



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของถนนโบราณ

สมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7

ระยะที่ 2

Living Angkor Road Project Phase II

โดย

พ.อ. ผศ. ดร. สุรัตน์ เลิศล้ำ

ผศ. ดร. ปานใจ ธารทัศนวงศ์

และคณะ

ธันวาคม 2551

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของถนนโบราณ

สมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7

ระยะที่ 2

Living Angkor Road Phase II

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 1. พ.อ. ผศ. ดร. สุรัตน์ เลิศล้ำ | โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า |
| 2. ผศ. ดร. ปานใจ ชารัตนวงศ์ | มหาวิทยาลัยศิลปากร |
| 3. รศ. สุรพล นาถะพินธุ | มหาวิทยาลัยศิลปากร |
| 4. ผศ. ดร. วรวิทย์ โลหะวิจารณ์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 5. นายพงศ์ธันว์ สำเภาเงิน | กรมศิลปากร |
| 6. Mr. IM Sokrithy | APSARA Authority |

และคณะ

ชุดโครงการระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (DSS)

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 เป็นโครงการวิจัยในลักษณะสหวิทยาการที่ได้นำความรู้ทางโบราณคดี มานุษยวิทยา เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เทคโนโลยีธรณิฟิสิกส์ และเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้เกี่ยวกับเส้นทางโบราณทั้งทางด้านกายภาพและทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลทางโบราณคดี และของพื้นที่ตามแนวถนนโบราณ ซึ่งวิธีการในการศึกษาของโครงการนี้เป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำการศึกษา ทบทวน หัวข้อวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อพิจารณาว่าศาสตร์ใดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ และผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้จากการประยุกต์ศาสตร์นั้นๆ ในการวิจัยครั้งนี้
2. พัฒนารฐานข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการวางแผนในการสำรวจ
3. ดำเนินการสำรวจภาคสนาม
4. ทำการตรวจสอบทางธรณิฟิสิกส์
5. ทำการขุดค้นทางโบราณคดี
6. พัฒนารฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จากข้อมูลจากข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลจากการสำรวจ และการศึกษาด้านต่างๆ เพื่อการวิเคราะห์ร่วมกัน
7. ดำเนินการวิเคราะห์ร่วมกันโดยใช้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆ
8. พิสูจน์สมมติฐานเกี่ยวกับแนวถนนโบราณโดยใช้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ร่วมกัน

ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นขั้นตอนลำดับการดำเนินการของโครงการ การศึกษาในครั้งนี้ถือได้ว่าเป็นการนำศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทุกแขนงวิชาที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการศึกษาเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ทำให้เกิดการค้นพบองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับเส้นทางโบราณสายนี้ เช่น จุดประสงค์ของการใช้งานของถนนสายนี้ในสมัยโบราณ สิ่งก่อสร้างที่ถูกสร้างขึ้นตามแนวถนนโบราณ ชุมชนโบราณ ชุมชนปัจจุบันที่มีความสัมพันธ์กับถนนโบราณ ซึ่งองค์ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปขยายการศึกษาในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การศึกษาเกี่ยวกับโลหะกรรม การผลิตสังคโลกโบราณ และการศึกษาทางชาติพันธุ์ของกลุ่มชนส่วย เป็นต้น

ข้อมูลที่ได้พัฒนาขึ้นมาจากโครงการนี้ สามารถนำไปใช้ในการศึกษาในด้านต่างๆ เช่น ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการสามารถนำไปใช้ในการศึกษาในด้านการวางแผนการใช้ที่ดิน การเกษตร สิ่งแวดล้อม เป็นต้น ข้อมูลทางโบราณคดี และมานุษยวิทยาสามารถนำไปใช้ในการศึกษาทางสังคมวิทยา และข้อมูลทั้งหมดยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง “ค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของราชมรรคาสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ระยะเวลาที่สอง (LIVING ANGKOR ROAD PHASE 2)” สำเร็จลุล่วงได้นั้น ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนการทำวิจัยอย่างต่อเนื่อง

ขอขอบคุณคณะทำงานในพื้นที่ อันประกอบด้วย กองร้อยทหารพรานที่ 2607 คุณสุรุดิ อภัยจิตต์ คุณสุรพงษ์ พิราวุธ อดีตศึกษาธิการอำเภอบ้านกรวด คุณครูสุรพล เทวัญรัมย์ คุณครูโรงเรียนบ้านกรวดวิทยาคม และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานศิลปากรที่ 12 พินาย เจ้าหน้าที่อุทยานประวัติศาสตร์พนมรุ้ง องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านกรวด อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ที่ได้อำนวยความสะดวกในการดำเนินการขุดค้นทางโบราณคดีและการจัดกิจกรรมที่สืบเนื่องที่บ้านเขาหินได้ ตำบลบ้านกรวด อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

ขอขอบคุณสมาคมวัฒนธรรมไทย-กัมพูชา ศาสตราจารย์กาญจนา กาญจนสุด สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย กรมทหารพรานที่ 26 องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ที่ให้การสนับสนุนในการจัดกิจกรรมที่สืบเนื่องของโครงการ

สุดท้ายนี้คณะวิจัยขอขอบคุณสถาบันและหน่วยงานของบุคคลากรในโครงการที่ได้ให้การสนับสนุนและความร่วมมือเป็นอย่างดีจนกระทั่งโครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

พ.อ. ผศ. ดร. สุรัตน์ เลิศล้ำ
ผศ. ดร. ปานใจ ธารทัศนวงศ์
หัวหน้าโครงการวิจัย

รหัสโครงการ: RDG5000003
ชื่อโครงการ: โครงการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมัน
ระยะที่ 2
Investigators: สุรัตน์ เลิศล้ำ¹, ปานใจ ธารทัศนวงศ์, สุรพล นาคะพินธุ์², วรุฒิ โลหะ
วิจารณ์³, พงศ์ธันว์ สำเภาเงิน⁴, IM Sokrithy⁵
¹โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
²มหาวิทยาลัยศิลปากร
³มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
⁴กรมศิลปากร
⁵APSARA Authority
E-mail Address: surat@ait.ac.th
Project Duration: 1 เมษายน 2550 – 30 กันยายน 2551

สืบเนื่องจากโครงการ “การค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7” ซึ่งเป็นโครงการวิจัยในลักษณะสหวิทยาการที่ได้นำความรู้ทางโบราณคดีมานุษยวิทยา เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เทคโนโลยีธรณีฟิสิกส์ และเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้เกี่ยวกับเส้นทางโบราณทั้งทางด้านกายภาพและทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลทางโบราณคดีของพื้นที่ตามแนวถนนโบราณ โดยความร่วมมือของคณะนักวิจัยจาก โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า มหาวิทยาลัยศิลปากร กรมศิลปากร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และองค์กร APSARA ประเทศกัมพูชา

การศึกษาจากโครงการดังกล่าวถือได้ว่าเป็นการนำศาสตร์หลากหลายแขนงวิชาซึ่งมีความเกี่ยวข้องกันมาใช้ในการศึกษาเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายในลักษณะการศึกษาแบบสหวิทยาการ เป็นผลทำให้ค้นพบองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับเส้นทางโบราณสายนี้ เช่น การทราบถึงวัตถุประสงค์ของการใช้งานของถนนสายนี้ในสมัยโบราณ สิ่งก่อสร้างที่ถูกสร้างขึ้นตามแนวถนนโบราณ ชุมชนโบราณ ชุมชนปัจจุบันที่มีความสัมพันธ์กับถนนโบราณ ซึ่งองค์ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปขยายการศึกษาในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การศึกษาเกี่ยวกับโลหะกรรม การผลิตสิ่งคโลกโบราณ และการศึกษาทางชาติพันธุ์วิทยาของกลุ่มชนส่วย (ญะ) เป็นต้น

ข้อมูลที่ถูกพัฒนามาจากโครงการดังกล่าว สามารถนำไปใช้ศึกษาในด้านต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น ข้อมูลภูมิสารสนเทศของโครงการสามารถนำไปใช้ในการศึกษาด้านการวาง

1. ธรรมศาลาหรืออักษณศาลาสองหลังในประเทศกัมพูชาที่สูญหายไปในประวัติศาสตร์
2. สะพานศิลาแลงตลอดแนวถนนโบราณในฝั่งประเทศกัมพูชา
3. แหล่งอุตสาหกรรมโบราณตามแนวถนนโบราณทั้งในประเทศไทยและประเทศกัมพูชา
4. แหล่งชุมชนโบราณตามแนวถนนโบราณทั้งในประเทศไทยและประเทศกัมพูชา

นอกจากนี้โครงการดังกล่าวยังนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยทั้งหมดมาพัฒนาในระบบแม่ข่ายสารสนเทศ เพื่อให้การเข้าถึงข้อมูลวิจัยของโครงการเป็นไปได้โดยสะดวก โดยสามารถค้นหาข้อมูลได้จากเว็บไซต์ <http://larp.crma.ac.th> และ <http://larp.su.ac.th> นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาระบบจำลองภาพสามมิติของธรรมศาลา อโรคยาศาลา และสะพานโบราณตามแนวถนนโบราณเพื่อใช้ในการจำลอง ให้เห็นมุมมองของชีวิตของชุมชนในอดีต และเพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการเผยแพร่ความรู้จากโครงการสู่เยาวชน ซึ่งสมาคมวัฒนธรรมไทย-กัมพูชาได้เล็งเห็นความสำคัญของผลการวิจัยของโครงการดังกล่าว จึงได้ให้การสนับสนุนงบประมาณเพื่อขยายการดำเนินการวิจัยในชื่อ “โครงการสืบสานวัฒนธรรมไทย-กัมพูชา” เพื่อนำผลการวิจัยเกี่ยวกับถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายมาใช้ในการพัฒนาความสัมพันธ์ของประชาชนทั้งสองประเทศ โดยพยายามพัฒนาความสัมพันธ์ของชุมชนตามแนวชายแดน โดยการนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยมาใช้เป็นแกนในการพัฒนาความสัมพันธ์ของชุมชนตามแนวถนนโบราณเส้นนี้ เพื่อความสงบสุขและความเจริญรุ่งเรืองของชุมชนตามแนวชายแดนของทั้งสองประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ชายแดนในจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดสุรินทร์ กับพื้นที่จังหวัดอุดรธานี ประเทศกัมพูชา ซึ่งการทำให้ชุมชนเกิดความรัก ความหวงแหนต่อผืนแผ่นดินและแหล่งโบราณคดีในพื้นที่ตนเองเป็นเจ้าของ ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก

การดำเนินการวิจัยโครงการดังกล่าว ในระยะที่สอง ซึ่งสิ้นสุดการดำเนินการในวันที่ 30 กันยายน 2551 เป็นการศึกษารายละเอียดของแหล่งชุมชนโบราณ แหล่งอุตสาหกรรมโบราณตามแนวถนนโบราณ ซึ่งข้อมูลที่ได้รับสามารถจะนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ของชุมชนท้องถิ่นในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี เช่น แหล่งโลหะกรรมในเขตบ้านเขาคินใต้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ โดยมีผลของการวิจัยสามารถสรุปโดยสังเขปได้ดังนี้

1. ดำเนินการศึกษาแหล่งอุตสาหกรรมและชุมชนโบราณ บริเวณอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ และแหล่งโบราณคดีตามแนวถนนโบราณ โดยเป็นการดำเนินการในลักษณะสหวิทยาการเป็นการประสานศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน ได้แก่ เทคโนโลยี remote sensing/GIS โบราณคดี และธรณีฟิสิกส์ ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้รับจากการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ศึกษาในพื้นที่อื่นๆ ได้เป็นอย่างดี ในการดำเนินการศึกษครั้งนี้ทำให้เราได้ทราบถึงหลักการของคนโบราณในการเลือกพื้นที่เพื่อการอุตสาหกรรมและเพื่อการอยู่อาศัยตั้งถิ่นฐาน

2. ดำเนินการศึกษากลุ่มของแหล่งโบราณคดีที่สำคัญตามแนวถนนโบราณในประเทศกัมพูชา บริเวณหมู่บ้าน Kol Village จังหวัดเสียมเรียบ ซึ่งเป็นแหล่งชุมชนโบราณขนาดใหญ่ตามแนวถนนโบราณ โดยดำเนินการศึกษาในด้านต่างๆ อย่างละเอียด เช่น การศึกษา cross section ของแนวถนนโบราณ การศึกษาสะพานโบราณจากการขุดค้นทางโบราณคดีและการวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรม การศึกษาผังเมืองโบราณจากภาพถ่ายทางอากาศ และการสำรวจภาคพื้นในบริเวณดังกล่าว ทำให้ทราบถึงหลักการตั้งถิ่นฐานของชุมชนโบราณตั้งแต่ระยะเริ่มแรกก่อนสมัยขอมโบราณเป็นเวลานาน ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษาพื้นที่ดังกล่าวมาก่อนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และข้อมูลทั้งหมดได้ถูกนำมาพัฒนาเป็นฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งในขั้นต่อไปโครงการจะดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลจากพื้นที่บริเวณหมู่บ้าน Kol Village กับบริเวณพื้นที่บริเวณเชิงเขาพนมรุ้ง ศึกษาอโรคยาศาลหนองบัวลาย ศึกษาธรรมศาลาบ้านบุ ปราสาทเมืองต่ำ จนถึงแหล่งอุตสาหกรรมโบราณ อำเภอบ้านกรวด เนื่องจากทั้งสองพื้นที่ในประเทศไทยในปัจจุบันนี้มีความคล้ายคลึงกันในด้านของกลุ่มชนโบราณขนาดใหญ่ตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย

3. ดำเนินการศึกษาและเก็บข้อมูลทางวัฒนธรรมโดยได้ดำเนินการศึกษาในเชิงลึกเกี่ยวกับชุมชนส่วย (กูย) ในประเทศกัมพูชาและประเทศไทย ซึ่งยังคงมีความสัมพันธ์กันระหว่างชุมชนของทั้งสองกลุ่ม อันแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของชุมชนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ผลจากการวิจัยและการพัฒนาระบบข้อมูลอย่างมหาศาลเท่าที่เทคโนโลยีในโลกปัจจุบันสามารถอำนวยได้นั้น ทำให้เห็นได้ว่ากิจกรรมทางวัฒนธรรมในช่วงสมัยวัฒนธรรมขอมโบราณได้แผ่ครอบคลุมอาณาบริเวณที่กว้างขวางและเป็นไปอย่างเข้มข้น ดังปรากฏร่องรอยสิ่งก่อสร้างและแหล่งผลิตอย่างหนาแน่น ซึ่งการใช้ระเบียบวิธีการวิจัยทางโบราณคดี และมานุษยวิทยาวัฒนธรรมสามารถให้ความกระจ่างถึงภาพวิถีชีวิตในอดีตและร่องรอยของกลุ่มชาติพันธุ์ที่ยังคงสืบทอดคติความเชื่อดั้งเดิมอยู่จนถึงปัจจุบัน เช่น วิถีชีวิตของชาวกูย นอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นเครือข่ายการติดต่อแลกเปลี่ยนทั้งทรัพยากร ผลผลิต แรงงาน คติความเชื่อทางศาสนา จนถึงอำนาจทางการเมืองในระบบรัฐหรืออาณาจักร การขยายเครือข่ายดังกล่าวนี้มีความเป็นไปได้ว่ามีเหตุผลสำคัญประการ

คำหลัก : โบราณคดี,ฐานข้อมูลทางวัฒนธรรม, สหวิทยาการ, เทคโนโลยีสื่อระยะไกล, ราชมรรคา
จากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย

Project Code: RDG50O0003

Project Title: The identification of historic roadway and human settlement of Khmer empire and the development of historical, archaeological and cultural multi-media database Phrase II

Investigators: Surat, L.¹, Panjai, T.², Surapol, N.², Warawutti, L.³, Pongdhan S.⁴, Im, S.⁵
¹Department of Mathematics and Computer Science, Chulachomklao Royal Military Academy, Nakon-Nayok, Thailand
²Department of Computer, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakorn Pathom, Thailand
³Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand
⁴The Fine Arts Department, Bangkok, Thailand
⁵APSARA Authority, Siem Reap, Cambodia

E-mail Address: surat@ait.ac.th

Project Duration: 1 April 2007 – 30 September 2008

Currently, there are research studies that demonstrate the usage of integrated technologies for archaeological studies that made new discoveries around the world. In addition, Geo-informatics technology is utilized in the cultural heritage conservation, reservation, management, and research studies in various cases. For example, remote sensing and GIS was utilized as tools for archaeological analysis together with conventional archaeological analysis methods. There are various cases around the world that remote sensing and GIS was used to assist archaeologists to pin point and help to identify archaeological sites. For example, the discovery of the city of Ubar in Sahara desert from the analysis of remote sensing data, ground data and field survey data, or the case of missing China wall that was buried under the ground by analyzing SIR C radar data from space shuttle. From the study of these samples, we had come up with the concept of integrated studies for archaeological study in Thailand and nearby countries. In this project, the archaeological knowledge, anthropological knowledge together with geo-informatics technology, information technology, and geo-physic technology were utilized for the study to identify and pin point the ancient road from Angkor to Phimai that was mentioned in the inscription by the Jayavarman VII, the great king of Cambodia. From archaeological and

historical studies, we had learnt that during his period, the Khmer empire was expanded to cover most of the area of the Southeast Asia.

In this project, we study the detailed of this ancient road, its utilization, the people who lived and used this ancient road, the ancient industries along this ancient road, and the culture that had disappeared, and the one that has been continue to flourish along the royal road until today. The most advance technologies were applied in the field of remote sensing, GIS, archaeology, anthropology, geo-physics. The information systems were developed to gather all information from this study for the scholars to use. In addition, the data that was developed from this project can be further utilized by the other related works in the fields of landscape cultural management, tourism, etc.

From the studies of this research project, we had discovered evident about the ancient road along this ancient road. The most important items are as follow:

1. Two missing Dharmashalas (chapel of rest house)
2. Ancient laterite bridges along the ancient road in Cambodia side
3. Ancient industry sites along the ancient road in Cambodia and Thailand sides
4. Ancient communities along the ancient road in Cambodia and Thailand sides

We had also developed the information servers (larp.crma.ac.th and larp.su.ac.th) to contain all the information from this research project that any scholars can access the information from our research projects. In addition, we had developed 3D models of Dharmashala (chapel of rest house), Arogyashalas (chapel of hospitals), and ancient bridges that will be utilized in the simulation of ancient life along this ancient road. This simulation will be used as a learning tool for younger generation in the near future.

In the second phase of this project, we had studied the detail of ancient communities and ancient industry sites along the royal road, which the result can be utilized for eco-tourism purposes in the area along the royal road, especially, in the area at the border of Thailand and Cambodia. In summary, the results from the second phase of this study are as follow:

1. The multi-disciplinary study on the ancient communities and ancient industry sites along the royal road in Ban Krud, Burirum. Thailand, which results in the understanding of the ancient communities and ancient industries in the studied area.

2. The study on group of ancient sites along the royal road in Cambodia side in Kol Village area, Siem Reap Province, Cambodia. This study is also in the form of multi-disciplinary study, which includes the remote sensing/GIS, archaeological excavation, civil engineering analysis, and anthropological study.

3. The detail cultural study on Kuy communities in Cambodia and Thailand.

Keywords: Archaeology, Cultural Database, Multi-disciplinary, Remote Sensing/GIS, Royal Road from Angkor to Phimai

สารบัญ

หน้า

บทสรุปผู้บริหาร	i
กิตติกรรมประกาศ.....	ii
บทคัดย่อ.....	iii
Abstract.....	vii
สารบัญ	x
สารบัญตาราง	xiii
สารบัญรูป	xv
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ภูมิหลังทางประวัติศาสตร์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	15
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	15
1.4 แผนงานสังเขปตามระยะเวลา	16
บทที่ 2 การค้นคว้าและวิธีการทางด้าน Remote Sensing และ GIS.....	17
2.1 จุดประสงค์.....	17
2.2 แผนงาน/กิจกรรม.....	17
บทที่ 3 การค้นคว้าและวิธีการทางโบราณคดี	29
3.1 แผนงาน	29
3.2 การศึกษาและตรวจสอบสมมุติฐาน โครงข่ายถนนสายย่อยที่อาจมีขึ้น เพื่อเชื่อมโยงแหล่งอุตสาหกรรมสมัยโบราณและศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างถนนกับแหล่งชุมชนโบราณที่ปรากฏ ศาสนสถาน	62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบทาง	
กายภาพของภาชนะดินเผาในวัฒนธรรมเขมรโบราณ	64
3.4 การศึกษาการกระจายตัวและเทคโนโลยีการผลิตโลหะ	
ของแหล่งผลิตโลหะตามแนวเส้นทางโบราณและปริมาตร	113
บทที่ 4 การค้นคว้าและวิธีการทางด้านธรณีฟิสิกส์	184
4.1 การค้นคว้าและวิธีการทางด้านธรณีฟิสิกส์บริเวณ	
แหล่งถลุงเหล็กโบราณ บ้านเขาคินใต้	
อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์	184
4.2 การศึกษาธรณีฟิสิกส์ของจังหวัดบุรีรัมย์	195
บทที่ 5 การพัฒนาสารสนเทศและสารคดีเพื่อการศึกษา	203
5.1 บทนำ	203
5.2 ความรู้เบื้องต้น	203
5.3 แผนการดำเนินงาน	205
5.4 ผลการดำเนินงาน	216
5.5 สรุป	217
บทที่ 6 รายงานการวิจัยจากทีมวิจัยกัมพูชา	218
6.1 Introduction	218
6.2 Cultural Study	222
6.3 Archaeological Survey	237
6.4 Ceramic Study	275
6.5 Prehistoric Study	275
6.6 Initiate Archaeological Database	276
6.7 Application of Remote Sensing and GIS	276

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.8 Communication	292
6.9 Field Research to Thailand	293
6.10 Reporter Trip	294
6.11 General Conclusion	295
บทที่ 7 การวิเคราะห์ในลักษณะสหวิทยาการ	296
7.1 บทนำ	296
7.2 วิธีการดำเนินการ	296
7.3 กรณีศึกษา	297
7.4 สรุป	303
บทที่ 8 บทสรุป	304
บรรณานุกรม	306
ภาคผนวก ก	314
ภาคผนวก ก	315
ภาคผนวก ข	326
ภาคผนวก ค	338
ภาคผนวก ง	342
APPENDIX E	349

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3-1 แสดงแผนการดำเนินงาน.....	29
ตารางที่ 3-2 แสดงการจำแนกประเภทแหล่งโบราณคดี.....	31
ตารางที่ 3-3 แสดงข้อมูลแหล่งโลหะกรรม.....	41
ตารางที่ 3-4 แสดงข้อมูลของกลุ่มแหล่งโลหะกรรม.....	52
ตารางที่ 3-5 แสดงการกระจายของกลุ่มแหล่งโลหะกรรมในเขตพื้นที่ ลำห้วยเพื่อใช้ประกอบกับตำแหน่งกลุ่มแหล่งโลหะกรรม	52
ตารางที่ 3-6 แสดงจำนวนแหล่งโลหะกรรมที่พบในเขตลำห้วย	53
ตารางที่ 3-7 แสดงจำนวนแหล่งโลหะกรรมที่พบตามระดับชั้นความสูง.....	53
ตารางที่ 3-8 แสดงค่าเฉลี่ยของระยะทางจากกลุ่มแหล่งโลหะกรรมถึงลำห้วย.....	55
ตารางที่ 3-9 แสดงระยะทางจากเนินโลหะกรรมถึงที่พักคนเดินทาง (กม.).....	59
ตารางที่ 3-10 แสดงตารางสรุปลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง	89
ตารางที่ 3-11 ตารางสรุปปริมาณโบราณวัตถุประเภทตะกรัน จากการถลุงเหล็กที่พบในหลุมขุดค้นที่ 1.....	159
ตารางที่ 3-12 ตารางสรุปปริมาณโบราณวัตถุประเภทตะกรัน จากการถลุงเหล็กที่พบในหลุมขุดค้นที่ 2.....	159
ตารางที่ 3-13 ตารางรายละเอียดชิ้นส่วนเตาถลุงเหล็กเพื่อสร้างภาพขนาดเท่า.....	165
ตารางที่ 3-14 ค่าอายุ Carbon – 14 ของตัวอย่างถ่านพบในการขุดค้น แหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณบ้านเขาคินใต้.....	182
ตารางที่ 5-1 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลภาษาที่ใช้แสดง (Language)	207
ตารางที่ 5-2 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลประเทศ (Country)	207
ตารางที่ 5-3 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลจังหวัด (Province)	208
ตารางที่ 5-4 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลอำเภอ (District)	208
ตารางที่ 5-5 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลตำบล (Commune)	208
ตารางที่ 5-6 ตารางแสดงประเภทของข้อมูลวัฒนธรรม (CultureType)	208
ตารางที่ 5-7 ตารางแสดงภาษาที่นำเสนอ (Culture)	209
ตารางที่ 5-8 ตารางแสดงข้อมูลภาพ (Filelist).....	209
ตารางที่ 5-9 ตารางแสดงฐานข้อมูลวัฒนธรรมของประเทศกัมพูชา (cCulture).....	209
ตารางที่ 5-10 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลหมู่บ้าน (Village).....	210

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5-11 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลหัวข้อข้อมูลการสำรวจ (Villagetype)	210
ตารางที่ 5-12 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลการสำรวจหมู่บ้าน (Village_survey).....	210
ตารางที่ 5-13 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลรูปภาพจากการสำรวจ (Village_gallery)	211
ตารางที่ 5-14 ตารางแสดงฐานข้อมูลจากการสถานที่จากการสำรวจของหมู่บ้าน (vCulture)	211
ตารางที่ 5-15 ตารางแสดงฐานข้อมูลหมวดหมู่ในการจำแนกวิดีโอ (video_type)	211
ตารางที่ 5-16 ตารางแสดงฐานข้อมูลการจัดเก็บไฟล์วิดีโอ (cvideo).....	212
ตารางที่ 1ง แสดงเส้นทางเชื่อมต่อไปยังเมืองต่างๆ	345

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1	ภาพแสดงแหล่งโบราณคดีตามแนวถนนโบราณในฝั่งประเทศไทย.....	18
รูปที่ 2-2	ภาพแสดงแหล่งโลหะกรรม และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ ตามแนวถนนโบราณ : ตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง) แหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ (จุดห้าเหลี่ยมสีแดง).....	19
รูปที่ 2-3	ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2497 บริเวณอำเภอบ้านกรวด พร้อมตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม	20
รูปที่ 2-4	ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2510 บริเวณอำเภอบ้านกรวด พร้อมตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม	21
รูปที่ 2-5	ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2542 บริเวณอำเภอบ้านกรวด พร้อมตำแหน่งแหล่งโลหะกรรมแสดงการขยายตัวของชุมชน	21
รูปที่ 2-6	ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียม ASTER Color Composite (2:3:1 : R:G:B) บริเวณอำเภอบ้านกรวด พร้อมด้วยตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง) และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ (จุดห้าเหลี่ยมสีแดง).....	22
รูปที่ 2-7	ตัวอย่างผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาจาก ภาพถ่ายดาวเทียม ASTER บริเวณอำเภอบ้านกรวด (Channel 4/5 Index สีอ่อนถึงเข้ม หมายถึงมีส่วนประกอบของซิลิกาแสงสูงถึงต่ำ) พร้อมแสดงตำแหน่ง แหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง) และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ (จุดห้าเหลี่ยมสีแดง).....	23
รูปที่ 2-8	ตัวอย่างข้อมูลความสูงจาก SRTM บริเวณอำเภอบ้านกรวด (สีอ่อนถึงเข้มหมายถึงพื้นที่ที่มีความสูงมากถึงความสูงต่ำ) พร้อมแสดงตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง) และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ (จุดห้าเหลี่ยมสีแดง).....	24
รูปที่ 2-9	ตัวอย่างการแสดงผลจากระบบแม่ข่าย larp.crma.ac.th	25

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2-10 ตัวอย่างการแสดงผลจากระบบ map server	
ผ่านระบบแม่ข่าย larpcrma.ac.th	26
รูปที่ 2-11 ตัวอย่างการแสดงผลผ่านระบบ NASA World Wind	26
รูปที่ 2-12 ตัวอย่างการแสดงผลผ่านระบบ NASA World Wind	27
รูปที่ 2-13 ตัวอย่างการแสดงผลจากระบบ Open layer	27
รูปที่ 2-14 ตัวอย่างการแสดงผลจากระบบ Open layer	28
รูปที่ 2-15 ตัวอย่างการแสดงผลจากระบบ Open layer	28
รูปที่ 3-1 แสดงการแบ่งพื้นที่สำรวจ	30
รูปที่ 3-2 แสดงตำแหน่งแหล่งโบราณคดีในพื้นที่สำรวจ.....	32
รูปที่ 3-3 แสดงตำแหน่งแหล่งโบราณคดีในเขตอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์.....	33
รูปที่ 3-4 แผนที่แสดงพื้นที่สำรวจในเขตบ้านหัวสะพาน อำเภอนาโพธิ์ จังหวัดบุรีรัมย์.....	34
รูปที่ 3-5 แสดงร่องรอยแนวเสาสพาน และผู้ให้สัมภาษณ์.....	34
รูปที่ 3-6 แสดงตัวอย่างชั้นข้อมูลที่น่าสนใจ.....	41
รูปที่ 3-7 แสดงชิ้นส่วนกากแร่ และเนินโลหะกรรม ในเขตอำเภอบ้านกรวด	47
รูปที่ 3-8 แผนที่แสดงตำแหน่งกลุ่มแหล่งโลหะกรรม	48
รูปที่ 3-9 แผนที่แสดงตำแหน่งกลุ่มแหล่งโลหะกรรม	49
รูปที่ 3-10 แผนที่แสดงตำแหน่งกลุ่มแหล่งโลหะกรรม	49
รูปที่ 3-11 แผนที่แสดงตำแหน่งกลุ่มแหล่งโลหะกรรม ประกอบแผนที่ความสูง	50
รูปที่ 3-12 ภาพแสดงรูปแบบการกระจายตัวแบบเส้นตรง (ก)	
แบบสุ่ม (ข) และแบบวงกลม (ค) - (ง).....	51
รูปที่ 3-13 แผนที่แสดงความหนาแน่นของแหล่งโลหะกรรม	
ในเขตอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์.....	54
รูปที่ 3-14 แสดงแผนที่เปรียบเทียบตำแหน่งความหนาแน่นของแหล่งผลิตสองประเภท.....	56
รูปที่ 3-15 แผนที่แสดงความสัมพันธ์ของแหล่งโบราณคดี	57

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-16 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงสภาพพื้นที่ปัจจุบัน	62
รูปที่ 3-17 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงร่องรอยแนวถนนทางด้านตะวันตกของเมืองพิมาย	62
รูปที่ 3-18 แสดงแนวเส้นสมมุติของแนวถนนจากเมืองพิมายถึงปราสาทพนมวัน	
อ.เมือง จ.นครราชสีมา.....	63
รูปที่ 3-19 แสดงแนวคันดินที่ยังคงสภาพอยู่ในปัจจุบัน	63
รูปที่ 3-20แผนที่แสดงการกระจายตัวของแหล่งถลุงเหล็กและ	
แหล่งเตาผลิตเครื่องปั้นดินเผาสมัยโบราณ ในเขตอำเภอบ้านกรวด	116
รูปที่ 3-21 แสดงสภาพเนินดินที่ตั้งหลุมขุดค้นทางด้านทิศใต้.....	118
รูปที่ 3-22 แสดงสภาพของเนินดินด้านทิศตะวันตก	118
รูปที่ 3-23 แสดงศาลตา-ยาย.....	118
รูปที่ 3-24 แผนผังแสดงเส้นชั้นความสูงและตำแหน่งหลุมขุดค้นที่ 1 และ 2	120
รูปที่ 3-25 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงหลัก	120
รูปที่ 3-26 สภาพหลุมขุดค้นก่อนดำเนินการขุดค้นหลุมขุดค้นที่ 1 (ทิศเหนือ).....	125
รูปที่ 3-27 สภาพหลุมขุดค้นก่อนดำเนินการขุดค้นหลุมขุดค้นที่ 1 (ทิศตะวันตก)	125
รูปที่ 3-28 แสดงร่องรอยของดินเผาไฟในพื้นที่ NEQ ในระดับ 80 cm.dt	126
รูปที่ 3-29 แสดงสภาพหลุมขุดค้นก่อนดำเนินการขุดค้นหลุมขุดค้นที่ 2 (ทิศเหนือ).....	137
รูปที่ 3-30 แสดงเตาถลุงเหล็กหมายเลข 1 หลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมชั้นที่ 2	
(ระดับสมมติ 90-110 cm.dt.) กริด NEQ	141
รูปที่ 3-31 แสดงเตาถลุงเหล็กด้านทิศเหนือ	142
รูปที่ 3-32 แสดงเตาถลุงเหล็กหมายเลข 2 หลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมชั้นที่ 2	
(ระดับสมมติ 90-110 cm.dt.) กริด NEQ	143
รูปที่ 3-33 แสดงเตาถลุงเหล็กหมายเลข 3 หลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมชั้นที่ 2	
(ระดับสมมติ 90-110 cm.dt.) กริด NEQ	144

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-34 แสดงภาพลายเส้น และภาพถ่ายของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 4 พร้อมภาพแนวตัดขวาง.....	145
รูปที่ 3-35 แสดงภาพลายเส้นและภาพถ่ายบริเวณเตาถลุงเหล็ก หมายเลข 4 และ 5 ก่อนขุดลำขายเพิ่มเติมไปทางทิศตะวันตก	147
รูปที่ 3-36 แสดงภาพลายเส้นและภาพถ่ายของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 5	147
รูปที่ 3-37 แสดงภาพลายเส้นและภาพลายเส้นของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 6 พร้อมภาพลายเส้นแนวตัดขวาง	149
รูปที่ 3-38 แสดงภาพลายเส้นและภาพถ่ายของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 7 พร้อมภาพลายเส้นตัดขวาง	151
รูปที่ 3-39 แสดงภาพลายเส้น ภาพถ่าย และภาพลายเส้นแนวตัดขวางของ เตาถลุงเหล็กหมายเลข 8	153
รูปที่ 3-40 แสดงภาพลายเส้นและภาพถ่ายของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 9 พร้อมภาพลายเส้นตัดขวาง	154
รูปที่ 3-41 แสดงภาพลายเส้นและภาพถ่ายของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 10	156
รูปที่ 3-42 ภาพถ่ายแสดงเตาหมายเลข 4, 5, 8, 9 และ 10.....	176
รูปที่ 3-43 ภาพลายเส้นแสดงเตาที่พบในบริเวณหลุมขุดค้นที่ 1 NWQ ส่วนขยาย.....	176
รูปที่ 3-44 ภาพลายเส้นแสดงเตาถลุงภายในหลุมขุดค้น TP 1 NWQ ส่วนขยาย พร้อมระดับสมมติ ที่พบ	177
รูปที่ 3-45 ภาพถ่ายแสดงเตาหมายเลข 6 และ 7 ในบริเวณกริด SWQ (หมายเลข 6) และ SEQ (หมายเลข 7)	177
รูปที่ 3-46 ภาพลายเส้นแสดงเตาหมายเลข 6 และ 7 บริเวณกริด SWQ และ SEQ ของ TP1	178

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-47 ลักษณะชั้นทับถมทางโบราณคดีที่ประกอบด้วยชั้นตะกอน จากการถลุงเหล็กสลับกับชั้นดินฉาบเป็นระดับพื้นที่ ทำกิจกรรมการถลุงเหล็ก	179
รูปที่ 4-1 ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาในแผนที่ภูมิประเทศ	189
รูปที่ 4-2 แผนที่ความสูงของพื้นที่ศึกษา	190
รูปที่ 4-3 การสำรวจสนามแม่เหล็กโลกในพื้นที่ศึกษา	190
รูปที่ 4-4 การสำรวจเรดาร์ยังความลึกของชั้นดินในพื้นที่ศึกษา	191
รูปที่ 4-5 (ก) แผนที่ระดับความสูง และ (ข) แผนที่ค่าสนามแม่เหล็ก ผิดปกติของพื้นที่ศึกษา.....	191
รูปที่ 4-6 (ก) ตำแหน่งและรูปทรงของวัตถุผิดปกติทางแม่เหล็ก และค่าผิดปกติทางแม่เหล็กในแนววัด 07E (ข) แผนที่ สนามแม่เหล็กผิดปกติของพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งของแนววัด 07E	192
รูปที่ 4-7 แผนภาพเรดาร์ของแนววัดที่ 09E, 10E, 11E และ 12E พร้อมตำแหน่งและความลึกของบริเวณที่มีสัญญาณเรดาร์ผิดปกติ (กรอบสีเหลี่ยมสีแดง) ในบริเวณพื้นที่ศึกษา	192
รูปที่ 4-8 แผนภาพเรดาร์ของแนววัดที่ 13E, 14E, 15E และ 16E พร้อมตำแหน่งและความลึกของบริเวณที่มีสัญญาณเรดาร์ผิดปกติ (กรอบสีเหลี่ยมสีแดง) ในบริเวณพื้นที่ศึกษา	193
รูปที่ 4-9 แผนภาพเรดาร์ของแนววัดที่ 17E, 18E, 19E และ 20E พร้อมตำแหน่งและความลึกของบริเวณที่มีสัญญาณเรดาร์ผิดปกติ (กรอบสีเหลี่ยมสีแดง) ในบริเวณพื้นที่ศึกษา	193
รูปที่ 4-10 ตำแหน่งที่สัญญาณเรดาร์มีลักษณะผิดปกติ (แถบสีแดง) และบริเวณ ที่มีสนามแม่เหล็กผิดปกติ (สีเหลี่ยมสีน้ำเงิน) ในพื้นที่ศึกษา.....	194

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-11 หลุมขุดค้นทางโบราณคดีหลุมที่ 1 (Tested pit 1) เปรียบเทียบกับ ผลการสำรวจเรดาร์ในแนววัด 04E และ 05E ในพื้นที่ศึกษา	194
รูปที่ 4-12 หลุมขุดค้นทางโบราณคดีหลุมที่ 2 (Tested pit 2) เปรียบเทียบกับ ผลการสำรวจเรดาร์ในแนววัด 06E 07E และ 08E ในพื้นที่ศึกษา	195
รูปที่ 4-13 ตำแหน่งของแหล่งหินบะซอลต์ในจังหวัดบุรีรัมย์	197
รูปที่ 4-14 แผนที่หน่วยหินของจังหวัดบุรีรัมย์	200
รูปที่ 4-15 (a) แผนที่ธรณีวิทยาของจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดใกล้เคียง และขอบเขตของบริเวณที่สนามแม่เหล็กผิดปกติมีค่าต่ำ ซึ่งแทนด้วยวงปิดสีขาว (b) แผนที่สนามแม่เหล็กผิดปกติของพื้นที่ศึกษา (c) แผนที่ธรณีวิทยาของจังหวัดบุรีรัมย์	201
รูปที่ 4-16 แสดงขอบเขตของบริเวณสนามแม่เหล็กผิดปกติ (วงปิดสีฟ้าและสีน้ำเงิน) และตำแหน่งของหินบะซอลต์	202
รูปที่ 5-1 ภาพแสดงการทำงานของ Video Streaming Network	204
รูปที่ 5-2 หน้าเว็บเพจแสดงรายชื่อวิดีโอ	212
รูปที่ 5-3 ภาพเว็บเพจเมื่อเลือกหัวข้อ “Burirum I [17-18 October 2005]”	213
รูปที่ 5-4 ภาพแสดงวิดีโอบนหน้าเว็บเพจ	213
รูปที่ 5-5 แสดงระบบ e-Learning ของโครงการฯ ระยะที่ 1	214
รูปที่ 5-6 แสดงระบบ e-Learning ของโครงการฯ ระยะที่ 1 (ต่อ)	215
รูปที่ 5-7 แสดงระบบ e-Learning ของโครงการฯ ระยะที่ 1 ในส่วนของบทคัดย่อ	215
รูปที่ 6-1 Field Work Plan	221
รูปที่ 6-2 Kuy Damrei at Surin and Siem Reap	234
รูปที่ 6-3 Kuy Dek , Black Smith at Chomprak [A]	234
รูปที่ 6-3 Kuy Dek at Phnom Dek, Preah Vihear province [B]	234
รูปที่ 6-4 Pravay Khael at Veal Veng, Kompong Thom	235

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6-5 Iron Tools Oblation at Kuy Veal Veng, Kompong Thom.....	235
รูปที่ 6-6 Passages through Dangrek.....	238
รูปที่ 6-7 Ox-cart passage.....	239
รูปที่ 6-8 Laterite Steps	239
รูปที่ 6-9 Kol village_Cross-section Location	240
รูปที่ 6-10 Cross-Section Pit	241
รูปที่ 6-11 Road structure profile	242
รูปที่ 6-12 Road structure profile	242
รูปที่ 6-13 Road structure profile	242
รูปที่ 6-14 Trace of Royal Road from Angkor to Phimai	248
รูปที่ 6-15 Spean Boran, Stone bridges Location.....	252
รูปที่ 6-16 Archaeological map of Kol Village.....	253
รูปที่ 6-17 South-east view from a tree	254
รูปที่ 6-18 View form North-east.....	254
รูปที่ 6-19 Ground plan, Current status.....	255
รูปที่ 6-20 View of retaining wall and wing wall	258
รูปที่ 6-21 West facade elevation view	258
รูปที่ 6-22 Southeastern Facade	259
รูปที่ 6-23 West facade profile.....	259
รูปที่ 6-24 bridge's head structure.....	259
รูปที่ 6-25 Compacted soil layers at bridge's head	259
รูปที่ 6-26 Reconstruction to its original structure.....	261
รูปที่ 6-27 Reflection to the bridge in Use	261
รูปที่ 6-28 Reflection on the axis of bridge and road.....	262
รูปที่ 6-29 Bridge's head site	264

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 6-30 Bridge's head site	264
รูปที่ 6-31 Wing wall site.....	264
รูปที่ 6-32 Wing wall site.....	264
รูปที่ 6-33 Archaeological sites.....	266
รูปที่ 6-34 Bas-relief at Bayon	267
รูปที่ 6-35 Archaeological Map_Kol village.....	269
รูปที่ 6-36 Water Structures	271
รูปที่ 6-37 Lotus flower.....	272
รูปที่ 6-38 Pyramid shape.....	272
รูปที่ 6-39 Buddha image	272
รูปที่ 6-40 Rubbing at Kleang (Plan of Land).....	272
รูปที่ 6-41 Translation by G. Coedes	273
รูปที่ 6-42 Lunet de Lajonquere, 1904.....	278
รูปที่ 6-43 Topographic Map 1972, scale 1:250,000	278
รูปที่ 6-44 Topographic Map 1960, scale 1:50,000	279
รูปที่ 6-45 Topographic Map 2003 (JICA), scale 1:100,000	279
รูปที่ 6-46 Aerial photo 1945	280
รูปที่ 6-47 Aerial photo 1957	280
รูปที่ 6-48 Aerial photo 1997 and 2004	281
รูปที่ 6-49 Spot 2003 with 15m resolution.....	281
รูปที่ 6-50 Landsat ETM 2002 with 30 m resolution.....	282
รูปที่ 6-51 Quickbird 2005 with 60 cm resolution	282
รูปที่ 6-52 SRTM with 90m resolution	283
รูปที่ 6-53 Design work plan for the field survey	284

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6-54 Pinpointing and Plotting Archaeological data collection from the field survey.....	285
รูปที่ 6-55 Analyzing the lost part of road traces, Identification the Laterite steps and Ox-cart passages at Dangrek.....	286
รูปที่ 6-56 Archaeological Mapping Zoning at Kol village, an Arogyashala community	287
รูปที่ 6-57 Analyzing Archaeological Features of Kol village on aerial photo 1957 Archaeological Mapping Zoning at Kol village, an Arogyashala community	287
รูปที่ 6-58 Analyzing Archaeological Features of Kol village on aerial photo 2004	288
รูปที่ 6-59 Analyzing Archaeological Features of Kol village on SRTM	288
รูปที่ 6-60 Developing Archaeological and Cultural Database.....	289
รูปที่ 6-61 Royal Road and Dharmashala	290
รูปที่ 6-62 Topographic Map of LARP, Scale 1:50 000 (Sheet 1)	291
รูปที่ 6-63 Archaeological Map of Kol village	292
รูปที่ 7-1 ลักษณะแนวถนนในฝั่งกัมพูชา	298
รูปที่ 7-2 ลักษณะสะพานศิลาแลงในฝั่งกัมพูชา.....	298
รูปที่ 7-3 กราฟแสดงความสูงของพื้นที่ในฝั่งกัมพูชาและฝั่งไทยจากข้อมูล SRT	299
รูปที่ 1ก แสดงขั้นตอนการดำเนินการ	316
รูปที่ 2ก แสดงผังและมาตราส่วนของโบราณสถาน.....	316
รูปที่ 3ก แสดงภาพพื้นผิวของโบราณสถาน.....	317
รูปที่ 4ก แสดงการสร้างภาพ 3 มิติของโบราณสถาน	317
รูปที่ 5ก แสดงการสร้างสภาพแวดล้อม 3 มิติ	318

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 6ก การเสนอผลงานแบบ 3D Model.....	319
รูปที่ 7ก การเสนอผลงานแบบ Movie.....	320
รูปที่ 8ก การเสนอผลงานแบบ Interactive Animation บน Web Browser	321
รูปที่ 9ก การเสนอผลงานแบบ Interactive Animation ทำงานอิสระ	322
รูปที่ 10ก ภาพธรรมศาลา (อัครนิศาลา) ปราสาทตาเมือน	322
รูปที่ 11ก ภาพอโรคยาศาลา ปราสาทหนองบัวลาย.....	323
รูปที่ 12ก ภาพอโรคยาศาลา ปราสาทหนองบัวลาย.....	323
รูปที่ 13ก ภาพสะพานโบราณ	323
รูปที่ 14ก ภาพเคลื่อนไหวอโรคยาศาลา ปราสาทหนองบัวลาย	324
รูปที่ 15ก ภาพเคลื่อนไหวแบบตอบโต้ ปราสาทหนองบัวลาย.....	324
รูปที่ 1ข แสดงแผนภาพ OpenLayers ที่รองรับการเรียกใช้งานข้อมูล.....	327
รูปที่ 2ข แสดงตัวควบคุมแสดงผล	329
รูปที่ 3ข แสดงตัวควบคุมแสดงผลบน Web Browser	330
รูปที่ 1ง แผนที่เส้นทางโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย.....	346
Fig. 1 Kok Ach Dek.....	391
Fig. 2 Kok Cheng Meng	391
Fig. 3 Kok Kjeay	391
Fig. 4 Kok Yeay Degn.....	391
Fig. 5 Kok Treas	391
Fig. 6 Thlok Akong	391
Fig. 7 Map of Kiln Location.....	392
Fig. 8 Map Kilns along the Ancient Road Network	392
Fig. 9 Loboek Ampil	393
Fig. 10 Loboek Svay.....	393
Fig. 11 Svay Khmao	393

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

Fig. 12 Torp Siem.....	393
Fig. 13 Ceramic Anlong Thom.....	393
Fig. 14 Anlong Thom Kiln structure	393
Fig. 15 Ceramic Sarsei Kiln	394
Fig. 16 Sarsei Kiln Structure	394
Fig. 17 Knar Po kiln Structure.....	394
Fig. 18 Tani Kiln structure	394

บทที่ 1

บทนำ

การดำเนินโครงการวิจัยเพื่อค้นหาและพัฒนาสารสนเทศภูมิศาสตร์ของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ในปีงบประมาณ 2549 ที่ผ่านมาเป็นการวิจัยในเชิงสหวิทยาการที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหลากหลายสาขาวิชาเพื่อการแปลความทางโบราณคดี ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาได้ผลลัพธ์ที่มีความก้าวหน้ามากขึ้นจากการสำรวจเส้นทางสายตะวันตกเฉียงเหนือของนักโบราณคดีนักสำรวจจากสำนักฝรั่งเศสแห่งปลายบูรพทิศที่ค้นคว้าไว้เมื่อเกือบ 1 ศตวรรษที่ผ่านมา โดยสามารถสำรวจตรวจสอบและเข้าถึงแหล่งโบราณคดี จนสามารถกำหนดตำแหน่งที่ตั้งที่แน่นอนของโบราณสถานเรียกว่า “**ธรรมศาลา**” หรือ “**อัคนีศาลา**” ได้อย่างครบถ้วนตามที่ปรากฏในศิลาจารึกปราสาทพระขรรค์ซึ่งจารึกไว้เมื่อพุทธศตวรรษที่ 18 นอกจากนี้ยังได้ทำการขุดค้นทางโบราณคดีที่บ้านโคกยาง และพื้นที่ที่คาดว่าเป็นเส้นทางที่เคยใช้ในสมัยวัฒนธรรมเขมรโบราณรวมทั้งสำรวจแหล่งโบราณคดีเพิ่มเติมและจัดทำรายละเอียดบันทึกเป็นเอกสารโดยเฉพาะในแหล่งที่ตกสำรวจหรือแหล่งที่เคยมีการสำรวจแต่ยังไม่ได้รับการเผยแพร่และเข้าดำเนินการคุ้มครองอนุรักษ์ ตามกฎบัตรสากล เช่น แหล่งวัดฤดีป แหล่งตัดหิน แหล่งตัดศิลาแลง แหล่งโลหะกรรม เป็นต้น

ดังนั้นการศึกษาตามโครงการวิจัยในระยะที่ 2 จึงมุ่งเน้นการวิจัยในระดับลึกลงในรายละเอียดและจำกัดขอบเขตเฉพาะในพื้นที่ที่ตรวจสอบแล้วพบว่ามีกระจายตัวของแหล่งโบราณคดีของวัฒนธรรมเขมรโบราณที่หนาแน่นและหลากหลายประเภท อาทิ แหล่งถลุงโลหะ แหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบ โครงข่าถนน ซึ่งยังไม่เคยได้รับการศึกษาวิเคราะห์ในเชิงลึกมาก่อน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องทำความเข้าใจเพิ่มขึ้นมากกว่าการศึกษาเฉพาะโครงสร้างรูปแบบทางศิลปะและสถาปัตยกรรมเขมรที่กำลังนิยมศึกษาอยู่ในปัจจุบัน และเพื่อสร้างองค์ความรู้ของกิจกรรมทางวัฒนธรรมของสังคมระดับรัฐ ที่ปรากฏในช่วงพุทธศตวรรษที่ 17-18

1.1 ภูมิหลังทางประวัติศาสตร์

จดหมายเหตุจีนสมัยราชวงศ์ซุ่ย (พ.ศ. 1132-1161) กล่าวถึงอาณาจักรเขมรในชื่อของเจนละ ซึ่งแต่เดิมเป็นประเทศราชของอาณาจักรฟูนันซึ่งมีศูนย์กลางอยู่บริเวณเมืองจำปาศักดิ์ทางตอนกลางของแม่น้ำโขง ต่อมาพระเจ้าจ้าวรรมันที่ 1 และเจ้าชายจิตรเสน ได้ทรงเข้ารุกรานอาณาจักรฟูนันและสามารถมีชัยชนะเหนืออาณาจักรนั้นได้

พระเจ้าวรมันที่ 1 เสด็จขึ้นครองราชย์ที่เมืองกวางปุระ และทรงสร้างศิลาจารึกหลักหนึ่งคือ จารึกพนมบันทายนาจจากเมืองมณฑลบุรี กล่าวถึงการประดิษฐานศิวลึงค์และศิลาจารึกอีกหลักหนึ่ง เจ้าชายจิตรเสนโปรดให้สร้างขึ้นในรัชกาลของพระเจ้าวรมันที่ 1 เล่าถึงการประดิษฐานศิวลึงค์ไว้ตามระยะทางบนฝั่งแม่น้ำโขง ตั้งแต่บริเวณเมืองกระเตี้ย และสตึงตรง ไปจนถึงทางทิศตะวันตก บริเวณจังหวัดบุรีรัมย์ระหว่างแม่น้ำมูลและทิวเขาดงรักจนถึงบริเวณลุ่มแม่น้ำป่าสัก

ต่อมาประมาณ พ.ศ. 1150 เจ้าชายจิตรเสนได้ขึ้นครองราชย์ต่อจากพระเจ้าวรมันที่ 1 ทรงพระนามว่าพระเจ้ามเหศวรมัน โดยก่อนหน้าที่พระองค์ขึ้นครองราชย์พระองค์โปรดให้สร้างจารึกอื่นๆ ไว้ในสถานที่ต่างๆ เช่น บริเวณปากแม่น้ำมูล บริเวณลุ่มแม่น้ำโขง และแม้แต่ในจังหวัดสุรินทร์ ศิลาจารึกเหล่านี้กล่าวถึงการประดิษฐานศิวลึงค์และรูปโคนนทิ เพื่อแสดงการเข้ามามีอำนาจเหนือดินแดนเหล่านี้

หลังจากสมัยพระเจ้ามเหศวรมัน โอรสของพระองค์ทรงพระนามว่าพระเจ้าอโศกวรมันที่ 1 เสด็จขึ้นครองราชย์ทรงโปรดให้สร้างราชธานีขึ้นมีชื่อว่าอโศกปุระ ในสมัยของพระองค์สามารถปราบปรามอาณาจักรพุนันไว้ได้ทั้งหมดและแผ่ขยายอาณาเขตออกไปอย่างกว้างขวางทั้งทางทิศใต้และทางทิศตะวันตก

ประวัติศาสตร์เขมรในสมัยก่อนเมืองพระนครนั้น การขยายอำนาจทางการเมือง นับตั้งแต่รัชกาลของพระเจ้าวรมันที่ 1 จนกระทั่งถึงรัชกาลพระเจ้าชัยวรมันที่ 1 ก่อนที่เขมรหรือเจนละจะแตกแยกออกเป็นสองฝ่าย อาจถือได้ว่ากษัตริย์เขมรประสบความสำเร็จในการเข้าครอบครองดินแดนต่างๆ โดยเฉพาะอาณาจักรพุนันไว้ได้อย่างสิ้นเชิง ซึ่งปรากฏพบร่องรอยทางโบราณวัตถุและโบราณสถานอยู่เป็นจำนวนมาก แม้แต่ในภูมิภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีอายุอยู่ในช่วงก่อนเมืองพระนคร และมีลักษณะทางศิลปะแบบสมโบร์ไพรกุกจนถึงกำแพงพระมโหรีปรากฏเข้ามาถึงบริเวณจังหวัดสุรินทร์ เช่น ทับหลังแบบสมโบร์ไพรกุก นอกจากนั้นยังปรากฏลวดลายภาพสิงห์อยู่ภายในวงโค้งรูปไข่ ซึ่งแตกต่างไปจากลวดลายทับหลังในประเทศกัมพูชาอีกด้วย ส่วนทับหลังที่ถูกจัดให้อยู่ในแบบสมโบร์ไพรกุกอย่างแท้จริงก็คือ ทับหลังของปราสาทเขาน้อย อำเภออรัญประเทศ จังหวัดปราจีนบุรี

ทับหลังปราสาทภูมิโพน อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ ทับหลังปราสาทบ้านน้อย อำเภอวัฒนานคร จังหวัดปราจีนบุรี ทับหลังที่แก่งสะพือ อำเภอพิบูลย์มังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี ได้รับการจัดให้อยู่ในรูปแบบศิลปะไพรกเมง (พ.ศ.1180-1251) รูปแบบลวดลายมีวิวัฒนาการมาจากสมัยแรกที่เน้นรูปบุคคลและรูปสัตว์มาเป็นลวดลายพันธุ์พฤกษาที่ทวีจำนวนมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีการพบหลักฐานทางโบราณคดีไม่ว่าจะเป็นชิ้นส่วนประดับอาคาร สถาปัตยกรรม จำพวกทับหลังชิ้นต่างๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว และรวมถึงศาสนสถานประเภทปราสาทหรือจารึกของพระเจ้าวรมันที่ 1 และจารึกหลักอื่นๆ ที่พบไปไกลถึงเมืองศรีเทพบริเวณลุ่มแม่น้ำป่าสักนั้น อิทธิพลทางด้านศิลปกรรมเขมรได้ขยายเฉพาะเพียงแถบแนวชายแดนด้าน

เมื่อประมาณพุทธศตวรรษที่ 13 หลังจากเขมรหรือเจนละแตกแยกออกเป็นสองฝ่าย คือ อาณาจักรเจนละบกและเจนละน้ำ พระเจ้าชัยวรมันที่ 2 ได้เสด็จกลับมาและสามารถรวบรวม อาณาจักรเจนละบกและเจนละน้ำให้เข้าเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน และทรงสร้างราชธานีที่เมือง หริหราลัย ในหมู่บ้านล่อลายทางตะวันออกเฉียงใต้ของเสียมเรียบในปัจจุบัน

จนถึงรัชกาลของพระเจ้าอินทรวรมันที่ 1 (พ.ศ.1420-1432) และรัชกาลพระเจ้าโยศวรมันที่ 1 (พ.ศ. 1432-1453) อาณาจักรเขมรพ้นจากช่วงศึกสงครามภายในอาณาจักรได้กลับคืนเข้าสู่ความ เข้มแข็งเป็นปึกแผ่นอีกครั้ง ทำให้อิทธิพลศิลปกรรมเขมรแผ่ขยายเข้ามาจนถึงที่ราบสูงโคราชใน จังหวัดนครราชสีมา มากกว่าในช่วงก่อนเกิดสงครามกลางเมือง ศิลจารึกหลักหนึ่งที่มีอายุอยู่ใน ราวกลางพุทธศตวรรษที่ 15 ถูกค้นพบอยู่ในบริเวณจังหวัดอุบลราชธานีซึ่งมีข้อความกล่าวถึง พระนามของพระเจ้าอินทรวรมัน

ที่ปราสาทหินพนมวันได้พบร่องรอยของศิลปกรรมเป็นทับหลังซึ่งจัดอยู่ในศิลปะร่วมแบบ พะโคที่มีลักษณะเป็นรูปหน้ากาลกายท่อนพวงมาลัยและทับหลังแบบบาแคงที่แสดงภาพพระวิษณุ ทรงครุฑและศิลปจารึกที่พบระหว่างการขุดแต่งโบราณสถานแห่งนี้เมื่อปี พ.ศ. 2541-2545 คำจารึก สลักบนแผ่นศิลาทวารูปรางยาว ซึ่งสันนิษฐานว่าเดิมคงจะเป็นส่วนบนของกรอบประตู ข้อความ ในศิลปจารึกปรากฏพระนามของพระเจ้าโยศวรมันที่มีข้อความเกี่ยวกับพระบรมราชโองการของ พระองค์ให้ขุนนางฉลองห้องพระเพลิงและพระศาลา และในรัชสมัยของพระราชาองค์นี้ได้เริ่มการ ก่อสร้างเทวาลัยในศาสนาฮินดูลัทธิไศวนิกายถวายพระศิวีศวร (พระศิวะบนยอดเขา) คือที่ ปราสาทเขาพระวิหารระหว่างประเทศกัมพูชาและประเทศไทยในปัจจุบันด้วย

พระเจ้าสุริยวรมันที่ 1 เสด็จขึ้นครองราชย์ ณ เมืองพระนคร (พ.ศ. 1545-1593) ประมาณ ครั้งแรกของพุทธศตวรรษที่ 16 ในช่วงนี้ได้พบว่าดินแดนบางส่วนในประเทศไทยมีร่องรอยการ แผ่อิทธิพลของเขมรอย่างเห็นได้ชัด หลักฐานบางอย่างถูกค้นพบว่าเข้ามาไกลถึงเขตพื้นที่ภาคกลาง ของประเทศไทยซึ่งน่าจะถือว่าการแผ่ขยายทางวัฒนธรรมมีอาณาเขตที่กว้างขวางอย่างยิ่ง ศิลจารึก ซึ่งมีอยู่หลายหลักที่เมืองลพบุรี มีอยู่หลักหนึ่งเป็นจารึกของพระเจ้าสุริยวรมันที่ 1 มีอายุอยู่ระหว่าง พ.ศ. 1565-1568 จากจารึกหลักนี้ทำให้ทราบว่าในรัชกาลของพระองค์ มีพระสงฆ์ใน พระพุทธศาสนาทั้งสองลัทธิคือ ลัทธิมหายานและลัทธิสถวีระ รวมทั้งมีพราหมณ์และผู้นำเพ็ญ โยคะอยู่ควบคู่กัน นอกจากนี้ยังมีการสร้างศิลปจารึกขึ้นในศาสนาพราหมณ์ลัทธิไวษณพนิกายจาก จารึกที่พบในเมืองลพบุรีนี้อาจตั้งข้อสังเกตถึงการอยู่ร่วมกันของศาสนาต่าง ๆ แม้ว่าการแผ่ ขยายอิทธิพลทางศาสนาจากเขมร จะเข้ามาจนอาจมองได้ว่าดินแดนแถบนี้ถูกครอบครองจากเขมร

อย่างไรก็ตามในสมัยนี้พื้นที่ต่างๆ ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้ปรากฏว่ามีศาสนสถานแบบเขมรอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นศิลปะแบบบาปวนช่วงครึ่งหลังซึ่งตรงกับสมัยของพระเจ้าสุริยวรมันที่ 1 สถาปัตยกรรมที่ถูกจัดอยู่ในแบบศิลปะนี้ได้แก่ ปราสาทบ้านไพร ปราสาทบ้านพลวง จังหวัดสุรินทร์ ปราสาทสระกำแพงใหญ่ จังหวัดศรีสะเกษ ปราสาทหินพนมวัน ปราสาทหินบ้านถนนหัก จังหวัดนครราชสีมา ปราสาทปลายบัด ปราสาทเมืองต่ำ จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นต้น สถาปัตยกรรมชิ้นส่วนประดับอาคาร เช่น ทับหลัง ยังพบเป็นจำนวนมากร่วมกับปราสาทหินแห่งต่างๆ เช่น ทับหลังจากปราสาทเมืองต่ำ อำเภอประโคนชัย ทับหลังจากปราสาทพนมวัน

ภาพสลักซึ่งจำหลักลงบนทับหลังในช่วงพุทธศตวรรษที่ 16-17 นี้ แสดงถึงคติในการนับถือศาสนาฮินดู ทั้งลัทธิไศวนิกายและลัทธิไวษณพนิกาย ภาพเทพเจ้าที่ปรากฏอยู่ทั้งสองลัทธิได้แก่ ภาพอุมาเหศวร ในลัทธิไศวนิกาย ภาพวิฆณุทรงครุฑ และวิฆณุอนันตศायิน-ปัทมนากะหรือพระนารายณ์บรรทมสินธุ์ ในลัทธิไวษณพนิกาย นอกจากนี้ยังมีภาพเทพเจ้าชั้นรองลงมาได้แก่ พระอินทร์ทรงช้างเอราวัณเศียรเดียว และช้างเอราวัณสามเศียร ภาพพระอินทร์ประทับในท่ามหาราชาลีลาเหนือหน้ากาลในความหมายของสิงหასน์ หมายถึงเทพเจ้าแห่งฟ้า-ฝน และเทพผู้รักษาทิศตะวันออกไปพร้อมกัน สำหรับคติของเทพผู้รักษาทิศนอกจากเทพผู้รักษาทิศตะวันออกแล้วยังมีภาพพระวรุณผู้ซึ่งเป็นเทพผู้รักษาทิศตะวันตกจำหลักบนทับหลังอยู่ในระยะนี้ด้วยเช่นกัน

เมื่อถึงประมาณพุทธศตวรรษที่ 18 ในสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 (พ.ศ.1724-1761) พระองค์ทรงทำสงครามกับจามปาที่เข้ามารุกรานเขมรตั้งแต่ก่อนหน้าที่พระองค์จะเสด็จขึ้นครองราชย์ ทรงทำการรบกับกองทัพจามปาหลายครั้ง แต่ครั้งสำคัญที่สุดคือการรบทางเรือ ซึ่งมีการจารึกเหตุการณ์เป็นภาพสลักอยู่บนผนังระเบียงที่ปราสาททายนและปราสาทบันทายฉมาร์ การสงครามในครั้งนี้ทำให้อาณาจักรเขมร สามารถยุติสงครามและปราบปรามจามปาได้ ถึงแม้ว่าเขมรจะต้องทำศึกสงครามเน้นหนักไปทางภาคตะวันออกก็ตามแต่ไม่ได้ละเลยที่จะแผ่อำนาจขึ้นไปทางทิศเหนือและทิศตะวันตก จารึกเขมรที่ค้นพบทางทิศเหนือสุดในรัชกาลของพระองค์ คือ จารึกที่ทรายฟองบนฝั่งแม่น้ำโขงตรงข้ามกับเมืองเวียงจันทน์มีศักราชตรงกับ พ.ศ. 1729

ส่วนดินแดนด้านตะวันตกหลักฐานที่พบมีความเกี่ยวข้องกับข้อความในศิลาจารึกที่ปราสาท พระขรรค์ ซึ่งพระองค์ทรงสร้างพระพุทธรูป 23 พระองค์ มีพระนามว่า “ชัยพุทธมหานาถ” และส่งไปประดิษฐานอยู่ตามเมืองต่างๆ และมีศาสนสถานบางแห่งที่อาจสร้างขึ้นเพื่อประดิษฐานพระพุทธรูปที่มีพระนามเหมือนพระเจ้าชัยวรมันที่ 7

จารึกปราสาทพระขรรค์ได้กล่าวถึงคำว่า “บ้านซึ่งมีไฟ” หรือที่พักคนเดินทาง 121 แห่ง ตั้งอยู่ห่างกันประมาณ 15 กิโลเมตร โดยสร้างขึ้นตามเส้นทางเดินที่มีอยู่ในอาณาจักรเขมร การสร้าง

ศิลปกรรมในสมัยนี้ถือเป็นศิลปะเขมรยุคสุดท้ายที่เคยค้นพบในประเทศไทย ประมาณ พุทธศตวรรษที่ 18 ซึ่งตรงกับศิลปะแบบบาเยนและปรากฏอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โบราณสถานที่สำคัญได้แก่ อโรคยาศาลประจำเมืองพิมาย กู่บ้านแดง อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม ปราสาทเมืองสิงห์ จังหวัดกาญจนบุรี ศาสนสถาน ภายในวัดกำแพงแลง จังหวัดเพชรบุรี เป็นต้น

จากภาพรวมข้างต้นแสดงให้เห็นถึงการแผ่ขยายอิทธิพลทางศาสนา การเมือง รวมทั้ง รูปแบบของงานศิลปกรรมจากศูนย์กลางอาณาจักรกัมพูชาในสมัยโบราณไปสู่ดินแดนทางตะวันตก โดยมีหลักฐานทางโบราณคดีที่พบเป็นจำนวนมาก ดังตัวอย่างที่กล่าวมาแล้ว

เหตุการณ์และความสำคัญในสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7

เรื่องราวของพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ปรากฏอยู่ในจารึกหลายหลัก โดยเฉพาะจารึกที่ปราสาท ตาพรหม ปราสาทพระขรรค์ และปราสาทบันทายฉมา นอกจากนี้ยังมีปรากฏในจารึกที่อโรคยาศาล และฐานปราสาทพิฆานอากาศ ในราชวังหลวง เมืองนครธม กับจารึกจามที่ไมซอน (Mai Son) และ ในประเทศไทย ได้แก่ จารึกปราสาทตาเมียนโต จารึกปราสาท จารึกพิมาย จารึกด่านประคำ

พระองค์สืบสายเลือดจากพระบิดาซึ่งครองราชย์ระยะสั้นในปี พ.ศ. 1698 พระองค์เป็น พระญาติของพระเจ้าสุริยวรมันที่ 2 ซึ่งเคยขยายอาณาเขตเข้าไปในอ่าวตังเกี๋ย แล้วโปรดเกล้าให้ สถาปนาเทวสถานนครวัด ฝ่ายมารดาสืบเชื้อสายมาจากเชื้อพระวงศ์กัมพูชาซึ่งมาจากต่างแดน (ชยติดยปุระ) ในราวพุทธศตวรรษที่ 16 พระองค์ประสูติประมาณปี พ.ศ. 1663-1668 ในรัชกาล พระเจ้าสุริยวรมันที่ 2 ได้อุปภิเษกกับเจ้าหญิงชยเทวีตั้งแต่ทรงพระเยาว์ และพระมเหสีของพระองค์ คูเหมือนจะมีอิทธิพลต่อพระองค์อย่างมาก

พระองค์ได้เข้าร่วมสงคราม เข้าร่วมป้องกันเมืองวิชัยปุระ (คือเมืองบิญดินในปัจจุบัน) จากการรุกรานเข้าโจมตีอาณาจักรจามปาตั้งแต่ทรงพระเยาว์ ทำให้พระนางชยเทวีทรงเศร้าโศกเป็น อย่างมากจารึกหลักหนึ่งที่พระขนิษฐาของพระนางโปรดให้เขียนไว้บนแผ่นหินที่ฐานพระราชวัง หลวง กล่าวว่

“ภรรยาต้องอาบน้ำตา โศกสลดเช่นสีดาที่รอคอยพระสวามี ได้แต่สวดวิงวอนให้พระองค์ กลับคืนมา ตามพิธีกรรมของพราหมณ์ แต่ในที่สุดพระนางได้พบวิธีฝึกสมาธิตามแบบ พระพุทธศาสนา”

พระนางจันทรเทวีบันทึกไว้ว่า

“พระพุทธศาสนาได้สอนให้พระนางรู้ว่าจะทำอย่างไรในการแก้ไขความทุกข์โศกที่ เหมือนกับการเดินอยู่บนเปลวเพลิงและทะเลแห่งความโศกสลด”

ระหว่างการรบที่ประเทศจามปา พระราชบิดา คือ พระเจ้าธรณินทรวรมันที่ 2 ได้ ลั่นพระชนม์ลง พระญาติคือพระเจ้าโยศวรมันที่ 2 เข้าครองราชย์บัลลังก์ จารึกและภาพจำหลักที่ ปราสาทบันทายฉมา กล่าวว่า เรื่องนี้เหมือนจินตนิยายเพราะเจ้าโยศวรมันที่ 2 ถูกพระราหูเข้าปล้น พระราชมณเฑียรแต่ราชโอรสของพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ได้เข้าแก้ไขได้สำเร็จ

พระเจ้าโยศวรมันที่ 2 ครองราชย์สืบต่อมาแต่เพียงไม่กี่เดือนพระองค์ได้เสวยอำนาจให้ขุน นาง-ขุนพล คนใหม่เข้ายึดอำนาจต่อ ทรงพระนามว่า พระเจ้าตรีภูวนาติศย์ ซึ่งเป็นเจ้าแห่งสามโลก

เมื่อข่าวการแย่งราชสมบัติไปถึงเมืองจามปา สมเด็จพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ได้เร่งรีบถอนทัพ กลับคืนเมืองพระนครหลวงเพื่อช่วยพระเจ้าโยศวรมันที่ 2 หรือพระองค์ต้องการทวงคืนราชสมบัติ และราชบัลลังก์ซึ่งเคยเป็นของพระราชบิดาของพระองค์ แต่การเดินทางช้าเกินไป เมื่อพระองค์ มาถึงเมืองพระนคร ราชอำนาจได้ตกแก่พระตรีภูวนาติศย์ไปเรียบร้อยแล้ว

พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ไม่กลับไปเมืองจามปาอีก แต่พระองค์ซ่อนเร้นอยู่ในแผ่นดินของ พระองค์นอกเขตเมืองพระนครถึง 15 ปี

เจ้าหญิงชัยเทวีได้สวดอ้อนวอนและรอคอยการกลับมาของพระสวามีจนกระทั่งเธอ ลั่นพระชนม์ไป ตั้งแต่ พ.ศ. 1709

พระเจ้าชัยอินทรวรมันแห่งจามปาทรงเป็นกษัตริย์ที่แข็งแกร่ง ได้ส่งทูตไปเฝ้าพระเจ้าจักรพรรดิ ตี อาง ตัน (Ti Anl Ton) ในอ่าวตังเกี๋ย ในปี พ.ศ. 1713 จนแน่ใจว่าจะไม่มีการรุกรานจากทิศเหนือ กษัตริย์จามจึงมุ่งที่จะขยายอาณาเขตเข้ากัมพูชา เพื่อแก้แค้นและเข้ายึดครองกัมพูชา

ภาพของพระเจ้าชัยอินทรวรมันในผนังที่นครธม เปรียบเสมือนกองทัพพทศกัณฐ์ในเรื่อง รามเกียรติ์ที่ทรงราชรถมาเข้าโจมตีเมือง พระองค์เข้าโจมตีกัมพูชาโดยกองทัพเรือ ในปี พ.ศ. 1720 ราชนาวิจามได้เลาะชายฝั่งทะเล นำร่องโดยต้นหนจีน ได้ผ่านปากน้ำโขงเข้ามาในแผ่นดินล่องขึ้น ไปตามลำน้ำ เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ทะเลสาบ โดยที่เขมรไม่ทันรู้ตัว กองทัพจามได้ขึ้นบกริมกำแพงเมือง ยโสธรปุระ ซึ่งตั้งอยู่ริมน้ำทะเลสาบ เข้ายึดพระราชวัง จับตรีภูวนาติศย์ประหารชีวิตและกองทัพบก จามเข้าปล้นเมืองยโสธรปุระ รัชทรัพย์สมบัติไปมากมายมหาศาล

การกู้เอกราชกองทัพจาม

พระราชบัลลังก์แห่งกัมพูชาว่างลงทันทีพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 เห็นโอกาสมาถึง แต่ก่อนที่จะ สถาปนาพระองค์เป็นกษัตริย์ครองราชย์บัลลังก์กัมพูชา พระองค์กลับยกทัพเข้าโจมตีราชอาณาจักร จาม ทรงนำทัพเข้าประจันกับกองทัพจามครั้งแล้วครั้งเล่า ไม่เฉพาะแต่การเตรียมสงครามในทะเล

การสถาปนานครเป็นเมืองหลวงแห่งใหม่

สันติภาพกลับมายังประเทศกัมพูชาอีกครั้งหนึ่ง และพระองค์ได้ขึ้นเป็นกษัตริย์ในปี พ.ศ. 1724 ในขณะเดียวกันก็ทำการซ่อมแซมพระนครยโสธรปุระตกแต่งพระนคร มีการเฉลิมฉลองขึ้น ครองราชย์อย่างอีกทีก็ พระองค์โปรดให้สร้างเมืองใหม่ที่พระนครหลวง (Angkor Thom) โดยมี ปราสาทบาเยนเป็นศูนย์กลาง

จากการรุกรานของจามในปี พ.ศ. 1720 ม้าควนหลิน นักประวัติศาสตร์จีนบันทึกไว้ว่า พระองค์ต้องรอนแรมอยู่อย่างยากลำบากถึง 15 ปี พระองค์ได้เข้าหาจามซึ่งลี้ภัยเพราะการยึดอำนาจของเจ้าชายอินทรวรมันมาเป็นทหารคู่บัลลังก์ เจ้าชายซึ่งลี้ภัยการเมืองจากจามาพึ่งพระบรมโพธิสมภารเจ้าชายไว้บัลลังก์แห่งกัมพูชา

“จารึกภาษาจามที่ปราสาทไมซอนกล่าวว่า เจ้าชายวิทยานันท์ ได้เดินทางเข้ามาในประเทศกัมพูชาในปี พ.ศ. 1725 พร้อมด้วยนักแสวงโชค 34 คน พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 สอนให้คนเหล่านั้นรู้จักศิลปะแห่งการต่อสู้ ซึ่งขณะนั้นในประเทศกัมพูชามีหมู่บ้านหนึ่งเรียกว่า บ้านมัลยัง (Malyang) ซึ่งคนในหมู่บ้านนั้นได้ก่อการกบฏต่อต้านอำนาจพระราชากัมพูชา พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ได้โปรดให้เจ้าชายวิทยานันท์คุมทัพออกไปปราบปรามชาวมาลยัง เจ้าชายทำการสำเร็จ สมเด็จพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 จึงโปรดพระราชทานสมญานามใหม่ให้ว่า พระยุพราช และได้รับพระทานรางวัลยิ่งกว่าชาว กัมพูชาจะสามารถรับได้”

แบ่งอาณาจักรจามปาออกเป็น 2 ส่วน

ในปี พ.ศ. 1733 พระองค์ได้ทำสัญญาผูกสัมพันธ์ไมตรีกับพระเจ้าหลิเถาโดนแห่งอาณาจักรไคเวียด เพื่อเตรียมทำศึกกับอาณาจักรจามปาเพียงด้านเดียว และพระองค์ทรงนำกองทัพบุกเข้ายึดอาณาจักรจามปาได้สำเร็จ ทรงขนย้ายเอาทรัพย์สินและสิ่งของไปหมดสิ้น การแก้แค้นบุกเข้ายึดอาณาจักรจามปาครั้งนี้ พระองค์ทรงมอบให้เจ้าชายวิทยานันท์เป็นผู้ควบคุมกองทัพไป และเจ้าชายก็ได้เข้ายึดราชธานีจามคือเมืองวิชัยไว้ได้ รวมทั้งพระราชจาม คือพระเจ้าชัยอินทรวรมันซึ่งถูกส่งเป็นเชลยไปยังอาณาจักรขอม แล้วเจ้าชายวิทยานันท์นั้นก็ทรงแต่งตั้งให้เจ้าชายอิน ฟ้าหรือน้องเขยของพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ขึ้นครองราชย์แทน โดยทรงพระนามว่า สุริยชัยวรมเทพ ส่วนเจ้าชายเองนั้น ได้ตั้งอาณาจักรขึ้นใหม่ทางทิศใต้แถบเมืองปาลังซังค์ ทรงขึ้นครองราชย์โดยทรงพระนามว่า สุริยวรมเทพ เพราะเหตุนี้อาณาจักรจามปา จึงถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนหนึ่งพระเจ้าสุริยชัยวรมเทพผู้เป็นญาติกับอาณาจักรขอมปกครอง อีกส่วนหนึ่งมีพระเจ้าสุริยวรมเทพ

ระหว่าง พ.ศ. 1736-1737 พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ได้พยายามปราบอาณาจักรจามปาอีก แต่ไม่สำเร็จ จนถึง พ.ศ. 1746 พระบิดุลาของพระองค์จึงสามารถปราบอาณาจักรจามปาได้สำเร็จ ส่วนพระเจ้าวิทายันตะหรือสุริยวรมเทพ ไม่อาจขอความช่วยเหลือจากอาณาจักรใดเวียตได้ พระองค์จึงหลบหนีและหายสาบสูญไป อาณาจักรจามปาจึงกลายเป็นเพียงแคว้นหนึ่งของอาณาจักรขอม

แม้พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 จำต้องมีภาระอยู่กับบ้านเมืองทางทิศตะวันออก แต่ก็มิได้ขัดขวางต่อการแผ่อำนาจขึ้นไปทางทิศเหนือและทิศตะวันตกของพระองค์ จารึกปราสาทพระขรรค์ของพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ใน พ.ศ. 1734 กล่าวว่า “น้ำสรองประจำวันของพระองค์นั้นมาจากพราหมณ์ซึ่งเริ่มต้นด้วยท่านสุริยภักฎ์ จากพระราชแห่งชวา ยวนะ และพระราชสององค์แห่งอาณาจักรจามปา” แสดงถึงว่า ประเทศเหล่านั้นเป็นประเทศราชของอาณาจักรขอมด้วยนั้น คือการแสดงให้เห็นถึงการแผ่อำนาจของพระองค์ไปในทิศเหล่านั้น

นักประวัติศาสตร์จีนในสมัยนั้นกล่าวว่า พระองค์ได้เข้าครอบครองส่วนหนึ่งของแหลมมลายูเข้าขยายอำนาจไปทางภาคตะวันตกได้ครอบครองเมืองพุกาม รัมมัญไไว้ในอำนาจ

จารึกที่ปราสาทพระขรรค์บรรยายได้ว่าพระองค์โปรดเกล้าให้ปุโรหิตสุริยปัตตะ (Suryabhatta) และพราหมณ์อื่นๆ ทำพิธีมุรธาภิเษก โดยมีกษัตริย์จากชวา และ 2 กษัตริย์จากจามปาอยู่ในพิธีนั้นด้วย

เจ้าชายชาวทรงเป็นจักรพรรดิเวียตนาม (Annam) และกษัตริย์จาม 2 องค์ คือ เจ้าชายจากเมืองวิชัยปุระ และเจ้าชายแห่งเมืองปัญทุรงค์

ส่วนพิธีมุรธาภิเษก คือ พิธีสงวนน้ำพระมหากษัตริย์นั้นแสดงถึงความจงรักภักดีของบรรดาเมืองประเทศราช ซึ่งประเพณีดังกล่าวนี้ยังคงสืบทอดต่อกันมาในประเทศกัมพูชาและประเทศไทย ตราบเท่าทุกวันนี้

นอกจากพิธีมุรธาภิเษกแล้ว จารึกที่ปราสาทพระขรรค์ยังกล่าวว่าสมเด็จพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ยังพระราชทานพระราชธิดาให้แก่เมืองประเทศราชของพระองค์ด้วย โดยคาดหวังว่าระบบเครือญาติเช่นนี้จะสร้างความเป็นปึกแผ่น และความจงรักภักดีต่อราชอาณาจักรกัมพูชาในอนาคต

ภายหลังจากที่พระมหาลีที่นับถือพุทธศาสนาสิ้นพระชนม์ลง พระองค์ได้อุปภิเษกกับพระขนิษฐาองค์โตของพระมหาลีองค์เดิม ซึ่งทรงชำนาญในด้านวรรณกรรมและรัฐศาสตร์

พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ถิ่นพระชนม์เมื่อไร ไม่ปรากฏชัด แต่คงจะเป็นปี พ.ศ.1762 ซึ่งเป็นปีที่ เจริญอายุมายาวนาน ตลอดระยะเวลายาวนานที่พระองค์ครองราชย์ มีกรณียกิจมากมายที่ควรแก่ การศึกษา เช่น

การพัฒนาระบบสังคม

เมื่อขึ้นครองราชย์พระองค์ทรงแก้ไขประเพณีการแบ่งชั้นวรรณะ ซึ่งพราหมณ์มหาครูในอดีตได้กำหนดไว้ ฉะนั้นตลอดรัชกาลอันยาวนานของมหาราชย์พระองค์นี้ ประชาชนชาวกำพูชา ได้หันมานับถือพระพุทธศาสนา แต่พิธีกรรมทางพราหมณ์หรือฮินดูยังคงมีอิทธิพลในราชสำนัก พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ทรงเป็นองค์อุปถัมภ์พระพุทธศาสนา ลัทธิมหายานตามที่ได้มีการค้นพบ ประติมากรรมและวัดในพุทธศาสนาหลายแห่ง แต่พระองค์ก็ได้ให้การสนับสนุนศาสนาพราหมณ์ เช่นเดียวกัน ฉะนั้นพระพุทธเจ้า พระศิวนะ และพระนารายณ์ ได้รับการกราบไหว้อยู่เป็นนิตย์

พระเจ้าศรีวิกรมาราชโอรสของพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 กับพระนางราเชนทรเทวี ซึ่งได้ ครองราชย์ในเวลาต่อมา ได้บรรยายพระราชกรณียกิจในแผ่นดินสมเด็จพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ไว้ อย่าง น่าสนใจว่า

ในรัชกาลของพระองค์วรรณกรรมภาษาสันสกฤตได้รับการนิยมนำแพร่หลาย จารึกหลาย หลักทั้งภาพจำหลักจำนวนมาก ได้แสดงให้เห็นว่านิยายอันเกี่ยวกับเรื่องมหากาพย์และวรรณคดี เรื่องรามเกียรติ์เป็นที่นิยมกันแพร่หลาย รวมทั้งสนับสนุนการศึกษาของบรรดาลูกขุนนาง พระองค์ พระราชทานทรัพย์จำนวนมหาศาล เพื่อสนับสนุนการศึกษาในราชสำนัก และอุทิศทรัพย์จำนวน มากเพื่อการรักษาโรคภัยไข้เจ็บของราษฎร

จารึกเปรียบเทียบระหว่างพระรามในวรรณคดีอันเกี่ยวกับพระองค์ไว้ว่า “พระรามและ พระเจ้าแผ่นดินพระองค์นี้ต่างได้ทรงทำงาน เพื่อพระเจ้าและเพื่อนมนุษย์เป็นผลสำเร็จ ทั้งสอง พระองค์ทรงมีพระราชหฤทัยที่มีความจงรักภักดีต่อพระบิดาเดิมที่...พระองค์แรก (พระราม) ได้ ทรงสร้างถนนด้วยหินเพื่อว่าพลบริวาร สามารถข้ามมหาสมุทรไปได้ ในขณะที่องค์หลังได้สร้าง ถนนสายหนึ่งด้วยทอง เพื่อ ทำให้มนุษย์ข้ามห้วงมหรณพแห่งสังสารวัฏไปได้

ในการสนับสนุนงานศิลปกรรม ศิลปินกล่าวว่า

“พระองค์โปรดให้สร้างเมืองชัยศรี (เมืองแห่งนครธม) ไว้เป็นอนุสรณ์ในการชนะกองทัพ จาม ที่นำทัพเรือเข้ามาตีนครยโสธรปุระ เพื่อให้นครแห่งนี้มีความศักดิ์สิทธิ์เช่นเดียวกับเมือง ประยงค์ (อานลพัต) ในประเทศอินเดีย ซึ่งเป็นที่แม่น้ำคงคาและยมนามาบรรจบกัน โดยการสร้าง (น่าจะปรับปรุงมาจากของเก่า) บาราย (สระน้ำขนาดมหึมา) 3 สระ คือ

- บารายตะวันตก
- บารายตะวันออก และ

- สระเสรงหรือบารายแห่งปราสาทพระขรรค์

ณ ปราสาทพระขรรค์ พระเจ้าชัยวรมันได้สร้างอุทิศรูปพระโพธิสัตว์อวโลกิเตศวร รูปหนึ่งไว้ ณ ที่นี้ ปี พ.ศ.1734 มีนามศรีชัยวรมันเมศวรเป็นพระราชบิดาของพระองค์ รอบๆ รูปประติมากรรม อวโลกิเตศวรที่อยู่ตรงกลาง พระองค์โปรดให้สร้างเทวรูป 283 องค์

ในอาคารรูปกากบาทด้านตะวันออกโปรดให้สร้างเทวรูป 3 องค์ องค์แรก คือ พระศรีตรีภูวนารเมศวร ซึ่งเป็นรูปศักดิ์สิทธิ์ของพระเจ้ามหาบรมนิรวาณบท เทพธิดาศรีมหิธรราช จุฬามณี

ในอาคารด้านทิศใต้ โปรดให้สร้างเทวรูป 32 องค์ ประดิษฐานรูปพระศรียโสวรเมศวร

ในอาคารทางทิศตะวันตก โปรดให้ตั้งเทวรูป 30 องค์ไว้ เริ่มต้นด้วยภาพพระศรีจามเมศวร เป็นภาพพระราม พระลักษมณ์ พระสีดา

เทวรูปองค์หนึ่งอยู่ในซุ้มข้าว อยู่ตรงทางรอบๆ ที่บูชา 10 องค์ อยู่ในศาลาที่พัก 4 องค์ อยู่ที่โรงพยาบาล 3 องค์ เทวรูป 24 องค์ อยู่ในประตูทางออก 4 จุด รวมทั้งหมด 430 องค์

พระองค์ได้พระราชทาน ข้างสุก งา ถั่ว เนยเหลว นมข้น น้ำผึ้ง น้ำอ้อย น้ำมันงา น้ำมันผลไม้ ผักสดหลากหลายและสีแดง สำหรับแต่งรูปพระโพธิสัตว์ พร้อมด้วยผ้าสำหรับคลุมเตียงและเก้าอี้

นอกจากนี้ศิลาจารึกยังกล่าวต่อมีการแจกจ่ายให้โดยไม่คิดมูลค่าแก่ผู้ที่อยู่ในบ้านของครู อาจารย์และนักเรียนเป็นส่วนบุคคลในเวลาว่างเทศกาลสงกรานต์และงานนักขัตฤกษ์ ทั้งจะโปรดให้ตั้งโรงทาน ประกอบด้วยข้าวสุกคุณภาพดีเยี่ยม งา ถั่ว นมข้น น้ำผึ้ง น้ำมันงา

จารึกเล่าถึงเครื่องมือเครื่องใช้และอาหารในเทศกาลประเพณีไว้หลายอย่าง เช่น “มุ้งแพรจีน หมอนอิง เสื้อจีน พริกไทย ขี้ผึ้ง เกลือ ไม้จันทน์ การบูร เส้นไหม ห่วงทอง โค ภิกษุ(?) ทองกระป๋อง คนโทใส่น้ำ อ่างทำด้วยทองแดง หีบเงิน หนังสือสี น้ำตาล รองเท้าไม้ และเขาสัตว์หุ้มทอง ผ้าคลุมผ้าสีต่างๆ ช้าง ทาสหญิง ควาย”

นอกจากนี้ยังมีสิ่งของที่ทำได้ด้วยทอง เพชรพลอย (หินสีต่างๆ) ทองแดง ทองสัมฤทธิ์ ชามทอง ดีบุก ตะกั่ว เหล็ก ฯลฯ

การก่อสร้างเมืองนครธมหรือพระนครหลวง

เป็นเมืองหลวงแห่งใหม่ที่พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 โปรดให้สร้างขึ้น โดยถมแนวปรับปรุงเมืองซ้อนลงบนยโสธรปุระจารึกเรียกว่านครชัยศรี เป็นเมืองรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้างยาวด้านละ 3 กิโลเมตร เป็นพื้นที่ 9 ตารางกิโลเมตร หรือ 14,400 ไร่ กำแพงแต่ละด้านก่อด้วยศิลาแลงสูง มีคูน้ำ

จากประตูแต่ละด้านจะมุ่งตรงไปยังศูนย์กลางเมืองเลียนแบบขั้วโลกที่มีหลักเมืองหรือพระเทวราชประดิษฐานอยู่กลางเมือง แต่เปลี่ยนเป็นวัดในศาสนาพราหมณ์ คือปราสาทบาบูน

การเปลี่ยนเทวราชเป็นพุทธราช

กิจการนี้เป็นความพยายามอย่างจริงจังของพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ที่จะบรรลุถึงพระสัมมาญาณโดยทางไสยศาสตร์ ตามความคิดเห็นโบราณของชาวอินเดียลักษณะของแต่ละบุคคลย่อมขึ้นแก่ “นามและรูป” ของเขา ดังนั้นจึงเชื่อกันว่าเขาอาจจะยกตนเองเป็นเทพเจ้าองค์นั้นและโดยการจาริกนามของเขาเองไว้กับพระนามของเทพเจ้า พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ได้สร้างรูปหลายรูปซึ่งผสมพระพักตร์ของพระองค์เข้ากับลักษณะพระพุทธรูป และจารึกรูปเหล่านี้ไว้ด้วยนามว่า “ชัยพุทธมหานาถ” พระนามของพระองค์เข้ากับพระพุทธรูป พระองค์ได้ทรงส่งพุทธรูปเหล่านี้ไปยังเมืองต่างๆ ในพระราชอาณาจักร รวมทั้งลพบุรี สุพรรณบุรี เพชรบุรี และสิงห์บุรี พระพุทธรูป “พุทธราช” ซึ่งประดิษฐานไว้แทนศิวลึงค์ทองในราชธานีนั้น ไม่ได้เป็นแต่เพียงเครื่องหมายการยกพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 เป็นพระพุทธรูปประทับบนขนดพระยานาคเท่านั้นแต่หมายถึงความช่วยเหลือของ “ญาณนาถ” ซึ่งได้เชื่อกันมานานแล้วว่าเป็นของจำเป็นสำหรับความเจริญมั่งคั่งของประเทศด้วย

พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ยังได้ทรงยกพระองค์เองและบรรพบุรุษของพระองค์เสมอเหมือนพระโพธิสัตว์อวโลกิเตศวร และบรรพบุรุษของพระองค์เสมอเหมือนนางปัญญาบารมี เจ้านายอื่นๆ ในราชวงศ์ ขุนนางผู้ใหญ่ก็ทำตามอย่าง รูปจารึกที่แสดงการเสมอเหมือนเหล่านี้เป็นการประดิษฐานไว้เพื่อเป็นวัตถุสำหรับการเคารพบูชา และมีทาสคอยกระทำลัทธิบูชาอันนี้ การเคารพบูชาบุคคลดังนี้ไม่ใช่ของใหม่ประเทศกัมพูชา แต่เป็นของที่เจริญถึงขีดสุดในรัชกาลนี้

เมื่อประติมากรรมเป็นแก่นกลางของลัทธิบูชาบุคคลดังนี้ ศิลปะในการสร้างรูปก็สำคัญยิ่งขึ้นกว่าแต่ก่อน พระพุทธรูปที่เป็นแบบดีที่สุดในรัชกาลนี้สวมเครื่องนักรบยิ่งกว่าเครื่องกษัตริย์ พระเนตรมองลงต่ำคล้ายอยู่ในท่าสมาธิ และพระโอษฐ์เผยยิ้มอย่างน้อยๆ (นี่เป็นแบบที่เกือบเรียกว่าสูญหายไปจากประเทศกัมพูชาภายหลังสมัยเงินละ แต่ก็ยังคงเป็นแบบที่ทำสืบต่อมาในประเทศไทย ซึ่งเป็นแหล่งที่พระพุทธศาสนายังคงเจริญรุ่งเรืองอยู่ในขณะที่เสื่อมลงในประเทศกัมพูชา) รูปเหล่านี้มักจะสร้างขึ้นเป็นชุดมี 3 องค์ ตรงกลางมีพระพุทธรูปประทับบนหลังนาคราชมีพระโพธิสัตว์อวโลกิเตศวรและนางปัญญาบารมีอยู่ข้างพระองค์ รูปกลางมักแสดงถึงผู้สร้างหรือครูของเขา ในขณะที่อีก 2 รูปแสดงถึงพ่อและแม่ ช่วงจำหลักศิลาและช่วงหล่อสำริดในดินต่างๆ ทั่วราชอาณาจักรโดยเฉพาะที่ลพบุรีได้ทำพระพุทธรูปขึ้นไว้เป็นจำนวนมากบางรูปก็ประทับอยู่บน

การทำนุบำรุงศาสนสถาน

พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ทรงเป็นพระราชาที่มีงานก่อสร้างมากที่สุดพระองค์หนึ่งในประวัติศาสตร์เขมร พระองค์ได้ทรงสร้างศาสนสถานต่างๆ เป็นจำนวนมาก ที่สำคัญที่สุดคือ ปราสาทบายน ภูเขากลางเมืองหลวงราชธานีของพระองค์ ปราสาทนี้เป็นสถานที่บูชารวม ไม่ได้ประดิษฐานแต่เฉพาะพระพุทธรูปเท่านั้น แต่ยังมีรูปเจ้านายในราชวงศ์อีกหลายร้อยรวมทั้งบรรพบุรุษของเจ้านายเหล่านั้นด้วย และยังเป็นรูปจำลองของรูปต่างๆ ที่ได้รับการเคารพในถิ่นทั่วพระราชอาณาจักร ปราสาทอยู่บนฐานที่ยกพื้นสูงใหญ่ทั้งสี่ด้าน ปราสาททำเป็นหน้ามยุรชานาคใหญ่สลักอยู่บนหินเป็นรูปจำลองพระพักตร์ของพระเจ้าแผ่นดินและในขณะเดียวกันเป็นรูปพระโพธิสัตว์อวโลกิเตศวร สมันตमुखพระโพธิสัตว์ผู้มีพระพักตร์อยู่ทุกทิศ ใบหน้าอันยิ่งใหญ่เช่นนี้ได้รับการจำลองเช่นเดียวกับบนประตูเมือง แสดงถึงการสถิตอยู่ทุกแห่งในเวลาเดียวกันภาพพระโพธิสัตว์บนซุ้มประตูนี้ก็มีการจำลองเป็นพระอินทร์กำลังทรงช้าง 3 ตัวอยู่ด้วยเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพราะตัวเมืองเองนั้นได้รับการสมมุติว่าเป็นสวรรค์ กำแพงเมืองนั้นคือลาดเขาพระสุเมรุและคูเมืองก็คือทะเล เมื่อจะเข้าเมืองจำต้องข้ามคูโดยทางเข้าทางหนึ่งทางใดซึ่งมีลูกกรงทำเป็นรูปนาค นาคเหล่านี้หมายถึงรุ่งกินน้ำ ซึ่งเป็นสะพานจากโลกไปสู่สวรรค์ ในขณะที่ขวิดตัวนาคเหล่านี้จะเตือนให้ระลึกถึง “การกวนเกษียรสมุทร” ซึ่งจะได้น้ำอมฤตและอาจพรหมโปริยไปทั่วในแผ่นดินได้

การปรับปรุงระบบสุขภาพ-โรงพยาบาล

เชื่อกันว่าพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ทรงเป็นโรคเรื้อรังดังนั้นจึงทรงสนพระทัยเป็นพิเศษในสุขภาพของประชากร พระองค์ทรงวางแผนการสาธารณสุขอย่างกว้างขวาง มีโรงพยาบาลหลายหลัง ซึ่งคนไข้ทั้ง 4 วรรณะ อาจเข้าไปรับการรักษาได้นอกจากโรงพยาบาลใหญ่ๆ ในราชธานีเองแล้ว พระองค์ยังคงสร้างโรงพยาบาลขนาดเล็ก อีกกว่า 100 แห่ง ในส่วนภูมิภาคทุกแห่งสร้างตามแผนที่วางไว้เป็นระเบียบเดียวกัน

โรงพยาบาลส่วนภูมิภาคเหล่านี้สร้างด้วยไม้และอิฐถวายแด่พระโกลิซชคุรุไวฑูรยประภา พระโพธิสัตว์ผู้รักษาโรคและโรงพยาบาลแต่ละแห่งมีอัตราเจ้าหน้าที่ต่อไปนี้คือ แพทย์ 2 คน ผู้ช่วยแพทย์ 6 คน (ชาย 2 คน หญิง 4 คน) ผู้รักษาพยาบาล 2 คน คนครัว 2 คน คนใช้สำหรับเตรียมเครื่องสังเวท พระพุทธรูป 2 คน พยาบาลชาย 14 คน หญิง 6 คน สำหรับต้มยาและบดยา หญิง 2 คน สำหรับตำ

การสร้างทางหลวงเชื่อมอินโดจีน

พระองค์ได้ทรงสร้างสถานทางศาสนาและการก่อสร้างอื่นๆ อีกเป็นจำนวนมากในถิ่นต่างๆทั่วราชอาณาจักร พระองค์ทรงสร้างทางหลวงเหนือระดับน้ำท่วม ครอบคลุมไปทั่วราชอาณาจักร ทางหลวงบางแห่งสูง 5 หรือ 6 เมตร ณ ที่ข้ามแม่น้ำก็มีสะพานหินกว้าง 7 เมตร มีรูปทรงสะพานสลักเป็นรูปนาคตามถนนสายต่างๆ เหล่านี้มีทุก 15 กิโลเมตร มีบ้านพักก่อด้วยหิน (ธรรมศาลา) สำหรับผู้เดินทางแห่งหนึ่ง และมี 17 แห่ง ระหว่างเมืองนครหลวง และพิมาย 57 แห่งระหว่างเมืองนครหลวง และราชธานีของประเทศจามปา เป็นต้น

จารีกกล่าวว่า

1. บนถนนของโยธรปุระไปสู่เมืองหลวงของจามปา พระองค์ได้ทรงสร้างที่พักเป็นตอนๆ ไว้ 57 แห่งมีไฟพร้อม
2. จากเมืองหลวงไปยังเมืองพิมาย มีที่พักพร้อมด้วยไฟ 17 แห่ง
3. จากเมืองหลวงไปยังเมืองชัยดี จากชัยดีไปยังชัยสิงหวดีจากชัยสิงหวดีไปยังชัยราชคีรี จากชัยราชคีรีไปยังศรีสุวิระบุรี จากเมืองสุวิระบุรีไปยังเมืองโยธรปุระมีที่พักพร้อมด้วยไฟ 14 แห่ง มี 1 แห่งที่ศรีสุรยบรรณวัด อยู่ที่ศรีวิษยาทิตยปุระแห่งหนึ่งอยู่ที่กัลละณสิทธิณะแห่ง 1 รวมทั้งสิ้น 121 แห่ง

การขยายอำนาจทางการเมืองเข้าไปในดินแดนทิศตะวันตก

ความน่าสนใจนั้นตรงที่คำจารึกที่เรียกว่า ชาวพุกามและรามัญ อาณาจักรพุกามนั้นคงจะหมายถึงชาวพม่าซึ่งครั้งแผ่นดินพระเจ้าอโนรุทรมหาราช ประมาณ พ.ศ. 1570 เศษ ได้ยกกองทัพขยายอาณาเขตเข้ามาในดินแดนสุวรรณภูมิ รวมทั้งเมืองนครปฐม ในลุ่มแม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำกลอง แต่ในปี พ.ศ. 1724 นั้น อำนาจของพุกามเสื่อมโทรมมากแล้ว และอำนาจของขอมทางด้านเหนือเท่าที่ปรากฏหลักฐานนั้น น่าจะไม่พ้นดินแดนเมืองศรีสัตนาแลย จ.สุโขทัย จารึกหลักหนึ่งที่พบที่เมืองสุโขทัย กล่าวว่า “ฟ้าเมืองโยธรปุระได้พระราชทานพระขรรค์ชัยศรี พระนางศิขรมหาเทวี และตำแหน่งกรมตรวจอัญศรีบริณทราทิตย แต่พ่อขุนผาเมืองเจ้าเมืองราด”

ใต้เมืองสุโขทัยลงมา จารึกเอ่ยนามเมืองสำคัญด้านทิศตะวันตกของอาณาจักรกัมพูชาว่า มีเมือง...ละโวทัยปุระ สุวรรณปุระ สามกุกปัญญะ ชัยราชบุรี ศรีชัยสิงห์ปุระ ศรีชัยวัชรบุรี ศรีชัย-

มหाराชแห่งกัมพูชาเป็นเทพราชแห่งลุ่มน้ำมูล

การเติบโตของสังคมกัมพูชาในบริเวณเขมรสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนใต้ควบคู่ไปกับการพัฒนาและปรับปรุงเมืองพระนครใจกลางศาสนาศิลปะและวัฒนธรรมในดินแดนเขมรต่ำ เราได้พบการก่อสร้างต่อเติมพุทธศาสนาสถานทั้งตัวพุทธศาสนาและศาสนาฮินดูหลายแห่งในดินแดนประเทศไทยเฉพาะแหล่งสำคัญที่เห็นได้ชัด คือ

ในเมืองลพบุรี โบราณสถานปรางค์สามยอด ได้รับการซ่อมแซมปรับปรุงใหม่ มีหน้ากาลและหน้าคนปูนปั้นประดับปรางค์ 3 ยอด การค้นพบเศียรเทวรูปเป็นหลักฐานที่สำคัญ รวมไปถึงบรรดาประติมากรรมรูปเคารพแบบต่างๆ

ในเทวาลัยพนมรุ้ง จังหวัดบุรีรัมย์ เราพบว่าพระเศียรนาคราชบริเวณสะพานทางขึ้นเทวาลัยทำเป็นรูปนาค 7 เศียร มีรัศมีแผ่พังพานที่เป็นศิลปะที่นิยมแพร่หลายในรัชกาลของพระองค์

ในเมืองพิมาย ได้พบเทวรูปในอาคารสร้างด้วยศิลาแลงหลังหนึ่งคือปรางค์พรหมทัต ซึ่งเป็นสิ่งก่อสร้างเพิ่มเติมขึ้นในรัชกาลของพระองค์ แสดงให้เห็นว่าในขณะนั้นเมืองพิมายมีความสำคัญ นักปราชญ์หลายท่านเสนอว่า พิมายในขณะนั้นไม่ใช่เพียงแต่เป็นศาสนสถาน หากยังเป็นเมืองอุปราชของขอมในลุ่มน้ำมูล-ชี อีกด้วย

สิ้นแผ่นดินสมเด็จพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 พระเจ้าอินทรวรมันที่ 2 ซึ่งเป็นราชโอรสได้ทรงครองราชย์สืบต่อมา พระองค์พยายามรักษาพระราชอำนาจแห่งราชอาณาจักรสืบต่อจากพระราชบิดา ประเทศได้หันไปนับถือศาสนาฮินดูอีกครั้งหนึ่ง พวกพราหมณ์ยุ่งชาวพื้นเมืองให้ทำลายวัดวาอาราม และรูปเคารพในพุทธศาสนาลงเป็นจำนวนมาก แล้วนำเอาศิวลึงค์ไปตั้งแทน อย่างไรก็ตามด้วยคำสอนของพระพุทธศาสนาแบบตันตระได้ปลดปล่อยฐานะของไพร่ฟ้าประชาชนให้เป็นอิสระหลุดพ้นจากการเป็นทาส และชนชั้นของฮินดูสืบต่อกันมาลงได้บ้าง แม้ในทางสังคมและการปกครองระบบพราหมณ์ผสมพุทธมีการค้าทาสยังคงถือปฏิบัติสืบต่อมา แต่การชะลอการเกณฑ์แรงงานไปทำการก่อสร้างศาสนาและเทวาลัยในศาสนาฮินดู ชาวกัมพูชาได้มีโอกาสในการใช้แรงงานในการผลิตอาหาร เพื่อชีวิตของตนเองและครอบครัวได้มากขึ้น การได้พบกับชีวิตที่มีความเสมอภาคทางสังคม และการยึดมั่นในคำสอนของพระพุทธเจ้าได้ค่อยๆ เปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตและสังคมฮินดูมาเป็นพุทธศาสนาเพิ่มขึ้นทีละน้อย และอิทธิพลของพุทธศาสนาได้แทรกเข้าสู่ระบบกษัตริย์ บทบาทของพราหมณ์ไม่ว่าในสกุลคิวัระ ไกรวัลย์หรือสกุลทิวากระบณชาติลดความสำคัญลง และพระสงฆ์ผู้สืบทอดพระธรรมวินัยได้เข้าไปมีบทบาทในพิธีกรรมต่างๆ มากขึ้นตามลำดับ

บรรดาเมืองบริวารของอาณาจักรกัมพูชา ไม่ว่าจะเป็นเมืองเพชรบุรี สิงห์บุรี ลพบุรี พม่าย หรือที่ห่างออกไป เช่น สุโขทัย ศรีสัชนาลัย หรือพระเวียง-หลวงพระบาง เริ่มเติบโตทางการเมืองและกลายเป็นศูนย์กลางการปกครองอิสระของคนเผ่าไทย-ลาวมากขึ้นตามลำดับ

หมายเหตุ

เรียบเรียงจาก

ศิลปากร, กรม. จารึกพระเจ้าชัยวรมันที่ 7, หอสมุดแห่งชาติ. กรุงเทพฯ : กรุงเทพมหานครพิมพ์, 2528.

