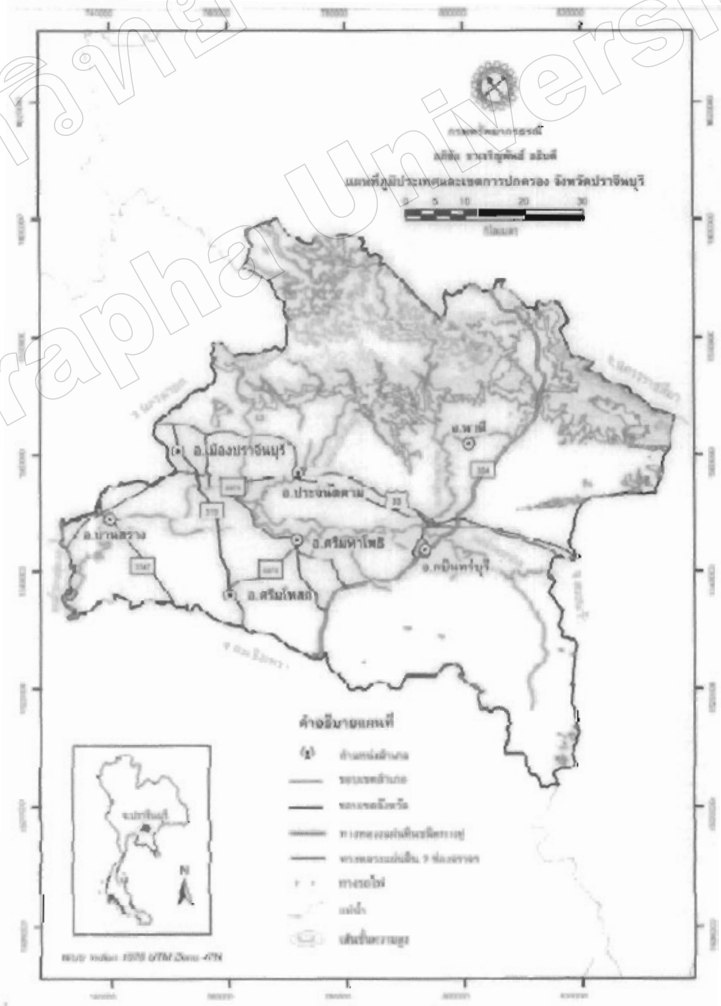
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทั่วไปของจังหวัดปราจีนบุรี

ที่ตั้ง และลักษณะภูมิประเทศ

จังหวัดปราจีนบุรีเป็นจังหวัดชายแดนทางด้านภาคตะวันออกของประเทศไทย ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 13 องศา 39 ลิปดา ถึงละติจูดที่ 14 องศา 27 ลิปดาเหนือ และเส้นลองติจูดที่ 101 องศา 90 ลิปดา ถึงลองติจูดที่ 102 องศา 07 ลิปดาตะวันออก อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร 135 กิโลเมตร มีเนื้อที่ 4,762.362 ตารางกิโลเมตร (ภาพที่ 2-1) สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบจนถึงลักษณะภูเขาสูงชัน ทางตอนเหนือมีลักษณะเป็นป่าเขาติดเทือกเขาดงพญาเย็น ทางตอนใต้และทางตะวันออกเป็นที่ราบมีสภาพเป็นป่าโปร่ง ทางด้านทิศตะวันตกมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มเหมาะแก่การเกษตรกรรม



ภาพที่ 2-1 แผนที่จังหวัดปราจีนบุรี (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

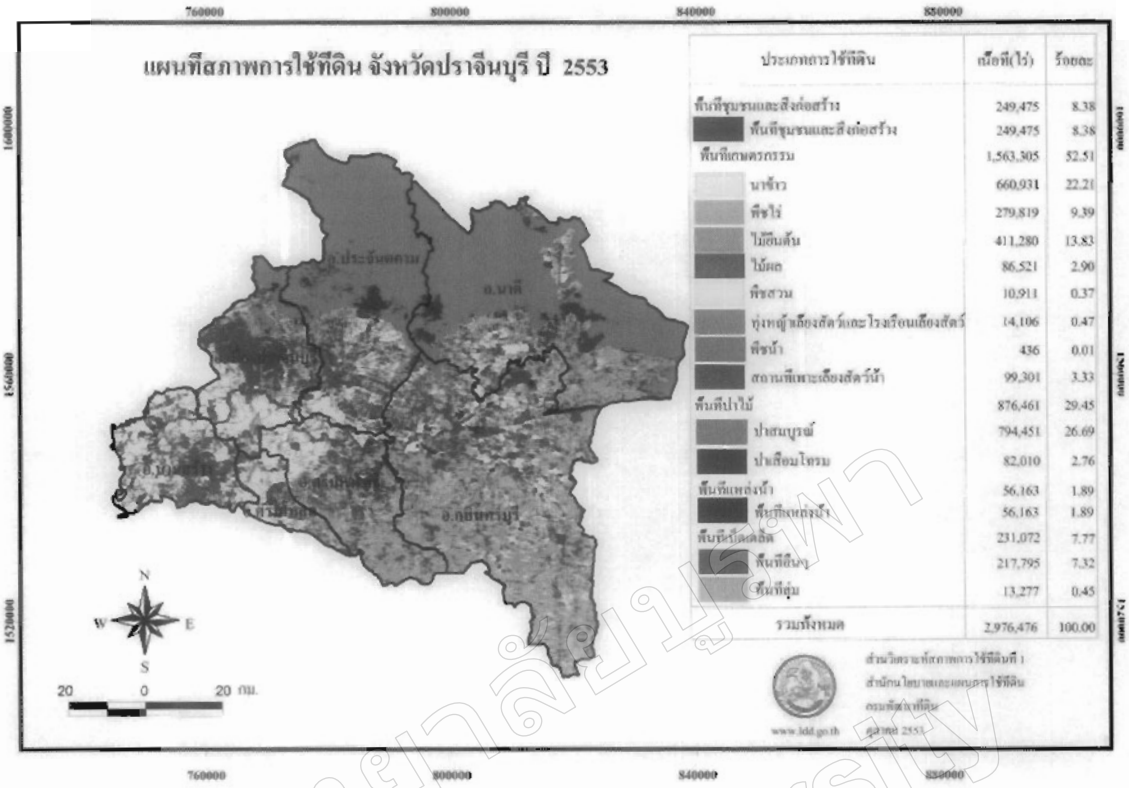
ลักษณะภูมิอากาศ

ปราจีนบุรีมีสภาพที่แห้งแล้งและชุ่มชื้นสลับกันอย่างเห็นชัดเจนลักษณะแบบฝนเมืองร้อน ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีอากาศชุ่มชื้นและฝนตกตลอดฤดูกาล แต่ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือหรือฤดูหนาวนั้นจะมีอากาศแห้งแล้ง มีฤดูที่แตกต่างกัน 3 ฤดูคือฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน-เดือนตุลาคม ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม-เดือนพฤษภาคม อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27-30 องศาเซลเซียส (สำนักงานคลังจังหวัดปราจีนบุรี, 2555)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จังหวัดปราจีนบุรีมีพื้นที่ทั้งหมด 2,976,476 ไร่ เป็นพื้นที่ป่าไม้ 876,461 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.45 ของพื้นที่ทั้งหมด เป็นพื้นที่เกษตรกรรม 1,563,305 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 52.51 ของพื้นที่ทั้งหมด เป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง 249,475 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.38 เป็นพื้นที่แหล่งน้ำ 56,163 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.89 และเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่น ๆ 231,072 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.77 (ภาพที่ 2-2) พื้นที่ป่าไม้ส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่ทางด้านทิศเหนือของจังหวัด ได้แก่บริเวณอำเภอประจันตคาม อำเภอนาดี และอำเภอเมือง พื้นที่เกษตรกรรมครอบคลุมพื้นที่เกินครึ่งของพื้นที่ทั้งหมด พบกระจายตัวทั่วไปตามพื้นที่ราบลุ่มต่าง ๆ และพื้นที่ในชนบทของทุกอำเภอ ส่วนพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้างพบหนาแน่นบริเวณตัวอำเภอและบริเวณพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น เขตประกอบการอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี เขตประกอบการอุตสาหกรรมปราจีนบุรีอินดัสเทรียลปาร์ค สวนอุตสาหกรรมสหพัฒนาอินเตอร์โฮลดิ้ง สวนอุตสาหกรรม 304 อินดัสเทรียลปาร์ค สวนอุตสาหกรรมปราจีนแลนด์ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-2 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน จังหวัดปราจีนบุรี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System , GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ได้มีการพัฒนาเมื่อตอนต้นปี ค.ศ. 1960 ด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนามากขึ้น เพื่อช่วยในการจัดเก็บข้อมูลปริมาณมากได้ และมีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้ดีขึ้น และในการทำแผนที่นั้น การที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำ และสามารถช่วยตอบคำถามต่าง ๆ ได้นั้น ต้องอาศัยทักษะในการฝึกฝน และเรียนรู้ เมื่อมนุษย์นำคอมพิวเตอร์เข้ามาผลิตแผนที่ทำให้การผลิตแผนที่เริ่มเป็นระบบมากขึ้น

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึงระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการรวบรวมและบันทึก (Data input) ข้อมูลทรัพยากร สิ่งแวดล้อม และภัยพิบัติ ให้อยู่ในรูปแบบเชิงพื้นที่ที่อ้างอิงตำแหน่งภูมิศาสตร์ และข้อมูลตารางสถิติ และปรับปรุงข้อมูล (Data manipulation) ให้อยู่ในระบบพิกัดอ้างอิงเดียวกัน เพื่อให้มีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพการวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) และนำเสนอผลลัพธ์ (Data display) แผนที่และข้อมูลสถิติเพื่อสนับสนุนการวางแผนตัดสินใจทางเลือกที่เหมาะสมของผู้บริหารหรือผู้ใช้งาน (People) โดยใช้ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software)

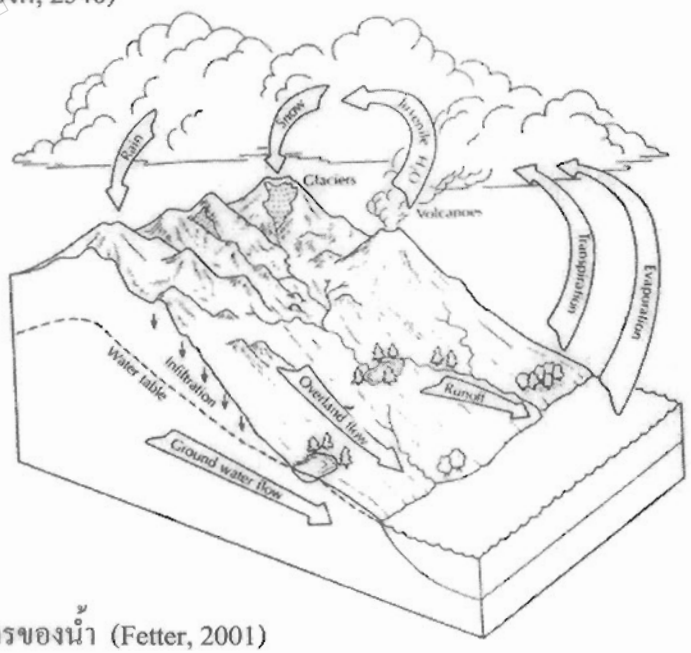
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic data) และวิธีการดำเนินงาน (Methodology) เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ของสภาพการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ มากมาย รวมทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วย เช่น การประยุกต์ในเรื่องของการบริหารจัดการวางแผนสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น ศึกษาหาสาเหตุปัจจัยแหล่งมลพิษ ตลอดจนการวางแผนการจัดการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของที่ดิน เป็นต้น (สุเพชร จิรขจรกุล, 2555)

วัฏจักรของน้ำ

น้ำในโลกเรานี้ไม่ว่าจะเป็นน้ำผิวดิน(Surface water) หรือน้ำใต้ดิน(Subsurface water) ล้วนมีต้นกำเนิดมาจากน้ำในบรรยากาศ (Meteoric หรือ Atmospheric water) ความสัมพันธ์ของน้ำดังกล่าว เรียกว่า วัฏจักรของน้ำ ซึ่งหมายถึงความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันตามธรรมชาติของน้ำ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของของเหลว ไอน้ำ หรือของแข็ง ไม่ว่าจะอยู่ใต้ผิวดิน บนดิน หรือเหนือผิวดินขึ้นไป (ภาพที่ 2-3) ในภาพรวมของแหล่งน้ำบนโลกเรา พบว่าเป็นน้ำเค็มในทะเล และมหาสมุทรถึง 97.2% ที่เหลืออีก 2.8% จะเป็นน้ำจืด ในจำนวน 2.8% ของน้ำจืดที่เกิดขึ้นบนโลก จะอยู่ในรูปของธารน้ำแข็ง 2.14% ในรูปของน้ำบาดาล 0.61% ในรูปของน้ำตามแม่น้ำ ลำธารอื่น ๆ 0.009% ในรูปของความชื้นในดิน 0.005% และในรูปของความชื้นในบรรยากาศ 0.001% ซึ่งจากสัดส่วนดังกล่าวจะเห็นได้ว่าน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำจืดที่อยู่ในสถานะของเหลวที่มีปริมาณมากที่สุดบนพื้นโลกเรา (ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546)



