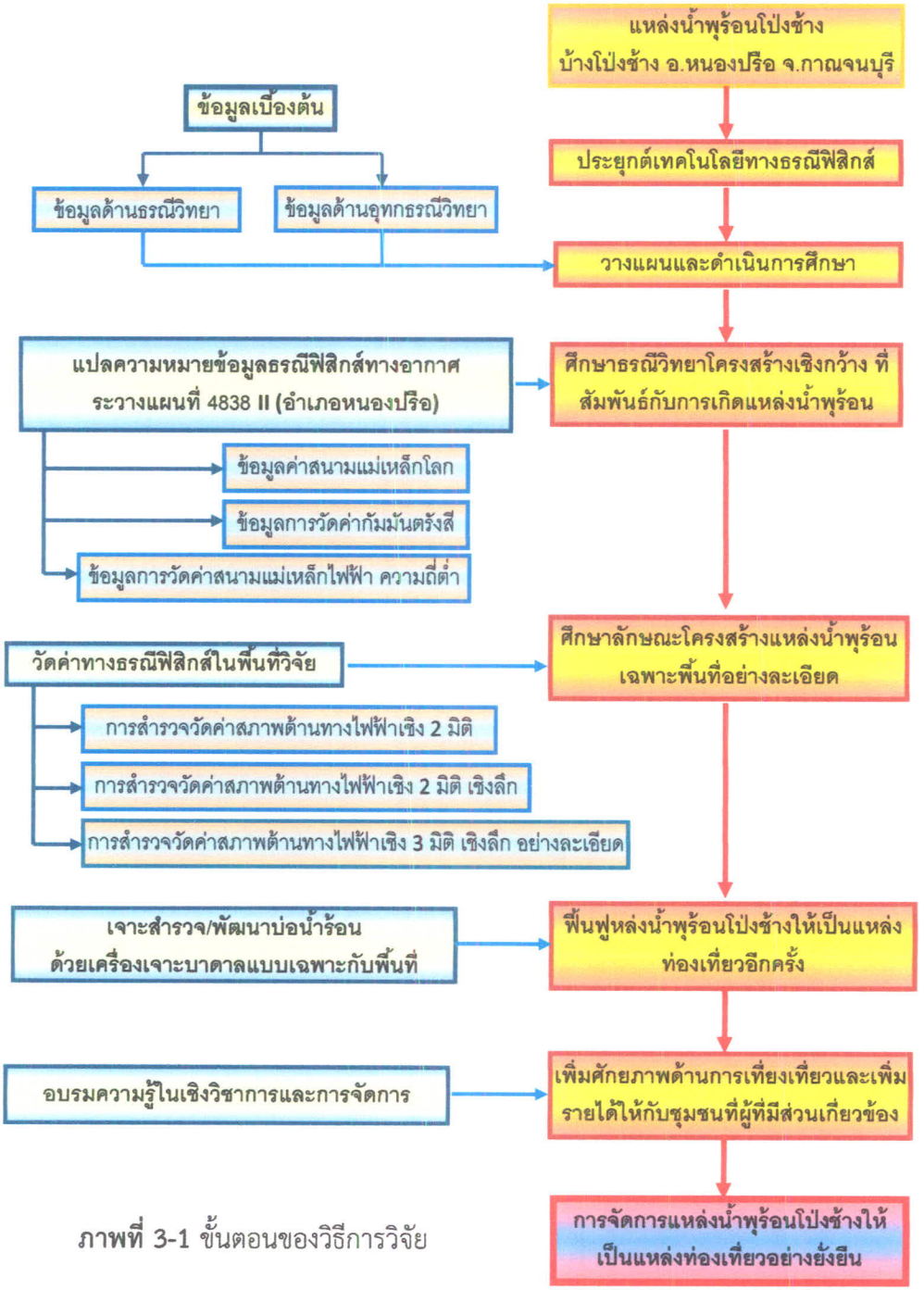
บทที่ 3
วิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง ตั้งอยู่บริเวณหมู่ที่ 5 บ้านโป่งช้าง อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อที่จะฟื้นฟูและพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวอีกครั้ง โดยมีลำดับของการวิจัยสรุปไว้ในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนของวิธีการวิจัย

จากภาพที่ 3-1 อธิบายขั้นตอนต่างๆ ของการประยุกต์เทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวน้ำพุร้อนโป่งช้าง คือ

1. คือเริ่มการแปลความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศแบบกว้าง ซึ่งในกรณีนี้เป็นการแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ค่าความเข้มกัมมันตรังสี และค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำเพื่อศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยาในเชิงกว้าง เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะใช้ในการวางแผนการศึกษาในขั้นตอนต่อไป
2. จากนั้นทำการสำรวจวิจัยด้วยเทคโนโลยีทางธรณีฟิสิกส์บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างและใกล้เคียงเพื่อฟื้นฟูและพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวอย่างมีประสิทธิภาพ จากผลโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สามารถให้น้ำร้อน
3. ผลการศึกษา จากข้อ 2 เมื่อทราบระบบน้ำใต้ดินบริเวณแหล่งน้ำพุร้อน ที่คาดหวัง คือ ทำการเจาะด้วยเครื่องเจาะที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้ว คือต้องเป็นรถเจาะขนาดเล็กถึงจะเข้าเจาะบริเวณที่ต้องการได้
4. จากผลสำเร็จในข้อ 3 จะเป็นการฟื้นฟู โดยเฉพาะการนำน้ำร้อนกลับขึ้นมาพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว
5. อบรมเพื่อให้ความรู้ด้านวิชาการทางธรณีวิทยาแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้าง และ การจัดการแหล่งเที่ยวน้ำพุร้อนได้อย่างอย่างมีประสิทธิผล

การแปลความข้อมูลสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ

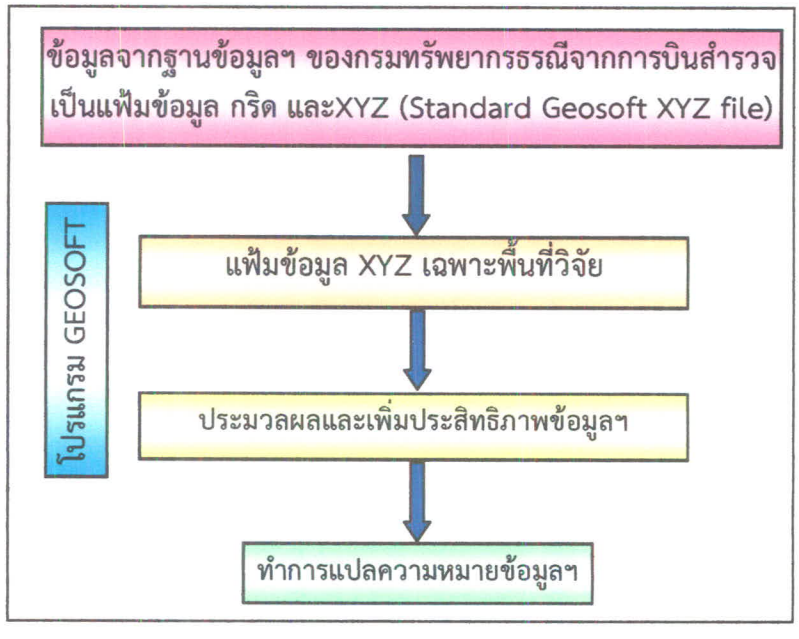
ข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศบริเวณพื้นที่ศึกษา คลุมแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 ทั้งระวาง 4838 II อำเภอหนองปรือ เป็นข้อมูลตัวเลขที่ได้จากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรธรณี ซึ่งได้นำมาทำการจัดระบบข้อมูลและประมวลผลด้วยกระบวนต่างๆ เพื่อการแปลความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ โดยข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศที่ได้นำมาใช้ในการศึกษาและทำการแปลความหมายข้อมูลประกอบด้วยข้อมูล 3 ประเภท คือ

-ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (magnetic field)

-ค่าความเข้มกัมมันตรังสี (radiometric data)

-ค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ (very low frequency electromagnetic field)

ขั้นตอนการดำเนินการจัดการข้อมูลและประมวลผล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูลในการแปลความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศนั้น มีขั้นตอนสรุปไว้ในภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 สรุปขั้นตอนการจัดการข้อมูลเพื่อการแปลความหมายข้อมูล

การแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศ

ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศที่ใช้ในการแปลความหมายมีขนาดกริดเซล 1,000 เมตร (จากการบินสำรวจของกรมทรัพยากรธรณี คือมีระยะห่างของแนวการบินสำรวจ 1 กิโลเมตร)

การจัดการ การประมวลผลและการเพิ่มประสิทธิภาพข้อมูล มีขั้นตอนเพื่อการแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก

1. การแปลความหมายเชิงคุณภาพ ในการแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศใช้แผนที่ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศในแนวรวม (total magnetic field) จำแนกเป็นเขตหรือหน่วยทางแม่เหล็ก (magnetic unit) ตามสัญญาณความเข้มสนามแม่เหล็กที่แสดงค่าสูงต่ำขนาดของสัญญาณ ช่วงกว้างของสัญญาณ (pattern) และรูปแบบสัญญาณโดยให้เป็นความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางด้านแม่เหล็กสภาพแวดล้อมทางธรณีวิทยาและเทียบเคียงกับหน่วยหิน

การศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยา ได้ประมวลผลและแปลจากข้อมูลที่เกิดจากวัตถุจริง (Residual magnetic map) (การข้อมูลให้อยู่ในรูปของ shade relief แสดงตำแหน่ง ทิศทางและความสูงของเงาให้มีทิศทางเดียวกันและ/หรือตั้งฉากกับทิศทางของโครงสร้างทางธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาซึ่งมีแนว NW-SE ได้กำหนดตำแหน่งแสงมาจาก 45°และ 135° จากทิศเหนือตามลำดับ ให้ความสูงเป็น 45° จากระนาบผิวดิน)

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางคณิตศาสตร์ เช่น แบบ analytic signal คือเป็นการศึกษาข้อมูลโดยการประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการอนุพันธ์ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศทั้ง 3 แกน คือแกน X Y และ Z แล้วนำมารวมกัน เพื่อจัดลักษณะข้อมูลใหม่ซึ่งเป็นการช่วยในการชี้ตำแหน่งบริเวณที่เป็นเขตผิดปกติทางแม่เหล็ก และการคำนวณย้ายตำแหน่งข้อมูลไว้ที่ขั้วโลก (Reduction to the magnetic pole) เพื่อเปลี่ยนฟอร์มของค่าผิดปกติที่ไร้ผลกระทบจากค่า แฟคเตอร์ส่วนประกอบสนามแม่เหล็กโลก เช่น inclination และ declination เป็นต้น

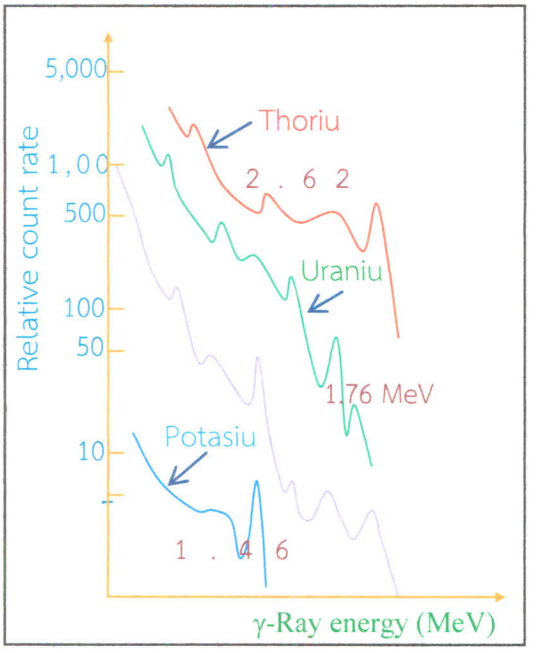
2. การแปลความหมายเชิงปริมาณ ทำการเลือกบริเวณที่มีค่าผิดปกติที่น่าสนใจ คือผ่านบริเวณแหล่งน้ำพุร้องโป่งช้าง เพื่อทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมในเชิงผกผัน (inversion magnetic modeling) เพื่อดูลักษณะรูปร่างและทิศทางการวางตัวของของรอยเลื่อนที่เป็นช่องทางของน้ำร้อนและหินที่น่าจะเป็นหินให้ความร้อนกับระบบน้ำใต้ดิน

เริ่มจากการตัดข้อมูลตาม profiles ที่กำหนดให้ขวางกับทิศทางการวางตัวของธรณีวิทยาโครงสร้าง แล้วนำเข้า โปรแกรมสร้างแบบจำลองเชิงผกผัน โดยกำหนด รูปแบบจำลองเป็นแบบ Tabular จำนวน 6 ตำแหน่ง แบบจำลองที่ได้เป็นตัวแทนของรอยเลื่อนที่พบในพื้นที่และหินแกรนิตระดับลึกปรากฏบริเณใกล้พื้นที่ศึกษาวิจัย

การแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มกัมมันตรังสีทางอากาศ

ข้อมูลของค่าความเข้มกัมมันตรังสีประกอบด้วย 3 ชนิด คือ ค่าความเข้มของรังสีแกมมาที่เกิดจากยูเรเนียม ทอเรียมและโพแทสเซียม ซึ่งจะนำมาประมวลผลเพื่อใช้ในการแปลความหมายข้อมูลโดยใช้โปรแกรม GEOSOFT ประกอบด้วยแผนที่เส้นชั้นค่ากัมมันตรังสีรวม และจากแผนที่ ternary map ที่ประกอบด้วยค่าโพแทสเซียม (K) ยูเรเนียม (eU) และทอเรียม (eTh) อยู่ด้วยกันโดยแทนค่าด้วยสีที่ต่างกัน คือ สีแดงแทนโพแทสเซียม สีน้ำเงินแทนยูเรเนียม และสีเหลืองแทนทอเรียม ทั้งนี้เพื่อหาบริเวณที่มีค่าความผิดปกติของแร่กัมมันตรังสีทั้ง 3 ชนิด

ธาตุกัมมันตรังสี สลายตัวโดยกระบวนการ gamma ray และ atomic disintergration ให้ผลผลิตคือ daughter products ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีและค่าครึ่งชีวิต (haft-life) ที่แตกต่างไปจากตัวของมัน ค่ากัมมันตรังสีรวม (total count) มีค่าพลังงานแกมมาอยู่ในช่วง 0.4-2.82 million electron volt (MeV.) ธาตุกัมมันตรังสีที่ใช้ในการสำรวจได้แก่



ภาพที่ 3-3 แสดงการปลดปล่อยพลังงานรังสีแกมมาของธาตุกัมมันตรังสีใช้ในการแปลความหมายธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ (ที่มา: Telford (1984))

โพแทสเซียม (potassium) ประกอบด้วย isotope K^{40} ประมาณ 20 ppm ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 1.3*109 ปีและมีพลังงานเท่ากับ 1.30 million electron volt (MeV.)