ศิลปากร, กรม. ประวัติศาสตร์ โบราณคดี-กัมพูชา, กรุงเทพฯ : บริษัท ประชาชน จำกัด, 2536.

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อขยายการดำเนินการวิจัยของโครงการฯ ในระยะที่หนึ่งในหัวข้อต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษากิจกรรมทางวัฒนธรรมของสังคมระดับรัฐ ที่ปรากฏขึ้นในช่วงพุทธศตวรรษที่ 17-18 ในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์และพื้นที่เกี่ยวเนื่องในเขตประเทศกัมพูชา
2. เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูล บันทึกสภาพ แหล่งโบราณคดี ในการรองรับแผนพัฒนาฐานข้อมูลทางโบราณคดีในพื้นที่โครงการ
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างถนนโบราณกับแหล่งโลหะกรรมและแหล่งชุมชนร่วมสมัย

1.3 ขอบเขตของโครงการ

การดำเนินโครงการในระยะที่ 2 มีขอบเขตการศึกษาแบ่งเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่

1. การศึกษาโดยละเอียดของแนวถนนโบราณในเขตอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ และพื้นที่เกี่ยวเนื่องจังหวัดสุรินทร์ โดยมุ่งศึกษาและเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการขุดค้นทางโบราณคดี วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ร่วมกับการศึกษาโดยใช้เทคโนโลยี Remote Sensing และ GIS
2. การศึกษาบริเวณพื้นที่แนวถนนโบราณและพื้นที่แนวกันชนจากการสำรวจในการดำเนินโครงการระยะที่ 1 ทั้งในเขตราชอาณาจักรไทย และราชอาณาจักรกัมพูชา โดยทำการศึกษาเก็บตัวอย่าง และบันทึกสภาพหลักฐานทางโบราณคดีด้วยวิธีการสำรวจภาคพื้นดินร่วมกับการศึกษาโดยใช้เทคโนโลยี Remote Sensing และ GIS

การดำเนินโครงการในระยะที่ 2 มีขอบเขตการศึกษาย้อนกลับไปในอดีตระหว่างคาบเวลาตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 17 ถึง ประมาณพุทธศตวรรษที่ 18 เป็นหลัก โดยมีประเด็นการศึกษา ดังนี้

1. ประเด็นการค้นคว้าและวิธีการทางด้าน Remote Sensing และ GIS
2. ประเด็นการค้นคว้าและวิธีการทางโบราณคดี
3. ประเด็นการค้นคว้าและวิธีการทางด้านธรณีฟิสิกส์
4. ประเด็นการพัฒนาสารสนเทศและสารคดีเพื่อการศึกษาเกี่ยวกับถนนโบราณสมัย

พระเจ้าชัยวรมันที่ 7

1.4 แผนงานสังเขปตามระยะเวลา

สามารถแสดงได้โดยตารางต่อไปนี้

หมายเหตุ 1 ช่วงเวลา = 6 เดือน

งาน	ช่วงเวลา 1	ช่วงเวลา 2	ช่วงเวลา 3
1. การพัฒนาระบบสารสนเทศพื้นฐาน	x		
2. การสำรวจทางด้าน Archaeology / Remote Sensing/ GIS	x	x	
3. การพัฒนาระบบสารสนเทศจากการสำรวจ		x	
4. การสำรวจและเก็บข้อมูลทางวัฒนธรรม	x	x	
5. การพัฒนาฐานข้อมูลทางวัฒนธรรม		x	x
6. การวิเคราะห์ทางโบราณคดี	x	x	
7. การวิเคราะห์เชิงสหวิทยา			x
8. การพัฒนาฐานข้อมูลสื่อผสมของข้อมูลทางโบราณคดีและวัฒนธรรม		x	x

บทที่ 2

การค้นคว้าและวิธีการทางด้าน Remote Sensing และ GIS

2.1 จุดประสงค์

ในการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในส่วนของงาน Remote Sensing และ GIS ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้าน Remote Sensing และ GIS ทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งพื้นที่ในการสำรวจได้อย่างแม่นยำ โดยสามารถค้นพบธรรมชาติหรืออณูศาสตร์เพิ่มเติมในสิ่งกัมพูชา และตำแหน่งแนวถนนโบราณที่ใช้ข้ามช่องตาเมื่อน กิ่งอำเภอพนมดงรัก จังหวัดสุรินทร์ ต่อมายังสามารถทำการวิเคราะห์และขยายผลการสำรวจทางภาคพื้นดินซึ่งทำให้เกิดการขยายผลในการศึกษาวิจัยได้เป็นอย่างมาก สำหรับโครงการปัจจุบันได้ดำเนินการวิจัยทางด้าน Remote Sensing และ GIS โดยใช้ประสบการณ์จากการดำเนินการวิจัยที่ผ่านมาทำการปรับปรุงวิธีการตีความข้อมูล ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยด้านต่างๆ ของโครงการมีความสอดคล้องกันมากยิ่งขึ้น เป็นตัวอย่างหนึ่งของการศึกษาวิจัยในลักษณะสหวิทยาการอย่างแท้จริง เนื่องจากการวิจัยในด้านต่างๆ มีความเกี่ยวพันซึ่งกันและกันเป็นอย่างมาก ทำให้มีประสิทธิภาพในการดำเนินการมากยิ่งขึ้น ซึ่งการศึกษาทางด้าน Remote Sensing และ GIS มีแผนการดำเนินงานโดยรวมดังนี้

1. จัดทำฐานข้อมูลแหล่งโบราณคดีและระบบข้อมูลจำเพาะของแหล่ง
2. จัดทำแผนที่ข้อมูลพื้นฐานรายละเอียดสูงสำหรับพื้นที่ศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลหลายช่วงเวลา
3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแหล่งอุตสาหกรรมโบราณตามแนวถนนโบราณ
4. พัฒนาระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการ
5. พัฒนาระบบแม่ข่ายสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

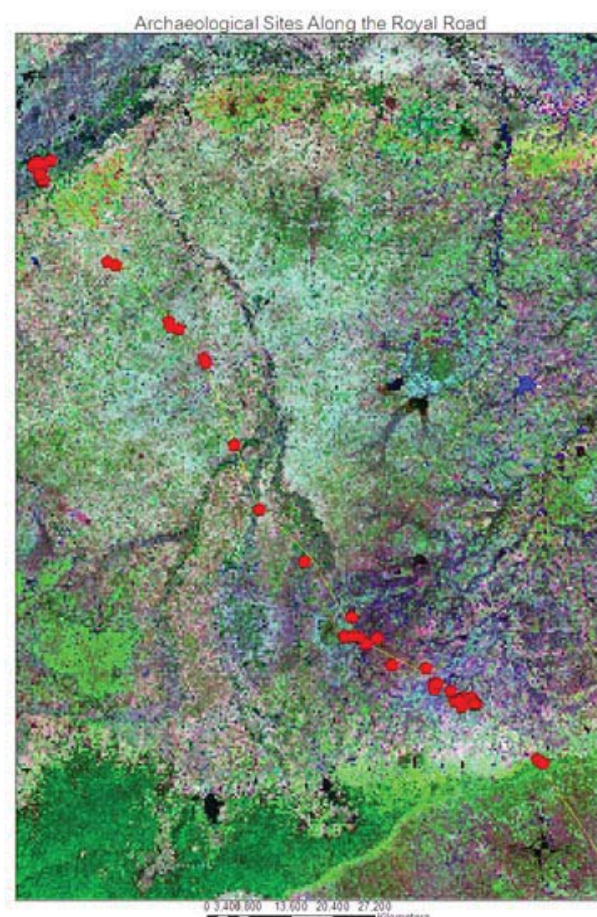
2.2 แผนงาน / กิจกรรม

สำหรับการศึกษาทางด้าน Remote Sensing และ GIS ได้ทำการดำเนินการศึกษาในหัวข้อต่อไปนี้

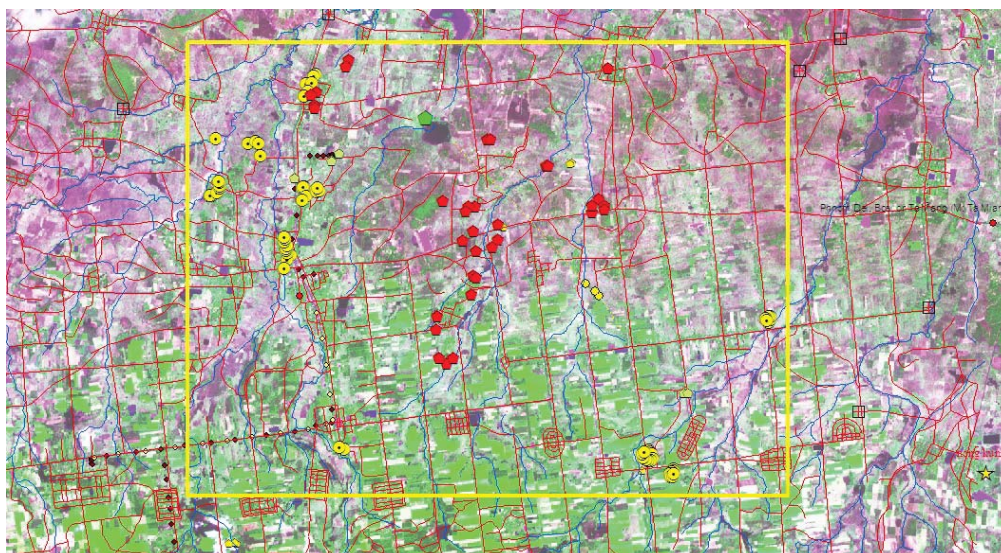
1. จัดทำฐานข้อมูลแหล่งโบราณคดีและระบบข้อมูลจำเพาะของแหล่ง ได้แก่ พิกัดภูมิศาสตร์ เขตการปกครอง ลักษณะของแหล่ง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในโครงการระยะที่ 1 เป็นพื้นฐาน และดำเนินการสำรวจเพิ่มเติม

วิธีการ

ในการดำเนินการวิจัยนี้ ได้ดำเนินการสำรวจแหล่งโลหะกรรม และแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาตามแนวถนนโบราณเพิ่มเติมจากที่ได้ดำเนินการในช่วงระยะเวลาก่อน โครงการได้ดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของแหล่งเหล่านี้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสามารถใช้ในการจัดทำแผนที่แหล่งโบราณคดีและระบบข้อมูลจำเพาะของแหล่งโบราณคดีตามแนวถนนโบราณเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแหล่งโบราณคดีเหล่านี้กับแนวถนนโบราณร่วมกับข้อมูลในด้านอื่นๆ เช่นข้อมูลทางโบราณคดี ข้อมูลทางธรณีวิทยา และข้อมูลทางมานุษยวิทยา นอกจากนี้ทีมนักวิจัย APSARA ได้ทำการสำรวจและทำแผนที่ของแหล่งโบราณคดีในพื้นที่ Kol Village (กรุณาดูรายละเอียดการดำเนินวิจัยในประเทศกัมพูชาในบทที่ 6 ประกอบ) ซึ่งเป็นพื้นที่สำคัญตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายในฝั่งกัมพูชา ซึ่งข้อมูลจากการดำเนินการนี้มีความสำคัญช่วยในการตีความเรื่องเกี่ยวกับการจัดสร้างและการใช้ถนนโบราณเส้นนี้เป็นอย่างมากซึ่งรวมไปถึงการพัฒนาระบบชลประทานโบราณในพื้นที่ศึกษาทั้งฝั่งไทยและกัมพูชาตามแนวถนนโบราณเส้นนี้



รูปที่ 2-1 ภาพแสดงแหล่งโบราณคดีตามแนวถนนโบราณในฝั่งประเทศไทย



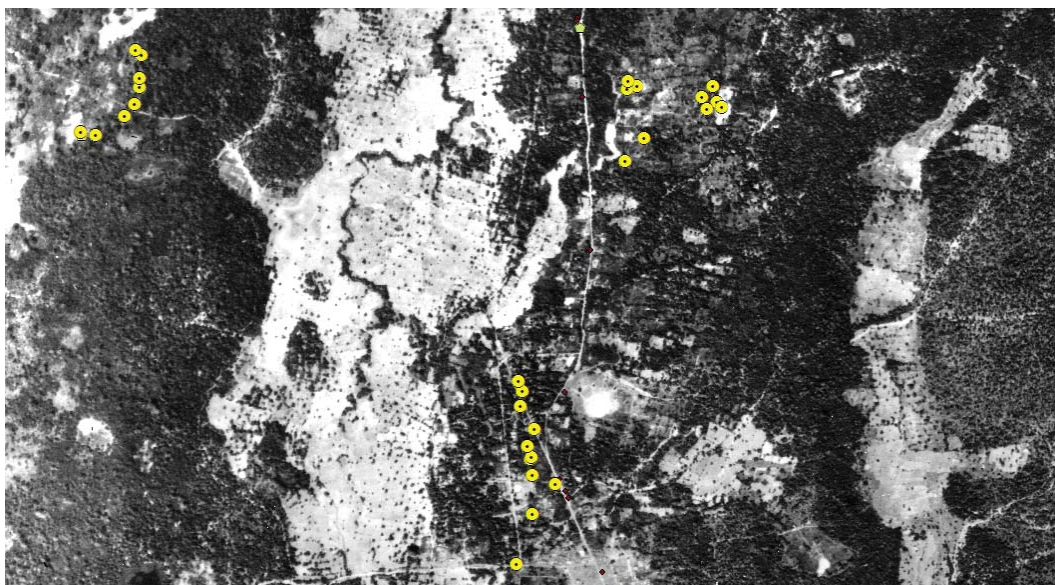
รูปที่ 2-2 ภาพแสดงแหล่งโลหะกรรม และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณตามแนวถนนโบราณ :
ตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง) แหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ
(จุดห้าเหลี่ยมสีแดง)

เมื่อนำข้อมูลจากแหล่งโบราณคดีต่างๆ นำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูล Remote Sensing และ GIS ของโครงการ ทำให้สามารถประเมินหลักการและเหตุผลของชนโบราณในการตั้งแหล่งอุตสาหกรรม แหล่งชุมชนโบราณได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแหล่งต่างๆ เหล่านี้มีรูปแบบของการจัดตั้งที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติเป็นหลัก ซึ่งถึงแม้เวลาจะผ่านไปเป็นเวลาเกือบพันปี แต่เรายังสามารถตรวจสอบได้โดยตรงและโดยอ้อมจากข้อมูล Remote Sensing ข้อมูลทางโบราณคดี ข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์ของโครงการ

2. จัดทำแผนที่ข้อมูลพื้นฐานรายละเอียดสูงสำหรับพื้นที่ศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลหลายช่วงเวลา เป็นการดำเนินการพัฒนาข้อมูลและทำการศึกษโดยใช้การศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษาในหลายช่วงเวลาประกอบกับการศึกษาร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง เพื่อตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบสภาพของพื้นที่ปรากฏในปัจจุบันและสภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมา

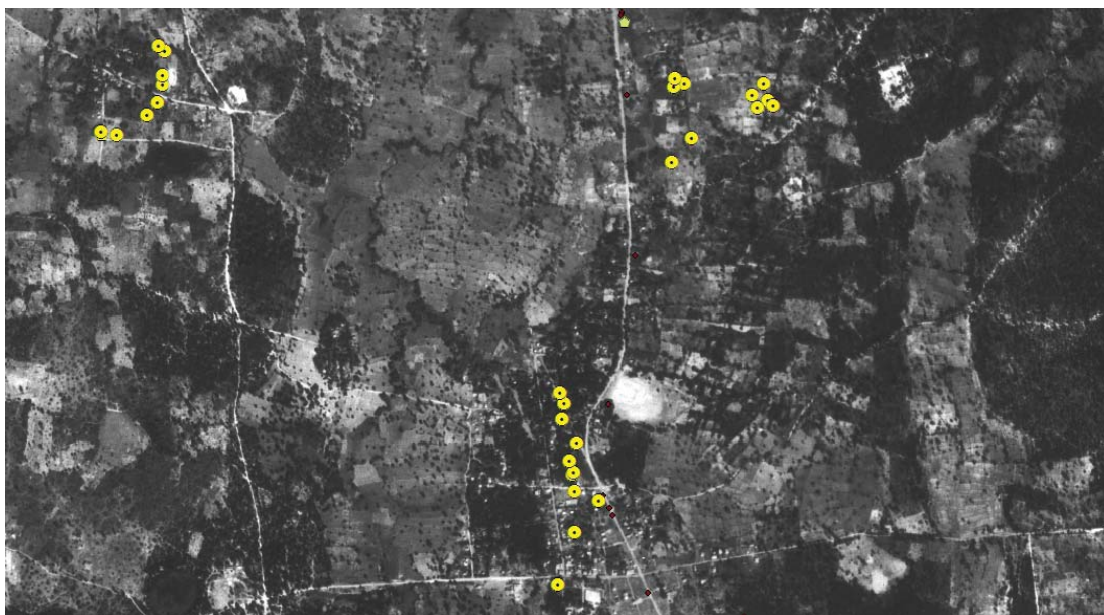
วิธีการ

ในการดำเนินการวิจัยนี้ได้ดำเนินการโดยการทำ geo-reference ภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษาตามช่วงเวลาในลักษณะ time series ดังนี้ พ.ศ. 2497 พ.ศ. 2510 พ.ศ. 2542 กับ

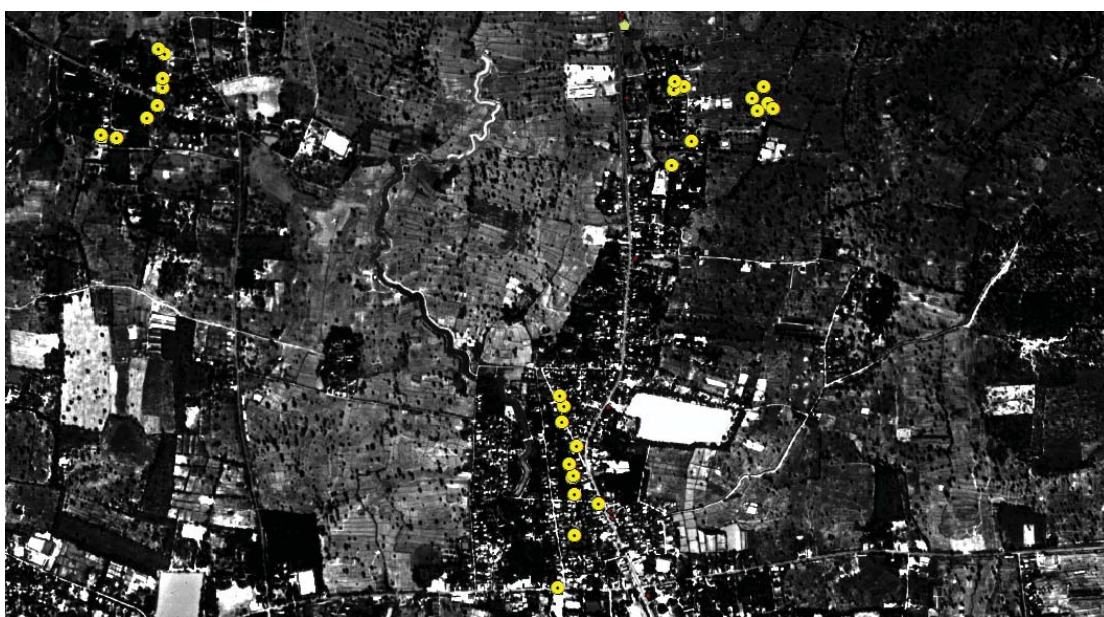


รูปที่ 2-3 ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2497 บริเวณอำเภอบ้านกรวดพร้อมตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแหล่งอุตสาหกรรมโบราณตามแนวถนนโบราณ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้าน Remote Sensing และ GIS ร่วมกับข้อมูลด้านอื่นๆ ของโครงการเพื่อศึกษารายละเอียดของแหล่งอุตสาหกรรมโบราณตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย เส้นนี้ เช่น สาเหตุของการเลือกพื้นที่สำหรับดำเนินการ แหล่งวัตถุดิบที่ใช้ พื้นที่ตั้งของชุมชนโบราณ เป็นต้น



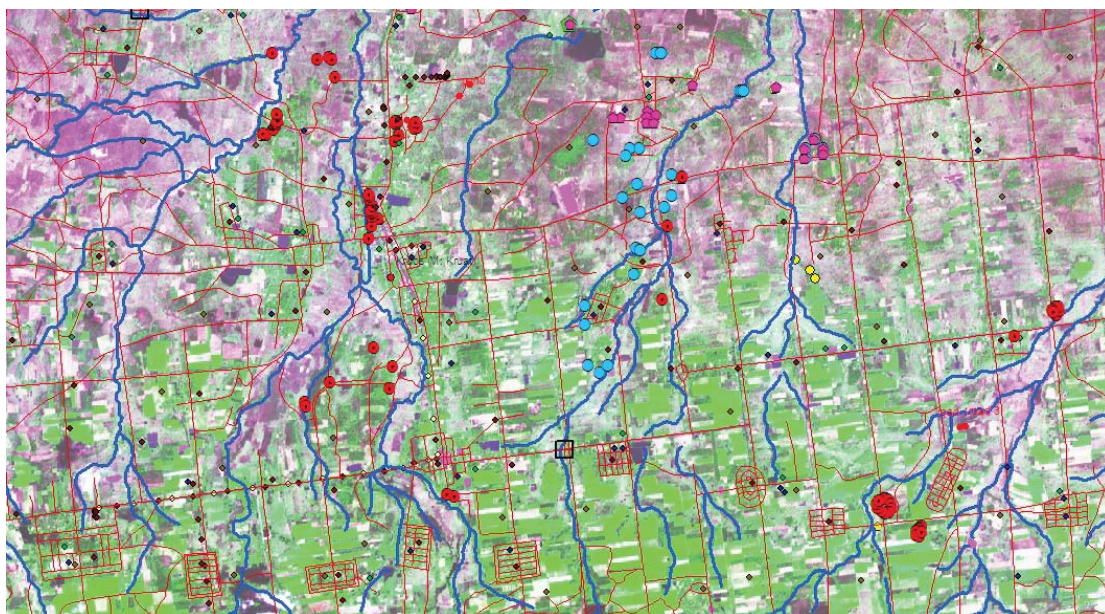
รูปที่ 2-4 ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2510 บริเวณอำเภอบ้านกรวดพร้อมตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม



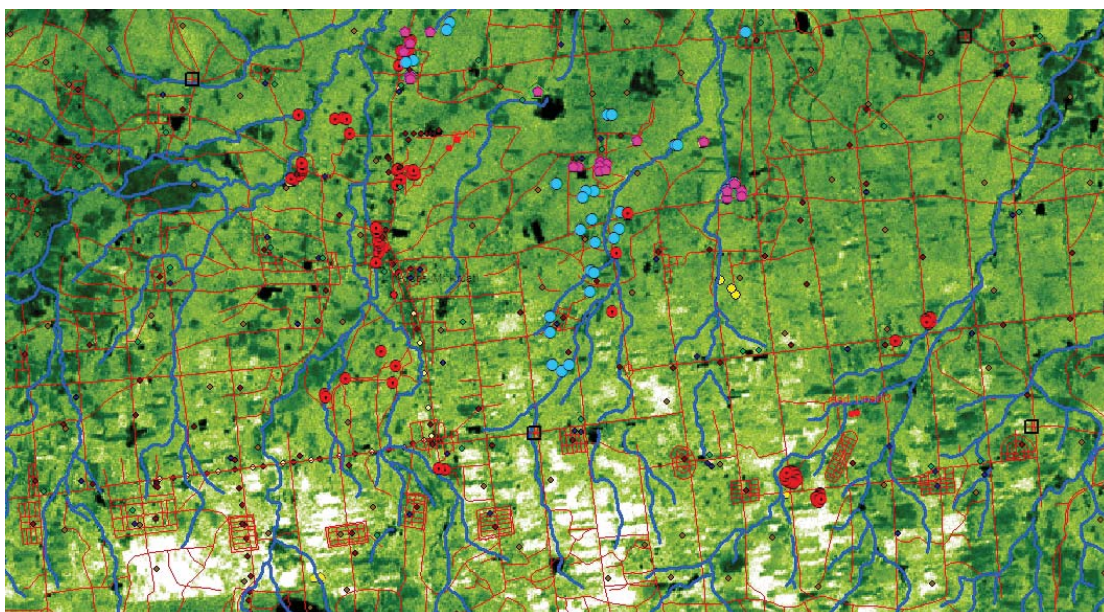
รูปที่ 2-5 ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2542 บริเวณอำเภอบ้านกรวด พร้อมตำแหน่งแหล่งโลหะกรรมแสดงการขยายตัวของชุมชน

วิธีการ

ในการดำเนินการวิจัยนี้ โครงการได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ASTER ในช่วงคลื่น Visible-NIR (Channel 1, 2, 3) เพื่อศึกษาลักษณะพื้นที่และสิ่งแวดล้อม และ Short Wave Infrared (Channel 4, 5) เพื่อศึกษาทางธรณีวิทยาร่วมกับข้อมูลอื่นๆ เช่น ข้อมูลความสูงจาก SRTM และข้อมูลจากการวิจัยในด้านอื่นๆ เพื่อใช้ข้อมูลทำการศึกษาในด้านสภาพสิ่งแวดล้อม แหล่งทรัพยากรธรรมชาติของพื้นที่ศึกษาทั้งอดีตและปัจจุบัน และศึกษาทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาร่วมกับแผนที่ทางธรณีวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยาละเอียดการวิเคราะห์ทางธรณีฟิสิกส์และธรณีวิทยาในบทที่ 4 ประกอบ) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแหล่งอุตสาหกรรมโบราณและแหล่งวัตถุดิบและสภาพแวดล้อม ซึ่งในขั้นตอนปัจจุบันได้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ทางธรณีวิทยาจากการวิเคราะห์ Thresholding จาก Channel 4/5 Index ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ASTER และข้อมูลทางธรณีวิทยาจากการสำรวจและแผนที่ธรณีวิทยา เนื่องจากการตีความจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ASTER เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทางธรณีวิทยาจากการสำรวจสามารถทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ เนื่องจากผลกระทบของสิ่งปกคลุมพื้นดิน เช่น พืชมีผลต่อการวิเคราะห์ทางธรณีวิทยาจาก Channel 4/5 Index จากข้อมูล ASTER



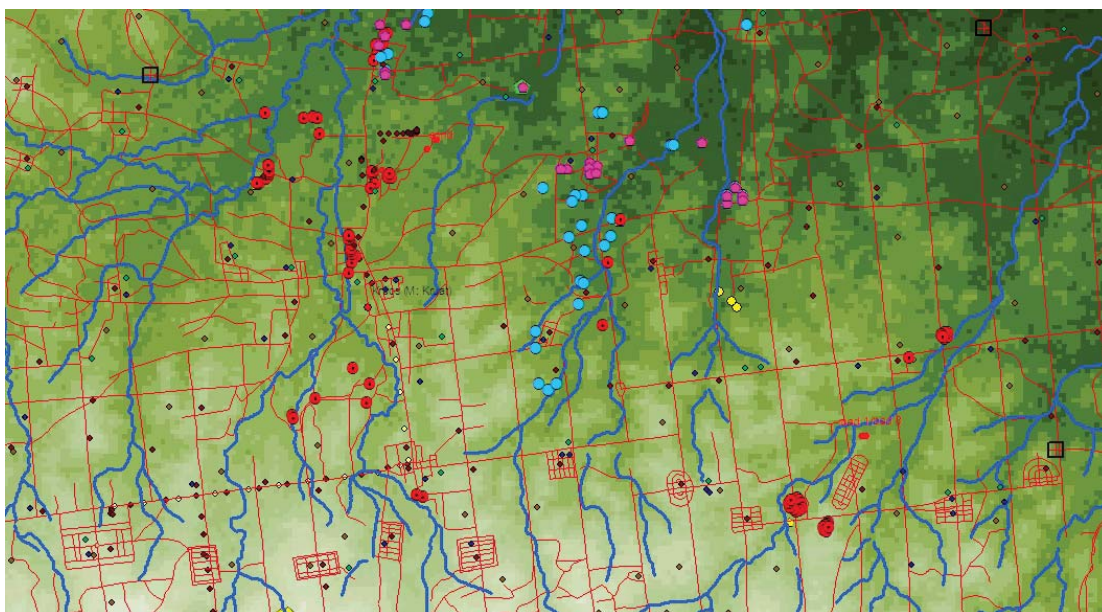
รูปที่ 2-6 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียม ASTER Color Composite (2:3:1 : R:G:B)
บริเวณอำเภอบ้านกรวด พร้อมด้วยตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง)
และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ (จุดห้าเหลี่ยมสีแดง)



รูปที่ 2-7 ตัวอย่างผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาจากภาพถ่ายดาวเทียม ASTER บริเวณอำเภอบ้านกรวด (Channel 4/5 Index สีอ่อนถึงเข้มหมายถึงมีส่วนประกอบของ ศิลาแลงสูงถึงต่ำ) พร้อมแสดงตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง) และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ (จุดห้าเหลี่ยมสีแดง)

จากการวิเคราะห์ Thresholding ของ Channel 4/5 Index จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ASTER และข้อมูลทางธรณีวิทยาจากการสำรวจและแผนที่ธรณีวิทยา ในพื้นที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งมีแหล่งถลุงโลหะโบราณอยู่เป็นจำนวนมาก และพื้นที่ตลอดแนวของถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ทำให้เรามีข้อมูลเบื้องต้นว่าพื้นที่อำเภอบ้านกรวดเป็นพื้นที่ที่มีศิลาแลงกระจายอยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งศิลาแลงเหล่านี้เมื่อทางโครงการทำการวิเคราะห์องค์ประกอบแล้วพบว่าปริมาณแร่เหล็กอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจจะสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการถลุงเหล็ก เนื่องจากเราไม่พบเหมืองแร่เหล็กในพื้นที่รอบๆ แหล่งถลุงเหล็กเหล่านี้ ต่างจากแหล่งถลุงเหล็กโบราณในประเทศกัมพูชาที่ได้มีการค้นพบเหมืองแร่เหล็กอยู่ในบริเวณไม่ไกลจากแหล่งถลุงเหล่านั้น (จากข้อมูลของคณะวิจัยองค์การ APSARA)

นอกจากนี้แล้ว หลังจากทำการวิเคราะห์ข้อมูล Remote sensing และ GIS ร่วมกับข้อมูลด้านอื่นๆ เช่น ข้อมูลความสูงจาก SRTM ทำให้พบว่าแหล่งถลุงเหล็กโบราณ และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ ตั้งอยู่บนเนินริมที่ราบที่น้ำท่วมถึง (Flood Plain) ทั้งสิ้น ซึ่งทำให้สามารถคาดคะเนได้ว่าน่าจะมีแหล่งอุตสาหกรรมโบราณเหล่านี้ ขยายตัวไปทางอำเภอละหารทราย จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งมีลักษณะของสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติ ลักษณะเดียวกับบริเวณอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์



รูปที่ 2-8 ตัวอย่างข้อมูลความสูงจาก SRTM บริเวณอำเภอบ้านกรวด (สีอ่อนถึงเข้มหมายถึงพื้นที่ที่มีความสูงมากถึงความสูงต่ำ) พร้อมแสดงตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง) และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ (จุดห้าเหลี่ยมสีแดง)

4. พัฒนารฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดในรูปแบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการ

วิธีการ

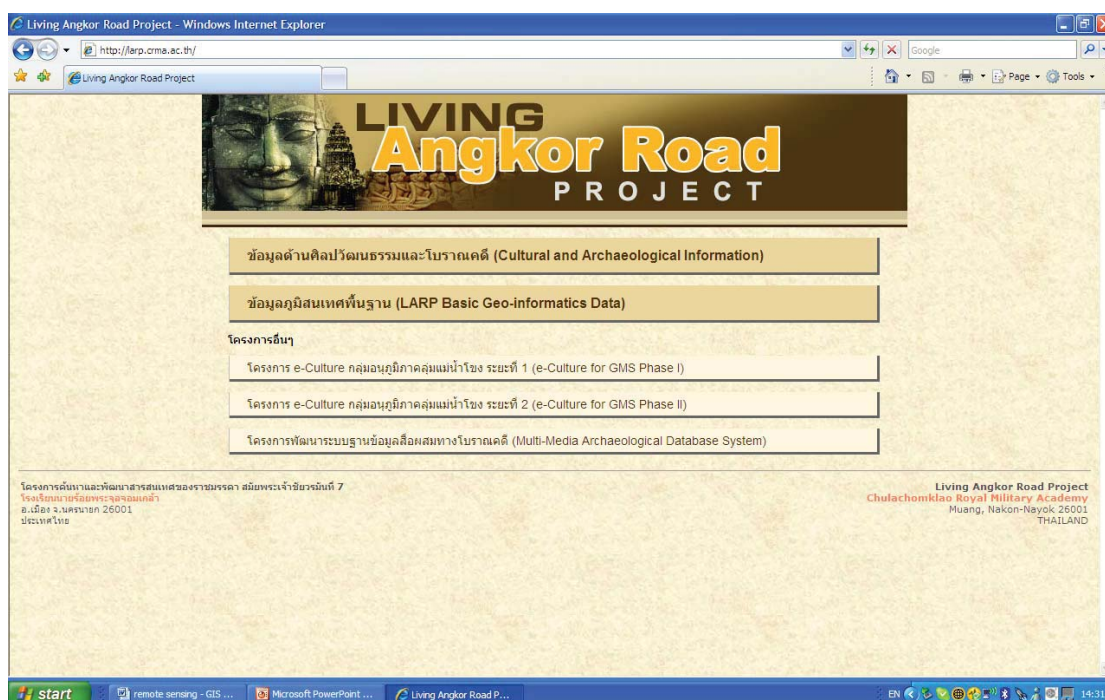
โครงการได้ขยายการพัฒนารฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการจากข้อมูลที่ได้ทำการพัฒนาเพิ่มขึ้นดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้แก่

ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นฐานตามแนวนนโบราณ

1. ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของแหล่งอุตสาหกรรมโบราณในพื้นที่แนวชายแดนประเทศไทยและกัมพูชาในแนวนนโบราณ
2. ฐานข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ
3. ฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ASTER

วิธีการ

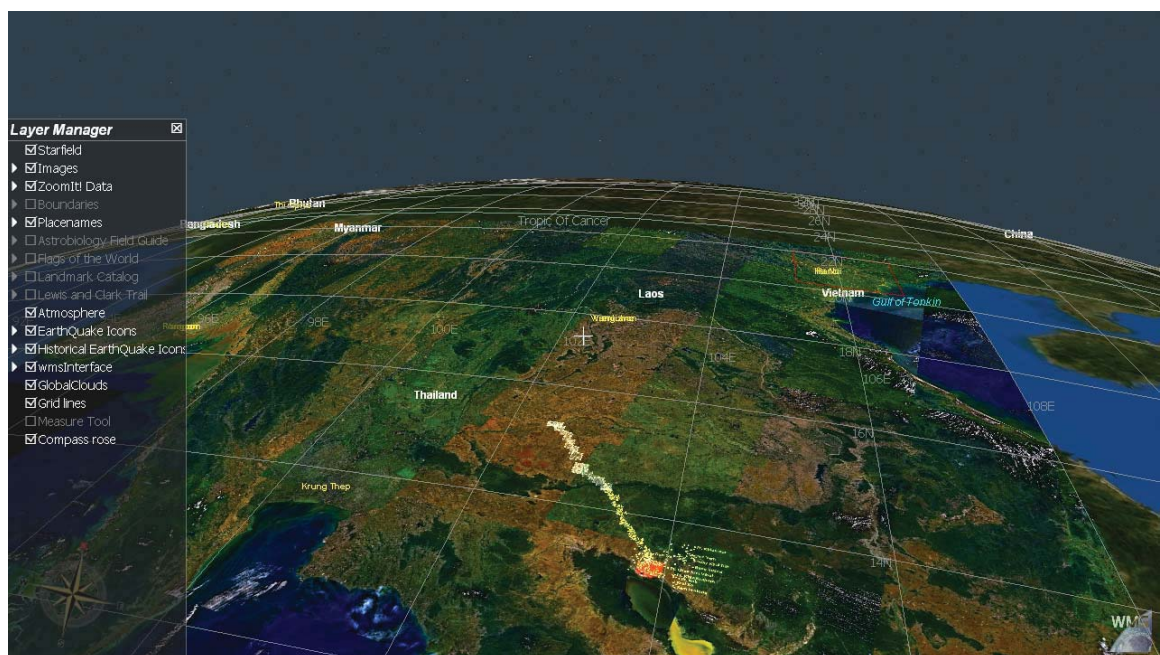
จากที่คณะทำงานได้ขยายการพัฒนาสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพิ่มเติมในด้านของข้อมูลที่เพิ่มขึ้น และในด้านของระบบได้มีการพัฒนาระบบเชื่อมโยงฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของโครงการกับระบบ NASA World Wind ซึ่งทำให้การแสดงผลข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการมีความน่าสนใจในการแสดงผลมากขึ้นในลักษณะเดียวกับข้อมูลที่แสดงผลจากระบบ Google Earth และได้พัฒนาระบบสามมิติของโบราณสถานตามแนวนอนโบราณเพื่อใช้ประกอบการนำเสนอต่อเยาวชนและผู้สนใจแล้วนั้น ปัจจุบันคณะทำงานได้พัฒนาการใช้ระบบ Open Layer ในการพัฒนาระบบแสดงผล ซึ่งทำให้การแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถดำเนินการได้อย่างดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้สามารถนำเข้าข้อมูลและนำเสนอข้อมูลได้สะดวกยิ่งขึ้น และได้มีการพัฒนาภาพจำลองระบบสามมิติขยายต่อจากการดำเนินการที่ผ่านมา (ภาคผนวก ก และ ข)



รูปที่ 2-9 ตัวอย่างการแสดงผลจากระบบแม่ข่าย larp.crma.ac.th



รูปที่ 2-10 ตัวอย่างการแสดงผลจากระบบ map server ผ่านระบบแม่ข่าย larp.crma.ac.th



รูปที่ 2-11 ตัวอย่างการแสดงผลผ่านระบบ NASA World Wind

บทที่ 2

การค้นคว้าและวิธีการทางด้าน Remote Sensing และ GIS

2.1 จุดประสงค์

ในการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในส่วนของงาน Remote Sensing และ GIS ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้าน Remote Sensing และ GIS ทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งพื้นที่ในการสำรวจได้อย่างแม่นยำ โดยสามารถค้นพบธรรมชาติหรืออณูศาสตร์เพิ่มเติมในสิ่งกัมพูชา และตำแหน่งแนวถนนโบราณที่ใช้ข้ามช่องตาเมื่อน กิ่งอำเภอพนมดงรัก จังหวัดสุรินทร์ ต่อมายังสามารถทำการวิเคราะห์และขยายผลการสำรวจทางภาคพื้นดินซึ่งทำให้เกิดการขยายผลในการศึกษาวิจัยได้เป็นอย่างมาก สำหรับโครงการปัจจุบันได้ดำเนินการวิจัยทางด้าน Remote Sensing และ GIS โดยใช้ประสบการณ์จากการดำเนินการวิจัยที่ผ่านมาทำการปรับปรุงวิธีการตีความข้อมูล ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยด้านต่างๆ ของโครงการมีความสอดคล้องกันมากยิ่งขึ้น เป็นตัวอย่างหนึ่งของการศึกษาวิจัยในลักษณะสหวิทยาการอย่างแท้จริง เนื่องจากการวิจัยในด้านต่างๆ มีความเกี่ยวพันซึ่งกันและกันเป็นอย่างมาก ทำให้มีประสิทธิภาพในการดำเนินการมากยิ่งขึ้น ซึ่งการศึกษาทางด้าน Remote Sensing และ GIS มีแผนการดำเนินงานโดยรวมดังนี้

1. จัดทำฐานข้อมูลแหล่งโบราณคดีและระบบข้อมูลจำเพาะของแหล่ง
2. จัดทำแผนที่ข้อมูลพื้นฐานรายละเอียดสูงสำหรับพื้นที่ศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลหลายช่วงเวลา
3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแหล่งอุตสาหกรรมโบราณตามแนวถนนโบราณ
4. พัฒนาระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการ
5. พัฒนาระบบแม่ข่ายสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

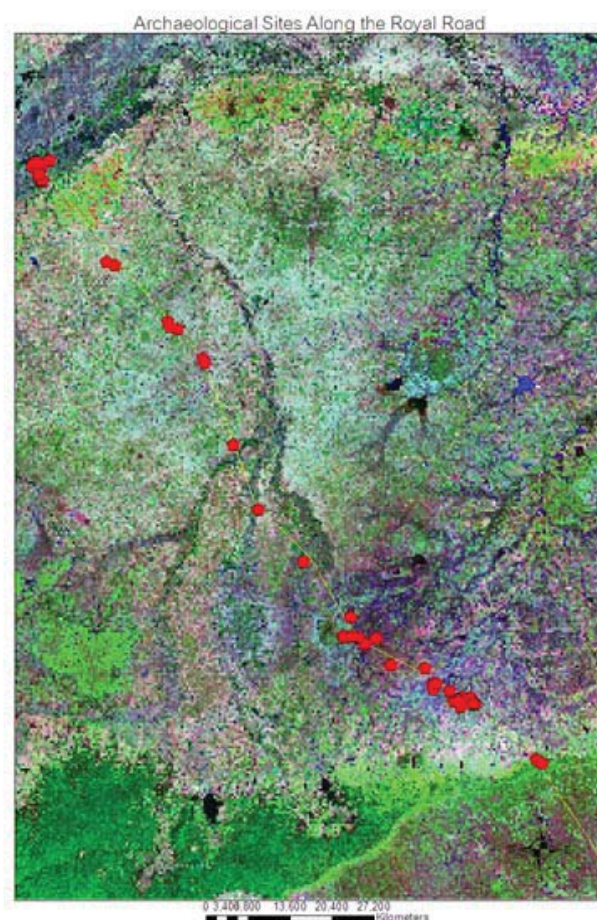
2.2 แผนงาน / กิจกรรม

สำหรับการศึกษาทางด้าน Remote Sensing และ GIS ได้ทำการดำเนินการศึกษาในหัวข้อต่อไปนี้

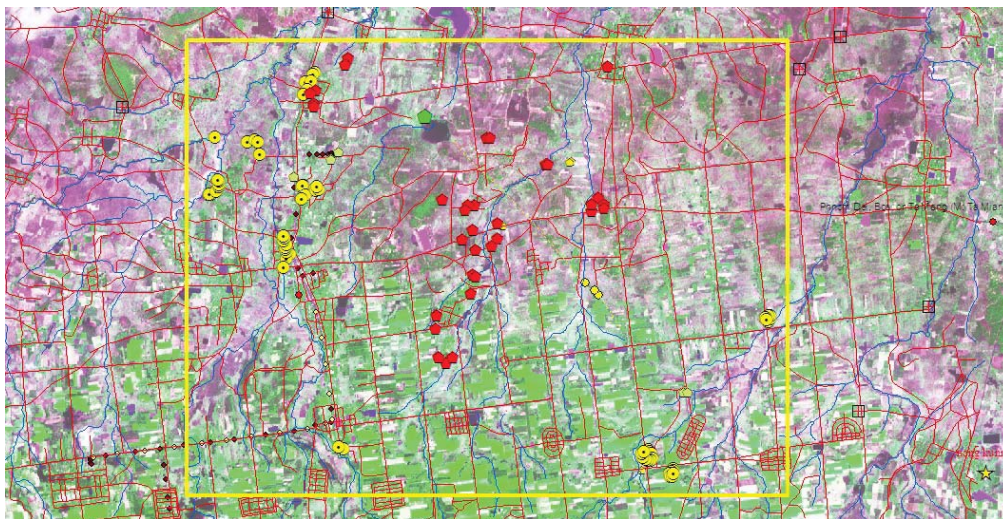
1. จัดทำฐานข้อมูลแหล่งโบราณคดีและระบบข้อมูลจำเพาะของแหล่ง ได้แก่ พิกัดภูมิศาสตร์ เขตการปกครอง ลักษณะของแหล่ง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในโครงการระยะที่ 1 เป็นพื้นฐาน และดำเนินการสำรวจเพิ่มเติม

วิธีการ

ในการดำเนินการวิจัยนี้ ได้ดำเนินการสำรวจแหล่งโลหะกรรม และแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาตามแนวถนนโบราณเพิ่มเติมจากที่ได้ดำเนินการในช่วงระยะเวลาก่อน โครงการได้ดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของแหล่งเหล่านี้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสามารถใช้ในการจัดทำแผนที่แหล่งโบราณคดีและระบบข้อมูลจำเพาะของแหล่งโบราณคดีตามแนวถนนโบราณเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแหล่งโบราณคดีเหล่านี้กับแนวถนนโบราณร่วมกับข้อมูลในด้านอื่นๆ เช่นข้อมูลทางโบราณคดี ข้อมูลทางธรณีวิทยา และข้อมูลทางมานุษยวิทยา นอกจากนี้ทีมนักวิจัย APSARA ได้ทำการสำรวจและทำแผนที่ของแหล่งโบราณคดีในพื้นที่ Kol Village (กรุณาดูรายละเอียดการดำเนินวิจัยในประเทศกัมพูชาในบทที่ 6 ประกอบ) ซึ่งเป็นพื้นที่สำคัญตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายในฝั่งกัมพูชา ซึ่งข้อมูลจากการดำเนินการนี้มีความสำคัญช่วยในการตีความเรื่องเกี่ยวกับการจัดสร้างและการใช้ถนนโบราณเส้นนี้เป็นอย่างมากซึ่งรวมไปถึงการพัฒนาระบบชลประทานโบราณในพื้นที่ศึกษาทั้งฝั่งไทยและกัมพูชาตามแนวถนนโบราณเส้นนี้



รูปที่ 2-1 ภาพแสดงแหล่งโบราณคดีตามแนวถนนโบราณในฝั่งประเทศไทย



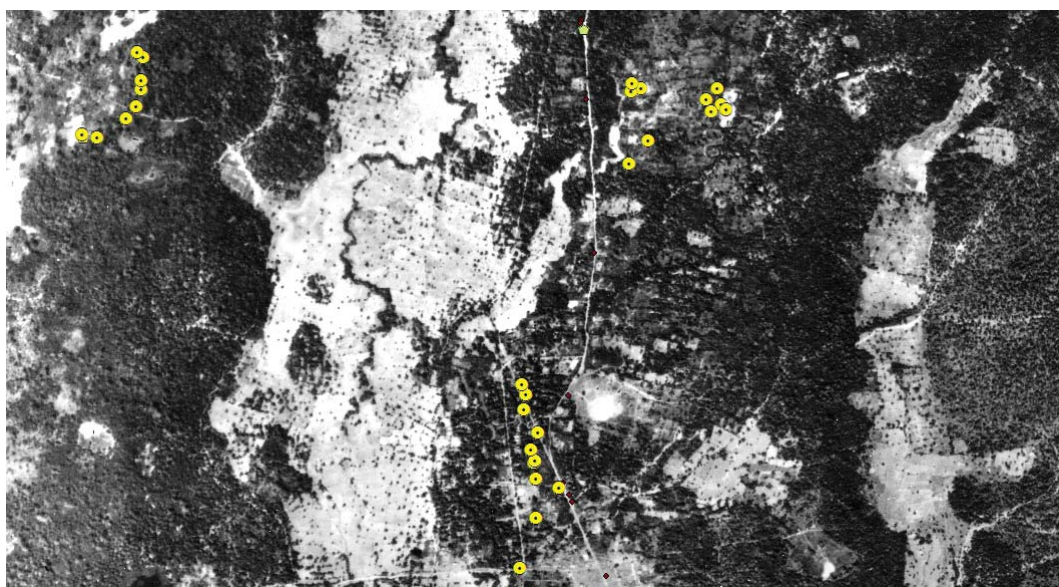
รูปที่ 2-2 ภาพแสดงแหล่งโลหะกรรม และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณตามแนวถนนโบราณ :
ตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง) แหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ
(จุดห้าเหลี่ยมสีแดง)

เมื่อนำข้อมูลจากแหล่งโบราณคดีต่างๆ นำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูล Remote Sensing และ GIS ของโครงการ ทำให้สามารถประเมินหลักการและเหตุผลของชนโบราณในการตั้งแหล่งอุตสาหกรรม แหล่งชุมชนโบราณได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแหล่งต่างๆ เหล่านี้มีรูปแบบของการจัดตั้งที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติเป็นหลัก ซึ่งถึงแม้เวลาจะผ่านไปเป็นเวลากี่พันปี แต่เราก็ยังสามารถตรวจสอบได้โดยตรงและโดยอ้อมจากข้อมูล Remote Sensing ข้อมูลทางโบราณคดี ข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์ของโครงการ

2. จัดทำแผนที่ข้อมูลพื้นฐานรายละเอียดสูงสำหรับพื้นที่ศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลหลายช่วงเวลา เป็นการดำเนินการพัฒนาข้อมูลและทำการศึกษโดยใช้การศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษาในหลายช่วงเวลาประกอบกับการศึกษาร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง เพื่อตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบสภาพของพื้นที่ปรากฏในปัจจุบันและสภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมา

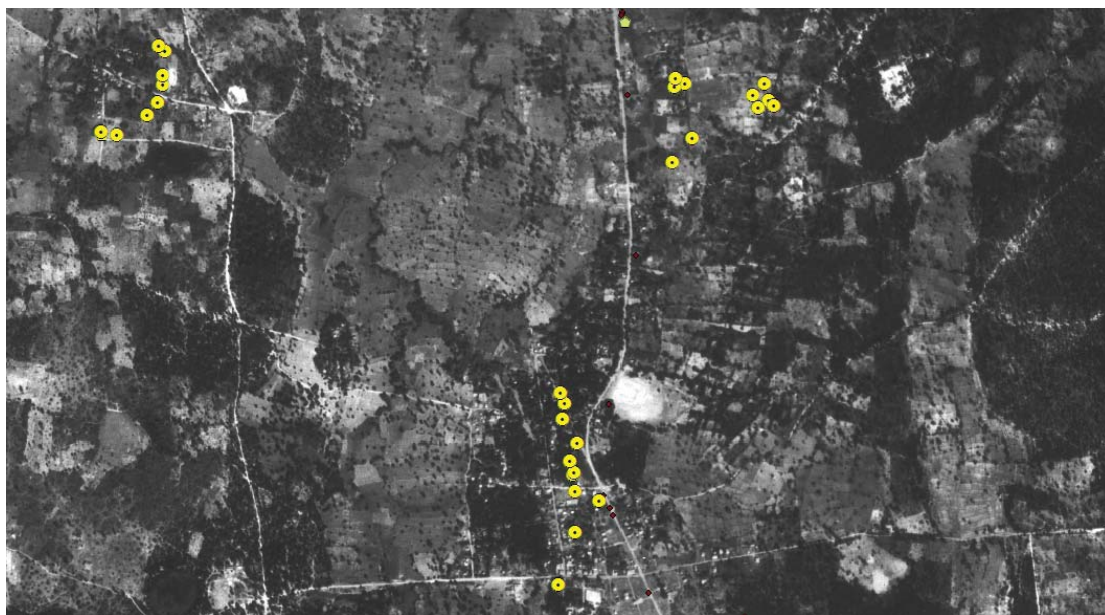
วิธีการ

ในการดำเนินการวิจัยนี้ได้ดำเนินการโดยการทำ geo-reference ภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษาตามช่วงเวลาในลักษณะ time series ดังนี้ พ.ศ. 2497 พ.ศ. 2510 พ.ศ. 2542 กับ



รูปที่ 2-3 ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2497 บริเวณอำเภอบ้านกรวดพร้อมตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแหล่งอุตสาหกรรมโบราณตามแนวถนนโบราณ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้าน Remote Sensing และ GIS ร่วมกับข้อมูลด้านอื่นๆ ของโครงการเพื่อศึกษารายละเอียดของแหล่งอุตสาหกรรมโบราณตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย เส้นนี้ เช่น สาเหตุของการเลือกพื้นที่สำหรับดำเนินการ แหล่งวัตถุดิบที่ใช้ พื้นที่ตั้งของชุมชนโบราณ เป็นต้น



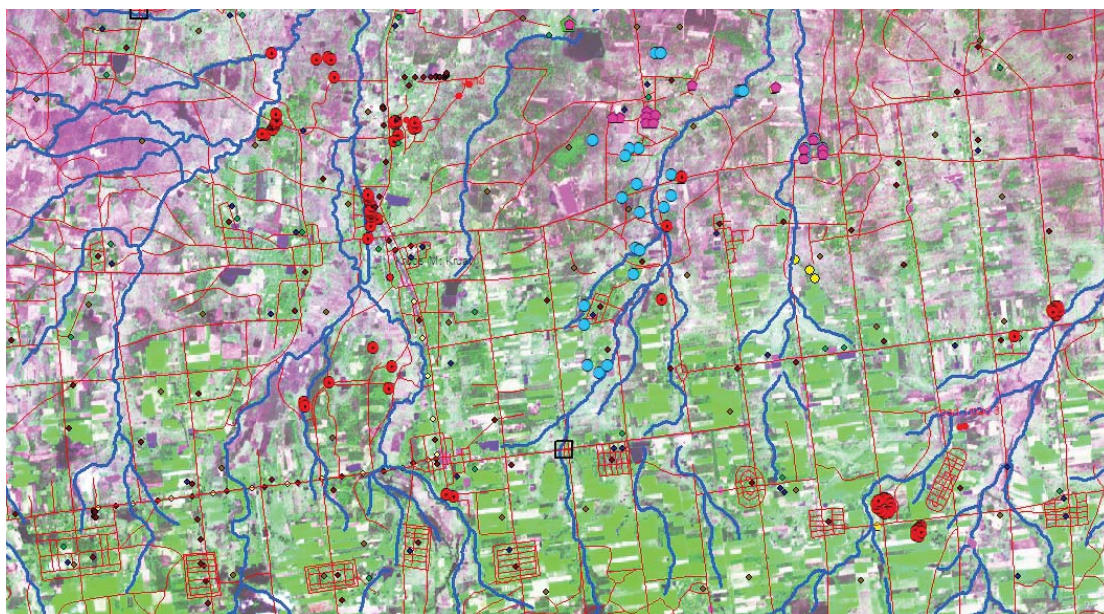
รูปที่ 2-4 ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2510 บริเวณอำเภอบ้านกรวดพร้อมตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม



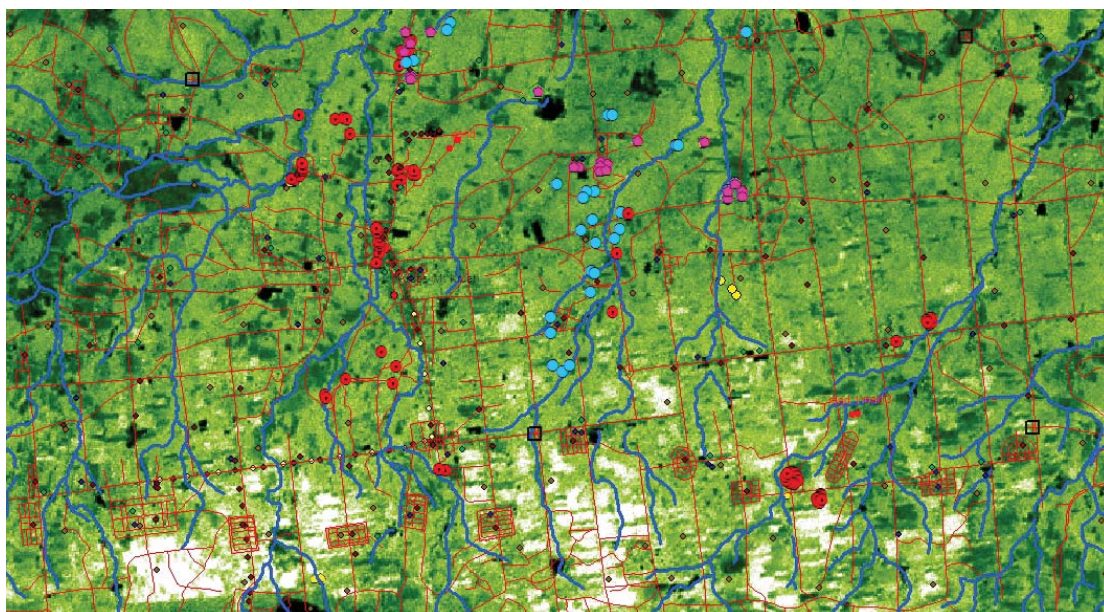
รูปที่ 2-5 ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2542 บริเวณอำเภอบ้านกรวด พร้อมตำแหน่งแหล่งโลหะกรรมแสดงการขยายตัวของชุมชน

วิธีการ

ในการดำเนินการวิจัยนี้ โครงการได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ASTER ในช่วงคลื่น Visible-NIR (Channel 1, 2, 3) เพื่อศึกษาลักษณะพื้นที่และสิ่งแวดล้อม และ Short Wave Infrared (Channel 4, 5) เพื่อศึกษาทางธรณีวิทยาร่วมกับข้อมูลอื่นๆ เช่น ข้อมูลความสูงจาก SRTM และข้อมูลจากการวิจัยในด้านอื่นๆ เพื่อใช้ข้อมูลทำการศึกษาในด้านสภาพสิ่งแวดล้อม แหล่งทรัพยากรธรรมชาติของพื้นที่ศึกษาทั้งอดีตและปัจจุบัน และศึกษาทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาร่วมกับแผนที่ทางธรณีวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยาละเอียดการวิเคราะห์ทางธรณีฟิสิกส์และธรณีวิทยาในบทที่ 4 ประกอบ) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแหล่งอุตสาหกรรมโบราณและแหล่งวัตถุดิบและสภาพแวดล้อม ซึ่งในขั้นตอนปัจจุบันได้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ทางธรณีวิทยาจากการวิเคราะห์ Thresholding จาก Channel 4/5 Index ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ASTER และข้อมูลทางธรณีวิทยาจากการสำรวจและแผนที่ธรณีวิทยา เนื่องจากการตีความจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ASTER เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทางธรณีวิทยาจากการสำรวจสามารถทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ เนื่องจากผลกระทบของสิ่งปกคลุมพื้นดิน เช่น พืชมีผลต่อการวิเคราะห์ทางธรณีวิทยาจาก Channel 4/5 Index จากข้อมูล ASTER



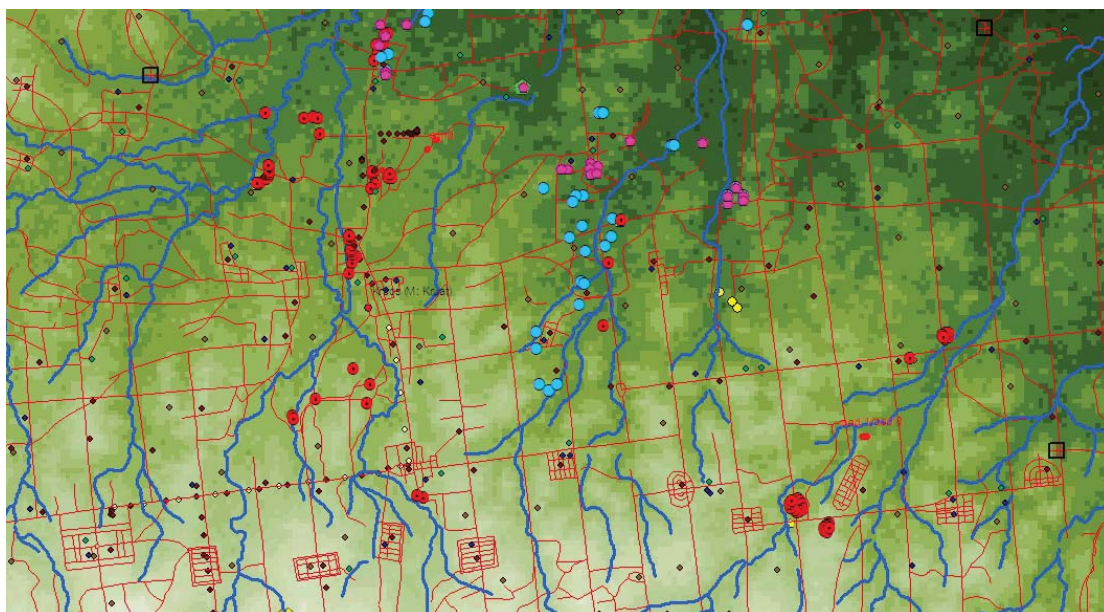
รูปที่ 2-6 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียม ASTER Color Composite (2:3:1 : R:G:B)
บริเวณอำเภอบ้านกรวด พร้อมด้วยตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง)
และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ (จุดห้าเหลี่ยมสีแดง)



รูปที่ 2-7 ตัวอย่างผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาจากภาพถ่ายดาวเทียม ASTER บริเวณอำเภอบ้านกรวด (Channel 4/5 Index สีอ่อนถึงเข้มหมายถึงมีส่วนประกอบของ ศิลาแลงสูงถึงต่ำ) พร้อมแสดงตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง) และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ (จุดห้าเหลี่ยมสีแดง)

จากการวิเคราะห์ Thresholding ของ Channel 4/5 Index จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ASTER และข้อมูลทางธรณีวิทยาจากการสำรวจและแผนที่ธรณีวิทยา ในพื้นที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งมีแหล่งถลุงโลหะโบราณอยู่เป็นจำนวนมาก และพื้นที่ตลอดแนวของถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ทำให้เรามีข้อมูลเบื้องต้นว่าพื้นที่อำเภอบ้านกรวดเป็นพื้นที่ที่มีศิลาแลงกระจายอยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งศิลาแลงเหล่านี้เมื่อทางโครงการทำการวิเคราะห์องค์ประกอบแล้วพบว่าปริมาณแร่เหล็กอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจจะสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการถลุงเหล็ก เนื่องจากเราไม่พบเหมืองแร่เหล็กในพื้นที่รอบๆ แหล่งถลุงเหล็กเหล่านี้ ต่างจากแหล่งถลุงเหล็กโบราณในประเทศกัมพูชาที่ได้มีการค้นพบเหมืองแร่เหล็กอยู่ในบริเวณไม่ไกลจากแหล่งถลุงเหล่านั้น (จากข้อมูลของคณะวิจัยองค์การ APSARA)

นอกจากนี้แล้ว หลังจากทำการวิเคราะห์ข้อมูล Remote sensing และ GIS ร่วมกับข้อมูลด้านอื่นๆ เช่น ข้อมูลความสูงจาก SRTM ทำให้พบว่าแหล่งถลุงเหล็กโบราณ และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ ตั้งอยู่บนเนินริมที่ราบที่น้ำท่วมถึง (Flood Plain) ทั้งสิ้น ซึ่งทำให้สามารถคาดคะเนได้ว่าน่าจะมีแหล่งอุตสาหกรรมโบราณเหล่านี้ ขยายตัวไปทางอำเภอละหารทราย จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งมีลักษณะของสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติ ลักษณะเดียวกับบริเวณอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์



รูปที่ 2-8 ตัวอย่างข้อมูลความสูงจาก SRTM บริเวณอำเภอบ้านกรวด (สีอ่อนถึงเข้มหมายถึงพื้นที่ที่มีความสูงมากถึงความสูงต่ำ) พร้อมแสดงตำแหน่งแหล่งโลหะกรรม (จุดวงกลมสีเหลือง) และแหล่งเตาเผาเครื่องเคลือบโบราณ (จุดห้าเหลี่ยมสีแดง)

4. พัฒนารฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดในรูปแบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการ

วิธีการ

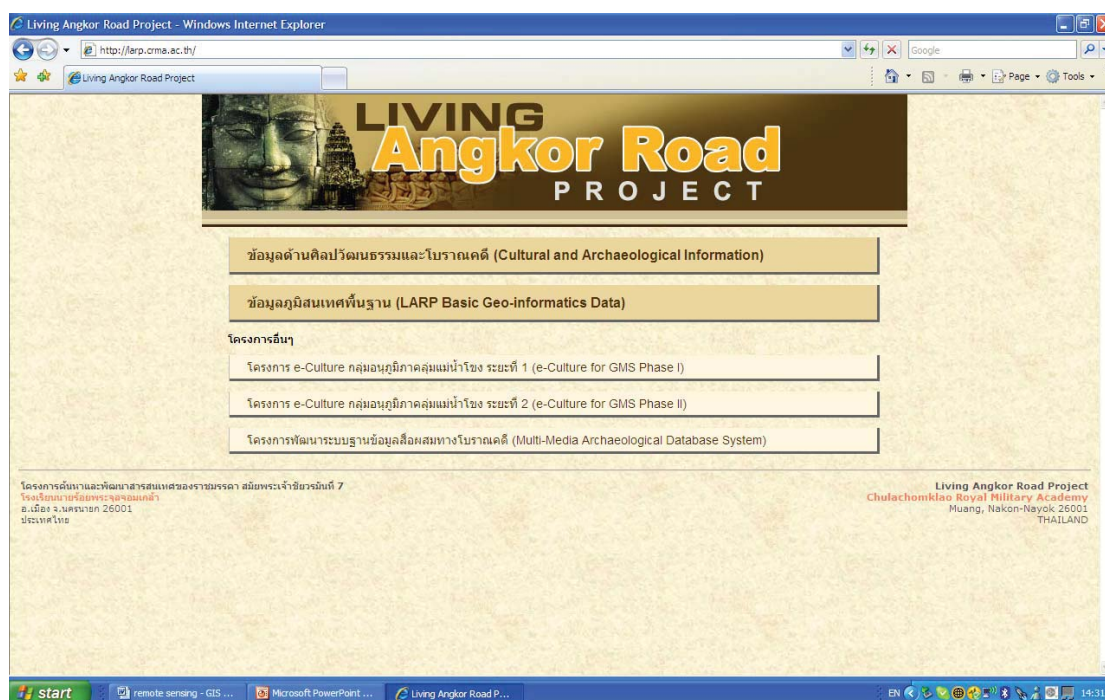
โครงการได้ขยายการพัฒนารฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการจากข้อมูลที่ได้ทำการพัฒนาเพิ่มขึ้นดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้แก่

ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นฐานตามแนวนนโบราณ

1. ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของแหล่งอุตสาหกรรมโบราณในพื้นที่แนวชายแดนประเทศไทยและกัมพูชาในแนวนนโบราณ
2. ฐานข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ
3. ฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ASTER

วิธีการ

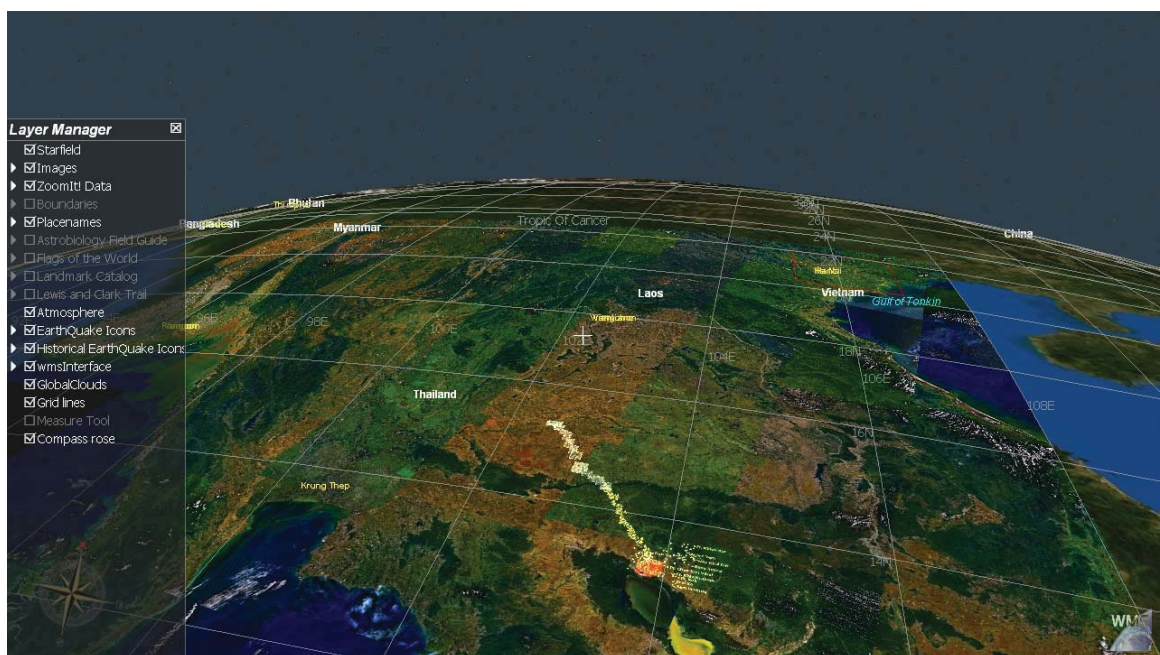
จากที่คณะทำงานได้ขยายการพัฒนาเว็บสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพิ่มเติมในด้านของข้อมูลที่เพิ่มขึ้น และในด้านของระบบได้มีการพัฒนาระบบเชื่อมโยงฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของโครงการกับระบบ NASA World Wind ซึ่งทำให้การแสดงผลข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการมีความน่าสนใจในการแสดงผลมากขึ้นในลักษณะเดียวกับข้อมูลที่แสดงผลจากระบบ Google Earth และได้พัฒนาระบบสามมิติของโบราณสถานตามแนวนอนโบราณเพื่อใช้ประกอบการนำเสนอต่อเยาวชนและผู้สนใจแล้วนั้น ปัจจุบันคณะทำงานได้พัฒนาการใช้ระบบ Open Layer ในการพัฒนาระบบแสดงผล ซึ่งทำให้การแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถดำเนินการได้อย่างดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้สามารถนำเข้าข้อมูลและนำเสนอข้อมูลได้สะดวกยิ่งขึ้น และได้มีการพัฒนาภาพจำลองระบบสามมิติขยายต่อจากการดำเนินการที่ผ่านมา (ภาคผนวก ก และ ข)



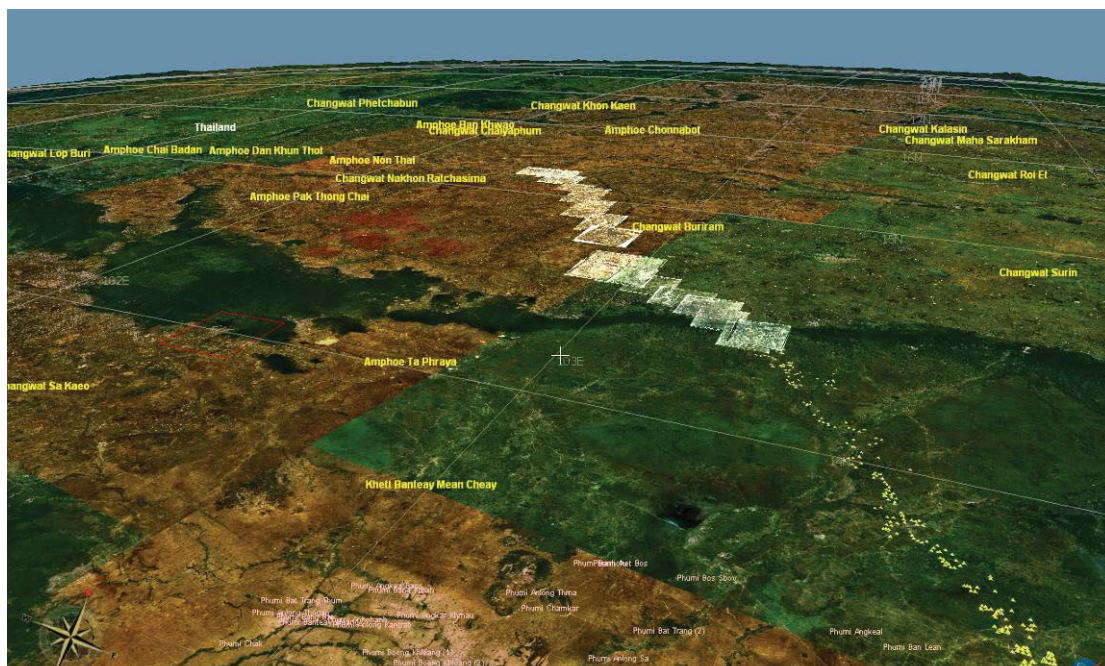
รูปที่ 2-9 ตัวอย่างการแสดงผลจากระบบแม่ข่าย larp.crma.ac.th



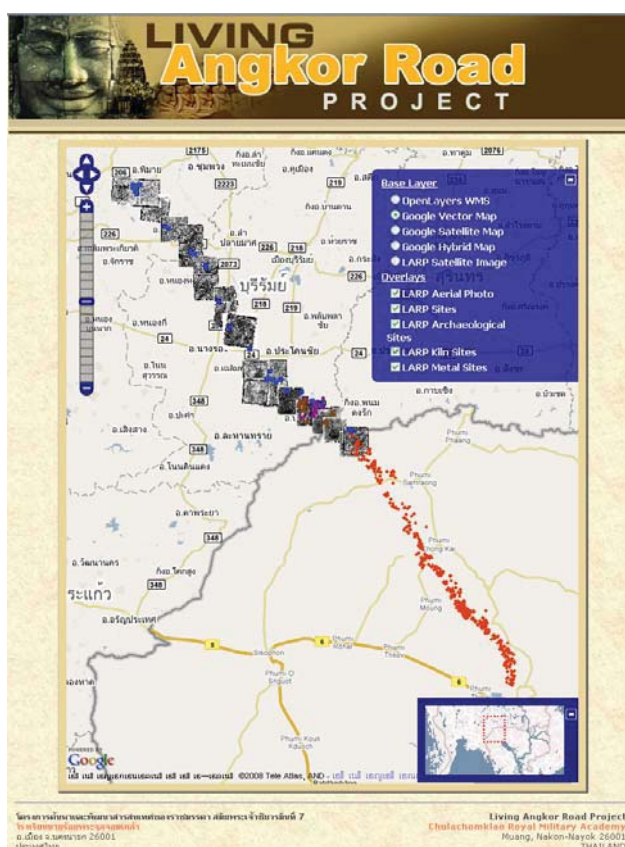
รูปที่ 2-10 ตัวอย่างการแสดงผลจากระบบ map server ผ่านระบบแม่ข่าย larp.crma.ac.th



รูปที่ 2-11 ตัวอย่างการแสดงผลผ่านระบบ NASA World Wind



รูปที่ 2-12 ตัวอย่างการแสดงผลผ่านระบบ NASA World Wind



รูปที่ 2-13 ตัวอย่างการแสดงผลจากระบบ Open layer

บทที่ 3

การค้นคว้าและวิธีการทางโบราณคดี

3.1 แผนงาน

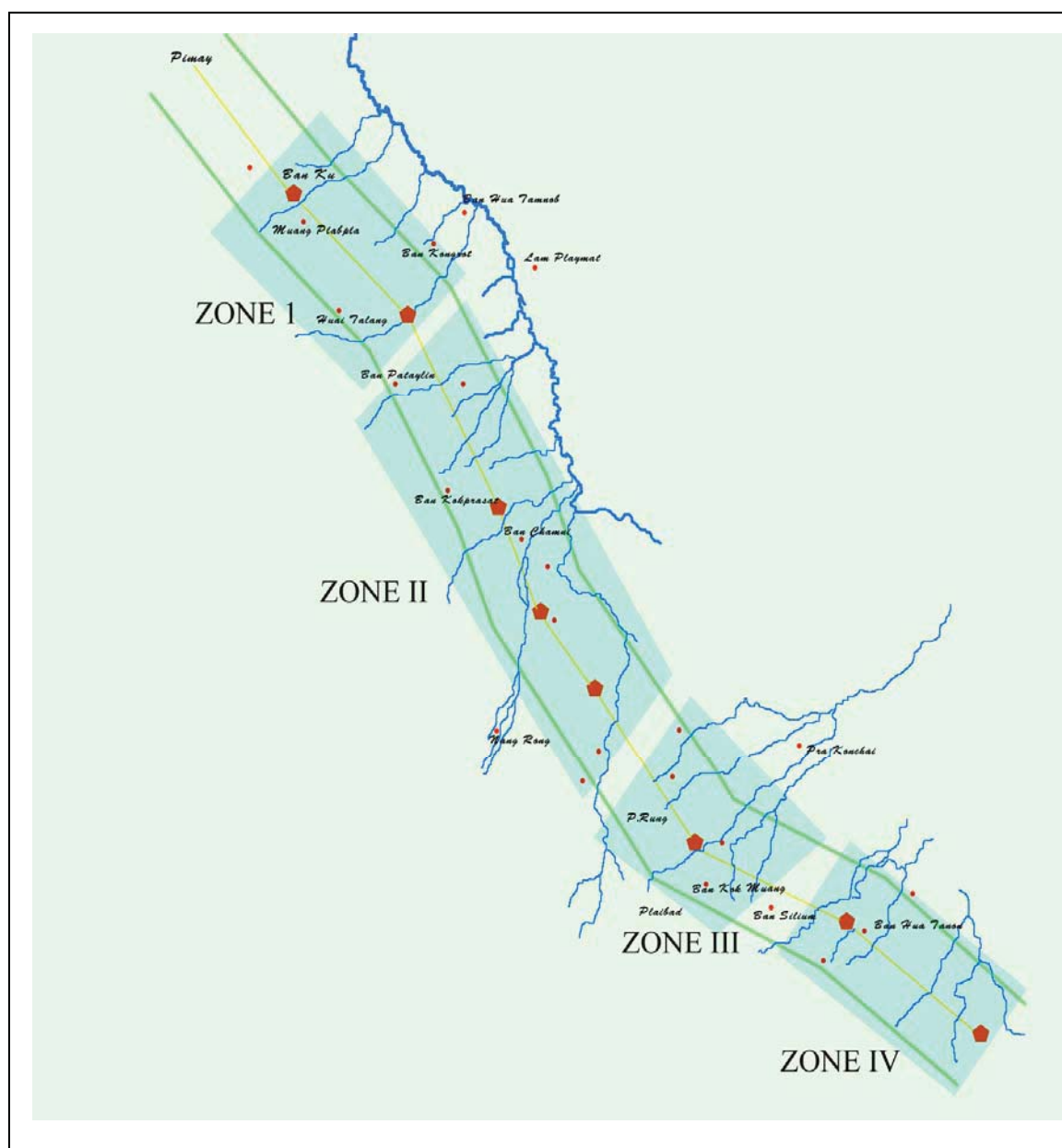
1. ศึกษาการกระจายตัวของแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมเขมรและจัดลำดับสมัย โดยใช้วิธีการสำรวจตามแนวถนนโบราณและพื้นที่กันชน
2. ศึกษาและตรวจสอบสมมุติฐานโครงข่ายถนนสายย่อยที่อาจมีขึ้นเพื่อเชื่อมโยงแหล่งอุตสาหกรรมสมัยโบราณและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างถนนกับแหล่งชุมชนโบราณที่ปรากฏศาสนสถานประจำโรงพยาบาล (อโรคยาศาลา) โดยวิธีการสำรวจและขุดค้นทางโบราณคดี
3. ดำเนินการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบทางกายภาพของภาชนะดินเผาในวัฒนธรรมเขมรโบราณ
4. ศึกษาการกระจายตัวและเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตโลหะของแหล่งผลิตโลหะตามแนวถนนโบราณและปริณิชนาท

ตารางที่ 3-1 แสดงแผนการดำเนินงาน

หัวข้อ	วิธีการ	ผล
ตำแหน่งสิ่งก่อสร้างและลำดับสมัย	ประวัติศาสตร์ศิลปะ GIS	แผนที่ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของแหล่งกับลำดับสมัย
ตรวจสอบถนนสายย่อยและโครงข่ายคมนาคม	การขุดค้น GIS, Geo-Physic	ความรู้ด้านกายภาพตำแหน่งของถนนสายย่อยและหน้าที่การใช้งาน
การศึกษาแหล่งโลหะกรรม	การขุดค้น LAB, Geo-Physic	ความรู้ด้านกายภาพของเตาหลอมเทคโนโลยีการผลิตเปรียบเทียบทั้งสองฝั่ง
การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเครื่องถ้วยเขมร	LAB	ความรู้ด้านกายภาพองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องถ้วย เทคโนโลยีการผลิตเปรียบเทียบทั้งสองฝั่ง

1. การศึกษาการกระจายตัวของแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมเขมรและจัดลำดับสมัย โดยใช้วิธีการสำรวจตามแนวถนนโบราณและพื้นที่กันชน

ดำเนินการสำรวจทางโบราณคดีในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ บุรีรัมย์ นครราชสีมา ตามขอบเขตพื้นที่ของโครงการ โดยใช้วิธีการสำรวจจากเอกสาร สำรวจภาคพื้นดิน การเดินสำรวจเข้าถึงแหล่ง



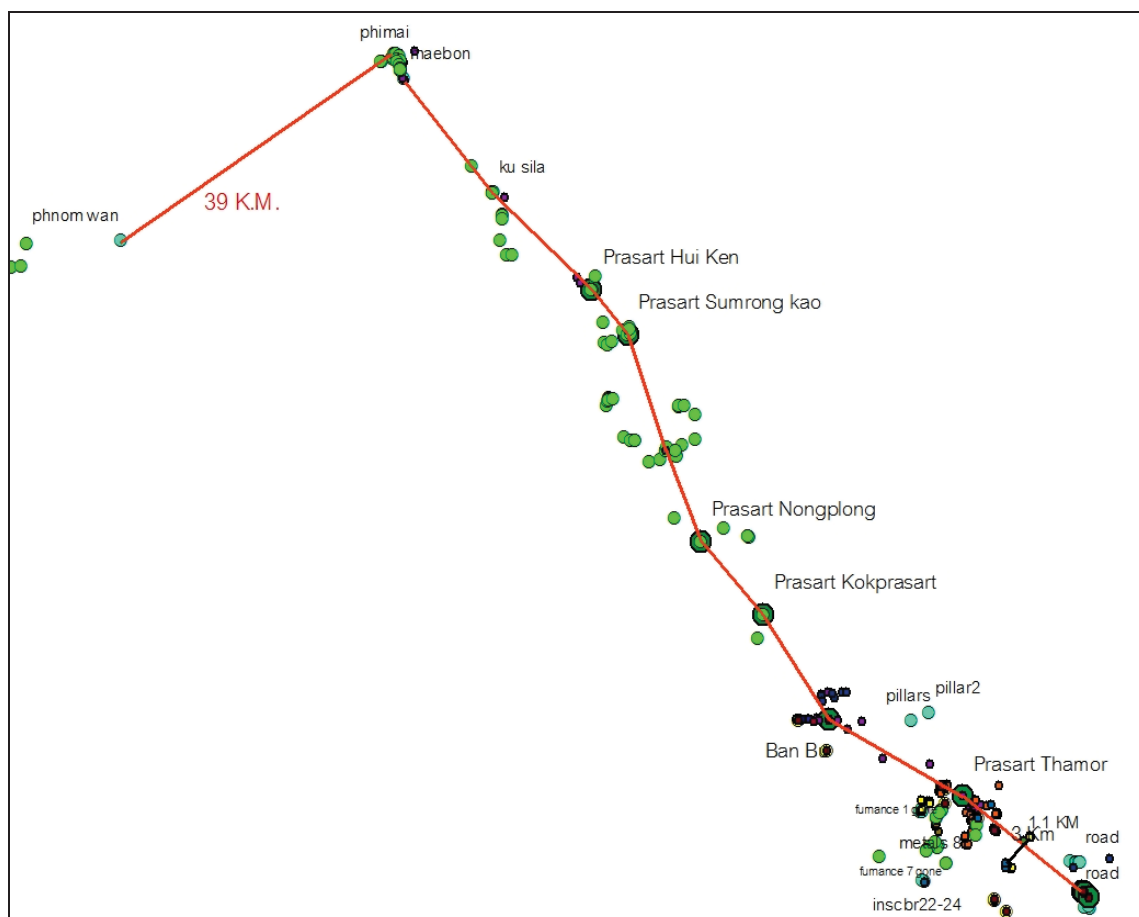
รูปที่ 3-1 แสดงการแบ่งพื้นที่สำรวจ

1.1 รวบรวมข้อมูลด้านประวัติของแหล่ง ตำแหน่งที่ตั้งแหล่งโบราณคดีโดยจำแนกตามประเภทของสิ่งก่อสร้าง หน้าที่การใช้งาน การสำรวจได้กำหนดตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งโบราณคดี ทั้งแหล่งที่เคยสำรวจแล้วและแหล่งที่ยังไม่สำรวจรวมถึงแหล่งโบราณคดีที่พบใหม่ โดยมีจำนวนทั้งหมด 215 ตำแหน่ง

ตารางที่ 3-2 แสดงการจำแนกประเภทแหล่งโบราณคดี

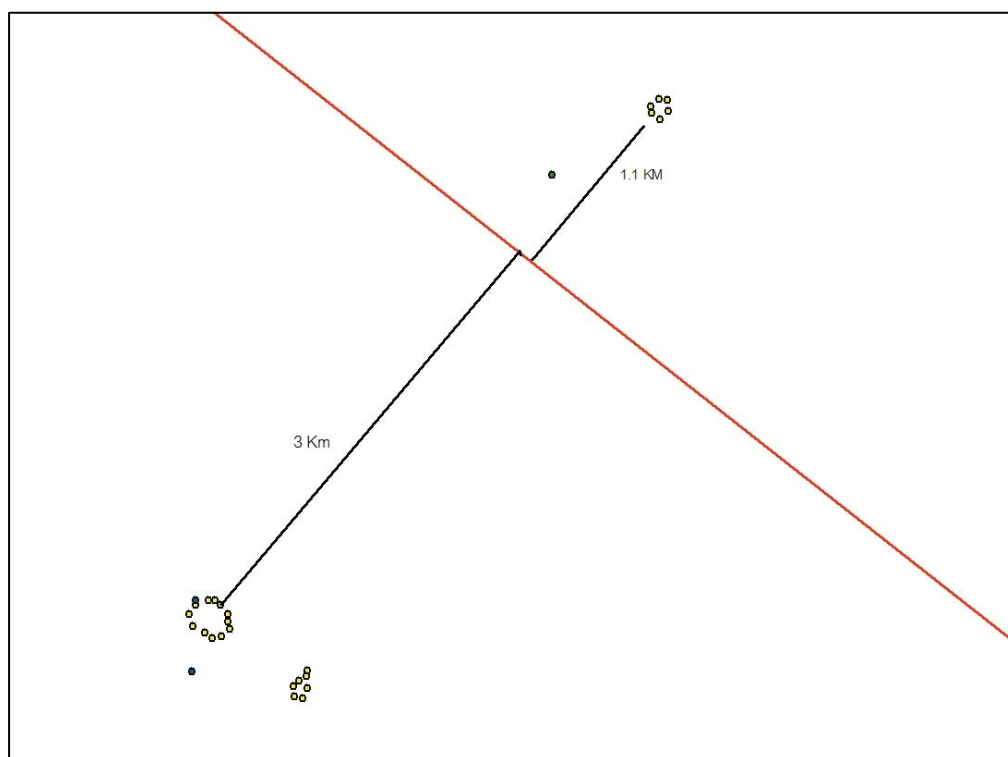
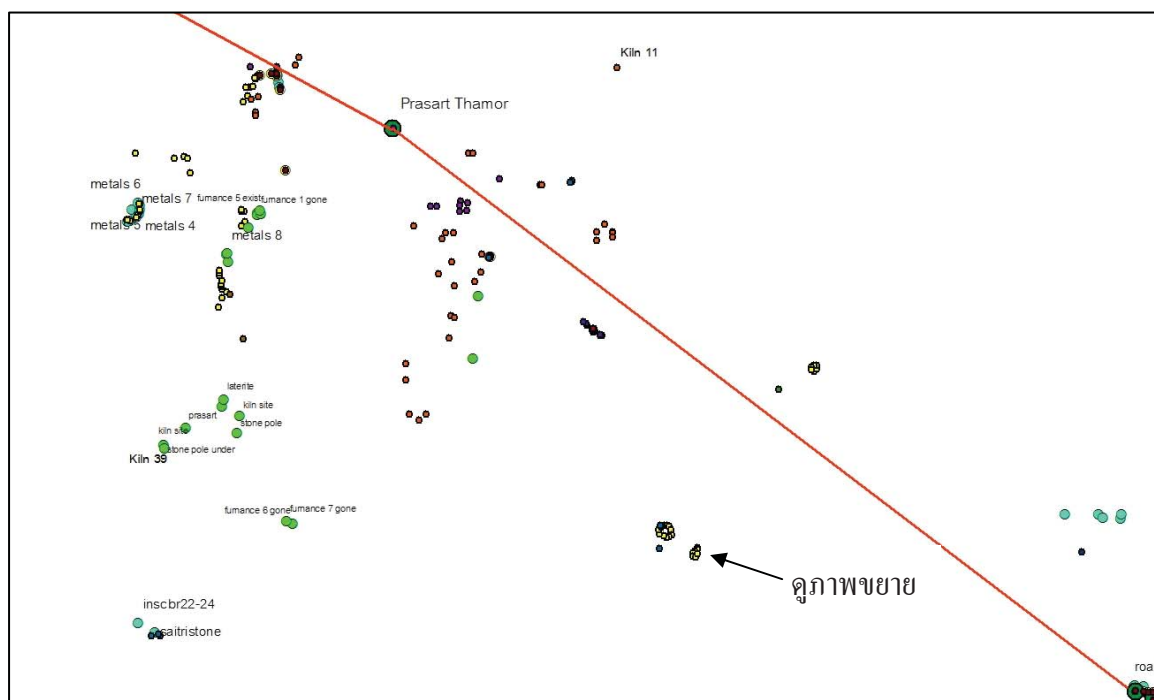
ประเภทแหล่ง	จำนวน
ศาสนสถาน	18
อโรคยาศาลา	4
ธรรมศาลา	9
เตาเผาเครื่องถ้วย	40
เนินถลุงโลหะ	67
ชุมชนโบราณ (สมัยก่อนประวัติศาสตร์)	9
หลักหิน	10
สระน้ำ	22
ประตูเมือง	3
ทำน้ำ	1
สะพานไม้	1
รวม	215

ในจำนวนนี้มีตำแหน่งของแหล่งโบราณคดีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ซึ่งอยู่ก่อนถึงบ้านไผ่ทรินทร์ มีลักษณะเป็นเนินดินเก่า ปากภูเขษภษณะดินเผาความร้อนอุณหภูมิต่ำกระจายอยู่ทั่วไปและแนวทางเดินเก่าในบริเวณปราสาทสำโรงเก่า นายชาติชาย ไหมญเลิศ อายุ 50 ปี บ้านเลขที่ 96 หมู่ 10 บ้านสำโรงเก่า ให้ข้อมูลตำแหน่งทางเกวียนที่ใช้เดินทาง เป็นทางมาจากอำเภอนาคูตัดเข้าหมู่บ้านใช้เดินทางต่อไปยังเมืองพิมาย



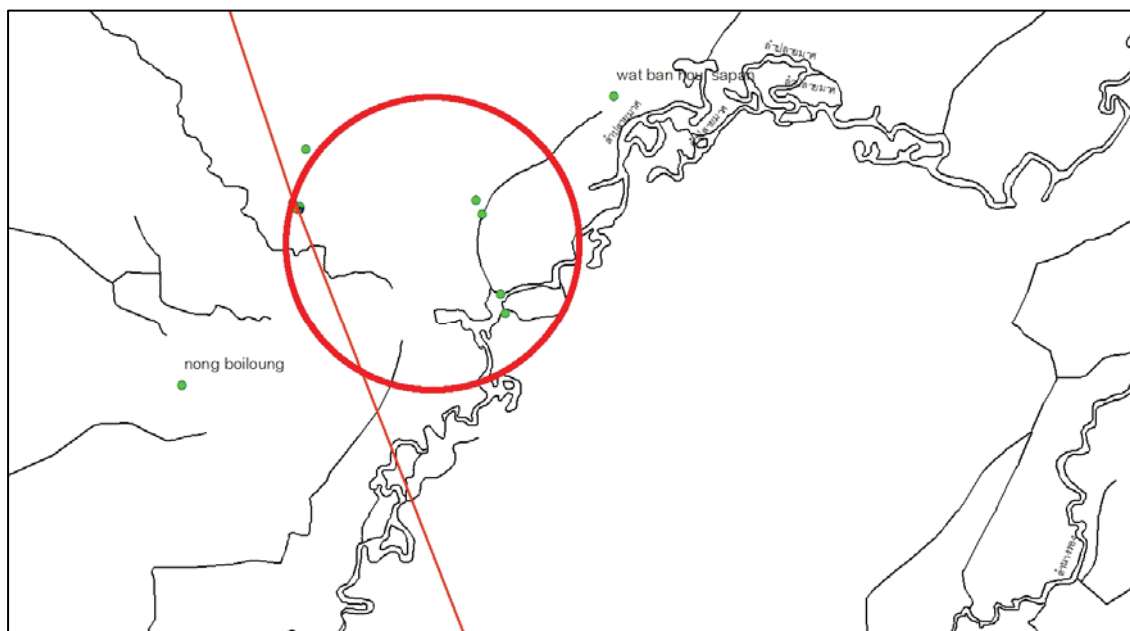
รูปที่ 3-2 แสดงตำแหน่งแหล่งโบราณคดีในพื้นที่สำรวจ

ตามแนวเส้นสมมุติที่เชื่อมระหว่างที่พักคนเดินทางแต่ละแห่ง ปรากฏแหล่งโบราณคดีหลายประเภทกระจายอยู่ตั้งแต่พิมายถึงปราสาทตาเมือน โดยพื้นที่ที่มีแหล่งโบราณคดีปรากฏอยู่หนาแน่นที่สุดอยู่ในเขตอำเภอบ้านกรวด ซึ่งนอกจากจะพบศาสนสถานหรือเทวาลัยในวัฒนธรรมเขมรแล้วยังปรากฏแหล่งอุตสาหกรรมสมัยโบราณ ได้แก่ แหล่งผลิตภาชนะดินเผา ซึ่งได้ทำการบันทึกตำแหน่งทั้งแหล่งที่ยังคงสภาพและแหล่งที่ถูกทำลายไปแล้วซึ่งยังมีผู้ขุดได้ชัดเจน มีจำนวนทั้งหมด 40 แหล่ง และแหล่งโลหะกรรมซึ่งเป็นเนินดินขนาดใหญ่จำนวนทั้งสิ้น 67 แหล่งกระจายอยู่ในเขตบ้านเขาคินใต้ บ้านโคกยาง บ้านหนองจิก บ้านสายโทสิบเหนือ และบ้านสายโทแปดใต้ ซึ่งในแต่ละเนินโลหะกรรมเป็นแหล่งถลุงเหล็กจากเตาถลุงหลายๆ เตา ตามที่ได้มีการขุดค้นเนินโลหะกรรมในเขตบ้านเขาคินใต้ในขณะนี้



รูปที่ 3-3 แสดงตำแหน่งแหล่งโบราณคดีในเขตอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

การสำรวจในพื้นที่บ้านหัวสะพาน ต.ช่อผกา อ.ชำนิ จ.บุรีรัมย์ ซึ่งตามตำแหน่งของหมู่บ้านอยู่ในแนวเส้นสมมุติและมีปราสาทเทพสถิตตั้งอยู่ใกล้เคียง รวมทั้งชื่อหมู่บ้านชี้ให้เห็นสมมุติฐานว่าในพื้นที่หมู่บ้านอาจเคยมีร่องรอยแนวถนนโบราณ และสะพานที่ใช้ข้ามลำปลายมาศ



รูปที่ 3-4 แผนที่แสดงพื้นที่สำรวจในเขตบ้านหัวสะพาน อำเภอลำสนธิ จังหวัดบุรีรัมย์



รูปที่ 3-5 แสดงร่องรอยแนวเสาสะพาน
และผู้ที่สัมภาษณ์

จากการสำรวจได้มีการสัมภาษณ์ชุมชนในพื้นที่บ้านห้วยสะพานได้รายละเอียด
ข้อมูลดังต่อไปนี้

Interview about the bridge

Mr. Noi Pi rak sa Age 67 yrs old

7 Mu 4

Name: Mr. Tawee Pasano Age 60 yrs old

Address: Tambon Chopaka Amphoe Chamni

1. Was there the ancient bridge?

Yes, there was. We used the bridge about 50 years ago. When I was young about 8 years old, I moved to live in this village with my family, the first time I saw, this bridge was too old. People could pass but not for the ox-cart.

2. How was the size of the bridge?

About 16 meters wide, built with a big pieces of wood (name; Jik / or Ton Jik) and the pillars at both sides were the frame of this bridge. What was the maximum water level? Sometime the bridge was flooded. How did you passed when the bridge was out of use? We drove the cart to cross the stream nearby here whereas the water still high and our cart floated like a boat.

3. Is the name of village original name?

Absolutely yes, in the past when we used this way to travel by walk and the village was located nearby the spirit house but the villager moved out to present place after the new road was constructed and the old road was disserted.

