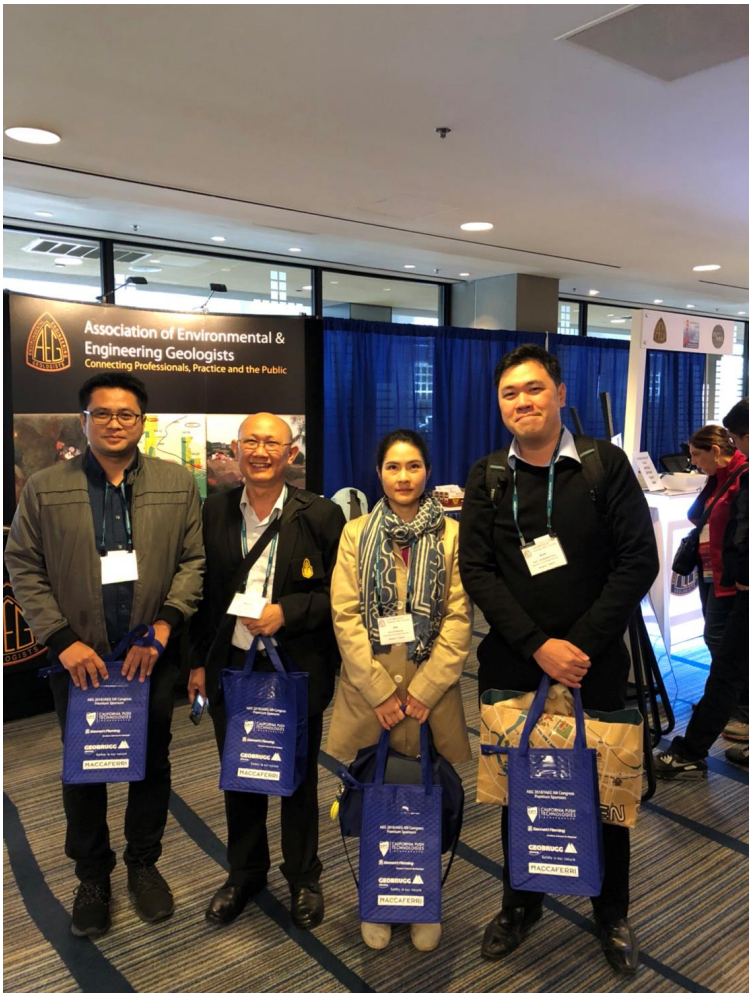
รายงานการประชุม

การประชุม 13th International Association of Engineering Geology and the Environment Congress (13th IAEG) และการหารือเรื่องการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาลร่วมกับ USGS

ระหว่างวันที่ 15 - 23 กันยายน 2561

ณ เมืองซานฟรานซิสโก และเมืองซาคราเมนโต รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา



กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

รายงานการประชุม 13th International Association of Engineering Geology and the Environment Congress (13th IAEG) และหารือเรื่องการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาล ร่วมกับ USGS ระหว่างวันที่ 15 - 23 กันยายน 2561
ณ เมืองซานฟรานซิสโก และเมืองซาคราเมนโต รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา

---

1. หลักการและเหตุผล

กรมทรัพยากรน้ำบาดาลมีการจัดทำบันทึกความเข้าใจระหว่างกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแห่งราชอาณาจักรไทย และสำนักสำรวจทางธรณีวิทยา กระทรวงมหาดไทยแห่งสหรัฐอเมริกา ภายใต้การจัดทำสนธิสัญญา และข้อตกลงได้มีการดำเนินความร่วมมือทางวิชาการกับสำนักสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (The United States Geological Survey, USGS) ด้านการแลกเปลี่ยนข้อมูลเชิงเทคนิค การฝึกอบรม และการศึกษาวิจัยการ ได้แก่

A. การสำรวจธรณีวิทยาและธรณีฟิสิกส์ของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ

B. การประเมินและการติดตามคุณภาพน้ำบาดาล

C. การสำรวจธรณีฟิสิกส์ของระบบน้ำบาดาล

D. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์น้ำบาดาล

E. การประเมินและการติดตามการทรุดตัวของพื้นดิน

F. เทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการข้อมูล

G. การตรวจสอบสภาพสิ่งแวดล้อมโดยระบบรับรู้ระยะไกล

H. การพัฒนาแบบจำลองระดับชั้นความสูงแบบดิจิตอล

I. การฝึกอบรมและการแลกเปลี่ยนบุคลากรตามที่หน่วยงานได้มอบหมาย

J. การพัฒนาน้ำบาดาลในระดับมหภาค

K. เทคนิคการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล

ในการนี้ Mr. Sachin D. Shah หัวหน้าฝ่ายงานวิจัยและการศึกษาด้านอุทกธรณีวิทยา แห่ง USGS ได้เชิญชวนเจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลส่งบทความทางวิชาการร่วมกับผู้เชี่ยวชาญจาก USGS เพื่อรายงานผลการศึกษาแผ่นดินทรุด นวัตกรรม และมาตรการในการบรรเทาและแก้ไขปัญหาแผ่นดินทรุดในประเทศไทยและประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการเข้าร่วมการประชุมและนำเสนอผลงานวิชาการในการประชุม 13th IAEG 2018 ณ เมืองซานฟรานซิสโก รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งการเข้าร่วมการประชุมครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล โดยเฉพาะการกำหนดแผนการบริหารจัดการน้ำบาดาล รวมทั้งได้แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรม

ด้านวิศวกรรมธรณีเพื่อแก้ไขปัญหาแผ่นดินทรุดที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ภายใต้หัวข้อการประชุม “Engineering Geology for a Sustainable World” ซึ่งประกอบด้วย การนำเสนอผลงานและ

การแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นทางวิชาการด้านต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แนวทางการป้องกันแผ่นดินทรุด การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและตะกอนในแอ่งเก็บน้ำ เป็นต้น โดยคาดว่าจะมีผู้เข้าร่วมประชุมจาก 60 ประเทศทั่วโลก ในโอกาสนี้ กรมทรัพยากรน้ำบาดาลจึงขอเข้าพบผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานของ USGS เพื่อหารือถึงแนวทางแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนสาร Volatile Organic Compounds (VOC) และสารเคมีอื่นๆ การบริหารจัดการน้ำบาดาล รวมถึงแนวทางเพื่อการดำเนินการอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อมร่วมกับ USGS

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อเผยแพร่ผลการศึกษาวิจัย สภาวะแผ่นดินทรุดของประเทศไทย และผลการดำเนินงานของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลให้เป็นที่ประจักษ์ในระดับนานาชาติ

2.2 เพื่อพัฒนาองค์ความรู้และติดตามความเคลื่อนไหวทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมธรณีการอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล โดยเฉพาะด้านแผ่นดินทรุดผ่านการแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับนานาชาติ

2.3 เพื่อสานสัมพันธ์ และสร้างเครือข่ายทางวิชาการระดับนานาชาติ

2.4 เพื่อหารือกับ USGS ถึงแนวทางแก้ไขปัญหาการปนเปื้อน Volatile Organic Compounds (VOC) และสารเคมีอื่นๆ ในชั้นน้ำบาดาล และการรับมือกับผลกระทบที่มีต่อชุมชน

3. กำหนดการและสถานที่ประชุม

ระหว่างวันที่ 15 – 23 กันยายน 2561 ณ เมืองซานฟรานซิสโก และเมืองซาคราเมนโต้ รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา

4. รายชื่อผู้เข้าร่วมประชุม

4.1 นายบรรจง พรมจันทร์ ผู้อำนวยการสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล

4.2 นายสุรินทร์ วรกิจธำรง วิศวกรชำนาญการพิเศษ สพบ.

4.3 นางสาวอลิน ชินทรารักษ์ นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการพิเศษ กผ.

4.4 นายอนิรุทธ์ ลดาวดี นักธรณีวิทยาชำนาญการ สอฟ.

5. ผลการดำเนินงาน

สรุปประเด็นการประชุม The 13th International Association of Engineering Geology and the Environment Congress และการหารือเรื่องการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาล

5.1 การเข้าร่วมประชุม The 13th International Association of Engineering Geology and the Environment Congress และนำเสนอผลงานเรื่องการแก้ไขปัญหาแผ่นดินทรุด

การเข้าร่วมเสนอผลงานเรื่องการจัดการปัญหาแผ่นดินทรุด (Land Subsidence) นั้น ทางกรมทรัพยากรน้ำบาดาลร่วมกับทาง USGS ได้นำเสนอผลงาน “Addressing Subsidence in Bangkok, Thailand and Houston, Texas: Scientific Comparisons and Data-Driven Groundwater Policies for Coastal Land-Surface Subsidence” โดย นายสุรินทร์ วรกิจธำรง และ Mr. Sachin D. Shah การนำเสนอสามารถสรุปได้ดังนี้

การเกิดแผ่นดินทรุดในพื้นที่แนวชายฝั่ง พบได้มากมายทั่วโลก ในเมืองใหญ่ๆ เช่น กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย และเมืองฮิวสตัน –รัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา การเกิดแผ่นดินทรุดเป็นผลกระทบโดยตรงที่เกิดจากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ (ใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค ใช้เพื่ออุตสาหกรรม ใช้เพื่อการเกษตร เป็นต้น) โดยการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เป็นการลดแรงดัน รวมถึงลดปริมาณน้ำบาดาลของชั้นน้ำบาดาล

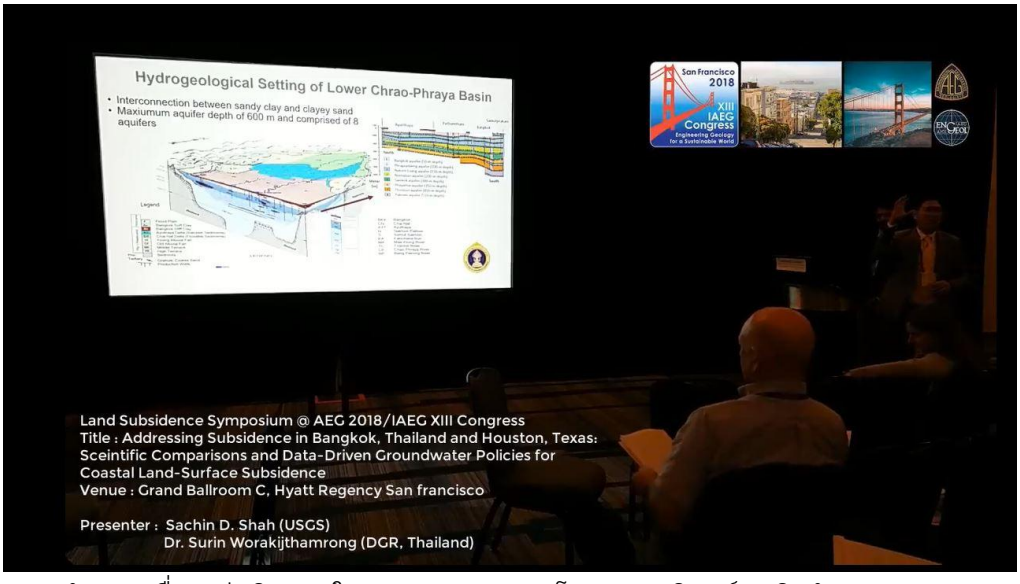
การเปลี่ยนแปลงแรงดัน เกิดจากระดับน้ำบาดาลในบ่อน้ำบาดาลลดระดับลง ความดันในระบบของชั้นน้ำบาดาลก็ลดลงตามด้วย ผลจากการการเปลี่ยนแปลงแรงดันนี้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ก่อให้เกิดแผ่นดินทรุด เนื่องจาก สภาพภูมิประเทศของทั้งสองเมืองนี้ (กรุงเทพมหานคร และเมืองฮิวสตัน รัฐเท็กซัส) เป็นพื้นที่ต่ำ และรองรับด้วยชั้นดินเหนียวสลับทราย ตะกอนดังกล่าวส่งผลให้เกิดปัญหาแผ่นดินทรุด และยังเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดน้ำท่วม และสร้างความเสียหายต่อโครงสร้างฐานรากใต้ดินอีกด้วย

