	60.96 OD	50.48 OD	1600 - 3000

หมายเหตุ ID หมายถึง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรุวัดภายในท่อไม่รวมความหนาของท่อ
OD หมายถึง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรุวัดภายนอกรวมความหนาของท่อ

(2) ท่อกรอง

ท่อกรอง (Screen) ที่ใช้กับบ่อน้ำบาดาลมีหลายชนิด การเลือกใช้และการออกแบบขนาดของรูเปิดท่อกรองมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของบ่อ หน้าที่ของท่อกรองมีดังนี้

1) เพื่อค้ำยันผนังบ่อในระหว่างที่บ่อยังใช้งานได้
2) เพื่อให้น้ำในชั้นหินอุ้มน้ำไหลเข้าบ่อได้มากทางรูเปิดของท่อกรอง
3) กรองทราย
4) ทำหน้าที่พยุงบ่อไม่ให้บ่อพังเมื่อทำการพัฒนาบ่อ

การออกแบบรูเปิดของท่อกรองคือ พื้นที่ของรูเปิดหารด้วยพื้นที่ทั้งหมดของผิวท่อกรอง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เช่น พื้นที่รูเปิด 30% หมายความว่า 30% ของพื้นที่ผิวของท่อกรองที่เจาะเป็นรูท่อกรอง (**รูปที่ 3.4.1-1**) เช่น

- ท่อเหล็กหรือท่อพีวีซี
- ท่อกรองตาข่ายลวด
- ท่อเซาะร่องซึ่งมีทั้งโลหะหรือพีวีซี
- ท่อกรองแบบลวดพัน
- ท่อกรองชนิดท่อกรุเจาะรู

รูปที่ 3.4.1-1 ตัวอย่างท่อกรองชนิดต่างๆ (ก) ท่อเหล็กหรือท่อพีวีซี (ข) ท่อกรองตาข่ายลวด (ค) ท่อเซาะร่องซึ่งมีทั้งโลหะหรือพีวีซี (ง) ท่อกรองแบบลวดพัน (จ) กรองชนิดท่อกรุเจาะรู
(Thai Pipe Industry Co.,LTD, 2018 : printingscreenmesh.com, 2017 : บริษัท ไชยรุ่งเรือง วอเตอร์เซอร์วิส จำกัด, 2018 : www.sima-aree.com, 2009 : Alibaba.com, 1999)

ท่อกรองที่ลงในบ่อมาตรฐานมีเครื่องเจาะรูโดยใช้เครื่องอ๊อกซิอะเซททีลีนหรือเครื่องเซาะร่องในสนาม

1. รูเปิดไม่สามารถเจาะถี่ได้ทำให้พื้นที่รูเปิดน้อย
2. รูเปิดมีขนาดแตกต่างกัน และขอบรูที่เจาะจะไม่เรียบทำให้ท่อเกิดการกัดกร่อนได้ง่าย
3. รูเปิดขนาดใหญ่จะทำให้ไม่สามารถที่จะกรองพวกตะกอนละเอียดหรือขนาดปานกลางได้

ท่อที่เจาะรูควรเจาะให้ได้พื้นที่รูเปิดถึง 30% ไม่ว่าจะเป็นท่อเหล็กหรือพีวีซี

ข้อดี ข้อเสียการเจาะรูด้วยเครื่องเจาะมีดังนี้

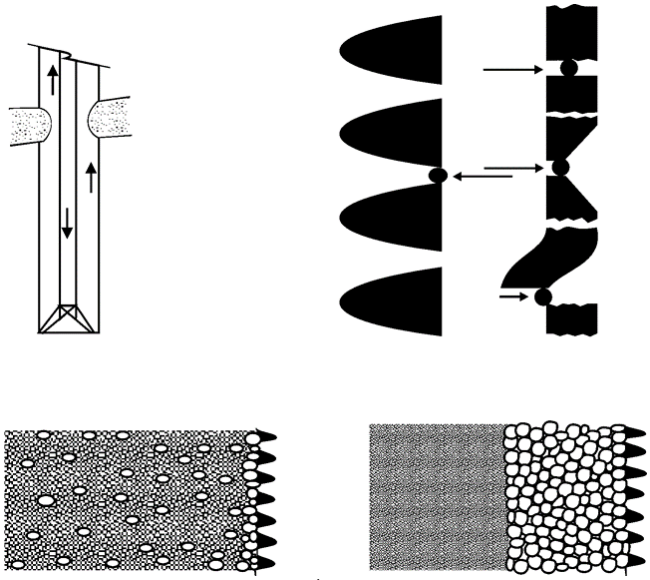
1. ลดความแข็งแรงของท่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งท่อพีวีซี
2. มีแนวโน้มเกิดการอุดตันของรูเปิด ทำให้พื้นที่รูเปิดลดลง (อาจจะถึง 50%) ท่อกรองตาข่ายลวด ทำจากท่อเจาะรูที่มีรูใหญ่เกินไป แล้วพันและเชื่อมรอบท่อที่เจาะรูด้วยเส้นลวดเหล็กสแตนเลสหรือบรอนซ์ (เส้นลวดทองแดงผสมดีบุก)

ข้อดี มีพื้นที่รูเปิดมากกว่าท่อเจาะรู มีความแข็งแรงดี

ข้อเสีย ระหว่างการพัฒนาบ่อท่อกรองอาจจะพัง ถ้ามีแรงดันกลับท่อกรองจะอุดตันเกิดสนิมเคลือบ ทำให้ปริมาณน้ำเข้าบ่อลดลง

ท่อกรองที่ออกแบบไม่ให้อุดตันควรจะมีรูเปิดแบบรูลิ่มหรือรูปตัววี (V) ดู**รูปที่ 3.4.1-2** รูเปิดของท่อกรองควรจะเรียบเพื่อให้น้ำไหลเข้าออกได้สะดวก

ท่อกรองแบบลวดพัน ความแข็งแรงของท่อกรองที่เหมาะสมใช้กับงานต่างๆท่อกรองแบบพันลวดมีความแข็งแรงที่ได้มาตรฐาน โดยออกแบบให้เหมาะสมกับทุกสภาพ ทั้งยังคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก มีประสิทธิภาพสูง เพราะออกแบบโดยคำนึงถึงความสามารถให้น้ำไหลเข้าบ่อได้สูงสุด



รูปที่ 3.4.1-2 ลักษณะรูเปิดท่อกรองแบบรูปลิ่มหรือรูปตัววี (V) จะป้องกันการอุดตันของเศษดิน-หินได้ ในทางตรงกันข้ามถ้ารูเปิดท่อกรองแบบไม่ต่อเนื่องและเป็นรูปสี่เหลี่ยมดังแสดงไว้ในรูปขวามือ ตะกอนจะอุดตันได้ง่ายและทำให้น้ำไหลไม่สะดวก

ท่อกรองสำหรับบ่อน้ำบาดาลที่นิยมใช้มี 2 ประเภท คือ ท่อกรองโครงโลหะพันลวด และท่อกรองประเภทเซาะร่อง ซึ่งท่อกรองที่ดีจะต้องออกแบบไม่ให้เกิดการอุดตันได้ง่าย ในการเลือกท่อกรองควรพิจารณาขนาดกรวดกรุบ่อ ขนาดเม็ดตะกอนที่เป็นชั้นน้ำความลึกของบ่อน้ำบาดาลและค่าใช้จ่าย

(1) ท่อกรองชนิดโครงโลหะพันลวด (**รูปที่ 3.4.1-1 ง)** ได้แก่ ท่อกรองชนิดสแตนเลส (stainless steel screen) ชนิด AISI (American Iron and Steel Institute) type 304 เป็นท่อกรองที่มี

ความคงทน แข็งแกร่งที่สุดในกลุ่มท่อกรองด้วยกัน เป็นท่อที่ผลิตจากโรงงานด้วยวิธีการพันเส้นลวดโลหะรอบโครง (แกน) โลหะ โดยเว้นช่องว่างระหว่างเส้นลวดเพื่อเป็นช่องทางให้น้ำไหลผ่านเข้าบ่อน้ำบาดาลได้ **ตารางที่ 3.4.1-2** แสดงความสัมพันธ์ของขนาดกรวดกรุ เบอร์ท่อกรอง และขนาดกรวดทรายของชั้นน้ำบาดาล ท่อกรองส่วนใหญ่นิยมใช้ตามมาตรฐานของ Johnson Well Screen หรือ Cook Strainer แบบ ID size type (AWWA, 2006)

(2) ท่อกรองชนิดเซาะร่อง (**รูปที่ 3.4.1-1 ค)** การเลือกประเภทท่อเซาะร่องควรเลือกให้เป็นมาตรฐานเดียวกับท่อกรุที่ใช้ จะเป็นท่อเหล็กหรือท่อพีวีซี ซึ่งต้องเซาะร่องตามแนวยาวของท่อ ขนาดร่องกว้างไม่เกิน 3 มม. (1/8 นิ้ว) และยาวไม่เกิน 88 มม. ห่างกัน 12.5 มม. (มาตรฐาน มอก.) ท่อกรองทั้งหมดราคาท่อกรองประเภทเซาะร่องประหยัดกว่าท่อกรองประเภทโครงเหล็กพันลวด ดังนั้นการเลือกใช้ท่อเซาะร่องต้องพิจารณาจากสภาพอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำหรือผลการวิเคราะห์ตะกอน หากเป็นตะกอนประเภทกรวดหยาบหรือตะกอนขนาดใหญ่กว่า 3 มม. สามารถใช้ท่อเซาะร่องได้

(3) ความยาวท่อกรอง

การกำหนดความยาวท่อกรองมีความสำคัญในการออกแบบบ่อน้ำบาดาล การคำนวณความยาวของท่อกรองมีปัจจัยที่สำคัญที่เกี่ยวข้อง คือ ความหนาของชั้นน้ำบาดาลและขนาดช่องว่างของท่อกรองเพื่อให้การไหลของน้ำผ่านช่องว่างท่อกรองได้สะดวกหรือประมาณไม่เกิน 0.03 ม./วินาที ความยาวของท่อกรองที่จะใส่ลงในบ่อน้ำบาดาล ขึ้นอยู่กับลักษณะและความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

ก. ชั้นหินอุ้มน้ำที่มีแรงดัน (Confined Aquifer) โดยทั่ว ๆ ไปจะลงท่อกรองยาว 70-80% ของความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ และความยาวของท่อกรองขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำด้วย กล่าวคือ

- ถ้าชั้นหินอุ้มน้ำหนาน้อยกว่า 7.50 เมตร ควรลงท่อกรอง 70% ของความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ
- ถ้าชั้นหินอุ้มน้ำหนาระหว่าง 7.50-15 เมตร ควรลงท่อกรอง 75% ของความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ
- ถ้าชั้นหินอุ้มน้ำมากกว่า 15 เมตร ควรลงท่อกรอง 80% ของความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ

ข. ชั้นหินอุ้มน้ำไร้แรงดัน (Unconfined Aquifer) โดยทั่ว ๆ ไปจะลงท่อกรองที่มีความยาวเท่ากับหนึ่งในสามของความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ

นอกจากจะพิจารณาความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำแล้ว ยังต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายและปริมาณของน้ำที่ต้องการใช้ด้วย

(3) กรวดกรุ

วัตถุประสงค์ของการอัดกรวดในบ่อน้ำบาดาลภายหลังจากการติดตั้งท่อกรุและท่อกรอง

1. เพื่อเป็นการค้ำยันและป้องกันผนังบ่อพัง ถ้าหินอุ้มน้ำเป็นหินร่วน การกรุกรวดจะเป็นแนวค้ำยันช่วยกรองเม็ดตะกอนที่ไหลเข้าบ่อ รวมทั้งยังช่วยลดความเร็วของน้ำที่จะเข้าบ่อด้วย

2. ในกรณีที่ชั้นหินอุ้มน้ำมีขนาดเม็ดตะกอนละเอียดหรือค่อนข้างเล็กจะออกแบบช่องรูเปิดน้ำเข้าของท่อกรองให้เล็กกว่าขนาดของตะกอนอาจจะทำให้ช่องรูเปิดน้ำเข้ามีน้ำเข้าบ่อน้อยเพื่อเป็นการเพิ่มช่องรูเปิดน้ำเข้าให้กว้างขึ้น โดยที่เม็ดตะกอนไม่ไหลเข้าบ่อโดยใส่กรวดกรุแล้วนำขนาดประสิทธิผลของกรวดกรุมากำหนดขนาดช่องรูเปิดน้ำเข้าของท่อกรอง

3. ในกรณีที่มีชั้นหินอุ้มน้ำหลายชั้น ขนาดเม็ดตะกอนแต่ละชั้นมีขนาดแตกต่างกันจะได้ค่าเฉลี่ยของเม็ดตะกอนมาออกแบบช่องรูเปิดน้ำเข้าของท่อกรองจะทำให้ได้ขนาดช่องรูเปิดน้ำเข้าขนาดเดียวกันตลอดเป็นมาตรฐาน

การอัดกรวดกรุที่นิยมทำกันในปัจจุบันมี 2 แบบ คือ การใส่กรวดกรุ และไม่ลงกรวดกรุ

การใส่กรวด (Artificial gravel pack) ในกรณีที่ชั้นหินอุ้มน้ำประกอบด้วย เม็ดตะกอนขนาดเล็กเพื่อเป็นการเพิ่มการซึมผ่านของน้ำที่จะไหลเข้าบ่อได้สะดวกและยังช่วยป้องกันผนังบ่อพัง จากการวิเคราะห์เม็ดตะกอนในหัวข้อ 3.4.2 ขนาดของกรวดกรุจะอยู่ในช่วงพื้นที่แรเงา ยกเว้นพื้นที่ที่อยู่ปลายทั้งสองของพื้นที่แรเงา เช่น ตัวอย่างขนาดของกรวดกรุ สามารถใช้ได้ตั้งแต่ขนาด 1.0 มม. จนถึง 2.4 มม.

3.4.1.2 บ่อที่ไม่ลงกรวดกรุ

กรณีที่หินอุ้มน้ำเป็นหินร่วนอุ้มน้ำมีขนาดหยาบมากกว่าขนาดละเอียด อาจเป็นทรายปนในชั้นกรวดซึ่งปริมาณของทรายไม่มากนักผลจากการวิเคราะห์การกระจายขนาดของตัวอย่างนำมาออกแบบช่องรูเปิดน้ำเข้า โดยขนาดช่องรูเปิดน้ำเข้ามีขนาดพอที่จะให้เม็ดตะกอนเล็กเข้าบ่อได้ภายหลังจากการพัฒนาบ่อแล้วตักตะกอนเข้าบ่อออก โดยใช้กระบอกตัก รอบ ๆ ผนังบ่อก็จะเหลือแต่เม็ดตะกอนขนาดใหญ่ที่เป็นกรวด ซึ่งจะช่วยเพิ่มความซึมผ่านของน้ำที่ไหลเข้าบ่อ

3.4.2 การวิเคราะห์ขนาดเม็ดตะกอน

การวิเคราะห์ขนาดเม็ดตะกอน เพื่อใช้ในการออกแบบรูเปิดของท่อกรองในกรณีที่ชั้นหินอุ้มน้ำเป็นหินร่วน เช่น ชั้นกรวดทราย และใช้ได้ดีในการเจาะน้ำบาดาลลึกๆ ที่มีปัญหามาก การวิเคราะห์ขนาดเม็ดตะกอนเพื่อใช้ในการออกแบบบ่อน้ำบาดาลและช่วยเลือกขนาดของกรวดกรุสามารถสรุปดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์ ได้แก่ ชุดตะแกรงร่อนพร้อมถาดรอง 1 ชุด ดังแสดงใน**รูปที่ 3.4.2-1** และเครื่องชั่งสามารถอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

2. วิธีการร่อนตัวอย่างเม็ดตะกอน

2.1 นำตัวอย่างออกจากเครื่องมือเก็บตัวอย่างบันทึกลักษณะการเชื่อมประสานของเม็ดทรายหรือปริมาณดินเหนียวและทรายแป้งที่ปนอยู่ในตัวอย่าง

2.2 คลุกเคล้าตัวอย่างให้เข้ากันหมด ทำการลดปริมาณตัวอย่างโดยวิธีแบ่งตัวอย่างเป็นสี่ส่วน แล้วคัดเอาแต่สองส่วนที่อยู่ตรงกันข้าม ถ้าตัวอย่างมีมากจะต้องทำการลดปริมาณโดยวิธีนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเหลือประมาณ 500 กรัม หรือใกล้เคียง แล้วนำไปชั่งบันทึกน้ำหนักไว้ดังแสดงใน**รูปที่ 3.4.2-2**

3. เกลี่ยตัวอย่างลงบนถาดเหล็กที่สะอาด ตากหรืออบตัวอย่างให้แห้งทุบตัวอย่างที่จับกันเป็นก้อนให้แตก ตรวจสอบความสะอาดของตะแกรงร่อน เรียงตะแกรงร่อนซ้อนกันโดยเริ่มจากถาดรองอยู่ล่างสุด ถัดขึ้นไปเป็นตะแกรงร่อนขนาดช่องเล็กและใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ดังแสดงใน**รูปที่ 3.4.2-1**

4. นำตัวอย่างที่แห้งไปชั่งบันทึกน้ำหนักไว้

5. เทตัวอย่างลงบนตะแกรงร่อนบนสุดที่เรียงไว้และปิดฝา

6. ใช้เครื่องเขย่าชุดตะแกรงร่อน เขย่าจนกระทั่งแน่ใจว่าตัวอย่างลอดผ่านตะแกรงเท่าที่สามารถผ่านได้

7. นำตัวอย่างที่ค้างอยู่บนตะแกรงบนสุดไปชั่งและบันทึกน้ำหนักลงบนกระดาษบันทึกข้อมูล

8. นำตัวอย่างที่ค้างอยู่บนตะแกรงบนสุดไปชั่ง และบันทึกน้ำหนักไว้แล้วนำน้ำหนักที่ได้ไปบวกกับน้ำหนักที่ชั่งได้ในข้อ 9 จะได้น้ำหนักสะสม

9. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ค้างบนแต่ละตะแกรงที่ถัดลงมาเรื่อยๆ และบันทึกน้ำหนักไว้ จนกระทั่งถึงถาดรอง น้ำหนักรวมสะสมครั้งสุดท้ายควรจะเท่ากับน้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งครั้งแรกก่อนทำการร่อน

10. นำค่าของขนาดเม็ดตะกอนที่ผ่านตะแกรงร่อน และเปอร์เซ็นต์สะสมของเม็ดที่ค้างอยู่บนตะแกรงจาก**รูปที่ 3.4.2-2** มาพล๊อตลงในกระดาษกึ่งล๊อก ดังแสดงใน**รูปที่ 3.4.2-3** การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยตะแกรงร่อนจะไม่มีประโยชน์เลย ถ้าการเก็บตัวอย่างไม่ละเอียดและไม่ถูกต้อง

3.4.2.1 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอเพื่อออกแบบขนาดรูเปิดของท่อกรอง

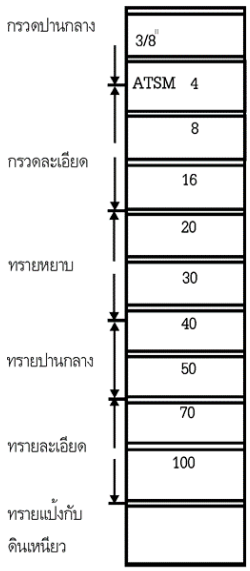
ผลการร่อนตะกอนนำมาพล๊อตกราฟมีลักษณะต่างๆ ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเม็ดตะกอนโดยพิจารณาจากรูปร่างหรือความลาดชันของเส้นกราฟ ดังแสดงใน**รูปที่ 3.4.2-3**

กลุ่ม 1 เม็ดตะกอนขนาดละเอียด มีขนาดไล่เลี่ยกันเช่น ทรายละเอียด ถ้าเป็นชั้นหินอุ้มน้ำจะให้น้ำจำกัด รูปร่างและความลาดชันของกราฟแสดงใน**รูปที่ 3.4.2-3ก**

กลุ่ม 2 เม็ดตะกอนขนาดละเอียดปนเม็ดขนาดหยาบประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ เช่น ทรายละเอียดปนทรายหยาบมากรูปร่างและความลาดชันของกราฟแสดงใน**รูปที่ 3.4.2-3ข**

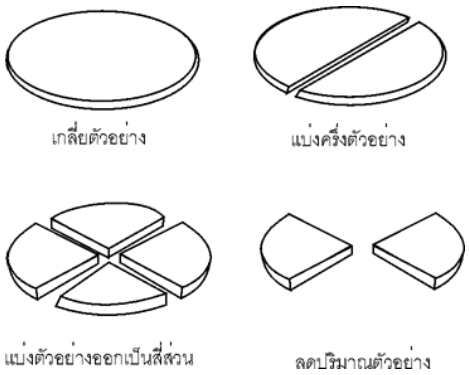
กลุ่ม 3 เม็ดตะกอนทรายหยาบถึงหยาบมากมีความซึมซาบดี เช่น ทราย ปนทรายหยาบมากรูปร่างและความลาดชันของกราฟแสดงใน**รูปที่ 3.4.2-3ค**

กลุ่ม 4 เม็ดตะกอนทรายปนกรวดมีความซึมซาบดี จะทำให้รูปร่างของกราฟคล้ายกับตัว S แต่มีหางยาว ดังใน**รูปที่ 3.4.2-3ง**

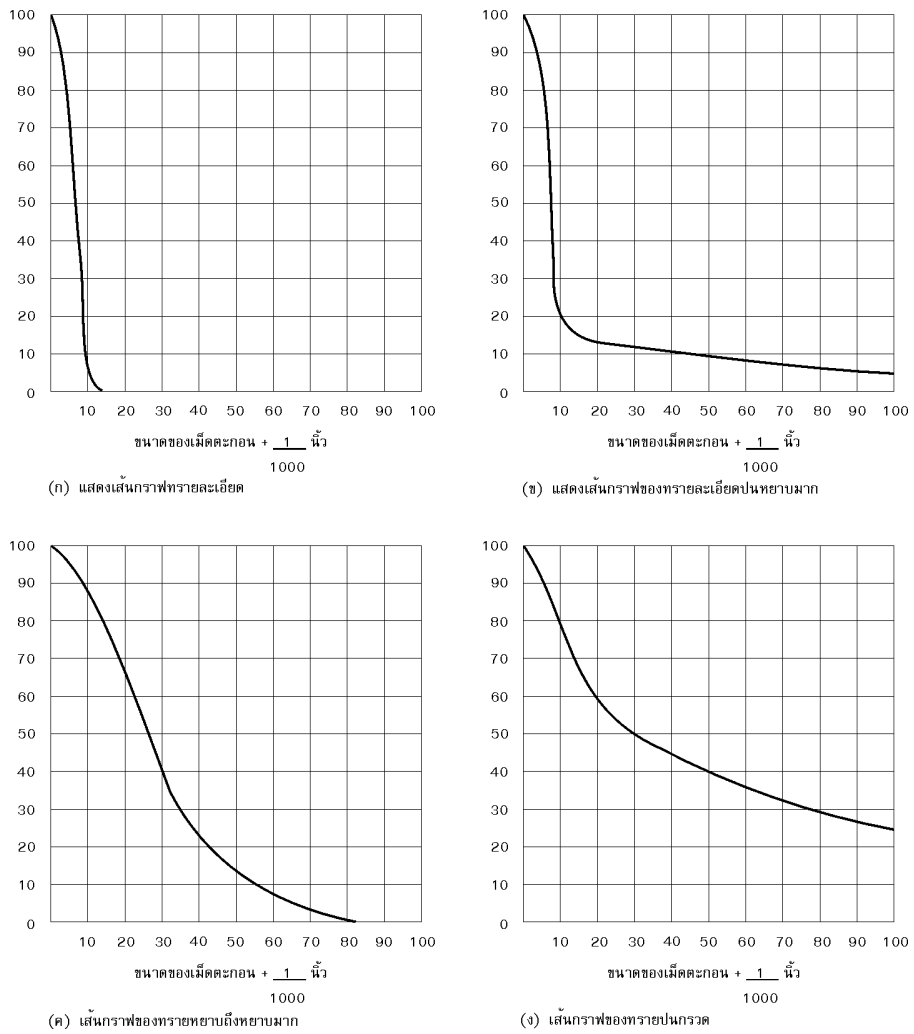


	ขนาดช่องตะแกรงร่อน	น้ำหนักของตัวอย่างที่ค้างอยู่บน (กรัม)	น้ำหนักสะสม (กรัม)	เปอร์เซนต์สะสมที่ตัวอย่างค้างอยู่บนตะแกรง %
	9.5 มม.	0	0	0
	4.75 มม.	0	0	0
	2.4 มม.	0	0	0
	1.2 มม.	10	10	1
	0.84 มม.	22	32	4
	0.6 มม.	40	72	9
	0.42 มม.	96	168	21
	0.3 มม.	208	376	47
	0.21 มม.	324	700	88
	0.15 มม.	45	745	93
	ถาดรอง	55	800	100
	รวม	800		

รูปที่ 3.4.2-1 ลักษณะของตะแกรงร่อนตะกอน



รูปที่ 3.4.2-2 การแบ่งตัวอย่างเพื่อทำการร่อน



รูปที่ 3.4.2-3 การแบ่งตัวอย่างเพื่อทำการร่อน ลักษณะของกระดาษพล๊อตเปอร์เซ็นต์สะสมของเม็ดตะกอน

นอกจากจะพิจารณาความชันของเส้นกราฟแล้ว การที่จะทราบว่าเม็ดตะกอนมีขนาดแตกต่างหรือไล่เลี่ยกันก็ต้องหาค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Uniformity Coefficient, Cu) มาประกอบการพิจารณาด้วย

ถ้า Cu มากกว่า 5 ตัวอย่างจะประกอบด้วยเม็ดตะกอนที่มีขนาดใหญ่คละกับขนาดเล็ก

ถ้า Cu น้อยกว่า 5 ตัวอย่างจะประกอบด้วยเม็ดตะกอนที่มีขนาดไล่เลี่ยกัน

ในการพิจารณาเลือกขนาดรูเปิดของท่อกรองและขนาดกรวดกรุ จะต้องพิจารณาค่า Cu กับลักษณะของชั้นดินหินที่กดทับบนชั้นหินอุ้มน้ำด้วย ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.4.2-1**

ตารางที่ 3.4.2-1 การพิจารณาค่า Cu กับสภาพของชั้นดินหินที่ปิดทับชั้นหินอุ้มน้ำ

Cu	ชั้นที่กดทับอยู่ส่วนบนของชั้นหินอุ้มน้ำ	ค่าเปอร์เซนต์ที่เม็ดตะกอนค้างอยู่บนตะแกรงที่จะใช้ออกแบบขนาดของช่องรูเปิดน้ำเข้าของท่อกรอง
>6	มั่นคง (แข็ง ไม่พังง่าย)	30
>6	ไม่มั่นคง (อ่อน พังง่าย)	50
6 – 3	มั่นคง (แข็ง ไม่พังง่าย)	40
6 – 3	ไม่มั่นคง (อ่อน พังง่าย)	60

ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลจากกราฟ**รูปที่ 3.4.2-3** ความลาดชันของเส้นกราฟมากแสดงว่าเป็นเม็ดตะกอนที่มีขนาดไล่เลี่ยกัน มีขนาดเท่าทรายหยาบ ค่า Cu ที่หาได้จากกราฟมีค่าเท่ากับ 1.8 ซึ่งค่าน้อยกว่า 5 แสดงว่าขนาดเม็ดตะกอนมีความสม่ำเสมอ ดังนั้นขนาดของรูเปิดท่อกรองที่เลือกจะเท่ากับขนาดของเม็ดตะกอนที่ค้างอยู่บนตะแกรง 50%

3.4.2.2 การวิเคราะห์ตะกอนเพื่อออกแบบขนาดรูเปิดของท่อกรอง

การวิเคราะห์ตัวอย่างตะแกรงร่อนที่ใช้เลือกขนาดรูเปิดของท่อกรองสำหรับบ่อที่ลงกรวดกรุ กรวดคัดขนาดที่จะนำมากรุจะต้องมีความสัมพันธ์กับขนาดของเม็ดตะกอนในชั้นหินอุ้มน้ำ การออกแบบการกรุกรวดแบบง่าย ขั้นตอนมีดังนี้

1. จาก**รูปที่ 3.4.2-4** อ่านค่าขนาดของเม็ดตะกอนที่ค้างบนตะแกรงที่ 75 เปอร์เซ็นต์ แล้วคูณด้วย 4 และ 5 จะได้จุด 2 จุดคือ

จุด ก. (0.25 x 4 = 1 มม.) และจุด ข. (0.25 x 5 = 1.25 มม.)

2. อ่านค่าขนาดของเม็ดตะกอนที่ค้างบนตะแกรงที่ 25 เปอร์เซ็นต์แล้วคูณด้วย 4 และ 6 จะได้จุดอีก 2 จุดคือจุด ค. (0.4 x 4 = 1.6 มม.) และจุด ข. (0.4 x 6 = 2.4 มม.)

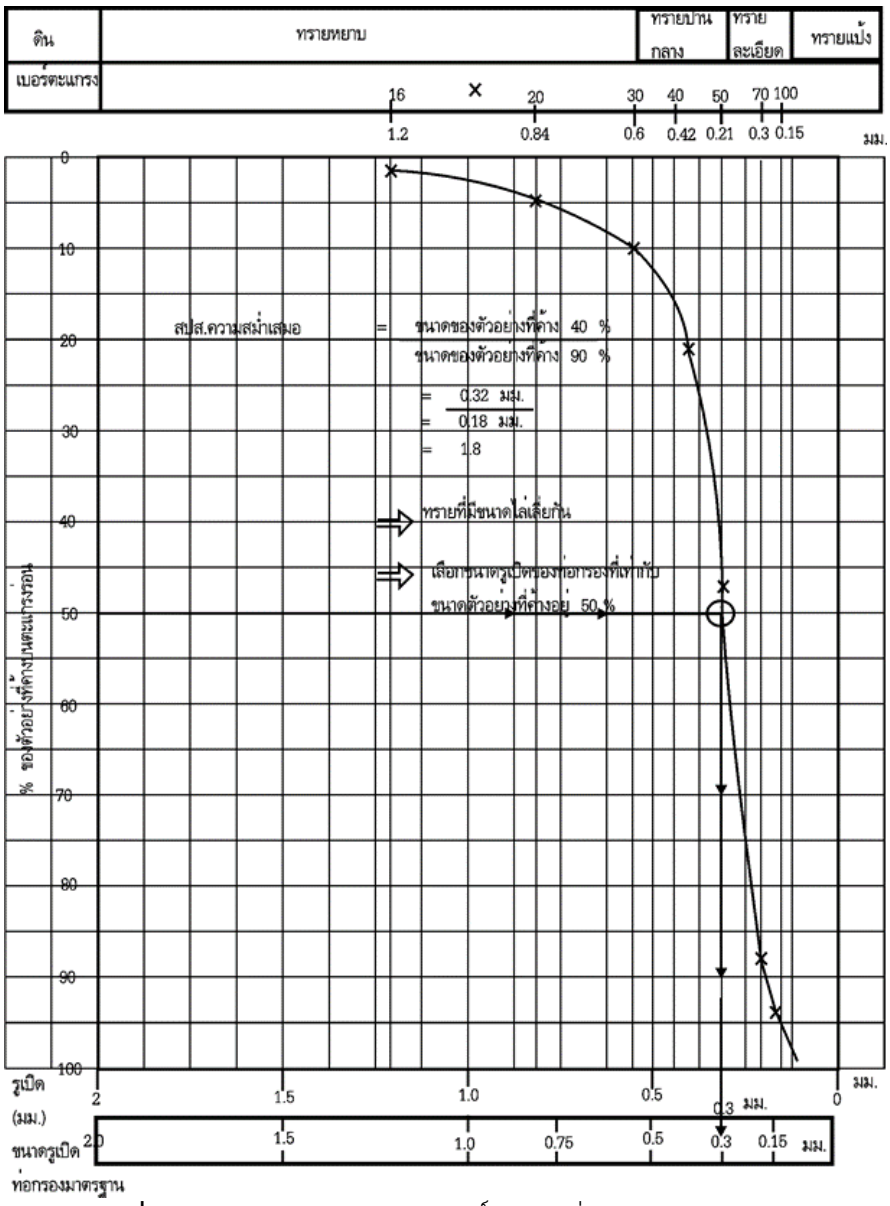
3. ลากเส้นประ จากจุด ก. ไปยังจุด ค. และจากจุด ข. ไปยังจุด ง. จะได้พื้นที่ดังที่แรเงาส่วนกลางใน

4. ลากจากจุด จ. (จุด จ. คือจุดที่อยู่บนเส้นกราฟที่อ่านได้จากขนาดของเม็ดตะกอนที่ค้างอยู่บนตะแกรงที่ 10 เปอร์เซ็นต์) ไปยังจุด ฉ. (จุด ฉ. คือจุดที่ลากเส้นตรงดิ่งจากจุด จ. มาตัดกันกับเส้นที่ขนาดของเม็ดตะกอนที่ค้างอยู่บนตะแกรงที่ 90 เปอร์เซ็นต์

5. ลากเส้นตรงประจากจุด ก. ไปยังจุด ฉ. และลากเส้นตรงประต่อออกไปทั้ง 2 ข้างจากจุด ง. และ ข. จะได้พื้นที่แรเงาทั้งหมด ดังใน**รูปที่ 3.4.2-4**

6. ลากเส้นแบ่งครึ่งพื้นที่แรเงา คือ เส้นประ ช. - ซ. (เส้นประ ช. - ช. คือ เส้นกราฟที่แทนแสดงขนาดของกรวดกรุ)

การเลือกขนาดรูเปิดของท่อกรอง ขนาดรูเปิดของท่อกรองเลือกจากขนาดของกรวดกรุที่ค้างอยู่บนตะแกรง 90 เปอร์เซ็นต์ คือ จุด ช. (ซึ่งมีขนาดของรูเปิด = 0.75 มม.)



รูปที่ 3.4.2-4 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Cu) ของตะกอน

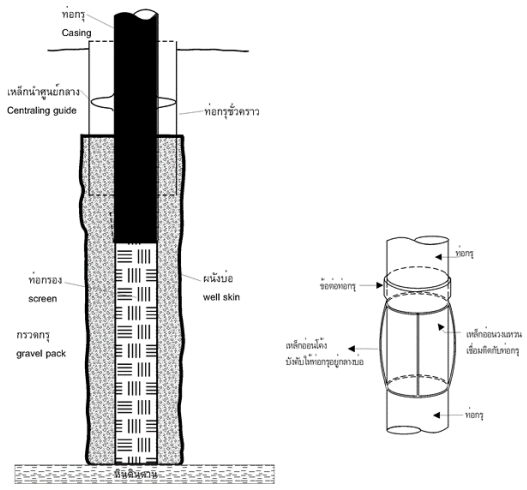
(จาก โครงการร่วมไทย-ออสเตรเลีย, 2528)

3.4.3 การก่อสร้าง

3.4.3.1 การติดตั้งท่อกรุและท่อกรอง

การเจาะและเก็บตัวอย่างดิน-หิน สามารถทราบถึงการเรียงลำดับชั้นหินของบ่อ ผลการวิเคราะห์การกระจายขนาดของเม็ดตะกอนของชั้นหินอุ้มน้ำสามารถคำนวณได้ดังที่กล่าวมาข้างต้น ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาออกแบบท่อกรุช่องรูเปิดน้ำเข้าและความยาวของท่อกรอง การใส่ท่อกรุ ท่อกรอง การติดตั้งใช้กันทั่วไปคือ เชื่อมท่อกรองติดกับท่อกรุ และปลายท่อกรองอีกด้านจะเชื่อมติดอยู่กับท่อกรุยาวประมาณ 60 เซนติเมตร ปลายปิดไว้เป็นที่สำหรับสะสมตะกอนในบ่อภายหลังจากการพัฒนาบ่อ ตะกอนเม็ดเล็กกว่าช่องรูเปิดของท่อกรองจะเข้าไปสะสมอยู่ก้นบ่อ จะใช้กระบอกตักตะกอนออกได้

เนื่องจากบ่อที่เจาะจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าท่อกรุ ท่อกรองที่จะใส่ลงไป ดังนั้นถ้าหากจะใส่ท่อกรุท่อกรองลงไปในบ่อทันทีจะทำให้ท่อกรุท่อกรองไม่อยู่ตรงกลางบ่อช่องว่างรอบๆ ดังนั้นการติดตั้งท่อกรุท่อกรองให้อยู่ตรงกลางบ่อจำเป็นต้องทำ**เหล็กนำศูนย์ (Centering guides รูปที่ 3.4.3-1)** โดยนำเหล็กเส้นหรือเหล็กขนาดกว้าง 2.54 เซนติเมตร มาตัดเป็นรูปตัว C โดยส่วนโค้งของเหล็กนำศูนย์กลางจะติดกับผนังบ่อปลายทั้งสองจะเชื่อมติดกับท่อกรุ ความกว้างจากปลายถึงยอดส่วนโค้งจะเท่ากับช่องว่างที่จะใส่กรวด สมมุติว่าบ่อเจาะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร จะใส่ท่อกรุ 10.15 เซนติเมตร จะเหลือช่องว่างระหว่างผนังบ่อกับท่อกรองรอบๆ บ่อ 10-15 เซนติเมตร เหล็กนำศูนย์กลางจะกว้าง 10-15 เซนติเมตร จากท่อกรุออกด้านข้างๆ โดยจะเชื่อมไว้ 4 ด้านรอบท่อกรุ ในแต่ละบ่อควรจะติดตั้งที่ท่อกรุสะสมตะกอนซึ่งอยู่ล่างสุด (ไม่ควรติดตั้งในช่วงท่อกรอง) และเหนือท่อกรองขึ้นมาเป็นท่อกรุควรติดตั้งประมาณ 3-4 ช่วง ขึ้นอยู่กับความลึกของแต่ละช่อง



รูปที่ 3.4.3-1 แสดงลักษณะของเหล็กนำศูนย์กลางที่ใส่ลงในบ่อแล้วพร้อมกับการกรุกรวด (จากโครงการร่วมไทย-ออสเตรเลีย, 2528)

3.4.3.2 การกรุกรวด

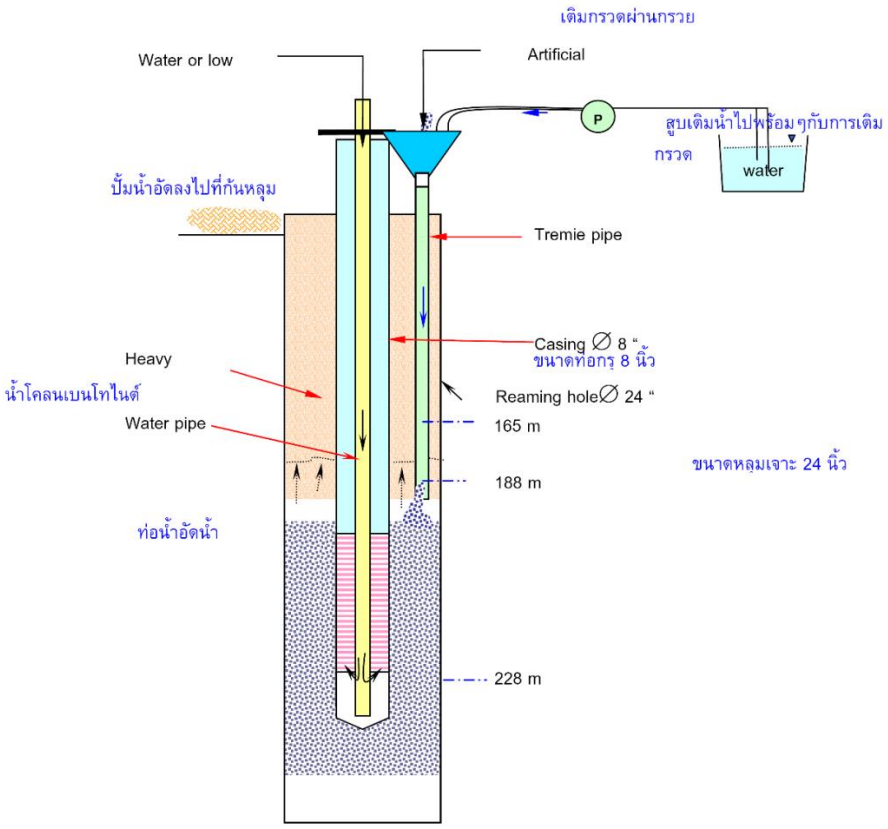
1) การกรุบ่อน้ำบาดาลแบบเติมกรวด

หลักการใส่กรวดจะต้องคำนึงถึงขนาดของกรวดที่จะนำมาใส่ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างจากชั้นหินอุ้มน้ำดังที่กล่าวมาแล้ว ในการใส่กรวดลงในช่องว่างระหว่างผนังบ่อกับผนังท่อกรองนั้นจะต้องทำอย่างระมัดระวัง และควรทำตามลำดับดังนี้

1. เตรียมกรวดที่คัดขนาดแล้ว นำมาใส่ลงในบ่อโดยใส่ไปรอบๆ บ่อ การใส่กรวดอย่างรวดเร็วทำให้ความสมดุลระหว่างภายนอกท่อกรองกับภายในท่อกรองไม่สมดุล ภายนอกจะมีกรวดและน้ำ ซึ่งกรวดแทนที่น้ำและน้ำจะดันท่อกรองทำให้เกิดการยุบได้ ดังนั้นการใส่กรวดควรจะใส่อย่างต่อเนื่อง

2. ในกรณีที่ใส่กรวดลงไปแล้ว อาจจะเกิดกรวดค้างตามหูหิ้วศูนย์กลางหรือเกิดการเรียงตัวไม่ดี ทำให้เกิดช่องว่าง ถ้าเกิดกรณีนี้ในช่วงของการพัฒนาล้างบ่อกรวดจะยุบ ก็ทำการเพิ่มเติมกรวดลงไปได้ ซึ่งการยุบตัวของกรวดอาจจะมีขึ้นภายหลังจากการใช้น้ำจากบ่อแล้ว ดังนั้นในการออกแบบก่อสร้างบ่อจึงควรมีท่อเปิดสำหรับเติมกรวดด้วย (**รูปที่ 3.4.3-2**)

3.ในการใส่กรวดไม่ควรใส่ๆ หยุดๆ ควรจะใส่อย่างต่อเนื่อง เพราะการใส่ไม่ต่อเนื่อง ทำให้กรวดมีการตกแยกสลับชั้น ก่อให้เกิดปัญหาในการไหลผ่านของน้ำในแนวดิ่ง เนื่องจากมีชั้นที่มีขนาดเล็กสลับกับชั้นที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นการใส่กรวดอย่างต่อเนื่องจะได้เม็ดตะกอนที่สม่ำเสมอตลอดทั้งแนวความลึกที่ใส่ จะไม่มีปัญหาการไหลของน้ำในแนวดิ่งเข้าสู่บ่อน้ำบาดาล



รูปที่ 3.4.3-2 การเติมกรวดกรุผ่านท่อเติมกรวด (Driscoll, 1987)

การอัดกรวดกรุควรจะใส่ถึงส่วนบนของท่อกรอง อาจจะเลยขึ้นมาประมาณ 1-1.5 เมตร เพื่อกันการยุบตัวของกรวดภายหลังหรือในทางปฏิบัติสามารถคำนวณเป็นปริมาตรของกรวดที่จะใส่ลงไปโดยพิจารณาจากเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรองความหนาของกรวดกรุในบ่อ ดัง**ตารางที่ 3.4.3-1**

ตารางที่ 3.4.3-1 เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรอง ท่อกรุ และปริมาตรกรวดกรุ

เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรอง (มิลลิเมตร)	ความหนาของกรวดกรุ (มิลลิเมตร)	ปริมาตรของกรวดกรุ (มิลลิเมตร)
100	50	0.024
150	60	0.040
200	80	0.070
250	100	0.110

หมายเหตุ ถ้าใช้ภาชนะมีปริมาตร 10 ลิตร จะเท่ากับ 0.01 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ยังสามารถใช้วิธีการคำนวณจากสูตร

ปริมาตรของกรวดกรุ

D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อเจาะ หน่วยเป็นเมตร

d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรอง หน่วยเป็นเมตร

H คือ ความหนาในแนวดิ่งที่จะใส่กรวดกรุ หน่วยเป็นเมตร

ในกรณีบ่อน้ำบาดาลที่ลึกมาก สามารถที่จะลดขนาดของบ่อได้เท่าที่จำเป็น โดยช่วงบนที่ทำการเจาะไปแล้วอาจจะใหญ่เกินไป ประกอบกับชั้นหินอุ้มน้ำอยู่ลึก การเจาะช่วงต่อไปอาจจะลดขนาดหัวเจาะลง และประหยัดค่าใช้จ่าย ทั้งค่าเจาะ ราคาของท่อกรุ และท่อกรอง การลดขนาดของท่อกรุและท่อกรองสามารถทำได้ในช่วงลึกลงไปจากตำแหน่งที่ชุดกังหันหรือจานลูกสูบของเครื่องสูบน้ำติดตั้งอยู่ได้

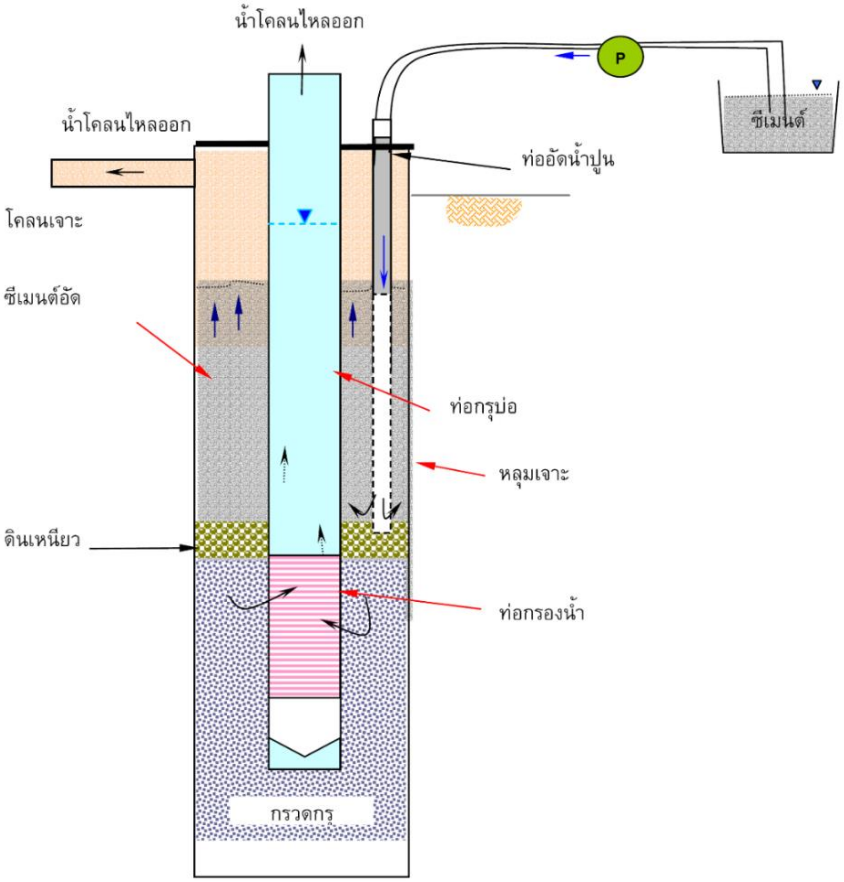
การผนึกผนังบ่อด้วยดินเหนียว

การผนึกผนังบ่อด้วยดินเหนียว จุดประสงค์ก็เพื่อกั้นไม่ให้น้ำในชั้นน้ำข้างบนไหลลงมาปะปนกับชั้นน้ำที่เลือกและยังเป็นการกั้นน้ำปูนซีเมนต์ที่จะอัด หากการผนึกข้างบ่อมีการใช้ซีเมนต์เพิ่มด้วย ไม่ให้ไหลเข้ามาอุดช่องว่างในเม็ดกรวดกรุที่เติม สำหรับคุณสมบัติของดินเหนียวที่เหมาะสมนั้นจะต้องเป็นดินเหนียวน้ำจืดเนื้อเนียนไม่มีเม็ดทราย ไม้ รากไม้ เศษวัตถุอย่างอื่นเจือปน และไม่มีกลิ่นอันน่ารังเกียจ การอุดกลบด้วยดินเหนียวจะใช้วิธีหย่อนลง ข้างท่อหรือข้างบ่อก็ได้ ก่อนหย่อนจะต้องปั้นเป็นก้อนกลมๆ ขนาด 2 เซนติเมตร แล้วตากแห้งก่อน การใส่ควรใส่รอบๆ บ่อให้ดินเหนียวอยู่เหนือกรวดกรุขึ้นมาไม่น้อยกว่า 5 เมตร แล้วค่อยอุดกลบด้วยดินตะกอนหรือน้ำปูนซีเมนต์ต่อไป

การผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์

การผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์ เป็นการอัดน้ำซีเมนต์เพื่อปิดกั้นชั้นน้ำที่ไม่ต้องการและเพื่ออุดกลบหลุมเจาะในส่วนที่ลึกเกินกว่าความลึกที่จะใส่ท่อกรอง การเติมซีเมนต์ควรเติมผ่านทางท่ออัดซีเมนต์ซึ่งต่อจากปากบ่อลงไปจนถึงระดับต่ำสุดของบริเวณที่จะทำการอุดหรือผนึกข้างบ่อ ในกรณีที่บ่อน้ำบาดาลลึกมากควรมีการถอนท่ออัดซีเมนต์ขึ้นเป็นช่วงๆ เพื่อเป็นการลดแรงดันที่เกิดได้ การเลือกใช้ปูนซีเมนต์ควรใช้ปูนซีเมนต์ประเภทซิลิก้าซีเมนต์ หรืออื่นๆ ที่มีคุณภาพเทียบเท่ากัน การผสมให้ละลายผงปูนในน้ำด้วยอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักหรือเมื่อผสมเสร็จแล้วจะต้องมีค่าความหนาแน่นประมาณ 1,420-1,540 กก./

ลบ.ม. (12-13 ปอนด์/แกลลอน) ซึ่งโดยปกติน้ำเปล่าจะมีค่าความหนาแน่น 970 กก./ลบ.ม. (8.2 ปอนด์/แกลลอน) และปูนซีเมนต์ผงที่ยังไม่ได้ผสมจะมีค่าความหนาแน่น 1,090 กก./ลบ.ม. (9.2 ปอนด์/แกลลอน) (AWWA, 2006) (**รูปที่ 3.4.3-3**)



รูปที่ 3.4.3-3 รูปแบบการอัดน้ำปูน (ซีเมนต์) ผ่านท่ออัด สำหรับบ่อน้ำบาดาลชนิดเติมกรวด (Driscoll, 1987)

การกรุบ่อน้ำบาดาลแบบไม่เติมกรวด

การก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลกรณีนี้จะไม่มีการเติมกรวดกรุแต่จะอัดดินเหนียวหรือการอัดซีเมนต์ซึ่งจะทำหลังจากที่ลงท่อกรุและหัวฉีดน้ำปูนซีเมนต์ เสร็จแล้วจากนั้นค่อยเจาะหัวฉีดน้ำปูนและติดตั้งท่อรับทรายต่อไปซึ่งมีขั้นตอนการก่อสร้างบ่อดังนี้

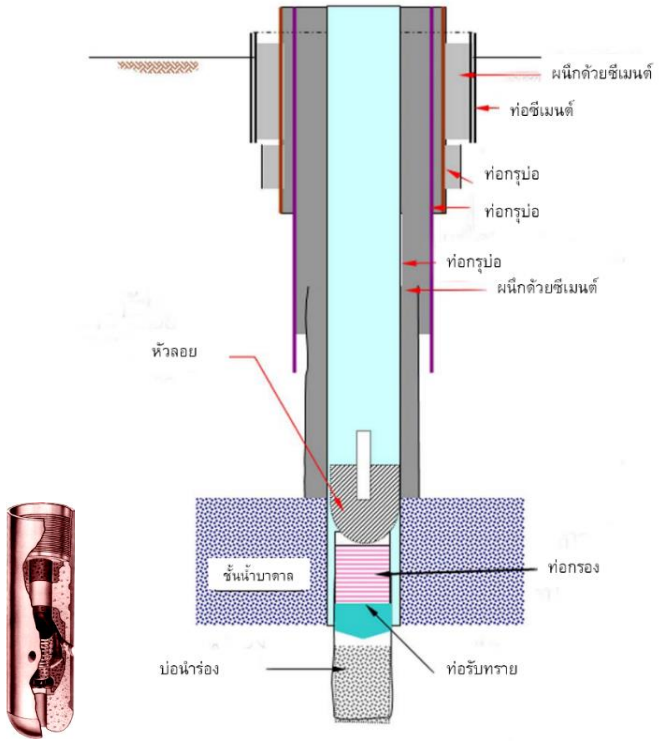
(1) ติดตั้งท่อกรุพร้อมหัวฉีดน้ำปูน

(2) อัดซีเมนต์ข้างบ่อ

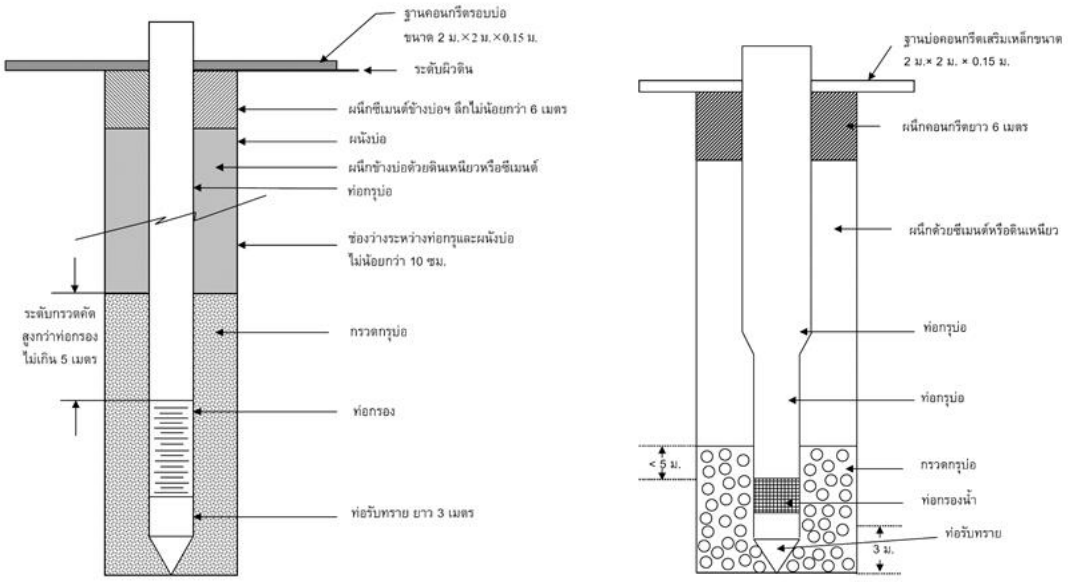
(3) ติดตั้งท่อกรองและท่อรับทราย

การติดตั้งท่อกรุบ่อน้ำบาดาลแบบไม่เติมกรวดจะใช้ขบวนการเดียวกับการติดตั้งแบบบ่อเติมกรวดแต่จะเพิ่มการติดตั้งหัวลอย (**รูปที่ 3.4.3-4 และรูปที่ 3.4.3-5**) เพื่อให้ทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันการไหลย้อนกลับ กันไม่ให้ซีเมนต์ที่จะอัดและน้ำโคลนที่อยู่ในหลุมเจาะไหลเข้าท่อกรุซึ่งหัวลอยจะอยู่ส่วนล่าง

สุดของการติดตั้งท่อกรุต่อเข้ากับท่อกรุโดยวิธีการขันเกลียวหรือการเชื่อม หัวลอยทำจากพีวีซี และมีลูกยางทำหน้าที่เป็นลิ้นกันกลับ



รูปที่ 3.4.3-4 ตัวอย่างรูปแบบบ่อน้ำบาดาลแบบไม่เติมกรวด



(ก) (ข)

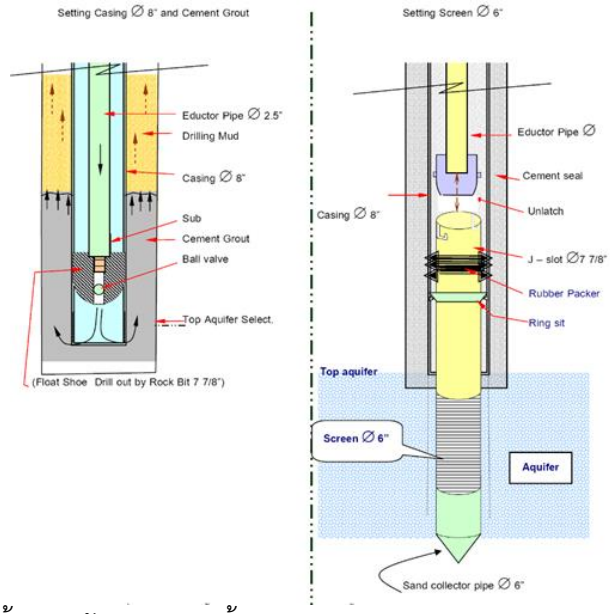
รูปที่ 3.4.3-5 ตัวอย่างรูปแบบบ่อน้ำบาดาล (ก) แบบกรุกรวด (ข) แบบลดขนาด

หัวลอยที่ต่ออยู่ปลายล่างท่อกรุเมื่อติดตั้งเสร็จ จะต้องวางอยู่ที่ระดับเหนือชั้นน้ำที่เลือก หรืออยู่เหนือตำแหน่งที่จะวางท่อกรองอยู่ไม่น้อยกว่า 3 เมตร ทั้งนี้เผื่อว่าในการอัดซีเมนต์ซึ่งอัดผ่านหัวลอยนั้นจะมีน้ำปูนซีเมนต์บางส่วนถูกดันลงไปในหลุมเจาะซึ่งคาดว่าไม่เกิน 3 เมตร และน้ำปูนซีเมนต์เหล่านี้จะไปอุดชั้นน้ำ จึงควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งท่อกรองที่ระดับความลึกดังกล่าว

การอัดน้ำปูนในบ่อน้ำบาดาลมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้ผนังบ่อสัมผัสกับน้ำในชั้นน้ำบาดาลชั้นต่างๆ ที่ไม่ต้องการ เหมือนกับการผนึกผนังบ่อ การอัดน้ำปูนทำได้หลายวิธี สำหรับบ่อน้ำบาดาลระดับลึก (ลึกกว่า 400 - 500 เมตร) เป็นบ่อแบบไม่เติมกรวดควรมีวิธีดำเนินการโดยเฉพาะ ดังนี้

- ขณะที่ติดตั้งท่อกรุบ่อให้ติดตั้งหัวอัดน้ำปูนไว้ที่ก้นบ่อ (**รูปที่ 3.4.3-6**)
- ติดตั้งท่ออัดน้ำปูนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 ซม. (2.5 นิ้ว) โดยปลายท่อต้องไปบรรจบกับท่ออัดน้ำปูนโดยวิธีขันเกลียวหรืออัดแน่น
- สูบอัดน้ำโคลนผ่านท่อและหัวอัดน้ำซีเมนต์ เจือจางน้ำโคลนให้มีความหนืด 32 - 35 เซนติพอยส์ ตามวิธีวัดโดยกรวย
- เตรียมน้ำปูนโดยการผสมปูนผงและน้ำอัตราส่วน 1:1 ตามปริมาณที่คำนวณไว้และเพิ่มเติมอีกประมาณ 15 % อาจเติมผงเบนโทไนต์ 1 - 3 % เพื่อป้องกันการแข็งตัวเร็วของน้ำปูน
- สูบอัดน้ำซีเมนต์ด้วยเครื่องสูบแรงดันสูงและต่อเนื่องจนน้ำซีเมนต์เอ่อล้นขึ้นมาที่ระดับผิวดิน
- ถอนท่ออัดน้ำซีเมนต์แล้วทำความสะอาดขณะถอนต้องสังเกตว่าไม่มีการไหลย้อนกลับของน้ำปูนเข้าท่อกรุ และมั่นใจว่าวาล์วปิดเปิดที่หัวอัดน้ำซีเมนต์ทำงานปกติ

จากนั้นใช้หัวเจาะทำการเจาะเอาซีเมนต์ก้นบ่อออก แล้วเจาะต่อลงไปอีกในความลึกที่ต้องการวางท่อกรองและท่อรับทรายต่อไป (**รูปที่ 3.4.3-6**)



รูปที่ 3.4.3-6 การอัดน้ำปูน (ซ้าย) การติดตั้งท่อกรอง และท่อรับทราย (ขวา) ของบ่อชนิดไม่เติมกรวด (Driscoll, 1987)

การติดตั้งท่อกรองและท่อรับทราย

การกำหนดขนาดของท่อกรองและท่อรับทรายในบ่อชนิดไม่เติมกรวด ท่อกรองควรมีขนาดน้อยกว่าท่อกรุประมาณ 5 ซม. เพื่อความสะดวกในการติดตั้งจะเป็นลักษณะการนำท่อรับทรายที่เชื่อมต่อกับท่อกรองเรียบร้อยแล้ว ไปวางในชั้นน้ำที่กำหนด โดยอาศัยการต่อท่อส่งหรือก้านนำจากปากบ่อ (**รูปที่ 3.4.3-6)**

3.4.4 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลในหินแข็ง

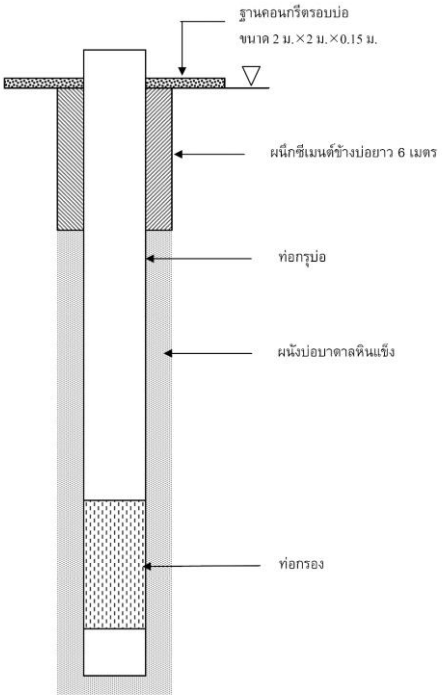
บ่อน้ำบาดาลในหินแข็งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ บ่อน้ำบาดาลใส่ท่อกรุและท่อกรองตลอดความลึกบ่อ (**รูปที่ 3.4.4-1**) ตัวอย่างรูปแบบบ่อน้ำบาดาลในหินแข็งชนิดใส่ท่อกรองตลอดความลึกบ่อและบ่อน้ำบาดาลที่เป็นบ่อเปิด

3.4.4.1 ขั้นตอนการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลที่ใส่ท่อกรุและท่อกรอง

1.1) หลุมเจาะมีขนาดเพียงพอที่จะใส่ท่อกรุท่อกรองให้มีช่องว่างระหว่างท่อกรุ และผนังบ่อ 3.0 ซม.