4. Please tell me where were the places that you walked pass to Samrong Kao or to Nang Rong.

I walked along the way through the villages, Ban Nong Hua Chang nearby Ban Samrong Kao. How many people had joined your trip? 2-3 people. Because at that time, this area covered with forest and wild animals such as wild monkeys, small deers. How did you pass the stream? We walked across that stream. How did you travel to Nang Rong? I woke up about 02.00 A.M. and started to traveled by foot passed Kok Kwei, Laluad, Ban Singha and every people usually stopped at Ban Tak Dad, I reached there on the morning about 06.00 AM, we had spent about 4 Hrs to get there and took about 1.30 hr. to Nang Rong.

จากการสำรวจได้มีการเก็บข้อมูล แหล่งโบราณคดีในพื้นที่ตามแนวนนโบราณ
ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลดังต่อไปนี้

Archaeological Sites						
No.	NAME	VILLGE	DIST	PROV	TYPE	DATE_
1	Prasat Phimai		Phimai	NR	Temple	11 A.D.
2	Men Promtat		Phimai	NR	Stupa Ancient	Ayudhya
3	Ban Suai	Ban Suai	Phimai	NR	Village	Iron Age
4	South gate		Phimai	NR	City Gate	12-13 A.D.
5	Kuti Risi		Phimai	NR	Arogayasala	13 A.D.
6	Traces of Temple		Phimai	NR	Disturbed	ND
7	Traces of Temple		Phimai	NR	Disturbed	ND
8	Tanang Sapom		Phimai	NR	Port	12-13 A.D.
9	kusila		Huei Talang	NR	Rest House	13 A.D.
		Ban Muang			Ancient	2000-1300
10	Muang Plabpla	Plabpla	Huei Talang	NR	Village	BP.
		Ban Muang				
11	Sim Watplabtong	Plabpla	Huei Talang	NR	Temple	Lao style
12	Prasat Hueikan	Ban Huai Kan	Huei Talang	NR	Rest House	13 A.D.
13	1401 Mound	Patailin	Lamplymas	Burirum	Potsherd area	Prehistoric
14	Moat of Patailin	Patailin	Lamplymas	Burirum	Moat Site	Prehistoric
15	Moat of Patailin	Patailin	Lamplymas	Burirum	Moat Site	Prehistoric
	Prasat Samrong					
16	Kao	Samrong Kao	Lamplymas	Burirum	Rest House	13 A.D.
17	Samrong Kao	Samrong Kao	Lamplymas	Burirum	Moat Site	Prehistoric
	Moat of Mueng					
18	Fai	Muang Fai	Lamplymas	Burirum	Moat Site	Prehistoric
19	Ban Prasat Tong	Ban Prasattong	Nong hong	Burirum	Moat Site	Prehistoric
20	Prasat Kutnob	Muang Fai	Nong hong	Burirum	Temple	11-12 A.D.
21	Prasat Klang Ban	Ku Muang	Muang Fai	Burirum	Brick Temple	11-12 A.D.

Archaeological Sites						
No.	NAME	VILLGE	DIST	PROV	TYPE	DATE_
22	Prasat Tong	Prasat Tong	Muang Fai	Burirum	Brick Temple	12-13 A.D.
					Trace of	
23	Kok Prasat	Kok Prasat	Nong Hong	Burirum	Temple	ND
24	Prasat Thepsatit	Thepsatit	Chamni	Burirum	Resthouse	13 A.D.
25	Sapan	Hua Sapan	Chamni	Burirum	Old Bridge	70 BP
	Prasat Nong					
26	Plong	Nong Plong	Chamni	Burirum	Rest House	13 A.D.
27	Moat of Prasat	Prasat porn	Chamni	Burirum	Part of Temple	11 A.D.
28	Prasat Porn	Prasatporn	Chamni	Burirum	Brick Temple	11-12 A.D.
29	Kok Prasat	Nongjok	Nang Rong	Burirum	Rest House	13 A.D.
					Trace of	
30	Prasat	Prasat Tepsatit	Chamni	Burirum	Temple	unknown
31	Prasat Silium	Nongtao	Chamni	Burirum	Temple	12 A.D.
					Pediment of	
32	Kuti Risi	Nongtao	Chamni	Burirum	Temple	11 A.D.
33	Prasat	Nongtao	Chamni	Burirum	Brick Temple	11-12 A.D.
34	Bung Noi	Ban Bung Noi	Ban Kruad	Burirum	Burial Site	Prehistoric
35	Kok Prasat	Ban Prasat	Ban Kruad	Burirum	Kiln	9-12 A.D.
			Chalerm			
36	Phnom Rung		Prakiet	Burirum	Temple	10-12 A.D.
37	Kuti Risi	Nong Bua Lai	Prakon Chai	Burirum	Arogayasala	13 A.D.
38	Ban Bu	Ban Bu	Prakon Chai	Burirum	Rest house	13 A.D.
39	Kuti Risi	Muang Tam	Prakon Chai	Burirum	Arogayasala	13 A.D.
40	Prasat Muang Tam	Jarakemak	Prakon Chai	Burirum	Temple	11 AD
		Lahansaikao,				
41	Prasat Tamor	Hinlad	Bankruad	Burirum	Rest House	13 A.D.
42	Prasat Tong	Ban Kruad	Bankruad	Burirum	Brick Temple	10-11 A.D.
			Prasat,			
43	Tamnoppa	Ban Kok Raka	Bankruad	Burirum	Temple Ruin	ND

Archaeological Sites						
No.	NAME	VILLGE	DIST	PROV	TYPE	DATE_
44	Prasat Tong	Nong Kana	Rak	Surin	Temple	11-12 A.D.
45	Prasat Tameun Toj	Nong Kana	Rak	Surin	arogayasala	13 A.D.
46	Prasat Tamuen	Nong Kana	Rak	Surin	Rest House	13 A.D.
47	Thom	Nong Kana	Rak	Surin	Temple	11 A.D.

1.2 ศึกษาหลักฐานที่ระบุอายุสมัย และกำหนดอายุสมัยของโบราณสถาน เพื่อจัดเรียงสมัยทางวัฒนธรรมของแหล่งที่อยู่ในพื้นที่โครงการ

การศึกษาหลักฐานที่ระบุอายุสมัย และกำหนดอายุสมัยของแหล่งโบราณคดี เพื่อจัดเรียงสมัยทางวัฒนธรรมของแหล่งที่อยู่ในพื้นที่โครงการ โดยมุ่งศึกษาแหล่งโบราณคดีประเภทต่อไปนี้

1. ศาสนสถาน
2. อโรคยาศาลา
3. ธรรมศาลา
4. ชุมชนโบราณ

แหล่งโบราณคดีทั้ง 4 ประเภท ได้มีการศึกษาและกำหนดอายุเปรียบเทียบโดยอาศัยหลักฐาน ดังนี้

1. รูปแบบทางสถาปัตยกรรม
2. ลวดลายบนหน้าบัน ทับหลัง เสาประดับกรอบประตู และลวดลายประดับอาคาร
3. ภาชนะดินเผา หรือผลการขุดค้นทางโบราณคดี

ข้อมูลจากตารางเป็นข้อมูลแหล่งโบราณคดีที่จัดเรียงลำดับตามตำแหน่งที่สัมพันธ์กับตำแหน่งธรรมศาลา โดยเริ่มต้นจากพินายจนถึงปราสาทตาเมือน ซึ่งชี้ให้เห็นว่ามีร่องรอยศาสนสถานที่สร้างขึ้นในช่วงระหว่างคริสต์ศตวรรษที่ 10-13 โดยปราสาทพนมรุ้ง และปราสาททองในเขตบ้านหนองคันนา จังหวัดสุรินทร์ มีหลักฐานที่กำหนดอายุเริ่มต้นขึ้นในช่วงศตวรรษที่ 10

1.3 การศึกษาการกระจายตัวของแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมเขมร

ความนำ

โดยทั่วไปแหล่งโบราณคดีเกือบทุกยุคสมัยมักมีตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งสัมพันธ์กับสภาพทางกายภาพของธรรมชาติซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความจำเป็น ณ ช่วงเวลานั้นๆ และในหลายๆ กรณีมักพบว่าพื้นที่ตั้งของแหล่งมีการปรับเปลี่ยนสภาพภูมิประเทศ การทำความเข้าใจเพื่อศึกษาด้านตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งโบราณคดี หรือการกระจายตัวของแหล่งโบราณคดีจึงจำเป็นต้องจำแนกองค์ประกอบและเงื่อนไขต่างๆ เพื่อตรวจสอบแนวโน้มความหนาแน่นของแหล่ง

การศึกษาการกระจายตัวของแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมเขมรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินโครงการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศภูมิศาสตร์ของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ซึ่งการสำรวจตามโครงการระยะที่ 2 ในพื้นที่ดำเนินโครงการ และสามารถกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีประเภทแหล่งอุตสาหกรรมสมัยโบราณได้เป็นจำนวนมากในเขตอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ดังนั้นจึงมุ่งทำการศึกษาในขอบเขตพื้นที่ดังกล่าวโดยมีเนื้อที่ประมาณ 140 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นที่ตั้งของแหล่งโลหะกรรมที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมเขมร และมีวัตถุประสงค์ คือ

1. เพื่อตรวจสอบข้อมูลแหล่งอุตสาหกรรมสมัยโบราณทั้งที่ยังปรากฏซากและที่สิ้นสภาพแต่ยังสามารถระบุตำแหน่งได้เพื่อรวบรวมเป็นข้อมูลองค์ความรู้ของคนในชาติ
2. เพื่อศึกษาและประเมินคุณลักษณะของปัจจัยที่มีผลต่อตำแหน่งที่ตั้งแหล่งโบราณคดี

การวิเคราะห์

ดำเนินการศึกษาบนฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการสำรวจทางโบราณคดีในพื้นที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ โดยสามารถค้นพบและระบุตำแหน่งแหล่งโลหะกรรมได้เป็นจำนวนทั้งสิ้น 67 แหล่ง กระจายอยู่ในเขตหมู่บ้านต่างๆ ดังนี้

บ้านกรวด	จำนวน 12 แหล่ง
บ้านเขาคินใต้	จำนวน 11 แหล่ง
บ้านหนองเอี่ยน	จำนวน 1 แหล่ง
บ้านหนองจิก	จำนวน 10 แหล่ง
บ้านโคกยาง	จำนวน 6 แหล่ง
บ้านสายโทสองใต้	จำนวน 2 แหล่ง
บ้านสายโทสิบเหนือ	จำนวน 6 แหล่ง
บ้านสายโทแปดใต้	จำนวน 19 แหล่ง

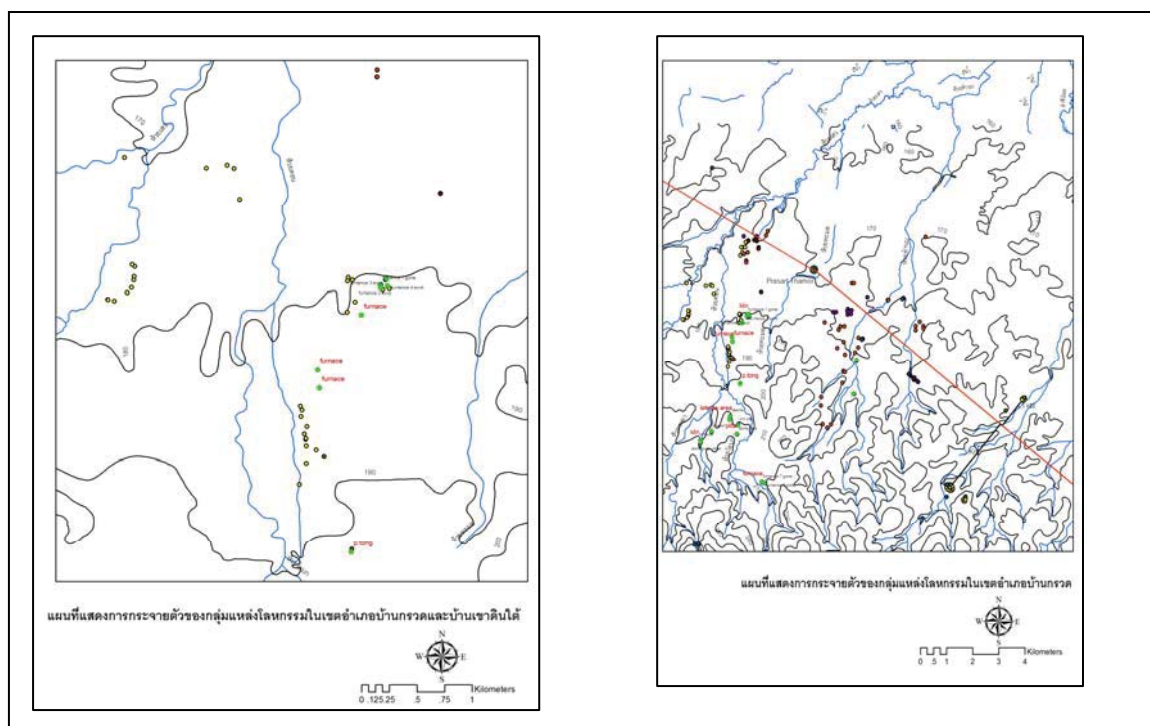
ข้อมูลของแหล่งประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

- รหัส
- ชื่อแหล่ง
- พิกัด UTM
- พิกัด LAT/LON
- หมู่บ้าน
- อำเภอ
- จังหวัด
- ประเภทแหล่ง
- อายุสมัย

ซึ่งนำไปใช้วิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ชั้นข้อมูลแผนที่ ได้แก่

- แผนที่ทหาร มาตรฐาน 1:50000 ระวัง 5637 IV
- ชั้นข้อมูลเส้นชั้นความสูง
- ชั้นข้อมูลแสดงรายละเอียดลำน้ำ
- ชั้นข้อมูลแสดงตำแหน่งธรรมศาลาในเขตประเทศไทย

โดยข้อมูลหลักที่นำมาใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้อมูลตำแหน่งของแหล่งโบราณคดี ระดับความสูง แนวลำน้ำ และข้อมูลตำแหน่งของแหล่งจะแสดงผลเป็น Point data



รูปที่ 3-6 แสดงตัวอย่างชั้นข้อมูลที่นำมาใช้ศึกษา

ตารางที่ 3-3 แสดงข้อมูลแหล่งโลหะกรรม

หมายเลข	ชื่อแหล่ง	หมู่บ้าน	อำเภอ	จังหวัด	ประเภท	อายุ
1	นางแสวง ฮาประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Buriram	Iron Furnace site	ND
2	นายสมพงษ์ คงประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Buriram	Iron Furnace site	ND
3	นางสุวรรณี วัฒนากุลกิจ	บ้านกรวด	Ban Kruad	Buriram	Iron Furnace site	ND
4	นายเวิน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Buriram	Iron Furnace site	ND
5	นางบาง เพ็ญเดิมพัน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Buriram	Iron Furnace site	ND
6	นางบาง เพ็ญเดิมพัน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Buriram	Iron Furnace site	ND
7	นายจิน พรหมประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Buriram	Iron Furnace site	ND
8	นายทุม พรหมประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Buriram	Iron Furnace site	ND

หมายเลข	ชื่อแหล่ง	หมู่บ้าน	อำเภอ	จังหวัด	ประเภท	อายุ
9	นางชาม คงพลปาน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
10	นายโพรง จาบประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
11	นายโพรง จาบประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
12	นางเจียม เทื่อประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
13	นางเจียม เทื่อประโคน	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
14	นายเพชร แป้นประโคน	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
15	นายคลอน นาคประโคน	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
16	นายเสมียน ยานมณี	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
17	นายแกะ เสือประโคน	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
18	นายตูม กลมยา	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
19	นายตูม กลมยา	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
20	นางปราณี ยอดเพชร	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
21	Furnace	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
22	Furnace	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
23	นางเจียน นาคประโคน	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
24	นายทุม พรหมประโคน	บ้านหนองเอี่ยน	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
25	Furnace	บ้านหนองจิกกระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
26	Furnace	บ้านหนองจิกกระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
27	Furnace	บ้านหนองจิกกระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND

หมายเลข	ชื่อแหล่ง	หมู่บ้าน	อำเภอ	จังหวัด	ประเภท	อายุ
28	Furnace	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
29	Furnace	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
30	นายสมอาจ กลมประ โคน	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
31	นายสมอาจ กลมประ โคน	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
32	นายสมอาจ กลมประ โคน	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
33	ยายเนื่อง ท่าประโคน	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
34	นายอุทัย	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
35	นายชอบ ทิรัมย์	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
36	furnance 1 gone	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
37	furnance 2 exist	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
38	furnance 3 exist	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
39	furnance 4 exist	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
40	furnance 5 exist	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
41	furnance 6 gone	บ้านสายโท สองใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND

หมายเลข	ชื่อแหล่ง	หมู่บ้าน	อำเภอ	จังหวัด	ประเภท	อายุ
42	furnance 7 gone	บ้านสายโท สองใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
43	furnance 1	สายโทสิบ เหนือ สาย ตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
44	furnance 2	สายโทสิบ เหนือ สาย ตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
45	furnance 3	สายโทสิบ เหนือ สาย ตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
46	furnance 4	สายโทสิบ เหนือ สาย ตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
47	furnance 5	สายโทสิบ เหนือ สาย ตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
48	furnance 6	สายโทสิบ เหนือ สาย ตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
49	furnance 1	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
50	furnance 2	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
51	furnance 3	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND

หมายเลข	ชื่อแหล่ง	หมู่บ้าน	อำเภอ	จังหวัด	ประเภท	อายุ
52	furnance 4	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
53	furnance 5	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
54	furnance 6	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
55	furnance 7	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
56	furnance 1	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
57	furnance 2	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
58	furnance 3	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
59	furnance 4	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
60	furnance 5	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND

หมายเลข	ชื่อแหล่ง	หมู่บ้าน	อำเภอ	จังหวัด	ประเภท	อายุ
61	furnance 6	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
62	furnance 7	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
63	furnance 8	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
64	furnance 9	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
65	furnance 10	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
66	furnance 11	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
67	furnance 12	สายโทแปด ใต้ จันทบ เพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND

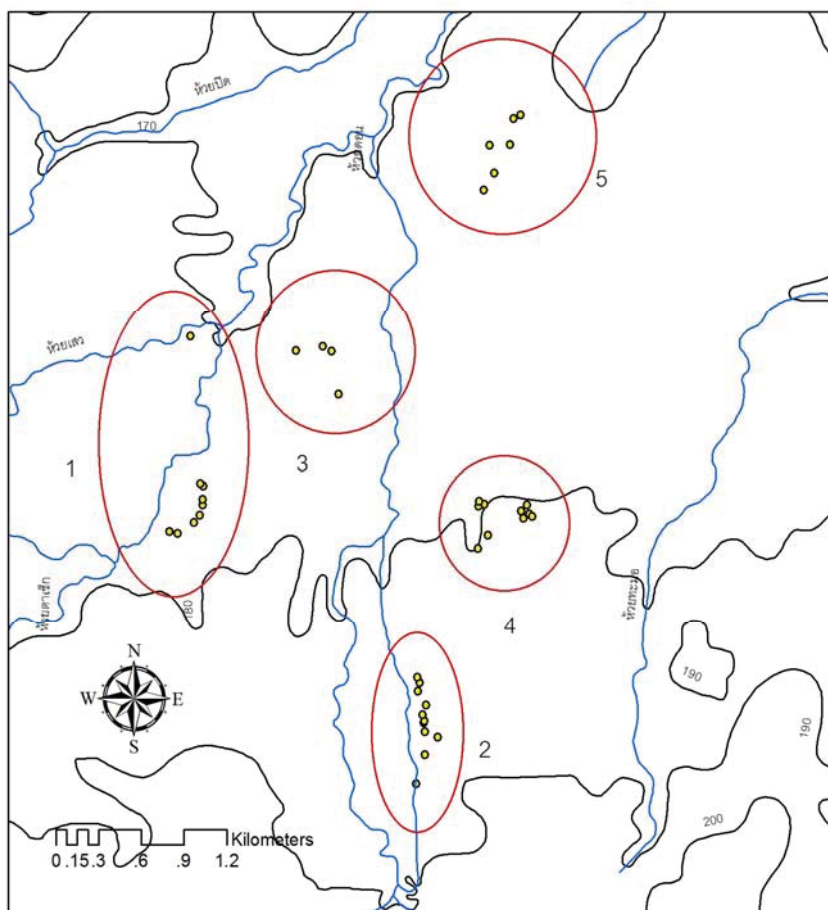


รูปที่ 3-7 แสดงชิ้นส่วนกากแร่ และเนินโลหะกรรม ในเขตอำเภอบ้านกรวด

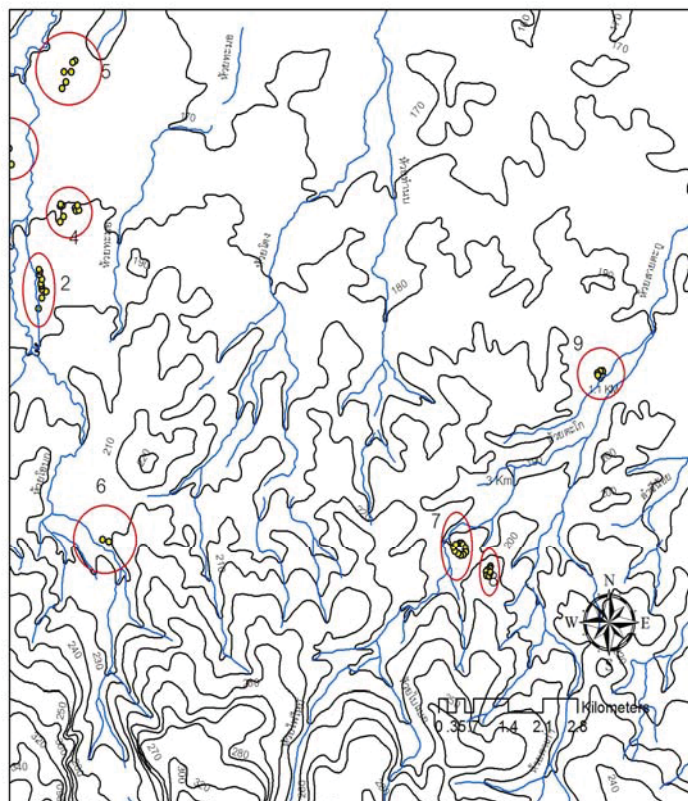
ตำแหน่งที่ตั้งแหล่งโบราณคดี (Site Locations)

ตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งอุตสาหกรรมสมัยโบราณซึ่งแสดงผลเป็น Point Data บางข้อมูลเป็นตำแหน่งของแหล่งที่มีการค้นพบมาก่อน พ.ศ. 2540 และได้ดำเนินงานอีกครั้งระหว่าง พ.ศ. 2550-2551 ได้พบแหล่งโลหะกรรม จำนวนทั้งสิ้น 67 แหล่ง กระจายอยู่เป็นกลุ่มในพื้นที่สำรวจประมาณ 140 ตารางกิโลเมตร หรือครอบคลุมเขตหมู่บ้านต่างๆ คือ บ้านกรวด บ้านเขาหินใต้ บ้านหนองเอียน บ้านหนองจิก บ้านโคกยาง บ้านสายโทสองใต้ บ้านสายโทสิบเหนือ บ้านสายโทแปดใต้ และครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาของลำชี ได้แก่ ห้วยเสว ห้วยดอน ห้วยโอบก ห้วยสายตะกู และห้วยตะโก ซึ่งไหลผ่านอำเภอบ้านกรวดตามแนวทิศเหนือ-ใต้ โดยมีห้วยเสวเป็นลำสาขาที่สำคัญมีต้นน้ำต้นน้ำเกิดจากบริเวณเทือกเขาทางตอนใต้ของอำเภอบ้านกรวดมีพื้นที่รับ

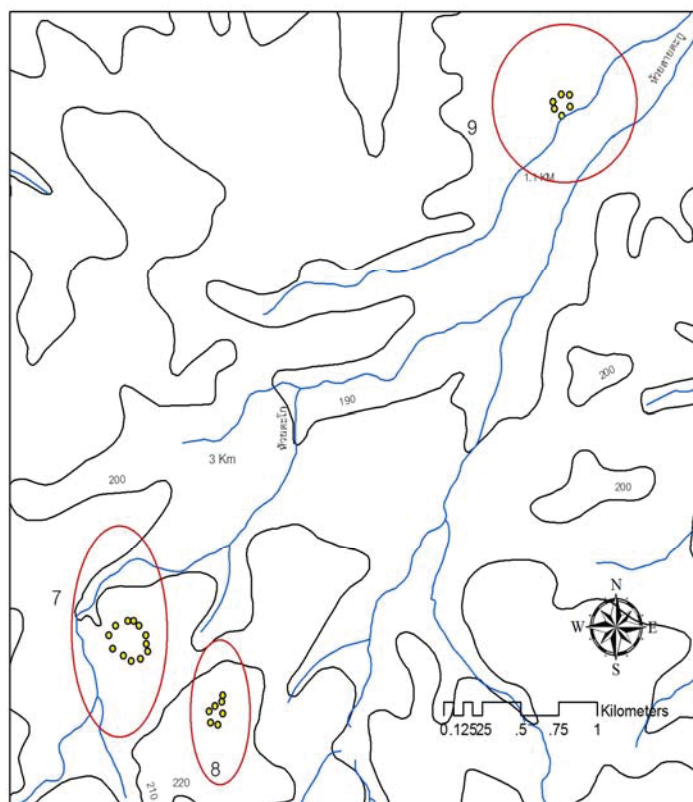
การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งโลหะกรรมพบว่าเกือบทั้งหมดตั้งอยู่เป็นกลุ่มในพื้นที่ลุ่มน้ำต่างๆ โดยสามารถจัดจำแนกกลุ่มแหล่งโลหะกรรมทั้งหมดออกเป็น 9 กลุ่ม ตามภาพต่อไปนี้



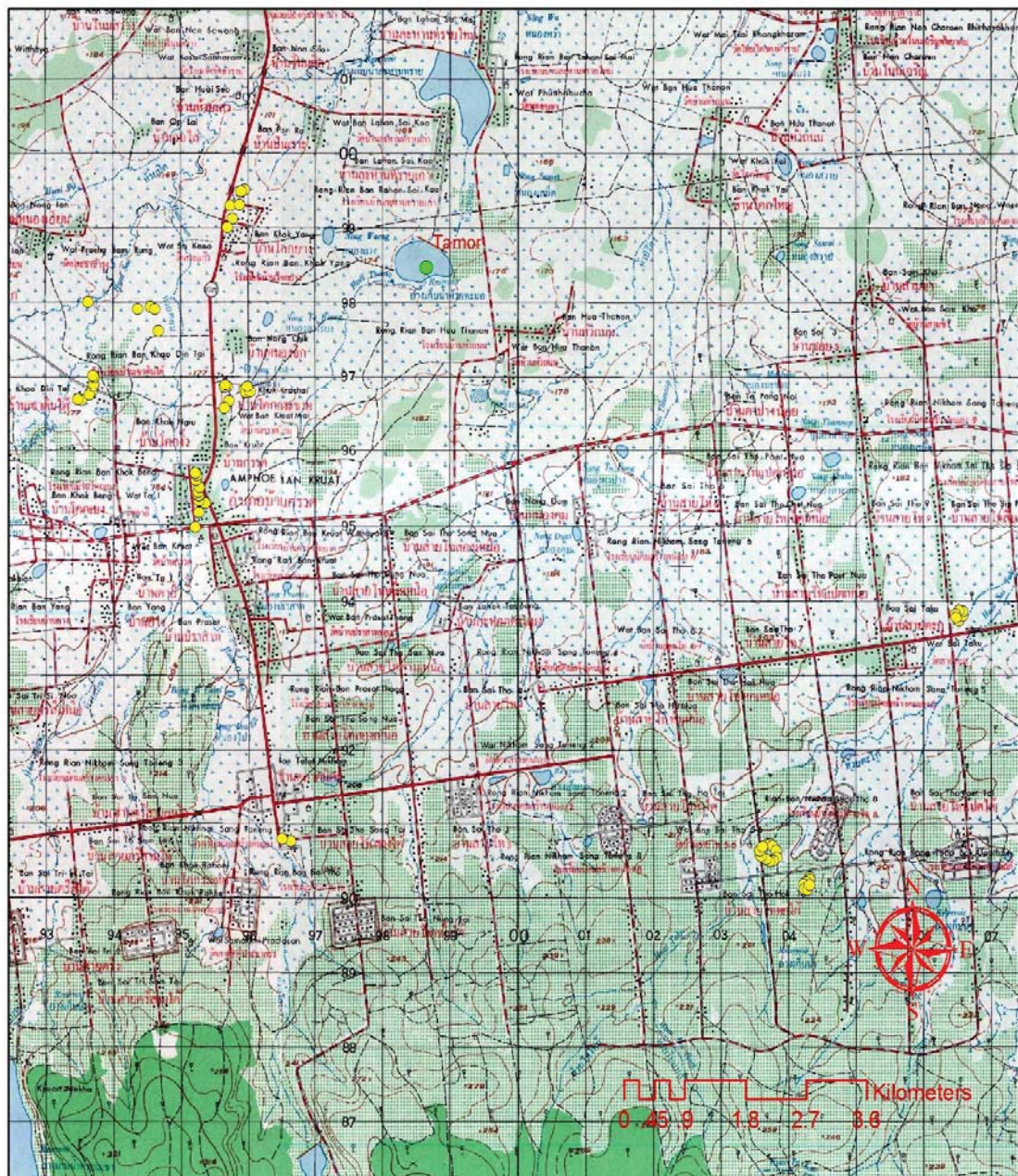
รูปที่ 3-8 แผนที่แสดงตำแหน่งกลุ่มแหล่งโลหะกรรม



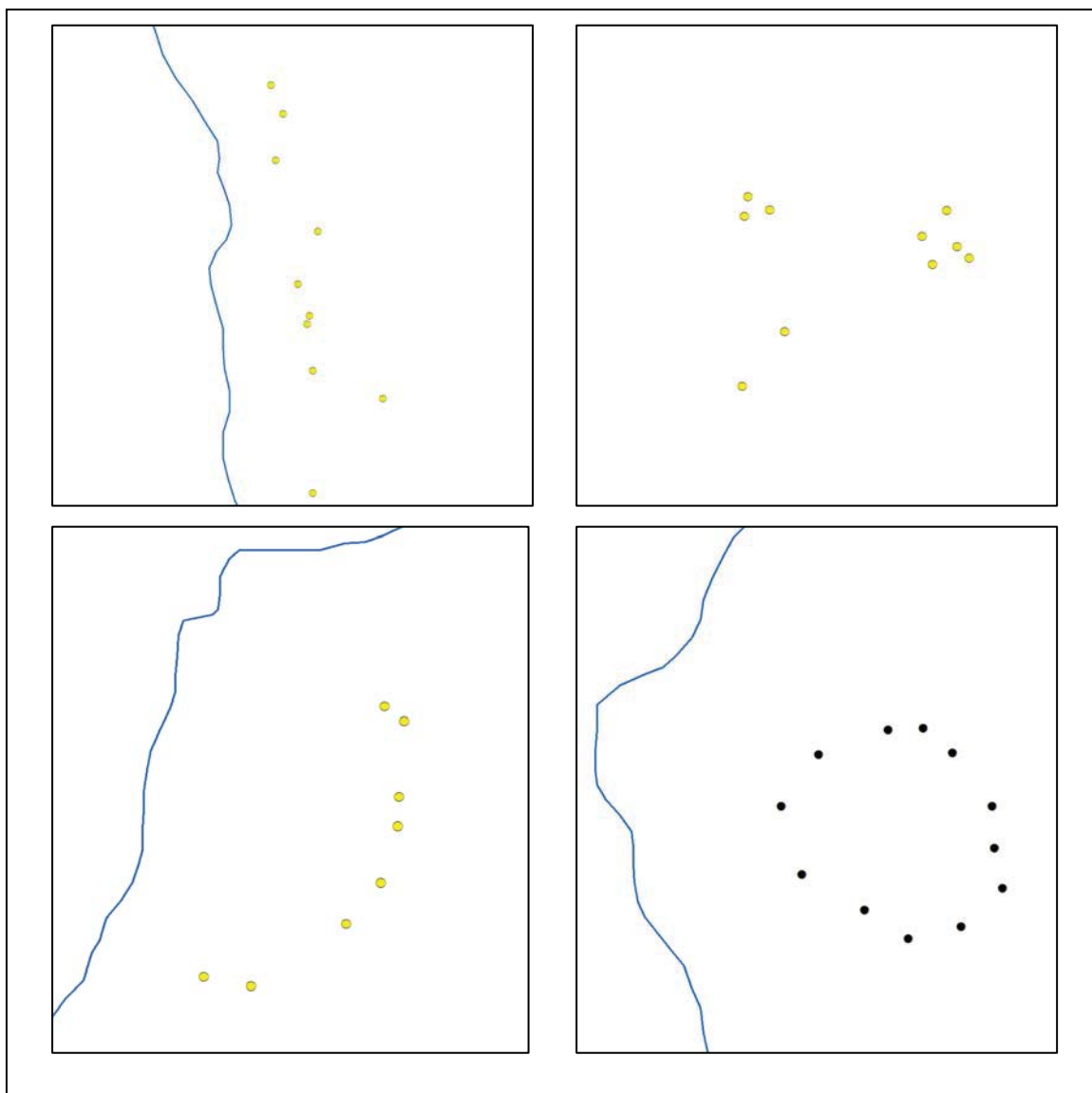
รูปที่ 3-9 แผนที่แสดงตำแหน่งกลุ่มแหล่งโลหะกรรม



รูปที่ 3-10 แผนที่แสดงตำแหน่งกลุ่มแหล่งโลหะกรรม



รูปที่ 3-11 แผนที่แสดงตำแหน่งกลุ่มแหล่งโลหะกรรม ประกอบแผนที่ความสูง



รูปที่ 3-12 ภาพแสดงรูปแบบการกระจายตัวของแบบเส้นตรง (ก) แบบสุม (ข) และแบบวงกลม (ค)-(ง)

กลุ่มแหล่งโลหะกรรมทั้งหมดนี้ในแต่ละเนินมีรูปแบบการกระจายตัว ดังต่อไปนี้

1. การกระจายในแบบเส้นซึ่งมีตำแหน่งขนานกับลำน้ำได้แก่ กลุ่มแหล่งโลหะกรรมหมายเลข 2 ซึ่งปรากฏเนินมีที่ตั้งขนานกับห้วยดอน
2. การกระจายแบบสุม ได้แก่ กลุ่มเตาหมายเลข 3 หมายเลข 4 และหมายเลข 5 กลุ่มเนินที่มีการกระจายตัวรูปแบบนี้พบตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ห่างจากแนวลำน้ำหรือพบอยู่ในพื้นที่ตอนกลางที่ขนาบด้วยลำน้ำสองสายไหลผ่าน
3. การกระจายแบบวงกลม ได้แก่ กลุ่มเตาหมายเลข 1 หมายเลข 7 หมายเลข 8 และหมายเลข 9 ในกลุ่มการกระจายตัวรูปแบบนี้มีลักษณะที่ปรากฏในปัจจุบันมักเป็นเนินโลหะกรรม

ในด้านตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งโลหะกรรมส่วนใหญ่ตั้งอยู่ใกล้ลำห้วยซึ่งพบว่ามีปริมาณหนาแน่นต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยปรากฏว่าพื้นที่ลำห้วยดอนมีแหล่งโลหะกรรมตั้งอยู่มากที่สุดถึงร้อยละ 37.31 และมีการใช้พื้นที่สูงกว่าพื้นที่ลำห้วยอื่นถึงร้อยละ 49.21 คิดเป็นเนื้อที่ที่ใช้ในการโลหะกรรมประมาณ 151,053.11 ตารางเมตร กลุ่มเนินที่ตั้งอยู่ในเขตลำห้วยดอนนี้พบทั้งที่มีการกระจายตัวแบบเส้นตามแนวลำห้วยและแบบ

ตารางที่ 3-4 แสดงข้อมูลของกลุ่มแหล่งโลหะกรรม

กลุ่ม	1	2	3	4	5	6	7	8	9
จำนวนเนิน	9	11	4	10	6	2	12	7	6
เนื้อที่ ตร.ม.	50,773. 86	43,560. 87	44,409. 60	63,082. 65	38,962. 37	4,134. 58	43,558. 00	8,864. 86	9,588. 11
ระดับ ความ สูง	170	180	170	170- 180	170	200	200	210	190

ตารางที่ 3-5 แสดงการกระจายของกลุ่มแหล่งโลหะกรรมในเขตพื้นที่ลำห้วยเพื่อใช้ประกอบกับตำแหน่งกลุ่มแหล่งโลหะกรรม

ห้วยเสว	ห้วยดอน	ระหว่างแหล่งน้ำ	ห้วยโอบก	ห้วยตะโก	ห้วยสายตะกู
1	2	5	6	7	9
	3			8	
	4				

ตารางที่ 3-6 แสดงจำนวนแหล่งโลหะกรรมที่พบในเขตลำห้วย

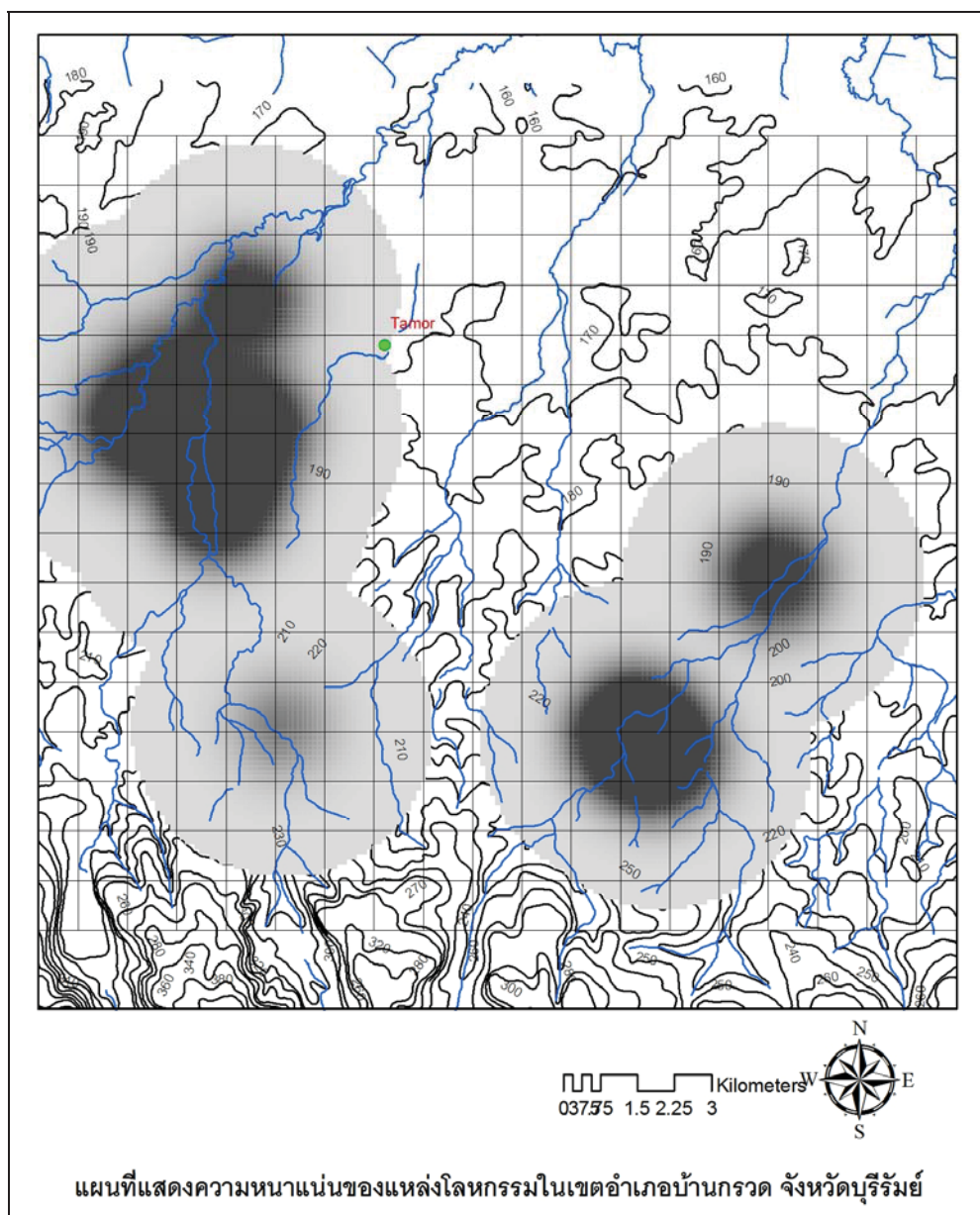
	ห้วยเสว	ห้วยดอน	ระหว่าง แหล่งน้ำ	ห้วยโ บก	ห้วยตะโก	ห้วยสาย ตะกู	รวม
จำนวนแหล่ง	9	25	6	2	19	6	67
%	13.43	37.31	8.96	2.99	28.36	8.96	100
เนื้อที่ (ตร.ม.)	50,773.86	151,053.11	38,962.37	4,134.58	52,422.86	9,588.11	306,934.89
%	16.54	49.21	12.69	1.35	17.08	3.12	100.00

ตารางที่ 3-7 แสดงจำนวนแหล่งโลหะกรรมที่พบตามระดับชั้นความสูง

จำนวน	170	9	7	6				22
	180		18					18
	190						6	6
	200				2	12		14
	210					7		7
	contour	ห้วย เสว	ห้วย ดอน	ระหว่าง แหล่งน้ำ	ห้วยโอบก	ห้วย ตะโก	ห้วยสาย ตะกู	67
ร้อยละ	170	13.43	10.45	8.96				32.84
	180		26.87					26.87
	190						8.96	8.96
	200				2.99	17.91		20.90
	210					10.45		10.45

กลุ่มจำนวน 25 แหล่ง ในขณะที่แหล่งที่ตั้งอยู่ใกล้ลำห้วยตะโกได้แก่ กลุ่มที่ 7 และ 8 ในเขตบ้านสายโทแปดใต้ ซึ่งมีรูปแบบการกระจายตัวเป็นแบบวงกลมมีทั้งสิ้น 19 เนิน ใช้พื้นที่ในการโลหะกรรมประมาณร้อยละ 17.08 คิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 52,422.86 ตารางเมตร และกลุ่มแหล่งโลหะกรรมที่ตั้งอยู่ใกล้ลำห้วยเสวที่ติดต่อกับห้วยดอนมีกลุ่มเนินที่อยู่ในเขตบ้านเขาคินใต้ซึ่งมีเนินโลหะกรรมกระจายเป็นรูปครึ่งวงกลมมีแหล่งตั้งอยู่ร้อยละ 13.43 ดังนั้นจากตำแหน่งที่ตั้งซึ่งได้จำแนกลักษณะออกตามสภาพพื้นที่เห็นได้ว่าห้วยดอนเป็นบริเวณที่ปรากฏแหล่งโลหะกรรมหนาแน่นที่สุด

นอกจากนี้ ยังพบว่าแหล่งโลหะกรรมปรากฏหนาแน่นที่สุดในบริเวณชั้นความสูงที่ 170 ถึงร้อยละ 32.84 จำนวน 22 แหล่งครอบคลุมพื้นที่ลำห้วยเสว ห้วยดอนและพื้นที่ระหว่าง



รูปที่ 3-13 แผนที่แสดงความหนาแน่นของแหล่งโลหะกรรมในเขตอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

ตารางที่ 3-8 แสดงค่าเฉลี่ยของระยะทางจากกลุ่มแหล่งโลหะกรรมถึงลำห้วย

	กลุ่มแหล่งโลหะกรรม								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ระยะทางเฉลี่ย (ม.)	202.014	107.128	502.848	797.333	865.286	148.031	325.619	755.63	81.563

MAX. =	865.286
MIN =	81.563
Median =	325.619
STDEV =	316.817
MEAN =	420.605

จากตารางแสดงค่าระยะทางเฉลี่ยของกลุ่มแหล่งโลหะกรรมทั้งหมด 9 กลุ่มจากข้อมูลระยะทางของเนินแหล่งโบราณคดีทั้ง 67 แหล่งถึงลำห้วยต่างๆ เห็นได้ว่าทั้งหมดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ห่างจากลำน้ำมากกว่า 1 กิโลเมตร ซึ่งค่าเฉลี่ยระยะทางไกลที่สุดคือ 865.286 เมตร ระยะใกล้แหล่งน้ำมากที่สุด 81.563 เมตร และทั้ง 9 กลุ่มมีค่าระยะทางเฉลี่ยคือ 420.605 เมตร โดยกลุ่มเนินหมายเลข 1 2 6 7 9 มีระยะห่างจากแหล่งน้ำไม่เกิน 350 เมตร แต่กลุ่มเนินหมายเลข 4 และ 5 เป็นกลุ่มเนินโลหะกรรมที่อยู่ห่างจากลำน้ำมากที่สุดคือ 797.333 และ 865.286 เมตร

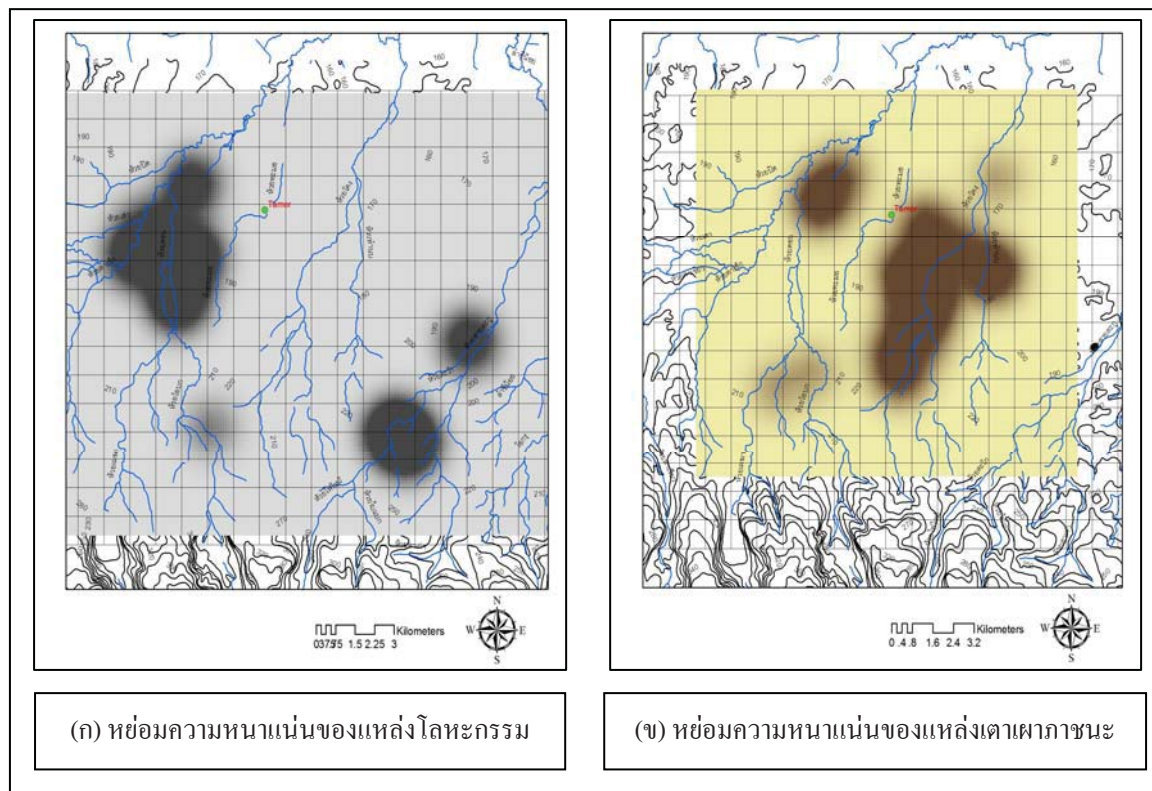
ระยะห่างระหว่างกลุ่มแหล่งทั้งหมดกับลำห้วยต่างๆ อาจมีความสัมพันธ์กับรูปแบบการกระจายตัว โดยเห็นว่ากลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยระยะทางใกล้ลำน้ำมากกว่ากลุ่มอื่น ได้แก่ กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 6 มีระยะทางห่างจากแหล่ง 107.128 เมตร และ 148.03 เมตร เป็นกลุ่มแหล่งโลหะกรรมที่กระจายตัวเป็นเส้นขนานไปกับลำน้ำ แต่ในกลุ่มที่ 9 ซึ่งเป็นกลุ่มที่อยู่ใกล้ลำน้ำมากที่สุดคือ 81.563 เมตร เป็นกลุ่มเดียวที่มีเนินโลหะกรรมกระจายตัวแบบวงกลม ทั้งหมด 6 เนิน จึงอาจส่งผลให้ต้องจำกัดการใช้พื้นที่ในการผลิต หรือไม่สามารถขยายเนื้อที่เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและในกลุ่มที่ 3, 4 และ 5 ซึ่งเป็นกลุ่มที่อยู่ห่างจากลำน้ำมากกว่า 500 เมตร เป็นกลุ่มที่มีเนินโลหะกรรมกระจายตัวในรูปแบบสุ่มและน่าสนใจว่าในกลุ่มที่ 8 กลับมีการกระจายของเนินโลหะกรรมเป็นแบบวงกลมทั้งยังตั้งอยู่ในบริเวณชั้นความสูงที่ 210 ซึ่งเป็นพื้นที่สูงที่สุดที่พบแหล่งโลหะกรรม

ความสัมพันธ์ด้านตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งโบราณคดี

เนื่องจากเทคโนโลยีในกระบวนการผลิตในด้านการจัดหาวัตถุดิบนำมาลงโลหะเป็นข้อจำกัดที่ทำให้คณะผู้วิจัยยังไม่สามารถระบุตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งวัตถุดิบที่แน่นอน การศึกษาในประเด็นนี้จึงไม่สามารถตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างที่ตั้งแหล่งโบราณคดีกับแหล่งแร่หรือแหล่งวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิต

ในพื้นที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์เป็นอาณาบริเวณที่พบแหล่งโบราณคดีเป็นจำนวนมาก นอกจากแหล่งโลหะกรรมที่สามารถระบุตำแหน่งได้แล้วนั้น พื้นที่ดังกล่าวยังปรากฏแหล่งผลิตภาชนะดินเผา ศาสนสถาน แหล่งตัดหิน แหล่งตัดศิลาแลง จึงทำให้ในเขตนี้อาจมีสถานะเป็นแหล่งผลิตที่สำคัญที่สนับสนุนผลผลิตป้อนให้อาณาจักรเขมรโบราณทั้งระบบและมีบทบาทสำคัญต่อการขยายขอบเขตอาณาจักรได้อย่างกว้างขวาง

การศึกษาด้านตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งโลหะกรรมและแหล่งโบราณคดีอื่นๆ อาจแปลความได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่มีการแบ่งโซนพื้นที่เพื่อการผลิต โดยได้พบว่ากลุ่มกระจายตัวของแหล่งโลหะกรรมจะปรากฏความหนาแน่นในอาณาบริเวณหนึ่งในขณะที่กลุ่มการกระจายตัวของแหล่งผลิตภาชนะดินเผาปรากฏความหนาแน่นในอีกพื้นที่หนึ่งซึ่งปัจจัยการเลือกที่ตั้งของแหล่งทั้งสองประเภทต้องอาศัยปัจจัยร่วมกันที่สำคัญคือ แหล่งน้ำ



รูปที่ 3-14 แสดงแผนที่เปรียบเทียบตำแหน่งความหนาแน่นของแหล่งผลิตสองประเภท

แหล่งอุตสาหกรรมนักร้อยแห่งที่อยู่ในเขตนี้มีเพียงบางแห่งที่มีผลการกำหนดอายุได้แก่ เตานายเจียน ซึ่งตัวอย่างหมายเลข OAEP-960 มีค่าอายุในช่วงพุทธศตวรรษที่ 15-17 (กรมศิลปากร 2532: 90) ซึ่งร่วมสมัยกับปราสาทพนมรุ้ง ปราสาทเมืองต่ำ ที่อยู่ห่างออกไปประมาณ 18 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตก และศาสนสถานอื่นๆ อีกเป็นจำนวนมากทั้งที่อยู่ในเขตนี้และที่ห่างไกลออกไป การเกิดขึ้นของศาสนสถานในวัฒนธรรมเขมรโบราณควรมีความเกี่ยวข้องกับแหล่งชุมชน ข้อความในจารึกหลายหลักบอกให้ทราบว่ามีความจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรเป็นจำนวนมากทั้งแรงงาน ที่ดิน เครื่องอุปโภค บริโภคในการหล่อเลี้ยงเทพเจ้าประจำศาสนสถานนั้นๆ และจำนวนศาสนสถานที่เพิ่มมากขึ้นตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 16 จนถึงรัชกาลพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ยังส่งผลให้ต้องเพิ่มกำลังในการผลิตให้สูงขึ้นอีกเป็นเงาตามตัว

ข้อความในจารึกปราสาทพระขรรค์บอกให้ทราบว่า พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 โปรดให้สร้างที่พักคนเดินทางไว้ตามถนนสายต่างๆ ที่ควรมีก่อนหน้ารัชสมัยของพระองค์ ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งแหล่งโลหะกรรมที่ปรากฏในแผนที่แสดงความสัมพันธ์ของแหล่งโบราณคดีประกอบข้อมูลตำแหน่งที่พักคนเดินทางที่ใช้เป็นที่หมายในการกำหนดแนวถนนโบราณโดยประมาณ และข้อมูลเส้นประวงรี 2,000 เมตร เป็นสมมุติฐานให้แหล่งผลิตมีขอบเขตพื้นที่บริการในระยะ 2 กิโลเมตร ในการจัดหาทรัพยากรที่นำมาใช้ผลิตและลำเลียงผลผลิตออกจากแหล่ง แม้ว่าข้อเท็จจริงพื้นที่บริการอาจมีรัศมีไกลกว่านั้นมากแต่จะเห็นได้ว่าศูนย์กลางการถลุงโลหะและผลิตเครื่องถ้วยอยู่ในแนวเส้นทางการเดินทางระหว่างเมืองพิมายและเมืองพระนคร และตามข้อเท็จจริง การขุดค้นทางโบราณคดีและการบูรณะศาสนสถานแบบเขมรทุกแห่งทั้งที่พิมาย และแหล่งอื่น โดยกรมศิลปากร ได้มีการพบเครื่องถ้วยทั้งที่สมบูรณ์และเศษชิ้นส่วน รวมทั้งเครื่องมือเหล็กทั้งที่เป็นอาวุธและเครื่องมือที่ใช้ก่อสร้างศาสนสถานประเภทหินอยู่เป็นจำนวนมากทั้งที่ไม่ปรากฏแหล่งผลิต แหล่งถลุงโลหะขนาดใหญ่ในย่านนั้นๆ จึงเป็นไปได้ว่าผลผลิตจากศูนย์กลางแห่งนี้ถูกลำเลียงไปตามเส้นทางนี้เพื่อป้อนเข้าสู่ชุมชนและศาสนสถานต่างๆ และยังมีความเป็นไปได้อีกว่าอาจมีการขนส่งผลผลิตบางส่วนไปยังเมืองพระนครผ่านช่องตาเมื่อนที่มีการปรับพื้นที่เป็นทางเดินศิลาแลงลดชันเป็นลานตะพักลงไปยังดินแดนเขมรต่ำ ซึ่งการสำรวจจากการดำเนินโครงการในระยะที่ 1 ได้มีการพบเครื่องมือเหล็ก ใบหอก มีด หลายรายการในบริเวณปราสาทจานในเขตประเทศกัมพูชา

ข้อมูลระยะทางที่ปรากฏในตารางข้างล่างนี้ แสดงระยะทางจากแหล่งโลหะกรรมทั้ง 67 แหล่งถึงที่พักคนเดินทางแห่งต่างๆ ซึ่งคำนวณตามระยะทางตรงเพื่อให้ใกล้เคียงกับแนวเชื่อมต่อระหว่างที่พักคนเดินทางที่คาดว่าควรเป็นถนนดังนั้นค่าระยะทางนี้จึงเป็นค่าโดยประมาณ เห็นได้ว่าที่พักคนเดินทางที่อยู่ใกล้แหล่งโลหะกรรม รวมถึงแหล่งเตาเผามากที่สุดคือปราสาทมอและปราสาทตาเมื่อน ซึ่งหมายความว่าเส้นทางที่สั้นมากที่สุดจะใช้ลำเลียงผลผลิตลงไปยังดินแดนเขมรต่ำ ในทางกลับกันยังสามารถลำเลียงผลผลิตไปยังเมืองพิมายหรือชุมชนอื่นๆ โดยผ่านตามถนนที่ยังคงปรากฏร่องรอยที่ชัดเจนในเขตบ้านตาปาง อำเภอบ้านกรวดบุรีรัมย์ ซึ่งผลการ

ตารางที่ 3-9 แสดงระยะทางจากเนินโลหะกรรมถึงที่พักคนเดินทาง (กม.)

Furnace No.	Kukosi	Huai Kan	Samrong Kao	Nong Tapleng	Nong Plong	Kok Prasat	Ban Bu	Tamor	Ta Muen
0	89.92	74.26	67.92	53.71	42.87	31.63	17.47	4.55	19.02
1	89.96	74.31	67.97	53.75	42.91	31.67	17.49	4.70	19.06
2	90.09	74.44	68.10	53.87	43.02	31.78	17.59	4.88	19.03
3	89.84	74.18	67.84	53.62	42.79	31.55	17.38	4.59	19.12
4	89.78	74.12	67.78	53.57	42.74	31.50	17.34	4.56	19.15
5	89.78	74.12	67.78	53.56	42.73	31.49	17.33	4.55	19.15
6	89.73	74.07	67.73	53.52	42.69	31.45	17.29	4.53	19.18
7	89.69	74.03	67.69	53.48	42.65	31.41	17.26	4.47	19.19
8	89.59	73.92	67.58	53.38	42.55	31.31	17.16	4.45	19.28
9	89.54	73.88	67.54	53.33	42.51	31.27	17.13	4.40	19.30
10	89.50	73.84	67.50	53.30	42.47	31.23	17.09	4.39	19.33
11	87.73	72.10	65.77	51.51	40.64	29.40	15.20	5.40	21.27
12	87.69	72.06	65.73	51.47	40.59	29.35	15.15	5.45	21.32
13	87.72	72.08	65.75	51.50	40.64	29.40	15.22	5.21	21.18
14	87.73	72.10	65.77	51.52	40.65	29.41	15.23	5.27	21.20
15	87.67	72.03	65.70	51.46	40.60	29.36	15.19	5.17	21.20
16	87.65	72.00	65.67	51.43	40.58	29.34	15.17	5.16	21.21
17	87.58	71.93	65.60	51.36	40.51	29.27	15.11	5.13	21.25
18	87.55	71.90	65.57	51.33	40.48	29.24	15.08	5.14	21.28

Furnace No.	Kukosi	Huai Kan	Samrong Kao	Nong Tapleng	Nong Plong	Kok Prasat	Ban Bu	Tamor	Ta Muen
19	87.22	71.53	65.18	51.02	40.25	29.01	14.99	4.30	21.11
20	87.30	71.61	65.26	51.11	40.35	29.11	15.12	4.11	20.96
21	87.37	71.67	65.32	51.17	40.42	29.18	15.19	4.05	20.89
22	87.63	71.94	65.59	51.43	40.67	29.43	15.41	4.05	20.70
23	86.70	71.03	64.69	50.49	39.68	28.44	14.36	5.02	21.80
24	88.84	73.13	66.78	52.65	41.90	30.67	16.67	3.34	19.45
25	88.82	73.11	66.76	52.63	41.88	30.65	16.65	3.39	19.48
26	88.80	73.09	66.74	52.61	41.86	30.63	16.63	3.37	19.49
27	89.02	73.31	66.96	52.83	42.07	30.84	16.82	3.42	19.32
28	89.05	73.35	67.00	52.86	42.09	30.86	16.83	3.53	19.34
29	86.89	71.11	64.75	50.76	40.17	28.97	15.37	2.88	20.65
30	86.87	71.10	64.74	50.74	40.15	28.95	15.34	2.92	20.68
31	86.92	71.15	64.79	50.78	40.16	28.95	15.29	3.02	20.71
32	87.00	71.23	64.87	50.86	40.26	29.05	15.41	2.89	20.60
33	87.08	71.32	64.96	50.94	40.31	29.10	15.41	2.94	20.58
34	87.13	71.37	65.01	50.98	40.34	29.13	15.41	2.99	20.58
35	89.03	73.31	66.96	52.84	42.11	30.88	16.90	3.14	19.20
36	89.08	73.36	67.01	52.89	42.16	30.93	16.96	3.10	19.14
37	89.07	73.36	67.01	52.89	42.16	30.92	16.95	3.15	19.16
38	89.10	73.39	67.03	52.92	42.19	30.96	16.99	3.09	19.11
39	89.02	73.30	66.94	52.83	42.11	30.87	16.91	3.08	19.18
40	94.36	78.76	72.44	58.13	47.19	35.97	21.67	7.98	16.39
41	94.26	78.67	72.34	58.04	47.09	35.87	21.56	7.97	16.51
42	98.06	82.15	75.76	62.15	51.85	40.75	27.42	9.21	8.83
43	98.05	82.15	75.75	62.14	51.86	40.76	27.44	9.23	8.83
44	97.99	82.09	75.70	62.09	51.81	40.71	27.40	9.19	8.88
45	97.96	82.05	75.66	62.05	51.77	40.67	27.35	9.14	8.92
46	97.96	82.05	75.66	62.05	51.76	40.65	27.33	9.12	8.93
47	97.99	82.09	75.70	62.08	51.79	40.69	27.36	9.15	8.89

Furnace No.	Kukosi	Huai Kan	Samrong Kao	Nong Tapleng	Nong Plong	Kok Prasat	Ban Bu	Tamor	Ta Muen
48	99.32	83.52	77.14	63.22	52.62	41.41	27.53	9.98	8.84
49	99.35	83.54	77.16	63.24	52.65	41.43	27.55	10.00	8.83
50	99.34	83.54	77.16	63.23	52.63	41.42	27.53	10.00	8.86
51	99.34	83.54	77.17	63.24	52.63	41.42	27.52	10.01	8.89
52	99.40	83.60	77.22	63.29	52.69	41.47	27.57	10.07	8.86
53	99.44	83.64	77.26	63.33	52.73	41.51	27.62	10.10	8.81
54	99.41	83.60	77.23	63.30	52.70	41.49	27.60	10.07	8.80
55	98.59	82.79	76.42	62.48	51.88	40.66	26.77	9.26	9.57
56	98.61	82.81	76.44	62.51	51.90	40.69	26.80	9.28	9.53
57	98.66	82.86	76.48	62.55	51.95	40.73	26.85	9.33	9.49
58	98.77	82.97	76.60	62.66	52.06	40.84	26.95	9.44	9.41
59	98.73	82.93	76.56	62.62	52.02	40.80	26.92	9.40	9.43
60	98.81	83.01	76.64	62.70	52.09	40.88	26.99	9.49	9.39
61	98.82	83.02	76.65	62.71	52.09	40.88	26.98	9.50	9.42
62	98.79	83.00	76.62	62.68	52.06	40.84	26.94	9.48	9.47
63	98.74	82.94	76.57	62.62	52.00	40.79	26.88	9.42	9.53
64	98.66	82.87	76.49	62.54	51.93	40.71	26.80	9.35	9.61
65	98.58	82.79	76.41	62.47	51.85	40.63	26.73	9.27	9.65
66	98.56	82.77	76.39	62.45	51.84	40.62	26.73	9.24	9.63

สรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยมีความเห็นว่าผลที่ได้รับที่สำคัญมากที่สุดคือ แหล่งโบราณคดีซึ่งเป็นมรดกทางวัฒนธรรมของมนุษย์ได้รับการอนุรักษ์จากการที่สามารถตรวจสอบพิสูจน์ทราบตำแหน่งและการมีอยู่อย่างเกือบสมบูรณ์และครบถ้วนซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเข้าไปดำเนินการขั้นต่อไป เพื่อทำการอนุรักษ์ทางกายภาพหรือศึกษาวิจัยเพื่อขยายฐานความรู้ต่อไปในอนาคตซึ่งยังคงมีอีกหลายประเด็นศึกษาที่น่าสนใจอีกเป็นจำนวนมาก ทั้งในด้านการใช้พื้นที่แหล่งปัจจัยในการกำหนดการกระจายตัวของเนินโลหะกรรมที่มีรูปแบบเฉพาะ แหล่งวัตถุดิบ ปริมาณผลผลิตที่สามารถผลิตได้

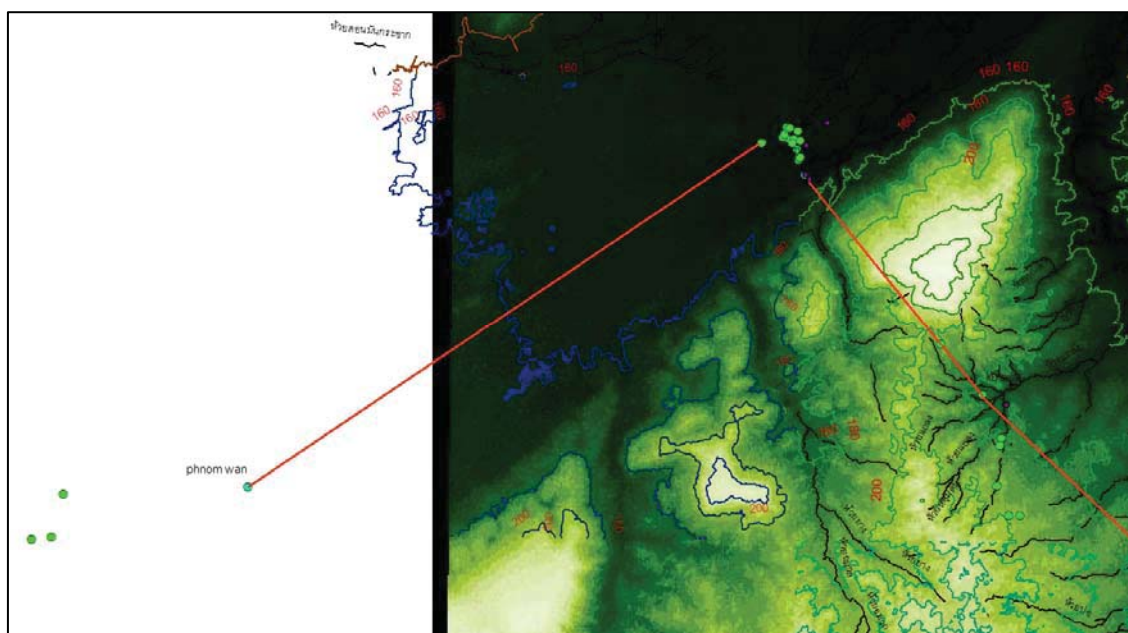
3.2 ศึกษาและตรวจสอบสมมุติฐานโครงข่ายถนนสายย่อยที่อาจมีขึ้นเพื่อเชื่อมโยงแหล่งอุตสาหกรรมสมัยโบราณและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างถนนกับแหล่งชุมชนโบราณที่ปรากฏตามสถาน



รูปที่ 3-16 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงสภาพพื้นที่ปัจจุบัน



รูปที่ 3-17 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงร่องรอยแนวถนนทางด้านตะวันตกของเมืองพิมาย



รูปที่ 3-18 แสดงแนวเส้นสมมุติของแนวถนนจากเมืองพินายถึงปราสาทพนมวัน
อ.เมือง จ.นครราชสีมา

การศึกษาเพื่อตรวจสอบโครงข่ายถนนสายย่อยที่ดำเนินการต่อจากโครงการระยะที่ 1 ได้พบร่องรอยแนวคันดินจากการตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศขนาดกว้างประมาณ 1 เมตร ยาวประมาณ 3 กิโลเมตร ซึ่งมีแนวตัดตรงออกจากด้านตะวันตกของเมืองพินาย โดยมีแนวเริ่มต้นจากบริเวณที่เรียกว่า สระเพลงแห้ง ซึ่งเป็นสระน้ำโบราณที่อยู่นอกเมืองพินายและมีแนวต่อไปในเขตบ้านขามและบ้านสูงซึ่งเป็นแหล่งโบราณคดีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในสมัยเหล็ก ในปัจจุบันแนวคันดินนี้ถูกรบกวนจากการขยายพื้นที่นาทำให้ร่องรอยถูกทำลายเป็นจำนวนมากตามที่ปรากฏในภาพที่ 3-16



รูปที่ 3-19 แสดงแนวคันดินที่ยังคง
สภาพอยู่ในปัจจุบัน

ร่องรอยแนวแนวคันดินนี้ อาจเป็นส่วนหนึ่งของถนนโบราณที่มีรูปแบบที่ชัดเจนที่สุดในเขตประเทศไทย ซึ่งการตรวจสอบด้านตำแหน่งที่ตั้งและทิศทางพบว่ามีแนวที่สามารถเชื่อมต่อกับปราสาทพนมวัน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งห่างออกไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 39 กิโลเมตร ทั้งปราสาทพิมาย และปราสาทพนมวันมีที่ตั้งอยู่ในเขตภูมิศาสตร์แบบเดียวกัน คือ อยู่ในที่ราบลุ่มแม่น้ำมูลซึ่งเป็นที่ราบน้ำท่วมถึง ดังปรากฏในแผนที่ความสูงในภาพที่ 3-18 ซึ่งเป็นสภาพที่ตั้งที่มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดกับสภาพพื้นที่ระหว่างเมืองพิมายถึงปราสาทตาเมือนธมซึ่งเป็นพื้นที่สูงกว่า ดังนั้นสภาพแวดล้อมและความสูงของพื้นที่อาจเป็นปัจจัยหลักในการสร้างถนน ข้อมูลเส้นทางระหว่าง พิมายถึงพนมวันหรือเส้นทางสายตะวันตกจากเมืองพิมายปรากฏอยู่ในเขตที่ราบน้ำท่วมถึง จึงมีความจำเป็นต้องก่อสร้างพนดินขึ้นเพื่อรักษาเส้นทางให้ใช้ได้ตลอดปี เช่นเดียวกับเงื่อนไขแบบเดียวกันในเขตกัมพูชา ที่แนวถนนยังคงปรากฏอยู่อย่างชัดเจน

3.3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบทางกายภาพของภาชนะดินเผาในวัฒนธรรมเขมรโบราณ

ความนำ

แนวทางการศึกษาหลักฐานทางโบราณคดีแบ่งได้เป็น 2 แนวทางใหญ่ๆ ได้แก่ แนวทางการศึกษาทางกายภาพ และแนวทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแนวทางการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเดิมและเป็นการเพิ่มพูนองค์ความรู้ จากการศึกษาเฉพาะทางกายภาพที่มักจะมีแต่ประสบการณ์เฉพาะ หรือความรู้ของนักโบราณคดีผู้ศึกษาเพียงอย่างเดียว แต่เมื่อเรานำศาสตร์อื่นมาช่วยสนับสนุนประสบการณ์ของนักโบราณคดีจะสามารถทำให้ข้อมูลการวิเคราะห์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และปัจจุบันนี้งานทางด้านโบราณคดีได้ยอมรับในความแม่นยำของการวิเคราะห์หลักฐานทางโบราณคดีด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ อาทิ เครื่องปั้นดินเผาโดยใช้วิธีศิลาวรรณา (Petrography Analysis) โบราณวัตถุที่เป็นสำริด และเหล็ก ฯลฯ สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธี Scanning Electron Microscope (S.E.M) เป็นต้น ซึ่งวิธีการประยุกต์ทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้สามารถนำข้อมูลจากการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามหรือได้องค์ความรู้ในระดับลึกได้มากยิ่งขึ้น

ผลจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์นั้นมีทั้งข้อดีและข้อด้อย ในส่วนข้อดีของการศึกษาแนวทางวิทยาศาสตร์ คือ สะดวก รวดเร็ว แม่นยำ ค่าความคลาดเคลื่อนน้อย เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานโบราณคดี ส่วนข้อเสียคือ ในด้านค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์บางวิธีการค่อนข้างสูงมาก และเทคนิคบางวิธีใช้เวลานานในการวิเคราะห์ และเมื่อนำมาตีความทางโบราณคดี ถ้านักโบราณคดีไม่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิธีการนั้นเลย จะทำให้แปลความไม่ได้และจะไม่เกิดประโยชน์เลย

การศึกษาแนวทางวิทยาศาสตร์ประยุกต์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หลักฐานทางโบราณคดี จำนวน 20 ตัวอย่าง อันได้แก่ เศษภาชนะดินเผาที่ได้จากการสำรวจในครั้งนี้ คือใช้วิธีศิลาวรรณา (Petrography Analysis) เพื่อหาจุดสัณฐานของตัวอย่างโบราณวัตถุทั้งหมด

ข้อมูลและวิธีการศึกษาตัวอย่าง

โบราณวัตถุจำนวน 6 กลุ่มตัวอย่าง ตัวอย่างนี้ใช้วิธีทางกายภาพศึกษาด้วยตาเปล่าและวิธีศิลาวรรณา (Petrography Analysis) มาจากเศษภาชนะดินเผาจากแหล่งเตาในประเทศกัมพูชา คือ

แหล่งเตา	จำนวนตัวอย่าง (เตา)
Thlok A kong klin	3
Thlok ktum klin	2
Kok Cheng Meng Kiln	4
Kok Yeay Deng	7
Kok Treas Kiln	2
Kok kjeay kiln	2
รวม	20

จุดมุ่งหมายในการศึกษาโบราณวัตถุประเภทเศษภาชนะดินเผา มีจุดมุ่งหมายหรือความต้องการที่จะวิเคราะห์และแปลความทางโบราณคดีในเรื่องสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบของเนื้อดินสามารถบอกถึงแหล่งที่มา หรือแหล่งผลิตได้
2. เทคโนโลยีการผลิต เช่น วัตถุดิบ การขึ้นรูป ส่วนผสม การตกแต่ง อุณหภูมิการเผา

การวิเคราะห์ทางกายภาพและทางวิทยาศาสตร์ของโบราณวัตถุประเภทเศษภาชนะดินเผา มีจุดประสงค์เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของการสำรวจแหล่งโบราณคดีและสามารถนำไปศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลในเรื่องเดียวกันนี้จากแหล่งโบราณคดีอื่นๆ ภายในพื้นที่เดียวกันและในระดับภูมิภาคต่อไปได้ในอนาคต

ขั้นตอนการวิเคราะห์และวิธีการศึกษา

ตัวอย่างที่นำไปวิเคราะห์รวมทั้งสิ้นจำนวน 20 ตัวอย่างนั้น นำไปสู่กระบวนการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การตรวจสอบและจดบันทึกลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง ได้แก่ วัตถุนาด รูปร่าง ศึกษาลักษณะเนื้อดินและตรวจสอบสีดิน รวมทั้งการตกแต่งภายนอกที่ผิวภาชนะ

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมตัวอย่าง โดยการทำให้สไลด์แผ่นบาง (Thin section) สามารถสรุปเป็นขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างได้ดังนี้

1. นำเศษภาชนะดินเผาที่ได้คัดเลือกไว้แล้วมาทำความสะอาด เรียงตามหมายเลขใส่ลงในกล่องพลาสติก บุอย่างดี สำหรับใส่ตัวอย่าง
2. นำตัวอย่างเศษภาชนะดินเผาดังกล่าวใส่ตู้อบเพื่อไล่ความชื้น
3. เตรียมน้ำยาเพื่อหล่อตัวอย่าง
4. เทน้ำยาหล่อตัวอย่างลงในกล่องตัวอย่างที่เตรียมไว้
5. นำกลัฟฟิล์มเข้าสู่ตู้ดูดอากาศเพื่อดูดฟองอากาศออกจากตัวอย่างและทำให้น้ำยาซึมเข้าตัวอย่าง
6. นำออกจากตู้ดูดอากาศและใส่ไว้ในตู้ดูดกลิ่น ทิ้งไว้ให้น้ำยาแข็งตัวประมาณ 2-3 อาทิตย์
7. ระหว่างที่รอให้ตัวอย่างแข็งตัว ต้องคอยเติมน้ำยาหล่อตัวอย่างให้ท่วมตัวอย่างอยู่เสมอจนน้ำยาอยู่ในระดับคงที่จึงปล่อยให้แข็งตัวเอง
8. เมื่อตัวอย่างแข็งดีแล้วนำออกจากตู้ดูดกลิ่นและแกะออกจากกล่อง ใช้เครื่องตัดตัวอย่างให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ (เฉพาะในขั้นตอนนี้ได้นำตัวอย่างไปตัดที่กรมธรณีวิทยา)
9. จัดหน้าตัวอย่างให้เรียบเพื่อจะนำมาติดกับกระจก
10. ผสมน้ำยาสำหรับติดตัวอย่างเข้ากับกระจก
11. นำตัวอย่างมาติดกับกระจกโดยใช้น้ำยาเชื่อมแล้วปล่อยให้แห้ง
12. นำตัวอย่างที่ติดกับกระจกไปตัดเพื่อให้ได้ความบางตามที่ต้องการ
13. นำตัวอย่างที่ตัดแล้วมาขัดด้วยผงขัดเพื่อให้หน้าตัดเรียบและได้ความบางตามที่ต้องการ
14. ตรวจสอบด้วยกล้องเพื่อให้ได้ความบางของตัวอย่างเท่ากับ 0.3 ไมครอน
15. นำตัวอย่างดังกล่าวมาทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ และนำใส่ตู้อบเพื่อไล่ความชื้นและน้ำมัน

16. นำตัวอย่างมาปิดด้วยกระจกบางอีกชั้นหนึ่งโดยเชื่อมด้วยน้ำยาเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัวอย่างในภายหลัง

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ทางกายภาพ (Physical Analysis) ด้วยวิธีศิลาวรรณา (Petrographic Analysis)

การวิเคราะห์ทางกายภาพ ด้วยวิธีศิลาวรรณา เป็นการศึกษาทางกายภาพหรือทางฟิสิกส์ เพื่อวิเคราะห์แร่ธาตุที่อยู่ในภาชนะดินเผา โดยประยุกต์เทคนิควิธีการวิเคราะห์ทางธรณีวิทยาที่นำมาใช้อธิบาย และจำแนกหินศึกษาโดยใช้กล้อง microscope ชนิดพิเศษเรียกว่า petrographic หรือ polarizing microscope วิธี Petrography ใกล้เคียงและสัมพันธ์กับ petrology เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ศึกษาตัวอย่าง ดิน หิน เศษภาชนะดินเผา และองค์ประกอบต่างๆ เช่น อินทรีย์วัตถุที่ปะปนอยู่ในดินนำมาประยุกต์เพื่อใช้ในการศึกษาภาชนะดินเผาในทางโบราณคดี

ขั้นตอนที่ 4 การแปลความจากผลการศึกษาทางโบราณคดีและสรุปผลข้อมูล

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างและบันทึกภาพ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาด้วยวิธีศิลาวรรณานั้น ได้ใช้อุปกรณ์ประเภทกล้องขยายเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ของตัวอย่าง ดังนี้

1. กล้อง Stereo Microscope ของ Nikon รุ่น SMZ-U zoom 110 สามารถตรวจสอบตัวอย่างได้ด้วยลำแสงทั้งสองแบบ คือ การดูตัวอย่างที่มีความโปร่งใส ลำแสงสามารถผ่านตัวอย่างได้ (Transmitted light) และตัวอย่างที่ทึบแสงลำแสงไม่สามารถส่องผ่านตัวอย่างได้ จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยสะท้อนแสง (Reflecting light) คือ เครื่องกำเนิดแสงแบบวงช้าง Nikon NEX-35

2. กล้อง Microscope ของ Olympus C35AD สามารถตรวจสอบตัวอย่างที่มีความโปร่งใสลำแสงสามารถผ่านตัวอย่างได้ (Transmitted light)

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

Amorphous organic fine material	: สารอสังฐานของอินทรีย์วัตถุเนื้อละเอียด
Basic mineral components	: องค์ประกอบแร่พื้นฐาน
Basic organic component	: องค์ประกอบพวกอินทรีย์วัตถุ (พืช)
B-fabric of the micromass	: ลักษณะการจัดเรียงตัวของแร่เนื้อละเอียด
Cementing	: ตัวประสานเนื้อหินทราย
Channel void	: ช่องว่างที่มีลักษณะเป็นโพรง เกิดกับพืชพบตามธรรมชาติ
Clastic texture	: ลักษณะของเนื้อหินทรายที่เกิดจากหินตะกอนพัดพาและทับถมกันมาไม่ว่าจะเป็นทราย, ทรายแป้ง และดินเหนียว
Close porphyric	: เนื้อดอกชิด
Coarse fraction	: องค์ประกอบของแร่เนื้อหยาบ
Elongate shape	: ช่องว่างที่มีลักษณะเป็นแนวยาว
Fine fraction	: องค์ประกอบของแร่เนื้อละเอียด
Groundmass	: ความสัมพันธ์ระหว่างแร่เนื้อหยาบและแร่เนื้อละเอียด
Open porphyric	: เนื้อดอกห่างๆ
Parallel striated	: เป็นเส้นต่อเนื่องไปในทิศทางเดียวกัน
Rock fragment	: เศษหินที่ปะปนอยู่ในเนื้อดิน
Transmitted light	: แสงผ่าน
Undifferentiated	: มีดทึบ (มองไม่เห็นการจัดเรียงตัว)
Void pattern	: ลักษณะช่องว่างในดิน
Vesicles	: ช่องว่างลักษณะกลมคล้ายฟองอากาศเกิดจากอุณหภูมิความร้อนในการเผาไหม้

คำอธิบายขนาดของอนุภาค (Bullock, and others 1985 : 21)

ดินเหนียว (clay)	= 2 ไมครอน	ทรายแป้ง (silt)	= 2-50 ไมครอน
เม็ดทรายละเอียดมาก	= 50-100 ไมครอน	เม็ดทรายละเอียด	= 100-200 ไมครอน
เม็ดทรายขนาดปานกลาง	= 200-500 ไมครอน	เม็ดทรายหยาบ	= 500-1000 ไมครอน
เม็ดทรายหยาบมาก	= 1000-2000 ไมครอน		

คุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1-1 แหล่ง Thlok A kong klin



Stoneware / body

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งไม่เคลือบ สี 2.5 YR 6/1 reddish gray

การตกแต่งด้วยการขีดเป็นเส้นหนักๆ 2เส้น

Inner surface ด้านในสีเทา 2.5YR 6/1 reddish gray

Cross-section surface 2.5YR6/6 Light red

ความหนาของหน้าตัด 7.17 มิลลิเมตร มีรูพรุนในเนื้อเครื่องปั้นดินเผา เป็นจุดปะ ส่วนผสมในเนื้อเป็นพวกทรายแป้งขนาด 0.1-0.3 มิลลิเมตร

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง สุดทำเป็นการเผาแบบรมควัน ในสภาวะ Reduced โดยใช้น้ำมันจากใบพืช มาจับที่ผิวภาชนะ

ความแข็งของเนื้อภาชนะ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 1.2 แหล่ง Thlok A kong klin



Stoneware / neck

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งเคลือบ สี 10YR 2/1 black

เคลือบแก้วที่บนาราว 0.5 มิลลิเมตร

Inner surface ด้านในสีเทา 7.5YR 6/1 gray

Cross-section surface 7.5YR 5/1 gray

ความหนาของหน้าตัด 14.71 มิลลิเมตร มีแร่เหล็กขนาด 0.5-1 มิลลิเมตร 3-5 เปอร์เซ็นต์และมีแร่สีขาวขนาดทรายแป้ง 0.05-0.2 มิลลิเมตร กระจายอยู่ทั่วไปราว 3-5 เปอร์เซ็นต์

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 1.3 แหล่ง Thlok A kong klin



Stoneware (White ware)/ body

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งเคลือบใส สี 10YR 9/1 White

เคลือบแก้วใส หนา 0.2 มิลลิเมตร

Inner surface ด้านในสีเทา 10YR 9/1 white ผันด้านในเป็นลอนคลื่น เป็นการขึ้นรูปด้วยวิธีขดดิน (coiling)

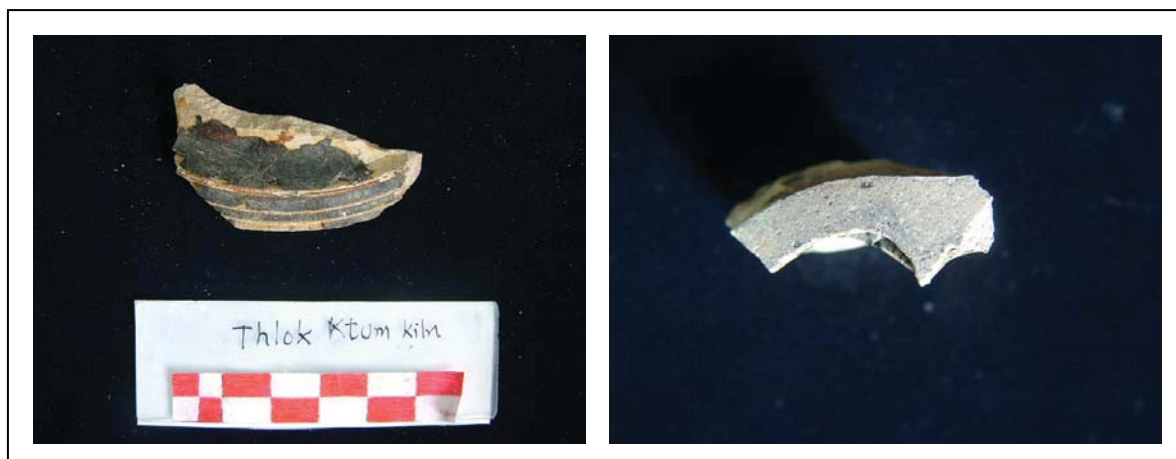
Cross-section surface 10YR 9/1 white

ความหนาของหน้าตัด 3.63-3.78 มิลลิเมตร มีกลุ่มแร่สีขาวขนาดทรายแป้ง 0.05-0.1 มิลลิเมตร ประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์และมีจุดปะสีดำขนาด 0.05 มิลลิเมตร ประมาณ 0.5-1 เปอร์เซ็นต์

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง

ความแข็งของเนื้อภาชนะ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 2.1 แหล่ง Thlok Ktum Klin



Stoneware / neck

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งเคลือบ สี 10YR 2/1 black

เคลือบแก้วทึบแสงหนาราว 0.2-1.0 มิลลิเมตร

Inner surface ด้านในสีเทา 10YR 7/2-7/3 light gray – very pale brown

เคลือบด้านหนา 0.2 มิลลิเมตร ที่ผิวพบเส้นรอบวงเรียงซ้อนกันการตกแต่งผิวด้านในใช้
เป็นหมุน

Cross-section surface 10YR7/1 Light grey

ความหนาของหน้าตัด 4.46-5.81 มิลลิเมตร พบจุดปะสีน้ำตาลปนดำ ขนาด 0.05-0.1
มิลลิเมตรราว 2-3 เปอร์เซ็นต์

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง แต่เนื้อดินมีอินทรีย์วัตถุเนื่องจาก
แกนกลางของหน้าตัดมีสีเทาดำ

ความแข็งของเนื้อภาชนะ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 2.2 แหล่ง Thlok Ktum Klin



Stoneware / base

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งเคลือบถน สีผิว 5GY 9/1 Light Green

เคลือบหนา 0.2-0.5 มิลลิเมตร

Inner surface ด้านในสีผิว 5GY 9/1 Light Green เคลือบหนาเท่ากัน

Cross-section surface 10YR8/1-7/1 White-Light gray

ความหนาของหน้าตัด 9.92-12.61 มิลลิเมตร มีจุดปะสีเทาดำขนาด 0.5-1 มิลลิเมตร 2-3 เปอร์เซ็นต์ และมีแร่สีขาวขุ่นขนาดทรายแป้ง 0.05-0.2 มิลลิเมตร กระจายอยู่ทั่วไปราว 1-2 เปอร์เซ็นต์

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูงแต่เนื้อดินมีอินทรีย์วัตถุเนื่องจากแกนกลางของหน้าตัดมีสีเทาดำ

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 3.1 แหล่ง Kok Cheng Meng Klin



Stoneware / rim

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งไม่เคลือบผิวเรียบ สี 7.5YR 6/3 Light brown

Inner surface สี 7.5YR 6/3 Light brown ผงที่ผิวพบเส้นรอบวงเรียงซ้อนกันการตกแต่งผิว ด้านในโดยใช้เป็นหมุน

Cross-section surface 7.5YR 7/3Pink และ 10YR4/1 dark gray

ความหนาของหน้าตัด 5.91-13.87 มิลลิเมตร มีกลุ่มแร่สีขาวขนาดทรายแป้ง 0.05-0.1 มิลลิเมตร ประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์และมีจุดปะสีดำขนาด 0.02-0.05 มิลลิเมตร ประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์

เทคนิคการเผาในเตาเผาในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูงแต่เนื้อดินมีอินทรีย์วัตถุเนื่องจากแกนกลางของหน้าตัดมีสีเทาดำ

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 3.2 แหล่ง Kok Cheng Meng Klin



Stoneware / shoulder

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งไม่เคลือบผิวเรียบ สี 10YR 5/1 gray ผงที่ผิวพบเส้นรอบวงเรียงซ้อนกันการตกแต่งผิวด้านในโดยใช้เป็นหมุน

Inner surface สี 10YR 5/1 gray

ผงที่ผิวลักษณะเป็นลอนคลื่นการปั้นโดยวิธีขดดินและพบเส้นรอบวงเรียงซ้อนกันตกแต่งผิวด้านในโดยใช้เป็นหมุน

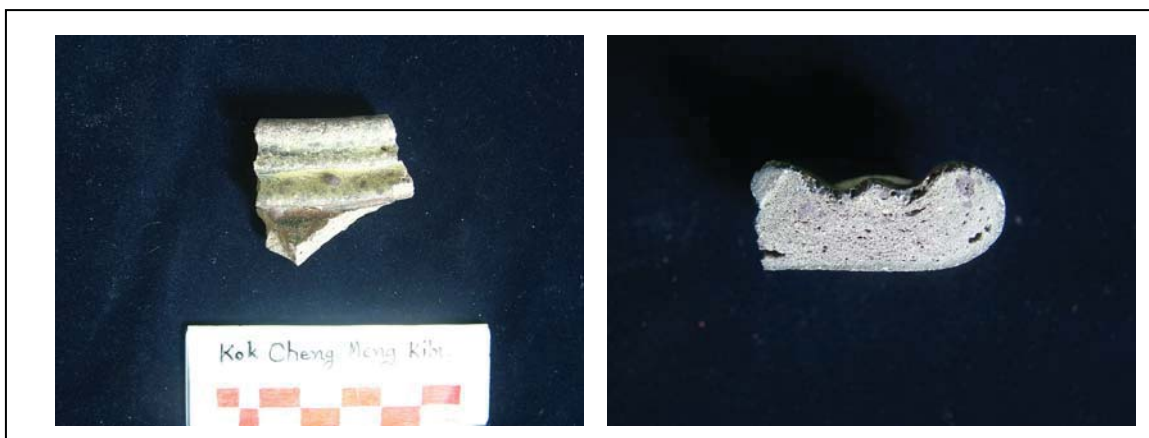
Cross-section surface 10YR 6/1 gray

ความหนาของหน้าตัด 7.22-8.40 มิลลิเมตร มีกลุ่มแร่สีขาวขนาดทรายแป้ง 0.05-0.1 มิลลิเมตร ประมาณ 2-5 เปอร์เซ็นต์และมีจุดปะสีน้ำตาลดำขนาด 0.02-0.05 มิลลิเมตร ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 3.3 แหล่ง Kok Cheng Meng Klin



Stoneware / rim

Surface ภายนอกเนื้อแกร่งเคลือบด้าน สีผิว สีเทา 5GY 5/1 Greenish grey

เคลือบแก้วทึบแสงหนาราว 0.2-1.0 มิลลิเมตรขอบปากตกแต่งด้วยเครื่องมือปลายแหลมกดเป็นร่องคลื่นในแนวอนหมดวนโดยรอบเกิดเป็นส่วนโค้งนูนและโค้งเว้าขนาดต่างๆ กัน

Inner surface ด้านในสีเทา 7.5YR 5/3 brown

ขัดผิวที่ผิวพบเส้นรอบวงเรียงซ้อนกันการตกแต่งผิวด้านในใช้เป็นหมุน

Cross-section surface 7.5YR5/1 gray

ความหนาของหน้าตัด 6.98-9.37 มิลลิเมตร พบจุดปะสีดำ ขนาด 0.05-0.1 มิลลิเมตรราว 1-2 เปอร์เซ็นต์ และมีแร่สีขาวขนาดทรายแป้ง 0.05-0.1 มิลลิเมตร กระจายอยู่ทั่วไปราว 1-2 เปอร์เซ็นต์

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 3.4 แหล่ง Kok Cheng Meng Klin



Stoneware (Cream ware) / body

Surface ภายนอกเนื้อแกร่งเคลือบสี สีผิว 2.5Y 7/4 Pale yellow

เคลือบแก้วใสหนา หนาราว 0.1-0.2 มิลลิเมตร

Inner surface ด้านในสี 2.5Y 7/4 Pale yellow พ่นด้านในเป็นลอนคลื่น เป็นการขึ้นรูปด้วยวิธีขดดิน (coiling)

Cross-section surface 2.5Y 9/1 white และ 2.5Y7/1 light gray

ความหนาของหน้าตัด 4.36-5.70 มิลลิเมตร มีจุดปะสีดำขนาด 0.05-0.1 มิลลิเมตร ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดินหยาบตัวมีรูกลมขนาดเล็ก

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสถานะ Oxidized อุณหภูมิสูง

ความแข็งของเนื้อภาชนะ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 4.1 แหล่ง Kok Yeay Deng



Stoneware / rim

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งผิวเรียบ สี 7.5YR 8/4 Pink

ที่ขอบปากและคอขัดแต่งผิวเป็นเส้นรอบวงเรียงซ้อนกัน โดยใช้เป็นหมุนขัดแต่งผิว

Inner surface ด้านในสี 7.5YR 8/4 Pink

ขัดผิวที่ผิวพบเส้นรอบวงเรียงซ้อนกันการตกแต่งผิวด้านในใช้เป็นหมุน

Cross-section surface สี 7.5YR 8/4 Pink

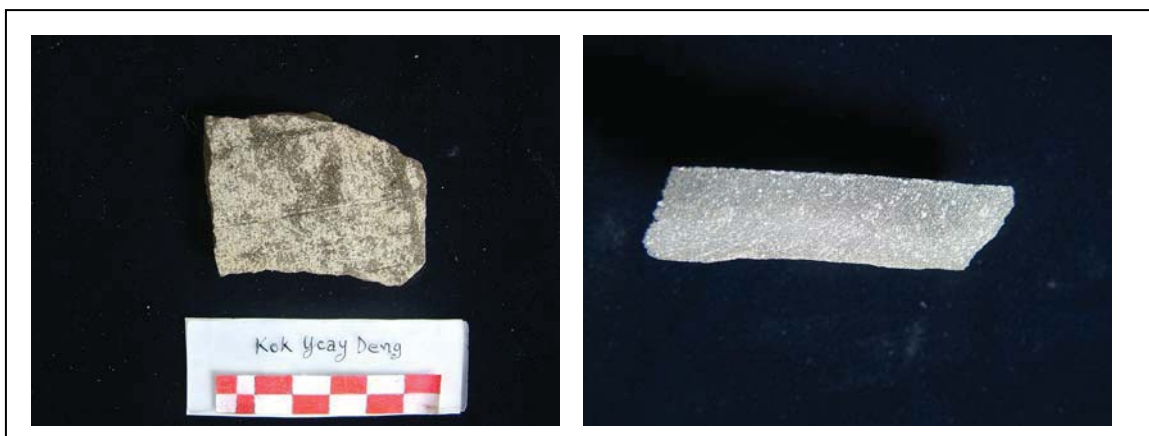
ความหนาของหน้าตัด 6.81-11.98 มิลลิเมตร พบจุดปะสีน้ำตาล ขนาด 0.05-0.2 มิลลิเมตร

ราว 5-7 เปอร์เซ็นต์ พบช่องว่างในเนื้อดินเป็นแนวยาว

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสถานะ Oxidized อุณหภูมิสูง

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 4.2 แหล่ง Kok Yeay Deng



Stoneware / body

Surface ภายนอกเนื้อแกร่งเคลือบ สี 10YR 3/1 Very dark gray

เคลือบแก้วทึบหนาราว 0.5 มิลลิเมตรผิวตกแต่งด้วยลายขีดเป็นเส้นขนาน (เส้นที่ขีดบาง)

Inner surface ด้านในไม่เคลือบสี 10YR 5/1 gray

ผนังที่ผิวลักษณะเป็นลอนคลื่นการปั้นโดยวิธีขุดดินและพบเส้นรอบวงเรียงซ้อนกัน ตกแต่งผิวด้านในโดยใช้แป้นหมุน

Cross-section surface 10R5/1-6/1 Reddish gray

ความหนาของหน้าตัด 8.20-8.54 มิลลิเมตร มีแร่สีขาวขนาดทรายแป้ง 0.05-0.1 มิลลิเมตร กระจายอยู่ทั่วไปราว 2-5 เปอร์เซ็นต์

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 4.3 แหล่ง Kok Yeay Deng



Stoneware / body

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งเคลือบ สี 10YR 2.5/1 reddish black

เคลือบแก้วที่บิ่นร้าว 0.5 มิลลิเมตร ผิวตกแต่งด้วยลายขีดเป็นเส้นขนาน (เส้นที่ขีดบาง)

Inner surface ด้านในไม่เคลือบสี 10YR 5/3-6/4 weak red – peal red

ผนังที่ผิวพบเส้นรอบวงเรียงซ้อนกัน ตกแต่งผิวด้านในโดยใช้แป้นหมุน

Cross-section surface 7.5YR6/4 Pale red และ 10YR5/1Weak red

ความหนาของหน้าตัด 11.17-15.49 มิลลิเมตร

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูงเนื้อดินมีอินทรีย์วัตถุปนอยู่

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 4.4 แหล่ง Kok Yeay Deng



Stoneware / shoulder

Surface ภายนอกเนื้อแกร่งเคลือบ สี 10YR 7/6 Yellow และ 10YR2/1 Black

เคลือบแก้วทึบหนาราว 0.5 มิลลิเมตร ผิวตกแต่งด้วยลายขีดเป็นเส้นขนาน

Inner surface ด้านในไม่เคลือบสี 10YR 8/2 Very peal brown

ผนังด้านในเป็นลอนคลื่น เป็นการขึ้นรูปด้วยวิธีขดดิน (coiling)

Cross-section surface 10YR7/1Light gray

ความหนาของหน้าตัด 11.57-14.59 มิลลิเมตร

พบจุดปะสีน้ำตาลปนดำ ขนาด 0.05-0.1 มิลลิเมตรราว 1 เปอร์เซ็นต์ และมีแร่สีขาวขุ่น
ขนาดทรายถึงแป้ง 0.05-5.10 มิลลิเมตร กระจายอยู่ทั่วไปราว 2-3 เปอร์เซ็นต์

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 4.5 แหล่ง Kok Yeay Deng



Stoneware / body

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งเคลือบ สี 10YR 5/3 brown และสี 10YR2/1 black

เคลือบแก้วทึบหนาราว 0.8 มิลลิเมตร เคลือบแก้วสีดำไหลลงมาทั้งแนวตั้งและแนวนอน

Inner surface ด้านในเคลือบด้านสี 5YR 7/3 pink

ผนังที่ผิวลักษณะเป็นลอนคลื่นการปั้นโดยวิธีขุดดินและพบเส้นรอบวงเรียงซ้อนกัน
ตกแต่งผิวด้านในโดยใช้แป้นหมุน

Cross-section surface 10YR7/1Light gray

ความหนาของหน้าตัด 5.88-6.93 มิลลิเมตร มีจุดปะสีน้ำตาลปนดำขนาด 0.05-0.1 มิลลิเมตร ประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ และมีแร่สีขาวขนาดทรายถึงแป้ง 0.05-0.1 มิลลิเมตร กระจายอยู่ทั่วไปราว 1 เปอร์เซ็นต์เนื้อดินหัดตัวมีรูกลมขนาดเล็ก

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูงเนื้อดินมีอินทรีย์วัตถุปนอยู่

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 4.6 แหล่ง Kok Yeay Deng



Stoneware / body

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งเคลือบลาน สีผิว 5GY 8/1 Light Greenish gray

เคลือบหนาราว 0.2-0.5 มิลลิเมตร

Inner surface ด้านในสีผิว 5GY 8/1 Light Greenish gray เคลือบหนาเท่ากัน

Cross-section surface 10Y8/1 Light Greenish gray

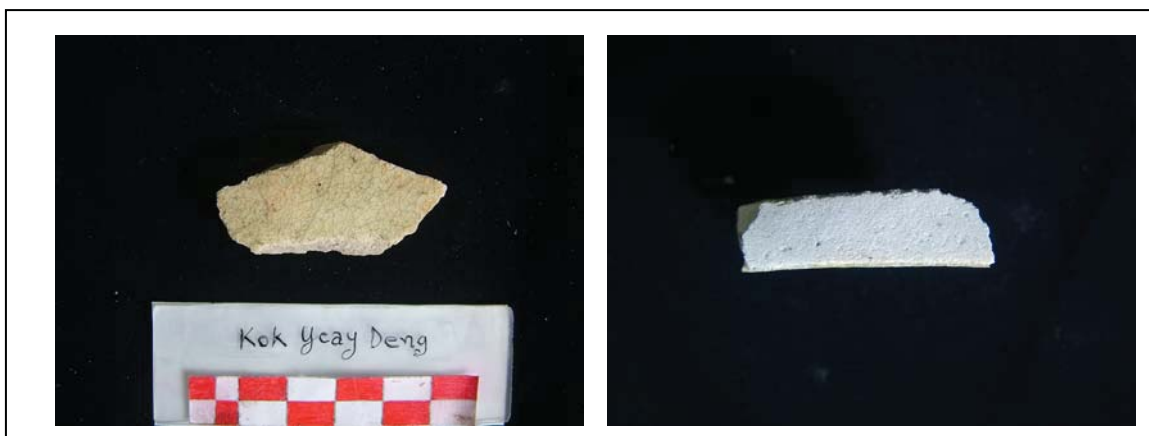
ความหนาของหน้าตัด 6.00-6.12 มิลลิเมตร มีจุดปะสีเทาดำขนาด 0.5-1 มิลลิเมตร 1 เปอร์เซ็นต์ และมีแร่สีขาวพุ่งขนาดทรายแป้ง 0.05-0.2 มิลลิเมตร กระจายอยู่ทั่วไปราว 1-2 เปอร์เซ็นต์

ผนังด้านในเป็นลอนคลื่น เป็นการขึ้นรูปด้วยวิธีขดดิน (coiling)

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 4.7 แหล่ง Kok Yeay Deng



Stoneware / body

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งเคลือบถาย สีผิว 10Y 8/1 Light Greenish gray

เคลือบหนา 0.2-0.5 มิลลิเมตร

Inner surface ด้านในสีผิว 10Y 8/1 Light Greenish gray เคลือบหนาเท่ากัน

Cross-section surface 10Y8/1 Light Greenish gray

ความหนาของหน้าตัด 7.8-6.9 มิลลิเมตร มีจุดปะสีเทาดำขนาด 0.2-0.3 มิลลิเมตร 1 เปอร์เซ็นต์และมีแร่สีขาวขุ่นขนาดทรายแป้ง 0.05-0.2 มิลลิเมตร กระจายอยู่ทั่วไปราว 1-2 เปอร์เซ็นต์

ผนังที่ผิวพบเส้นรอบวงเรียงซ้อนกัน ตกแต่งผิวด้านในโดยใช้แป้นหมุน

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 5.1 แหล่ง Kok Treas Klin



Stoneware / shoulder

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งเคลือบด้านผิวสี 2.5Y 3/1 Very dark gray ผงที่ผิวพบเส้นนูน ตกแต่งรอบวงเรียงซ้อนกันผนัง เป็นลอนคลื่น เป็นการขึ้นรูปด้วยวิธีขดดิน

Inner surface สี 2.5Y 3/1 Very dark gray

ผนังที่ผิวลักษณะเป็นลอนคลื่นการปั้นโดยวิธีขดดิน

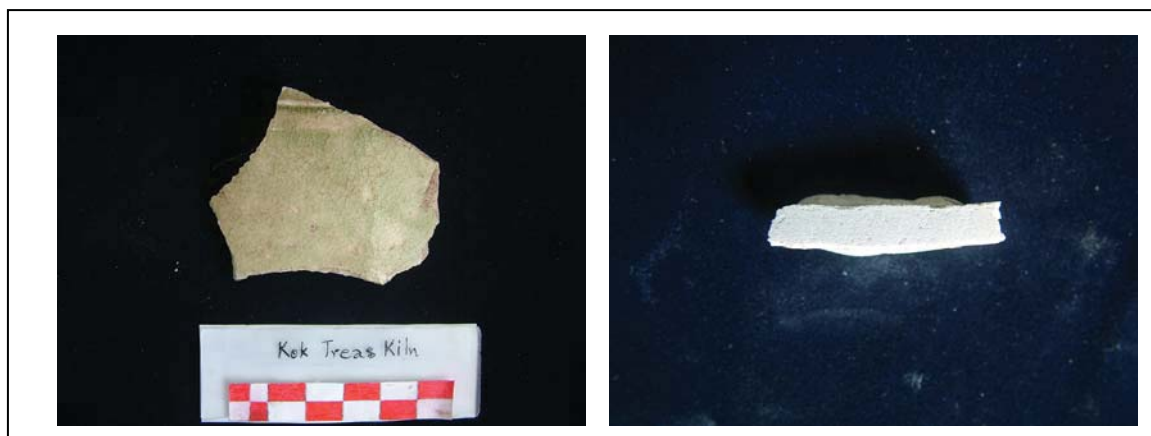
Cross-section surface N 8/1 white

ความหนาของหน้าตัด 9.23-11.92 มิลลิเมตร มีกลุ่มแร่สีขาวขนาดทรายแป้ง 0.1-1.95 มิลลิเมตร ประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ และมีจุดปะสีดำขนาด 0.02-0.05 มิลลิเมตร ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์พบช่องว่างในเนื้อดินรูปร่างกลมและยาว

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 5.2 แหล่ง Kok Treas Klin



Stoneware / body

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งเคลือบถาย สีผิว 10Y 8/1 Light Greenish gray

เคลือบหนา 0.2-0.5 มิลลิเมตร

Inner surface ด้านในสีผิว 10Y 8/1 Light Greenish gray เคลือบหนาเท่ากัน

Cross-section surface 10Y8/1 Light Greenish gray

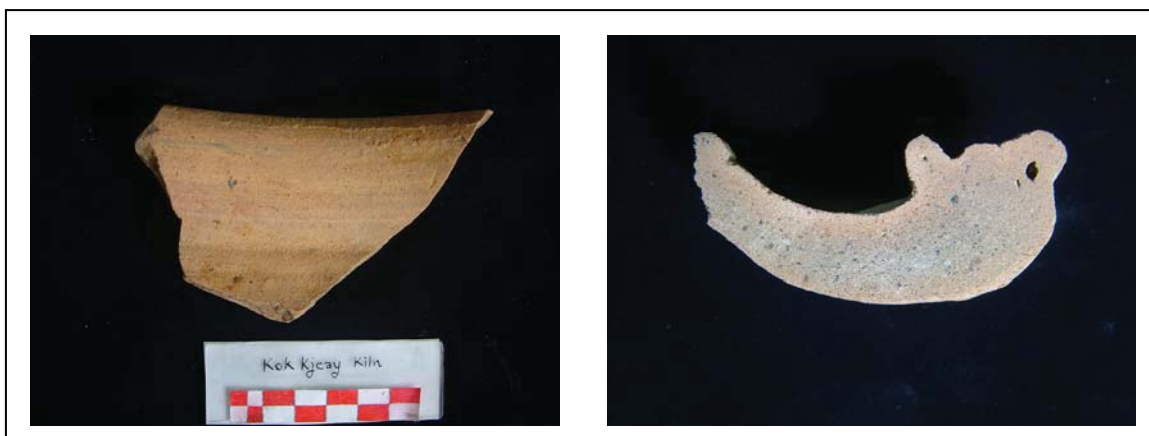
ความหนาของหน้าตัด 7.8-6.9 มิลลิเมตร มีจุดปะสีเทาขนาด 0.05 มิลลิเมตร 1 เปอร์เซ็นต์และมีแร่สีขาวขนาดทรายแป้ง 0.05-0.1 มิลลิเมตร กระจายอยู่ทั่วไปราว 1-2 เปอร์เซ็นต์

ผนังที่ผิวลักษณะเป็นลอนคลื่นการปั้นโดยวิธีขดดิน

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 6.1 แหล่ง Kok Kjeay Kiln



Stoneware / rim

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งผิวเรียบ สี 7.5YR 8/3 Pink

ที่ขอบปากตกแต่งด้วยการกดเป็นเส้นลึกลึกเกิดลอนหลายลอน และกดตกแต่งผิวเป็นเส้นรอบวงเรียงซ้อนกันโดยใช้เป็นหมุนขัดแต่งผิวให้ลึกลึกเป็นเส้นลึกและดินยกลงเป็นสัน

Inner surface ด้านในสี 7.5YR 8/4 Pink

ขัดผิวที่ผิวพบเส้นรอบวงเรียงซ้อนกันการตกแต่งผิวด้านในใช้เป็นหมุน

Cross-section surface สี 7.5YR 8/4 Pink และ 7.5YR 7/1 light gray

ความหนาของหน้าตัด 6.85-15.78 มิลลิเมตร พบจุดปะสีดำ ขนาด 0.05-0.4 มิลลิเมตร ราว 3-5 เปอร์เซ็นต์ พบช่องว่างในเนื้อดินเป็นแนวยาว

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูงมีแถบสีเทาอยู่ที่แกนกลางเนื้อดิน มีอินทรีย์วัตถุ

ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตัวอย่างที่ 6.2 แหล่ง Kok Kjeay Kiln



Stoneware / body ฝาเคลือบ

Surface ภาชนะเนื้อแกร่งเคลือบลาน สีผิว 10Y 8/1 Light Greenish gray

เคลือบหนา 0.2-0.5 มิลลิเมตร

Inner surface ด้านในสีผิว 10Y 8/1 Light Greenish gray เคลือบหนาเท่ากัน

Cross-section surface 10Y8/1 Light Greenish gray

ความหนาของหน้าตัด 6.70-8.32 มิลลิเมตร มีจุดปะสีเทาขนาด 0.05 มิลลิเมตร 1-2 เปอร์เซ็นต์ และมีแร่สีขาวขนาดทรายแป้ง 0.05-0.1 มิลลิเมตร กระจายอยู่ทั่วไปราว 1-2 เปอร์เซ็นต์

ผนังที่ผิวลักษณะเป็นลอนคลื่นการปั้นโดยวิธีขดดิน

เทคนิคการเผาในเตาเผา ในสภาวะ Oxidized อุณหภูมิสูง

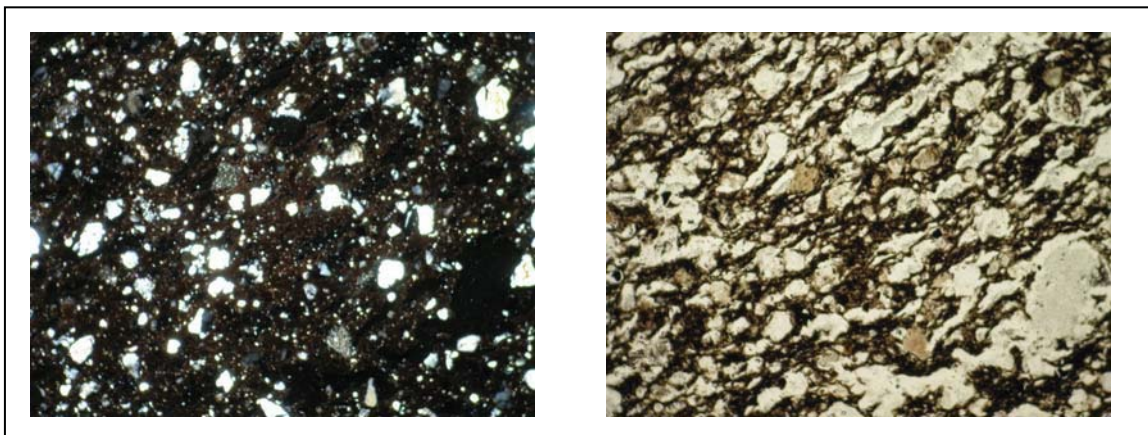
ความแข็งของเนื้อภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5

ตารางที่ 3-10 แสดงตารางสรุปลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง

Sample No.	Thickness mm.	COLOUR			TEXTURE		
		Outter surface	Inner surface	Core	very fine	fine	medium
1.1	7.17	2.5Y8/1	2.5Y6/1	2.5Y6/6	*	√	*
1.2	14.71	10YR2/1	7.5YR6/1	7.5YR5/1	*	√	*
1.3	3.63-3.78	10Y9/1	10Y9/1	10Y9/1	√	*	*
2.1	4.46-5.81	10YR2/1	10YR7/2-7/3	10YR7/1	√	*	*
2.2	9.92-12.61	5GY9/1	5GY9/1	10YR8/1-7/1	√	*	*
3.1	5.91	7.5YR6/3	7.5YR6/3	7.5YR7/3-10YR4/1	√	*	*
3.2	7.22-8.40	10YR5/1	10YR5/1	10YR6/1	√	*	*
3.3	6.98-9.37	5GY5/1	7.5YR5/3	7.5YR5/1	√	*	*
3.4	4.36-5.70	2.5Y7/2	2.5Y7/4	2.5Y9/1	√	*	*
4.1	6.81	7.5YR8/4	7.5YR8/4	7.5YR8/4	√	*	*
4.2	8.20-8.54	10YR3/1	10YR5/1	10R5/1-6/1	√	*	*
4.3	11.17-15.49	10YR2.5/1	10YR5/3-6/4	7.5YR6/4-10YR5/1	√	*	*
4.4	11.57-14.59	10YR7/1-2/1	10YR5/3-6/4	10YR7/1	√	*	*
4.5	5.88-6.93	10YR5/3-2/1	5YR7/3	10YR7/1	√	*	*
4.6	6.00-6.12	5GY8/1	5GY8/1	10Y8/1	*	√	*
4.7	6.90-7.80	10Y 8/1	10Y8/1	10Y8/1	*	√	*
5.1	9.23-11.92	2.5Y3/1	2.5YR3/1	N8/1	*	√	*
5.2	6.90-7.80	10Y 8/1	10Y8/1	10Y8/1	√	*	*
6.1	6.85	7.5YR8/3	7.5YR8/4	7.5YR8/4-7/1	√	*	*
6.2	6.70-8.32	10Y 8/1	10Y8/1	10Y8/1	√	*	*

ผลการวิเคราะห์

ตัวอย่างที่ 1.1



คำบรรยาย

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm . , c/f ratio 25:75

Coarse fraction: The mineral grains are mainly single quartz grains, silt size to medium sand size almost angular and few grains are sub round. Chert fragment are frequent fine sand to medium sand size, few pedorelicts (probably artifacts) sized 500 μm , brown to dark brown in color, rare zircon; poorly sorted the iron oxide nodules, various size, present about 5- 7 %.