ชั้นน้ำบาดาลของกรุงเทพได้ถูกจำแนกเป็น 8 ชั้นน้ำ โดยชั้นบนสุดคือ ชั้นน้ำบาดาลกรุงเทพ มีความหนา 20-30 เมตร ในส่วนชั้นน้ำบาดาลของเมืองฮิวสตัน ประกอบด้วยชั้นน้ำบาดาลหลัก 2 ชั้นคือ ชั้นน้ำบาดาล Chicot มีความหนา 200 เมตร และชั้นน้ำบาดาล Evangeline มีความหนา 500 เมตร ซึ่งเป็นชั้นน้ำบาดาลประเภทที่ตั้งอยู่ตามแนวชายฝั่ง มีความเสี่ยงที่จะเกิดการทรุดตัว โดยการเก็บข้อมูลจากบ่อสังเกตการณ์ของทั้งสองประเทศทั้งระดับน้ำ แรงดันน้ำ รวมถึงอัตราการทรุดตัว จะถูกนำมาวิเคราะห์และช่วยในการตัดสินใจกำหนดนโยบายเพื่อควบคุมการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ให้สอดคล้องกับจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นในอนาคต

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ของประเทศไทย และสำนักสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) ได้มีการเก็บข้อมูลการทรุดตัวของพื้นที่มามากกว่า 40 ปี จึงมีการนำวิธีการศึกษา วิธีการจัดเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลมาเปรียบเทียบกัน โดยการวิจัยฉบับนี้จะแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลศึกษาการทรุดตัวของพื้นที่กรุงเทพมหานคร และเมืองฮิวสตัน-รัฐเท็กซัส โดยเปรียบเทียบข้อมูลการสูบน้ำบาดาล ข้อมูลการทรุดตัวของแผ่นดิน และข้อมูลการเพิ่มจำนวนประชากร เพื่อจะได้นำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจเปลี่ยนแปลงนโยบายด้านการบริหารจัดการน้ำบาดาลของพื้นที่ต่อไป

ในส่วนของการประชุมการจัดการปัญหาแผ่นดินทรุด (Land subsidence) อื่นๆ ที่น่าสนใจ คณะผู้เข้าร่วมประชุมได้นำเสนอประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาแผ่นดินทรุดที่มีสาเหตุมาจากการใช้น้ำบาดาล โดยมีทั้งหน่วยงานของรัฐและบริษัทที่ปรึกษาในสหรัฐอเมริกา และจากหลาย ๆ ประเทศเป็นผู้นำเสนอ และได้มีการกล่าวถึงกรณีศึกษาเรื่องแผ่นดินทรุดในกรณีต่างๆ โดยกล่าวถึงปัญหาแผ่นดินทรุดซึ่งเกิดจากการใช้น้ำบาดาลเป็นหลักในพื้นที่แผ่นดินทรุด ได้แก่ รัฐแคลิฟอร์เนีย ฮิวสตัน-รัฐเท็กซัส รัฐแอริโซนา สหรัฐอเมริกา และประเทศในแถบเอเชีย จากนั้นผู้เข้าร่วมประชุมได้ร่วมนำเสนอแนวทางการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหา ในเรื่องปัญหาแผ่นดินทรุด การทรุดตัวของแผ่นดิน และแนวทางการจัดการปัญหาในภาพรวม ซึ่งทำให้เห็นภาพรวมการแก้ปัญหาของประเทศต่างๆ เช่น การศึกษาปัญหาการขาดแคลนน้ำผิวดิน การใช้น้ำบาดาล ปัญหาที่เกิดจากการใช้น้ำบาดาล แนวทางการแก้ไขปัญหา เหตุผลที่ดำเนินการ ความแตกต่างของกรณีการแก้ไขปัญหา และสรุปแนวทางการแก้ปัญหาในเชิงเปรียบเทียบการดำเนินการ ดังนี้

รูปที่ 1 การนำเสนอเรื่องแผ่นดินทรุดในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย และและเมืองฮิวสตัน -รัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 2 การนำเสนอเรื่องแผ่นดินทรุดในกรุงเทพมหานคร โดย นายสุรินทร์ วรกิจธำรง

