

## การประเมินเพื่อคาดการณ์ภัยพิบัติที่เกิดจากการถล่มด้วยหิน ใต้ผิวดินในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: กรณีศึกษาที่หนองหาน กุ่มภาปี จังหวัดอุดรธานี และหนองบ่อ อำเภอกรือ จังหวัดมหาสารคาม

### Evaluation of natural hazard from a collapse of subsurface rock salt cavity in the Northeastern Thailand: Case studies from Nong Han Kumpawapee lake, Changwat Udon Thanee and Nong Bo reservoir, Amphoe Borabue, Changwat Mahasarakam

เพียงตา สาตรักษ์ (Peangta Satarugsa)\* ณัฐวุฒิ มีสวัสดิ์ (Nutthawut Meesawat)\*\*  
วัชรากรณ์ ทองแม้น (Watcharakorn Thongman)\*\* วินิจ ยังมี (Winit Yangmee)\*\*\*

#### บทคัดย่อ

สภาพใต้ผิวดินในบริเวณแอล朵ราชาและสกอลนครที่ครอบคลุมพื้นที่ประมาณหนึ่งในสามของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วยชั้นเกลือหินและชั้นหินดินเหนียว ซึ่งชั้นเกลือหินได้ผิดนิสัยสามารถถูกทำลายได้โดยน้ำดาด ทำให้สภาพใต้ผิวดินของแอล朵ราชาและสกอลคร์มีโอกาสเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติจากการถล่มด้วยหินใต้ผิวดินได้ เพื่อประเมิน คาดการณ์ของความเป็นไปได้ในการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติจากการถล่มด้วยหินใต้ผิวดินได้ ประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดคลื่นล้ำ ล้ำเสียง และวิธีวัดความด้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบ 2 มิติ โดยได้เลือกพื้นที่กรณีศึกษาจำนวน 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ร่องฯ หนองหาน กุ่มภาปี จังหวัดอุดรธานี และพื้นที่หนองบ่อ อำเภอกรือ จังหวัดมหาสารคาม ผลการศึกษายังบ่งชี้ว่าพื้นที่หนองหาน กุ่มภาปี พบว่า (1) ความลึกของเกลือหินใต้ผิวดินบริเวณพื้นที่ร่องฯ หนองหาน กุ่มภาปี มีความลึกไม่แน่นอนพับตัวแต่ 50-100 เมตร ซึ่งเป็นหลักฐานที่บ่งบอกว่าเป็นลักษณะเกลือหินรูปโดมระดับต้นผิวน้ำ ระ (2) สภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดินของพื้นที่หนองหาน กุ่มภาปี มีความสอดคล้องกับคำอธิบายเดิมที่ว่าหนองหาน กุ่มภาปี เกิดจากผลของการถล่มด้วยหินใต้ผิวดิน และ (3) พื้นที่ร่องฯ หนองหาน กุ่มภาปี เกลือหินมีการถูกทำลาย จึงมีการทรุดตัวอย่างต่ออย่างเป็นต่ออย่างต่อไป ผลการสำรวจพื้นที่หนองบ่อ อำเภอกรือ จังหวัดมหาสารคาม พบร่องรอยรูปโดมที่ระดับความลึกต้นสุดประมาณ 12-15 เมตร ใต้ผิวดิน ซึ่งสอดคล้องกับการแปลความหมายได้จากผลการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบท่อห้องเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2522 เมน้ำว่าสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดินของพื้นที่หนองบ่ออย่างไม่สามารถสนับสนุนได้ว่าจะมีโอกาสเกิดการถล่มด้วยหินใต้ผิวดินตามแนวที่สำรวจไว้เพื่อตรวจสอบและยืนยันหาด ความลึก และรูปร่างในช่วง 3-5 ปีกีครั้ง และควรมีการติดตามสภาพของโดมเกลือหินตามแนวที่สำรวจไว้เพื่อตรวจสอบและยืนยันหาด ความลึก และรูปร่างในช่วง 3-5 ปีกีครั้ง และควรมีการสำรวจสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดินของแอล朵ราชาและสกอลนคร เพื่อให้ชุมชนแต่ละชุมชนสามารถประเมิน คาดการณ์ภัยพิบัติประเภทนี้ได้ โดยการประยุกต์ใช้วิธีธอร์นีฟิสิกส์ในการสำรวจ หากพบว่ามีความเป็นได้ที่จะเกิดภัยพิบัติจากการถล่มด้วยหินใต้ผิวดิน จะได้มาตราการป้องกันต่อไป

\* รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\* นักธรณีวิทยา ประจำโครงการศึกษาวิจัยภายใต้ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*\* อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## Abstract

Deformed rock salt and claystone layers overlaid by unconsolidated sediments constitute subsurface geology of the Khorat and Sakon Nakhon basins that cover an area of approximately one-third in the Northeastern region. Rock salt is a soluble mineral and it is dissolved easily with water. Therefore, a collapse of rock salt cavities into sinkholes in the basins becomes geotechnical engineering and geo-environmental hazard of concern. Thus, we applied seismic and 2-D resistivity surveys for mapping of subsurface geology in order to evaluate a possibility of having rock salts sinkhole hazard. The surveys were conducted near Nong Han Kumpawapee lake, Changwat Udon Thanee and Nong Bo reservoir, Amphoe Borabue, Changwat Mahasarakam. The Nong Han Kumpawapee lake is the area which is believed to be the consequential result of a collapse of the near-surface salt dome after dissolution of rock salt. The Nong Bo is the area where the results from the reflection seismic data acquired in 1982 revealed depths to rock salt to be very shallow. Seismic and 2-D resistivity results from the Nong Han Kumpawapee area indicated that (1) there was a salt dome underneath the Nong Harn Kumpavapee lake as the depths to rock salt adjacent to the lake was found to vary from 50 meters to more than 100 meters below the ground surface, (2) the lake is likely to be formed as a result of subsurface rock salt cavity collapses, and (3) land subsidence in this area occurred gradually. Result from this study confirms that there is a possibility of having a rock-salt sinkhole's hazard in the Northeastern region. 2-D resistivity result from the Nong Bo area reveals depths of rock salt similar to a previous seismic reflection survey. However, subsurface mapping in this area should be continued for a period of 3–5 years before a rigorous evaluation of a possibility of having rock salts sinkhole's hazard can be undertaken. Thus, we recommend that the shallow salt dome areas in Northeastern region should be mapped similarly to our study in order to locate possible and significant damage from the collapse of rock salt cavities into sinkholes hazard.

**คำสำคัญ:** เกลือหิน, โครงใต้ผิวดิน, การสำรวจธรณีฟิสิกส์

**Key words:** rock salt, sinkhole, geophysical exploration

## บทนำ

ดำเนินการสำรวจและสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่เล่าสืบทอดกันมาถึงการเกิดหนองหานน้ำ ธรรมชาติขนาดใหญ่ที่สุดและอันดับสองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่เป็นผลจากการยุบตัวของแผ่นดินคือ หนองหาร จังหวัดสกลนคร และหนองหาน กุ่มภาปี จังหวัดอุดรธานี ซึ่งเล่ากันมาว่า “เกิดจากการมุดของเหลาพญานาคที่ต้องการแกะแคนน์มนุษย์ที่ได้ทำร้ายโกรสของเจ้าพญานาคแห่งเมืองนาดาลจนถึงแก่ชีวิต” (สังเวียน มุขชนก, 2546) เมื่อวิเคราะห์เรื่องเล่าในดำเนินการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์และอย่างทางธรณีวิทยาของ การเกิดชั้นเกลือหินในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สันนิษฐานได้ว่า หนองหานธรรมชาติทั้งสองดังกล่าวอาจจะเกิดจากการยุบตัวของโครงเกลือหินหรือทรุดตัวลงของแผ่นดิน