1.2) การลงท่อกรุท่อกรองมีขั้นตอนเช่น เดียวกับบ่อน้ำบาดาลชนิดเติมกรวด แต่เว้นช่องว่างระหว่างท่อกรุท่อกรองจะไม่เติมกรวด แต่จะผนึกดินเหนียวหรือซีเมนต์ในส่วนที่เป็นชั้นหินร่วนและผนึกซีเมนต์ช่วงความลึก 0 - 6 เมตร จากผิวดิน เพื่อป้องกันน้ำสกปรกไหลเข้าบ่อ

1.3) การเลือกชั้นน้ำบาดาลเป็นไปตามผลที่ได้จากการบันทึกข้อมูล ระหว่างการเจาะ และอาจใช้เครื่องหยั่งธรณีหลุมเจาะประกอบการเลือกช่วงใส่ท่อกรอง

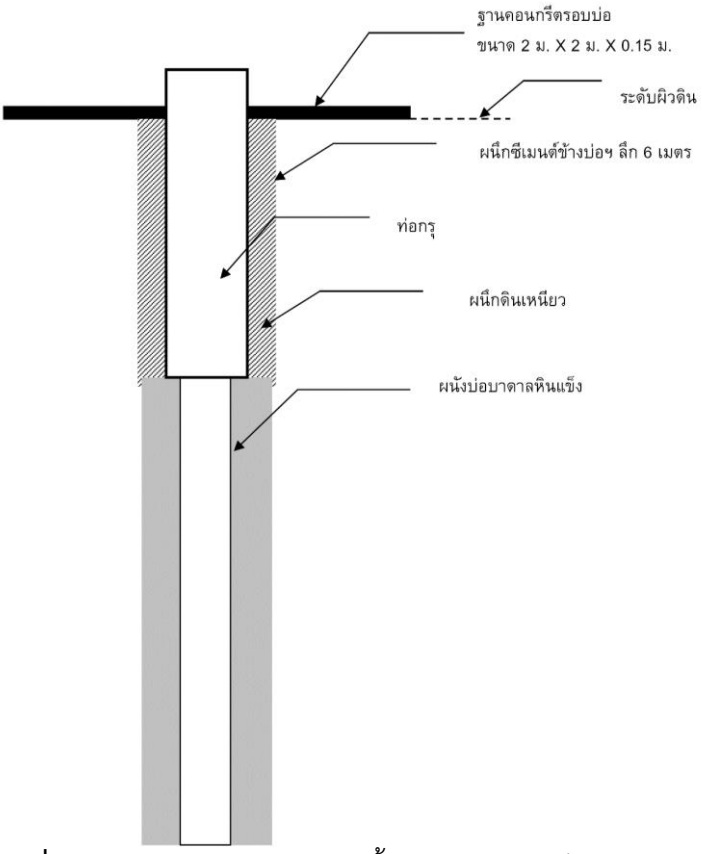


รูปที่ 3.4.4-1 ตัวอย่างรูปแบบบ่อน้ำบาดาลในหินแข็งชนิดใส่ท่อกรองตลอดความลึก

3.4.4.2 ขั้นตอนการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลที่เป็นแบบบ่อเปิด

2.1) ใส่ท่อกรุบ่อหรือท่อกันพังเฉพาะที่เป็นหินร่วน ทั้งนี้โดยใช้ท่อกรุที่มีขนาดใหญ่กว่ารูหลุมเจาะที่เป็นหินแข็ง (**รูปที่ 3.4.4-2**)

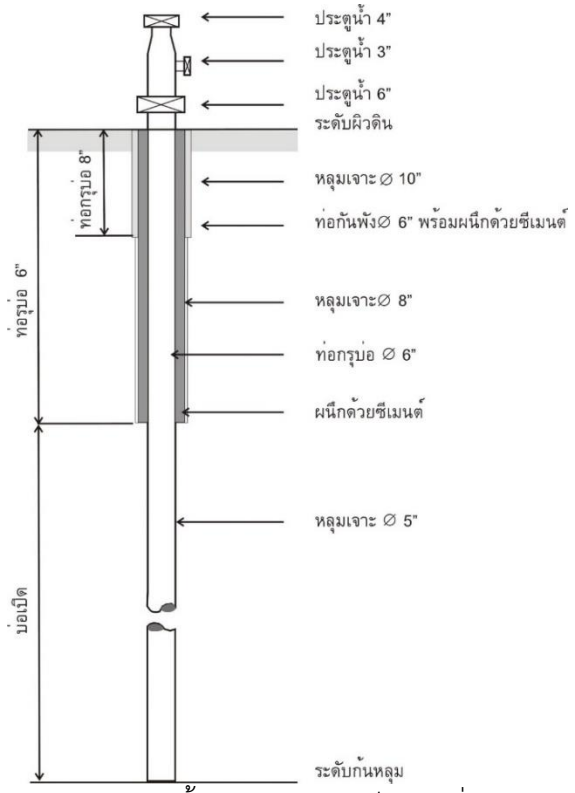
2.2) ช่องว่างระหว่างท่อกรุกับผนังบ่อที่เป็นหินร่วนผนึกด้วยดินเหนียวหรือซีเมนต์



รูปที่ 3.4.4-2 ตัวอย่างรูปแบบบ่อน้ำบาดาลในหินแข็งชนิดบ่อเปิด

3.4.4.3 การก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลที่ชั้นน้ำมีแรงดันสูง

ชั้นน้ำบาดาลที่มีแรงดันสูงเป็นบ่อน้ำพุการเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลซึมจากข้างบ่อ ต้องมีการผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์ตามวิธีที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อการอัดน้ำปูน และมีระบบป้องกันไม่ให้น้ำไหลล้นปากบ่อโดยมีระบบวาล์วปิด (**รูปที่ 3.4.4-3)** หรือต่อท่อขึ้นสูงกว่าแรงดันน้ำบาดาล



รูปที่ 3.4.4-3 ตัวอย่างรูปแบบบ่อน้ำบาดาลในหินแข็งแบบที่มีแรงดันสูงและแบบบ่อเปิด

3.5 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

3.5.1 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลสำคัญอย่างไร

- **เป็นการล้างหรือทำความสะอาดชั้นหินอุ้มน้ำหรือชั้นหินกักเก็บน้ำ เพื่อให้น้ำไหลจากชั้นหินอุ้มน้ำและเข้าบ่อได้สะดวกขึ้น**
- **เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากหลังจากการเจาะ บางครั้งการเจาะบ่อที่เสร็จแล้วน้ำไม่เข้าบ่อ เนื่องจากมีการพัฒนาบ่อที่ผิดวิธี ทำให้การเจาะน้ำบาดาลไม่ประสบผลสำเร็จ**
- **คัดขนาดเม็ดกรวด เม็ดทรายให้เรียงตัวเป็นระเบียบรอบๆ ท่อกรอง**
- **เพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมผ่านของน้ำผ่านชั้นหินรอบๆ บ่อ**
- **การพัฒนาบ่อมีหลายวิธี เช่น ใช้ลูกสูบและใช้ลม**

การพัฒนาบ่อและประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนาบ่อ มี 3 ประการ

1. ในขณะที่ทำการเจาะบ่อ การกระแทก การหมุนของหัวเจาะ และลักษณะการฉาบผนังบ่อของน้ำโคลน อาจเป็นสาเหตุให้ชั้นหินอุ้มน้ำพังหรืออุดตัน

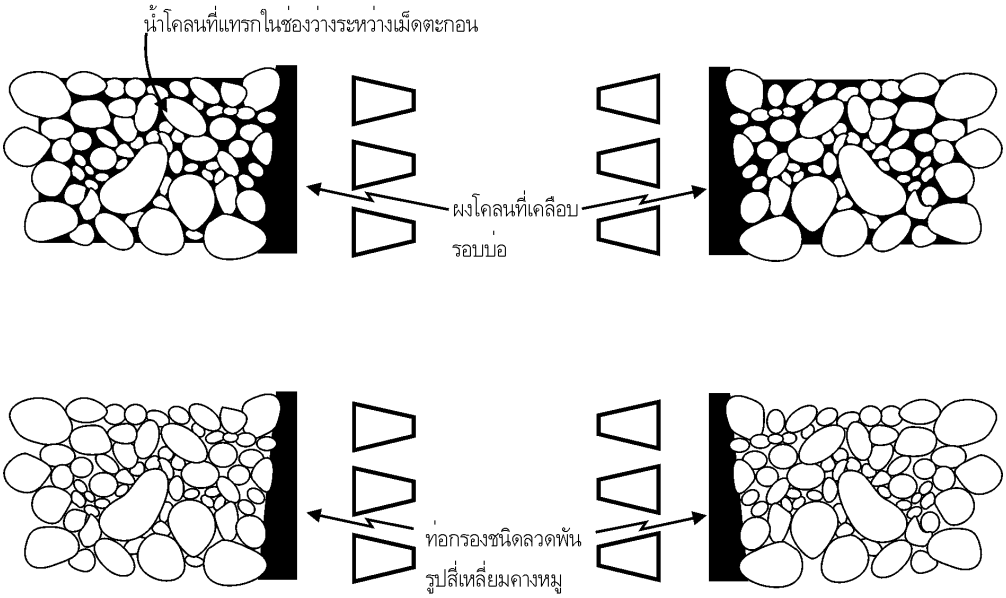
2. เพิ่มความพรุนและค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมผ่านของชั้นหินอุ้มน้ำรอบๆ บ่อ

3. ชะล้างเม็ดทรายหรือทรายละเอียดออกจากบริเวณรอบๆ ท่อกรอง เพื่อให้น้ำไหลเข้าบ่อได้โดยปราศจากเม็ดทราย (**รูปที่ 3.5.1-1**)

การพัฒนาบ่อที่มีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับหลักการสำคัญอยู่ 2 ประการคือ

1. ท่อกรองต้องวางอยู่ในตำแหน่งชั้นหินอุ้มน้ำหรือชั้นหินกักเก็บน้ำ (ตำแหน่งนี้จะทราบได้อย่างแม่นยำจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและหิน ในกรณีที่ชั้นหินอุ้มน้ำเป็นหินร่วนและใช้เครื่องมือหยั่งธรณีหลุมเจาะ)

2. ขนาดรูเปิดของท่อกรองต้องสัมพันธ์กับขนาดของเม็ดทราย ทรายละเอียดที่จะไหลเข้าบ่อ



รูปที่ 3.5.1-1 การพัฒนาบ่อที่มีประสิทธิภาพที่ต้องการให้น้ำไหลเข้า-ออกรูเปิดของท่อกรองดังในรูปซ้ายมือ ส่วนการพัฒนาบ่อที่ไม่มีประสิทธิภาพนั้น (รูปขวามือ)ให้น้ำไหลเข้าบ่อได้ทางเดียวโดยการสูบออก

3.5.2 วิธีการพัฒนาบ่ออย่างง่าย

การพัฒนาบ่อโดยใช้ลูกสูบ

ลูกสูบทำหน้าที่คล้ายลูกสูบในกระบอกสูบที่ใส่เข้าไปในท่อกรุหรือท่อกันพัง จะทำให้เกิดแรงอัดของน้ำไหลเข้า-ออกผ่านรูเปิดของท่อกรอง หลักการของการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลก็คือ ทำให้น้ำไหลออกผ่านรูเปิดของท่อกรอง เพื่อที่จะคัดขนาดของเม็ดกรวดทรายให้เรียงตัวกันรอบๆ บ่อและชะล้างเม็ดทรายที่อุดตัน ในชั้นกรวดทรายรอบๆ บ่อน้ำดังกล่าวก็จะไหลวนกลับผ่านท่อกรองเข้าบ่อ โดยพาเอาเม็ดตะกอนละเอียดหรือสารแขวนลอยเข้ามาในบ่อ

3.5.3 ชนิดของลูกสูบ

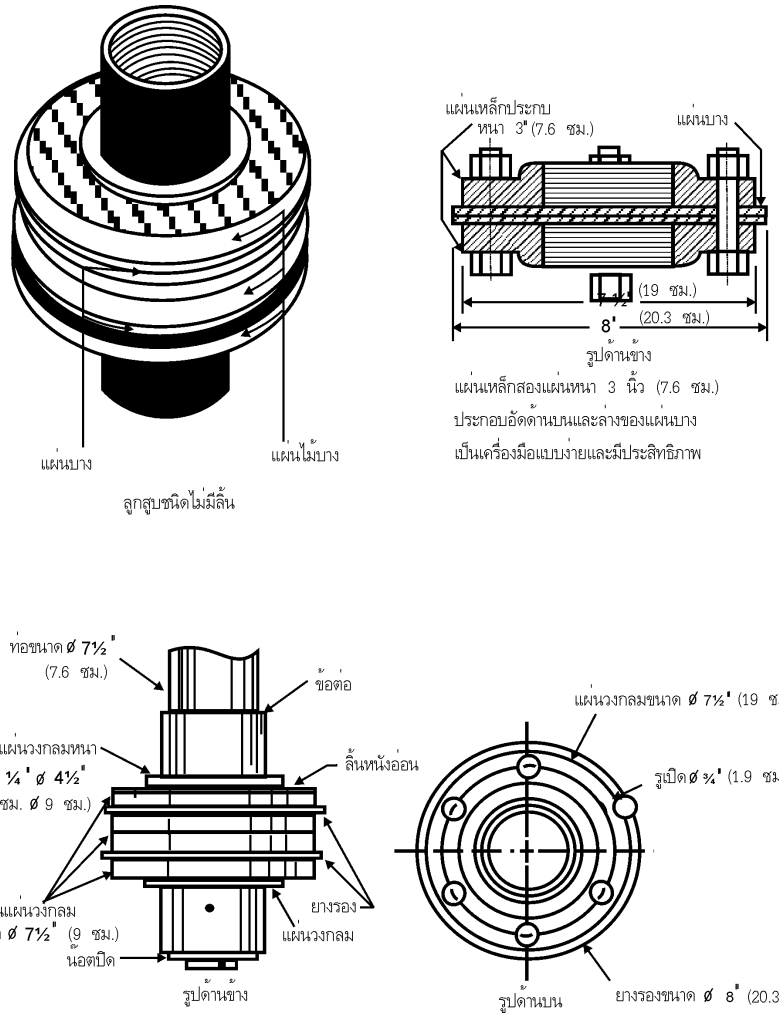
ลูกสูบมี 2 ชนิด คือ ชนิดไม่มีลิ้นและชนิดมีลิ้น

1. ชนิดไม่มีลิ้น (Solid Plunger)

มีแผ่นยาง (คล้ายกับสายพานลำเลียง) ประกอบด้วยแผ่นโลหะหรือแผ่นไม้กลม

2. ลูกสูบชนิดมีลิ้น (Valved Surge Plungers)

วิธีการพัฒนาบ่อโดยใช้ลูกสูบชนิดที่มีลิ้นคล้าย ๆ กับวิธีการพัฒนาบ่อแบบใช้ลูกสูบที่ไม่มีลิ้นแตกต่างกันเพียงมีรูหรือลิ้นเท่านั้น ดังแสดงใน (**รูปที่ 3.5.3-1**)



รูปที่ 3.5.3-1 ลูกสูบเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้กับการล้างบ่อที่เจาะด้วยเครื่องเจาะแบบกระแทก เมื่อดันลูกสูบลงน้ำจะไหลออกไปยังชั้นหิน เมื่อดึงขึ้นจะสูบน้ำรวมทั้งทรายและทรายแป้งไหลเข้าบ่อ

ลูกสูบชนิดนี้จะทำให้ลดการกระแทกของน้ำที่จะผ่านรูเปิดของท่อกรองเข้าไปยังชั้นหินอุ้มน้ำ เนื่องจากน้ำบางส่วนจะไหลผ่านรูเปิดของลูกสูบ ลักษณะแบบนี้เหมาะสำหรับการพัฒนาบ่อในช่วงแรกๆ และสามารถดันลูกสูบลงไปได้ในระดับลึกตามความต้องการต่อมาในช่วงการพัฒนาบ่อระยะหลังสามารถที่จะใช้แทนลูกสูบชนิดไม่มีลิ้นได้โดยการเปิดรู

<u>การใช้ลูกสูบ</u>

การใช้ลูกสูบในการพัฒนาบ่อ สามารถอธิบายได้เป็นขั้นตอนดังนี้

หย่อนลูกสูบลงไปในบ่อถึงระดับที่ต้องการ ถ้าบ่อน้ำบาดาลที่สร้างแบบลดขนาดของท่อกรองควรหย่อนลูกสูบให้อยู่เหนือระดับรอยต่อระหว่างท่อกรุกับท่อกรองขึ้นมาประมาณ 1 เมตร เพื่อไม่ให้ลูกสูบกระแทกตะกั่วที่เชื่อมรอยต่อ ถ้าใช้เครื่องเจาะแบบกระแทกให้ปรับคันโยกในช่วงชักยาวสุดแล้วชักลูกสูบ

ขึ้น-ลงช้าๆ และเพิ่มความเร็วขึ้นไปเรื่อยๆ ถ้าใช้เครื่องเจาะแบบหมุนให้ยกลูกสูบขึ้นประมาณ 1 เมตร ก่อนที่จะดำเนินการ การควบคุมจังหวะการยกลูกสูบขึ้น-ลง โดยใช้เบรกและคลัตช์ของเครื่องเจาะ เมื่อใช้สายสลิงกระบอกตักเป็นสายดึงลูกสูบหรือไม่ก็ใช้เชือกมนิลาพันกับล้อม้วน แล้วควบคุมจังหวะลูกสูบขึ้น-ลงด้วยมือ

การพัฒนาบ่อโดยวิธีนี้ควรจะดำเนินการต่อไปสักระยะหนึ่ง แล้วตักน้ำหรือทรายที่ปนอยู่ออกจากบ่อ ทำสลับกันไปเรื่อยๆ จนกว่าทรายในบ่อเหลือน้อยมากหรือหมดไป ในขณะที่ใช้กระบอกตักน้ำสามารถจะประมาณปริมาณทรายที่ตกตะกอนก้นบ่อได้ โดยการทำเครื่องหมายไว้บนสายสลิง ในขณะที่หย่อนกระบอกตักครั้งแรกและหลังจากตักทรายที่ตกตะกอนก้นบ่อออก

เมื่อปริมาณของทรายในบ่อลดลง เวลาที่ใช้ในการดำเนินการอาจจะนานขึ้นบางครั้งอาจใช้เวลาตั้งแต่ 2 ชั่วโมง ถึง 3 วัน ก็ได้ ขึ้นอยู่กับความยาวของท่อกรองที่ใช้

การพัฒนาบ่อโดยใช้ลูกสูบพอจะสรุปได้คือ

- การพัฒนาบ่อที่ใช้ลูกสูบเป็นวิธีการที่ได้ผลดีและเสียค่าใช้จ่ายน้อย
- การพัฒนาบ่อโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับการเจาะที่ใช้เครื่องเจาะแบบกระแทก
- วิธีการปฏิบัติขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่ถูกต้องของลูกสูบ
- จังหวะของลูกสูบขึ้น-ลงจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของทรายที่ไหลเข้าบ่อลดลง
- ควรระวังช่วงการชักลูกสูบแบบมีลิ้นอย่าให้ยาวหรือเร็วเกินไป อาจจะทำให้ท่อกรองพังได้

3.5.4 การพัฒนาบ่อโดยใช้ลม

การชะล้างบ่อด้วยลม

หลักการของการพัฒนาบ่อโดยใช้ลมก็คือ ใช้วิธีการอัดลมเข้าไปในบ่อ หลังจากนั้นลมจะดันน้ำขึ้นมา การอัดลมที่มีปริมาณมากหรือมีแรงดันสูงเข้าไปในบ่อเพื่อชะล้างนั้นลมจะทำหน้าที่ดันน้ำและทรายละเอียดขึ้นมา การพัฒนาบ่อโดยวิธีนี้จะได้ผลดีเพียงใดขึ้นอยู่กับความชำนาญของช่างเจาะที่ควบคุมการอัดลม และปล่อยให้น้ำขึ้นจากบ่อ (**รูปที่ 3.5.4-1**)

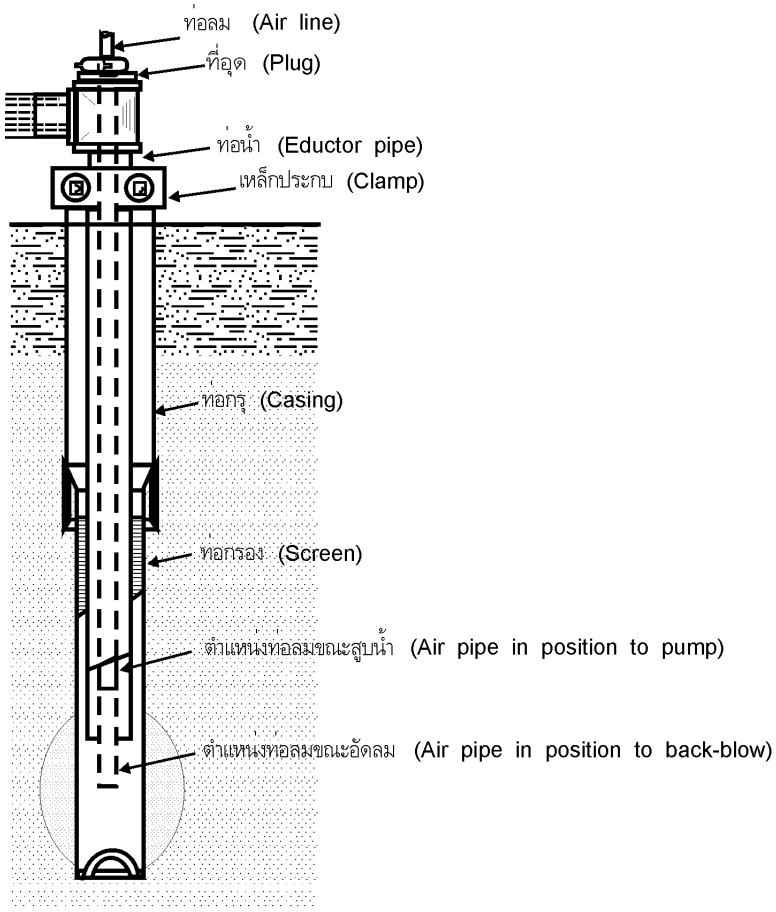
อุปกรณ์ที่ต้องใช้

- เครื่องสูบลมและถังเก็บลมขนาดที่ต้องการ
- ท่อสูบน้ำและท่อลมที่ใส่ลงไปในบ่อ
- สายยางที่ทนต่อแรงดันสูง ใช้ต่อกับท่อลมสามารถยกขึ้นได้โดยไม่หัก
- เครื่องวัดความดันลม ลิ้นหรือวาล์วเปิดจะใช้ในขณะที่เกิดมีแรงอัดมากเนื่องจากน้ำหนัก หรือเครื่องสูบลมทำงานหนักเกินไป
- วาล์วฉุกเฉินของถังเก็บลม

เครื่องสูบลมที่ใช้ควรมีแรงอัดได้ไม่ต่ำกว่า 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือถึง 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้วได้ยิ่งดี ถ้าช่างเจาะสามารถประเมินขีดความสามารถของเครื่องสูบลมได้อย่างคร่าวๆ จะมี

ประโยชน์ต่อการปฏิบัติงาน น้ำและลมที่ดันขึ้นมาจากบ่อนั้น น้ำ 1 แกลลอนจะมีลมอยู่ประมาณ 3/4 ลูกบาศก์ฟุต (**ตารางที่ 3.5.4-1**)

ท่อปล่อยลมออกที่ต่อเข้ากับถังลมควรมีขนาดพอเหมาะ เพื่อไม่ให้เกิดแรงต้านของแรงดันของลม ขนาดของสายยางลมที่ต่อจากถังลมเข้าท่อลมในบ่อ ควรจะมีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับท่อลมในบ่อ และมีความยาวอย่างน้อย 15 ฟุต เพื่อสะดวกต่อการทำงาน วาล์วฉุกเฉินควรติดตั้งในที่ที่ใช้งานได้สะดวก



รูปที่ 3.5.4-1 แสดงการติดตั้งท่อส่งน้ำหรือท่อสูบน้ำและท่อลม การติดตั้งท่อส่งน้ำจะใช้สายสลิงหัวเจาะหย่อนลงไป ในขณะเดียวกันสายสลิงกระบอกตักจะใช้หย่อนท่อลมโดยหย่อนลงไปในบ่อพร้อมๆกัน ข้อต่อสามทาง ใช้ต่อตรงท่อสูบน้ำกับท่อน้ำด้านนอก

ตารางที่ 3.5.4-1 อัตราการสูบน้ำที่ควรใช้กับขนาดของท่อลม

อัตราการสูบน้ำ แกลลอน / นาที*	ขนาดของท่อกรุ (เซนติเมตร)	ขนาดของท่อสูบน้ำหรือท่อน้ำ (เซนติเมตร)	ขนาดของท่อลม (เซนติเมตร)
30 – 60	10.16 หรือใหญ่กว่า	5.08	1.27
60 – 80	12.70 หรือใหญ่กว่า	7.62	2.54
80 – 100	15.24 หรือใหญ่กว่า	8.90	2.54
100 – 150	15.24 หรือใหญ่กว่า	10.16	3.18
150 – 250	20.30 หรือใหญ่กว่า	12.70	3.80
250 – 400	20.30 หรือใหญ่กว่า	15.24	5.08
400 – 700	25.40 หรือใหญ่กว่า	20.30	6.35
700 - 1000	30.48 หรือใหญ่กว่า	25.40	6.35

* หมายเหตุ 1 แกลลอน (Imperial gallon) = 4.55 ลิตร ตารางนี้สามารถใช้เป็นแนวทางที่ให้ผลการพัฒนาบ่อได้ดี

สัดส่วนการจมของท่อลม การพัฒนาบ่อโดยใช้ลมเป่าจะได้ผลดี เมื่อท่อลมจมอยู่ในน้ำประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของความยาวของท่อลมทั้งหมด

สัดส่วนการจมตัวของท่อลม คือความยาวของท่อลมที่จมอยู่ในน้ำ หารด้วยความยาวของท่อลมทั้งหมด เช่น ท่อลมยาว 60 เมตร ระดับน้ำปกติอยู่ลึก 20 เมตรจากผิวดิน ดังนั้นส่วนของท่อลมที่จมอยู่ในน้ำมีค่าเท่ากับ 40 เมตร สัดส่วนการจมตัวของท่อลมในขณะที่ไม่มีการสูบน้ำคือ 0.66 หรือ 0.66 x 100 = 66 เปอร์เซ็นต์ ถ้าใช้ลมเป่าเข้าไปในบ่อลมจะดันให้น้ำขึ้นมาจากบ่อ สมมุติระดับน้ำในบ่อลดลงถึง 25 เมตร จาก ผิวดิน เพราะฉะนั้นส่วนของท่อลมที่จมอยู่ในน้ำเพียง 60-25 = 35 เมตร

ดังนั้นสัดส่วนการจมของท่อลมคือ = 0.58 หรือ 58 เปอร์เซ็นต์

การจมของท่อลมเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เป่าลมก็อาจจะได้ผลดี ถ้าช่างเจาะมีความชำนาญ ก่อนที่จะไล่น้ำโคลนหรือสูบน้ำออกจากบ่อโดยใช้ลมเป่าลงไปตามท่อลมวิธีปฏิบัติควรเปิดลมดันน้ำขึ้นมาช้า ๆ เพื่อให้น้ำไหลผ่านท่อกรองไปยังชั้นหินรอบ ๆ บ่อ และไม่ให้เกิดแรงดันภายในบ่อมากเกินไป ดังนั้นท่อลมควรจะหย่อนลงไปโดยมีสัดส่วนจมตัวที่เหมาะสม

เมื่อเริ่มทำการพัฒนาบ่อ ค่อยๆ หย่อนท่อสูบน้ำลงไปในบ่อโดยให้ปลายท่อสูบน้ำอยู่เหนือระดับส่วนล่างของท่อกรองประมาณครึ่งเมตร หลังจากนั้นหย่อนท่อลมลงไปในท่อสูบน้ำโดยให้ปลายท่อลมอยู่เหนือปลายท่อส่งน้ำ (Eductor pipe) ประมาณ 30 เซนติเมตร หรือมากกว่า ปล่อยลมเข้าบ่อทางท่อลมไปดันน้ำให้ไหลเอ่อขึ้นทางท่อส่งน้ำ อัดลมไปเรื่อยๆ จนกระทั่งน้ำใส เพิ่มให้ความดันในถังเพิ่มขึ้นถึง 100 ถึง 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในขณะเดียวกันก็ค่อยๆ หย่อนท่อลมลงไป โดยให้ปลายท่ออยู่ต่ำกว่าท่อส่งน้ำประมาณ 30 ซม. แล้วปล่อยลมให้เข้าบ่ออีกอย่างรวดเร็วจะทำให้น้ำดันผ่านท่อกรองเข้าไปยังชั้นหินรอบๆ บ่อในขณะเดียวกันน้ำในบ่อจะพุ่งขึ้นมาตามท่อส่งน้ำด้วย ถ้ายกท่อลมขึ้นเหนือท่อส่งน้ำเล็กน้อย ลมที่อัดเข้าไปครั้งแรกจะลดแรงดัน ทำให้น้ำในชั้นหินไหลกลับเข้าบ่อการปฏิบัติดังกล่าวมาแล้วนี้เป็นการครบวงจร

การพัฒนาบ่อโดยใช้ลมเป่า ปฏิบัติตามขั้นตอนให้ครบวงจรซ้ำแล้วซ้ำอีก จนกระทั่งน้ำใส นั่นหมายถึงการพัฒนาบ่อในบริเวณส่วนล่างของบ่อใกล้จะเสร็จสิ้นแล้ว

ตัวอย่าง รายงานการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

โครงการ..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

สถานที่.....หมายเลขบ่อ (ตามใบอนุญาต)..... พิกัดเหนือ..... ออก.....

ข้อมูลการเจาะและก่อสร้างบ่อ

สภาพอากาศและสภาพพื้นที่บริเวณข้างเคียง

ลักษณะชั้นน้ำบาดาล ❍ หินร่วน ❍ หินแข็ง ❍ กึ่งหินแข็ง อุณหภูมิ.....°C

ทางระบายน้ำ ❍ มี ❍ ไม่มี

วิธีการเจาะ ❍ กระแทก ❍ หมุนตรง ❍ หมุนดูดกลับ ❍ กระแทกด้วยลม ❍ อื่นๆ

ความลึกบ่อ ท่อกรุ Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม. ท่อกรอง Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.

ท่อกรุ Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม. ท่อกรอง Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.

ท่อกรุ Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม. ท่อกรอง Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.

ท่อรับทราย Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.

ชนิดท่อกรุบ่อ ❍ พีวีซี ❍ แสตนเลส ❍ เหล็ก ❍ เหล็กชุบสังกะสี อื่นๆ .....

ชนิดท่อกรองบ่อ ❍ พีวีซี ❍ แสตนเลส ❍ เหล็ก ❍ เหล็กชุบสังกะสี อื่นๆ .....

ประเภทท่อกรอง ❍ เซาะร่อง ❍ พันลวด ❍ พันลวดรอบท่อเซาะร่อง ❍ บานเกล็ด อื่นๆ .....

การกรุกรวด ❍ กรุกรวด ❍ แบบธรรมชาติ อื่นๆ .....

การอุดข้างบ่อ ❍ ดินเหนียว ❍ ซีเมนต์ ❍ ซีเมนต์/โคลน ❍ บานเกล็ด อื่นๆ .....

สภาพบ่อ ❍ บ่อเจาะใหม่❍ บ่อเก่า (ปี พ.ศ. .....) และสาเหตุที่ต้องพัฒนา.....

พัฒนาบ่อด้วยวิธี.....อัตราการไหล.....ลบ.ม/ชม. รวม.....ชม. ใช้สารเคมีร่วม.....

ข้อมูลการให้น้ำของบ่อก่อนและหลังพัฒนา.....

รายการ	ก่อนพัฒนา	หลังพัฒนา	สรุปผลและข้อเสนอแนะ
ความลึกบ่อ (ม.)			
ระดับน้ำปกติ (ม.)			
อัตราการสูบ (ลบ./ชม.)			
ระยะน้ำลด (ม.)			
ปริมาณทราย (มก./ล.)			
ความเป็นกรดด่าง (pH)			
ปริมาณสารละลายรวม (มก./ลิตร			

ขั้นตอนความปลอดภัย ❍ ชุดปฏิบัติงานได้ทำความเข้าใจ/รับการอบรม และเตรียมพร้อมอุปกรณ์และเครื่องมือแล้ว

....

หัวหน้าชุดปฏิบัติงานและผู้รับรายงาน เจ้าของโครงการหรือผู้ว่าจ้าง นักอุทกธรณีหรือนักธรณีที่ปรึกษาบริษัท

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

3.6 การทดสอบคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ

การสูบทดสอบน้ำจากบ่อน้ำบาดาลมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำตลอดความหนาของหินอุ้มน้ำ (transmissivity) ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ (storage coefficient) และขอบเขตของหินอุ้มน้ำ เช่น การรั่วซึมของน้ำสู่หินอุ้มน้ำ รอยเลื่อนหรือรอยแตกของหินและความหนาของชั้นหิน และเพื่อคำนวณอัตราการให้น้ำของบ่อน้ำบาดาล (well yield) อธิบายและวิธีการในทางปฏิบัติของการสูบทดสอบดังนี้

วิธีการและขั้นตอนการสูบทดสอบเช่น การสูบทดสอบเพื่อทราบปริมาณน้ำและประสิทธิภาพของบ่อน้ำบาดาล เช่น วิธีการสูบ (อัตราสูบแบบคงที่หรือไม่คงที่) ช่วงเวลาและปริมาณการสูบที่เหมาะสม พร้อมทั้งได้กล่าวถึงเครื่องมือและวิธีการวัดค่าต่างๆ ในขณะที่สูบ

การวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ตัวแปรทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำไหลผ่านตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ (transmissivity, T) ค่าการซึมได้ (permeability, k) สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (storage coefficients, S) และการประเมินประสิทธิภาพของบ่อ

การสูบทดสอบปริมาณน้ำมีข้อจำกัดโดยสมมุติให้หินอุ้มน้ำมีความกว้างหรือแผ่กระจายในแนวด้านข้างอย่างไม่มีขอบเขตจำกัด (infinite boundary) ในสภาพธรรมชาติขอบเขตของหินอุ้มน้ำอาจจะถูกปิดกั้นด้วยบริเวณข้างเคียงที่เป็นหินที่ไม่มีรูพรุนหรือถูกเพิ่มเติมจากแม่น้ำในบริเวณข้างเคียง ดังนั้นการสูบทดสอบน้ำและการวิเคราะห์ทางชลศาสตร์จึงเป็นการประเมินคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำในเบื้องต้น

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการสูบทดสอบปริมาณน้ำควรประกอบด้วย

- เครื่องสูบน้ำซึ่งอาจเป็นแบบเทอร์ไบน์หรือแบบจุ่มใต้น้ำ
- อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำตามความเหมาะสมดังรายรายเอียดที่กล่าวไว้
- อุปกรณ์วัดระดับน้ำ
- นาฬิกาจับเวลา
- สายวัดระยะ
- แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการสูบทดสอบ
- ไฟและระบบส่องสว่าง

3.6.1 วิธีการและขั้นตอนการสูบทดสอบ

โดยทั่วไปการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลมีจุดประสงค์เพื่อหาข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์ผลที่มีลักษณะแตกต่างกันซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 2 วิธี ดังนี้

3.6.1.1 การสูบทดสอบเพื่อทราบปริมาณน้ำและประสิทธิภาพของบ่อน้ำบาดาล

การสูบทดสอบเพื่อทราบปริมาณน้ำและประสิทธิภาพของบ่อน้ำบาดาลสามารถดำเนินการได้อีก 2 วิธี ได้แก่

การสูบทดสอบแบบอัตราคงที่ต่อเนื่องระยะสั้น (constant-rate test) ไม่ต่ำกว่า 6 ชั่วโมงหรือสูบจนกว่าระดับน้ำคงที่ต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 3 ชั่วโมง

1) วิธีสูบทดสอบแบบอัตราสูบคงที่ต่อเนื่องระยะสั้น

วิธีสูบทดสอบแบบอัตราสูบคงที่ต่อเนื่องระยะสั้น (constant rate test or short term pumping test) เป็นการสูบทดสอบบ่อไม่ต่ำกว่า 6 ชั่วโมงหรือสูบจนกว่าระดับน้ำคงที่ต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 3 ชั่วโมง ด้วยเครื่องสูบน้ำเทอร์ไบน์ (turbine pump) หรือเครื่องสูบไฟฟ้าแบบจุ่ม (submersible pump) เพื่อเป็นแนวทางสำหรับกำหนดขนาด อัตรา และความลึกของเครื่องสูบที่ติดตั้งประจำบ่อ โดยปกติจะเป็นการสูบทดสอบเพื่อหาข้อมูลสำหรับการสูบน้ำใช้ภายในครัวเรือน

การบันทึกข้อมูลระดับน้ำในขณะสูบต้องวัดระดับน้ำบาดาลตามเวลาที่ระบุไว้ในมาตรฐาน ส่วนการสูบทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลสำหรับศึกษาวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพการให้น้ำของบ่อและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำนั้นจะทำควบคู่ทั้งวิธีสูบทดสอบแบบอัตราสูบคงที่ต่อเนื่องระยะยาว (long term pumping test) และวิธีสูบทดสอบแบบปรับอัตราสูบ (step drawdown test)

กรณีบ่อน้ำบาดาลตื้นและให้น้ำน้อย สามารถทดสอบปริมาณน้ำโดยใช้กระบอกตัก (bailer) ตักน้ำอย่างต่อเนื่อง เช่น ทุก 2 นาทีต่อหนึ่งกระบอกตัก และควรทดสอบ 1 - 3 ชั่วโมง อัตราการตักน้ำสามารถเพิ่มหรือลดตามความเหมาะสมกับประสิทธิภาพการให้น้ำของบ่อ

2) วิธีสูบทดสอบแบบปรับอัตราสูบ

วิธีสูบทดสอบแบบปรับอัตราสูบ (step drawdown test) เป็นการหาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในบ่อตลอดระยะเวลาการสูบทดสอบ โดยเริ่มจากอัตราสูบน้อยไปหามากและต่อเนื่องอย่างน้อย 4 อัตราสูบ อัตราสูบละหนึ่งชั่วโมง การประมาณอัตราสูบต่ำสุด ประมาณ 50% ของศักยภาพการให้น้ำของบ่อซึ่งสามารถประเมินได้จากข้อมูลการเป่าล้างพัฒนาบ่อน้ำบาดาล จากนั้นให้เพิ่มอัตราสูบที่เหมาะสมจาก 50% เป็น 75% 100% และ 125% ทุกอัตราสูบต้องใช้เวลาเท่ากัน ทั้งนี้บ่อที่จะสูบทดสอบโดยวิธีนี้ได้ควรมีปริมาณน้ำไม่น้อยกว่า 20 ลบ.ม./ชม.

3.6.1.2 การสูบทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ

การสูบทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำเป็นการสูบทดสอบในอัตราคงที่สูบต่อเนื่อง 24 - 72 ชั่วโมง และต้องมีบ่อสังเกตการณ์อย่างน้อย 1 บ่อ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) วิธีสูบทดสอบแบบต่อเนื่อง

การสูบทดสอบแบบต่อเนื่องเป็นการหาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาลตลอดช่วงระยะเวลาการสูบทดสอบด้วยอัตราสูบเหมาะสม (optimum yield) ที่ได้จากผลการสูบทดสอบเป็นการสูบทดสอบต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 24 - 72 ชั่วโมง การบันทึกข้อมูลระดับน้ำในขณะสูบให้มีความถี่และระยะเวลาที่ทำการสูบดัง **ตารางที่ 3.6.1-1** และ **3.6.1-2** ผลที่ได้จากการสูบทดสอบแบบปรับอัตราสูบและแบบต่อเนื่องจะทราบถึงประสิทธิการให้น้ำของบ่อ ใช้เป็นข้อกำหนดขนาดและความลึกของเครื่องสูบผลิตน้ำที่จะติดตั้งได้อย่างเหมาะสม สามารถทำการวางแผนการสูบผลิตน้ำได้อย่างต่อเนื่องนานนับเดือน

และกำหนดระยะห่างระหว่างบ่อผลิตน้ำที่จะทำการเจาะใหม่ให้เหมาะสม เช่น บ่อที่ใช้ผลิตน้ำประปาชลประทาน เป็นต้น หรือใช้คำนวณหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำไหลผ่านตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำหรือสามารถประมาณขอบเขตของหินอุ้มน้ำ

องค์ประกอบที่สำคัญในการสูบทดสอบแบบต่อเนื่องเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางชลศาสตร์นั้นต้องมีบ่อสังเกตการณ์ (observation well) ร่วมด้วยอย่างน้อย 1 บ่อ ส่วนขนาดตำแหน่งและความลึกบ่อจะขึ้นอยู่กับลักษณะของหินอุ้มน้ำของแต่ละพื้นที่

ตารางที่ 3.6.1-1 ช่วงเวลาที่ต้องทำการบันทึกอัตราสูบและระดับน้ำลดในบ่อสูบทดสอบ

ช่วงเวลาหลังจากเริ่มสูบ (นาที)	ความถี่ที่ต้องวัดระดับน้ำ (นาที)
0-10	0.5-1
10-15	1
15-60	5
60-300	30
300-1,440	60
1,440 หยุดสูบ	480

ตารางที่ 3.6.1-2 ช่วงเวลาที่ต้องทำการบันทึกอัตราสูบและระดับน้ำลดในบ่อสังเกตการณ์

ช่วงเวลาหลังจากเริ่มสูบ (นาที)	ความถี่ที่ต้องวัดระดับน้ำ (นาที)
0-60	2
60-120	5
120-240	10
240-360	30
360-1,440	60
1,440 หยุดสูบ	480

2) ระยะเวลาการสูบทดสอบ

ระยะเวลาการทดสอบสูบน้ำขึ้นกับชนิดของหินอุ้มน้ำที่จะทำการทดสอบ วัตถุประสงค์ ชนิดของบ่อตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ชนิดเครื่องสูบน้ำ ระยะเวลาที่ใช้ในการสูบทดสอบดังแสดงใน**ตารางที่ 3.6.1-3** อย่างไรก็ตามควรจะทำการสูบทดสอบจนกว่าระดับจะคงที่หรือจนกว่าจะได้รับข้อมูลของคุณสมบัติของหินอุ้มน้ำได้ถูกต้องตามความต้องการและควรพล็อตข้อมูลระดับน้ำลดในระหว่างการทดสอบสูบน้ำ

ตารางที่ 3.6.1-3 ระยะเวลาที่ใช้ในการสูบทดสอบ

ชนิดของบ่อ (แบ่งตามการใช้งาน)	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสูบน้ำ (ชม.)	ช่วงเวลาที่ใช้วัดระดับน้ำคืนตัว (ชม.)
1. ครัวเรือน	4 - 6	2 - 4
2. ชลประทาน	24	6
3. ระบบประปา	100	24
4. การวัดค่าใหม่	2	2

(Hazel, 1975)

3.6.1.3 การบันทึกข้อมูลประวัติบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์

1) ข้อมูลบันทึกการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาลของบ่อสูบทดสอบ (pumped well) ได้แก่

- ตำแหน่งบ่อ
- ขนาดและช่วงความลึกของท่อกรุท่อกรอง
- ชนิดและความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ
- วันเวลา ระดับน้ำคงที่ ปริมาณน้ำ ระยะน้ำลด (ถ้ามี) และวิธีการพัฒนาบ่อ พร้อมขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้

2) ข้อมูลบันทึกการเจาะบ่อสังเกตการณ์แต่ละบ่อ มีดังนี้

- ตำแหน่งและระยะห่างจากบ่อสูบทดสอบ
- ขนาดและช่วงความลึกของท่อกรุท่อกรอง
- ชนิดและความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ
- ระดับน้ำปกติ

3.6.1.4 การเลือกชนิดและขนาดเครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 ชนิด คือ แบบเทอร์ไบน์ (turbine pump) ใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนสามารถปรับอัตราการสูบอย่างหยาบได้ด้วยรอบของเครื่องยนต์ และเครื่องสูบน้ำแบบซับเมอร์ซิเบิล (submersible pump) ซึ่งสามารถเพิ่มและลดอัตราการสูบได้ด้วยการใช้ประตูน้ำควบคุม (valve) อาจใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งก็ได้ถ้าระดับน้ำขณะสูบไม่ลึกเกินกว่า 6.0 เมตร หรือสามารถประยุกต์รูปแบบบ่อที่เหมาะสม ตามที่ได้กล่าวในคู่มือการคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ การเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมสามารถพิจารณาได้จากข้อมูลระดับน้ำปกติ ปริมาณการให้น้ำ ระยะน้ำลด หรืออาจนำข้อมูลจากการพัฒนาบ่อด้วยการสูบด้วยอัตราสูงกว่าอัตราการให้น้ำของบ่อหรือด้วยวิธีการเป่ากวนน้ำและสูบออกด้วยลม แต่ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ ของท่อลมและท่อสูบน้ำ และขนาดของเครื่องอัดลมที่ใช้ เช่น ถ้าใช้เครื่องอัดลมมีขนาดแรงดัน 9 บาร์ หมายความว่าสามารถหยั่งท่อลมลงไปในน้ำได้ไม่เกิน 90 เมตร ซึ่งเป็นแรงดันสูงสุดที่เครื่องอัดลมสามารถทำงานได้และทำการตวงวัดปริมาณน้ำหลังจากเป่าลมผ่านไปแล้วกว่า 1 ชั่วโมง

ความลึกการติดตั้งเครื่องสูบน้ำควรอยู่ในส่วนของท่อกรุและเหนือระดับท่อกรอง

ช่องว่างระหว่างผนังท่อกรุบ่อและท่อสูบน้ำมีช่องเพียงพอให้หัวหยั่งของเครื่องวัดระดับน้ำหย่อนลงไปถึงระดับน้ำในบ่อได้โดยสะดวกเพื่อมั่นใจว่าสามารถวัดระดับน้ำได้ถูกต้องแท้จริง การวัดระดับน้ำผ่านท่อนำ (conductor pipe) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 - 20 มม. ที่ติดตั้งควบคู่ไปพร้อมกับท่อสูบจะทำให้การวัดระดับน้ำถูกต้องมากยิ่งขึ้น บ่อน้ำบาดาลบางบ่อได้ติดตั้งท่อวัดระดับน้ำนี้แนบไปกับผนังบ่อด้านนอกขณะทำการก่อสร้างแต่ต้องมีความลึกเท่าระยะท่อกรองหรือเท่าระดับกรวดกรุบ่อ

3.6.1.5 การเลือกบ่อที่จะทำการสูบทดสอบ

การเลือกบ่อหรือบริเวณที่จะทำการสูบทดสอบมีหลักการดังนี้

1) สภาพอุทกธรณีวิทยาของบริเวณใกล้เคียงที่มีสภาพใกล้เคียงกันให้มากที่สุดเพื่อจะใช้เป็นบ่อแทนบริเวณข้างเคียงได้ดี

2) บ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ไม่ควรอยู่ในบริเวณใกล้กับสถานีรถไฟ ถนนซูเปอร์ไฮเวย์ หรือบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น เพราะจะมีผลต่อข้อมูลการวัดระดับน้ำที่จะขึ้นลงผิดจากสภาพธรรมชาติ

3) น้ำที่สูบออกจากบ่อควรจะสามารถต่อท่อหรือสายให้ไกลจากบ่อสูบเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำเข้าบ่อสูบทดสอบ

4) เลือกบริเวณที่มีระดับน้ำ (water table) ที่มีความเอียงน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

5) เป็นบริเวณที่เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ สามารถเข้าถึงได้สะดวก การเลือกบ่อที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ดีทำให้ลดปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในขณะเก็บข้อมูล

3.6.1.6 บ่อสูบทดสอบ

บ่อสูบทดสอบ (pumping well) ควรจะเป็นบ่อที่คุณสมบัติ ดังนี้

1) บ่อควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่พอที่จะทำการหย่อนเครื่องสูบน้ำลงได้และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรองควรจะมีขนาดเท่ากันตลอดความหนาหินอุ้มน้ำ

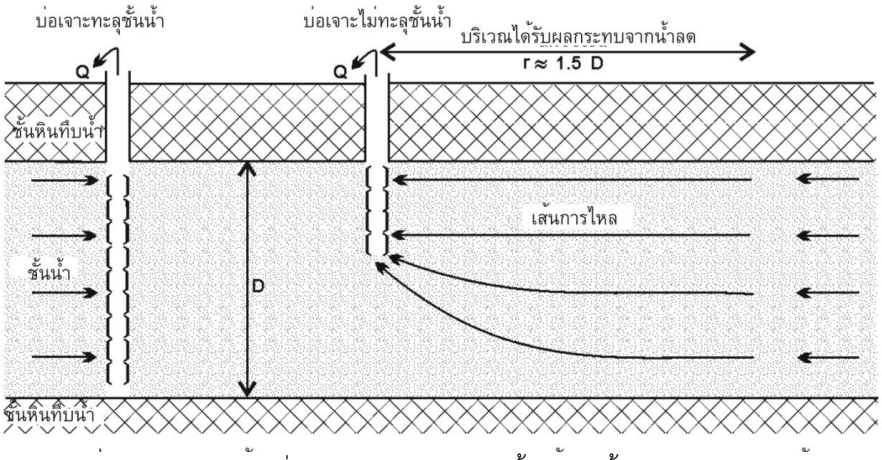
2) ความลึกของบ่อสูบทดสอบควรเจาะทะลุความหนาของหินอุ้มน้ำเพื่อจะให้น้ำได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้และสามารถติดตั้งเครื่องสูบน้ำได้สะดวก