ภาพที่ 2-3 วัฏจักรของน้ำ (Fetter, 2001)

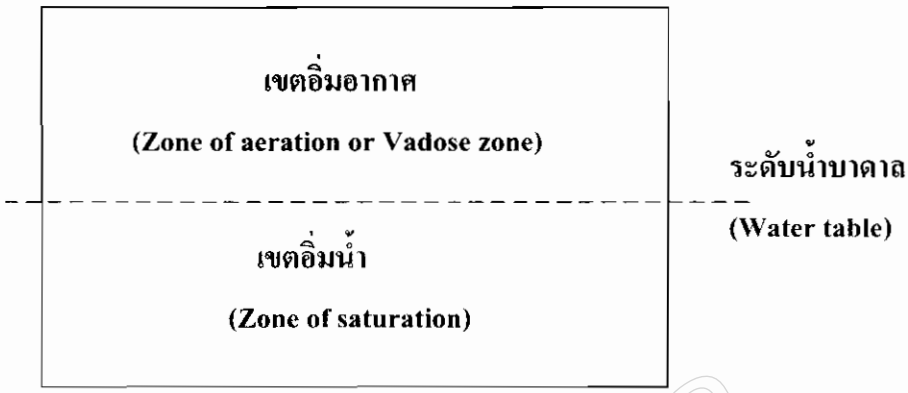
น้ำบาดาล

น้ำบาดาล หมายถึง ส่วนของน้ำใต้ผิวดินที่อยู่ในเขตอิ่มน้ำ รวมถึงธารน้ำใต้ดิน โดยทั่วไป หมายถึง น้ำใต้ผิวดินทั้งหมด ยกเว้นน้ำภายในโลก ซึ่งเป็นน้ำอยู่ใต้ระดับเขตอิ่มน้ำ (พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา, 2530) ในทางกฎหมายน้ำบาดาล ตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 กำหนดไว้ว่า น้ำบาดาล หมายความว่า น้ำใต้ดินที่เกิดอยู่ในชั้นดิน กรวด ทราย หรือหิน ที่อยู่ลึกจากผิวดินเกินความลึกที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา แต่จะกำหนดความลึก คือไม่น้อยกว่า 10 เมตร การศึกษาน้ำบาดาลส่วนใหญ่จะเน้นหนักไปในด้านการสำรวจถึงช่องว่างที่กักเก็บน้ำเอาไว้ ทั้งนี้น้ำภายใต้ผิวดินส่วนใหญ่มาจากฝน ซึ่งตกลงมายังพื้นโลก แล้วส่วนหนึ่งซึมผ่านลงไปใต้ดิน อีกส่วนหนึ่งไหลไปสู่แม่น้ำลำธาร ซึ่งจากนั้นอาจจะซึมลงไปใต้ผิวดินด้วย นอกจากนี้กิจการ พรหมมา (2547) ยังได้ให้คำจำกัดความว่า น้ำบาดาล หมายถึงน้ำที่ถูกกักขังอยู่ในช่องว่างของหิน (Rock) และตะกอน (Sediment) ใต้ผิวดินจนเต็มช่องว่างนั้น ช่องว่างในหินหมายรวมถึงรอยแตก (Fracture) โพรง (Void) และเนื้อที่ว่างระหว่างเม็ดตะกอน (Pore)

1. การเกิดน้ำบาดาล

น้ำบาดาล เกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาแล้วซึมลงสู่ใต้พื้นดินถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างภายในชั้นดิน ชั้นหิน ผ่านการกรองตามธรรมชาติ จึงเป็นน้ำที่สะอาด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ การไหลของน้ำบาดาลจะแผ่กระจายไปใต้พื้นดินทั่วทุกพื้นที่อย่างกว้างขวาง แตกต่างจากน้ำผิวดิน ที่ไหลไปได้ในเฉพาะส่วนที่เป็นแม่น้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง เท่านั้น สำหรับประเทศไทยพบว่า น้ำบาดาลมีมากกว่าน้ำจืดประเภทอื่นถึง 24 เท่า (1.1 ล้านล้านลูกบาศก์เมตร) และมีการเพิ่มเติมของน้ำฝนลงไปในชั้นน้ำทุกปี น้ำบาดาลมีทุกหนทุกแห่ง อยู่ลึกลงไปใต้ผิวดินมีจำนวนหลายชั้นในที่ความลึกตั้งแต่15 เมตร ถึง มากกว่า 1,000 เมตร ปัจจุบันนี้พัฒนาถึงความลึกระดับ 600 เมตร สามารถเจาะพัฒนามาใช้ได้ในทุกพื้นที่เป็นแหล่งน้ำที่มั่นใจได้ว่าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตลอดไป (http://www.groundwaterpavilion.com/page1.html)

โดยสภาพธรณีวิทยาแล้ว ดินและหินจะประกอบด้วยช่องว่าง (Voids or interstices) ซึ่งน้ำสามารถแทรกเข้าไปอยู่หรือถูกกักเก็บไว้ ตลอดจนมีการเคลื่อนที่ไปมาตามช่องว่างเหล่านี้ น้ำที่แทรกอยู่ในช่องว่างของดินและหิน จะเรียกรวม ๆ กันว่า น้ำใต้ดิน นอกจากนี้แล้ว ในทางธรณีวิทยายังแบ่งชั้นดินและหินที่อยู่ใต้ผิวดินลงไปเป็น 2 เขตใหญ่ ๆ ด้วยกัน กล่าวคือ บริเวณที่เป็นเขตอิ่มอากาศ (Zone of aeration) และบริเวณที่เป็นเขตอิ่มน้ำ (Zone of saturation) (ภาพที่ 2-4)



ภาพที่ 2-4 เขตอิ่มอากาศ และเขตอิ่มน้ำ (ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546)

เขตอิ่มอากาศ หมายถึง ส่วนที่อยู่ติดกับผิวดิน ในเขตนี้ช่องว่างบางส่วนจะมีน้ำกักเก็บอยู่ และบางส่วนจะมีฟองอากาศแทรกอยู่ น้ำใต้ดินที่ถูกกักเก็บไว้ในเขตอิ่มอากาศนี้ เรียกรวมกันว่าน้ำแขวนลอย(Vadose or Suspended water) ถึงแม้ปริมาณน้ำที่แทรกอยู่ในช่องว่างเหล่านี้อาจมีมาก แต่ไม่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้ เนื่องจากน้ำจะถูกยึดอยู่ในช่องว่างด้วยแรงดึงคาปิลารี(Capillary force)

เขตอิ่มน้ำ (Zone of saturation or Phreatic Zone) ในเขตอิ่มน้ำนี้ ทุกช่องว่างที่มีอยู่ในดินและหินจะมีน้ำแทรกอยู่เต็มไปหมด หรืออีกนัยหนึ่งจะอิ่มตัวไปด้วยน้ำ น้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในเขตอิ่มน้ำนี้เรียกว่าน้ำบาดาล (Groundwater) ระดับบนสุดของเขตอิ่มน้ำเรียกว่า ระดับน้ำบาดาล (Water table) ณ ตำแหน่งของระดับน้ำบาดาล ความดันของน้ำในช่องว่าง (Pore water pressure) จะเท่ากับความดันบรรยากาศ(Atmospheric pressure) ณ ตำแหน่งที่ลึกต่ำลงไปจากระดับน้ำบาดาล ความดันของน้ำก็จะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากน้ำหนักของตัวน้ำที่กดทับ ด้วยเหตุนี้เราจึงสามารถสูบนำน้ำบาดาลจากเขตอิ่มน้ำขึ้นมาใช้ เนื่องจากความดันที่สูงกว่าความดันบรรยากาศนั่นเอง

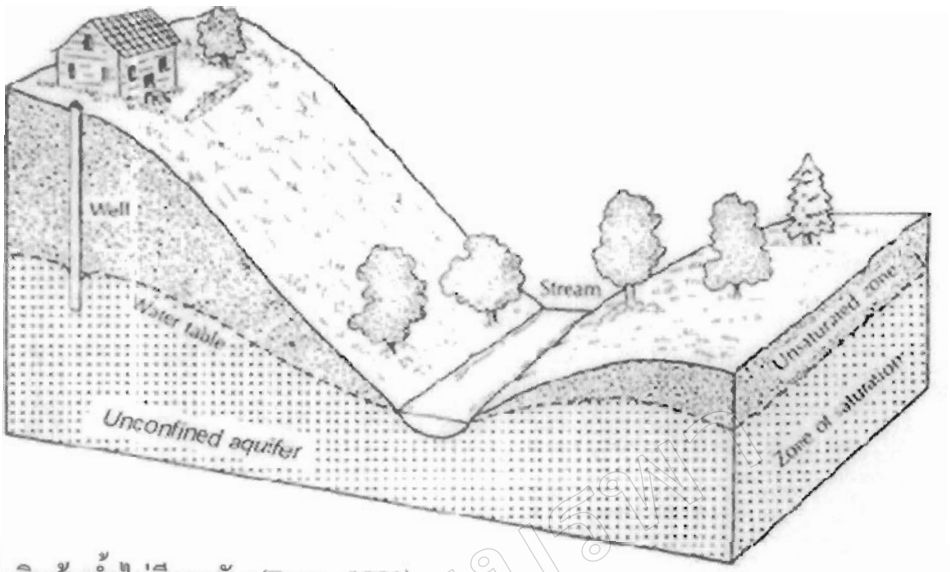
โดยสภาพธรณีวิทยาแล้ว หินประเภทต่าง ๆที่พบบนเปลือกโลก ไม่ว่าจะเป็นหินร่วน (Unconsolidated rock) พวกกรวด ทราย ตะกอนธารน้ำ หรือหินแข็ง(Consolidated rock)ที่มีรูพรุน อาทิ หินทราย หินที่มีรอยแตก หรือหินที่ละลายน้ำได้ อาทิ หินปูน หินโดโลไมต์ ต่างก็มีช่องว่างที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ เรียกรวม ๆ กันว่า หินกักเก็บน้ำ (Waterbearing rock) แต่หินกักเก็บน้ำนี้อาจจะจ่ายน้ำได้ไม่เพียงพอในการสูบขึ้นมาใช้สอย ซึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางอุทกธรณีของหินเหล่านั้นเป็นสำคัญ ชั้นหินหรือกลุ่มของชั้นหินที่อิ่มตัวด้วยน้ำและสามารถปล่อยน้ำบาดาลให้ได้เป็นปริมาณมากและเพียงพอต่อการสูบน้ำขึ้นมาใช้สอย เรียกว่า ชั้นหินอุ้มน้ำ(Aquifer) คำว่า Aqua มาจากภาษาลาติน แปลว่าน้ำ Fer มาจากภาษาลาติน Ferre ที่แปลว่าให้ ตัวอย่างของชั้นหิน

อุ้มน้ำที่สำคัญ ได้แก่ พวกกรวด ทราย หินทราย หินปูน หินโดโลไมต์ หินบะซอลต์ หินอัคนี และหินแปรที่มีรอยแตก เป็นต้น

ชั้นหินกันน้ำ (Confining layer) หมายถึง ชั้นหินที่เนื้อหินเป็นวัสดุกั้นน้ำ คือมีคุณสมบัติไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน หรือซึมผ่านได้น้อย และชั้นหินนี้ปิดหรือกดทับอยู่บนชั้นหินอุ้มน้ำ หรืออาจวางตัวอยู่ทั้งด้านบนและด้านล่างของชั้นหินอุ้มน้ำ การระบุคุณสมบัติว่า ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านหรือซึมผ่านได้น้อย เป็นการระบุเชิงเปรียบเทียบกับชั้นหินอุ้มน้ำที่อยู่ร่วมกัน อาทิ ชั้นของทรายแป้ง (Silt) ที่วางตัวปิดทับชั้นทราย (Sand) ชั้นทรายแป้งจะถือเป็นชั้นหินกันน้ำ ในขณะที่ชั้นทรายจะถือเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ ในขณะที่ชั้นของทรายแป้งชั้นเดียวกันนี้ ถ้าเกิดอยู่ร่วมกับชั้นดินเหนียว (Clay) ชั้นทรายแป้งนี้อาจจะถือว่าเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ เพราะอาจจะสามารถจ่ายน้ำให้กับบ่อบาดาลขนาดเล็กได้ และชั้นดินเหนียวก็จะถือว่าเป็นชั้นหินกันน้ำ ดังนั้น กรณีของชั้นหินกันน้ำ ถือเป็นกรณีเปรียบเทียบและขึ้นอยู่กับสภาพอุทกธรณีของแต่ละบริเวณที่พิจารณา ปกตินำ้บาดาลสามารถซึมไหลผ่านชั้นหินกันน้ำได้ แต่ด้วยอัตราที่ช้ามาก ๆ