เนื่องจากการละลายของชั้นเกลือหินใต้ผิวดินออกไปเหตุการณ์ในดำเนินการสำรวจและสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ภัยธรรมชาติที่ได้เกิดขึ้นมาแล้วในอดีต ดังนั้น ในอนาคตภัยธรรมชาตินี้สามารถเกิดขึ้นได้อีกเช่นกัน อย่างไรก็ได้ พื้นที่บริเวณหนองหานน้ำทั้งสองแห่ง ปัจจุบัน ยังไม่มีรายงานการศึกษาสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน เพื่อวิเคราะห์และยืนยันว่าเกิดจากการยุบตัวของผิวดินที่อยู่เหนือโครงเกลือหิน มีเพียงรายงานการศึกษาจากภาพถ่ายทางอากาศที่แสดงความเป็นไปได้ของหนองหานน้ำทั้งสองแห่งว่า เกิดจากการยุบตัวของโครงใต้ผิวดิน (Rau and Supajanya, 1985)

หากกล่าวถึงการสำรวจใต้ผิวดินในอดีต ดูเหมือนเป็นสิ่งที่ทำได้ยากลำบากและต้องลงทุนด้วยงบประมาณที่สูง แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีของการสำรวจ

ใต้ผิวดินเปลี่ยนไป ทำให้เก็บประมาณที่ใช้ในการสำรวจ  
ใต้ผิวดินลดลงเป็นอย่างมาก รวมทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการ  
สำรวจมีราคาลดลง แม้กระนั้นสามารถพัฒนาหรือสร้าง  
เครื่องมือขึ้นมาเพื่อทำการสำรวจได้โดยง่าย โดยเฉพาะ  
ด้วยวิธีการประยุกต์สำรวจด้วยธรณีฟลิกส์ ซึ่งวิธีการนี้  
เป็นที่ยอมรับทั่วไปว่าสามารถทำได้ด้วยงบประมาณที่ต่ำ  
แต่ให้ความแม่นยำสูง (Satarugsa and Srisuk, 2000;  
เพียงตา สาตรักษ์ และคณะ, 2544)

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการประยุกต์  
สำรวจใต้ผิวดินด้วยวิธีทางธรณีฟลิกส์ โดยวิธีวัดคลื่น  
สั่นสะเทือน และวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เพื่อ  
ศึกษาวิเคราะห์ ประเมิน และยืนยัน ความเป็นไปได้ของ  
ภัยพิบัติจากการยุบตัวของโครงสร้างหินใต้ผิวดิน โดยเลือก  
พื้นที่กรณีศึกษา 2 พื้นที่ ได้แก่ บริเวณรอบๆ หนองหาน  
กุ่มภาปี จังหวัดอุดรธานี (รูปที่ 1) และพื้นที่หนองบ่อ  
อำเภอกรนี จังหวัดมหาสารคาม (รูปที่ 2) ซึ่งบริเวณ  
พื้นที่หนองบ่อได้เคยมีการสำรวจสภาพใต้ผิวดินด้วยการ  
วัดคลื่นสั่นสะเทือนเพื่อสำรวจหาบีโตรเลียมมาแล้วในปี  
พ.ศ. 2522 และพบโถมเกลือระดับตื้นใต้ผิวดินประจำตัว  
กระจายอยู่ทั่วไป โครงการวิจัยนี้จึงทำการสำรวจหา  
รูปร่างและความลึกของโถมเกลือ ทับกันแนวสำรวจคลื่น  
สั่นสะเทือนเพื่อนำความลึกและรูปร่างของโถมเกลือจาก  
ที่สำรวจได้มาเปรียบเทียบกับรูปร่างและความลึกของ  
โถมเกลือเมื่อ 25 ปีก่อน

## วิธีการสำรวจ

### 1. วิธีการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหัก เหวและแบบสะท้อน

การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห  
ใช้ระยะห่างของตัวรับคลื่น 10 เมตร จำนวน 24 ตัว  
ในแต่ละแนวมีจุดกำเนิดคลื่นจำนวน 3 จุด (ห่างจาก  
ปลายของแนวสำรวจทั้งสองข้าง 30 เมตร 2 จุด และ  
ตรงกลาง 1 จุด) ใช้ช้อนขนาด 5.5 กิโลกรัม ยกกระแทก  
กับแผ่นเหล็กเพื่อทำให้เกิดคลื่นวิ่งลงสู่ใต้ดิน เมื่อคลื่น  
พบรอยต่อระหว่างชั้นหินที่มีความเร็วต่างกันจะสะท้อน  
และหักเห กลับขึ้นมาสู่ผิวดิน การแปลงความหมายของ

ข้อมูล กรณีที่ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าชั้นหินใต้ผิวดินเป็น<sup>1</sup>  
ลักษณะเรียบ ใช้การแปลงความด้วยวิธี Intercept Time  
Method กรณีที่พบข้อมูลแสดงให้เห็นว่าชั้นหินใต้ผิวดิน<sup>2</sup>  
เป็นลักษณะขรุขระ ใช้การแปลงความด้วยวิธี Delay Time  
Method (เพียงตา สาตรักษ์, 2544)

การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน  
ทำการสำรวจแบบไม่มีจุดสะท้อนร่วม (single fold) และ<sup>3</sup>  
มีจุดสะท้อนร่วมจำนวน 12 ครั้ง (twelve folds) หรือ<sup>4</sup>  
กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ ทำการเก็บข้อมูลชั้กัน 12 ครั้ง<sup>5</sup>  
ใช้ข้ออ้างเป็นตัวกำหนดคลื่นเช่นเดียวกับแบบหักเห  
โดยวางแผนห่างระหว่างตัวรับคลื่นและจุดกำเนิดคลื่น<sup>6</sup>  
30 เมตร เปิดรับคลื่น 1 วินาที ใช้ตัวรับคลื่นจำนวน  
24 ตัว วางห่างกัน 10 หรือ 15 เมตร เป็นแนวเส้นตรง<sup>7</sup>  
จุดกำเนิดคลื่นแต่ละจุดห่างกัน 10 หรือ 15 เมตร ข้อมูล  
ที่ได้หักหมุดนำมาระบบด้วยโปรแกรม SEISTRIX  
เครื่องมือที่ใช้ คือ OYO McSeis-170f with 24  
channel and 100 Hz geophone

การสำรวจแบบหักเหและแบบสะท้อน ทำการ  
สำรวจบริเวณพื้นที่รอบๆ หนองหานจำนวน 9 แนว  
สำรวจ (รูปที่ 1) ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอที่ทำให้  
สามารถแปลงความหมายสภาพใต้ผิวดินของเกลือหิน  
รูปโฉม

### 2. วิธีการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้า จำเพาะ

การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบ  
2 มิติ ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางแนวตั้งและแนวอน  
โดยวางแผนข้าไฟฟ้าของการสำรวจแบบ Dipole-dipole  
ใช้ระยะห่างของข้ากระยะ 50 เมตร ขยายระยะห่างของ  
ข้าวัดความต่างศักย์เป็น 100, 150, 250, 350, 450  
เมตร หรือ  $n=1-9$  เครื่องมือที่ใช้ Syscal R1 Plus  
แปลงความหมายด้วยโปรแกรม RES2DINV (Loke,  
1999)

การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ  
ทำการสำรวจบริเวณพื้นที่รอบๆ หนองหานจำนวน  
5 แนว (รูปที่ 1) และบริเวณพื้นที่หนองบ่อจำนวน 4 แนว  
(รูปที่ 2)