ในสหรัฐอเมริกา รัฐแคลิฟอร์เนีย ได้เกิดปัญหาแผ่นดินทรุดมาเป็นเวลานานส่งผลกระทบกับระบบชลประทาน คลองส่งน้ำ ระบบประปา ระบบโครงสร้างพื้นฐาน ถนน สะพาน เส้นทางรถไฟความเร็วสูง เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม และระบบท่อใต้ดินทั่วทั้งบริเวณได้รับความเสียหาย การเกิดแผ่นดินทรุดจากการสูบน้ำบาดาลมาใช้ ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงขนาดใหญ่ของผิวโลกที่เกิดจากมนุษย์ โดยขนาดการทรุดตัวมีขนาด 1 ฟุต กระจายทั่วบริเวณพื้นที่ครึ่งหนึ่งของ Joaquin Valley ระหว่างปี 1926–70 โดยบริเวณที่ทรุดตัวมากที่สุดคือทางตะวันตกเฉียงใต้ของเมืองเมนโดต้า ทรุดตัวถึง 8.5 เมตร/28 ฟุต และบริเวณทางเหนือของ Santa Clara Valley ระหว่างปี 1910-1969 ทรุดตัวลงจนต่ำกว่าระดับกระแสน้ำขึ้นของอ่าวซานฟรานซิสโก โดยตัวเมือง San Jose ทรุดตัวมากถึง 4.3 เมตร (14 ฟุต) สาเหตุของการทรุดตัวบริเวณนี้เกิดขึ้นในช่วงหน้าแล้ง หรือในพื้นที่ที่ไม่มีน้ำผิวดิน สร้างความเสียหายให้กับบ่อน้ำบาดาลในเมือง Sacramento, เมือง San Joaquin และพื้นที่ของ Santa Clara Valleys รวมถึงชายฝั่ง และพื้นที่แห้งแล้งบริเวณตอนใต้ของแอ่ง California มีการหาสาเหตุการทรุดตัวของแผ่นดินโดยใช้เรดาห์ดาวเทียมในช่วงปี 2007-2016 พบว่าบริเวณที่มีการสูบน้ำบาดาลมาใช้มากที่สุดของพื้นที่ San Joaquin Valleys ได้เป็นตัวการให้เกิดแผ่นดินทรุดขนาดใหญ่ (0.3 ม/ปี – 1 ฟุต) ใน 2 พื้นที่คือ 1) จุดศูนย์กลางแผ่นดินทรุดที่แถบเมือง Corcoran ไปทางตะวันออกจนส่งผลกระทบถึงบริเวณ California Aqueduct* (ระยะทาง 97 กม/60ไมล์) และ2) จุดศูนย์กลางแผ่นดินทรุดที่ El Nido (ระยะทาง 40 กม/ 25 ไมล์) ที่แอ่ง California desert เป็นที่ที่มีการสูบน้ำบาดาลขึ้มมาใช้ในปริมาณมาก และเกือบจะใช้เทียบเท่ากับการเติมน้ำ ทำให้พบรอยแตกของแผ่นเปลือกโลกขนาดใหญ่ (ที่เกิดจากการสูบน้ำบาดาลมาใช้มาก ส่งผลให้ชั้นดิน-หิน เกิดการบีบอัดตัว) ในบริเวณ Fremont Valley, Lucerne Lake, Chino, Coachella Valley, Edwards Air Force Base, and Fort Irwin National Training Center โดยแผ่นดินทรุดที่เกิดจากการสูบน้ำบาดาล

มากเกินไปนี้มีแนวโน้มจะเลวร้ายมากขึ้นในอนาคต เนื่องจากปัญหาความแห้งแล้ง นอกเสียจากว่าจะมีการออกกฎหมายเพื่อควบคุมการใช้น้ำที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่นี้

ในเมืองฮิวสตัน รัฐเท็กซัส การเกิดแผ่นดินทรุดเป็นผลกระทบโดยตรงที่เกิดจากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ โดยเฉพาะในเมืองฮิวสตันที่ใช้น้ำบาดาลในการอุปโภคบริโภค เพื่อการอุตสาหกรรม และใช้ทำการเกษตร เป็นต้น โดยการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เป็นการลดแรงดัน รวมถึงลดปริมาณน้ำของชั้นน้ำบาดาล การเปลี่ยนแปลงแรงดัน เกิดจากระดับน้ำบาดาลในบ่อน้ำบาดาลลดระดับลง ความดันในระบบของชั้นน้ำบาดาลก็ลดลงตามด้วย มีการคาดการว่าผลจากการการเปลี่ยนแปลงแรงดันนี้จะทำให้เกิดแผ่นดินทรุด เนื่องจาก สภาพภูมิประเทศของเป็นพื้นที่ต่ำ และรองรับด้วยชั้นดินเหนียวที่ยังไม่แข็งตัวแทรกสลับอยู่ในชั้นน้ำบาดาล และยังช่วยเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดน้ำท่วม และสร้างความเสียหายต่อโครงสร้างฐานรากใต้ดินอีกด้วย โครงสร้างชั้นน้ำบาดาลของเมืองฮิวสตัน ประกอบด้วยชั้นน้ำบาดาลหลัก 2 ชั้นคือ ชั้นน้ำบาดาล Chicot มีความหนา 200 เมตร และชั้นน้ำบาดาล Evangeline มีความหนา 500 เมตร ซึ่งเป็นชั้นน้ำบาดาลประเภทที่ตั้งอยู่ตามแนวชายฝั่ง ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะเกิดการทรุดตัว โดยพบอัตราการทรุดตัวสะสมที่สถานีวัด Addicks 111.13 เซนติเมตร และอัตราการทรุดตัวสะสมที่สถานีวัด Seabrook 47.98 เซนติเมตร โดยการเก็บข้อมูลเชิงสถิติเพื่อนำมาวิเคราะห์นี้จะช่วยในการตัดสินใจกำหนดนโยบายเพื่อควบคุมการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ให้สอดคล้องกับจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นในอนาคต สำนักสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการทรุดตัวของพื้นที่มามากกว่า 40 ปี จึงมีการนำวิธีการศึกษา วิธีการจัดเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลมาเปรียบเทียบกัน โดยการวิจัยฉบับนี้จะแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลศึกษาการทรุดตัวของพื้นที่เมืองฮิวสตัน รัฐเท็กซัส โดยเปรียบเทียบข้อมูลการสูบน้ำบาดาล ข้อมูลการทรุดตัวของแผ่นดิน และข้อมูลการเพิ่มจำนวนประชากร เพื่อจะได้นำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจเปลี่ยนแปลงนโยบายด้านการบริหารจัดการน้ำบาดาลของพื้นที่ต่อไป