3) ความยาวของท่อกรอง ถ้าขยายเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรองอีกเท่าตัวหรือบ่อที่มีขนาดใหญ่กว่าเดิมสองเท่าสามารถให้น้ำเข้าบ่อเพิ่มขึ้นเพียง 10% เท่านั้น แต่ถ้าเพิ่มความยาวของท่อกรองประมาณ 70 - 80% ของความหนาของหินอุ้มน้ำจะทำให้สูบน้ำออกจากบ่อได้ประมาณ 90% ของน้ำที่เข้าบ่อ ถ้าท่อกรองมีความยาวตลอดชั้นหินอุ้มน้ำจะทำให้น้ำไหลเข้าบ่อในแนวราบ ถ้าความยาวของท่อกรองสั้นกว่าความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำมาก จะทำให้น้ำไหลเข้าบ่อในแนวดิ่ง ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านดังแสดงใน**รูปที่ 3.6.1-1**

4) บ่อน้ำบาดาลส่วนใหญ่จะทำการเจาะและใส่ท่อกรองไม่ตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ ดังนั้นการทำการสูบทดสอบจากบ่อเหล่านี้ควรคำนึงถึง

- กรณีที่หินอุ้มน้ำชนิดแบบไร้แรงดัน (unconfined aquifer) ระดับน้ำบาดาลอาจจะลดต่ำกว่าชั้นบนของหินอุ้มน้ำ การกำหนดความยาวของท่อกรองอาจจะสั้นกว่าครึ่งหนึ่งหรือ 1/3 ของความหนาของหินอุ้มน้ำได้

- ในกรณีที่หินอุ้มน้ำมีความหนามากๆ การใส่ท่อกรองอาจไม่ทะลุหินอุ้มน้ำ เมื่อความยาวของท่อกรองสั้นกว่าร้อยละ 80 ของความหนาของหินอุ้มน้ำถือว่าเป็นบ่อแบบใส่ท่อกรองไม่ทะลุชั้นหินอุ้มน้ำ (partially penetrating well) การสูบน้ำจากบ่อประเภทนี้จะเกิดน้ำไหลเข้าบ่อในแนวดิ่งในระยะทางรอบๆ บ่อโดยมีระยะทางประมาณเท่ากับความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ การเลือกขนาดรูเปิดของท่อกรอง (screen opening area) ไม่ควรให้กว้างมากเพื่อไม่ให้น้ำไหลเข้าบ่อเร็วเกินไปหรือความเร็วของน้ำผ่านท่อควรน้อยกว่า 3 ซม./วินาที มิฉะนั้นน้ำที่ไหลเข้าบ่อจะไหลแรง (jet flow) หรือมีความเร็วไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะทำให้ผลการวิเคราะห์เกิดความผิดพลาดได้



เมื่อ D คือ ความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ

รูปที่ 3.6.1-1 การไหลของน้ำเข้าบ่อในกรณีบ่อเจาะทะลุหินอุ้มน้ำและบ่อเจาะไม่ทะลุหินอุ้มน้ำ (Kruseman and de Ridder, 1990)

3.6.1.7 บ่อสังเกตการณ์

การติดตั้งบ่อสังเกตการณ์เพื่อทำการวัดระดับน้ำลด บ่อสังเกตการณ์ควรจะอยู่รอบๆ บ่อสูบ บ่อสังเกตการณ์ควรมีมากกว่า 1 บ่อ โดยมีระยะทางห่างจากบ่อสูบและทิศทางจากบ่อสูบต่างกัน การวางบ่อสังเกตการณ์ควรอยู่ไม่ไกลหรือใกล้จากบ่อสูบทดสอบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของหินอุ้มน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน การวางตัวของชั้นหิน (stratification) ซึ่งพอสรุปได้ ดังนี้

1) ชนิดของหินอุ้มน้ำ

หากเป็นชั้นหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน (confined aquifer) การวางบ่อสังเกตการณ์ควรห่างจากบ่อสูบทดสอบน้ำมากกว่าบ่อที่เจาะในชั้นหินอุ้มน้ำแบบไร้แรงดัน เนื่องจากการหดตัวหรือยืดหยุ่นของหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดันจะทำให้สูญเสียน้ำมากกว่าทำให้ระดับน้ำลดเกิดเป็นบริเวณกว้างถึง 100 เมตร หรือหลาย

ร้อยเมตร ส่วนบ่อที่เจาะในหินอุ้มน้ำแบบแรงดัน การลดระดับน้ำในหินอุ้มน้ำจะค่อยๆ เกิดขึ้นและมีการหดตัวเล็กน้อยเพียงส่วนบน ดังนั้นบ่อสังเกตการณ์ไม่ควรห่างจากบ่อสูบทดสอบ

2) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านสูง แสดงว่าระดับน้ำลดรอบๆ บ่อไม่มากหรือระดับน้ำลดอยู่ในแนวราบ เพราะฉะนั้นบ่อสังเกตการณ์ควรจะอยู่ห่างจากบ่อสูบพอประมาณ เช่น 50 เมตร และ 100 เมตร หรือถ้ามีบ่อสังเกตการณ์หลายบ่อควรอยู่ห่างจากบ่อสูบไม่เท่ากันและในทิศทางต่างกัน

3) อัตราการสูบน้ำ

ถ้าอัตราการสูบน้ำสูงจะเกิดกรวยน้ำลดขนาดใหญ่และชัน การวางบ่อสังเกตการณ์ควรอยู่ไม่ไกลจากบ่อสูบทดสอบ

4) ความยาวของท่อกรองน้ำ

ท่อกรอง (screen) ควรมีความยาวไม่น้อยกว่า 80% ของความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ จึงถือว่าการใส่ท่อกรองทะลุชั้นหินอุ้มน้ำ แต่ถ้าความยาวของท่อกรองน้อยกว่า 80% ของความหนาของหินอุ้มน้ำ บ่อสูบเป็นบ่อที่เจาะไม่ทะลุชั้นหินอุ้มน้ำ บ่อที่ทำการสูบและบ่อสังเกตการณ์ที่นำข้อมูลวัดระดับน้ำลด เวลา ความลึกของบ่อ ท่อกรอง ควรนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้วิธี partially penetrating well (Kruseman and de Ridder, 1990)

5) การเรียงลำดับของชั้นหิน

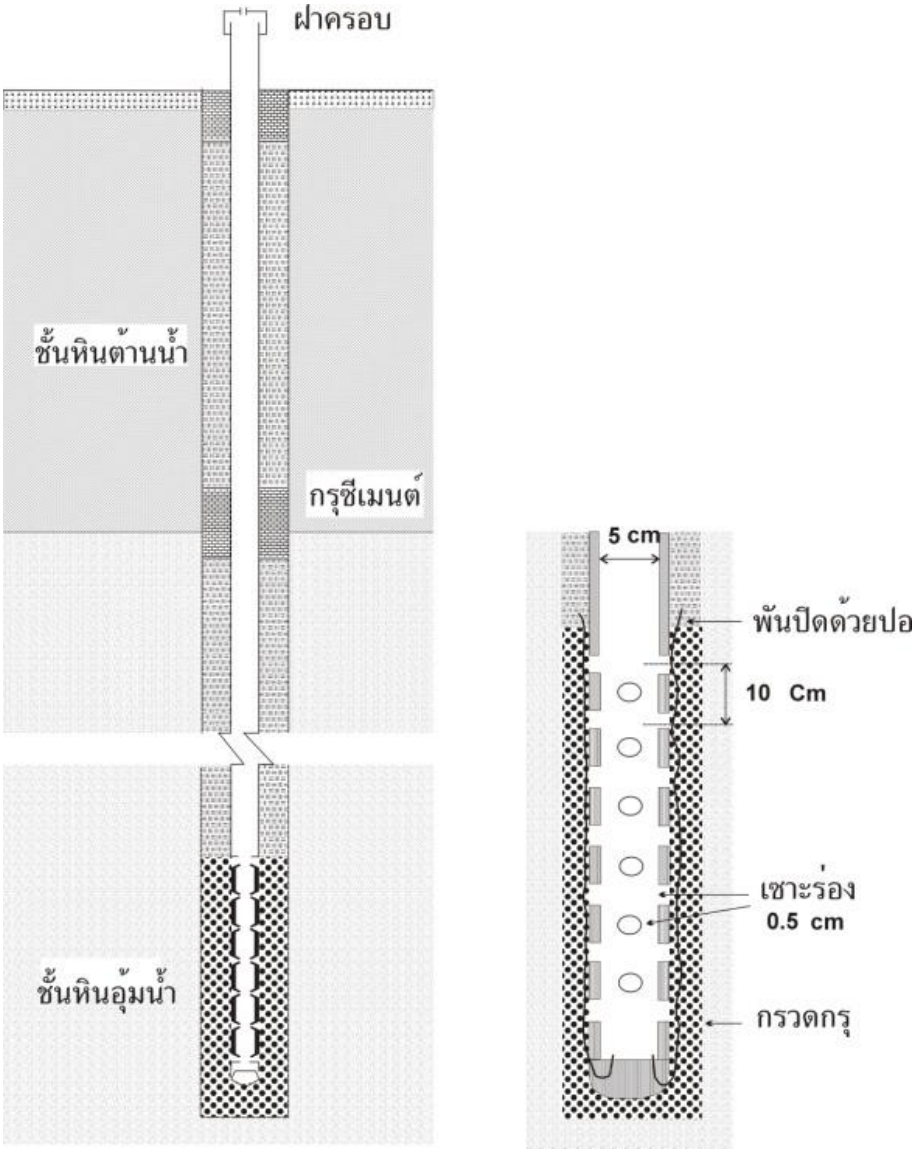
ชั้นหินอุ้มน้ำที่มีความหนาและเนื้อหินสม่ำเสมอหาได้ยาก ส่วนใหญ่อนุมานจากความหนาของหินอุ้มน้ำหลัก ดังนั้นข้อมูลที่นำมาคำนวณจึงมีข้อจำกัด อย่างไรก็ตามหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นไม่มีกฎตายตัวในการคำนวณตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของนักอุทกธรณีวิทยาในภาคสนาม

6) ความลึกของบ่อสังเกตการณ์

ความลึกของบ่อสังเกตการณ์มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าระยะห่างของบ่อสังเกตการณ์จากบ่อสูบทดสอบ ในกรณีที่หินอุ้มน้ำมีเนื้อหินสม่ำเสมอ ควรวางท่อกรองและความลึกของบ่อสังเกตการณ์ตรงกลางของชั้นหินอุ้มน้ำ แต่ถ้าในกรณีที่หินอุ้มน้ำมีชั้นดินเหนียวแทรกสลับ การลงท่อกรองอาจจะเป็นช่วงๆ การสูบทดสอบในกรณีนี้ควรจะมีการทดสอบชั้นหินอุ้มน้ำเป็นช่วงๆ ซึ่งเทคนิคการปิดอัดหินอุ้มน้ำทั้งด้านบนและล่างโดยอาจใช้ลูกยางปิดกั้น (packer) และทำการสูบทดสอบเป็นช่วงๆ ของชั้นหินแต่ละช่วง

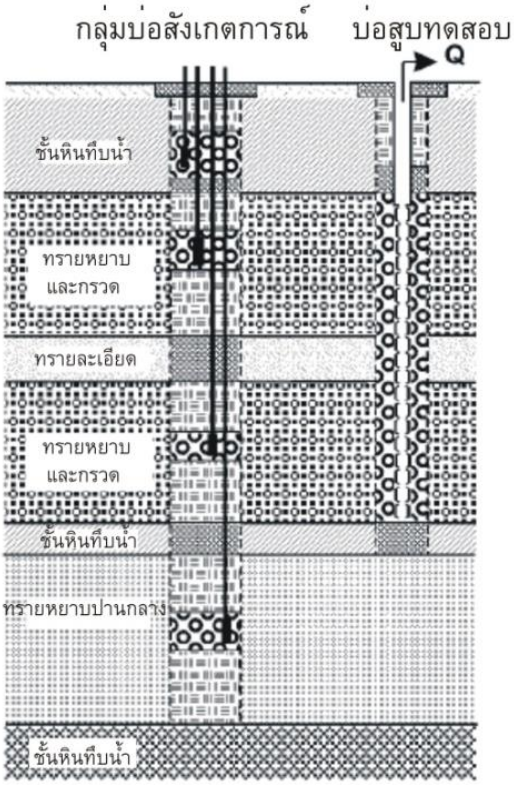
7) การสร้างบ่อสังเกตการณ์

การวัดระดับน้ำที่แม่นยำและรวดเร็วจะได้ระดับน้ำที่ถูกต้องโดยใช้บ่อสังเกตการณ์มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก ถ้าบ่อสังเกตการณ์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดเวลาล่าช้า (lag time) ของน้ำเข้าบ่อและทำให้ค่าระดับน้ำที่วัดผิดพลาดได้ บ่อสังเกตการณ์ควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 100 มม. (4 นิ้ว) บริเวณรอบๆ ท่อกรองของบ่อสังเกตการณ์ ควรจะลงด้วยกรวดกรุขนาดสม่ำเสมอและล้อมรอบด้วยวัสดุกรองสารขนาดเล็กๆ เช่น ผ้าลินินหรือพันด้วยตาข่ายลวดหรือในล่อน ดังแสดงใน**รูปที่ 3.6.1-2** ถึง**รูปที่ 3.6.1-4**

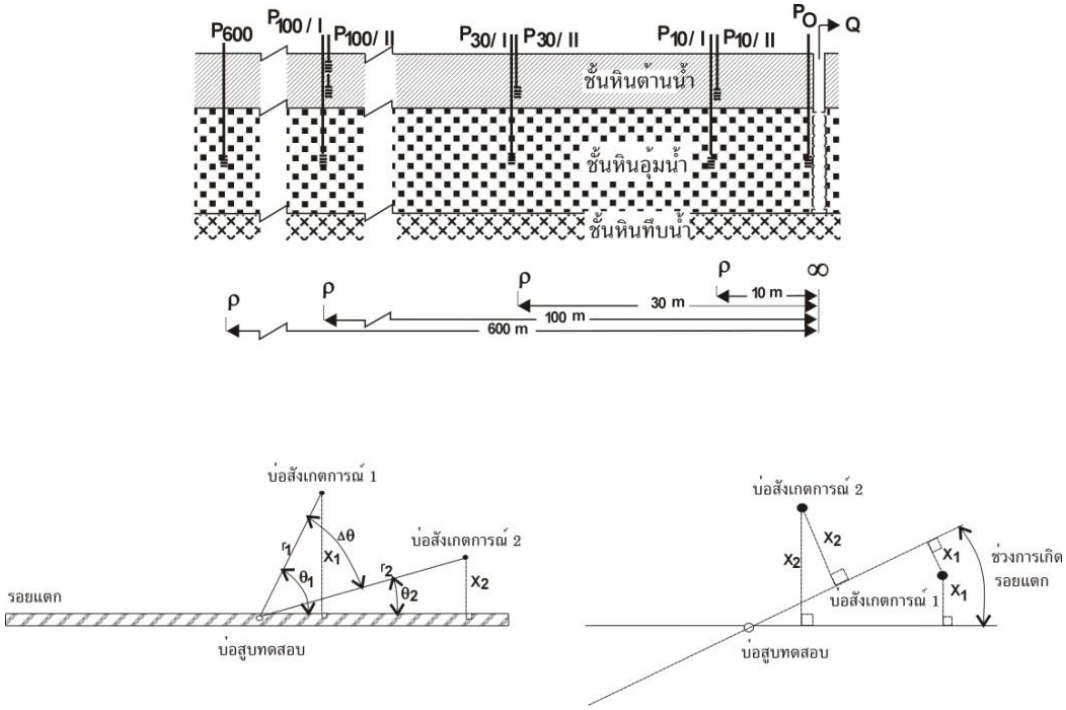


รูปที่ 3.6.1-2 ตัวอย่างบ่อสังเกตการณ์และตำแหน่งของท่อกรอง

(Kruseman and de Ridder, 1990)



รูปที่ 3.6.1-3 การสร้างบ่อสังเกตการณ์แบบเป็นกลุ่มในหินอุ้มน้ำที่มีชั้นดินเหนียวแทรกสลับ (Kruseman and de Ridder, 1990)



รูปที่ 3.6.1-4 การเจาะบ่อสังเกตการณ์และตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์ (Kruseman and de Ridder, 1990)

3.6.1.8 การวัดระดับน้ำและอัตราการสูบน้ำ

1) ตัวแปรที่สำคัญที่ทำการวัดในขณะที่สูบทดสอบ ประกอบด้วย

1.1) ระดับน้ำในบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์

1.2) อัตราการสูบน้ำจากบ่อสูบทดสอบโดยทำการวัดเป็นช่วงๆ ในขณะที่สูบ

1.3) ระยะเวลาที่ทำการสูบทดสอบ

1.4) ระยะทางและทิศทางของบ่อสังเกตการณ์จากบ่อสูบทดสอบ

1.5) ความลึกและขนาดของบ่อและท่อกรอง ทั้งบ่อสังเกตการณ์และบ่อสูบทดสอบ

1.6) ขนาดและชนิดของเครื่องสูบ ความลึกของการหย่อนเครื่องสูบ

2) การวัดระดับน้ำในบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์

การวัดระดับน้ำในบ่อนิยมใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น

2.1) เทปเหล็ก (steel tape) หรือการวัดแบบเทปเปียก (wet tape method (**รูปที่ 3.6.1-5 ก**)

2.2) เทปไฟฟ้า (electric tape) เครื่องมือเทปไฟฟ้าประกอบด้วยสายไฟฟ้าบอกระยะ ส่วนใหญ่บอกเป็นช่วงๆ ละ 5 ฟุต หรือช่วงละ 1 เมตร ส่วนปลายเป็นขั้วไฟฟ้า สายไฟจะต่อไปยังแบตเตอรี่ เมื่อกระแสไฟฟ้าเดินครบวงจรเข็มจะกระดิก มีเสียง หรือไฟกระพริบ วิธีนี้ใช้วัดทั้งบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ (**รูปที่ 3.6.1-5 ข**)

2.3) ท่อลมเป็นท่อเหล็กหรือทองแดงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.64 ซม. (1/4 นิ้ว) ติดตั้งโดยให้ปลายท่ออยู่ต่ำกว่าระดับน้ำในบ่อ ปลายบนติดอยู่กับเครื่องวัดความดัน ค่าความดันที่อ่านได้มีหน่วยเป็น กก. /ตร.ซม. สามารถคำนวณระยะที่น้ำถูกดันออกไปได้ (**รูปที่ 3.6.1-5 ค**)

2.4) การวัดแบบใช้เครื่องบันทึกระดับน้ำ (water level recorder) ประกอบด้วย ลูกลอยสายเคเบิลที่ต่อขึ้นมาพาดอยู่บนรอก เมื่อระดับน้ำในบ่อเปลี่ยนแปลง ลูกลอยจะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามและรอกจะหมุนตามไปด้วย การลดหรือเพิ่มของระดับน้ำดังกล่าวจะบันทึกลงบนกระดาษบันทึกซึ่งมีอยู่ในเครื่องมือนี้ เครื่องมือนี้สามารถวัดระดับน้ำได้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานและใช้ได้ดีเฉพาะบ่อสังเกตการณ์ (**รูปที่ 3.6.1-5 ง**)

3.6.1.9 การวัดอัตราการสูบทดสอบ

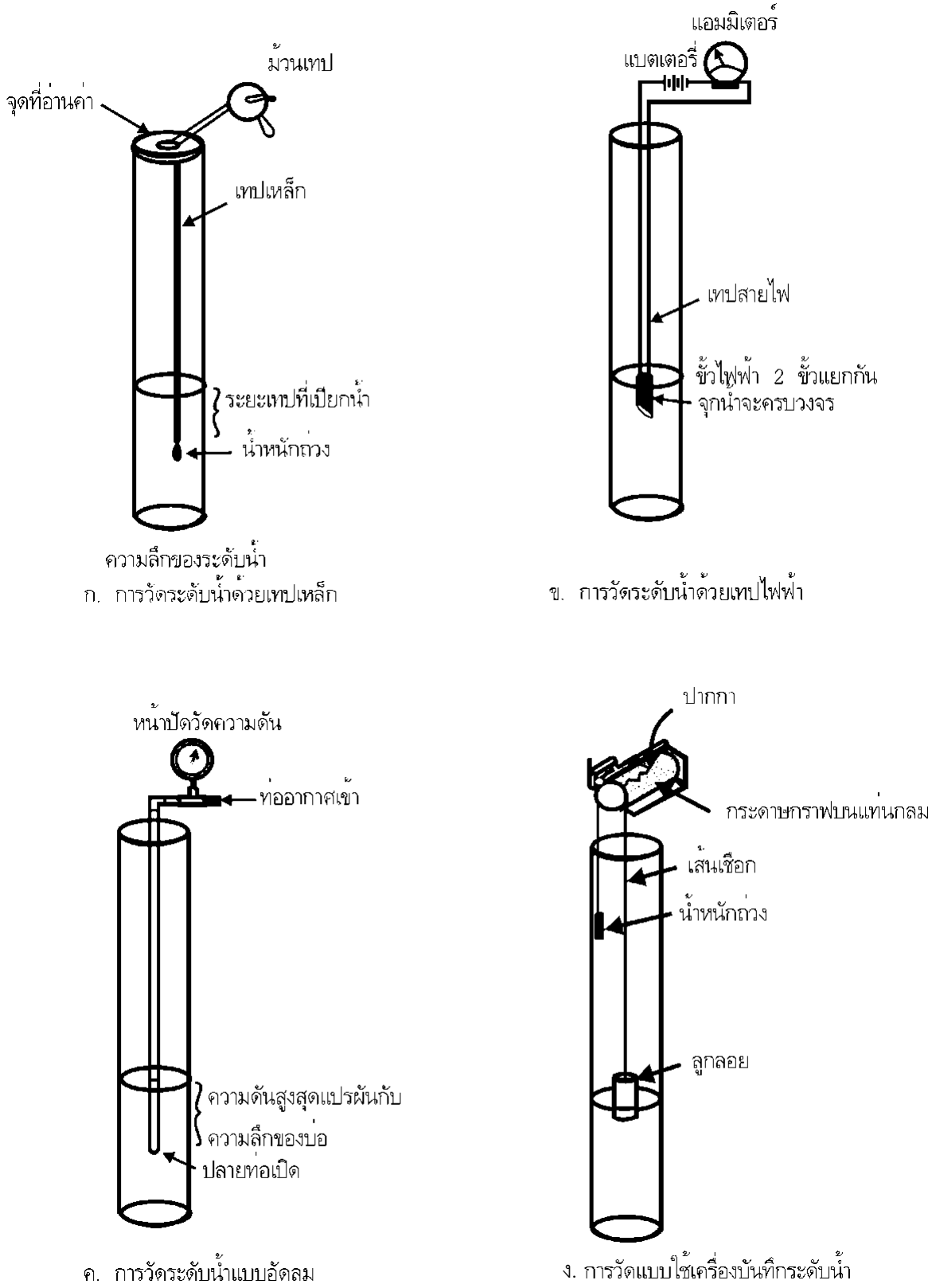
การวัดอัตราการสูบน้ำควรปฏิบัติดังนี้

- ควบคุมอัตราการสูบน้ำให้คงที่ตลอดเวลา
- วัดระยะน้ำลดของบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้
- เมื่อหยุดสูบให้วัดระดับน้ำคืนตัวตามระยะเวลาที่กำหนดไว้
- บ่อน้ำบาดาลข้างเคียงควรหยุดสูบน้ำในในขณะสูบทดสอบ

วิธีการวัดปริมาณน้ำในขณะสูบทดสอบ ได้แก่ การวัดปริมาณน้ำด้วยถังตวง การวัดปริมาณน้ำด้วยมาตรวัดน้ำ การวัดปริมาณน้ำด้วยออริฟิซ การวัดปริมาณน้ำแบบถังติดตั้งออริฟิซ การวัดปริมาณน้ำที่ไหลพุ่งหรือน้ำพุ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) การวัดปริมาณน้ำด้วยถังตวง

อุปกรณ์ที่จำเป็น คือ ถังตวงหรือภาชนะบรรจุน้ำที่รู้ความจุและนาฬิกาจับเวลา เริ่มจากการใช้ถังตวงรองน้ำที่ปลายท่อจ่ายน้ำที่สูบจากบ่อ จับเวลาจนกระทั่งน้ำเต็มถังก็จะทราบอัตราการสูบน้ำให้ทำหลายๆ ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย กรณีที่ปริมาณน้ำจากการสูบทดสอบมาก เช่น 100 ลบ.ม./ชม. ต้องใช้ถังขนาดไม่น้อยกว่า 1 ลบ.ม. (1,000 ล.) เป็นต้น



รูปที่ 3.6.1-5 วิธีการวัดระดับน้ำบาดาล (Todd, 1980)

2) การวัดปริมาณน้ำด้วยมาตรวัดน้ำ

อ่านปริมาณน้ำที่ไหลผ่านมาตรวัดน้ำและจับเวลาจะได้ค่าอัตราการไหลของน้ำ ขนาดมาตรวัดน้ำต้องเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่สูบด้วย

3) การวัดปริมาณน้ำด้วยออริฟิซ

เครื่องมือ ได้แก่ ออริฟิซ (orifice) ท่อจ่ายน้ำ (discharge pipe) ที่เหมาะสมกับเครื่องสูบ ท่อดังกล่าวต้องมีความยาวอย่างน้อย 1.2 ม. (4 ฟุต) เจาะรูให้ตั้งฉากกับแนวแกนกลางของบ่อให้ห่างจากปลายท่อซึ่งจะติดออริฟิซประมาณ 60 ซม. รูดังกล่าวจะต้องมีขนาดและเกลียวพอดีที่จะใส่นิปเปิล (nipple) ขนาด 0.32 ซม. (1/5 นิ้ว) ได้โดยให้ปลายนิปเปิลด้านที่ใส่ในท่อเสมอระดับเดียวกับผิวท่อด้านในต่อปลายนิปเปิลด้วยท่อยางหรือท่อพลาสติกให้ยาวอย่างน้อย 1.5 ม. (5 ฟุต) ก่อนการสูบน้ำต้องวางแนวท่อจ่ายน้ำจากเครื่องให้ได้ระดับและหมุนท่อให้แนวแกนกลางของนิปเปิลขนานกับแนวระดับพร้อมกับยกท่อยางหรือท่อพลาสติกให้สูงขึ้นตามแนวดิ่ง เมื่อน้ำไหลออกจากท่อจ่ายน้ำ ปริมาณน้ำทั้งหมดจะถูกกั้นไว้และไหลออกได้เฉพาะทางรูออริฟิซ อีกส่วนหนึ่งจะดันให้สูงขึ้นทางนิปเปิลและท่อยางหรือท่อพลาสติก ถ้าวัดความสูงของน้ำในท่อยางหรือท่อพลาสติกจากจุดแกนกลางของนิปเปิลได้ ก็สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่ทำการสูบในขณะนั้นได้ ดังแสดงใน**รูปที่ 3.6.1-6**

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$Q = 8.025 \times K \times A \times H^{1/2} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำที่ทำการสูบคิดเป็นแกลลอนต่อนาที A คือ พื้นที่หน้าตัดของรูออริฟิซมีหน่วยเป็นตารางนิ้ว H คือ ความสูงของน้ำในบ่อท่อยางจากแนวแกนกลางของนิปเปิลมีหน่วยเป็นนิ้ว และ K คือ ค่าคงที่ซึ่งหาได้จากกราฟใน**รูปที่ 3.6.1-7**

ด้วยวิธีนี้จะเห็นได้ว่าค่า K และคือ A เป็นค่าคงที่แน่นอนสำหรับออริฟิซชุดหนึ่งชุดใดที่หาค่าล่วงหน้าได้ ส่วนค่าหรือตัวเลขที่ต้องวัดหาในสนามก็มีค่า H ค่าเดียว ถ้าวัดค่า H ที่ได้ก็จะคำนวณปริมาณน้ำได้ทันที ตัวอย่างเช่น ถ้าใช้ท่อจ่ายน้ำขนาด 4 นิ้ว และใช้ออริฟิซเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 นิ้ว จะได้ค่าคงที่ไว้แล้วคือ

K = 0.70 (จากกราฟ)

A = 7.068 ตารางนิ้ว ($A = \pi R^2$) แทนค่าในสมการที่ (3-1)

$Q = 8.025 \times 0.70 \times 7.068 \times H^{1/2}$

$Q = 39.70 \times H^{1/2}$

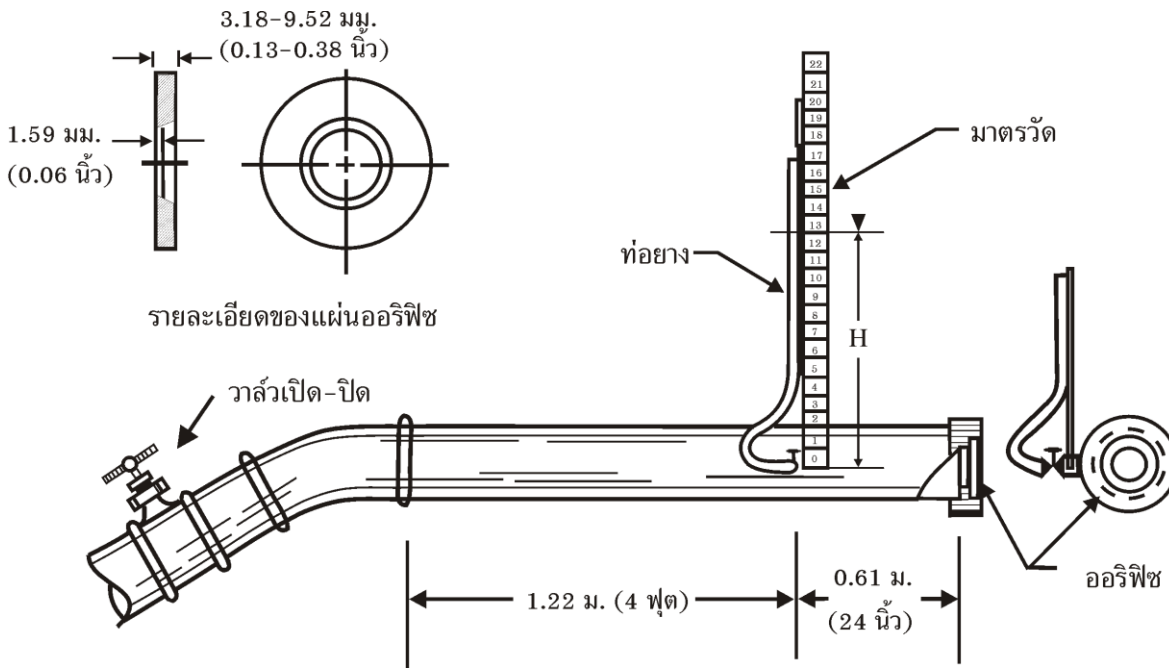
สมมุติวัดค่า H ในสนามได้ 36 นิ้ว ปริมาณน้ำที่สูบได้ คือ

$Q = 39.70\ (36^{1/2}) = 39.70 \times 6$

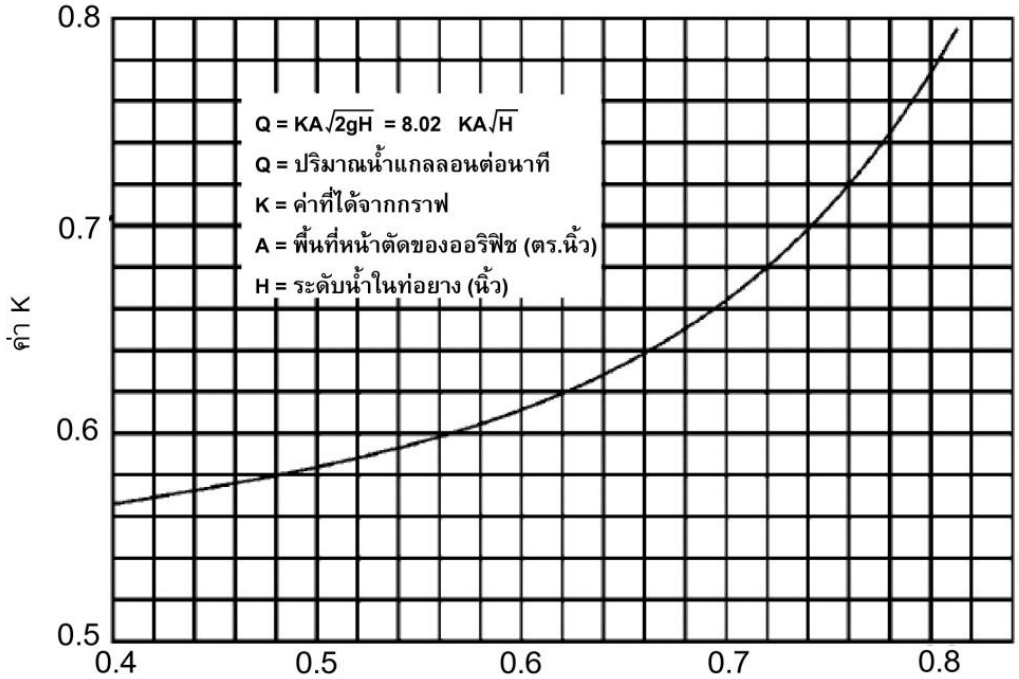
= 238.20 แกลลอน/นาที หรือ 1.08 ลบ.ม./นาที

4) การวัดปริมาณน้ำแบบถังติดตั้งออริฟิซ

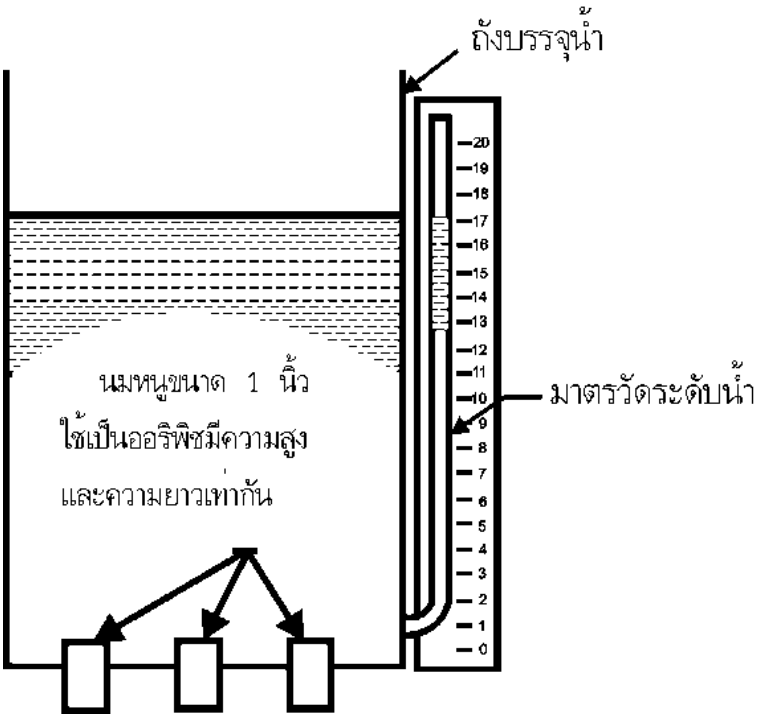
การวัดปริมาณน้ำแบบถังติดตั้งออริฟิซ (orifice bucket) ประกอบด้วย ถังรูปทรงกระบอกดังแสดงใน**รูปที่ 3.6.1-8** และมีรูปิดเปิดรูปวงกลมอยู่ก้นถังทำหน้าที่เป็นออริฟิซ ข้างถังมีมาตรวัดระดับน้ำ เมื่อน้ำเต็มถังหรือถึงระดับหนึ่ง แล้วปล่อยน้ำออกทางออริฟิซน้ำที่สูบจะถูกปล่อยเข้าถึงระดับน้ำในหลอดแก้วจะบ่งชี้ว่าปริมาณน้ำไหลออกเท่ากับปริมาณน้ำที่สูบเข้าถัง การหาปริมาณน้ำของบ่อโดยอ่านระดับน้ำในหลอดแก้วแล้วนำไปเทียบในแผนภาพ**รูปที่ 3.6.1-9**



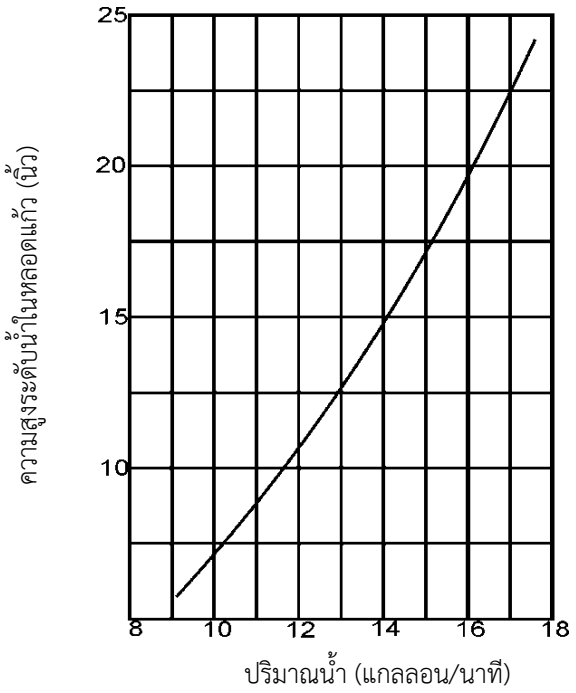
รูปที่ 3.6.1-6 ส่วนประกอบของเครื่องวัดปริมาณน้ำแบบออริฟิซ
(เจริญ เพียรเจริญ และจเร ตันติเสรี, 2517)



รูปที่ 3.6.1-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า K และอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางของออริฟิซกับท่อจ่ายน้ำ (เจริญ เพียรเจริญ และจเร ตันติเสรี, 2517)



รูปที่ 3.6.1-8 ถังติดออริฟิซ 3 ตัว พร้อมหลอดแก้วและมาตรวัดระดับน้ำ (เจริญ เพียรเจริญ และจเร ตันติเสรี, 2517)



กราฟสำหรับออริฟิซที่มีรูขนาด 1 นิ้วติดก้นถัง

รูปที่ 3.6.1-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในหลอดแก้วและปริมาณน้ำ
(เจริญ เพียรเจริญ และจเร ตันติเสรี, 2517)

การใช้ถังติดออริฟิซ ค่าที่อ่านได้จากท่อพลาสติกหรือหลอดแก้วจะมีการคำนวณหา Q หรืออัตราการให้น้ำโดยเทียบจากมาตรฐานในแผนภาพ ดัง**รูปที่ 3.6.1-9** ค่าของออริฟิซขนาด 1 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว เทียบค่าของระดับน้ำในหลอดแก้ว ดังนั้นปริมาณของน้ำในแต่ละออริฟิซคูณจำนวนออริฟิซก็จะได้อัตราการให้น้ำทั้งหมด ตัวอย่างเช่น ถ้าระดับน้ำในหลอดแก้วสูง 16 นิ้ว จาก**รูปที่ 3.6.1-9** อัตราการไหลของน้ำ = 14.4 แกลลอนต่อนาที ถ้าใช้ออริฟิซ 3 ตัว ปริมาณของน้ำทั้งหมดเท่ากับ 3 x 14.4 = 43.2 แกลลอนต่อนาที หรือ 0.2 ลบ.ม./นาที การใช้ถังติดออริฟิซจะวัดค่าให้สม่ำเสมอเหมาะสำหรับการใช้วัดอัตราการจ่ายน้ำของเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบชัก

3.6.1.10 การวัดคุณภาพน้ำในสนามและเก็บตัวอย่างน้ำ

ระหว่างสูบน้ำจากบ่อทดสอบควรตรวจวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า และอุณหภูมิทุก 1 ชม. เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ การเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ให้เก็บในช่วง 10 - 30 นาทีก่อนหยุดสูบ ปริมาณอย่างน้อย 1,000 มล. (1.0 ลิตร) ปิดผนึกและเขียนข้อมูลบ่อน้ำบาดาลที่ฉลากขวดน้ำตัวอย่าง

3.6.1.11 ไฟแสงสว่างและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การสูบทดสอบต้องดำเนินงานต่อเนื่องใช้เวลานานและอาจมากกว่า 24 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นจึงต้องมีไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำและอำนวยความสะดวกให้กับผู้ปฏิบัติงาน จึงจำเป็นต้องมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองไว้ในสนาม

3.6.1.12 ระบบระบายน้ำ

น้ำที่สูบจากบ่อสูบทดสอบต้องปล่อยทิ้งไปให้ไกล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องสูบทดสอบในบ่อน้ำบาดาลของชั้นน้ำชนิดไร้แรงดัน จนมั่นใจว่าไม่ไหลกลับลงไปสู่บ่อสูบและบ่อสังเกตการณ์ ดังนั้นอาจจะต้องขุดรางหรือต่อท่อระบายไปสู่ลำรางสาธารณะ อีกทั้งมั่นใจว่าไม่ทำลายแหล่งเกษตรกรรม ปศุสัตว์ สิ่งปลูกสร้าง และเป็นผลเสียหายต่อนิเวศน์วิทยาของสิ่งแวดล้อม

3.6.1.13 แบบฟอร์มการสูบทดสอบและกราฟ

ตารางแบบฟอร์มที่จะใช้บันทึกผลการสูบทดสอบทั้งของบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ตัวแปรทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำไหลผ่านตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ (transmissivity, T) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (hydraulic conductivity, K) สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (storage coefficients, S) **(รูปที่ 3.6.2.-1**) และแนวโน้มการลดระดับของน้ำบาดาลเนื่องจากการทดสอบสูบน้ำในบ่อและบริเวณข้างเคียง การวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบ มีสมมุติฐานว่า “น้ำที่ไหลในหินอุ้มน้ำอยู่ในแนวราบและมีขอบเขตไม่จำกัด สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งการไหลของน้ำแบบสภาวะคงที่และไม่คงที่” ซึ่งวิเคราะห์ได้หลายวิธี ดังนี้

3.6.2.1 ข้อสมมุติฐาน

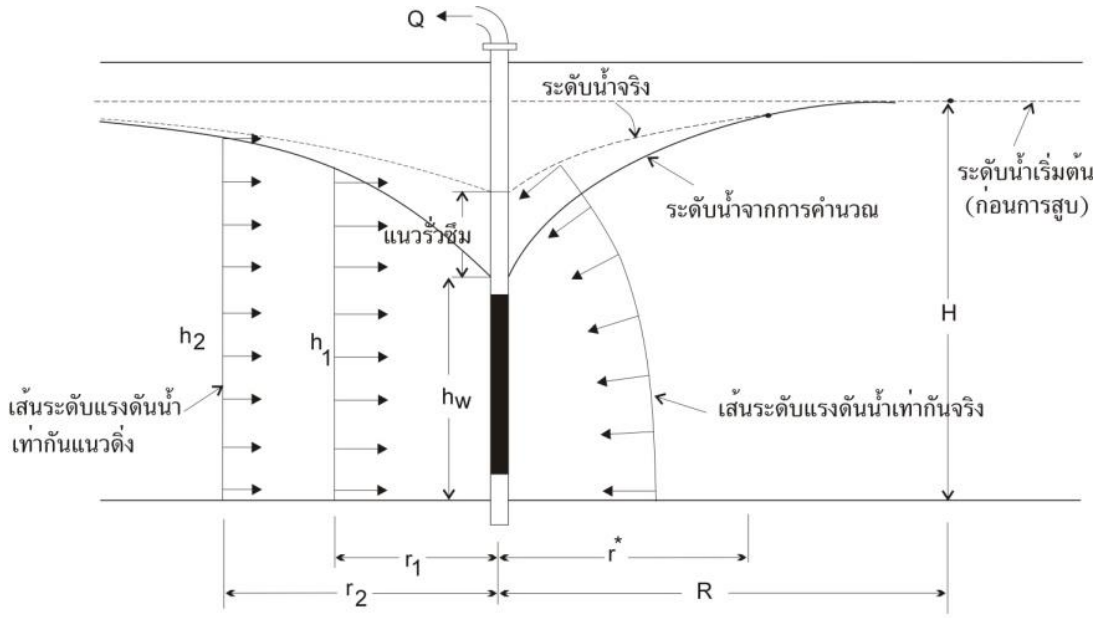
1) หินอุ้มน้ำควรมีขอบเขตไม่จำกัดหรือมีการขยายในแนวด้านข้างโดยไม่มีขอบเขตจำกัด

2) หินอุ้มน้ำต้องมีลักษณะเนื้อหินหรือความพรุนสม่ำเสมอและมีการไหลของน้ำในทิศทาง x, y, z เท่าๆ กัน และมีความหนาที่สม่ำเสมอในรัศมีของอิทธิพลระดับน้ำลดในขณะที่ทำการทดสอบสูบน้ำ ชั้นหินต้องอยู่ในแนวระนาบ

3) ก่อนสูบทดสอบระดับน้ำบาดาลควรอยู่ในแนวราบ

4) อัตราการสูบน้ำควรคงที่ตลอดการสูบทดสอบ

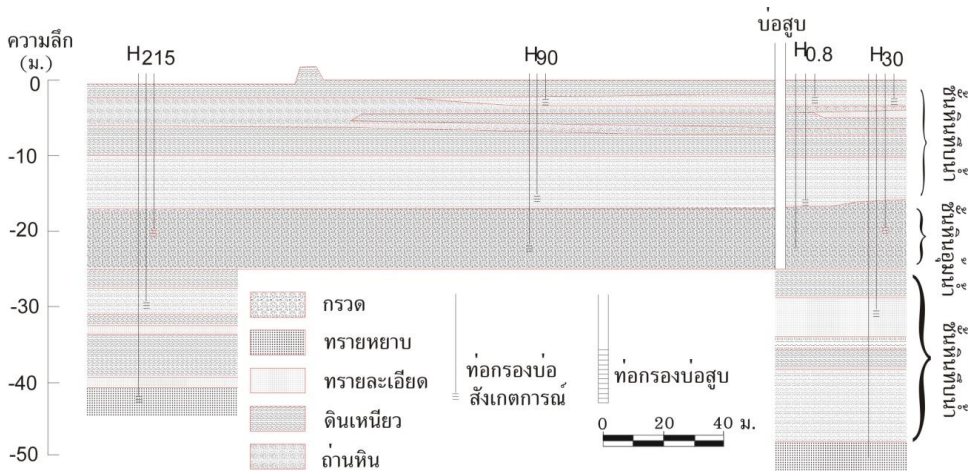
5) บ่อน้ำบาดาลที่ใช้เป็นบ่อสูบทดสอบควรเจาะทะลุความหนาของหินอุ้มน้ำ และใส่ท่อกรองยาวไม่น้อยกว่า 80% ของความหนาของหินอุ้มน้ำ



รูปที่ 3.6.2.-1 การไหลของน้ำเข้าบ่อแบบสภาวะคงที่ผ่านหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน (Kresic, 1997)

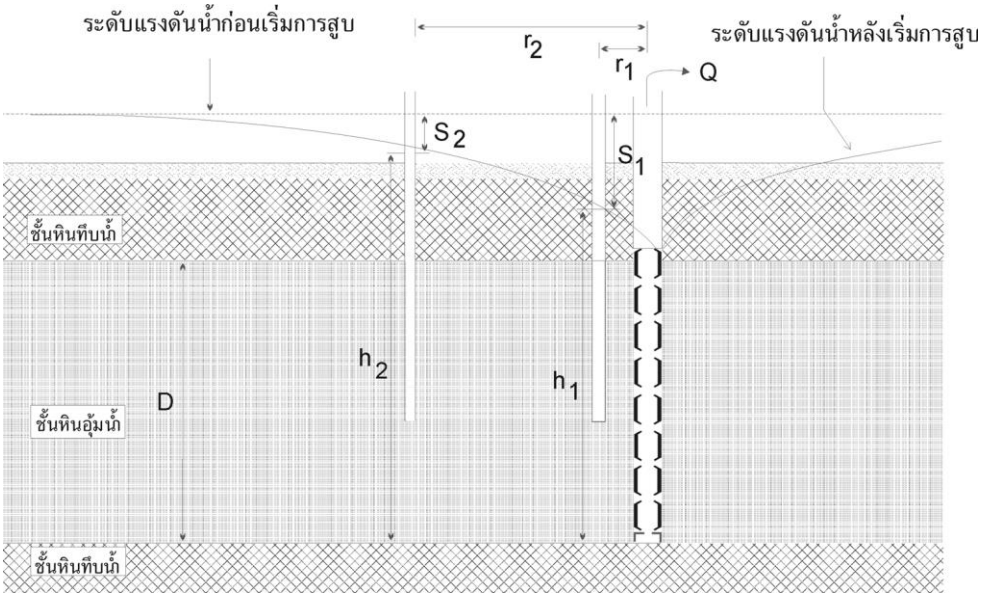
3.6.2.2 การไหลของน้ำเข้าบ่อในสภาวะคงที่

การไหลของน้ำเข้าบ่อในสภาวะคงที่ เมื่อสูบน้ำน้ำจะไหลเข้าสู่บ่อจากหินอุ้มน้ำรอบๆ บ่อ ระดับน้ำจะค่อยๆลดลงจากระดับน้ำปกติ เรียกว่า ระยะน้ำลด (drawdown, s) ลักษณะของระยะน้ำลดเกิดขึ้นรอบๆ บ่อ ถ้ามองในรูปสามมิติจะเกิดเป็นรูปกรวยน้ำลด (cone of depression) บริเวณอยู่นอกกรวยน้ำลดเป็นพื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของบ่อ ดังแสดงใน**รูปที่ 3.6.2.-1** และ**รูปที่ 3.6.2.-2**



รูปที่ 3.6.2.-1 ภาพตัดขวางของหินอุ้มน้ำและระดับน้ำลดในบ่อสังเกตการณ์

(Kruseman and de Ridder, 1990)



รูปที่ 3.6.2-2 การสูบน้ำจากบ่อที่เจาะในหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน

(Kruseman and de Ridder, 1990)

1) การวิเคราะห์โดยวิธีของ Theis

เมื่อสูบทดสอบน้ำออกจากหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน ดังแสดงใน**รูปที่ 3.6.2-2**

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ สามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธี เช่น วิธีของ Theis วิธีของ Jacob เป็นต้น

Theis (1935) ได้พัฒนาสมการการไหลของน้ำเข้าบ่อจาก Jacob (1940) พบว่า

$s = Q/4TW(u)$----------(3-1)

เมื่อ $u = r^2S/4Tt$----------(3-2)

หรือ $S = 4Ttu/r^2$ ----------(3-3)

s = ระดับน้ำลด (drawdown, m)

S= สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storativity)

W(u)= well function of u

u = u แสดงใน **ตารางที่ 3.6.2-1**

t = เวลา

สมการที่ (3-2) และ (3-3) เรียกว่า Theis's Equation การวิเคราะห์ค่า T และ S โดยวิธีของ Theis มีข้อสมมุติฐานเพิ่มเติม ดังนี้

1.1) หินอุ้มน้ำเป็นหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน

1.2) การไหลของน้ำเข้าบ่อเป็นแบบสภาวะไม่คงที่

1.3) เมื่อน้ำไหลออกจากหินอุ้มน้ำจะทำให้ เฮด (head) ลดลงทันที

1.4) เส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อต้องมีขนาดเล็กดังนั้นค่าการกักเก็บในบ่อมีค่าน้อยมาก

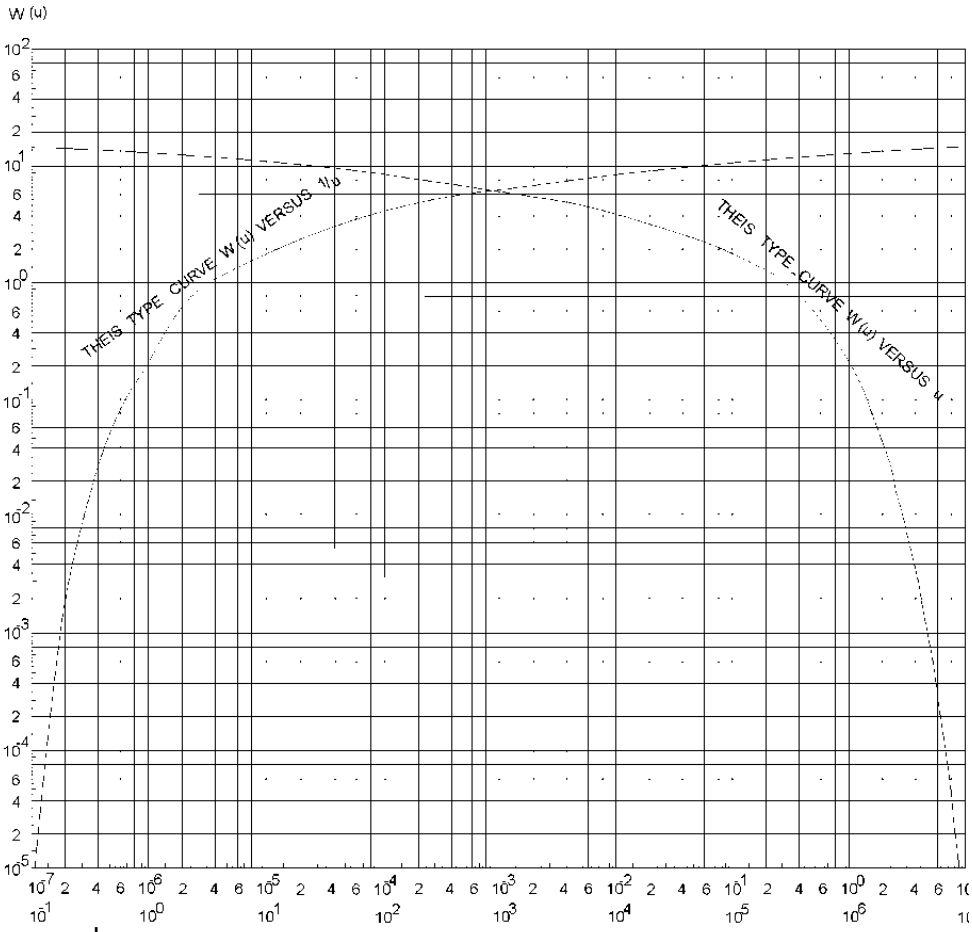
ตารางที่ 3.6.2-1 ค่าของ W(u) สำหรับค่าของ u

		1/u =	n	n(1)	n(2)	n(3)	n(4)	n(5)	n(6)	n(7)	n(8)	n(9)	n(10)
n	N	u =	N	N(–1)	N(–2)	N(–3)	N(–4)	N(–5)	N(–6)	N(–7)	N(–8)	N(–9)	N(–10)
1.000	1.0	W(u) =	2.194(–1)	1.823	4.038	6.332	8.633	1.094(1)	1.324(1)	1.544(1)	1.784(1)	2.015(1)	2.245(1)
0.833	1.2		1.584(–1)	1.660	3.858	6.149	8.451	1.075(1)	1.306(1)	1.536(1)	1.766(1)	1.996(1)	2.227(1)
0.666	1.5		1.000(–1)	1.465	3.637	5.927	8.228	1.053(1)	1.283(1)	1.514(1)	1.744(1)	1.974(1)	2.204(1)
0.500	2.0		4.890(–2)	1.223	3.355	5.639	7.940	1.024(1)	1.255(1)	1.485(1)	1.715(1)	1.945(1)	2.176(1)
0.400	2.5		2.491(–2)	1.044	3.137	5.417	7.717	1.002(1)	1.232(1)	1.462(1)	1.693(1)	1.923(1)	2.153(1)
0.333	3.0		1.305(–2)	9.057(–1)	2.959	5.235	7.535	9.837	1.214(1)	1.444(1)	1.674(1)	1.905(1)	2.135(1)
0.286	3.5		6.970(–3)	7.942(–1)	2.810	5.081	7.381	9.683	1.199(1)	1.429(1)	1.659(1)	1.889(1)	2.120(1)
0.250	4.0		3.779(–3)	7.024(–1)	2.681	4.948	7.247	9.550	1.185(1)	1.415(1)	1.646(1)	1.876(1)	2.106(1)
0.222	4.5		2.073(–3)	6.253(–1)	2.568	4.831	7.130	9.432	1.173(1)	1.404(1)	1.634(1)	1.864(1)	2.094(1)
0.200	5.0		1.148(–3)	5.598(–1)	2.468	4.726	7.024	9.326	1.163(1)	1.393(1)	1.623(1)	1.854(1)	2.084(1)
0.166	6.0		3.601(–4)	4.544(–1)	2.295	4.545	6.842	9.144	1.145(1)	1.375(1)	1.605(1)	1.835(1)	2.066(1)
0.142	7.0		1.155(–4)	3.738(–1)	2.151	4.392	6.688	8.990	1.129(1)	1.360(1)	1.590(1)	1.820(1)	2.050(1)
0.125	8.0		3.767(–5)	3.106(–1)	2.027	4.259	6.555	8.856	1.116(1)	1.346(1)	1.576(1)	1.807(1)	2.037(1)
0.111	9.0		1.245(–5)	2.602(–1)	1.919	4.142	6.437	8.739	1.104(1)	1.334(1)	1.565(1)	1.795(1)	2.025(1)