## ผลการศึกษา

### 1. ผลการสำรวจบริเวณหนองหาน กุมภาพันธ์

ความลึกของชั้นเกลือหินจากผลการแปลง  
ความหมายด้วยการสำรวจด้วยเครื่องส่องประมวล  
ตามแนวสำรวจรอบๆ หนองหานจำนวน 9 แนวสำรวจ  
(S1-S9) แสดงในตาราง แปลความหมายชั้นดิน-หิน  
ใต้ผิวดินได้ 2 ชั้น ชั้นแรกพบค่าความเร็วคลื่นประมาณ 1,700-2,000 เมตรต่อวินาที จัดเป็นความเร็วคลื่นของ  
หินดินเนินยา ชั้นที่สองพบความคลื่นเร็วประมาณ 3,800-4,800 เมตรต่อวินาที จัดเป็นความเร็วคลื่นของ  
ชั้นเกลือหิน ความลึกของผิวนอนของชั้นเกลือหินแปลง  
ความหมายจากข้อมูลคลื่นลับนี้จะแสดงว่ามีความลึกของหิน  
ฐานหรือหมวดหินโคลกรวดที่รองรับชั้นเกลือหิน จาก  
ผลการแปลงความหมายด้วยข้อมูลคลื่นลับนี้จะแสดงว่า  
สามารถนำมารังเส้นชั้นความสูง-ต่ำ ของผิวนอนของ  
หมวดหินโคลกรวด (structural contour) ตั้งแสดงใน  
แผนที่รูปที่ 1 ความลึกของผิวนอนของหมวดหินโคลกรวด  
ประมาณ 130-170 เมตรจากผิวดิน

ภาพตัวอย่างข้อมูลจากการสำรวจด้วยหักเห  
แสดงในรูปที่ 4 และคลื่นสะท้อนแสดงในรูปที่ 5 ส่วน  
รูปที่ 6 แสดงผลการสำรวจด้วยเครื่องส่องประมวล  
สะท้อนบริเวณบ้านพันดอน เปรียบเทียบกับข้อมูลหลุม  
เจาะสำรวจแร่โพแทซีม K-9 พบความลึกของคลื่นลับสะท้อน  
ที่มาจากการสำรวจชั้นเกลือหิน และจากผิวนอนของหมวดหิน  
โคลกรวดที่ระดับความลึกใกล้เคียงกัน ผลการวัดความ  
ต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ จำนวน 5 แนวสำรวจ (รูปที่ 7  
ก) ได้แก่ แนวสำรวจบ้านดอนเงิน-บ้านหินขาว (รูปที่ 7  
ก) แนวสำรวจบ้านเชียงแวง (รูปที่ 7 ข) แนวสำรวจบ้าน  
พันดอน (รูปที่ 7 ค) แนวสำรวจบ้านโนนสา (รูปที่ 7  
ง) และ แนวสำรวจบ้านดอนแก้ว พบร่องรอยหินระดับดิน  
และมีผิวชุราะ สูง-ต่ำ แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดย  
เฉพาะเกลือหินรูปโดมเกลือบริเวณแนวสำรวจบ้านดอน  
เงิน-หินขาว (รูปที่ 7 ก) พบร่องรอยเป็นรูปแอง' แสดง  
ถึงการถูกทำลายออกไประดับดิน แสดงถึงการถูกทำลาย  
ของผิวดินบริเวณรูปแอง' ได้ พบร่องรอยหินระดับดิน

บริเวณใกล้เคียงหนองหานมีความลึกมากกว่าบริเวณที่ห่าง  
จากหนองหานออกไประดับดิน (รูปที่ 7)

### 2 ผลการสำรวจบริเวณหนองบ่อ อําเภอบรบือ

ผลการศึกษาในพื้นที่หนองบ่อ อําเภอบรบือ<sup>1</sup>  
พบลักษณะของโดมเกลือหิน 4 แนวสำรวจ สอดคล้องกับ  
ข้อมูลของคลื่นลับนี้จะแสดงว่ามีความลึกของชั้นเกลือหิน  
ในปี พ.ศ. 2522 และสอดคล้องกับข้อมูลหลุมเจาะ  
สำรวจที่อยู่ใกล้เคียง พบร่องรอยเป็นรูปแอง' แสดงถึงความลึกตื้นสุดของเกลือหิน  
ประมาณ 12-15 เมตรจากผิวดิน ตามแนวสำรวจแนว  
ที่ 3 (รูปที่ 2) มีพื้นที่สำรวจบางส่วน (รูปที่ 8 ก) ทับกับ  
แนวสำรวจด้วยหักเหที่ต้องการเจาะ ที่ทำการเก็บข้อมูลใน  
น้ำดาดล มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ทำการเจาะข้อมูลใน  
ปี พ.ศ. 2545 (รูปที่ 8 ข) และทับกับแนวสำรวจด้วยหักเหที่ต้องการเจาะ ที่ทำการเจาะข้อมูลใน  
ปี พ.ศ. 2522 (รูปที่ 8 ค) รวมทั้งผ่านตำแหน่งของหลุมเจาะ OW 2  
เจาะโดยกรมชลประทานหนองบ่อ ซึ่งพบเกลือหินที่ความ  
ลึก 18 เมตรจากผิวดิน (อิดารัตน์ โคงวนท์, 2546)  
เปรียบเทียบโดยมีรูปที่ 8 ก กับรูปโดยมีรูปที่ 8  
แสดงลักษณะคล้ายคลึงกัน ยกเว้นตรงบริเวณขอบ  
ของโดมในด้านขวาเมืองของรูป พบร่องรอยเป็นรูปแอง'  
ค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำเป็นวงกว้างและลึกมากขึ้น  
แสดงถึงเกลือหินถูกทำให้ละลายออกไประดับดิน

## อภิปรายผลและเสนอแนะ

### 1. โอกาสของภัยพิบัติที่จะเกิดจากการยุบตัว ของพระเกลือในพื้นที่บริเวณหนองหาน กุมภาพันธ์

พื้นที่หนองหานอยู่บริเวณขอบแอ่งสกลนคร  
และมีหินฐานหมวดหินโคลกรวดรองรับชั้นหินเกลือ  
หมวดหินโคลกรวดโดยลับบนผิวดินทางทิศตะวันออก  
เฉียงใต้ของหนองหาน (รูปที่ 1) จากข้อมูลคลื่น  
ลับนี้จะแสดงว่ามีความลึกของหินหมวดหินโคลกรวดที่  
ระดับประมาณ 130-170 เมตรต่อผิวดิน และจากข้อมูล  
หลุมเจาะ K-9 บริเวณบ้านพันดอน พบร่องรอย  
หินระดับดินโคลกรวด 147 เมตรจากผิวดิน(รูปที่ 7 ก)

จากเกษตร, 2528) จากลักษณะเส้นระดับความสูง-ต่ำ ของพื้นหมวดโภคกรด (รูปที่ 1) แสดงให้เห็นว่าพื้น หมวดโภคกรดไม่ได้ควบคุมโครงสร้างของหนองหาน ดังนั้นหนองหานเกิดจากผลของการซึมที่ทางอยู่เหนือ หมวดพื้นโภคกรด นั่นคือ ชั้นเกลือทินและพื้นดินเหนียว และเมื่อพิจารณาความลึกของผิวน้ำชั้นเกลือทิน พบรูป ระดับดินผิวชั้นหิน จึงสนับสนุนคำอธิบายถึงการบดขี้น ของโ-dom เกลือบริเวณใต้ผิวดินของหนองหาน (พื้นที่ที่มีน้ำ ขังในปัจจุบัน) ที่ต่อมาเกลือบางส่วนถูกทำลายออกไป และทรุดตัวลงเป็นหนองน้ำ (แอ่ง) ดังปรากฏในปัจจุบัน และจากการศึกษาวิจัยระบบการไหลของน้ำดาดใน พื้นที่หนองหาน ของศูนย์วิจัยน้ำดาด มหาวิทยาลัย ขอนแก่น (2543) พบรูปว่าพื้นที่บริเวณหนองหานมีระบบ การไหลของน้ำดาดเป็นแบบพื้นที่ให้น้ำ กล่าวคือการ ไหลของน้ำดาด มีทิศทางไหลจากหนองหานไปทางทิศ ตะวันตกเฉียงเหนือ สู่พื้นที่ที่มีสภาพเป็นที่รับน้ำ ดังนั้น เกลือทินใต้ผิวดินบริเวณหนองหานและพื้นที่รอบ ๆ หนองหาน ที่ปัจจุบันพบว่ายังมีอยู่และหากมีการถูก ทำลายออกไปอย่างต่อเนื่อง โอกาสของแผ่นดินทรุด หรือยุบตัวของพื้นที่บริเวณหนองหานจึงเป็นไปได้สูง ผลการศึกษาในครั้งนี้ให้คำอธิบายการเกิดหนองหานสอด คล้องกับเรื่องเล่าในตำนานและพาไปส่วนที่เกิดจากการ ยุบตัวของแผ่นดิน เพราะพบว่ามีลักษณะเกลือทินรองรับ ใต้ผิวดินระดับดิน และโครงสร้างพื้นฐานหมวดโภคกรด ที่รองรับชั้นเกลือทินไม่ได้ควบคุมรูปทรงของหนองหาน เท่านั้น ส่วนหนองหานเกิดจากการยุบตัวของแผ่นดิน อย่างรวดเร็วจนทำให้คุณล้มตายเป็นจำนวนมาก เมื่อ หายไปทึ่งเมือง หรือแบบค่อนเป็นค่อยไปที่พัฒนามา ดังเดิมหลังการคดโก้งของเทือกเขาภูพาน เสนอแนะให้มี การศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