Fine fraction: Grayish brown, clay to fine silt size material, dotted appear under transmitted light.

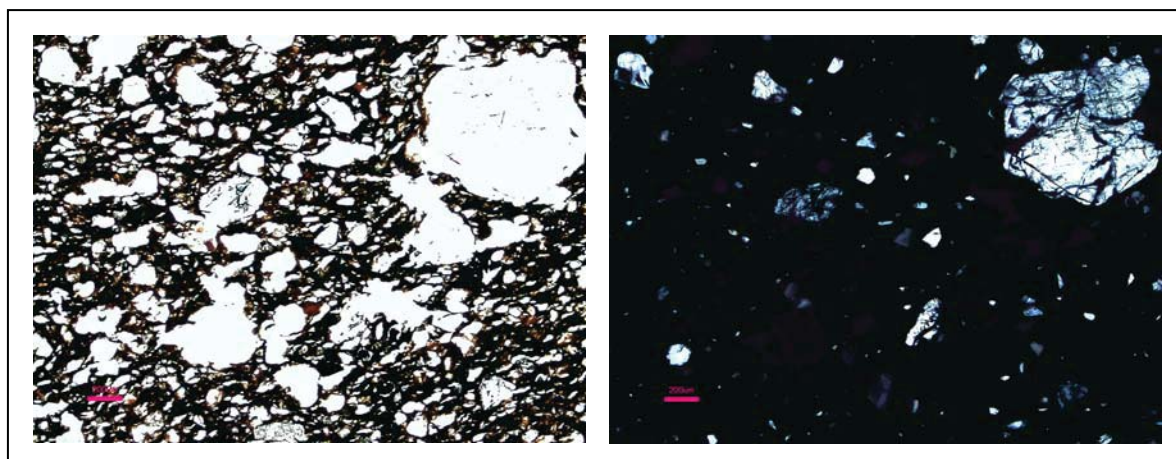
Basic organic components: none present.

Ground mass: the c/f related distribution pattern is opened to close porphyric,

The b- fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns: Vughs and channel are dominant and generally show parallel orientation. Estimated total void spaces 40 % of the area of thin section.

ตัวอย่าง 1.2



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm . , c/f ratio 30:70

Coarse fraction: The mineral grains are dominant in single quartz grains, sized up to 700 μm very fine sand to coarse sand size and usually are angular, few pedorelicts sized up to 1500 μm , the iron oxide nodules generally are manganiferous nodules and present about 5- 7 %.

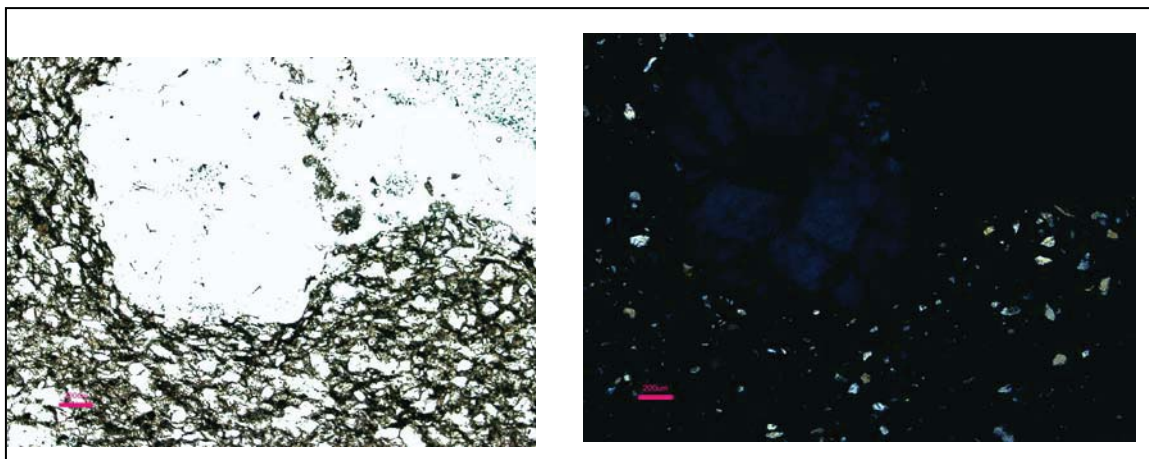
Fine fraction: Dark brown, clay size material, under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is open to close porphyric, The b-fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns: Vughs and channel are dominant and generally show parallel orientation. The voids spaces are slightly decrease to cover about 30% of the area of the thin section.

ตัวอย่าง 1.3



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 90:10

Coarse fraction: The mineral grains mostly are single quartz grains, generally are fine sand size to silt size and usually angular, a few chert fragments which are in fine sand size, few magnetite and very few leucoxene rare broken quartz sized 2000 μm .

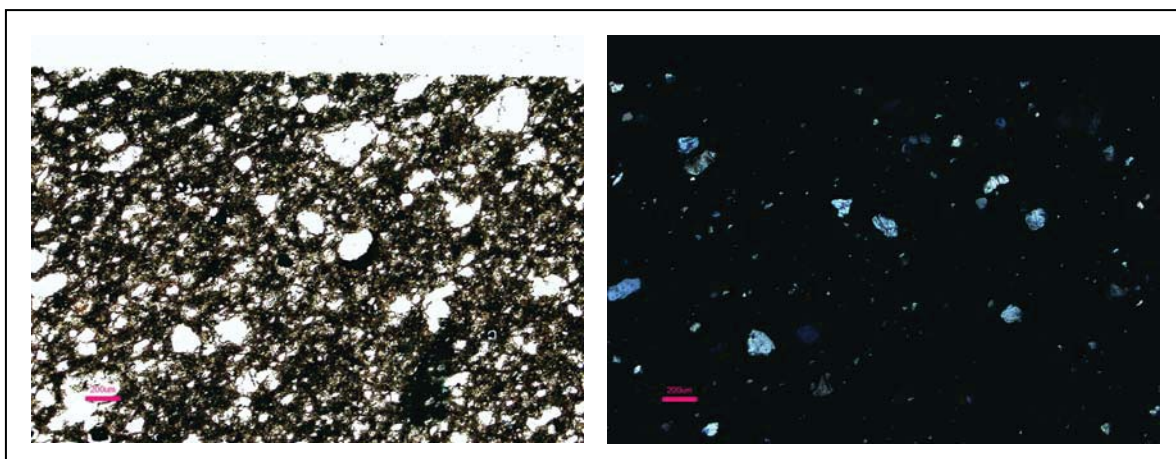
Fine fraction: Pale grayish brown, clay to fine silt size, dotted appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close porphyric, The b- fabric of the micro mass is weakly stipple speckled to undifferentiated.

Void patterns: Nearly massive, few vughs and not interconnected. Estimated total about 5-7% of the area of the thin section.

ตัวอย่าง 2.1



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm , c/f ratio 25:75

Coarse fraction: The mineral grains are almost in single quartz grains, silt size to medium sand size and usually are angular to sub round. Chert fragment are few, fine sand to medium sand size, rare polycrystalline quartz and zircon; poorly sorted. The iron oxide nodules, various size, present about 10 %.

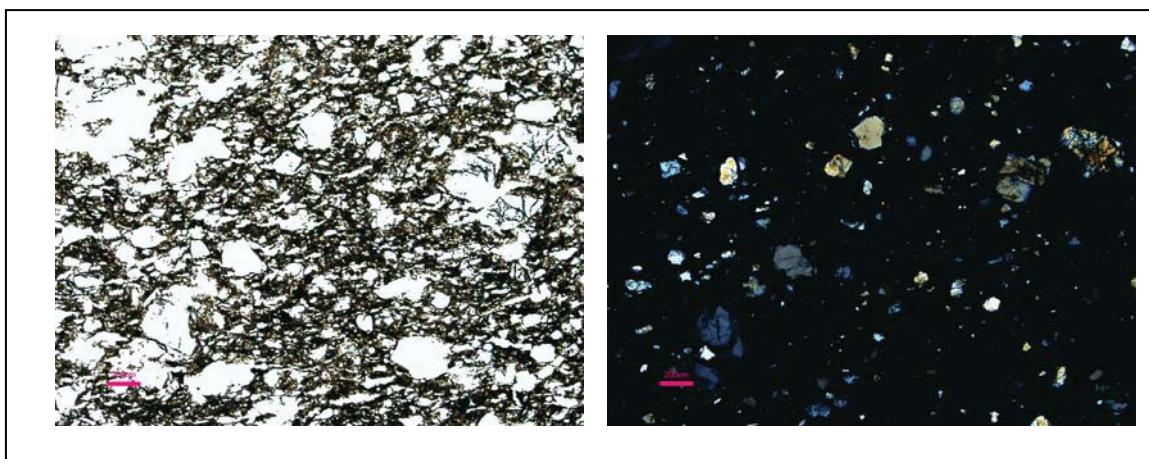
Fine fraction: Pale grayish brown. Clay to fine silt size material, dotted appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is weakly stipple speckled to undifferentiated.

Void patterns: A few vughs and not interconnected. Estimated total about 5-7% of the area of the thin section.

ตัวอย่าง 2.2



Basic mineral components

C/ f limit at 10 $\mu\text{m.}$, c/f ratio 40:60

Coarse fraction: The mineral grains almost are in single quartz grains, silt size to medium sand size and usually are angular to sub rounded, chert fragment are few, fine sand to medium sand size, rare polycrystalline quartz and zircon; poorly sorted. The iron oxide nodules, various sizes, present about 10 %.

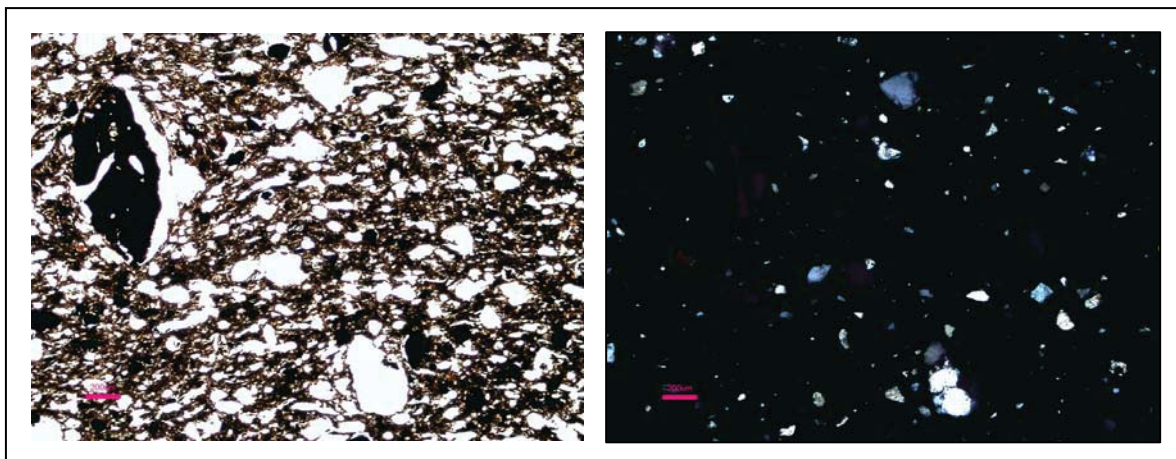
Fine fraction: Pale grayish brown, clay to fine silt size material, dotted appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is weakly stipple speckled to undifferentiated.

Void patterns: Estimated total void space about 10-15 % of the area of the thin section, generally are short planar voids and vughs.

ตัวอย่าง 3.1



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 20:80

Coarse fraction: The mineral grains dominant in single quartz grains, silt to medium sand size, angular to sub rounded. Common iron oxide nodules, sized 50-250 μm . Chert fragment are frequent few polycrystalline quartz and metamorphic quartz rare biotite; and iron oxide impregnative nodules sized 2500 μm with sharp boundaries.

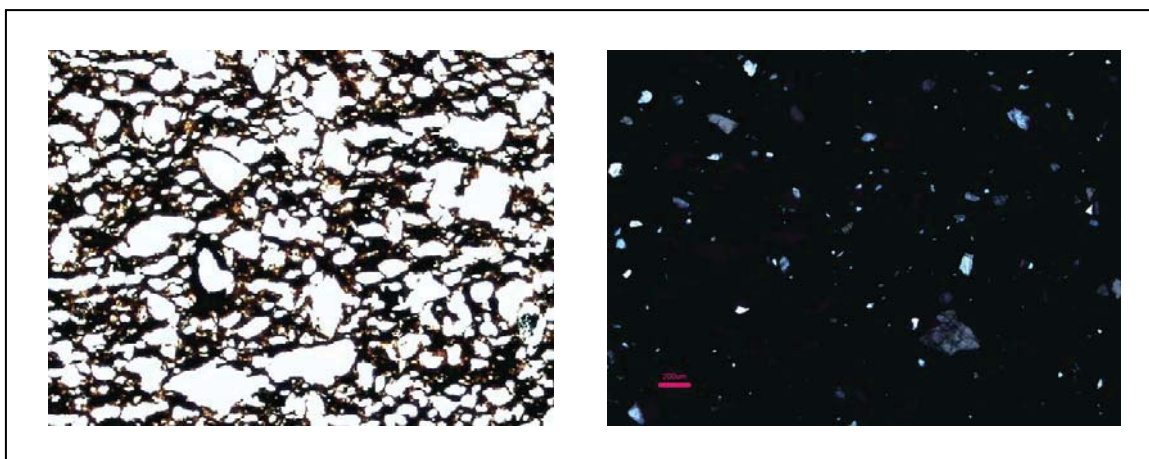
Fine fraction: Brown, clay to fine silt size material, cloudy appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is open to close porphyric, The b-fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns: Generally are channel (100-200 μm width) and short planar voids usually show parallel orientation. Estimated total void spaces 15% of the area of thin section.

ตัวอย่าง 3.2



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 15:85

Coarse fraction: The mineral grains mostly are single quartz grains, generally are silt size to medium sand size and angular. The iron oxide nodules, sized 100- 200 μm are frequent (10%), chert fragment are frequent poorly sorted.

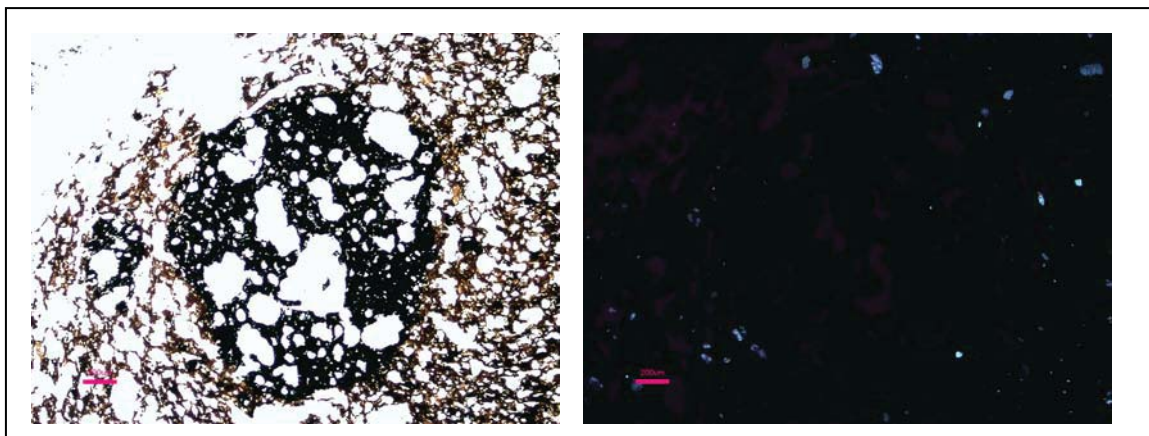
Fine fraction: Dark brown, clay sized material, cloudy appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is open porphyric, The b- fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns: Vughs and channels are dominant estimated total void space 20 %.

ตัวอย่าง 3.3



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 15:85

Coarse fraction: The mineral grains are mostly single quartz grains, generally are silt size to medium sand size and angular. The iron oxide nodules, sized 1500 μm are frequent (10%), chert fragment are frequent poorly sorted.

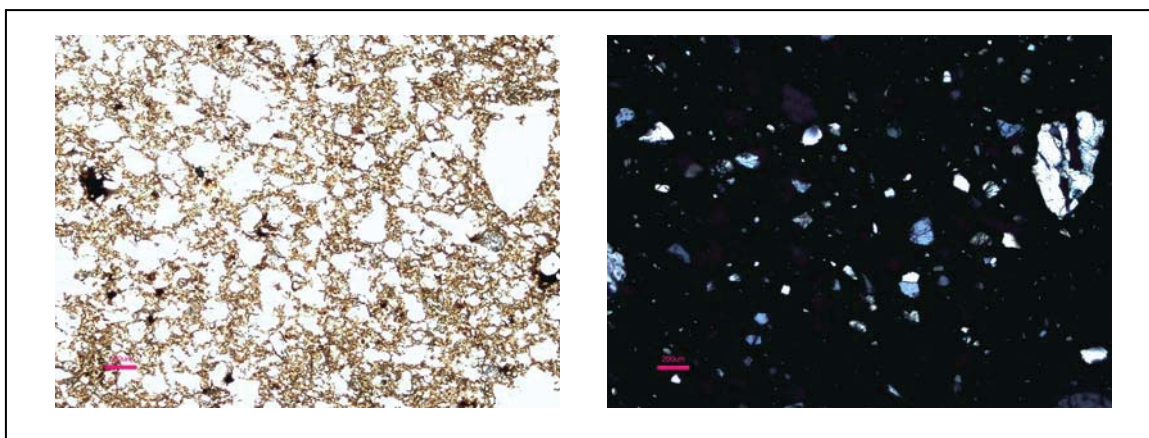
Fine fraction: Dark brown, clay sized material, cloudy appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is open porphyric, The b- fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns: Vughs and channels are dominant estimated total void space 20% .

ตัวอย่าง 3.4



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 25:75

Coarse fraction: The mineral grains almost are angular in single quartz grains, silt size to very coarse sand size, few polycrystalline quartz, chert fragment very few and rare zircon; poorly sorted. The iron oxide nodules could not be observed.

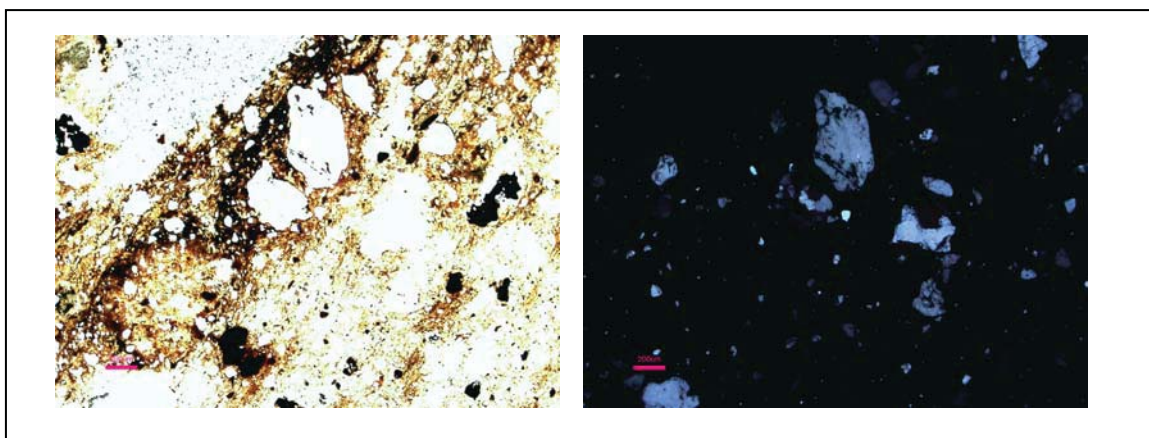
Fine fraction: Pale grayish brown. Clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is undifferentiated .

Void patterns: The material is nearly massive, very few vughs. Estimated total void space is about 2-5% of the area of the thin section.

ตัวอย่าง 4.1



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 25:75

Coarse fraction : The mineral grains are dominant in single quartz grains, silt size to medium sand size and usually are angular to sub rounded frequent polycrystalline quartz which are in medium sand size, highly weathered biotite, iron oxide nodules sized 50-500 μm , very few granite rock fragments sized 500 μm ; poorly sorted.

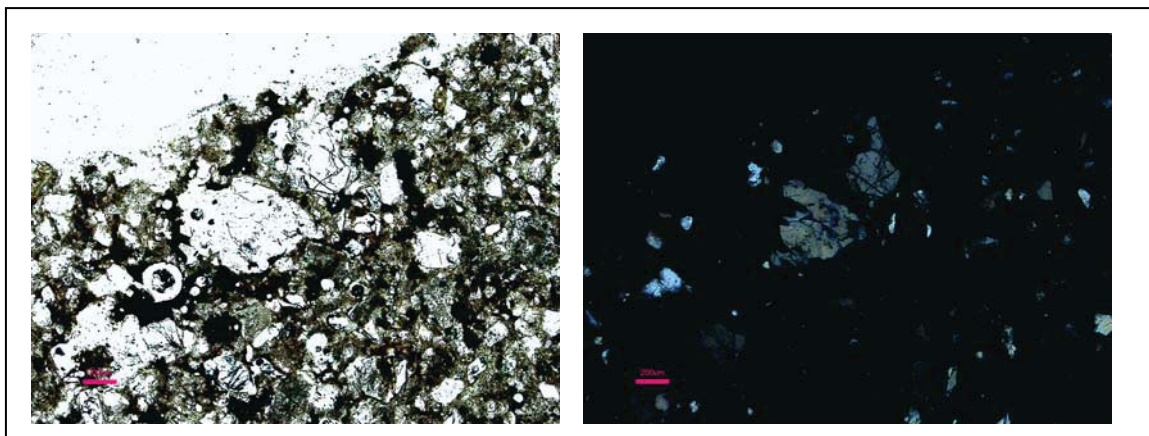
Fine fraction: Pale brown, clay to fine silt size material, speckled appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is open to close porphyric, the fabric of the micromass is stipple speckled grading to parallel striated.

Void patterns: A few vughs, estimated total void space about 2-5% of the area of the thin section.

ตัวอย่าง 4.2



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 35:65

Coarse fraction: The mineral grains are dominant in single quartz grains, silt size to medium sand size and usually are angular to sub angular, few metamorphic quartz, polycrystalline quartz and zircon. The broken quartz is very few and is in very coarse sand size. The manganese oxide nodules, various size and shape, present about 15-20%.

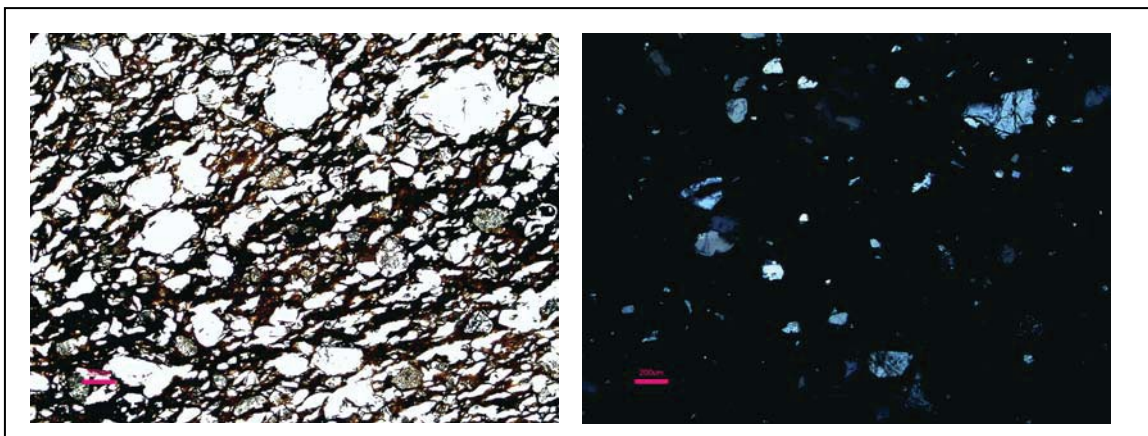
Fine fraction: Pale grayish brown, grading to dark brown and locally grading to olive green and show fibrous aggregates of chlorite, sometime associated with magnetite. Clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micromass is undifferentiated, locally show stipple speckled b- fabric.

Void patterns: voids generally are vesicles (100-200 μm in diameter) and cover about 5% of the area of the thin section.

ตัวอย่าง 4.3



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 20:80

Coarse fraction: The mineral grains generally are angular single quartz grains, silt size to medium sand size, rare polycrystalline quartz, which are quartz sand size. The iron oxide typical nodules, and manganese oxide nodules, size 50-200 μm , present about 2-5%, rare zircon.

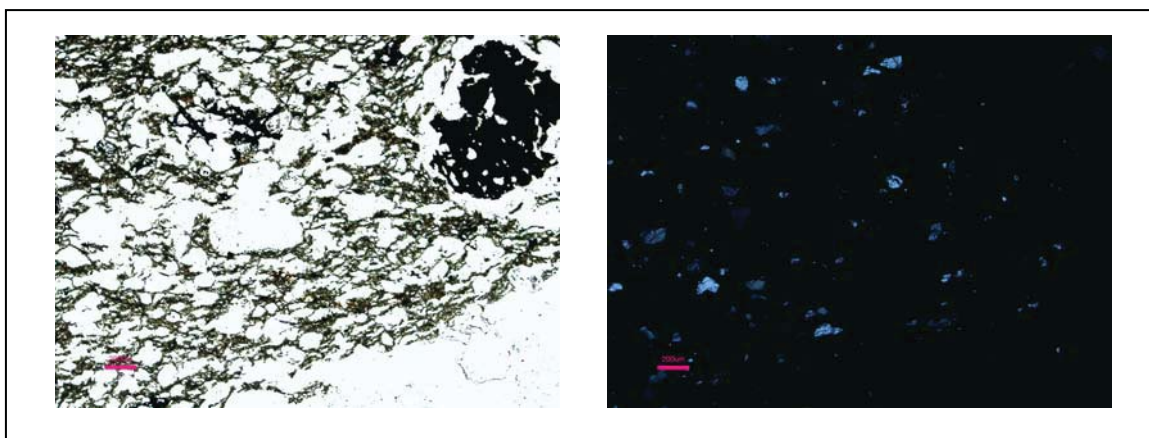
Fine fraction: Brown .grading to dark brown, clay sized material, cloudy appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is open to close porphyric, the b- fabric of the micromass is generally show parallel striated b- fabric.

Void patterns: voids generally are short planer voids and usually have orientation, few vughs. Estimated void space in total is about 30 % of the area of the thin section.

ตัวอย่าง 4.4



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm . , c/f ratio 25:75

Coarse fraction: The mineral grains generally are angular single quartz grains, silt size to medium sand size, few chert frequents and metamorphic quartz. The broken quartz, coarse to very coarse sand size, and very few, rare tourmaline. The iron oxide nodule, sized 50-1000 μm , present about 5-7%.

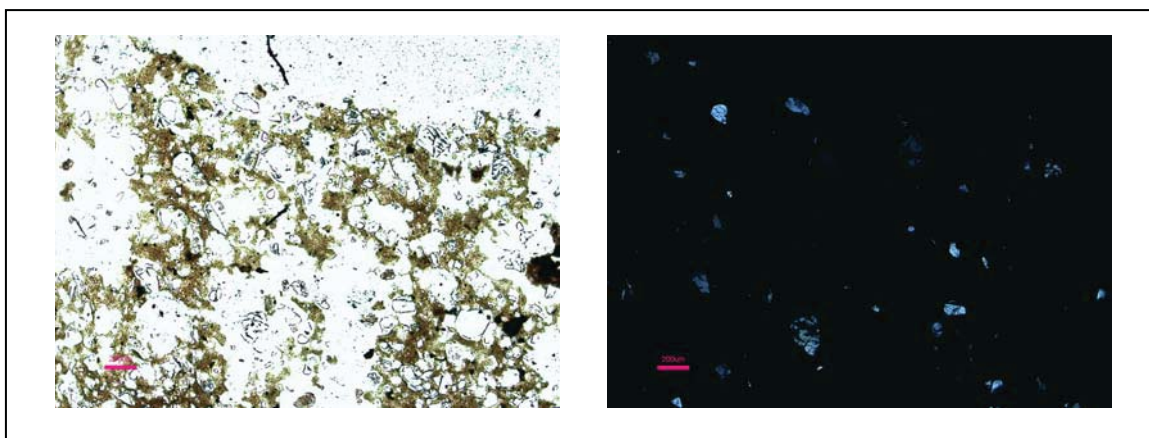
Fine fraction: Pale grayish brown, clay to fine silt size material, dotted appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is open to close porphyric, the b- fabric of the micro mass is parallel striated b- fabric.

Void patterns: voids generally are vesicles (100-200 μm in diameter) and cover about 5% of the area of the thin section Iron oxide mottle 1-2%, Quartz very fine and fine-medium, Feldspar, Chert.

ตัวอย่าง 4.5



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 25:75

Coarse fraction : The mineral grains are dominant in single quartz grains, silt size to medium sand size and usually are angular to sub angular, few metamorphic quartz, polycrystalline quartz and zircon. The broken quartz are very few and are in very coarse sand. The manganese oxide nodules, various size and shape, present about 15% and mainly are vughs, few vesicles.

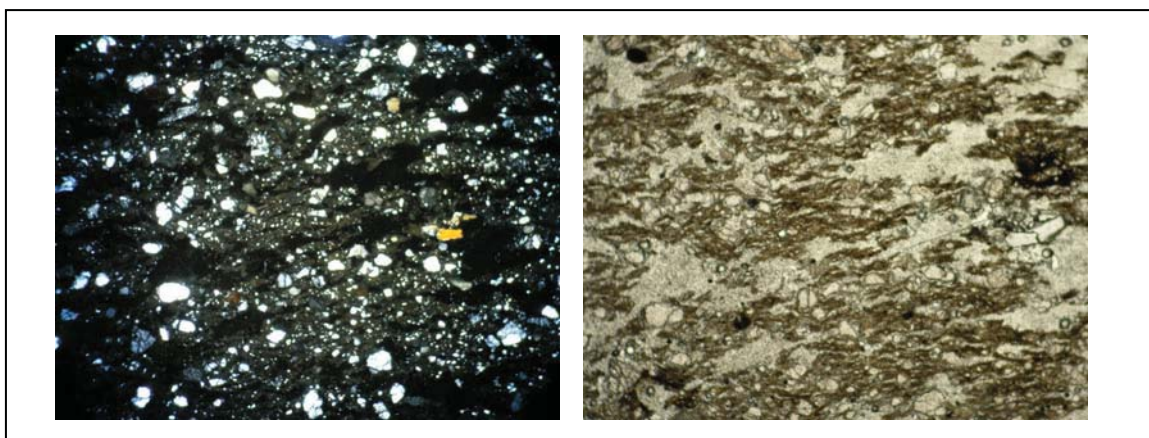
Fine fraction: Pale grayish brown, grading to dark brown and locally grading to olive green and show fibrous aggregates of chlorite, sometime associated with magnetite. Clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close to open porphyric, the b-fabric of the micro mass is undifferentiated, locally show stipple speckled b- fabric.

Void patterns: voids mainly are vughs, few vesicles and cover about 15% of the area of the thin section.

ตัวอย่าง 4.6



Basic mineral components

C/ f limit at 10 $\mu\text{m.}$, c/f ratio 50:50

Coarse fraction: The grains mostly are single quartz grains, silt size to medium sand size, poorly sorted.

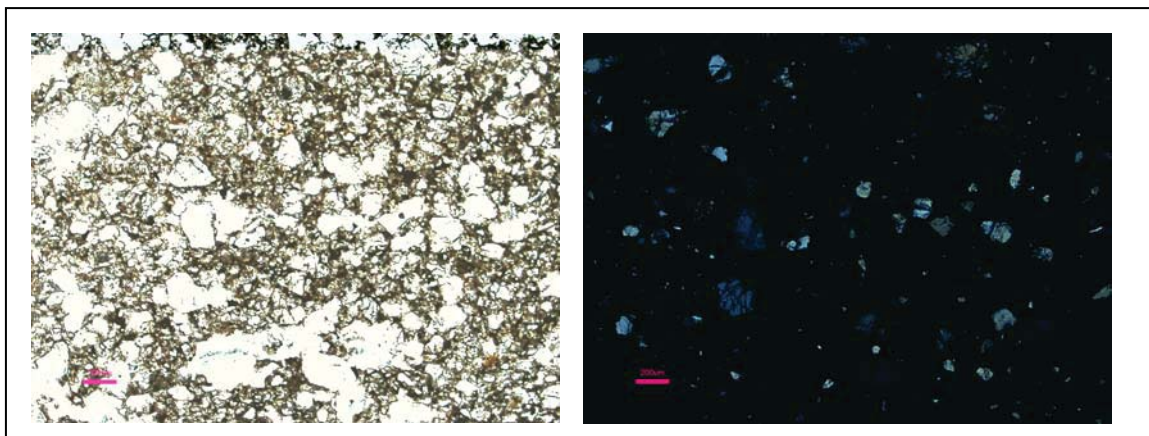
Fine fraction: Grayish brown, clay to fine silt size material, cloudy appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns: generally are short planar voids which show parallel orientation.

ตัวอย่าง 4.7



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 80:20

Coarse fraction: The grains almost are angular quartz grains, silt size to medium sand size, poorly sorted; few broken quartz which are in coarse sand size, very few chert fragments and rare zircon, and metamorphic quartz.

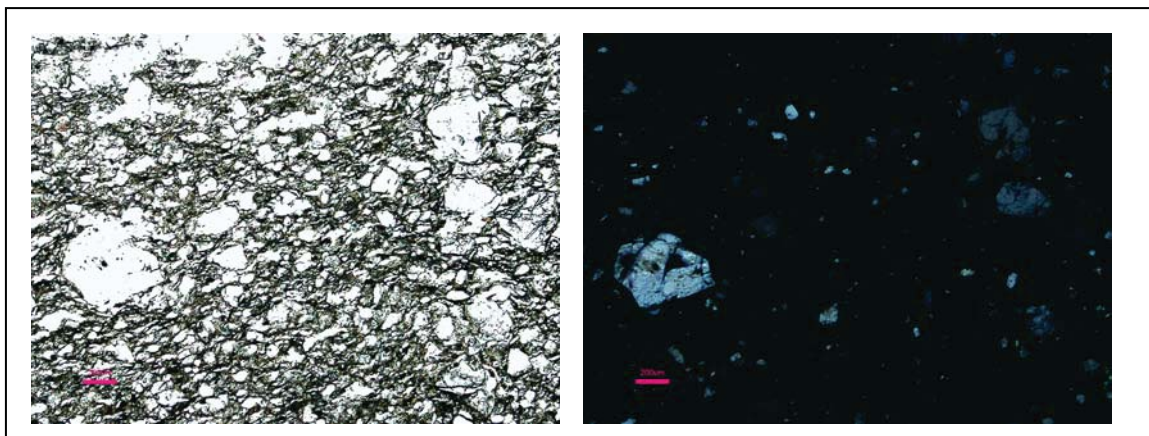
Fine fraction: Pale grayish brown, fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is stipple speckled b- fabric.

Void patterns: Generally are vughs, not interconnected, and occupy about 10% of the area of the thin section.

ตัวอย่าง 5.1



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 60:40

Coarse fraction: The grains mainly are angular quartz grains, silt size to medium sand size, few broken quartz which are in coarse sand size, poorly sorted; very few metamorphic quartz and chert frequents. The manganese nodules, sized 50-300 μm , present about 2%.

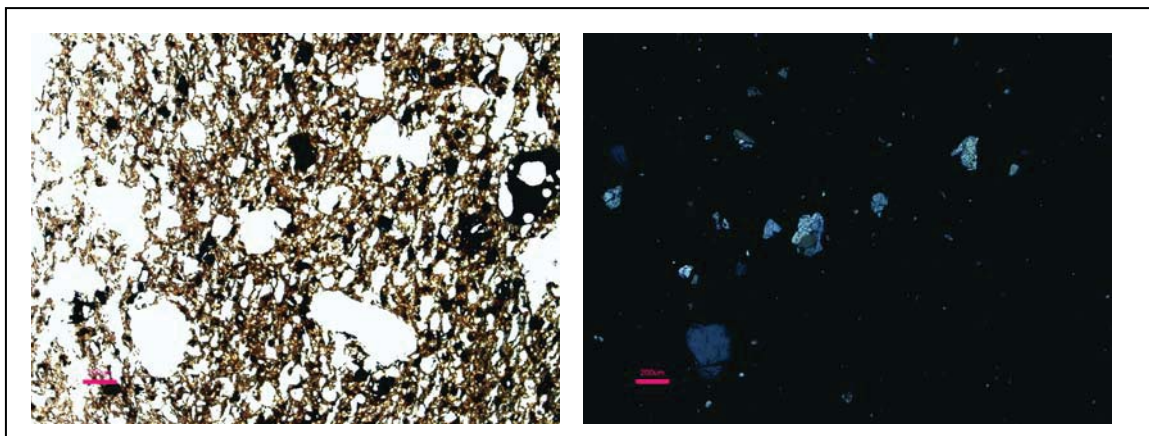
Fine fraction: Grayish brown, clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic component: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is weakly stipple speckled b- fabric.

Void patterns: Generally are vughs and vesicles (diameter up to 300 μm) cover about 10% of the area of the thin section.

ตัวอย่าง 5.2



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 60:40

Coarse fraction: The grains mainly are angular quartz grains, silt size to medium sand size, few broken quartz which are in coarse sand size, poorly sorted; very few metamorphic quartz and chert frequents. The manganese nodules, sized 50-300 μm , present about 2%.

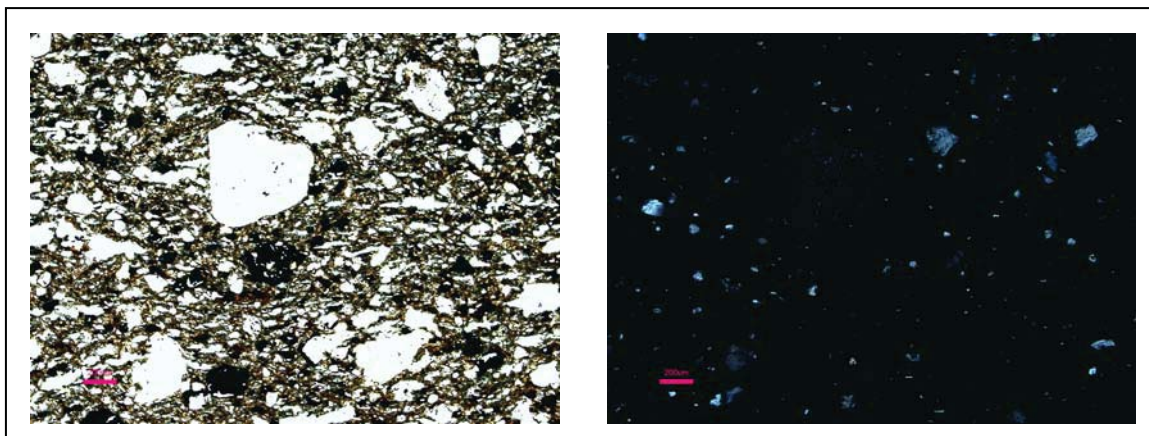
Fine fraction: Grayish brown, clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic component: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is weakly stipple speckled b- fabric.

Void patterns: Generally are vughs and vesicles (diameter up to 300 μm) cover about 10% of the area of the thin section.

ตัวอย่าง 6.1



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 30:70

Coarse fraction: The mineral grains are dominant in angular quartz grains, silt size to medium sand size, few broken quartz grains are in coarse sand size, and chert frequents (sized $\approx 700 \mu\text{m}$); poorly sorted the manganiferous nodules, various shape and size, present about 25%.

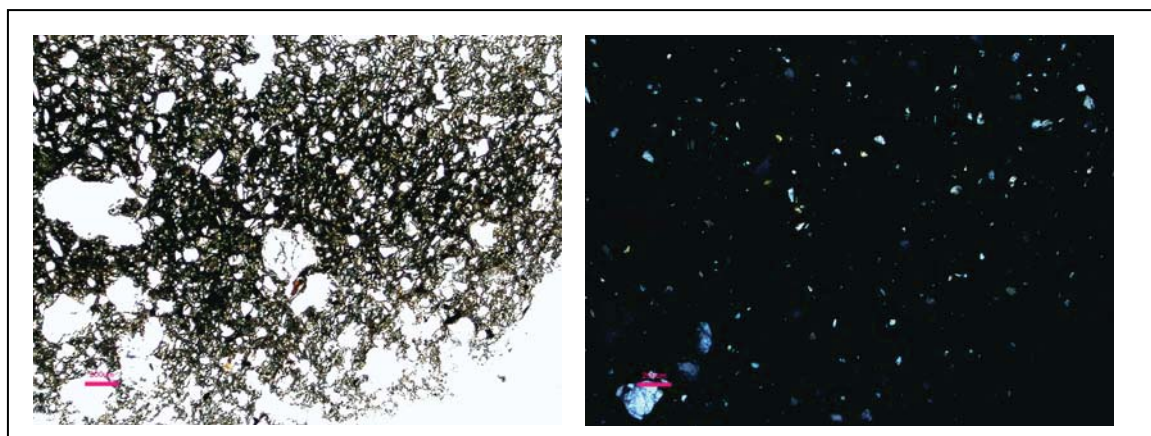
Fine fraction: Brown, clay to fine silt size material, speckled appear under transmitted light.

Basic organic components: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is undifferentiated, locally show stipple speckled b- fabric.

Void patterns: Generally are short planar voids, usually have parallel orientation, few vuqhs; Estimated total void space 20%.

ตัวอย่าง 6.2



Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 60:40

Coarse fraction: The grains mainly are angular quartz grains, silt size to medium sand size, few broken quartz which are in coarse sand size, poorly sorted; very few metamorphic quartz and chert frequents. The manganese nodules, sized 50-300 μm , present about 2%.

Fine fraction: Grayish brown, clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic component: none present.

Ground mass: The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is weakly stipple speckled b- fabric.

Void patterns: Generally are vughs and vesicles (diameter up to 300 μm) cover about 10% of the area of the thin section.

การแปลความโบราณวัตถุเศษภาชนะดินเผา

ผลการวิเคราะห์ภาชนะดินเผาทางฟิสิกส์ด้วยวิธีสไลด์แวรณา จากการทำสไลด์แผ่นบาง (Thin Section) วิเคราะห์ตรวจสอบตัวอย่างเนื้อภาชนะดินเผาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ (Microscopic study) เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางแสงของแร่เนื้อหยาบ และแร่เนื้อละเอียดจากตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่าง สามารถนำมาวิเคราะห์และสรุปแยกดังนี้

ผลวิเคราะห์ตามอัตราส่วนผสมระหว่างแร่เนื้อหยาบและแร่เนื้อละเอียด

องค์ประกอบของแร่เนื้อหยาบของเนื้อภาชนะดินเผาส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์เม็ดเดี่ยวๆ (single quartz) ที่พบกระจายทั่วไปในเนื้อภาชนะ ขนาดของอนุภาคที่มีความหลากหลาย ตั้งแต่ทรายแป้ง (silt size) ทรายขนาดปานกลาง (medium sand size) ทรายเนื้อละเอียดมาก (very fine sand size) ไปจนถึงทรายหยาบมาก (very coarse sand size) เช่น ตัวอย่างหมายเลข 3.4 แสดงถึงการคัดขนาดยังไม่ดีนัก

ส่วนรูปร่างของแร่พบว่า มีมุมแหลมคมไปจนถึงกลมมน ส่วนแร่อื่นๆ ที่พบ กลุ่มที่เป็นภาชนะที่เป็นส่วนลำตัวพบว่ามี เศษแร่ไมกา (แร่ไบโอไทต์ มัสโคไวต์) แร่ทัวมาริน เป็นเศษแร่ที่ปะปนอยู่ในเนื้อดินเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งจากลักษณะของแร่เนื้อหยาบนี้อาจสันนิษฐานได้ว่าวัตถุดิบกำเนิด น่าจะเป็นดินที่มาจากดินตะกอนลำน้ำที่ถูกน้ำพัดพามาทับถม

วิเคราะห์ตามองค์ประกอบของแร่เนื้อหยาบ

แร่เนื้อหยาบที่พบว่าคล้ายคลึงกันทั้ง 20 ตัวอย่าง คือ แร่ควอตซ์ (Quartz) ที่พบกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อภาชนะดินเผา โดยมีลักษณะรูปร่างบริเวณขอบของแร่คล้ายกัน คือ มีมุมแหลมคมจนถึงขนาดค่อนข้างกลม ส่วนในด้านอนุภาคของแร่ที่มีตั้งแต่ ขนาดทรายแป้งไปจนถึงเม็ดทรายขนาดกลางและพบเม็ดทรายหยาบบ้างจากตัวอย่างหมายเลข 3.4 จากแหล่ง **Kok cheng meng klin** แสดงถึงระดับการคัดขนาดปานกลาง ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ อาจจะสันนิษฐานได้ว่าช่างปั้นน่าจะมีความรู้ในการคัดเลือกดินที่จะนำมาผลิตภาชนะเพราะเนื้อดินมีขนาดใกล้เคียงกัน

การผลิตภาชนะดินเผาในปัจจุบัน พบว่า การใช้ ควอตซ์ หรือ หินเขียวหนุมาน เป็นวัตถุดิบที่ทำหน้าที่เหมือนโครงกระดูกของภาชนะดินเผา ส่วนเนื้อดินทำหน้าที่เหมือนเป็นเนื้อและส่วนอื่นๆ ของภาชนะดินเผา ทั้งนี้เพราะควอตซ์ ช่วยทำให้ภาชนะแข็งแรงไม่โค้งงอและยังช่วยการขยายตัวก่อนและหลังเผาของภาชนะลดน้อยลง ส่วนเศษแร่อื่นๆ ที่พบในเนื้อภาชนะดินเผานั้น เป็นองค์ประกอบส่วนน้อยมากในแร่เนื้อหยาบซึ่งพบเพียงแร่เซอร์คอนเท่านั้น

วิเคราะห์ตามองค์ประกอบของแร่เนื้อละเอียด

องค์ประกอบของแร่เนื้อละเอียด ภายในเนื้อภาชนะดินเผามีลักษณะขุ่นมัวที่เป็นเช่นนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากอนุภาคของอินทรีย์วัตถุตามธรรมชาติที่มีการสลายตัวโดยธรรมชาติ จากจุลินทรีย์ ความชื้น ความร้อน จนเน่าเปื่อยผุพังและสลายตัวจนมีอนุภาคนาขนาดขนาดเล็กและยังสามารถมองเห็นได้โดยมีลักษณะเป็นสารแขวนลอยกระจายปะปนอยู่ในเนื้อดินตามธรรมชาติ ส่งผลให้เกิดลักษณะขุ่นมัว

วิเคราะห์ลักษณะช่องว่างในดิน

จากการศึกษาตัวอย่างเศษภาชนะดินเผาทั้ง 20 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณช่องว่างในดินของตัวอย่างทั้งหมดคล้ายคลึงกัน คือมีช่องว่างในดินประมาณ 15-20% จากเปอร์เซ็นต์ช่องว่างนี้ น่าจะแสดงถึงกรรมวิธีในการผลิตภาชนะและส่วนผสมจัดอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี มีการควบคุมไม่ให้เกิดการแตกรานหรือร้าวซึมได้ แม้ว่าข้างป็นไม่ได้ใส่วัสดุเพื่อลดการเกิดช่องว่างหรือการแตกรานในดินป็น หรือเนื้อดินอาจจะป็นดินที่เหมาะสมในการทำภาชนะ หรืออาจจะมาจากอุณหภูมิการเผาภาชนะที่พอเหมาะ ไม่ทำให้เกิดการแตกราน

ส่วนรูปแบบช่องว่างในดินเหมือนกันคือ ช่องว่างแบบ channels และ ช่องว่างแบบแนวยาวหลายขนาดโดยช่องว่างนี้ขนานไปในทิศทางเดียวกัน รวมทั้งยังพบช่องว่างแบบไม่ต่อเนื่องด้วย

ข้อสังเกตประการหนึ่งในเรื่องของช่องว่างในดินนั้นพบว่าจะเกิดขึ้นใน 2 ลักษณะ คือ

1. เกิดโดยธรรมชาติ
2. เกิดจากการกระทำของมนุษย์

จากการที่เกิดช่องว่างในดินนี้ อาจจะมีสาเหตุเนื่องจากการยึดหดตัวของอนุภาคดินเหนียวที่ได้รับความร้อนในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ทำให้เนื้อดินเกิดช่องว่างหรือโพรงแบบคล้ายๆ กันขึ้นมา ช่องว่างแบบ channels ที่พบนี้น่าจะเกิดโดยธรรมชาติ แต่ช่องว่างแบบแนวยาวที่ขนานไปกับเนื้อภาชนะและช่องว่างแบบ vesicles ที่มีลักษณะคล้ายกับลักษณะของฟองอากาศ (air bubble) ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนฟองอากาศเหล่านั้นจะขยายตัวและดันเป็นโพรงผนังช่องว่างออก ตามตัวอย่างที่

วิเคราะห์ตามความสัมพันธ์ระหว่างแร่เนื้อหยาบและแร่เนื้อละเอียด และลักษณะการจัดเรียงตัวของแร่เนื้อละเอียด

จากการวิเคราะห์ส่วนผสมของทั้ง 20 ตัวอย่าง คล้ายคลึงกันคือ เป็นแบบเนื้อดอกหว่างๆ ไปจนถึงเนื้อดอกชิด (close to open porphyric) ซึ่งสัมพันธ์กับสัดส่วนของแร่เนื้อหยาบและเนื้อละเอียดที่พบ เช่น อัตรา 20 : 80 แสดงถึงปริมาณของแร่เนื้อหยาบมีมากถึง 20% โอกาสที่จะเป็นเนื้อดินแบบเนื้อดอกก็มีมากตามไปด้วย ซึ่งขนาดต่างๆ กันของแร่เนื้อหยาบมีส่วนทำให้เนื้อดินเป็นแบบเนื้อดอก หรือหากมีปริมาณแร่เนื้อหยาบน้อย เช่น มีจำนวนแร่เนื้อหยาบเพียง 1% ก็จะทำให้เนื้อดินมีลักษณะเหมือนกับเป็นดินเหนียวลื่นๆ และยังสัมพันธ์กับระดับการกัดขนาดด้วยคือระดับปานกลาง อีกด้วย

ลักษณะการจัดเรียงตัวของแร่เนื้อละเอียด (b-fabric of the micromass) โดยส่วนใหญ่มองไม่เห็นการจัดเรียงตัวของเนื้อดิน (undifferentiated) ซึ่งอาจสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่อยู่ในเนื้อดินนั้นและไม่ถูกเผาไหม้จากอุณหภูมิการเผาภาชนะและทำให้เนื้อของภาชนะมีระดับสีเข้มอ่อนต่างกันไป

ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

Wet chemical analysis (ICP) Ceramic samples from Cambodia

Sample No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO ₂	TiO ₂	MnO ₂
1.1	69.7	17.4	5.1	0.15	0.51	2.0	0.61	0.43	0.03
1.2	69.9	16.7	5.3	1.0	0.29	1.8	0.59	0.55	0.02
1.3	75.8	14.8	1.4	1.1	0.36	2.0	0.46	0.48	ND
2.1	70.2	15.5	3.6	0.96	0.33	2.3	0.60	0.55	ND
2.2	81.6	11.2	0.73	0.32	0.08	1.0	0.24	0.55	ND
3.1	65.2	16.2	5.7	0.11	0.16	2.8	1.1	0.45	ND
3.2	64.1	17.9	5.4	0.10	0.25	2.9	1.1	0.54	0.01
3.3	61.7	15.4	5.9	0.37	0.35	3.5	1.1	0.57	0.01
3.4	75.7	11.5	0.92	0.64	0.12	1.5	0.43	0.55	0.03
4.1	75.5	11.6	4.5	0.61	0.57	0.25	0.20	0.89	0.37
4.2	71.4	16.5	4.3	0.29	0.30	1.9	0.65	0.47	0.03
4.3	69.7	18.6	3.7	0.63	0.48	1.5	0.53	0.42	0.02
4.4	73.0	14.6	3.3	1.5	0.34	2.1	0.65	0.48	0.04

Sample No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO ₂	TiO ₂	MnO ₂
4.5	69.5	18.7	3.7	0.85	0.43	1.6	0.55	0.50	0.02
4.6	75.3	14.0	1.2	2.9	0.14	1.0	0.45	0.53	ND
4.7	80.3	9.7	0.72	1.5	0.17	1.3	0.44	0.45	ND
5.1	73.3	14.0	2.7	1.5	0.19	2.2	0.82	0.57	0.01
5.2	78.3	14.4	1.3	1.2	0.32	1.9	0.39	0.49	ND
6.1	66.2	19.4	4.3	0.06	0.15	1.7	0.66	0.40	ND
6.2	72.2	14.2	1.2	0.85	0.19	1.7	0.47	0.55	0.02
2.1 (Glaze)	52.6	9.7	11.2	21.3	1.0	1.3	0.81	0.48	0.01

3.4 การศึกษาการกระจายตัวและเทคโนโลยีการถลุงโลหะของแหล่งผลิตโลหะตามแนวเส้นทางโบราณและปริมาตร

การศึกษาแหล่งโลหะกรรมสมัยโบราณที่พบกระจายตัวตามแนวเส้นทางและในพื้นที่ปริมาตรของแนวเส้นทางโบราณจากเมืองเสียมเรียบถึงเมืองพิมาย ที่ดำเนินการในการวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการสำรวจแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณรวมทั้งสิ้น 67 แหล่ง และได้ดำเนินการขุดค้นที่แหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณบ้านเขาหินใต้ ตำบลบ้านกรวด อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ รายละเอียดของผลการดำเนินการ มีดังนี้

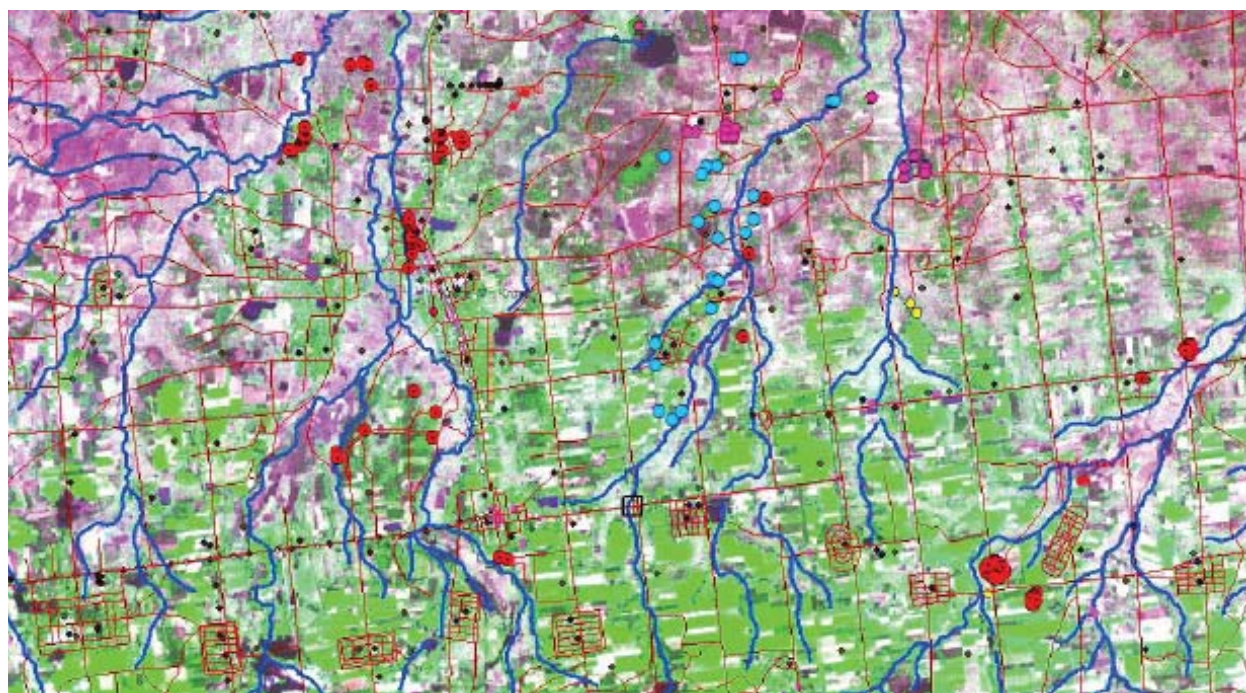
3.4.1 การสำรวจแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณ

ผลการสำรวจได้พบว่าในเขตอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ มีแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณอย่างน้อย 67 แหล่ง ดังตารางต่อไปนี้

หมายเลข	ชื่อ	หมู่บ้าน	อำเภอ	จังหวัด	ประเภท	สมัย
1	นางแสง ฮาประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
2	นายสมพงษ์ คงประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
3	นางสุวรรณี วัฒนานุกุลกิจ	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
4	นายเงิน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
5	นางบาง เพ็ญเดิมพัน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
6	นางบาง เพ็ญเดิมพัน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
7	นายจัน พรหมประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
8	นายทุม พรหมประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
9	นางซาม คงพลปาน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
10	นายโพรง จาประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
11	นายโพรง จาประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
12	นางเจียม เทื่อประโคน	บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
13	นางเจียม เทื่อประโคน	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
14	นายเพชร แพ้นประโคน	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
15	นายคลอน นาคประโคน	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
16	นายเสมียน ยานมณี	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
17	นายแกะ เลือประโคน	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
18	นายตุม กลมยา	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
19	นายตุม กลมยา	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
20	นางปราณี ยอดเพชร	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
21	Furnace	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
22	Furnace	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
23	นางเขียน นาคประโคน	บ้านเขาดินใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
24	นายทุม พรหมประโคน	บ้านหนองเอี่ยน	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
25	Furnace	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
26	Furnace	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
27	Furnace	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
28	Furnace	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
29	Furnace	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
30	นายสมอาจ กลมประโคน	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
31	นายสมอาจ กลมประโคน	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
32	นายสมอาจ กลมประโคน	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
33	ยายเนือง ท่าประโคน	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
34	นายอุทัย	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
35	นายชอบ ทิรมย์	บ้านโคกยาง บ้านกรวด	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND

หมายเลข	ชื่อ	หมู่บ้าน	อำเภอ	จังหวัด	ประเภท	สมัย
36	furnance 1 gone	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
37	furnance 2 exist	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
38	furnance 3 exist	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
39	furnance 4 exist	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
40	furnance 5 exist	บ้านหนองจิก กระชาย	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
41	furnance 6 gone	บ้านสายโหลสองใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
42	furnance 7 gone	บ้านสายโหลสองใต้	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
43	furnance 1	สายโหลสิบเหนือ สายตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
44	furnance 2	สายโหลสิบเหนือ สายตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
45	furnance 3	สายโหลสิบเหนือ สายตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
46	furnance 4	สายโหลสิบเหนือ สายตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
47	furnance 5	สายโหลสิบเหนือ สายตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
48	furnance 6	สายโหลสิบเหนือ สายตะกู	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
49	furnance 1	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
50	furnance 2	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
51	furnance 3	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
52	furnance 4	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
53	furnance 5	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
54	furnance 6	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
55	furnance 7	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
56	furnance 1	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
57	furnance 2	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
58	furnance 3	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
59	furnance 4	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
60	furnance 5	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
61	furnance 6	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
62	furnance 7	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
63	furnance 8	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
64	furnance 9	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
65	furnance 10	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
66	furnance 11	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND
67	furnance 12	สายโหลแปดใต้ จันทบเพชร	Ban Kruad	Burirum	Iron Furnace site	ND

โครงการวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมและข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์มาจัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณทั้ง 35 แหล่งซึ่งเห็นได้ว่าแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณกระจายอยู่ในพื้นที่หลายหมู่บ้านของอำเภอบ้านกรวด ทั้งนี้ เห็นได้ว่า แหล่งถลุงเหล็กส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่แยกจากแหล่งเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาและเครื่องเคลือบดินเผาสมัยโบราณ แต่ก็มีบางแหล่งที่ได้พบว่าแหล่งเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้ง 2 ชนิดปรากฏอยู่ที่ทำเลเดียวกัน อย่างไรก็ตามเห็นได้ชัดเจนว่าแหล่งเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมสมัยโบราณทั้ง 2 ประเภทส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่ราบลุ่มต่ำ ซึ่งจัดเป็นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) และตั้งอยู่ใกล้แนวลำน้ำธรรมชาติสายต่างๆ และขนาดต่างๆ ที่มีอยู่ในพื้นที่นี้ โดยพบว่าแหล่งเหล่านี้ตั้งอยู่ห่างลำน้ำธรรมชาติระหว่าง 30-400 เมตร ทั้งนี้คงเป็นเพราะพื้นที่ราบลุ่มใกล้ลำน้ำเป็นทั้งแหล่งดินสำหรับใช้ในการทำเตาถลุงเหล็ก รวมทั้งเป็นแหล่งดินสำหรับทำทั้งเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาและตัวเครื่องปั้นดินเผา



- = แหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณ
- = แหล่งเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาและเครื่องเคลือบดินเผาสมัยโบราณ
- = เส้นทางโบราณ
- = ลำน้ำ
- = พื้นที่ดอน / ลานตะพักลำน้ำ
- = พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงทั้งในอดีต และปัจจุบัน

รูปที่ 3-20 แผนที่แสดงการกระจายตัวของแหล่งถลุงเหล็ก
และแหล่งเตาผลิตเครื่องปั้นดินเผาสมัยโบราณ ในเขตอำเภอบ้านกรวด

3.4.2 การขุดค้นทางโบราณคดีที่แหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณบ้านเขาดินใต้ อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์

บ้านเขาดินใต้เป็นหมู่บ้านหนึ่งในเขตการปกครองของหมู่ที่ 7 ตำบลบ้านกรวด อำเภอ
บ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ โดยตั้งอยู่ห่างจากตัวอำเภอบ้านกรวดไปทางตะวันออกเฉียงเหนือเป็น
ระยะทางประมาณ 3 กิโลเมตร

ใน พ.ศ. 2530 โครงการโบราณคดีประเทศไทย (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) กองโบราณคดี กรมศิลปากร สำรวจพบว่าในพื้นที่ของอำเภอบ้านกรวดมีเนินดินรูปร่างไม่สม่ำเสมอ ตั้งอยู่ภายในหมู่บ้านเขาดินใต้ และที่เนินเหล่านี้พบโบราณวัตถุที่เกี่ยวข้องกับการถลุงเหล็ก ได้แก่ ตะกรันจากการถลุงเหล็กกระจายอยู่บนผิวดิน จากการสำรวจดังกล่าวจึงเริ่มทราบกันว่าบ้านเขาดินใต้เป็นแหล่งโบราณคดีประเภทแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ใน พ.ศ. 2548 โครงการวิจัยเรื่องการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศภูมิศาสตร์ของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ได้สำรวจเพิ่มเติมที่แหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณที่บ้านเขาดินใต้ รวมทั้งที่แหล่งถลุงเหล็กและแหล่งเตาภาชนะดินเผาสมัยโบราณที่พบกระจายอยู่ในเขตอำเภอบ้านกรวด

ต่อมาใน พ.ศ. 2550 โครงการวิจัยเรื่องการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศภูมิศาสตร์ของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ระยะที่สอง จึงได้เริ่มดำเนินการขุดค้นทางโบราณคดีที่แหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณบ้านเขาดินใต้

ตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งโบราณคดี

- ตำแหน่งที่ตั้งตามเขตการปกครองของแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณบ้านเขาดินใต้

แหล่งโบราณคดีแห่งนี้อยู่ในเขตที่ดินของนางจิม เทื่อประโคน หมู่ที่ 9 บ้านเขาดินใต้ ตำบลบ้านกรวด อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

- ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณบ้านเขาดินใต้

ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณบ้านเขาดินใต้ มีรายละเอียดดังนี้

เส้นรุ้ง 14 องศา 26 ลิปดา 27 ฟลิปดาเหนือ

เส้นแวง 103 องศา 04 ลิปดา 81 ฟลิปดาตะวันออก

ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประมาณ 196 เมตร

สภาพทั่วไปของแหล่งโบราณคดี

มีลักษณะเป็นเนินดินสูงประมาณ 7 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 50 เมตร สภาพทั่วไปมีต้นไม้น้อยปกคลุมไม่หนาแน่นมากนัก บนเนินเป็นที่ตั้งของศาลตา-ยาย ซึ่งเจ้าของพื้นที่ได้สร้างไว้เป็นที่เคารพสักการะบนผิวดิน พบก้อนตะกรันจากการถลุงแร่เหล็กกระจายไปทั่วพื้นที่



รูปที่ 3-21 แสดงสภาพเนินดินที่ต้งหลุมขุดค้น
ทางด้านทิศใต้



รูปที่ 3-22 แสดงสภาพของเนินดิน
ด้านทิศตะวันตก



รูปที่ 3-23 แสดงศาลตา-ยาย

- กระบวนการดำเนินงานทางโบราณคดี

การดำเนินงานขุดค้นทางโบราณคดี บ้านเขาดินใต้ อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์ ดำเนินการแยกเป็น 2 ช่วง คือในระหว่างวันที่ 1-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และระหว่างวันที่ 22 กุมภาพันธ์ - 22 มีนาคม 2551 รวมเวลาดำเนินการ 2 เดือน โดยได้ทำการขุดค้นพื้นที่จำนวน 2 หลุมขุดค้น มีรายละเอียดการดำเนินงาน ดังนี้

การวางผังหลุมขุดค้น

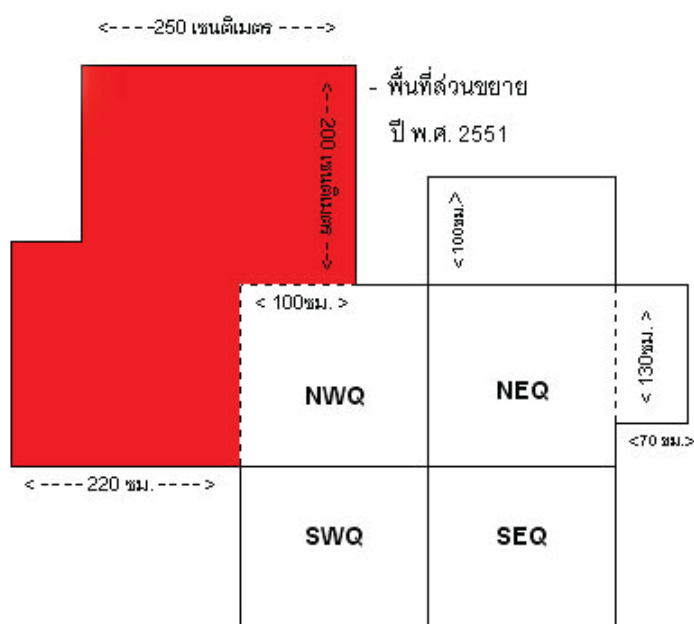
หลุมขุดค้นที่ 1

กำหนดพื้นที่หลุมขุดค้นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 3 เมตร วางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้

ในการขุดค้นชั้นหลักฐานทางโบราณคดีได้ดำเนินการโดยแบ่งพื้นที่หลุมขุดค้นออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน แต่ละส่วนมีขนาดกว้าง 1.50 เมตร ยาว 1.50 เมตร เรียกชื่อแต่ละส่วนตามแนวทิศคือ NEQ (Northeast Quadrant), SEQ (Southeast Quadrant), NWQ (Northwest Quadrant) และ SWQ (Southwest Quadrant) ดังภาพต่อไปนี้



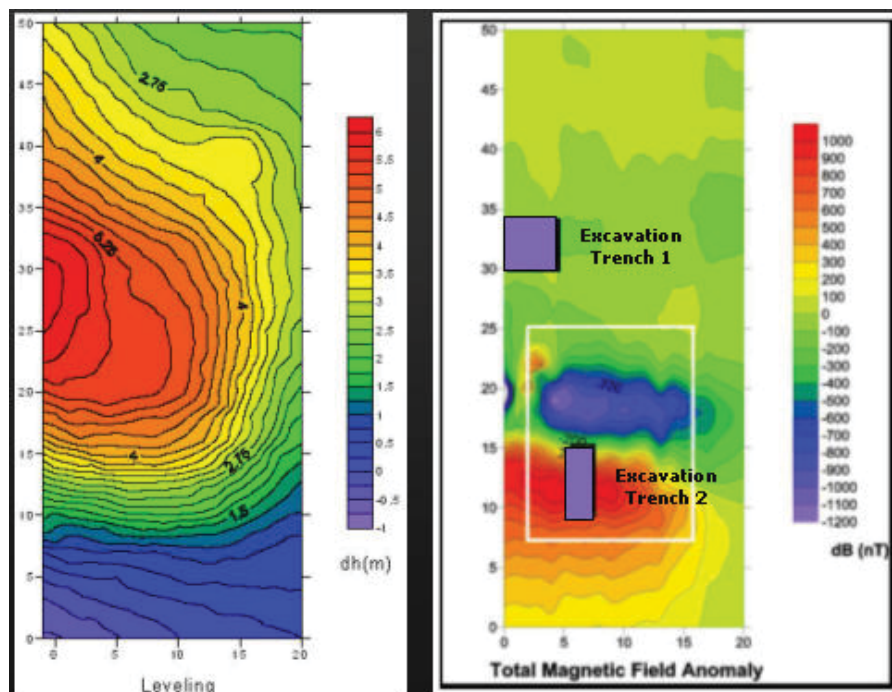
ส่วนในการขุดค้นระหว่างวันที่ 22 กุมภาพันธ์ - 22 มีนาคม 2551 ได้ทำการขุดขยายเพิ่มเติมในพื้นที่ NWQ ไปทางทิศเหนือ และทางทิศตะวันตก ดังภาพต่อไปนี้



หลุมขุดค้นที่ 2

กำหนดพื้นที่หลุมขุดค้นขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 6 เมตร วางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้

ในการขุดค้นชั้นหลักฐานทางโบราณคดีในหลุมขุดค้นนี้ ได้ดำเนินการโดยแบ่งพื้นที่หลุมขุดค้นออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน แต่ละส่วนมีขนาดกว้าง 1.50 เมตร ยาว 2.00 เมตร โดยเรียกพื้นที่ที่แบ่งออกเป็นพื้นที่ A พื้นที่ B และ พื้นที่ C เรียงลงมาตามลำดับ จากเหนือไปได้



รูปที่ 3-24 แผนผังแสดงเส้นชั้นความสูงและตำแหน่งหลุมขุดค้นที่ 1 และ 2
(Excavation Trench 1 and 2)

ทั้งนี้ ได้กำหนดให้เสาของศาลบนเนินเป็นระนาบอ้างอิงสมมุติ (Datum Plain) มีค่าระดับสมมุติ 0.00 cm.dt. ระนาบอ้างอิงสมมุตินี้ อยู่สูงจากระดับพื้นดินที่บริเวณดังกล่าว 5.8 เซนติเมตร



รูปที่ 3-25 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงหลัก

วิธีการขุดค้นประกอบด้วยการขุดลอกชั้นทับถมทางโบราณคดีออกทีละชั้นตามระดับชั้นสมมุติ โดยกำหนดล่วงหน้าให้แต่ละชั้นทับถมทางโบราณคดีสมมุติ มีความลึกชั้นละ 10 เซนติเมตร และกำหนดชื่อเรียกแต่ละชั้นสมมุติเป็นหมายเลขเรียงลำดับจากชั้นทับถมทางโบราณคดีสมมุติบนสุด ไปจนถึงชั้นล่างสุดที่ไม่ปรากฏโบราณศิลปวัตถุ (artefact) ใดๆ หรือเป็นชั้นที่ไม่ปรากฏร่องรอยของกิจกรรมมนุษย์ (Sterile Layer)

ในหลุมขุดค้นที่ 1 ได้ทำการขุดค้นทั้งสิ้น 33 ระดับ คือ ระดับชั้นสมมุติที่ 1 (ระดับผิวดิน - 80 cm.dt.) ถึงระดับสมมุติที่ 33 (390- 400 cm.dt.) ชั้นสมมุติต่างๆ มีความลึกจากระนาบอ้างอิงสมมุติ ดังตารางต่อไปนี้

ระดับสมมุติ	ระดับจาก Datum Plain	ระดับสมมุติ	ระดับจาก Datum Plain
ระดับสมมุติที่ 1	0-80	ระดับสมมุติที่ 18	240 -250
ระดับสมมุติที่ 2	80-90	ระดับสมมุติที่ 19	250-260
ระดับสมมุติที่ 3	90-100	ระดับสมมุติที่ 20	260-270
ระดับสมมุติที่ 4	100-110	ระดับสมมุติที่ 21	270-280
ระดับสมมุติที่ 5	110-120	ระดับสมมุติที่ 22	280-290
ระดับสมมุติที่ 6	120-130	ระดับสมมุติที่ 23	290-300
ระดับสมมุติที่ 7	130-140	ระดับสมมุติที่ 24	300-310
ระดับสมมุติที่ 8	140-150	ระดับสมมุติที่ 25	310-320
ระดับสมมุติที่ 9	150-160	ระดับสมมุติที่ 26	320-330
ระดับสมมุติที่ 10	160-170	ระดับสมมุติที่ 27	330-340
ระดับสมมุติที่ 11	170-180	ระดับสมมุติที่ 28	340-350
ระดับสมมุติที่ 12	180-190	ระดับสมมุติที่ 29	350-360
ระดับสมมุติที่ 13	190-200	ระดับสมมุติที่ 30	360-370
ระดับสมมุติที่ 14	200-210	ระดับสมมุติที่ 31	370-380
ระดับสมมุติที่ 15	210-220	ระดับสมมุติที่ 32	380-390
ระดับสมมุติที่ 16	220-230	ระดับสมมุติที่ 33	390-400
ระดับสมมุติที่ 17	230-240		

สำหรับหลุมชุดคันที่ 2 นั้น ทำการขุดคันทั้งสิ้น 51 ระดับ โดยกำหนดให้ชื่อเป็นระดับสมมติที่ 1 (ระดับผิวดิน - ความลึก 220 cm.dt.) ถึงระดับสมมติที่ 51 (710-720 cm.dt.) ชั้นสมมุติต่างๆ มีความลึกจากระนาบอ้างอิงสมมุติ ดังตารางต่อไปนี้

ระดับสมมติ	ระดับจาก Datum	ระดับสมมติ	ระดับจาก Datum Plain (cm.dt.)
ระดับสมมติที่ 1	0-220	ระดับสมมติที่ 27	470-480
ระดับสมมติที่ 2	220-230	ระดับสมมติที่ 28	480-490
ระดับสมมติที่ 3	230-240	ระดับสมมติที่ 29	490-500
ระดับสมมติที่ 4	240-250	ระดับสมมติที่ 30	500-510
ระดับสมมติที่ 5	250-260	ระดับสมมติที่ 31	510-520
ระดับสมมติที่ 6	260-270	ระดับสมมติที่ 32	520-530
ระดับสมมติที่ 7	270-280	ระดับสมมติที่ 33	530-540
ระดับสมมติที่ 8	280-290	ระดับสมมติที่ 34	540-550
ระดับสมมติที่ 9	290-300	ระดับสมมติที่ 35	550-560
ระดับสมมติที่ 10	300-310	ระดับสมมติที่ 36	560-570
ระดับสมมติที่ 11	310-320	ระดับสมมติที่ 37	570-580
ระดับสมมติที่ 12	320-330	ระดับสมมติที่ 38	580-590
ระดับสมมติที่ 13	330-340	ระดับสมมติที่ 39	590-600
ระดับสมมติที่ 14	340-350	ระดับสมมติที่ 40	600-610
ระดับสมมติที่ 15	350-360	ระดับสมมติที่ 41	610-620
ระดับสมมติที่ 16	360-370	ระดับสมมติที่ 42	620-630
ระดับสมมติที่ 17	370-380	ระดับสมมติที่ 43	630-640
ระดับสมมติที่ 18	380-390	ระดับสมมติที่ 44	640-650
ระดับสมมติที่ 19	390-400	ระดับสมมติที่ 45	650-660
ระดับสมมติที่ 20	400-410	ระดับสมมติที่ 46	660-670
ระดับสมมติที่ 21	410-420	ระดับสมมติที่ 47	670-680
ระดับสมมติที่ 22	420-430	ระดับสมมติที่ 48	680-690
ระดับสมมติที่ 23	430-440	ระดับสมมติที่ 49	690-700
ระดับสมมติที่ 24	440-450	ระดับสมมติที่ 50	700-710
ระดับสมมติที่ 25	450-460	ระดับสมมติที่ 51	710-720
ระดับสมมติที่ 26	460-470		

การบันทึกข้อมูลและจัดเก็บหลักฐานทางโบราณคดี

ในการขุดค้นชั้นหลักฐานทางโบราณคดี ได้ทำการบันทึกรายละเอียดการปฏิบัติงานและข้อมูลทางโบราณคดีที่พบด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

- การบันทึกข้อมูลประจำวัน (Diary record) ระหว่างการขุดค้นในแต่ละวัน ประกอบด้วยการบันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติงาน และรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ ที่พบในการขุดค้นในแต่ละวัน และแยกบันทึกลงในแบบบันทึกต่างๆ ได้แก่ แบบบันทึกผลการปฏิบัติงานประจำวัน เพื่อสรุปงานที่ปฏิบัติและหลักฐานที่พบในแต่ละวัน แบบบันทึกร่องรอยกิจกรรมมนุษย์ (Features) ซึ่งเป็นแบบบันทึกรายละเอียดของหลักฐานทางโบราณคดีประเภทร่องรอยที่เกิดจากการทำกิจกรรมของมนุษย์ที่พบในแต่ละชั้นทับถมทางโบราณคดี โดยบันทึกทั้งเป็นแผนผัง และคำบรรยายลักษณะ ขนาด องค์ประกอบ และลักษณะดินของร่องรอยกิจกรรมมนุษย์แต่ละรอย

- การบันทึกภาพ ทำโดยการบันทึกภาพตั้งแต่ ก่อนการขุดค้น ตลอดจนในขณะที่ทำการขุดค้น และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของชั้นทับถมทางโบราณคดี หรือพบโบราณวัตถุชิ้นพิเศษ หรือพบร่องรอยกิจกรรมมนุษย์ หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับการขุดค้นตามชั้นดินสมมุติ หรือเมื่อการขุดค้นสิ้นสุดลง รวมทั้งบันทึกภาพสภาพแหล่งโบราณคดีภายหลังการกลับหลุมที่ทำการขุดค้นเสร็จสิ้นแล้ว และมีการบันทึกรหัสของภาพถ่ายไว้ในแบบบันทึกการถ่ายภาพเพื่อสะดวกต่อการใช้ข้อมูล

- การจัดเก็บโบราณวัตถุที่ได้จากการขุดค้น ใช้แบบบันทึกทะเบียนถุงโบราณวัตถุ ประกอบการบันทึกรายละเอียดของโบราณวัตถุแต่ละประเภทที่พบจากการขุดค้น โดยจัดจำแนกตามระดับสมมุติ ประเภทของโบราณวัตถุ และพื้นที่ที่พบโบราณวัตถุ

ตัวอย่างการเขียนungskึ่งโบราณวัตถุ

# 0001	(หมายเลขungsk)
KDT'2007	(แหล่งungsk บ้านเขาดินใต้ 2007)
TP.1 NEQ	(หลุมungskที่1 พื้นที่ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ)
① S - 80 cm.dt.	(ระดับสมมติที่ 1 Surface-80 cm.dt.)
ชั้นส่วนของทอดินเผาสำหรับหุ้มปลาย	(ประเภทของโบราณวัตถุ)
ทอดจากที่ลุ่ม	
5/05/07	อัสราวรรณ อยู่ป้อม (วันที่ และชื่อผู้บันทึก)

ข้อมูลทีพบในแต่ละระดับชั้นสมมติที่ungsk

หลุมungskที่ 1 (TP.1)

ระดับผิวดิน ทำการวัดและบันทึกระดับผิวดินก่อนการungskทั่วทั้งพื้นที่หลุมungsk เพื่อทำการปรับระดับผิวดินก่อนดำเนินการungsk

-31 cm.dt.	-54 cm.dt.	-78.5 cm.dt
NWQ	NEQ	
-2 cm.dt.	-56 cm.dt..	
SWQ	SEQ	
-32 cm.dt.		
+24 cm.dt.	- 4 cm.dt.	-39 cm.dt.

- พบตะกอนจากการลึงเหล็ก กระจายตัวทั่วทั้งหลุมungsk ประกอบด้วยก้อนตะกอนขนาดประมาณ 2-15 เซนติเมตร จำนวน

- ขึ้นส่วนภาชนะดินเผาเคลือบเนื้อละเอียด เขียนลายด้วยสีฟ้าได้
น้ำยาเคลือบสี จำนวน 1 ชิ้น



รูปที่ 3-26 สภาพหลุมขุดค้นก่อนดำเนินการขุดค้นหลุมขุดค้นที่ 1 (ทิศเหนือ)



รูปที่ 3-27 สภาพหลุมขุดค้นก่อนดำเนินการขุดค้นหลุมขุดค้นที่ 1 (ทิศตะวันตก)

ระดับผิวดิน-80 cm.dt. เริ่มทำการขุดค้นในพื้นที่ NEQ เพื่อให้พื้นที่ส่วนนี้ของหลุมขุดค้นอยู่ที่ระดับลึก 80 cm.dt. แล้วจึงขุดค้นต่อในพื้นที่ NWQ, SEQ และ SWQ เพื่อให้ถึงระดับความลึกเดียวกัน ทั้งนี้ในบริเวณพื้นที่ SWQ เมื่อทำการขุดค้นในระดับ 50-60 cm.dt. พบร่องรอยของกลุ่มโบราณวัตถุ อันประกอบ

- ตะกรันจากการถลุงแร่เหล็ก ขนาดประมาณ 2-10 เซนติเมตร กระจายตัวทั่วพื้นที่ร่วมกับชิ้นส่วนดินเผาไฟขนาดประมาณ 3-10 เซนติเมตร
- ชิ้นส่วนก้นของเครื่องมือเหล็ก จำนวน 1 ชิ้น พบในพื้นที่ส่วน NWQ
- ชิ้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สุบลม
- ตัวอย่างถ่าน
- ชิ้นส่วนภาชนะดินเผาประเภทเนื้อดิน ขนาดประมาณ 3-5 เซนติเมตร
- ชิ้นส่วน ก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องดักตะกรันที่ผนังเตาถลุง



รูปที่ 3-28 แสดงร่องรอยของดินเผาไฟในพื้นที่ NEQ ในระดับ 80 cm.dt.

80-90 cm.dt.

เมื่อทำการขุดค้นในพื้นที่ NEQ พบร่องรอยของดินเผาไฟซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นส่วนที่เหลืออยู่ของเตาถลุงเหล็ก จึงได้ทำการขุดลอกตามระดับชั้นของร่องรอยดินเผาไฟดังกล่าว ทั้งพื้นที่ส่วน NEQ และทำการขุดขยายต่อในพื้นที่ส่วน SEQ พบหลักฐานทางโบราณคดีชนิดต่างๆ ดังนี้

- ซากเตาถลุงเหล็กหมายเลข 1 หมายเลข 2 และหมายเลข 3 โดยพบเตาถลุงหมายเลข 1 และ 2 ในพื้นที่ส่วน NEQ ซึ่งน่าจะเป็นเตาถลุงที่ใช้งานพร้อมกันเนื่องจากพบในระดับดินเดียวกัน โดยการขุดดินเป็นแอ่งตื้นๆ ด้านที่เป็นปากของเตาถลุง ลึกลงจากระดับผิวดินใช้งานประมาณ 10-20 เซนติเมตร แล้วลาดเอียงลึกไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของปากเตา ฉาบพื้นเตาและพื้นที่รอบเตาด้วยดินเหนียว รูปทรงของซากเตาถลุงมีลักษณะคล้ายเป็นรูปวงรี ขนาดกว้างประมาณ 34 เซนติเมตร ยาวประมาณ 67 เซนติเมตร พื้นด้านในของเตาถลุงหมายเลข 1 พบร่องรอยการฉาบด้วยดินซ้อนทับอย่างน้อย 2 ครั้ง ส่วนเตาถลุงหมายเลข 3 ซึ่งพบในพื้นที่ส่วน SEQ นั้น มีสภาพไม่สมบูรณ์เท่ากับเตาหมายเลข 1 และ 2 ทั้งนี้อาจเกิดจากการถูกรบกวนจากการใช้งานซ้ำบนที่เดิม ทำให้เหลือร่องรอยของเตาถลุงให้เห็นเพียงเล็กน้อย
- ตะกรันจากการถลุงแร่เหล็ก
- ชั้นส่วนดินเผาไฟซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นชั้นส่วนของผนังเตา
- ชั้นส่วนภาชนะดินเผาเนื้อดิน
- ชั้นส่วน ก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องดักตะกรันที่ผนังเตาถลุง



90-100 cm.dt.

การขุดค้นชั้นหลักฐานทางโบราณคดีในพื้นที่ส่วน SWQ ที่ระดับ 100 cm.dt. พบว่าหลักฐานประเภทชิ้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม ชิ้นส่วนก้อนดินเผาไฟ และชิ้นส่วนก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องดักตะกรันที่ผนังเตาถลุง กระจุกตัวกันเป็นกลุ่ม และต่อเนื่องไปยัง

- ชั้นส่วนภาชนะดินเผา ขนาดประมาณ 3-5 เซนติเมตร
- ตะกรันจากการถลุงแร่เหล็ก
- ชั้นส่วน ก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องค้ำตะกรันที่ผนังเตาถลุง
- ชั้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม
- ก้อนดินเผาไฟ



100-110 cm.dt

การขุดค้นพื้นที่ส่วน SEQ นั้นพบกลุ่มโบราณวัตถุ ประเภท ตะกรันจากการถลุงแร่เหล็ก ชั้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม และก้อนดินเผาไฟมากขึ้น ชั้นส่วนของผนังเตาบางชั้นมีร่องรอยนิ้วปาด ตกแต่ง สันนิษฐานว่าพื้นที่บริเวณนี้น่าจะถูกใช้งานหลายครั้ง และทำให้ชั้นหลักฐาน หรือเตาถลุงเดิมถูกรบกวนจากการทำเตาถลุงในระยะหลัง สำหรับพื้นที่ส่วน SWQ และ NWQ นั้นพบว่าก้อนตะกรันจากการถลุงแร่เหล็กมีขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าในระดับผิวดินบน โดยมีขนาดประมาณ 5-10 เซนติเมตร มีข้อสังเกตว่า ดินในพื้นที่ด้าน SWQ มีสีอ่อนกว่าบริเวณอื่นๆ เนื้อดินละเอียด ค่อนข้างร่วน ในชั้นนี้ได้พบชิ้นส่วนของก้อนดินเผาไฟ ชั้นส่วนผนังเตาถลุง และชั้นส่วนของก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องค้ำ



110-120 cm.dt.

ยังมีลักษณะเหมือนกับ ระดับ 100-110 cm.dt. โดยเฉพาะพื้นที่ส่วน SWQ
ดินยังคงเป็นสีอ่อน ลักษณะค่อนข้างร่วน



120-130 cm.dt.

ในระดับชั้นนี้พบว่า ดินบางตอนในพื้นที่บริเวณตามแนวตอนกลางของ
หลุมขุดค้น เปลี่ยนเป็นสีออกเทา ซึ่งน่าจะเกิดโบราณวัตถุที่เสื่อมสภาพ
เปลี่ยนเป็นผงและผสมอยู่กับดิน จึงกำหนดให้ร่องรอยที่มีดินสีเทานี้เป็น
ร่องรอยกิจกรรมมนุษย์หมายเลข 3 (Feature#3)



130-140 cm.dt.