(Kruseman and de Ridder, 1990)

2) ขั้นตอนและวิธีวิเคราะห์

2.1) เตรียม type curve ของ Theis well function บนกระดาษกราฟ log-log ที่พล๊อตค่า W (u) ต่อค่า u หรือการทำ “normal type curve” เพื่อสะดวกในการคำนวณจึงใช้ reverse-type curve โดยพล๊อต W (u) ต่อ 1/u ดังใน**รูปที่ 3.6.2-3**



รูปที่ 3.6.2-3 ลักษณะของ type curve (Kruseman and de Ridder, 1990)

2.2) พล๊อตค่าระยะน้ำลด (drawdown, s) ต่อ t/r^2 หรือ s ต่อ t บนกระดาษกราฟ log-log อีกแผ่นหนึ่งซึ่งมีมาตราส่วนเท่ากันกับ type curve

2.3) วางกราฟที่พล๊อตข้อมูลจากข้อมูลในข้อ 2.2) ลงบน type curve โดยจัดให้แกนทั้ง x, y ของกราฟทั้ง 2 แผ่น ขนานกัน ปรับให้ curve ทั้งสองแผ่นซ้อนทับกันดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ดังใน**รูปที่ 3.6.2-4**

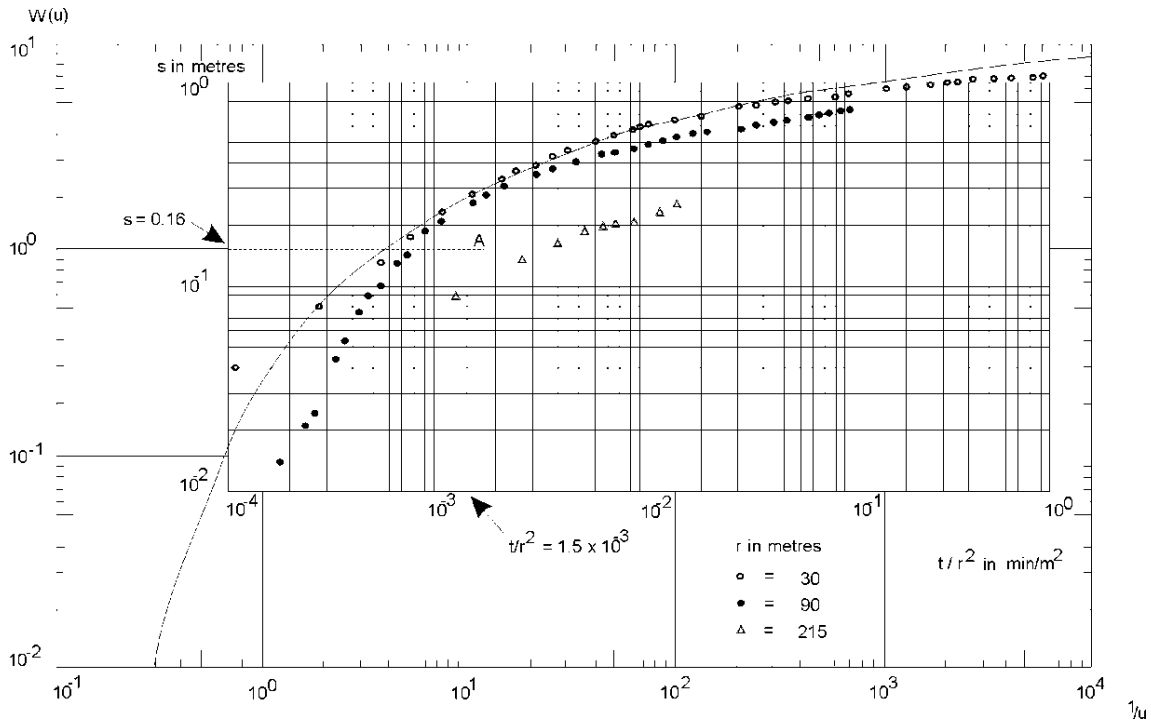
2.4) เลือกจุด match point ตรงไหนก็ได้ ตัวอย่างใน**รูปที่ 3.6.2-4** ตรงจุด A อ่านค่าของ W(u) และ 1/u บน type curve และอ่านค่าของ s และ t/r^2 หรือ t บนกระดาษกราฟของ A และ t ณ จุด match point เพื่อให้สะดวกในการคำนวณ ควรเลือก match point ตรงค่า W(u) = 1 และ 1/u = 10 นำมาแทนค่าในสูตร

$$T = Q \cdot W(u)/4\pi s \quad \text{----------(3-4)}$$

$$u = r^2 s/4\pi t \quad \text{----------(3-5)}$$

เมื่อ T คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำไหลผ่านตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ (ตร.ม./วัน) S คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บ Q คือ อัตราการสูบน้ำแบบคงที่ (ลบ.ม./วัน), s คือ ระยะน้ำลด (ม.) r คือ

ระยะห่างระหว่างบ่อสังเกตการณ์และบ่อสูบ (ม.) t คือ ระยะเวลาการสูบน้ำ (วัน) และ W(u) คือ well function of u



รูปที่ 3.6.2-4 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการปรับค่าข้อมูลและ type curve

(Kruseman and Ridder, 1990)

การทดสอบสูบน้ำแบบปรับอัตราการสูบ เป็นการสูบน้ำออกจากบ่อทดสอบในอัตราการสูบแบบปรับระดับหลายๆ ค่า ทำการทดสอบในบ่อน้ำในอัตราที่คงที่อัตรา Q1 ในเวลาหนึ่งแล้วเพิ่มอัตราการสูบ Q2 ในระยะเวลาหนึ่งและเพิ่มอัตราการสูบเป็น Q3 ในระยะเวลาหนึ่ง ในแต่ละขั้นตอนทำการวัดระดับน้ำในบ่อสูบ การทดสอบสูบน้ำเพื่อใช้ตรวจสอบ

- สัมประสิทธิ์ของการสูญเสียน้ำในบ่อ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียน้ำจากชั้นหิน B (Formation loss coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียน้ำจากบ่อ C (Well loss coefficient)
- หาประสิทธิภาพของบ่อน้ำที่ใช้
- ทดสอบปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถสูบออกได้ในเวลาใดเวลาหนึ่งและกำหนดให้ระดับน้ำลดระยะใดระยะหนึ่ง

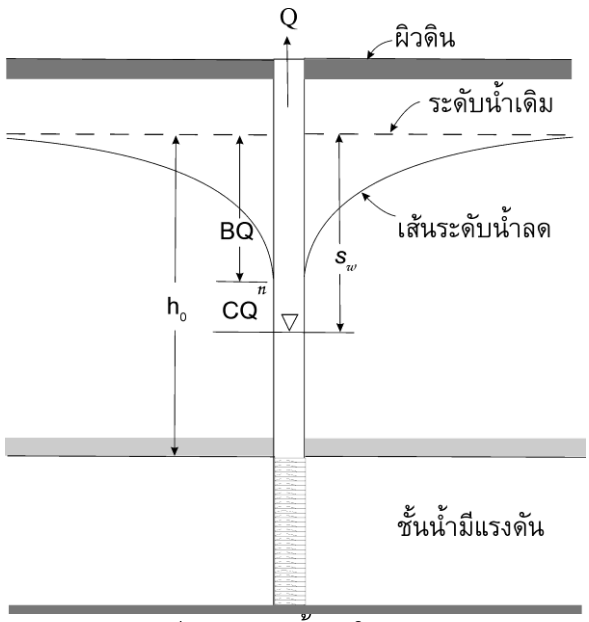
เมื่อพิจารณาระยะน้ำลดในบ่อจะพบว่าระยะน้ำลดในบ่อ (s_w) เกิดจาก

-การสูญเสียน้ำจากชั้นหิน (formation loss, BQ) เป็นผลมาจากการไหลของน้ำผ่านชั้นหินจะทำให้สูญเสียพลังงานเพื่อทะลุแรงเสียดทาน และ

- การสูญเสียน้ำจากบ่อสูบเอง (well loss, CQ^2) เกิดจากขณะที่น้ำผ่านชั้นหินแล้วจะผ่านเข้าท่อกรองเกิดการไหลอย่างรุนแรง ระดับน้ำในบ่อจึงลดลงทันทีทันใดโดยเฉพาะช่วงแรกของการสูบ บางบ่อเกิดการสูญเสียน้ำขึ้นได้ตั้งแต่นาทีสองนาทีแรกจนถึงเวลาหลายๆ ชั่วโมง ดังนั้นการประเมินหาค่าของ C จึงเป็นเครื่องชี้ถึงคุณภาพของบ่อว่ามีการก่อสร้างถูกวิธีหรือมีอายุการใช้งานมากเพียงใด จำเป็นต้องมีการพัฒนาบ่อหรือไม่

ดังนั้น ระยะน้ำลดในบ่อตั้งแต่สูบเริ่มต้นไปจนถึงระยะเวลาหนึ่ง (**รูปที่ 3.6.2-5**) คำนวณได้ดังนี้

$$S_w = BQ + CQ^2 \qquad (3\text{-}6)$$



รูปที่ 3.6.2-5 ความสัมพันธ์ของระดับน้ำลดในบ่อสูบทดสอบ (Todd, 1980)

3.6.2.3 การประเมินประสิทธิภาพของบ่อ

1) นำค่าระดับน้ำลดในบ่อมาพล๊อตในกระดาษกึ่งล๊อกเทียบกับระยะเวลา

2) ทำการประมาณระยะเวลาที่เกิดการสูญเสียน้ำจากบ่อ (well loss) หมดไป อาจใช้เวลาหลังจากสูบแล้ว 100 นาที หรือมากกว่า (t_1 100 นาที) หาระดับน้ำลดในบ่อ s_w (100) ของแต่ละอัตราการสูบ (Q_1, Q_2, Q_3)

3) นำค่า s_w (100)/Q_n มาพล๊อตกับค่า Q ในกราฟ

4) ค่า B คือ จุดตัดเส้นตรงที่ลากจาก curve มาตัดแกน y ส่วนค่า C คือ ค่าจากความลาดชันของกราฟ

การประเมินประสิทธิภาพของบ่อสามารถทำได้หลายวิธี คือ

- ใช้ค่า specific capacity (Sc = Q/s_w)

- ใช้อัตราส่วนของระดับน้ำลด (คล้ายกับวิธีแรก)

$$e = \frac{S_{act}}{S_{theo}} \text{ ----------(3-7)}$$

- หาอัตราส่วนของระดับน้ำลดในขณะที่บ่อไม่เกิด well loss กับระดับน้ำลด เมื่อเกิด well loss

$$e_w = \frac{BQ}{BQ+CQ^2} \times 100 \text{ ----------(3-8)}$$

- ตรวจสอบค่าของสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียน้ำในบ่อ ซึ่งประมาณได้จาก**ตารางที่ 3.6.2-2** ดังต่อไปนี้

สาเหตุที่ทำให้บ่อน้ำมีประสิทธิภาพลดลงเกิดขึ้นได้หลายประการ กล่าวคือ

- ลักษณะของหินอุ้มน้ำ มีคุณภาพของน้ำไม่ดีหรือสกปรก
- การสร้างบ่อและวัสดุที่ใช้ไม่ถูกต้องตามหลักการ
- การพัฒนาบ่อหลังจากสร้างบ่อเสร็จเรียบร้อยได้บ่อคุณภาพไม่ดี
- เครื่องสูบน้ำที่ใช้ไม่เหมาะสมกับสภาพของหินอุ้มน้ำและปริมาณน้ำที่ได้จากหินอุ้มน้ำ

ตารางที่ 3.6.2-2 ความสัมพันธ์ของค่า C และสภาพของบ่อสูบ

C		**สภาพบ่อสูบ**
(d^2/m^5)	(min^2/m^5)	
$< 1.4 \times 10^{-4}$	< 0.5	บ่อสร้างได้ดีและพัฒนาบ่อได้ดี
1.4×10^{-4} - 2.8×10^{-3}	0.5 - 1.0	บ่อเริ่มมีการอุดตันหรือเกิดการกัดกร่อนของท่อกรองเล็กน้อย
2.8×10^{-3} - 1.1×10^{-2}	1.0 - 4.0	บ่อมีการอุดตัน
$> 1.1 \times 10^{-2}$	> 4.0	บ่อที่ไม่สามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเหมือนเดิม

3.7 การบรรยายตัวอย่างตะกอนดินและหิน

วิธีการบรรยายตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะได้แปลและเรียบเรียงจาก Guide for Using the Hydrogeologic Classification System for Logging Water Well Boreholes (HCSWB) จัดทำขึ้นโดย Thomas M. Hanna, 2006, National Groundwater Association Press วิธีการบรรยายตัวอย่างดินและหินจากหลุมเจาะน้ำบาดาลช่วยให้ นักวิชาชีพด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาสามารถเก็บข้อมูลของตัวอย่างดินและหิน จากหลุมเจาะมีความแม่นยำ และง่ายต่อการจัดทำรายงาน สามารถนำมาเปรียบเทียบข้อมูลของหลุมเจาะแต่ละหลุม (well log) เพื่อให้อยู่ในเกณฑ์และมาตรฐานการเก็บข้อมูลที่คงที่หรือมีมาตรฐานเดียวกัน

3.7.1 บทนำ

การบรรยายตัวอย่างดินและหิน จากหลุมเจาะที่ควรใช้ศัพท์ที่ถูกต้องเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ถูกต้อง วิธีการของ HCSWB นี้ มีวิธีการ การตรวจสอบและวิเคราะห์ดินและหินจากหลุมเจาะ ให้มีความคงที่และมีมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้ข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยามีมาตรฐานเดียวกัน และสามารถนำไปวิเคราะห์ชั้นหรือกลุ่มของหน่วยหินทางธรณีวิทยาและหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา และช่วยในการแปลความหมาย ชนิดของหินอุ้มน้ำและการกักเก็บและการไหลของน้ำบาดาลต่อไป

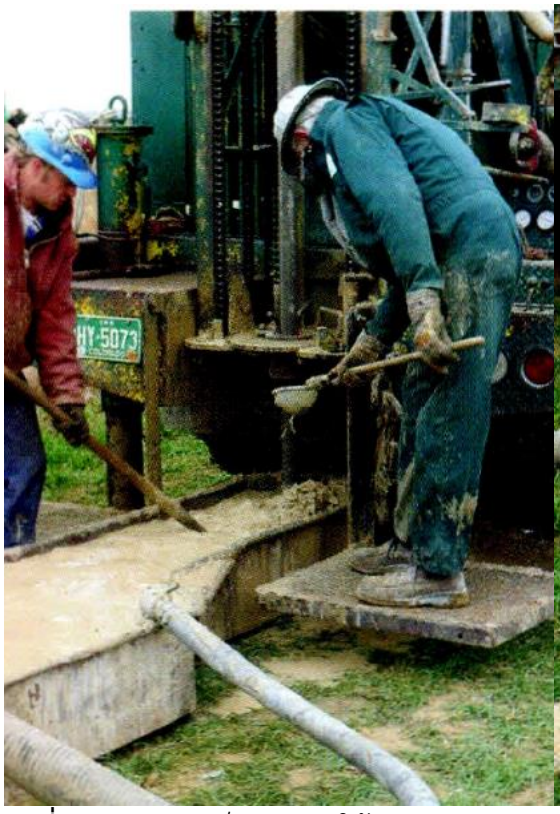
การกักเก็บและการไหลของน้ำบาดาลนั้นมีความแตกต่างกันมากในหน่วยหินอุ้มน้ำต่างชนิดกัน ดังนั้นการบรรยายชนิดของดินและหินจากหลุมเจาะจึงมีความสำคัญมาก

3.7.2 การเก็บตัวอย่างดินและหิน

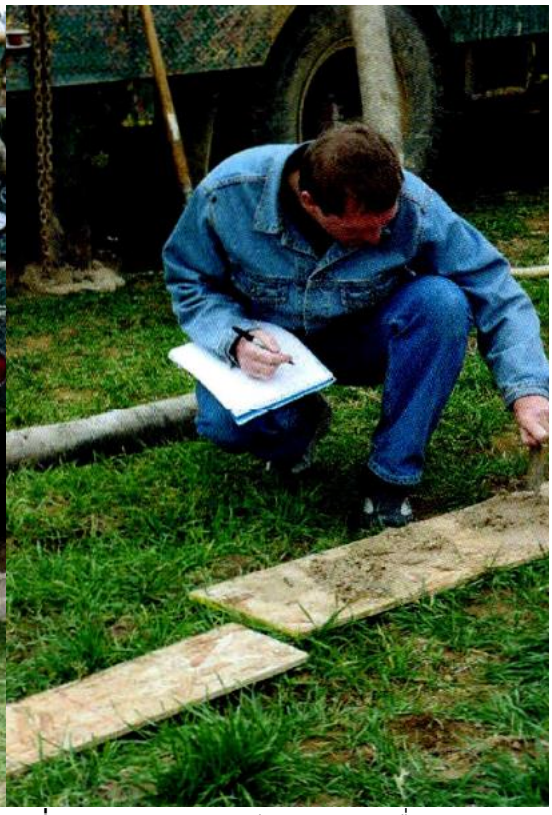
การลำดับชั้นของดินและหินจากหลุมเจาะที่ดีควรนำข้อมูลมาจากหลายปัจจัย เช่น วิธีการเจาะ ความลึกของบ่อ อัตราความเร็วของการเจาะ ชนิดของผงโคลนที่ใช้ในการเจาะ ดังนั้นข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับการเจาะควรบันทึกไว้ และก่อนจะทำการบรรยายตัวอย่างดินและหินควรดำเนินดังนี้

- ควรเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการบรรยยายดินและหินให้พร้อมเช่น คู่มือในการบรรยายดินและหิน คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อื่นๆ ให้อยู่ในพื้นที่ที่เหมาะสม
- ตัวอย่างควรเรียงตามลำดับความลึก และมีช่วงการเจาะที่คงที่หรือมีการเขียนระยะความลึกของหลุมเจาะให้ชัดเจน
- ตัวอย่างควรล้างด้วยความระมัดระวัง ไม่ทิ้งส่วนสำคัญของตัวอย่าแล้วทำการบรรยายสีของตัวอย่าง
- ตัวอย่างควรวางบนกระดนหรือแผ่นพลาสติกให้ง่ายและสะดวกในการบรรยาย **(รูปที่ 3.7.2-1)**

- ควรเปรียบเทียบตัวอย่างเป็นแท่งตามความลึกของบ่อ เพื่อสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงชนิดของตะกอนหรือหินในแนวดิ่ง เช่น ตะกอนละเอียดจากบนลงล่าง หรือ ตะกอนขนาดหยาบจากบนลงล่าง
- ควรมีการเขียนช่วงความลึกของตัวอย่างชัดเจน และเก็บตัวอย่างจำนวนที่เหมาะสมกับงานส่งไปยังห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งเขียน ชื่อตัวอย่าง ความลึก สถานที่เจาะ และวัน เดือน และปี ที่เก็บตัวอย่าง **(รูปที่ 3.7.2-2)**



รูปที่ 3.7.2-1 การเก็บตัวอย่างให้ผ่านตะแกรงร่อนจากการเจาะแบบหมุน (จาก Hanna, 2006)



รูปที่ 3.7.2-2 การวางเรียงตัวอย่างเพื่อบรรยายลักษณะของดินและหิน (จาก Hanna, 2006)

3.7.3 การบรรยายตัวอย่างดินและหิน

การบรรยายตัวอย่างดินและหินของหลุมเจาะใช้เกณฑ์ที่แสดงใน**ตารางที่ 3.7.3-1** เป็นระบบจัดกลุ่มข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยา (Hydrogeologic Classification System) อาจใช้ระบบ EXCEL เป็นหน้ากากนำ และมีขั้นตอนในการจัดทำการเรียงลำดับของตัวอย่างดินและหินจากหลุมเจาะน้ำบาดาล (Field Guide for Logging Water-Well Borehole) ตาม**ตารางที่ 3.7.3-2** ซึ่งมีรายละเอียด เช่น

1. **Depth ความลึกของตัวอย่าง** ใส่ข้อมูลจากด้านบนลงล่าง ปกติการเก็บตัวอย่างมีช่วงตั้งแต่ 1-3 เมตร แล้วแต่ลักษณะของดินและหินของหลุมเจาะ

2. **Formation/Aquifer หน่วยหินหรือหินอุ้มน้ำ** ถ้าทราบชื่อจากข้อมูลจากแผนทางธรณีวิทยา เช่น หินปูนชุดราชบุรี หรือแผนที่อุทกธรณีวิทยา เช่น หินทรายชุดภูทอก สามารถบันทึกเพื่อช่วยให้การบรรยายได้ง่ายขึ้น

3. **Unconsolidated/Consolidated Rocks หินร่วนและหรือหินแข็ง** ถ้าสามารถชื่อหน่วยหินจากแผนที่ธรณีวิทยหรือแผนที่อุทกธรณีวิทยา จะทำให้ง่ายในการบรรยายลักษณะทางกายภาพของหินได้ดี การเรียกชื่อลักษณะทางกายภาพ เช่น สี (Color) ขนาด (Size) ความเป็นเหลี่ยม (Angularity) ความกลมมน (Roundness) หรือการประมาณช่วงค่าสัมประสิทธ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของหินหรือหน่วยหินคร่าวๆ (Range of Hydraulic Conductivities) สามารถเขียนคำบรรยายโดยอ้างอิง **ตารางที่ 3.7.3-3**

4. **Type of Unconsolidated Materials- ชนิดของตะกอนร่วน** หินร่วนทั่วไปมีความพรุนสูงกว่าหินแข็งตั้งแต่ 10 ถึง 20 % ซึ่งมีการกักเก็บน้ำได้มาก และน้ำบาดาลไหลผ่านได้สะดวก และเป็นคุณลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของหินอุ้มน้ำ ดังนั้นการเรียกชื่อตะกอนจะสื่อความหมายถึงค่าความพรุนและโอกาสกักเก็บของน้ำบาดาลได้ เช่น ถ้าเรียก ตะกอน เป็น sand and gravel อาจมีความพรุนอย่างน้อย 20% ตามขั้นตอนใน**ตารางที่ 3.7.3-2** ซึ่งช่วยอธิบายขนาดของตะกอน และโอกาสการกักเก็บและการให้ของน้ำบาดาลได้คร่าวๆ ลักษณะของหินร่วนชนิดต่างๆ สามารถบรรยายได้ดังนี้

4.1 Clay – ดินเหนียว ดินเหนียวประกอบในหน่วยหินมากกว่า 90% หรือมีทรายหรือทรายแป้งปนอยู่น้อยกว่า 10% มีขนาดเล็กมาก (เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดแร่น้อยกว่า 0.08 มม) สามารถปั้นเป็นเส้นเชือกได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.6 ซม ดัง**รูปที่ 3.7.2-3**

4.2 Silt – ทรายแป้ง มีส่วนประกอบของทรายและกรวดน้อยกว่า 10% มีขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 0.08 มม แต่ไม่สามารถปั้นเป็นเส้นเชือกเหมือนดินเหนียวได้

4.3 Sand with clay or silt - ทรายปนดินเหนียวหรือตะกอนทรายแป้ง หินประกอบด้วยดินเหนียวน้อยกว่า 20% และ ประกอบด้วย ด้วยทรายและกรวดน้อยกว่า 80% เป็นตะกอนผสม ถ้าหากมีการคัดขนาดของเม็ดแร่ต่างกันมากอาจมีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านต่ำ

4.4 Sand, fine to medium - ทรายเม็ดละเอียดถึงปานกลาง

ประมาณน้อยกว่า 20% ประกอบด้วยเม็ดทรายที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2 มม ทีเหลืออาจประกอบด้วยตะกอนทรายที่หยาบมักจะไม่มีทรายแป้งและดินเหนียวผสม

4.5 Sand, medium to coarse - ทรายเม็ดปานกลางถึงหยาบ

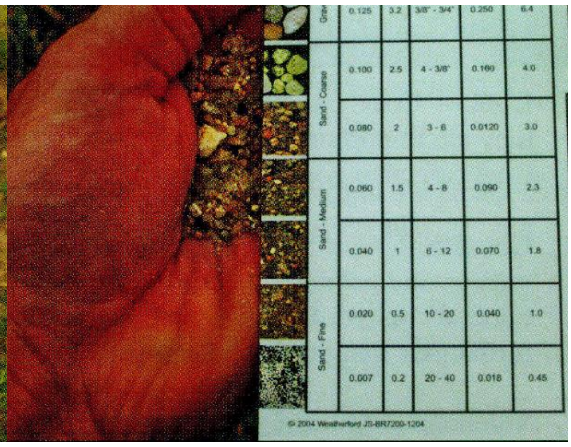
น้อยกกว่า 20% ประกอบด้วยเม็ดทรายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 มม เม็ดทรายขนาดปานกลางถึงหยาบ มักจะไม่มีทรายแป้งและดินเหนียวผสม ดัง**รูปที่ 3.7.2-4**

4.6 Sand and gravel - ทรายและกรวด

น้อยกว่า 20% ถึง 50% เป็นทราย และมากกว่าครึ่งหรือ 50% เป็นกรวด

4.7 Gravel-กรวด ประกอบด้วยเม็ดแร่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 5 มม มากกว่า 20% มักจะเป็นกรวดเล็กและใหญ่ มีทรายน้อยกว่า 5%

รูปที่ 3.7.2-3 การปั้นดินเหนียวเป็นแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.6 ซม (จาก Hanna, 2006)



รูปที่ 3.7.2-4 ใช้ Field Guide หาขนาดเม็ดทรายหยาบปานกลางถึงหทรายหยาบ (จาก Hanna, 2006)

5. Type of Consolidated Rocks - **ชนิดของหินแข็ง** การบรรยายหินแข็งจากหลุมเจาะอาจทำได้ยากจากตัวอย่างจากหลุมเจาะ เช่น หินทราย หินแกรนิตหรือหินแปรบางชนิดจะมีลักษณะคล้ายกันเพราะมีขนาดเล็ก บางครั้งอาจต้องตรวจสอบดูจากแผนที่ธรณีวิทยา เพื่อช่วยในการตรวจสอบ ลักษณะของหินแข็งชนิดต่างๆสามารถบรรยายได้ดังนี้

5.1 Siltstone/shale-หินทรายแป้ง/หินดินดาน

หินทรายแป้งและหินดินดานเป็นหินตะกอนที่มีเม็ดแร่ขนาดเล็กที่สุด มีความแข็งแตกต่างกันแล้วแต่ความลึกของตัวอย่างและรอยแตก ปกติหินทรายแป้งและหินดินดานจะยอมให้น้ำไหลผ่านได้ช้ามาก ยกเว้นมีรอยแตกมักจะเป็นหินกั้นน้ำ (aquitard) และหินต้านน้ำ (aquiclude)

5.2 Sandstone - หินทราย

หินทรายเป็นหินตะกอนที่มีเม็ดของขนาดทราย และมีแร่ทีประสาน เช่นแร่หินฟันมาและแร่ซิลิกาเป็นตัสเชื่อมประสารเม็ดแร่ ทำให้มีรูพรุนและรอยแตกมาก หินทรายเป็นหินอุ้มน้ำที่ดี

5.3 Limestone - หินปูน

หินปูนเป็นหินตะกอน ประกอบไปด้วยหินคาร์บอเนตหรือหินปูน โดโลไมท์ และหินอ่อน หินปูนสามารถให้น้ำและยอมให้น้ำไหลผ่านได้ตั้งแต่น้อยไปจนถึงมาก เพราะหินปูนมักจะมีรอยแตกและโพรงมาก ทำปฏิกิริยกับกรดโฮโดรคลอริคอ่อนๆ (10%) และเห็นเป็นฟอง

5.4 Conglomerate - หินกรวดมน

หินกรวดมน เป็นหินตะกอนที่ประกอบด้วยกรวดและทราย มีแร่หินฟันม้าและซิลิกาเป็นตัวเชื่อมประสาน หินกรวดมนเป็นชั้นหินที่ใช้เป็นชั้นหินหลัก (key bed) , มักบ่งบอกถึงช่วงล่างของหน่วยหินนั้นๆ และกักเก็บน้ำได้ดี รูพรุนและรอยแตกมักพบทั่วไป

5.5 Coal - ถ่านหิน

ถ่านหินเป็นหินอุ้มน้ำที่ดีมากชนิดหนึ่ง เพราะมีรอยแตกมาก มักใช้เป็นชั้นหลัก (key bed) ในการเรียงลำดับชั้นหิน บางพื้นที่คุณภาพน้ำอาจจะไม่ดีและมักจะมีก๊าซมีเทนด้วย

5.6 Granite - หินแกรนิต

หินแกรนิตเป็นหินอัคนีที่มีเนื้อหยาบ มีสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแร่ที่เป็นองค์ประกอบ หินแกรนิตมีรูพรุนต่ำ กักเก็บน้ำและยอมให้น้ำไหลผ่านช้ามาก เป็นหินกั้นน้ำ ยกเว้นหินแกรนิตผุอาจเป็นหินอุ้มน้ำที่ดีได้

5.7 Volcanic - หินภูเขาไฟ

หินภูเขาไฟเป็นหินอัคนีที่เนื้อละเอียด สีของหินภูเขาไฟขึ้นอยู่กับแร่ที่เป็นองค์ประกอบ มีสีจางกว่าหินบะซอลต์ปกติมักจะทึบน้ำหรือเป็นหินกั้นน้ำ ยกเว้นบางพื้นที่ที่มีรอยแตกมากๆเป็นหินอุ้มน้ำที่ดี

5.8 Basalt - หินบะซอลต์

เป็นหินอัคนีเนื้อละเอียด สีเข้มถึงสีดำ เป็นหินที่มีรูพรุนและรอยแตกแตกต่างกันแล้วแต่พื้นที่ หินบะซอลต์มักเป็นหินอุ้มน้ำที่ดีโดยเฉพาะในบริเวณที่ชั้นหินบะซอลต์สลับกับตะกอนเศษหินของหินอัคนี

5.9 Other - หินอื่นๆ

อาจมีหินชนิดอื่นๆ ที่พบบริเวณในบริเวณกว้างหรือพบมากของตังอย่างหลุมเจาะ ควรทำการบันทึกลักษณะทางกายภาพของหินเหล่านี้ แต่อาจไม่ทราบชื่อหรือสามารถนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

6. Hardness-**ความแข็ง**

ความแข็งของตัวอย่างจากหลุมเจาะคำที่ใช้เปรียบเทียบ เพื่อช่วยในการบรรยายลักษณะของดินหรือหิน มีการเรียกชื่อต่างๆดังนี้

Hard- **แข็ง** หมายถึงตัวอย่างนั้นสามารถทำให้แตกด้วยการทุบด้วยฆ้อน

Dense/Stiff-เนื้อแน่น/เหนียว หมายถึงตัวอย่างที่สามารถใช้นิ้วมือบดให้แตกได้

Loose-**หลวม** หมายถึงตัวอย่างที่เนื้อไม่แน่นหรือหลวมๆ เช่นทรายปนดินเหนียว หรือกรวด

7. Color-สี

สีของหินสามารถใช้แยกหน่วยหินออกจากันได้ เช่นสีแดงหรือสีส้มบ่งบอกถึงการเกิด oxidation หรือน้ำใต้ดินพาเอาออดซิเจนไหลผ่านหินอุ้มน้ำ ดังนั้นสีเป็นลักษณะทางกายภาพของแร่และหินสามารถบันทึกไว้ ปกติวิธีการเรียกสีจะใช้เทียบกับแถบสีที่เห็นใน**ตารางที่ 3.7.3-2**

8. Water Content – **น้ำในตัวอย่าง**

ปริมาณหรือความชื้นของตัวอย่างอาจได้รับอิทธิพลจากของเหลวที่ใช้ในการเจาะแต่ละวิธี แต่เมื่อพบระดับน้ำบาดาลหรือ water table ตัวอย่างจะเปียกน้ำ คุณลักษณะของปริมาณน้ำสามารถบันทึกได้ดังนี้

Dry – **แห้ง** ตัวอย่างที่แห้ง ไม่พบความชื้นองตัวอย่าง

Moist – **ชื้น** ตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำเล็กน้อย แต่ยังไม่สามารถมองเห็นน้ำได้

Wet – **เปียก** ตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำ สามารถมองเห็นน้ำได้

High Production – **ปริมาณน้ำมาก** ปริมาณน้ำมาจากในรอยแตก หรือหินที่มีเม็ดแร่ขนาดใหญ่ มีปริมาณน้ำออกมามากกว่าปริเวณด้านบนที่เจาะผ่านมา

Lost circulation – **การสูญเสียน้ำโคลน** ตัวอย่างและน้ำโคลนหายในขณะเจาะ ถ้าในกรณีที่พบว่า การเจาะใช้น้ำโคลนข้นมากไม่สามารถสังเกตเห็นน้ำขึ้นมากับตัวอย่าง อาจจะมีการบันทึกเพื่อเป็นข้อสังเกต อาจมีปริมาณน้ำในบริเวณนี้ได้ หรือปล่อยเป็นที่ว่างไว้ โดยยังไม่บันทึกอะไร

9. Other **อื่นๆ**

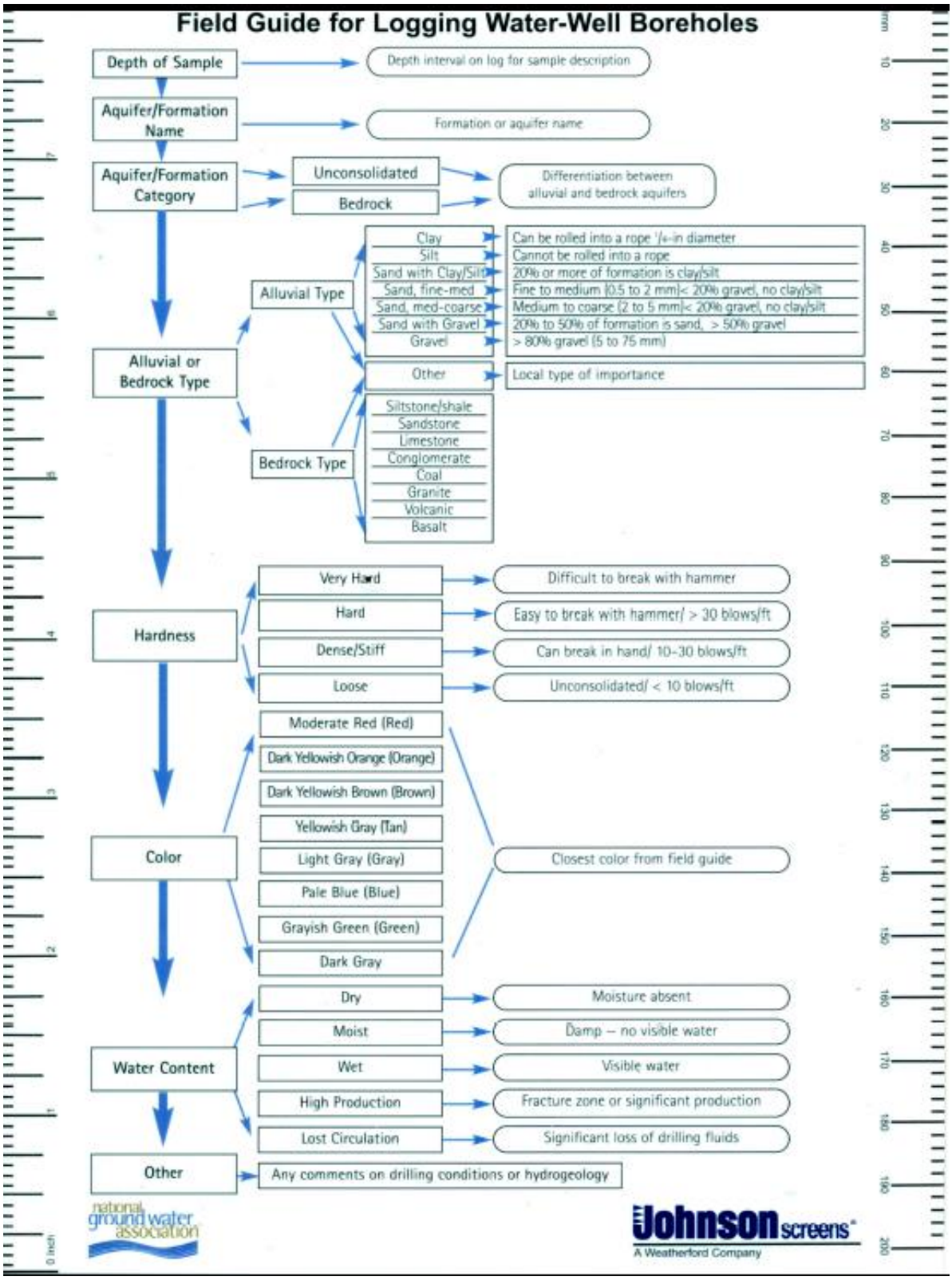
อื่นๆในที่นี้หมายถึงลักษณะของตัวอย่างที่สามารถเพิ่มเติมทีหลัง เช่น ความกลมมนและความเป็นเหลี่ยมของเม็ดแร่ (roundness and angularity) ปริมาณของสารอินทรีย์ในตัวอย่าง

หินอุ้มน้ำที่เป็นหินตะกอนมักจะมีการแทรกสลับของชั้นดินเหนียวหรือหินดินดานหน้าเป็น 5-10 เมตร ได้ อาจจะมีการเพิ่มเติมข้อมูลอีกได้ในส่วนนี้

ตารางที่ 3.7.3-1 ระบบการจัดกลุ่มข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยา (Hydrogeologic ClassificationSystem, จาก Hanna,2006)

Description		
Log Entry		
Depth	Manually enter depth from top to bottom of unit	
Formation/Aquifer	Manually enter formation or aquifer name	
Unconsolidated/Bedrock	Unconsolidated	Alluvial/unconsolidated formations
	Bedrock	Bedrock or consolidated formations
Unconsolidated	Clay	Can be rolled into a rope 1/4" in diameter
	Silt	Cannot be rolled into a rope
	Sand with Clay/Silt	20% or more of formation is clay/silt
	Sand, fine-med	Fine to medium (0.5-2 mm), <20% gravel, no silt/clay
	Sand, med-coarse	Medium to coarse (2-5 mm), <20% gravel, no silt/clay
	Sand with Gravel	20% to 50% is sand, >50% gravel
	Gravel	>80% gravel – fine (5-20 mm), coarse (20-75 mm)
Bedrock	Siltstone/shale	Consolidated Formations/Bedrock
	Sandstone	
	Limestone	
	Conglomerate	
	Coal	
	Granite	
	Volcanic	
	Basalt	
	Other type	
Hardness	Very hard	Difficult to break with hammer
	Hard	Easy to break with hammer/ > 30 blows/ft
	Dense/stiff	Can break in hand/ 10-30 blows/ft
	Loose	Unconsolidated/< 10 blows/ft
Color	Moderate red (red)	Color of washed sample
	Dark yellowish orange (orange)	
	Dark yellowish brown (brown)	
	Yellowish gray (tan)	
	Light gray (gray)	
	Pale blue (blue)	
	Grayish green (green)	
	Dark gray	
Water Content	Dry	Moisture absent
	Moist	Damp, no visible water
	Wet	Visible water
	High production	Fracture zone or significant water production
	Lost Circulation	Significant loss of drilling fluids into formation voids
Other	Any comments on drilling conditions or hydrogeology	

ตารางที่ 3.7.3-2 ขั้นตอนในการจัดทำการเรียงลำดับของตัวอย่างดินและหินจากหลุมเจาะน้ำบาดาล (Field Guide for Logging Water-Well Borehole, Hanna,2006)

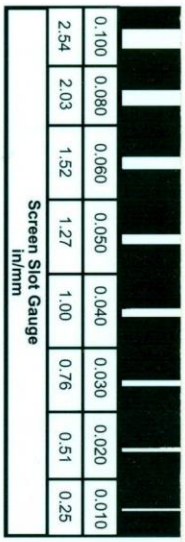


ตารางที่ 3.7.3-3 ชนิดและกลุ่มของเม็ดตะกอน และการประมาณคุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดตะกอน โดยใช้รูปและตารางเปรียบเทียบ เพื่อกำหนดชื่อตะกอนและหิน (จาก Hanna,2006)

Classification of Granular Materials and Approximate Slot Size for Naturally Developed Wells

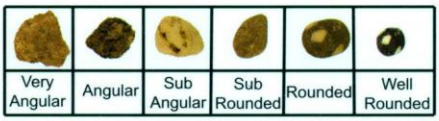
Name	Milliameters	Inches	Sieve Size	Slot Size (inches)	Slot Size (mm)
Boulders	>300	>11.8	>12"	>0.100	>2.5
Cobbles	300 - 75	11.8 - 2.9	12" - 3"	>0.100	>2.5
Gravel - coarse	75 -19	2.90 - 0.75	3" - 3/4"	>0.100	>2.5
Gravel - fine	19 - 4.8	0.75 - 0.19	3/4" - 4	>0.100	>2.5
Sand - coarse	4.8 - 2.0	0.19 - 0.08	4 - 10	0.100	2.5
Sand - coarse to med	3.3 - 1.8	0.13 - 0.07	6 - 12	0.090	2.3
Sand - medium	2.2 - 1.3	0.09 - 0.05	8 - 16	0.070	1.8
Sand - medium	1.8 - 1.0	0.07 - 0.04	12 - 20	0.050	1.3
Sand - medium	1.3 - 0.5	0.05 - 0.02	16 - 30	0.030	0.8
Sand - fine	0.5 - 0.2	0.02 - 0.008	30 - 70	0.015	0.4
Sand - fine	0.2 - 0.08	0.008 - 0.003	30 - 200	0.007	0.2
Slits and Clays	<0.08	<0.003	<200	NA	NA

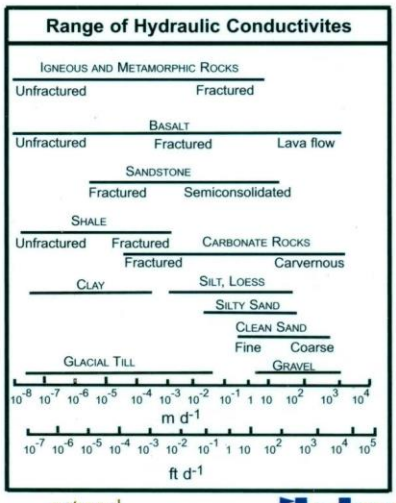
Grain size classification is based on USCS and slot selection is based on well construction using natural development and average grain sizes.



Sand / Slot Size Gauge

Gauge	Name	Natural Development Slot		Filter Pack	Filter Pack Slot	
		Inches	mm	sieve	Inches	mm
	Gravel	0.125	3.2	3/8" - 3/4"	0.250	6.4
	Sand - Coarse	0.100	2.5	4 - 3/8"	0.160	4
		0.080	2	3 - 6	0.120	3.0
	Sand - Medium	0.060	1.5	4 - 8	0.090	2.3
		0.040	1	6 - 12	0.070	1.8
	Sand - Fine	0.020	0.5	10 - 20	0.040	1.0
		0.007	0.2	20 - 40	0.018	0.45





national ground water association

Johnson screens®

3.8 ปัญหาและแก้ปัญหาในการเจาะน้ำบาดาล

- **วิศวกรและนักธรณีวิทยาควรทราบปัญหาและการแก้ปัญหาของการเจาะน้ำบาดาลไปทำไม**
- **ช่วยในการตัดสินใจ เกี่ยงกับการล่าช้าของงาน**
- **ช่วยตัดสินใจให้เจ้าของงานทราบถึงสาเหตุของปัญหา ที่กระทบหรือไม่กระทบค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา**
- **ให้คำแนะนำและปรึกษาแก่ชุดจาะ**

3.8.1 ธรรมชาติของปัญหางานเจาะน้ำบาดาล

ในขณะที่ทำการเจาะ ช่างเจาะที่ชำนาญงานต้องทราบหรือคาดการณ์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ เมื่อยังขาดข้อมูลด้านธรณีวิทยาของพื้นที่ ช่างเจาะควรดำเนินการดังนี้

1) เช็คตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้เจาะให้ครบ
2) ทราบความสำคัญของอุปกรณ์การเจาะ เช่น โคลนผงและวัสดุอื่นๆที่ใช้ในการเจาะ
3) เข้าใจขั้นตอนในการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการเจาะ

สองข้อแรก เป็นการเตือนให้ระวังและป็นการคาดการณ์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น และมีอะไรที่บ่งบอกถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นหรือดัชนีบ่งบอก เช่น คาดว่าอาจเจาะพบหินแข็ง อัตราการเจาะอาจช้าลง การตัดสินใจว่าควรดำเนินงานต่อไปด้วย ความระมัดระวัง และวิเคราะห์ปัญหาหรือสิ่งที่เป็นปัจจัยในการแก้ปัญหา

3.8.2 ขั้นตอนในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาของช่างเจาะน้ำบาดาลควรดำเนินการดังนี้

1) ตระหนักและระวังเรื่องปัญหาเล็กๆ น้อยๆ ก่อนที่ปัญหาจะลุกลามมากขึ้น
2) รู้จักวิเคราะห์ปัญหา หาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง
3) เก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนาม อย่าพึ่งสมมุติหรือระบุสาเหตุของปัญหาไปก่อนที่ยังไม่ทราบ อาจหารือกับผู้ร่วมงานและผู้สนใจในการแก้ปัญหาก่อนตัดสินใจแก้ปัญหา
4) รวบรวมปัญหาหรือสาเหตุต่างๆ หาแนวทางที่แก้ไขพร้อมทั้งแนวทางการแก้ปัญหา
5) เปรียบเทียบปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันกับปัญหาที่เคยเกิดมาก่อนในอดีต แสวงหาแนวทางที่ดีกว่าเดิม แล้วจึงตัดสินใจแก้ปัญหา
6) ใช้ความพยายามในแก้ปัญหา ตรวจสอบความก้าวหน้าของการแก้ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ แม้การแก้ปัญหาครั้งแรกอาจจะล้มเหลว หาวิธีการปรับปรุงวิธีการแก้ไข

3.8.3 การตัดสินใจแก้ปัญหาในการเจาะ

ช่างเจาะที่มีประสบการณ์สูงมักมีการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาโดยอัตโนมัติ ซึ่งตระหนักถึงดัชนีที่สำคัญที่เป็นตัวบ่งบอก ขั้นตอนการทำงานอย่างต่อเนื่อง ช่างเจาะต้องคำนึงถึง

1) ทำการแก้ปัญหาให้มีคุณภาพดีที่สุดเท่าที่จะทำได้
2) ผลการเจาะควรออกมาดีหรือมีคุณภาพ การตัดสินใจของช่างเจาะ ควรทราบก่อนว่าจะเกิดอะไรขึ้น เช่น การใช้ลมเป่าหรือหมุนเวียน อาจจะทำให้หลุมเจาะพัง ดังนั้นการตัดสินใจของช่างเจาะในแต่ละครั้งอาจมีผลต่อเนื่องตามมา

3.8.4 สาเหตุของปัญหา

สาเหตุของปัญหาในการเจาะเกิดจาก

1) คนหรือช่างเจาะ เช่น การวินิจฉัยปัญหาของช่างเจาะผิดพลาด หรือการตัดสินใจที่ผิด
2) การดำเนินงาน เช่น ขาดอุปกรณ์หรือเครื่องมือบางชนิด
3) อุปกรณ์เสียหาย ไม่ได้ซ่อมแซมหรือเปลี่ยน
4) ชั้นดิน-หินที่ทำการเจาะ เป็นหินแข็ง หรือมีรอยแตกมาก มีโพรง การเจาะแบบธรรมดาอาจจะไม่สามารถเจาะได้

3.8.5 ทักษะของช่างเจาะในการการแก้ไขปัญหา

ช่างเจาะต้องมีทักษะในการแก้ไขปัญหาหรือมี

1) ข้อมูลเกี่ยวกับการเจาะ เช่น อุปกรณ์ต่างๆ และขั้นตอนในการดำเนินการ เพราะต้องหาวิธีการหรือเทคนิค ออกแบบพิเศษเพื่อแก้ไขปัญหา
2) ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ไขปัญหา เช่น บางวิธีการไม่เคยปฏิบัติมาก่อน อาจทดลองดูก่อนซึ่งอาจเป็นวิธีการใหม่ๆ

3.8.6 ปัญหาของช่างเจาะ

การแก้ไขในการเจาะปกติจะดำเนินการในสนามหรือในขณะที่ดำเนินการเจาะ แนวทางการแก้แก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าจึงเป็นหน้าที่ของช่างเจาะโดยตรง เมื่อพบวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ช่างเจาะจำเป็นต้องทดลองเพื่อทดสอบเครื่องมือและวิธีการต่างๆ และมีความเสี่ยงในต่อความล้มเหลวในการแก้ปัญหา ดังนั้น **การแก้ไขปัญหาในการเจาะเป็นงานที่สำคัญอันหนึ่งของช่างเจาะ**

ในขณะที่ทำการแก้ปัญหา ช่างเจาะอาจต้องวิเคราะห์และวาดภาพ ที่สามารถอธิบายถึงหลักการและความสัมพันธ์ต่างๆ ของวิธีการต่อทีมงาน พร้อมทั้งนำความรู้และประสบการณ์ของช่างเจาะเองมาใช้และมีการเรียนรู้ในการแก้ปัญหาของช่างเจาะไปพร้อมๆกัน

3.8.7 การแยกแยะปัญหาของการเจาะ

ช่างเจาะส่วนใหญ่สามารถแยกแยะปัญหาจากตัวชี้วัด เช่น น้ำโคลนหาย เป็นดัชนีชี้ว่าอาจเกิดอะไรขึ้นกับการเจาะในบ่อหรือก้นบ่อ ถ้าหากสังเกตเห็นน้ำโคลนหายและยังเกิดต่อเนื่อง แสดงว่าอาจเกิดปัญหาขึ้นได้ ดังนั้นการวินิจฉัยปัญหาที่เกิดขึ้น ช่างเจาะต้องใช้ประสบการณ์และความรู้ที่ตัวเองมีอยู่มาแก้ปัญหาโดยมีหลักการและดำเนินการเป็นขั้นตอน หรืออาจมีการทดลองวิธีการปัญหา หรือออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ

3.8.8 จำกัดขนาดของปัญหาให้แคบเข้า

ถ้าปัญหาเล็กน้อยได้ถูกแก้ไขหรือเอาใจใส่แล้ว การดำเนินการเจาะต่อไปอาจพบถึงสาเหตุของปัญหาได้อย่างรวดเร็ว เช่น ก้านเจาะติด ช่างเจาะดึงขึ้นเร็วเกินไป ไม่ได้ตรวจสอบว่าเกิดอะไรขึ้น อาจพบว่าก้านเจาะติดไม่สามารถดึงขึ้นได้ เป็นต้น หรือบางครั้งเครื่องมือตกลงไปในหลุมเจาะ การกู้เครื่องมืออาจจำเป็นที่ต้องประดิษฐ์ขึ้นเองเพื่อใช้จับหรือกู้อุปกรณ์ที่ตกลงไปในบ่อ

การแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการเจาะ ช่างเจาะต้องมีความอดทน และมีความพยายามในการแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่องและรอบคอบ ปัญหาที่เกิดจากการเจาะทั่วไป เช่น

- การระเบิดของแรงลม
- การติดของก้านเจาะในร่องพังหลุมเจาะ (Key seating)
- การอุดตันของลมที่เจาะ หรือแรงลมหายไป

ปัญหาเหล่านี้มักทำให้สถานการณ์การแก้ปัญหาในการเจาะเลวร้ายขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นช่างเจาะต้องหยุดการเจาะและพิจารณาหรือหาวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างรวดเร็ว

การเจาะในชั้นหินตะกอน ชั้นหินส่วนบนเป็นชั้นหินใหม่ มีอายุน้อยกว่าชั้นล่าง มีเม็ดแร่เกาะเชื่อมกันอย่างหลวมๆ ถ้าเอาหัวเจาะขนาด 9 1/2″ เจาะ อาจได้หลุมขนาด 11″- 12″ ขณะที่เจาะน้ำโคลนจะไหลผ่านผนังหลุมด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดการเซาะกร่อน ดังนั้นต้องมีการควบคุมอัตราการไหลของน้ำโคลนให้พอดี ถ้าไหลช้าเกินไปอาจจะทำเศษหินไม่ขึ้นปากบ่อ ถ้าไหลเร็วเกินไปก็กัดเซาะผนังหลุมเจาะ

น้ำโคลนเป็นเครื่องมือที่ใช้ปรับปรุงงานเจาะให้สมบูรณ์ขึ้น ถึงแม้ว่าจะแก้ปัญหาไม่ได้ทั้งหมด แต่การใช้น้ำโคลนช่วยลดอุปสรรค์ต่างๆ ในการเจาะลงไปได้ การวางแผนการใช้น้ำโคลนเป็นส่วนหนึ่งของแผนการเจาะ ซึ่งต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆเหล่านี้ คือ จุดประสงค์ที่จะเข้าไปเจาะ ลักษณะของหิน สถานที่ๆเจาะ วางขั้นตอนการเจาะ คาดคะเนความสูญเสีย ขีดความสามารถของเครื่องจักรเจาะและอุปกรณ์การเจาะโดยเฉพาะความชำนาญและประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงาน ปัญหาที่พบในการเจาะ ได้แก่ น้ำโคลนหาย ตัวอย่างดินและหินไม่ขึ้น เป็นต้น

3.8.9 น้ำโคลนหาย

น้ำโคลนหายเป็นดัชนีชี้วัดถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น เพราะยากแก่การแก้ปัญหา ปัญหานี้เกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ การหายไปของน้ำโคลนอาจเกิดขึ้นได้ในชั้นหินที่น้ำซึมได้หรือในชั้นที่มีรูพรุนสูง ซึ่งหายไปโดยการซึมของน้ำ เช่น หินมี

- รอยแตกหรือรอยแยกของหินธรรมชาติ
- รอยแตกของหินที่เกิดขึ้นจากการเจาะ
- โพรงหินที่เกิดโดยธรรมชาติ เช่น โพรงหินปูน
- หินร่วน เช่น กรวดและทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว

ปัญหาน้ำโคลนหายในหินที่กล่าวมานี้ การแก้ไขเบื้องต้น ควรมีการผสมน้ำโคลนด้วยผงโคลนเบนโทไนท์ให้มีความเข้มข้นสูง และให้เครื่องสูบน้ำโคลนลงหลุมเจาะทันทีโดยไม่ต้องรอเวลาหมักผงโคลน

แต่หากมีน้ำโคลนหายหรืออุดไม่ได้ อาจเติมสารแขวนลอยลงไปในน้ำโคลน เช่น รำข้าว ขี้เลื่อย หรือเติมผงไมก้าลงไป นอกจากนี้อาจมีวิธีการอื่นร่วมด้วย เช่น ลงท่อกรุไปกัน (ในกรณีที่ปัญหาเกิดไม่ลึก) บางครั้งอาจจำเป็นต้องใช้ซีเมนต์ผสม แต่ควรเพิ่มความระมัดระวังในปริมาณที่ผสมเพราะอาจทำให้การควบคุมคุณสมบัติของน้ำโคลนยากขึ้น ควรใช้ซีเมนต์เมื่อมีความจำเป็นที่จะให้การแก้ปัญหานั้นแล้วเสร็จ อัตราการสูบอัดน้ำโคลนลงหลุมเจาะควรใช้อัตราการสูบต่ำ พร้อมกับการหมุนของหัวเจาะ เพื่อดึงเอาเศษดินละหินขึ้นมาปากบ่อ และช่วยประหยัดปริมาณน้ำโคลนด้วย

3.8.9.1 การแก้ปัญหาโดยการใช้ซีเมนต์อุด

การใช้ซีเมนต์อุดรอยแตกหรือโพรงทำให้เสียเวลารอนาน ถ้าหากจำเป็นต้องใช้ปูนซีเมนต์ควรผสมซีเมนต์ 1 ถุงต่อน้ำ 30 ลิตร และให้ผสมผงเบนโทไนท์ลงไปในอัตรา 25 ปอนด์/ซีเมนต์ 1 ถุง เพื่อเพิ่มปริมาณเนื้อซีเมนต์