ยูเรเนียม (uranium-238) (eU^{238}) สลายตัวให้ bismuth-214 (Bi214) มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 19.7 นาที และมีพลังงานเท่ากับ 1.76 million electron volt (MeV).

ทอเรียม (thorium-232) (eTh^{232}) สลายตัวให้ thallium-208 (Tl^{208}) ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 3.1 นาที และพลังงานเท่ากับ 2.62 million electron volt (MeV) ดังภาพที่ 3-3

การจัดการและประมวลผลข้อมูลข้อมูลค่าความเข้มกัมมันตรังสี ในการแปลความหมายข้อมูลค่าความเข้มได้จัดข้อมูลอยู่ในรูปแผนที่เทอร์นารี (ternary map) ซึ่งเป็นแผนที่แสดงข้อมูลทั้ง 3 ค่าของยูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียม และแผนที่ค่ากัมมันตรังสีรวม บริเวณที่เป็นรอยเลื่อนมีโอกาสที่จะพบค่ากัมมันตรังสีกว่าบริเวณอื่น จึงน่าจะช่วยเสริมข้อมูลทางสนามแม่เหล็กได้

การแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ (VLF-EM)

เป็นวิธีการศึกษาธรณีโครงสร้างจากข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำเป็นข้อมูลที่ได้จากการรับสัญญาณคลื่นจากสถานีส่งสัญญาณจากกิจกรรมของเรือดำน้ำ 2 สถานีคือ

1. สถานี NWC เรียกว่า line station มีสถานีส่งอยู่ที่ Northwest Cave ประเทศออสเตรเลีย อยู่ห่างจากพื้นที่สำรวจประมาณ 4000 กิโลเมตร ทำมุมระหว่างกันเทียบกับทิศเหนืออาซิมุดเป็นมุม 159° ส่งสัญญาณความถี่ 22.3 กิโลเฮิร์ต ด้วยกำลังส่ง 1000 กิโลวัตต์

2. สถานี NDT เรียกว่า orthogonal station มีสถานีส่งอยู่ที่ Yosami ประเทศญี่ปุ่น อยู่ห่างจากพื้นที่สำรวจประมาณ 4500 กิโลเมตร และทำมุมระหว่างกันเทียบกับทิศเหนืออาซิมุดเป็นมุม 53° ส่งสัญญาณความถี่ 17.4 กิโลเฮิร์ต ด้วยกำลังส่ง 50 กิโลวัตต์

ข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. สนามรวม (total field) เป็นผลลัพท์จากสัญญาณรวมของความเข้มสนามแม่เหล็กใน 3 ทิศทางคือ แนวระหว่างสถานีรับ-ส่งสัญญาณ (longitudinal component) แนวราบตั้งฉากกับสัญญาณแรก (lateral component) และแนวดิ่งตั้งฉากกับสัญญาณในแนวราบ (vertical component)

2. สัญญาณทุติยภูมิ (quadrature) เป็นผลจากการเหนี่ยวนำกระแสและความเข้มสนามแม่เหล็กในตัวนำไฟฟ้าพื้นผิว อัตราส่วนของสัญญาณความเข้มสนามแม่เหล็กในแนวตั้งกับผลลัพท์ของสนามรวมในแนวนอน

ค่าผิดปกติของข้อมูลสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำเป็นผลจากบริเวณที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้า แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะตามการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Wright, 1980) คือ

1. แบบ vortex current เป็นค่าผิดปกติขนาดเล็ก ผลจากตัวนำไฟฟ้าอยู่ในสภาพแวดล้อมด้วยหินที่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูง มีลักษณะโดดเด่นและสัมพันธ์กับแหล่งแร่โลหะพื้นฐาน รวมทั้งผลจากสิ่งปลูกสร้าง

2. แบบ galvanic current เป็นค่าผิดปกติที่เกิดเป็นแนวแบบไพศาล โดยจะสัมพันธ์กับโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น รอยเลื่อนหรือรอยแตกที่มีความชื้น (น้ำ) แทรกอยู่หรือชั้นน้ำใต้ดินที่แผ่ขยายเป็นแนวกว้าง ทำให้แสดงคุณสมบัติเป็นตัวนำอ่อนๆ เป็นบริเวณกว้าง

การประมวลผลข้อมูลค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ ด้วยเทคนิค Fraser Filter เพื่อช่วยในการแสดงตำแหน่งที่เป็นค่าผิดปกติ โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้า เช่นบริเวณเขตของรอยเลื่อน เป็นต้น

การวัดค่าทางธรณีฟิสิกส์ภาคสนาม

เป็นขั้นตอนการประยุกต์เทคโนโลยีบริเวณพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำพุร้อนโป่งช้างและพื้นที่ใกล้เคียง

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในการวิจัยในสนาม ประกอบด้วย

1. เครื่องมือสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า จำนวน 2 ชุด และส่วนอุปกรณ์เสริม เช่น แท่งเหล็ก ขั้วไฟฟ้า แบตเตอรี เป็นต้น

1.1. ผลิตภัณฑ์ของบริษัท IRIS Instrument รุ่น Syscal R1 48 switching multi-electrode (ภาพที่ 3-4)

1.2. เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเป็น WDA-1 Super Multi-electrode Resistivity Surveying System กับคอมพิวเตอร์พกพา (PDA) ที่ทำหน้าที่ควบคุม ใช้สั่งการผ่านระบบ บูลทูธ (Bluetooth) ระบบสายเคเบิ้ลอัจริยะ (ภาพที่ 3-5)

2. โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลและแปลความหมายข้อมูล

2.1. RES2DINV Version 3.55 สำหรับทำการประมวลผลข้อมูลเชิง 2 มิติ

2.2. WinSev Version 6.2 สำหรับทำการประมวลผลข้อมูลเชิง 1 มิติ

ภาพที่ 3-4 Iris Instrument Syscal R1 Multi-electrode

ภาพที่ 3-5 การจัดวางเครื่องมือสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า WDA-1

การสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็ก

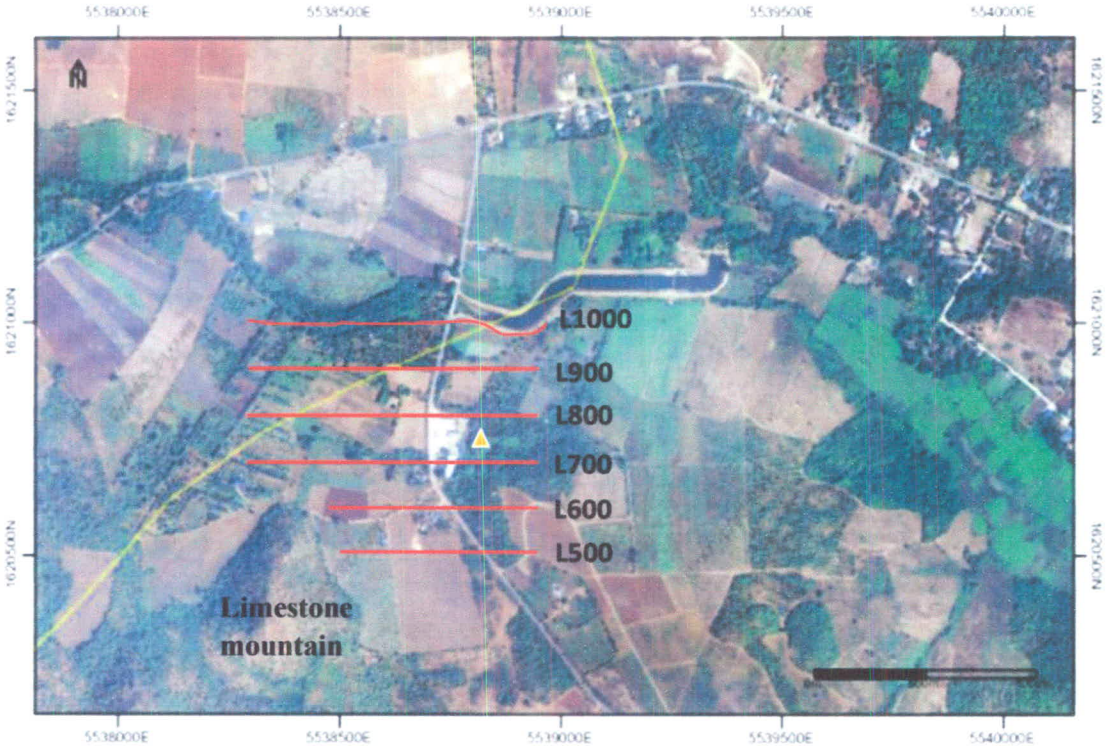
การสำรวจวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ต้องทำการเลือกตำแหน่งในบริเวณพื้นที่สำรวจในการตั้งสถานีฐาน (base station) เพื่อใช้วัดค่าสำหรับเพื่อใช้วัดการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในรอบวัน (Diurnal change) แล้วนำไปใช้ในการแก้ค่าที่อ่านได้จากได้ดำเนินการอ่านค่าข้อมูล ณ ตำแหน่งจุดสำรวจต่างๆ ตามแนวเส้นสำรวจ โดยใช้เทคนิคในการสำรวจแบบเป็นครบรอบ (loop) แต่ละรอบจะต้องใช้เวลาให้สั้นที่สุด ในการสำรวจนี้ใน 1 รอบ ประมาณ 2 ชั่วโมง

การกำหนดเส้นสำรวจในการวัดค่าสนามแม่เหล็ก (Ground Magnetic) โดยได้กำหนดเส้นสำรวจ 6 เส้น สำรวจ มีทิศแนวสำรวจเป็น ตะวันออก – ตะวันตก ระยะห่างระหว่างเส้นสำรวจ 100 เมตร ระยะห่างจุดวัดค่า 10 เมตร ความยาวและตำแหน่งแต่ละแนวเส้นสำรวจ ตามตารางที่ 3-1 ตำแหน่งของเส้นสำรวจแสดงไว้ในภาพที่ 3-7

ภาพที่ 3-6 การสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กด้วยเครื่องมือที่สามารถวัดค่าแบบ เกรเดียน โดยใช้ sensor 2 ตัวพร้อมกัน เริ่มอ่านค่าที่ Base Station แล้วทำการอ่านค่าตามเส้นสำรวจโดยมี GPS บันทึกตำแหน่งพร้อมกัน

ตารางที่ 3-1 ตำแหน่งพิกัดและความยาวเส้นสำรวจของการวัดค่าสนามแม่เหล็ก

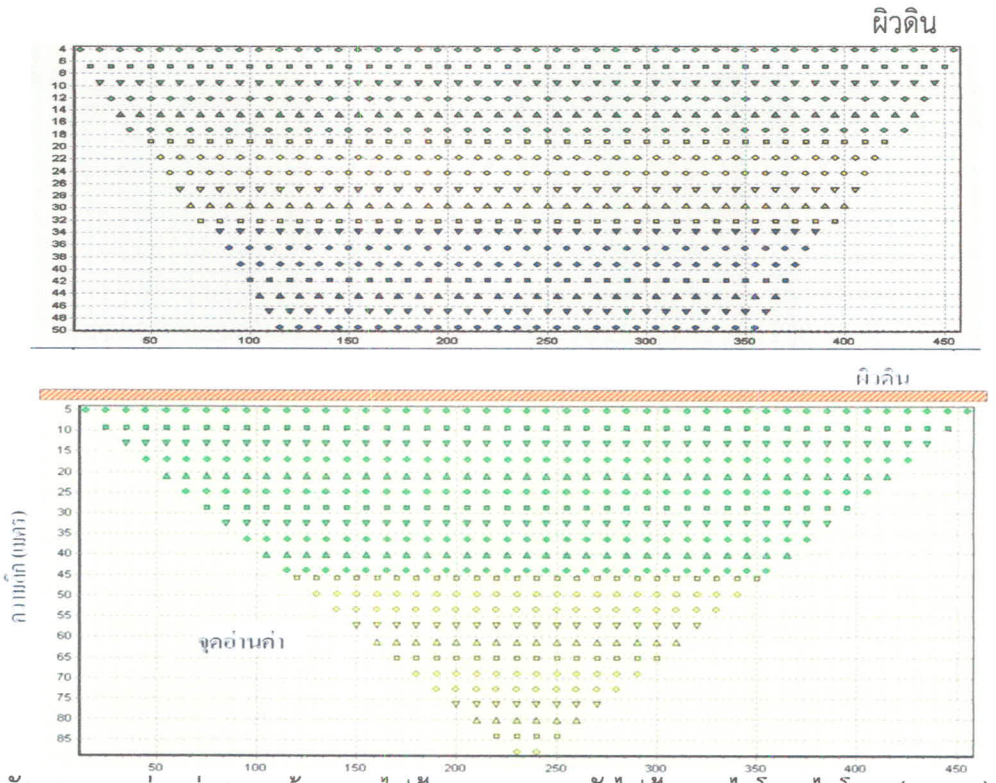
แนวเส้นสำรวจ	พิกัดต้นแนว		พิกัดสุดท้าย		ระยะสำรวจ (เมตร)
	Easting	Northing	Easting	Northing	
L1000	538465	1621000	539015	1621000	600
L900	539025	1620900	538425	1620900	600
L800	538385	1620800	539005	1620800	620
L700	538360	1620700	539030	1620700	660
L600	539020	1620600	538430	1620600	600
L500	538450	1620500	539020	1620500	600



ภาพที่ 3-7 ตำแหน่งเส้นสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กภาคสนาม

การวัดค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ (2D Resistivity imaging survey)