พบว่าชั้นดินสีออกเทา ที่แยกบันทึกไว้เป็นร่องรอยกิจกรรมมนุษย์ หมายเลข 3 (Feature#3) ในพื้นที่ SWQ มีความลึกลงไปเพียง 2-5 เซนติเมตร ถัดจากนั้นปรากฏว่าเป็นชั้นของตะกอนจากการถลุงเหล็กจับตัวเป็นกลุ่มแข็ง ซึ่งน่าจะเกิดจากการจงใจทิ้ง หรือใช้พื้นที่เป็นที่ทิ้งสิ่งเหลือทิ้งจากระบวนการถลุงเหล็ก

ในพื้นที่ด้าน NWQ พบซากที่เหลือบางส่วนขอเตาถลุงเหล็ก ซึ่งกำหนดให้เป็นเตาถลุงเหล็กหมายเลข 4 พบอยู่ที่ระดับ 133 cm.dt. เมื่อทำการขุดขยายเพิ่มเติมทางด้านทิศตะวันตกของหลุมขุดค้น ปรากฏชั้นทับถมของตะกอนขนาดใหญ่ ชั้นส่วนผนังเตา ชั้นก้นดินเผาสำหรับอุดช่องดักตะกอนที่ผนังเตาถลุง และชั้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สุมลม ที่บางส่วนพบกลุ่มดินเผาไฟจับตัวแน่นคล้ายเป็นพื้นดิน ซึ่งอาจจะเป็นพื้นดินใช้งาน จึงกำหนดให้เป็นเตาถลุงหมายเลข 5 ที่ระดับระดับความลึกสมมุติวัด ณ จุดสูงสุดของเตาถลุง 85 cm.dt. (พื้นใช้งานรอบเตา) และจุดลึกสุด 113 cm.dt. เนื่องจากสภาพเตาถลุงหมายเลข 5 นั้นอยู่ในสภาพไม่สมบูรณ์ ดังนั้นเมื่อทำการเก็บบันทึกหลักฐานแล้วจึงได้ตัดสินใจทำการขุดค้นต่อไปพบว่า ได้ซากเตาถลุงหมายเลข 5 นั้น ปรากฏหลักฐานชั้นส่วนของปากเตา และส่วนของกลางเตา จึงกำหนดให้เป็นเตาถลุงหมายเลข 8



140-150 cm.dt.

บริเวณทางทิศใต้ของหลุมชุดคัน ทั้งในพื้นที่ SEQ-SWQ พบกลุ่มดินสีขาวจับตัวแข็ง สันนิษฐานว่า น่าจะเป็นชั้นดินใช้งานร่วมสมัยกับเตาถลุงเหล็กหมายเลข 4

ส่วนหลักฐานประเภทก้อนตะกั่วจากการถลุงเหล็ก ชิ้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม ชิ้นส่วนผนังเตา ยังพบกระจัดกระจายทั่วไป ยกเว้นบริเวณร่องรอยกิจกรรมมนุษย์หมายเลข 3 ที่ยังมีก้อนตะกั่วจากการถลุงเหล็กจับตัวเป็นกลุ่มแข็ง ซึ่งต่อมาพบว่าต่อเนื่องลึกลงไปจนถึงระดับ 190 cm.dt.

150-180 cm.dt.

ได้ทำการขุดค้นในพื้นที่ส่วน SWQ ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1.5 เมตร เพื่อตรวจสอบร่องรอยกิจกรรมมนุษย์หมายเลข 3 พบว่ากลุ่มก้อนตะกอนจากการถลุงเหล็ก ก้อนขนาดใหญ่ยังจับตัวเป็นกลุ่มแข็ง จึงทำการขุดค้นเต็มพื้นที่ SWQ และทำการขุดค้นเพิ่มเติมในพื้นที่ SEQ ให้อยู่ในระดับเดียวกับพื้นที่ SWQ

พื้นที่ NWQ และ NWQ ส่วนที่ขุดขยายเพิ่มเติม นั้น ยังคงเป็นชั้นดินเผาไฟร่วมกับหลักฐานประเภทก้อนตะกอนจากการถลุงเหล็ก ชั้นส่วนของท่อนดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สูญบลม แต่ตะกอนที่พบจะไม่เกาะตัวแน่น ต่างไปจากพื้นที่ SEQ และ SWQ



180-220 cm.dt.

การขุดค้นในพื้นที่ส่วน SWQ และ SEQ พบว่าร่องรอยกิจกรรมมนุษย์หมายเลข 3 สิ้นสุดที่ระดับความลึก 189 cm.dt. โดยเปลี่ยนเป็นชั้นทรายแน่นแข็งไปจนถึงระดับความลึก 204-205 cm.dt. ซึ่งได้กำหนดให้เป็นร่องรอยกิจกรรมมนุษย์หมายเลข 4 ถัดจากนั้นลงไปจึงเป็นชั้นตะกอนจากการถลุงแร่เหล็กอีกครั้ง จนถึงระดับความลึก 220 cm.dt. ทั้งนี้ที่ระดับความลึก 200 cm.dt. พบชั้นขี้เถ้าที่ม้วนผนังด้านทิศตะวันตก และในพื้นที่ส่วน SEQ พบกลุ่มก้อนตะกอนจากการถลุงเหล็ก ปะปนกับชั้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สุบลม



220-250 cm.dt.

การขุดค้นในพื้นที่ส่วน SWQ และ SEQ พบว่า มีลักษณะเป็นชั้นดินเผาไฟที่พบอยู่ใต้ชั้นตะกอน



250-260 cm.dt.

ในส่วนในพื้นที่ SEQ และ SWQ พบว่าเป็นชั้นพื้นดินสีน้ำตาลอ่อนหนา ประมาณ 2-3 เซนติเมตร และในพื้นที่ด้าน NWQ ชั้นพื้นดินจะมีขนาด ประมาณ 10 -20 เซนติเมตร ดังนั้นฐานว่าเป็นชั้นกิจกรรมหรือร่วมกับ กิจกรรมการถลุงเหล็ก



260-270 cm.dt.

ในพื้นที่ SEQ และ SWQ ปรากฏเป็นชั้นทับถมประกอบด้วยก้อนตะกรัน ขนาดใหญ่ๆ และในพื้นที่ด้าน NWQ ชั้นตะกรันไม่จับตัวแน่น



270-280 cm.dt.

ปรากฏเป็นชั้นพื้นดินสีน้ำตาลอ่อนทั้งพื้นที่ทำดำเนินการขุดค้น โดยพื้นที่ด้าน NWQ จะมีขนาดค่อนข้างหนาประมาณ 10 -20 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบชิ้นส่วนเปลือกหอย land snail ในพื้นที่ NWQ ส่วนขยายในพื้นที่ SEQ พบถ่านขนาดประมาณ 2-3 เซนติเมตรที่ระดับ 273 cm.dt.

280-320 cm.dt.

ทำการขุดค้นต่อในพื้นที่ SEQ และ SWQ พบซากเตาถลุงในพื้นที่ SWQ พบตั้งแต่ปากเตาจนถึงกลางเตา และต่อเนื่องเข้าไปยังพื้นที่ NWQ ในระดับ 320 cm.dt. และระหว่างการขุดค้นในเตาพบว่าส่วนหน้าของเตาใกล้เคียงกับปากเตามีเศษก้อนดินอัดติดอยู่ สันนิษฐานว่าเป็นดินที่เกิดจากลมพัดลงเป็นเตาเพื่อทำเป็นชั้นใช้งานใหม่ (Soil profile) นอกจากนี้ยังพบเศษตะกรันที่เกิดจากการถลุงเหล็กติดอยู่กับก้นเตาบริเวณกลางเตา ลักษณะของเตาไม่แตกต่างจากซากเตาที่พบในระดับอื่น โดยวางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้ - ตะวันตกเฉียงเหนือจึงกำหนดให้เป็นเตาถลุงหมายเลข 6 ลักษณะของดินหรือพื้นที่ใช้งานรอบเตา แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นแผ่นดินเหนียวแข็ง เนื่องจากถูกความร้อนของเตา และส่วนที่เป็นพื้นดิน (ดินปนทราย) ที่อัดตัวแน่น โดยพื้นดินเหนียวเป็นส่วนที่อยู่รอบและใกล้เตา ขณะที่พื้นที่ดินอัดอยู่ถัดออกไป ทั้งสองส่วนนี้เป็นส่วนของพื้นที่ใช้งานรอบเตา หรือระดับพื้นที่ทำงานของช่างถลุงเหล็ก



320 -350 cm.dt.

ทำการขุดค้นต่อในพื้นที่ SEQ ปรากฏเป็นชั้นตะกรันขนาดประมาณ 3 เซนติเมตร

360-370 cm.dt.

ในพื้นที่ SEQ ปรากฏเป็นชั้นพื้นดินสีน้ำตาลอ่อน พบหลักฐานประเภทดินเผาไฟ และเศษขี้เถ้า สันนิษฐานว่าชั้นตะกอนสิ่งเหลือทิ้งจากการถลุงเหล็ก และอาจเป็นการถมปรับพื้นที่ก่อนกระบวนการถลุงเหล็กเตาหมายเลข 6

380-390 cm.dt.

ในพื้นที่ SEQ พบเศษตะกอนปะปนปริมาณน้อย มีลักษณะเป็นชั้นพื้นคล้ายกับการอัดดินที่มีส่วนผสมของเม็ดทรายละเอียดลงบนพื้นในขนาดที่หนา ทำให้พื้นนั้นอัดตัวแน่นพบซากเตาถลุงตั้งแต่บริเวณปากเตาลงมาจนถึงกลางเตา แต่บริเวณท้ายเตานั้นไม่พบหลักฐานที่สมบูรณ์ โดยวางตัวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ ขนาดของเตาวัดจากหลักฐานที่พบจากการขุดค้น ไม่รวมแนวสันนิษฐานของท้ายเตา ด้านยาวมีขนาด 80 เซนติเมตร ด้านกว้างมีขนาด 40 เซนติเมตร พบการกระจายตัวของเศษตะกอนจำนวนมาก และชิ้นส่วนผนังเตาเป็นวงกลม ซึ่งอาจแสดงถึงขอบเขตของบริเวณท้ายเตา จึงได้กำหนดให้เป็นเตาถลุงหมายเลข 7



หลุมขุดค้นที่ 2 (TP.2)

Surface

เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชัน จึงได้เลือกใช้วิธีการขุดค้นแบบหลุมยาว (Trench) โดยแบ่งพื้นที่หลุมออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ พื้นที่ A พื้นที่ B และ พื้นที่ C โดยแต่ละส่วนมีขนาดกว้าง 1.50 เมตร ยาว 2.00 เมตร



รูปที่ 3-29 แสดงสภาพหลุมขุดค้นก่อนดำเนินการขุดค้นหลุมขุดค้นที่ 2 (ทิศเหนือ)

พื้นที่ A

ระดับผิวดิน – ระดับความลึก 220 cm.dt.

ชั้นนี้ประกอบด้วยดินร่วนสีน้ำตาลคล้ำ บางส่วนมีสีแดงเนื่องมาจากการสลายตัวของตะกอนจากการถล่มแร่เหล็ก ซึ่งกระจายตัวอยู่หนาแน่น มีรากไม้ขนาดเล็กปะปนอยู่ทั่วพื้นที่ โดยมีรากไม้ขนาดใหญ่วางตัวตามแนวทิศตะวันออก - ตะวันตก พบก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องดักตะกอนที่ผนังเตาถลุง จำนวน 1 ก้อน

220-310 cm.dt.

พบตะกอนจากการถลุงแร่เหล็กจับตัวกันเป็นกลุ่มทั้งพื้นที่ พบร่วมกับชิ้นส่วนดินเผาไฟ ขนาดประมาณ 2-10 เซนติเมตร ชิ้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม ชิ้นส่วนตุ้กดาดดินเผา จำนวน 6 ชิ้น ชิ้นส่วนภาชนะดินเผาประเภทเนื้อดินจำนวน 6 ชิ้น ขนาดประมาณ 2-10 เซนติเมตร



พื้นที่ C

ระดับ 220-300 cm.dt.

พบตะกอนจากการถล่มแร่เหล็กหนาแน่น แต่ไม่จับตัวแน่น มีรากไม้ขนาดเล็กปะปนอยู่ทั่วพื้นที่ โบราณวัตถุอื่นๆ ที่พบ ได้แก่ ก้อนดินเผาไฟ ซึ่งอาจเป็นส่วนที่แตกมาจากผนังเตา หรืออาจเป็นชิ้นส่วนของท่อดินเผาหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม และชิ้นส่วนก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องดักตะกอนที่ผนังเตาถลุง จำนวน 2 ชิ้น ชิ้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม และเศษภาชนะดินเผาประเภทเนื้อดินจำนวน 11 ชิ้น ขนาดประมาณ 2-7 เซนติเมตร



300-400 cm.dt.

ชั้นทับถมทางโบราณคดีในพื้นที่ C มีลักษณะแตกต่างกัน จึงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย ส่วนละประมาณ 1 เมตร ที่มีสีดินไม่เหมือนกัน โดยบริเวณทางทิศเหนือนั้นมีสีอ่อนกว่า ซึ่งน่าจะเป็นส่วนที่ต่อเนื่องมาจากพื้นที่ B ในขณะที่พื้นที่ทางด้านทิศใต้ นั้น จำนวนหลักฐานที่พบมีปริมาณน้อยมาก

400 -520 cm.dt.

เนื่องด้วยพื้นที่ครึ่งหนึ่งทางทิศใต้ของพื้นที่ขุดคั่นนั้นมีตะกอนจากการถลุงแร่เหล็กอยู่ไม่มาก จึงได้เลือกทำการขุดคั่นต่อไปในพื้นที่นี้ก่อน เพื่อหาขอบเขตของกลุ่มตะกอนจากการถลุงแร่เหล็ก ลักษณะการทับถมของตะกอนจากการถลุงเหล็กที่พบในพื้นที่ขุดคั่นนี้ ทำให้สันนิษฐานได้ว่าพื้นที่หลุมขุดคั่นที่ 2 นั้น น่าจะเป็นพื้นที่สำหรับทิ้งตะกอนจากการถลุงแร่เหล็ก ชิ้นส่วนผนังเตา หรือสิ่งเหลือทิ้งที่ไม่ต้องการจากการถลุงโลหะ โดยไม่มีการก่อเตาถลุงแร่เหล็กในพื้นที่ส่วนนี้ ซึ่งทำให้ทราบว่า ในการถลุงเหล็กนั้น คนในสมัยโบราณได้มีการแบ่งพื้นที่ทำงาน โดยแยกพื้นที่ตั้งเตาถลุงแร่เหล็ก และพื้นที่ทิ้งสิ่งเหลือทิ้งจากการถลุงแร่เหล็กจากกัน แต่ไม่ไกลกัน



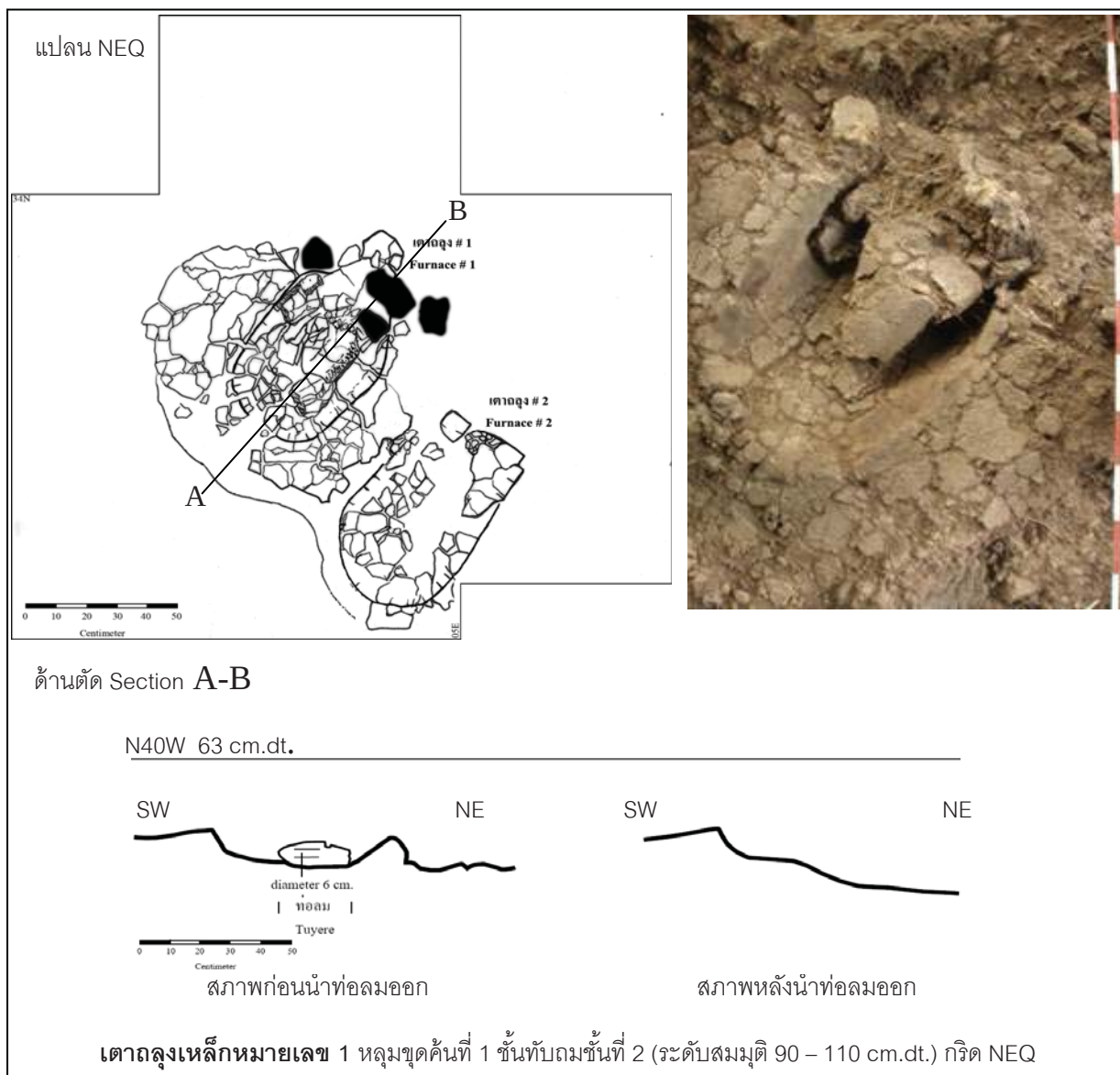
520-720 cm.dt.

การขุดคั่นในระดับความลึกนี้เป็นการใช้เครื่องมือเจาะดิน (Auger) ขุดเจาะเก็บตัวอย่างดิน โดยทำการเก็บตัวอย่างดินช่วงละ 20 เซนติเมตร จนถึงที่ระดับความลึกที่ 720 cm.dt. ซึ่งไม่พบตะกอนจากการถลุงแร่เหล็กปะปนมาในเนื้อดิน อีกทั้งพบว่าเป็นชั้นที่ประกอบด้วยดินปนทรายแป้ง มีเม็ดกรวดปะปน

- หลักฐานทางโบราณคดีประเภทสำคัญที่พบในการขุดค้น

1. ชาก เตาถลุงเหล็ก

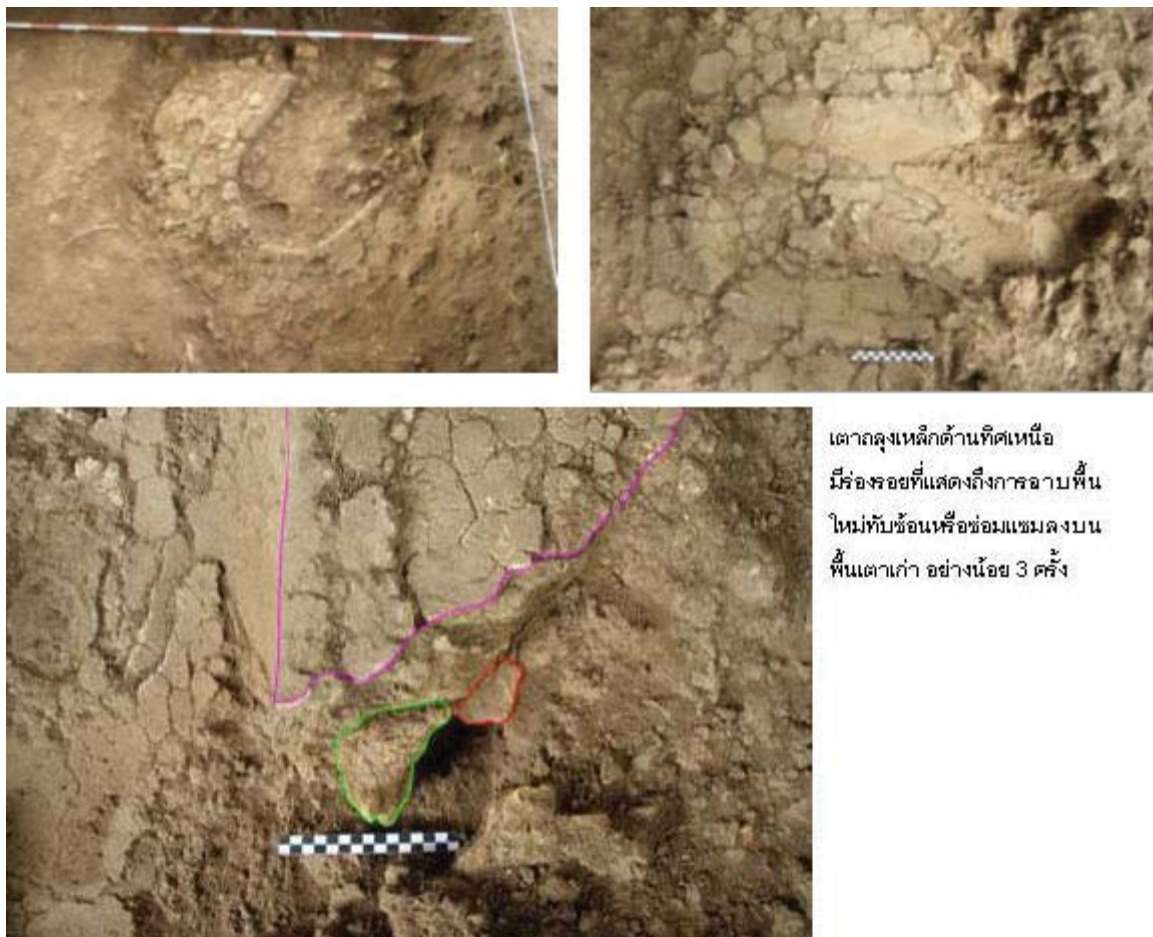
เตาถลุงเหล็กหมายเลข 1



รูปที่ 3-30 แสดงเตาถลุงเหล็กหมายเลข 1 หลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมชั้นที่ 2

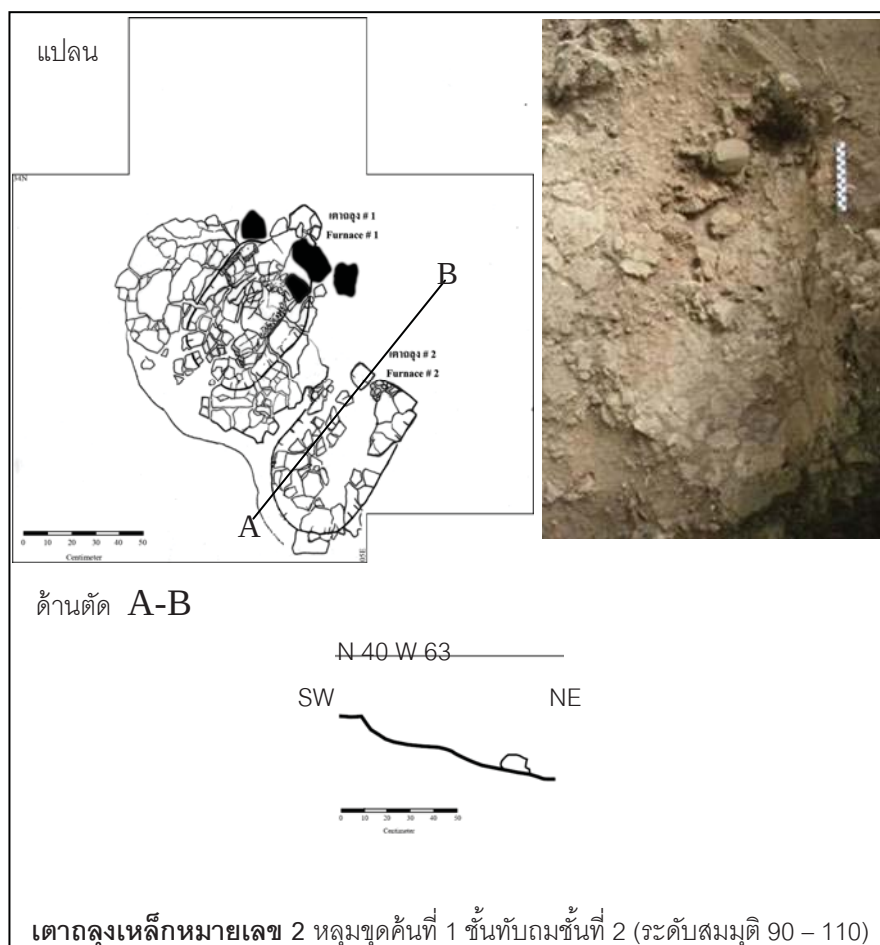
(ระดับสมมุติ 90-110 cm.dt.) กริด NEQ

พบในหลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นที่ 2 ระดับความลึก 80-90 cm.dt. ขนาดกว้างประมาณ 34 เซนติเมตร ยาว 67 เซนติเมตร สภาพค่อนข้างสมบูรณ์ เป็นส่วนที่เหลืออยู่ของเตาถลุงเหล็กแบบแอ่งหรือเตาอ่าง (Bowl Furnace) รูปร่างเป็นทรงรี สันนิษฐานว่า



รูปที่ 3-31 แสดงเตากลุ้งเหล็กด้านทิศเหนือ

เตาถลุงเหล็กหมายเลข 2

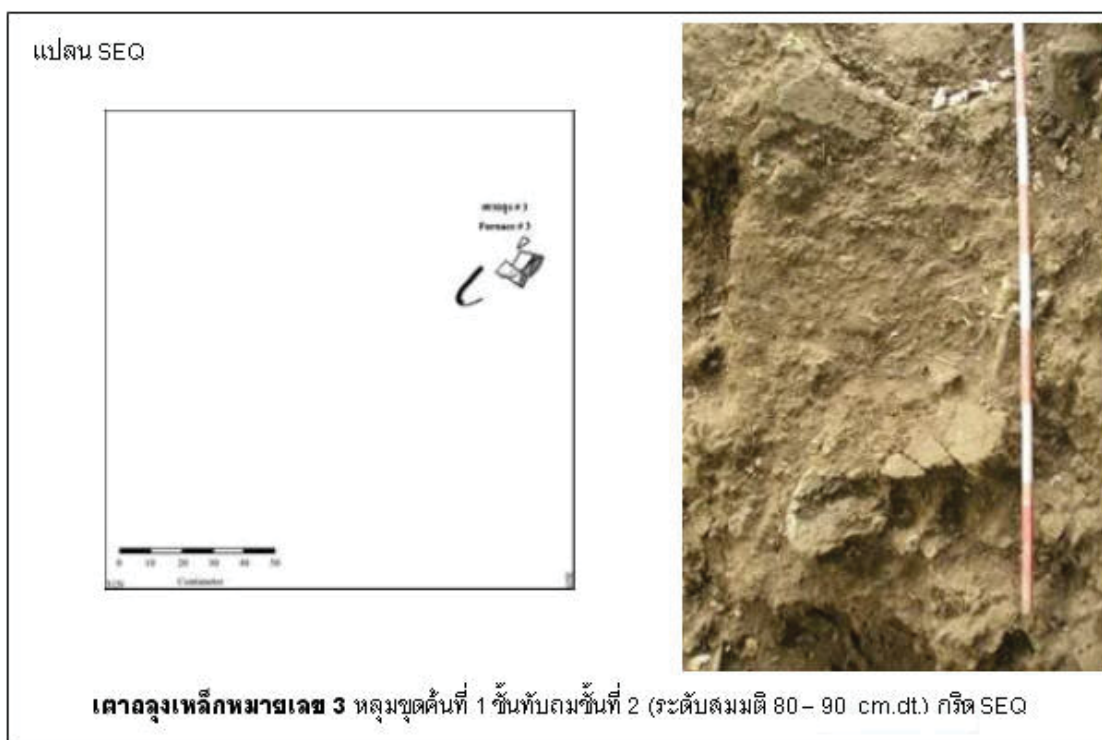


รูปที่ 3-32 แสดงเตาถลุงเหล็กหมายเลข 2 หลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมชั้นที่ 2
(ระดับสมมุติ 90-110 cm.dt.) กริด NEQ

พบในหลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 2 ระดับความลึก 80-90 cm.dt. ขนาดกว้างประมาณ 39 เซนติเมตร ยาว 78 เซนติเมตร บางส่วนของเตาหายไป น่าจะสร้างขึ้นมาใกล้เคียงกับเตาถลุงหมายเลข 1 หรืออาจก่อนหน้า เนื่องจากบางส่วนของเตาหมายเลข 2 มีร่องรอยคล้ายถูกซ้อนทับโดยบางส่วนของเตาถลุงหมายเลข 1



เตาถลุงเหล็กหมายเลข 3



รูปที่ 3-33 แสดงเตาถลุงเหล็กหมายเลข 3 หลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมชั้นที่ 2
(ระดับสมมติ 90-110 cm.dt.) กริด NEQ

พบในหลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นที่ 2 ระดับความลึก 80-90 cm.dt. สภาพไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการถูกทุบทิ้งและถูกรบกวนจากการก่อเตาถลุงหมายเลข 2



พบในหลุมชุดคันที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 3 และ 5 ระดับความลึกวัด ณ จุดสูงสุด 151 cm.dt. และจุดลึกสุด 170 cm.dt. ในการทำงานทางโบราณคดีเมื่อ พ.ศ. 2550 พบเฉพาะระดับพื้นใช้งานปากหลุม และบางส่วนของปากเตาเท่านั้น หลักฐานส่วนที่เหลือนั้นอยู่เข้าไปในผนังหลุมชุดคันด้านทิศตะวันตก ต่อมาเมื่อดำเนินการขุดคันทางโบราณคดีในปี พ.ศ. 2551 จึงได้ทำการขยายขนาดของหลุมชุดคันเดิมเพื่อการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเนินถลุงโลหะ พร้อมทั้งขุดคันเพิ่มเติมบริเวณเตาถลุงหมายเลข 4 อีกด้วย ลักษณะเป็นเตาถลุงที่สร้างโดยใช้วิธีการฉาบปั้นดินเหนียวขึ้นเป็นตัวเตา วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือ

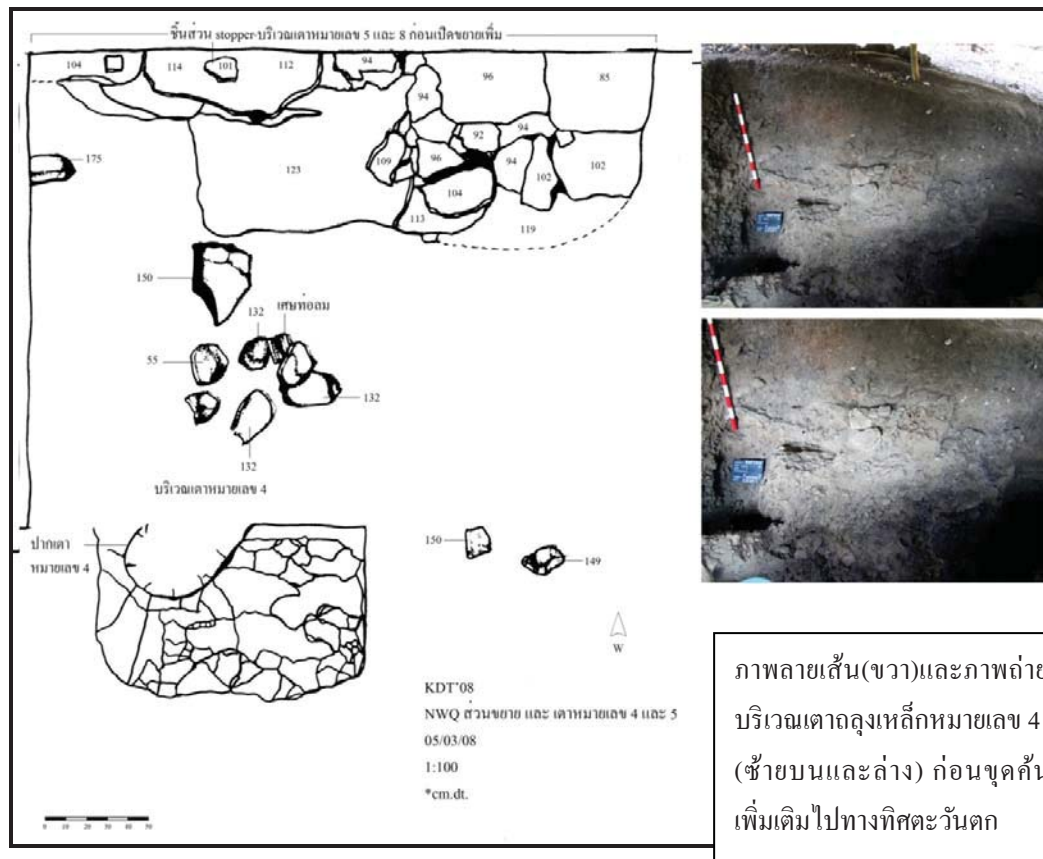
ร่องรอยของเตาหมายเลข 4 พบเหลืออยู่เฉพาะบริเวณพื้นใช้งานด้านปากเตา และพื้นเตา แต่ไม่พบผนังเตา และส่วนท้ายเตา ซึ่งสันนิษฐานว่าอาจถูกรื้อหลังจากการถลุงครั้งสุดท้าย หรืออาจทลายหลังจากถูกทับถม และจากการขุดคันทำให้สันนิษฐานได้ว่าเตาถลุงหมายเลข 4 นั้นสร้างโดยใช้ตะกรันที่เกิดจากการถลุงเหล็กเป็นฐานรากรองรับและค้ำผนังของเตา โดยเริ่มจากการถมตะกรันขึ้นเป็นชั้น และกันตะกรันเป็นช่องสำหรับสร้างเตา หลังจากนั้นจึงใช้ดินเหนียวฉาบขึ้นเป็นตัวเตา

หลักฐานทางโบราณคดีที่พบร่วมกับเตาถลุงเหล็กเตานี้ประกอบด้วย

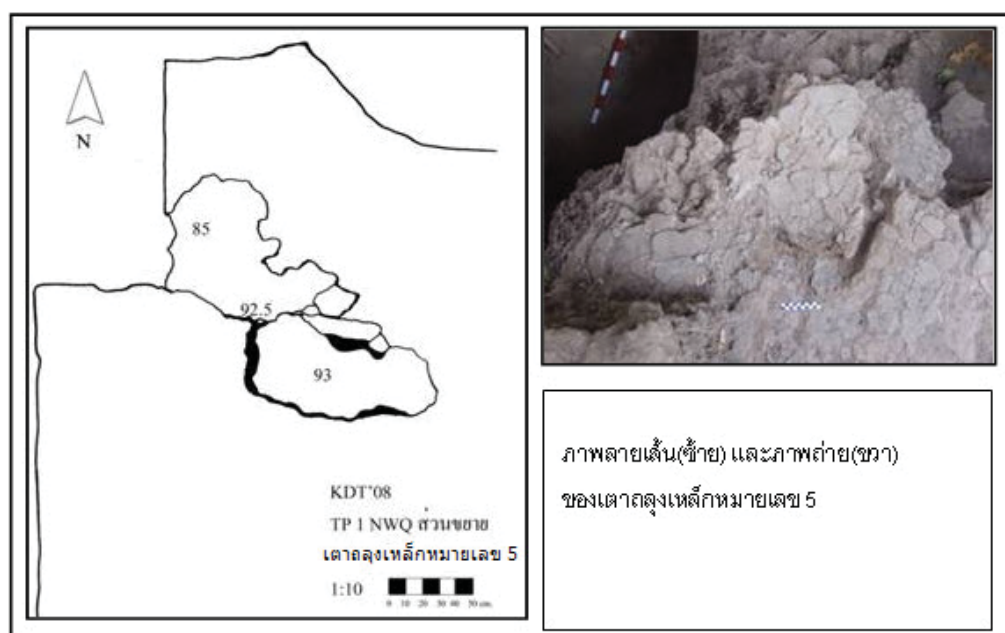
1. เศษผนังเตา พบกระจายบริเวณรอบเตา ยกเว้นด้านหน้าเตา สันนิษฐานว่าเป็นเศษผนังเตาที่ทลายลงหลังจากการใช้งานหรือพังกลบ เศษผนังเตาเหล่านี้ทำให้สามารถสันนิษฐานขนาดและขอบเขตของเตาได้ เนื่องจากยังคงมีเศษผนังเตาบางส่วนติดอยู่กับโครงสร้างเดิมของเตา

2. ชั้นส่วนที่ถมทำด้วยดินเผา พบบริเวณด้านปลายก้นเตา มีคราบของตะกรันเกาะอยู่ และมีคราบสีเขียวมีความแวววาวซึ่งเกิดจากแร่ธาตุในดินและเถ้าที่ถูกความร้อนสูงมากภายในเตาถลุงเหล็กจนหลอมเหลวและเคลือบอยู่ที่ผิวที่ถมดินเผา

เตาถลุงเหล็กหมายเลข 5



รูปที่ 3-35 แสดงภาพลายเส้นและภาพถ่ายบริเวณเตาถลุงเหล็กหมายเลข 4 และ 5 ก่อนขุดค้นขยายเพิ่มเติมไปทางทิศตะวันตก



รูปที่ 3-36 แสดงภาพลายเส้นและภาพถ่ายของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 5

พบในหลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 3 ระดับความลึกของจุดสูงสุดของเตาถลุง 85 cm.dt. (พื้นใช้งานรอบเตา) และจุดลึกสุด ซึ่งอาจเป็นส่วนก้นเตา 113 cm.dt. พบที่ตำแหน่งห่างจากผนังทิศตะวันตกส่วนขยาย 62 เซนติเมตร ผนังทิศใต้ส่วนขยาย 122 เซนติเมตร วางตัวซ้อนทับอยู่บนเตาหมายเลข 8 ร่องรอยของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 5 เหลืออยู่น้อยมากจึงไม่สามารถแสดงสภาพเดิมของเตา แต่อาจพออนุมานได้ว่าสภาพและรูปแบบของเตาจะมีลักษณะไม่แตกต่างไปจากเตาถลุงอื่นๆ ที่พบ คือ มีลักษณะเป็นเตาสร้างโดยปั้นดินขึ้นเป็นตัวเตา เช่นเดียวกับเตาถลุงที่พบในหลุมขุดค้นที่ 1 วางตัวในแนวตะวันออก-ตะวันตก

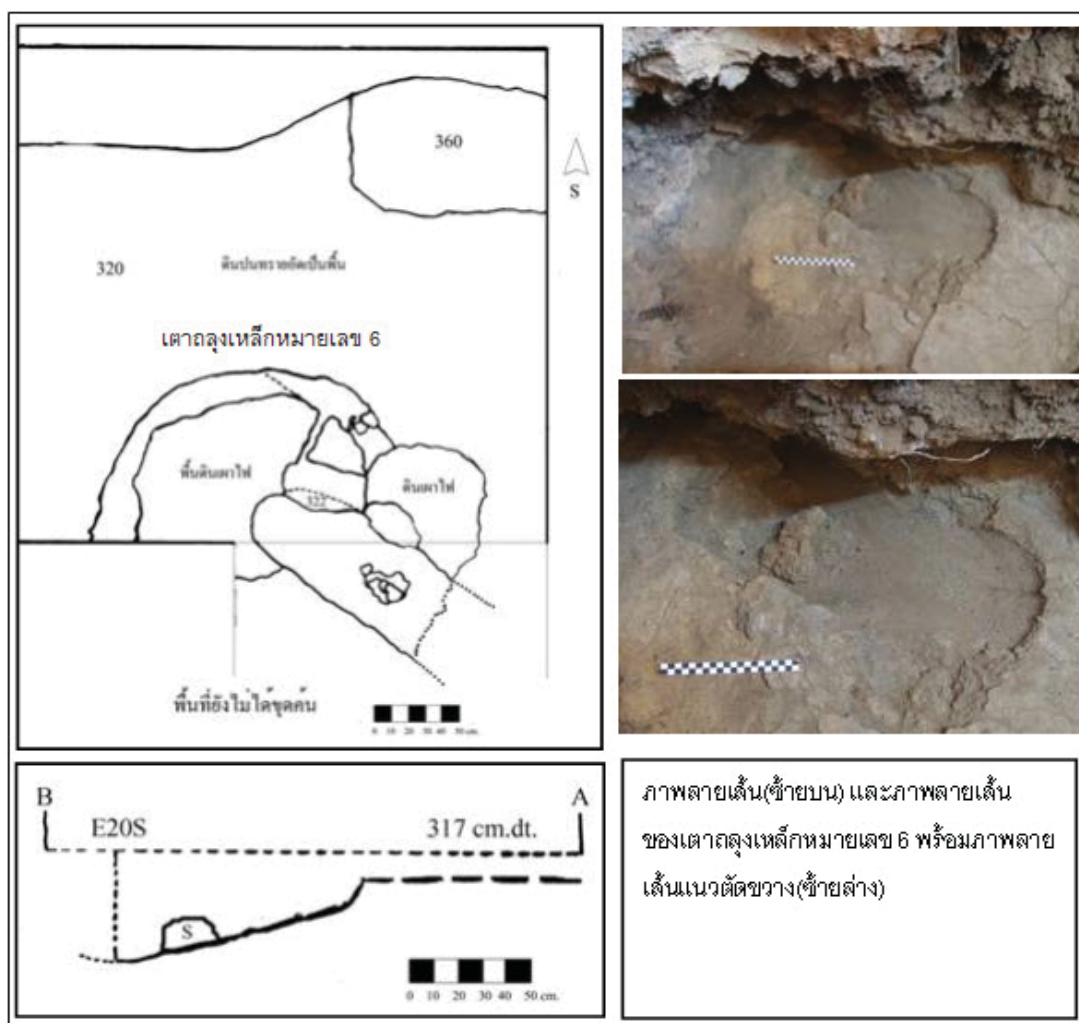
การขุดค้นบริเวณเตาถลุงหมายเลข 5 พบเพียงกองเศษก้อนดินเผาที่สันนิษฐานว่าเป็นผนังเตาที่ผุพังเกือบหมด พื้นเตา และพื้นที่ใช้งานบริเวณปากเตา ปะปนเป็นกองทับอยู่บนเตาถลุงหมายเลข 8

สันนิษฐานว่าช่างอาจสร้างเตาถลุงหมายเลข 5 ซ้อนทับลงบนเตาหมายเลข 8 โดยอาจเป็นการเปลี่ยนหรือปรับปรุงเตาหลังจากไม่สามารถใช้งานต่อไปได้ โดยใช้วิธีสร้างซ้อนทับลงบนตำแหน่งเตาเดิม

หลักฐานทางโบราณคดีที่พบร่วมกับเตาถลุงเหล็กเตานี้ประกอบด้วย

1. ชิ้นส่วนผนังเตา และพื้นเตา เป็นดินเหนียวที่ถูกความร้อนจากการถลุงเหล็ก มีก้อนขนาดต่างๆ กันหลายชิ้น เกาะกลุ่มกันกองอยู่บนเตาถลุงเหล็กหมายเลข 8
2. พื้นใช้งานบริเวณปากเตา เป็นพื้นดินเหนียวขนาดกว้างประมาณ 50 เซนติเมตร ยาวประมาณ 100 เซนติเมตร พบเฉพาะส่วนด้านเหนือของเตา และอยู่ในระดับความลึกเดียวกับกองชิ้นส่วนเตาของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 5

เตาถลุงเหล็กหมายเลข 6



รูปที่ 3-37 แสดงภาพลายเส้นและภาพลายเส้นของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 6
พร้อมภาพลายเส้นแนวตัดขวาง

พบในหลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 20 และ 21 จุดสูงสุดของเตา ซึ่งอาจเป็นขอบของปากเตา วัดระดับความลึกได้ 320 cm.dt. ส่วนจุดลึกสุดของเตา วัดระดับความลึกได้ 341 cm.dt. พบอยู่ที่ตำแหน่งห่างจากผนังทิศใต้ 110 เซนติเมตร ผนังทิศตะวันตก 81 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นเตาถลุงที่สร้างโดยใช้ดินเหนียวปั้นขึ้นเป็นโครงสร้างของเตา และได้รับความร้อนจนเป็นชั้นแข็ง วางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ ขนาดของเตาวัดจากหลักฐานที่พบจากการขุดค้น ยาว 175 เซนติเมตร กว้าง 55 เซนติเมตร ประกอบด้วยพื้นที่ใช้งานรอบเตา ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นแผ่นดินเหนียวแข็ง เนื่องจากถูกความร้อน และส่วนที่เป็นพื้นดินปนทรายที่อัดตัวแน่น โดยพื้นดินเหนียวเป็นส่วนที่อยู่รอบและใกล้เตา

ส่วนประกอบของเตาถลุงหมายเลข 6 พบตั้งแต่ปากเตาจนถึงกลางเตา และระหว่างการขุดค้นในตัวเตาพบว่าส่วนหน้าของเตาใกล้กับปากเตามีเศษก้อนดินอัดติดอยู่ สันนิษฐานว่าเป็นดินที่เกิดจากถมทับลงเป็นเตาเพื่อทำเป็นชั้นใช้งานใหม่ นอกจากนี้ยังพบเศษ ตะกรันที่เกิดจากการถลุงเหล็กติดอยู่กับก้นเตาบริเวณกลางเตา อย่างไรก็ตามไม่สามารถขุดค้นเตา ถลุงหมายเลข 6 ต่อไปได้ เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องพื้นที่

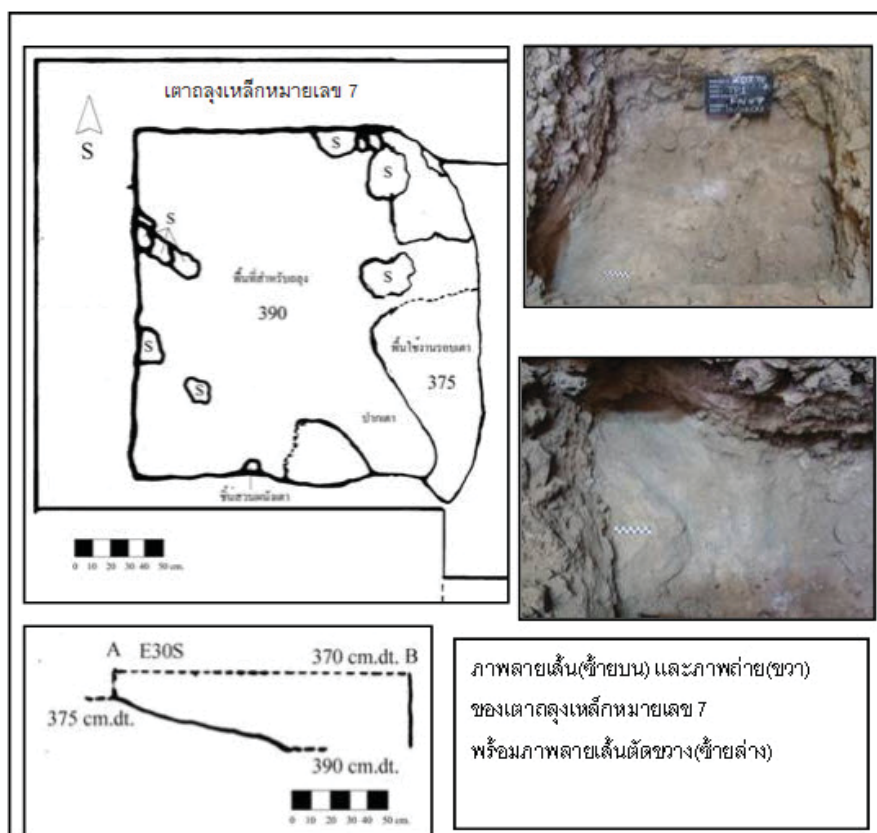


หลักฐานทางโบราณคดีที่พบร่วมกับเตาถลุงเหล็กหมายเลข 6 มีดังนี้

1. ชั้นส่วนของผนังเตา ซึ่งหลุดออกมาจากเตาถลุง
2. เศษตะกรัน แยกเป็น 2 ส่วน คือ เศษตะกรันที่ยังคงติดอยู่กับก้นเตา

และเศษตะกรันที่ตกอยู่ในเตา แต่ไม่เชื่อมติดกับเตา

เตาถลุงเหล็กหมายเลข 7

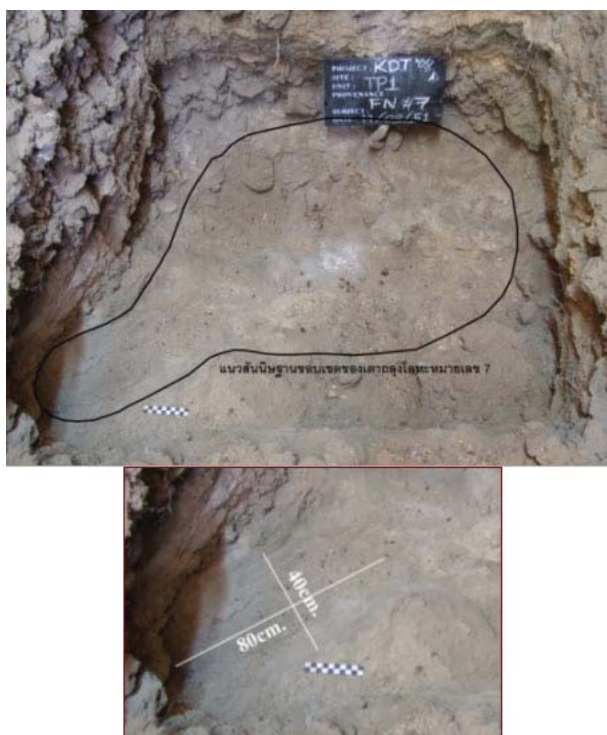


รูปที่ 3-38 แสดงภาพลายเส้นและภาพถ่ายของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 7
พร้อมภาพลายเส้นตัดขวาง

พบในหลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 22-24 จุดสูงสุดของเตาวัดระดับความลึกได้ 375 cm.dt. และจุดลึกสุด 390 cm.dt. โดยเป็นเตาที่พบในระดับลึกที่สุดในการขุดค้นครั้งนี้ เตาทำโดยใช้ดินเหนียวปั้นขึ้นเป็นโครงสร้างของเตาและได้รับความร้อนจนจับตัวแข็ง ลักษณะโดยรวมไม่แตกต่างไปจากเตาอื่นๆ ที่พบในหลุมขุดค้น สร้างขึ้นในชั้นตะกอนที่เกิดจากการถลุงเหล็กครั้งก่อนหน้า โดยขุดหลุมดินๆ ในชั้นตะกอน แล้วจึงใช้ดินเหนียวปั้นและฉาบเป็นรูปทรงเตาในหลุมนั้น หลังจากนั้นอาจเผาหรืออุ่นเตาเพื่อให้แข็งตัว และพร้อมสำหรับการใช้งาน ตัวเตาวางตัวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ ขนาดของเตาวัดจากหลักฐานที่พบจากการขุดค้น ไม่รวมแนวสันนิษฐานของท้ายเตา ด้านยาวมีขนาด 80 เซนติเมตร ด้านกว้างมีขนาด 40 เซนติเมตร

ร่องรอยของเตาถลุงหมายเลข 7 พบตั้งแต่บริเวณปากเตาลงมาจนถึงกลางเตา แต่บริเวณท้ายเตานั้นไม่พบหลักฐานที่สมบูรณ์ พบเศษตะกอนกระจายปนอยู่จำนวนมาก โดยกระจายอยู่ในตำแหน่งที่อาจแสดงถึงขอบเขตของบริเวณท้ายเตา

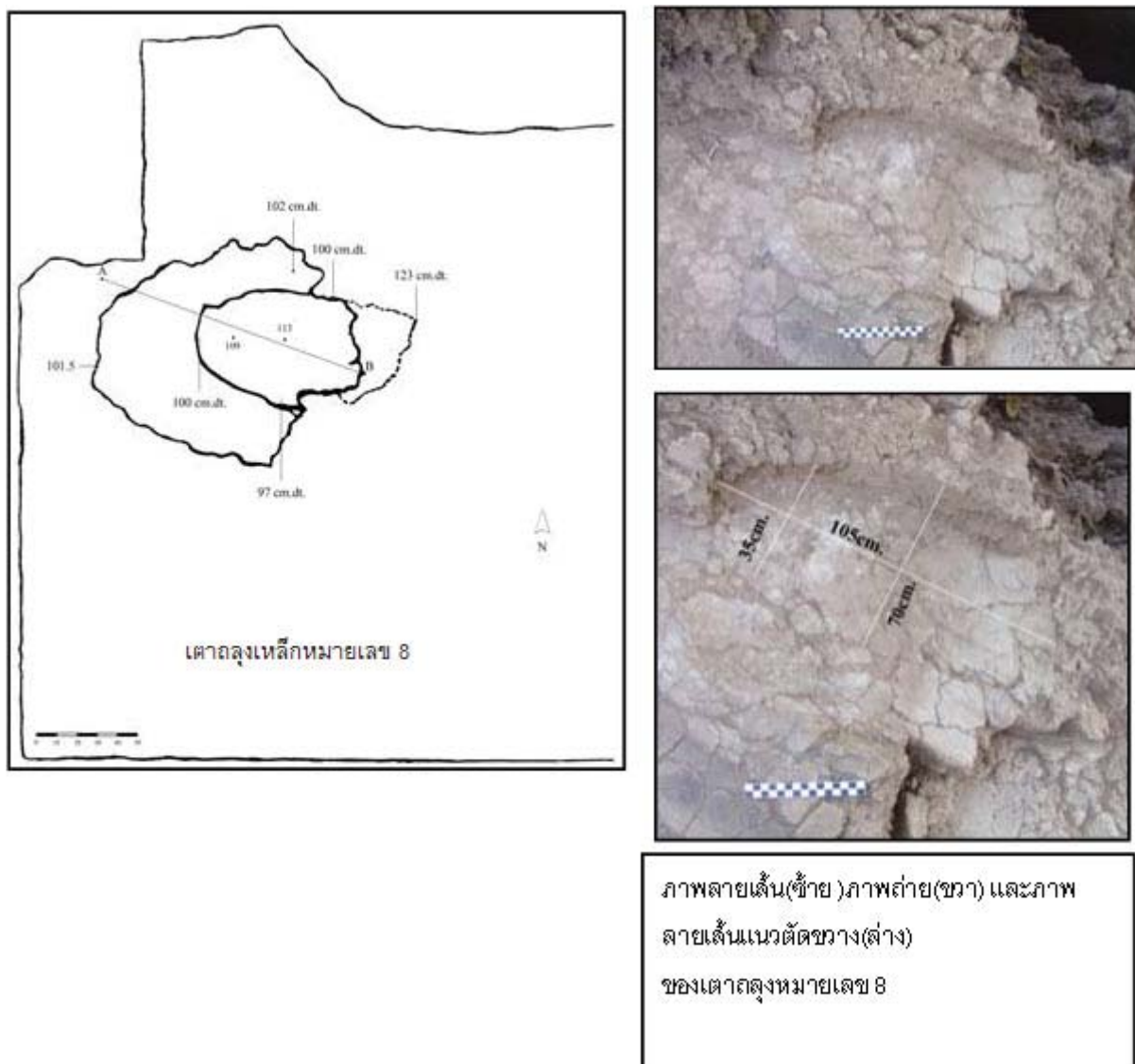
บริเวณปากเตาพบชิ้นส่วนผนังเตาจำนวน 1 ชิ้นในตำแหน่งที่น่าจะเชื่อมต่อกับส่วนของปากเตา และยังได้พบพื้นใช้งานรอบเตาที่เป็นลักษณะของดินเหนียวฉาบลงบนชั้นตะกรัน แต่แตกต่างจากพื้นใช้งานของเตาอื่น คือ พื้นบริเวณปากเตา หรือพื้นที่รอบเตาของเตาอื่นๆ เป็นพื้นฉาบด้วยดินเหนียวบนพื้นหนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร เมื่อแตกออกมีลักษณะเป็นแผ่นแยกออกจากกัน ยกเว้นเตาหมายเลข 7 ที่พบว่าเป็นพื้นชั้นดินหนาประกอบด้วยดินที่มีเม็ดทรายละเอียดผสมอัดตัวแน่นเป็นเนื้อเดียวกัน ในระหว่างการขุดค้นบริเวณเตาพบกลุ่มก้อนตะกรันจำนวนมากในบริเวณที่เป็นจุดถูซึ่งแตกต่างจากที่พบในเตาหมายเลข 6 ที่พบเพียงก้อนเล็กขนาดไม่เกิน 3 เซนติเมตร ก้อนตะกรันที่พบในเตาหมายเลข 7 นั้นบางส่วนมีรูปร่างเหมือนก้อนตะกรันที่มีรูปทรงโค้งเว้าคล้ายกับส่วนโค้งของเตา และบางก้อนยังคงหลงเหลือเศษถ่าน ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงในการถลุงเหล็กอยู่ด้วย นอกจากนี้ยังพบว่ามีเศษตะกรัน และชิ้นส่วนผนังเตากระจายเป็นแนววงกลม ซึ่งอาจแสดงถึงขอบเขตของตัวเตา



หลักฐานทางโบราณคดีที่พบร่วมกับเตาหมายเลข 7 มีดังนี้

1. ชิ้นส่วนผนังเตาจำนวน 1 ชิ้นพบตรงด้านทิศตะวันออกของปากเตา ซึ่งคาดว่าอาจเป็นผนังเตาที่หลุดออกมาจากเตา หลังจากที่ใช้เตาครั้งสุดท้ายก็เป็นได้
2. ก้อนตะกรันจากการถลุงเหล็ก มีรูปทรงไม่แน่นอน แต่บางก้อนมีลักษณะด้านหนึ่งโค้งเหมือนกันเตา หรือโค้งของผนังเตา นอกจากนี้บางก้อนยังพบเศษถ่านแทรกปนอยู่ด้วย

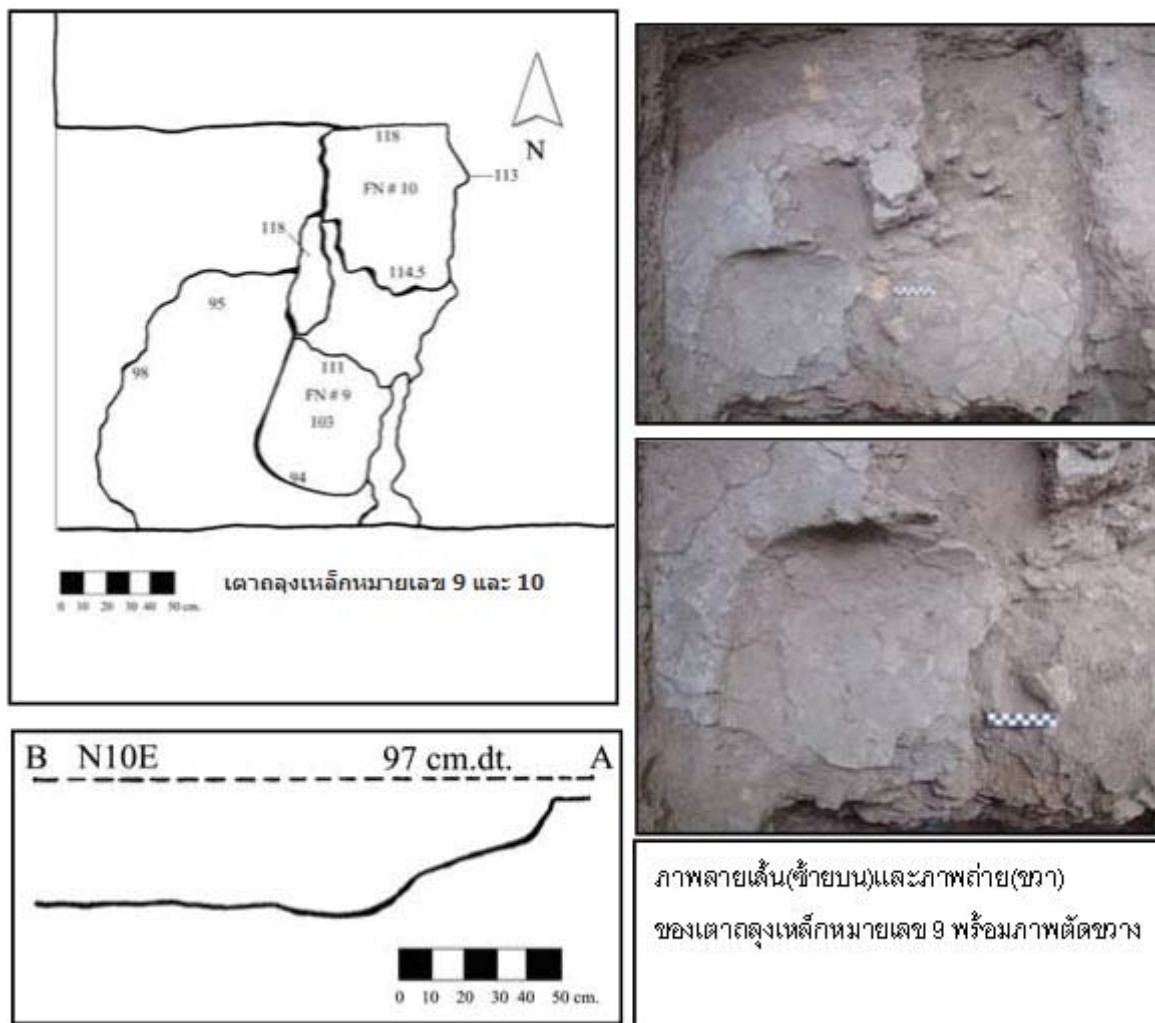
เตาถลุงเหล็กหมายเลข 8



รูปที่ 3-39 แสดงภาพถ่ายเส้น ภาพถ่าย และภาพถ่ายเส้นแนวตัดขวางของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 8

พบในหลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 3 ระดับความลึกสมมุติวัด ณ จุดสูงสุด 97 cm.d.t. และจุดลึกสุด 118 cm.d.t. ตำแหน่งห่างจากผนังทิศตะวันออก ส่วนขยาย 59 เซนติเมตร และห่างจากผนังทิศใต้ส่วนขยาย 115 เซนติเมตร พบอยู่ใต้เตาหมายเลข 5 ในตำแหน่งเดียวกัน หลักฐานที่พบนี้นมีเพียงส่วนของปากเตา และส่วนของกลางเตา แสดงให้เห็นว่าช่างถลุงได้สร้างเตาหมายเลข 5 ซ้อนทับลง ณ จุดเดิมหลังจากที่เลิกใช้เตาหมายเลข 8 ขนาดของเตาวัดตามด้านยาวได้ 105 เซนติเมตร ด้านกว้าง ณ หัวเตาได้ 35 เซนติเมตร และกลางเตาได้ 70 เซนติเมตร

เตาถลุงเหล็กหมายเลข 9



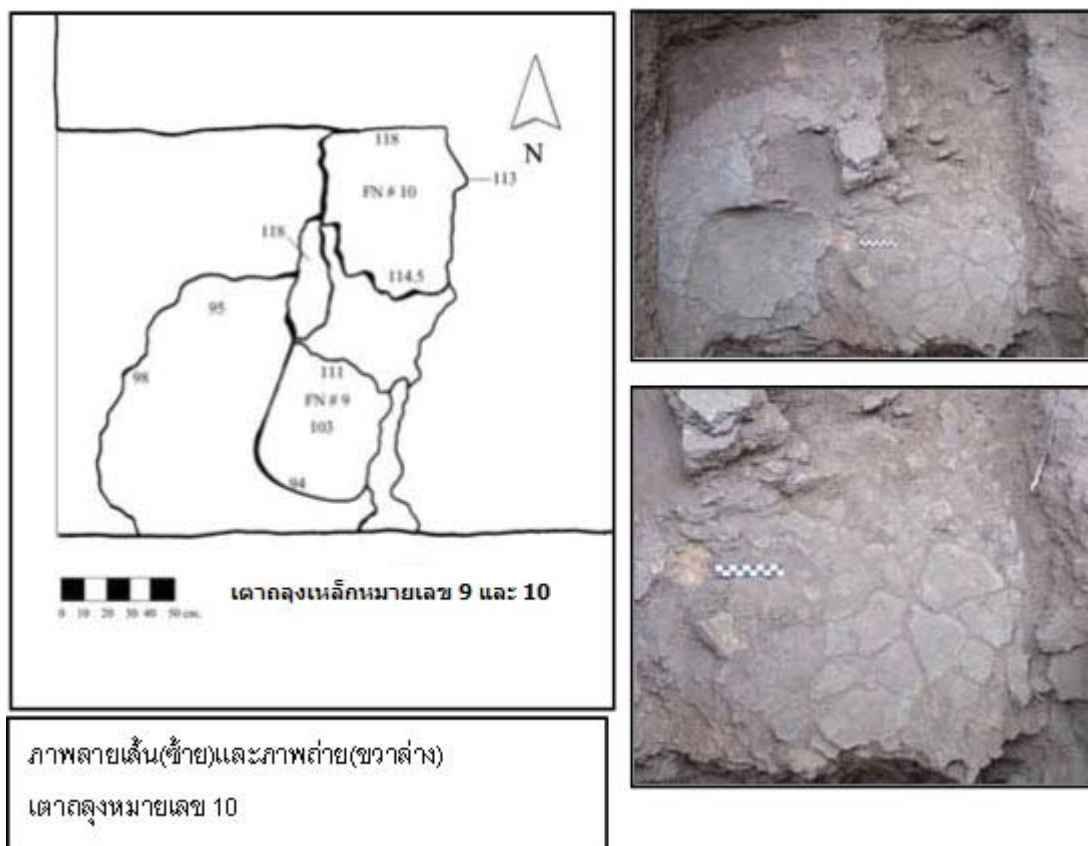
รูปที่ 3-40 แสดงภาพลายเส้นและภาพถ่ายของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 9 พร้อมภาพลายเส้นตัดขวาง

พบในหลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 3 ระดับความลึกสมมุติวัด ณ จุดสูงสุดของเตาถลุง 95 cm.dt. และจุดลึกสุด 118 cm.dt. ห่างจากผนังทิศตะวันออก ส่วนขยาย 46 เซนติเมตร ติดกับผนังทิศใต้ส่วนขยาย โดยสร้างซ้อนทับเหนือบางส่วนของพื้นที่ที่เป็นของเตาหมายเลข 10 พบหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับเตาเฉพาะส่วนหัวของเตา และพื้นที่ใช้งานบริเวณปากเตาเท่านั้น โดยรูปแบบและลักษณะของเตาไม่แตกต่างไปจากเตาอื่นๆ ที่พบในหลุมขุดค้นที่ 1 คือ สร้างจากดิน และเผาไฟ หรืออบไฟเพื่อให้ดินจับตัวแข็ง โดยปากเตามีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมมุมมน ซึ่งแตกต่างจากเตาถลุงหมายเลขอื่นที่ปากเตามีทรงโค้งมากกว่า

นอกจากนี้ตรงบริเวณปลายเตาที่มีร่องรอยของการฉาบดินซ้ำ ซึ่งอาจเป็น
การซ่อมแซมเพื่อการใช้งานต่อไป ขนาดของเตา วัดตามด้านยาวมีขนาด 65 เซนติเมตร ด้านกว้างมี
ขนาด 55 เซนติเมตร

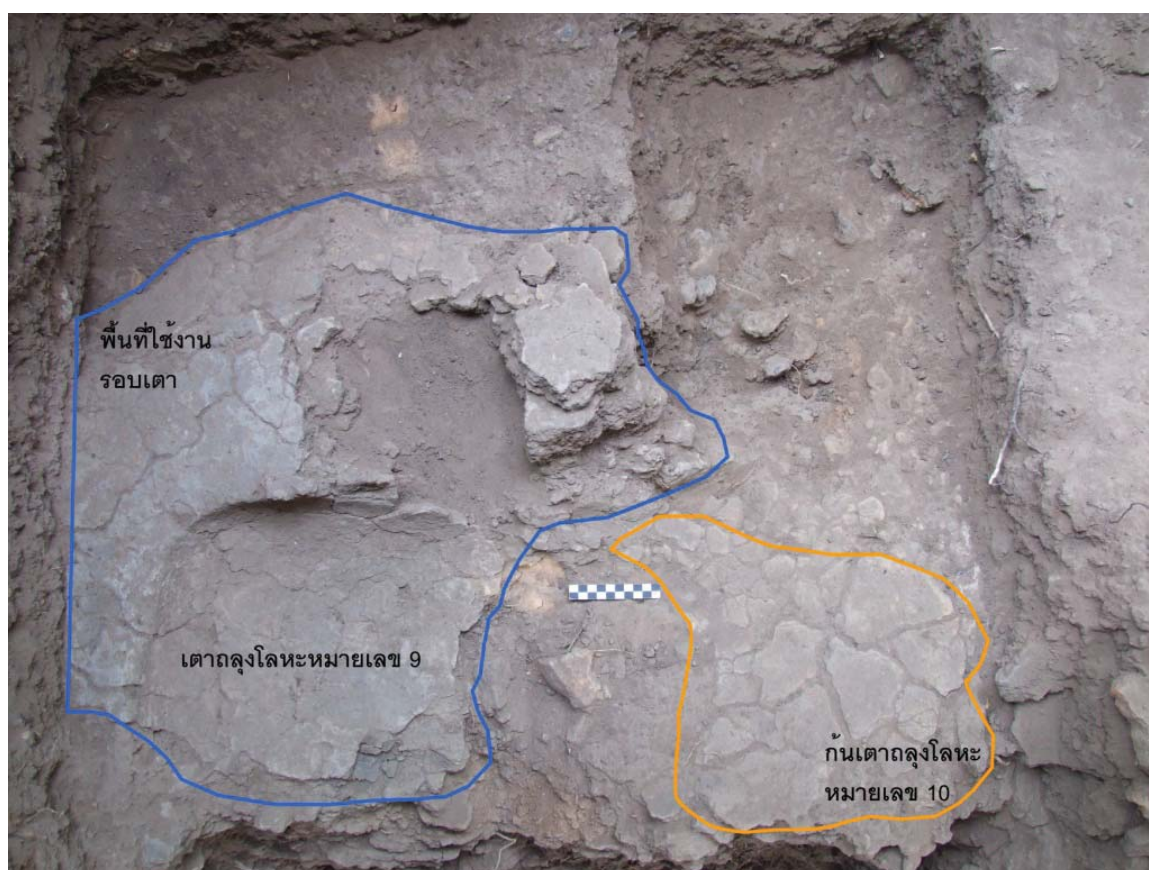
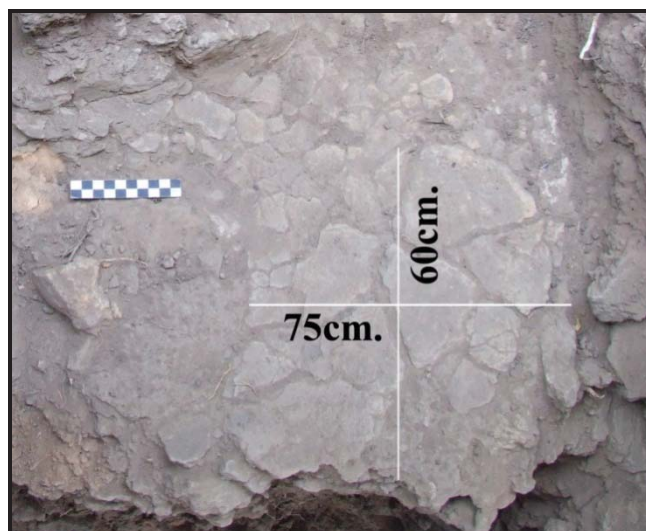


เตาถลุงเหล็กหมายเลข 10



รูปที่ 3-41 แสดงภาพถ่ายเส้นและภาพถ่ายของเตาถลุงเหล็กหมายเลข 10

พบในหลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีชั้นที่ 3 ระดับความลึกจากระนาบอ้างอิงสมมุติวัด ณ จุดสูงสุดของเตาถลุง 114.5 cm.dt. และจุดลึกสุด 118 cm.dt. ห่างจากผนังด้านทิศใต้ส่วนขยายประมาณ 50 เซนติเมตร ผนังทิศตะวันตกส่วนขยายประมาณ 100 เซนติเมตร สภาพไม่สมบูรณ์ พบเฉพาะพื้นก้นเตาขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาวประมาณ 70 เซนติเมตร และไม่พบหลักฐานอื่นๆ ร่วม โดยพื้นก้นเตาทางด้านทิศใต้ซ้อนอยู่ใต้เตาหมายเลข 9 ลักษณะของเตาพิจารณาจากหลักฐานที่หลงเหลืออยู่แสดงให้เห็นว่า ไม่มีแตกต่างจากเตาถลุงหมายเลขอื่น คือ เป็นเตาที่สร้างด้วยดินเหนียวปั้นขึ้นเป็นโครงสร้าง และใช้ไฟเผาให้จับตัวแข็ง



2. ตะกรันจากการถลุงแร่เหล็ก (Iron Smelting Slag)

เป็นโบราณวัตถุที่พบมากที่สุดในการขุดค้นเนื่องจากเป็นส่วนที่หลงเหลือจากการถลุงเหล็ก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

- ก้อนตะกรันที่มีลักษณะเป็นฟอง มีรูพรุน รูปร่างไม่แน่นอน ซึ่งในหลุมขุดค้นที่ 2 พบรวมตัวติดกันเป็นก้อนขนาดใหญ่



- ตะกรันจากการถลุงแร่เหล็กที่มีลักษณะเป็นแผ่น เนื้อค่อนข้างเรียบ รูปร่างไม่แน่นอน เมื่อหักออกดูเนื้อมีลักษณะคล้ายแก้ว พบกระจายตัวทั่วไปทั้ง 2 หลุมขุดค้น



ตารางที่ 3-11 ตารางสรุปปริมาณโบราณวัตถุประเภทตะกรันจากการถลุงเหล็กที่พบในหลุมขุดค้นที่

1

หลุมขุดค้นที่	ชั้นทับถมชั้นที่	ระดับสมมติ (CM.DT.)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
1	1 - 4	1 (Surface – 80)	1,380,998
1	5	2 – 6 (80 – 130)	1,333,001
1	6	7 (130 – 140)	208,560
1	7	8 – 10(140 – 170)	1,601,862
1	8	11 (170 – 180)	72,000
1	9 - 12	11 – 14 (180 – 230)	296,346

ตารางที่ 3-12 ตารางสรุปปริมาณโบราณวัตถุประเภทตะกรันจากการถลุงเหล็กที่พบในหลุมขุดค้นที่

2

หลุมขุดค้นที่	ชั้นทับถมชั้นที่	ระดับสมมติ (CM.DT.)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
2	1 – 2	1 (Surface – 220)	379,284
2	3 - 5	2 – 31 (220 – 520)	2,662,959

โครงการวิจัยได้ส่งตัวอย่างตะกรันจากการถลุงเหล็กจำนวน 2 ตัวอย่างให้ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ช่วยดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตะกรัน ด้วยอุปกรณ์ X-ray Fluorescence ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตัวอย่าง หมายเลข	ปริมาณธาตุต่างๆ (ร้อยละ)			
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	Total
A1	11.60	28.21	60.19	100.00
B1	9.62	39.10	51.28	100.00

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังตารางนี้ แสดงให้เห็นว่าตะกรันจากการถลุงเหล็กสมัยโบราณที่บ้านเขาหินได้ เป็นตะกรันที่มีเหล็กเหลืออยู่ปริมาณค่อนข้างสูง อันเป็นลักษณะสามัญของตะกรันที่เกิดในการถลุงเหล็กด้วยกระบวนการที่เรียกว่าการถลุงเหล็กแบบ

3. ชิ้นส่วนของท่อดินเผาหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม (Tuyere)

ทำด้วยดินเผา ส่วนใหญ่มีสภาพไม่สมบูรณ์ ท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สูบลมที่สมบูรณ์นั้น มีลักษณะเป็นท่อทรงกรวย มีช่องทะลุตลอดจากด้านโคนถึงด้านปลาย โดยด้านปลายซึ่งเป็นด้านที่ลมถูกพ่นออกจากที่สูบลมเข้าสู่เตาถลุงนั้น มีขนาดเล็กกว่าด้านโคนซึ่งอยู่ติดกับผนังเตาถลุง ชิ้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม ที่พบมีความหนาวัดจากผิวด้านนอกมายังด้านในระหว่าง 5-10 เซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องลมระหว่าง 4-11 เซนติเมตร พบทั้งชิ้นจากด้านปลายซึ่งเป็นทางออกของลม และชิ้นส่วนจากส่วนลำตัวซึ่งเป็นด้านที่อยู่ติดกับผนังเตาถลุง



นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ระดับจุลภาค โดยคุณบัณฑิตย์ สมประสงค์ นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร ดังนี้

1. ชิ้นส่วนของท่อดินเผาหุ้มปลายท่อจากที่สูบลม (Tuyere) จากหลุมขุดค้นที่ 2 ชั้นดินทับถมที่ 4 พื้นที่ A ขนาดยาวประมาณ 11 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 เซนติเมตร ด้านในมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ลักษณะเนื้อประกอบด้วยแร่ควอร์ต (Quartz) ขนาดอนุภาคทรายแป้ง (Silt) และแร่เหล็กผสมมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า การรับความร้อนมีอุณหภูมิไม่สูงมากจึงทำให้เนื้อดินมีสีส้มและสีส้มอ่อน และการจับตัวของเนื้อดินไม่ดีจนทำให้มีรอยร้าวโดยทั่วไป ผิวด้านนอกพบรอยประทับ (Imprint) ของแถบข้าว ยาวประมาณ 0.6 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.3 เซนติเมตร และมีเถาสีขาวของแถบข้าวมีลักษณะเป็นจุดขนาดเล็กโดยทั่วไป ผิวด้านในท่อมิลักษณะเรียบเนื้อดินมีจับตัวแข็งสีน้ำตาลปนเทา มีเศษตะกอนจากการถลุงโลหะขนาดเล็กติดอยู่



ด้านนอกของท่อลม ยาว
ประมาณ 11 เซนติเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5
เซนติเมตร ท่อมิเส้นผ่าน
ศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร



ด้านตัดของของท่อลม
เส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5
เซนติเมตร เส้นผ่าน
ศูนย์กลางของท่อด้านใน
4 เซนติเมตร



เศษตะกรันจากการถลุง
โลหะ ที่ติดอยู่ด้านในท่อ
ลม



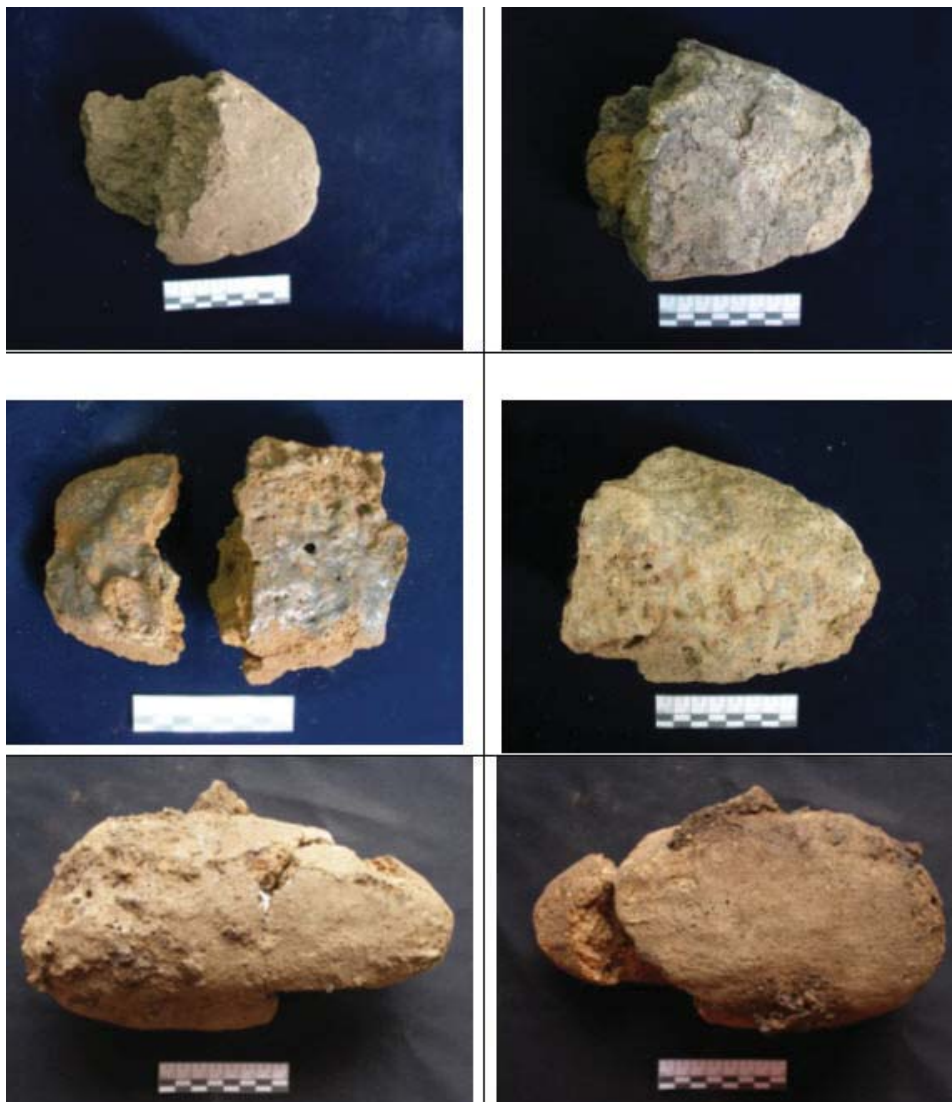
รอยประทับของแถบ
ข้าว ยาวประมาณ 0.6
เซนติเมตร กว้าง
ประมาณ 0.3 เซนติเมตร
และถ้าซึ่งสันนิษฐานว่า
เป็นเค้าจากแถบข้าวบน
ผิวด้านนอก ภายใต้กล้อง
จุลทรรศน์กำลังขยาย 3x



ลักษณะเนื้อบริเวณขอบ
ปากด้านในท่อลม มี
ลักษณะจับตัวแข็งผิว
เรียบ ภายใต้กล้อง
จุลทรรศน์กำลังขยาย 1x

4. ก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องดักตะกรันที่ผนังเตาถลุงแร่

ทำด้วยดินและเผาไฟ มีลักษณะเป็นก้อนรูปไข่ ปลายด้านหนึ่งของก้อนดินเผาสำหรับอุดช่องดักตะกรันที่ผนังเตาถลุงแร่ มีร่องรอยการถูกไฟในอุณหภูมิสูง จนมีชั้นของเคลือบเนื้อคล้ายแก้วเคลือบอยู่ วัตถุนี้อาจถูกใช้เป็นวัตถุอุดช่องดักให้ตะกรันไหลออกนอกเตาถลุง (Slag Tapping Hole) ซึ่งอยู่ที่ผนังเตาถลุงในระหว่างทำการถลุงเหล็ก



5. ชั้นส่วนก้นดินเผาไฟ

สันนิษฐานว่าเป็นชั้นส่วนของผนังเตาถลุงแร่ พบกระจายแทรกปนทั่วไปในชั้นของตะกอนจากการถลุงแร่เหล็ก บางชั้นพบร่องรอยนิ้วมือปาดเพื่อตกแต่งผนังเตาถลุงให้เรียบเป็นดินเหนียวเผาไฟจนจับตัวแข็ง พบว่าบางชั้นมีการผสมเกลือไม้และมีเกลือขาว หนาประมาณ 2.4-5 เซนติเมตร สันนิษฐานว่าเป็นชั้นส่วนของผนังเตา พบกระจายตัวโดยทั่วไป บางชั้นพบร่องรอยนิ้วมือปาดเพื่อแต่งขึ้นรูปทรงของเตา

สามารถจัดแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ปากเตา (Furnace Mouth) มีลักษณะเป็นสัน
2. ผนังเตา (Furnace Ling) ด้านในเตา มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบและโค้งมน และมีการบดสีน้ำตาลแดงซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นคราบตะกอนจากการถลุงโลหะ ผิวด้านนอกมีรอยนิ้วมือ เพื่อแต่งขึ้นรูปเตา
3. ก้นเตา (Furnace Floor) มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ และโค้งมน



ตารางที่ 3-13 ตารางรายละเอียดชิ้นส่วนเตากลวงเหล็กเพื่อสร้างภาพขนาดเท่า

หมายเลข	รหัส โบราณวัตถุ	ร่องรอย กิจกรรมมนุษย์	รัศมี (cm.)	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	หนา (cm.)
1	164/1	เตา#5	28	13	21	4
2	162/1	เตา#5	มากกว่า 28	8	9.5	3.5
3	164/1	เตา#5	7	10	11	3.5

6. ชิ้นส่วนตุ้กตาดินเผา

พบในหลุมขุดค้นที่ 2 จำนวนรวมทั้งสิ้น 6 ชิ้น ลักษณะคล้ายรูปสัตว์ โดยมีชิ้นหนึ่งคล้ายรูปปั้นของวัว



7. ชิ้นส่วนภาชนะดินเผา แบ่งออกเป็น

ภาชนะเนื้อดิน (Earthenware)

หลุมขุดค้นที่ 1

รูปทรงภาชนะส่วนมากไม่สามารถระบุได้ มีลักษณะสีน้ำตาล สีส้ม สีเทา สีเทา-ดำ โดยมีความหนามากที่สุดประมาณ 1.9 เซนติเมตร มีความหนาน้อยที่สุด

1. ส่วนปากภาชนะ (Rim)
2. ส่วนไหล่ภาชนะ (Shoulder)
3. ส่วนลำตัวภาชนะ (Body)
4. ส่วนก้นภาชนะ (Base)
5. ส่วนฐานภาชนะ (Pedestal)

การตกแต่งผิวภาชนะ ได้แก่

1. กดประทับลายเชือกทาบ เป็นการกดประทับด้วยเชือกถักลงบนเนื้อรอบตัวภาชนะ
2. กดประทับลูกกลิ้ง เป็นการกดประทับด้วยลูกกลิ้งซึ่งมีลายลักษณะต่างๆ ลงบนเนื้อรอบตัวภาชนะ
3. ทาหน้าดิน เป็นทาหน้าแซ่ดินเคลือบผิวภาชนะ เพื่อให้ผิวภาชนะมีความมันวาว
4. ชูดขีด เป็นการใช้ไม้ปลายแหลมหรือของมีคมชูดขีดสร้างลวดลายลักษณะต่างๆ ลงบนเนื้อรอบตัวภาชนะ

หลุมขุดค้นที่ 2

การขึ้นรูป ได้แก่

1. การขึ้นรูปเป็นหมุน มีลักษณะเป็นร่องเส้นตรงแนวนอนผาดรอบตัวภาชนะ
2. การขึ้นรูปมือ มีลักษณะเป็นรอยเว้าลึกลงในเนื้อ ซึ่งส่วนมากจะพบร่องรอยที่ด้านในของส่วนลำตัวภาชนะ

รูปทรงไม่สามารถระบุได้ มีลักษณะสีน้ำตาล สีส้ม สีเทา สีเทา-ดำ โดยความหนามากที่สุดประมาณ 1.1 เซนติเมตร และความหนาน้อยที่สุดประมาณ 0.3 เซนติเมตร และสามารถแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ของภาชนะดินเผา เช่นเดียวกับหลุมขุดค้นที่ 1

การตกแต่งผิวภาชนะ ได้แก่

1. ชูดขีด เป็นการใช้ไม้ปลายแหลมหรือของมีคมชูดขีดสร้างลวดลายลักษณะต่างๆ ลงบนเนื้อรอบตัวภาชนะ
2. ชูดขีดลายซี่ไม้ เป็นการใช้ซี่ไม้หรือของมีคมชูดขีดสร้างลวดลายลักษณะต่างๆ ลงบนเนื้อรอบตัวภาชนะ



จากการวิเคราะห์ระดับจุลภาค¹ พบร่องรอยต่างๆ ได้แก่

1. โบราณวัตถุหมายเลข 172/1 หลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมทางโบราณคดีระดับชั้นสมมติที่ 10 ระดับ 160-170 cm.dt. กริด SWQ

ชิ้นส่วนภาชนะดินเผาเนื้อดิน (Earthenware) ส่วนลำตัวภาชนะ หนา 0.4 เซนติเมตร ด้านนอกตกแต่งด้วยการกดประทับลายเชือกทาบ และอาจจะมีการเคลือบด้วยน้ำเคลือบไม่สมบูรณ์ ด้านในมีเศษตะกรันจากการถลุงโลหะ เป็นก้อนกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร เนื้อมีรูพรุนปริมาณมาก

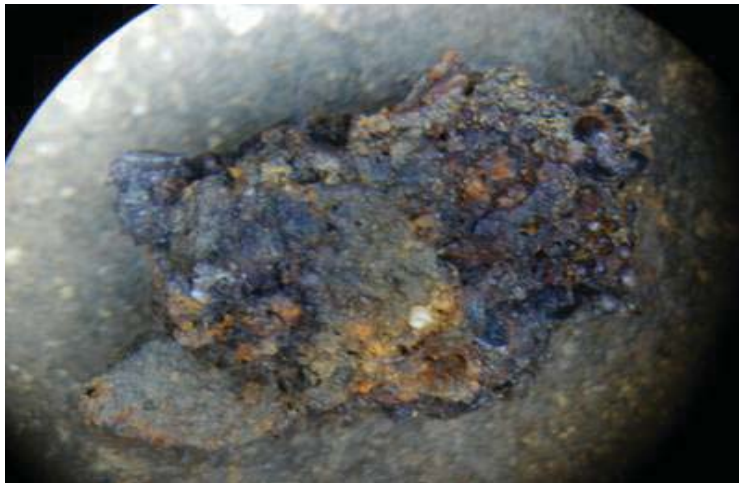


ด้านนอกของชิ้นส่วน
ภาชนะดินเผาเนื้อดิน
ส่วนลำตัวภาชนะ หนา
0.4 เซนติเมตร ตกแต่ง
ด้วยการกดประทับลาย
เชือกทาบ และอาจจะมี
การเคลือบด้วยน้ำเคลือบ
ไม่สมบูรณ์



ด้านในของชิ้นส่วน
ภาชนะดินเผาเนื้อดิน
ส่วนลำตัวภาชนะ หนา
0.4 เซนติเมตร และมีเศษ
ตะกรันจากการถลุงโลหะ
เส้นผ่านศูนย์กลาง
ประมาณ 1 เซนติเมตร

¹ บัณฑิตย์ สมประสงค์ นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร



เศษตะกรันจากการถลุง
โลหะ เส้นผ่านศูนย์กลาง
ประมาณ 1 เซนติเมตร
เนื้อีมีรูพรุนปริมาณมาก
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์
กำลังขยาย 1x

2. โบราณวัตถุหมายเลข 0178/1 หลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นทับถมที่ 7
ชั้นสมมติที่ 9 ระดับ 150-160 cm.dt. กริด SWQ

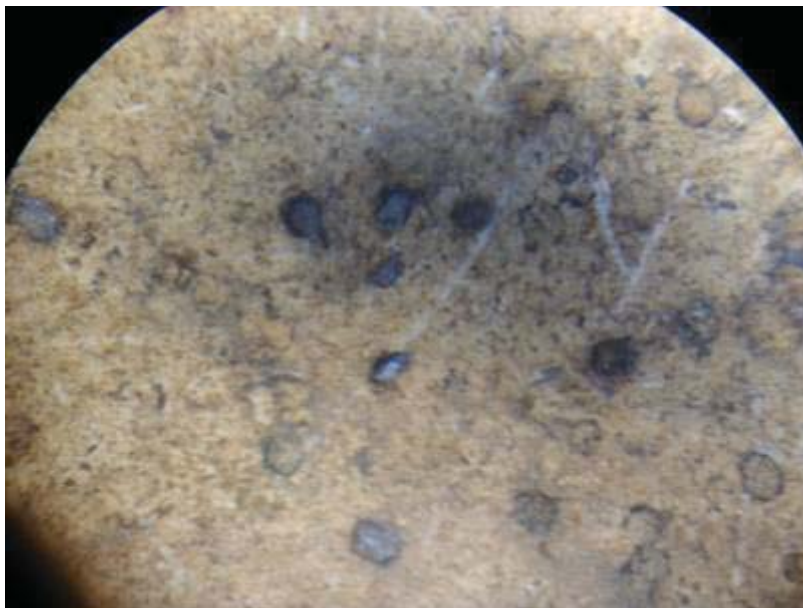
ชิ้นส่วนภาชนะดินเผาเนื้อดิน (Earthenware) ส่วนปากภาชนะ
ทรงหม้อปากผาย เส้นผ่านศูนย์กลางปาก 18 เซนติเมตร (20%) ผิวด้านนอกมีร่องรอยคราบโลหะเป็น
จุด เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1 เซนติเมตร



ด้านนอกของชิ้นส่วน
ภาชนะดินเผาเนื้อดิน ส่วน
ปากภาชนะทรงหม้อปาก
ผาย เส้นผ่านศูนย์กลางปาก
18 เซนติเมตร ปรากฏ
ร่องรอยคราบโลหะเป็นจุด
เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ
0.1 เซนติเมตร



ด้านในของชิ้นส่วนภาชนะ
ดินเผาเนื้อดิน ส่วนปาก
ภาชนะทรงหม้อปากผาย
เส้นผ่าศูนย์กลางปาก 18
เซนติเมตร



ร่องรอยคราบโลหะที่ผิว
ด้านนอก เส้นผ่าศูนย์กลาง
ประมาณ 0.1 เซนติเมตร
ภายใต้กล้องจุลทรรศน์
กำลังขยาย 1X

ภาชนะเนื้อแกร่ง (Stoneware) พบในหลุมขุดค้นที่ 1 เพียง 1 ชิ้น ชิ้นทับถมทางโบราณคดีชั้นสมมุติที่ 11 ในพื้นที่ NWQ ส่วนขยาย



ภาชนะเนื้อละเอียด (Porcelain) พบเพียง 1 ชิ้นในหลุมขุดค้นที่ 1 ชั้นดินทับถมระดับผิวดิน (Surface) เป็นส่วนขอบปาก ไม่สามารถระบุรูปทรงได้ มีลักษณะเขียนน้ำเงินครามได้เคลือบลายคดโค้งคล้ายพันธุ์พญา เนื้อสีนวลขาว กว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตรหนา 0.4 เซนติเมตร ซึ่งขนาดและลวดลายที่เห็นได้น้อยมาก จึงยากต่อการสันนิษฐานเรื่องอายุสมัยของชิ้นส่วนภาชนะดินเผาชิ้นนี้ แต่จากการเปรียบเทียบกับเครื่องถ้วยจีนที่พบในประเทศไทย ซึ่งทำการศึกษาโดยคุณปริวรรต ธรรมาปริชากร คุณกฤษฎา พิณศรี และคุณณัฐภัทร จันทวิช ทำให้ทราบว่าชิ้นส่วนภาชนะดินเผาชิ้นนี้มีลักษณะคล้ายกับภาชนะเนื้อนวลเขียนลายน้ำเงินครามได้เคลือบที่ผลิตในประเทศจีน ซึ่งสันนิษฐานว่าคล้ายกับเครื่องถ้วยจีน 2 สมัย ได้แก่

สมัยราชวงศ์เวียน หรือราชวงศ์หยวน ที่เริ่มผลิตขึ้นครั้งแรกเมื่อราวครึ่งหลังพุทธศตวรรษที่ 19 โดยการใช้สีน้ำเงินจากแร่โคบอลต์มาตกแต่งลวดลาย และมีลักษณะเด่นคือเนื้อดินสีขาวแกร่ง ก้นหรือฐานภาชนะไม่เคลือบ รูปทรงที่พบเป็นจาน ชาม กระปุก และไหทรงกวน ตกแต่งลายกิเลน ลายเป็ดกอบัว ลายเห็ดหลังจื่อ ลายกลีบบัว ลายพุทธมงคลแปด ลายปลาท่ามกลางพันธุ์ไม้และลายผลแดงโม เป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะพบที่เวียงท่ากาน อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ที่กรุวัดพระพายหลวง จังหวัดสุโขทัย ที่กรุวัดมหาธาตุ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่อำเภอมวกะจิก จังหวัดเชียงใหม่ ที่วัดพระธาตุหริภุญไชย จังหวัดลำพูน ที่อำเภอเมือง จังหวัดตาก และในแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดราชบุรี เป็นต้น

สมัยราชวงศ์หมิง ที่มีอายุราวต้นถึงกลางพุทธศตวรรษที่ 21 ผลิตจากเตาในมณฑลเจียงซี ผู้เจี๊ยน และกว้างตง รูปทรงส่วนใหญ่เป็นจาน ชาม กระปุก โถ และกุ่มที่ ลักษณะลวดลายของเครื่องถ้วยก็เป็นแบบที่ทำสืบต่อมาจากลวดลายของเครื่องลายครามจีนในสมัยราชวงศ์หมิงตอนต้น เช่น ลายพุทธมงคลแปดคล้ายกับลายช่อดอกไม้ ลายมังกร ลายสามเกลอ เป็นต้น



ชิ้นส่วนภาชนะดินเผาเนื้อ

นวล (Porcelain)

ชั้นผิวดิน (Surface)

มีลักษณะเขียนลายน้ำเงิน
ครามได้เคลือบลายคดโค้ง
คล้ายลายพันธุ์พุกษา เนื้อ
สีขาวนวล สันนิษฐานว่า
ผลิตในประเทศจีน สมัย
ราชวงศ์เวียน หรือหยวน
จนถึงสมัยราชวงศ์หมิง

8. ฟันหมู (Lower Incisor)

จำนวน 1 ชิ้น พบในหลุมขุดค้นที่ 1 บริเวณพื้นที่ SWQ ในระดับสมมติ
100-110 cm.dt.



² ปวีรบรรต ธรรมาปรีชาการ และกฤษฎา พิณศรี เรียบเรียง, ศิลปะเครื่องถ้วยในประเทศไทย, (กรุงเทพฯ : บริษัท โอสเสสกา (เติกเฮงฮุย) จำกัด), หน้า 70-89. ; ญัฐภัทร จันทวิช, เครื่องถ้วยจีนที่พบจากแหล่งโบราณคดีในประเทศไทย, (กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร, 2537), หน้า 28-37.

9. เศษก้นของเครื่องมือเหล็ก

จำนวน 1 ชิ้น พบในหลุมชุดคันที่ 1 ระดับสมมุติ 46 cm.dt. ขนาดยาว 9.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร



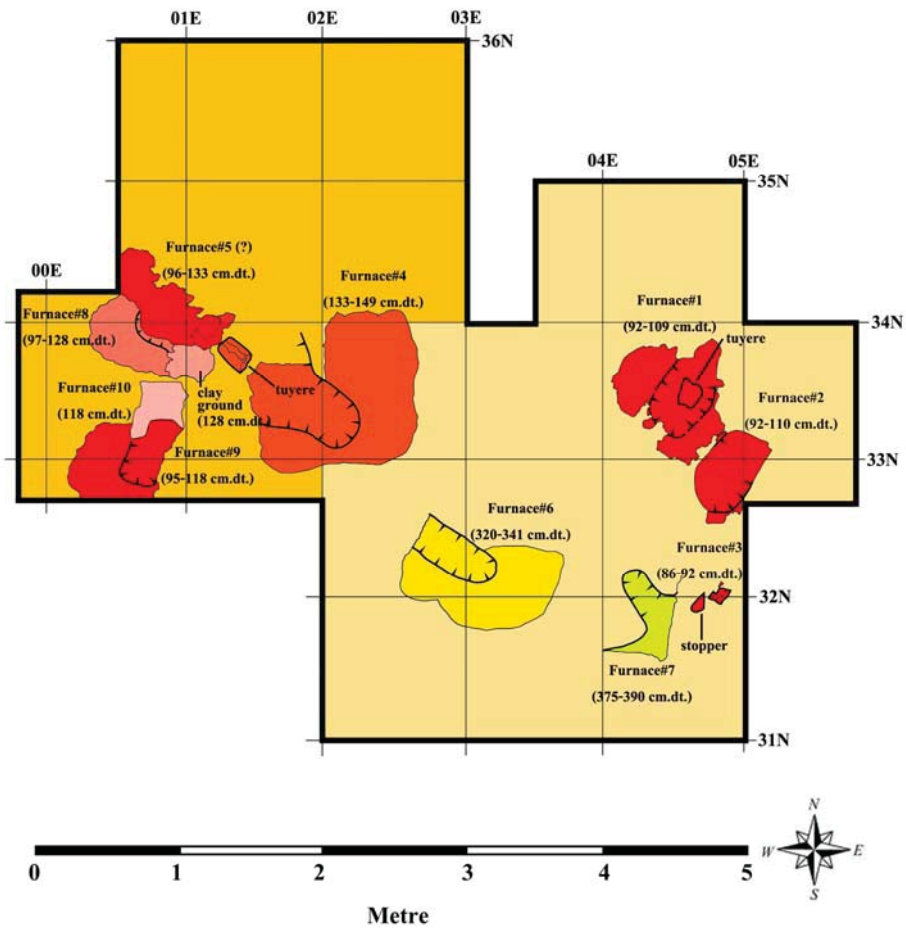
10. ห่วงโลหะ

น่าจะใช้เป็นปดอกเข้ด้ามกับเครื่องมือบางชนิด จำนวน 1 ชิ้น พบในหลุมชุดคันที่ 2 ระดับสมมุติ 220-300 cm.dt.