ในหลายพื้นที่ทั่วโลก การสูบน้ำบาดาลมาใช้ได้พิสูจน์แล้วว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาแผ่นดินทรุด ซึ่งเป็นปฏิกิริยาของพื้นผิวโลกต่อการอัดตัว/บีบอัดของชั้นน้ำ ที่อาจจะประกอบด้วยชั้นตะกอนละเอียด (ทรายแป้งหรือดินเหนียว) หรือต่อชั้นกั้นน้ำ หรือรวมกันทั้งสองกรณี การประเมินสถานการณ์เพื่อลดหรือควบคุมการเกิดปัญหาแผ่นดินทรุด สามารถประเมินได้จากการวัดค่าหลักๆสองประเภท คือ 1) ค่าการลดตัวลงหลังจากการสูบน้ำ หรือ 2) การวัดค่า Managed Aquifer Recharge (MAR) เป็นค่าตั้งต้นในการควบคุมปริมาณการสูบน้ำบาดาล และการปรับตัวเลข เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ของการสูบน้ำจากบ่อน้ำบาดาลหรือสระเติมน้ำ และการเติมโดยชั้นกรวดโดยใช้ระบบท่อทำหน้าที่ระบายน้ำไปสู่ชั้นดิน ซึ่งการลดความเสี่ยงในการเกิดแผ่นดินทรุดแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับแต่ละพื้นที่ เนื่องจากเงื่อนไขทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่นั้นๆ ในการศึกษาวิจัยของ USGS ร่วมกับสถาบันธรณีวิทยาแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน (China Geological Survey, CGS) และบริษัท GSI ได้เปรียบเทียบรูปแบบของการทรุดหลังจากสูบน้ำบาดาล และการคืนตัวหรือยกตัวกลับ โดยมีกรณีศึกษาในประเทศจีนที่ปากแม่น้ำแยงซี เมืองเซี่ยงไฮ้และเมืองฮิวสตัน เมือง Las Vegas และเมือง Antelope

ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเปรียบเทียบทั้งด้านความเหมือน และความแตกต่างทางธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีการทรุดตัวในหลายระยะ ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับคุณสมบัติของการสูญเสียรูปทรง และสภาพของความแข็งตัวของเม็ดดิน/ตะกอนที่ประกอบขึ้นเป็นชั้นน้ำบาดาล และแรงกระทำ (หน่วยแรงประสิทธิผล -Effective Stress - แรงที่เกิดขึ้นระหว่างเม็ดดิน/ตะกอน) ที่เกิดจากการสูบน้ำบาดาลทำให้เกิดการบีบอัดตัวของชั้นน้ำบาดาล ซึ่งโดยทั่วไปหลังจากการบีบอัดตัวทำให้วัสดุที่มีความยืดหยุ่นจะมีการคืนตัวบางส่วน หรือคืนตัวได้ทั้งหมดหลังจากการบีบอัดตัวในครั้งแรก เกิดการหน่วงการทรุดตัว ซึ่งขึ้นกับค่าการสูญเสียรูปทรง หรือค่าการคืบ (Creep ความคืบเป็นปรากฏการณ์ของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงรูปทรงถาวร อันเนื่องมาจากมีแรงกระทำมาทำซ้ำๆ) ของวัสดุประกอบเป็นชั้นน้ำบาดาล โดยส่วนมากแล้วจะไม่สามารถกลับคืนรูปทรงเดิมได้หรือเปลี่ยนแปลงรูปร่างถาวร และเนื่องจากความแตกต่างของการคืนรูป ความสามารถในการรับแรงของชั้นน้ำบาดาลทำให้ต้องมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไปการศึกษาภาคสนามแสดงให้เห็นว่าการที่ไม่สามารถคืนตัวหลังจากการบีบอัดอาจเกิดขึ้นเนื่องจากมีการเพิ่มปริมาณการสูบ ผลจากการวิจัยคาดหวังว่าจะช่วยทำให้เข้าใจกลไกของการทรุดตัวและการคืนตัวกลับ เพื่อที่จะสามารถออกแบบมาตรการเพื่อลดผลกระทบ รวมถึงการใช้งานน้ำบาดาลอย่างสมดุล

รูปที่ 3 การนำเสนอเรื่องแผ่นดินทรุดจากคณะผู้เข้าร่วมประชุมงาน The 13th International Association of Engineering Geology and the environment Congress

จากการเข้าร่วมประชุมได้มีการแสดงผลการใช้เทคโนโลยี InSAR เพื่อหาอัตราการทรุดตัวของแผ่นดิน ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม (Interferometric Synthetic Aperture Radar - InSAR) จับภาพในแต่ละช่วงเวลาในพื้นที่เฉพาะ รวมถึงพื้นที่ที่มีความซับซ้อนของชั้นน้ำบาดาล ซึ่งได้พัฒนาวิธีการในการประยุกต์ข้อมูลดาวเทียม (InSAR) กับค่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้ทางอากาศ เพื่อจะจัดทำ

แบบจำลองการทรุดตัว โดยการรวมข้อมูลข้างต้นจะทำให้เข้าใจ ด้านชลศาสตร์ ด้านกลศาสตร์ชั้นดินชั้นหิน และคุณสมบัติด้านธรณีฟิสิกส์ เพื่อที่จะทำให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพ และเข้าใจความสัมพันธ์เชิงเวลาและเชิงพื้นที่ ที่ซับซ้อนของการเกิดแผ่นดินทรุด

รูปที่ 3 (ต่อ) การนำเสนอเรื่องแผ่นดินทรุดจากคณะผู้เข้าร่วมประชุมงาน The 13th International Association of Engineering Geology and the environment Congress

การใช้แบบจำลองจำลองการทรุดตัวของแผ่นดิน แบบจำลองจำนวน 50 แบบได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อจะแสดงรูปแบบของชั้นน้ำบาดาล ในจุดที่แตกต่างกัน โดยขนาดของการบีบอัดตัวประเมินไว้ว่าจะมีการลดตัวของชั้นน้ำ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของความเสี่ยงที่จะเกิดการบีบอัดตัวได้ถูกประมาณการขึ้น และแบบจำลองได้ถูกนำมารวมกับค่าความเสี่ยงอีก 2 ประเภท คือ ความเสี่ยงในการทรุดตัวที่เกิดจากแรงกดของพื้นผิวดิน และความเสี่ยงที่เกิดตามมาหลังจากการทรุดตัว แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้โปรแกรม MODFLOW-SUB ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษา และตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งขึ้นกับสมมติฐานเกี่ยวกับการบีบอัดตัวของชั้นน้ำบาดาล และข้อมูลชั้นดินหินจากบ่อเจาะใกล้เคียงการวัดประสิทธิภาพของแต่ละประเภทความเสี่ยงเป็นไปตามขั้นตอน คือ 1) การจำลองสถานการณ์การบีบอัดตัวในอีก 50 ปี 2) ความลึกของการตกทับถมชั้นบนสุดของชั้นน้ำบาดาล และ 3) ค่าความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วม โดยข้อมูลจากการวัดจะถูกนำมาประเมินในเชิงพื้นที่ มีการกำหนดค่าคะแนนจาก 0-1 และกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปร เพื่อที่จะนำมาคำนวณและพัฒนาเป็นค่าความเสี่ยงรวมของทั้งพื้นที่ศึกษา