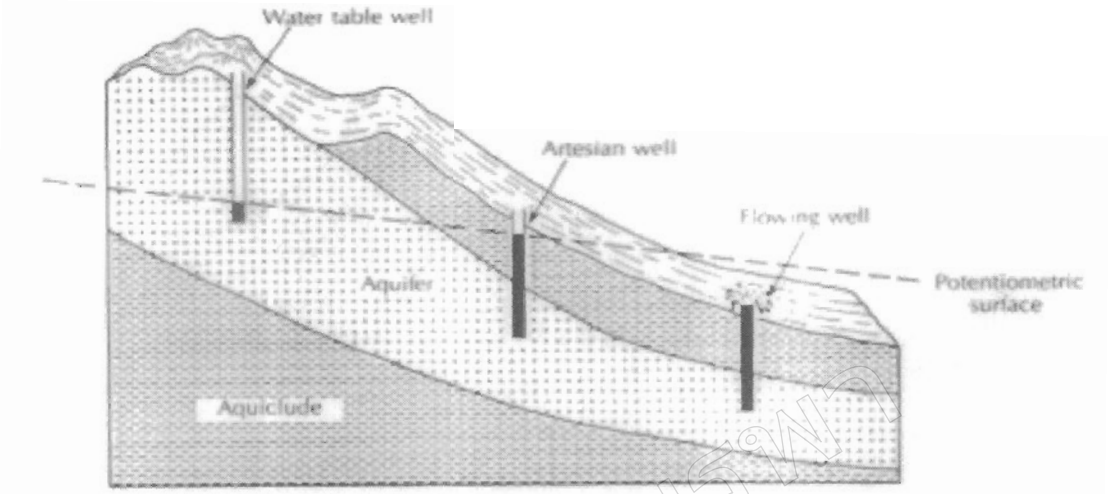
ชั้นหินอุ้มน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ขึ้นอยู่กับสภาพอุทกธรณีและแรงดันที่มีอยู่ในน้ำบาดาลและชั้นหินอุ้มน้ำ ดังนี้

1. ชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดัน (Unconfined aquifer, Water table aquifer,Phreatic aquifer หรือ Non-artesian aquifer) หมายถึง ชั้นหินอุ้มน้ำที่ไม่ได้อยู่ภายใต้แรงดันกล่าวคือ ไม่มีชั้นหินกันน้ำปิดทับอยู่ เป็นชั้นหินอุ้มน้ำที่อยู่ถัดจากผิวดินลงไป มีระดับน้ำบาดาลอยู่ตอนบนสุดของชั้นหินอุ้มน้ำ ความหนาของเขตอิ่มน้ำก็คือ ความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำชนิดนี้ ระดับน้ำบาดาลจะมีระดับและความลาดชันที่ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ (ภาพที่ 2-5) ชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดันนี้ จะได้รับน้ำลงไปเพิ่มเติม (Recharge) จากน้ำฝนที่ซึมผ่านเขตอิ่มอากาศลงไปโดยตรง ถ้าเจาะบ่อบาดาลลงไปในชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดันนี้ ระดับน้ำในบ่อจะแสดงระดับน้ำบาดาลรอบ ๆ บ่อ ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกัน



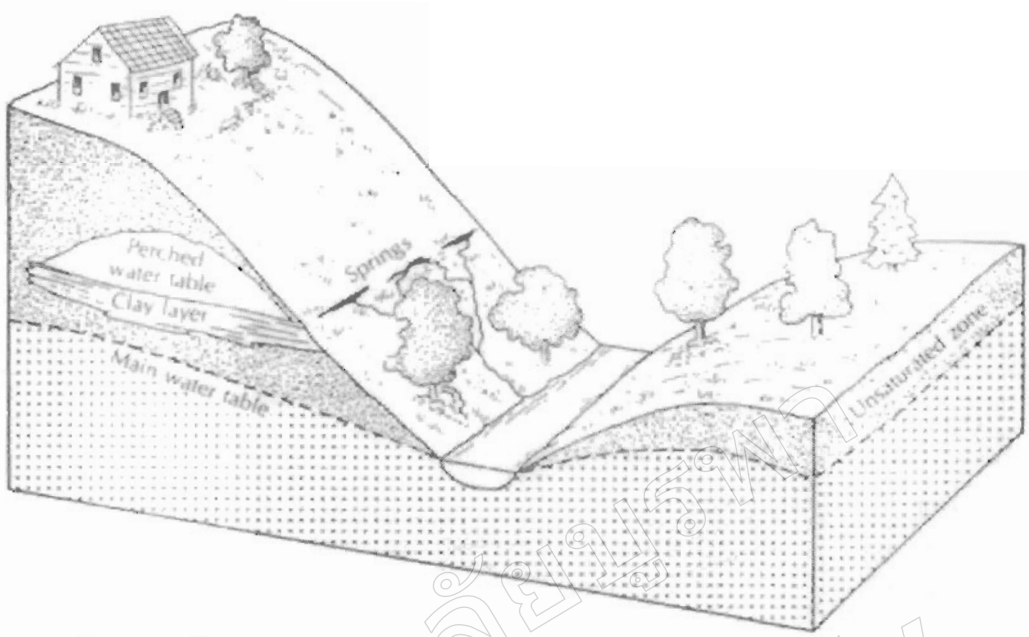
ภาพที่ 2-5 ชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดัน (Fetter, 2001)

2.ชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดัน (Confined aquifer หรือ Artesian aquifer) หมายถึง ชั้นหินอุ้มน้ำที่มีชั้นหินกันน้ำปิดทับอยู่ อาจจะเฉพาะด้านบนหรือรวมทั้งปิดทับด้านบนและรองรับด้านล่าง ทำให้น้ำบาดาลและชั้นหินอุ้มน้ำนี้อยู่ภายใต้แรงดันที่มากกว่าแรงดันบรรยากาศ ชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดันอาจจะได้รับน้ำลงไปเพิ่มเติมจากน้ำฝนที่ซึมผ่านส่วนของชั้นหินอุ้มน้ำที่โผล่ที่ผิวดิน หรือจากที่น้ำฝนซึมผ่านชั้นหินกันน้ำลงไป (ภาพที่ 2-6) ถ้าเจาะบ่อบาดาลผ่านชั้นหินกันน้ำเข้าไปในตัวชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดันนี้ ระดับน้ำในบ่ออาจจะขึ้นไปสูงกว่าระดับของชั้นหินอุ้มน้ำ ซึ่งแสดงว่าน้ำบาดาลนี้จะอยู่ภายใต้แรงดัน ระดับน้ำในบ่อดังกล่าวจะแสดงระดับแรงดันของน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำนี้ และจะมีระดับสูงกว่าส่วนที่อิ่มน้ำด้วยเสมอ เรียกแนวหรือระดับสมมติแสดงระดับแรงดันนี้ว่า ระดับแรงดันน้ำ (Potentiometric surface หรือ Piezometric surface) ในกรณีที่เจาะบ่อบาดาลในตำแหน่งที่มีระดับแรงดันน้ำอยู่เหนือระดับผิวดิน น้ำในบ่อก็จะพุหรือพุ่งขึ้นมาเอง โดยไม่ต้องมีการสูบ เรียกบ่อบาดาลนี้ว่า บ่อน้ำพุ (Flowing well) โดยระดับที่น้ำพุขึ้นมาจะขึ้นไปจนถึงระดับแรงดันที่มีอยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำ ในกรณีที่เจาะบ่อบาดาลในตำแหน่งที่ระดับแรงดันน้ำอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าระดับผิวดิน จะได้บ่อบาดาลมีแรงดัน(Artesian well) ซึ่งระดับน้ำในบ่อจะอยู่สูงกว่าระดับของชั้นหินอุ้มน้ำแต่ไม่มีน้ำพุออกมา



ภาพที่ 2-6 ชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดัน (Confined aquifer) บ่อน้ำบาดาลมีแรงดัน (Artesian well) และบ่อน้ำพุ (Flowing well) (Fetter, 2001)

3.ชั้นหินอุ้มน้ำปลอม(Perched aquifer) ในบางกรณีในเขตอิ่มอากาศอาจจะมีชั้นของหินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก วางตัวอยู่ในลักษณะโค้งงอคล้ายแอ่ง(Lens shaped) เกิดร่วมอยู่ด้วย เมื่อน้ำฝนซึมผ่านลงมาจากผิวดิน น้ำส่วนหนึ่งจะถูกกักเก็บไว้เหนือชั้นหินเนื้อแน่น ในขณะที่น้ำฝนอีกส่วนหนึ่งจะไหลซึมผ่านลงไปสู่เขตอิ่มน้ำที่อยู่ด้านล่าง ในลักษณะเช่นนี้จะทำให้มีส่วนที่อิ่มตัวด้วยน้ำวางตัวอยู่บนชั้นหินเนื้อแน่น และอยู่ในระดับที่เหนือกว่าเขตอิ่มน้ำ เรียกว่าชั้นหินอุ้มน้ำปลอม (Perched aquifer) (ภาพที่ 2-7) ระดับของน้ำบาดาล เรียกว่าระดับน้ำบาดาลปลอม (Perched water table) น้ำบาดาลนี้จะมีการไหลเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และไหลซึมลงสู่เขตอิ่มน้ำ หรือชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดันที่วางตัวอยู่ด้านล่าง หรืออาจจะไหลออกที่ผิวดินในรูปของน้ำพุ (Spring) ชั้นหินอุ้มน้ำปลอมส่วนใหญ่พบในพื้นที่ตะกอนธารน้ำแข็ง ซึ่งมักจะมีเลนซ์ของดินเหนียว หรือในบริเวณที่มีหินภูเขาไฟ ซึ่งมักจะมีชั้นของเถ้าภูเขาไฟที่น้ำซึมผ่านได้ยาก แทรกรองรับอยู่ในชั้นของหินภูเขาไฟ ปกติชั้นหินอุ้มน้ำปลอมมักจะเป็นขนาดเล็ก เพียงพอสำหรับการใช้ในครัวเรือนเท่านั้น (ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546)



ภาพที่ 2-7 ชั้นหินอุ้มน้ำปลอม (Perched aquifer) (Fetter, 2001)

2. ข้อดีของน้ำบาดาลเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำผิวดิน

1. น้ำบาดาลมักจะปราศจากจุลินทรีย์ซึ่งเป็นพาหนะนำเชื้อโรคต่าง ๆ เนื่องจากน้ำบาดาลจะไหลซึมผ่านตามช่องว่างของชั้นดินและหินต่าง ๆ ทำ ให้เกิดกระบวนการกรองตามธรรมชาติ (Natural filtration) เม็ดตะกอนดินจะช่วยดูดซับเอาพวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ ไว้

2. อุณหภูมิของน้ำบาดาลมักจะคงที่ เนื่องจากน้ำบาดาลกักเก็บในช่องว่างของหินซึ่งอยู่ลึกลงไปจากผิวดิน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนผิวดินจะไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิของน้ำบาดาล ในขณะที่น้ำผิวดินตามแม่น้ำ ลำธาร จะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำได้ง่ายกว่าและไม่คงที่

3. ความขุ่นและสีของน้ำบาดาลจะมีน้อยมากหรือไม่มี กระบวนการกรองตามธรรมชาติช่วยให้น้ำบาดาลมีความใส เพราะไม่มีตะกอน ในขณะที่น้ำผิวดินจะมีความขุ่นด้วยตะกอนที่ปะปนอยู่และแปรเปลี่ยนได้ง่าย สีของน้ำผิวดินอาจจะมาจากสารเคมีที่ได้จากพืชบางชนิดที่น้ำไหลผ่าน

4. คุณสมบัติและส่วนประกอบทางเคมีมักจะคงที่ การที่น้ำบาดาลกักเก็บอยู่ใต้ผิวดินทำให้โอกาสที่ถูกปนเปื้อนมีน้อยกว่าน้ำผิวดิน จึงทำให้คุณสมบัติและส่วนประกอบทางเคมีคงที่

5. ปริมาณของน้ำบาดาลที่ถูกกักเก็บไว้ในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง มักจะมากกว่าปริมาณน้ำผิวดินในบริเวณนั้นๆ เมื่อพิจารณาปริมาณของช่องว่างที่น้ำบาดาลกักเก็บอยู่ในชั้นหินที่อยู่ลึกลงไป ซึ่งอาจลึกลงไปถึงหลายร้อยเมตร ทำให้ปริมาณของน้ำบาดาลที่กักเก็บอยู่ในบริเวณนั้น ๆ จะมากกว่าปริมาณของน้ำผิวดินตามแม่น้ำ ลำธารต่าง ๆ

6. แหล่งน้ำบาดาลจะเป็นแหล่งที่ทำให้สกปรกได้ยากเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งเปิดโอกาสให้สารปนเปื้อนต่าง ๆ เข้าถึงได้โดยตรง ในขณะที่สารปนเปื้อนจะต้องไหลซึมผ่านชั้นดินชั้นหินลงไปก่อนที่จะถึงระดับชั้นน้ำบาดาล สารปนเปื้อนจึงถูกกระบวนการกรองตามธรรมชาติช่วยกลั่นกรองออกไปจำนวนหนึ่ง