3.8.9.2 การแก้ปัญหาโดยการติดตั้งท่อกรุ

การติดตั้งท่อกรุไปพร้อมๆกับการเจาะ ควรมีอุปกรณ์หรือหัวเจาะชนิดพิเศษที่สามารถดึงและดันท่อกรุแล้วลงไปพร้อมๆกับการเจาะ หรืออาจใช้เครื่องมือพิเศษที่เรียกว่า เครื่องตอกท่อกรุ (hammer casing) เครื่องมือนี้ตั้งอยู่ด้านบนท่อกรุ ทำหน้าที่ตอกท่อกรุลงไปพร้อมๆกับการทำงานของหัวเจาะ อุปกรณ์เสริมเหล่านี้เหมาะสมสำหรับใช้แก้ปัญหาการเจาะในชั้นหินที่มีรอยแตกและโพรงขนาดใหญ่

3.8.9.3 การหลีกเลี่ยงไม่ให้น้ำโคลนหาย

การหลีกเลี่ยงไม่ให้น้ำโคลนหายนั้นเป็นงานที่สำคัญและเป็นหน้าที่ของช่างเจาะ ควรปฏิบัติต่อหลุมเจาะด้วยความนุ่มนวลหรือใช้ความดันในการเจาะให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ สามารถปฏิบัติได้ดังนี้

1) ถอนและหย่อนก้านเจาะขึ้นลงช้าๆ
2) เริ่มสูบน้ำโคลนที่รอบต่ำ แล้วค่อยๆเร่งให้ถึงอัตราการสูบที่เหมาะสม
3) สูบน้ำโคลนด้วยอัตราต่ำสุด เพื่อช่วยระบายความร้อนและให้ตัวอย่างดินและหินแยกออกจากหัวเจาะ และพยุงเศษดินและหินขึ้นปากบ่อ
4) ถ้าเจาะในหินอ่อนควรเริ่มเจาะด้วยความเร็วต่ำ เพื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างผนังบ่อและก้านเจาะ ตัวอย่างดินและหินขึ้นมาได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้แรงดันน้ำโคลนไม่สูงเกินไป
5) ควบคุมคุณสมบัติของน้ำโคลนโดยการทดสอบคุณสมบัติของน้ำโคลนอยู่บ่อยๆ และปรับปรุงให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ทุกขณะโดย
   - ให้มีน้ำหนักน้อยที่สุด (ป้องกันแรงดันก้นหลุมสูงเกินไป)
   - ให้มีความหนืดน้อยที่สุด (ป้องกันแรงดันก้นหลุมสูงเกินไป)

- ให้มีการซึมน้อยสุด (ป้องกันไม่ให้ผนังน้ำโคลนหนาเกินไปช่องว่างระหว่างผนังหลุมกับก้านเจาะแคบลงทำให้แรงดันน้ำโคลนสูง)

3.8.10 ตัวอย่าง ดินและหินไม่ขึ้นปากบ่อ

การควบคุมเศษดินและเศษหินที่ได้จากการเจาะด้วยน้ำโคลนขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของเศษดินและหินที่แขวนลอยอยู่ในน้ำโคลน การหมุนเวียนของน้ำโคลนที่มีเศษหินดินและทรายลงไปในหลุมเจาะทำให้การสูบน้ำโคลน ก้านเจาะและหัวเจาะ สึกหรอได้เร็ว เครื่องสูบมีอายุการใช้งานสั้นลง สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และอาจเป็นเหตุให้ปัญหาต่างๆในการเจาะเกิดขึ้นตามมา เช่น ก้านติด น้ำโคลนหมุนเวียนน้อยลง เป็นต้น ควรปฏิบัติดังนี้

1) ในร่องน้ำระหว่างหลุมเจาะกับถังหรือบ่อน้ำโคลน ควรมีหลุมดักเพื่อกักเศษ หิน ดินและทรายให้ตกตะกอน และร่องน้ำควรทำเป็นแนวยาว
2) ควรมีตาข่ายหรือเครื่องคัดแยก ดักเศษ หิน ดิน และทราย ก่อนที่น้ำโคลนจะไหลกลับสู่ถังน้ำโคลน
3) ทำความสะอาดถังหรือบ่อน้ำโคลน และหลุมดักตะกอนเศษ หิน ดิน และทราย โดยการเอาออกเศษดินและหินในขณะหยุดสูบน้ำโคลน
4) อย่ากวนน้ำโคลนในบ่อน้ำโคลนในขณะที่กำลังเจาะ
5) ท่อดูดของเครื่องสูบน้ำโคลนควรอยู่เหนือจากพื้นของบ่อหรือถังน้ำโคลน
6) ทำการวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำโคลนอย่างสม่ำเสมอ
7) เมื่อความถ่วงจำเพาะของน้ำโคลนมากกว่าค่าที่กำหนดไว้ ควรเปลี่ยนน้ำโคลนหรือเอาเศษดินหรือทรายออก

3.8.11 การควบคุมสภาพน้ำโคลน

การควบคุมสภาพน้ำโคลนเป็นเทคนิคการเจาะที่ช่วยลดความยุ่งยาก ในการเจาะแต่ละพื้นที่หรือในแต่ละบ่อ ช่างเจาะควรให้ความสนใจต่อเงื่อนไขต่างๆดังนี้

1) น้ำโคลนที่ใช้เจาะต้องเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของหลุมเจาะ
2) อาจเกิดปัญหายุ่งยากขึ้น ถ้าหากต้องการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมหรือคุณสมบัติของน้ำโคลนที่ใช้ในการเจาะ และควรเตรียมสารต่างๆที่ใช้ในการแก้ปัญหาไว้ให้พร้อมอยู่เสมอ
3) ควรตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำโคลนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้การเจาะเป็นไปตามแผนที่วางไว้
4) น้ำหนักน้ำโคลนว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้น้ำโคลนหาย
5) พยายามป้องกันและแก้ไขปัญหาเล็กๆ น้อยๆที่เกิดขึ้นเสียก่อน ก่อนที่จะกลายเป็นปัญหาใหญ่ เช่น น้ำโคลนหมุนเวียนกลับน้อยกว่าปกติ ควรรีบแก้ปัญหา ก่อนที่น้ำโคลนหายไปหมด

3.8.12 ก้านเจาะหรือท่อติดในหลุมเจาะ

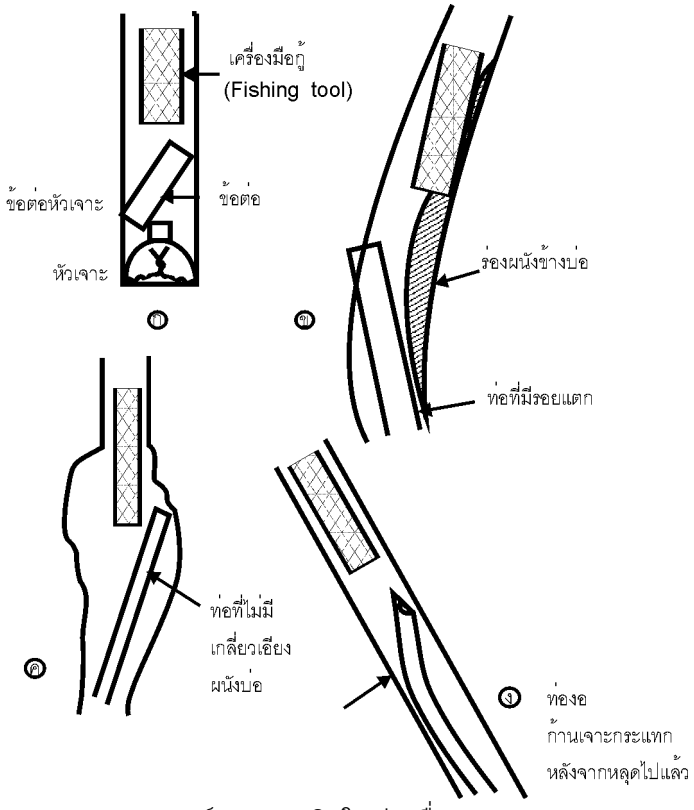
อุปกรณ์การเจาะ เช่น ก้านเจาะหรือท่อติดอยู่ในบ่อ การกู้อุปกรณ์เหล่านี้ทำให้เสียเวลาในการเจาะ และเสียค่าใช้จ่ายสูง เมื่ออุปกรณ์การเจาะเหล่านี้เกิดติดอยู่ในบ่อ มีแนวโน้มที่จะทำให้ก้านเจาะขาดจากหัวเจาะได้ ทั้งนี้เป็นเพราะความพยายามในการใช้แรงดึงหัวเจาะขึ้น ปรากฏการณ์ต่าง ๆ จะเตือนให้ช่างเจาะรู้ล่วงหน้า ก้านเจาะหรือหัวเจาะอาจติดอยู่ในบ่อ ที่มีปรากฏการณ์ เช่น

- หัวเจาะฝืดเมื่อดึงขึ้นหรือหย่อนลง
- ใช้แรงหมุนเพิ่มในขณะที่กำลังเจาะ
- ในขณะที่กำลังเจาะอยู่เครื่องเจาะเกิดการสั่น

ถ้าพบว่ามีปรากฏการณ์ทั้ง 3 ประการนี้เกิดขึ้นหรืออันใดอันหนึ่ง แสดงว่าอาจเกิดปัญหาขึ้นเนื่องจากมีแรงต้านทานหัวเจาะและก้านเจาะเกิดขึ้น

ปัญหาการเจาะมักทำให้ก้านเจาะหรือหัวเจาะติดก็คือ หลุมเจาะไม่อยู่ในแนวดิ่งหรือหลุมเอียงซึ่งมักทำให้น้ำโคลนไปฉาบผนังบ่อหนาขึ้น เนื่องจากน้ำหนักของก้านเจาะอาจกดทับผนังบ่อด้านใดด้านหนึ่งและทำให้บ่อพังได้ ถึงแม้ว่าหลุมที่เอียงไปจากแนวเดิมอาจทำให้เกิดปัญหาได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามในการเจาะบางพื้นที่ไม่สามารถเจาะหลุมให้ตรงได้ ช่างเจาะต้องพยายามอย่าให้หลุมเจาะคด การเจาะที่ดีนั้นช่างเจาะจะต้องหมั่นตรวจสอบน้ำโคลน และปรับปรุงคุณภาพของน้ำโคลนให้เหมาะสม ควรเฝ้าดูตัวอย่างและน้ำโคลนที่ขึ้นมาอย่างใกล้ชิดเพราะจะทำให้ช่างเจาะสามารถทราบถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นและป้องกันได้ทันท่วงที ก่อนที่หัวเจาะจะติด

การติดของก้านเจาะในร่องผนังหลุมเจาะ เกิดจากสาเหตุใหญ่อีกประการหนึ่งคือ การติดของก้านเจาะในร่องผนังหลุมเจาะ ปัญหานี้สามารถทราบได้เมื่อหลุมเจาะคด (**รูปที่ 3.8.12-1**) ส่วนที่คดของหลุมเจาะนั้นมักเป็นบริเวณที่เกิดร่องซึ่งมีขนาดพอดีกับก้านเจาะ ทำให้ก้านเจาะและหัวเจาะติดในร่องนั้น เมื่อทำการดึงก้านเจาะขึ้นจะเกิดร่องที่ผนังหลุมเจาะ สามารถป้องกันได้โดยพยายามเจาะหลุมให้ตรงและอย่าหมุนหัวเจาะอยู่กับที่นาน ๆ ช่างเจาะควรระวังอย่าดึงก้านเจาะที่ติดในร่องขึ้นแรงเกินไป อาจทำให้ก้านเจาะติดแน่นยิ่งขึ้น ควรค่อย ๆ หย่อนก้านเจาะลงถึงจุดใดจุดหนึ่งที่สามารถหมุนได้ ให้ใช้น้ำโคลนเข้าไปหมุนเวียนเพื่อไม่ให้บ่อพัง (น้ำโคลนจะช่วยหล่อลื่นหัวเจาะและก้านเจาะ และยังป้องกันการติดของการเจาะอีกด้วย) ค่อย ๆ ดึงก้านเจาะเพื่อให้ก้านเจาะกลิ้งออกจากร่องหรือข้างของร่องสึกกร่อน ในขณะเดียวกันควรทำเครื่องหมายไว้บนก้านเจาะแล้วดึงขึ้น เพื่อให้ทราบว่าก้านเจาะนั้นหลุดจากร่องแล้วหรือยัง ถ้ายังติดอยู่ให้ทำซ้ำจนกว่าจะสามารถดึงก้านเจาะขึ้นมาได้ถ้าก้านเจาะยังติดอยู่ในร่อง ให้ดึงก้านเจาะขึ้นและลงพร้อมกับหมุน เพื่อขยายร่องให้กว้างขึ้น ข้อต่อเหนือหัวเจาะที่ติดกับก้านเจาะเป็นอุปกรณ์ช่วยคว้านร่องผนังบ่อได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 3.8.12-1 อุปกรณ์การเจาะติดในบ่อเนื่องจากหลุมเจาะคด
(โครงการร่วมไทย-ออสเตรเลีย, 2528)

การคว้านควรปฏิบัติด้วยความระมัดระวังในขณะที่ดึงก้านเจาะขึ้นลง ถ้าใช้แรงมากอาจทำให้ข้อต่อก้านเจาะแตกหรือร้าวได้ การคว้านขึ้นโดยใช้ข้อต่อเหนือหัวเจาะนั้นทำได้ง่ายขึ้น ถ้าเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแบบแท่นเจาะยกขึ้นลงได้ตามเสากระโดง (Top head drive rig)

3.8.13 การกู้อุปกรณ์ที่ตกลงในหลุม

การบันทึกขนาดและรูปร่างของอุปกรณ์การเจาะที่ใช้ในหลุมเจาะ ขณะที่การเจาะมีความจำเป็นเมื่อมีชิ้นส่วนของอุปกรณ์หลุดตกหรือแตกหักลงในหลุมเจาะ ช่างเจาะสามารถตรวจสอบได้และต้องหาวิธีการกู้ และออกแบบเครื่องมือที่กู้อุปกรณ์ดังกล่าวได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ถ้ามีอุปกรณ์การเจาะที่ตกหรือแตกหักหล่นลงไปในหลุมเจาะและทำการเจาะต่อไปอาจทำให้ปลายบนของส่วนที่หักบิดเบี้ยวไปจากเดิม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือตรวจสภาพของชิ้นส่วนที่หลุดลงไปก่อนดำเนินการกู้เครื่องมือและสามารถทราบถึงการวางตัวของชิ้นส่วนที่หลุดลงไปตั้งตรงอยู่กลางบ่อหรือพิงผนังหลุมเจาะ หรือฝังอยู่ในโพรงผนังหลุมเจาะ

3.8.13.1 การออกแบบเครื่องมือที่ใช้กู้

การออกแบบเครื่องมือกู้ ควรปฏิบัติดังนี้

- ขนาดด้านในหรือด้านนอกสวมหรือยึดอุปกรณ์ที่หล่นหรือที่ตกลงไปให้กระชับพอดี

- เครื่องมือกู้ต้องมีขนาดเหมาะสมที่ทำงานในหลุมเจาะได้
- รูปร่างของเครื่องมือจำเป็นต้องยึดจับและสามารถคลายได้ ถ้ามีความจำเป็น
- เตรียมเครื่องมือกู้ให้พร้อม และสามารถนำมาใช้ได้ทันทีเมื่อต้องการ

การตัดสินใจทิ้งอุปกรณ์ที่หลุดตกลงในหลุมเจาะ เมื่อก้านเจาะติดจนไม่สามารถดึงขึ้นได้และพยายามจนถึงที่สุดแล้ว ช่างเจาะมีทางเลือกอยู่ 3 ทาง คือ

1) ดึงอุปกรณ์ที่ไม่ติดออกก่อน หาวิธีการกู้ สร้างเครื่องมือที่เหมาะสมที่ยึดจับอุปกรณ์ที่ตกลงไป
2) ทิ้งอุปกรณ์ที่ติดอยู่ในหลุมเจาะ ดึงส่วนที่เหลือขึ้นมา แล้วพยายามเปลี่ยนแนวของหลุมเจาะเพื่อหลบอุปกรณ์ที่ติดอยู่ในหลุมเจาะ
3) ทิ้งก้านเจาะและหัวเจาะ อาจเจาะหลุมใหม่หรือทิ้งหลุมเจาะเดิมในสองกรณีแรก อาจจำเป็นต้องคลายเกลียวก้านเจาะหรือตัดก้านเจาะ

3.8.13.2 การคลายของข้อต่อ ท่อหรือก้านเจาะ

ข้อต่อที่ไม่ได้รับแรงกดเมื่อบิดก้านเจาะให้หมุนกลับเกลียวอาจคลายและแตกได้ การคลายข้อต่อ ช่างเจาะต้องพยายามปรับอย่าให้มีแรงดึงหรือแรงกดตรงบริเวณข้อต่อที่อาจคลายตัว

ถ้าข้อต่อของก้านเจาะไม่สามารถคลายตรงจุดที่ต้องการ บางครั้งอาจต้องตัดก้านเจาะโดยใช้เครื่องตัดสายสลิง ถ้าตัดตรงบริเวณใกล้กับข้อต่อหมุนเจาะให้เครื่องมือที่ใช้กู้สวมช่องยึดสายสลิง เครื่องมือตัดที่หย่อนลงไปโดยใช้สายสลิงกระบอกตัก ควรระวังอย่าให้สายสลิงของกระบอกตักไปพันหรือเกี่ยวกับสายสลิงของหัวเจาะ ดังนั้นควรหย่อนสายสลิงกระบอกตักลงไปสัก 10 เมตรก่อน แล้วค่อยหย่อนลงต่อทีละเมตร ส่วนใหญ่การกู้อุปกรณ์ที่ตกลงไปมักจะใช้ก้านเจาะหรือสายสลิงของเครื่องเจาะและถ้าชิ้นส่วนที่ตกลงไปเป็นก้านเจาะที่ขาด ให้ดึงส่วนที่เหลือขึ้นมาตรวจสอบก่อนและเปรียบเทียบกับกรณีที่เคยเกิดขึ้นแล้ว หลังจากนั้นหาจารบีทาข้อต่อและขันให้แน่น

3.8.13.3 ชุดเครื่องกู้

ชุดเครื่องกู้ประกอบไปด้วยก้านกู้ห่วงกระชาก (**รูปที่ 3.8.13-1, 3.8.13-2 และ 3.8.13-3**) ซึ่งมีข้อต่อนิรภัยต่อเข้ากับเครื่องมือกู้ เครื่องมือทุกชนิดที่ใช้กับชุดเครื่องกู้ต้องบันทึกขนาดไว้หมด ถ้าต้องใช้ก้านกู้เพื่อกู้ชิ้นส่วนที่ตกในหลุม (โดยการขันเกลียว) ให้ใช้ก้านกู้เกลียวซ้าย ก้านกู้ทุกชนิดรวมทั้งก้านโค้งหรือถ้วยปากบาก (Fishing bowl) มักจะติดกับผนังหลุมเจาะ ดังนั้นจึงควรหย่อนลงในหลุมอย่างระมัดระวัง และปล่อยให้ลงในหลุมได้อย่างสะดวก

3.8.13.4 การดึงอุปกรณ์ที่ตกในหลุม

ถึงแม้ว่าเครื่องมือกู้ที่สวมเข้ากับอุปกรณ์ในหลุมได้แล้ว ยังไม่สามารถทราบได้ว่าเครื่องมือกู้จะยึดอุปกรณ์นั้นแน่นหรือไม่ ไม่ว่าอุปกรณ์ที่จะกู้วางตัวอย่างไรในหลุมเจาะ ก่อนทำการดึงขึ้นให้ลองขยับดูก่อน การดึงอุปกรณ์ที่กู้ขึ้นมาอย่างช้า ๆ ใช้ปากกาจับหรือลิ่มช่วยในเมื่อจะทำการถอดก้านกู้ โดยมิให้ก้านเจาะหมุนเป็นอันขาด เมื่ออุปกรณ์ขึ้นมาถึงปากบ่อแล้วควรใช้ปากกาจับนิรภัยเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์หลุดตกลงในหลุมเจาะอีก

3.8.13.5 เครื่องมือกู้

เครื่องมือกู้ประกอบด้วย

1) หัวสวมขันเกลียวและหัวยิง

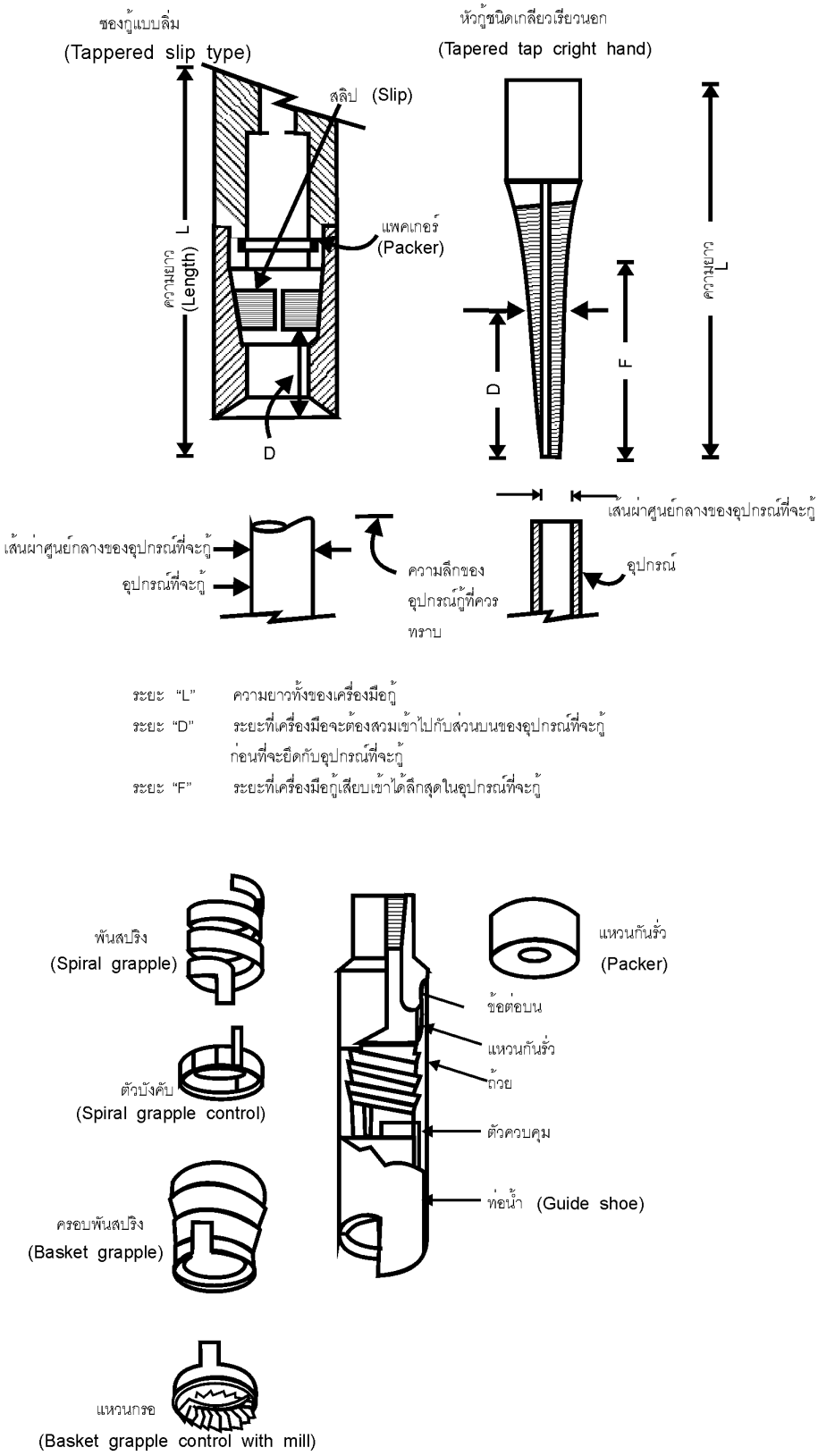
หัวสวมขันเกลียวเป็นเครื่องมือกู้และเป็นตัวขยับท่อให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการกู้ ในกรณีที่ก้านเจาะหรือท่อกรุตกลงในหลุมเจาะ หัวสวมชนิดคลายได้นี้ใช้กู้ได้กับการเจาะทุกชนิด (**รูปที่ 3.8.13-1**) หัวสวมแบบหมุนและหัวยิง ประกอบด้วยแพคเกอร์ซึ่งเป็นตัวทำให้หัวสวมยึดแน่นกับอุปกรณ์ที่จะกู้ทันทีที่หัวสวมยึดแน่นแล้ว ให้ปล่อยน้ำโคลนไหลเวียนตามปกติเพื่อช่วยในการกู้ แต่ละบริษัทผู้ผลิตจะออกแบบวิธีการยึดและคลายแตกต่างกันไป ช่างเจาะควรศึกษาและปฏิบัติการใช้เครื่องมือเหล่านี้ก่อนที่จะใช้ในหลุมเจาะ

2) เครื่องมือกู้ชนิดหัวกู้ชนิดเกลียวเรียวนอก และหัวกู้ชนิดเกลียวเรียวใน ใช้กู้ในการเจาะแบบหมุน อุปกรณ์เหล่านี้ราคาค่อนข้างถูกและใช้งานได้ง่าย ปัญหาส่วนใหญ่ ได้แก่ การขันแน่นเกินไป ซึ่งไม่สามารถคลายออกจากอุปกรณ์ที่จะกู้ขึ้นมาได้ ในหลุมที่ใช้เครื่องเจาะแบบหมุนและใช้น้ำโคลน การกู้ควรใช้ข้อต่อนิรภัย หัวกู้ชนิดเกลียวเรียวนอกและเรียวในมีขนาดเล็กและบาง ซึ่งออกแบบสำหรับกู้ข้อต่อก้านเจาะ หัวเพชรอาจจะแตกได้ง่าย และบางครั้งอาจจะทำปัญหายุ่งยากกว่าการใช้เครื่องแบบง่ายๆ อย่างอื่น

การกู้ใช้หัวกู้เกลียวเรียวนอกและเรียวในนั้นควรหมุนก้านเจาะช้าๆ ด้วยมือและไม่ควรกด ปล่อยให้เครื่องมือสวมเข้ากับอุปกรณ์ที่จะกู้เอง

หัวกู้ดังกล่าวนี้ออกแบบให้น้ำไหลผ่านเพื่อทำความสะอาดอุปกรณ์ที่กู้เมื่อเครื่องมือกู้และอุปกรณ์ยึดติดกันแล้ว

3) เครื่องมือกู้ที่มีพันจับ (**รูปที่ 3.8.13-3**) เครื่องมือกู้ชนิดนี้ใช้ได้ดีและสะดวกในกรณีที่เจาะโดยเครื่องเจาะแบบกระแทกหรือเครื่องเจาะหัวเพชร แต่ไม่นิยมใช้กับหลุมเจาะทีมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่ที่เจาะด้วยเครื่องเจาะแบบหมุน เพราะว่าอุปกรณ์ที่กู้มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก

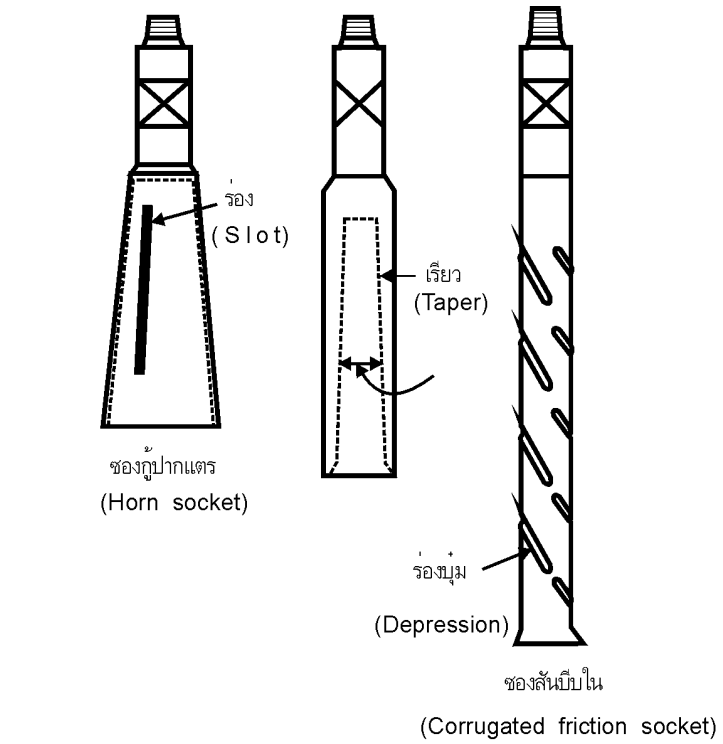


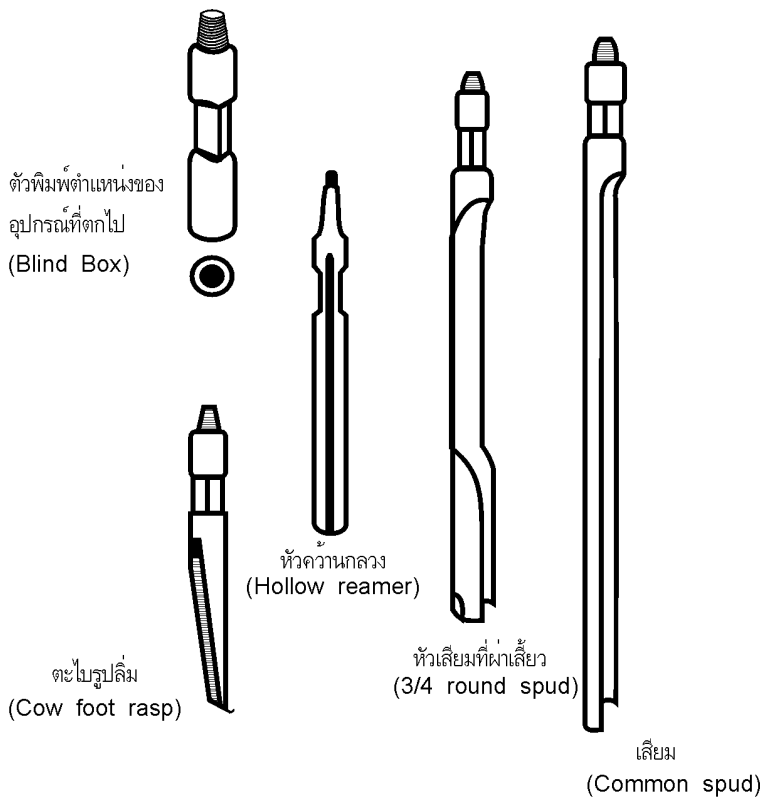
ระยะ "L" ความยาวทั้งของเครื่องมือกู้

ระยะ "D" ระยะที่เครื่องมือจะต้องสวมเข้าไปกับส่วนบนของอุปกรณ์ที่จะกู้ ก่อนที่จะยึดกับอุปกรณ์ที่จะกู้

ระยะ "F" ระยะที่เครื่องมือกู้เสียบเข้าได้ลึกสุดในอุปกรณ์ที่จะกู้

รูปที่ 3.8.13-1 เครื่องมือกู้อุปกรณ์ตกในบ่อแบบหัวสวมเกลียวและหัวยิง
(โครงการร่วมไทย-ออสเตรเลีย, 2528)





รูปที่ 3.8.13-2 เครื่องมือกู้แบบซองกู้ปากแตรและแบบซองสั้นบีบใน
(โครงการร่วมไทย-ออสเตรเลีย, 2528)

3.8.13.6 เครื่องกู้แบบซองกู้ปากแตรและแบบซองสันบีบใน

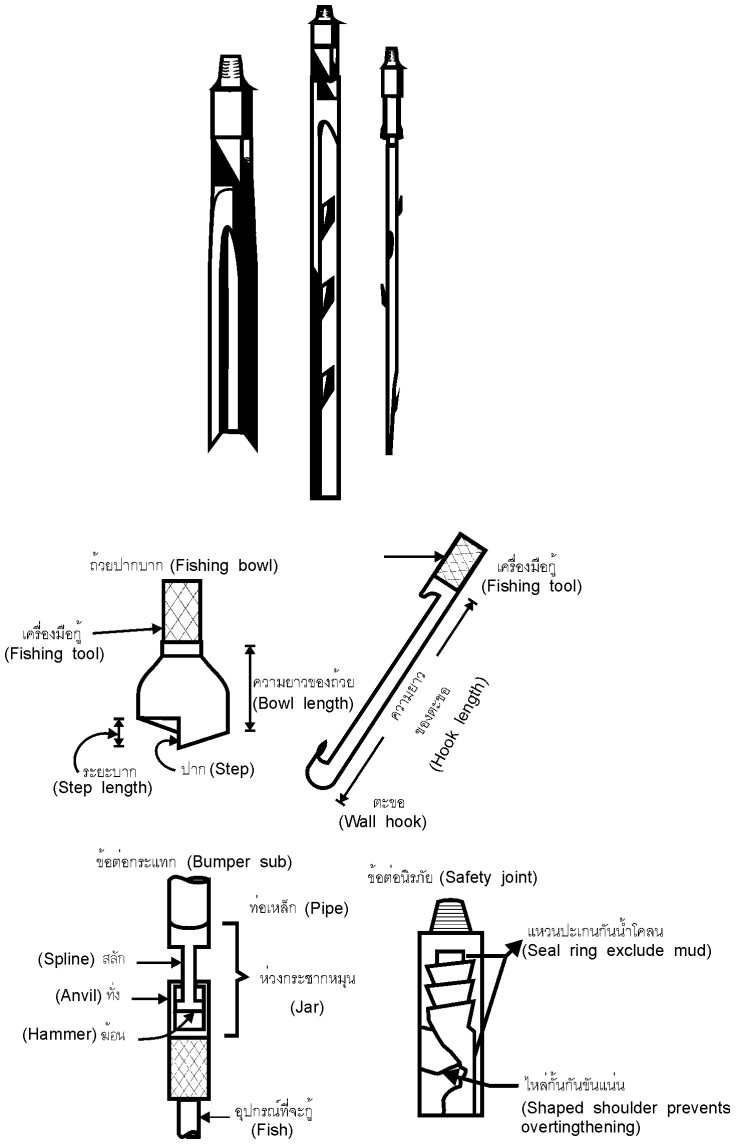
เครื่องมือกู้ชนิดนี้มักใช้กู้ในหลุมเจาะโดยเครื่องเจาะแบบหมุนจะมีห่วงกระชากช่วย ดังนี้

ข้อต่อกระแทก (Bumper sub) มีช่วงกระชากขึ้นลงสั้นๆ ใช้ต่อเข้ากับส่วนบนของแท่งเจาะ

ห่วงกระชากหมุน (Rotary jar) มีช่วงกระชากสั้น ๆ

ข้อต่อนิรภัยชนิดหมุน (Rotary jar)

ข้อต่อชนิดนี้ออกแบบให้สามารถถ่ายแรงกดและแรงหมุนจากเครื่องเจาะได้อย่างสมบูรณ์ สายสลิงชโลมด้วยจารบี และที่ข้อต่อมีแหวนประเก็นกันไม่ให้น้ำโคลนเข้าสู่ข้อต่อได้ ข้อต่อสามารถขันออกได้โดยง่ายเมื่อหมุนกลับ และสามารถกระแทกเสียมต่อเข้ากันได้อย่างง่ายดาย ในขณะที่อยู่ในหลุมเจาะ



รูปที่ 3.8.13-3 อุปกรณ์กู้เครื่องมือแบบมีฟันจับ
(โครงการร่วมไทย-ออสเตรเลีย, 2528)

3.9 การเขียนรายงานการควบคุมและให้คำปรึกษาช่างเจาะน้ำบาดาล

การเขียนรายงานการปฏิบัติการเจาะน้ำบาดาลของวิศวกรและนักธรณีวิทยาที่ควบคุมและรับรองการเจาะของงานเจาะ ประกอบด้วย การบันทึกงานลำดับชั้นหินจากการตรวจวิเคราะห์ มีส่วนประกอบและหัวข้อที่สำคัญในการบันทึกใน

การเจาะสำรวจและ

การเจาะน้ำบาดาลเพื่อการพัฒนา

3.9.1 การจัดทำรายงานการเจาะสำรวจ

การเขียนรายงานลำดับชั้นหินจากการตรวจวิเคราะห์โดยนักอุทกธรณีวิทยาหรือนักธรณีวิทยา

3.9.1.1 รายงานช่างเจาะ (driller's log)

เป็นการจดบันทึกรายงานโดยช่างเจาะหรือผู้ควบคุมหน่วยเจาะ ที่ผู้รับจ้างต้องรวบรวมรายการต่างๆ ที่มีอยู่ในแบบฟอร์ม ดังนี้

1) พิกัดบ่อและระดับความสูง
2) ความลึกที่ชั้นดินหรือหินเปลี่ยน
3) ความลึกที่เริ่มพบน้ำ
4) ตำแหน่งหรือช่วงความลึกของแต่ละชั้นหินอุ้มน้ำ
5) ลำดับชั้นและลักษณะทางกายภาพของดินหรือหินที่เจาะผ่าน
6) ระบุระดับความลึกที่เก็บตัวอย่างดินหรือหินและตัวอย่างน้ำ
7) ระบุช่วงระดับความลึกของบ่อและขนาดรูเจาะ
8) ช่วงความลึกที่น้ำโคลนหายหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะ เช่น สี เติมโคลนผงกี่ถุง ที่ความลึกเท่าไหร่ ผสมครั้งแรกกี่ถุง
9) ความลึกของระดับน้ำและความลึกทีระดับน้ำในบ่อเปลี่ยนแปลง
10) ความลึกของการเจาะและความลึกที่พัฒนา
11) ความยาว เส้นผ่าศูนย์กลาง ความหนา ชนิดท่อกรุที่ลงบ่อ และวิธีต่อท่อกรุเข้าด้วยกัน
12) ท่อกรอง ระบุชนิด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความหนา และชนิดวัสดุ เบอร์ท่อกรอง วิธีการต่อเข้ากับท่อกรุ และช่วงความลึกของท่อกรอง
13) บ่อแบบกรุกรวด ระบุช่วงความลึกของกรวดกรุ ระดับบนสุดของกรวดกรุ ความหนาของกรวดกรุ ขนาดของกรวดกรุและอัตราส่วนระหว่างกรวดกรุต่อค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอของชั้นหินอุ้มน้ำ (UC = D40/D90 of aquifer curve) จากผลวิเคราะห์โดยวิธีตะแกรงร่อน
14) ช่วงความลึกของซีเมนต์ที่ผนึกรอบปากบ่อ (sanitary seal)
15) ขนาดรูเจาะที่อยู่เหนือหรือใต้ตำแหน่งผนึก (seal) ข้างบ่อ
16) ระบุชนิดและปริมาณของสารผสมที่ใช้ผนึกข้างบ่อ

17) การผนึกข้างบ่อ (ถ้ามี) และระยะความลึกที่ทำการอุดข้างบ่อ

18) ความเร็วที่เจาะผ่านชั้นดินหรือหินตลอดความลึกบ่อ และชนิดของหัวเจาะที่ใช้เจาะในแต่ละช่วง

19) อัตราสูบของบ่อ เครื่องสูบที่ติดตั้ง และระยะน้ำลดขณะสูบทดสอบ

20) รายการอื่นๆ ที่ผู้จ้างระบุหรือต้องการ

3.9.1.2 ลำดับชั้นดินหรือหิน (lithological log) ของบ่อเจาะ

ดินหรือหินที่ได้จากบ่อที่เจาะจะทำการวิเคราะห์และจัดทำโดยนักอุทกธรณีวิทยาหรือธรณีวิทยาหรือช่างเจาะ ควรประกอบด้วย (1) ความลึก (2) ความหนา (3) ลักษณะของดินหรือหิน ได้แก่ ขนาดต่างๆ ของเม็ดตะกอน ลักษณะรูปร่าง ความกลมมน ชนิดของหิน และความเร็วที่เจาะผ่าน (4) ลักษณะอื่นๆ ที่เห็นว่าเป็นประโยชน์

3.9.1.3 การกำหนดชั้นหินอุ้มน้ำหลัก พิจารณาจากข้อมูล 2 ส่วน คือ

1) ผลการหยั่งธรณีหลุมเจาะ (geophysical borehole logging) ที่แปลความหมายโดยนักอุทกธรณีหรือผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้ และ

2) รายงานชั้นดินหรือหินของหลุมเจาะ

3.9.2 การเจาะเพื่อพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

3.9.2.1 บ่อที่เจาะต้องอยู่ในแนวดิ่ง ดังนั้นการปรับพื้นที่ให้แข็งแรงเพื่อไม่ให้บ่อเอียง

3.9.2.2 บ่อนำ (pilot hole) ควรเจาะให้มีขนาดเล็ก เพื่อสำรวจดินและหินหรือชั้นน้ำบาดาล หลังจากนั้นขยายหลุมเจาะให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อพัฒนาเป็นบ่อน้ำบาดาลต่อไป

3.9.2.3 ความลึกของบ่อน้ำบาดาล ต้องเป็นไปตามใบอนุญาตเจาะ เว้นแต่มีหลักฐานบ่งชี้ว่าความลึกที่ไม่พบชั้นน้ำบาดาล

3.9.2.4 การเก็บตัวอย่างชั้นดินและหินในขณะที่เจาะ ในกรณีที่เก็บตัวอย่างแบบเศษหิน (cutting sample) ควรเก็บตัวอย่างทุกๆ ความลึก 1.0 เมตร

3.9.2.5 รายงานการปฏิบัติงานประจำวัน ให้ใช้แบบ นบ./3 ตามประกาศกรมทรัพยากรน้ำบาดาล เรื่อง กำหนดแบบพิมพ์รายงาน พ.ศ. 2551 ดังแสดงใน**รูปที่ 3.9.2-1**

แบบ นบ./3 **รายงานการปฏิบัติงานประจำวัน**

ใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาลเลขที่.....บ่อหมายเลข.....
ชื่อผู้รับใบอนุญาต.....
ที่อยู่.....โทรศัพท์.....
สถานที่เจาะ .....ตรอกซอย.....
ถนน.....หมู่ที่..... ตำบล/แขวง.....
อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

ชื่อบริษัท ห้าง ร้าน ผู้เจาะ.....
ที่อยู่.....โทรศัพท์.....

ชื่อช่างเจาะ.....หนังสือรับรองช่างเจาะเลขที่.....
ที่อยู่.....
วันเริ่มเจาะ.....จำนวนผู้ปฏิบัติงาน.....คน
แบบของเครื่องเจาะ.....ยี่ห้อ.....

วัน เดือน ปี	รายการปฏิบัติงาน (แสดงรายการชั้นดินหรือชั้นหินที่เจาะผ่านทุกๆ ๑.๐๐ เมตร และทุกระยะที่ชั้นดินหรือชั้นหินเปลี่ยนหรือแสดงรายการใช้ท่อกรุ ท่อกรอง หรือรายการพัฒนาบ่อ ฯลฯ)	ความลึก (เมตร)	หมายเหตุ

ข้าพเจ้าขอรับรองว่ารายงานการปฏิบัติงานประจำวันดังกล่าวถูกต้อง และเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....ผู้รับใบอนุญาต
(.....)

ข้าพเจ้า..... ซึ่งเป็นผู้ควบคุมกิจการเจาะน้ำบาดาล
ได้ตรวจสอบรายงานดังกล่าว เห็นว่า ถูกต้องตามข้อเท็จจริงที่ได้ทำการเจาะน้ำบาดาลแล้ว

ลงชื่อ.....ช่างเจาะผู้ควบคุมการเจาะน้ำบาดาล
(.....)

ลงชื่อ.....วิศวกร/นักธรณีวิทยาผู้ควบคุมการเจาะน้ำบาดาล
(.....)

หมายเหตุ : วิศวกรหรือนักธรณีวิทยา จะเป็นผู้ลงนามรับรองความถูกต้องของรายงานเฉพาะการเจาะน้ำบาดาลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรุบ่อบนสุด ตั้งแต่ 150 มิลลิเมตรขึ้นไปในเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล และตั้งแต่ 200 มิลิเมตร ขึ้นไปนอกเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล

รูปที่ 3.9.2-1 รายงานการปฏิบัติงานประจำวัน

บทที่ 4
พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 และที่แก้ไขเพิ่มเติม

พระราชบัญญัติน้ำบาดาลมีความสำคัญต่อช่างเจาะอย่างไรบ้าง

- **ทราบถึงกฎและระเบียบต่างๆในการขออนุญาตเจาะ**
- **ขออนุญาตใช้น้ำ**
- **ปฏิบัติงานที่ถูกต้องตามกฎหมาย**
- **งานที่มีมาตรฐานในระดับประเทศและระดับสากล**

4.1 พระราชบัญญัติน้ำบาดาล

4.1.1 พ.ร.บ. น้ำบาดาล พ.ศ. 2520

พระราชบัญญัติ
น้ำบาดาล
พ.ศ. ๒๕๒๐

ภูมิพลอดุลยเดช ป.ร
ให้ไว้ ณ วันที่ ๒๓ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๒๐
เป็นปีที่ ๓๒ ในรัชกาลปัจจุบัน

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ประกาศว่า

โดยที่เป็นการสมควรมีกฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล

จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ตราพระราชบัญญัติขึ้นไว้โดยคำแนะนำและยินยอมของสภาปฏิรูปการปกครองแผ่นดิน ดังต่อไปนี้

มาตรา ๑ พระราชบัญญัตินี้เรียกว่า “พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐”

มาตรา ๒[๑] พระราชบัญญัตินี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

มาตรา ๓ ในพระราชบัญญัตินี้

"น้ำบาดาล" หมายความว่า น้ำใต้ดินที่เกิดอยู่ในชั้นดิน กรวด ทรายหรือหิน ซึ่งอยู่ลึกจากผิวดินเกินความลึกที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา แต่จะกำหนดความลึกน้อยกว่าสิบเมตรมิได้

"เจาะน้ำบาดาล" หมายความว่า กระทำแก่ชั้นดิน กรวด ทรายหรือหิน เพื่อให้ได้มาซึ่งน้ำบาดาล หรือเพื่อระบายน้ำบ่อน้ำบาล

"บ่อน้ำบาดาล" หมายความว่า บ่อน้ำที่เกิดจากการเจาะน้ำบาดาล

"เขตน้ำบาดาล" หมายความว่า เขตท้องที่ที่รัฐมนตรีกำหนดให้เป็นเขตน้ำบาดาลโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

"กิจการน้ำบาดาล" หมายความว่า การเจาะน้ำบาดาล การใช้น้ำบาดาลหรือการระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาล

"ใช้น้ำบาดาล" หมายความว่า นำน้ำจากบ่อน้ำบาดาลขึ้นมาใช้

"ระบายน้ำลงบ่น้ำบาดาล" หมายความว่า การกระทำการใดๆ เพื่อถ่ายเทน้ำหรือของเหลวอื่นใดลงบ่อน้ำบาดาล

"ผู้รับใบอนุญาต" หมายความว่า ผู้ได้รับอนุญาตตามพระราชบัญญัตินี้ในกรณีที่นิติบุคคลเป็นผู้รับใบอนุญาต ให้หมายความว่ารวมถึงผู้ซึ่งนิติบุคคลแต่งตั้งให้เป็นผู้ดำเนินกิจการด้วย

"ผู้ออกใบอนุญาต" หมายความว่า อธิบดีหรือผู้ซึ่งอธิบดีมอบหมาย

"คณะกรรมการ" หมายความว่า คณะกรรมการน้ำบาดาล

"พนักงานน้ำบาดาลปะจำท้องที่" หมายความว่า ผู้ซึ่งอธิบดีแต่งตั้งหี้อำนาจหน้าที่ตามพระราชบัญญัตินี้

"พนักงานเจ้าหน้าที่" หมายความว่า ผู้ซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้งให้ปฏิบัติการตามพระราชบัญญัตินี้

"อธิบดี" หมายความว่า อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

"รัฐมนตรี" หมายความว่า รัฐมนตรีผู้รักษาการตามพระราชบัญญัตินี้

มาตรา ๔[๒] พระราชบัญญัตินี้ไม่ใช้บังคับแก่กระทรวง ทบวง กรม หรือองค์การของรัฐที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการจัดหาน้ำเพ่ออุปโภคบริโภค หรือเพื่อเกษตรกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับการเจาะน้ำบาดาลและการใช้น้ำบาดาล เว้นแต่ในเขตท้องที่ที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการประกาศกำหนดให้เป็นเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลที่ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้

เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล ต้องเป็นเขตท้องที่ที่มีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในปริมาณที่มากเกินกว่าปริมาณน้ำไหลลงสู่ชั้นน้ำบาดาล จนอาจทำให้เกิดการรุดตัวของแผ่นดิน หรือการแพร่กระจายของน้ำเค็มเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล หรือการลดตัวลงของระดับน้ำในชั้นน้ำบาดาล หรือผลกระทบสำคัญอื่นต่อสิ่งแวดล้อม

กระทรวง ทบวง กรม หรือองค์การของรัฐตามวรรคหนึ่ง ต้องปฏิบัติตามประกาศที่ออกตามมาตรา ๖ และปฏิบัติตามมาตรา ๒๓

มาตรา ๕[๓] การกำหนดเขตท้องที่ใดให้เป็นเขตน้ำบาดาลตามพระราชบัญญัตินี้ ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ในกรณีที่การสูบน้ำบาดาลในเขตท้องที่ใดจะทำให้ชั้นน้ำบาดาลเสียหายหรือเสื่อมสภาพ หรืออาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพยากรของชาติ หรือทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ หรือเป็นอันตรายแก่ทรัพย์สินหรือสุขภาพของประชาชน หรือทำให้แผ่นดินทรุด ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจกำหนดเขตท้องที่นั้นให้เป็นเขตห้ามสูบน้ำบาดาลโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

การเปลี่ยนแปลงเขตน้ำบาลหรือเขตห้ามสูบน้ำบาดาลหรือกายกเลิกเขตน้ำบาดาลหรือเขตห้ามสูบน้ำบาดาลที่ได้ประกาศกำหนดไว้ ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการประกาศในราชกิจจานุเบกษา

มาตรา ๖ ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษา

(1) กำหนดหลักเกณฑ์และมารการในทางวิชาการสำหรับการเจาะน้ำบาดาล

การเลิกเจาะน้ำบาดาล การใช้น้ำบาดาลแบบอนุรักษ์ การระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาล การเลิกใช้บ่อน้ำบาดาล การป้องกันด้านสาธารณสุข และการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

(๒) กำหนดวิธีการให้ความคุ้มครองแก่คนงานและความปลอดภัยแก่บุคคลภายนอก

มาตรา ๗[๔] ให้รัฐมนตรีโดยคำนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจออกกฎกระทรวงกำหนด

(๑) อัตราค่าใช้น้ำบาดาลในแต่ละท้องที่ที่มีน้ำประปาใช้ ไม่เกินอัตราสูงสุดของค่าน้ำประปาในท้องที่นั้น

ในกรณีที่ท้องที่ใดไม่มีน้ำประปาใช้ อัตราค่าใช้น้ำบาดาลในท้องที่นั้นต้องไม่เกินอัตราสูงสุดของค่าน้ำประปาในจังหวัดที่ท้องที่นั้นตั้งอยู่ และให้ยกเว้นค่าใช้น้ำบาดาลแก่ผู้รับใบอนุญาตใช้น้ำ บาดาลซึ่งใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคหรือบริโภค ทั้งนี้ ไม่รวมถึงการใช้น้ำบาดาลของโรงงานอุตสาหกรรม

(๒)[๕] ประเภทการใช้น้ำบาดาล หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการเรียกเก็บลดหย่อน หรือยกเว้นค่าใช้น้ำบาดาล

(๒/๑)[๖] อัตราค่าอนุรักษ์น้ำบาดาลที่เรียกเก็บเพิ่มจากผู้รับใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลในเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล

(๒/๒)[๗] หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการเรียกเก็บ ลดหย่อน หรือยกเว้นค่าอนุรักษ์น้ำบาดาลที่เรียกเก็บในเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล

(๓) อัตราค่าวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหรือของเหลว ค่าคัดสำเนาหรือถ่ายเอกสาร ค่ารับรอสำเนาและค่าตรวจสอบเอกสารหลักฐาน

(๔)[๘] หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการให้เอกชนจัดเก็บค่าใช้น้ำบาดาลและค่าอนุรักษ์น้ำบาดาล

สิทธิหน้าที่ของเอกชนตามสัญญาว่าจ้างให้จัดเก็บค่าใช้น้ำบาดาลและค่าอนุรักษ์น้ำบาดาล (๔) จะโอนหรือให้ผู้อื่นรับช่วงมิได้

มาตราที่ ๗ ทวิ[๙] เพื่อเป็นการส่งเสริมความรู้ความสามารถของช่างเจาะน้ำบาดาลให้กรมทรพยากรน้ำบาดาล จัดให้มีการบริการฝึกอบรมและสัมมนาวิชาการเจาะน้ำบาดาลแก่ช่างเจาะ

มาตรา ๗ ตรี[๑๐] ให้กรมรพยากรน้ำบาดาล จัดให้มีการจดทะเบียนช่างเจาะน้ำบาดาลซึ่งมีพ้นความรู้ต่ำกว่าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ตามหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขที่รัฐมนตรีประกาศในราชจานุเบกษา และให้กรมทรัพยากรน้ำบาดาล จัดให้มีการฝึกอบรมและสัมมนาทางวาการเจาะน้ำบาดาลให้แก่ช่างเจาะน้ำบาดาลดังกล่าว

มาตรา ๗ จัตวา[๑๑] ให้จัดตั้งกองทุนพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นในกรมทรัพยากรน้ำบาดาล เรียกโดยย่อว่า “กพน.” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นทุนใช้จ่ายในการศึกษา วิจัย พัฒนา และอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม

กพน. ประกอบด้วยทรัพย์สิน ดังต่อไปนี้

(๑) เงินที่โอนมาจากเงินทุนหมุนเวียนน้ำบาดาล

(๒) เงินที่ได้จากการเรียกเก็บค่าใช้น้ำบาดาลตามมาตรา ๗ (๒) ที่นำส่งเข้ากองทุนตามอัตราที่กำหนดในกฎกระทรวงแต่ไม่เกินร้อยละห้าสิบของเงินดังกล่าว

(๓) เงินที่ได้จากการเรียกเก็บค่าอนุรักษ์น้ำบาดาลตามมาตรา ๗ (๒/๑)

(๔) เงินหรือทรัพย์สินอื่นที่ได้รับจากภาคเอกชนทั้งภายในและภายนอกประเทศ รัฐบาลต่างประเทศหรือองค์การระหว่างประเทศ

(๕) เงินหรือทรัพย์สินอื่นที่ได้จากการบริจาค

(๖) ดอกผลและผลประโยชน์อื่นใดที่เกิดจากกองทุน

(๗) เงินอุดหนุนที่รัฐบาลจัดสรรให้ตามความจำเป็นเพื่อดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของกองทุนในกรณีทรัพย์สินขอของกองทุนมีไม่เพียงพอ

(๘) เงินอื่นๆ ที่ได้รับมาเพื่อดำเนินการกองทุนนี้

ทรัพย์สินของ กพน. ตามวรรคสอง ให้นำส่งเข้าบัญชี กพน. โดยไม่ต้องนำส่งคลังเป็นรายได้แผ่นดิน

การรับเงิน การจ่ายเงิน การเก็บรักษาเงิน การจัดหาผลประโยชน การจัดการและการจำหน่ายทรัพย์สิน และการตรวจสอบภายในเกี่ยวกับการใช้จ่ายเงินของ กพน. ให้เป็นไปตามประกาศที่รัฐมนตรีกำหนดโดยความเห็นชอบของกระทรวงการคลัง ทั้งนี้ ให้กระทรวงการคลังพิจารณาให้แล้วเสร็จภายในหกสิบวันนับตั้งแต่วันที่ได้รับประกาศ หากพิจารณาไม่แล้วเสร็จภายในกำหนดเวลาดังกล่าว ให้ถือว่าได้ให้ความเห็นชอบแล้ว

มาตรา ๗ เบญจ[๑๒] เงิน กพน. ให้ใช้จ่ายเพื่อกิจการ ดังต่อไปนี้

(๑) การศึกษา สำรวจ วิจัย และการวางแผนแม่บทเพื่อการพัฒนา และอุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม

(๒) การช่วยเหลือและอุดหนุนกิจการใดๆ ที่เกี่ยวกับการทดแทนและอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล

(๓) ค่าใช้จ่ายในการบริการ กพน. ตามที่ตกลงกับกระทรวงการคลัง

(๔) ค่าใช้จ่ายในการจ้างเอกชนจัดเก็บค่าใช้น้ำบาดาลและค่าอนุรักษ์น้ำบาดาล

การใช้จ่ายเงิน กพน. ตามวรรคหนึ่ง ให้เป็นไปตามแผนแม่บทที่จัดทำตามมาตรา ๗ สัตต (๒)

มาตรา ๗ ฉ[๑๓] ให้มีคณะกรรมการบริหาร กพน. ประกอบด้วย อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเป็นประธานกรรมการ ผู้แทนสำนักงบประมาณ ผู้แทนสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ผู้แทนกรมบัญชีกลาง แทนสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ผู้แทนสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ผู้แทนกรมทรัพยากรน้ำ และผู้แทนสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยเป็นกรรมการ

ให้อธิบดีแต่งตั้งผู้อำนวยการกองหรือผู้ดำรงตำแหน่งเทียบเทาผู้อำนวยการกองของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเป็นกรรมการและเลขานุการ

ให้นำความในมาตรา ๑๒ และมาตรา ๑๓ มาใช้บังคับแก่การประชุมของคณะกรรมการบริการ กพน. โดยอนุโลม

มาตรา ๗ สัตต[๑๔] ให้คณะกรรมการรบริหาร กพน. มีอำนาจหน้าที่ ดังต่อไปนี้

(๑) ควบคุมการใช้จ่ายเงินหรือทรัพย์สินของ กพน. เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในมาตรา ๗ จัตวา วรรคหนึ่ง

(๒) เสนอแผนแม่บทเพื่อการพัฒนาและอุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม เพื่อขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการ

(๓) เสนอแนะรัฐมนตรีในการออกปราศตามมาตรา ๗ จัตวา

(๔) เสนอและรายงานต่อคณะกรรมการเกี่ยวกับการดำเนินงานของ กพน.