อีกแบบจำลองในโปรแกรม MODFLOW 6 ได้ถูกพัฒนาเพื่อที่จะจำลองความเป็นพลาสติกของตะกอนหยาบ และความเป็นพลาสติก และความไม่ยืดหยุ่นของตะกอนละเอียด ที่เป็นผลจากการ

เปลี่ยนแปลงสภาพทางชลศาสตร์ และแรงดันอันเกิดจากน้ำหนักของดินเองโดยรอบ ในชั้นน้ำบาดาลจะมีชุดคำสั่ง (CSUB) รวมกับฟังชั่นของการทรุดตัวและการบีบอัดตัวของชั้นน้ำบาดาลที่มีในโปรแกรมอยู่เดิม (MODFLOW-2005 (SUB, SUB-WT) ซึ่งมีความแปรผันตรงกับการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันของน้ำบาดาล (hydraulic head) ข้อแตกต่างของชุดคำสั่ง (CSUB) กับ (SUB, SUB-WT) คือ (CSUB) สามารถคำนวณการบีบอัดตัวของตะกอนละเอียด ซึ่งตอบสนองอย่างรวดเร็ว หรือตอบสนองช้า กับแรงกดที่เปลี่ยนไป โดยชุดคำสั่ง (CSUB) ได้นำมาประยุกต์ใช้ในแบบจำลองของชั้นน้ำบาดาล Chicot และ Evangeline ในเมืองฮิวสตัน รัฐเท็กซัส ซึ่งตะกอนละเอียดแทรกสลับอยู่ในชั้นน้ำมีความหนาประมาณ 5 เมตร แทรกที่ความลึก 150 ถึง 760 และ 30 ถึง 210 เมตรตามลำดับ โดยตะกอนละเอียดในชั้นน้ำได้ถูกนำมาคำนวณเป็นชั้นจะตอบสนองต่อแรงอย่างรวดเร็ว (no-delay interbeds) โดยสมมุติว่าในแต่ละชั้น มีความสมดุลของระดับแรงดันของน้ำบาดาล ในชั้นน้ำที่มีตะกอนหยาบจะมีค่าความซึมผ่านได้สูง โดยแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นแสดงผลว่าค่าการบีบอัดตัวที่มากที่สุดในชั้นน้ำบาดาล Chicot และ Evangeline อยู่ที่ความลึก 3 เมตรและ 2 เมตรตามลำดับ ซึ่งก่อให้เกิดการทรุดตัวขนาดมากที่สุดถึง 3 เมตร ในเมืองฮิวสตัน รัฐเท็กซัส ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1891

5.2 การหารือกับผู้เชี่ยวชาญจากสำนักสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS)

ประเด็นหารือ ปัญหาการปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาลของไทยในภาพรวมและการปนเปื้อนสาร VOC กรณี พื้นที่รีไซเคิลขยะและกำจัดกากอุตสาหกรรม บริษัท แวกซ์ กาเบ็จ รีไซเคิล เซ็นเตอร์ จำกัด ตำบลน้ำพุ อำเภอเมือง และตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี การวิเคราะห์แนวทางแก้ไขปัญหาจากผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา และยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำบาดาลอื่นๆ

ข้อเสนอแนะจาก USGS ในการแก้ปัญหาการปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาล

1. ควรศึกษารายละเอียดของพื้นที่ (Site Investigation) เพื่อให้ทราบว่าทิศทางของขอบเขตการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน (Plume) ไปในทิศทางใด กว้างเท่าไหร่ ลึกแค่ไหน มีการปนเปื้อนในชั้นหินร่วนและรอยแตกของหินปูนหรือไม่ หากเป็น กรณีเกิดการปนเปื้อนในชั้นหินร่วน ก็อาจใช้วิธี Geo probe เก็บตัวอย่างแทน ซึ่งจะประหยัดค่าใช้จ่ายในการสำรวจเนื่องจากไม่ต้องทำการเจาะบ่อ อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ Geo probe ในการเก็บตัวอย่าง อาจไม่เหมาะกับชั้นหินแข็ง

2. ข้อแนะนำในการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล ตามข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล มีความเป็นไปได้ว่า อาจจะมีการไหลปนหรือผสมของการปนเปื้อนจากชั้นน้ำหินร่วนและหินแข็ง อีกทั้งข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลยังพบอีกว่า บ่อส่วนใหญ่ที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นบ่อที่มีการใช้งาน หรือเป็นบ่อผลิตใช้งานอยู่ จึงเป็นเรื่องยากที่จะทราบว่าคุณภาพน้ำที่ได้ มาจากหินตะกอนอย่างเดียว หรือเป็นน้ำที่ผสมจากทั้งหินตะกอนและหินแข็ง USGS จึงแนะนำให้ใช้วิธี Small diameter sample pump สำหรับการวางพื้นที่ตั้งของบ่อสังเกตการณ์ เนื่องจากทางกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ทราบจุดที่ปล่อยสารปนเปื้อนที่

ค่อนข้างชัดเจน เพียงแต่ยังไม่มีข้อมูลเรื่องทิศทางที่ชัดเจน ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องปูพรมการวางบ่อสังเกตการณ์เป็นลักษณะ grid zone