7. แหล่งน้ำบาดาลมักจะมีหรือพบได้ในบริเวณที่อาจจะไม่มีน้ำผิวดินเลย น้ำบาดาลเกิดจากน้ำฝนที่ซึมผ่านชั้นดินชั้นหินลงไปกักเก็บอยู่ในช่องว่างต่าง ๆ ใต้ผิวดินลงไป ในพื้นที่หนึ่ง ๆ และในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ในอดีตกาลอาจมีสภาพภูมิอากาศที่เปียกชื้น มีฝนตกต่อเนื่อง และซึมผ่านลงไปกักเก็บในช่องว่างใต้ผิวดินลงไป เมื่อเวลาผ่านไป สภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้นอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นสภาพภูมิอากาศที่แห้งแล้ง ทำให้ไม่มีแม้กระทั่งน้ำผิวดินที่กักเก็บอยู่ หรือมีก็เป็นช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ที่ฝนตกลงมา อาทิ ภูมิประเทศแบบทะเลทรายหรือกึ่งทะเลทราย ซึ่งใต้ผิวดินลงไปมีโอกาสพบน้ำบาดาลที่เกิดจากน้ำฝนอดีตกาลซึมลงไปกักเก็บอยู่ในปริมาณที่มากพอนำขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ บริเวณใด ๆ ที่ปัจจุบันอาจดูแห้งแล้ง ไม่มีน้ำผิวดิน แต่ใต้ดินลงไปมีโอกาสที่จะพบน้ำบาดาลกักเก็บอยู่ (ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546)

แหล่งน้ำบาดาลในประเทศไทย

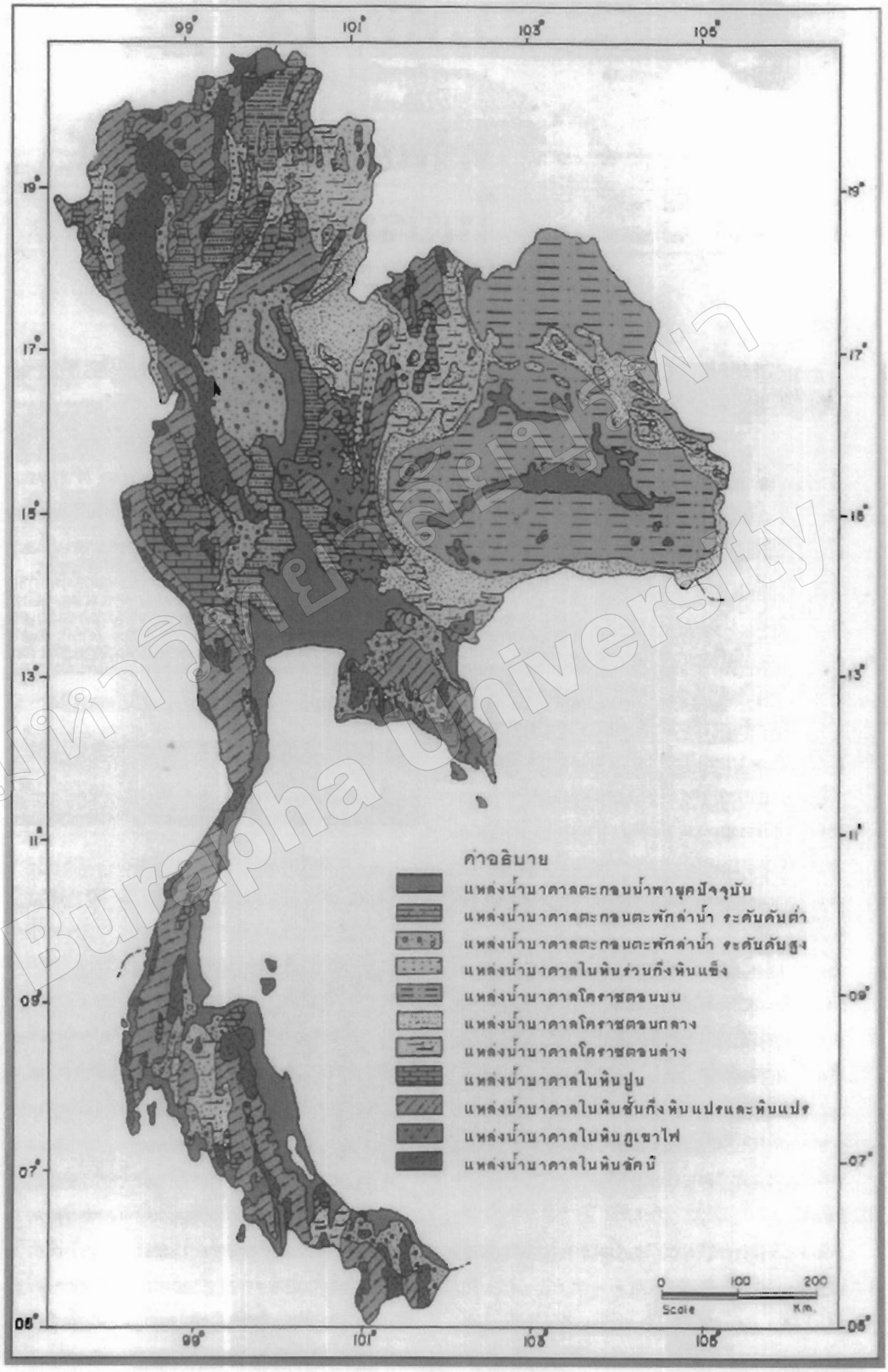
เนื่องจากน้ำบาดาลเก็บกักในวัสดุธรณีวิทยา การจำแนกชั้นน้ำบาดาลจึงแบ่งออกเป็นหมวดหมู่โดยอิงตามการแบ่งหน่วยหินทางธรณีวิทยา โดยเรียกว่าหน่วยลำดับชั้นน้ำ (Hydrostratigraphic unit) (ภาพที่ 2-8) มีรายละเอียดดังนี้

ตะกอน

1. ตะกอนน้ำพา ชั้นน้ำประกอบด้วยกรวดทรายหยาบโดยมีดินเหนียวและทรายแป้งเป็นชั้นทึบน้ำ เรียกชื่อว่า ชั้นน้ำเจ้าพระยา เก็บกักน้ำบาดาลดีที่สุดเพราะน้ำจืดและให้น้ำมาก ตะกอนน้ำพาที่สำคัญมี 2 ยุค ดังนี้

กรวดทรายของธารน้ำยุคปัจจุบัน มักสะสมตัวอยู่ตื้น ได้แก่แม่น้ำเจ้าพระยาและสาขา (ปิง วัง ยม น่าน) แม่น้ำโขงและสาขา (มูลและชี) แม่น้ำสายเล็กและสั้นอื่น ๆ ในภาคใต้ภาคตะวันตก และภาคตะวันออก ให้น้ำ 40-60 ลบ.ม./ชั่วโมง มีศักยภาพสูง

กรวดทรายกลางแอ่งสะสมตัวยุคเทอร์เชียรี ชั้นน้ำมักมีความหนามาก ในภาคกลางเรียกว่า แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยา โดยหากอยู่เหนือจังหวัดนครสวรรค์ไปจนถึงอำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์เรียกว่า แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน หากอยู่ต่ำกว่าจังหวัดนครสวรรค์ลงมาจนถึงกรุงเทพมหานครเรียกว่า แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนล่าง ในขณะที่ภาคเหนือจะเป็นแอ่งสะสมตะกอนระหว่างภูเขา เช่น แอ่งเชียงใหม่ และแอ่งลำปาง สำหรับแอ่งเชียงใหม่ชั้นน้ำคุณภาพดีมี



ภาพที่ 2-8 แผนที่อุทกธรณีวิทยาประเทศไทย (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

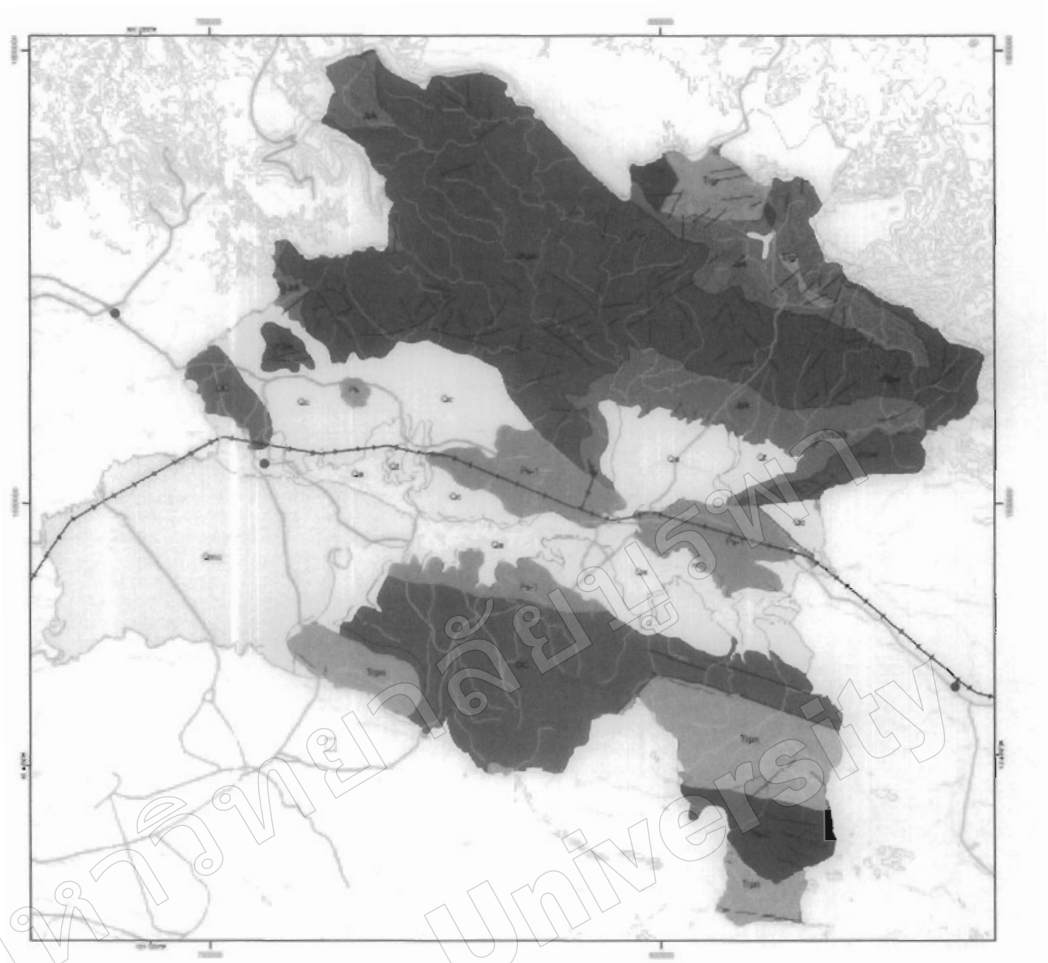
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เห็นในปัจจุบัน ได้แก่พื้นที่ภูเขาสูงบริเวณตอนบนของจังหวัด พื้นที่เนินลอนลาดและมีเขาลูกโดดบริเวณตอนกลางถึงตอนล่างขวาของพื้นที่จังหวัด และพื้นที่ราบลุ่มบริเวณตอนล่างซ้ายของพื้นที่ ซึ่งรองรับด้วยหินแข็งอายุตั้งแต่ 285 ล้านปีจนถึงตะกอนปัจจุบัน มีทั้งหินตะกอน หินอัคนี และตะกอนร่วน สภาพธรณีวิทยาของแต่ละภูมิประเทศมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน (ภาพที่ 2-9) โดยพื้นที่ภูเขาสูงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของขอบที่ราบสูงโคราช ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินตะกอนที่สะสมตัวบนพื้นทวีปในมหายุคมีโซโซอิก (อายุประมาณ 210-65 ล้านปี) มีบางส่วนเป็นหินอัคนีอายุไทรแอสซิก (ประมาณ 225 ล้านปี) ลักษณะภูมิประเทศแบบเนินลอนลาดมีเขาลูกโดดประกอบด้วย หินตะกอนที่สะสมในพื้นสมุทรในมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน (อายุประมาณ 285-245 ล้านปี) และหินตะกอนที่สะสมตัวบนพื้นทวีปในมหายุคมีโซโซอิก ส่วนพื้นที่ราบลุ่มเป็นการสะสมตะกอนร่วนในยุคควอเทอร์นารี (1.6 ล้านปี-ปัจจุบัน) (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

แหล่งน้ำบาดาลเกิดอยู่ในทั้งหินร่วนและหินแข็ง หินร่วนปกคลุมพื้นที่แคบ ๆ และมีความหนาไม่มาก ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีทางน้ำขนาดใหญ่ที่มีกำลังสามารถกัดเซาะหินเดิมออกไปและพัดพาตะกอนใหม่มาสะสมเป็นชั้นที่มีความหนามาก ๆ ได้ โดยแหล่งน้ำบาดาลของจังหวัดปราจีนบุรี (ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546) แบ่งได้ดังนี้

ตะกอนน้ำพา พบบริเวณที่ราบลุ่มตะกอนน้ำพาของแม่น้ำปราจีนบุรีช่วงตั้งแต่อำเภอเมืองปราจีนบุรี ผ่านอำเภอศรีมหาโพธิ อำเภอกบินทร์บุรี ตะกอนยุคใหม่ของแม่น้ำสายนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยทรายละเอียด ดินเหนียว และเศษหิน มีความกว้างเฉลี่ยประมาณ 500 เมตร ความหนาเฉลี่ย 5-15 เมตร มีปริมาณน้ำบาดาลที่พัฒนาขึ้นมาใช้ได้อยู่ในเกณฑ์ 2-5 ลบ.ม./ชั่วโมง คุณภาพจืด