(๕) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่พระราชบัญญัตินี้หรือกฎหมายอื่นกำหนดให้เป็นอาจหน้าที่ของคณะกรรมการบริการ กพน. หรือตามที่คณะกรรมการมอบหมาย

มาตรา ๗ อัฏฐ[๑๕] ให้ กพน. จัดทำงบดุล งบการเงิน และบัญชีทำการ ส่งผู้สอบบัญชีภายในหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันสิ้นปีบัญชี

ในทุกรอบปี ให้สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดินเป็นผู้สอบบัญชี และประเมินผลการใช้จ่ายเงินและทรัพย์สินของ กพน. โดยให้แสดงวามคิดเห็นเป็นข้อวิเคราะห์ว่าการใช้จ่ายดังกล่าวเป็นไปตามวัตถุประสงค์และได้ผลตามเป้าหมายเพียงใด และเมื่อสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดินได้ตรวจสอบรับรองงบการเงินแล้วให้ส่งงบการเงินให้กระทรวงการคลังทราบ และทำบันทึกรายงานผลเสนอคณะรัฐมนตรีและรัฐสภา และประกาศในราชกิจจานุเบกษา

มาตรา ๘ ให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รักษาตามพระราชบัญญัตินี้ และให้มีอำนาจแต่งตั้งพนักงานเจ้าหน้าที่ แกกฎกระทรวงกำหนดค่าธรรมเนียมไม่เกินอัตราท้ายพระราชบัญญัตินี้ ยกเว้นค่าธรรมเนียม

ให้แก่ส่วนราชการหรือองค์การของรัฐตามมาตรา ๔ และกำหนดกิจการอื่นกับออกประกาศเพื่อปฏิบัติการตามพระราชบัญญัตินี้

กฎกระทรวงและประกาศนั้น เมื่อได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาแล้วให้ใช้บังคับได้

หมวด ๑
คณะกรรมการน้ำบาดาล

มาตรา ๙[๑๖] ให้มีคณะกรรมการคณะหนึ่งเรียกว่า “คณะกรรมการน้ำบาลดาล” ประกอบด้วย อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล* เป็นประธานกกรมการ อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง* อธิบดีกรมชลประทาน อธิบดีกรมอนามัย ผู้แทนกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม* ผู้ว่าการประปานครหลวงหรือผู้แทน ผู้ว่าการประปาส่วนภูมิภาคหรือผู้แทน ประทายสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยหรือผู้แทนกับผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้งอีกไม่เกินสองคนเป็นกรรมการ และผู้แทนกรมทรัพยากรน้ำบาดาล* เป็นกรรมการและเลขานุการ

มาตรา ๑๐ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในตำแหน่งคราวละสองปีในกรณีที่มีการแต่งตั้งกรรมการในระหว่างที่กรรมการซึ่งแต่งตังไวแล้วยังมีวาระอยู่ในตำแหน่ง ไม่ว่าจะเป็นการแต่งตั้งเพิ่มขึ้นหรือแต่งตัวซ่อมให้ผู้ได้รับตำแหน่งนั้นอยู่ในตำแหน่งเท่าหับวาระที่เหลืออยู่ของกรรมการซึ่งได้แต่งตั้งไว้แล้วนั้น

กรรมการซึ่งพ้นจากตำแหน่งตามวาระอาจได้รับแต่งตั้งอีกได้

มาตรา ๑๑ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพ้นจากตำแหน่งก่อนถึงวาระเมื่อ

(๑) ตาย

(๒) ลาออก

(๓) รัฐมนตรีให้ออก

(๔) เป็นบุคคลล้มละลาย

(๕) เป็นคนไร้ความสามารถหรือเสมือนไร้ความสามารถ

(๖) ได้รับโทษจำคุกโดยคำพิพากษาถึงที่สุดให้จำคุก เว้นแต่โทษสำหรับ ความผิดที่ได้กระทำโดยประมาทหรือความผิดลหุโทษ

มาตรา ๑๒ การประชุมคณะกรรมการต้องมีกรรมการมาประชุมไม่น้อยกว่ากึ่งหนึ่งของจำนวนกรรมการทั้งหมด จึงเป็นองค์ประชุม

ถ้าประธานกรรมการไม่อยู่ในที่ประชุมหรือไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้ให้กกรมการที่มาประชุมเลือกกรรมการคนหนึ่งเป็นประธานในที่ประชุมคราวนั้น

มาตรา ๑๓ การวินิจฉัยชี้ขาดของที่ประชุมให้ถือเสียงข้างมาก

กรรมการคนหนึ่งให้มีเสียงหนึ่งในการลงคะแนน ถ้าคะแนนเสียงเท่ากันให้ปรานในที่ประชุมออกเสียงเพิ่มขึ้นอีกเสียงหนึ่งเป็นเสียงชี้ขาด

มาตรา ๑๔ ให้คณะกรรมการมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

(๑) ให้ความเห็นหรือคำแนะนำแก่รัฐมนตรีในเรื่องการออกกฎกระทรวงหรือประกาศที่ต้องประกาศในราชกิจจานุเบกษา หรือในเรื่องอื่นที่ต้องปฏิบัติการตามพระราชบัญญัตินี้

---

[๑๖]มาตรา ๙ แก้ไขโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕

(๒) ให้ความเห็นหรือคำแนะนำแก่อธิบดีเกี่ยวกับการปฏิบัติการตามพระราชบัญญัตินี้

มาตรา ๑๕ ในการปฏิบัติการตามหน้าที่ คณะกรรมการมีอำนาจแต่งตั้งคณะอนุกรรมการเพื่อให้ทำกิจการหรือพิจารณาเรื่องใดๆ อันอยู่ในขอบเขตแห่งหน้าที่ของคณะกรรมการตลอดจนเชิญบุคคลใดๆ มาให้ข้อเท็จจริง คำอธิบายคำแนะนำ หรือความเห็นได้

ให้นำความในมาตรา ๑๒ และมาตรา ๑๓ มาใช้บังคับแก่การประชุมคณะอนุกรรมการโดยอนุโลม

หมวด ๒
การขอใบอนุญาตและการออกใบอนุญาตเกี่ยวกับ
การประกอบกิจการน้ำบาดาล

มาตรา ๑๖ ห้ามมิให้ผู้ใดประกอบกิจการน้ำบาดาลในเขตน้ำบาดาลใดๆ ไม่ว่าจะเป็นผู้มกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครองที่ดินในเขตน้ำบาดาลนั้นหรือไม่เว้นแต่จะได้รับใบอนุญาตจากอธิบดีหรือผู้ซึ่งอธิบดีมอบหมาย

การขออนุญาต การอนุญาต การขอใบอนุญาต และการออกใบอนุญาตให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวง

การอนุญาตหรือออกใบอนุญาต รวมทั้งการไม่อนุญาตหรือไม่ออกใบอนุญาตจะต้องกระทำให้เสร็จภายในเก้าสิบวัน นับแต่วันที่ได้รับคำขอซึ่งมีรายละเอียดครบถ้วนตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา ๑๗ ผู้ใดประสงค์จะขอรับใบอนุญาตเพื่อประกอบกิจการน้ำบาดาลในเขตน้ำบาดาลใด ให้ยื่นคำขอต่อพนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่ในเขตน้ำบาดาลนั้น

มาตรา ๑๘ ประเภทของใบอนุญาต มีดังนี้

(๑) ใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาล

(๒) ใบอนุญาตใช้น้ำบาดาล

(๓) ใบอนุญาตระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาล

มาตรา ๑๙ ใบอนุญาตตามมาตรา ๑๘ ให้คุ้มกันถึงลูกจ้างหรือตัวแทนของผู้รับใบอนุญาตด้วย

ให้ถือว่าการกระทำของลูกจ้างหรือตัวแทนของผู้รับใบอนุญาตที่ได้รับการคุ้มกันตามวรรคหนึ่ง เป็นการกระทำของผู้รับใบอนุญาตด้วย เว้นแต่ผู้รับใบอนุญาตจะพิสูจน์ได้ว่าการกระทำดังกล่าวเป็นการสุดวิสัยที่ตนจะล่วงรู้หรือควบคุมได้ ในกรณีเช่นนี้ลูกจ้างหรือตัวแทนต้องรับผิดเป็นส่วนตัว

มาตรา ๒๐[๑๗] ใบอนุญาตตามมาตรา ๑๘ ให้มีอายุตามที่ผู้ออกใบอนุญาตกำหนด แต่ไม่เกินกำหนดเวลาดังต่อไปนี้

(๑) ใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาลให้มีอายุไม่เกินหนึ่งปี

(๒) ใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลให้มีอายุไม่เกินสิบปี

(๓) ใบอนุญาตระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาลให้มีอายุไม่เกินห้าปี

ถ้าผู้รับใบอนุญาตประสงค์จะขอต่ออายุใบอนุญาต จะต้องยื่นคำขอเสียก่อนใบอนุญาตสิ้นอายุ เมื่อได้ยื่นคำขอร้องดังกล่าวแล้วจะประกอบกิจการต่อไปก็ได้ จนกว่าผู้ออกใบอนุญาตจะสั่งไม่อนุญาตให้ต่ออายุใบอนุญาตนั้น

การขอต่อใบอนุญาตและการอนุญาต ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา ๒๐ ทวิ[๑๘] ผู้รับใบอนุญาตอาจโอนใบอนุญาตตามพระราชบัญญัตินี้ให้แก่ผู้อื่นได้เมื่อได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากผู้ออกใบอนุญาต

การขอโอนใบอนุญาตและการอนุญาต ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขที่ที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาล*กำหนด

มาตรา ๒๑[๑๙] ในกรณีที่ผู้ออกใบอนุญาตไม่ออกใบอนุญาต ไม่อนุญาตให้ต่ออายุใบอนุญาต หรือไม่อนุญาตให้โอนใบอนุญาต ผู้รับใบอนุญาต ผู้ขอต่ออายุใบอนุญาตหรือผู้ขอโอนใบอนุญาตมีสิทธิ์อุทธรณ์เป็นหนังสือต่อรัฐมนตรีภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับหนังสือแจ้งการไม่ออกใบอนุญาต ไม่อนุญาตให้ต่ออายุใบอนุญาต หรือไม่อนุญาตให้โอนใบอนุญาต

คำวินิจฉัยของรัฐมนตรีให้เป็นที่สุด

ในกรณีที่ผู้ออกใบอนุญาตไม่อนุญาตให้ต่ออายุอนุญาตหรือไม่อนุญาตให้โอนใบอนุญาตก่อนที่รัฐมนตรีจะมีคำวินิจฉัยอุทธรณ์ตามวรรคสอง รัฐมนตรีมีอำนาจสั่งอนุญาตให้ประกอบกิจการไปพลางก่อนได้เมื่อผู้อุทธรณ์ร้องขอ

หมวด ๓
หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตเกี่ยวกับการประกอบกิจการน้ำบาดาล

มาตรา ๒๒ ผู้ขอรับใบอนุญาตต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในใบอนุญาตและต้องปฏิบัติตามประกาศของรัฐมนตรีที่ออกตามมาตรา ๖

[๑๗]มาตรา ๒๐ วรรคหนึ่ง แก้ไขโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕

[๑๘]มาตรา ๒๐ ทวิ เพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕

[๑๙]มาตรา ๒๑ แก้ไขโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕

มาตรา ๒๓ ในการเจาะน้ำบาดาล ถ้าพบโบราณวัตถุ ศิลปวัตถุซากดึกดำบรรพ์หรือแร่ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจหรือทางการศึกษาในด้านธรณีวิทยา ผู้รับใบอนุญาตหรือส่วนราชการหรือองค์การของรัฐตามมาตรา ๔ ต้องรายงานให้พนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่หรือกรมทรัพยากรน้ำบาดาล*ทราบภายในเจ็ดวันนับแต่วันที่พบ และถ้าเป็นโบราณวัตถุหรือศิลปวัตถุ ให้กรมทรัพยากรน้ำบาดาล* แจ้งให้กรมศิลปากรทราบโดยด่วน

มาตรา ๒๔ ผู้รับใบอนุญาตต้องแสดงใบอนุญาตหรือใบแทนใบอนุญาตไว้ในที่เปิดเผยและเห็นได้ง่าย ณ สถานที่ที่ระบุไว้ในใบอนุญาต

มาตรา ๒๕ ในกรณีที่ใบอนุญาตสูญหายหรือถูกทำลายในสาระสำคัญให้ผู้รับใบอนุญาตแจ้งต่อพนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่ และยื่นคำขอรับใบแทนใบอนุญาตภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้ทราบการสูญหายหรือถูกทำลายดังกล่าว

การขอรับใบแทนใบอนุญาตและการออกใบแทนใบอนุญาต ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขที่อธิบดีกำหนด

มาตรา ๒๕/๑[๒๐] ผู้รับใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลต้องชำระค่าใช้น้ำบาดาลและค่าอนุรักษ์น้ำบาดาลตามอัตราที่กำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา ๒๖ ผู้รับใบอนุญาตผู้ใดเลิกกิจการที่ได้รับอนุญาตตามพระราชบัญญัตินี้ต้องแจ้งการเลิกกิจการเป็นหนังสือให้พนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่ทราบภายในสิบห้าวันนับแต่วันเลิกกิจการและให้ถือว่าใบอนุญาตสิ้นอายุตั้งแต่วันเลิกกิจการ

มาตรา ๒๗ เมื่อผู้รับใบอนุญาตเลิกกิจการแล้ว หรือไม่ได้รับอนุญาตให้ต่อใบอนุญาตตามมาตรา ๒๐ หรือถูกเพิกถอนใบอนุญาตตามมาตรา ๓๓ และมาตรา ๓๕ ให้ผู้รับ ใบอนุญาตดังกล่าวจัดการรื้อ ถอน อุด หรือกลบหลุมบ่อ หรือสิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวกับกิจการน้ำบาดาล ทั้งนี้ภายในกำหนดสามสิบวันแต่วันที่ได้รับแจ้งเป็นหนังสือจากพนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่

ในกรณีที่มิได้มีการปฏิบัติตามวรรคหนึ่ง ให้พนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่มีอำนาจจัดทำกิจการดังกล่าวแทน โดยผู้รับใบอนุญาตดังกล่าวจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อการจัดทำกิจการนั้นทั้งสิ้น

[๒๐]มาตรา ๒๕/๑ แก้ไขโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๔๖

หมวด ๔
พนักงานเจ้าหน้าที่

มาตรา ๒๘ พนักงานเจ้าหน้าที่มีอำนาจเข้าไปตรวจการเจาะน้ำบาดาลการใช้น้ำบาดาลหือการระบายน้ำบาดาลลงบ่อน้ำบาดาล ในระหว่างพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตก หรือในระหว่างเป็นเวลาทำการ ให้ผู้รับใบอนุญาตหรือตัวแทนอำนวยความสะดวกตามควรแก่กรณี และให้พนักงานเจ้าหน้าที่มีอำนาจสั่งเป็นหนังสือแก่ผู้รับใบอนุญาต หรือตัวแทนให้จัดการป้องกันความเสียหายอันเกิดจากการเจาะน้ำบาดาล การใช้น้ำบาดาล หรือการระบายน้ำลงบ่อบาดาลนั้นได้

มาตรา ๒๙ ในกรณีที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นว่า การเจาะน้ำบาดาลการใช้น้ำบาดาล หรือการระบายน้ำบาดาลลงบ่อน้ำบาดาลอาจก่อหรือได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อแหล่งน้ำบาดาล ให้มีอำนาจส่งเป็นหนังสือแก่ผู้รับใบอนุญาตให้เปลี่ยนแปลงแก้ไขหรือหยุดการเจาะน้ำบาดาล การใช้น้ำบาดาล หรือการระบายน้ำลงบ่อบาดาล แล้วแต่กรณีตามที่เห็นว่าจำเป็นเพื่อป้องกันหรือระงับความเสียหายนั้นได้

มาตรา ๓๐ ผู้รับใบอนุญาตมีสิทธิอุทธรณ์คำสั่งของพนักงานเจ้าหน้าที่ซึ่งสั่งตามมาตรา ๒๘ หรือมาตรา ๒๙ ต่อรัฐมนตรี โดยยื่นอุทธรณ์ต่อพนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่ภายในเจ็ดวันนับแต่วันที่ทราบคำสั่ง รัฐมนตรีมีอำนาจสั่งให้ยกอุทธรณ์ หรือแก้คำสั่งพนักงานเจ้าหน้าที่ได้

คำวินิจฉัยของรัฐมนตรีให้เป็นที่สุด

การอุทธรณ์ตามวรรคหนึ่งไม่เป็นการทุเลาการบังคับตามคำสั่งของพนักงานเจ้าหน้าที่ซึ่งสั่งตามมาตรา ๒๘ หรือมาตรา ๒๙ เว้นแต่เป็นการอุทธรณ์ คำสั่งเกี่ยวกับการใช้น้ำบาดาล

มาตรา ๓๐ ทวิ[๒๑] ในกรณีที่ศาลมีคำสั่งหรือคำพิพากษาตามวรรคสองของมาตรา ๓๖ ทวิ หากผู้กระทำความผิดไม่ยอมรื้อถอนสิ่งปลูกสร้าง อุดหรือกลบหลุม บ่อ ที่เกิดหรืออันเป็นเหตุให้เกิดความผิดนั้นภายในเวลาที่ศาลกำหนด ให้พนักงานเจ้าหน้าที่มีอำนาจกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งดังกล่าว เพื่อเป็นไปตามคำสั่งหรือคำพิพากษาของศาลได้ โดยผู้กระทำความผิดต้องเป็นผู้เสียค่าใช้จ่ายเพื่อการกระทำนั้นทั้งสิ้น

มาตรา ๓๑ ในการปฏิบัติหน้าที่ตามพระราชบัญญัตินี้ พนักงานเจ้าหน้าที่ต้องแสดงบัตรประจำตัวเมื่อผู้ซึ่งเกี่ยวข้องร้องขอ

บัตรประจำตัวพนักงานเจ้าหน้าที่ให้เป็นไปตามแบบที่กำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา ๓๒ ในการปฏิบัติหน้าที่ตามพระราชบัญญัตินี้ ให้พนักงานเจ้าหน้าที่เป็นเจ้าพนักงานตามความหมายในประมวลกฎหมายอาญา

หมวด ๕
การแก้ไขใบอนุญาตและการเพิกถอนใบอนุญาต

มาตรา ๓๓[๒๒] เมื่อปรากฏในภายหลังว่าได้ออกใบอนุญาตให้แก่ผู้ใดโดยคลาดเคลื่อนหรือสำคัญผิดในข้อเท็จจริงอันเป็นสาระสำคัญ หรือข้อเท็จจริงที่ปรากฏในใบอนุญาตได้เปลี่ยนแปลงไปภายหลังที่ได้ออกใบอนุญาตแล้ว ให้อธิบดีมีอำนาจแก้ไขให้ถูกต้องได้ แต่ถ้าการปฏิบัติการเป็นไปตามใบอนุญาตดังกล่าวอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพยากรของชาติหรือทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษหรือเป็นอันตรายแก่ทรัพย์สินหรือสุขภาพของประชาชน หรือทำให้แผ่นดินทรุดให้อธิบดีมีอำนาจสั่งเบิกถอนใบอนุญาตนั้นเสียได้

มาตรา ๓๔ เมื่อปรากฏว่าการประกอบกิจการน้ำบาดาลของผู้รับใบอนุญาตผู้ใดจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมในเขตน้ำบาดาล อธิบดีมีอำนาจสั่งกำหนดวิธีการให้ผู้รับใบอนุญาตแก้ไขเพื่อป้องกันความเสียหายนั้นได้ตามที่เห็นสมควร

มาตรา ๓๕ เมื่อปรากฏว่า ผู้รับใบอนุญาตผู้ใดฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้ หรือกฎกระทรวง หรือประกาศที่ออกตามพระราชบัญญัตินี้ อธิบดีมีอำนาจสั่งเพิกถอนใบอนุญาตได้

คำสั่งเพิกถอนใบอนุญาต ให้แจ้งเป็นหนังสือไปยังผู้รับใบอนุญาต และให้ถือว่าใบอนุญาตนั้นเป็นอันสิ้นอายุนับแต่วันได้รับคำสั่งการเพิกถอนนั้น

มาตรา ๓๖ ผู้รับใบอนุญาตซึ่งถูกสั่งเพิกถอนใบอนุญาตตามมาตรา ๓๓ และมาตรา ๓๕ มีสิทธิอุทรณ์เป็นหนังสือต่อรัฐมนตรี โดยยื่นอุทธรณ์ต่อพนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่ภายในสามสิบวันนับตั้งแต่วันได้รับแจ้งคำสั่งการเพิกถอนรัฐมนตรีมีอำนาจสั่งให้ยกอุทธรณ์หรือแก้ไข คำสั่งของอธิบดีได้

คำวินิจฉัยของรัฐมนตรีให้เป็นที่สุด

การอุทธรณ์ตามวรรคหนึ่งไม่เป็นการทุเลาการบังคับตามคำสั่งเพิกถอนใบอนุญาต

มาตรา ๓๖ ทวิ[๒๓] ผู้ใดสูบน้ำบาดาลในเขตห้ามสูบน้ำบาดาที่ประกาศตามมาตรา ๕ วรรคสอง หรือฝ่าฝืนมาตรา ๑๖ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินสองหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับและจะริบเครื่องมือเครื่องใช้ หรือเครื่องจักรกลใดๆ ที่ได้ใช้ในการกระทำความผิดหรือเป็นอุปกรณ์กระทำความผิดเสียก็ได้

ในกรณีความผิดตามวรรคหนึ่ง เมื่ออัยการร้องขอต่อศาล ให้ศาลมีอำนาจสั่งให้ผู้กระทำความผิดรื้อถอนสิ่งปลูกสร้าง อุดหรือกลบหลุม บ่อที่เกิดหรืออันเป็นเหตุให้เกิดการฝ่าฝืนบทบัญญัติดังกล่าวได้

[๒๑]มาตรา ๓๐ ทวิ เพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕

[๒๒]มาตรา ๓๓ แก้ไขโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕

หมวด ๖

บทกำหนดโทษ

มาตรา ๓๗ ผู้รับใบอนุญาตผู้ใดไม่ปฏิบัติตามประกาศที่ออกตามมาตรา ๖ ต้องระวางโทษปรับไม่เกินสองหมื่นบาท

มาตรา ๓๘[๒๔]

มาตรา ๓๙ ผู้รับใบอนุญาตผู้ใดหรือลูกจ้างหรือตัวแทนไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในใบอนุญาต ต้องระวางโทษปรับไม่เกินห้าพันบาท

มาตรา ๔๐ ผู้รับใบอนุญาตผู้ใดไม่ปฏิบัติตามมาตรา ๒๓ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งเดือนหรือปรับไม่เกินหนึ่งพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

มาตรา ๔๑ ผู้รับใบอนุญาตผู้ใดไม่ปฏิบัติตามมาตรา ๒๔ หรือมาตรา ๒๕ ต้องระวางโทษปรับไม่กินห้าร้อยบาท

มาตรา ๔๒ ผู้รับใบอนุญาตใดไม่ปฏิบัติติตามมาตรา ๒๖ จะต้องวางโทษปรับไม่เกินหนึ่งพันบาท

มาตรา ๔๓ ผู้ดขัดขวางหรือไม่อำนวยความสะดวกแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ตามควรแก่กรณีในการปฏิบัติติตามมาตรา ๒๘ ต้องระวางโทษปรับไม่เกินสองพันบาท

มาตรา ๔๔ ผู้ใดไม่ปฏิบัติติตามคำสั่งของพนักงานเจ้าหน้าที่ซึ่งสั่งตามมาตรา ๒๘ หรือมาตรา ๒๙ แล้วไม่ได้รับการยกเว้นตามมาตรา ๓๐ วรรคสาม หรือไม่ปฏิบัติติตามคำสั่งของอธิบดีซึ่งสั่งตามมาตรา ๓๔ ต้องระวางโทษปรับไม่เกินห้าพันบาท

มาตรา ๔๕[๒๕] ให้มีคณะกรรมการเปรียบเทียบคดีในเขตกรุงเทพมหานครและในส่วนภูมิภาคตามความจำเป็น

ให้รัฐมนตรีแต่งตั้งคณะกรรมการการเปรียบเทียบคดีจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านกฎหมายจำนวนคณะละสามคน โดยมีวาระการดำรงตำแหน่งคราวละสองปี เมื่อพ้นจากตำแหน่งแล้วอาจได้รับแต่งตัวอีกได้

การประชุม และวิธีพิจารณาของคณะกรรมการเปรียบเทียบคดี ให้เป็นไปตามประกาศรัฐมนตรีกำหนด

ในการปฏิบัติติหน้าที่ตามพระราชบัญญัตินี้ ให้คณะกรรมการเปรียบเทียบคดีเป็นเจ้าพนักงานตามประมวลกฎหมายอาญา

มาตรา ๔๕/๑[๒๖] บรรดาความผิดตามพระราชบัญญัตินี้ เว้นแต่ความผิดตามมาตรา ๓๖ ทวิ เฉพาะกิจฝ่าฝืนตามมาตรา ๕ วรรคสอง ให้คณะกรรมการเปรียบเทียบคดีมีอำนาจเปรียบเทียบได้ถ้าเห็นผู้ต้องหาไม่ควรถูกฟ้อง และเมื่อผู้ต้องหาได้ชำระค่าปรับตามที่เปรียบเทียบภายในสามสิบวันนับแต่วันที่มีการเปรียบเทียบ ให้ถือว่าคดีเลิกกันตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาอาญา

ในกรณีที่พนักงานสอบสวนพบว่าผู้ใดกระทำความผิดตามวรรคหนึ่ง และผู้นั้นยินยอมให้เปรียบเทียบให้พนักงานสอบสวนส่งเรื่องให้แก่คณะกรรมการเปรียบเทียบคดีภายในเจ็ดวันนับแต่วันที่ผู้นั้นแสดงความยินยอมให้เปรียบเทียบ

ในกรณีมีการยึดหรืออายัดของกลางที่เกี่ยวข้องกับการกระทำความผิดตามพระราชบัญญัตินี้ผู้มีอำนาจเปรียบเทียบตามวรรคหนึ่ง จะเปรียบเทียบได้ต่อเมื่อกระทำความผิดยินยอมให้ของกลางที่ยึดหรือ

อายัดตกเป็นของทรัพยากรน้ำบาดาล และให้กรมทรัพยากรน้ำบาดาลขายหรือจำหน่ายเป็นรายได้ของแผ่นดินต่อไป

[๒๓]มาตรา ๓๖ ทวิ เพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕

[๒๔]มาตรา ๓๘ แก้ไขโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕

บทเฉพาะกาล

มาตรา ๔๖ เมื่อได้รับประกาศกำหนดเขตท้องที่ใดให้เป็นเขตน้ำบาดาลตามพระราชบัญญัตินี้ให้ผู้ซึ่งประกอบกิจการน้ำบาดาลอยู่แล้วในเขตน้ำบาดาลนั้นยื่นคำขอรับใบอนุญาตต่อพนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่ภายในที่กำหนดหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันที่ได้มีประกาศกำหนดเขตน้ำบาดาลนั้นและให้ผู้นั้นประกอบกิจการนั้นไปพลางก่อนได้ จนกว่าผู้ออกไปอนุญาตจะสั่งไม่ออกใบอนุญาตให้ตามคำขอ ในกรณีนี้ให้นำมาตรา ๒๗ มาใช้บังคับโดยอนุโลม

ผู้รับสนองพระบรมราชโองการ
ธานินทร์ กรัยวิเชียร
นายกรัฐมนตรี

อัตราค่าธรรมเนียม[๒๗]

(๑) คำขอ	ฉบับละ ๑๐ บาท
(๒) ใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาล	ฉบับละ ๑,๐๐๐ บาท
(๓) ใบอนุญาตใชน้ำบาดาล	ฉบับละ ๑,๐๐๐ บาท
(๔) ใบอนุญาตระบายน้ำลงบอน้ำบาดาล	ฉบับละ ๒,๐๐๐ บาท
(๕) ใบแทนใบอนุญาต	ฉบับละกึ่งหนึ่งของค่าธรรมเนียมใบอนุญาต
(๖) การตออายุใบอนุญาต	ครั้งละเทากับคาธรรมเนียมใบอนุญาต
(๗) การโอนใบอนุญาต	ครั้งละเทากับคาธรรมเนียมใบอนุญาต

[๒๔]อัตราค่าธรรมเนียม แก้ไขโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕

หมายเหตุ : เหตุผลในการประกาศใช้พระราชบัญญัติฉบับนี้ คือ เนื่องจากในปัจจุบันนี้ มีการเจาะน้ำบาดาลและการใช้น้ำบาดาลกันอย่างกว้างขวาง และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอีกในอนาคตแต่ยังไม่มีการควบคุมให้เป็นไปโดยถูกต้องตามหลักวิชาการ จนปรากฏว่าแหล่งน้ำบาดาลบางแห่งเกิดขาดแคลนหรือ

เสียหายซึ่งถ้าปล่อยให้มีสภาพเช่นนี้อยู่ต่อไป อาจเกิดความเสียหายต่อทรัพยากรของชาติหรือทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษหรือเป็นอันตรายแก่ทรัพย์สินหรือสุขภาพของประชาชนสมควรมีมาตรการป้องกันอันเหมาะสม เพื่อประโยชน์แก่ประเทศชาติและประชาชนจึงจำเป็นต้องตราพระราชบัญญัตินี้ขึ้น

พระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕[๒๘]

หมายเหตุ : เหตุผลในการประกาศใช้พระราชบัญญัติฉบับนี้ คือ โดยที่ในปัจจุบันได้มีการเจาะและใช้น้ำบาดาลมากขึ้นเป็นเหตุให้เกิดปัญหาวิกฤตน้ำบาดาลและปัญหาแผ่นดินทรุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรุงเทพมหานคร สมควรแก้ไขเพิ่มเติมพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ เพื่อให้เจ้าหน้าที่ของรัฐสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่น การกำหนดเขต ห้ามสูบน้ำบาดาล การกำหนดอัตราค่าใช้น้ำบาดาลให้ใกล้เคียงกับค่าน้ำประปาเพื่อให้ประชาชนลดการใช้น้ำบาดาลหรือเลิกใช้น้ำบาดาลเมื่อมีการให้บริการประปาแล้วปรับปรุงบทกำหนดโทษและปรับปรุงอัตราค่าธรรมเนียมให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ปัจจุบัน รวมตลอดทั้งเพิ่มอำนาจให้พนักงานเจ้าหน้าที่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น นอกจากนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ช่างเจาะน้ำบาดาลมีความรู้ ความสามารถในการเจาะน้ำบาดาล สมควรกำหนดให้กรมทรัพยากรธรณีจัดให้มีบริการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการเจาะน้ำบาดาลทั้งของรัฐและเอกชนและจดทะเบียนช่างเจาะน้ำบาดาล จึงจำเป็นต้องตราพระราชบัญญัตินี้

*พระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. ๒๕๔๕ พ.ศ. ๒๕๔๕[๒๙]

---

[๒๘]รก.๒๕๓๕/๔๔/๓๘/๙ เมษายน ๒๕๓๕

[๒๙]รก.๒๕๔๕/๑๐๒ก/๖๖/๘ ตุลาคม ๒๕๔๕

มาตรา ๖๖ ในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ ให้แก้ไขคำว่า “รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม” เป็น “รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม” คำว่า “กรมทรัพยากรธรณี” เป็น “กรมทรัพยากรน้ำบาดาล” คำว่า “กรมโยธาธิการ” เป็น “กรมโยธาธิการและผังเมือง” คำว่า “ผู้แทนกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม” เป็น “ผู้แทนกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม” และคำว่า “ผู้อำนวยการกองน้ำบาดาล” เป็น “ผู้แทนกรมทรัพยากรน้ำบาดาล”

หมายเหตุ : เหตุผลในการประกาศใช้พระราชกฤษฎีกาฉบับนี้ คือ โดยที่พระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. ๒๕๔๕ ได้บัญญัติให้จัดตั้งส่วนราชการขึ้นใหม่โดยมีภารกิจใหม่ ซึ่งได้มีการตราพระราชกฤษฎีกาโอนกิจการบริหารและอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม นั้นแล้ว และเนื่องจากพระราชบัญญัติดังกล่าวได้บัญญัติให้โอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการ

รัฐมนตรีผู้ดำรงตำแหน่งหรือผู้ซึ่งปฏิบัติหน้าที่ในส่วนราชการเดิมมาเป็นของส่วนราชการใหม่ โดยให้มีการแก้ไขบทบัญญัติต่างๆ ให้สอดคล้องกับอำนาจหน้าที่ที่โอนไปด้วย ฉะนั้น เพื่ออนุวัติให้เป็นไปตามหลักการที่ปรากฏในพระราชบัญญัติและพระราชกฤษฎีกาดังกล่าว จึงสมควรแก้ไขบทบัญญัติของกฎหมายให้สอดคล้องกับการโอนส่วนราชการ เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องมีความชัดเจนในการใช้กฎหมายโดยไม่ต้องไปค้นหาในกฎหมายโอนอำนาจหน้าที่ว่าตามกฎหมายใดได้มีการโอนภารกิจของส่วนราชการหรือผู้รับผิดชอบตามกฎหมายนั้นไปเป็นของหน่วยงานใดหรือผู้ใดแล้ว โดยแก้ไขบทบัญญัติของกฎหมายให้มีการเปลี่ยนชื่อส่วนราชการ รัฐมนตรี ผู้ดำรงตำแหน่งหรือผู้ซึ่งปฏิบัติหน้าที่ของส่วนราชการให้ตรงกับการโอนอำนาจหน้าที่ และเพิ่มผู้แทนส่วนราชการในคณะกรรมการให้ตรงตามภารกิจที่มีการตัดโอนจากส่วนราชการเดิมมาเป็นของส่วนราชการใหม่ รวมทั้งตัดส่วนราชการเดิมที่มีการยุบเลิกแล้วซึ่งเป็นการแก้ไขให้ตรงตามพระราชบัญญัติและพระราชกฤษฎีกาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องตราพระราชกฤษฎีกานี้

พระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๔๖[๓๐]

หมายเหตุ : เหตุผลในการประกาศใช้พระราชบัญญัติฉบับนี้ คือ โดยที่ปัจจุบันในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดปทุมธานี จังหวัดพระนครศรีอยุธยาจังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดสมุทรสาคร มีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในปริมาณที่มากเกินกว่าปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ชั้นน้ำบาดาล ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การทรุดตัวของแผ่นดิน การแพร่กระจายของน้ำเค็มเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล ตลอดจนทำให้ระดับน้ำในชั้นน้ำบาดาลลดลงสมควรกำหนดให้ส่วนราชการหรือองค์การของรัฐที่มีการเจาะน้ำบาดาลและใช้น้ำบาดาลต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการน้ำบาดาล นอกจากนี้ได้กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขเกี่ยวกับการชำระค่าใช้น้ำบาดาลและค่าอนุรักษ์น้ำบาดาล และการให้เอกชนจัดเก็บค่าใช้น้ำบาดาลและค่าอนุรักษ์น้ำบาดาล และจัดตั้งกองทุนพัฒนาน้ำบาดาล เพื่อนำเงินมาหมุนเวียนเป็นค่าใช้จ่ายในการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาล และกำหนดให้มีคณะกรรมการเปรียบเทียบคดี จึงจำเป็นต้องตราพระราชบัญญัตินี้

[๓๐]รก.๒๕๔๖/๕๕ก/๑/๑๗ มิถุนายน ๒๕๔๖

4.1.2 พระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัติ
น้ำาบาดาล (ฉบับที่ ๒)
พ.ศ. ๒๕๓๕

ภูมิพลอดุลยเดช ป.ร

ให้ไว้ ณ วันที่ ๒ เมษายน พ.ศ. ๒๕๓๕
เป็นปีที่ ๔๗ ในรัชกาลปัจจุบัน

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ประกาศว่า

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมกฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล

จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ตราพระราชบัญญัติขึ้นไว้โดยคำแนะนำและยินยอมของสภานิติบัญญัติแห่งชาติทำหน้าที่รัฐสภา ดังต่อไปนี้

มาตรา ๑ พระราชบัญญัตินี้เรียกว่า "พระราชบัญญัติน้ำบาดาล" (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕"

มาตรา ๒[๑] พระราชบัญญัตินี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

มาตรา ๓ ให้ยกเลิกความในมาตรา ๕ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.๒๕๒๐ และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"มาตรา ๕ การกำหนดเขตท้องที่ใดให้เป็นเขตน้ำบาดาลตามพระราชบัญญัตินี้ ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

[๑]รก.๒๕๓๕/๔๔/๓๘/๙ เมษายน ๒๕๓๕

ในกรณีที่การสูบน้ำบาดาลในเขตท้องที่ใดจะทำให้ชั้นน้ำบาดาลเสียหายหรือเสื่อมสภาพ หรืออาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพยากรของชาติหรือทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ หรือเป็นอันตรายแก่ทรัพย์สินหรือสุขภาพของประชาชน หรือทำให้แผ่นดินทรุด ให้รัฐมนตรีโดย คำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจกำหนดเขตท้องที่นั้นให้เป็นเขตห้ามสูบน้ำบาดาลโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

การเปลี่ยนแปลงเขตน้ำบาดาลหรือเขตห้ามสูบน้ำบาดาลหรือการยกเลิกเขตน้ำบาดาลหรือเขตห้ามสูบน้ำบาดาลที่ได้ประกาศกำหนดไว้ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการประกาศในราชกิจจานุเบกษา"

มาตรา ๔ ให้ยกเลิกความในมาตรา ๗ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"มาตรา ๗ ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจออก กฎกระทรวงกำหนด

(๑) อัตราค่าใช้น้ำบาดาลในแต่ละท้องที่ที่มีน้ำประปาใช้ ไม่เกินอัตราสูงสุดของค่าน้ำประปาในท้องที่นั้น

ในกรณีที่ห้องที่ใดไม่มีน้ำประปาใช้ อัตราค่าใช้น้ำบาดาลในห้องที่นั้นต้องไม่เกิน อัตราสูงสุดของค่าน้ำประปาในจังหวัดที่ท้องที่นั้นตั้งอยู่ และให้ยกเว้นค่าใช้น้ำบาดาลแก่ผู้รับใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลซึ่งใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคหรือบริโภค ทั้งนี้ไม่รวมถึงการใช้น้ำบาดาลของโรงงานอุตสาหกรรม

(๒) หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขในการเรียกเก็บ ลดหย่อน และยกเว้นค่าใช้น้ำบาดาล

(๓) อัตราค่าวิเคราะห์ตัวอย่างนำหรือของเหลว ค่าคัดสำเนาหรือถ่ายเอกสาร ค่า รับรองสำเนา และค่าตรวจสอบเอกสารหลักฐาน”

มาตรา ๕ ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นมาตรา ๗ ทวิ และมาตรา ๗ ตรี แห่ง พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐

“มาตรา ๗ ทวิ เพื่อเป็นการส่งเสริมความรู้ความสามารถของช่างเจาะน้ำบาดาล ให้กรมทรัพยากรธรณีจัดให้มีบริการอบรมและสัมมนาวิชาการเจาะน้ำบาดาลแก่ช่างเจาะน้ำ บาดาลทั้งของรัฐและเอกชน ตลอดจนให้บริการปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่ช่างเจาะน้ำบาดาลดังกล่าว

มาตรา ๗ ตรี ให้กรมทรัพยากรธรณีจัดให้มีการจดทะเบียนช่างเจาะน้ำบาดาล ซึ่งมีพื้นความรู้ต่ำกว่าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ตามหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขที่รัฐมนตรี ประกาศในราชกิจจานุเบกษา และให้กรมทรัพยากรธรณีจัดให้มีการอบรมและสัมมนาทางวิชาการเจาะน้ำบาดาลให้แก่ช่างเจาะน้ำบาดาลดังกล่าว”

มาตรา ๖ ให้ยกเลิกความในมาตรา ๙ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

“มาตรา ๙ ให้มีคณะกรรมการคณะหนึ่งเรียกว่า “คณะกรรมการน้ำบาดาล” ประกอบด้วย อธิบดีกรมทรัพยากรธรณีเป็นประธานกรรมการ อธิบดีกรมโยธาธิการ อธิบดีกรม ชลประทาน อธิบดีกรมอนามัย ผู้แทนกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและลิงแวดล้อม ผู้ว่าการ การประปานครหลวงหรือผู้แทน ผู้ว่าการการประปาส่วนภูมิภาคหรือผู้แทน ประธานสภา อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยหรือผู้แทนกับผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้งอีกไม่เกินสองคนเป็น กรรมการ และผู้อำนวยการกองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี เป็นกรรมการและเลขานุการ”

มาตรา ๗ ให้ยกเลิกความในวรรคหนึ่งของมาตรา ๒๐ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

“มาตรา ๒๐ ใบอนุญาตตามมาตรา ๑๘ ให้มีอายุตามที่ผู้ออกใบอนุญาตกำหนด แต่ไม่เกินกำหนดเวลาดังต่อไปนี้

(๑) ใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาลให้มีอายุไม่เกินหนึ่งปี

(๒) ใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลให้มีอายุไม่เกินสิบปี

(๓) ใบอนุญาตระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาลให้มีอายุไม่เกินห้าปี”

มาตรา ๘ ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นมาตรา ๒๐ ทวิ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐

“มาตรา ๒๐ ทวิ ผู้รับใบอนุญาตอาจโอนใบอนุญาตตามพระราชบัญญัตินี้ให้แก่ ผู้อื่นได้เมื่อได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากผู้ออกใบอนุญาต

การขอโอนใบอนุญาตและการอนุญาต ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขที่กรมทรัพยากรธรณีกำหนด”

มาตรา ๙ ให้ยกเลิกความในมาตรา ๒๑ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"มาตรา ๒๑ ในกรณีที่ผู้ออกใบอนุญาตไม่ออกใบอนุญาต ไม่อนุญาตให้ต่ออายุ ใบอนุญาต หรือไม่อนุญาตให้โอนใบอนุญาต ผู้ขอรับใบอนุญาต ผู้ขอต่ออายุใบอนุญาต หรือผู้ขอโอนใบอนุญาต มีสิทธิอุทธรณ์ในหนังสือต่อรัฐมนตรีภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับหนังสือแจ้งการไม่ออกใบอนุญาต ไม่อนุญาตให้ต่ออายุใบอนุญาต หรือไม่อนุญาตให้โอนใบอนุญาต

คำวินิจฉัยของรัฐมนตรีให้เป็นที่สุด

ในกรณีที่ผู้ออกใบอนุญาตไม่อนุญาตให้ต่ออายุใบอนุญาตหรือไม่อนุญาตให้โอนใบอนุญาต ก่อนที่รัฐมนตรีจะมีคำวินิจฉัยอุทธรณ์ตามวรรคสอง รัฐมนตรีมีอำนาจสั่งอนุญาตให้ ประกอบกิจการไปพลางก่อนได้เมื่อผู้อุทธรณ์ร้องขอ"

มาตรา ๑๐ ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นมาตรา ๒๕ ทวิ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาลพ.ศ. ๒๕๒๐

"มาตรา ๒๕ ทวิ ผู้รับใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลต้องชำระค่าใช้น้ำบาดาลตามอัตรา ที่กำหนดในกฎกระทรวง"

มาตรา ๑๑ ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นมาตรา ๓๐ ทวิ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐

"มาตรา ๓๐ ทวิ ในกรณีที่ศาลมีคำสั่งหรือคำพิพากษาตามวรรคสองของมาตรา ๓๖ ทวิ แล้ว หากผู้กระทำความผิดไม่ยอมรื้อถอนสิ่งปลูกสร้าง อุดหรือกลบหลุม บ่อ ที่เกิดหรืออันเป็นเหตุให้เกิดความผิดนั้นภายในเวลาที่ศาลกำหนดให้พนักงานเจ้าหน้าที่มีอำนาจกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งดังกล่าว เพื่อให้เป็นไปตามคำสั่งหรือคำพิพากษาของศาลได้โดยผู้กระทำความผิดจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อการกระทำการนั้นทั้งสิน"

มาตรา ๑๒ ให้ยกเลิกความในมาตรา ๓๓ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"มาตรา ๓๓ เมื่อปรากฏในภายหลังว่าได้ออกใบอนุญาตให้แก่ผู้ใดโดยคลาดเคลื่อนหรือสำคัญผิดในข้อเท็จจริงอันเป็นสาระสำคัญ หรือข้อเท็จจริงที่ปรากฏในใบอนุญาตได้เปลี่ยนแปลงไปภายหลังที่ได้ออกใบอนุญาตแล้วให้อธิบดีมีอำนาจแก้ไขให้ถูกต้องได้ แต่ถ้าการปฏิบัติการให้เป็นไปตามใบอนุญาตดังกล่าวอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพยากรของชาติ หรือทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษหรือเป็นอันตรายแก่ทรัพย์สิน หรือสุขภาพของประชาชน หรือทำให้แผ่นดินทรุด ให้อธิบดีมีอำนาจสั่งเพิกถอนใบอนุญาตนั้นเสียได้"

มาตรา ๑๓ ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นมาตรา ๓๖ ทวิ ของหมวด ๖ บทกำหนด โทษ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐

"มาตรา ๓๖ ทวิ ผู้ใดสูบน้ำบาดาลในเขตห้ามสูบน้ำบาดาลที่ประกาศตาม มาตรา ๕ วรรคสอง หรือฝ่าฝืนมาตรา ๑๖ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินสองหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้ง

ปรับ และจะริบเครื่องมือเครื่องใช้ หรือเครื่องจักรกลใด ๆ ที่ได้ใช้ใน การกระทำความผิดหรือได้ใช้เป็นอุปกรณ์กระทำความผิดเสียก็ได้

ในกรณีความผิดตามวรรคหนึ่ง เมื่อพนักงานอัยการร้องขอต่อศาล ให้ศาลมี อำนาจสั่งให้ผู้กระทำความผิดรื้อถอนสิงปลูกสร้าง อุดหรือกลบหลุม บ่อ ที่เกิดหรืออันเป็นเหตุให้ เกิดการฝ่าฝืนบทบัญญัติดังกล่าวได้”

มาตรา ๑๔ ให้ยกเลิกมาตรา ๓๘ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐

มาตรา ๑๕ ให้ยกเลิกอัตราค่าธรรมเนียมท้ายพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ และให้ใช้อัตราค่าธรรมเนียมท้ายพระราชบัญญัตินี้แทน

ผู้รับสนองพระบรมราชโองการ
อานันท์ ปันยารชุน
นายกรัฐมนตรี

อัตราค่าธรรมเนียม

(๑) คำขอ	ฉบับละ ๑๐ บาท
(๒) ใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาล	ฉบับละ ๑,๐๐๐ บาท
(๓) ใบอนุญาตใชน้ำบาดาล	ฉบับละ ๑,๐๐๐ บาท
(๔) ใบอนุญาตระบายน้ำลงบอน้ำบาดาล	ฉบับละ ๒,๐๐๐ บาท
(๕) ใบแทนใบอนุญาต	ฉบับละกึ่งหนึ่งของคาธรรมเนียมใบอนุญาต
(๖) การตออายุใบอนุญาต	ครั้งละเทากับคาธรรมเนียมใบอนุญาต
(๗) การโอนใบอนุญาต	ครั้งละเทากับคาธรรมเนียมใบอนุญาต

หมายเหตุ : เหตุผลในการประกาศใช้พระราชบัญญัติฉบับนี้ คือ โดยที่ในปัจจุบันได้มีการเจาะและใช้น้ำบาดาลมากขึ้นเป็นเหตุให้เกิดปัญหาวิกฤตการณ์น้ำบาดาลและปัญหาแผ่นดินทรุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรุงเทพมหานคร สมควรแก้ไขเพิ่มเติมพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ เพื่อให้เจ้าหน้าที่ของรัฐสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การกำหนดเขตห้ามสูบน้ำบาดาล การกำหนดอัตราค่าใช้น้ำบาดาลให้ใกล้เคียงกับค่า น้ำประปาเพื่อให้ประชาชนลดการใช้น้ำบาดาลหรือเลิกใช้น้ำบาดาลเมื่อมีการให้บริการประปาแล้ว ปรับปรุงบทกำหนดโทษและปรับปรุงอัตราค่าธรรมเนียมให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ปัจจุบัน รวมตลอดทั้งเพิ่มอำนาจให้พนักงาน เจ้าหน้าที่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น นอกจากนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ช่างเจาะน้ำบาดาลมีความรู้ความสามารถในการเจาะน้ำบาดาล สมควรกำหนดให้กรมทรัพยากรธรณีจัดให้มีบริการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการเจาะน้ำบาดาลทั้งของรัฐและเอกชน และจดทะเบียนช่างเจาะน้ำบาดาล จึงจำเป็นต้องตรา พระราชบัญญัตินี้

4.1.3 พระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2546

พระราชบัญญัติ
น้ำบาดาล (ฉบับที่ ๓)
พ.ศ.๒๕๔๖

ภูมิพลอดุลยเดช ป.ร.
ให้ไว้ ณ วันที่ ๖ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๔๖
เป็นปีที่ ๕๘ ในรัชกาลปัจจุบัน

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ประกาศว่า

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมกฎหมายวาด้วยน้ำบาดาล

พระราชบัญญัตินี้มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๔๘ และมาตรา ๕๐ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย

จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ ให้ตราพระราชบัญญัติขึ้นไวโดยคำแนะนำและยินยอมของรัฐสภาดังต่อไปนี้

มาตรา ๑ พระราชบัญญัตินี้เรียกวา “พระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๓) พ.ศ.๒๕๔๖”

มาตรา ๒[๑] พระราชบัญญัตินี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นตนไป

มาตรา ๓ ให้ยกเลิกความในมาตรา ๔ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.๒๕๒๐ และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

“มาตรา ๔ พระราชบัญญัตินี้ไม่ใช้บังคับแกกระทรวง ทบวง กรม หรือองคการของรัฐที่มีหนาที่เกี่ยวกับการจัดหาน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค หรือเพื่อเกษตรกรรมในสวนที่เกี่ยวกับการเจาะน้ำบาดาล

---

[๑]รก.๒๕๔๖/๕๕ก/๑/๑๗ มิถุนายน ๒๕๔๖

และการใช้น้ำบาดาล เว้นแต่ในเขตท้องที่ที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการประกาศกำหนดให้เป็นเขตวิกฤตการณน้ำบาดาลที่ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้

เขตวิกฤตการณน้ำบาดาล ต้องเป็นเขตท้องที่ที่มีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในปริมาณที่มากเกินกวาปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ชั้นน้ำบาดาล จนอาจทำให้เกิดการทรุดตัวของแผ่นดิน หรือการแพรกระจาย

ของน้ำเค็มเขาสู่ชั้นน้ำบาดาล หรือการลดตัวลงของระดับน้ำในชั้นน้ำบาดาล หรือผลกระทบสำคัญอื่นต่อสิ่งแวดล้อม

กระทรวง ทบวง กรม หรือองคการของรัฐตามวรรคหนึ่ง ต่องปฏิบัติตามประกาศที่ออกตามมาตรา ๖ และปฏิบัติตามมาตรา ๒๓”

มาตรา ๔ ให่ยกเลิกความใน (๒) ของมาตรา ๗ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.๒๕๒๐ ซึ่งแกไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ.๒๕๓๕ และให่ใช่ความต่อไปนี้แทน

“(๒) ประเภทการใช่น้ำบาดาล หลักเกณฑ วิธีการ และเงื่อนไขการเรียกเก็บลดหย่อนหรือยกเว้นคาใชน้ำบาดาล”

มาตรา ๕ ให่เพิ่มความต่อไปนี้เป็น (๒/๑) และ (๒/๒) ของมาตรา ๗ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.๒๕๒๐ ซึ่งแกไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ.๒๕๓๕

“(๒/๑) อัตราคาอนุรักษน้ำบาดาลที่เรียกเก็บเพิ่มจากผู้รับใบอนุญาตใช่น้ำบาดาลในเขตวิกฤตการณน้ำบาดาล

(๒/๒) หลักเกณฑ วิธีการ และเงื่อนไขในการเรียกเก็บ ลดหย่อนหรือยกเว้นคาอนุรักษน้ำบาดาลที่เรียกเก็บในเขตวิกฤตการณน้ำบาดาล”

มาตรา ๖ ให่เพิ่มความต่อไปนี้เป็น (๔) ของมาตรา ๗ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ ซึ่งแกไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ.๒๕๓๕

“(๔) หลักเกณฑ วิธีการ และเงื่อนไขการให่เอกชนจัดเก็บคาใช่น้ำบาดาลและคาอนุรักษน้ำบาดาล

สิทธิหน่าที่ของเอกชนตามสัญญาว่าจ้างให้จัดเก็บคาใชน้ำบาดาลและคาอนุรักษน้ำบาดาลตาม (๔) จะโอนหรือใหผู้อื่นรับชวงมิได้”

มาตรา ๗ ให่เพิ่มความต่อไปนี้เป็นมาตรา ๗ จัตวา มาตรา ๗ เบญจ มาตรา ๗ ฉ มาตรา ๗ สัตต และมาตรา ๗ อัฏฐ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.๒๕๒๐

“มาตรา ๗ จัตวา ให่จัดตั้งกองทุนพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นในกรมทรัพยากรน้ำบาดาล เรียกโดยย่อว่า “ก พ น.” โดยมีวัตถุประสงคเพื่อเป็นทุนใช่จ่ายในการศึกษา วิจัย พัฒนา และอนุรักษแหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม

กพน. ประกอบด้วยทรัพย์สินดังต่อไปนี้

(๑) เงินที่โอนมาจากเงินทุนหมุนเวียนน้ำบาดาล

(๒) เงินที่ได้จากการเรียกเก็บคาใชน้ำบาดาลตามมาตรา ๗ (๒) ที่นำส่งเขากองทุนตามอัตราที่กำหนดในกฎกระทรวงแต่ไม่เกินร้อยละหาสิบของเงินดังกล่าว

(๓) เงินที่ได้จากการเรียกเก็บคาอนุรักษน้ำบาดาลตามมาตรา ๗ (๒/๑)

(๔) เงินหรือทรัพย์สินอื่นที่ได้รับจากภาคเอกชนทั้งภายในและภายนอกประเทศรัฐบาลต่างประเทศหรือองคการระหว่างประเทศ

(๕) เงินหรือทรัพย์สินอื่นที่ได้จากการบริจาค

(๖) ดอกผลและผลประโยชน์อื่นใดที่เกิดจากกองทุน

(๗) เงินอุดหนุนที่รัฐบาลจัดสรรให้ตามความจำเป็นเพื่อดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของกองทุนในกรณีทรัพย์สินของกองทุนมีไม่เพียงพอ

(๘) เงินอื่นๆที่ได้รับมาเพื่อดำเนินการกองทุนนี้

ทรัพย์สินของ กพน. ตามวรรคสองให้นำส่งเข้าบัญชี กพน. โดยไม่ต้องนำส่งคลังเป็นรายได้แผ่นดิน

การรับเงิน การจ่ายเงิน การเก็บรักษาเงิน การจัดหาผลประโยชน์ การจัดการและการจำหน่ายทรัพย์สินและการตรวจสอบภายในเกี่ยวกับการใช้จ่ายเงินของ กพน. ให้เป็นไปตาม ประกาศที่รัฐมนตรีกำหนดโดยความเห็นชอบของกระทรวงการคลัง ทั้งนี้ ให้กระทรวงการคลังพิจารณาให้แล้วเสร็จภายในหกสิบวันนับแต่วันที่ได้รับประกาศ หากพิจารณาไม่แล้วเสร็จภายในกำหนดเวลาดังกล่าว ให้ถือว่าได้ให้ความเห็นชอบแล้ว

มาตรา ๗ เบญจ เงิน กพน. ให้ใช้จ่ายเพื่อกิจการ ดังต่อไปนี้

(๑) การศึกษา สำรวจ วิจัย และการวางแผนแม่บทเพื่อการพัฒนา และอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม

(๒) การช่วยเหลือและอุดหนุนกิจการใด ๆ ที่เกี่ยวกับการทดแทนและอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล

(๓) ค่าใช้จ่ายในการบริหารกพน. ตามที่ตกลงกับกระทรวงการคลัง

(๔) ค่าใช้จ่ายในการจ้างเอกชนจัดเก็บค่าใช้น้ำบาดาลและค่าอนุรักษ์น้ำบาดาล

การใช้จ่ายเงิน กพน. ตามวรรคหนึ่งให้เป็นไปตามแผนแม่บทที่จัดทำตามมาตรา ๗ สัตต (๒)

มาตรา ๗ ฉ ให้มีคณะกรรมการบริหาร กพน. ประกอบด้วย อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเป็นประธานกรรมการ ผู้แทนสำนักงบประมาณ ผู้แทนสำนักงาน คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ผู้แทนกรมบัญชีกลาง ผู้แทนสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ผู้แทนสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

ผู้แทนกรมทรัพยากรน้ำและผู้แทนสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยเป็นกรรมการ

ให้อธิบดีแต่งตั้งผู้อำนวยการกองหรือผู้ดำรงตำแหน่งเทียบเท่าผู้อำนวยการกองของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเป็นกรรมการและเลขานุการ

ให้นำความในมาตรา ๑๒ และมาตรา ๑๓ มาใช้บังคับแก่การประชุมของคณะกรรมการบริหาร กพน. โดยอนุโลม

มาตรา ๗ สัตต ให้คณะกรรมการบริหาร กพน. มีอำนาจหน้าที่ ดังต่อไปนี้

(๑) ควบคุมการใช้จ่ายเงินหรือทรัพย์สินของ กพน. เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในมาตรา ๗ จัตวา วรรคหนึ่ง

(๒) เสนอแผนแม่บทเพื่อการพัฒนาและอนุรักษแหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดลอมเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการ

(๓) เสนอแนะรัฐมนตรีในการออกประกาศตามมาตรา ๗ จัตวา

(๔) เสนอและรายงานต่อคณะกรรมการเกี่ยวกับการดำเนินงานของ กพน.