3. ข้อควรระวัง จากการวิเคราะห์ข้อมูลของ ทบ. ร่วมกับประสบการณ์จาก USGS อาจเป็นไปได้ว่าการบำบัดด้วยวิธีต่างๆ นั้น อาจทำให้เกิดการอุดตันภายในชั้นน้ำ (Clogging) อันเนื่องมาจากการใช้สารเคมี และควรระวังการปนเปื้อนของสารที่จะซึมเข้ามาในชั้นรอยแตก ซึ่งจะทำให้การบำบัดเป็นไปได้ยากที่สุด

รูปที่ 4 การหารือกับผู้เชี่ยวชาญจาก USGS เรื่องการแก้ปัญหาการปนเปื้อน

รูปที่ 4 (ต่อ) การหารือกับผู้เชี่ยวชาญจาก USGS เรื่องการแก้ปัญหาการปนเปื้อน

4. ข้อเสนอแนะ เรื่องการแก้ปัญหาการปนเปื้อน (Site Remediation)

- วิธี Pump and Treat (P&T): ไม่เหมาะสม เนื่องจากวิธีนี้ใช้สำหรับกักสาร (Contain) ไม่ให้ไหลไปเกินกว่าขอบเขตที่ถูกจำกัด หากมีการหยุดสูบน้ำบาดาล สารที่ปนเปื้อนก็จะกลับมาเหมือนเดิม ประกอบกับวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูง จากประสบการณ์ของ USGS พบว่าวิธีนี้ไม่คุ้มค่า นอกจากจะทำด้วยวิธีนี้เพียงชั่วคราว เพื่อดำเนินการบำบัดด้วยวิธีอื่นต่อไป

- วิธี Bioaugmented treatment: เป็นการเติมอาหารเพื่อเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย และให้แบคทีเรียนั้นย่อยสลายสาร VOC/VC อย่างไรก็ตาม วิธีนี้อาจไม่เหมาะสมกับการดำเนินการในประเทศไทย เนื่องจากอุณหภูมิในประเทศอาจส่งผลให้ลดปริมาณ VOC/VC ลง และทำให้มีการเพิ่มขึ้นของโลหะหนักบางตัวที่มีอยู่ในพื้นที่ เช่น สารหนู เหล็ก แมงกานีส หรือสารอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ควรมีการวิเคราะห์พิจารณาในตัวชั้นน้ำบาดาลอีกครั้ง เพราะถ้าไม่มีสารดังกล่าวจำนวนมาก วิธีนี้ก็อาจจะเป็นวิธีที่เหมาะสม

- วิธี PRB: ไม่แนะนำให้ใช้วิธีนี้ เนื่องจากไม่เหมาะกับ Dense Non-Aqueous Phase Liquid (DNAPL) เพราะถ้าเป็นหินที่มีรอยแตก จะทำให้เกิดการปนเปื้อนสู่ด้านล่างเพราะมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ DNAPL เป็นกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยชนิดที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ คุณสมบัติที่ละลายกับน้ำได้น้อยทำให้การละลายของสารปนเปื้อนจาก DNAPL pool ใช้เวลานาน ดังนั้นหากมีการปนเปื้อนของสาร DNAPL จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนเป็นระยะเวลานาน ตัวอย่างสารกลุ่ม DNAPL เช่น Tetrachloroethylene, Trichloroethylene, 1-1 dichloroethylene, Carbon tetrachloride เป็นต้น

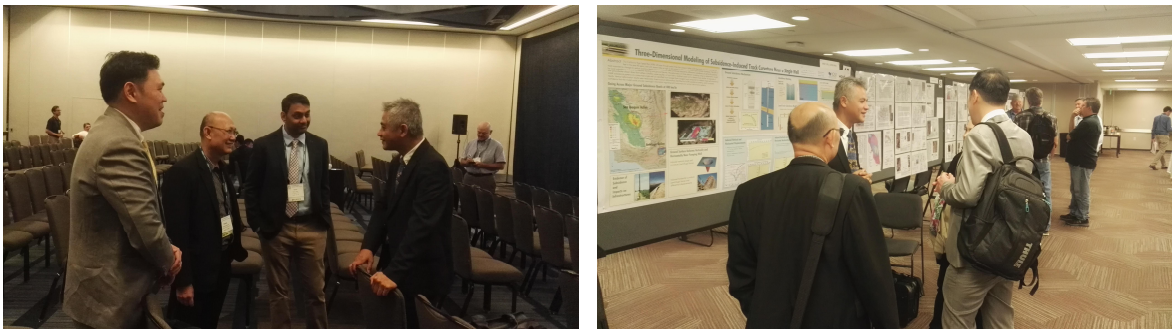
- วิธี Plumestop®: เป็นเทคนิคของบริษัท Regenesis ซึ่งทาง USGS ไม่มีข้อมูล แต่วิเคราะห์ว่าการคงอยู่ของ VOC ไม่น่าจะถึง 20 ปี จึงไม่จำเป็นต้องใช้วิธีนี้

5.3 การหารือกับ Dr. Chin Man Mok (Vice President- GSI)

1. การสำรวจและประเมินสถานการณ์พื้นที่ที่มีปัญหาการปนเปื้อน (Site Investigation) ต้องศึกษาทั้งแนวกว้าง และแนวลึก ซึ่งบริษัท GSI มีวิธีการจัดการหรือการวิเคราะห์แหล่งที่มาของปัญหาการปนเปื้อนหลากหลายวิธี ในกรณีนี้ทาง GSI ได้เสนอแนะวิธี Thermal NSZD® (Continuous Remote Monitoring of Natural Source Zone Depletion) ซึ่งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิในพื้นดิน 2-3 °C เพื่อจับ natural biodegradation destroys free-phase product (LNAPL) (www.thermalnszd.com)

2. ข้อแนะนำเรื่องการแก้ปัญหาการปนเปื้อน (site remediation)