ตะกอนตะพักลำน้ำ การสะสมตัวของตะกอนชุดนี้ ได้รวมเอาตะกอนจากลำน้ำยุคเก่า ตะกอนน้ำพารูปพัด (Alluvial fan) ตะกอนจากการทับถมร่องน้ำ (Valley filled deposits) เข้าไว้ด้วยกันทำให้มีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำบาดาลไม่ดีนักและคลุมพื้นที่แคบ ๆ เท่านั้น สภาพน้ำบาดาลพอจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือบริเวณพื้นที่สองข้างฝั่งแม่น้ำบางปะกงได้แก่พื้นที่ตั้งแต่บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ถึงอำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา และอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี พื้นที่บริเวณนี้มีความหนาของตะกอนค่อนข้างมาก ประมาณ 200-300 เมตร และมีชั้นกรวดทรายแทรกสลับกับดินเหนียวและทรายละเอียดเป็นช่วง ๆ น้ำบาดาลที่ได้จากชั้นกรวดทรายอยู่ในเกณฑ์ 5-20 ลบ.ม./ชั่วโมง และมีหลายแห่งพบว่าไม่มีชั้นน้ำบาดาลหรือชั้นกรวดทราย แสดงให้เห็นถึงความต่อเนื่องของชั้นกรวดทรายมีไม่มาก และคุณภาพน้ำบาดาลบริเวณนี้เกือบทั้งหมดเป็นน้ำกร่อยหรือเค็ม ส่วนอีกบริเวณหนึ่งคือพื้นที่ขอบแอ่ง ได้แก่พื้นที่ด้านตะวันออกสุดของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำบาดาลคุณภาพจืด ให้ปริมาณน้ำตั้งแต่ 5-15 ลบ.ม./ชั่วโมง บางแห่งอาจได้ถึง 20-30 ลบ.ม./ชั่วโมง



คำอธิบาย
EXPLANATION

หินตะกอนและหินแปร
Sedimentary and Metamorphic rocks

Qa	ตะกอนธารน้ำพา กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวสะสมตัวตามร่องน้ำ หินดินแม่น้ำและอ่างน้ำท่วมถึง
Qmc	ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง หินเหนียว ทราย ทรายแป้ง และทรายตะเกียดของที่ลุ่มรายน้ำขึ้นถึงที่ลุ่มชื้นแฉะที่ลุ่มน้ำขังป่าชายเลน และชะวากทะเล
Qc	ตะกอนเศษหินกรังขาและตะกอนลูกรังเก่า กรวด ทราย ทรายเก่าปนดินเหนียวและเศษหิน
Qt	ตะกอนตะพักลำน้ำ กรวด ทราย ทรายแป้ง หินเหนียว และหินดานแดง
JKsk	หินทรายเนื้อควอตซ์อาร์โคสขาว ชมพูและเทา แสดงการวางชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ชั้นหนา แทรกสลับด้วยหินทรายปนกรวดบ้าง แสดงลักษณะโป่นชั้นบางๆ ของหินทรายเนื้อปนแดง หินเชิร์ต
Jpk	หินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง เนื้อปูนตะกอนและเนื้อโคลนก้อนหินทรายอาร์โคสขาว น้ำตาลหรือแดงและหินกรวดมนมี Calcrete ตามแนวรอยแยก
Trpn	หินทรายแกร็ยแวก หินดินดาน หินปูน และหินกรวดมน
Trsl	หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินทราย หินดินดาน หินปูน หินเชิร์ต บางแห่งพบหินภูเขาไฟ และหินซอร์นเฟล
Ps-t	หินปูน หินเชิร์ต หินดินดาน หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟและหินภูเขาไฟ
Ps	หินปูนฟอสซิลลิฟอรัส หินเชิร์ต หินบะซอลต์ครูปหมอน หินอุลตร้ามาฟิก และหินเซอร์เพนทิไนต์
DC	หินเชิร์ต หินทัฟฟ์ หินปูน และหินภูเขาไฟ ส่วนใหญ่ถูกแปรสภาพ

หินอัคนี
Igneous rocks

Trgr	หินไบโอไทต์แกรนิต ทัวมาลีนแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไบโอไทต์มัสโคไวต์แกรนิต มัสโคไวต์ทัวมาลีนแกรนิต ไบโอไทต์ทัวมาลีนแกรนิต
Rhy	หินไรโอไลต์ แอนดีไซต์ หินทัฟฟ์ผสมภาไทย หินกรวดหรือหินภูเขาไฟวิน ไรโอลิติกทัฟฟ์และหินแอนดีซิติกทัฟฟ์

ภาพที่ 2-9 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดปราจีนบุรี (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

พื้นที่ดังกล่าวนี้ครอบคลุมบริเวณด้านตะวันตกของอำเภอศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี อย่างไรก็ตามบริเวณดังกล่าวนี้ก็อาจจะมีแหล่งน้ำเค็มเป็นแห่ง ๆ สำหรับความหนาของชั้นตะกอนไม่แน่นอน เพราะความลึกของชั้นหินแข็งเปลี่ยนแปลงมาก แต่โดยเฉลี่ยประมาณ 30-100 เมตร

หินแข็ง จัดว่าเป็นชั้นน้ำที่สำคัญเนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่รองรับด้วยหินแข็ง โดยเฉพาะทางด้านทิศเหนือและทางทิศใต้ของจังหวัด โดยความสามารถในการเก็บกักน้ำขึ้นอยู่กับสภาพของรอยแตก แนวแตก หรือรอยเลื่อนต่าง ๆ โดยทั่วไปมีเกณฑ์การให้น้ำตั้งแต่ 2-10 ลบ.ม./ชั่วโมง (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2549) ในหินอัคนีพวกหินแอนดีไซต์ หินไรโอไลต์ และแกรนิต ซึ่งพบบริเวณด้านเหนือของอำเภอนาดี และทางด้านทิศใต้ของอำเภอกบินทร์บุรี ให้น้ำในเกณฑ์ 10-40 ลบ.ม./ชั่วโมง ในหินทรายและหินดินดานกึ่งหินชนวน (Slaty shale) ที่พบในพื้นที่อำเภอศรีมหาโพธิ และกบินทร์บุรีให้น้ำถึง 30 ลบ.ม./ชั่วโมง

วิธีประเมินความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาล (Groundwater vulnerability assessment methods)

Almasri (2008) กล่าวไว้ว่ามีการศึกษามากมายหลายวิธีที่ใช้ในการประเมินความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาล มีตั้งแต่แบบจำลองอันซับซ้อนที่ศึกษาทั้งขบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ที่เกิดขึ้นในเขตอิ่มอากาศและในชั้นหินอุ้มน้ำ ไปจนถึงวิธีที่ให้น้ำหนักกับปัจจัยสำคัญที่เชื่อว่าส่งผลกระทบต่อความเปราะบางของน้ำบาดาลโดยการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ และวิธีการทางสถิติ

โดยทั่วไปวิธีการที่ละเอียดและซับซ้อนย่อมต้องการความรู้ความเข้าใจที่ละเอียดและซับซ้อนมากด้วย วิธีที่เรียบง่ายมักใช้การประมาณค่ามากและมีความถูกต้องแม่นยำน้อยกว่า แต่ก็ต้องการรายละเอียดข้อมูลของระบบที่กำลังประเมินน้อยด้วยเช่นกัน แม้ว่าวิธีที่ซับซ้อนจะสามารถอธิบายขบวนการเคลื่อนที่ของสารมลพิษต่าง ๆ ได้ค่อนข้างแม่นยำ แต่บ่อยครั้งที่ข้อมูลรายละเอียดที่ต้องการไม่สามารถหามาใช้ได้ จึงต้องใช้การประมาณจากข้อมูลที่มีอย่างจำกัด

วิธีการหลักที่นิยมใช้ในการประเมินความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาลมี 3 วิธีด้วยกัน ดังนี้

1. Overlay and index methods เป็นวิธีที่รวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative)หรือกึ่งคุณภาพ(Semi-qualitative) นำมาจัดการ อธิบาย และแปลความหมายออกมาเป็นแผนที่ วิธีนี้มุ่งเน้นไปที่การรวบรวมข้อมูลเท่าที่หามาได้และตัดสินใจโดยผู้เชี่ยวชาญ มากกว่าที่จะสนใจขบวนการและกลไกในการปนเปื้อนของน้ำบาดาล วิธีนี้ใช้การซ้อนทับกันของแผนที่ของปัจจัยสำคัญต่าง ๆ ที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาล โดยทั่วไปแล้วผลลัพธ์จะ

ออกมาเป็นแผนที่หนึ่งแผ่น แสดงศักยภาพของความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาล ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยจะระบุระดับของความเปราะบางเป็น ต่ำ ปานกลาง และ สูง เป็นต้น ปัจจัยที่ใช้มักเป็นปัจจัยทางกายภาพซึ่งคาดว่ามีผลกระทบต่อศักยภาพของชั้นหินอุ้มน้ำที่มีต่อการปนเปื้อนของสารมลพิษ จึงเรียกแผนที่ที่ได้ออกมานี้อีกชื่อหนึ่งว่า Intrinsic vulnerability map วิธีที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางคือวิธี DRASTIC (Aller et al., 1987)

2. Process-based simulation models เป็นวิธีสร้างแบบจำลองที่ศึกษาข้อมูลจำนวนมาก ทั้งขบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา เพื่อทำนายการมีอยู่ (Fate) และการเคลื่อนที่ (Transport) ของสารมลพิษในเขตอิ่มอากาศและในชั้นหินอุ้มน้ำ แบบจำลองเหล่านี้มีความหลากหลายแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับความซับซ้อนและความต้องการรายละเอียดของข้อมูล โดยทั่วไปแล้ววิธีนี้ค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน ต้องการข้อมูลที่ละเอียดซึ่งมักไม่ค่อยมีให้ใช้และเข้าถึงข้อมูลได้ค่อนข้างยาก

3. Statistical techniques for vulnerability assessment เป็นวิธีที่ใช้เครื่องมือทางสถิติมาทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าของความเปราะบางกับปัจจัยแต่ละตัวที่คาดว่ามีผลกระทบต่อความเปราะบางของน้ำบาดาล และต้องใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำ (Water quality) ในการเปรียบเทียบด้วย ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นความน่าจะเป็นที่สารมลพิษที่สนใจจะมีความเข้มข้นสูง กลาง หรือต่ำ ในบริเวณพื้นที่ศึกษา Babiker, Mohamed, Hiyama, and Kikuo Kato (2005) กล่าวว่าข้อจำกัดของวิธีนี้อาจเกิดจากการมีข้อมูลของคุณภาพน้ำบาดาลไม่เพียงพอ ความแม่นยำของข้อมูล และการเลือกใช้ข้อมูล

DRASTIC method

เป็นวิธีการประเมินความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาล (Groundwater Vulnerability) ที่ Aller et al. (1987) พัฒนาให้กับ U.S. Environment Protection Agency (US EPA) และเป็นวิธีที่ US EPA ใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาล เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและยอมรับกันโดยทั่วไป วิธีนี้พิจารณาปัจจัยทางอุทกธรณีวิทยา (Hydro-geologic factors) 7 ปัจจัย ได้แก่ Depth to Water table (D), Net Recharge (R), Aquifer Media (A), Soil Media (S), Topography (T), Impact of Vadose Zone Media (I) และHydraulic Conductivity of the Aquifer (C) ตัวย่อของแต่ละปัจจัยนำมารวมกันตั้งเป็นชื่อว่า DRASTIC ผลจากการวิเคราะห์แต่ละปัจจัยจะถูกแบ่งออกเป็นช่วง ๆ และให้ค่าของแต่ละช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 10 หลังจากนั้นนำค่าคะแนนที่ได้มาคูณด้วยค่าความถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาล ซึ่งมีค่าถ่วงน้ำหนักไม่เท่ากันโดยมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 โดยค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่ถือได้ว่ามีความสำคัญ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

ต่อความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาลมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 5 และค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความเปราะบางน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 1 (ตารางที่ 2-1) เพื่อให้ได้ค่าดัชนี DRASTIC (สมการที่ 1) ที่แสดงถึงระดับความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาลในแต่ละพื้นที่ โดยค่าคะแนนสูงกว่าจะหมายถึงพื้นที่นั้นมีความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาลมากกว่า

วิธีนี้ประเมินจากปัจจัยทางกายภาพเท่านั้น และมีสมมติฐานว่าแหล่งของสารมลพิษเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณผิวดิน และซึมผ่านลงมาสู่ชั้นน้ำบาดาล

ตารางที่ 2-1 ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยทางอุทกธรณีวิทยา (Aller et al., 1987)

ปัจจัยกำหนดทางอุทกธรณีวิทยา	ค่าถ่วงน้ำหนัก
D-Depth to Water table	5
R-Net Recharge	4
A-Aquifer Media	3
S-Soil Media	2
T-Topography	1
I-Impact of Vadose Zone Media	5
C-Aquifer Hydraulic Conductivity	3

$$\textbf{DRASTIC Index} = D_rD_w+R_rR_w+A_rA_w+S_rS_w+T_rT_w+I_rI_w+C_rC_w \qquad (1)$$

เมื่อ D, R, A, S, T, I, C หมายถึง ปัจจัยทั้ง 7 ชนิดของแบบจำลอง DRASTIC

r คือ ค่าคะแนนที่ได้จากการแบ่งช่วงของแต่ละปัจจัยต่างๆ (Rating)

w คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย (Weight)