(๕) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่พระราชบัญญัตินี้หรือกฎหมายอื่นกำหนดใหเป็นอำนาจหนาที่ของคณะกรรมการบริหาร กพน. หรือตามที่คณะกรรมการมอบหมาย

มาตรา ๗ อัฏฐ ให้ กพน. จัดทำงบดุล งบการเงิน และบัญชีทำการ ส่งผู้สอบบัญชีภายในหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันสิ้นปบัญชี

ในทุกรอบป ใหสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดินเป็นผู้สอบบัญชี และประเมินผล การใชจ่ายเงินและทรัพย์สินของ กพน. โดยใหแสดงความคิดเห็นเป็นข้อวิเคราะห์วาการใชจ่าย ดังกล่าวเป็นไปตามวัตถุประสงคและได้ผลตามเป้าหมายเพียงใด และเมื่อสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดินได้ตรวจสอบรับรองงบการเงินแลวใหส่งงบการเงินใหกระทรวงการคลังทราบ และทำบันทึกรายงานผลเสนอคณะรัฐมนตรีและรัฐสภา และประกาศในราชกิจจานุเบกษา”

มาตรา ๘ ใหยกเลิกความในมาตรา ๒๕ ทวิ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.๒๕๒๐ ซึ่งแกไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ.๒๕๓๕ และใหใชความต่อไปนี้แทน

“มาตรา ๒๕/๑ ผู้รับใบอนุญาตใชน้ำบาดาลต่องชำระค่าใชน้ำบาดาลและคาอนุรักษน้ำบาดาลตามอัตราที่กำหนดในกฎกระทรวง”

มาตรา ๙ ใหยกเลิกความในมาตรา ๔๕ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.๒๕๒๐ และใหใชความต่อไปนี้แทน

“มาตรา ๔๕ ใหมีคณะกรรมการเปรียบเทียบคดีในเขตกรุงเทพมหานครและในสวนภูมิภาคตามความจำเป็น

ใหรัฐมนตรีแต่งตั้งคณะกรรมการเปรียบเทียบคดีจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านกฎหมายจำนวนคณะละสามคนโดยมีวาระการดำรงตำแหน่งคราวละสองปเมื่อพนจากตำแหนงแลวอาจได้รับแต่งตั้งอีกได้

การประชุม และวิธีพิจารณาของคณะกรรมการเปรียบเทียบคดี ใหเป็นไปตามประกาศที่รัฐมนตรีกำหนด

ในการปฏิบัติหนาที่ตามพระราชบัญญัตินี้ ใหคณะกรรมการเปรียบเทียบคดีเป็นเจาพนักงานตามประมวลกฎหมายอาญา”

มาตรา ๑๐ ใหเพิ่มความต่อไปนี้เป็นมาตรา ๔๕/๑ แห่งพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.๒๕๒๐

“มาตรา ๔๕/๑ บรรดาความผิดตามพระราชบัญญัตินี้ เว้นแต่ความผิดตามมาตรา ๓๖ ทวิ เฉพาะกรณีฝาฝนประกาศตามมาตรา ๕ วรรคสอง ใหคณะกรรมการเปรียบเทียบคดีมีอำนาจเปรียบเทียบได้ถาเห็นวาผู้ต่องหาไม่ควรถูกฟองและเมื่อผู้ตองหาได้ชำระค่าปรับตามที่เปรียบเทียบภายในสามสิบวันนับแต่วันที่มีการเปรียบเทียบ ใหถือว่าคดีเลิกกันตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา

ในกรณีที่พนักงานสอบสวนพบวาผู้ใดกระทำความผิดตามวรรคหนึ่ง และผู้นั้นยินยอมให เปรียบเทียบใหพนักงานสอบสวนส่งเรื่องใหแกคณะกรรมการเปรียบเทียบคดีภายในเจ็ดวันนับแต่วันที่ผู้นั้นแสดงความยินยอมใหเปรียบเทียบ

ในกรณีที่มีการยึดหรืออายัดของกลางที่เกี่ยวของกับการกระทำความผิดตามพระราชบัญญัตินี้ ผู้มีอำนาจเปรียบเทียบตามวรรคหนึ่ง จะเปรียบเทียบได้ต่อเมื่อผู้กระทำความผิดยินยอมใหของกลางที่ยึดหรืออายัดตกเป็นของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และใหกรมทรัพยากรน้ำบาดาลขายหรือจำหน่ายเป็นรายได้ของแผ่นดินต่อไป”

ผู้รับสนองพระบรมราชโองการ
พลเอก ชวลิต ยงใจยุทธ
รองนายกรัฐมนตรี

หมายเหตุ :-เหตุผลในการประกาศใชพระราชบัญญัติฉบับนี้ คือ โดยที่ปจจุบันในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดปทุมธานี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดสมุทรสาคร มีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใชในปริมาณที่มากเกินกวาปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ชั้นน้ำบาดาล ทำใหเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดลอม การทรุดตัวของแผ่นดิน การแพรกระจายของน้ำเค็มเขาสู่ชั้นน้ำบาดาล ตลอดจนทำใหระดับน้ำในชั้นน้ำบาดาลลดลง สมควรกำหนดใหสวนราชการหรือองคการของรัฐที่มีการเจาะน้ำบาดาลและใชน้ำบาดาลตอง ขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการน้ำบาดาล นอกจากนี้ได้กำหนดหลักเกณฑ วิธีการ และเงื่อนไข เกี่ยวกับการชำระคาใชน้ำบาดาลและคาอนุรักษน้ำบาดาลและการใหเอกชนจัดเก็บคาใชน้ำบาดาลและค่าอนุรักษ์น้ำบาดาล และจัดตั้งกองทุนพัฒนาน้ำบาดาล เพื่อนำเงินมาหมุนเวียนเป็นคาใชจ่ายในการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาล และกำหนดใหมีคณะกรรมการเปรียบเทียบคดี จึงจำเป็นตองตราพระราชบัญญัตินี้

4.1.4 สรุปสาระสำคัญของพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐

๑. หลักการและเหตุผล เนื่องจากในปัจจุบันนี้ มีการเจาะน้ำบาดาลและใช้น้ำบาดาลกันอย่างกว้างขวาง และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต แต่ยังมิได้มีการควบคุมให้เป็นไปโดยถูกต้องตามหลักวิชาการ จนปรากฏว่าแหล่งน้ำบาดาลบางแห่งเกิดขาดแคลนหรือเสียหายซึ่งถ้าปล่อยให้มีสภาพเช่นนี้อยู่ต่อไป อาจเกิดความเสียหายต่อทรัพยากรของชาติ หรือทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ หรือเป็นอันตรายแก่ทรัพย์สินหรือสุขภาพของประชาชน จึงควรมีมาตรการป้องกันอันเหมาะสมเพื่อประโยชน์แก่ประเทศชาติและประชาชน

๒. สาระสำคัญ พ.ร.บ. น้ำบาดาลเป็นกฎหมายที่กำหนดเกี่ยวกับเขตน้ำบาดาล การเจาะน้ำบาดาล รวมถึงการใช้น้ำบาดาล และการอนุรักษ์น้ำบาดาล ทั้งนี้ โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์

ทรัพยากรธรรมชาติ ผลกระทบหรือความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการขุดเจาะน้ำบาดาล และประโยชน์ที่ประชาชนจะได้รับจากกิจการดังกล่าว ได้มีการกำหนดนิยามของคำว่า “น้ำบาดาล” ว่าหมายถึง น้ำใต้ดินที่เกิดอยู่ในชั้นดิน กรวด ทราย หรือหิน ซึ่งอยู่ลึกจากผิวดินเกินความลึกที่รัฐมนตรีกำหนด โดยประกาศในราชกิจานุเบกษา แต่จะกำหนดความลึกน้อยกว่าสิบเมตรมิได้ และคำว่า “กิจการน้ำบาดาล” หมายถึง การเจาะน้ำบาดาล การใช้น้ำบาดาล หรือการระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาล (มาตรา ๓)

พ.ร.บ. น้ำบาดาลนี้ไม่ใช้บังคับแก่กระทรวง ทบวง กรม หรือองค์การของรัฐที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการจัดหาน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค หรือเพื่อเกษตรกรรม ในส่วนที่เกี่ยวกับการเจาะน้ำบาดาลและการใช้น้ำบาดาล เว้นแต่ในเขตท้องที่ที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการ ได้ประกาศกำหนดให้เป็นเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล ที่ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้ (เขตท้องที่ที่มีการสูบน้ำขึ้นมาใช้ในปริมาณที่มากเกินกว่าปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ชั้นน้ำบาดาลจนอาจทำให้แผ่นดินทรุดตัวหรือน้ำเค็มกระจายเข้าสู่น้ำบาดาลหรือเกิดการลดตัวของระดับน้ำในชั้นน้ำบาดาล)

รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการน้ำบาดาลมีอำนาจกำหนดให้ท้องที่ใดเป็นเขตน้ำบาดาลและมีอำนาจกำหนดเขตห้ามสูบน้ำบาดาลในกรณีที่เห็นว่าจะทำให้ชั้นน้ำบาดาลเสียหายหรือเสื่อมสภาพหรืออาจก่อความเสียหายแก่ทรัพยากรของชาติหรือทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษหรือเป็นอันตรายแก่ประชาชนหรือทำให้แผ่นดินทรุด โดยการกำหนดเขต การเปลี่ยนแปลงเขตหรือการยกเลิกเขตน้ำบาดาลหรือเขตห้ามสูบน้ำบาดาลนี้ให้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา

รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการน้ำบาดาลมีอำนาจในการประกาศกำหนดหลักเกณฑ์ต่างๆ เพื่อให้การเป็นไปตาม พ.ร.บ.นี้ ที่สำคัญ ได้แก่

- กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการเจาะน้ำบาดาล การใช้น้ำบาดาล การระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาล การป้องกันในด้านสาธารณสุขและในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ
- กำหนดวิธีการให้ความคุ้มครองแก่คนงานและความปลอดภัยแก่บุคคลภายนอก
- กำหนดอัตราค่าใช้น้ำบาดาลในแต่ละท้องที่ รวมถึงประเภทการใช้น้ำบาดาล หลักเกณฑ์วิธีการและเงื่อนไขการเรียกเก็บ ลดหย่อนหรือยกเว้นค่าใช้น้ำบาดาล

นอกจากนี้ ยังได้กำหนดให้กรมทรัพยากรน้ำบาดาลจัดให้มีบริการฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมความรู้ความสามารถของช่างเจาะน้ำบาดาลทั้งของรัฐและเอกชน ตลอดจนให้บริการปรึกษาและแนะนำความรู้ต่างๆ และได้กำหนดให้จัดตั้งกองทุนพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นในกรมทรัพยากรน้ำบาดาล เรียกโดยย่อว่า “กพน.” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นทุนใช้จ่ายในการศึกษา วิจัย พัฒนา และอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม กำหนดให้มีคณะกรรมการบริหาร กพน. ซึ่งเป็นกรรมการโดยตำแหน่งมีอำนาจหน้าที่ในการควบคุมการใช้จ่ายเงินหรือทรัพย์สินของ กพน. เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ เสนอแผนแม่บทเพื่อการพัฒนาและอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งรายงานต่อคณะกรรมการเกี่ยวกับการดำเนินงานของ กพน. ซึ่งในทุกรอบปี สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดินจะเป็นผู้สอบบัญชีและประเมินผลการ

ใช้จ่ายเงินและทรัพย์สินของ กพน. ว่าการใช้จ่ายเงินเป็นไปตามวัตถุประสงค์และได้ผลตามเป้าหมายเพียงใด

เพื่อให้การดำเนินการตาม พ.ร.บ. ฉบับนี้บรรลุผล จึงได้มีการกำหนดให้มีคณะกรรมการคณะหนึ่งเรียกว่า “คณะกรรมการน้ำบาดาล” มีหน้าที่ให้ความเห็นหรือคำแนะนำแก่รัฐมนตรีหรือแก่อธิบดีเกี่ยวกับการปฏิบัติการตาม พ.ร.บ. นี้ โดยมีอำนาจแต่งตั้งคณะอนุกรรมการเพื่อให้ทำกิจการที่มอบหมายตลอดจนเชิญบุคคลใดๆ มาให้ข้อเท็จจริงหรือความเห็นได้

ในส่วนเกี่ยวกับการขออนุญาตและการออกใบอนุญาตเกี่ยวกับกิจการน้ำบาดาล ได้กำหนดห้ามมิให้บุคคลใดประกอบกิจการน้ำบาดาล ไม่ว่าจะเป็นผู้มีกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครองที่ดินในเขตน้ำบาดาลนั้นหรือไม่ เว้นแต่จะได้รับใบอนุญาตจากอธิบดีหรือผู้ที่อธิบดีมอบหมาย โดยประเภทของใบอนุญาตมี ๓ ประเภท คือ ใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาล ใบอนุญาตใช้น้ำบาดาล และใบอนุญาตระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาล ซึ่งใบอนุญาตนี้คุ้มกันไปถึงลูกจ้างหรือตัวแทนของผู้รับใบอนุญาตด้วย โดยให้ถือว่าการกระทำของลูกจ้างหรือตัวแทนเป็นการกระทำของผู้รับใบอนุญาตด้วย เว้นแต่จะพิสูจน์ได้ว่าการกระทำดังกล่าวเป็นการสุดวิสัยที่ตนจะล่วงรู้หรือควบคุมได้ และใน พ.ร.บ. นี้ได้กำหนดเกี่ยวกับอายุของใบอนุญาตประเภทต่างๆ การขอต่ออายุใบอนุญาตและการโอนใบอนุญาต ในกรณีที่ผู้ออกใบอนุญาตไม่ออกใบอนุญาต ไม่อนุญาตให้ต่ออายุใบอนุญาต หรือไม่อนุญาตให้โอนใบอนุญาต ผู้ขอมีสิทธิอุทธรณ์เป็นหนังสือต่อรัฐมนตรีภายในเวลาที่กำหนดและคำวินิจฉัยของรัฐมนตรีให้เป็นที่สุด

ผู้ได้รับใบอนุญาตต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในใบอนุญาตและต้องปฏิบัติตามประกาศของรัฐมนตรี ในการเจาะน้ำบาดาลถ้าพบโบราณวัตถุหรือสิ่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ผู้ได้รับใบอนุญาตหรือส่วนราชการต้องรายงานให้พนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่หรือกรมทรัพยากรน้ำบาดาลทราบ นอกจากนี้ ยังกำหนดให้ต้องแสดงใบอนุญาตหรือใบแทนใบอนุญาตไว้ในที่เปิดเผยและเห็นได้ง่าย ณ สถานที่ที่ระบุไว้ในใบอนุญาตด้วย

ผู้รับใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลต้องชำระค่าใช้น้ำบาดาลและค่าอนุรักษ์น้ำบาดาลตามอัตราที่กำหนดและหากเลิกกิจการต้องแจ้งการเลิกกิจการเป็นหนังสือให้พนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่ทราบภายในกำหนดด้วย เมื่อผู้รับใบอนุญาตเลิกกิจการหรือไม่ได้รับอนุญาตให้ต่ออายุใบอนุญาตหรือถูกเพิกถอนใบอนุญาต ผู้รับใบอนุญาตต้องจัดการรื้อถอนหรือกลบหลุม บ่อ หรือสิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวกับกิจการน้ำบาดาลที่น่าจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อแหล่งน้ำบาดาลภายในเวลาที่กำหนด

ได้มีการกำหนดให้อำนาจแก่พนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อดำเนินการให้เป็นไปตาม พ.ร.บ. นี้ ไม่ว่าจะเป็นการเข้าไปตรวจการเจาะน้ำบาดาล การใช้น้ำบาดาล หรือการระบายน้ำลงบ่อ น้ำบาดาลและมีอำนาจสั่งเป็นหนังสือแก่ผู้รับใบอนุญาตหรือตัวแทนให้จัดการป้องกันความเสียหายอันอาจเกิดจากการกระทำดังกล่าว และในกรณีที่เห็นว่าการกระทำนั้นอาจก่อหรือได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อแหล่งน้ำบาดาล พนักงานเจ้าหน้าที่มีอำนาจสั่งเป็นหนังสือแก่ผู้รับใบอนุญาตให้เปลี่ยนแปลงแก้ไขหรือหยุดการ

กระทำดังกล่าว แล้วแต่กรณีตามที่จำเป็น ผู้รับใบอนุญาตมีสิทธิอุทธรณ์คำสั่งของพนักงานเจ้าหน้าที่ต่อรัฐมนตรีได้โดยคำวินิจฉัยของรัฐมนตรีให้เป็นที่สุด

เมื่อปรากฏว่าได้มีการออกใบอนุญาตโดยคลาดเคลื่อนหรือสำคัญผิดในข้อเท็จจริงอันเป็นสาระสำคัญหรือข้อเท็จจริงได้เปลี่ยนแปลงไปภายหลังที่ได้ออกใบอนุญาตแล้ว อธิบดีมีอำนาจแก้ไขให้ถูกต้องได้ แต่ถ้าเห็นว่าการปฏิบัติตามใบอนุญาตนั้นอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพยากรของชาติหรือทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษหรือเป็นอันตรายแก่ประชาชนหรือทำให้แผ่นดินทรุด ให้อธิบดีมีอำนาจสั่งเพิกถอนใบอนุญาตนั้นได้ และเมื่อปรากฏว่าผู้รับใบอนุญาตฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตาม พ.ร.บ. นี้ อธิบดีก็มีอำนาจสั่งเพิกถอนใบอนุญาตได้เช่นเดียวกัน ซึ่งผู้รับใบอนุญาตที่ถูกสั่งเพิกถอนมีสิทธิอุทธรณ์ต่อรัฐมนตรีภายในเวลาที่กำหนด คำวินิจฉัยของรัฐมนตรีให้เป็นที่สุด

ใน พ.ร.บ. น้ำบาดาลนี้ ได้มีการกำหนดโทษในทางอาญากรณีที่มีการฝ่าฝืนบทบัญญัติต่างๆ ที่กำหนดไว้ เพื่อให้การดำเนินการตาม พ.ร.บ. นี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ โดยได้กำหนดให้มีคณะกรรมการเปรียบเทียบคดีในเขตกรุงเทพมหานครและในส่วนภูมิภาคตามความจำเป็นเพื่อทำหน้าที่เปรียบเทียบคดีในกรณีที่เห็นว่าผู้ต้องหาไม่ควรถูกฟ้อง โดยเมื่อผู้ต้องหาได้ชำระค่าปรับตามที่เปรียบเทียบแล้วให้ถือว่าคดีเลิกกัน และในกรณีที่มีการยึดหรืออายัดของกลางจะเปรียบเทียบได้ต่อเมื่อผู้กระทำผิดยินยอมให้ของกลางนั้นตกเป็นของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเพื่อขายหรือจำหน่ายเป็นรายได้ของแผ่นดินต่อไป

๓. ผู้รักษาการตามกฎหมายและวันบังคับใช้ พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ นี้ได้กำหนดให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นผู้รักษาการตามพระราชบัญญัตินี้ (แก้ไขตาม พ.ร.ฎ.แก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. ๒๕๔๕ พ.ศ. ๒๕๔๕) และพระราชบัญญัตินี้ได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่มที่ ๙๔ ตอนที่ ๖๙ ลงวันที่ ๒๘ กรกฎาคม ๒๕๒๐ โดยในมาตรา ๒ ได้กำหนดให้พระราชบัญญัตินี้มีผลใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

4.2 กฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

กฎหมายที่เกี่ยวข้องทีจำเป็นต้องเรียนรู้ ได้แก่

- กฎหมายแรงงาน
- กฎหมายแพ่งและพาณิชย์
- พรบ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535
- พรบ. โรงงาน พ.ศ. 2535
- พรบ. ป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507
- พรบ. อุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2508
- กฎหมายเกี่ยวกับที่ดินสปก. ได้แก่ พรบ.การปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม
- กฎหมายที่ดินเรื่องสิทธิในที่ดิน

คู่มือปฏิบัติการ

คู่มือปฏิบัติการประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

1. **การตรวจสอบแร่และหิน**
2. **การปฏิบัติการเจาะน้ำบาดาล**
3. **การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล**

1. การตรวจสอบแร่และหิน

เป้าหมาย: เข้าใจวิธีการตรวจสอบแร่และหิน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานเจาะ

วัตถุประสงค์:

- ทราบถึงลักษณะของหินในบริเวณเจาะเพื่อจะได้เตรียมวัสดุอุปกรณ์ และชนิดของเครื่องเจาะก่อนดำเนินการการเจาะ
- เพื่อให้ช่างเจาะรู้จักแร่ที่สำคัญ หรือแร่ประกอบหินที่สำคัญ และรู้จักหินที่สำคัญในขณะที่เจาะน้ำบาดาล

วิธีการ: ตามเนื้อหาในบทที่ 2 คู่มือฝึกอบรมหลักสูตรช่างเจาะน้ำบาดาล ระดับที่ 1

1.1 แร่ (MINERALS)

แร่ คือ ของแข็งซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติ และมีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นธาตุหรือสารประกอบ
2. มีส่วนประกอบทางเคมีที่แน่นอน หรือเปลี่ยนแปลงได้ในวงจำกัด
3. มีโครงสร้างภายในเป็นระเบียบ

คุณสมบัติในข้อ 2 และข้อ 3 จะเป็นตัวควบคุมให้แร่มีคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) ที่แน่นอน หรืออาจเปลี่ยนแปลงได้เพียงเล็กน้อย คุณสมบัติทางกายภาพนี้สามารถตรวจสอบได้โดยอาศัยตาเปล่าหรือวิธีการทดสอบง่ายๆ แบ่งออกเป็น

1.2 วิธีการปฏิบัติ

1. ศึกษาทำความเข้าใจคุณสมบัติทางกายภาพ และวิธีการตรวจสอบคุณสมบัติเหล่านั้น
2. ศึกษาตัวอย่างแร่ที่จัดให้อย่างละเอียด และบันทึกคุณสมบัติที่เห็น เช่น ประกาย สีผง แนวแตก การแตก และตรวจสอบคุณสมบัติอย่างอื่นๆ เช่น ความแข็ง ฯลฯ
3. เทียบหาชื่อแร่และตรวจดูคุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติมจากตารางแสดงคุณสมบัติของแร่ (**ตารางที่ 1.1.1-1, 1.1.1-2 และ 1.1.1-3**)
4. ตรวจดูลักษณะ บันทึกและจดจำแร่ โดยอาศัยคุณสมบัติที่เด่นในแร่นั้นๆ

5. แร่ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันมากจนแยกแยะได้ยาก ควรนำมาเปรียบเทียบกัน และหาข้อแตกต่างที่เด่นชัด

1.3 แร่ประกอบหิน

แร่ประกอบหินอัคนีเป็นแร่ที่พบได้มากในธรรมชาติ ส่วนใหญ่เป็นแร่ในกลุ่มซิลิเกต แบ่งตามลักษณะของสีออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มแร่สีเข้ม และกลุ่มแร่สีจาง **(ตารางที่ 1.1.1-1)**

1.3.1 กลุ่มแร่สีจาง

กลุ่มแร่สีจาง หรือ Non-ferromagnesian Minerals ได้แก่ **มัสโคไวต์ เฟลด์สปาร์ หรือ แร่ฟันม้า ออร์โทเคลส ไมโครไคลน์ และแลบราดอไรต์ ควอรตซ์ มัสโคไวต์ หรือ ไมกาขาว**

1.3.2 กลุ่มแร่สีเข้ม

กลุ่มแร่สีเข้ม หรือ Ferromagnesian Minerals ได้แก่ **โอลิวีน ออไจต์ ฮอร์นเบลนด์ ไบโอไทต์**

1.4 ชนิดของแร่

แร่ทั่วไปในธรรมชาติสามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่คือ
แร่ประกอบหิน (Rock-forming Minerals) และแร่อุตสาหกรรม (Industrial Minerals) ในการปฏิบัติการนี้จะให้ผู้เรียนได้ทราบถึงแร่ที่สำคัญที่เป็นองค์ประกอบของหินเท่านั้น ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของแร่ประกอบหินอัคนี แสดงใน**ตารางที่ 1.4.1-1**

คุณสมบัติของแร่ประกอบหินที่สำคัญ (ตารางที่ 1.4.1-1, 1.4.1-2 และ 1.4.1-3)

ตารางที่ 1.4.1-1 แร่ประกอบหินอัคนี

ชื่อแร่	ส่วนประกอบ (Composition)	H	สี (Color)	ประกาย (Luster)	แนวแตก (Cleavage)	การแตก (Fracture)	คุณสมบัติอื่นๆ	รูปร่างของแร่
1. Quartz ควอตซ์	SiO_2	7	ไม่มีสีหรือขาวใสสีอื่นๆ มีสีขาวขุ่น ชมพู ม่วง สีควันไฟถึงเกือบดำ	เหมือนแก้ว	ไม่มี	รูปฝาหอย	พบในหินเป็นเม็ดขาวใส เมื่อเกิดเป็นแร่เดี่ยวมักเป็นก้อนเนื้อแน่นหรือเป็นผลึกรูปแท่งหกเหลี่ยม อาจมีลายเส้นตามขวางบนหน้าผลึก ปลายทั้งสองข้างเป็นรูปปิระมิด	
2. Orthoclase ออร์โทเคลส Microcline ไมโครไคลน์	$KAlSi_3O_8$ (K Feldspar)	6	ขาว ครีม ชมพู เขียว เหลือง ส้ม	เหมือนแก้ว	2 ทิศทางตั้งฉากกัน	ไม่เรียบ	โดยมากเกิดเป็นเม็ดๆหรือก้อนเนื้อแน่น บางทีเกิดเป็นผลึกรูปแท่งสั้นๆ ผิวของแนวแตกเรียบตั้งฉากกัน	
3. Albite แอลไบต์	$NaAlSi_3O_8$ (Na Plagioclase)	6	ขาว ฟ้า เทา อ่อน เขียว จางๆ	เหมือนแก้ว	2 ทิศทางเกือบตั้งฉากกัน	ไม่เรียบ	มักมีลายเส้นบนผิวแนวแตก แต่อาจไม่เห็นด้วยตาเปล่า บางทีมีการเล่นแสงสีน้ำเงินอ่อน	
4. Labradorite แลบราดอไรต์	Na, Ca, Al Silicate (Na, Ca Plagioclase)	6	เทา เทาเข้ม	เหมือนแก้ว	2 ทิศทางเกือบตั้งฉากกัน	ไม่เรียบ	มักมีลายเส้นบนผิวแนวแตก แต่อาจไม่เห็นด้วยตาเปล่า การเล่นแสงชัดเจนขึ้นเป็นสีน้ำเงินเข้ม	
5. Muscovite มัสโคไวต์	Hydrous K, Al Silicate	2-3	ไม่มีสี สีเทา หรือสีน้ำตาลจางๆ	เหมือนมุกบนหน้าแป้น	1 ทิศทางดีมาก	ไม่มี	เกิดเป็นเกล็ดหรือเป็นแผ่นบางๆซ้อนกัน แผ่นบางๆเหล่านี้ยืดหยุ่นได้	

ตารางที่ 1.4.1-1 แร่ประกอบหินอัคนี (ต่อ)

ชื่อแร่	ส่วนประกอบ (Composition)	H	สี (Color)	ประกาย (Luster)	แนวแตก (Cleavage)	การแตก (Fracture)	คุณสมบัติอื่นๆ	รูปร่างของแร่
6. Biotite ไบโอไทต์	Hydrous K, Mg, Fe, Al silicate	2.5	สีดำบนหน้าแป้น	เหมือนมุกบนหน้าแป้น	1 ทิศทางดีมาก	ไม่มี	คุณสมบัติทั่วไปคล้ายกับแร่มัสโคไวต์ แต่มีสีดำ เมื่อเกิดซ้อนกันมากๆจะทึบแสง	
7. Hornblende (Amphibole) ฮอร์นเบลนด์	Complex hydrous Na, Ca, Mg, Fe, Al Silicate	5-6	ดำ เขียวแก่	เหมือนแก้ว	2 ทิศทางทำมุมกัน 124°C และ 56°C แต่เห็นได้ยากยากด้วยตาเปล่า	ขรุขระ	มักเป็นรูปแท่งสี่เหลี่ยมยาว สีดำ ทึบแสง รูปตัดขวางเป็นรูปข้าวหลามตัด	
8. Augite (Pyroxene) ออไจต์	Complex Ca, Mg, Fe, Al Silicate	5-6	เขียวแก่ ดำ	เหมือนแก้วบนแนวแตก	2 ทิศทางทำมุมกัน 87°C และ 93 °C แต่เห็นได้ยากยากด้วยตาเปล่า	ขรุขระ	มักเป็นรูปแท่งสั้นๆ รูปตัดขวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือแปดเหลี่ยม มักจะทึบแสง	
9. Olivine โอลิวีน	$(Mg, Fe)_2Sio_4$	5-6	สีเขียว	เหมือนแก้ว	ไม่มี	รูปฝาหอย	มักเป็นเม็ดเล็กๆกลมๆ คล้ายน้ำตาลทราย เมื่อผุพังจะออกน้ำตาล	
10.Magnetite แมกนีไทต์	Fe_3O_4	5-6	สีดำ	เหมือนโลหะ	ไม่มี	ไม่มี ไม่เรียบ	เนื้อแน่น หนัก (ถ.พ. 5.18) สีผงดำ แม่เหล็กดูดติด พบในหินเป็นเม็ดเล็กๆ มนๆ	

ตารางที่ 1.4.1-2 แร่ประกอบหินตะกอน (แร่หมายเลข 1-6 และ 11-18)

ชื่อแร่	ส่วนประกอบ (Composition)	H	สี (Color)	ประกาย (Luster)	แนวแตก (Cleavage)	การแตก (Fracture)	คุณสมบัติอื่นๆ	รูปร่างของแร่
11. Calcite แคลไรต์	$CaCO_3$	3	โดยมากไม่มีสี และสีขาว อาจมีมลทินสีน้ำตาล หรือเหลืองปน	เหมือนแก้ว	3 ทิศทางดี มากทำมุม 75 °C และ 105 °C	รูปฝาหอย	เป็นฟองฟูเมื่อถูกกรดเกลือเจือจาง พบเป็นก้อนเนื้อแน่น หรือเป็นรูปขนมเปียกปูน อันเกิดจากแนวแตกทั้งสาม	
12.Dolomite โดโลไมต์	$CaMg(CO_3)_2$	3.5-4	ไม่มีสี ขาว เทา	เหมือนแก้ว	เช่นเดียวกับแคลไซต์	รูปฝาหอย	เป็นฟองเล็กน้อยเมื่อถูกกรดเกลือเจือจาง แต่จะรุนแรงขึ้นเมื่อบดให้เป็นผง	
13. Gypsum ยิปซัม	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2	ไม่มีสี หรือสีขาวอาจมีมลทินให้สีแดง เหลือง น้ำตาล	เหมือนมุก เหมือนแก้ว เหมือนไหม	1 ทิศทางดี มาก	รูปฝาหอย ไม่เรียบหรือเป็นเสี้ยน	มีหลายชนิดตามคุณสมบัติทางกายภาพ	
14. Halite เฮไลต์	NaCl	2.5	ไม่มีสี หรืออาจมีมลทินสีแดง	เหมือนแก้ว หรือน้ำมัน	3 ทิศทางดี มาก และตั้งฉากกัน	รูปฝาหอย	มักเป็นก้อนเนื้อแน่นหรือผลึกรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ **มีรสเค็ม** ละลายน้ำได้ ถูกมือชื้นลื่น	
15 Hematite ฮีมาไทต์	Fe_2O_3	5.5-6	เทาถึงดำ น้ำตาลอมแดง	เหมือนดิน โลหะ กาก เพชร	ไม่มี	ไม่เรียบ	มักเป็นก้อนเนื้อแน่น เป็นเกล็ด หรือเป็นเม็ดเล็กๆ เกาะตัวกัน หนัก (ถ.พ. 5.2) สีผงแดงหรือน้ำตาล	

ตารางที่ 1.4.1-2 แร่ประกอบหินตะกอน (แร่หมายเลข 1-6 และ 11-18) (ต่อ)

ชื่อแร่	ส่วนประกอบ (Composition)	H	สี (Color)	ประกาย (Luster)	แนวแตก (Cleavage)	การแตก (Fracture)	คุณสมบัติอื่นๆ	รูปร่างของแร่
16 Limonite ไลโมไนต์	FeO(OH)	1-3	น้ำตาลเหลือง	ด้านเหมือนดิน	ไม่มี	ไม่มี	คล้ายก้อนดิน ลื่นเมื่อสัมผัส สีผงเป็นสีน้ำตาลเหลือง	
17. Kaolinite เคโอลิไนต์	Hydrous Al Silicate	1-2.5	ขาวเมื่อบริสุทธิ์อาจเป็นสีน้ำตาล	ด้านเหมือนดิน	ไม่มี	ไม่มี	มักเป็นก้อนเนื้อละเอียด คล้ายดินเหนียว อาจร่วนเป็นผง มีกลิ่นเหมือนดิน จับดูจะลื่น	
18. Chalcedony คาลซิโคนี Agate อะเกต Chert เชิร์ต Flint ฟลินต์ Jasper แจสเปอร์	SiO_2 (Cryptocrystalline quartz)	6-7	ขาว น้ำตาล แดง เขียว เทา แถบสีหลายๆ สีเทา เหลืองฯ เทา ดำ แดง	คล้ายแก้วเหมือนไข คล้ายแก้วไข หรือด้านด้าน	ไม่มี	รูปฝาหอย ไม่เรียบ	เป็นแร่ที่มีส่วนประกอบเหมือนควอตซ์ แต่ไม่เห็นผลึก มีเนื้อเนียนละเอียด (ควอตซ์อาจเกิดร่วมกับแร่ในกลุ่มนี้ได้)	   

ตารางที่ 1.4.1-3 แร่ประกอบหินแปร (แร่หมายเลข 1- 12 และ 19-23)

ชื่อแร่	ส่วนประกอบ (Composition)	H	สี (Color)	ประกาย (Luster)	แนวแตก (Cleavage)	การแตก (Fracture)	คุณสมบัติอื่นๆ	รูปร่างของแร่
19. Serpentine เซอร์เพนทีน	Hydrous Mg silicate	3-5	เหลือง เขียว อ่อน เขียวแก่	เหมือนไข เหมือนไหม	ไม่มี	รูปฝาหอย หรือเป็นเสี้ยน เหมือนไม้หัก	เป็นก้อนเนื้อแน่นผิวมันลื่น ชนิดใยหิน (asbestos) เป็นเส้นใยข้อนกันแน่น	
20. Talc ทัลก์	Hydrous Mg silicate	1	ขาว เทา เขียว อ่อน	เหมือนมุก เหมือนน้ำมัน		ไม่เรียบ	เป็นเกล็ดหรือแผ่นงอได้ ลื่นเหมือนเคลือบน้ำมัน มักเกาะกันเป็นก้อนเนื้อแน่น ตัดได้	
21. Chlorite คลอไรต์	Hydrous Mg, Fe, Al silicate	2.5	เขียว เขียวแก่	คล้ายแก้ว เหมือนมุก		ไม่มี	อ่อน เป็นเกล็ดเกาะเป็นก้อนเนื้อแน่น เกล็ดบางๆ งอได้	
22 Epidote เอพิโดต	Hydrous Ca, Fe, Al silicate	6-7	เขียว เขียวแก่	เหมือนแก้ว		ไม่เรียบ	มักเกิดเป็นเม็ดละเอียดเกาะกันเป็นก้อนเนื้อแน่น ทึบแสงไม่มีประกาย	
23. Garnet การ์เนต	Fe, Mg, Ca, Al silicate	7	แดงแก่ น้ำตาล เขียว	เหมือนแก้ว	ไม่มี	รูปฝาหอย ถึงไม่เรียบ	เนื้อแน่น มักพบเป็นรูปผลึก 12 หรือ 24 หน้า เป็นเม็ดหรือเป็นก้อนเกือบกลม	

1.5 คุณสมบัติของแร่ แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่คือ

- ขึ้นอยู่กับน้ำหนักและความแข็ง เช่น ความถ่วงจำเพาะ ความแข็ง ความคงทน แนวแตก แนวแยก การแตก รูปผลึก และเป็นแผ่น
- ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาต่อแสง เช่น ความโปร่ง สี การเล่นสี ประกาย
- คุณสมบัติอื่นๆ เช่น1. กลิ่น รส (Taste) เช่น เฮไลต์ มีรสเค็ม สัมผัส การเกิดเมื่อถูกกรดเจือจาง แม่เหล็กดูดติด และ การเรืองแสงเมื่อส่องด้วยแสงอัลตราไวโอเลต

1.5.1 น้ำหนักและความแข็ง

1.5.1.1 ความถ่วงจำเพาะ

1.5.1.2 ความแข็ง

ความแข็ง (Hardness) คือ ความคงทนต่อการขูดขีดของแร่เป็นคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับความเหนียวแน่นในการจับตัวของอะตอม เราอาจเทียบความแข็งโดยอาศัย ลำดับความแข็งของ โมส (Mohs scale) ซึ่งจัดความอ่อนที่สุดไปยังความแข็งที่สุด เรียงตามลำดับตัวเลขจาก 1-10 ดัง**ตารางที่ 1.5.1-1**

1.5.1.3 ความคงทน

ความคงทน (Tenacity) คือ วิธีการที่แร่แตกหรือเปลี่ยนแปลงเมื่อมีแรงมากระทำ คุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับแรงยึดระหว่างอะตอม และอาจผันแปรได้ในทิศทางต่างๆ บนก้อนแร่ เช่น

1. เปราะ แร่แตกออกเป็นก้อนเล็กๆ หรือเป็นผงได้ง่าย เช่น ควอรตซ์
2. ตีเป็นแผ่นได้ เช่น แร่ทองคำ, เงิน, ทองแดง
3. ดึงเป็นเส้นได้ เช่น แร่ทองคำ, เงิน, ทองแดง
4. มีดตัดได้ เช่น ทัลค์, ยิปซัม, อาร์เจนไทต์
5. งอได้ ดัดให้งอได้ และจะไม่กลับสู่รูปเดิมอีก เช่น ทัลค์, ยิปซัม
6. ยืดหยุ่นได้ แร่ที่เป็นแผ่นบาง เช่น ไมกาชนิดต่างๆ เมื่อดัดให้งอแล้วสามารถกลับเป็นรูปเดิมได้

ตารางที่ 1.5.1-1 ลำดับความแข็งของ โมส **(Mohs scale)**

ความแข็ง	ชื่อแร่	รูปตัวอย่าง	ความสามารถ
อ่อนที่สุด	1. ทัลค์		สามารถที่จะขูดขีดได้ด้วย**เล็บมือ**
	2. ยิปซัม		สามารถจะขีดเป็นรอยได้บ้างด้วยเล็บมือ (**เล็บมือมีความแข็งประมาณ 2.5**
	3. แคลไซต์		**เหรียญทองแดง**ก็สามารถขีดแคลไซต์เป็นรอย (**ทองแดงมีความแข็งประมาณ 3**)
	4. ฟลูออไรต์		ฟลูออไรต์สามารถทำให้เหรียญทองแดงเป็นรอย แต่ ไม่สามารถขีดอะพาไทต์ หรือแก้วได้
	5. อะพาไทต์		แก้วกระจกสามารถขีดเป็นรอยได้ **(กระจกมีความแข็งประมาณ 5 - 5.5)**
	6. ออร์โทเคลส		ออร์โทเคลสจะขีดกระจกเป็นรอยได้ง่าย แต่ถ้า**ใช้มีดขีด**ป็นรอยได้เล็กน้อย (**ใบมีดมีความแข็ง 5 -5.6**)
	7. ควอรตซ์ หรือหินเขี้ยวหนุมาน		ตะไบเหล็กกล้า (6.5) สามารถขีดหินเขี้ยวหนุมานได้
	8. โทแพส		โทแพสจะทำให้หินเขี้ยวหนุมานเป็นรอยได้ แต่ไม่สามารถจะทำให้คอรันดัมเป็นรอยได้
	9. คอรันดัม		ซิลิคอนคาร์ไบด์จะทำให้คอรันดัมเป็นรอยได้
แข็งที่สุด	10. เพชร		เพชรยังใช้ตัดแร่อื่นได้ด้วย

1.5.1.4 แนวแตก

แนวแตก (Cleavage) คือ คุณสมบัติของแร่ ซึ่งมักจะแตกเป็นระนาบเรียบตามระนาบแนวแตก (cleavage plane) ในทิศทางที่ขนานกับระนาบการจับตัวของอะตอม (atomic plane) และตั้งฉากกับทิศทางซึ่งอะตอมในโครงสร้างของแร่จับตัวกันไม่แน่นหนา แนวแตกเป็นคุณสมบัติที่สำคัญ เพราะหากแร่ใดมีแนวแตกแล้วแร่ชนิดนั้นทุกก้อนจะมีแนวแตกที่เหมือนกัน แนวแตกของแร่บางชนิดอาจสมบูรณ์เห็นได้ชัดเจน แต่บางชนิดอาจไม่ชัดเจน ดังใน**รูปที่ 1.5.1-1**

รูปที่ 1.5.1-1 ระนาบแนวแตก และลักษณะของแนวแตกที่ปรากฏบนก้อนแร่

1.5.1.5 แนวแยก

แนวแยก (Parting) แนวแยกเป็นคุณสมบัติที่คล้ายแนวแตก แต่เกิดขึ้นจำกัดกว่าโดยจะไม่เกิดขึ้นในแร่ชนิดเดียวกันทุกก้อน แนวแยกจะเกิดเป็นระนาบเรียบตามแนวซึ่งมีการจับตัวของอะตอมทั้งสองด้านไม่แข็งแรง สาเหตุส่วนใหญ่จะเกิดจากการถูกแรงกระทำมาก่อนทำให้เกิดแนวแยกคล้ายรอยร้าว หรือเกิดเฉพาะในก้อนแร่ซึ่งติดกันเป็นแฝด (twinning) โดยแยกออกตรงแนวที่แร่เกิดติดกันเป็นแฝด แร่บางชนิดไม่มีแนวแตกแต่อาจเกิดแนวแยกได้ เช่น ควอรตซ์

1.5.1.6 การแตก

การแตก (Fracture) คือ ลักษณะเด่นในการแตกของแร่นอกเหนือจากการแตกตามแนวแตก หรือแนวแยก การแตกจะไม่เป็นระนาบเรียบและไม่มีทิศทางที่แน่นอน และมักจะเกิดรอบๆ บริเวณที่เกิดการผิดปกติ หรือมีมลทินในตัวผลึก แต่ส่วนใหญ่จะแตกเป็นผิวขรุขระ (แตกแบบไม่เรียบ) แต่ก็มีแร่บางชนิดซึ่งมีการแตกที่มีลักษณะเด่นเฉพาะตัว การแตกอาจมีลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. แตกแบบเรียบ (even)
2. แตกแบบไม่เรียบ (uneven or irregular)
3. แตกเป็นรูปฝาหอย (conchoidal)
4. แตกเป็นเส้นใย (fibrous)
5. แตกเป็นเสี้ยนเหมือนเสี้ยนไม่หัก (splintery)
6. แตกเป็นผิวขรุขระแหลมคม (hackly) เป็นต้น

1.5.1.7 รูปผลึก

รูปผลึก (Crystal form) รูปผลึกเกิดจากการจัดตัวอย่างเป็นระเบียบของโครงสร้างภายในแร่ ลักษณะของแร่ซึ่งเกิดเป็นก้อนหรือเป็นเม็ดเกาะรวมกัน (aggregates) เช่น

1. เนื้อแน่น (massive) ใช้กับแร่ซึ่งไม่มีรูปผลึกที่แน่นอน หรือแร่ซึ่งประกอบด้วยผลึก ขนาดเล็กเกาะกันแน่น
2. เป็นเม็ด (granular) ลักษณะของแร่ที่เห็นด้วยตาเปล่า หรือโดยกล้องจุลทรรศน์มีลักษณะเป็นเม็ดๆ
3. ผลึกซ่อนรูป (cryptocrystalline) แร่ซึ่งประกอบด้วยผลึกชนิดเดียวกันแต่ขนาดของ ผลึกเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์

4. เป็นแท่ง (columnar) แร่เกิดเป็นแทงปริซึมยาวๆ หากเป็นแท่งแบนๆเรียก bladed เป็นแท่งขนาดเล็กหรือเป็นเส้นเรียก fibrous

1.5.1.8 เป็นแผ่น

เป็นแผ่น (lamellar) กลุ่มของแร่ซึ่งเป็นแผ่นอาจซ้อนกัน เช่น ลายเส้น (Striation) คือ เส้นตรงขนาดเล็กซึ่งอยู่ชิดกัน และขนานกัน อาจเกิดขึ้นบนหน้าผลึก เนื่องจากการเติบโตของผลึกสลับกันระหว่างหน้าผลึกต่างกัน (oscillatory striations) เช่น ในไพไรต์ หรือเกิดบนผิวแนวแตก เนื่องจากเกิดเป็นแผดชนิดติดกันเป็นแผ่น (winning striations) เชน ในแพลจิโอเคลส

1.5.2 คุณสมบัติขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาต่อแสง

1.5.2.1 ความโปร่ง

ความโปร่ง (Diaphancity) คือ ลักษณะการยอมให้แสงผ่านของก้อนแร่แบ่งเป็น

1. โปร่งใส (transparent) สามารถมองผ่านทะลุก้อนแร่ได้อย่างชัดเจน
2. โปร่งแสง (translucent) แสงผ่านได้ แต่ไม่สามารถมองผ่านได้
3. ทึบแสง (opaque) แม้จะเป็นส่วนบางที่สุดของก้อนแร่ แสงก็ผ่านไม่ได้

1.5.2.2 สี

สี (Color) คือ คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของแร่ เพราะแร่บางชนิดเพียงเห็นสีเราก็สามารถเรียกชื่อมันได้ สีเป็นคุณสมบัติที่เกิดจากปฏิกิริยาของแสงต่อส่วนประกอบทางเคมี มลทิน การจัดตัวของอะตอม ตลอดจนความผิดปกติของโครงสร้างภายในแร่ หากโครงสร้างภายในของแร่ใดประกอบด้วยอะตอม

ในการดูสีแร่ จำเป็นต้องดูจากผิวที่สุดเท่านั้น เพราะผิวที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วจะมีสีผิดไปจากเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่โลหะจะเกิดการเปลี่ยนสีที่ผิวได้ง่ายหากสัมผัสกับอากาศทำให้เกิด **ความหมอง (Tarnish)**

ในการตรวจสอบแร่บางชนิดเราอาจอาศัย สีผง (Streak) ของแร่ ซึ่งจะไม่เปลี่ยนแปลง ถึงแม้สีของก้อนแร่อาจมีหลายสีหรือเกิดความหมองก็ตาม วิธีการตรวจสอบสีผงทำได้ง่าย โดยการขีดก้อนแร่บน แผ่นสีผง (streak plate) ซึ่งเป็นแผ่นกระเบื้องไม่เคลือบ (ความแข็ง = 6) หากแร่ นั้นมีความแข็งน้อยกว่าแผ่นสีผงจะปรากฏเป็นเส้นมีสีตามสีผงของแร่นั้น

1.5.2.3 การเล่นสี

การเล่นสี (Play of colors) คือ การที่แร่สามารถเปลี่ยนสีได้อย่างรวดเร็ว เมื่อขยับก้อนแร่ไปมา เกิดขึ้นเพราะมีการรบกวนกันของแสงภายในก้อนแร่ อันเนื่องมาจากแร่เกิดเป็นแผ่ด ติดกันเป็นแผ่นบางๆ มีรอยแตกขนาดเล็ก หรือมีแร่แปลกปลอมภายใน

1.5.2.4 ประกาย

ประกาย (Luster) คือ ลักษณะการสะท้อนแสงที่ปรากฏบนผิวแร่ ประกายแบ่ง ออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ ประกายโลหะ (metallic) ได้แก่ แร่ที่มีประกายวาวเหมือนโลหะทุกชนิด และประกายอโลหะ (nonmetallic) คือ แร่ซึ่งไม่มีประกายวาวเหมือนโลหะ แบ่งย่อยเป็น :

1. เหมือนแก้ว (vitreous)
2. เหมือนเพชร (adamantine)
3. เหมือนกากเพชร (splendant)
4. เหมือนมุก (pearly)
5. เหมือนยางสน (resinous)
6. เหมือนไหม (silky)
7. เหมือนไข (waxy)
8. ด้าน หรือไม่มีประกาย (dull or earthy)

1.6 คุณสมบัติอื่นๆ

1. กลิ่น (Odor) เช่น เคโอลิไนต์หรือแร่ดินขาว มีกลิ่นเหมือนดิน
2. รส (Taste) เช่น เฮไลต์ มีรสเค็ม
3. สัมผัส (Feel) เช่น ทัลค์ มีลักษณะลื่นคลายสบู่
4. การเกิดฟอง (Effervescence) คือ คุณสมบัติของแร่กลุ่มคาร์บอเนต ซึ่งจะเกิดฟองเมื่อถูกกรดเจือจาง
5. แม่เหล็กดูดติด (Magnetism) แร่บางชนิดใช้แม่เหล็กดูดติด เช่น แมกนิไทต์
6. การเรืองแสง (Fluorescence) แร่บางชนิดอาจเรืองแสงเป็นสีต่างๆ เมื่อส่องด้วยแสงอัลตราไวโอเลต เช่น ซีไลต์

2.2 หิน (ROCKS)

หิน คือ สารผสมของแรตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป หินบางชนิดประกอบด้วยแก้วซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติ สารผสมของแก้วกับแร่ต่างๆ ตลอดจนสารอินทรีย์ที่ทับถมรวมกับแร่ หินที่มีอยู่ 3 ชนิด

1. หินอัคนี (Igneous rock)
2. หินตะกอน (Sedimentary rock)
3. หินแปร (Metamorphic rock)

2.2.1 หินอัคนี

หินอัคนี คือ หินที่เกิดจากการเย็นตัวและการตกผลึกของแมกมา ซึ่งเป็นสารซิลิเกตหลอมเหลว (molten silicate material) และอยู่ใต้เปลือกโลก ถ้าแมกมาขึ้นมาถึงผิวโลกเราเรียกว่า ลาวา การแบ่งชนิดของหินอัคนีนั้นเราใช้คุณสมบัติ 2 ประการใหญ่ๆ คือ เนื้อหิน (texture) และส่วนประกอบ (mineral composition) นอกจากนี้ยังใช้สีของหินประกอบการพิจารณาได้

2.2.1.1 วิธีการปฏิบัติ

ก่อนที่จะดูตัวอย่างหิน พิจารณาตารางแบ่งชนิดหินอัคนีให้เข้าใจ จะช่วยให้ท่านแยกและเรียกชื่อหินอัคนีได้อย่างถูกต้อง ความแตกต่างของส่วนประกอบของแร่และสีของหิน จะแสดงในแนวนอน และความแตกต่างของเนื้อหินจะแสดงในแนวดิ่ง เพื่อให้การศึกษาตัวอย่างหินได้ผลดีจริงๆ ควรพิจารณาเป็นขั้นตอนดังนี้ (**ตารางที่ 2.2.1-1)**

1. พิจารณาสีของหินทั้งก่อนว่ามีสีจางหรือสีเข้ม
2. พิจารณาเนื้อหินว่าหินมีเนื้อหยาบ, ละเอียด, หรือเนื้อชนิดอื่นๆ
3. ถ้าหินมีเนื้อหยาบพิจารณาแรที่ประกอบอยู่ในหิน และประมาณปริมาณแร่
   3.1 หินอัคนีโดยทั่วไปมักจะมีแรเฟลด์สปาร์มาก
   3.2 พิจารณาว่ามีแร่ควอรตซ์หรือไม่ ถ้ามี มีประมาณกี่เปอร์เซ็นต์ แร่นี้จะใสเหมือนแก้ว แต่ถ้ามีแร่สีเข้มอยู่ด้านหลังอาจจะขุ่น หรือมีสีเข้มได้
   3.3 พิจารณาแร่สีเข้มว่าเป็นแร่อะไรบ้าง มีประมาณกี่เปอร์เซ็นต์
4. ถ้าหินนั้นมีเนื้อละเอียดจะพิจารณาส่วนประกอบได้ยาก มีเม็ดแร่เม็ดละเอียดจนไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า การเรียกชื่อหินต้องอาศัยสีของหินเป็นส่วนใหญ่ เช่น หินเฟลสิก คือ ไรโอไลต์ และหินอินเตอร์มิเดียต คือ แอนติไซต์ ต่างอาจประกอบด้วยไบโอไทต์ และฮอร์นเบลนด์ ในกรณีนี้หินจะมีสีเขียวทั้งคู่ แต่ไรโอไลต์มักจะมีสีอ่อนกว่า

ตารางที่ **2.2.1-1** แสดงชนิดหินอัคนี

สี		สีจาง →				สีเข้ม	
ส่วนประกอบ (Composition)		ไมกา และ/หรือ ฮอร์นเบลนด์ โปตัสเซียมเฟลด์สปาร์ หรือ โรเดียม แพลจิโอเคลส		ฮออร์นเบลนด์ โซเดียม แคลเซียม แพลจิโอเคลส	แคลเซียม แพลจิโอเคลส	ไม่มีเฟลด์สปาร์	รูปร่างของหิน
เนื้อหิน (Texture)		มีควอรตซ์	ไม่มีควอรตซ์	ควอรตซ์ <10%	ไม่มีควอรตซ์	ไม่มีควอรตซ์	
เนื้อผลึกหยาบมาก (Pegmatitic)		Pegmatite (เพคมาไทต์)					
เนื้อผลึกหยาบ (Phaneritic)	ผลึกขนาดเดียว (Nonporphyritic)	Granite (แกรนิต)	Syenite (ไซยไนต์)	Diorite (ไดโอไรต์)	Gabbro (แกบโบร)	Dunite (ดันไนต์) Peridotite (เพอริโดไทต์) Pyroxenite (ไพรอกซีไนต์), Augite (ออไจท์) Hornblendite (ฮอร์นเบลนไดต์)	
	ผลึกสองขนาด* (Porphyritic)	Granite porphyry (แกรนิตพอไฟรี)	Syenite porphyry (ไซยาไนต์พอไฟรี)	Diorite porphyry (ไดโอไรด์พอไฟรี)	Gabbro porphyry (แกบโบรทอไฟรี)	ในกรณีที่มีผลึก 2 ขนาด แต่มี Phenocryst น้อยกว่า 25% หากมีเนื้อผลึกหยาบ ใช้คำว่า Porphyritic นำหน้าแทน เช่น Porphyritic granite หากมีเนื้อผลึกละเอียดคงเรียกชื่อเหมือนเมื่อมีผลึกขนาดเดียว เช่น Rhyolite	
เนื้อผลึกละเอียด (Aphanitic)	ผลึกขนาดเดียว (Nonporphyritic)	Rhyolite (ไรโอไลค์)	Trachite (ทราไคต์)	Andesite (แอนดีไซค์)	Basalt (บะซอลต์)		

ตารางที่ 2.2.1-1 แสดงชนิดหินอัคนี (ต่อ)

สี		สีจาง →				สีเข้ม	
ส่วนประกอบ (Composition)		ไมกา และ/หรือ ฮอร์นเบลนด์ โปตัสเซียมเฟลด์สปาร์ หรือ โรเดียม แพลจิโอเคลส		ฮออร์นเบลนด์ โซเดียม แคลเซียม แพลจิโอเคลส	แคลเซียม แพลจิโอเคลส	ไม่มีเฟลด์สปาร์	รูปร่างของหิน
เนื้อหิน (Texture)		มีควอรตซ์	ไม่มีควอรตซ์	ควอรตซ์ <10%	ไม่มีควอรตซ์	ไม่มีควอรตซ์	
	ผลึกสองขนาด* (Porphyritic)	Rhyolite porphyry (ไรโอไลต์พอไฟรี)	Trachite porphyry (ทราไคต์พอไฟรี)	Andesite porphyry (แอนดีไซต์พอไฟรี)	Basalt porphyry (บะซอลต์พอไฟรี)		
เนื้อแก้ว (Glassy)	Obsidian (หินแก้วภูเขาไฟ)					หินที่มีเนื้อแก้ว เศษหิน และเนื้อฟอง อากาศจะมีส่วนประกอบไม่แน่นอน บางชนิดอาจไม่มีแร่ผสมอยู่เลย เช่น หินแก้วภูเขาไฟ และพัมมิส จะประกอบด้วยแก้วล้วนๆ	
เนื้อเศษหิน (Fragmental)	Tuff (ทัฟฟ์)						
เนื้อฟองอากาศ (Vesicular)	Pumice (พัมมิส)				Scoria (สคอเรีย)		

2.2.2 หินตะกอน

หินตะกอน(**Sedimentary rock**) คือ หินซึ่งเกิดจากการสะสมของตะกอน (Sedimentation) เช่น กรวด, ทราย, เศษหิน, หรือซากพืชและสัตว์ หรือเกิดจากการตกตะกอน ทางเคมีในน้ำ แล้วเกิดการแข็งตัว (lithification) กลายเป็นหิน

2.2.2.1 วิธีปฏิบัติการ

พิจารณาตารางแบ่งชนิดหินตะกอนให้เข้าใจอย่างละเอียด จากนั้นจึงพิจารณาตัวอย่างหิน ที่จัดให้เป็นขั้นตอนตามลำดับ ดังใน**ตารางที่ 2.2.2-1** ดังนี้

1. พิจารณาแร่ที่ประกอบหินว่ามีแร่แคลไซต์หรือไม่ โดยการใช้หลอดแก้วที่มีกรดเกลือเจือจางแตะทดลองดู ถ้ามีฟองก็แสดงว่าใช่ หรืออาจใช้มีดพับลองขีดเนื้อหินดู ถ้ามีดขีดเข้าแสดงว่า เนื้อหินอ่อนกว่ามีดพับก็อาจเป็นแคลไซต์ได้เช่นกัน

2. พิจารณาเนื้อว่าเป็นเม็ดหรือเนื้อผลึก

3. พิจารณาขนาดของเม็ดแร่หรือซากดึกดำบรรพ์ โดยแยกให้ได้ว่าขนาดของเม็ดแร่ และ/หรือซากดึกดำบรรพ์ที่ปนอยู่ส่วนใหญ่ มีขนาดเท่ากรวด (มากกว่า 2 มม.) เท่าทราย (0.062-2 มม.) หรือจัดอยู่ในกลุ่มโคลน (เล็กกว่า 0.062 มม.)