## 2. โอกาสของภัยพิบัติที่จะเกิดจากการยุบตัว ของพรมกลีอทินในพื้นที่บริเวณหนองบ่อ

หนองบ่อ อำเภอกรีน จังหวัดมหาสารคาม เป็นพื้นที่ที่อยู่ห่างจากขอบแม่น้ำกว่าพื้นที่ของหนอง หาน กุ่มภาปี แม้จะพบโ-dom เกลือระดับดินกระจัด กระจาดอยู่ทั่วไป แต่พื้นฐานหมวดพื้นโภคกรดที่รองรับ

ชั้นเกลือทินและพื้นดินเหนียวในบริเวณนี้พบที่ระดับ ความลึกประมาณ 800-900 เมตรจากผิวดิน (รูปที่ 8 ค) และหมวดพื้นนี้วางตัวในแนวราบ ดังนั้นโอกาสเสี่ยง ต่อการยุบตัวของพรมกลีอทินเปรียบเทียบกับ พื้นที่หนองหานพบว่ามีโอกาสเสี่ยงน้อยกว่ามาก จาก ผลการเปรียบเทียบรูปทรงและความลึกของโ-dom เกลือใน ระยะเวลาห้ากัน 25 ปี ยังไม่พบความผิดปกติของสภาพ โ-dom ยกเว้นบริเวณแนวสำรวจในรูปที่ 8 เสนอแนะให้ แนวสำรวจนี้ควรทำการศึกษาช้ำในรอบ 3-5 ปี เพื่อ ตรวจสอบและประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงของโ-dom เกลือ โดยเฉพาะบริเวณที่พบขอบเขตของความต้านทาน ไฟฟ้าต่ำ หากพบว่ามีขอบเขตความต้านทานไฟฟ้าต่ำ มีการขยายกว้างมากขึ้นแสดงว่าพื้นที่นี้มีโอกาสเสี่ยงต่อ การเกิดแผ่นดินยุบ

## 3. การประยุกต์สำรวจธรณีฟิลิกส์เพื่อทำนาย ภัยพิบัติการยุบตัวของพรมกลีอทินใต้ผิวดิน

ผลของการศึกษาการคาดการณ์ภัยพิบัติใน ครั้งนี้ เป็นการประยุกต์สำรวจธรณีฟิลิกส์ตัวยิวิชัตคลื่น สั่นสะเทือนแบบหักเหและแบบสะท้อน และวิธีวัดความ ต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบ 2 มิติ เพื่อศึกษาสภาพใต้ผิวดินในบริเวณที่สงสัยว่ามีชุมชนได้ตั้งอยู่บนโ-dom เกลือ ระดับดิน พบรูปว่าสามารถทำได้ และค่าใช้จ่ายในการ สำรวจค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับการเจาะหลุมสำรวจ ดังนั้นในอนาคตชุมชนในพื้นที่ของแอ่งโคราชและแอ่ง สกลนคร ควรมีการศึกษาสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน เพื่อ ให้มั่นใจว่าไม่ได้ตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นโ-dom เกลือระดับดิน และเป็นพื้นที่ที่มีน้ำใต้ดินไหลออก เพราะจะมีโอกาสเสี่ยง ต่อภัยการการยุบตัวของพรมกลีอทิน กรณีที่ได้รู้ว่าชุมชน ได้ตั้งอยู่บนโ-dom เกลือจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการวางแผน เมือง การขยายชุมชนเมือง การกำหนดการใช้ ประโยชน์ของพื้นที่เพื่อให้เหมาะสมสอดคล้องกับ ธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่มีเกลือ ทินระดับดิน (20-50 เมตรใต้ผิวดิน) ที่เป็นพื้นที่ที่มี สภาพของน้ำใต้ดินไหลเข้า และพบดินเค็มแร่กระเจา พบรูปได้ตลอดทั้งปี กับอีกพื้นที่ที่มีเกลือทินระดับดิน (20-50 เมตรใต้ผิวดิน) ที่เป็นพื้นที่ที่มีน้ำใต้ดินไหล

ออกไปสู่ที่อื่น และไม่มีдинเด็ม การพัฒนาพื้นที่สองพื้นที่ ดังกล่าวอยู่บนแทกต่างกัน หากสภาพใต้ผิวดินของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังไม่ชัดเจน การจัดการต่าง ๆ ไม่ว่าปัญหาดินเด็ม-น้ำเด็ม หรือปัญหาการดำเนินการก่อสร้าง หรือปัญหาการแพร่กระจายของดินเด็ม จะทำให้ความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ หากแนวทางของการวางแผนการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ต้องอยู่บนพื้นฐานทางธรณีวิทยาที่ไม่ถูกต้องย่อมทำให้การแก้ปัญหาไม่ถูกต้องเข้าทำนองที่ว่า “ได้ข้อมูลที่ผิด ๆ ปัญหาที่พบก็ได้รับการแก้ไขอย่างผิด ๆ”

#### 4. การประยุกต์สำรวจใต้ผิวดินด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์

การประยุกต์สำรวจด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ สำหรับตรวจสอบหาชั้นเกร็งหินใต้ผิวดิน ควรใช้การสำรวจวัดความด้านท่านไฟฟ้าแบบ 2 มิติเป็นอันดับแรก เพราะแปลความหมายได้ง่ายรวดเร็ว ถ้าผลการแปลความการสำรวจวัดความด้านท่านไฟฟ้าจำเพาะบ่งบอกชั้นเกร็งหินที่ความลึกมากกว่า 50 เมตร หากมีงบประมาณมากพอที่จะจะได้กิจกรรมหลุมตรวจสอบแต่หากไม่มีงบประมาณ ควรใช้การสำรวจคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน เพื่อตรวจหาคลื่นสะท้อนจากรอยต่อของเกร็งหิน โดยทำการสำรวจเพียง 1 หรือ 2 จุด เมื่อเห็นคลื่นสะท้อนชัดเจนก็จะสามารถสรุปได้หากพบความลึกน้อยกว่า 50 เมตร ควรตรวจสอบด้วยการสำรวจคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห การเก็บข้อมูลแบบสะท้อนกรณีที่ชั้นดินบนไม่หนามากนัก (น้อยกว่า 20 เมตร) ควรใช้เพียงการสำรวจแบบไม่มีจุดสะท้อน (ดังตัวอย่างในรูปที่ 4 ก-จ) เพื่อประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการสำรวจ ส่วนการประมาณผล ควรเลือกชั้นตอนการทำนายที่สุด ไม่ควรยึดติดกับวิธีการประมาณผลโดยสมบูรณ์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4 ก-จ ใช้เพียงการกรองคลื่นรบกวนและปรับแก้เวลาเนื่องจากระยะทางต่างกันเท่านั้น (Filter and Normal Moveout) ประการสุดท้ายในการประยุกต์ศึกษาสภาพใต้ผิวดินบริเวณแหล่งโภชนาญาและแหล่งสก隆คร กรณีที่ไม่มีผลของหลุมเจาะสำรวจมาเทียบเคียง ควรประยุกต์ใช้ผลการสำรวจทาง