ลำดับชั้นวัฒนธรรมการถลุงเหล็กจากหลุมชุดคันที่ 1

การขุดค้นในปีพ.ศ. 2550 พบซากเตาถลุงทั้งหมด 4 เตา คือ เตาหมายเลข 1-4 และในปี พ.ศ. 2551 พบเพิ่มอีกจำนวน 6 เตา คือ เตาหมายเลข 5-10 รวมหลักฐานประเภทเตาถลุงที่พบในหลุมชุดคันที่ 1 ทั้งหมด 10 เตา การกระจายตัวของเตาถลุงเหล็กสมัยโบราณที่ขุดค้นพบ มีดังแผนผังต่อไปนี้



แหล่งโบราณคดีบ้านเขาคินใต้ หมู่ 9 อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์
การขุดค้น ปี พ.ศ. 2550 - 2551

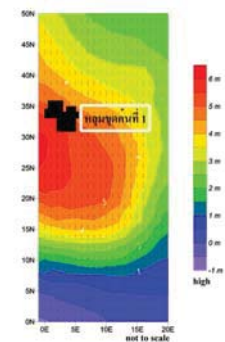
Living Angkor Road Phase II

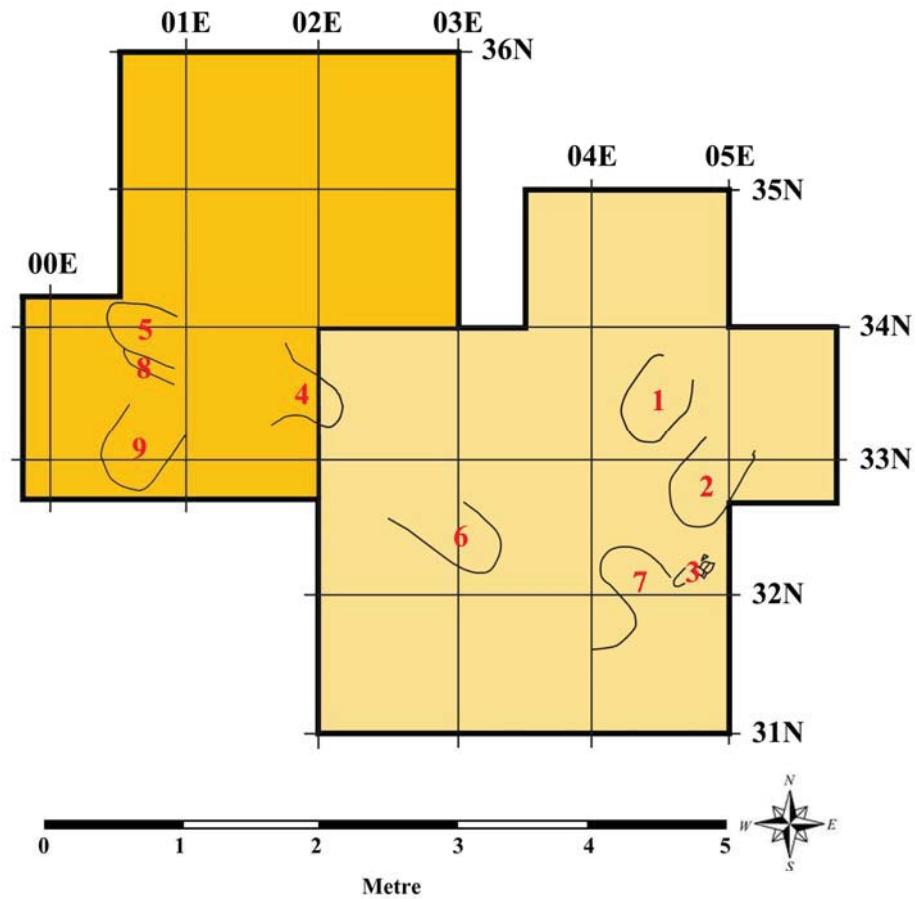
แผนผังการกระจายตัวของเตาลูกเหล็ก

หลุมขุดค้นที่ 1

การขุดค้นปี พ.ศ. 2550 Excavation 2007

การขุดค้นปี พ.ศ. 2551 Excavation 2008





แหล่งโบราณคดีบ้านเขาดินใต้ หมู่ 9 อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์
การขุดค้น ปี พ.ศ. 2550 - 2551

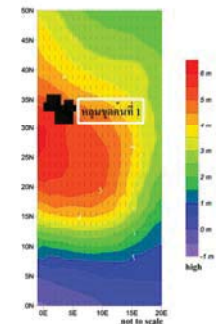
Living Angkor Road Phase II

แผนผังการกระจายตัวของเตาถลุงเหล็ก

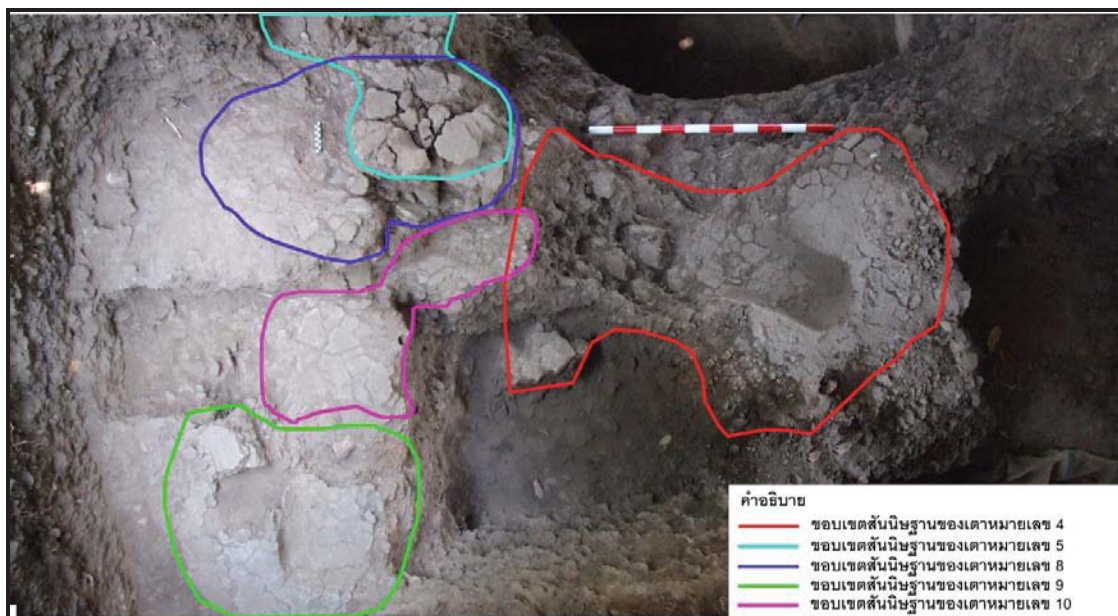
หลุมขุดค้นที่ 1

การขุดค้นปี พ.ศ. 2550 Excavation 2007

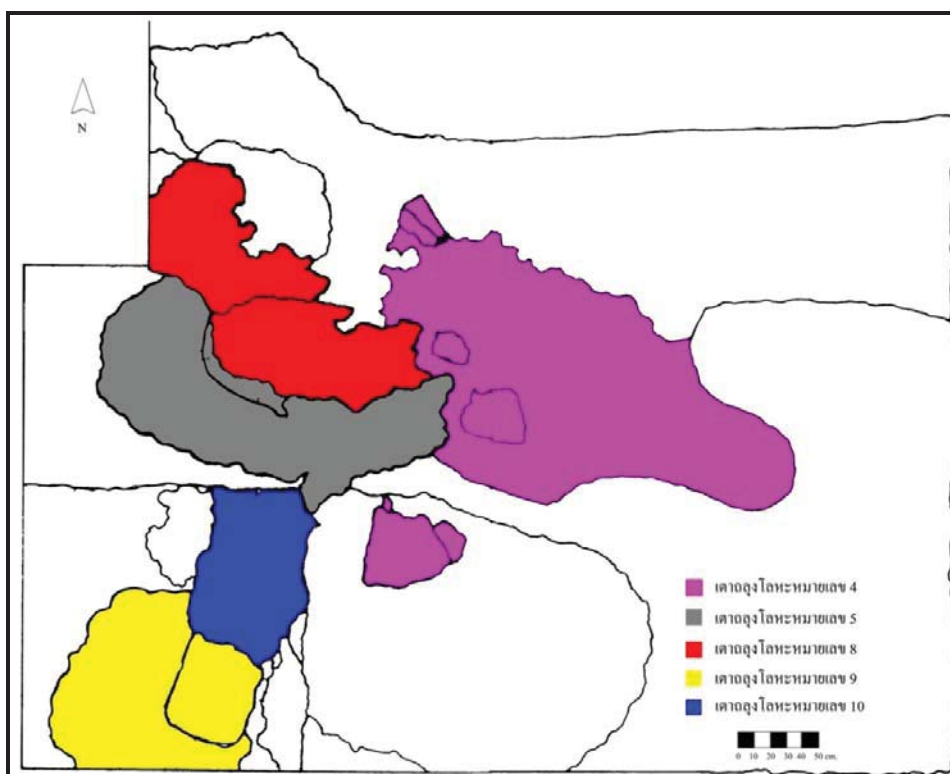
การขุดค้นปี พ.ศ. 2551 Excavation 2008



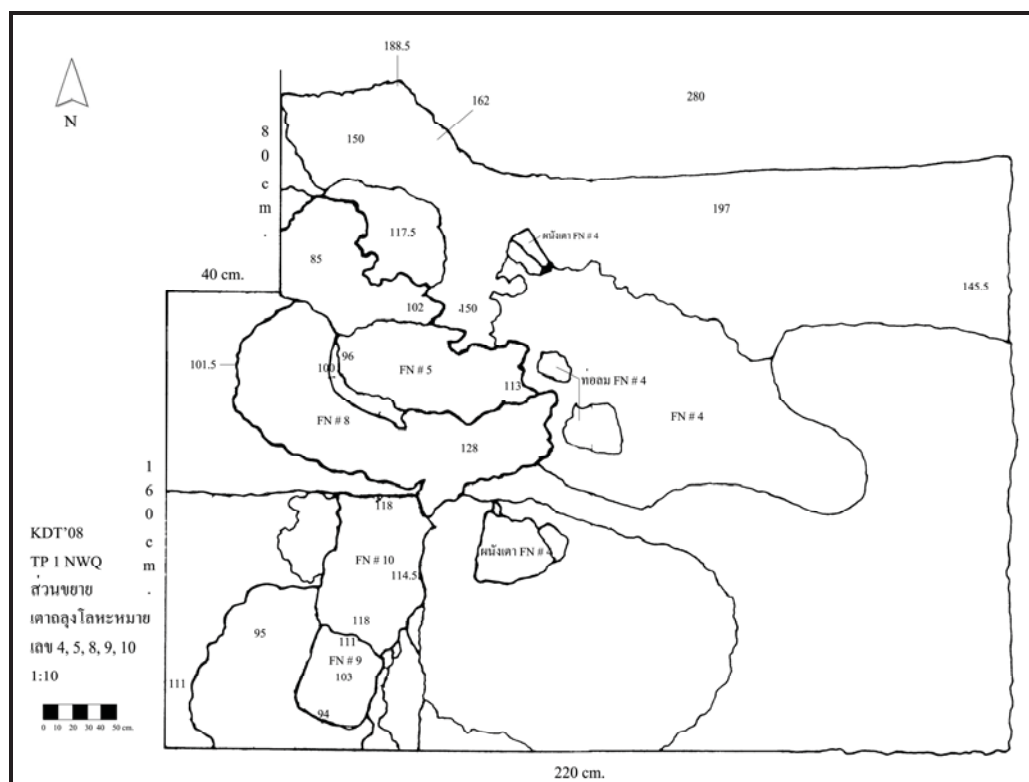
เตากลงที่พบมีการกระจายตัวในบริเวณแนวกลางหลุม และอยู่ในลักษณะซ้อนทับระหว่างกัน หากพิจารณาจากระดับความลึก พบว่าเตาหมายเลข 7 ปรากฏในระดับลึกที่สุด และเตาหมายเลข 1 และ 2 พบในระดับบนสุด



รูปที่ 3-42 ภาพถ่ายแสดงเตาหมายเลข 4, 5, 8, 9 และ 10



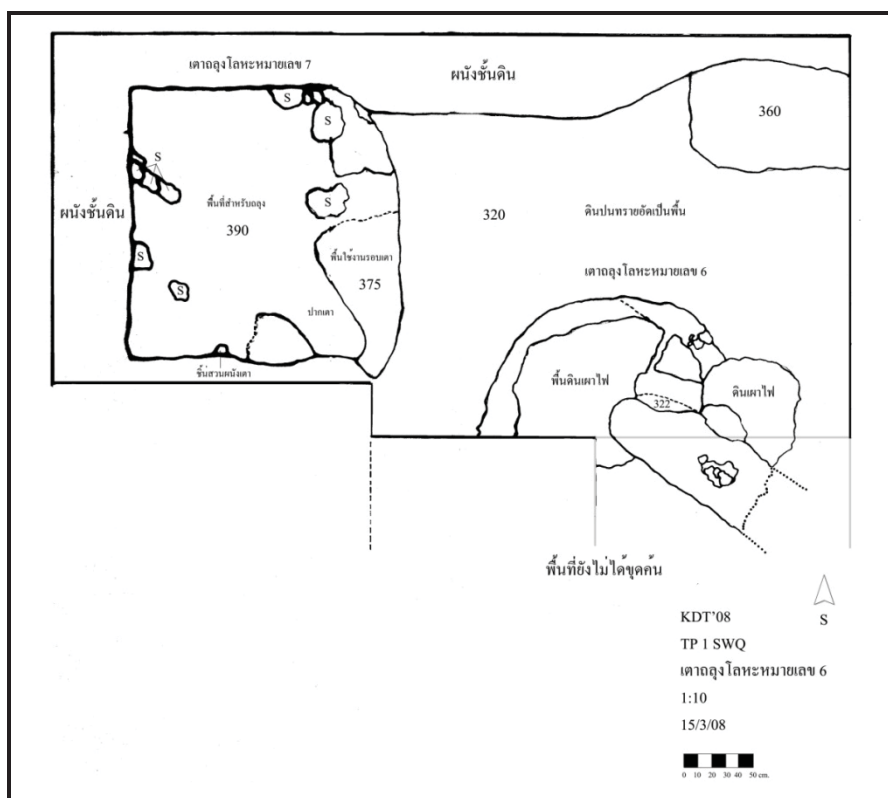
รูปที่ 3-43 ภาพลายเส้นแสดงเตาที่พบในบริเวณหลุมชุดคันที่ 1 NWQ ส่วนขยาย



รูปที่ 3-44 ภาพลายเส้นแสดงเตาถลุงภายในหลุมขุดค้น TP 1 NWQ ส่วนขยาย พร้อมระดับสมมุติ ที่พบ



รูปที่ 3-45 ภาพถ่ายแสดงเตาหมายเลข 6 และ 7
ในบริเวณกริด SWQ (หมายเลข 6) และ SEQ (หมายเลข 7)



รูปที่ 3-46 ภาพลายเส้นแสดงเตาหมายเลข 6 และ 7

บริเวณกริด SWQ และ SEQ ของ TP1

เมื่อทำการศึกษาชั้นทับถมทางโบราณคดีภายในหลุมขุดค้นที่ 1 พบว่าประกอบด้วยชั้นของตะกอนจากการถลุงเหล็ก และชั้นดินบางๆ รวมทั้งหมด 24 ชั้น ชั้นดังกล่าวนี้เกิดจากกิจกรรมการถลุงโลหะที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ซึ่งสันนิษฐานว่ากิจกรรมดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 8 ชั้น โดยสันนิษฐานจากหลักฐานที่ปรากฏบนชั้นดิน และเตาถลุงจำนวน 10 เตาที่อนุมานได้ว่า การถลุงเริ่มต้นจากการสร้างเตาบนพื้นดิน เมื่อทำการถลุงเสร็จจะมีสิ่งเหลือทิ้งที่เกิดจากการถลุงเหล็กแต่ละครั้ง เช่น ตะกอนจำนวนมาก เศษผนังเตา เศษท่อลม เป็นต้น โดยส่วนหนึ่งถูกนำไปทิ้งบริเวณทิศใต้ของหลุมขุดค้น ซึ่งคือพื้นที่หลุมขุดค้นที่ 2

ขณะที่อีกส่วนหนึ่งกระจายทั่วไปบนระดับพื้นใช้งานของกิจกรรมครั้งดังกล่าว



รูปที่ 3-47 ลักษณะชั้นทับถมทางโบราณคดีที่ประกอบด้วยชั้นตะกอนจากการถลุงเหล็ก
สลับกับชั้นดินฉาบเป็นระดับพื้นที่ทำกิจกรรมการถลุงเหล็ก

เมื่อพิจารณาจากชั้นทับถมทางโบราณคดีพบว่าเมื่อทำการถลุงเสร็จในคราวหนึ่ง ช่างอาจทำการเกลี่ยปรับพื้นที่โดยนำสิ่งเหลือทิ้งที่หลงเหลือจากการถลุงให้เป็นพื้นที่เหมาะสมสำหรับก่อเตาเพื่อทำการถลุงครั้งต่อไป จากนั้นจึงนำดินเหนียว ซึ่งอาจได้มาจากบริเวณใกล้เคียงมาถมเพื่อปรับพื้นที่ หลักฐานสนับสนุนแนวคิดนี้ คือ ชั้นดินที่พบว่าเป็นการสลับระหว่างชั้นสิ่งเหลือทิ้งจากการถลุงและชั้นดินบางจำนวนหลายชั้น และลักษณะของเตาที่เป็นการก่อในชั้นตะกอน ขณะที่พื้นใช้งานรอบเตาอยู่ในระดับของชั้นดิน เช่นที่พบกับเตาหมายเลข 4 หมายเลข 6 และหมายเลข 7

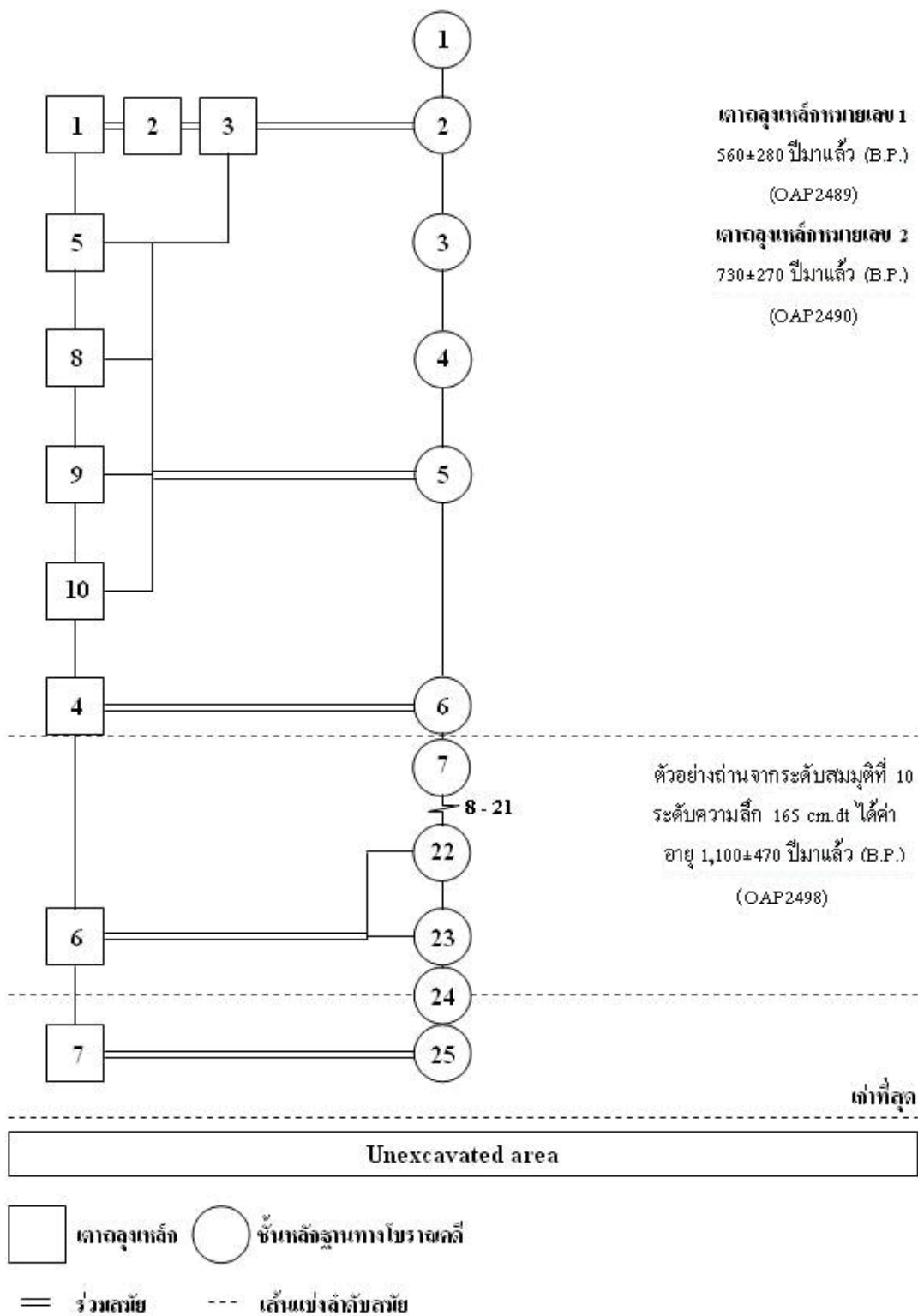
ลำดับการปรากฏหรือการสร้างเตาถลุงเหล็กจากเตาที่มีลำดับการสร้างเก่าที่สุดไปใหม่ที่สุด มีดังแผนภูมิต่อไปนี้

แผนภูมิลำดับอายุเชิงเทียบของเตาตุณเหล็กสมัยโบราณและชั้นหลักฐานทางโบราณคดี
พบในหลุมขุดค้นที่ 1 แหล่งโบราณคดีบ้านเขาหินเฒ่า หมู่ 9 อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

ลำดับอายุเชิงเทียบของเตาตุณเหล็ก

ลำดับอายุเชิงเทียบของชั้นหลักฐานทางโบราณคดี

ค่าอายุแบบสัมบูรณ์



สรุปผลการดำเนินการขุดค้นทางโบราณคดี

จากการดำเนินงานทางโบราณคดี แหล่งโบราณคดีบ้านเขาคินใต้ อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์ เป็นแหล่งโบราณคดีที่ปรากฏร่องรอยกิจกรรมการถลุงเหล็กของมนุษย์ในอดีต จากการขุดค้นทางโบราณคดี ซึ่งดำเนินการแยกเป็น 2 ช่วง คือในระหว่างวันที่ 1-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และระหว่างวันที่ 22 กุมภาพันธ์ - 22 มีนาคม 2551 พบว่า แหล่งโบราณคดีแห่งนี้ ปรากฏหลักฐานกิจกรรมการถลุงเหล็กโดยการถลุงตามกระบวนการทางตรง (direct smelting process) ซึ่งเหล็กที่ได้จากการถลุงแบบนี้ เหล็กที่เกิดขึ้นจะยังอยู่ในสภาพของแข็งที่ยังมีตะกรันแทรกปนอยู่ในเนื้อเหล็ก ซึ่งช่วงจะต้องทำการกำจัดตะกรันที่หลงเหลืออยู่ด้วยการให้ความร้อนจนเป็นสีแดง เพื่อให้ตะกรันนั้นหลอมเหลว แล้วนำไปตีเพื่อบีบอัดเนื้อเหล็ก ริดตะกรันแยกออกมาจากโครงสร้างภายใน ดังนั้นเหล็กที่ได้จะเป็นเหล็กอ่อนที่เรียกว่า Wrought iron ซึ่งเป็นเหล็กเกือบบริสุทธิ์ มีธาตุคาร์บอนผสมน้อยกว่า 0.5% ซึ่งสามารถนำไปตีเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ได้

สำหรับรูปแบบของเตาถลุงที่พบจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีบ้านเขาคินใต้ ทั้งสองครั้ง พบว่า มีลักษณะเป็นเตาที่สร้างขึ้นด้วยดินเหนียวเป็นวัสดุหลัก ทำการปั้นขึ้นรูป และอาจให้ความร้อนเพื่อให้ดินเหนียวจับตัวแน่นและแข็งขึ้นพร้อมสำหรับใช้งาน โดยใช้การเผาในอุณหภูมิต่ำ หรือใช้ความร้อนระหว่างขั้นตอนการถลุง เป็นการเผาเตาครั้งแรก เพื่อให้เตาสามารถทนความร้อนในอุณหภูมิสูงในระหว่างการถลุง แต่อย่างไรก็ตามความคงทนต่อการถลุงนั้นอาจขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่ใช้สร้างเตาด้วย

รูปทรงของเตาถลุง สันนิษฐานจากหลักฐานซากของเตาถลุงทั้ง 10 เตา โดยเฉพาะจากซากเตาถลุงหมายเลข 7 ซึ่งปรากฏว่ามีลักษณะคล้ายผลน้ำเต้า คือ บริเวณด้านหน้าที่เป็นส่วนขาบริ และส่วนด้านหลังที่เป็นส่วนโค้งกว้างเหมือนขาม จึงสันนิษฐานว่าน่าจะมีรูปแบบที่เรียกว่า เตาปล่อง (Shaft Furnace) ซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ พื้นที่ใช้งานรอบเตา (Activity floor or pavement) ปากเตาส่งหน้า (Furnace mouth) ผนังเตา (Furnace lining) และก้นเตา (Furnace floor) กล่าวคือ เป็นเตาถลุงที่มีส่วนปล่องสำหรับเป็นห้องสำหรับบรรจุแร่และถ่านเพื่อทำการถลุง ถึงแม้ว่าจะไม่พบส่วนที่สันนิษฐานว่าเป็นปล่อง หรือบริเวณใช้งานหลักของเตา พบเฉพาะพื้นที่ใช้งานรอบเตา ปากเตาส่งหน้า ผนังเตา และก้นเตา ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะช่างได้ทำลายส่วนดังกล่าวนี้เพื่อเก็บ “Bloom” หรือ ก้อนเหล็กไม่บริสุทธิ์ที่ได้จากการถลุง ออกจากเตา จึงไม่เหลือหลักฐานแน่ชัด แต่ในการขุดค้นพบว่า ชั้นส่วนผนังเตามีการกระจายตัวหนาแน่นบริเวณท้ายเตารวมถึงลักษณะของชั้นส่วนผนังเตาที่มีความโค้ง และบางชั้นมีคราบตะกรันเกาะอยู่ ซึ่งทำให้สามารถระบุตำแหน่งของส่วนปล่องได้ โดยตัวปล่องนี้น่าจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 60-80 เซนติเมตรแล้วแต่ขนาดของเตา

โดยมีส่วนหน้าที่ยังคงเหลืออย่างชัดเจน ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นบริเวณสำหรับเดิมเชื้อเพลิงหรืออัดอากาศจากส่วนหน้าเตา ขณะที่ชิ้นส่วนของท่อดินเผาสำหรับหุ้มปลายท่อจากที่สูบลมที่พบสันนิษฐานว่าน่าจะอยู่ด้านส่วนล่างของปล่องในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง เพื่ออัดอากาศเข้าสู่เตาถลุง

ส่วนช่องค้ำตะกรันนั้นอาจอยู่ในระดับที่ลึกกว่าเตา สำหรับค้ำเอาตะกรันที่เกิดจากการถลุงออกจากเตาในระหว่างการถลุง แต่จากการขุดค้นไม่พบหลักฐานที่ชัดเจนเกี่ยวกับช่องค้ำตะกรันและพื้นที่รับตะกรันเหลว แต่อย่างไรก็ตาม จากหลักฐานประเภทตะกรัน พบที่มีลักษณะเป็นริ้วซึ่งแสดงถึงตะกรันเหลวที่ถูกค้ำ และไหลออกมาตามช่องค้ำตะกรัน

ค่าอายุที่ได้จากการวิเคราะห์จากตัวอย่างถ่านที่ได้จากเตาถลุงโลหะในระดับ 80-90 cm.dt. และระหว่างชั้นดินเผาไฟ ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นชั้นกิจกรรมถลุงโลหะกับชั้นตะกรันที่เหลือจากการถลุงเหล็ก ในระดับ 160-170 cm.dt. แสดงในตาราง ดังนี้

ตารางที่ 3-14 ค่าอายุ Carbon – 14 ของตัวอย่างถ่านพบในการขุดค้นแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณบ้านเขาคินใต้³

ตัวอย่างหมายเลข	ตำแหน่งที่พบ	อายุ <BP>
SF#0002	TP.1 NWQ level 1: Surface – 80 cm.dt.	260±210
SF#0004	TP.1 NEQ Furnace 1	560±280
SF#0022	TP.1 SWQ Furnace 2	730±270
SF#0008	TP.1 SWQ level10: 160 -170 cm.dt.	1100±470

ในเบื้องต้นจึงกำหนดค่าอายุของเตาถลุงอยู่ที่ประมาณ 700-800 ปีมาแล้ว ซึ่งน่าจะร่วมสมัยกับแหล่งเตาเผาภาชนะดินเผาบ้านกรวด ซึ่งกำหนดอายุราว พุทธศตวรรษที่ 18

สำหรับหลุมขุดค้นหมายเลข 2 นั้นสันนิษฐานว่าน่าจะเป็นพื้นที่ใช้สำหรับทิ้งสิ่งที่เหลือจากการถลุงเหล็กโดยเฉพาะ ซึ่งหลักฐานทางโบราณคดีที่พบนั้นประกอบไปด้วย ตะกรันจากการถลุงเหล็ก ชิ้นส่วนท่อดินเผาหุ้มปลายท่อลมจากที่สูบลม ชิ้นส่วนผนังเตา และชิ้นส่วนก้นดินเผาอุดช่องค้ำตะกรันที่ผนังเตา โดยพื้นที่บริเวณหลุมขุดค้นที่ 2 นี้เชื่อได้ว่าน่าจะถูกใช้งานมานานอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากไม่พบชั้นดินแทรกระหว่างชั้นตะกรันจากการถลุงเหล็ก มีเพียงความแตกต่างของการเกาะตัวกันของกลุ่มตะกรันจากการถลุงเหล็ก ในแต่ละระดับที่น่าจะเป็นการแสดงถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้นหลายครั้ง

³ Thailand institute of Nuclear Technology (Public Organization)

ข้อคิดเห็นจากการศึกษาทางโบราณคดีของโครงการวิจัย

เมื่อนำผลการศึกษาทางโบราณคดีในแง่มุมต่างดังที่กล่าวถึงข้างต้นทั้งหมดมาประมวลเข้าด้วยกัน สามารถช่วยให้เห็นความสำคัญเมื่อสมัยอดีตของพื้นที่ศึกษาซึ่งประกอบด้วยแนวเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครไปยังเมืองพิมาย และพื้นที่ปริมาตรของแนวเส้นทางนี้ได้ชัดเจนขึ้น

แม้ว่ามีหลักฐานว่าแหล่งชุมชนสมัยโบราณที่พบในพื้นที่นี้บางแห่ง ปรากฏขึ้นตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลาย แต่ข้อมูลทางโบราณคดีส่วนใหญ่บ่งชี้ว่าเมื่อช่วงเวลาประมาณพุทธศตวรรษที่ 15-17 นั้น พื้นที่ศึกษาในโครงการนี้ อันประกอบด้วยแนวเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครไปยังเมืองพิมาย และพื้นที่ปริมาตรของแนวเส้นทาง จึงกลายเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญในฐานะที่เป็นสื่อและช่องทางเชื่อมโยงแหล่งหน้าที่ต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นเครือข่ายทางวัฒนธรรมที่มีความสัมพันธ์กันและต่างพึ่งพากัน รวมทั้งมีพัฒนาการและความเจริญรุ่งเรืองร่วมกันไปทั้งเครือข่ายวัฒนธรรม แหล่งหน้าที่ต่างๆ กันเหล่านั้น อย่างน้อยได้แก่ชุมชนที่อยู่อาศัยประเภทหมู่บ้านเกษตรกรรมขนาดต่างๆ ศาสนสถานที่มีหน้าที่ด้านศาสนาความเชื่อ และแหล่งหัตถกรรมและอุตสาหกรรมที่มีหน้าที่เชิงเศรษฐกิจที่ผลิตสิ่งของสนองตอบต่อความต้องการของผู้คนหรือตลาดในเครือข่าย ซึ่งอย่างน้อยก็ได้แก่แหล่งผลิตเหล็กและภาชนะดินเผา

แหล่งโบราณคดีที่ศึกษาในครั้งนี้ มีหลายแห่งมากที่สามารถพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ ประวัติความเป็นมาของสังคมและวัฒนธรรมท้องถิ่น รวมทั้งแหล่งเรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์ ความผูกพัน และภูมิปัญญาพื้นถิ่นของประชากรท้องถิ่นเมื่อสมัยอดีต โดยเฉพาะหากสามารถดำเนินการพัฒนาให้เป็นแหล่งทัศนศึกษาเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีพและการเรียนรู้ตามอัธยาศัยแล้วน่าจะสามารถเอื้ออำนวยให้เกิดพัฒนาการทางเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของประชากรในปัจจุบันตามมาได้

บทที่ 4

การค้นคว้าและวิธีการทางด้านธรณีฟิสิกส์

4.1 การค้นคว้าและวิธีการทางด้านธรณีฟิสิกส์บริเวณแหล่งถลุงเหล็กโบราณ บ้านเขาดินใต้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

4.1.1 ความนำ

1. แหล่งเตาถลุงโลหะ บ้านเขาดินใต้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

โครงการวิจัยทางด้านโบราณคดีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยของสำนักงานโบราณคดี กรมศิลปากร ได้ตรวจพบแหล่งถลุงเหล็กโบราณในพื้นที่ของอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ มากกว่า 20 ปีแล้ว แหล่งถลุงเหล็กโบราณในบริเวณหมู่บ้านเขาดินใต้เป็นหนึ่งในแหล่งถลุงเหล็กโบราณที่ได้ค้นพบในช่วงเวลาดังกล่าว

การศึกษาด้านธรณีฟิสิกส์ในแหล่งถลุงเหล็กโบราณ ในบริเวณหมู่บ้านเขาดินใต้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการทางด้านธรณีฟิสิกส์เพื่อกำหนดตำแหน่งของเตาถลุงเหล็กโบราณ หรือวัสดุที่หลงเหลืออยู่จากกิจกรรมถลุงเหล็กโบราณในบริเวณเนินดินแห่งหนึ่งของหมู่บ้านเขาดินใต้ ซึ่งคาดว่าเป็นแหล่งเตาถลุงเหล็กโบราณ สำหรับการวางแผนการดำเนินการขุดค้นทางด้านโบราณคดีต่อไป

2. การศึกษาด้านธรณีฟิสิกส์

วิธีการด้านธรณีฟิสิกส์สามารถประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดตำแหน่งโบราณสถานหรือโบราณวัตถุซึ่งถูกฝังอยู่ใต้ดินในระดับตื้นได้ดี โดยการใช้ประโยชน์ในความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพของโบราณสถานและดินที่อยู่ในบริเวณข้างเคียง เช่น วิธีวัดค่าสนามแม่เหล็กโลกจะใช้ประโยชน์จากสมบัติความเป็นแม่เหล็กที่แตกต่างกัน ในขณะที่วิธีเรดาร์หยังความลึกของชั้นดินจะอาศัยสมบัติสภาพยอมทางไฟฟ้า (electric permittivity) หรือความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากโบราณสถานหรือโบราณวัตถุที่คั่นหามักจะถูกฝังอยู่ในระดับตื้น เช่น ลึกน้อยกว่า 1 เมตร และมีความกว้างน้อยกว่า 1 เมตร การเลือกใช้วิธีธรณีฟิสิกส์ที่เหมาะสมจะต้องพิจารณาถึงความสามารถในการจำแนกวัตถุทั้งในดิ่งและแนวราบ โดยเหตุที่การวัดด้านธรณีฟิสิกส์ส่วนใหญ่จะทำการเก็บข้อมูลบนผิวดิน ดังนั้นการกำหนดตำแหน่งของโบราณสถานหรือโบราณวัตถุด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์จึงสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว และนิยมนำมาประยุกต์ใช้

วิธีวัดค่าสนามแม่เหล็กโลกเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในกรณีที่วัตถุเป้าหมายเป็นสารแม่เหล็กที่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงกว่าดินท้องถิ่น เช่น ตะกรันในแหล่งเตาถลุงโลหะโบราณ ตะกรันเหล่านี้จะมีส่วนผสมของเหล็กมากกว่าดินในบริเวณข้างเคียง หรือมีสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงกว่าดินท้องถิ่น ดังนั้นการปรากฏอยู่ของตะกรันในแหล่งเตาถลุงโลหะจะทำให้สนามแม่เหล็กโลกในบริเวณดังกล่าวถูกรบกวน วิธีการวัดค่าสนามแม่เหล็กจึงเป็นการตรวจสอบบริเวณที่สนามแม่เหล็กของโลถูกรบกวนไป ตัวอย่างการประยุกต์ใช้วิธีการการวัดสนามแม่เหล็กในงานโบราณคดี ได้แก่ ปรีชา เล่าชู (2538) Chavez et al.(2001) Wood et al. (2004) Chianese et al.(2004) Valfidis et al. (2005) และ Ansoy et al. (2007) เป็นต้น

วิธีการหยั่งลึกชั้นดินด้วยคลื่นเรดาร์ เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อกำหนดตำแหน่งของโบราณสถานใต้ดิน โดยอาศัยหลักการส่งพัลส์สัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง หรือย่านความถี่คลื่นเรดาร์ เช่น พัลส์เรดาร์ซึ่งมีความถี่กลาง 200 MHz ลงไปในดิน เมื่อพัลส์เรดาร์เดินทางถึงผิวรอยต่อระหว่างชั้นดิน หรือผิวรอยต่อระหว่างดินกับโบราณวัตถุใต้ดินที่มีสภาพยอมให้ผ่านได้ทางไฟฟ้า (electric permeability) หรือความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างกัน พัลส์เรดาร์ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับมายังผิวดินและถูกตรวจจับไว้โดยสายอากาศรับสัญญาณของเครื่องมือวัด ตัวอย่างการประยุกต์ใช้วิธีการหยั่งลึกชั้นดินด้วยคลื่นเรดาร์ในงานด้านโบราณคดี ได้แก่ กรณีเกาะรัตนโกสินทร์ (วรวิทย์ โลหะวิจารณ์, 2543) กรณีสถานวัดคันดา (อภิชาติ พัฒนะวิริยะพิศาล, 2542) กรณีแหล่งโบราณคดีในแคนาดาและสหรัฐอเมริกา (Vaughan, 1986; Bevan, 1991; Sternberg and McGill, 1995) เป็นต้น

4.1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อกำหนดตำแหน่งของเตาถลุงโลหะในบริเวณแหล่งเตาถลุงโลหะบ้านเขาดินใต้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ โดยประยุกต์ใช้วิธีธรณีฟิสิกส์ซึ่งประกอบด้วยการวัดค่าสนามแม่เหล็กโลก (Total magnetic field measurement) และเรดาร์หยั่งความลึกของชั้นดิน (GPR measurement)

4.1.3 วิธีดำเนินการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่ในหมู่บ้านเขาดินใต้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ หรืออยู่ระหว่างพิกัด 293048E ถึง 293066E และ 1596984N ถึง 1597036N ของระบบพิกัด WGS-84 พื้นที่

2. การวัดค่าสนามแม่เหล็กรวมของโลก

ทำการวัดค่าสนามแม่เหล็กรวมของโลกจำนวน 21 แนววัด (แนววัด 0E ถึงแนววัด 20E) ดังแสดงในรูปที่ 4-3 โดยแนววัดทุกแนววางตัวอยู่ในทิศใต้-เหนือ (00N ถึง 50N) ด้วยระยะห่างระหว่างแนววัดเท่ากับ 1.0 เมตร และระยะห่างระหว่างจุดวัดในแต่ละแนววัดเท่ากับ 1.0 เมตร จำนวนจุดวัดรวมทั้งสิ้น 400 จุด

ใช้เครื่องมือ Proton Precession Magnetometer ยี่ห้อ Geometric รุ่น G-856 จำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุดจัดวางหัววัดให้อยู่สูงจากพื้น 1.85 เมตร โดย Proton magnetometer ชุดที่หนึ่ง หรือ Rover Unit ใช้สำหรับวัดค่าสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่จุดวัดต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา ส่วน Proton magnetometer ชุดที่สอง หรือ Base Unit ใช้ทำหน้าที่บันทึกการแปรผันของสนามแม่เหล็กรวมโลกตามเวลาที่จุดวัดฐาน (base station) ซึ่งจะทางด้านใต้ของพื้นที่ศึกษา และจะนำมาใช้เพื่อทำการปรับแก้ drift หรือการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กรวมของโลกตามเวลาที่วัดได้ที่จุดวัดต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา

พล็อตแผนที่ค่าสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่ผิดปกติของพื้นที่ศึกษา โดยค่าสนามแม่เหล็กผิดปกติได้จากการหักลบค่าสนามแม่เหล็กโลกที่ไว้ได้ออกจากค่าสนามแม่เหล็กภูมิหลังของพื้นที่ศึกษา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดตำแหน่งและความลึกของวัตถุผิดปกติทางแม่เหล็กในพื้นที่ศึกษา

3. การสำรวจเรดาร์หยั่งความลึกชั้นดิน (Ground Penetrating Radar; GPR)

ทำการสำรวจเรดาร์หยั่งความลึกชั้นดิน จำนวน 21 แนววัด (แนววัด 0E ถึง แนววัด 20E) ดังแสดงในรูปที่ 4-4 แนววัดแต่ละแนวยาวเท่ากับ 50 เมตร (00N ถึง 50N) โดยมีระยะห่างระหว่างแนววัดเท่ากับ 1 เมตร และระยะห่างระหว่างจุดวัดในแต่ละแนววัดเท่ากับ 0.25 เมตร

การสำรวจเรดาร์หยั่งความลึกชั้นดิน ใช้เครื่องมือ RAMAC/GPR เลือกใช้สายอากาศรับและส่งสัญญาณที่มีความถี่กลางเท่ากับ 200 MHz โดยจัดให้สายอากาศส่งสัญญาณและสายอากาศรับสัญญาณอยู่ห่างกันเท่ากับ 0.6 เมตร

การประมวลผลข้อมูลใช้โปรแกรม Interpex/GRADIX โดยมีขั้นตอนในการประมวลผลดังต่อไปนี้ คือ (1) dewow หรือการกรองสัญญาณรบกวนที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 MHz ออก (2) set time zero ตั้งเวลาเริ่มต้นของสัญญาณให้เป็นศูนย์ (3) static correction หรือ การจัดวาง

4.1.4 ผลการศึกษา

1. ผลการวัดค่าสนามแม่เหล็กรวมของโลก

ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกในหน่วยนาโนเทสลา (nT) ของแหล่งเตาถลุงโลหะโบราณบ้านเขาคินใต้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ แสดงด้วยแผนที่เจดสี ดังรูปที่ 4.5 (ข)

ในบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา หรือ พื้นที่ระหว่าง 10N ถึง 22N ซึ่งมีลักษณะเป็นไหล่ของเนินดินที่มียอดสูงประมาณ 5 เมตร เราจะสังเกตเห็นค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมที่มีค่าต่ำกว่า -400 nT แสดงด้วยแถบสีน้ำเงินที่ตำแหน่ง 03E-15E และ 17N-22N โดยมีความยาวในแนวตะวันออก-ตะวันตกประมาณ 10 เมตร และมีความกว้างในแนวเหนือใต้ประมาณ 5 เมตร และค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมที่มีค่าสูงกว่า 600 nT แสดงด้วยแถบสีแดงที่ตำแหน่ง 00E-15E และ 08N-15N โดยมีความยาวในแนวตะวันออก-ตะวันตกประมาณ 15 เมตร และมีความกว้างในแนวเหนือใต้ประมาณ 5 เมตร ในขณะที่พื้นที่ส่วนอื่นมีค่าผิดปกติในสนามแม่เหล็กรวมของโลก -400 nT ถึง 100 nT และอาจพิจารณาเป็นค่าผิดปกติภูมิหลังของสนามแม่เหล็กรวมของโลกในพื้นที่ศึกษา ค่าผิดปกติในสนามแม่เหล็กรวมของโลกในบริเวณทางด้านใต้ของพื้นที่ศึกษาระหว่าง 8N-22N และ 0E-15E น่าจะมีสาเหตุมาจากวัตถุใต้ผิวดินที่มีสภาพความแม่เหล็กสูงกว่าดินท้องถิ่น ซึ่งอาจจะเป็นบริเวณของเตาถลุงโลหะ หรือบริเวณที่ตะกอนของการถลุงโลหะถูกนำมากองรวมกันไว้

แบบจำลองของวัตถุผิดปกติทางแม่เหล็กของแนววัด มีรูปทรงเป็นแผ่นมวลเพื่อกำหนดตำแหน่งและความลึกของวัตถุผิดปกติทางแม่เหล็กที่เป็นต้นเหตุของค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลก ดังรูปที่ 4.6 (ข) ได้สร้างเป็นรูปแผ่นมวล และคาดหมายว่าวัตถุผิดปกติทางแม่เหล็กเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเตาถลุงโลหะที่ยังคงหลงเหลืออยู่

2. ผลการสำรวจเรดาร์หยังความลึกชั้นดิน

แผนภาพเรดาร์ของแนววัดทั้ง 20 แนว ประกอบด้วยแนววัด 01E ถึง 20E แสดงไว้ในรูปที่ 4-7 รูปที่ 4-8 รูปที่ 4-9 รูปที่ 4-10 และรูปที่ 4-11 พร้อมกับตำแหน่งที่สัญญาณเรดาร์มี

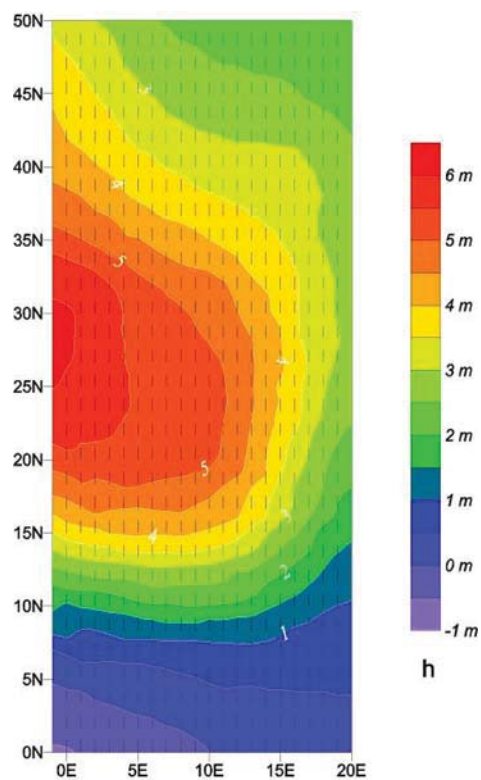
ตำแหน่งที่มีสัญญาณเรดาร์ผิดปกติทั้งหมดในพื้นที่สำรวจแสดงไว้ในรูปที่ 4-12 ตำแหน่งเหล่านี้คาดว่าเป็นตำแหน่งของวัตถุผิดปกติที่ถูกฝังอยู่ใต้ผิวดิน นอกจากนั้นจะสังเกตเห็นว่าในบริเวณตอนใต้ของพื้นที่สำรวจ หรือพื้นที่ระหว่าง 00N ถึง 20N เราตรวจเจอว่าเป็นบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กโลกผิดปกติด้วยเช่นกัน ในขณะที่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่สำรวจ หรือพื้นที่ระหว่าง 20N ถึง 50N เราตรวจพบว่าสนามแม่เหล็กโลกมีค่าปกติในบริเวณดังกล่าว ดังนั้นจึงคาดว่าบริเวณตอนใต้ของพื้นที่สำรวจ มีวัตถุผิดปกติที่ถูกฝังอยู่ใต้ผิวดินมีสมบัติความเป็นแม่เหล็กสูงกว่าดินบริเวณข้างเคียง วัตถุผิดปกติเหล่านี้อาจได้เป็นกองขี้แร่ หรือ ส่วนใดส่วนหนึ่งของเตาหลอมโลหะ ในขณะที่วัตถุผิดปกติใต้ผิวดินในบริเวณตอนเหนือของพื้นที่สำรวจไม่ได้มีสมบัติทางแม่เหล็กแตกต่างจากดินในบริเวณข้างเคียง วัตถุผิดปกติเหล่านี้อาจเป็นตัวเตาหลอมโลหะที่มีสมบัติทางแม่เหล็กใกล้เคียงกับดินในบริเวณข้างเคียง

3. การตรวจสอบผลด้านธรณีฟิสิกส์กับการขุดค้นทางโบราณคดี

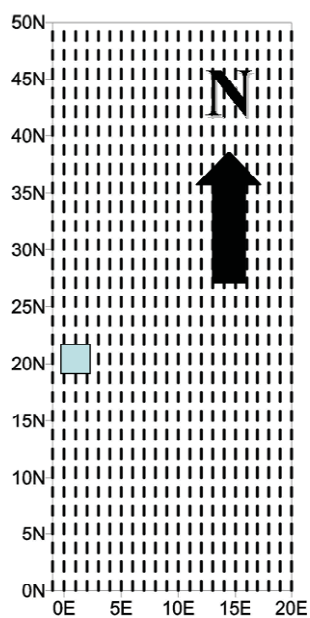
ทีมงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยศิลปากรได้ดำเนินการขุดค้นทางโบราณคดีจำนวน 2 หลุม โดยหลุมแรก หรือ Tested pit 1 ในบริเวณด้านเหนือก่อนไปทางตะวันตกของพื้นที่ศึกษา หรือระหว่างแนววัด 03.5E-05.0E และ 32.5N-34.0N และหลุมขุดค้นที่สอง หรือ Tested pit 2 ในบริเวณด้านใต้ก่อนไปทางด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษา หรือ ระหว่างแนววัด 06.0E-07.5E และ 09.0N-15.0N

3.1 ผลการขุดค้นในหลุมขุดค้นที่หนึ่ง หรือ Tested pit 1 ได้ตรวจพบเตาหลอมโลหะจำนวน 2 เตาที่ระดับความลึกประมาณ 0.4 เมตรจากผิวดิน ซึ่งในบริเวณดังกล่าวนี้ไม่มีสนามแม่เหล็กผิดปกติ แต่สัญญาณเรดาร์ของแนววัด 04E และแนว 05E มีลักษณะผิดปกติ ดังที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ด้วยกรอบสีแดง

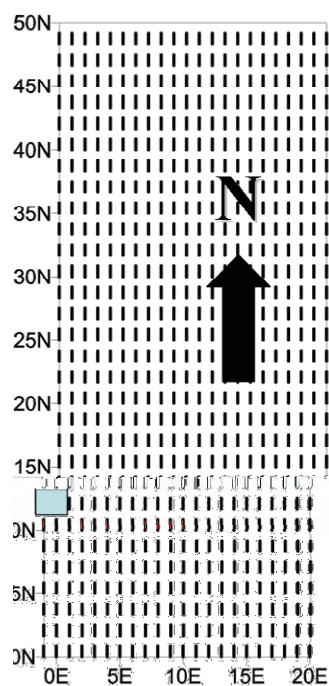
3.2 ผลการขุดค้นในหลุมขุดค้นที่สอง หรือ Tested pit 2 ได้ตรวจพบแผ่นตะกั่วที่ระดับความลึกจากผิวดินประมาณ 1.0 เมตร โดยแผ่นตะกั่วนี้มีความหนาประมาณ 0.5 เมตร ซึ่งในบริเวณดังกล่าวสนามแม่เหล็กรวมของโลกมีค่าผิดปกติ และสัญญาณเรดาร์ของแนววัดที่ 06E และ 08E มีลักษณะผิดปกติ แต่ไม่พบลักษณะผิดปกติของสัญญาณเรดาร์ในแนววัดที่ 07E จึงมั่นใจได้ว่าตะกั่วถูกนำมากองสะสมไว้แบบไม่สม่ำเสมอ แต่ในภาพรวมแล้วมีตะกั่วกระจายครอบคลุมพื้นที่ระหว่างแนววัด 15.0N-25.0N และ 04.0E-14.0E



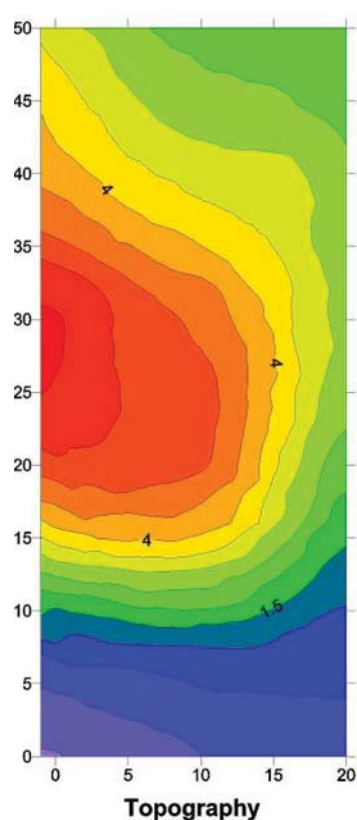
รูปที่ 4-2 แผนที่ความสูงของพื้นที่ศึกษา



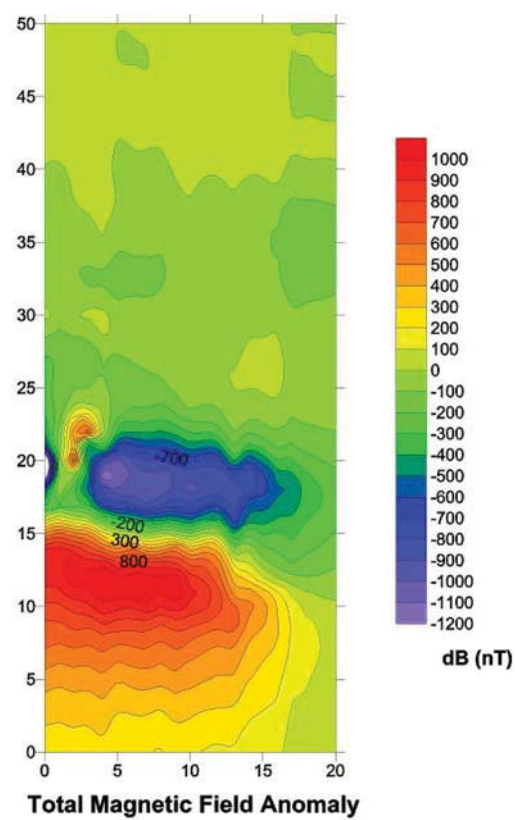
รูปที่ 4-3 การสำรวจสนามแม่เหล็กโลกในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4-4 การสำรวจเรดาร์หยังความลึกของชั้นดินในพื้นที่ศึกษา

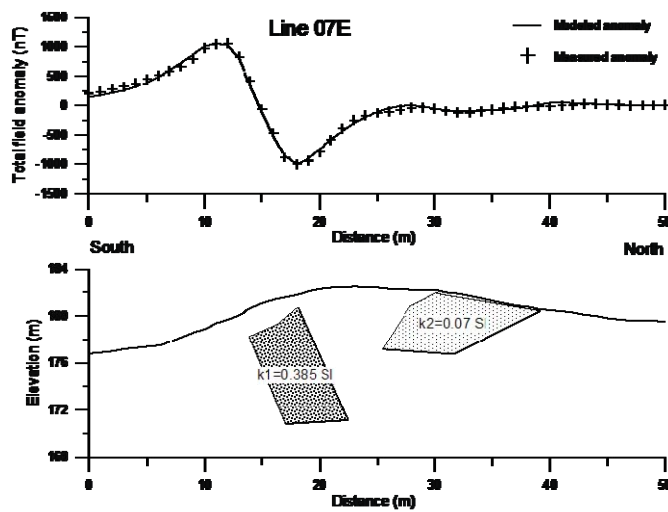


(ก)

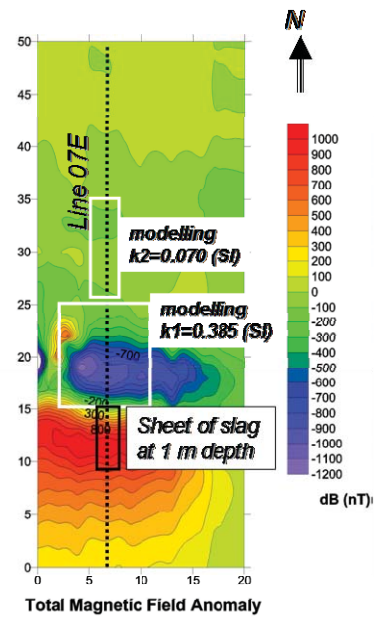


(ข)

รูปที่ 4-5 (ก) แผนที่ระดับความสูง และ (ข) แผนที่ค่าสนามแม่เหล็กผิดปกติของพื้นที่ศึกษา

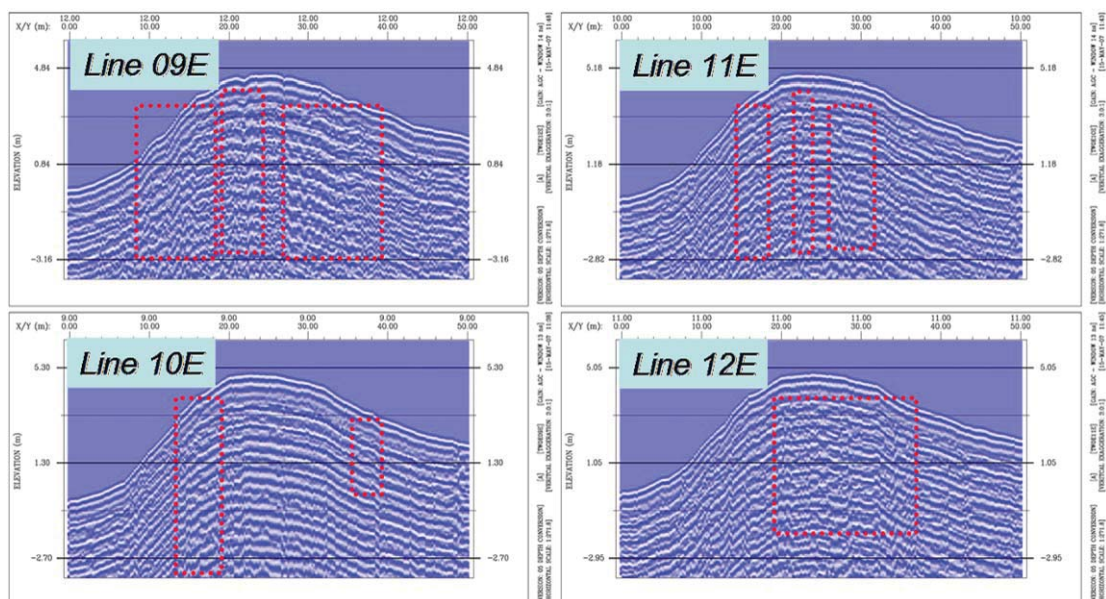


(ก)

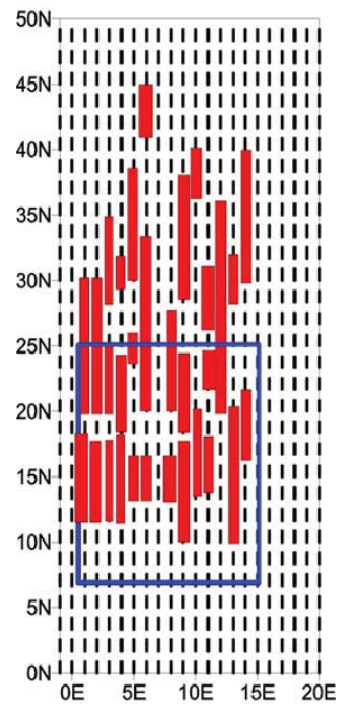


(ข)

รูปที่ 4-6 (ก) ตำแหน่งและรูปทรงของวัตถุฝังกลบทิศทางแม่เหล็ก และค่าฝังกลบทิศทางแม่เหล็ก
ในแนววัด 07E (ข) แผนที่สนามแม่เหล็กฝังกลบคดของพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งของแนววัด 07E

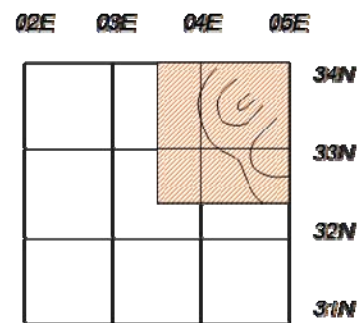
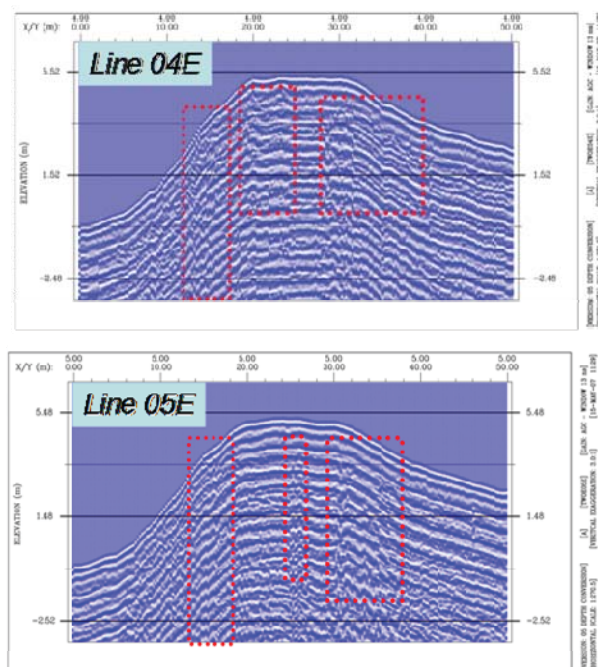


รูปที่ 4-7 แผนภาพเรดาร์ของแนววัดที่ 09E, 10E, 11E และ 12E พร้อมตำแหน่งและความลึกของ
บริเวณที่มีสัญญาณเรดาร์ฝังกลบ (กรอบสี่เหลี่ยมสีแดง) ในบริเวณพื้นที่ศึกษา

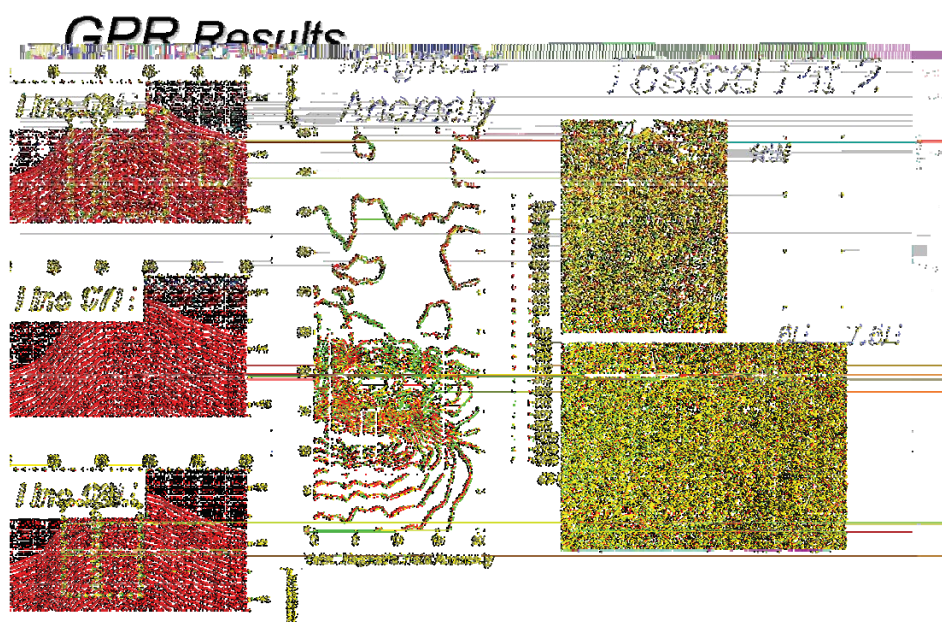


รูปที่ 4-10 ตำแหน่งที่สัญญาณเรดาร์มีลักษณะผิดปกติ (แถบสีแดง)
และบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กผิดปกติ (สีเหลี่ยมสีน้ำเงิน) ในพื้นที่ศึกษา

Tested Pit 1



รูปที่ 4-11 หลุมขุดค้นทางโบราณคดีหลุมที่ 1 (Tested pit 1) เปรียบเทียบกับผลการสำรวจเรดาร์
ในแนววัด 04E และ 05E ในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4-12 หลุมขุดค้นทางโบราณคดีหลุมที่ 2 (Tested pit 2) เปรียบเทียบกับผลการสำรวจเรดาร์
ในแนววัด 06E 07E และ 08E ในพื้นที่ศึกษา

4.2 การศึกษาธรณีฟิสิกส์ของจังหวัดบุรีรัมย์

4.2.1 ความนำ

ตามที่มีการค้นพบเตาถลุงเหล็กโบราณในเขตอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ เช่น แหล่งเตาถลุงเหล็กบ้านเขาคินใต้ จึงเป็นที่ถกเถียงเกี่ยวกับวัตถุโบราณซึ่งใช้สำหรับการถลุงเหล็กในสมัยโบราณ ทั้งนี้โดยเชื่อว่าอุตสาหกรรมถลุงเหล็กในสมัยโบราณมักจะตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งวัตถุดิบ กอปรกับไม่ปรากฏมีแหล่งแร่เหล็กในบริเวณพื้นที่ของจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดใกล้เคียง จะมีเพียงแหล่งศิลาแลง ซึ่งการนำศิลาแลงมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการถลุงเหล็กนั้น ศิลาแลงต้องมีปริมาณของเหล็กที่ค่อนข้างสูง และศิลาแลงจะสัมพันธ์กับแหล่งหินที่มีธาตุเหล็กสูง เช่น หินบะซอลต์ที่มีอยู่แพร่หลายในจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดใกล้เคียง

เหตุที่หินบะซอลต์และศิลาแลงที่มีปริมาณเหล็กสูงมักจะมีค่าสภาพความเป็นแม่เหล็กสูงกว่าหินตะกอนซึ่งเป็นหินท้องที่ในพื้นที่ศึกษา และทำให้สนามแม่เหล็กโลกในบริเวณที่ปกคลุมด้วยหินบะซอลต์หรือศิลาแลงเบี่ยงเบนไปจากค่าสนามแม่เหล็กปกติ เรียกว่า มีสนามแม่เหล็กผิดปกติในพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงประยุกต์ใช้แผนที่สนามแม่เหล็กผิดปกติ (กรมทรัพยากรธรณี, 2531) เพื่อกำหนดบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กผิดปกติของโลกหรือมีค่าต่ำกว่าบริเวณข้างเคียงในบริเวณพื้นที่ของจังหวัดบุรีรัมย์ซึ่งอาจสัมพันธ์กับขอบเขตของหินบะซอลต์ที่เป็นแหล่งธาตุเหล็กให้กับศิลาแลงในพื้นที่ศึกษาหรือขอบเขตของศิลาแลงที่มีปริมาณเหล็กสูง

4.2.2 แหล่งแร่เหล็กในประเทศไทย

แร่เหล็กที่พบมากและนำมาใช้ประโยชน์ภายในประเทศเป็นแร่เหล็กจำพวกออกไซด์ ได้แก่ Hematite (Fe_2O_3) Magnetite (Fe_3O_4) และ Limonite หรือ goethite ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) สำหรับสิลาแลง (Laterite) อาจจะเป็นแหล่งแร่เหล็กได้เพราะในสิลาแลงอาจมีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กสูงถึง 30-40% แต่เนื่องจากในสิลาแลงมีสารปนเปื้อนสูงซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อการถลุง (ที่มา : อภินิษฐ์ สุวรรณสิงห์, 25??)

แร่เหล็กที่พบในประเทศไทยเกิดอยู่ 4 แบบด้วยกัน ดังนี้คือ

- 1) เกิดแบบแทนที่ (replacement deposit) ในหินคาร์บอนेटใกล้เขตการแปรสภาพโดยการแทนที่ (contact metasomatic zone) หินท้องถิ่นที่พบอยู่ในยุคออร์โดวิเชียนหรือเพอร์เมียน และคาร์บอนิเฟอรัส ส่วนหินอัคนีแทรกซอนชนิดกรวดหรือปานกลางมักอยู่ในยุคไทรแอสซิก
- 2) เกิดแบบสายแร่ (vein deposit) ในหินชั้นและหินแปรซึ่งมีอายุในช่วงมหายุคพาเลโอโซ-อิกเป็นส่วนใหญ่
- 3) เกิดเป็นชั้นร่วมกับหินชั้น (stratiform deposit) ตัดผ่านในหินซึ่งคาดว่ามีความอยู่ในยุคพรีแคมเบรียน
- 4) เกิดแบบตกตะกอนทับถมอยู่กับที่ (residual deposit) ในลักษณะสิลาแลง (laterite) โดยเกิดจากการผุพังของหินชนิดต่างๆ ซึ่งมีธาตุเหล็กในปริมาณสูง

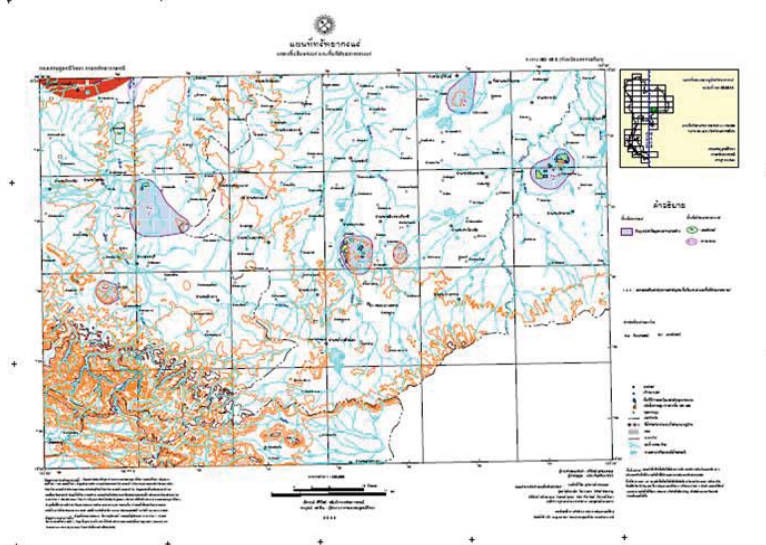
แหล่งแร่เหล็กในประเทศไทยพบที่จังหวัด กระบี่ กาญจนบุรี กำแพงเพชร จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี เชียงใหม่ ตรัง ประจวบคีรีขันธ์ ปราจีนบุรี พัทลุง เพชรบูรณ์ แม่ฮ่องสอน ระนอง ระยอง ลพบุรี ลำปาง นครศรีธรรมราช นครสวรรค์ เลย สระบุรี และสุโขทัย (ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี, 2544) โดยแหล่งใหญ่ในประเทศไทยที่มีปริมาณเกินกว่า 1 ล้านตันมีเพียง 6 แหล่งเท่านั้น ทั้งนี้ไม่นับแหล่งสิลาแลง คือ (1) แหล่งเขาทับควาย จังหวัดลพบุรี (2) แหล่งอิมคริม จังหวัดกาญจนบุรี (3) แหล่งหนองบอน จังหวัดฉะเชิงเทรา (4) แหล่งภูยาง ในเขตอำเภอเชียงคาน และแหล่งภูอ่างในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย (5) แหล่งแม่โก ในเขตอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ และ (6) แหล่งท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช (ที่มา : อภินิษฐ์ สุวรรณสิงห์, 25??)

สำหรับสิลาแลง หินที่เป็นแหล่งกำเนิดสิลาแลงที่ดีมักจะมีส่วนประกอบของเหล็ก และอลูมิเนียมมาก เช่น หินบะซอลต์ หินแกรนิต หินชีสต์ หินดินดาน และหินทรายแดง เป็นต้น เพราะหินเมื่อผุพังจะเป็นต้นกำเนิดของสารละลายแร่เหล็ก ซิลิกา อลูมิเนียม เป็นต้น การผุพังมีทั้งการผุพังอยู่กับที่และผุพังเป็นตะกอนแล้วถูกพัดพาไปสะสมตัว ณ ที่ใดที่หนึ่ง ต่อมาจึงเปลี่ยนสภาพ

หินบะซอลต์ในจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดใกล้เคียงเป็นหินบะซอลต์ที่มีแร่โอลิวีนเป็นแร่ประกอบและจัดอยู่ในกลุ่มหินอัลคาไลน์ หินบะซอลต์มีลักษณะการเกิดจากการไหลของลาวาที่มีความหนืดน้อย หรือเกิดจากการระเบิดที่ไม่รุนแรง โดยทั่วไปของหินภูเขาไฟนี้มีลักษณะผุสลายและบางแห่งกลายเป็นศิลาแลงและดินแดง (ที่มา: <http://www.buriram.go.th/general/resource.html>, 8 มีนาคม 2551)

บริเวณที่พบหินบะซอลต์มีดังนี้

- 1) บริเวณเขากระโดง บริเวณนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 15 ตารางกิโลเมตร ยอดเขาประกอบด้วยเขากระโดงและเขาใหญ่ มีระดับความสูงเทียบกับพื้นที่โดยรอบประมาณ 60 เมตร พื้นที่โดยรอบเนินเขากระโดงนี้จะเป็นเนินธารลาวาซึ่งเป็นพีคหินครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 90 ตารางกิโลเมตร ชั้นลาวานี้มีความหนาเท่ากับ 20 เมตรและแผ่กระจายไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของยอดเขามากกว่าทางทิศทางอื่น
- 2) บริเวณเขาพนมรุ้ง บริเวณนี้เป็นลักษณะของกรวยภูเขาไฟอยู่กลางที่ราบของหินตะกอนชุดโคราช โดยยอดของเขพนมรุ้งสูงจากพื้นที่ข้างเคียงประมาณ 180 เมตร บริเวณเขาพนมรุ้งปกคลุมพื้นที่ 15 ตารางเมตร และธารลาวาไหลไปทางทิศเหนือเป็นส่วนใหญ่
- 3) บริเวณภูพระอังคาร บริเวณนี้มีความสูงจากพื้นที่ข้างเคียงประมาณ 130 เมตร โดยมีธารลาวาไหลปกคลุมพื้นที่ 52 ตารางกิโลเมตร ช่องประตูเป็นแอ่งกว้างถึง 600 เมตร และปล่องของภูพระอังคารนี้อยู่ห่างจากปล่องของเขพนมรุ้งประมาณ 12 กิโลเมตร



รูปที่ 4-13 ตำแหน่งของแหล่งหินบะซอลต์ในจังหวัดบุรีรัมย์
(ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

4.2.3 ธรณีวิทยาของจังหวัดบุรีรัมย์

(ที่มา : Sattayarak, 1985 และ <http://www.buriram.go.th/general/resource.html>, 8 มีนาคม 2551)

พื้นที่ของจังหวัดบุรีรัมย์ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยกลุ่มหินชุดโคราช แผ่กระจายตั้งแต่ตอนใต้สุดตามแนวเทือกเขาพนมดงรัก ซึ่งเป็นหินแข็งตลอดขึ้นไปทางทิศเหนือ และมีลักษณะการเอียงเทของชั้นหินเข้าสู่ใจกลางแอ่งโคราช-อุบล ตั้งแต่บริเวณตอนใต้ของตัวเมืองบุรีรัมย์ ลงไปจนถึงอำเภอนางรอง อำเภอประโคนชัย และอำเภอละหานทราย มีหอยหินอัคนีประเภทหินบะซอลต์ ปรากฏเป็นพืดหินและเป็นเนินเขาไม่สูงนัก เช่น เขากระโดง ภูพระอังคาร เขาพนมรุ้ง และเขาไปรบัด เป็นต้น

ลักษณะการลำดับของชั้นหินในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งเรียงจากหินที่มีอายุมากไปยังหินที่มีอายุน้อยเป็นดังนี้

กลุ่มหินชุดโคราช เป็นกลุ่มหินตะกอนที่มีอายุประมาณยุคไทรแอสซิกถึงยุคครีเทเชียส หรือประมาณ 230 ล้านปีมาแล้ว ซึ่งประกอบด้วยหมวดหินที่พบในพื้นที่จำนวน 5 หมวดหินดังนี้

หมวดหินพระวิหาร (Jpw) ประกอบด้วยหินทรายสีขาว สีชมพู มีชั้นเนียงระดับชัดเจน ชั้นหนา พบหินกรวดมน หรือหินทรายปนกรวดอยู่ส่วนบน ความหนาไม่เกิน 60 เมตร โผล่ให้เห็นตามแนวเขาพนมดงรัก และบริเวณหน้าผา

หมวดหินมหาสารคาม (KTms) ประกอบด้วยหินทรายแป้ง และหินทราย มีชั้นโพแทช ยิปซัมและเกลือหิน หนาเฉลี่ย 200 เมตร หมวดหินนี้มีความหนาประมาณ 600 เมตร เกิดจากการสะสมตัวของแอ่งซึ่งอาจแยกกันเป็น 2 แอ่งคือ แอ่งสกลนครกับแอ่งโคราช อายุของหินมหาสารคามนี้มีอายุประมาณยุคครีเทเชียสตอนปลาย จากหลักฐานสนามแม่เหล็กบรรพกาล และจากไอโซโทป ของแร่มีอายุประมาณ 100 ล้านปี

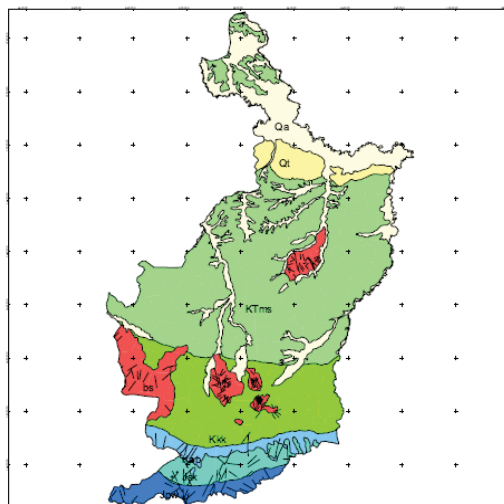
หมวดหินเสาขัว (Jsk) ประกอบด้วยหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดงมีหินโคลนแทรกบ้าง อาจพบชั้นหินปูนบ้าง และมีซากหอยแทรกอยู่บ้าง พบในบริเวณหุบเขาของเทือกเขาพนมดงรัก

หมวดหินภูพาน (Kpp) มีหินกรวดมนและหินทรายปนกรวด เป็นลักษณะเด่น สีขาวถึงเทาอ่อน มีเศษกรวดสีเข้มปะปนบ้าง สีน้ำตาลอ่อนอมเหลืองบ้าง พบในบริเวณที่เป็นเทือกเขาซึ่งอยู่ถัดจากบริเวณหุบเขาในเทือกเขาพนมดงรัก

หมวดหินโคลกรวด (Kkk) ประกอบด้วยหินทรายสีน้ำตาลแดงเป็นส่วนใหญ่มีหินทรายแป้ง หินโคลนและหินกรวดปนเม็ดปูนแทรกอยู่บ้าง อาจพบชั้นยิปซัมแทรกอยู่ด้วย พบในบริเวณถัดจากแนวเขาพนมดงรักออกไปทางตอนเหนือคลุมพื้นที่ถึงตัวเมืองบุรีรัมย์ มีความกว้างในแนวเหนือ-ใต้ประมาณ 30 กิโลเมตร

หินอัคนี หินอัคนีส่วนใหญ่เป็นหินบะซอลต์ที่มีแร่โอลิวีนเป็นแร่ประกอบหลัก และจัดอยู่ในกลุ่มหินอัลคาไลน์บะซอลต์ ซึ่งเกิดจากการไหลของลาวาที่มีความหนืดน้อย ซึ่งเกิดจากการระเบิดที่ไม่รุนแรง หินบะซอลต์มีอายุประมาณ 7-9 แสนปี พบที่บริเวณเขากระโดง บริเวณเขาพนมรุ้ง และบริเวณภูพระอังคาร

ตะกอนลำน้ำ (Qa) พบในบริเวณพื้นที่ลุ่มและเนินติดกับที่ลุ่มเป็นส่วนใหญ่ พบตะกอนที่น้ำพัดพามาทับถม เช่น ทราย กรวด มีอายุอยู่ในยุคควอเทอร์นารี ถึงปัจจุบัน บริเวณที่พบมากได้แก่พื้นที่ตอนเหนือของจังหวัดบุรีรัมย์ บริเวณใกล้ลำน้ำมูลและลำน้ำสาขาต่างๆ ในเขตอำเภอคูเมือง อำเภอพุทไธสง และอำเภอสตึก เป็นต้น



คำอธิบายหน่วยหิน

- Jpw : หินทรายเนื้อควอร์ตซ์ ชั้นหนาสีขาว ชมพูและเทา หินทรายแป้ง หินโคลน; ยุคจูแรสซิก-ครีเทเชียส
- Jsk : หินทรายแป้ง หินทราย หินดินดาน สีน้ำตาลแดง ม่วงแดง มีเนื้อปูนปน; ยุคจูแรสซิก-ครีเทเชียส
- Ktms : หินทรายแป้ง หินเคลย์ สีน้ำตาลแดง มีชั้นเกลือหิน แร่โปแตส ยิปซัมและแอนไฮไดรต์แทรก; ยุคครีเทเชียส-เทอร์เชียรี
- Kkk : หินทรายแป้ง หินทราย สีน้ำตาลแดง เนื้อปูนปน หินเคลย์และหินกรวดมน; ยุคครีเทเชียส
- Kpp : หินทราย สีเทาขาว ชั้นหนา หินทรายแป้ง หินกรวดมนขนาดเล็ก ประกอบด้วยเม็ดกรวดหลายขนาด; ยุคครีเทเชียส
- Qa : ตะกอนที่ราบสะสมตัวโดยทางน้ำ ตะกอนกรวด ทราย ดินสะสมตามร่องน้ำและที่ราบน้ำท่วมถึง; ยุคควอเทอร์นารี
- Qt : ตะกอนตะกัก กรวด ทรายแป้ง ดินเคลย์และดินแดง; ยุคควอเทอร์นารี
- bs : หินบะซอลต์ สีเทาดำ เนื้อแน่น แข็ง หินโอสิวิเนบะซอลต์; ยุคควอเทอร์นารี

รูปที่ 4-14 แผนที่หน่วยหินของจังหวัดบุรีรัมย์
(ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

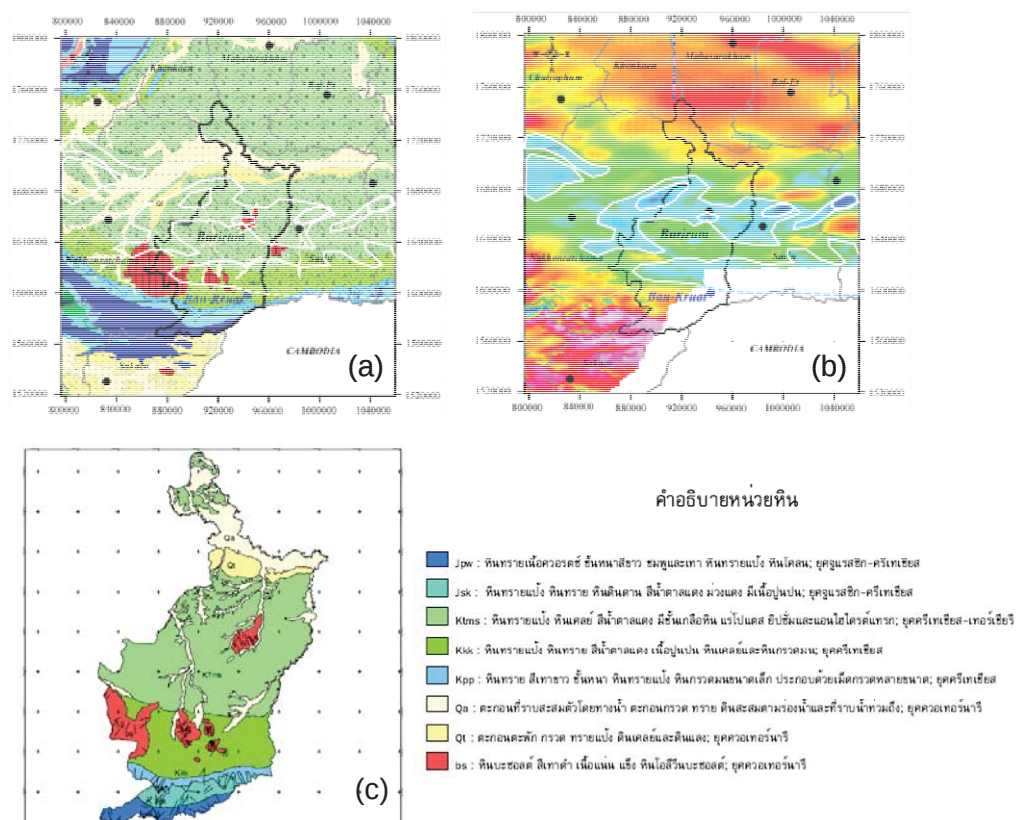
4.2.4 ธรณีฟิสิกส์ของจังหวัดบุรีรัมย์

แผนที่เจดสีของสนามแม่เหล็กผิดปกติของจังหวัดบุรีรัมย์แสดงไว้ดังรูปที่ 4-15b (ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี, 2551) ซึ่งจะสังเกตว่าค่าสนามแม่เหล็กผิดปกติมีค่าสูง หรือ -39 ถึง 144 nT (เจดสีถึงเจดสีม่วง) ในบริเวณพื้นที่ตอนเหนือและพื้นที่ตอนใต้ของจังหวัดบุรีรัมย์ และสนามแม่เหล็กผิดปกติมีค่าต่ำ หรือ -255 ถึง -39 nT (เจดสีเขียวถึงเจดสีน้ำเงิน) ในบริเวณพื้นที่ตอนกลางของจังหวัดบุรีรัมย์

ในพื้นที่ตอนเหนือของจังหวัดบุรีรัมย์ ค่าสนามแม่เหล็กผิดปกติที่มีค่าสูงซึ่งปรากฏอยู่ในพื้นที่ซึ่งปกคลุมด้วยหมวดหินมหาสารคาม(KTms) ซึ่งเป็นหินตะกอนยุคครีเทเชียส-เทอร์เชียรี และ

หว่า คำ

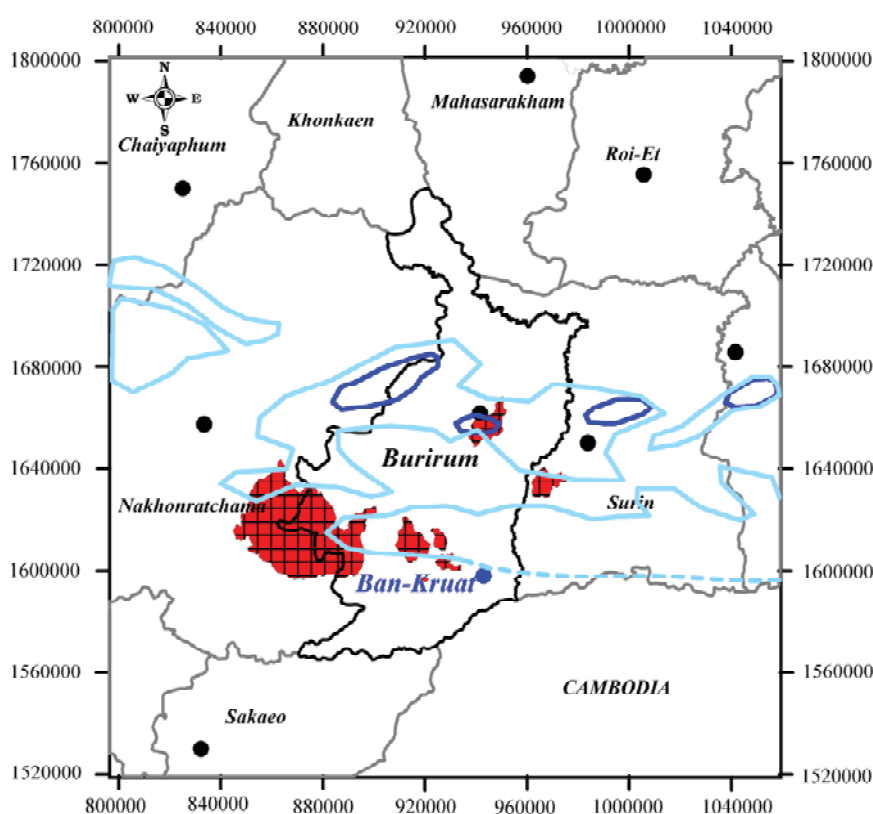
พื้นที่ซึ่งปกคลุมด้วยหมวดหินภูพาน (Kpp) หมวดหินเสาขัว (Jsk) และ หมวดหินพระวิหาร (Jpw)



รูปที่ 4-15 (a) แผนที่ธรณีวิทยาของจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดใกล้เคียงและขอบเขตของบริเวณที่สนามแม่เหล็กผิดปกติมีค่าต่ำซึ่งแทนด้วยวงปิดสีขาว (b) แผนที่สนามแม่เหล็กผิดปกติของพื้นที่ศึกษา (c) แผนที่ธรณีวิทยาของจังหวัดบุรีรัมย์ (ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี, 2531, 2551)

สำหรับในพื้นที่ตอนกลางของจังหวัดบุรีรัมย์ สนามแม่เหล็กผิดปกติที่มีค่าต่ำ หรือระหว่าง -39 nT ซึ่งแสดงด้วยเฉดเขียวถึงเฉดสีน้ำเงิน (รูปที่ 4-15a และ 4-15b) ปรากฏอยู่เหนือพื้นที่ซึ่งปกคลุมด้วยหมวดหินมหาสารคาม (KTms) และตะกอนควอเตอร์นารี (Qa และ Qt) และค่าสนามแม่เหล็กผิดปกติซึ่งมีค่าต่ำนี้ยังต่อขยายไปยังพื้นที่ของจังหวัดสุรินทร์ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันออกและพื้นที่ของจังหวัดนครราชสีมาซึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกของจังหวัดบุรีรัมย์ นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นว่าสนามแม่เหล็กผิดปกติที่มีค่าอยู่ระหว่าง -126 ถึง -184 nT (เฉดสีฟ้า) ปรากฏอยู่พื้นที่ซึ่งปกคลุมด้วยหมวดหินภูพาน (Kpp)

เป็นที่สังเกตว่าในบริเวณพื้นที่ซึ่งปกคลุมด้วยหินบะซอลต์ (bs) เช่น ที่เขากระโดง และเขาพนมรุ้ง สนามแม่เหล็กผิดปกติจะมีค่าต่ำกว่า -136 nT และมีแนวโน้มว่าจะเป็นเช่นนั้นที่ภูพระอังคารด้วยแต่ไม่ชัดเจน (รูปที่ 4-16) อย่างไรก็ตามเราอาจสรุปได้ว่าพื้นที่ซึ่งมีค่าสนามแม่เหล็กผิดปกติต่ำกว่า -136 nT สัมพันธ์กับหินบะซอลต์ (bs) หรือหินที่มีค่าสภาพความเป็นแม่เหล็กสูง เช่น ศิลาแลง โดยปกติสภาพความเป็นแม่เหล็กของหินบะซอลต์จะมีพิสัย 0.0002 ถึง 0.175 (SI) และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.07 (SI) ในขณะที่สภาพความเป็นแม่เหล็กของหินตะกอนหรือดินตะกอนจะมีพิสัย 0 ถึง 0.018 (SI) และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0009 (SI) (Telford et al., 1990) ดังนั้นขอบเขตของหินบะซอลต์หรือหินอื่นที่มีค่าสภาพความเป็นแม่เหล็กสูง เช่น ศิลาแลง สามารถกำหนดได้ด้วยพื้นที่ซึ่งมีค่าสนามแม่เหล็กผิดปกติ ต่ำกว่า -136 nT เช่น เส้นวงปิดสีน้ำเงินในรูปที่ 4-16 เป็นต้น



รูปที่ 4-16 แสดงขอบเขตของบริเวณสนามแม่เหล็กผิดปกติ (วงปิดสีฟ้าและสีน้ำเงิน) และตำแหน่งของหินบะซอลต์

4.2.5 สรุป

การศึกษาด้านธรณีฟิสิกส์ครั้งนี้สามารถกำหนดบริเวณของสนามแม่เหล็กผิดปกติในพื้นที่ศึกษาที่สัมพันธ์กับหินบะซอลต์หรือหินอื่นที่มีค่าสภาพความเป็นแม่เหล็กสูง เช่น ศิลาแลงที่มีปริมาณของเหล็กสูง ผลการศึกษานี้ควรได้รับการตรวจสอบยืนยันในสนามต่อไป

บทที่ 5

การพัฒนาสารสนเทศและสารคดีเพื่อการศึกษา

5.1 บทนำ

ในขั้นตอนการสำรวจและการศึกษาในโครงการวิจัยค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของ ราชมรรคาสมัชชาพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 (Living Angkor Road Project) ในระยะที่ 1 นั้นได้มีการเก็บ บันทึกภาพการสำรวจในรูปแบบของวิดีโอและภาพนิ่ง อันเป็นผลให้โครงการวิจัยในระยะที่ 2 นี้ได้ มีการพัฒนาฐานข้อมูลในระบบมัลติมีเดีย เพื่อให้บริการข้อมูลทางการสำรวจแก่ประชาชนผู้ที่สนใจ โครงการฯ ในลักษณะของ Video Streaming บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

5.2 ความรู้เบื้องต้น

5.2.1 Video Streaming¹

เป็นการให้บริการข้อมูลในระบบ Digital Video ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้ บริการสามารถรองรับการใช้งานของผู้ใช้งานจำนวนมากเมื่อเทียบกับระบบ Video Conference ตามปกติ และมีการลงทุนน้อยกว่า นอกจากนี้ยังมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน สามารถให้บริการได้ ทุกที่มีระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต รวมทั้งอุปกรณ์เคลื่อนที่ทั้งหลาย เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็น ต้น โดยที่ระบบ Video Streaming สามารถที่จะปรับขนาดของการส่งข้อมูลให้เหมาะสมกับ ความเร็วอินเทอร์เน็ตของผู้ใช้

5.2.1.1 ประเภทการให้บริการวิดีโอผ่านอินเทอร์เน็ต

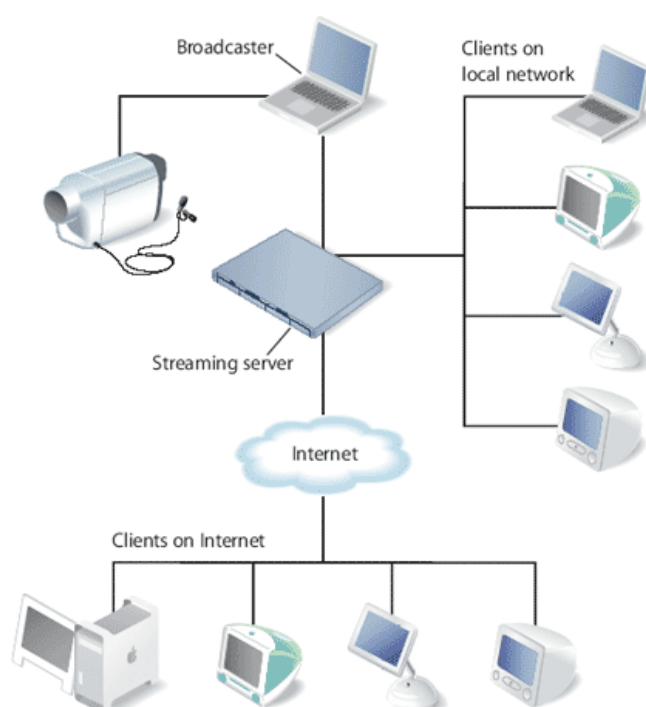
- แบบ Download ในกรณีที่ Web Server ไม่มี Streaming Server ให้บริการ เมื่อผู้ใช้คลิกหน้าเว็บเพื่อดูวิดีโอ Server จะส่งไฟล์วิดีโอทั้งไฟล์ไปให้กับผู้ใช้ ผู้ใช้ต้องรอ จนการ download ข้อมูลสมบูรณ์จึงจะดูได้ วิธีนี้จะมีการเก็บแฟ้มวิดีโอไว้ในเครื่องผู้ใช้ และไม่สามารถดูการถ่ายทอดสดได้

¹ Video Streaming. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :

http://r-radio.vec.go.th/htx/rtemplate/doc_news/video_stream.doc

(วันที่ค้นข้อมูล : 10 พฤษภาคม 2550)

● แบบ Video Streaming เป็นแบบที่ Web Server มี Streaming Server การให้บริการแบบนี้ เมื่อผู้ใช้น้ำเว็บแสดงความจำนงค์ที่จะดูวิดีโอ Video Streaming Server ก็จะส่งข้อมูลที่แบ่งออกเป็นชิ้นเล็กๆ พอเหมาะกับความเร็วของอินเทอร์เน็ตของผู้ใช้ไปให้กับผู้ใช้ และเมื่อส่งไปจนเต็ม buffer ของผู้ใช้แล้วก็จะแสดงผลวิดีโอในหน้าจอผู้ใช้ ปกติแล้ว Buffer เป็นการใช้หน่วยความจำขนาดเล็กในการเก็บชิ้นส่วนข้อมูลวิดีโอเพื่อการแสดงผล โดยในขณะที่ผู้ใช้ดูวิดีโออยู่ server ก็จะทยอยส่งข้อมูลให้ไปเรื่อยๆ จนจบ เนื่องจาก buffer มีขนาดเล็ก ดังนั้นวิดีโอที่ server ส่งไปแทบจะแสดงผลทันทีที่ผู้ใช้ขอลู และวิธีนี้จะไม่มีการบันทึกข้อมูลในเครื่องผู้ใช้จึงมีความปลอดภัยมากกว่า



รูปที่ 5-1 ภาพแสดงการทำงานของ Video Streaming Network

ที่มา : http://r-radio.vec.go.th/htx/rtemplate/doc_news/video_stream.doc

5.2.2 Red5

เป็น Open source Flash Server (OSFlash) ซึ่งทำหน้าที่ในการกระจายสัญญาณต่างๆ ทางด้านวิดีโอ เสียง หรือข้อมูล โดยสามารถนำมาพัฒนางานทางด้าน

- Streaming Audio/Video (FLV and MP3)
- Recording Client Streams (FLV only)
- Shared Object

- Live Stream Publishing
- Remoting (AMF)

5.2.3 Flash Video (FLV)

FLV เป็นรูปแบบหนึ่งของไฟล์ Flash ซึ่งใช้สำหรับการทำ Streaming บนเว็บ เพื่อให้การส่งข้อมูลวิดีโอบนระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งในโครงการนี้จะใช้ JW Player (สามารถดาวน์โหลดได้ที่ <http://www.jeroenwijering.com>) ในการเล่นไฟล์วิดีโอ

ข้อดีของไฟล์วิดีโอในรูปแบบของ Flash คือ สามารถนำมาใช้ร่วมกับ Component ของ Flash รวมทั้งไฟล์ที่ถูกบีบอัดแล้วจะมีขนาดเล็กและยังคงรักษารายละเอียดของไฟล์ต้นฉบับได้เป็นอย่างดี

5.3 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงานเกี่ยวกับการพัฒนาสารสนเทศและสารคดีเพื่อการศึกษา นั้น จะแบ่งหัวข้อในการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนคือ

- การนำเสนอสารคดีเพื่อการศึกษาผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- การนำเสนอข้อมูลผ่านทาง e-Learning
- การนำเสนอสารคดีตอนสั้น

5.3.1 การนำเสนอสารคดีเพื่อการศึกษาผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การนำเสนอสารคดีเพื่อการศึกษาผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยการทำ Video streaming นั้นจะแบ่งการทำงานออกเป็น การตัดต่อวิดีโอ และการนำเสนอสารคดีผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

- การตัดต่อวิดีโอ
 - นำวิดีโอการสำรวจทั้งหมดมาจัดแยกออกเป็นหมวดหมู่
 - นำวิดีโอการสำรวจมาจัดเก็บในรูปแบบของไฟล์ดิจิทัล โดยการนำม้วนวิดีโอที่ได้จากการสำรวจมาทำการ capture ในโปรแกรม Adobe Premiere ซึ่งจะได้ไฟล์วิดีโอที่มีนามสกุล wav
 - นำไฟล์วิดีโอที่ได้มาตัดแบ่งตามหัวข้อการสำรวจ โดยการใช้โปรแกรม Adobe Premiere

- นำไฟล์วิดีโอที่แบ่งตามหัวข้อการสำรวจมาจัดการแปลงเป็นไฟล์ flash video ต่อไป
- การแปลงไฟล์ในรูปแบบของ Flash Video
 - เมื่อได้ไฟล์วิดีโอที่ต้องการแล้ว หลังจากนั้นนำไฟล์วิดีโอที่ได้มาแปลงให้อยู่ในรูปแบบของ Flash Video (FLV) เพื่อใช้ในสำหรับการทำ Video Streaming บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้โปรแกรม Cucusoft Ultimate DVD + Video Converter Suite เพื่อแปลงจากไฟล์ในรูปแบบของ wav ไปเป็น flash
 - ข้อดีของการแปลงเป็น Flash Video ก็คือ ขนาดของไฟล์มีขนาดเล็ก และยังคงรักษารายละเอียดของไฟล์ต้นฉบับได้เป็นอย่างดี
- การนำเสนอคดีผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
 - รายละเอียดซอฟต์แวร์
 - Web Server
 - Apache Web Server เวอร์ชัน 2.0.59
 - PHP Script Language เวอร์ชัน 4.4.7
 - MySQL Database เวอร์ชัน 5.0.45
 - phpMyAdmin Database Manager เวอร์ชัน 2.10.2
 - Streaming Media Server
 - JDK เวอร์ชัน 1.6 อัปเดต 6
 - Red5 เวอร์ชัน 0.6.2 (Streaming Media Server)
 - JW Player
 - ในงานวิจัยนี้จะใช้ RED5 เป็น Streaming Media Server เนื่องจากเป็นโปรแกรมประเภท Open Source Flash Server (OSFlash) ขั้นตอนแรกให้ติดตั้งโปรแกรม JDK ก่อนเมื่อเสร็จแล้วติดตั้ง RED5 สามารถดาวน์โหลดโปรแกรมได้ที่ <http://www.osflash.org/red5>
 - นำไฟล์วิดีโอที่ในรูปแบบของ flash video มาใส่ไว้ในโฟลเดอร์ Red5\ webapps\oflaDemo\streams