4. พิจารณาเม็ดแร่หรือเศษหินที่ประกอบอยู่ (framework) และตรวจสอบวัตถุประสาน สาน (Cementing material) ว่าเป็นอะไร โดยทั่วไปวัตถุประสานมักจะเป็น แคลไซต์ โคโลไมต์ ซิลิกา และเหล็กออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ บางชนิดอาจเป็นตัวทำให้เกิดสี (pigment) เช่น ในหินทราย ถ้ามีไลมอไนต์ปนอยู่ก็มักจะให้สีเหลืองน้ำตาล ถ้ามีฮีมาไทต์ก็มักจะให้สีแดง-น้ำตาล เป็นต้น

การแบ่งชนิดของหินตะกอนนั้นเราใช้คุณสมบัติ 3 ประการคือ การเกิด (origin) เนื้อหิน (texture) และส่วนประกอบ (composition)

ตารางที่ 2.2.2-1 แสดงชนิดของหินตะกอน

การเกิด (origin)	เนื้อหิน (Texture)		ส่วนประกอบ (Composition)	ชื่อหิน (Rockname)	รูปร่างของหิน
การสะสมของชิ้นตะกอน Detrital	เนื้อเม็ด Clastic	ขนาดหยาบ (กรวด) (> 2 มม.)	ก้อนกรวดกลมของหินหรือแร่ต่างๆ เช่น แร่ควอรตซ์ เชิร์ต และ หินควอรตไซต์	Conglomerate **หินกรวดมน**	
			ก้อนกรวดเหลี่ยมของหินหรือแร่ต่างๆ	Breccia **หินกรวดเหลี่ยม**	
		ขนาดปานกลาง (ทราย) (1/16 - 2 มม.)	ส่วนใหญ่เป็นแร่ควอรตซ์ อาจมีแร่อื่นปนเล็กน้อย	Sandstone **หินทราย**	
		ขนาดละเอียด (ซิลต์) (1/256 - 1/16 มม.)	แร่ควอรตซ์และแร่ดิน	Siltstone **หินทรายแป้ง (หินซีลต์)**	
		ขนาดละเอียดมาก (ดินเหนียว) (<1/256 มม.)	แร่ควอรตซ์และแร่ดิน	Shale and Mudstone **หินดินดานและหินโคลน**	
การตกตะกอนทางเคมี Chemical		เนื้อละเอียดถึงหยาบ ในเนื้อผลึก	ชิ้นส่วนของเปลือกหอยและ/หรือ เม็ดแร่แคลไซต์ ในเนื้อหินปูน	Limestone **หินปูน**	
	เนื้อผลึก Nonclastic	เนื้อละเอียดถึงหยาบ	แร่แคลไซต์	Limestone **หินปูน**	
			แร่โดโลไมต์	Dolomite or Dolostone **หินโดโลไมต์**	
			แร่เชิร์ตและแร่ซิลิกาอื่นๆ	Chert **หินเชิร์ต**	

ตารางที่ 2.2.2-1 แสดงชนิดของหินตะกอน (ต่อ)

การเกิด (origin)	เนื้อหิน (Texture)		ส่วนประกอบ (Composition)	ชื่อหิน (Rockname)	รูปร่างของหิน
			แร่เฮไลต์	**Rock salt เกลือหิน**	
			แร่ยิปซัม	**Gypsum ยิปซัม**	
การสะสมของอินทรีย์สาร Organic	เนื้อเม็ด Clastic	ชิ้นส่วนขนาดหยาบ (>2 มม.)	เปลือกหอยและเศษชิ้นส่วนของสัตว์ มีแร่แคลไซต์เป็นตัวเชื่อม หรือประกอบในเนื้อหินปูน	**Coquina โคควินย่า**	
				Fossiliferous limestone หินปูนปนซากดึกดำบรรพ์	
	เนื้อผลึก Nonclastic	เนื้อแน่น	สารอินทรีย์จากการสลายตัวของพืช	Coal ถ่านหิน	

2.2.3 หินแปร

หินแปร (Metamorphic rock) คือ หินซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางส่วนประกอบของแร่ และ/หรือ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือเนื้อหินของหินเดิม เนื่องจากความร้อนหรือความร้อนและความกดดันภายใต้ผิวโลก

2.2.3.1 วิธีการปฏิบัติ

พิจารณาตารางแบ่งชนิดหินแปรให้เข้าใจโดยละเอียด การแบ่งชนิดของหินแปรให้ถูกต้องและสะดวกที่สุด เราต้องอาศัยลักษณะของเนื้อหินเป็นหลัก แล้วใช้ส่วนประกอบของแร่ประกอบการพิจารณาอีกทีหนึ่ง ตามลำดับขั้นตอนดังนี้ (**ตารางที่ 2.2.3-1**)

1. พิจารณาลักษณะของเนื้อหิน

1.1. พวกที่มีการเรียงตัว เนื้อหินจะเรียงเป็นแผ่นขนานกันก็ต้องพิจารณาว่าขนาดของ เม็ดแร่ที่เรียงตัวกันนั้นใหญ่หรือเล็ก ซึ่งจะทำให้เราแยกลักษณะของเนื้อหินได้ละเอียดอีกต่อไปว่า เป็นเนื้อไนส์โซส ชิสโตส ฟิลลิติก หรือสเลตตี

1.2 พวกที่ไม่มีการเรียงตัว พวกนี้จะมองเห็นเป็นเนื้อเดียวกันไปหมด ในกรณีของหินอ่อนและควอรตไซต์ เราอาจจะเห็นผลึกชัดเจน สวนหินฮอร์นเฟลส์จะแข็งและเนื้อแน่นไม่สามารถเห็นผลึกได้เลย

2. พิจารณาแร่ที่ประกอบในหิน

หินแปรบางชนิดอาจมีแร่เด่นเพียงตัวเดียว เช่น หินควอรตไซต์จะมีควอรตซ์ และ หินอ่อนจะมีแคลไซต์เป็นส่วนใหญ่ และสามารถตรวจสอบได้ง่ายโดยวิธีการเช่นเดียวกับปฏิบัติการเรื่องแร่และหินตะกอน แต่หินแปรอีกหลายชนิดจะมีแร่ประกอบอยู่หลายตัว และอาจไม่สามารถตรวจสอบได้ครบโดยอาศัยวิธีการตรวจสอบเบื้องต้น ดังนั้น ในขั้นนี้จึงควรพิจารณาแร่ประกอบที่ หินและตรวจสอบได้ง่ายเท่านั้น

การแบ่งชนิดของหินแปรนั้นเราใช้คุณสมบัติ 3 ประการ คือ การเกิด (origin) เนื้อหิน (texture) และส่วนประกอบ

ตารางที่ 2.2.1-3 แสดงชนิดหินแปร

เนื้อหิน (Texture)		ชื่อหิน (Rock name)	แร่ประกอบหินส่วนใหญ่ (Mineral composition)	หินเดิม (Parent rock)	กระบวนการแปรสภาพ (Metamorphic process)		รูปภาพของแร่
Foliated มีการเรียงตัว	Slaty	Slate หินชนวน	ไมกา ควอรตซ์	หินดินดาน หินทัฟฟ์	การแปรสภาพแบบภูมิภาค Regional metamorphism	ความร้อน ความกดดันเพิ่ม	
	Phyllitic	Phyllite ฟิลไลต์	ไมกา ควอรตซ์	หินดินดาน หินทัฟฟ์			
	Schistose	Schist ชีสต์	ไมกา คลอไรต์ ทัลก์ ฮอร์นเบลนด์ ควอรตซ์ เฟลด์สปาร์ การ์เนต	หินดินดาน หินภูเขาไฟ			
	Gneissose	Gneiss	เฟลด์สปาร์ ควอรตซ์ ไมกา แอมฟิโบล การ์เนต	หินดินดาน หินทราย ไมกาซีสต์ และหินอัคนีอื่นๆ			

ตารางที่ 2.2.1-3 แสดงชนิดหินแปร (ต่อ)

เนื้อหิน (Texture)		ชื่อหิน (Rock name)	แร่ประกอบหินส่วนใหญ่ (Mineral composition)	หินเดิม (Parent rock)	กระบวนการแปรสภาพ (Metamorphic process)	รูปภาพของแร่
Non-foliated ไม่มีการเรียงตัว	Hornfelsic	Hornfels ฮอร์นเฟลส์	ไม่แน่นอน ส่วนใหญ่เป็นแร่ซิลิเกตสีเข้ม	หินดินดาน และหินเนื้อละเอียดอื่นๆ	การแปรสภาพแบบสัมผัส Contact metamorphism	
	Granoblastic	Tactite แทคไทต์	แร่เหล็ก แคลเซียม และแมกนีเซียม ซิลิเกต เช่น การ์เนต เอปิโดต ไพรอกซีน แอมฟิโบล	หินปูน หินโดโลไมต์ และสารจากแมกมา		
		Quartzite ควอรตไซต์	ควอรตซ์	หินทราย	การแปรสภาพแบบสัมผัส หรือแบบภูมิภาค Contact or Regional metamorphism	
		Marble หินอ่อน	แคลไซต์ แร่แมกนีเซียม และแคลเซียมซิลิเกต โดโลไมต์	หินปูน หินโดโลไมต์		

2. การปฏิบัติการเจาะน้ำบาดาล

เป้าหมาย: ได้ลงมือปฏิบัติงานจริงในภาคสนามที่มีการกำกับและดูแลจากวิทยากร

วัตถุประสงค์: ทำการทดลองปฏิบัติงาน และเพื่อให้ช่างเจาะได้เข้าใจถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของเทคนิคการเจาะแต่ละประเภท

วิธีการ: ตามเนื้อในบทที่ 3 คู่มือฝึกอบรมหลักสูตรช่างเจาะน้ำบาดาล ระดับที่ 1

วัสดุอุปกรณ์: เครื่องเจาะชนิดต่างๆ เตรียมการโดยเจ้าของหลักสูตร

วาดแผนที่สำรวจ:

3. การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล

เป้าหมาย: เพื่อผู้เข้ารับการอบรมจะได้รับการเรียนเรื่องการจัดชุดการสูบทดสอบและวัดพารามิเตอร์ต่างๆ

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ทราบวิธีการ

1) ปฏิบัติการณ์เริ่มต้นจริงในภาคสนาม
2) รู้จักเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในการสูบทดสอบ
3) เข้าใจและทราบวิธีการวัดระดับน้ำลดในช่วงเวลาต่างๆ
4) เข้าใจและทราบวิธีการวัดอัตราการสูบน้ำในช่วงเวลาต่างๆ
5) ทราบความถูกต้องและความแม่นยำของข้อมูล

วิธีการ: ตามเนื้อในบทที่ 3 หัวข้อ 3.6

วัสดุอุปกรณ์: ตารางบันทึกข้อมูล ดินสอ เครื่องคิดเลข เครื่องวัดระดับน้ำอย่างน้อย 2 เครื่อง สายวัดระยะทางระหว่างบ่อ

วาดแผนที่ตั้งของบ่อสูบทดสอบ และบ่อสังเกตการณ์:

อธิบายลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการสูบทดสอบ: (เช่น เครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการสูบน้ำ เครื่องสูบน้ำ ฯลฯ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิธีการวัดอัตราการสูบน้ำทำอย่างไร: (เช่น ถ้าใช้ถังตวงให้อธิบายรายละเอียดการวัดอัตราการสูบ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บันทึกอื่นๆ:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางที่ 3.1 ตารางการสูบทดสอบ

แบบบันทึกการสูบทดสอบ

การสูบทดสอบ: ☐ บ่อสูบทดสอบ ☐ บ่อสังเกตการณ์ หมายเลขบ่อ : .....

ที่ตั้งของบ่อ: .....

พิกัดบ่อ: X:..... Y: .....

ความลึกบ่อ : ..... ม. เส้นผ่านศูนย์กลางบ่อ : ..... นิ้ว ระยะท่อกรอง : .....

ระดับผิวดินปากบ่อ : ..... ม. ระดับปากบ่อ : ..... ม. ระดับน้ำปกติ : .....

ระยะห่างจากบ่อสูบ : ..... ม. เจ้าของบ่อ : .....

วันที่เริ่มทำการทดสอบ: .....

เวลา (วัน)	เวลา (นาที)	ระดับน้ำบาดาล (ม.)	ระดับน้ำลด (ม.)	อัตราการสูบ ($ม^3$/ชม.)	หมายเหตุ

4. การวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบ

เป้าหมาย: เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมเข้าใจวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบด้วยวิธีการของ Theis และ Jacob เพื่อคำนวณหาค่าคงที่ของหินอุ้มน้ำ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านตลอดความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ (Transmissivity) และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storativity) จากข้อมูลสูบทดสอบ

วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ทราบวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบ
2) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำลดและเวลาโดยวิธีการของ Theis และ Jacob
3) เพื่อคำนวณหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ (T and S)

วิธีการ: ตามเนื้อในบทที่ 3 หัวข้อ 3.6 ของคู่มือการฝึกอบรมหลักสูตรวิศวกรหรือนักธรณีวิทยา

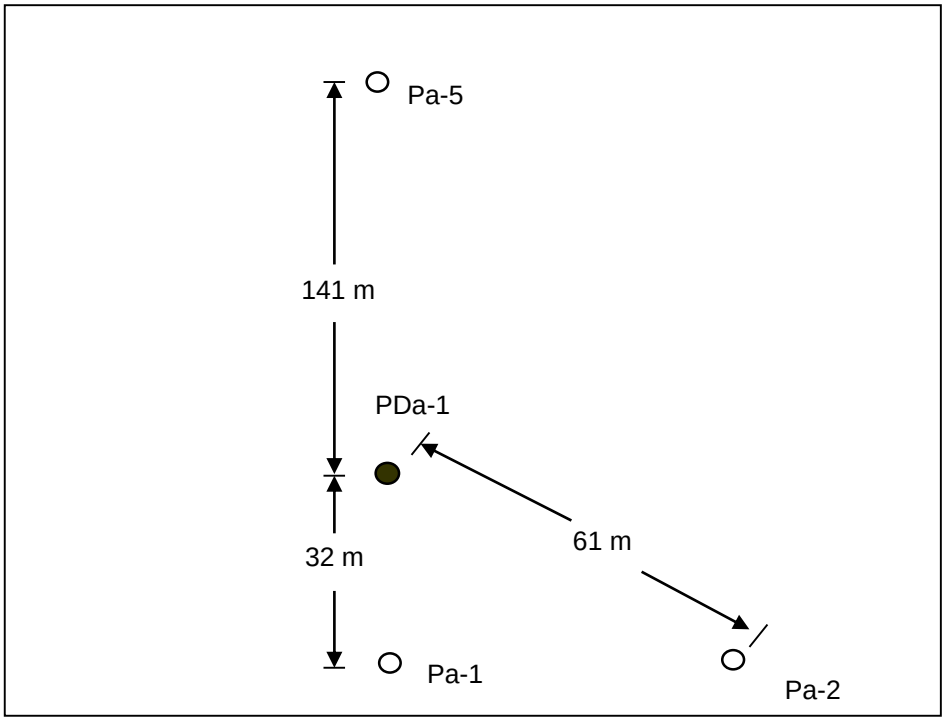
วัสดุอุปกรณ์: ตารางบันทึกผลการสูบทดสอบ คอมพิวเตอร์

แบบฝึกหัด: ข้อมูลการสูบทดสอบจากหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน หรือ Confined Aquifer Pumping Test

การสูบทดสอบดำเนินการโดยมีบ่อสูบทดสอบ PDa-1 สูบน้ำด้วยอัตรา 0.91 ลิตร/วินาที และทำการวัดระดับน้ำลดในบ่อสังเกตุการ์สามบ่อคือ Pa-1, Pa-2 and Pa-5 ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ห่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 1 ถ้าหินอุ้มน้ำมีความหนา 10 เมตร ให้วิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำโดยวิธีของ

1) Theis's method

2) Cooper-Jacob's method



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งของบ่อสูบทดสอบ, PDa-1 และ บ่อสังเกตการณ์, Pa-1, Pa-2 และ Pa-5

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการสูบทดสอบในบ่อสังเกตการณ์ ที่ได้จากการสูบน้ำบ่อสูบ **PDa-1**

No	Pa-1				Pa-2				Pa-5			
	Time (min)	Water Level (m BGS)	t/r^2 (min /m^2)	s (m)	Time (min)	Water Level (m BGS)	t/r^2 (min /m^2)	s (m)	Time (min)	Water Level (m BGS)	t/r^2 (min/m^2)	s (m)
1	0	4.70		0.00	0	4.32		0.00	0	6.07		0.00
2	1	4.73		0.03	5	4.33		0.01	101	6.56		0.49
3	2	4.81		0.11	7	4.47		0.15	251	6.85		0.78
4	3	4.92		0.22	17	4.77		0.45	403	7.02		0.95
5	4	5.03		0.33	21	4.88		0.56	514	7.42		1.35
6	5	5.13		0.43	32	5.14		0.82				
7	12	5.72		1.02	48	5.41		1.09				
8	15	5.94		1.24	61	5.55		1.23				
9	23	6.46		1.76	77	5.73		1.41				
10	30	6.81		2.11	93	5.86		1.54				
11	46	7.32		2.62	123	6.08		1.76				
12	60	7.56		2.86	154	6.27		1.95				
13	75	7.80		3.1	205	6.49		2.17				
14	90	8.04		3.34	243	6.63		2.31				
15	120	8.39		3.69	303	6.81		2.49				
16	150	8.68		3.98	366	6.96		2.64				
17	201	9.02		4.32	422	7.08		2.76				
18	242	9.25		4.55	482	7.19		2.87				
19	301	9.51		4.81	533	7.28		2.96				
20	362	9.70		5.00								
21	420	9.87		5.17								
22	480	10.01		5.31								
23	540	10.13		5.43								

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้:

1. การวิเคราะห์โดยกราฟิก

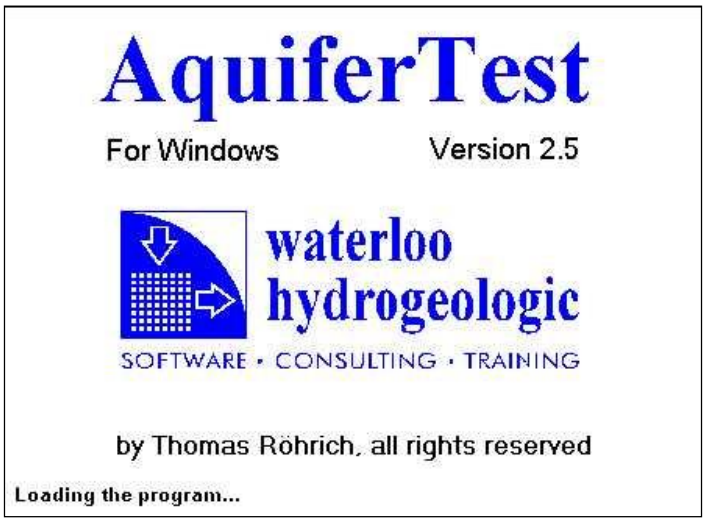
1.1. สำหรับ Theis's method

Theis type curve และ กระดาษกราฟ Log-log

1.2. สำหรับ Cooper-Jacob's method

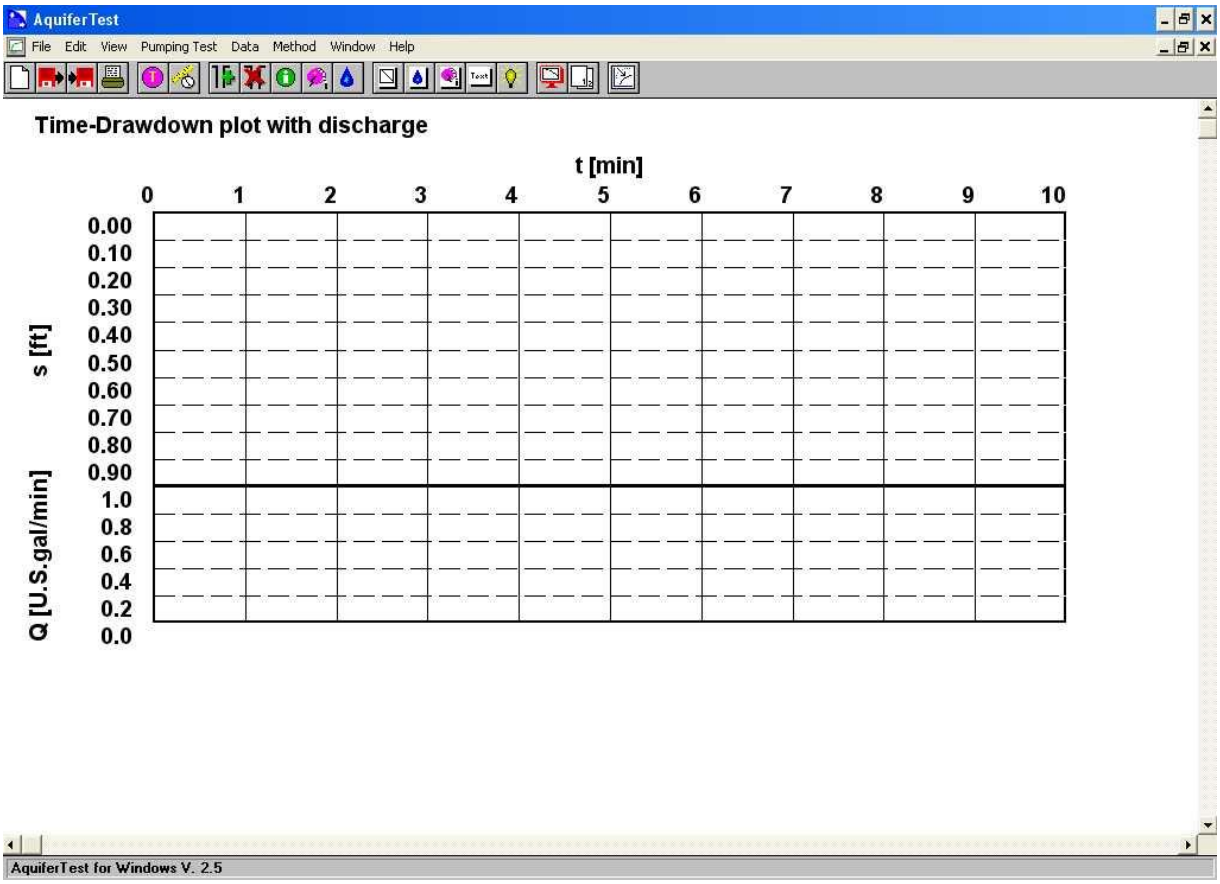
กระดาษกราฟ Semi-log

2. การวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Aquifer Test Program

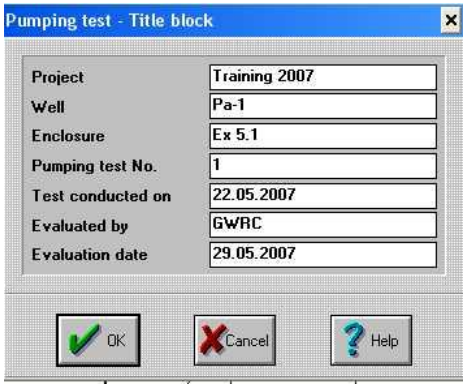


เริ่มต้น ดังนี้

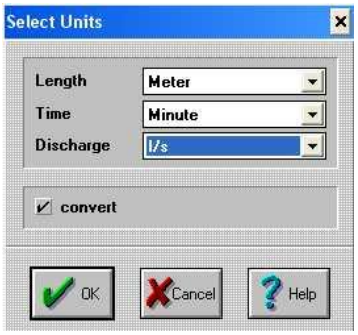
1. New project (File --> New)



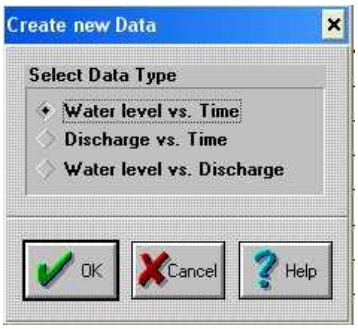
2. Name the title (Pumping Test --> Title Block)



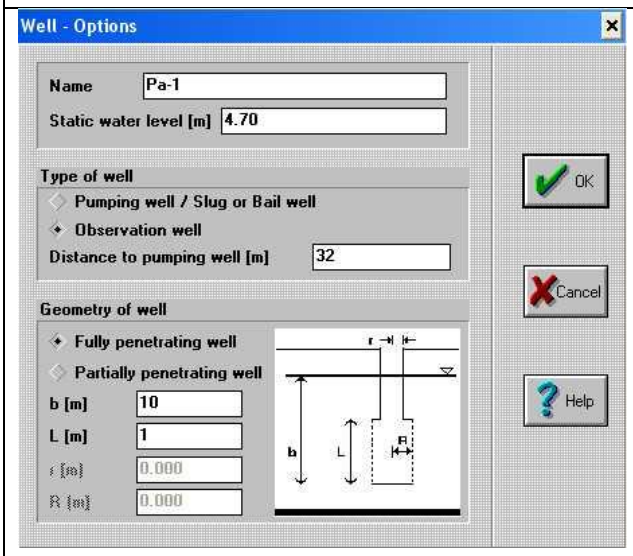
3. Select unit (Pumping Test --> Select Unit)



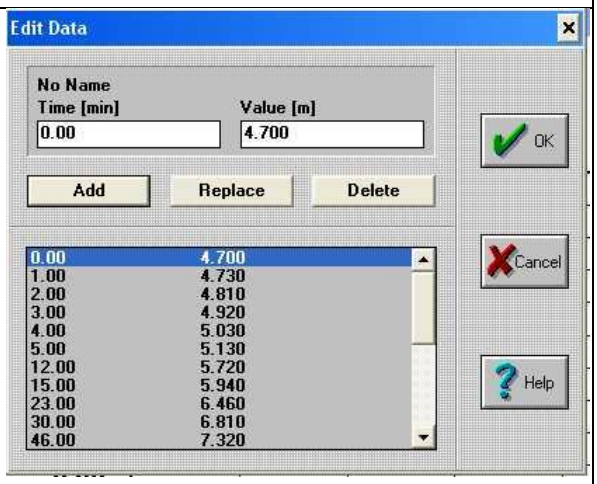
4. Create New Data (Data --> Create New Data) select data type-> Water level vs. Time



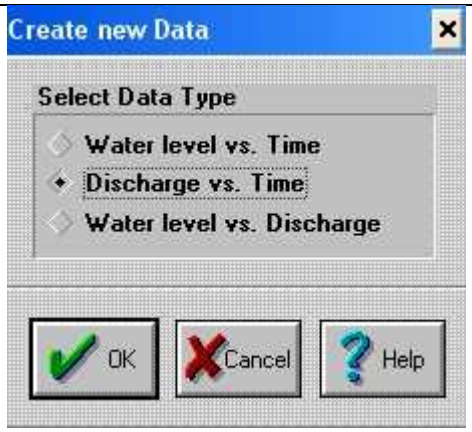
5. Input observation well data (Data --> Create New Data --> Water level vs. Time --> OK)



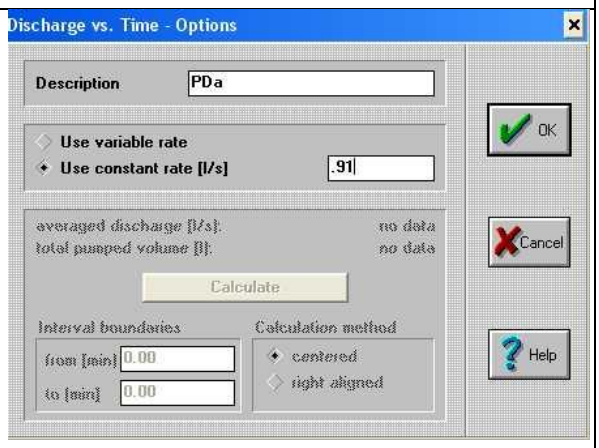
6. input water level vs. Time (Data --> Create New Data --> Water level vs. Time --> Well options)



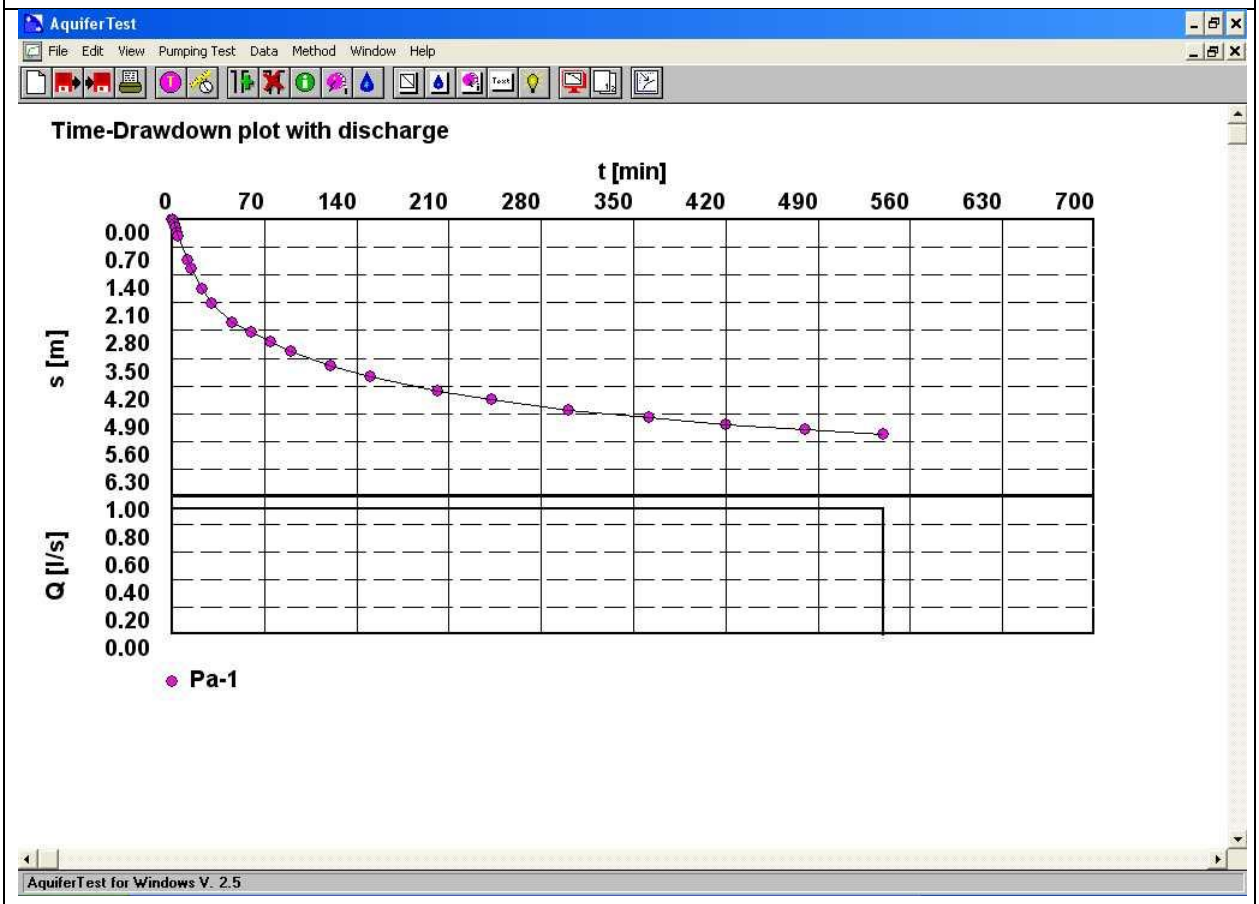
7. Create New Data (Data --> Create New Data) select data type > Discharge vs. Time



8. Input pumping well data (Data --> Create New Data --> Discharge vs. Time --> OK)

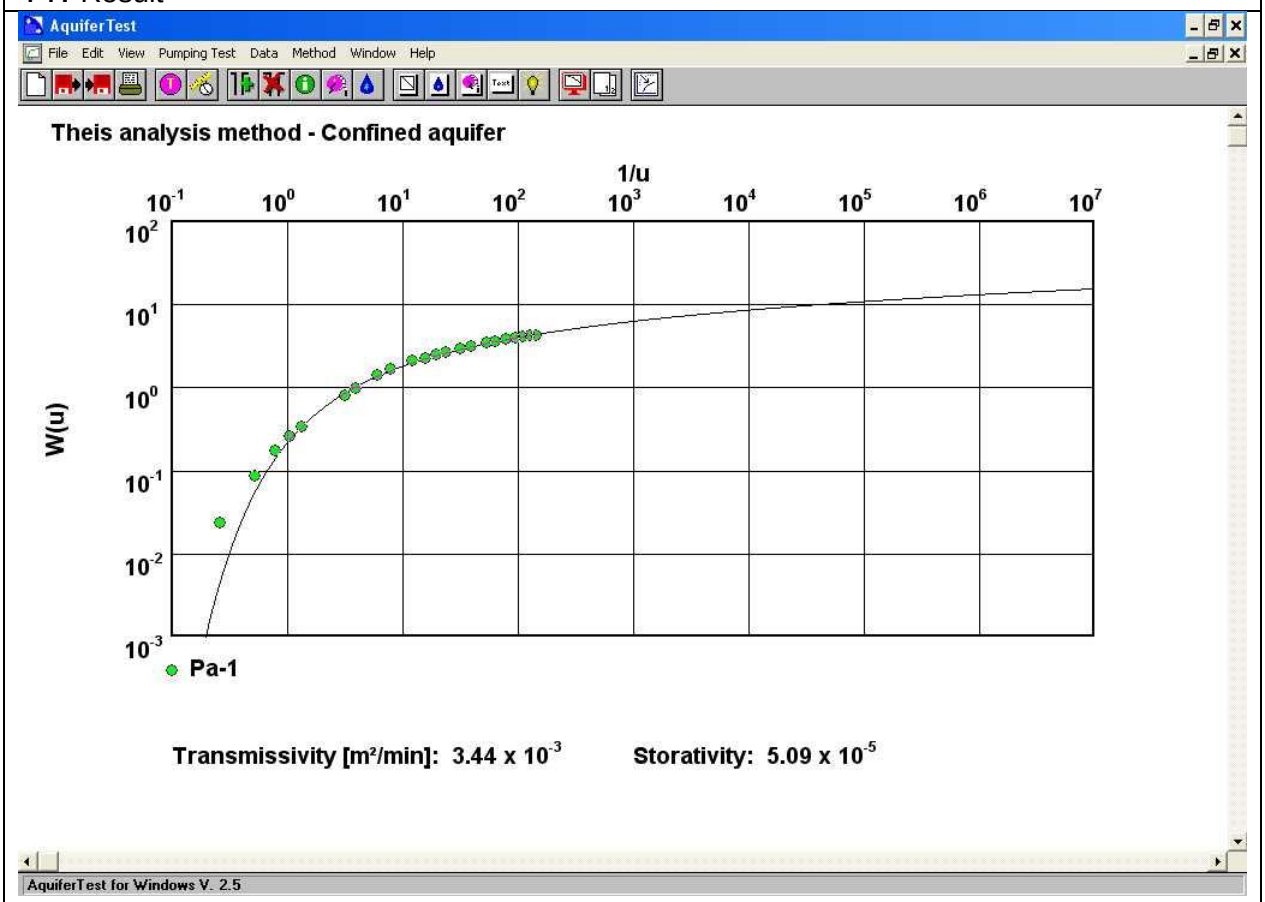


9. Input data



10. Select analysis method (Method --> Select.. --> Theis)

11. Result



อ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2547. คู่มือการตรวจสอบการปนเปื้อนน้ำใต้ดินจากสถานที่กำจัดมูลฝอย, กรมควบคุมมลพิษ,กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรธรณี. 2548. แผนที่อุทกธรณีวิทยาประเทศไทย,กรุงเทพฯ: กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2542. แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพของประเทศไทย, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2542. แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพภาคเหนือ, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2548. คู่มือเทคโนโลยีการพัฒนาน้ำบาดาล, โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล และระบบประปาชนบท ให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นศูนย์ทรัพยากรน้ำบาดาล ภาค 6, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2549 หน้า50 - 52.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2549ก. กฎกระทรวง ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520. http://www.dgr.go.th/rule1.htm (มกราคม 2549).

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2549ข. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ เรื่อง กำหนดเขตน้ำบาดาลและความลึกของน้ำบาดาล. http://www.dgr.go.th/rule.htm (ธันวาคม 2548).

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2549ค. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.2540 เรื่องกำหนดกำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ. http://www.dgr.go.th/rule2.htm (ธันวาคม 2548).

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2549ง. พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520. http://www.dgr.go.th/rule.htm (ธันวาคม 2548).

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2549จ. พระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2546. http://www.dgr.go.th/ rule.htm (ธันวาคม 2548).

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2551. คู่มือการบริหารจัดการและบำรุงรักษาระบบประปาชนบท โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาลและระบบประปาชนบทให้แก่องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น, กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2551. ชุดมาตรฐานและคู่มือ การเจาะ สำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (เล่ม 1-10), กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2551ก. ดาวน์โหลดแบบฟอร์มประกอบกิจการน้ำบาดาล, จาก http://www.dgr. go.th/service/download.php (ค้นเมื่อ ตุลาคม 2551).

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2551ข. ระบบแผนที่อิเล็กทรอนิคส์ด้านทรัพยากรน้ำบาดาล, จาก http:// map.dgr.go.th (ค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2551).

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2553. การประเมินราคางานเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2554. แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพภาคกลาง, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2558. ปริมาณคลอไรด์ในน้ำบาดาล อ หาดใหญ่ ก) เดือนพย.2557 ข) เดือน กพ. 2558, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2560. แผนที่ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในเชิงปริมาณและคุณภาพภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2521. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2521) เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการเจาะและเลิกเจาะน้ำบาดาล. ลงวันที่ 27 มิถุนายน พ.ศ. 2521

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2521. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332 (พ.ศ. 2521) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค. ลงวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2521

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2524. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2524) เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการเจาะและเลิกเจาะน้ำบาดาล. ลงวันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2524

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2539. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 9 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการเจาะและเลิกเจาะน้ำบาดาล. ลงวันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2539

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2542. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2542) เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการเจาะและเลิกเจาะน้ำบาดาล. ลงวันที่ 13 เมษายน พ.ศ. 2542

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2542. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๒๐ เรื่อง กำหนดหลักเกณฑและมาตรการในทางวิชาการสำหรับการปองกันด่านสาธารณสุขและการปองกันในเรื่องสิ่งแวดลอมเปนพิษ. ลงวันที่ 13 เมษายน พ.ศ. 2542

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2545. สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน คูมือการเก็บตัวอย่างมลพิษ (น้ำ อากาศ ดิน กากอุตสาหกรรม), สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2559. กฎกระทรวง ควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ.2559. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนที่ 38 ก ลงวันที่ 29 เมษายน 2559.

คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา. 2530. พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยาอังกฤษ-ไทย. คณะกรรมการประสานงานด้านธรณีวิทยา ภายใต้คณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ. 16 หน้า

โครงการร่วมไทย – ออสเตรเลีย. 2528. คู่มือการเจาะบ่อบาดาลโครงการร่วมไทย - ออสเตรเลียเพื่อจัดหาน้ำอุปโภคบริโภคสำหรับหมู่บ้าน จ.ขอนแก่น.

เจริญ เพียรเจริญ และจเร ตันติเสรี. 2517. คู่มือการวัดปริมาณน้ำด้วยวิธี Orifice, ฝ่ายอุทกธรณีวิทยา กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

เจริญ เพียรเจริญ. 2525. อุทกธรณีวิทยาของประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี.

บริษัท ไชยรุ่งเรือง วอเตอร์ เซอร์วิส จำกัด. (2018). จำหน่ายท่อกรุ-เซาะร่อง (Online). Available : http://www.รับขุดเจาะบ่อบาดาล.com/ [2018 Junuary 22]

บริษัท ไชยรุ่งเรือง วอเตอร์ เซอร์วิส จำกัด. 2018. จำหน่ายท่อกรุ-เซาะร่อง (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.รับขุดเจาะบ่อบาดาล.com/ [22 มกราคม 2561]

พรบ. ป่าสงวนแห่งชาติ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2559. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนที่ 46 ก ลงวันที่ 24 พฤษภาคม 2559

พรบ. โรงงาน พ.ศ.2535. สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. 24 มิถุนายน 2556

พรบ. อุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2504. สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. 19 มีนาคม 2556

พรบ.ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ.2554. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 128 ตอนที่ 4 ก ลงวันที่ 17 มกราคม 2554

พรบ.คุ้มครองแรงงาน พ.ศ.2541. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 115 ตอนที่ 8 ก ลงวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2541

พรบ.ให้ใช้บทบัญญัติบรรพ 1 แห่งประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ที่ได้ตรวจชำระใหม่ พ.ศ.2535. สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. 7 เมษายน 2560

ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ และวัชระ เพิ่มชาติ. 2543. เครื่องสูบในงานวิศวกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วจี รามณรงค์ และสมชัย วงสวัสดิ์. 2542. ทรัพยากรน้ำใต้ดินในประเทศไทย, วารสารชมรมนักอุทกวิทยา.

วิฑิต ศิริโภคากิจ. 2543. เอกสารประกอบการบรรยายวิชา 505343 การสำรวจน้ำบาดาลเล่มที่ 2, อุทกธรณีวิทยาของประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สัญญา สิริวิทยาปกรณ์. 2550. แนวทางการปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Alibaba.com. (1999). 6 inch high air pressure rock drilling dth hammer Tg (Online). Available : https://xmzhaoxing.en.alibaba.com/product/1 0 1 9 9 5 1 5 2 1 - 218910776/Atlas_copco_air_hammer_tools.html [2018 Junuary 22]

Alibaba.com. (1999). สแตนเลสเจาะรู2.5mmกระบอก/พรุนโลหะทรงกระบอก/โลหะพรุนท่อ (Online). Available : https://thai.alibaba.com/product-detail/2 - 5 mm-hole-stainless-steel-perforated-cylinder-perforated-cylinder-metal-metal-perforated-pipe-60199742470.html [2018 Junuary 22]

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2005). Standard Guide for Using Direct Current Resistivity methods for Sub-surface Investigation, D6431-99 (Re2005).

American Society for Testing and Materials [(ASTM]. (2006). Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods, D6429-99 (Re 2006).

American Water Works Association [AWWA] (2006). Water wells. AWWA Standard : A100-06, American Water Works Association. Denver, USA.

ASME The American Society of Mechanical Engineers. (2018). Drilling Action of Roller-Cone Bits: Modeling and Experimental Validation (Online). Available : http://energyresources.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1415082 [2018 Junuary 15]

Australian Driller Industry Training Committee Limited. (2015). Drillimg, The Manual of Methods, Applications, and Management.Lewis Publishers, CRC.

Canter, L.W. (1981). Potential groundwater conta-mination sources, Presented at Groundwater Quality Protection Institute, University of Wisconsin-Extension, Madison, WI.

Christopherson, R. W. (2000). Geosystems: an introduction to Geography, Prentice-Hall, Inc.

Darcy, H., 1856. Determination of the Laws of Flow of Water through Sand. In Freeze, R.A. and W, Back (Eds.), 1983, Physical Hydrogeology. Hutchison Ross Publ. Co., Benchmark Papers in Geology Vol.72, p.14-20.

DIYTrade.com. (1999). Reamer Bits For Water And Oil Well Drilling (Online). Available : https://www.diytrade.com/china/pd/10066670/Reamer_Bits_For_Water_And_Oil_Well_Drilling.html [2018 Junuary 22]

Domenico, P. A. and F. W. Schwartz. (1998). Physical and Chemical Hydrogeology, 2nd edition. John Wiley and Sons, New York.

Driscoll, F.G. (1987). Groundwater and Wells, 2nd ed. Johnson Division, Minnesota, St. Paul.

EMU Data Booklet, Pumps for watersupply, lowering of water level and booster plants, EMU Unterwasserpumpen GmbH, Heimgar-tenstraße 1 - 3 D-95030 Hof/Saale.

Focus Technology Co., Ltd. (1998). Down The Hole DTH Hammer Bits for Drilling (Online). Available : https://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/Dth_Bit.html [2018 Junuary 22]

Focus Technology Co., Ltd. (1998). 4 Inch Rock Drilling Carbide DTH Button Bit (Online). Available : https://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/Dth_Bit.html [2018 Junuary 22]

Freeze, R. A., and J. A. Cherry. (1979). Groundwater. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 604 p.

Freeze, R.A. and Witherspoon, P.A. (1967). Theoretical analysis of regional groundwater flow:2: Effect of water table configuration and subsurface permeability variation. Water Resources Res., 3, pp.623-634.

Grundfos Data Booklet, SP A, SP., Submersible pumps, motors and accessories, 50 Hz., GRUNDFOS A/S. DK-8850 Bjerringbro, Denmark.

Hanna, T. (2006). Guide for Using the Hydrogeologic Classification System for Logging Water Well Boreholes. National Groundwater Association, NGWA Press.

Hazel, C.P. (1975). Groundwater Hydraulics, Groundwater school Adelaide.

Hubbert, M. K. (1940), The Theory of groundwater motion. J. Geol., 48(8), part 1, 785-944.

Hydrofeological Report No. 1976/17 , Water Resources Commision . N. S. W. ,Hydrology , UNESCO , Paris.

Hydro-Flow. (2526). Vertical turbine pumps for irrigation and industries, บริษัท บาดาลและวิศวกรรม จำกัด ถนนลาดพร้าว เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ.

IndiaMART InterMESH Ltd. (1996). Step Type Drag Bit (Online). Available : https://3.imimg.com/data3/RS/VQ/MY-7204546/step-type-drag-bit-500x500.jpg [2018 Junuary 15]

JN Dunster. (2004). Drilling Manual NorthernTerritory Geological Survey (Online). Available : https://geoscience.nt.gov.au/gemis/ntgsjspui/bitstream/1/82427/1/NTGSRec2004-007.pdf [2018 Junuary 16]

Jousma, G. and J.W. Willems. (1966). Ground-water monitoring networks. European Water Pollution Control, Vol. 6, no. 5, 1996

Kresic N. (1997). Quantitative Solutions in Hydrogeology and Groundwater Modeling. New York: Lewis Publishers.

Kruseman, G. P., and N.A. de Ridder. (1990). Analysis and evaluation of pumping test data: International institute for Land Reclamation and improvement/ILRI, Publ. 47, Wageningen, 377p

Leake, S.A. (2004). Land Subsidence from Ground-water Pumping, USGS, Human Impacts on the Landscape, http://geo change.er.usgs.gov/ sw/changes/anthropogenic/subside/

Ludwig, K.J. (1983). Electromagnetic induction method for monitoring acid mine drainage: Ground-Water Monitoring Review, vol. 3, no. 1, pp 46-51.

Meinzer, O. E. (1923). Outline of groundwater hydrology with definitions, USGS Water Supply Paper 494, 71 p.

Meyboom, P. (1961). Estimating groundwater recharge from stream hydrographs. J. Geophy. Res., v. 66, p. 1203-1214.

Phinit Kotakarn. (2559). ผู้นำและภาวะผู้นำกับความสำเร็จขององค์การ, http://phinit0112.blogspot.com/.

PINSDADDY.COM. (2018). Rock Smith Bits (Online). Available : http://www.pinsdaddy.com/rocksmithbits_frLRLq9XMw*hGEETaNo2740Bfgg6dVosLwFKxQ*55EQ/ [2018 Junuary 20]

printingscreenmesh.com. (2017). ตาข่ายกรองตาข่ายกรองตาข่ายหน้าจอสำหรับน้ำบาดาล, สแตนเลส 304 (Online). Available : http://thai.printingscreenmesh.com/sale-9534333-wedge-wire-mesh-filter-screen-mesh-filter-for-well-water-304 - stainless-steel.html [2018 Junuary 22]

Reform Energy Services. (2012). Underbalanced Drilling (UBD) (Online). Available : https://www.reformenergy.com/ubd [2018 Junuary 22]

Richter, H.R., and Collentine, M.G. (1983). Will my monitoring well survive down there?: design and installation techniques for hazardous waste studies, in proceedings of the Third National Symposium on Aquifer Restoration and Ground-Water Monitoring, D.M. Nielsen, Editor, National Water Well Association, Worthington, OH.

Rivera, A. (2014). Canada's Groundwater Resources, Ministry of Natural Resources, Canada.

RockSmith. (2018). DRAG BITS – 4 WING (Online). Available : http://rocksmith.com.au/product/drag-bits-4-wing-5/ [2018 Junuary 22]

Rudy, R.J., and Caolic, J.A. (1984). Utilization of shallow geophysical sensing at two abandoned municipal/industrial waste landfills on the Missouri River floodplain, Ground Water Monitoring Review, vol. 4, no. 4., pp. 57-65.

Shaanxi Zuanlong Drilling Machine Co., Ltd. (2018). PDC Non Coring Drill Bit (Online). Available : http://www.zuanlongbits.com/mining-drill-bit/pdc-non-coring-drill-bit/pdc-four-wings-concave-drill-bit-non-coring.html [2018 Junuary 15]

Sosebee, J.B., Geiszler, P.C., Winegardner, D.L., and Fisher, C.R. (1983). Contamination of groundwater samples with PVC adhesives and PVC primer from monitor well, Proceeding of the ASTM Second Symposium on Hazardous and Industrial Solid Waste Testing, ASTMSTP 805, R.A. Conway and W.P. Gulledge, eds. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania, pp. 38-50.

Srisuk, K. (1994). Genetic characteristics of the groundwater regime in the Khon Kaen drainage basin, Northeast Thailand. Doctoral Dissertation, University of Alberta

Taylor, R., and Cherbauer, D. (1984). The appli-cation of combined seismic and electrical measurements to the determination of the hydraulic conductivity of a lake bed, Ground Water Monitoring Review, vol. 4, no. 4, pp. 78-85.

Technidrill. (2018). 11˝5/8 New Step-type Drag Bit / Thread: 3˝1/2 API REG Designed for Soft or very soft formations (Online). Available : http://bestdrillingbits.com/shop/blade-bits/1158 - new-step-type-blade-b/ [2018 Junuary 20]

Thai Pipe Industry Co.,LTD. (2018). ผลิตภัณฑ์ “ท่อน้ำไทย” ครบทุกความต้องการ คุณภาพเยี่ยมที่สุดของประเทศ (Online). Available :http://www.thaipipe.co.th/demos/company/product-service/pro-01-th.html [2018 Junuary 22]

Todd, D.K. (1980). Groundwater Hydrology, 2nd Ed., John Wiley & Sons, New York, 535p.

Toth, J. (1963). A theoretical analysis of groundwater flow in a small drainage basin: Jour. Geophys. Res, v.68, p.4795-4812. Also in Benchmark Papers in Geology v.72 Physical Hydrogeology, ed. by Freeze, R. A. and W. Back, Hutchison Ross Pub. Co., 1983, p.328-345.

US Environmental Protection Agency (US. EPA). (1993). Use of Airborne, Surface, and Bore-hole Geophysical Techniques at Contaminated Sites, a Reference Guide, EPA/ 625/R-92/007.

Wehrmann, H.A. (1983). Monitoring well design and construction, Ground-Water Age, vol. 17, no. 8, pp. 35-38.

Wuxi Jinfan Drilling Equipment Company Ltd. (2018). Eccentric Casing Bit (ODEX Drilling Tools),CasingPipe, CasingShoe (Online). Available : http://www.drillingrigschina.com/10-4-drilling-tool.html [2018 Junuary 22]

www.sima-aree.com. (2009). ท่อกรองน้ำแบบพันลวด (Online). Available : http://sima-aree.com/?ContentID=ContentID-100513115524003 [2018 Junuary 22]