ธรณีฟิสิกส์อย่างน้อยสองวิธี นั่นคือวิธีวัดความด้านท่านไฟฟ้าจำเพาะ และวิธีวัดคลื่นสั่นสะเทือน จะช่วยทำให้การแปลความหมายแม่นยำ นาเชื่อถือยิ่งขึ้น

#### สรุป

การประยุกต์สำรวจใต้ผิวดินด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาสภาพใต้ผิวดินในบริเวณที่สงสัยว่ามีชุมชนได้ตั้งอยู่บนโถมเกร็งหินระดับตื้น และเพื่อประเมินและคาดการณ์ภัยพิบัติที่เกิดจากการรุนแรงของโครงสร้างหินใต้ผิวดิน พบร่วมความสามารถทำได้ ผลการศึกษาในพื้นที่บริเวณรอบ ๆ หนองหาร กุ่ม华北ปี จังหวัดอุดรธานี พบริวนของทินฐานหมวดหินโถมกรวดที่รองรับชั้นเกร็งหินและหินดินเหนียวอยู่ที่ความลึกประมาณ 130-170 เมตรจากผิวดิน และพบชั้นเกร็งหินใต้ผิวดิน平坦ภูภูมิระดับตื้นตั้งแต่ระดับ 50 เมตรจากผิวดินลงไป ความลึกของชั้นเกร็งหินเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ มีลักษณะเป็นผิวชุรุขระ บริเวณพื้นที่ใกล้หนองหารพบเกร็งหินอยู่มีระดับลึกกว่าพื้นที่ห่างจากหนองหาร ตามแนวสำรวจวัดความด้านท่านไฟฟ้าจำเพาะบ้านดอนเงิน-หินขาว พบริวนของเกร็งหินเป็นรูปแฉ่ง แสดงถึงเกร็งหินบริเวณนั้นถูกทำลายออกนำไปมากกว่าบริเวณใกล้เคียง มีแนวโน้มที่จะเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินเป็นหลุมยุบในอนาคต ข้อมูลสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดินของหมวดหินโถมกรวดและระดับความลึกของเกร็งหิน สนับสนุนความเป็นไปได้ที่หนองหารเกิดจากการรุนแรงของโถมเกร็งหินด้วยในอดีตที่เคยรองรับอยู่ใต้หนองหาร (ส่วนที่ซึ่งน้ำอยู่ในปัจจุบัน) ส่วนหนองหารจะเกิดแบบหันทีหันได้ดังเช่นด้านที่เล่าสืบทอดกันมาและมีผู้คนล้มตายเป็นจำนวนมาก หรือแบบค่อยเป็นค่อยไป ควรจะต้องทำการศึกษาตรวจสอบเพิ่มเติม

ผลการศึกษาในพื้นที่หนองบ่อ อำเภอ界碑 อุบลราชธานี จังหวัดมหาสารคาม พบรความลึกและรูปร่างของโถมเกร็งหินที่แปลความหมายได้จากการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อนในปี 2522 มีความสอดคล้องกับความลึกและรูปร่างของโถมเกร็งหินที่พบในปัจจุบัน เมื่อ

เปรียบเทียบกับผลการสำรวจความต้านทานไฟฟ้า  
จำเพาะกับข้อมูลที่ได้มีการสำรวจมาแล้วประมาณ 2 ปี  
พบขนาดและรูปร่างของโถมเกลือใกล้เคียงกัน ยกเว้น  
ตรงบริเวณพื้นที่ข้างโถมเกลือ พบร่องเขตของค่า  
ความต้านทานไฟฟ้าต่างขยายในแนวอน (กว้าง) และ<sup>ในแนวตั้ง (ลึก)</sup> เพิ่มมากขึ้น แสดงถึงบริเวณรอบโถม  
เกลือถูกทำลายอย่างไรก็ได้พื้นที่บริเวณนี้ควรทำการ  
ตรวจสอบ ในช่วงเวลา 3-5 ปีอีกราว 2 เพื่อเปรียบขนาด  
รูปร่าง และความลึกจากผ้าดินของโถมเกลือ ก่อนที่  
จะสรุปถึงความเสี่ยงต่อการเกิดภัยพิบัติจากการยุบตัว  
ของโครงสร้างหินได้ผ้าดินในพื้นที่นี้

### กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย  
จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีงบประมาณ พ.ศ. 2547  
คณะกรรมการของสถาบัน ผู้อำนวยการกองเชื้อเพลิง  
ธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม  
(เดิม) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการสำรวจด้วยเครื่อง  
สะเทือนแบบสะท้อนในพื้นที่ที่ยกเลิกสัมปทานไปแล้ว  
บางส่วน และศูนย์วิจัยน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ที่อนุเคราะห์ข้อมูลของการสำรวจความต้านทานไฟฟ้า  
จำเพาะในพื้นที่หนองบ่อ

### เอกสารอ้างอิง

- ธวัช จาปะเกษตร. 2528. การสำรวจแร่เกลือหินและ  
โพแทซิเมตตะวันออกเฉียงเหนือของไทย.  
ใน Conference on Geology and Mineral  
Resources Development of the Northeast,  
Thailand. Khon Kaen: Department of  
Geotechnology, Khon Kaen University.  
135-148.
- ธิตารัตน์ โคงวนนท์. 2546. การความคุณน้ำใต้ดินเค้ม  
โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำใต้ดินเชิง  
คลิปิตศาสตร์ พื้นที่หนองบ่อ อำเภอ界 จังหวัดมหาสารคาม. วิทยานิพนธ์ระดับ

มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี  
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เพียงตา สาตรักษ์. 2544. การสำรวจด้วยคลื่นสั่น  
สะเทือน. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย  
ขอนแก่น.

เพียงตา สาตรักษ์, สุทาทัด ทองมี, พูนจิตร ไชยทองครี  
และ ชัญชนา คำชา. 2544. การประยุกต์สำรวจ  
ทางธรณีฟิสิกส์เพื่อ ศึกษา หาความลึกของ  
โครงสร้างหินและชั้นเกลือหินในบริเวณหมู่บ้าน  
โนนแสง อำเภอ界 จังหวัดสกลนคร.  
วารสารวิจัย มข. 6 (1): 63-74.

ศูนย์วิจัยน้ำใต้ดิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2543.  
รายงานความก้าวหน้า การศึกษา  
Hydrogeological model เพื่อการคาดคะเน  
การกระจายดินเค้มและน้ำเค้มในระยะยาว  
โครงการโรง ชี มูล. ขอนแก่น: ภาควิชา  
เทคโนโลยี คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัย  
ขอนแก่น.

สังเวียน มุขมนทศ. 2546. ประวัติหนองหาน ดำเนิน  
ทัวผาแดง-นางໄօ. พิมพ์ครั้งที่ 2. อุดรธานี:  
กุ่มกาเปการพิมพ์.

Loke, M. H. 1999. Electrical imaging surveys for  
environmental and engineering studies. A  
practical guide to 2-D and 3-D survey.  
San Jose: Geometrics. Inc.