- ในการแสดงภาพวิดีโอบนหน้าเว็บเพจให้ใส่ script ดังนี้

```
<div id="container"><a href="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer">Get the
Flash Player</a> to see this player.</div>

<script type="text/javascript" src="swfobject.js"></script>
<script type="text/javascript">
var s1 = new SWFObject("mediaplayer.swf","mediaplayer","350","300","8");
s1.addParam("allowfullscreen","true");
s1.addVariable("width","350");
s1.addVariable("height","300");
s1.addVariable("file","rtmp://localhost/oflaDemo/larp_video/<?=$_REQUEST[videotyp
e_id];?>/&id=<?=$_REQUEST[video_id];?>.flv");
s1.write("container");
</script>
```

จากข้อมูล Video Streaming ข้างต้น ในโครงการวิจัยนี้จะใช้การแสดงผลระบบ Video Streaming Server ให้บริการในลักษณะของ Video on Demand ซึ่งผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องบันทึกข้อมูลลงในเครื่อง โดยใน Web Server จะมีการบันทึกไฟล์วิดีโอ (สารคดี) การสำรวจไว้บนเครื่อง Server และให้ผู้ใช้เลือกชมวิดีโอ (สารคดี) การสำรวจที่ต้องการผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งสามารถออกแบบระบบฐานข้อมูลในการทำวิจัย ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5-1 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลภาษาที่ใช้แสดง (Language)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
lang_id	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
lang_name	varchar	255	ชื่อภาษาที่แสดง

ตารางที่ 5-2 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลประเทศ (Country)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
country_id	char	2	รหัสประเทศ
lang_id	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
country_name	varchar	255	ชื่อประเทศ

ตารางที่ 5-3 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลจังหวัด (Province)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
<u>country_id</u>	char	2	รหัสประเทศ
<u>lang_id</u>	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
<u>province_id</u>	char	2	รหัสจังหวัด
province_name	varchar	255	ชื่อจังหวัด

ตารางที่ 5-4 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลอำเภอ (District)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
<u>country_id</u>	char	2	รหัสประเทศ
<u>lang_id</u>	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
<u>province_id</u>	char	2	รหัสจังหวัด
<u>district_id</u>	char	2	รหัสอำเภอ
district_name	varchar	255	ชื่ออำเภอ

ตารางที่ 5-5 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลตำบล (Commune)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
<u>country_id</u>	char	2	รหัสประเทศ
<u>lang_id</u>	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
<u>province_id</u>	char	2	รหัสจังหวัด
<u>district_id</u>	char	2	รหัสอำเภอ
<u>commune_id</u>	char	2	รหัสตำบล
commune_name	varchar	255	ชื่อตำบล

ตารางที่ 5-6 ตารางแสดงประเภทของข้อมูลวัฒนธรรม (CultureType)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
<u>culturetype_id</u>	char	2	รหัสประเภทของข้อมูลวัฒนธรรม
<u>lang_id</u>	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
culturetype_name	varchar	255	ชื่อประเภทของข้อมูลวัฒนธรรม ภาษาอังกฤษ

ตารางที่ 5-7 ตารางแสดงข้อมูลทางวัฒนธรรม (Culture)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
<u>country_id</u>	char	2	รหัสประเทศ
<u>lang_id</u>	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
<u>province_id</u>	char	2	รหัสจังหวัด
<u>culture_type</u>	char	2	รหัสประเภทข้อมูลวัฒนธรรม
<u>culture_id</u>	char	2	รหัสข้อมูลวัฒนธรรม
culture_name	varchar	255	ชื่อข้อมูลวัฒนธรรม
culture_detail	text		รายละเอียดข้อมูลวัฒนธรรม
culture_ref	varchar	255	อ้างอิง

ตารางที่ 5-8 ตารางแสดงข้อมูลภาพ (Filelist)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
<u>country_id</u>	char	2	รหัสประเทศ
<u>lang_id</u>	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
<u>province_id</u>	char	2	รหัสจังหวัด
<u>culture_type</u>	char	2	รหัสประเภทข้อมูลวัฒนธรรม
<u>culture_id</u>	char	3	รหัสข้อมูลวัฒนธรรม
<u>file_id</u>	char	2	รหัสรูปภาพ
file_filename	varchar	255	ชื่อไฟล์
file_detail	text		คำอธิบายไฟล์

ตารางที่ 5-9 ตารางแสดงฐานข้อมูลวัฒนธรรมของประเทศกัมพูชา (cCulture)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
<u>country_id</u>	char	2	รหัสประเทศ
<u>lang_id</u>	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
<u>culture_type</u>	char	2	รหัสประเภทข้อมูลวัฒนธรรม
<u>culture_id</u>	char	3	รหัสข้อมูลวัฒนธรรม
culture_name	varchar	255	ชื่อข้อมูลวัฒนธรรม
culture_detail	text		รายละเอียดข้อมูลวัฒนธรรม

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
culture_ref	varchar	255	อ้างอิง

ตารางที่ 5-10 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลหมู่บ้าน (Village)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
<u>country_id</u>	char	2	รหัสประเทศ
<u>lang_id</u>	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
<u>province_id</u>	char	2	รหัสจังหวัด
<u>district_id</u>	char	2	รหัสอำเภอ
<u>commune_id</u>	char	2	รหัสตำบล
<u>village_id</u>	char	2	รหัสหมู่บ้าน
village_name	varchar	255	ชื่อหมู่บ้าน

ตารางที่ 5-11 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลหัวข้อข้อมูลการสำรวจ (Villagetype)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
vtype_id	char	2	รหัสหัวข้อในการสำรวจ
<u>lang_id</u>	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
vtype_name	varchar	150	ชื่อหัวข้อในการสำรวจ

ตารางที่ 5-12 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลการสำรวจหมู่บ้าน (Village_survey)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
<u>country_id</u>	char	2	รหัสประเทศ
<u>lang_id</u>	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
<u>province_id</u>	char	2	รหัสจังหวัด
<u>district_id</u>	char	2	รหัสอำเภอ
<u>commune_id</u>	char	2	รหัสตำบล
<u>village_id</u>	char	2	รหัสหมู่บ้าน
vtype_id	char	2	รหัสหัวข้อในการสำรวจ
village_name	varchar	255	ชื่อหมู่บ้าน

ตารางที่ 5-13 ตารางแสดงรายละเอียดฐานข้อมูลรูปภาพจากการสำรวจ (Village_gallery)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
country_id	char	2	รหัสประเทศ
province_id	char	2	รหัสจังหวัด
district_id	char	2	รหัสอำเภอ
commune_id	char	2	รหัสตำบล
village_id	char	2	รหัสหมู่บ้าน
culture_id	char	3	รหัสข้อมูลวัฒนธรรม
file_id	char	2	รหัสหัวข้อในการสำรวจ
filename_name	varchar	255	ชื่อไฟล์รูปภาพ

ตารางที่ 5-14 ตารางแสดงฐานข้อมูลจากการสถานที่จากการสำรวจของหมู่บ้าน (vCulture)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
country_id	char	2	รหัสประเทศ
lang_id	char	2	รหัสภาษาที่แสดง
province_id	char	2	รหัสจังหวัด
district_id	char	2	รหัสอำเภอ
commune_id	char	2	รหัสตำบล
village_id	char	2	รหัสหมู่บ้าน
culture_id	char	3	รหัสข้อมูลวัฒนธรรม
culture_name	varchar	255	ชื่อข้อมูลวัฒนธรรม
culture_type	char	50	ชนิดของข้อมูล
culture_detail	text		รายละเอียดข้อมูลวัฒนธรรม

ตารางที่ 5-15 ตารางแสดงฐานข้อมูลหมวดหมู่ในการจำแนกวิดีโอ (video_type)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
videotype_id	char	3	รหัสหมวดหมู่ของวิดีโอ
videotype_name	varchar	255	ชื่อหมวดหมู่ของวิดีโอ

ตารางที่ 5-16 ตารางแสดงฐานข้อมูลการจัดเก็บไฟล์วิดีโอ (video)

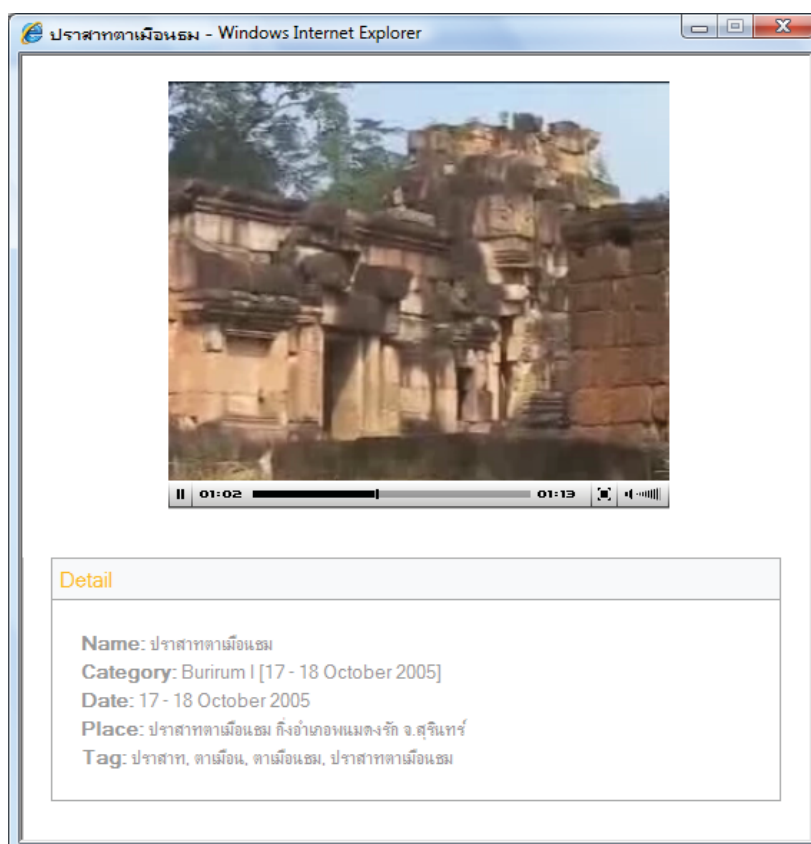
ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	คำอธิบาย
<u>videotype_id</u>	char	3	รหัสหมวดหมู่ของวิดีโอ
<u>video_id</u>	char	2	รหัสวิดีโอ
video_name	varchar	255	รหัสภาษาที่แสดง
video_date	varchar	50	รหัสจังหวัด
video_file	varchar	50	รหัสอำเภอ
video_place	varchar	255	รหัสตำบล
video_tag	varchar	255	รหัสหมู่บ้าน



รูปที่ 5-2 หน้าเว็บเพจแสดงรายชื่อวิดีโอ



รูปที่ 5-3 ภาพเว็บเพจเมื่อเลือกหัวข้อ “Burirum I [17-18 October 2005]”

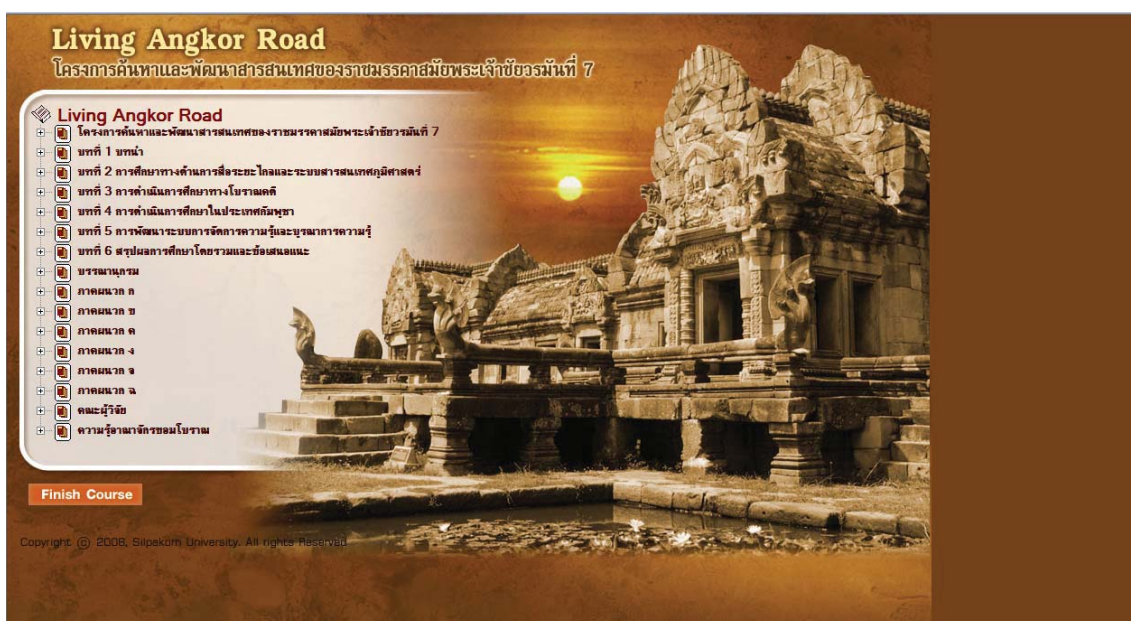


รูปที่ 5-4 ภาพแสดงวิดีโอบนหน้าเว็บเพจ

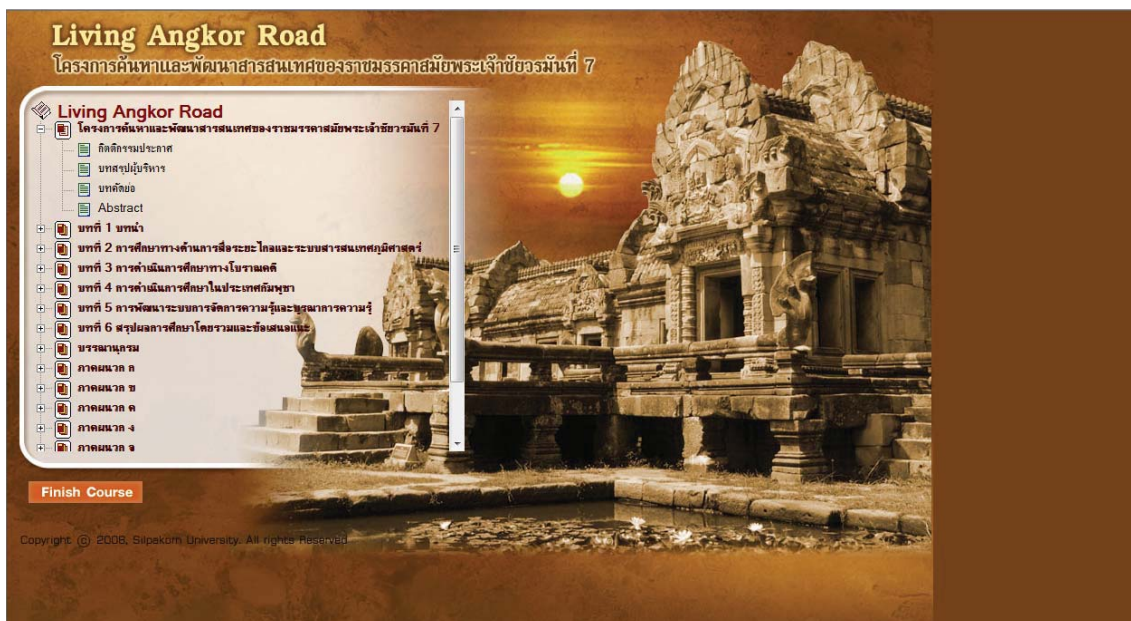
5.3.2 การนำเสนอข้อมูลผ่านทาง e-Learning

ในส่วนนี้เป็นการนำเอารายงานการวิจัย “โครงการวิจัยค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของราช-มรรคาสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 (Living Angkor Road Project) ระยะที่ 1” มาจัดทำใหม่ในลักษณะของสื่อการเรียนรู้ หรือที่เรียกว่า e-Learning เพื่อเผยแพร่งานวิจัยให้ประชาชนทั่วไปหรือบุคคลที่สนใจได้เข้าใจถึงเนื้อหาของเอกสาร การทำ e-Learning มีขั้นตอนการทำ ดังนี้

- การเก็บข้อมูล ข้อมูลที่นำมาใช้ได้มาจาก “เอกสารรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัยฯ” และข้อมูล “ความรู้อาณาจักรขอมโบราณ” ประกอบกับรูปถ่ายทางวัฒนธรรมและทางโบราณคดี
- นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อสร้าง Story Board ประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้
 - ลักษณะรูปแบบการนำเสนอ
 - หัวข้อที่ใช้ในการนำเสนอ
 - การเชื่อมโยงไปยังข้อมูล รูปภาพ หรือเว็บไซต์
- สร้าง Template ของ Background
- นำข้อมูลจากเอกสารมาจัดวางตาม story board
- ทดสอบการใช้งาน



รูปที่ 5-5 แสดงระบบ e-Learning ของโครงการฯ ระยะที่ 1



รูปที่ 5-6 แสดงระบบ e-Learning ของโครงการฯ ระยะที่ 1 (ต่อ)



รูปที่ 5-7 แสดงระบบ e-Learning ของโครงการฯ ระยะที่ 1 ในส่วนของบทคัดย่อ

5.3.3 การนำเสนอสารคดีตอนสั้น

จุดประสงค์ในการทำสารคดีตอนสั้น เพื่อเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัยของโครงการฯ ต่อประชาชนและบุคคลที่สนใจได้เข้าใจถึงความเป็นมา เนื้อหา การเชื่อมโยงกันของแต่ละสถานที่ การนำความรู้ในหลายๆแขนงมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยผ่านทางวิดีโอสารคดี โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

- จัดทำบทสารคดีที่มีเนื้อหาครอบคลุมงานวิจัย
- นำบทสารคดีที่ได้มาจัดแบ่งเป็นหมวดย่อยเพื่อใช้ในการทำ story board
- วางแผนและจัดหาภาพวิดีโอการสำรวจทั้งภาพเคลื่อนไหว ภาพถ่ายและดนตรีที่สอดคล้องกับ เนื้อหาใน story board
- จัดการลำดับภาพ, ตัดต่อภาพและบันทึกเสียงตามเนื้อหาใน story board
- นำสารคดีที่ได้มาตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนนำเสนอผ่านเครือข่าย Internet

5.4 ผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินการงาน ทำให้ได้ระบบพัฒนาฐานข้อมูลวัฒนธรรมซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

5.4.1 ฐานข้อมูลวัฒนธรรมในส่วนของ Video Streaming บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- วิดีโอการออกสำรวจภาคสนาม การขุดค้นทางโบราณคดี และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์
- วิดีโอการบรรยายในส่วนของ Tele conference ของโครงการวิจัยจากหลุมขุดค้นทางโบราณคดีไปยังต่างประเทศ
- วิดีโอการบรรยายสัมมนางานวิจัยที่สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) จัดขึ้น
- วิดีโอการบรรยายสรุปโครงการวิจัยต่อคณะสื่อมวลชน เจ้าหน้าที่ของ สกว. และ ผู้ที่สนใจ
- วิดีโอการจัดงานโครงการสืบสานวัฒนธรรมไทย - กัมพูชา ตามแนวเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย
- วิดีโอสารคดีของโครงการวิจัยโดยสรุป

5.4.2 ฐานข้อมูลวัฒนธรรมในส่วนของ e-learning

- อธิบายรายละเอียดของโครงการวิจัย
- อธิบายขั้นตอนและวิธีการทำงานวิจัยในส่วนต่างๆ เช่น การขุดค้นทางโบราณคดี การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ เป็นต้น
- รายงานผลที่ได้จากการสำรวจต่างๆ
- เป็นสื่อการเรียนรู้ในเรื่องของอาณาจักรขอมโบราณ

5.5 สรุป

ในส่วนของการพัฒนาสารสนเทศและสารคดีเพื่อการศึกษา นั้น จะเน้นในเรื่องการเผยแพร่ข้อมูลความรู้ ขั้นตอนวิธีการในการทำงานวิจัยขึ้นนี้ผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในรูปแบบของ Video Streaming และสื่อการเรียนรู้ e-learning ซึ่งผู้ที่สนใจสามารถศึกษาถึงรายละเอียดของโครงการ วิธีการสำรวจ วิธีการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการสำรวจนั้น รวมถึงการใช้ความรู้ในหลายๆ แขนงๆ มาวิเคราะห์ผลที่ได้

บทที่ 6

รายงานการวิจัยจากทีมวิจัยกัมพูชา

6.1 Introduction

It is a study on historic roadway, communication links and human settlement of Khmer Empire from Angkor to Phimai. The research work had been conducted along the axes in Cambodian side for more than hundred kilometers. The archaeological and ethnographical are systematically surveyed by the Cambodian team. The cultural data collection from the study is certainly the most valuable information for the current study and for future research work on the region. The Advance Technologies are also applied in the field research for collecting and analyzing archaeological and cultural information.

6.1.1 Objectives

The research work aims to identify communication network, human settlement structures along the ancient road and ancient manmade structures along the axes: stone bridges, rest-houses which Louis Finot (1925) supposed to be called *Dharmashala*, hospitals written in Ta Phrom's inscription as *Arogyashala*, ancient agglomerations/communities, water structures, water works, etc. The results from this integrated studies revealed the knowledge about this ancient road in the form of physical evident, geographic property, and archaeological information of the ancient road and its surrounding area.

6.1.2 Data Resources

The studies based on existing resources as following:

- **Ancient written texts:** inscriptions mainly Sdok Kak Thom, 11th century and Preah Khan, 12th century. The first one has also written about the territory and public infrastructure development to west region of Angkor. The second is most important information which mentioned about the "rest-houses" built along the roads from capital city Angkor linked to provincial cities and neighboring kingdoms, particularly, the building along the royal road from Angkor to Phimai.

- **Chinese records of Tcheou Ta-Kouan:** a Chinese envoy to Angkor Royal Court in late 13th century who recorded Khmer daily life, royal court, infrastructure, etc.

- **Archaeological remains** are the most important resources of the study: vestige of roads which are mostly still visible in Cambodian side, stone bridges, water structures, building of rest-houses, chapel of hospitals, temples, ancient agglomerations, etc...

- **Old maps:** different old maps drawn by French dated from late 19th century (Bastian, Aymonier, etc.), early 20th century (Lunet de Lajonquière) and following until current date (see more detail at Remote Sensing and GIS survey).

- **Remote Sensing:** old aerial photos taken by French in 1930's, 1940's, 1950's, 1990's and 2000's. Satellite images (Spot, Landsat, Ikonos, etc...) are also used for this study. This will develop in detail at Remote Sensing and GIS study as below.

6.1.3 Methodology/Research Approach

The study is primarily based on three main approaches: archaeological survey, anthropological survey and remote sensing and GIS survey. The archaeological and anthropological surveys are based on data-collection form that was developed out of earlier studies conducted by the APSARA Research Unit. The APSARA team has developed this survey form and trained its members in its use to collect archaeological and cultural data from the fields. Four local people from each village are selected for interviewing: the village's chief or his deputy, a senior citizen, a monk or a spiritual leader of the village.

The Archaeological Research Form consists of five main points:

- **Location of the site:** its UTM and where is it located in village, commune, district and province; and its orientation?

- **Archaeological Typology:** Was it a temple, water structure, dike, ceramic kiln, metallic site, mound, road, bridge?

- **Archaeological Structure,** its layout, its art style

- **Inventory number:** old and new number will be marked on each site

- **Current Status:** Is it in good, fair, threat, looting, and vandalism condition?

The Cultural Research Form consists of five main points:

- **Geography and Statistics:** the location of the village, its UTM, heritage protected zone, data collection date and a brief description.

- **Village Location and its Structure:** for example, whether on an ancient man-made structure, a dike of a water reservoir, a road or an ancient site. Some villages preserve a traditional layout, concentrated around a central point.

- **Village Infrastructures:** the village may be characterised by its own infrastructures which could be classified as: Familial; Public; Ancient; Religious; Education and Health.

- **Customs and Belief:** This is a significant component of the data form and aims to collect comprehensive information about the traditions associated with each of the Khmer villages. We are surveying two main aspects: the first is concerned with *rites of passage*, and with rituals associated with a fixed annual calendar or with special occasions (which can occur at any time). *Rites of passage* are special events in an individual's life and are an ancient tradition of the region (Ang 2007). Rituals that are associated with particular set dates encompass a series of ceremonies that occur throughout the traditional yearly calendar. These are complemented by rituals that can be performed at any time of the year – they are usually held to coincide with an auspicious time, as identified by the officiant. The second aspect is concerned with customs and performing arts, which are also considered to have a ritual component, and which contribute as part of collective events such as dances and theatre.

- **Economic Resources:** we did a very quick survey regarding the economic activities within each village. The resources can be traditional crafts and handicraft production; agricultural production; basket, mat and broom dressing; weaving; alcohol production from rice or sugar palm, and foods.

6.1.4 Task Works

For the phase I, we designed a working zone for the field research which is covered 2km away to each side from the supposed axes. That field survey covered on area of 4km wide by 125km long from Angkor to the current borders of both countries. This zoning preliminarily includes 54 villages of the 8 districts and of the 2 provinces, Siem Reap and Uddor Meanchey. Four phase works of the ground operation have been successively taken place in the field due to

geographical condition of regions and seasons (Fig. 6-1). The ground operation has been taken from its departure of road at Angkor Thom to Prasat Ta Mean at border for more than 18 months.

Following up the previous phase, the Phase II of the Project is formally designed into six step works as below:

- Continuing the ground survey at the border region, Prey Veng village, Udor Meanchey Province. The survey will be used archaeological and cultural anthropological approaches.

- Mapping of an ancient provincial city which presently named "Kol Village" where situated close to the Royal Road. This is a study of an ancient city structure which composed ancient temples dated different periods, chapel of hospital, rest-house, stone bridges and water structures.

- Cross Section of Royal Road and Analyzing its Structure

- Ceramic Studies, physical and scientific analyzing

- Archaeological and Cultural studies and Analysis the data collected

- GIS Analysis from data collection for better understanding the ancient structures situated along the road axis.

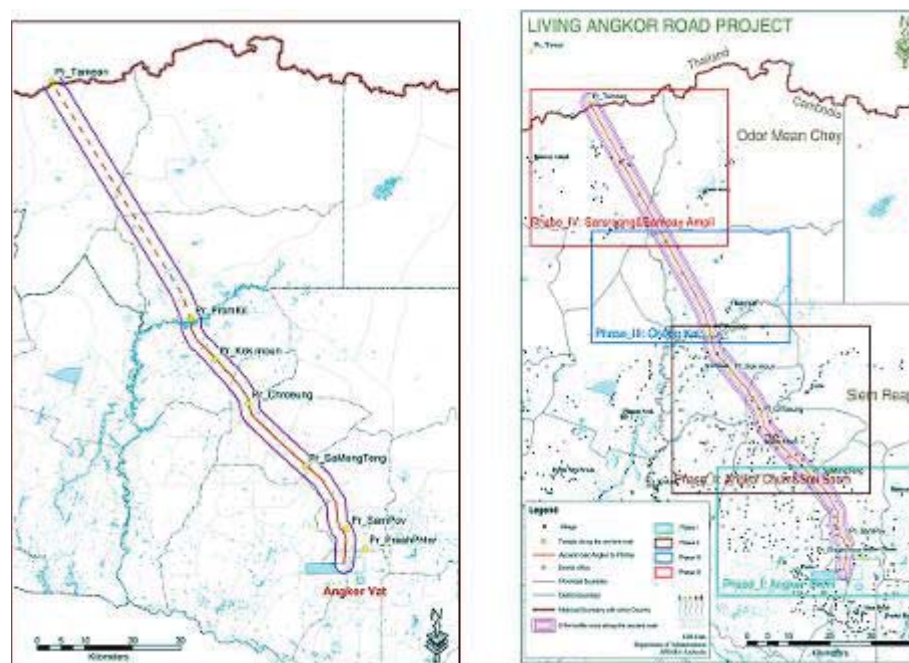


Fig. 6-1 Field Work Plan

6.2 Cultural Study

This is a Socio historic study conducted on communities living along the Royal Road in Cambodia and Thailand sides. The ethnographic survey has consisted of two sub-phases: Location of all communities living along royal road, and field survey to each community that has relation with the royal road, i.e. the community that has exist for long period of time, not newly established, with the buffer zone of 2 km. from each side of the predicted location of the royal road (4 km. buffer zone).

6.2.1 Development on Existing Cultural Research Form

LARP has developed from the existing Cultural Research Form which created by APSARA's Cultural Studies Unit, and translated it into English. The summary of the Research Form's Structure:

a- Location & Statistics:

- Village code #; Village; Commune; District; Province
- UTM; Data collected / Updated
- Location (Map)
- Statistics: Year; Houses; Families; Population; Males; Females
- Location's brief description

b- Infrastructures:

- Familial: Well; Pond and other water reservoir; Pipe; rivulet
- Public: Road, trail, path; Bridge; Well; Pond and other water reservoir; Pipe; rivulet
- Ancient: Temples; Ancient structure; Road, trail, path; Bridge; Pond and other water reservoir; Pipe, rivulet
- Religious: Buddhist monastery; Rest-house; Spirit's hut
- Education: Nursery, primary school; Secondary school; Junior high school; Monastery school

- Health: Health center; Mobile health unit; Medium (spirit possession);
(Traditional) midwife; (Traditional) healer

c- Resources:

- Agriculture:
 - . Rice-field:
 - . Irrigated rice-field
 - . Dry season rice-field
 - . Slash-and-burnt rice-field
 - . Receding rice-field
 - . Water-mounting rice-field
 - . Other cultures:
 - . Sugar-palm trees
 - . Fruit trees
 - . Vegetables
 - . Plantation, orchard
 - . Animal breeding:
 - . Familial consumption
 - . Commercial
- Fishing: Fishing concession; Fishermen community; other
- Services: Labour; Commerce; Public administration; Private sector; personnel;
Other
- Supplementary incomes: Natural resources; Crafts; Other

d- Traditions and Beliefs:

- Types of ceremonies:
 - . With fixed dates
 - . With no fixed dates
 - . Rites of passage
 - . Other Customs
- Ceremony code #

- Number of images
- Ceremony's name ; Data collected in
- Short description; Recording
- Detailed description

6.2.2 Field Survey on Villages situated along the Royal Road

The survey has been done during nearly two years on communities living within the zoning along royal road. There are 54 villages found situated in the zoning study along the axes where located in eight different districts of two provinces, Siem Reap and Uddor Meanchey. 39 villages situated in 5 different districts in Siem Reap province where there are 4 villages located in World Heritage site Angkor. 15 villages situated in 3 different districts in Uddor Meanchey province.

6.2.2.1 Findings of the Survey

*** Village Location and Structure**

Most of the village settlements are often associated with ancient occupancies that date back to different periods of Cambodian history. As a result, the structure of each village has accrued its own character and value. Some villages reflect the discernible ancient landscape along the historic road, and continue to use the road as a central feature and communication arterial. Some villages exist harmoniously with nearby ancient temples or Buddhist monasteries, for example *Nokor Krao*, *Nokor Pheas*, *Kol*, *Kok Spean* villages. Several villages are significant for their relationship with ancient water structures or irrigation systems. These include *Kandol*, *Srah*, *Loboek*, *Tonle Sar* villages, etc. Others are distinguished as a result of their settlement within Angkorian industry nodes, such as the ceramics production centre: for example *Khmar*, *Srah Srang*, *Prei*, *Prey Veng* villages.

These villages have gradually developed in a cluster around a central Buddhist monastery, most of them built on an ancient temple or ancient structure. The villages are surrounded by rice fields, vegetation or the forest of their communities. Some villages are isolated

from other by rice fields. The seasonal changes reflected in the surrounding landscape also act to create a changing environment.

The settlement histories and stories of the villages are often reflected in their names. Several villages share a popular tale, which they consider to be a common history that creates a linkage between their communities. Another historical theme relates to the first man who came and cleared land for developing that community (e.g. *Tasom*, *Don miev*, etc). Other villages have histories relating to natural, cultural or historical events of the region (*Nokor Krao*, *Nokor Pheas*, *Chum Nom Reach*, etc). Most stories of this type relate to nature and are concerned with a specific plant grown in the area (*Ta Trao*, *Kok Beng*, *Khchas*, *Makak*). Most of these histories can probably be dated to after the fall of Angkor. They have been told from one generation to the next and exist primarily as oral traditions, although a few stories have been published.

*** Village Landscape**

A variety of village landscapes have been identified on the basis of their settlement structure and environment. Many villages are situated on ancient infrastructure (for example, dikes, water structures, ancient roads), and reflect one set of changing environments. Other villages are found close to ancient temples or clustered around a temple, which gives a different character to the village landscape.

The village landscape reflects the different seasonal changes. The rainy season in particular can give much beauty to villages surrounded by rice paddy and seasonal vegetation. At this time of year the villagers are all busy with agricultural work, and their activities can be observed from dawn until night during half the year.

The traditional house is built on stilts, where people live upstairs and animals (such as a cow) are stabled underneath with an ox-cart. Houses are surrounded by a natural fence of small trees (sometimes fruit trees or medicinal trees) or different kinds of flowering plants. The roof is covered by traditional ceramic tiles, usually in a brown colour. Some households have a small garden around the house; a water pond is often found in front of the house. In some places, rice fields are situated next to or in front of the house.

* Tradition and belief

Some main traditional and ceremonial events have been identified in most of 54 villages in Cambodia and some villages investigated during short survey in Buriram and Surin, Thailand. As mentioned above, there are two main categories of ceremony. The first is concerned with *Rites of Passage*, and with rituals associated with either the fixed ceremonial calendar or with special occasions (which can occur at any time). The second aspect is concerned with customs and performing arts, which are also considered to have a ritual component, and which contribute as part of collective events (Ang 2007 & Im 2008b).

Rites of Passage encompass a series of ritual practices performed through a circle of an individual's life, from the stage of new birth to death: they are manifest in eight different rituals (Ang 2007 & Im 2008b). This series of rituals can be summarised and literally translated in English as the following:

a- Ritual concerning Birth *Kat Sak Bankok Chmob* or *Sray Khsae Tanlak Chankran* is performed a few days after delivery, and aims for the recognition by the community of the newborn, to pass on the family's gratitude to the midwife, and to drive away any misfortunes in that future that may be caused by the mother's blood during delivery, which is considered to be unclean. The Midwife has ritually shaped the newborn to make the baby into a new human being of our world. This ritual is performed throughout all along the *Royal Road villages* in Cambodia, and some Buriam and Surin villages situated close to the border.

b- Keeping and Cutting of the Topknot *Kor Chuk* or *Kat Sak* marks the human age of pre-adolescence. Traditionally a child in a family is made to grow a long central tuft of hair, often from birth. Around the age of 13, and always at an odd-numbered age, a ceremony is performed symbolising the passage into puberty – and rivalling the marriage ceremony in importance – during which the tuft is removed. The ritual is still practised in a large number of *Royal Road villages* and very few found in Buriram and Surin within the zoning study.

c- Buddhist monk Ordination *Bous Neak* for a male celebrates a new step of life to the study age. Young adult men prepare for ordination as novices in the Buddhist order. These events are also observed commonly in the *Royal Road villages*, but not for all young men. For a girl of

this life stage, there is a ritual called *Mlob* (literally meaning ‘entering to shadow’). The girl stays inside her room for a period of time and is banned from talking with strangers or with a man. She learns from an old woman sage how to be a good housewife. This ceremony is no longer practised in the villages inside zoning study, but it still survives in a few villages of the Siem Reap region, Kompong Thom, Kompong Cham, Koh Kong.

d- Marriage *Reap Kar* is a conjugal step between a man and a girl who has passed through the adolescence step of life. There is a diversity of ritual during marriage events noted in the *Royal Road villages*. While the concept and objective of the ceremony is the same from one village to another, the form of the ritual is usually slightly different. We have no information from Buriram and Surin.

e- Ritual concerning delivery which marks the transition from a housewife to being a mother. The ritual is practised across the whole *Royal Road villages*.

f- The ceremony of Prolongation of Life has several names: *Chansok Kiri Sout*, *Chhark Toch*, *Chhark Thom* or *Chhark Maha Bangsakol*, *Tor Ayuk*, etc. The ritual practices are associated with elderly people. The ceremony aims to prolong the life of the person concerned, by simulating a cycle of death–gestation–rebirth. Meditation is practised by the elderly, notably older women, to assist the mediator to envisage his or her own self as a corpse, presumably in preparation for death. The ritual is widely practised in the *Royal Road villages*.

g- Funerary rite *Bochea Sap* or *Chamroeun Phloeung* or *Banches Bukul* is composed of three major ceremonial components: First burial, Exhumation and Definitive burial. The two major ritual components are exhumation followed by cremation of the remains. The rite is still practised in many *Royal Road villages*, mostly in the villages situated in Siem Reap province.

h- Burying of the ashes from incineration *Banchus Theat* is the final stage of the human life circle. This is a testimony to the continuation of an ancient tradition in the villages of Siem Reap province.

The Ceremonies of the fixed annual calendar can be observed as the following: *Traditional Ceremonies over twelve months* as written in the traditional calendar; *Agrarian rites*, and *Practices of Animism* – a homage to *Neak Ta*, an important spiritual village protector (see detail Ang 2000).

The traditional ceremonies over the calendar period are performed similarly elsewhere in the Kingdom. The difference lies in the way the ceremony is practised from one place to another.

The Ceremony of homage to *Neak Ta* is widely performed in every village along the Royal Road and in Buriram and Surin within the zoning study.

Agrarian rites are the most practised in the *Royal Road villages*. This reflects the importance of agriculture as the main economic activity of the region. A series of rituals concerning rice paddy celebrates the beginning of the agriculture season through to the time the rice is stored. The agriculture season commences after the *Royal Ploughing Ceremony*, which is conducted by the King or his representative.

Ceremonies that are not tied into specific calendar events include those that are observed in the ritual of inauguration of a *Vihara*, Buddhist monastery, or any public building; rituals relating to the asking for rain; rituals to divert misfortune in a family or village or community; rituals at the beginning of house construction and house warming. This series of ceremonies is also widely performed throughout the region. Any ritual of this type can be performed on an auspicious date, determined by the officiant.

*** Customs:**

The kinds of performing arts that are considered to be of a ritual nature have contributed as a part to various collective events. Popular dances are indigenous forms relating to the chasing of evil, bad spirits and wild animals that can provoke misfortune over the communities. *Trot* is performed only during the New Year celebration for chasing away bad luck, misfortune and for begging the rain. *Tug-of-war* is also played during the New Year Day celebrations. The aim of the latter is to ensure rain for the coming agriculture season (Im 2008b).

* Economic Resources:

The *Royal Road villages* stretch along the road from the downstream plain on the south toward the Dang Rek Range on the north, which covers an area of several thousand square kilometres. Based on geographical and environmental factors in the context of a long history of human occupancy, the region can be distinguished by several types of village community. Each type occupies one of the main ecological sub-zones of the region and is differentiated by socio-cultural characteristics (Ang 1995).

These communities consist basically of traditional subsistence rice farmers whose livelihood principally depends on one crop a year of rain-fed or irrigated rice paddy. In addition to the paddy, the population cultivates fields prepared by slash and burn techniques where they grow rice and other vegetables.

Typically, a number of traditional varieties of rice are grown. Each variety is adapted to different soil types and, particularly, to differing water conditions. Traditional farming techniques are used, such as the swing plow pulled by oxen or buffalo. Up to the north region, each family generally cultivates a field prepared by slash and burn techniques, where rice and many vegetables are grown.

The daily life of the Khmer villages has not changed considerably. Traditional crafts, such as weaving, are still practised in the village. Other activities include basket, mat and natural broom dressing; weaving silk or cotton; ox-cart production, and alcohol making.

6.2.2.2 Discussion on Cultural Study

Most of the village settlements are often associated with ancient occupancies that date back to different periods of Cambodian history. These villages have always been a spiritual landscape, inhabited by protector spirits, *Neak Ta* who live in temples and villages. The veneration of a god, Buddha or *Neak Ta* is a central element in the retention of village identity and memory of the Khmer people. Hindu gods and other element of ancient structures all also have spiritual power. Natural stones and Hindu or Buddhist icons have been appropriated as the embodiment of certain *Neak Ta* (Ang 2000 & Im 2008b).

Praying to the Hindu or Buddhist gods and the *Neak Ta*, and organising ceremonies and rituals is a continuing practice that reinforces both the sacred landscape and community identity.

Within the landscape, certain ‘special’ places are commemorated through ritual, and their importance remembered and passed on within and between village communities (Im 2008b).

Myths and legends and oral histories commonly reflect collective knowledge and can be derived from historical memory, myth, legends, folktales and beliefs. Through these surveys, there are a number of myths that serve to reinforce our understanding for the future studies, and of course, elaborate local understandings of the sacredness of certain sites, linking elements in the stories to local practices (Im 2008b).

Royal Road communities are continuing of living in the same spaces, within which there are inherited memories of ancestors’ experiences and beliefs, overlain with the new generation’s memories and experiences – and these all remain closely associated with particular places and localities within the wider landscape. Continuing practices also include story-telling, playing New Year games, dances, music and theatre.

Temples, ancient roads, bridges, forests, and the rice fields, lakes and ponds, have the names of ancestors attached to them or are surrounded by legends remains as important landmarks for local people. The names of villages are similarly reflective of local and natural elements and markers, or of shared history with other villages¹.

A word to confirm that, what we found from Cultural Studies, is well matching with the title given to this research project as "Living Angkor Road". A significant outcome of this project is that it reinforces the research from a number of other projects supporting a historical continuity in various community traditions and practices. This is important in understanding the wider heritage significance of Ankorian Civilization. While contemporary practices and ways of life are themselves an important component of the heritage of the region, it is equally significant that these maintain connectivity with the past and with the Khmer civilisation. *Preah Kunlong* is the home of multiple village communities which are considered also as *living heritage* in the sense that the village way of life itself – although constantly evolving and changing – reflects a continuation of practices, beliefs and traditions.

¹ see Im 2008b

6.2.3 *Kuy* Study

During the intensive cultural survey in both sides Cambodia and Thailand, we have found a huge interesting information regarding a strong connection between Khmer and ethnic *Kuy* communities. But this is not a new discovery. The relationship was generally studied by scholars on the field of Khmer Study. For LARP, this is extremely important information and new perspective for studying on a culture which is on the way to lose for ever: *Elephant Hunting* and *Iron Smelting*.

Of course, there are many ethnic *Kuy* communities settled in Cambodia and Thailand. But this study has mainly made on two communities: Hunting Elephant and Metallic production communities which their settlement some situated along the road and other parts of the countries. The survey is not focus only to the subjects regarding Hunting Elephant or Iron Smelting stories, but their tradition and customs are very important information to be studied as well.

6.2.3.1 Findings of the Survey

a. Hunting Elephant Communities², *Kuy Damrei*

Several surveys have been conducted inside Cambodia at Srae Noy in Siem Reap province and at Samrong, Uddor Meanchey province, and others inside Thailand at Ban Taklang and Ban Dong Bang, Surin. We found these communities are relative and still in contact each others. The great elephant hunter, *Mho Kamloung* named *Mho Mak*, great elephant hunter at Ban Taklang is cousin of the *Mho Kamloung* named *Mho Tha*, 92 years old (at the date of interview 2007), living here in Srae Noy. And *Mho Tha* is close friend with *Mho Kamloung* named *Mho Keo* at Ban Dong Bang.

Kuy communities at Samrong, Uddor Meanchey province, and at Srae Noy are recognized by authority as Cambodian nationality and legally settled on their land. Through interview with old generation, we are told that they were migrated down from Surin and Buriram

² Actually, there was not only ethnic *Kuy* who was skill in hunting elephant and was an ethnic group of elephant hunter. But Laotian, Khmer and many other ethnics settled in Cambodia, Laos, Vietnam and Thailand were also known as elephant hunter. Here the study aims to find relationship between this ethnic and Khmer regarding the Royal Road.

to Cambodia roughly in second quarter of 20th century for seeking land for agriculture and elephants.

Through several interviews conducted in Cambodia and Thailand, we learnt that previously, there was no administrative boundary. They could freely go down and go up beyond the chain of Dangrek range. And even in our modern day, from time to time, they pass through the current administrative border for seeing their relatives here and there. This means the circulation space of these communities are free of limit. Their destinies are linked, certainly lasted very long time ago (Fig. 6-2).

b- Metallic Making Communities, *Kuy Dek*³

Eight iron smelting sites are found along the axis and at two huge sites situated close to road at Uddor Meanchey. And 67 sites are identified in Thailand. None of local people living on sites or close to the sites remembered about this work. Once we asked Khmer at Ban Kruad and here in Cambodia, they said: It was *Kuy* who was skill to smelt and to produce the metal. With this reason and based on the previous studies, leading us to go further in search on Iron Smelting history.

With kindly supporting from our Thai partner, we went to Chomprak. We met with an *Kuy* family who is a black smith. When we asked him about the smelting history. He said, the ancient time was Khmer and *Kuy* who did the smelting. No body remembers how to smelt any more. But, he knows how to produce different kind of tools from metal/iron. Two kinds of tools which he is currently still producing are: a kind of sword and knives (such cutting tools using in daily life). This is very important thing to learn. The forms of these tools supposedly look similar to what sculpted on temple walls. But, this needs to do check and more work.

We conducted seven field researches into four different *Kuy* settlements located in Cambodia. These settlements situated near the iron mine, natural hill, called *Phnom Dek*, literally means "Hill of Iron".

First at *Bakan* temple complex, called *Preah Khan Kompong Svay*, a city of Jayavarman VII, where many Iron smelting sites found inside. Local people still remembered the stories told from generation to next about *Kuy* who produced the metal.

³ For information see Dupaigne 1992.

Second we did survey at *Prey Sanlong* site was a former ethnic minority *Kuy* settlement, located in Srei Snom district, Siem Reap province. And in the same time, we also did survey at *Chhok* situated in Chong Kal district, Uddor Meanchey province, where we found about five remained furnaces. Third the survey is conducted at *Chanrot* where was a former *Kuy* village, Kompong Thom province. We found here more than 10 sites. Fourth was *Phnom Dek* area where was the fame of *Kuy* settlement of iron smelting, currently situated in Preah Vihear province (see Dupaigne 1992 for more detail). We surveyed three different sites: O Por village, Rumchek Village and Boeng village. The first two villages are descendant from iron smelting family. We did in deep interview with the old men and women, aged 75 to 90 year olds, who participated/involved to the daily smelting activities. No more *Kuy* lives at Boeng village. But, here are very important sites where about twenty sites have been identified.

There is important information, found at *Kuy Dek* living in current Cambodia, which should be thinking to develop this topic further. Firstly, it is about a kind of "dance of war" called *Pravay*⁴ *Khael*⁵, which performed by *Kuy* during the New Year Day or sometime after just the harvest. Even within Khmer communities, living at Thalaporivat, Stun Treng province, has also invited *Kuy* for performing *Pravay Khael* inside the compound of *Preah Ko* temple, Pre-Angkorian brick temple, during the New Year Day. Of course, this perform consists art of war, magic and using warrior tools.

Second evident has been found within these *Kuy* communities as well. It is a ritual concerning iron tools, *Iron Tools Oblation*. During three days of ritual, all kind of metal tools using in everyday life are displayed on the altar of their houses. These tools are considered as the sacred objects for them. We don't know exactly the ritual date which have been performed previously. But, we observed within our survey that it is performed during the festival of death (Fig 6-3A and B, 6-4, 6-5).

⁴ To fight

⁵ Shield



Fig. 6-2 *Kuy Damrei* at Surin and Siem Reap



Fig. 6-3A *Kuy Dek*, Black Smith at Chomprak



Fig. 6.3B *Kuy Dek* at Phnom Dek, Preah Vihear province



Fig 6-4 *Pravay Khael* at Veal Veng, Kompong Thom



Fig 6-5 *Iron Oblation* at Kuy Veng, Kompong Thom

6.2.3.2 Discussion on Kuy Study

- *Sanlong*, a Kuy dialect define iron smelting site. This term found using in any *Kuy Dek* communities.

- We observe that these two communities worship their different divinities. Sacred object of *Kuy Damrei*, Hunting Elephant, is certainly *Prakam*, a kind of buffalo hid rope used for hunting and tying elephant. For *Kuy Dek*, their own divinity is *Sanlong*.

- According to cultural point of view, *Kuy* was and is an ethnic minority close to Khmer. They know and well performed Khmer traditions and beliefs for their daily life.

- Relative abundance of literature related to *Kuy people* because of their production the metallic quality and their genius on elephant hunting. They were masters of Iron and Fires; and master of Elephant Hunting.

- Observing the sculptures of Angkorian temple walls, we find elephants, scene of combats, war tools. This is not mean that were from *Kuy*, but at least *Kuy* has paid their contributions to Royal Services.

- Khmer words abundantly loaned by *Kuy* for using in all aspects of rituals, tradition and customs

- And the function of Royal Road linked also to the development of Iron smelting and Elephant use.

- The study on *Kuy* communities is given more values to the fold of Cultural Studies which is well matching to the research project entitled "Living Angkor Road".

6.2.4 Initiate Cultural Database

We developed the Excel format for cultural information from field survey collection. The structure is designed as following:

- Village Code: LARP code and national code
- Village name: Khmer and Romanisation
- Village location: Administration location and its UTM
- Date of Registration
- Statistic: Family and Population

- Public Infrastructure: Road (ancient and new); Bridge (ancient and new); Water structure (ancient and new); Water way
- Religious Infrastructure: Temple (ancient and new); Rest-houses (ancient and new); Spiritual protector, Neak Ta
- Health infrastructure: Health Center; Home cure
- Resources: Agriculture; Farming; Livestock; Fishing; Services; Craft
- Traditions and Beliefs: Rite of Passage; Fixed date rituals; unfixed date rituals; minor rituals.

6.3 Archaeological Survey

6.3.1 Royal Road

This is the identification on road's vestige remained on spot and its orbit from the departure point till Dangrek. Road is all visible within Siem Reap province and mostly seen in Uddor Meanchey province. Generally, Royal Road was a straight line, but it was deviated in some areas on its orbit. For example:

- It was deviated its direction when it was reach to a temple called *Preah Khan* located about 20km on the northwestern of Angkor Thom.

- It was turned its direction to East about 20 degrees when it was reach Kol village situated about 35 km on the northwest of Angkor.

- It was deviated its direction again when it arrived to a village named *Kok Spean*, etc.

- Royal Road was often crosscut with local roads where were linked to ancient agglomerations, provincial city and temples, for example at about 5km on the north from Angkor Thom, Kol village and some other places at Uddor Meanchey.

- Road was built up with high elevation, as dike, when it runs on lower plain and becomes lower when it passes through on upper plain.

- It was structured by water draining and shoulder at each side and covered by a large crown from 6 meters to 14.50 meters wide. Water draining was canal flanked the road, average measuring about 6 meters.



Fig. 6.7 Ox-cart passage



Fig. 6.8 Laterite Steps



6.3.3 Cross-Section on Royal Road

The work is taken place within the Kol village situated on the Royal Road 40km away from Angkor. The Road is clearly visible in the area where three ancient stone bridges remained. Two operations have been conducted: Excavation the main section of road and Hand augering to the both side of road extension (Fig. 6-9 Kol Village).

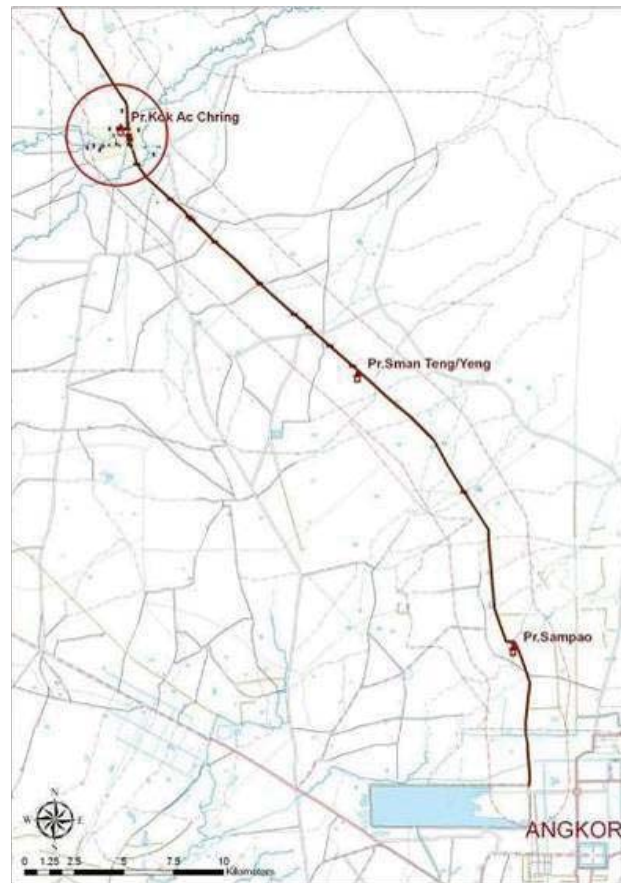


Fig. 6-9 Kol village_Cross-section Location

6.3.3.1 Objective

The excavation aims to study about: Road's Structure; Construction Technique of Road; History of Road's use and making a comparative study to the road's structure which has been previously done in Thailand by the Thai partner.

6.3.3.2 Excavation

- Excavation pit is selected at the most damage part of road structure because it's better to avoid more cut. The original level of road might be higher than current level about one meter high.
- Setting up work plan for excavating and recording.

6.3.3.3 Stratigraphy (Soil Texture)

Road's Structures were thoroughly compacted by clay, sand and coarse laterite/granular laterite (?). Four soil layers have been identified (Fig. 6-10, 6-11, 6-12 and 6-13):

- Layer I: A sandy loam; fine; organic soil because of common roots; slightly hard; light gray at central pit and becomes dark at extremities pits.

- Layer II: A loamy sand; Light brown; Granular and coarse soil composed with sand and clay are identified by red spot when they absorbed water; slightly hard soil layer; Tree roots found.

- Layer IIIa: A mixed clay with coarse sand layer; Light brownish gray at dry area and becomes dark brown at wetting area; Very coarse and granular; Hard; clay's composition is much more than Layer II but it not well stuff as previous layer; big tree roots found in some parts of the layer.

- Layer IIIb: Similar to previous layer but it's more wetting, softer and browner than layer IIIa.

- Layer IV: A mixed clay and coarse sand layer; clay's composition is less stuff than Layer IIIa (sandy loam); light brown; It's flaking when it's grated; less sticky than layer IIIa; Coarse sand became dark red spot at wetted area, considered as manganese layer (Mg).



Fig. 6-10 Cross-Section Pit

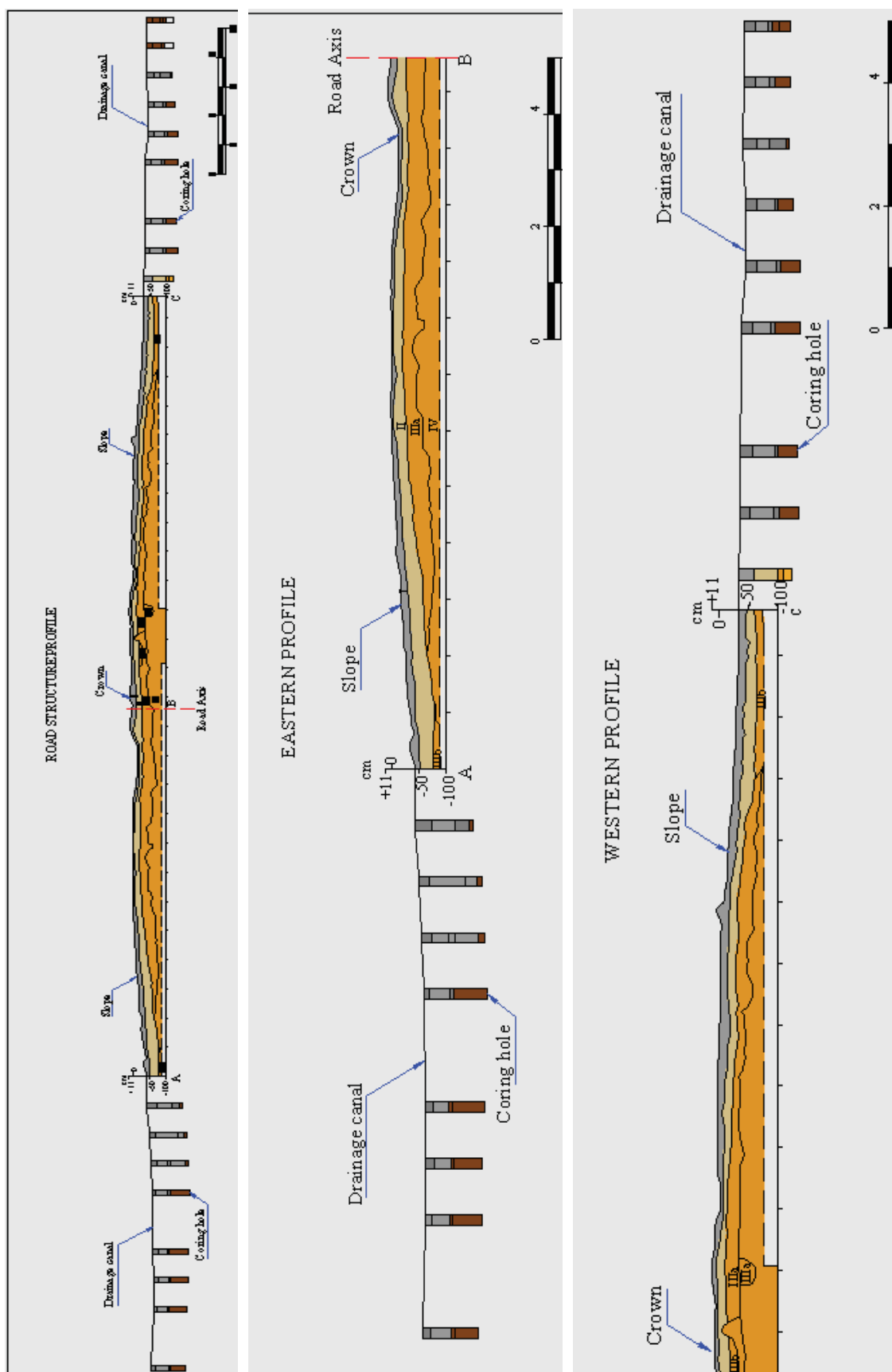


Fig. 6-11, 6-12 and 6-13 Road structure profile

6.3.3.4 Object found

4 small ceramic pieces discovered during the excavation which could be identified as 3 Chinese pieces and 1 Khmer piece (see detail report below).

6.3.3.5 Hand Coring

We extended the research work into the both side of extremities pits. Coring work into each side was covering into 10m away from the excavation pit. We did a coring hole in every 1m for seeking the edge and drainage canal of the road.

A- Soil recording at Eastern part (E + number = coring hole location and number):

- **E-1** is a coring hole 1m away from excavation pit to East side. Here's below the soil description:

* 0cm-30cm: A sandy loam, gray, sediment soil, Fine, soft and well stuffed

* 30cm-70cm: A loamy sand, light gray, sediment, soft, coarse sand found and ground water infiltrated at this level

* 70cm-100cm: Loamy sand, light gray, sediment, hard, coarse sand and its grains became dark red spots due to ground water infiltrated in this level, a small piece of charcoal found

* 100cm-110cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, harder, much more coarse sand, natural sediment.

- **E-2** is 1m away from **E-1** coring hole:

* 0cm-20cm: Sandy loam, light gray, Fine, soft and well stuffed, sediment

* 20-80cm: Loamy sand, light gray, sediment, soft, coarse sand found and ground water infiltrated.

* 80cm-110cm: Loamy sand, light gray, sediment, hard, coarse sand and its grains became dark red spots due to ground water infiltrated in this level.

* 110cm-120cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red, harder, much more coarse sand, natural sediment.

- **E-3** is 1m away from **E-2** coring hole:

- * 0cm-20cm: Sandy loam, light gray, Fine, soft and well stuff, sediment
- * 30-50cm: Loamy sand, light gray, sediment, soft, coarse sand found and ground water infiltrated.
- * 50cm-60cm: Loamy sand, light gray, sediment, hard, ground water infiltrated in this level.
- * 60cm-100cm: Loamy sand, light gray, harder, coarse sand, natural sediment.
- * 100cm-120cm: Loamy sand grayish mixed with dark red spots, harder, much more coarse sand, natural sediment.

- **E-4** is 1m away from **E-3** hole:

- * 0cm-20cm: Sandy loam, light gray, Fine, soft and well stuff, sediment
- * 20-50cm: Loamy sand, light gray, sediment, soft, coarse sand found and ground water infiltrated.
- * 50cm-60cm: Loamy sand, light gray, sediment, hard, coarse sand with dark red
- * 60cm-110cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, harder, much more coarse sand, natural sediment.

- **E-5** is 2m away from **E-4** hole (6m away from excavation pit):

- * 0cm-20cm: Sandy loam, light gray, Fine, soft and well stuff, sediment
- * 20-50cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, sediment, hard, coarse sand found and ground water infiltrated.
- * 50cm-60cm: Loamy sand, gray mixed with dark red, sediment, hard, coarse sand with dark red
- * 60cm-110cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, harder, much more coarse sand, natural sediment.

- **E-6** is 7m away from excavation pit and has a similar soil texture to **E-5**

- **E-7** is 8m away from excavation pit and its textures are:

* 0cm-20cm: Sandy loam, light gray, Fine, soft and well stuff, sediment

* 20cm-50cm: Loamy sand grayish mixed with dark red spots, coarse sand, hard, natural sediment

* 50cm-60cm: Loamy sand, grayish mixed with big dark red spots, coarse sand, hard, natural sediment

* 60cm-100cm: same texture as layer above

- **E-8** is 10m away from excavation pit and here the soil texture:

* 0cm-20cm: Sandy loam, light gray, soft and well stuffed

* 20cm-50cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, coarse sand, hard, natural sediment

* 50cm-60cm: Loamy sand, grayish mixed with big dark red spots, coarse sand, hard, natural sediment

* 60cm-100cm: same texture as layer above

B - Soil recording at Western part (W + number = coring hole location and number):

- **W-1** is a coring hole 1m away from excavation pit to West side. Here's below the soil description:

* 0cm-30cm: Sandy loam, gray, sediment soil, Fine, soft and well stuffed

* 30cm-60cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, coarse sand, hard, sediment soil

* 60cm-70cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, coarse sand, harder, natural sediment

* 70cm-90cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, coarse sand, harder, natural sediment

- **W-2** is 1m away from **W-1** hole:

* 0cm-20cm: Sandy loam, gray, sediment soil, Fine, soft and well stuffed

* 20cm-50cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, coarse sand, hard, sediment soil

* 50cm-60cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, coarse sand, harder, natural sediment

* 60cm-100cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, coarse sand, harder, natural sediment

- **W-3** is 1m away from **W-2** hole and has the same texture as **W-2**

- **W-4** is 5m away from excavation pit and has the same texture as **W-3**

- **W-5** is 1m away from **W-4** and has the same texture as **W-4**

- **W-6** is 1m away from **W-5** hole:

* 0cm-20cm: Sandy loam, dark gray, sediment soil, Fine, Soft and well stuffed

* 20cm-50cm: Loamy sand, light grayish mixed with dark red spots, coarse sand, hard, sediment soil

* 50cm-60cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, coarse sand, harder, natural sediment

* 60cm-100cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, coarse sand, harder, natural sediment

- **W-7** is 1m away from **W-6** and has the same texture as **W-6**.

- **W-8** and **W-9** have the same textures as **W-6**.

C- Soil recording at the inside excavation pits (S + number = coring hole location and number). The work is looking the soil structures underneath of excavation pit where we could not go deeper because of infiltrating of underground water.

- **S-1** is a coring hole 0.5m away from the Eastern bank of excavation pit:

* 0cm-20cm: Sandy loam, light gray, Fine, Soft, coarse sand found, sediment

* 20cm-50cm: Loamy sand, light gray mixed with dark red spots, coarse sand found more than previous layer, hard, natural sediment

* 50cm-90cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spost, coarse sand found much more that previous layer, harder, natural sediment

- **S-2** is 13m away from the Eastern bank of excavation pit:

* 0cm-20cm: Sandy loam, grayish mixed with dark red spot, coarse sand, hard, natural sediment

* 20cm-110cm: Loamy sand, light gray mixed with dark red spots, more coarse sand than previous layer, harder, natural sediment

- **S-3** is 1m away from Western bank of excavation pit:

* 0cm-50cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, hard, natural sediment

* 50cm-110cm: Loamy sand, grayish mixed with dark red spots, harder, natural sediment.

6.3.3.6 Result from the Analyzing

Based on the studies on soil layers found in excavation pits and soil textures found at coring holes, we could summarize the result as below:

- Royal Road was flanked by two drainage canals, one at each side
- Royal Road measures at this excavation pit 23.50 meters (included crown and its two edges/slopes)
- Road consisted by 4 different compacted soil layers
- Original level of Road was probably 1 meter higher than current situation
- Two drainage canals stand about 1.40m away from foot slope of Road
- Eastern drainage canal measures about 7m wide and more than 1m deep.

Current was not speedy flowing in this canal during the ancient time

- Western drainage canal was about 8 meters wide and 1 meter deep. Current was not speedy flowing as well.

- Road might be rehabilitated during two different periods of times in this area.

The rehabilitation was done at central part of Road.

Distance Calculation (walking speed) from *Yashodharapura* to Dangrek Range

Dhamarshala	Distance (Km)	Time (H)	Total (d/h/m)
Angkor-Sampov	7	1.45	
Sampov-Samanteng	18.71	4.40	
Samanteng-Kok Ach Chroeng	17.36	4	
Kok Ach Chroeng-Kok Mon	11.81	4	
Kok Mon-Prohm Kel	10.36	2.50	
Prohm Kel-Ampil	22.58	5.50	
Ampil-Kok Phnau	18.61	4.45	
Kok Phnau-Prasat Chan	14.61	3.50	
Average distance/time	15.13	4	
Total distance/time	123.2	31	1.7

Distance Calculation (walking speed) from Dangrek Range to *Vimāyapura*

Dhamarsala	Distance (Km)	Time (H)	Total (d/h/m)
Tamean-Thmor	17	4.25	
Thmor-Ban Bu	17.6	4.4	
Ban Bu-Kok Prasat	17.8	4.45	
Kok Prasat-Nong Plong	9.5	2.37	
Nong Plong-Samrong Kao	10.6	2.65	
Samrong Kao-Hui Ken	20.4	5.1	
Hui Ken-Kuk Sila	16.6	4.15	
Kuk Sila-Phimay	19.4	4.85	
Average distance/time	16.11	4.02	
Total distance/time	128.9	32.22	1.8.22
Angkor-Dangrek	123.2	31	1.7
<i>Yashodarapura-Vimāyapura</i>	245	61.25	2.13.25

6.3.4.2 Ancient Stone Bridges, *Spean Boran*

a- General Findings

Totally, there are 32 stone bridges have been identified and located along the axis in present Cambodia side as following (fig. 6-15):

- 20 stone bridges found in Siem Reap province
- 18 stone bridges found in Uddor Meanchey province
- The first one located near the capital city Angkor currently named *Spean Prasat Sampov* which measures 27m long x 9m wide.
- The last one located close to Dangrek, named *Spean Khmeng* which measures 12m long x 6m wide x 4 arches. Bridge was partly destroyed by mine in 1980's.
- The longest bridge named *Spean Top* situated in Chongl Kal district, Uddor Meanchey, measures 150m long x 14.5 m wide x 28 arches.
- The shortest bridge named *Spean Hal* at Kol village measuring 7.5 x 6.10 x 3 arches. (see detail work below). Here is table demonstrating of calculation of distance from each bridge, their size and location.

No.	Name	Distance (Km)	Size (M)	Location (district and Province)
1	Spean Tmo (Pr Sampov)	7.5	27 x 9 x arches?	Angkor Thom, Siem Reap
2	Spean Srah /Spean Stung Chkae Kon	8	18 x 7 x 7 arches	Pouk, Siem Reap
3	Spean Phnak Dai	8.5	24 x 6.5 x12 arches	Angkor Chum, Siem Reap
4	Spean Thmo (Kok Doung)	1.5	12 x 6.5 x 5 arches	Angkor Chum, Siem Reap
5	Spean Klakon	1.5	20 x 6 x 8 arches	Angkor Chum, Siem Reap
6	Spean Trapeang Spean	1	12 x 6.5 x 6 arches	Angkor Chum, Siem Reap
7	Spean Prey Spean	2.50	10 x 6 x arches?	Angkor Chum, Siem Reap
8	Spean Ta Liv/Ta Lev	3	18 x 6 x 7 arches	Angkor Chum, Siem Reap
9	Spean Thmo Toch	1.60	11 x 6.5 x 5 arches	Angkor Chum, Siem Reap
10	Spean Thmo	0.20	34 x 9 x 17 arches	Angkor Chum, Siem Reap

No.	Name	Distance (Km)	Size (M)	Location (district and Province)
11	Spean Thmo Trapeang Yeay Loem	1.30	14 x 6 x 4 arches	Angkor Chum, Siem Reap
12	Spean Memay	2.50	32 x 6.5 x 6 arches	Angkor Chum, Siem Reap
13	Spean Hal	1.35	7.5 x 6.10 x 3 arches	Angkor Chum, Siem Reap
14	Spean Memay	0.20	32 x 6.5 x 6 arches	Angkor Chum, Siem Reap
15	Spean Preah Chang E	0.30	34 x 8 x 13 arches	Angkor Chum, Siem Reap
16	Spean O Krabao	13.50	25 x 7 x arches?	Srei Snom, Siem Reap
17	Spean Tbong	4.50	25 x 6.5 x 9 arches	Srei Snom, Siem Reap
18	Spean Choeng	0.50	51 x 10 x 17 arches	Srei Snom, Siem Reap
19	Spean Khmeng	2.60	40 x 9 x 11 arches	Srei Snom, Siem Reap
20	Spean Memay	0.60	40 x 8.5 x 11 arches	Srei Snom, Siem Reap
21	Spean Yeang	0.70	92 x 9.5 x 15 arches	Chong Kal, Uddor Meanchey
22	Spean Top	0.20	150 x 14.5 x 28 arches	Chong Kal, Uddor Meanchey
23	Spean Tbong	0.18	43 x 9.5 x 11 arches	Chong Kal, Uddor Meanchey
24	Spean O Thlok	6	46 x 9 x 14 arches	Chong Kal, Uddor Meanchey
25	Spean Memay	0.60	20 x 7.5 x 9 arches	Chong Kal, Uddor Meanchey
26	Spean Kantrip	0.50	15 x 6 x 7 arches	Chong Kal, Uddor Meanchey
27	Spean Ta Nat	6.10	16 x 7 x 6 arches	Chong Kal, Uddor Meanchey
28	Spean Chramos Spean	2.60	25 x 7.5 x 8 arches	Chong Kal, Uddor Meanchey
29	Spean Memay	1.30	40 x 8 x arches?	Chong Kal, Uddor Meanchey
30	Spean Khmeng	11.30	22 x 7 x 4 arches?	Samrong, Uddor Meanchey
31	Spean Khmeng	5.50	18 x 6.5 x 5 arches	Tonle Sar, Banteay Ampil, Uddor Meanchey
32	Spean Khmeng	17.10	12 x 6 x 4 arches	Prey Veng, Banteay Ampil, Uddor Meanchey

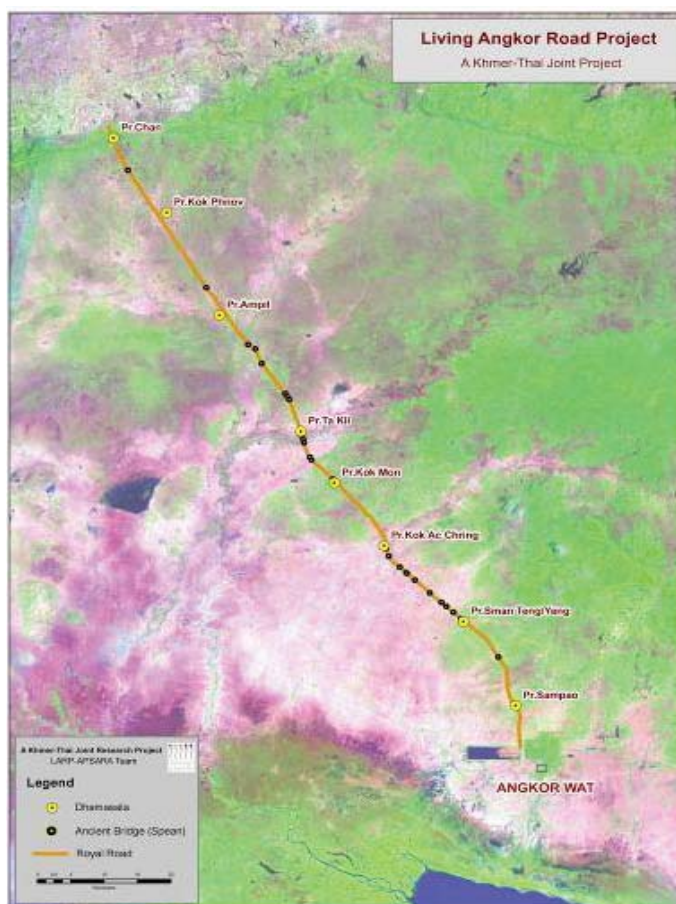


Fig. 6-15 *Spean Boran*, Stone bridges Location

b- A study on an ancient bridge, *Spean Hal* at Kol village⁶

b-1 Location

In Kol village, there are three ancient bridges which situated about 200 meters away from each others. All these bridges were built by laterite of their whole structures. *Spean Hal*⁷ is the smallest one located on the South-east of the other two bridges, and on the North of a huge water reservoir, named *Veal Roneam*, ancient water structure (fig. 6-16).

⁶ This report reworked on last LARP report by Srun Tech

⁷ The local villagers called this ancient bridge as “*Spean Hal* or *Hal Bridge*”.

- Middle part of east façade was fallen down from 2 to 3 layers of stones
- South-east wing wall is still in better condition. But some laterite stones at embankment are moved from the original place, and some are fallen from their original places
- Other three wing walls are completely fallen down, except their basement (see fig. 6-17, 6-18)
- 4 retaining walls are fallen remained only some of their structures



Fig. 6-17 South-east view from a tree



Fig. 6-18 View form North-east

b-3 The bridge structure

b-3-1 Structural Material

The bridge was built from laterite stones. The average dimensions of each block for the construction are: 40 centimeters in width, 60 meters in length and 30 meters in thick. And others are from 190 to 240 centimeters in length.

b-3-2 Construction Technique

The size of the bridge is 6.10 meters by 7.35 meters and 2.50 meters high (from the lower basement). The bridge's body is standing on 2 pillars (1.30 meters wide by 1.57 meters high), 3 corbelled arches (1 meter wide). There are four wing walls and four retaining walls used as stabilizer for the bridge and its foundation (see fig. 6-19).

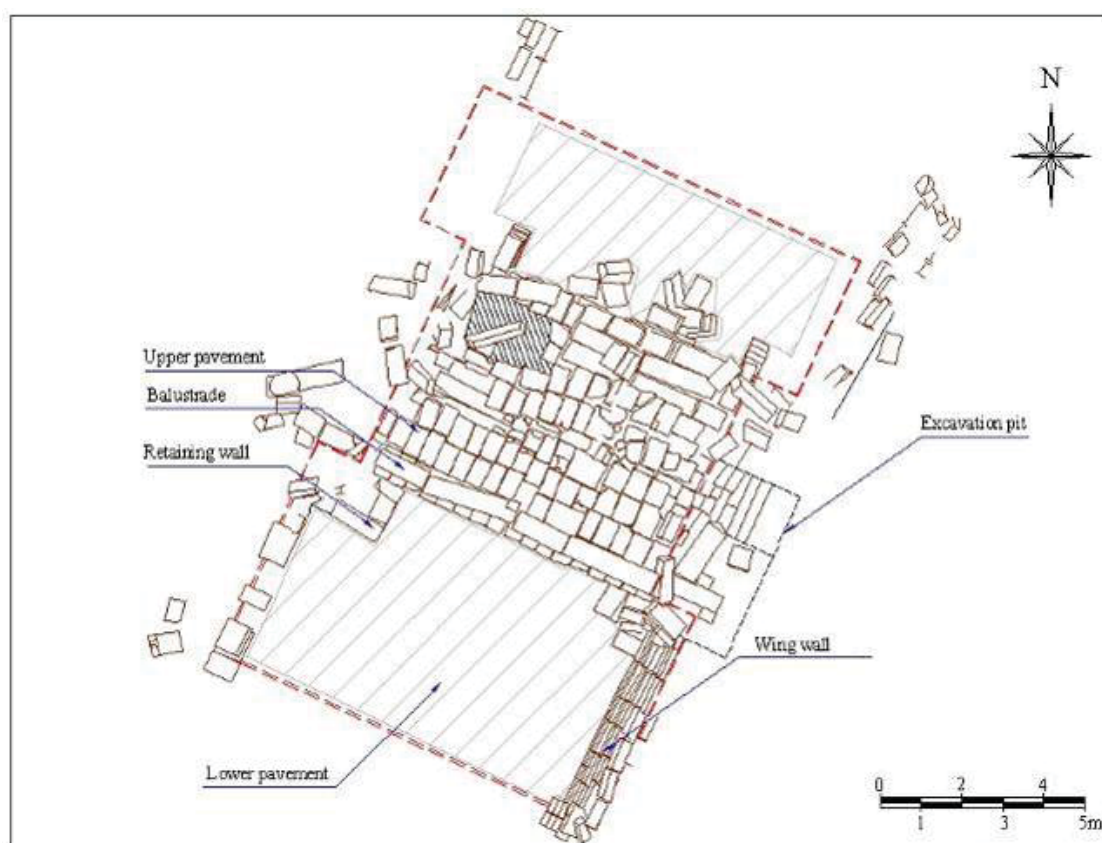


Fig. 6-19 Ground plan, Current status

b-4 Assembling Structure

The bridge's structure was constructed by 9 laterite block layers (from the top layer of the base pavement to the top layer of the bridge body pavement "upper pavement") and might be two more layers for the foundation. The total structure is assembled by 11 layers of laterite stones (see fig. 6-8).

b-4-1 Basement and Foundation

Basement and Foundation are not excavated during the last mission. But we did the coring by using the metal stick at two sides, upstream and downstream close to the facades. This test confirmed the existing laterite stones paved underneath. This laterite layer was paved on compacted sand with rock"⁹. This is the foundation of the bridge.

The upstream basement is recorded about 3.50 meters long and the downstream basement is about 5.00 meters long (measuring away from the pillars). This basement was paved through a slope from upstream with 10 centimeters higher than to downstream.

b-4-2 "Bridge's Head of Bridge Structure/Base of bridge Structure

In the ancient time, Khmer people were skillful in making the slope of the roads, dikes and temple's foundation. Referring to the excavation's result at the "bridge's head" showed that there was also a present of slope's structure which was formed by as staircases of 6 steps linked directly to the road's structure. It was a skillful technique for one supporting the bridge stability, and second from the road's pressure.

Moreover, the 6 steps of the staircase firmly linked with the road's structures by 5 different layers of compacted soil. Some of this layers were composed by fine sand with small stone, and other layers was composed by fine clay compacted with coarse laterite.

By studying on this "bridge's head", we found this is a strong structure which well made bridge to be strong and stabilize (see fig. 6-23, 6-24 and 6-25).

⁹ This is a common foundation structure of ancient stone bridges. We found the structure during the 3 different excavations on ancient bridges situated along the National Road No 6.

b-4-3 Pillars

Nowadays, we can see the bridge's pillars on their upper part about 80 centimeters high. The down part remained underneath of the current sediment about 70 centimeters thick. These pillars were built by 5 layers of laterite blocks¹⁰ as following:

- 1st layer (down from the bridge's body): all the blocks are parallel assembled along the bridge. Their sizes are about 1.70 meters by 35 centimeters.

- 2nd layer: all the blocks are also assembled along with the bridge. They are about 1.20 meters by 35 centimeters.

These two layers were formed as an architrave.

- 3rd layer was assembled along bridge's width by three successive blocks. These three blocks are same size of 35 centimeters wide by 35 centimeters thick.

- 4th and 5th layers are currently underneath of sediment. All these layers might be remained under water (see fig 6-21, 6-22 and 6-23).

b-4-4 Corbelled Arch

Corbelled arches were constructed by two pillars on each side and on the upper part joined by two layers of laterite blocks of their architraves where the block moved toward about 1/3 of each. The dimension of opened arch is 100 centimeters which is large enough for flowing water (see fig 6-20, 6-21 and 6-22).

b-4-5 Wing wall

There are 4 wing walls on the both bridge's head is a slope with 9 tightened steps of laterite block. The wing wall is plying an importance role to protect step bridge from water flow and water erosion to bridge foundation (see fig 6-20 and 6-22).

¹⁰ This 5 layers situated on the surface of pillars.

b-4-6 Retaining wall

The 4 retaining walls were overlapped in square shape and paralleled with the both bridge's head. They were maybe the adding construction after the bridge was finished, in order to add more support. There is no any special connecting point, which is confirmed to fix to the bridge structure. Refer to this point, its function are playing role to protect water pressure and water eroded. Therefore, in the ancient time, it might be strong current or might be bridge's structure was weak? (see fig 6-20, 6-22 and 6-23).



Fig. 6-20 View of retaining wall and wing wall



Fig. 6-21 West facade elevation view

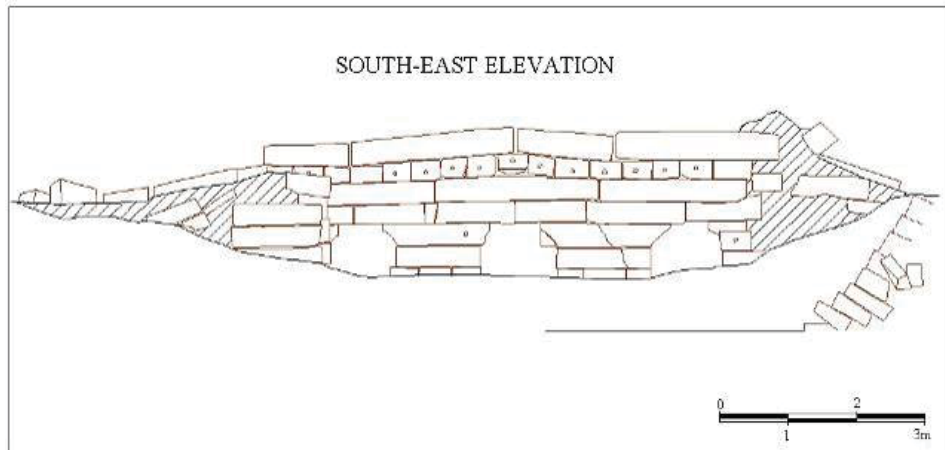


Fig. 6-22 Southeastern Facade

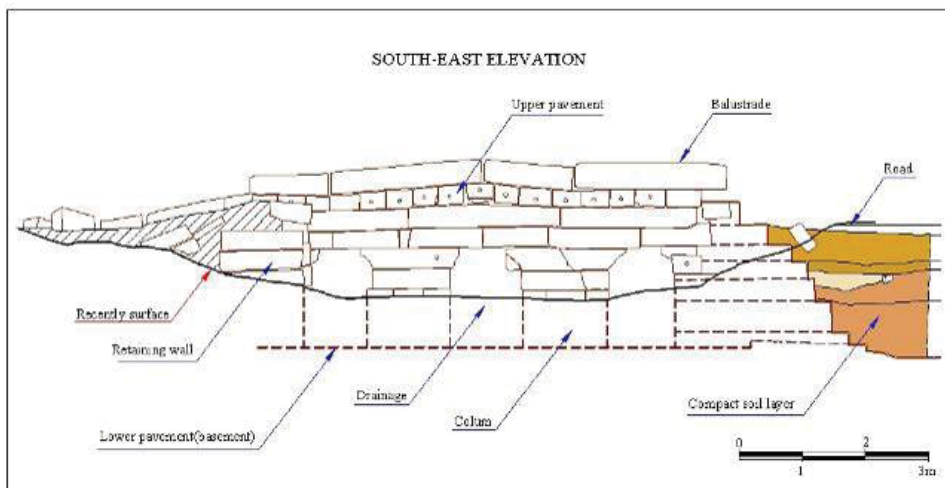


Fig. 6-23 West facade profile



Fig. 6-24 bridge's head structure



Fig. 6-25 Compacted soil layers at bridge's head

b-4-7 Bridge's body

The three layers of laterite were overlapped in crisscross for the bridge's body. It was laid on the step bridge, columns and drainages (see fig. 6-21, 6-22 and 6-23).

b-4-8 Balustrade

Generally, the bridge always has balustrade. This balustrade is short or high depends on the type of structures. This bridge has short balustrade, but no supporter only put long laterite blocks on the both edges of the bridge. The importance function of balustrade is pressing on small stone, in order to stuck them to move from its original place and its function to protect the traffic safety. Thus, all the blocks of balustrade are long (see fig. 6-21, 6-22 and 6-23).

b-5 Reflection to an original form of bridge and road

Referring to result of cross-section and bridge's survey (107 meters away from the two locations), we found the axis line of road and bridge were not standing on the same line. They are standing 5 degree away from each other. If we measure from the bridge's axis, the road's axis stays 5 degree on West. For reflecting the road and bridge use, we reconstructed the original form of bridge and road, based on the studies above, as showing in fig. 6-26, 6-27 and 6-28 below.

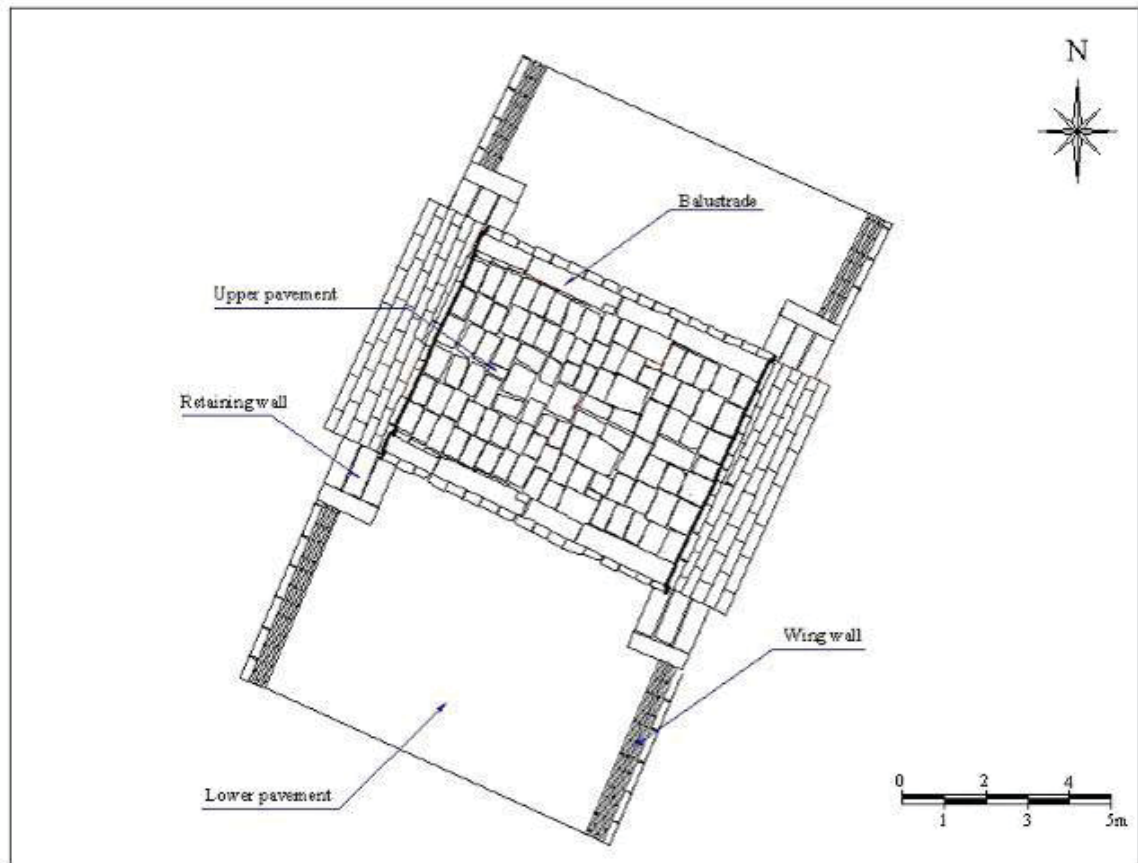


Fig. 6-26 Reconstruction to its original structure

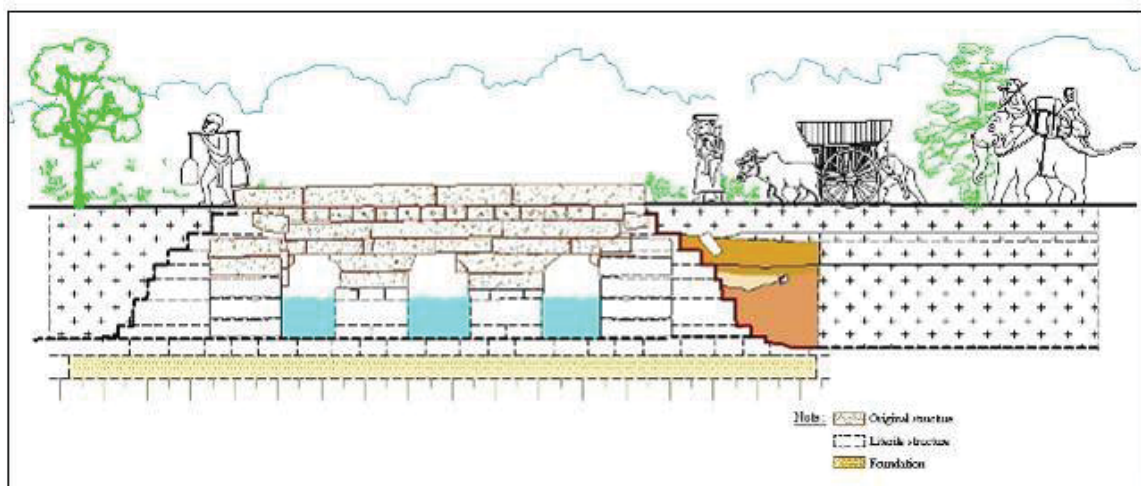


Fig. 6-27 Reflection to the bridge in Use

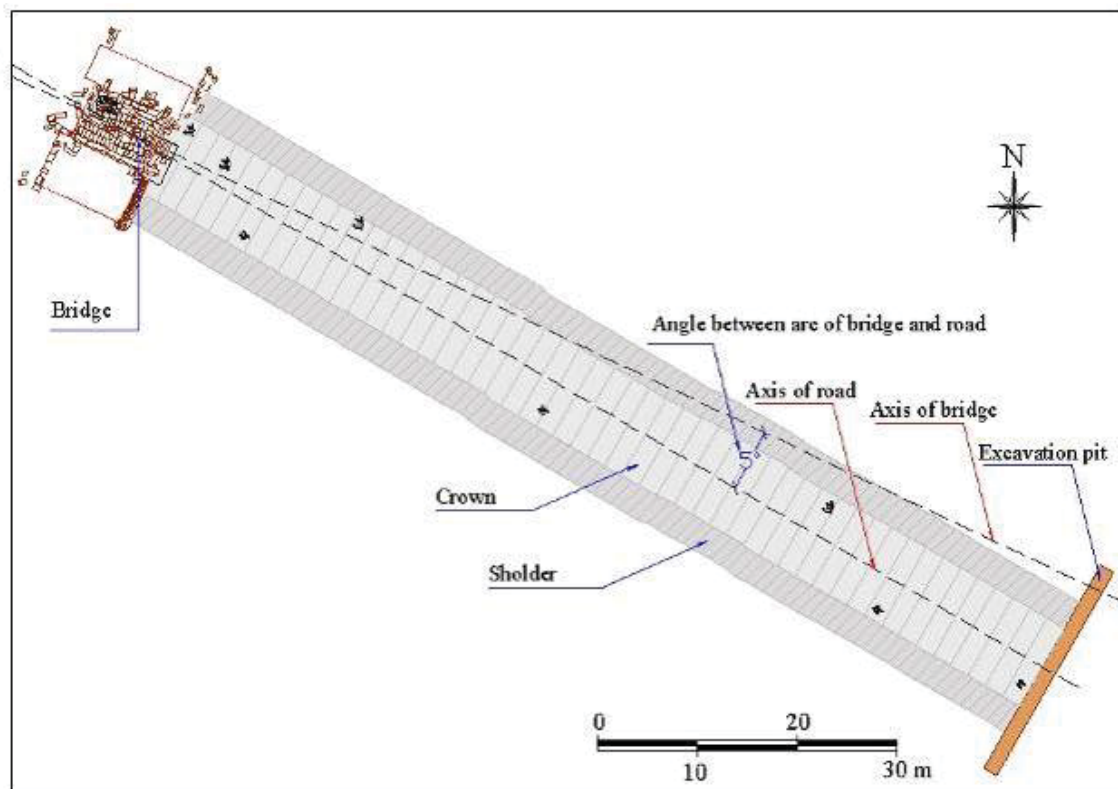


Fig. 6-28 Reflection on the axis of bridge and road

c- Excavation work at Bridge Site¹¹

Two pits are opened: one at the Head of bridge on the south. We opened this for finding the structure linked between bridge and road. This is the first study on bridge structure in Cambodia. Second pit is done at extremity of south-western wing wall for finding its structure.

c-1 Bridge's Head Site

- Step1: Pit is opened 3m (E-W) x 2m (N-S)
- Step2: Pit is extended to East 50cm and to West 80cm
- Step3: Due to time limited, we reduced the pit's size into 1m x 1.5m at the Eastern corner and 80cm x 80cm at the Western corner. The Eastern pit had its deep 2m down until ground water infiltrated. We dug down the Western pit just at 90cm deep (see fig. 6-29 and 6-30).

¹¹ This section contributed jointly with Ea Darith

c-1-1 Soil Layer

- Layer 0: 0cm-40cm is upper layer of Royal Road. This layer was worn during last thousand year remained just such thick: Sandy loam, light gray, fine, slightly hard
- Layer I: 40cm-85cm, sandy loam, grayish brown, organic soil, hard
- Layer IIa: 85cm-105cm, loamy sand, grayish brown, coarse laterite, sticky, very hard
- Layer IIb: 105cm-130cm, sandy loam, grayish dark red, coarse alterite, very weak
- Layer IIIa: 130cm-170cm, loamy sand, dark red, coarse laterite, sticky and very hard
- Layer IIIb: 170cm-260cm, loamy sand, grayish dark red, sticky and very hard
- Layer IV: under 260cm, coarse laterite layer

c-1-2 Object Found

10 small ceramic pieces found at this site: 6 Khmer ceramic pieces and 4 Chinese ceramic pieces (more detail see full report below).

c-2 Wing Wall Site

- Step1: Pit is opened 3m (N-S) x 2m (E-W)
- Step2: Extension 1m to the North (see fig. 6-31 and 6-32).

c-2-1 Soil Layer

- Layer 0: 0cm-15cm, sandy loam, soft, sediment, fine
- Layer I: 15cm-35cm, sandy loam, grayish brown, fine, organic, sediment, soft
- Layer II: 35cm-55cm, loamy sand, grayish dark red, coarse laterite, slightly sticky
- Layer III: 55cm- 75cm, loamy sand, grayish red, very sticky and well stuffed
- Layer IV: under 75cm, loamy sand, dark brown, coarse laterite, very hard.



Fig. 6-29 and 6-30 Bridge's head site



Fig. 6-31 and 6-32 Wing wall site

c-2-2 Object Found

4 small Khmer ceramic pieces found at 30 cm deep. They were pieces of earthen pot. Base on decoration left on pieces, they probably were **pre-historic ceramic**.

d- Result from Analyzing

The bridge is small size. But laterite blocks are big size. This is important for construction technique, i.e. making bridge strong because of its whole structure is big for columns, arches and foundation. Moreover, the dimension of the basement is approximately 15 m x 10 m which making strong enough for the bridge structure.

So, this bridge structure was built for heavy load and supported the strong current in rainy season. Furthermore, by the study on Hal bridge, we understand geographical formation of Kol village where the slope runs down from North-east and the current flows down from the same direction. Thus, it reflects to thinking the same situation in the ancient time.

On the other hand, there are three bridges in this community where given water flow from the up North-east down to South-west, where the community settled. Hal bridge was one of the three who was served, besides its fundamental function for transportation, as water drainage system, an inlet where the water flows to feed Veal Roneam (an ancient water reservoir) for supplying to the local community, Kol village. The functional system of *Hal* bridge is currently using by local people.

Based on analyzing on stone samples and bridge structure done by Civil Engineering Department, CRMA, Thailand, loading capacity of *Spean Hal* could be reachable **42 tons** of weight. A heavy loaded such as elephant could freely pass through the bridge (see fig. 6-27).

6.3.5 Archaeological sites: Temples

These are very important feature of the study. Most of the buildings are badly ruined and seriously looted. These temples were built on plain mound which are covered on an area mostly bigger than sq. 900 meters (30m x 30m). These temples faced east, surrounded by moat and some plus with laterite wall (inside the moat). We always found a small or big water structure situated on the east of the building. Some temples opened to the both sides: East and West. And some opened only to the East. There are 87 temples found in the buffer zone which classified into three categories (see fig. 6-33):

- 68 brick temples which some of them can be identified as Pre-Angkorian styles Some of them had only one tower some had three towers and other with five towers.

- 13 sandstone temples

- 6 laterite temples

The last two types were certainly Angkorian styles which some can be identified a single tower with a library and wall enclosure, and other were a complex.



Fig. 6-33 Archaeological sites

6.3.6 *Arogyashala*, Chapel of Hospital

Ta Prohm's Inscription dated under reign of Jayavarman VII, listed 102 hospitals were built in his Empire (see fig. 6-34). These building called *Arogyashala* which were situated in capital city and in various provinces.



Fig. 6-34 Bas-relief at Bayon

Up to date, about 30 chapels are identified in current Thailand (see Muang Boran 2004) and 20 structures found in Cambodia which identified below:

- There are 5 chapels found in capital city Angkor
- 4 buildings found in Banteay Chhmar, sister city of Angkor Thom¹²
- 2 chapels found along Angkor-Sambor Prei Kuk Road
- 1 chapel found along Angkor-Bakan road
- 1 found in Beng Mealea
- 1 found in Bakan, called Preah Khan Kompong Svay
- 1 found in Koh Ker
- 1 situated on the north of Phnom Dek region, Preah Vihear province; etc.

- There are 8 hospitals found along Preah Kunlong, Angkor-Phimay where 4 chapels situated along the axis from Angkor to Dangrek. These chapels are: *Prasat Prei Prasat* situated on Northwest corner of Angkor Thom, just about one kilometer outside city wall; *Prasat Ta*

¹² This is a new finding. The report on these four structures will be published soon by the author.

Koem situated in Kol village; *Prasat Prei Nokor* located in Chonkal, Uddor Meanchey; and *Prasat Tor* (local name), called *Ta Mean Toch* situated on Dangrek.

If we do calculation the distance the four hospitals located along the road from Angkor to Dangrek, so we got the average distance from one to other is roughly 40 km. This means taking about half day walk, passing two relay stations, rest-houses.

6.3.7 Ancient Inhabitancy, *Kok*

We have identified 27 sites supposed as "ancient resident area" located along the axis. These sites called "Kok" (literally means "plain mound"). Most of these sites are still living by villagers. One of these communities has been studied in detail. That is Kol village¹³ where situated close to the Royal Road. This is an example of a study on an ancient agglomeration structure (see detail report at LARP 2008, first semester: Sep 2007-Feb 2008). Archaeological features found at the community as below (see fig. 6-35):

- 5 ancient temples dated different periods: a chapel of hospital, *Arogyashala*; a chapel of rest-house, *Dharmashala*; a 11th century temple and a pre-angkorian brick temple.
- 3 stone bridges which one is called *Spean Hal* as written above.
- 9 different types of water structures
- 2 ancient local roads linked to Royal Road
- 5 *Kok Srok* sites where 3 of them are identified as prehistoric site dated Stone Age.

¹³ we called here in our study as *Hospital Community* or *Arogyasala Community*

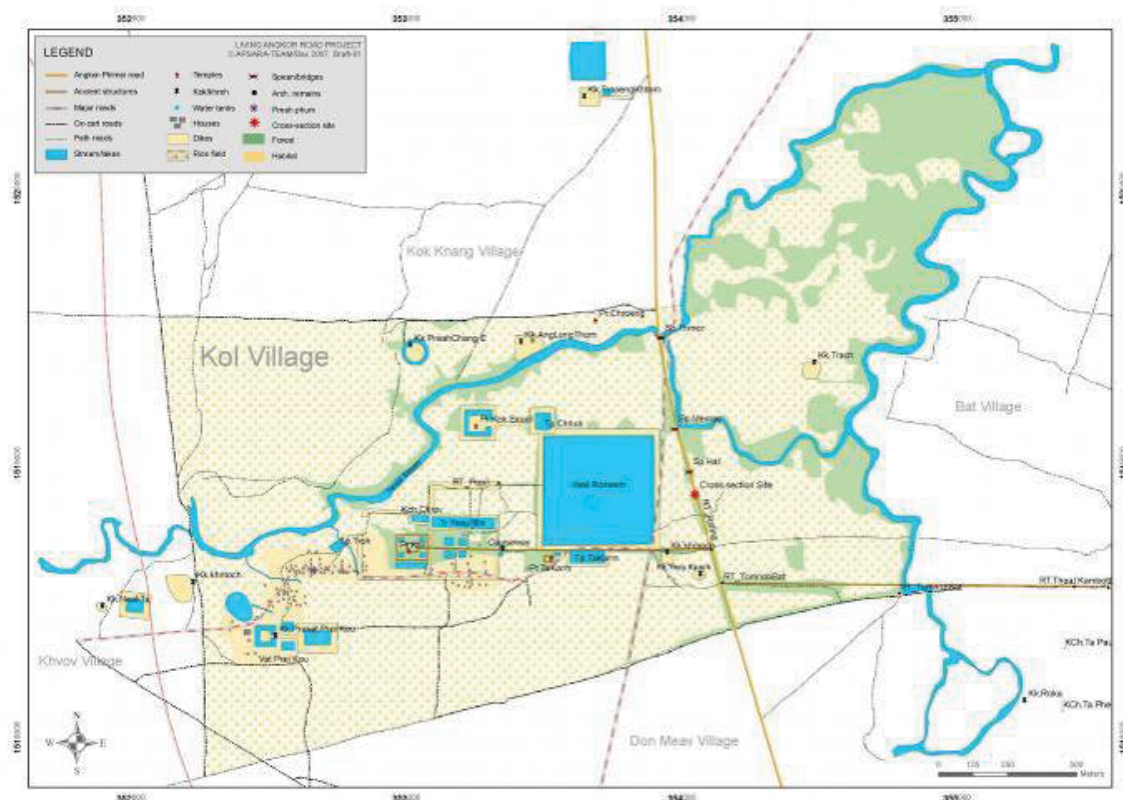


Fig. 6-35 Archaeological Map_Kol village

6.3.8 Water Structures¹⁴

The study on typology of water structures is almost done, but we need more study on other region, as a comparative study. For this project, there are 16 different types and names have been identified such as: *Thlok, Khou, Anlong, Srah, Kanhchan, Trapeang, Chok, Boeng, Santouk, Khnar, Khnach, Rohal, Rolom, Loboek, Tonle, Baray*. Each type designs a form, size, structure and origin different from other. Almost of them are the ancient name found in different inscription. For example: *Trapeang*, (Travan) written in inscription K.222; K.843; K. 207; *Rolom* written in Sdok Kak Thom inscription and K. 257,352, 229, 235, 353; *Chok* written in K. 357, 257, 235, 523; *Tonle* in K.904, 598, 383; etc.