เป็นการสำรวจด้วยวิธีการสร้างภาพจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า เป็นการหาขอบเขตและความหนาของชั้นหิน และรอยเลื่อนในแบบ 2 มิติ โดยใช้ระบบการอ่านเครื่องแบบหลายขั้ว (60 ขั้วไฟฟ้า) ออกแบบระบบการเก็บข้อมูลอย่างอัตโนมัติหลายขั้ว กำหนดวิธีการวางระบบขั้วไฟฟ้าเป็นทั้ง 2 แบบ คือแบบไดโพล-ไดโพล และแบบชลัมเบอร์เจร์ อ่านค่าในตำแหน่งเดียวกัน ทำการออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Electre II) ทำการวัดค่าแบบหลายขั้วด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ และระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าเป็น 10 เมตร มีตำแหน่งการอ่านข้อมูลใต้ผิวดิน ได้ความลึกประมาณ 50 เมตร สำหรับแบบไดโพล-ไดโพล และได้ลึกประมาณ 100 เมตร (ขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วไฟฟ้า) สำหรับแบบชลัมเบอร์เจร์ (ดูภาพที่ 3-8)

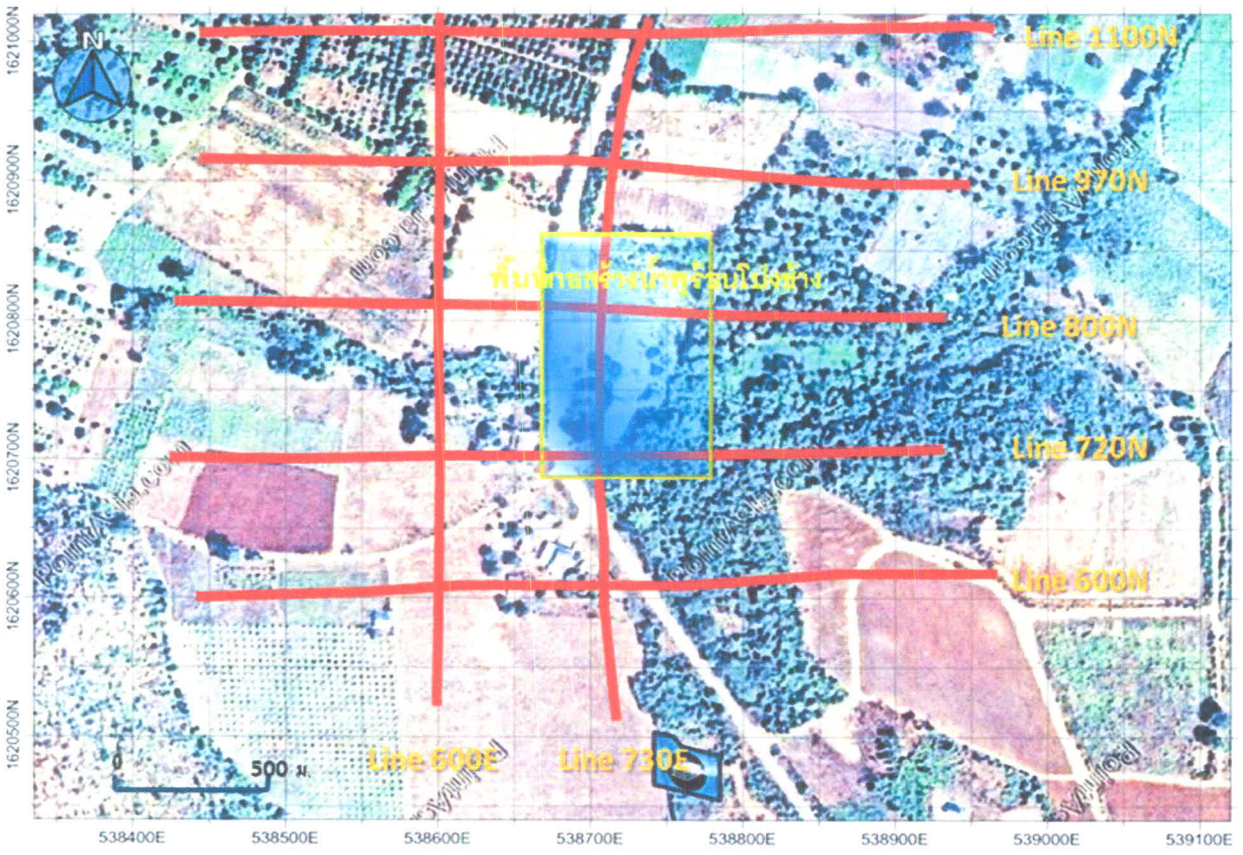


ภาพที่ 3-8 ลักษณะการอ่านค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า จากการวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (ภาพ ก) แบบชลัมเบอร์เจร์ (ภาพ ข)

กำหนดเส้นสำรวจให้คลุมพื้นที่บ่อน้ำร้อนโป่งช้างและบริเวณใกล้เคียง สำหรับการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ ประกอบด้วย 7 เส้นสำรวจ เส้นสำรวจ 5 เส้นวางในแนวตะวันออก-ตะวันตก และอีก 2 เส้นสำรวจ วางในแนวเหนือ-ใต้ ตำแหน่งเส้นสำรวจดูภาพที่ 3-9

ตารางที่ 3-2 ตำแหน่งพิกัดและความยาวเส้นสำรวจของการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ

Line	พิกัด ต้นแนวสำรวจ		พิกัด ปลายแนวสำรวจ		ระยะสำรวจ (เมตร)
	Easting	Northing	Easting	Northing	
600N	538400	1620600	539000	1620600	590
720N	538400	1620720	539000	1620720	590
800N	538400	1620800	539000	1620800	590
970N	538400	1620970	539000	1620970	590
1100N	538400	1621100	539000	1621100	590
600E	538600	1620550	538600	1621150	590
730E	538730	1620550	538730	1621150	590



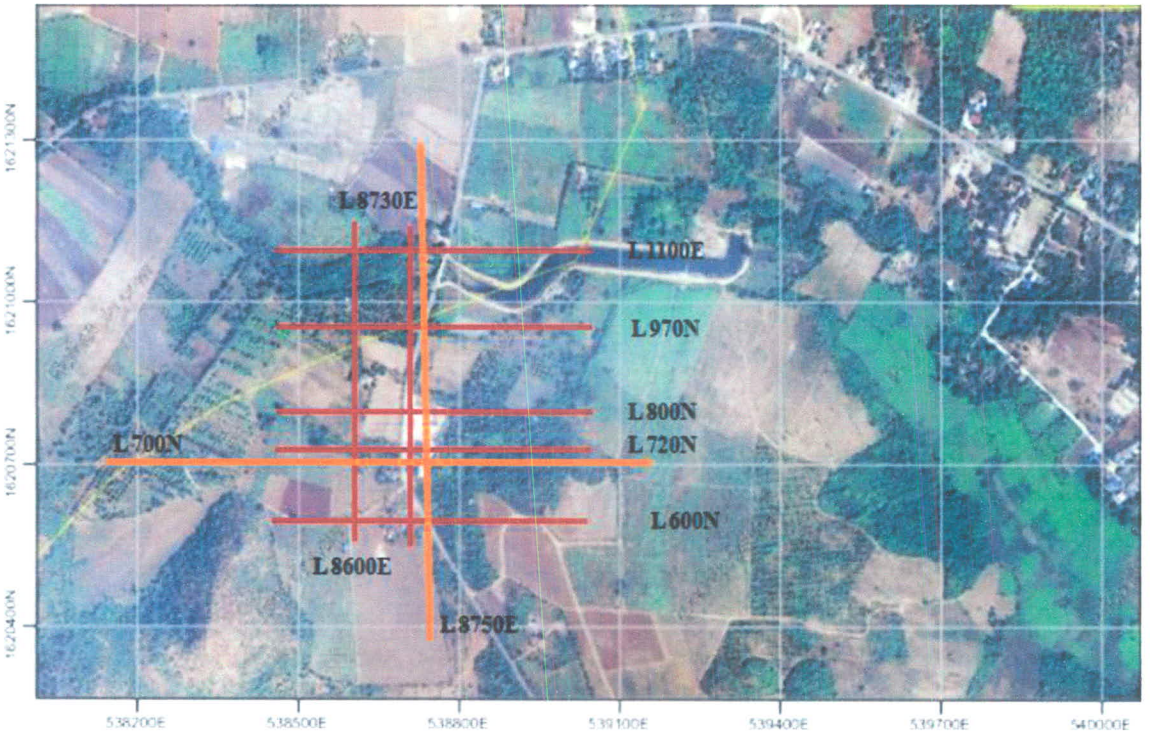
ภาพที่ 3-9 ตำแหน่งเส้นสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิง 2 มิติ ทั้ง 7 เส้นสำรวจคลุมพื้นที่วิจัย