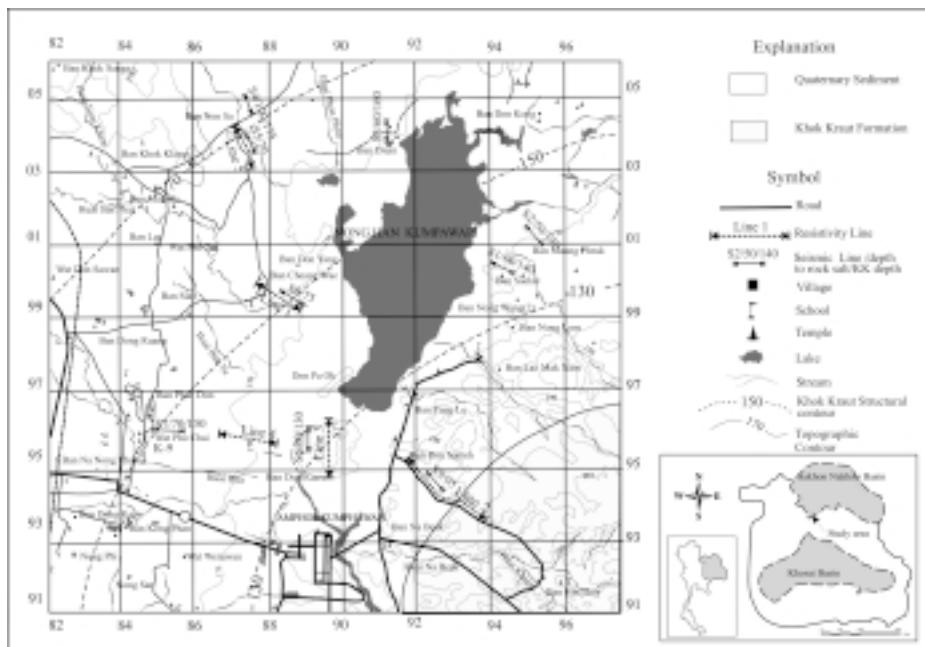
Press, F. 1960. Seismic velocity. In Clark, S. P.,  
Handbook of Physical constants. New York:  
Geological of America Memoir 97.

Rau L. J., and Supajanya, T. 1985. Sinking cities of  
Northeast Thailand. In: Conference on  
Geology and Mineral Resources Development  
of the Northeast, Thailand. Khon Kaen:  
Department of Geology, Khon Kaen  
University. 215-227.

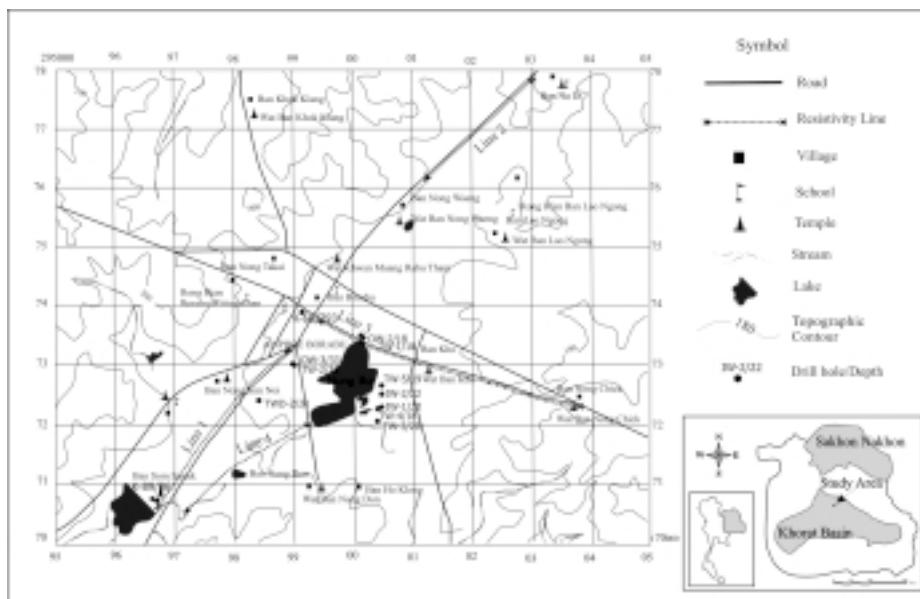
- Satarugsa, P. and Srisuk, K. 2000. Applied geophysics in solving the hydrogeological problems in the Northeast, Thailand. **Journal of Geological Society of Thailand.** 1:19-26.
- Sawanich, P. 1986. **Potash and rock salt in Thailand.** Nonmetallic minerals bulletin no2. Bangkok: Economic Geol. Division, Depart. of Mineral Resources.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., and Keys, D.A. 1990. **Applied geophysics.** 2<sup>nd</sup>ed. Cambridge: Cambridge University Press.

ตาราง ผลสรุปของการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห ตำแหน่งแสดงในรูปที่ 1

แนวสำรวจ	ความเร็วชั้นที่ 1	ความเร็วชั้นที่ 2	ความหนาชั้นที่ 1	คุณภาพของข้อมูล
S1 บ้านแซด	1,750	3,800	60	ดี
S2 บ้านเมืองพุกษ์	1,750	3,800	50	ดีมาก
S3 บ้านเดี่ยม	1,750	4,500	60	ดีมาก
S4 บ้านโนนสา (เหนือ)	2,000	4,800	100	ดีมาก
S5 บ้านโนนสา (ใต้)	1,700	4,500	70	ดีมาก
S6 บ้านดอนแก้ว	1,700	3,800	60	ปานกลาง
S7 บ้านพันดอน	1,850	4,500	70	ดี
S8 บ้านเชียงแหว	1,750	4,500	75	ดีมาก
S9 บ้านดอนเงิน	1,850	4,800	95	ไม่ดี



รูปที่ 1 แผนที่แสดงภูมิประเทศ ลักษณะธรณีวิทยาของหินโ碌ล และแนวสำรวจบริเวณหนองหาน กุ่มกาปี จังหวัดอุดรธานี (ข้อมูลสภาพภูมิประเทศจาก กรมแผนที่ทหารระหว่าง 5643 ชุด L 7017)



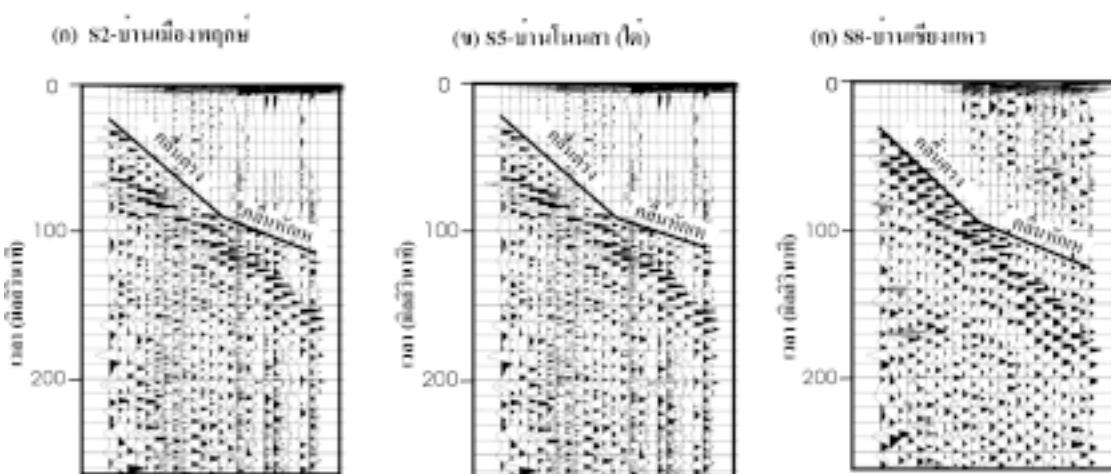
รูปที่ 2 แผนที่แสดงภูมิประเทศ และแนวสำรวจบริเวณหนองบ่อ อำเภอกรือ จังหวัดมหาสารคาม (ข้อมูลสภาพภูมิประเทศจาก กรมแผนที่ทหารระหว่าง 5641 ชุด L 7017)