ตัวเลขค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ที่กำหนดให้แต่ละปัจจัย ได้มาจากคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นร่วมกัน (Delphi approach) (Aller et al., 1987) เป็นการเน้นถึงความสำคัญของปัจจัยดังกล่าวเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่น ตัวเลขค่าถ่วงน้ำหนักเป็นค่าคงที่ใช้เหมือนกันทั่วโลก ส่วนตัวเลขคะแนน (Rating) แตกต่างกันไป กำหนดโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีในพื้นที่ศึกษา

ค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้ของดัชนี DRASTIC คือ 23 และค่าสูงสุดคือ 226 ค่าของดัชนี DRASTIC แสดงถึงความเปราะบางในเชิงเปรียบเทียบ นั่นคือ พื้นที่ที่มีค่าดัชนี DRASTIC มากกว่าอีกพื้นที่หนึ่ง แสดงว่าพื้นที่นั้นมีความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาลต่อการเกิดมลภาวะมากกว่าอีก

337485

พื้นที่หนึ่ง อย่างไรก็ตามพื้นที่ที่มีค่าดัชนี DRASTIC ต่ำ ไม่ได้หมายถึงว่าพื้นที่นั้นไม่มีความเปราะบางต่อการเกิดมลภาวะเลย เพียงแต่เป็นพื้นที่ที่มีความเปราะบางน้อยกว่าพื้นที่ที่มีดัชนี DRASTIC ที่สูงกว่าเท่านั้น

เทคนิคทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ถูกนำมาใช้ในการประมวลข้อมูลทั้งหมดเพื่อแสดงผลในรูปแผนที่ความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาล โดยการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster และสร้างกริด (Grid) ใส่ค่าของแต่ละปัจจัยไปในแต่ละกริด เมื่อทำการทับซ้อนแผนที่ที่มีค่าของแต่ละปัจจัยเข้าด้วยกัน ทุกปัจจัยในกริดเดียวกันจะถูกนำมาคำนวณตามสมการที่ 1 เพื่อให้ได้ค่าดัชนี DRASTIC ของแต่ละกริด หลังจากนั้นแบ่งช่วงค่าดัชนี DRASTIC ของทั้งพื้นที่ศึกษาออกเป็นช่วงตามลำดับความเปราะบางมาก-น้อย แล้วแสดงสัญลักษณ์หรือสีของแต่ละช่วงบนแผนที่แสดงความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาล

ปัจจัยต่าง ๆ ในแบบจำลอง DRASTIC

1. ความลึกถึงระดับน้ำบาดาล (Depth to Water Table: D)

ความลึกถึงระดับน้ำบาดาลเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุด เนื่องจากแสดงถึงระยะทางที่สารมลพิษเดินทางไปถึงระดับน้ำบาดาล โดยทั่วไปแล้วสารมลพิษจะใช้เวลาลงไปสู่ระดับน้ำบาดาลตามระยะทางหรือความลึกของชั้นหินอุ้มน้ำ หากความลึกของระดับน้ำบาดาลมีมาก สารมลพิษจะใช้เวลามากในการซึมผ่านชั้นดิน-ชั้นหินก่อนจะถึงระดับน้ำบาดาล ระหว่างนี้อาจเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ระหว่างสารมลพิษกับชั้นดิน-ชั้นหินที่มันซึมผ่าน ทั้งปฏิกิริยาทางเคมี ทางกายภาพ หรือทางชีววิทยา อาจทำให้สารมลพิษเปลี่ยนสถานะไปหรือถูกเก็บกักอยู่ในตัวกลางเหล่านี้ บริเวณใดที่มีความลึกถึงระดับน้ำบาดาลตื้น จะมีโอกาสถูกปนเปื้อนได้มากกว่าบริเวณที่มีความลึกมาก ดังนั้นบริเวณที่มีความลึกน้อย ระดับคะแนนจะมาก บริเวณที่มีความลึกมากระดับคะแนนจะน้อย (Almarsi, 2008; Babiker et al., 2005)

2. ปริมาณการซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล (Net Recharge: R)

ปริมาณการซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล แสดงถึงปริมาณน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายและนำสารมลพิษลงไปสู่ชั้นน้ำบาดาล โดยทั่วไปแล้วถ้าปริมาณการซึม (Recharge)มาก โอกาสในการเกิดมลภาวะในน้ำบาดาลก็จะมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นบริเวณที่มีการซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลมากจะมีคะแนนมากกว่าบริเวณที่มีการซึมน้อย

การซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลไม่ได้เป็นไปตามสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ แต่ขึ้นอยู่กับลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่นั้น ๆ และยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางอุตินิยมวิทยา-อุทกวิทยา รอยแตกของหิน ลักษณะการใช้พื้นที่ เช่นพื้นที่เขตเมืองจะมีอัตราการซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลต่ำ เนื่องจากพื้นที่ถูกปิดทับด้วยอาคารหรือถนน พื้นที่เกษตรกรรมจะมีพืชพรรณ

ปิดทับ พื้นที่แห้งแล้งไม่มีต้นไม้จะมีอัตราการซึมของน้ำสูง เป็นต้น ดังนั้นในการประเมินหาค่าการซึมลงสู่ชั้นน้ำบาดาล จึงนิยมหาจากสมการที่ 2 (Babiker et al., 2005)

$$\text{Net recharge} = (\text{Rainfall} - \text{Evapotranspiration}) \times \text{Recharge rate} \quad (2)$$

เมื่อ Rainfall คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของพื้นที่ศึกษา

Evapotranspiration คือ ปริมาณการระเหยทั้งหมดเฉลี่ยรายปีของพื้นที่ศึกษา

Recharge rate คือ ร้อยละของการซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล

Recharge rate มักอาศัยคุณสมบัติการยอมให้น้ำซึมผ่านของชั้นดิน-หินที่ปิดทับอยู่เหนือชั้นหินอุ้มน้ำมากำหนดเป็นร้อยละ เช่น ชั้นกรวดยอมให้น้ำซึมผ่านได้ร้อยละ 20 ชั้นดินเหนียวยอมให้น้ำซึมผ่านได้ร้อยละ 3 เป็นต้น

นอกจากนั้นยังนิยมใช้ลักษณะของการใช้พื้นที่ (Land use)มากำหนดเป็นร้อยละ เช่น พื้นที่เขตเมืองกำหนดให้เป็นร้อยละ 10 พื้นที่เขตเกษตรกรรมร้อยละ 20 เป็นต้น

3. ลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifer Media: A)

พิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นหินอุ้มน้ำว่าเป็นตะกอนร่วนหรือหินแข็ง (Unconsolidated or consolidated rock) หินแข็งที่มีรอยแตกหรือรอยเลื่อนมากหรือมีขนาดใหญ่ จะทำให้ความสามารถในการซึมผ่านได้ของชั้นน้ำบาดาลดี นั่นคือมีความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาลมากขึ้นด้วย ส่วนชั้นหินอุ้มน้ำที่เป็นตะกอนร่วน อัตราการซึมผ่านของน้ำจะขึ้นอยู่กับการเรียงตัวของเม็ดตะกอนที่ประกอบเป็นชั้นน้ำ นอกจากนั้นยังพิจารณาค่าความนำทางชลศาสตร์(Hydraulic Conductivity, C) ประกอบด้วย

ลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำจะเป็นตัวกำหนดอัตราการไหลของน้ำบาดาลและการแพร่กระจายของสารมลพิษในชั้นหินอุ้มน้ำนั้น ซึ่งคุณสมบัติของชั้นหินอุ้มน้ำนั้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ เพราะจะสัมพันธ์กับค่าความนำทางชลศาสตร์โดยตรง โดยเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถของน้ำบาดาลหรือสารมลพิษที่จะเคลื่อนที่ได้ในตัวกลางนั้น ๆ (Almarsi, 2008)

4. ลักษณะของชั้นดินปิดทับ (Soil Media: S)

ดิน คือวัสดุที่อยู่ชั้นบนสุดของผิวดินที่มีการกัดกร่อน โดยเฉลี่ยดินมีความลึกไม่เกิน 2 เมตรจากผิวดิน คุณสมบัติทางกายภาพของดินมีผลต่อปริมาณน้ำที่สามารถซึมลงสู่ใต้ดินเป็นอย่างมาก โดยทั่วไปแล้วดินที่มีความสามารถในการหดตัวหรือพองตัว (พวก clay บางชนิด) น้อยกว่าและมีอนุภาคดินเล็ก น้ำจะซึมผ่านชั้นดินนั้นลงสู่ระดับน้ำบาดาลได้ยากกว่าดินที่มีความสามารถในการหดตัวหรือพองตัวมากกว่าและมีอนุภาคขนาดใหญ่

ความสามารถในการหดตัวหรือพองตัวของพวกดินเคลย์บางชนิดทำให้เกิดช่องว่างในดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นการมีอยู่หรือไม่ของดินเคลย์ และขนาดของตะกอนเป็นตัวแปรสำคัญที่สามารถบ่งบอกได้ว่า ดินปิดทับบริเวณใดมีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมากกว่าบริเวณใด

ดังนั้นดินที่มีขนาดตะกอนใหญ่และมีปริมาณเคลย์มากจะยอมให้น้ำซึมผ่านได้มากกว่า และมีคะแนนมากกว่าดินที่มีปริมาณเคลย์น้อยและขนาดตะกอนเล็ก

บริเวณที่มีชั้นดินที่ประกอบไปด้วยตะกอนขนาดเล็ก เช่น ทรายแป้ง(Silt) เคลย์ หรือพีท (Peat) และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ปิดทับอยู่ สามารถลดความสามารถในการซึมผ่านของน้ำลงได้ และช่วยยับยั้งหรือป้องกันสารมลพิษที่จะซึมเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลได้ โดยขบวนการทางเคมี-ฟิสิกส์ต่าง ๆ เช่นการดูดซึม(Absorbtion) การแลกเปลี่ยนไอออน(Ionic exchange) ออกซิเดชั่น(Oxidation) และการย่อยสลาย (Biodegradation) เป็นต้น (Subtavewong & Singharajwarapan, 2007)

5. ความลาดชันของภูมิประเทศ (Topography: T)

ข้อมูลภูมิประเทศจะแสดงถึงความชัน (Slope) ของพื้นที่ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นไปได้ที่สารมลพิษจะลงสู่ชั้นน้ำบาดาล หากพื้นที่มีความลาดชันน้อย น้ำท่า (Runoff)ที่ไหลผ่านจะไหลช้า โอกาสที่สารมลพิษจะซึมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลจึงมีมากขึ้น ในทางกลับกัน พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงน้ำท่าไหลจากพื้นที่เร็ว ทำให้โอกาสที่สารมลพิษจะแทรกซึมผ่านผิวดินและลงสู่ชั้นน้ำบาดาลมีน้อยลง ดังนั้นบริเวณที่มีความลาดชันน้อยจะมีค่าคะแนนสูง ส่วนบริเวณที่มีความลาดชันมากจะมีค่าคะแนนต่ำ (Aldamat, Foster, & Baban, 2003)

6. อิทธิพลของวัสดุที่อยู่เหนือชั้นน้ำบาดาล (Impact of Vadose Zone: I)

อิทธิพลของวัสดุที่อยู่เหนือชั้นน้ำบาดาลจะคล้ายกับลักษณะของชั้นดินปิดทับ (S) คือจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการยอมให้น้ำซึมผ่านได้(Permeability)เป็นสำคัญ หากตัวกลางยอมให้น้ำซึมผ่านได้มาก น้ำและสารมลพิษก็จะมีโอกาสลงสู่ชั้นน้ำบาดาลได้มาก คะแนนจึงมากตามไปด้วย หากตัวกลางยอมให้น้ำซึมผ่านได้น้อย โอกาสที่สารมลพิษจะลงสู่ชั้นน้ำบาดาลได้ก็มีน้อย คะแนนจึงน้อยด้วย (Almarsi, 2008)

ความสำคัญของวัสดุที่อยู่เหนือชั้นน้ำบาดาลมีผลต่อการกระจายของการปนเปื้อนอย่างชัดเจน ทั้งนี้การที่สารมลพิษจะปนเปื้อนลงไปสู่ชั้นน้ำใต้ดินในปริมาณเท่าใดหรือในทิศทางใดนั้น ควบคุมโดยลักษณะของชั้นดินชั้นหินที่อยู่เหนือชั้นน้ำบาดาลเป็นสำคัญ ดังนั้นในการวิเคราะห์ค่าความเปราะบาง จำเป็นต้องมีการพิจารณาให้ความสำคัญกับส่วนประกอบของวัสดุที่อยู่เหนือชั้นน้ำบาดาลโดยละเอียด (Wang, He, & Chen, 2012)

บริเวณที่อยู่เหนือชั้นน้ำบาดาล (Vadose zone) คือบริเวณที่อยู่เหนือระดับน้ำบาดาลทั้งหมด อาจเป็นบริเวณที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำหรือมีความอิ่มตัวอยู่บ้างแต่ไม่ต่อเนื่องกัน ตัวกลางของ

Vadose zone นั้นคือ ตะกอนกรวดทรายและเศษหินทุกชนิดที่อยู่ใต้ชั้นดินและอยู่เหนือระดับน้ำบาดาลขึ้นไป