- วิธี Pump and Treat (P&T) ไม่เหมาะสม เนื่องจากวิธีนี้ใช้สำหรับกักสาร (Contain) ไม่ให้ไหลไปมากกว่าขอบเขตที่เราจำกัด
- วิธี PRB ไม่เหมาะสม
- วิธี Plumestop® มีค่าใช้จ่ายสูง หากจะดำเนินการด้วยวิธีนี้ควรศึกษาเรื่องทิศทาง ขนาดของแหล่งกำเนิดให้ชัดเจนเสียก่อน



รูปที่ 5 การหารือกับ Dr. Chin Man Mok (Vice President- GSI)

6. ประโยชน์ที่ได้รับ

6.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ และรับทราบความเคลื่อนไหวทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านวิศวกรรมธรณี

6.2 กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้แสดงศักยภาพและบทบาทในเวทีสากล

6.3 กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้แนวทางการอนุรักษ์น้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม รวมถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาลในการดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาล

6.4 กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้สานสัมพันธ์และสร้างเครือข่ายทางวิชาการระดับนานาชาติ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การบริหารทรัพยากรน้ำบาดาล ต้องทำความเข้าใจกับพฤติกรรมของน้ำบาดาลโดยการเฝ้าสังเกตการณ์อย่างต่อเนื่อง และการนำข้อมูลที่เก็บได้มาใช้ในการวางแผนการใช้ทรัพยากร มีการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ของกลไกต่างๆที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบและการใช้อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามกฎหมายทั้งหมดไม่สามารถแก้ไขปัญหาน้ำบาดาลได้ ถ้ากฎหมายและกฎข้อบังคับต่างๆเหล่านี้มิได้นำมาใช้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีการสอดส่องดูแลโดยผู้ใช้น้ำบาดาลเอง ประกอบกับการให้การศึกษาแก่ประชาชนผู้ใช้น้ำบาดาลเกี่ยวกับความสำคัญของน้ำบาดาล และตระหนักว่าการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกันกับน้ำผิวดินเป็นสิ่งจำเป็นและเร่งด่วน

7.2 การเก็บข้อมูลพื้นฐานทางวิชาการจะต้องมีการกระทำอย่างต่อเนื่อง และเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน หากมีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้น จะสามารถสืบหาสาเหตุได้อย่างชัดเจน

7.3 การนำเทคโนโลยีมาช่วยในการบริหารจัดการน้ำบาดาล อาทิ การเปลี่ยนบ่อสังเกตการณ์ให้เป็นแบบอัตโนมัติ และบันทึกส่งต่อข้อมูลช่วงเวลาจริง (real time) การใช้เทคโนโลยี InSAR ในการประมาณการแผ่นดินทรุดในภาพใหญ่ รวมถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ เป็นสิ่งที่จำเป็นและกรมทรัพยากรน้ำบาดาล อาจมีการร่วมมือทางวิชาการกับหน่วยงานอาทิ USGS ในการพัฒนาการนำวิทยาศาสตร์มาช่วยในการบริหารจัดการน้ำบาดาลต่อไป

7.4 ประเด็นปัญหาการปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาลของไทยในภาพรวมและการปนเปื้อนสาร VOC กรณี พื้นที่รีไซเคิลขยะและกำจัดกากอุตสาหกรรม บริษัท แวกซ์ กาเบ็จ รีไซเคิล เซ็นเตอร์ จำกัด ตำบลน้ำพุ อำเภอเมือง และตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี อาจต้องมีการศึกษาพื้นที่ขั้นรายละเอียดเพิ่มเติม ทั้งในทิศทางการไหลของการปนเปื้อน ทั้งแนวระนาบ และแนวลึก การหาข้อมูลเพิ่มเติมว่าที่จริงนั้นการปนเปื้อนเกิดที่ชั้นหินตะกอน หรือเกิดการจากผสมทั้งในชั้นหินตะกอนและชั้นหินแข็ง เพื่อที่จะนำข้อมูลที่แน่นอนมาหาวิธีบำบัด และแก้ปัญหาคุณภาพน้ำบาดาลให้ประชาชนในพื้นที่ต่อไป

7.5 วิธีการบำบัดการปนเปื้อน ด้วยวิธี Bioaugmented treatment เป็นการเติมอาหารเพื่อเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย และให้แบคทีเรียนั้นย่อยสลายสาร VOC/VC อาจมีความเป็นไปได้ และสามารถทำได้เลย โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมากนัก อย่างไรก็ตาม อาจต้องมีการวิเคราะห์พิจารณาในตัวชั้นน้ำบาดาลอีกครั้ง เพราะการใช้วิธีดังกล่าว จะย่อยสลายสาร VOC/VC และก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีแปรสภาพเป็นสารอื่นๆ เข้ามาแทน (By product) ซึ่งเป็นสารโลหะหนักบางตัวในพื้นที่ เช่น สารหนู เหล็ก แมงกานีส หรือสารอื่นๆ หรือไม่

8. ผู้จัดทำรายงาน

8.1 ผู้เขียนรายงาน

8.1.1 นายสุรินทร์ วรกิจธำรง วิศวกรชำนาญการพิเศษ สพบ.

8.1.2 นายอนิรุทธ์ ลดาวดี นักธรณีวิทยาชำนาญการ สอฟ.

8.1.3 นางสาวอลิน ชินทรารักษ์ นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการพิเศษ กผ.

8.2 ผู้ตรวจรายงาน

นายบรรจง พรมจันทร์ ผู้อำนวยการสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล

9. รายชื่อเครือข่ายความร่วมมือระหว่างประเทศ

9.1 Dr. Barbara Bekins	Water Quality Expert, The United States Geological Survey (USGS)
9.2 Dr. Matt Landon	Modeler and Groundwater Quality Impacts Project Operator, The United States Geological Survey (USGS)
9.3 Mr. Sachin D. Shah	Hydrological Science Lead for the Geospatial Science and Cyber Innovation Branch, The United States Geological Survey (USGS)
9.4 Dr. Chin Man (Bill) Mok	Vice President Principal Engineer and Hydrogeologist, GSI ENVIRONMENTAL San Francisco, USA.