การประเมินเพื่อคาดการณ์ภัยพิบัติที่เกิดจากการขุดตัวของโครงเกลือทิน  
ได้ผ่านดินในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: กรณีศึกษาที่หนองหาน  
กุมภาฯ จังหวัดอุดรธานี และหนองบ่อ จังหวัดมหาสารคาม

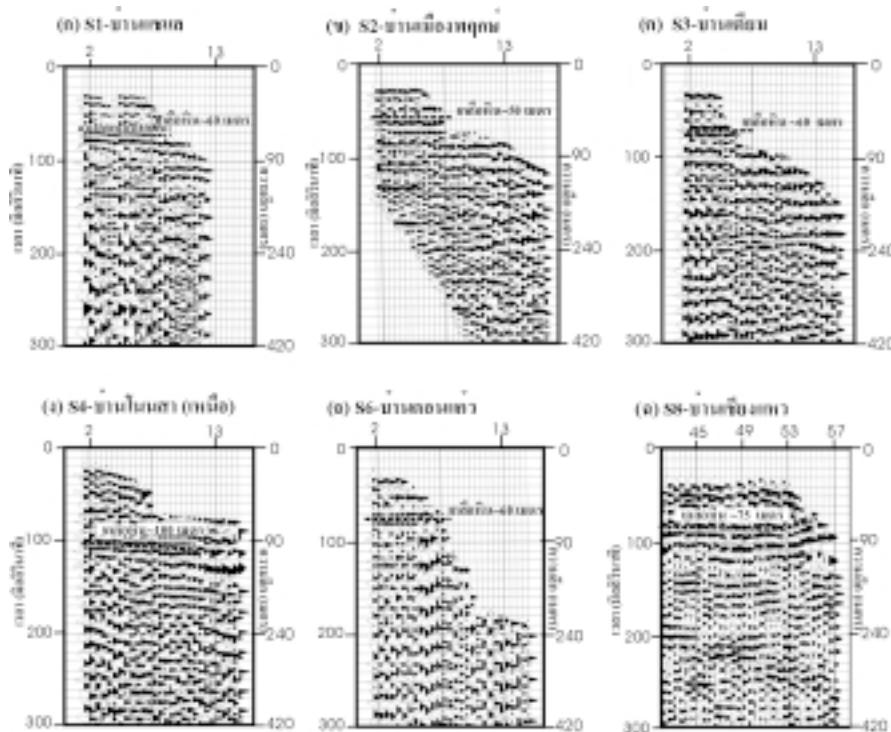
Thickness (m)	Geologic Units	Resistivity (Ohm-m)	Velocity (m/s)	Density (kg/m³)	Image
0.5-10	Quaternary Sand, silt, and clay	$10^{-6} \times 10^2$ (1)	250-900 (2.3)	1,200-2,400 (1)	
20-144	Lower Clastic Claystone	1-100 (wet) (1) $10^{-6} \times 10^2$ (dry) (1)	1,350-2,000 (2.3)	1,770-3,200 (1)	
0-10 (4)	Anhydrite	$10^9$ (1)	4,500-6,500 (2)	2,290-3,000 (1)	
50-300	Lower Salt (Rock Salt)	$30-10^{13}$ (1)	4,000-4,800 (2.8)	2,100-2,600 (1)	
1-5 (4)	Anhydrite	$10^9$ (1)	4,500-6,500 (2)	2,290-3,000 (1)	
-	Khok Krut Sandstone, Siltstone	$1-6.4 \times 10^6$ (1)	1,800-4,200 (2)	1,600-2,760 (1)	

Note: Resistivity of saline water (brine), 20% = 0.05 Ohm-m (1) and Velocity of water = 1,400-1,600 m/s (2).

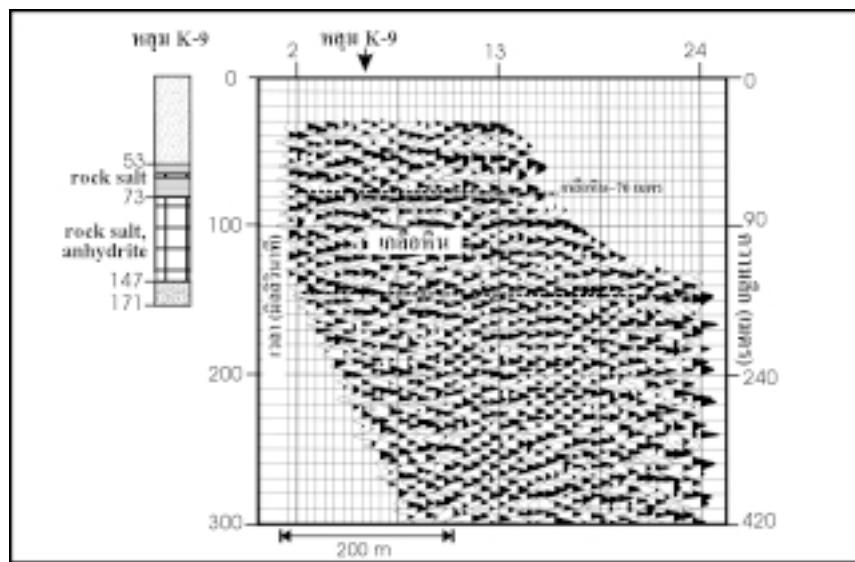
Source: (1) Telford et al. 1990; (2) Press 1960; (3) Salangsang and Sisuk., 2000; (4) Suwanich, 1986.



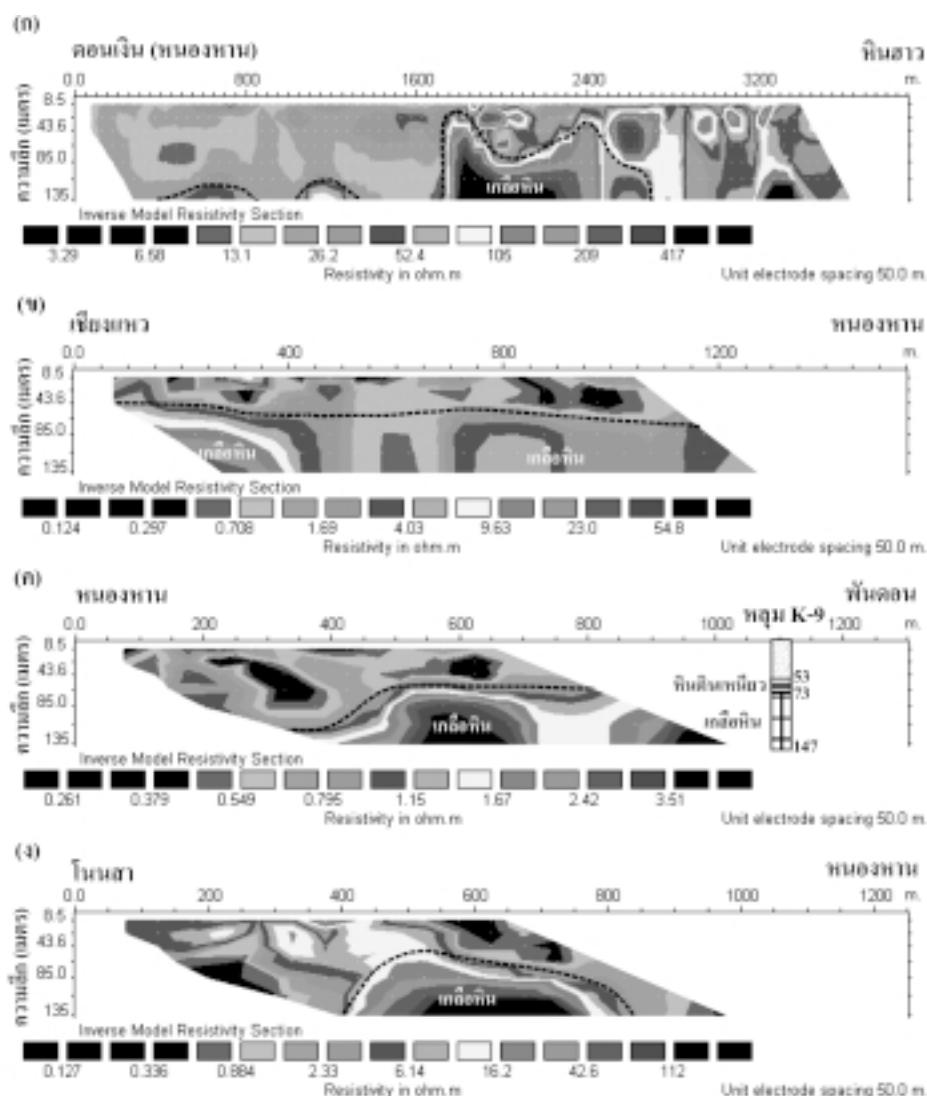
รูปที่ 4 ภาพตัวแทนของข้อมูล (Shot record) จากจำนวน 9 แนวสำรวจของการสำรวจคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห พบร่องรอยจากหินเนินยาและคลื่นหักเหจากชั้นเกลือทิน (ก) แนวสำรวจ S2 บริเวณบ้านเมืองพุกษ์ (ข) แนวสำรวจ S5 บริเวณบ้านโนนสา (ใต้) (ค) แนวสำรวจ S8 บริเวณบ้านเชียงแวง