การวัดค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ เชิงลึก (Deep 2D Resistivity imaging survey)

วิธีการศึกษาคล้ายกับการค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติที่ผ่านมาแต่ออกแบบระบบเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น คือทำการวัดค่าให้ได้ระยะทางเส้นสำรวจยาวกว่า (จำนวนขั้วไฟฟ้า มากกว่า คือประมาณ 100 ขั้วไฟฟ้า) และสามารถวัดใต้ดินได้ลึกกว่า คือมากกว่า 150 เมตร ระยะห่างขั้วไฟฟ้าเท่ากัน คือ 10 เมตร ทำการวัดค่า 2 เส้นสำรวจ คือ Line 8750EN และ Line 720E ตัดกันประมาณ บริเวณตำแหน่งบ่อน้ำพุร้อน ดูภาพที่ 3-10

ตารางที่ 3-3 ตำแหน่งพิกัดและความยาวเส้นสำรวจของการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ (เชิงลึก)

Line	พิกัด ต้นแนวสำรวจ		พิกัด ปลายแนวสำรวจ		ความยาวแนวสำรวจ (เมตร)
	Easting	Northing	Easting	Northing	
8750E	538725	1620370	538760	1621335	960
720N	538225	1620790	539162	1620709	960



ภาพที่ 3-10 ตำแหน่งเส้นสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงลึก (สีส้ม)

การวัดค่าจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ (3D offset Pole –Dipole Resistivity survey)

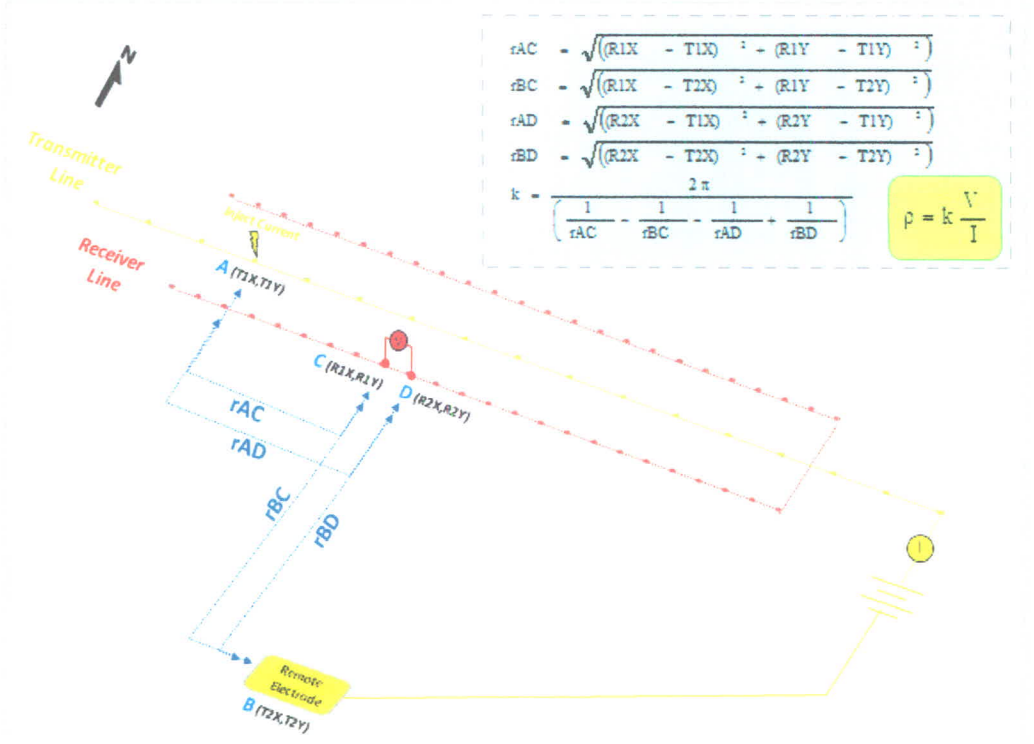
กำหนดระบบขั้วไฟฟ้าของอ่านค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ แบบ ออฟเซ็ท โพล-ไดโพล (offset pole – dipole array) ออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Electre II) และทำการวัดค่าแบบหลายขั้วอย่างอัตโนมัติ การกำหนดเส้นสำรวจของการวัดค่าดังนี้

1. เส้นสำรวจวัดค่าศักย์ไฟฟ้า (Receiver survey line - Rx) ประกอบด้วย 24 ขั้วรับสัญญาณ ระยะห่างระหว่างขั้วคือ 25 เมตร โดยระยะห่างของแต่ละเส้นสำรวจคือ 100 เมตร

2. เส้นสำรวจปล่อยกระแสไฟฟ้า (Transmitter survey line - Tx) เป็นตำแหน่งระหว่างเส้นสำรวจวัดค่าศักย์ไฟฟ้า โดยกำหนดตำแหน่งปล่อยกระแสไฟฟ้า จำนวน 17 ตำแหน่ง แบ่งเป็น ระหว่างแนวเส้นวัดค่าศักย์ไฟฟ้า 13 ขั้ว ระยะระหว่างขั้วไฟฟ้า 50 เมตร และเพิ่มขยายอีก 2 ขั้วไฟฟ้าออกไปทั้ง 2 ด้าน ระยะระหว่างขั้วไฟฟ้า 100 เมตร

3. ตำแหน่งสถานีปล่อยกระแสไฟฟ้าระยะไกล (Remote current electrode station) ควรมีระยะที่ห่างจากเส้นสำรวจแรก ไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของความยาวของเส้นสำรวจวัดค่าศักย์ไฟฟ้า

ตำแหน่งเส้นสำรวจให้คลุมพื้นที่บ่อน้ำร้อนโป่งช้างและบริเวณใกล้เคียง สำหรับการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ ประกอบด้วย เส้นสำรวจ Rx จำนวน 5 เส้นสำรวจ ในแนวตะวันออก-ตะวันตก และเส้นสำรวจ Tx จำนวน 4 เส้นสำรวจ ตำแหน่งพิกัด แสดงไว้ในตารางที่ 3-4 (ภาพที่ 3-9)