ชนิดของตัวกลางของ Vadose zone นั้นเป็นดัชนีบ่งชี้ความสามารถในการลดความรุนแรงของสารมลพิษที่กระจายลงสู่ชั้นน้ำบาดาล กระบวนการลดความรุนแรงอาจเกิดขึ้นภายในบริเวณ Vadose Zoneนี้ คล้ายกับที่เกิดขึ้นในชั้นดินปิดทับ(S) เช่น การดูดซึม การแลกเปลี่ยนไอออน ออกซิเดชั่น และการย่อยสลาย เป็นต้น

สำหรับตัวแปรอิทธิพลของวัสดุที่อยู่เหนือชั้นน้ำบาดาล (I) นั้นสามารถจำแนกได้ตามลักษณะทางธรณีวิทยา ธรณีวิทยากายภาพและอุทกธรณีวิทยาของบริเวณที่อยู่เหนือชั้นน้ำบาดาล โดยเริ่มต้นด้วยการประเมินและรวบรวมชนิดของตัวกลางทางธรณีวิทยาของ Vadose Zone ในพื้นที่ศึกษา และพิจารณาค่าการให้คะแนนตามศักยภาพที่เอื้อต่อการปนเปื้อนของตัวกลางนั้น ๆ เป็นสำคัญ (Al-Adamat, Foster, & Baban, 2003)

7. ค่าความนำทางชลศาสตร์ (Hydraulic Conductivity of the Aquifer: C)

ค่าความนำทางชลศาสตร์(C) แสดงถึงความสามารถในการยอมให้น้ำไหลซึมผ่านวัสดุตัวกลางในแนวราบ (Horizontal Conductivity) ซึ่งความสามารถนี้เป็นตัวควบคุมอัตราการไหลของน้ำบาดาลภายใต้ความแตกต่างของแรงดันน้ำ อัตราการไหลของน้ำบาดาลส่งผลโดยตรงกับอัตราการเคลื่อนที่ของสารมลพิษให้กระจายออกไปเร็วหรือช้าจากจุดที่สารมลพิษนั้นเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล เมื่อชั้นน้ำบาดาลปนเปื้อนด้วยสารมลพิษ การแพร่กระจายไปได้เร็วหรือช้าจึงเป็นไปตามค่าสภาพนำทางชลศาสตร์ดังกล่าว ถ้ามีค่ามากสารมลพิษจะแพร่กระจายไปได้เร็ว แสดงถึงความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาลต่อการปนเปื้อนของสารมลพิษ (Wang, He, & Chen, 2012)

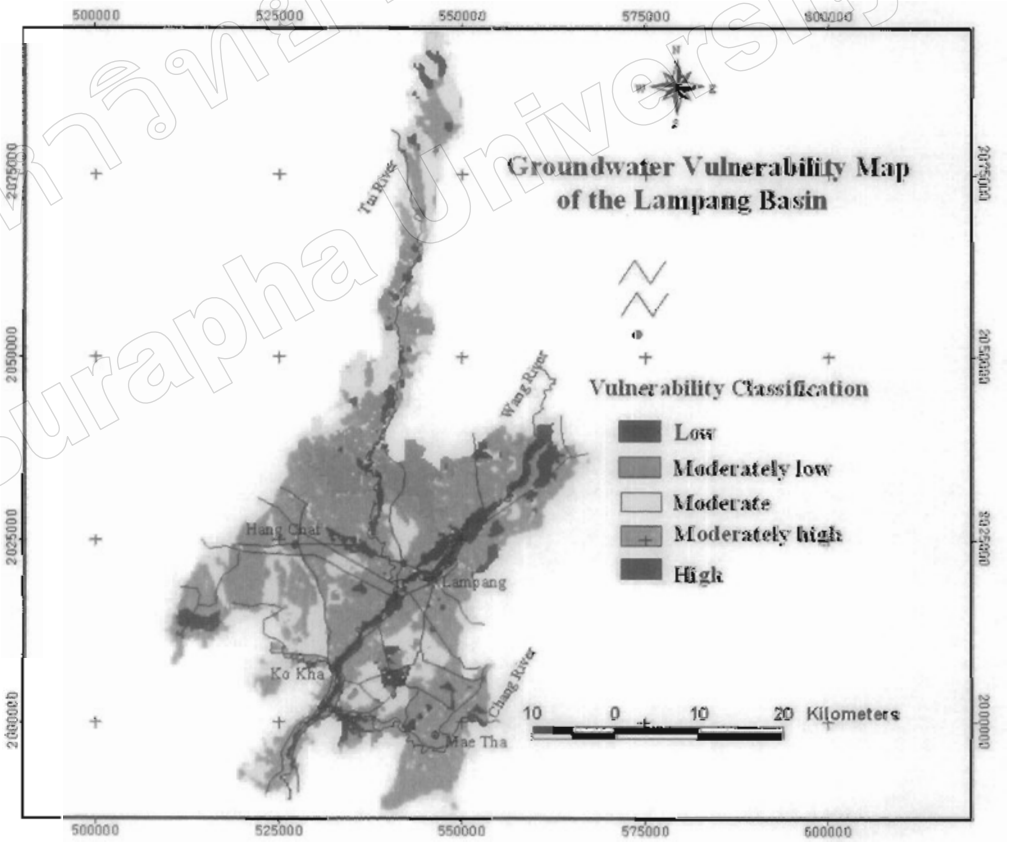
ดังนั้นบริเวณที่มีค่าความนำทางชลศาสตร์สูงจะมีคะแนนสูง และบริเวณที่มีค่าความนำทางชลศาสตร์ต่ำจะมีคะแนนต่ำไปด้วย

ค่าความนำทางชลศาสตร์นั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรสำคัญทางธรณีวิทยากายภาพ คือ ปริมาณของช่องว่างภายในชั้นหินอุ้มน้ำ และความต่อเนื่องของช่องว่างเหล่านั้น ช่องว่างในหินอุ้มน้ำเหล่านี้ คือ รูพรุนระหว่างเม็ดแร่ในหิน รอยแตก รอยแยก ในหิน หรือรอยต่อระหว่างระนาบชั้นหิน (Almarsi, 2008)

ค่าความนำทางชลศาสตร์สามารถคำนวณได้จากค่าการให้น้ำจำเพาะ(Specific yield) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทำการสูบทดสอบ (Pumping test) ของชั้นหินอุ้มน้ำในภาคสนาม หรือหากหาข้อมูลการสูบทดสอบของบ่อไม่ได้ ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ สามารถประเมินคร่าว ๆ จากสัดส่วนค่าปริมาณการให้น้ำ (Yield) ของบ่อและการลดลงของระดับน้ำ (Drawdown) ซึ่งก็คือค่า Specific capacity นั่นเอง (Subtavewang & Singharajwarapan, 2007)

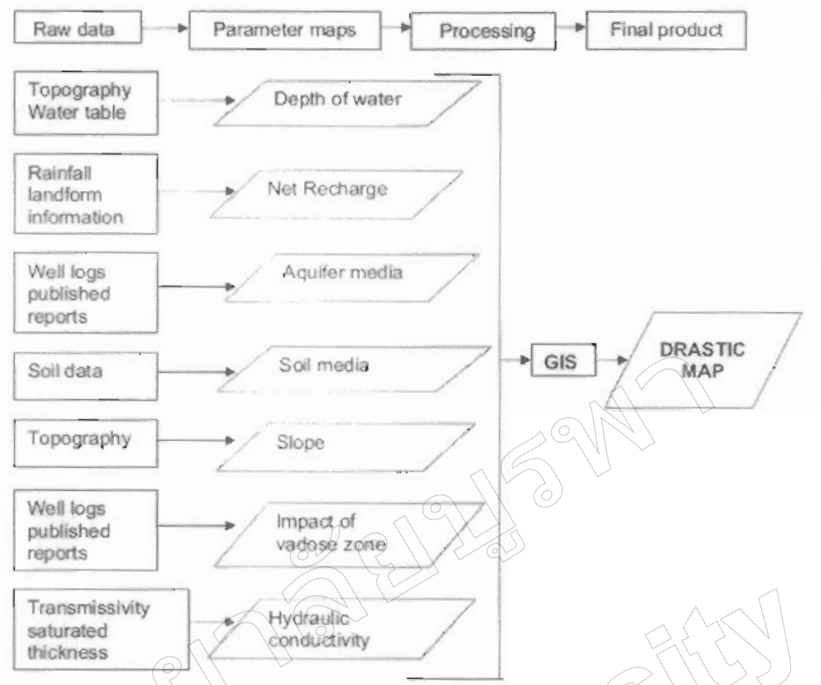
เมื่อได้กำหนดค่าคะแนนและน้ำหนัก ให้กับทุกปัจจัยแล้ว โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทำการแปลงข้อมูลต่าง ๆ ให้เป็น Raster และสร้างกริดที่มีค่าของแต่ละปัจจัยอยู่ในแต่ละกริด เมื่อทำการทับซ้อนแผนที่ที่มีค่าของแต่ละปัจจัยเข้าด้วยกัน ทุกปัจจัยในกริดเดียวกันจะถูกนำมาคำนวณตามสมการที่ 1 เพื่อให้ได้ค่าดัชนี DRASTIC ของแต่ละกริด หลังจากนั้นแบ่งช่วงค่าดัชนี DRASTIC ของทั้งพื้นที่ศึกษาออกเป็นช่วง ๆ ตามลำดับความเปราะบางมาก-น้อย แล้วแสดงสัญลักษณ์หรือสีของแต่ละช่วงบนแผนที่แสดงความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาล (ภาพที่ 2-10) (Kwansirikul et al., 2004)

ขั้นตอนต่าง ๆ ในการประเมินความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาล โดยวิธีแบบจำลอง DRASTIC และใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถเขียนเป็นผังงาน (Flow chart) ได้ (ภาพที่ 2-11) (Rahman, 2008)



ภาพที่ 2-10 แผนที่แสดงความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาล (Kwansirikul et al., 2004)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-11 ผังงานแสดงขั้นตอนต่าง ๆ ของแบบจำลอง DRASTIC โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Rahman, 2008)

ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS)

คือส่วนที่เหลืออยู่หลังการระเหยน้ำที่ได้ผ่านการกรองโดย Millipore filter ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงความเข้มข้นของสารเคมีหรือแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งมักจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุไฟฟ้า จึงสามารถวัดค่าความนำไฟฟ้าเพื่อนำมาหาค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดได้ การนำไฟฟ้าหรือบางครั้งเรียกว่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ (Specific conductance, SC) มีหน่วยที่นิยมใช้เป็น ไมโครไซเมนต์ต่อเซนติเมตร (μS/cm) แต่ถ้านำไฟฟ้ามากก็จะเป็นหน่วยมิลลิไซเมนต์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) น้ำบาดาลเป็นสารที่นำไฟฟ้าได้หรือที่เรียกว่าอิเล็คโทรไลต์ (Electrolyte) ยิ่งน้ำบาดาลมีตัวถูกละลายผสมอยู่มาก น้ำจะยิ่งนำไฟฟ้าได้มาก การนำไฟฟ้าจึงแปรผันตรงกับความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด เครื่องมือตรวจวัดจะแปลงค่าการนำไฟฟ้าในการสำรวจภาคสนามเป็นความเข้มข้นของของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ตามสมการที่ 3

$$TDS = kSC \qquad (3)$$

เมื่อ TDS = ความเข้มข้นของของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

SC = การนำไฟฟ้าจำเพาะ (ไมโครไซเมนต์ต่อเซนติเมตร)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

k = 0.55-0.75

ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่ตรวจวัดในห้องปฏิบัติการได้ค่ามาจากการระเหยน้ำไปจนหมดแต่ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่ตรวจวัดในภาคสนามได้ค่ามาจากการนำไฟฟ้าจำเพาะ (กิจการ พรหมมา, 2555)

ไนเตรทในน้ำบาดาล (NO_3)

การนำค่าปริมาณไนเตรทที่ตรวจวัดจากบ่อน้ำบาดาลมาหาความสัมพันธ์กับแผนที่แสดงความเปราะบาง เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการตรวจสอบความแม่นยำของแผนที่แสดงความเปราะบาง โดยมีสมมติฐานว่าพื้นที่ที่มีความเปราะบางสูงควรจะมีปริมาณไนเตรทสูงตามไปด้วย และพื้นที่ที่มีความเปราะบางต่ำก็ควรจะมีปริมาณไนเตรทต่ำ (จิระเดช มาจันแดง, 2556) มักนิยมใช้กับพื้นที่ศึกษาที่มีพื้นที่เกษตรกรรมร่วมอยู่ด้วย เนื่องจากปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ในกิจกรรมเหล่านี้มีส่วนประกอบของไนเตรทสูง (Almasri, 2008) การวัดหาค่าปริมาณไนเตรทสามารถวัดได้ทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการ

ประโยชน์ของแผนที่แสดงความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาล

1. สามารถให้ข้อมูลในระดับภูมิภาค (Regional scale) เป็นข้อมูลเบื้องต้นว่าพื้นที่บริเวณใดมีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษมากหรือน้อยกว่าบริเวณอื่น จึงเป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนการใช้ทรัพยากรน้ำบาดาลหรือการพัฒนาน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา