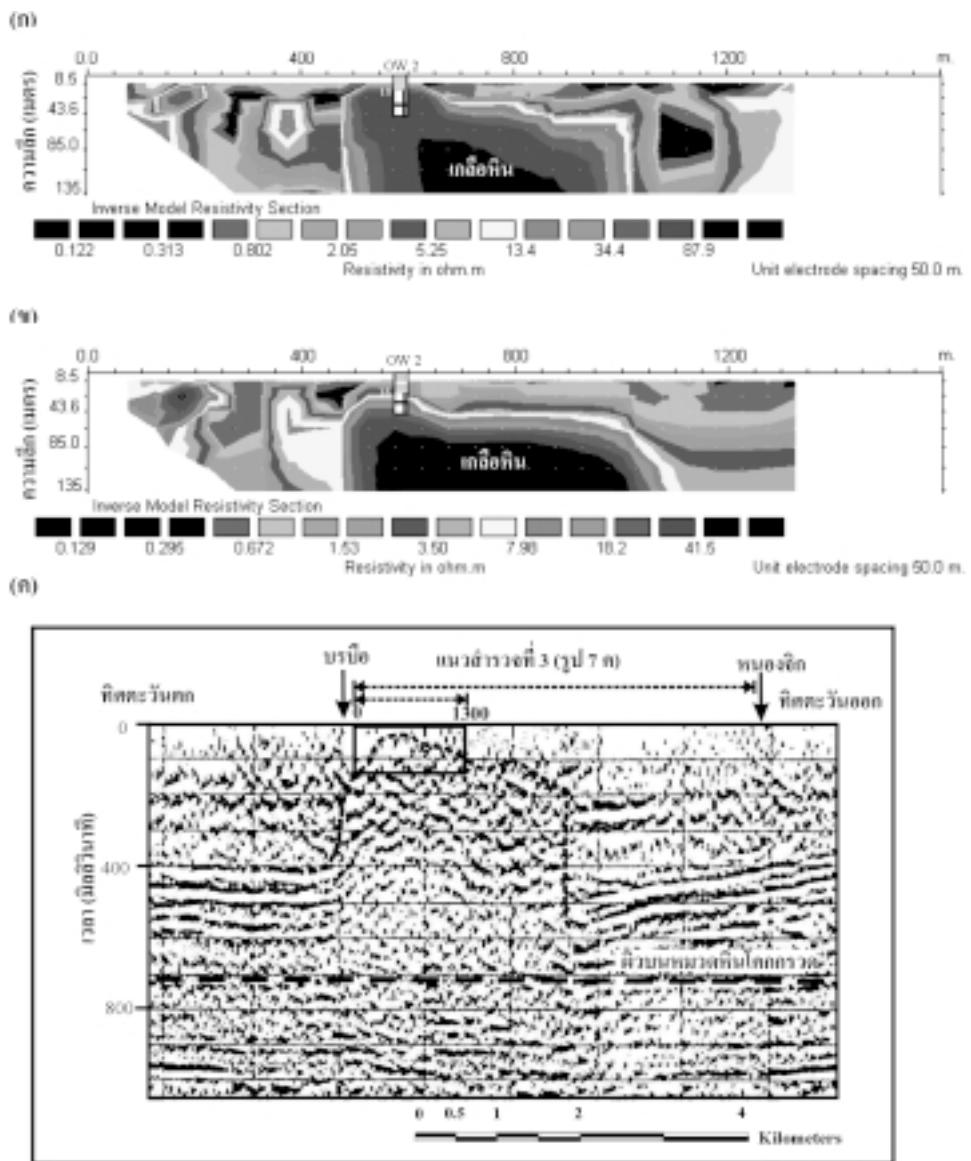
รูปที่ 5 ภาพตัดขวางด้วยแท่นของข้อมูลการสำรวจคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน (ก)-(จ) แบบไม่มีจุดสะท้อน (ฉ) แบบมีจุดสะท้อนร่วม ผิวนบนของเกลือหินแสดงด้วยเส้นประ



รูปที่ 6 ภาพตัดขวางของคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อนบริเวณบ้านพันดอน ใกล้กับหมู่บ้านเจาะสำรวจโพแทช K-9 ที่เจาะพบชั้นเกลือหินระหว่างความลึก 62-64 เมตรต่อดิน และพบชั้นเกลือหินและแอนไฮดไรต์ระหว่างความลึก 73-147 เมตรต่อดิน (ธวัช จาปะเกษตร, 2528) พบร่องสั่นสะท้อนของชั้นเกลือหินที่ความลึก 70 เมตร สอดคล้องกับผลของหมู่บ้านเจาะ



รูปที่ 7 (ก) ผลของแนวสำรวจบ้านดอนเงิน-หินขาว พบรักษณะของโดมเกลืออยู่ที่ระดับ 1,750-2,450 เมตร ตามแนวสำรวจ ลักษณะผิวนของโดมเกลือมีลักษณะชุขะ เป็นรูปคล้ายแอง' (ข) ผลของแนวสำรวจบ้าน เชียงแหว-หนองหาน พบร่องเกลือระดับตื้น ลักษณะของโดมแสดงด้วยเส้นประ (ค) ผลของแนวสำรวจหนองหาน-พันดอน พบร่องเกลือหินที่ระดับความลึกไม่คงที่ ตลอดแนวสำรวจ เกลือหินบริเวณใกล้หนองหานจะอยู่ลึกกว่าบริเวณ ที่ห่างจากหนองหาน รูปร่างของเกลือหินแสดงด้วยเส้นประ K-9 เป็นหลุมเจาะสำรวจโพแทซที่อยู่ใกล้เคียงกับ แนวสำรวจ (ง) ผลของแนวสำรวจบ้านโนนสา-หนองหาน ลักษณะของโดมแสดงด้วยเส้นประ



รูปที่ 8 ผลการสำรวจบริเวณหนองบ่อ อำเภอรือ จังหวัดมหาสารคาม (ก) ผลการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเก็บข้อมูลในเดือนมกราคม 2547 (ข) ผลการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเก็บข้อมูลในเดือนสิงหาคม 2545 (ค) แนวสำรวจคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน กรอบลี่เหลียนลี่ขาวแสดงขอบเขตของลักษณะได้ผิดติดที่ปรากฏในรูป ก และ ข