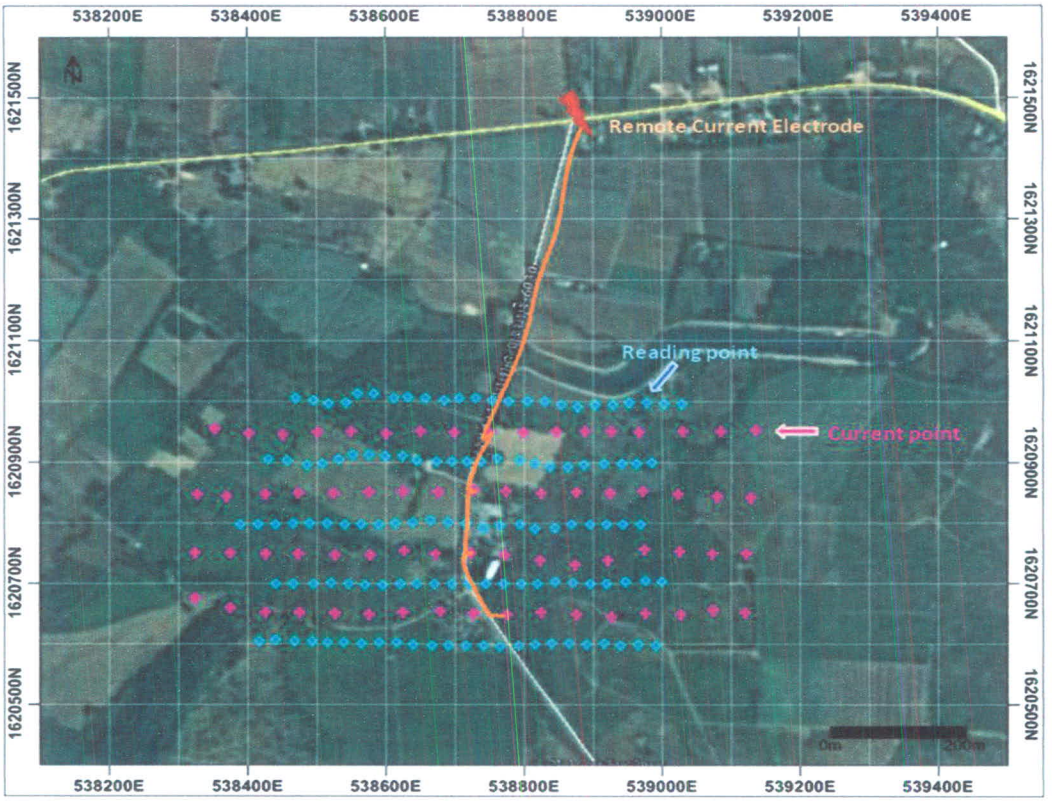


ภาพที่ 3-11 ลักษณะการวางขั้วไฟฟ้าแบบโพล-ไดโพล เพื่อใช้ในการอ่านค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ

ตารางที่ 3-4 ตำแหน่งพิกัดและความยาวเส้นสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ เชิงลึก

Line	พิกัด ต้นแนวสำรวจ		พิกัด ปลายแนวสำรวจ		ความยาวแนวสำรวจ (เมตร)
	Easting	Northing	Easting	Northing	
1000N	538470	1621007	539029	1620997	575
900N	538429	1620906	538985	1620900	575
800N	538390	1620798	538972	1620853	575
700N	538440	1620701	539000	1620704	575
600N	538417	1620606	538991	1620599	575

ภาพที่ 3-12 ตำแหน่งเส้นสำรวจ Rx ทั้ง 5 เส้น สำหรับอ่านค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ โดยการวางขั้วไฟฟ้าแบบโพล-ไดโพล



ภาพที่ 3-12 ตำแหน่งเส้นสำรวจ Rx ทั้ง 5 เส้น สำหรับอ่านค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 3 มิติ โดยการวางขั้วไฟฟ้าแบบโพล-ไดโพล

การประมวลผลข้อมูล

การประมวลผลข้อมูลค่าสนามแม่เหล็ก

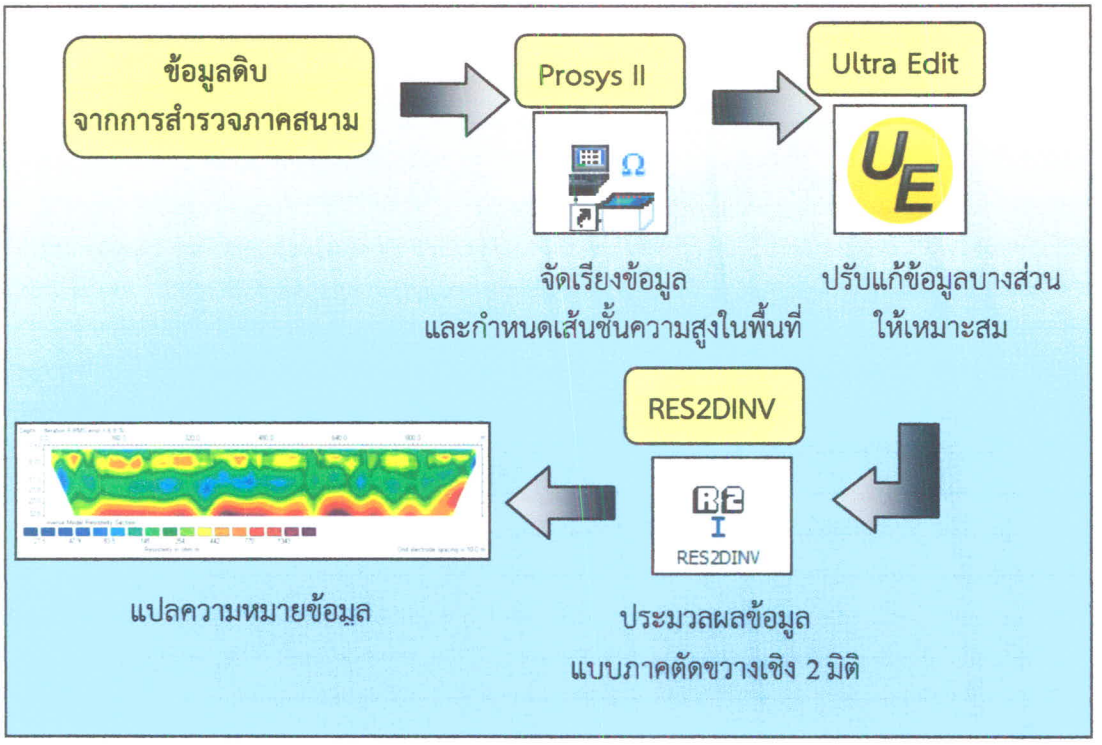
จากค่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้จากการสำรวจในสนาม การประมวลผลข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กนั้น ได้ทำการปรับค่าข้อมูลดิบของสนามแม่เหล็กโลกที่เปลี่ยนไปตามเวลาของการสำรวจ โดยใช้จากเส้นสำรวจอ้างอิง (Base Line) จากนั้นทำการกำจัดอิทธิพลของสนามแม่เหล็กโลก ด้วยการแก้ไขค่า เช่น แก้ค่า diurnal correction และ ค่า higher base different เป็นต้น และทำการเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม GEOSOFT ซึ่งได้ทำการแปลความหมายข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