2. ช่วยผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ ในการเลือกพื้นที่ตั้งโครงการพัฒนาต่างๆที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำบาดาล เช่น บ่อฝังกลบขยะ โรงบำบัดน้ำเสีย หรือ โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นต้น

3. การติดตามตรวจสอบพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาลปกติแล้วทำได้ยาก โดยทั่วไปจะใช้วิธีเจาะหลุมสร้างบ่อสังเกตการณ์ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา แล้วนำน้ำบาดาลไปตรวจสอบ ซึ่งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูงมาก แผนที่แสดงความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาลจะช่วยให้ทราบว่าบริเวณใดควรจะมีการติดตามตรวจสอบอย่างใกล้ชิด บริเวณใดสร้างบ่อสังเกตการณ์ไม่มากนักก็เพียงพอ ซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายไปได้มาก

4. สามารถช่วยในการกำหนดนโยบายการใช้สารเคมีต่าง ๆ ในพื้นที่ เช่นพื้นที่เกษตรกรรมที่ตั้งอยู่บนบริเวณที่มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษสูง อาจถูกจำกัดปริมาณการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีต่าง ๆ หรืออาจประกาศห้ามใช้สารเคมีบางชนิด (Almasri, 2008)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลือกใช้วิธีการประเมินความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาลขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ศึกษาและวัตถุประสงค์ของการศึกษา การประเมินความเปราะบางของพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วโลกจึงมีวิธีการที่แตกต่างกันไป แต่อย่างไรก็ตามวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือวิธีใช้แบบจำลอง DRASTRIC ตัวอย่างการศึกษาที่ใช้แบบจำลอง DRASTIC มีดังต่อไปนี้

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2551) ได้ทำการศึกษาและการประเมินศักยภาพด้านคุณภาพน้ำบาดาล วางระบบติดตามการปนเปื้อนและวางแผนรายละเอียดการฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี ซึ่งจากการศึกษาพบว่าแหล่งมลสารที่มีระดับความรุนแรงสูงมากหรือพื้นที่ที่เป็นแหล่งมลสารที่มีศักยภาพสูงระดับ 5 อยู่ในอำเภอเมืองระยองและอำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง และแหล่งมลสารที่มีศักยภาพสูงระดับ 4 อยู่ในกิ่งอำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง อำเภอบ้านบึง อำเภอเมืองชลบุรี และอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี และมีการกระจายในอำเภออื่น ๆ ด้วย ระดับความรุนแรงลดหลั่นลงมา จนถึงแหล่งมลสารที่มีศักยภาพสูงระดับ 3 ซึ่งแหล่งมลสารที่น่าสนใจมีจำนวนเหลือเพียง 20 แห่ง จากจำนวนแหล่งมลสารในพื้นที่ที่สำรวจได้ทั้งหมด 78 แห่ง และจากผลการวิเคราะห์ความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาล โดยวิธี DRASTIC ทำให้สามารถระบุพื้นที่ที่มีความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาลสูง(ระดับความเปราะบาง 4-5) ได้แก่ อำเภอเมืองระยอง อำเภอบ้านฉาง อำเภอแกลง อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง และอำเภอพนัสนิคม อำเภอบ้านบึง อำเภอศรีราชา อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จากนั้นจึงทำการประเมินความเสี่ยงของชั้นน้ำบาดาลต่อการเกิดมลภาวะ โดยนำแผนที่แสดงความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาลคำนวณร่วมกับแผนที่แสดงศักยภาพของแหล่งมลสาร ผลการศึกษาพบว่า ในพื้นที่ศึกษา ไม่มีพื้นที่ที่มีความเสี่ยงอยู่ในระดับที่สูงมากหรือ ความเสี่ยงในระดับที่ 5 เลย ส่วนพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงหรือมีความเสี่ยงในระดับที่ 4 อยู่บริเวณอำเภอบ้านบึง ได้แก่ ตำบลคลองกิ่ว อำเภอเมืองชลบุรี ได้แก่ ตำบลบ้านสวน ตำบลหนองข้างคอก ตำบลหนองรี ตำบลห้วยกะปิ อำเภอศรีราชา ได้แก่ ตำบลบางพระ ตำบลบึง ตำบลสุรศักดิ์ จังหวัดชลบุรี สำหรับจังหวัดระยอง พบอยู่ในบริเวณอำเภอบ้านฉาง ได้แก่ ตำบลบ้านฉาง อำเภอเมืองระยอง ได้แก่ ตำบลเนินพระ และตำบลมาบตาพุด

เทิดศักย์ ทรัพย์ทวีวัง (2550) ได้ทำการประเมินความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาล บริเวณแอ่งเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน พบว่าพื้นที่ที่มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนสูง พบอยู่ในบริเวณตะกอนตะพักลำน้ำของแม่น้ำปิง และแม่น้ำสาขา ซึ่งมีค่าความซึมได้สูง มีลักษณะเป็นที่ราบ และมีปริมาณฝนตกสูง พื้นที่ดังกล่าวนี้เมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินระดับตื้นพบว่ามีค่าปริมาณของแข็งละลายทั้งหมดในน้ำสูง ซึ่งเป็นการยืนยันความถูกต้องของแผนที่

กัมปนาท ขวัญศิริกุล และคณะ (2547) ได้ทำการประเมินความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาล บริเวณแอ่งลำปาง จังหวัดลำปาง พบว่าพื้นที่ที่มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนสูงอยู่ในบริเวณตะกอนลำน้ำและที่ราบน้ำท่วมถึงของแม่น้ำวัง ซึ่งมีค่าความซึมได้สูง ความลึกถึงระดับน้ำบาดาลต่ำ และมีปริมาณฝนตกสูง ส่วนพื้นที่ที่มีความเปราะบางต่ำพบครอบคลุมพื้นที่ส่วนน้อยบริเวณตอนเหนือของแอ่งลำปาง โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งลำปางมีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

นำโชค เชี่ยงเห็น (2549) ได้ทำการศึกษาความเปราะบางของน้ำบาดาลในบริเวณอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ผลการศึกษาพบว่าค่าดัชนี DRASTIC มีค่าอยู่ระหว่าง 43.6 ที่วัดบ้านหนองประดู่ ตำบลพันเสา และ 115.6 ที่บ้านบึงจำปา ตำบลหนองกุลา โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก มีค่าความเปราะบางของระดับน้ำบาดาลอยู่ในระดับที่ 1

Rahman (2008) ได้ทำการประเมินความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาลบริเวณเมือง Aligarh ประเทศอินเดีย ซึ่งจากการศึกษาพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของเมือง Aligarh และบริเวณใกล้เคียง อยู่ในเขตที่มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาลในระดับปานกลางถึงสูง 56.43% ของพื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตที่มีความเปราะบางสูง ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากความลาดชันของพื้นที่ในเขตนี้ซึ่งค่อนข้างต่ำ มีเพียง 20% ของพื้นที่เท่านั้นที่อยู่ในเขตที่มีความเปราะบางต่ำ

Almasri (2008) ได้ทำการศึกษาความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาลในบริเวณ Gaza coastal aquifer (GCA) ประเทศปาเลสไตน์ จากการศึกษาพบว่า ค่าดัชนี DRASTIC ของ GCA อยู่ในช่วง 80-180 เขตที่มีความเปราะบางสูงอยู่บริเวณแนวชายฝั่งและตอนกลางของฉนวนกาซ่า เมื่อคำนวณพื้นที่เปราะบางทั้งหมดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่า 10% และ 13% ของฉนวนกาซ่าอยู่ในเขตที่มีความเปราะบางต่ำและสูงตามลำดับ ส่วนใหญ่ของพื้นที่อยู่ในเขตที่มีความเปราะบางปานกลางนั่นคือ 77% นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบแผนที่แสดงความเปราะบางกับความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำบาดาล พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างความเข้มข้นของไนเตรทใน GCA กับค่าดัชนีความเปราะบาง สาเหตุหนึ่งที่เป็นไปได้คือแบบจำลอง DRASTIC สนใจเฉพาะการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของสารมลพิษจนกระทั่งถึงระดับน้ำบาดาล โดยไม่ได้สนใจถึงสถานะและการเคลื่อนที่ (Fate and transport) ของไนเตรทในชั้นหินอุ้มน้ำ

Babiker et al. (2005) ได้ทำการศึกษาและประเมินความเปราะบางของน้ำบาดาลในบริเวณที่สูงคาคามิกะฮาระ เขตกิฟู ตอนกลางของประเทศญี่ปุ่น ผลการศึกษาพบว่า ความลึกถึงระดับน้ำบาดาล (Depth to water table; D) ของที่สูงคาคามิกะฮาระค่อนข้างตื้นคือมีค่าเฉลี่ยประมาณ 26 เมตร โดยตื้นขึ้นตามลำดับจากด้านตะวันออกไปทางด้านตะวันตก ดังนั้นบริเวณ

ตะวันตกของพื้นที่จึงมีโอกาสปนเปื้อนมลพิษมากกว่าทางด้านตะวันออก โดยคะแนนสูงที่สุดอยู่บริเวณขอบของพื้นที่ทางด้านตะวันตก ซึ่งมีความลึกถึงระดับน้ำบาดาลน้อยกว่า 9.1 เมตร นอกจากนี้ผลของการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) ของปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลอง โดยวิธี Map removal sensitivity analysis แสดงให้เห็นว่า การประเมินความอ่อนไหวต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาล ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยปริมาณการซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล (R) มากที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากการที่ปัจจัย R มีค่าถ่วงน้ำหนักสูง (4) และชั้นหินอุ้มน้ำคาคามิกะสาระมีอัตราการซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลค่อนข้างสูง (มีคะแนนเฉลี่ย 9) รองลงมาคือปัจจัยลักษณะของชั้นดินปิดทับ (S) และความชันของภูมิประเทศ (T) ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการประเมินความเปราะบางน้อยที่สุดคือ คุณสมบัติของชั้นหินอุ้มน้ำ (A) นอกจากนั้นยังพบว่า ค่าการประเมินความเปราะบางมีแนวโน้มที่จะผันแปรมากขึ้น เมื่อใช้จำนวนของปัจจัยน้อยลง

Ranjan (2006) ชี้ให้เห็นว่าแบบจำลอง DRASTIC สามารถนำมาใช้ในการจำแนกพื้นที่ที่มีความเปราะบางต่อการเกิดมลภาวะในบริเวณ Walawe basin ประเทศศรีลังกาได้ โดยบริเวณที่ทำการเกษตรกรรมมีค่าดัชนี DRASTIC สูง จึงควรจะมีการควบคุมการใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง

Bazimeneyera and Zhonghua (2008) ได้ทำการศึกษาและประเมินความเปราะบางของน้ำบาดาล บริเวณชั้นหินอุ้มน้ำ Shallow Aquifer ในที่ราบ Hangzhou-Jiaxing-Huzhou ประเทศจีน พบว่าความเปราะบางถูกจำแนกออกเป็น 3 ระดับคือระดับสูงคิดเป็น 30.4 % ของพื้นที่ ระดับกลางคิดเป็น 62.08% ของพื้นที่ และระดับต่ำคิดเป็น 7.52 % ของพื้นที่

Saibi and Ehara (2008) ได้ทำการศึกษาการประเมินความเปราะบางของน้ำบาดาล บริเวณ Mostaganem plateu ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอัลจีเรีย โดยใช้โปรแกรม MAPINFO พบว่า พื้นที่มีค่าความเปราะบางสูงที่สุดคือในเมือง Mostaganem และเมือง Mazagram ส่วนบริเวณที่มีความเปราะบางของน้ำบาดาลต่ำจะพบอยู่ในทางเหนือของพื้นที่ที่ศึกษา

Anornu, Kaba-Bah, and Anim-Gyampo (2012) ได้ทำการประเมินความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาลในบริเวณ Densu River Basin ในกานา จากการศึกษาพบว่าบริเวณที่มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาลสูงคิดเป็น 47% ของพื้นที่ศึกษา บริเวณที่มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาลปานกลางคิดเป็น 43% และบริเวณที่มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาลต่ำคิดเป็น 10% ของพื้นที่ศึกษา

Azzi et al. (2012) ได้ทำการศึกษาความเปราะบางของน้ำบาดาลต่อการเกิดมลภาวะในตอนกลางของที่ราบสูง Allas (El Hajeb-Ifrane Region) ประเทศโมร็อคโค จากการศึกษาพบว่าบริเวณที่มีความลาดชันต่ำและมีสภาพธรณีวิทยาสัณฐานแบบคาสต์ (Karst lithology) เป็นพื้นที่ที่มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนมลพิษของน้ำบาดาลสูง

Al-Rawabdeh et al. (2013) ได้ทำการใช้แบบจำลอง DRASTIC ในการประเมินความเปราะบางของชั้นน้ำบาดาลต่อการปนเปื้อนสารมลพิษใน Ammam-Zcrqa Basin ประเทศจอร์แดน จากการศึกษาพบว่าประมาณ 1.2% ของพื้นที่ทั้งหมดคือ 3792 ตารางกิโลเมตร ได้ประเมินให้อยู่ในเกณฑ์ไม่มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อน ประมาณ 69% มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนต่ำ ประมาณ 30% ของพื้นที่มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนปานกลาง และน้อยกว่า 1% มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนสารมลพิษสูง

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University