การคำนวณ ค่าสนามแม่เหล็กโลกอ้างอิง โดยใช้โปรแกรม IGRF Version 11 ได้ค่า 42,651 nT ค่า Inclination 16.45° และ Declination -0.76° ปรับค่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้จากค่าสนามแม่เหล็กโลกอ้างอิง และทำการคำนวณค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากวัตถุจริง (Residual magnetic field) ซึ่งใช้ในการแปลความหมายข้อมูล

จากค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากวัตถุจริง นำมาประมวลผลด้วยโปรแกรม Geosoft ด้วยวิธีการจำแนกสัญญาณ (Analytic signal) เป็นการรวมกันของสนามในแนวนอนและแนวตั้ง ค่าสูงสุดของการจำแนกสัญญาณเกิดอยู่เหนือตำแหน่งของวัตถุที่มีความเป็นแม่เหล็ก ทำให้ง่ายต่อการหาตำแหน่งของวัตถุที่มีความเป็นแม่เหล็ก จากนั้นนำค่าที่ได้มาสร้างเป็นแผนที่

การประมวลผลข้อมูลค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าถูกนำไปทำการประมวลผลและแปลความหมายข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ RES2DINV Version. 3.55 ด้วยวิธีผกผันเชิงสองมิติ (2D inversion) โดยใช้วิธีการสร้างรูปแบบจำลองใต้ผิวดิน (model) ในเชิงสองมิติ โดยนำค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) ที่ได้จากการสำรวจจริงในสนามมาเปรียบเทียบกับค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Resistivity) ที่ได้จากการคำนวณ โปรแกรมจะทำการคำนวณจำนวนชั้นและค่าสภาพต้านทานไฟ ออกมาเป็นรูปภาคตัดขวาง (section) ใต้ผิวดินด้วยวิธีการประมวลผลแบบผกผัน



ภาพที่ 3-13 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลสภาพต้านทานไฟฟ้า

การเจาะน้ำใต้ดิน

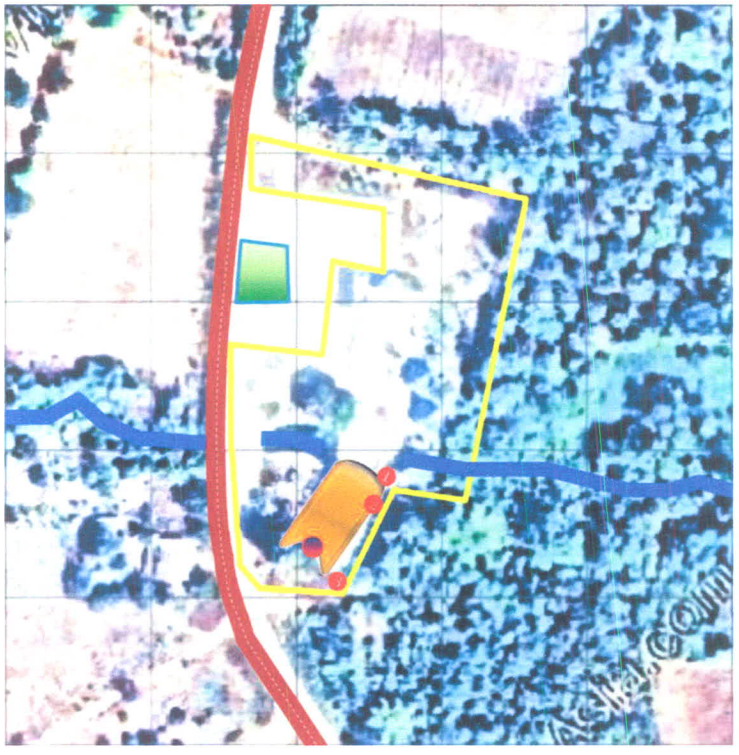
วิธีการเจาะบ่อน้ำใต้ดินและการกำหนดตำแหน่ง ออกแบบการเจาะบ่อเป็นแบบ cased well เพื่อกันน้ำเย็นระดับตื้นข้าปนกับน้ำร้อน ความลึกขึ้นอยู่กับชั้นน้ำร้อนที่ได้ โดยประมาณจากผลการสำรวจ น่าจะทำเจาะที่ความลึกไม่เกิน 100 เมตร ลักษณะการขุดเจาะ คือ

1. ทำการขุดเจาะบ่อด้วยระบบ Direct Rotary ใช้หัวเจาะ 9" เฉพาะช่วงบริเวณที่เป็นชั้นดิน/ตะกอนทราย แล้วใส่ท่อ PVC ขนาด ∅ 6"เพื่อรักษาบ่อให้คงทน
2. ส่วนช่วงที่เป็นชั้นหินดานแข็ง ทำการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลด้วยระบบ Down The Hole ขนาด ∅ 5.5" เมื่อสร้างบ่อ ทำการซ้อนท่อ PVC 8.5 ขนาด ∅ 4" ตลอดความลึก เพื่อป้องกันหลุมเจาะพังและเศษดินเศษหินเข้าบ่อ รักษาสภาพบ่อให้คงทน
3. เก็บตัวอย่างดิน ทราย หิน ที่ระยะความลึกต่างๆ เพื่อศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาใต้ดิน

การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล เมื่อทำการเจาะบ่อน้ำใต้ดินและได้น้ำในปริมาณที่ต้องการแล้วจึงทำการพัฒนาบ่อ ดังนี้

1. ท่อกรุ ท่อเซาะร่อง ใช้ท่อ PVC ความหนาชั้น 13.5 ขนาด ∅ 6 "นิ้วหรือขนาด ∅ 4 " ความหนาชั้น 8.5 ยาวท่อนละ 4 เมตร ตามสภาพชั้นน้ำบาดาล
2. กรุกรวดรอบท่อกรอง ด้วยกรวดคัดขนาด (ที่มีขนาดที่เหมาะสม กับขนาดของเม็ดทรายที่เป็นชั้นน้ำ) เพื่อป้องกันทรายชั้นน้ำไหลเข้าบ่อ โดยใส่จนสูงเหนือท่อกรอง ประมาณ 5 เมตรหรือตามสภาพของชั้นน้ำ
3. อุดผนึกข้างบ่อ เหนือชั้นกรวดกรุ แล้วอุดด้วยซีเมนต์จนถึงปากบ่อ เพื่อป้องกันน้ำผิวดินไหลลงบ่อ
4. เป่ากวน ด้วยเครื่องอัดลม และสลับเป่าดูด จนได้น้ำสะอาดพร้อมใช้งาน
5. สูบทดสอบปริมาณน้ำ

ดำเนินการเจาะน้ำใต้ดิน บริเวณพื้นที่ศึกษาวิจัย 3 ตำแหน่งตามภาพที่ 3-14



ภาพที่ 3-14 ตำแหน่งเจาะน้ำใต้ดิน 3 ตำแหน่ง

ภาพที่ 3-15 เครื่องเจาะที่ใช้เป็นแบบเฉพาะ คือมีขนาดเล็ก สามารถเข้าเจาะบริเวณที่แคบ บริเวณที่ก่อสร้างแหล่งท่องเที่ยวได้ และสามารถขยับย้ายตำแหน่งการเจาะสะดวก จากภาพเป็นการย้ายและตั้งเครื่องเจาะ ณ ตำแหน่งที่ 2