We can divide into three different type of size: Small, Medium and Large; and into two type regarding their origin and form: Manmade with geometric form and Nature with no form but modified later on.

¹⁴ This work developed by Khieu Chan

About the size:

- Small size: *Thlok, Khou, Anlong, Srah, Kanhchan,*
- Medium Size: *Trapeang, Santouk, Khnar, Khnach*
- Large Size: *Chok, Boeng, Rohal, Rolom, Loboek, Tonle, Baray*

About their Origins and Forms:

- Manmade: *Khou, Srah, Kanhchan, Trapeang, Santouk, Khnar, Khnach, Loboek, Tonle, Baray*
- Nature: *Thlok, Anlong, Chhok, Rohal, Rolom, Boeng*

During the ground survey along the axis from Angkor till Dangrek, there are 385 water structures have been identified as ancient structure based on remained of artifacts: ceramics, stone sculptures on their dikes; associated structures to communities or temples and road. Generally, we can determine these structures into three groups:

a- Most of theses structures are associated to communities situated in the buffer zone (4 km). At least one community had about three different sizes of water structures. They are mostly still using and highly threat to lose.

b- Some of them are associated to the temple complex. Normally, each temple had at least one water structure situated on the east (no included the temple moat).

c- And only 53 structures identified as associated to the Royal Road. These structures located the further one around few hundred meters and on the both side of Royal Road. They are mostly rectangular form built by four dikes, stretching east-west facing to the Royal Road. These structures are differently typology as following: 1 *Srah*; 42 *Trapeang*; 1 *Tonle*; 1 *Boeng*; 2 *Santouk*; 2 *Loboek*; 2 *Kou* and 3 *Rolom*.

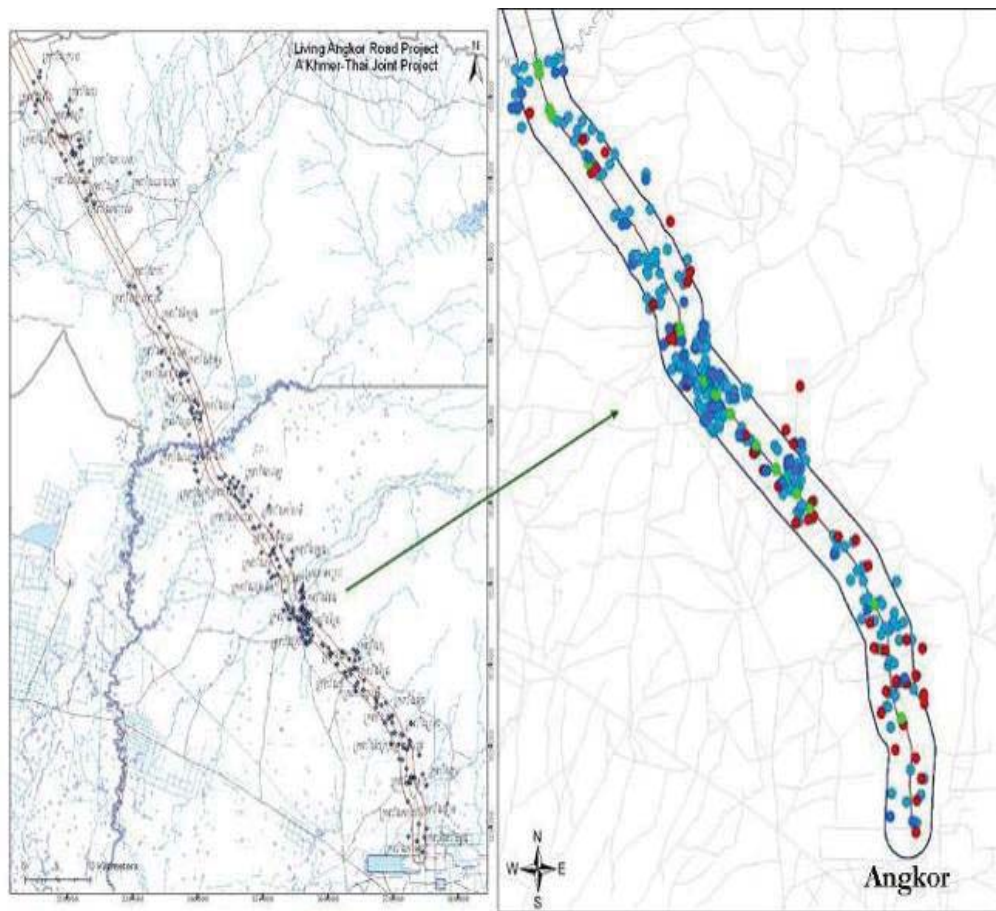


Fig. 6-36 Water Structures

We got a lot of information regarding “Thmo Kol”, *gol*¹⁵ (stone post) during the ground survey which told by villages. Despite the landmine and time limited, we could not be reached to all post, but we did mapping only 14 *Thmo Kol* which some located along the road and some scattered in the rice fields situated in the buffer zone. There are two forms of post: one was sculpted a lotus flower on top; and other one was curved on the top formed lotus petal or pyramid (see fig. 6-37, 6-38 and 6-39). Some posts were sculpted on its faces into Buddha images.

¹⁵ *gol* means “stake, post”, is written in many inscriptions such as: K.831; 521; 470; etc.



Fig. 6-37 Lotus flower



Fig. 6-38 Pyramid shape



Fig. 6-39 Buddha image

*** A reflection to the *gol* use**

As mentioned about the inscriptions cited here, *gol* was used for delimiting land, village and specially delimited the sacred and the profane. The last role found everywhere used at temple complex and in modern day at monasteries as well. Only one inscription remained on a door jamb of northern Kleang temple (11th century) in Angkor, drawn a plan of huge land offered to temples, etc (see fig. 6-40 and 6-41).



Fig. 6-40 Rubbing at Kleang (Plan of Land)



Fig. 6-41 Translation by G. Coedes

6.3.10 General Discussion on Royal Road *Yashodarapura-Vimayapura*

a- Collective knowledge on this axis is still living. Villagers called this road as *Preah*¹⁶ *Kunlong*¹⁷ (*vrah ganloñ* which at first was found in an inscription K.175, dated 10th century), literally means Royal Road. In additions, local people still respect and worship to *Preah Kunlong*. No local people dare to disturb the ancient road. Interesting information found nearly everywhere, once we asked villagers, where this road comes from and leads to? They will be no hesitates reply back: *It's from Angkor and to Siam*. Some local people still remember its terminus and said that “it went to *Nokor Reach* in ancient time”. Phimai is not familiar within the local people. But *Nokor Reach, Korat*, is still on their memories.

b- Villagers at the Dangrek region have an extraordinary knowledge concerning *Preah Kunlong*, its origin and destination. Many local legends relating to ancient road are still talking from generation to next. The most important one is a story regarding the Laterite steps called *Phlov Romkel Sap*, Banteay Chhmar and Angkor. It was the story of the King named *Yos Ker*, which was probably derived from the former name of *Yashovarman* (more study to be carried out in the future).

¹⁶ Glorious, illustrious, Sacred. A sacred being or object: god, king, statue, etc...

¹⁷ Way, track, road

c- In theory, Royal Road was straight where can be detected for some distances from aerial view seen as a straight line. But for some area it was deviated accordingly its orbit. Here are just only three cases to give as example::

- It was deviated its direction when it was be reached to a temple called *Preah Khan* located about 20km on the northwestern of Angkor Thom. This means the Road might be existed after the temple built

- It was turned its direction to East about 20 degrees when it was reach Kol village situated about 35 km on the northwest of Angkor. Here is exactly the case. Based on the archaeological mapping on the village, we found human settlement here dated back to Stone Age, the present of Pre-Angkorian temple style, and some early Angkorian temple style. This is proved that Kol was settled for long time and became a huge agglomeration before building the current Royal Road.

- It was deviated its direction again when it arrived to a village named *Kok Spean* at Chongkal. This village is a prehistoric site, a mound moat site. Two stone bridges found at each side of the village: one at the southeast when road was be reached at the moat. Then, Royal Road was overlapped on the ring road of the village. And, Road linked to second stone bridge situated on northwest when it was passed through the moat of village again.

d- The integration of this multi-disciplinary research project has projected the history of Royal Road and its use. The evident issued from analyzing on ceramics found at excavation site in Kol village and found at different sites along the ancient road (see LARP 2008), from remote sensing and GIS, from excavation work and historic context, can be used to propose some hypothesis as following:

- Royal Road and bridge were not built before 9th – 10th C
- Road might be entirely became an axis linked from Angkor to Phimai from 11th century
- Stone bridges were built between 11th - 15th centuries

e- Based on the study on Cross-section, Royal Road was built by four compact soil layers and rehabilitated from time to time.

f- At Present *Preah Kunlong* is being in use for some parts, and highly threat from new rural development plan and land grabbing from new settlements, the outsiders.

6.4 Ceramic Study¹⁸

The entire article on this study has been specifically done a part from this report. It has attached along with this main report (see APPENDIX E).

6.5 Prehistoric Study¹⁹

Initially, this study was not included into the fold of the framework. But, during the course of the ground survey, we have accidentally found a lot of prehistoric remains such as stone tools, metal tools, ceramics and skeleton of human remains. These evident found at sites where some of them are presently occupied by local people living as their villages; and most of these sites are looted. We can identify these sites and classify them into four typologies:

- Plain mound
- Circular mound
- Circular mound moat
- Normal plain.

Along the Royal Road stretching in side Cambodia, 23 prehistoric sites are identified located in district of Pouk, Angkor Chum and Srei Snom in Siem Reap, and in the district of Chongkal in Uddor Meanchey. These sites are listed in the table below:

Location	Number of Site	Typology	Artifacts found
Siem Reap	18	- 14 Mound moat - 2 Circular mound - 1 Circulra mound moat	Stone tools, metal tools, litho phone, Ceramics and Skeletons
Uddor Meanchey	5	- 4 Mound - 1 Circular mound moat	Stone tools, metal tools, Ceramics and Skeletons

All the sites situated close to water way: stream, creek or natural water structure. Some of them are villages where people are still living and also remained ruined temples which some

¹⁸ This entire section contributed by Ea Darith

¹⁹ It is contributed by Heng Than

dated Pre-Angkorian period, and some Angkorian period. Some sites called *Kok Srok* situated near by the village.

6.6 Initiate Archaeological Database

We also developed the Excel format for Archaeological information collected from field survey. The structure is designed as following:

- Inventory Code by LARP
- Old Inventory Code done by Ministry of Culture and Fine Arts
- Archaeological site's name: Khmer and Romanization
- Date of Survey
- Site Location: Administrative location and its UTM
- Current Status: Threat, Looting, Vandalism, Nature (high, medium, low)
- Archaeological Typology: Temple, Arogyasala, Dharmasal, Road, Bridge, water structure, etc
- Archaeological Structure
- Art Styles; Date
- Dimension
- Remark/description

For detail information see Annex V_Archaeological database.

6.7 Application of Remote Sensing and GIS²⁰

6.7.1 Objective:

- Identification the archaeological data information along the ancient road: temples, water structures, road traces, ancient industries, human settlements, and man made structures, etc.
- Surveying and analyzing the lost part of road traces, laterite step and ox-cart passage at Dangrek Mnt. Cliff near Tamean temple

²⁰ This section contributed by Kim Samnang.

- Mapping and Analyzing the complexities of the Ancient settlement, *Arogayasala communities*, at Kol Village (40km on the North-west of Angkor)
- Development of basic Geo-Informatics information resources for the further study
- Development of Internet Geo-Spatial Database Server

6.7.2 Methodology

6.7.2.1 Resources

- Old maps: different old maps drawn by French dated from late 19th century (Bastian, Aymonier, etc.), early 20th century (Lunet de Lajonquère) and following until current date.
- Topographic Map 1960, scale 1:50,000
- Topographic Map 1972, scale 1:250,000
- Topographic Map 2003 (JICA), scale 1:100,000
- Aerial photos dated 1945, 1957, 1997 and 2004, scale 1:40,000
- Landsat ETM 2002 with 15m resolution
- Spot 2003 with 15m resolution
- Ikonos 2005 with 1m resolution
- SRTM with 90m resolution`
- Hand Drawing Map local chief authority



Fig. 6-42 Lunet de Lajonquière, 1904



Fig. 6-43 Topographic Map 1972, scale 1:250,000



Fig. 6-44 Topographic Map 1960, scale 1:50,000

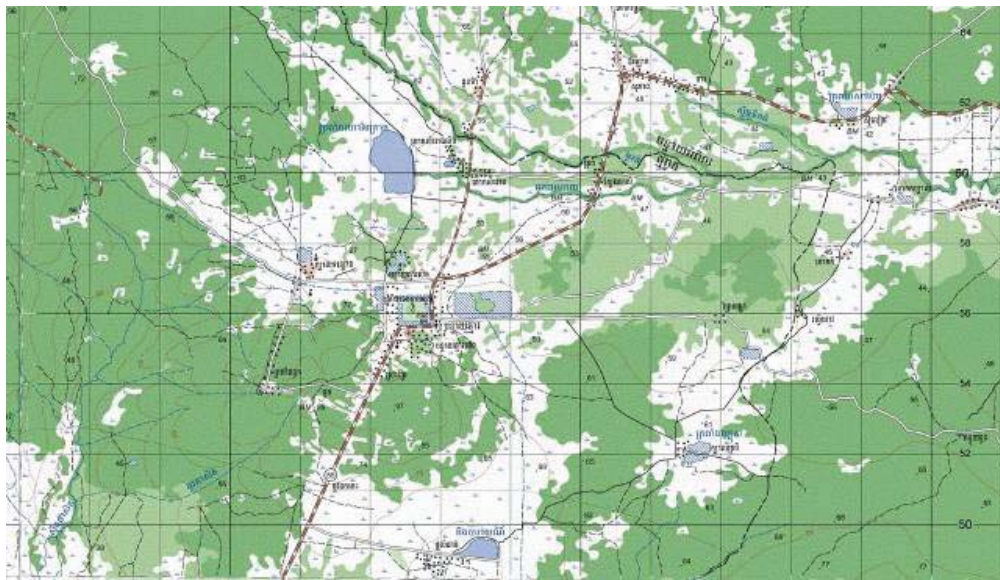


Fig. 6-45 Topographic Map 2003 (JICA), scale 1:100,000

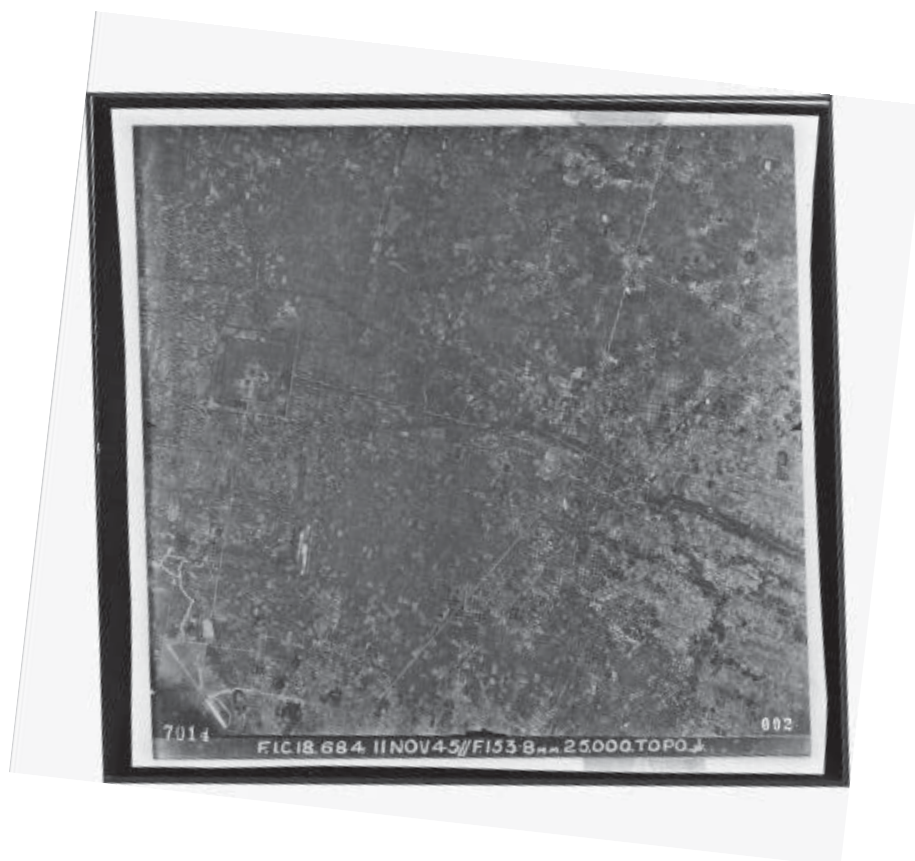


Fig. 6-46 Aerial photo 1945



Fig. 6-47 Aerial photo 1957



Fig. 6-48 Aerial photo 1997 and 2004



Fig. 6-49 Spot 2003 with 15m resolution



Fig. 6-50 Landsat ETM 2002 with 30 m resolution



Fig. 6-51 Quickbird 2005 with 60 cm resolution

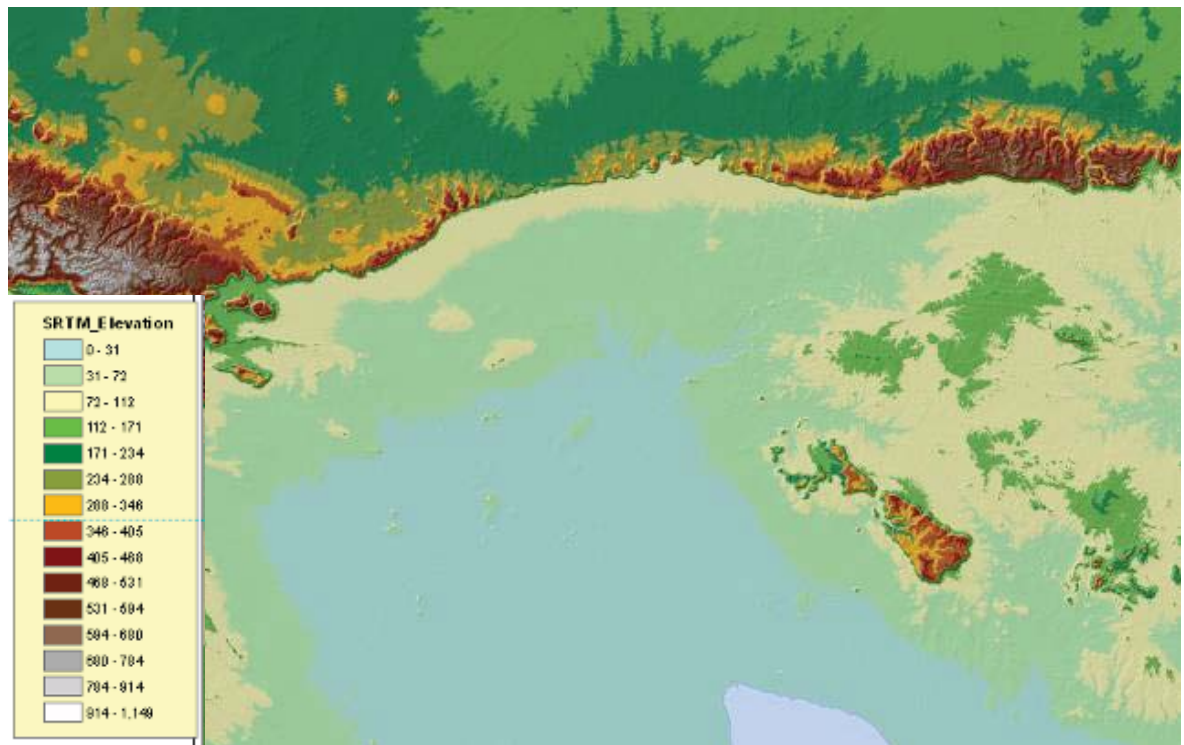


Fig. 6-52 SRTM with 90m resolution

6.7.2.2 Software and Materials for Application

- Software application for GIS and RS: ArcGIS Desktop 9.2 application & Envi 4.0 application
- Ground operations by using GPS, Garmin M5 IQue, Digital Camera...

6.7.3 Application for Research Work

- Making the geo-referencing of old aerial photograph on the study areas
- Digitization and classification layers from the old and new aerial photographs.
- Analyzing of Remote Sensing and GIS for field survey planning
- Designing buffer zone for the field research which is covered 2km away to each side from the supposed axes. That field survey covered on area of 4km wide by 125km long from Angkor to the current borders of both countries.
- Collecting the Archaeological and Cultural data information

- Pinpointing the all data collected along the ancient road: existing road structures, temples, water structures, road traces, ancient industries, human settlements, and man made structures, etc.
- Plot the location of archaeological data information along the ancient road.
- Modification and re-location the Royal Road traces on the maps based on the latest data survey
- Modification the buffer zone in map according to Royal Road traces found in some part of its axis
- Verification data collection on field surveys
- Detail mapping of Kol and Bat villages which included such as archaeological sites, old structures, houses, road networks, hydrological networks, and so on.
- Comparison and analyzing on the current collection data and the existing data in the past and present
- Producing a new archaeological map of the Kol and Bat villages (see attached map)
- Producing various field survey maps and various maps for using in communication
- Developing Archaeological and Cultural Database.

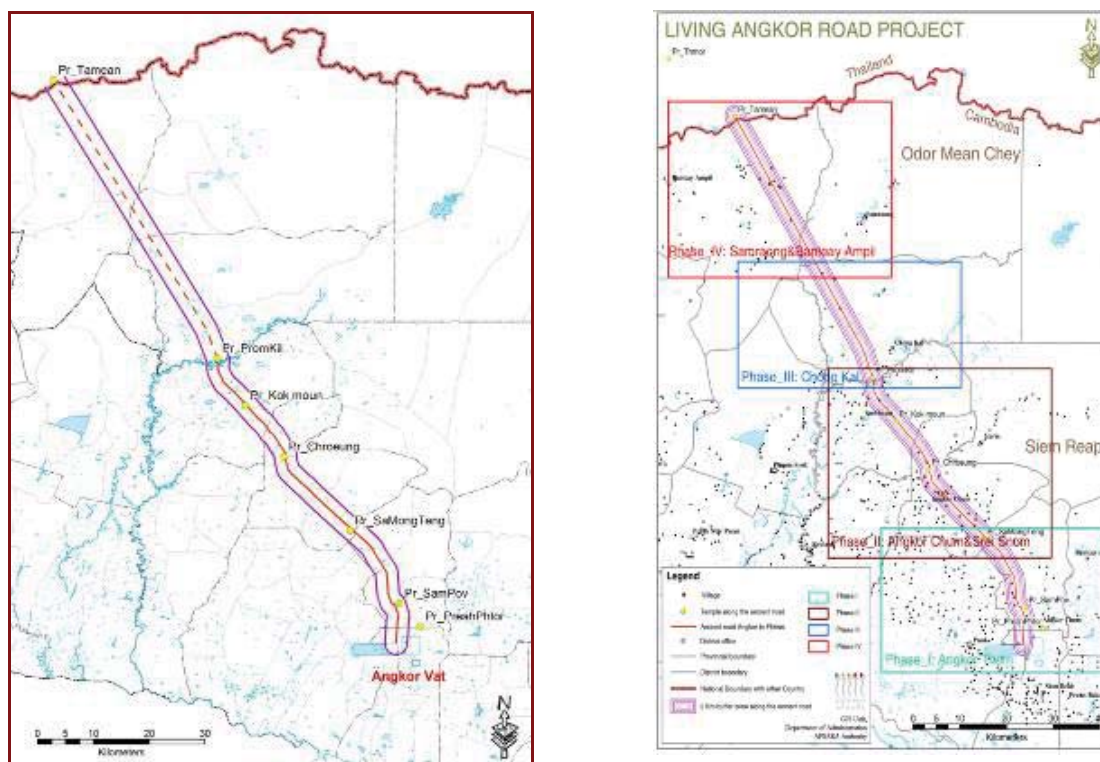


Fig. 6-53 Design work plan for the field survey

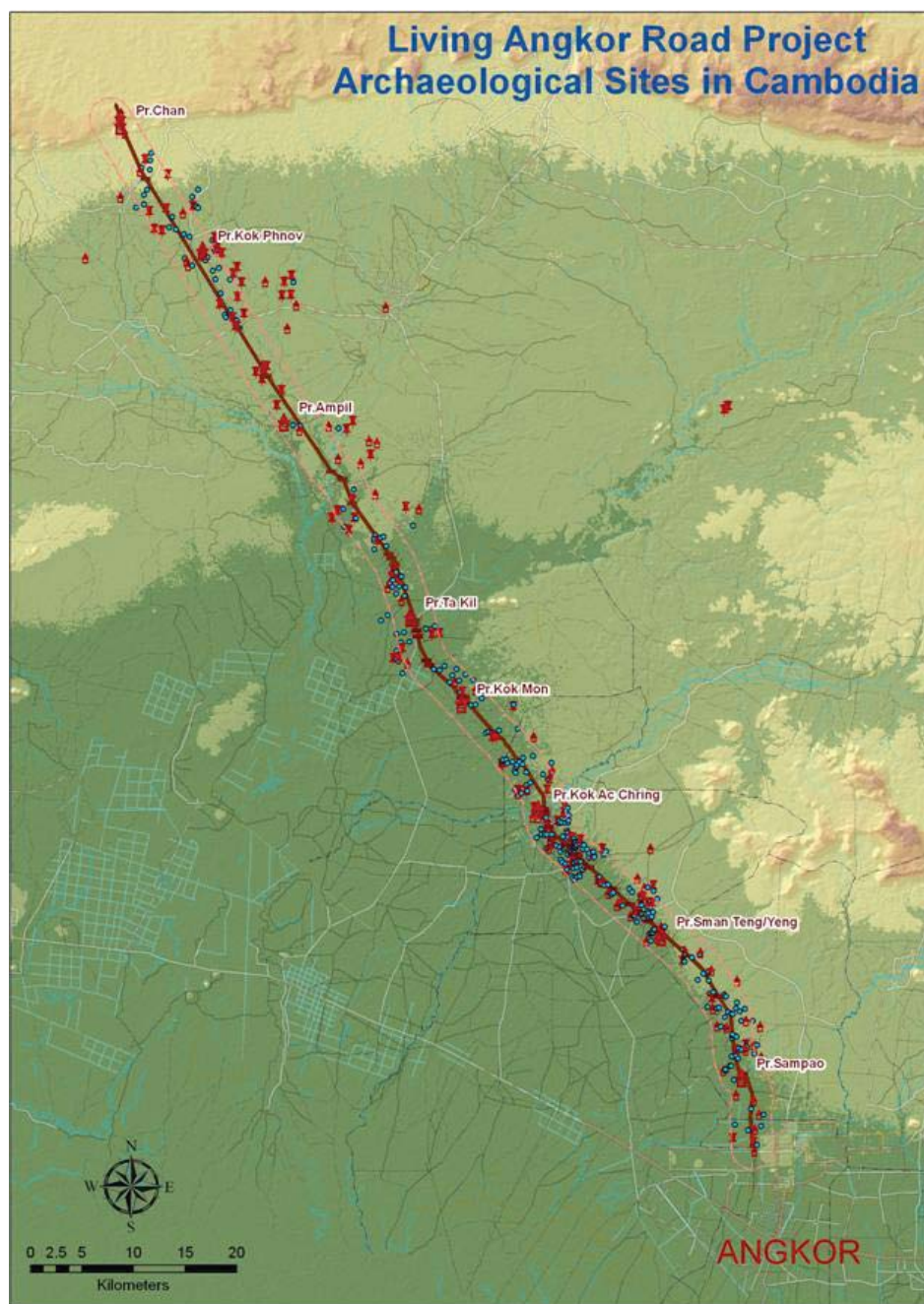


Fig. 6-54 Pinpointing and Plotting Archaeological data collection from the field survey

Fig. 6-55 Analyzing the lost part of road traces, Identification the Laterite steps and Ox-cart passages at Dangrek

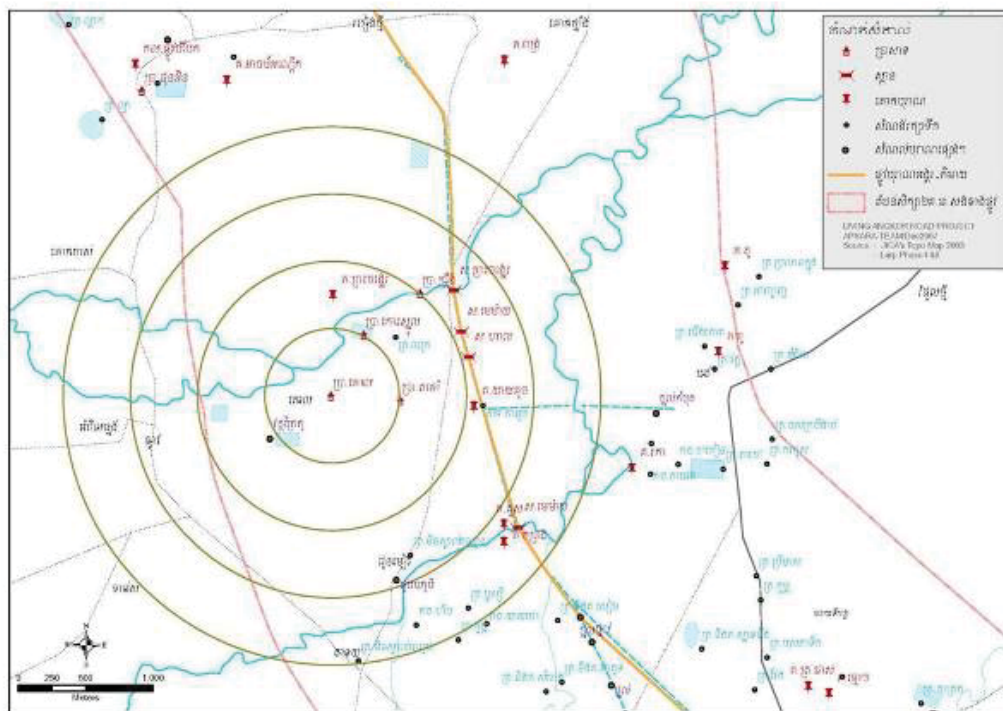


Fig. 6-56 Archaeological Mapping Zoning at Kol village, an *Arogyashala* community



Fig. 6-57 Analyzing Archaeological Features of Kol village on aerial photo 1957

Archaeological Mapping Zoning at Kol village, an *Arogyashala* community

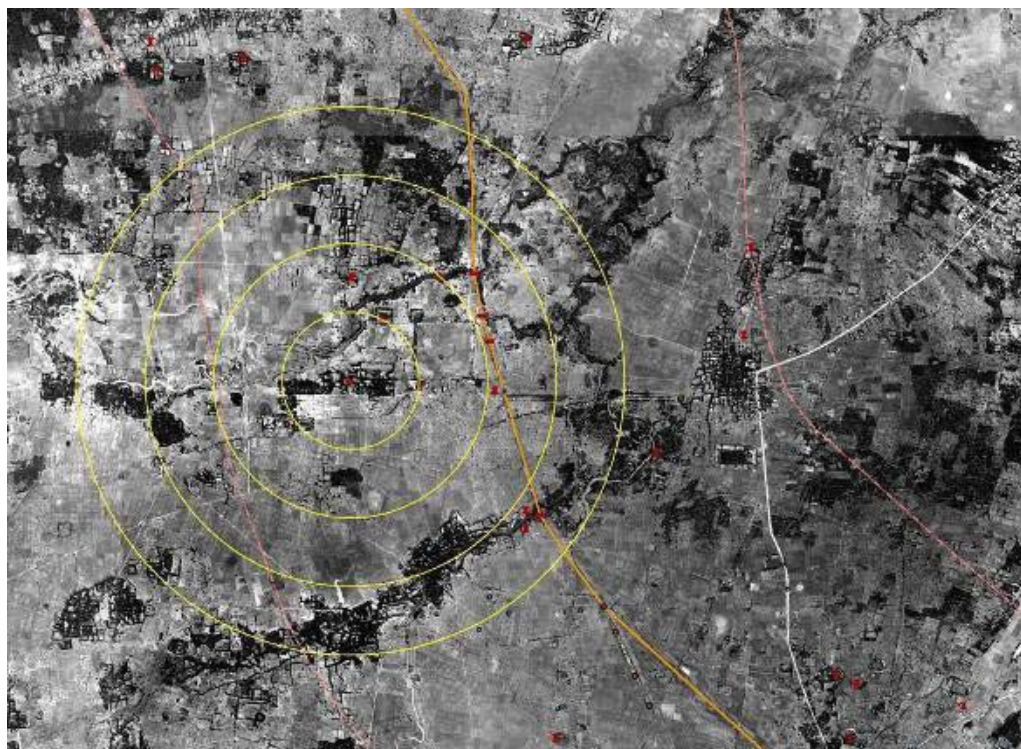


Fig. 6-58 Analyzing Archaeological Features of Kol village on aerial photo 2004

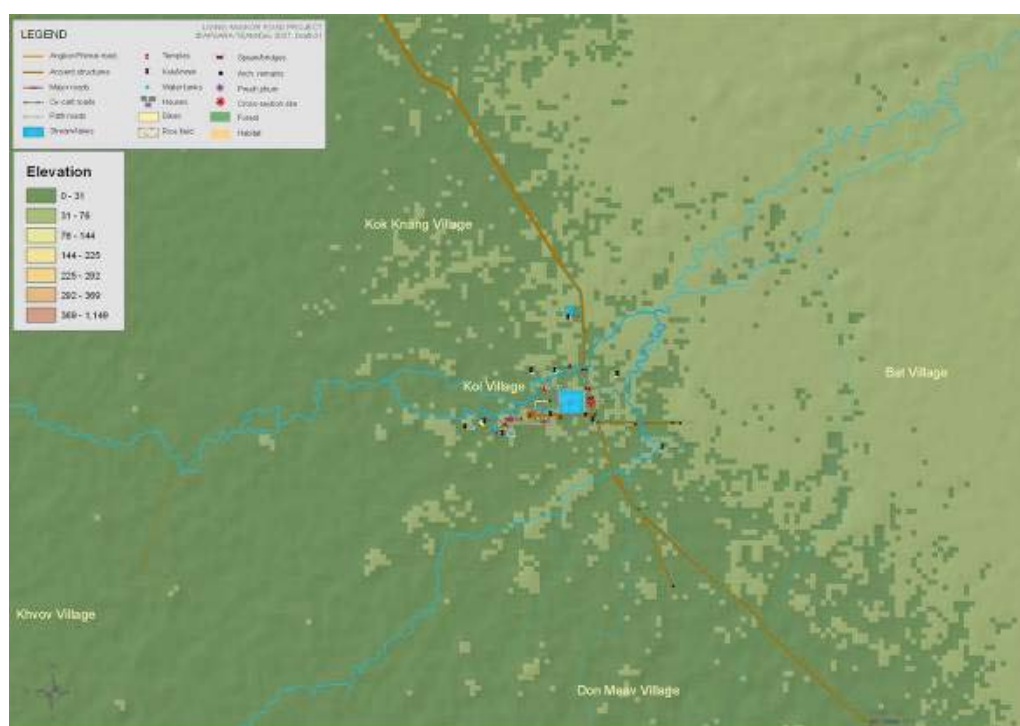


Fig. 6-59 Analyzing Archaeological Features of Kol village on SRTM

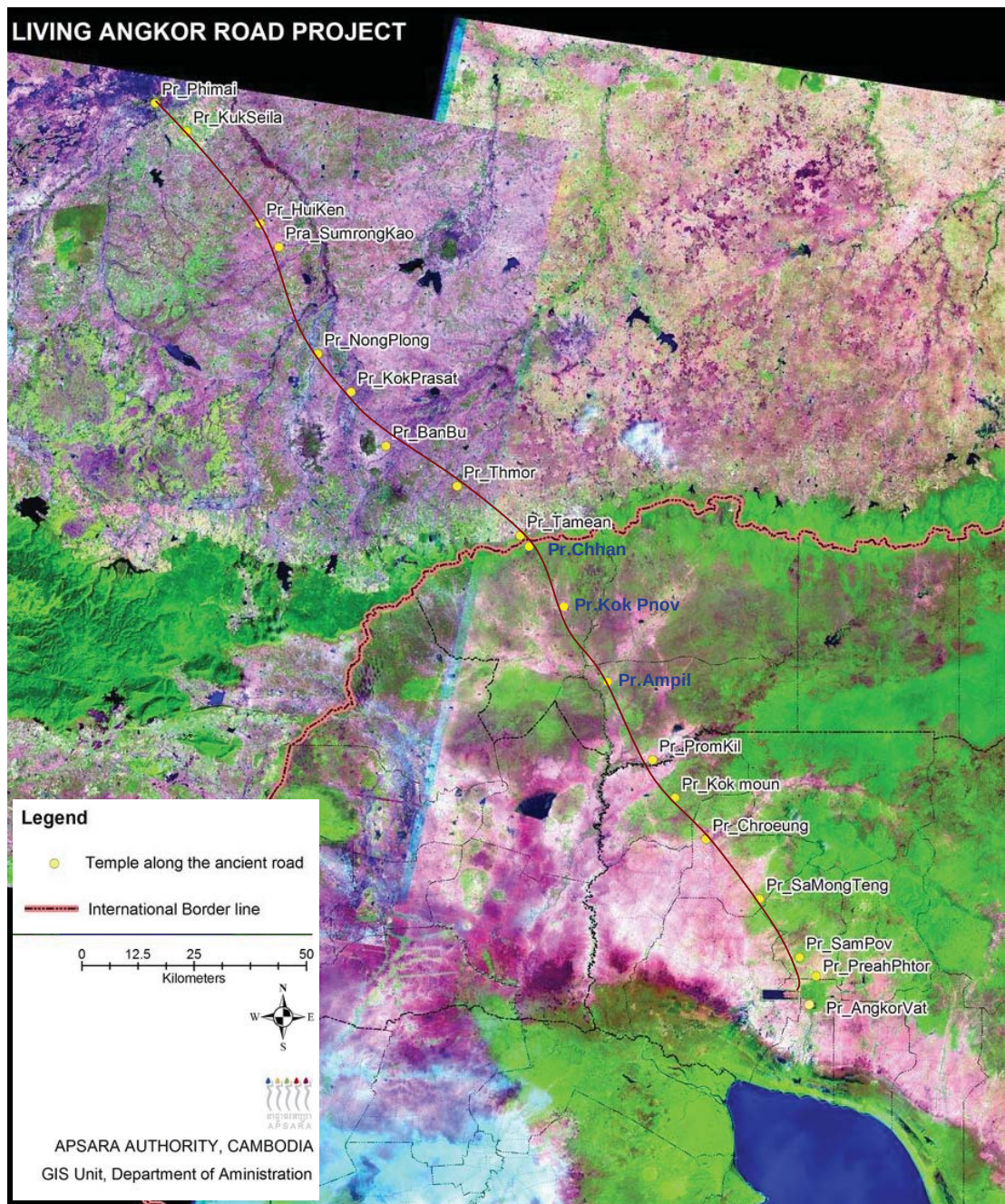


Fig. 6-61 Royal Road and Dharmashala

6.8 Communication

a- Annual meeting of Technical Committee, International Co-ordinating Committee for the Safeguarding and Development of the Historic Site of Angkor (ICC), June 5-7, 2006

c- Presenting the work in progress within International Conference on "Southeast Asian Cultural Values: Exchange and Cooperation", Siem Reap, December 12-13, 2006.

d- Dissemination an abridge of its first phase result for *APSARA Authority* on May 2nd, 2007. Director General and his deputies, seven Technical Department heads, staffs and representative from Unesco Phnom Penh office are attended the presentation.

e- Joint presentation in *Live VDO broadcast Lecture from Ban Khao Din Tai, Ban Kruat, Iron Smelting Excavation Site*, May 18, 2007. APSARA Team presented two topics for the lectures which themes one was "In search of ancient industry: Iron Smelting in Cambodia" and second was "Kilns and ceramics along the Angkor Royal Road".

f- Joint presentation in *5th meeting of TRF forum*, Bangkok May 22, 2007. APSARA team presented an overall result of first phase work in Cambodia side.

g- Presented the result of the first phase work and next work plan for second phase at *16th Technical Committee of the ICC*, Siem Reap, July 5-6, 2007. We got a great success and greatly interested from this International forum.

h- Joint presentation in *International Conference on Technology and Culture, New approach for local collaborations in GMS sub-region*, Princess Maha Chakri Sirindhorn Anthropology Centre, organized by Silpakorn Universty, Aug 20-21, 2007.

i- Joint Presentation in Workshop entitled *Science and Cultural Activity for the Next Generation Khmer-Thai* at Phnom Roong Historical Park, Oct. 3, 2007.

j- "Ancient Khmer Road Network: A Case Study of a Royal Road from Angkor to Phimai", *International Conference on Archaeology in Vietnam-Laos-Cambodia: Towards Sustainable Cooperation*, Vietnamese Academy of Social Sciences, Institute of Archaeology, Hanoi, December 11-13, 2007

k- Presented the Progress Report of LARP to *17th Technical Committee of the ICC*, Siem Reap, June 2008.

6.9 Field Research to Thailand

a- August 2004, the Thai partner has organized for the APSARA's team a field survey in Thailand, after the first successful survey, in May 2004, conducted in Cambodia by Dr Surat Lertlum in partnership with APSARA's team who had made a survey trip to the Angkor Area to identify the numerous ancient bridges and rest-houses (dharmasala) as well as hospital's chapels dated back to the reign of Jayavarman VII. These vestiges are located along two main ancient roads, departing both from Angkor and leading one to the area of Sdok Kak Thom Temple, the second one to the area of Phimai. This two-fold survey trips concerning one single topic proved very successful. After several exchanges of idea with the APSARA's team, we plan to elaborate a joint project on these ancient Angkor roads focusing on sociological and cultural research on the

different ancient settlements as well as the present day local communities living along this axis. We provisionally call this project *Living Angkor Road*.

b- Jan 2005, APSARA team along with Thai partner have conducted a field survey at the region of Sdok Kak Thom, Ta Mean, Muang Tam and Kiln sites in Buriram.

c- Aug 3-5 2005, *Living Angkor Road* is a join research project Khmer- Thai which has been giving birth one year ago. Since that time many field surveys have been done in Thailand and Cambodia. The main objective of this field trip is to make the initial survey for *Living Angkor Road Project* as supported by Thailand Research Fund (TRF).

d- February 2006, APSARA's team joint with Thai partner conducted a mainly cultural research on ancient settlements situated in the region of Ta Mean and Muang Tam.

e- March 28 – April 1, 2006, conducted a research on the field of anthropology along with Thai partner surveying the communities living along the royal road in the regions of Buriram and Surin.

f- May 2007, we have attended the important events:

- . Excavation on Iron Smelting Site and the Tele Lecture at Ban Khao Din Tai, Ban Kruad, Buriram
- . Joined Reporter and TRF Trip for visiting Dharmasalas along the road in Thailand side and in Cambodia at Prasat Chan and Laterite Step
- . Field survey at Ban Kruad area
- . Joined presentation in the 5th TRF Meeting at Bangkok

g- August 2007, a member of APSARA team is invited by Silpakorn University to attend the International Conference on Technology and Culture, New approach for Local Collaboration in GMS sub-region, SAC, Bangkok. During the stays at Bangkok, we have had a field trip to Ayuthaya, World Heritage Site.

6.10 Reporter Trip

APSARA Team has companied the Reporter Trip in July, 26-30, 2007. The Trip has conducted by Dr Surat Lertlum for "Traveling along the Royal Road from Phimai to Angkor". July 27th at afternoon, Reporters and LARP team have had an opportunity to meet and welcomed by Deputy Governor of Uddor Meanchey province at provincial town hall. Three topics have been discussed at the meeting.

- Introduction to LARP and purpose of the reporter trip
- Briefed report of first phase
- Future local collaboration project which will be an exchange of culture and relationship between the local people living close to border of both countries. The first exchange will be organized in coming October 2007.

6.11 General Conclusion

This is a Socio Historic Study on historic roadway, communication links and human settlement along the Royal Road from Angkor to Phimai. The research work had been conducted along the axis in Cambodian side for more than hundred kilometers by Cambodian team. And on the other side was conducted by Thai team. The exchange for field survey and discussion are being held some time in Cambodia and some time in Thailand. The Archaeology and Anthropology are systematically surveyed by the both teams. The Cultural Data Collection from the study is certainly the most valuable information for the current study and for future research work on the region.

This is the first time for such successful study taken place across the border of the countries after the French had done such study almost 100 years ago; and of course it will be a wealth to enhance the relationship between the countries in region as well. Culture knows no boundary. Culture is a crucial means to link people to people and developed beyond border in the region through out the history of Southeast Asian. Road makes people communicate between one community to others, a country to their neighbors.

Bearing on the existing collaboration of the two countries, it's time for us to write our own history based on the integration of multi-disciplinary research, local collaboration, local knowledge, local understanding and most advanced technologies.

บทที่ 7

การวิเคราะห์ในลักษณะสหวิทยาการ

7.1 บทนำ

การดำเนินโครงการวิจัยเพื่อค้นหาและพัฒนาสารสนเทศภูมิศาสตร์ของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 เป็นการวิจัยในเชิงสหวิทยาการที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและศาสตร์ในสาขาที่เกี่ยวข้องเพื่อการศึกษาแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ดังมีรายละเอียดการศึกษาในแต่ละสาขาถูกนำเสนอในรายงานบทต่างๆ ที่ผ่านมา ส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของการศึกษาวิจัยในโครงการนี้คือการพัฒนาวิธีการวิจัยในลักษณะสหวิทยาการ เพื่อให้เกิดการประสานการทำงานวิจัยในแต่ละด้านให้สอดคล้องกัน และเพื่อยืนยันสมมุติฐานที่ได้ถูกตั้งขึ้นจากหลายมุมมอง หลายวิธีการวิจัย ซึ่งถ้าสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นนั้นถูกต้อง ผลจากการวิจัยในแต่ละสาขาควรที่จะต้องมีผลลัพธ์ออกมาเป็นไปในทางเดียวกัน

การดำเนินการวิจัยในเชิงสหวิทยานี้มีหลักการพื้นฐานเดียวกันคือทำอย่างไรที่จะสามารถใช้ศาสตร์ต่างๆ ในการทำการวิจัยร่วมกันเพื่อให้วิธีการวิจัยนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ในรายละเอียดของการวิจัยเชิงสหวิทยาการแต่ละโจทย์ของการวิจัยนั้นย่อมขึ้นอยู่กับโจทย์ของการวิจัยนั้นๆ ในบทนี้จึงเป็นการนำเสนอวิธีการวิจัยผ่านกรณีศึกษาของโครงการนี้

7.2 วิธีการดำเนินการ

ในการดำเนินวิจัยในลักษณะสหวิทยาการสำหรับการวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินการโดยรวมได้ดังนี้

1. ทำการศึกษา ทบทวน หัวข้อวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อพิจารณาว่าศาสตร์ใดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ และผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้จากการประยุกต์ศาสตร์นั้นๆ ในการวิจัยครั้งนี้
2. พัฒนารูปร่างข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการวางแผนในการสำรวจ
3. ดำเนินการสำรวจภาคสนาม
4. ทำการตรวจสอบทางธรณีฟิสิกส์
5. ทำการขุดค้นทางโบราณคดี
6. พัฒนารูปร่างข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จากข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลจากการสำรวจ และการศึกษาด้านต่างๆ เพื่อการวิเคราะห์ร่วมกัน
7. ดำเนินการวิเคราะห์ร่วมกันโดยใช้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆ

8. พิสูจน์สมมติฐานเกี่ยวกับแนวถนนโบราณโดยใช้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ร่วมกัน

7.3 กรณีศึกษา

ในการดำเนินการวิจัยของโครงการดำเนินการวิจัยที่เป็นลักษณะสหวิทยาการอย่างเป็นระบบ ซึ่งการดำเนินการในแต่ละสาขานั้นสามารถช่วยตอบคำถามการวิจัยในสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดีจากการศึกษาประเด็นเดียวกันในศาสตร์ที่ต่างกัน ซึ่งทำให้การศึกษาในครั้งนี้สามารถตอบคำถามทางวิชาการในเรื่องของถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายด้วยเหตุผลทางวิชาการมากกว่าสมมติฐานที่กล่าวขึ้นมาโดยปราศจากการวิเคราะห์ วิจัย อย่างเป็นระบบโดยศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง โดยต่อไปจะเป็นการนำเสนอตัวอย่างการศึกษาในลักษณะสหวิทยา การที่สำคัญของโครงการ

7.3.1 การศึกษาร่องรอยแนวถนนโบราณ

ในการศึกษาร่องรอยของแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายนั้น ได้มีการดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นตามลำดับ โดยเริ่มต้นโดยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลของแนวถนนโบราณเส้นนี้ทั้งในประเทศไทยและกัมพูชา ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลองค์ความรู้เดิมเกี่ยวกับถนนโบราณเส้นนี้เป็นพื้นฐานในการศึกษา โดยทำให้เราทราบว่าแนวถนนโบราณในฝั่งกัมพูชานั้นสามารถตรวจสอบได้อย่างชัดเจน และทำให้เราทราบว่าแนวถนนโบราณมีลักษณะขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่แนวถนนทอดผ่าน ไม่จำเป็นจะต้องมีลักษณะเป็นคันดินยกสูงตลอดแนว ถนนที่เป็นคันดินนั้นจะถูกสร้างขึ้นเมื่อมีความจำเป็นเท่านั้น นอกจากนั้นแล้วเรายังทราบว่าเมื่อมีคันดินที่เป็นคันกั้นน้ำอยู่แล้ว ถนนจะถูกเบี่ยงไปยังคันดินดังกล่าวเพื่อใช้เป็นถนนไปด้วย เพื่อเป็นการใช้งานร่วมกัน นอกจากนี้เรายังทราบว่าตามแนวถนนโบราณในฝั่งกัมพูชามีการสร้างสะพานศิลาแลงเพื่อใช้ข้ามลำน้ำ



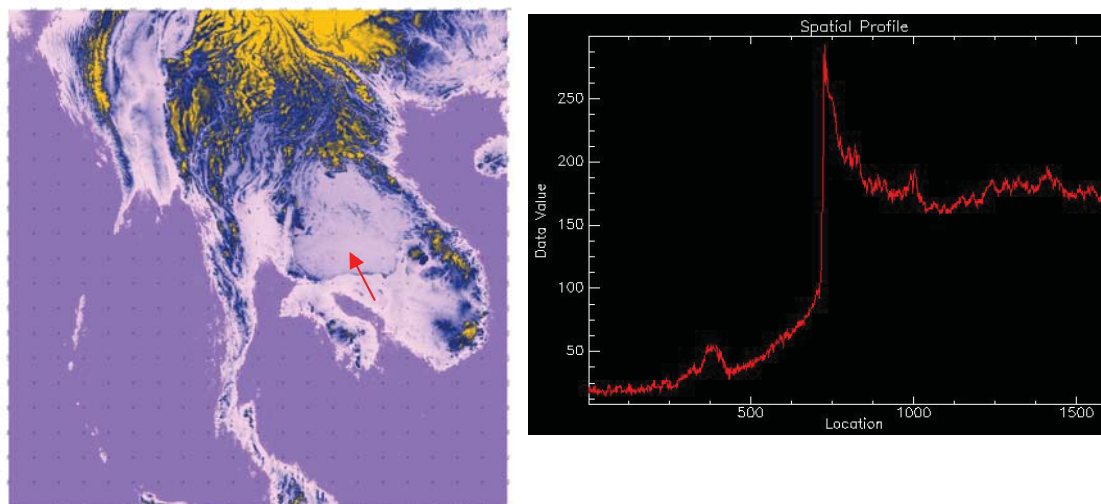
รูป 7-1 ลักษณะแนวถนนในฝั่งกัมพูชา



รูป 7-2 ลักษณะสะพานศิลาแลงในฝั่งกัมพูชา

พร้อมกันนั้นได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลของตำแหน่งของศาสนสถานโบราณ (ธรรมศาลา หรืออศนีศาลา) และตำแหน่งของสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ที่ได้มีการกล่าวถึงในจารึกปราสาทพระขรรค์ ตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายให้มากที่สุด เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศ ภูมิศาสตร์เบื้องต้นสำหรับการสำรวจต่อไป โดยข้อมูลด้านอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลทางมานุษยวิทยา ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อวางแผนการสำรวจ

หลังจากนั้นจึงทำการสำรวจตามแนวที่ได้รับการคาดหมาย โดยเป็นการสำรวจทาง โบราณคดี ทางภูมิศาสตร์ ทางธรณีฟิสิกส์ และทางมานุษยวิทยา ตามแต่ความเหมาะสมในแต่ละ พื้นที่ ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลรายละเอียดของแนวถนนโบราณอย่างสมบูรณ์ในฝั่งกัมพูชาและฝั่งไทย แต่ในฝั่งประเทศไทยนั้น แนวถนนโบราณปรากฏเป็นแนวสั้นๆ เท่านั้น อันเนื่องมาจากการที่พื้นที่ถูก เปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่การเกษตรเป็นหลัก โดยมีข้อมูลจากการสำรวจว่าเคยมีแนวเส้นทางอยู่จริง ในอดีต แต่ปัจจุบันได้ถูกไถให้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งจากการเก็บพิกัดแนวดังกล่าวเปรียบเทียบกับแนวที่คาดว่าน่าจะเป็นแนวถนนโบราณ ปรากฏว่าเกือบเป็นแนวเดียวกัน นอกจากนี้แล้วจากการ



รูปที่ 7-3 กราฟแสดงความสูงของพื้นที่ในฝั่งกัมพูชาและฝั่งไทยจากข้อมูล SRTM

หลังจากการดำเนินการสำรวจทางโบราณคดี ทางภูมิศาสตร์ ทางธรณีฟิสิกส์ และทางมานุษยวิทยา ตามแนวถนนโบราณเส้นนี้แล้ว โครงการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดในลักษณะสหวิทยาการ โดยนำองค์ความรู้ที่ได้มาทั้งหมดใช้ร่วมกันในการสรุปประเด็นการวิจัยเกี่ยวกับแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลในการตอบคำถามข้อโต้แย้งเกี่ยวกับแนวถนนโบราณเส้นนี้เป็นอย่างดี เมื่อพิจารณา ข้อโต้แย้งว่าแนวคันดินที่ปรากฏนั้นเป็นแนวคันน้ำโบราณเท่านั้น มิใช่แนวถนนโบราณอย่างที่มีการตั้งสมมุติฐานนั้น เราสามารถวิเคราะห์ในลักษณะสหวิทยาการและให้เหตุผลโต้แย้งดังนี้

ด้านโบราณคดี

1. ข้อมูลจากจารึกประสาทพระชนรค์ได้กล่าวถึงถนนหรือเส้นทางจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ซึ่งถนนหรือเส้นทางนี้อาจมีการสร้างมาก่อนสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 แต่พระองค์ได้ทำการสร้างธรรมศาลาตามแนวถนนเส้นนี้จำนวน 17 หลัง ซึ่งจากการวิเคราะห์และการสำรวจของโครงการ ก็ทำให้ได้ค้นพบธรรมศาลาทั้งหมดตามที่กล่าวไว้ในจารึก ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่พิสูจน์ได้ส่วนหนึ่งว่าข้อความในจารึกเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

2. จากการศึกษาทางโบราณคดีร่วมกับการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์ ทำให้เราทราบถึงลักษณะโครงสร้างของแนวถนนโบราณที่มีลักษณะทั้งคันดินยกสูงและแนวระดับไม่ยกสูง ซึ่งมีลักษณะเดียวกันทั้งที่พบในฝั่งไทยและฝั่งพม่า ซึ่งมีการปูพื้นรากด้วยทรายก่อน

3. จากการสำรวจ ได้พบเศษชิ้นส่วนเครื่องปั้นดินเผา เศษตะกรันจากการถลุงเหล็ก และแหล่งถลุงเหล็กสมัยโบราณตามแนวถนนโบราณ ทำให้เราทราบว่ามีการใช้แนวถนนโบราณนี้ขนส่งวัสดุตั้งกล่าวในอดีต ซึ่งเป็นเครื่องยืนยันอย่างหนึ่งว่ามีการเดินทางตามแนวคันดินดังกล่าวในอดีต ถ้าแนวคันดินดังกล่าวเป็นเพียงคันกั้นน้ำเพียงอย่างเดียว ก็ไม่น่าจะมีเศษชิ้นส่วนเครื่องปั้นดินเผา และแหล่งถลุงเหล็กจำนวนมากตามแนวถนนโบราณนี้ นอกจากนี้ ยังพบเศษชิ้นส่วนเครื่องเคลือบผลิตจากแหล่งผลิตในประเทศจีนตามแนวถนนโบราณนี้ด้วย

4. การสำรวจพบสะพานโบราณจำนวน 32 สะพานในฝั่งพม่าตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพินายเส้นนี้ เป็นหลักฐานทางโบราณคดีที่สำคัญของแนวถนนโบราณเส้นนี้โดยสะพานศิลาแลงสุดท้าย อยู่ห่างจากชายแดนไทยบริเวณช่องตาเมือนประมาณหก กิโลเมตร

ด้าน Remote Sensing / GIS และภูมิศาสตร์

1. จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้าน Remote Sensing / GIS และภูมิศาสตร์ ประกอบกับการวิเคราะห์ในด้านอื่นๆ ของโครงการ ทำให้เห็นภาพรวมเกี่ยวกับแนวถนนหรือเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพินายว่าเป็นเส้นทางเชื่อมเมืองในพื้นที่ราบสูง (เมืองพินาย) กับเมืองในพื้นที่ราบต่ำ (เมืองพระนคร) ดังนั้นถนนโบราณในฝั่งพม่าจึงเป็นถนนในที่ราบต่ำจึงต้องมีการถมให้สูงมากกว่าถนนโบราณในฝั่งประเทศไทยซึ่งเป็นที่ราบสูงทำให้แนวถนนโบราณที่เป็นคันดินจึงอาจไม่มีความจำเป็นมากนัก การปรับระดับให้พื้นที่เรียบก็อาจเป็นการเพียงพอ ดังนั้นการที่ถนนโบราณในฝั่งประเทศไทยถูกทำลายจึงเป็นไปได้โดยง่าย

2. การศึกษาแนวคันดินที่ถูกสร้างเป็นคันกั้นน้ำด้วยวัฒนธรรมเขมรโบราณ พบว่ามักยึดทิศตามแนวเหนือใต้ ตะวันออก ตะวันตกเป็นหลัก แต่แนวคันดินตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพินายนี้ วางตัวอยู่ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ตามทิศทางจากเมืองพระนครไปยังเมืองพินาย ดังนั้น จึงเป็นไปได้ที่จุดประสงค์หลักของแนวคันดินนี้คือเส้นทางสัญจร และจุดประสงค์รองคือการใช้เป็นคันกั้นน้ำ ดังที่ได้กล่าวข้างต้นว่า หลักนิยมในการก่อสร้างสมัยโบราณต้องการใช้ประโยชน์สูงสุดจากสิ่งก่อสร้าง มากกว่าการก่อสร้างที่ซ้ำซ้อน

3. จากการวิเคราะห์ตำแหน่งของแหล่งน้ำโบราณในแนวถนนโบราณเส้นนี้ พบว่ามีแหล่งน้ำโบราณตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพินายเป็นจำนวนมาก ตามที่ได้

4. จากการวิเคราะห์แหล่งชุมชนโบราณและแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายนี้ ทำให้เห็นได้ว่าแนวถนนโบราณนี้ได้ถูกสร้างให้ผ่านแหล่งชุมชนโบราณ แหล่งอุตสาหกรรมโบราณ ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียด ในกรณีศึกษาเรื่องแหล่งอุตสาหกรรมโบราณ

ด้านมานุษยวิทยา

1. จากข้อมูลการสำรวจทางมานุษยวิทยา ทำให้เราทราบว่าประชากรท้องถิ่นในฝั่งกัมพูชา มีการรับรู้ถึงเรื่องราวของแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย โดยยังมีความนับถือต่อแนวถนนโบราณเส้นนี้ และเรียกแนวคันดินนี้ว่าถนนของราชวงศ์

7.3.2 การศึกษาแหล่งอุตสาหกรรม และชุมชนโบราณตามแนวถนนโบราณ

ในการศึกษาแหล่งอุตสาหกรรม และชุมชนโบราณตามแนวถนนโบราณเป็นการศึกษาตามแนวทางสหวิทยาการอย่างสมบูรณ์แบบ โดยกรณีศึกษาแหล่งถลุงโลหะ บริเวณบ้านเขาดินได้ ตำบลบ้านกรวด อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นการศึกษาตามขั้นตอนดังนี้

1. การสำรวจพื้นที่
2. การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์
3. การขุดค้นทางโบราณคดี
4. การวิเคราะห์เชิงสหวิทยาการ

ในการดำเนินการหัวข้อ 1-3 ได้ทำการเสนอรายละเอียดแล้วในบทต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับการวิเคราะห์เชิงสหวิทยาการนั้นเป็นการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามในภาพรวมของแหล่งอุตสาหกรรมโบราณและแหล่งชุมชนโบราณนี้คือ

1. สาเหตุของการตั้งแหล่งอุตสาหกรรมโบราณในพื้นที่
2. แหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิต
3. ตำแหน่งของชุมชนโบราณในพื้นที่
4. ความสัมพันธ์กับแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย

7.3.2.1 สาเหตุของการตั้งแหล่งอุตสาหกรรมโบราณในพื้นที่

จากการศึกษาทางภูมิศาสตร์ทำให้เราทราบว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่เชิงเขาดำแห่งของแหล่งอุตสาหกรรมตั้งอยู่บนพื้นที่สูงขอบที่ลุ่มน้ำท่วมถึง (Flood plain) ซึ่งปัจจุบันที่ลุ่มดังกล่าวเป็นพื้นที่นาข้าว แต่ในอดีตพื้นที่ลุ่มดังกล่าวเป็นเส้นทางน้ำไหลลงเขาจากเทือกเขาพนมดงรัก ซึ่งทำให้สามารถอธิบายสาเหตุการเลือกพื้นที่ในการดำเนินกิจกรรมที่ใกล้แหล่งน้ำ มีทรัพยากรป่าไม้ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการถลุงโลหะได้อย่างพอเพียงกับขนาดของแหล่งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ตรวจพบ

7.3.2.2 แหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิต

จากการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์ และทาง Remote Sensing ทำให้เราทราบว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่อุดมด้วยแหล่งลูกรัง (Laterite) ที่มีส่วนผสมของแร่เหล็กสูงพอที่จะสามารถทำการถลุงเป็นเหล็กได้ และจากการวิเคราะห์ทาง Remote Sensing ในพื้นที่ตลอดแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพินายัน พื้นที่อำเภอบ้านกรวดเป็นพื้นที่เดียวที่อุดมด้วยแหล่งลูกรังที่มีแร่เหล็กผสมอยู่ในปริมาณสูงพอที่จะสามารถถลุงเป็นเหล็กได้ ซึ่งสามารถตอบคำถามถึงสาเหตุของการตั้งแหล่งอุตสาหกรรมโบราณอย่างมากมายในพื้นที่

7.3.2.3 ตำแหน่งของชุมชนโบราณในพื้นที่

จากการวิเคราะห์ทางโบราณคดีจากหลักฐานทางโบราณคดี และการวิเคราะห์ทาง Remote Sensing ร่วมกับการศึกษาทางภูมิศาสตร์ ทำให้สามารถสรุปในขั้นต้นว่าแหล่งชุมชนโบราณและแหล่งชุมชนปัจจุบันเป็นพื้นที่เดียวกัน โดยในการตรวจสอบสภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ชุมชนในปัจจุบันพบว่าชุมชนปัจจุบันตั้งอยู่บนพื้นที่สูงกว่าพื้นที่โดยรอบ ซึ่งเป็นที่ราบน้ำท่วมถึง นอกจากนั้นพื้นที่ของชุมชนปัจจุบันเมื่อทำการตรวจสอบด้วยภาพถ่ายทางอากาศในหลายช่วงเวลาพบว่าพื้นที่เดียวในบริเวณที่มีลักษณะของการตั้งถิ่นฐานมาแต่โบราณ มีแหล่งอุตสาหกรรมโบราณอยู่โดยรอบ นอกจากนั้น จากการสำรวจทางโบราณคดีพบว่า มีศาสนสถานโบราณ (ปราสาท) ตั้งอยู่กลางพื้นที่ ซึ่งเป็นลักษณะของศาสนสถานประจำชุมชนโบราณขนาดใหญ่ เราจึงสามารถสรุปเบื้องต้นในเรื่องของที่ตั้งของชุมชนโบราณในอำเภอบ้านกรวดจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น

7.3.2.4 ความสัมพันธ์กับแนวนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย

จากการศึกษาร่วมกันทำให้เราเห็นถึงความสัมพันธ์กับแนวนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย กับแหล่งอุตสาหกรรมโบราณในอำเภอบ้านกรวด โดยการนำข้อมูลจากการสำรวจมาทำการวิเคราะห์พบว่า แหล่งอุตสาหกรรมเหล่านี้อยู่ในรัศมีของแนวนนโบราณ นอกจากนี้ในการขุดค้นทางโบราณคดีของแนวนนโบราณ เราได้พบว่ามีภาชนะดินเผาเพื่อการถลุงโลหะมาทำการปรับปรุงแนวนนโบราณ ซึ่งอยู่ในชั้นดินที่ลึกลงไป ซึ่งสามารถตรวจพบได้จากการขุดค้นทางโบราณคดีเท่านั้น นอกจากนี้เรายังตรวจพบเศษตะกรันจากการถลุงโลหะตามแนวและบริเวณใกล้เคียงกับแนวนนโบราณอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายนั้นมีความสัมพันธ์กับแหล่งอุตสาหกรรมโบราณในพื้นที่อย่างไม่สามารถปฏิเสธได้

7.4 สรุป

การศึกษาวิจัยในลักษณะสหวิทยาการทำให้เราสามารถทำการศึกษานแนวนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายในมุมมองที่ครบถ้วน ซึ่งในการตอบคำถามหนึ่ง ผลการศึกษาในแต่ละด้านของประเด็นคำถาม จะต้องตอบมาในทางเดียวกัน เราจึงจะทำการสรุปผลของการศึกษาในประเด็นนั้นๆ ถ้าเกิดข้อขัดแย้งในผลการศึกษาจากการศึกษาแต่ละด้าน สิ่งแรกที่เราต้องดำเนินการคือหาสาเหตุที่ทำให้ผลของการศึกษาออกมาไม่เป็นไปในแนวเดียวกัน ซึ่งเปรียบเสมือนการตรวจสอบซึ่งกันและกันไปในตัว ทำให้เราสามารถอธิบายผลการศึกษาที่ออกมาได้อย่างสมบูรณ์ ในมุมมองที่ต่างกันของการศึกษาที่มีคำถามเดียวกัน จากการตรวจสอบซึ่งกันและกันนี้ทำให้ข้อสรุปอยู่บนพื้นฐานขององค์ความรู้มากกว่าอยู่บนสมมติฐานที่ปราศจากหลักฐานและข้อมูลสนับสนุนที่เพียงพอ

บทที่ 8

บทสรุป

โครงการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ระยะเวลาที่ 2 ได้ดำเนินการในส่วนต่างๆ ตามที่ได้กำหนดในแผนงานเดิมและส่วนขยายจากแผนงานเดิมเพื่อให้ผลการวิจัยมีประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุด เช่น การดำเนินกิจกรรมเยาวชนไทย กัมพูชาครั้งที่ 1 การพัฒนาระบบ e-Learning จากผลการวิจัยในระยะที่หนึ่ง การทำการศึกษาทางด้านวิศวกรรมโยธาเกี่ยวกับคุณสมบัติของสะพานโบราณในฝั่งประเทศกัมพูชา โดยการดำเนินการของโครงการที่เป็นประเด็นหลักสามารถสรุปการดำเนินการได้ดังนี้

1. ขยายโครงการเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ ในระดับชุมชนบริเวณพื้นที่ชายแดนตามแนวถนนโบราณ โดยได้จัดกิจกรรม The 1st Science and Cultural Activity for Next Generation Khmer-Thai โดยได้รับความสนับสนุนเพิ่มเติมจากสมาคมวัฒนธรรมไทย-กัมพูชา ในวันที่ 3 ตุลาคม 2550 ณ อุทยานประวัติศาสตร์ปราสาทหินพนมรุ้ง

2. นำเสนอผลงานทางวิชาการของโครงการในการประชุมนานาชาติ Hanoi International Conference on "Archaeology of Vietnam-Cambodia-Laos: Toward Sustainable Cooperation" ของนักวิจัยโครงการจากองค์การ APSARA ดังที่ได้ระบุไว้แล้วในบทที่ 6 ซึ่งได้รับการตอบรับเป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งทำให้การดำเนินการของโครงการในอนาคตเป็นไปได้สะดวกขึ้น

3. ดำเนินการศึกษาแหล่งอุตสาหกรรมและชุมชนโบราณ บริเวณอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ และแหล่งโบราณคดีตามแนวถนนโบราณ โดยเป็นการดำเนินการในลักษณะสหวิทยาการเป็นการประสานศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถนำมาใช้ประยุกต์ร่วมกัน ได้แก่ เทคโนโลยี remote sensing / GIS (บทที่ 2), โบราณคดี (บทที่ 3) และธรณีฟิสิกส์ (บทที่ 4) ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้รับจากการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ศึกษาในพื้นที่อื่นๆ ได้เป็นอย่างดี ในการดำเนินการศึกษาครั้งนี้ ทำให้เราได้ทราบถึงหลักการของคนโบราณในการเลือกพื้นที่เพื่อการอุตสาหกรรมและเพื่อการอยู่อาศัยตั้งถิ่นฐาน

4. ดำเนินการศึกษากลุ่มของแหล่งโบราณคดีสำคัญในแนวถนนโบราณในประเทศกัมพูชา บริเวณหมู่บ้าน Kol Village จังหวัดเสียมเรียบ ซึ่งเป็นแหล่งชุมชนโบราณขนาดใหญ่ในแนวถนนโบราณ (รายละเอียดในบทที่ 6) ได้มีการดำเนินการศึกษาโดยละเอียดในด้านต่างๆ เช่น ทำการศึกษา cross section ของแนวถนนโบราณ ศึกษาสะพานโบราณจากการขุดค้นทางโบราณคดี และจากการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม ศึกษาผังเมืองโบราณจากภาพถ่ายทางอากาศ และการสำรวจพื้นที่ภาคพื้นในบริเวณดังกล่าว ทำให้ทราบถึงการตั้งถิ่นฐานของชุมชนโบราณตั้งแต่ระยะเริ่มแรก ก่อนสมัยขอมโบราณเป็นเวลานาน ซึ่งยังไม่เคยมีการทำการศึกษาพื้นที่ดังกล่าวมาก่อนเลยในอดีต

5. ดำเนินการศึกษาและเก็บข้อมูลทางวัฒนธรรมโดยได้ดำเนินการศึกษาในเชิงลึกเกี่ยวกับชุมชนสวย (สวย) ในประเทศกัมพูชาและประเทศไทย ซึ่งยังคงมีความสัมพันธ์กันระหว่างชุมชนของทั้งสองกลุ่ม อันแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของชุมชนโบราณจนถึงปัจจุบันซึ่งจากรายงานข้างต้นในส่วนต่างๆ ที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 1-7

การดำเนินงานของโครงการนี้ได้ดำเนินเป็นไปตามแผนที่กำหนดจนเสร็จสิ้น โครงการตามระยะเวลาที่กำหนด ผลจากการวิจัยและการพัฒนาระบบข้อมูลอย่างมหาศาลเท่าที่เทคโนโลยีในโลกปัจจุบันสามารถอำนวยได้นั้น ทำให้เห็นได้ว่ากิจกรรมทางวัฒนธรรมในช่วงสมัยวัฒนธรรมเขมรโบราณได้แผ่ครอบคลุมอาณาบริเวณที่กว้างขวางและเป็นไปอย่างเข้มข้น ดังปรากฏร่องรอยสิ่งก่อสร้างและแหล่งผลิตอย่างหนาแน่น ซึ่งการใช้ระเบียบวิธีการวิจัยทางโบราณคดี มานุษยวิทยา วัฒนธรรม เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เทคโนโลยีธรณีฟิสิกส์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ สามารถให้ความกระจ่างถึงภาพวิถีชีวิตในอดีตและร่องรอยของกลุ่มชาติพันธุ์ที่ยังคงสืบทอดคติความเชื่อดั้งเดิมอยู่จนถึงปัจจุบัน เช่น วิถีชีวิตของชาวกูย นอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นเครือข่ายการติดต่อแลกเปลี่ยนทั้งทรัพยากร ผลผลิต แรงงาน คติความเชื่อทางศาสนา จนถึงอำนาจทางการเมืองในระบบรัฐหรืออาณาจักร การขยายเครือข่ายดังกล่าวนี้มีความเป็นไปได้ว่ามีเหตุผลสำคัญประการหนึ่งคือการเพิ่มผลผลิตเพื่อป้อนเข้าสู่แกนกลางวัฒนธรรม (Culture Core) ในการดำรงไว้ซึ่งสถานะของศูนย์กลางอำนาจ ผลจากการสำรวจตลอดระยะเวลาที่ดำเนินโครงการนี้พบว่าเป้าหมายของการขยายเครือข่ายมีความพยายามเพื่อมุ่งเข้าสู่ชุมชน หมู่บ้านที่มีอยู่ดั้งเดิมและยังคงมีเครือข่ายการติดต่อแลกเปลี่ยนภายในมาก่อนแล้ว ดังนั้นในมุมมองหนึ่งการแผ่ขยายวัฒนธรรมเขมรโบราณจึงเป็นปรากฏการณ์ระเบียบวัฒนธรรมที่เชื่อมโยงกลุ่มชน ชุมชนที่แตกต่างทั้งเชื้อชาติ ภาษา คติความเชื่อ ทั้งฝั่งตะวันตกและตะวันออกในบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา จำปาศักดิ์ จนถึงบางส่วนของเวียดนาม เข้าไว้ด้วยกัน ด้วยระบบวัฒนธรรมแบบเขมร โบราณและระบบความเชื่อตามคติเทวราชา

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ธราพงศ์ ศรีสุชาติ. “การใช้วิธีการทางธรณีฟิสิกส์ในการสำรวจและวิเคราะห์แหล่งโบราณคดี” ใน เทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ในงานโบราณคดีไทย. กรุงเทพฯ : อมรินทร์การพิมพ์, 2536. หน้า 20-36.

นิคม มุสิกคามะ. ประวัติศาสตร์ โบราณคดีกัมพูชา. กองโบราณคดี, กรมศิลปากร, กรุงเทพฯ : 2536 หน้า 209.

ปรีชา เล่าชู. การประยุกต์เทคนิคทางธรณีฟิสิกส์เพื่อค้นหาแหล่งเตาเผาโบราณบริเวณลุ่มน้ำสงคราม จังหวัดสกลนคร และแหล่งเตาเผาสังคโลก จังหวัดสุโขทัย. กรุงเทพฯ : กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2538.

เมธา วิจักขณะ. “บุษายัญกรรมก่อนประวัติศาสตร์ที่เนินอุโลก.” วารสารเมืองโบราณ. ปีที่ 16, ฉบับที่ 4 (ตุลาคม-ธันวาคม 2533) : 69-79.

เมธา วิจักขณะ. รายงานการวิเคราะห์โบราณวัตถุ แหล่งโบราณคดีบ้านปราสาท ต.ธารปราสาท อ.โนนสูง จ.นครราชสีมา. หน่วยศิลปากรที่ 6, 2527. (อัดสำเนา)

วรุฒิ โลหะวิจารณ์. รายงานผลการสำรวจ Ground Penetrating Radar โครงการขุดเจาะสำรวจและวิเคราะห์ด้านโบราณคดีบริเวณสถานีรถไฟใต้ดินในพื้นที่กรุงรัตนโกสินทร์ให้กับบริษัทวิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด. หาดใหญ่ : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2543. 65 หน้า.

ศิลปากร, กรม. การศึกษาเปรียบเทียบการบูรณะโบราณสถาน อนันตโลเชศ. กรุงเทพฯ : เซเว่น พรินต์ติ้ง กรุ๊ป. 2540.

ศิลปากร, กรม. จารึกในประเทศไทย เล่ม 3. กรุงเทพฯ : 2529.

ศิลปากร, กรม. จารึกในประเทศไทย เล่ม 4. กรุงเทพฯ : 2529.

_____. ทฤษฎีและแนวปฏิบัติ การอนุรักษ์อนุสรณ์สถานและแหล่งโบราณคดี. เอกสารกองโบราณคดีหมายเลข 1 กรุงเทพฯ : บริษัท หิรัญพัฒน์ จำกัด, 2533.

_____. บ้านปราสาท แหล่งโบราณคดีอีสานล่าง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สมาพันธ์, 2534.

_____. บ้านหลุมเข้า รายงานเบื้องต้นเฉพาะเรื่องชั้นดินและหลักฐานทางโบราณคดี
บาง

_____. ปราสาทพนมรุ้ง. กรุงเทพฯ : บริษัท อมรินทร์ พรินต์ติ้ง กรุ๊ป จำกัด, 2531.

- _____. เมืองร้อยเอ็ด. พระนคร : อมรินทร์พรินต์ติ้ง, 2541.
- _____. รายงานการขุดแต่งโบราณสถานปราสาทเมืองต่ำ และการขุดตรวจเพื่อค้นหาแหล่งชุมชน โบราณบริเวณโดยรอบปราสาทเมืองต่ำ. กรุงเทพฯ : บริษัท ประชาชน จำกัด, 2536.
- _____. รายงานการตรวจโบราณวัตถุสถานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ม.ป.ท., 2503.
- _____. หอสมุดแห่งชาติ. จารึกในประเทศไทย เล่ม 1-4. 2529.
- _____. เอกสารกองโบราณคดีหมายเลข 10/2531. พระนคร : โรงพิมพ์การศาสนา, 2531.
- สมิทธิ ศรีภักดิ์ และมยุรี วีระประเสริฐ. ทบทวน การศึกษาเปรียบเทียบทบทวนที่พบในประเทศไทยและประเทศกัมพูชา. กรุงเทพฯ : โมเดอร์น เพรส, 2533.
- สุภัทรดิศ ดิศกุล, ศ.ม.จ. “ประติมากรรมขอม.” วารสารศิลปากร. ปีที่ 11 ฉบับที่ 2, 2510 : 51.
- _____. ประวัติเมืองพระนครของขอม (ทรงแปล). กรุงเทพฯ : บริษัท จันวานิชย์ จำกัด. 2526.
- _____. ประวัติศาสตร์เอเชียอาคเนย์ ถึงพ.ศ.2000. สมาคมประวัติศาสตร์ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. 2535.
- _____. ศิลปขอม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา. 2539.
- สุริยวุฒิ สุขสวัสดิ์, ผศ. ดร. ม.ร.ว., ปราสาทเขาพนมรุ้ง, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : 2535.
- อภิชาติ พัฒนวิริยะพิศาล. การศึกษาฐานทางโบราณคดีด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขนาดใหญ่ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2542. 157หน้า.

ภาษาอังกฤษ

Ang, Ch., 2000, *People and Earth*, Reyum, Phnom Penh

Ang, Ch., Thompson, A., Eric, P., 1995, *Angkor: A Manual for the Past, Present and Future*, APSARA/UNESCO, Phnom Penh.

Ang, Ch., Preap, Ch., Sun, Ch., 2007 *Cause of Khmer lifetime through the Rite of Passage*, in Khmer, Hanuman Tourism, Phnom Penh.

Ansoy, M.Ö., Koçak.Ö, Büyüksaraç, A and Bilim, F., 2007. Images of buried graves in Bayat, Afyon (Turkey) from high-resolution magnetic data and their comparison with preliminary excavations. *J. Archaeological Science* 34. 1473-1484.

Aymonier, E., Le Cambodge. vol. II les Provinces Siamois Paris, 1901.

Aymonier, E., , Le Cambodge. vol. III, E. Leroux Ed, Paris, 1900-1903.

Bandhom, P., “Phanom Wan : Archaeological Study and The Restoration Project,” Country Report on Asean Workshop on Conservation and Restoration of Monuments and Sites for Young Professionals. (Borobudur : Directorate General for Culture, 1998).

Bannanurag, R., “Khok Phanom Di and Its Socio-Cultural Implications” (Ph.D. dissertation, University of Otago, 1989) : 354.

Bevan, B.W., 1991. The search for graves. *Geophysics* 56(9), 1310-1319.

Boisselier, J., 1966, *Le Cambodge*, Picard, Paris

Bruguier, B., 2000, "Les ponts en pierre du Cambodge ancien: aménagement ou contrôle du territoire?", *BEFEO* 87 : 529-551

Carr, C., “The Nature of Organisation of Intrasite Archaeological Records and Spatial Analytic Approachs to Their Investigation” in Schiffer, M.B. editor, Advance in Archaeological Method and Theory. Vol.17 (London : Academic Press, 1984) : 103-211.

Chavez, R.E., Camara, M.E., Tejero, A., Barba, L., and Manzanilla, L., 2001. Site characterization by geophysical methods in the archaeological zone of Teotihuacan, Mexico. *J. Archaeological Science* 28. 1265-1276.

Chhay, Rachana 2007. The excavation of Anlong Thom Kiln Site. Internal Report by APSARA National Authority, Siem Reap (in Khmer).

Chianese, D., D’Emilio, M., Salvia, S.D., Lapenna, V., Ragosta, M., and Rizzo, E., 2004. Magnetic mapping, ground penetrating radar surveys and magnetic susceptibility

measurement for the study of the archaeological site of Serra di Vaglio (southern Italy). J. Archaeological Science 31. 633-643.

Claude Jacques and Philippe Lafond, *The Khmer Empire, Cities and Sanctuaries from the 5th to the 13th Century*, River Books: Bangkok, 2007.

Cœdès, G., 1906, "La stèle de Ta Prohm", *BEFEO VI* : 44-82

_____. 1908, "Inscription de Bàt Chum", *JA XII*, 10^{ème} série : 213-252.

_____. 1911, "Les bas-reliefs d'Angkor Vat", *BCAI* : 170-220.

_____. 1932, "A la recherche du Yaçodharaçrama", *BEFEO XXXII* : 84-112.

_____. 1940, "Les hôpitaux de Jayavarman VII", *BEFEO XL* : 344-347.

_____. 1940, "Les gîtes d'étape à la fin du XII^e siècle", *BEFEO XL* : 347-349.

_____. 1941, "La stèle du Práh Khan d'Angkor", *BEFEO XLI* : 255-302.

_____. 1941, "L'assistance médicale au Cambodge à la fin du XII^e siècle", *CEFEO*, 26 : 29-31.

_____. 1943, "Les stèles de Sdok Kak Thom", *BEFEO, XLIII* : 56-134.

_____. 1948, *Les Etats hindouisés d'Indochine et d'Indonésie*, Éd. de Boccard, Paris

Dupaigne, B., 1992, "La métallurgie dans l'ancien Cambodge: Travail des dieux, Travail des hommes", in *Études rurales*, janvier-juin, 125-126:13-34

Em, Socheata 2004. Khnar Po Kiln Site. Bachelor of Arts thesis, Royal University of Fine Arts, Phnom Penh (in Khmer).

Finot, L., 1925, "Dharmaçâlâs au Cambodge", *BEFEO XXV* : 417-422.

Foucher, A., 1903, "Les édicules des gîtes d'étapes", *J.A I*, dixième série : 174-18

Groslier B-P., 1958, *Angkor et le Cambodge au XVI^e siècle d'après les sources portugaises et espagnoles*, PUF, Paris.

_____. 1960, *Indochine, carrefour des arts*, Albin-Michel, Paris.

_____. 1979, "La cité hydraulique angkoriennne : exploitation ou surexploitation du sol?", *BEFEO LXVI* : 161-202.

_____. 1973, *Inscriptions du Bayon*, EFEO, Paris

Hang, Ch. & Lim, S., 2001 "A study on communities living in Siem Reap-Angkor region", *Udaya, Journal of Khmer Studies*, n. 2, APSARA, Phnom Penh: 71-80.

Higam, C.F.W., and Thosarat, R., Prehistoric Thailand from Early Settlement to Sukhothai (Bangkok : River Books,1998).

Im, S. 1995, La vie quotidienne khmère à l'époque d'Angkor d'après les bas-reliefs du Bayon, mémoire de fin d'études, Phnom Penh (inédit)

_____. 1998, Les réseaux routiers et moyens de transport à l'époque angkorienne du IX^{ème} au XIV^{ème} siècles, mémoire présenté en vue du diplôme de l'EHESS, Paris (inédit)

_____. 2003, "Angkor: A Living Heritage Site", *Report for Living Heritage Sites Programme, First Strategy Meeting*, SPAFA Headquarters, Bangkok

_____. 2005, "Angkorian Communication Routes and Associated Structures", *Udaya, Journal of Khmer Studies*, n. 5, in Khmer

_____. 2008, "Ancient Khmer Road Network: A Case Study of a Royal Road from Angkor to Phimai", Paper for International Conference, *Archaeology of Vietnam-Cambodia-Laos: Toward Sustainable Cooperation*, Hanoi

Im, Sokrithy 2005. "Angkorian Road Network and Infrastructure Concerned". *Journal of Khmer Studies*, UDAYA 5: 39-78.

Imai, T., Sakayama, T. and Kanemori, T., 1987. Use of ground-probing radar and resistivity survey for archaeological investigations. *Geophysics* 52(2), 137-150.

Jean Boisselier, Le Cambodge. Manuel d'Archéologie d'Extrême-Orient, Paris, 1966.

Kroll, E.M., and Price, T.D., The Interpretation of Archaeological Spatial Pattern. Plenum Press, 1991.

Lajonquière, E., "Inventaire descriptif des monuments du Cambodge," vol II, Paris 1907. Mouhot, H., "Voyages dans les Royaumes de Siam de Cambodge et de Laos," Paris, 1868.

Lam, S. & So, Chh., 1999 *The legend of Khmer history and Monument*, BA thesis, Faculty of Archaeology, Phnom Penh (unpublished)

LARP, 2004, "Living Angkor Road Report", in 16th *Technical Committee Report*, Unesco, Siem Reap, 5-7 July, Sokha-Angkor Hotel

LARP, 2007-2008, *Living Angkor Road: Technical Report*, <http://larp.crma.ac.th>

Lim, S. & Hem, K., 2000, *A study on linkage between communities living in Angkor region*, BA Thesis, Faculty of Archaeology, Phnom Penh (unpublished)

Lunet de Lajonquière, E., 1902-1911, *Inventaire descriptif des monuments du Cambodge*, 3 vol. Publ. EFEO., Paris

Maspéro, G., 1925, "La géographie politique de l'Indochine aux environs de l'an 960 A.D.", *EA* 2 : 79-125

Maspéro, H., 1918, "La frontière de l'Annam et du Cambodge du VIII au XIV ème siècle", *BEFEO XVIII* : 29-36.

Ministry of Culture and Fine Arts and UNESCO, 2004 *Inventory of Intangible Cultural Heritage of Cambodia*, Phnom Penh

Miura, Keiko, 2004 'Contested Heritage: People of Angkor', PhD Thesis, School of Oriental and African Studies, University of London, London.

Natthapatra Chandavij 1990. Ancient Kiln Site in Buriram Province, Northeastern Thailand. An Ancient Ceramic Kiln Technology in Asia (ed Hochumei), Hong Kong, Centre of Asian Studies, University of Hong Kong, pp. 230-43.

Parmentier, H., 1916, "Carte de l'Empire khmer d'après la situation des inscriptions datées", *BEFEO XVI* : 69-73

_____. 1933, "Examen du levé d'avion du parc d'Angkor par capitaine Gouet les 24-26 jan. 1933 à 9 heures à l'altitude de 1.300 m., Siem Reap, 1933", dans "Chroniques", *BEFEO XXXIII* : 1111-1116.

_____. 1934, "Examen du nivellement d'Angkor", *BEFEO XXXIII* : 310-318

Pelliot Paul, 1951, *Mémoire sur les coutumes du Cambodge de Tcheou Ta-Kouan*, A. Maisonneuve, Paris.

Philppe Stern, Les Monuments Khmers des style du Bayon et Jayavarman VII, Press Universities de France, Paris, 1965.

Phon, Kaseka 2002. Ancient Kiln Site at Choeung Ek. Master of Arts thesis, Cambodian Royal Accademy, Phnom Pehn (in Khmer)

Pichard, P., Pimay Etude Architectural du Temple. EFEO. Paris, 1976.

_____. "Restoration of a Khmer Temple in Thailand." UNESCO. Paris, 1972.

_____. "Restoration of Phanom Rung." UNESCO. Paris, 1974.

_____. Tanjavur Brhadisvara an Architectural Study. IGNCA.-EFEO. (Pondichery : All India Press, 1995).

Pierre Pichard, Le Prasat Phanom Wan (IK. 437) avant anastylose, L' école Française d' Extrême-Orient, Paris, 1991.

Poshyanandana, V. Etude Comparative d' anastylose. Universite Lumiere-Lyon II, 1994.

Saxe, A.A., "Social Dimensions of Mortuary Practices" (Ph.D. dissertation, University of Michigan, 1970).

Schiffer, M.B., Behavioral Archaeology. (New York : Academic Press, 1976).

Schweyer, A-V, 2007, "The confrontation of the Khmer and Chams in the Bayon Period", in *Bayon: New Perspectives*, River Books, Bangkok, pp. 49-71

Sharer, J.R., and Ashmore, W., Fundamentals of Archaeology. Menlo Park, (California : The Benjamin Cummings, 1979).

Social Research Unit, 2000 *Report on the Socio-economic Study of Angkor region*, in Khmer, APSARA, Siem Reap (unpublished)

Social Research Unit, 2001 *Report on Communities living in Angkor Thom*, in Khmer, APSARA, Siem Reap (unpublished)

Social Research Unit, 2003 *Report on Population statistics in zone 1 and 2*, in Khmer, English and French, APSARA, Siem Reap (unpublished)

Sok, Keo Sovannara 2003. Sar Sey Kiln Site. Bachelor of Arts thesis, Royal University of Fine Arts, Phnom Penh (in Khmer).

Solheim II, W.G., and Ayres, M., "The Late Prehistoric and Early Historic Pottery of the Khorat plateau, with Special Reference to Phimai," In Smith, R.B., and Watson, W., editors, Early Southeast Asian. (Oxford : Oxford University Press, 1979): 63-77

Sternberg, B.K. and McGill, J.W., 1995. Archaeology studies in southern Arizona using ground penetrating radar. *J. of Applied Geophysics* 33, 209-225.

Suigyama, Hiroshi, Nishimura Ken, Hanatani ..., Ea Darith 2005. National Research Institute for Cultural Properties, Nara 2005. *Final Report of Joint Research Project at Angkor, excavation of Tani kiln site, A6*.

Valfidis, A., Economou, N., Ganiatsos, Y., Manakou, M., Poulioudis, G., Sourlas, G., Vrontaki, E., Sarris, A., Guy, M. and Kalpaxis, Th., 2005. Integrated geophysical studies at ancient Itanos (Greece). *J. Archeological Science* 32. 1023-1036.

Vaughan, C.J., 1986. Ground-penetrating radar survey used in archaeological investigation. *Geophysics* 51(3), 595-604.

Vikery, M., 1998, *Society, Economics and Politics in Pre-Angkor Cambodia*, The Centre for East Asian Cultural Studies for Unesco, The Toyo Bunko.

_____. 2004, "Cambodia and Its Neighbors in the 15th Century", *Working Paper Series No. 27*, Asia Research Institute, Singapore (www.ari.nus.edu.sg/pub/wps2004.htm)

_____. 2005, "Champa revised", *Working Paper at a conference on Champa*, Asian Research Institute, National University of Singapore
(http://www.ari.nus.edu.sg/pub/wps2005/wps05_037.htm)

Wood, S.H., Liberty, L.M., Singharajwarapan, F.S., Bundarnsin, T and Rothwell, E. , 2004. Feasibility of gradient magnetometer surveys of buried brick structures at 13th century (C.E.) Wiang Kum Kan, Chiang Mai province, Thailand. Proc. Int. Conf. on Applied Geophysics. Chiang Mai: November 26-27, 2004., pp. 22-30.

Yukitsuku Tabata 2004. Technical Aspects on Khmer Stoneware Ceramics from the Tani kiln site. Doctor Degree, Institute of Asian Culture, Sophia University (in Japanese).

Boston GIS. OpenLayers part 1. [Online]. Accessed March 2006. Available from http://www.bostongis.com/?content_name=openlayers_tut_01.

OpenLayers. OpenLayers examples. [Online]. Accessed March 2006. Available from <http://www.openlayers.org/dev/doc/examples.html>.

OpenLayers. OpenLayers getting started. [Online]. Accessed March 2006. Available from <http://openlayers.org/doc/>.

Wikipedia. OpenLayers. [Online]. Accessed March 2006. Available from <http://en.wikipedia.org/wiki/OpenLayers>.

ภาคผนวก

การสร้างภาพเคลื่อนไหวเสมือนจริง 3 มิติ

1. กล่าวนำ

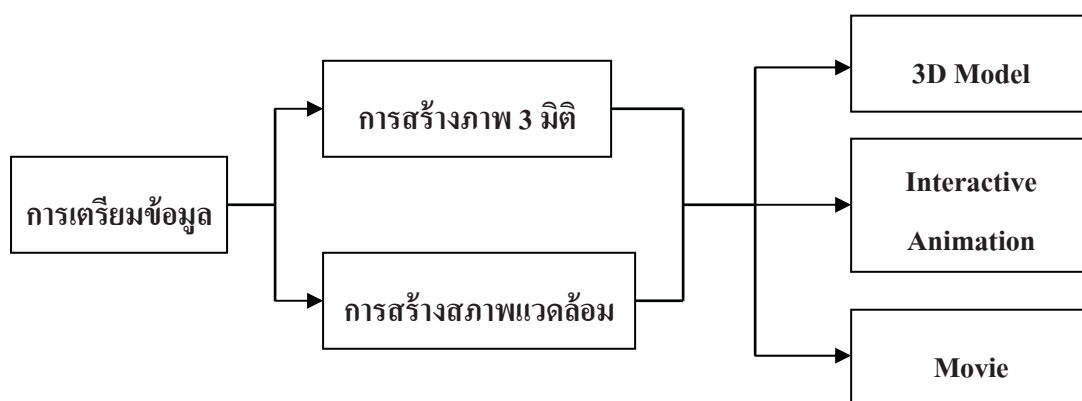
โครงการนี้ได้ทำการพัฒนาภาพเสมือนจริง 3 มิติ (3D Realistic Model) และสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ 3 มิติ (Natural 3D Environment) โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่างๆ จากซอฟต์แวร์หลายประเภทเข้ามาผสมผสานเพื่อสร้างเป็นภาพจำลองและสภาพแวดล้อม 3 มิติ ขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองภาพโบราณสถานและสภาพแวดล้อมโดยรอบของโบราณสถานในรูปแบบ 3 มิติ ทำให้ผู้ที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับโบราณสถาน สามารถมองเห็นภาพโบราณสถานและสภาพแวดล้อมได้ทุกด้านทั้งด้านหน้า ด้านหลัง ด้านบน รวมทั้งด้านในของโบราณสถาน และมองเห็นรูปทรงได้อย่างชัดเจนเสมือนจริงโดยไม่ต้องไปยังสถานที่จริง ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปยังสถานที่จริง นอกจากนี้เรายังสามารถนำประโยชน์จากการจำลองภาพโบราณสถาน 3 มิติไปเปรียบเทียบกับโครงสร้างโบราณสถานอื่นๆ ได้อีกด้วย

หลังจากการจำลองภาพโบราณสถานและสภาพแวดล้อมโดยรอบของโบราณสถานในรูปแบบ 3 มิติแล้ว สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงและนำมาประกอบในการพิจารณาถึงขั้นตอนการดำเนินการคือการนำผลงานเหล่านั้นมาแสดงในรูปแบบต่างๆ ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานครอบคลุมทุกแขนง เช่นการเสนอผลงานออกมาในรูปของภาพนิ่ง (picture) ภาพเคลื่อนไหวที่มีการตอบโต้ (interactive animation) และภาพยนตร์ (movie) เป็นต้น โดยการนำเสนอผลงาน (export) จะอยู่ในรูปแบบไฟล์ชนิดต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปใช้งานอย่างสะดวกขึ้นอยู่กับลักษณะของการนำไปใช้งาน

2. การดำเนินการ ผลงานที่ได้รับ และการนำไปใช้ประโยชน์

2.1 การดำเนินการ

การวางแผนงานในขั้นตอนการดำเนินการ เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากงานประเภทการสร้างภาพจำลองและการสร้างสภาพแวดล้อม 3 มิติ เป็นงานที่ค่อนข้างจะยุ่งยาก และมีความละเอียดอ่อน ผู้ปฏิบัติจะต้องมีความประณีตและมีจินตนาการผลงานที่ได้รับจึงจะออกมาดี มีความสวยงาม เหมือนจริง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ซึ่งคณะวิจัยฯ ของโครงการได้วางแผนงานโดยมีขั้นตอนการดำเนินการในการสร้างชิ้นงานซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

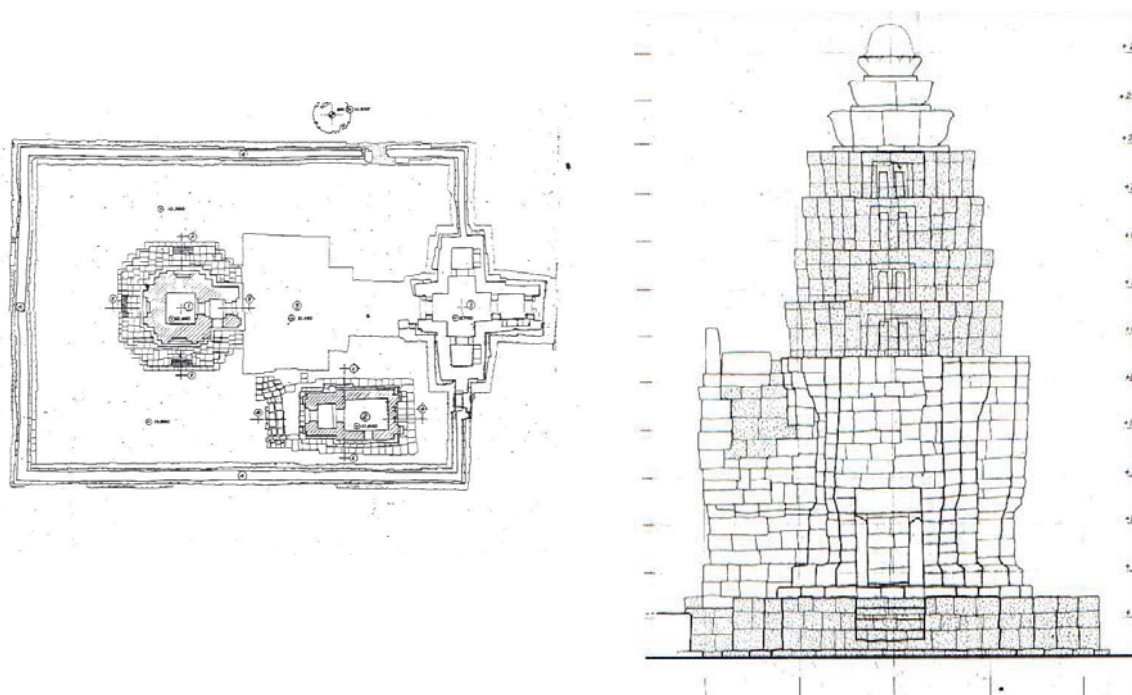


รูปที่ 1ก แสดงขั้นตอนการดำเนินการ

ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างภาพจำลอง 3 มิติมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากภาพจำลอง 3 มิติจะออกมาสมบูรณ์ สวยงาม หรือไม่ ขึ้นอยู่กับข้อมูลต่างๆ ดังนี้

O การเตรียมข้อมูลขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง หรือตำแหน่งพิกัดของโบราณสถาน (ถ้าได้ข้อมูลที่ละเอียดมากจะทำให้การสร้างวัตถุมีรูปทรงที่สวยงามและสมจริง)



รูปที่ 2ก แสดงผังและมาตราส่วนของโบราณสถาน

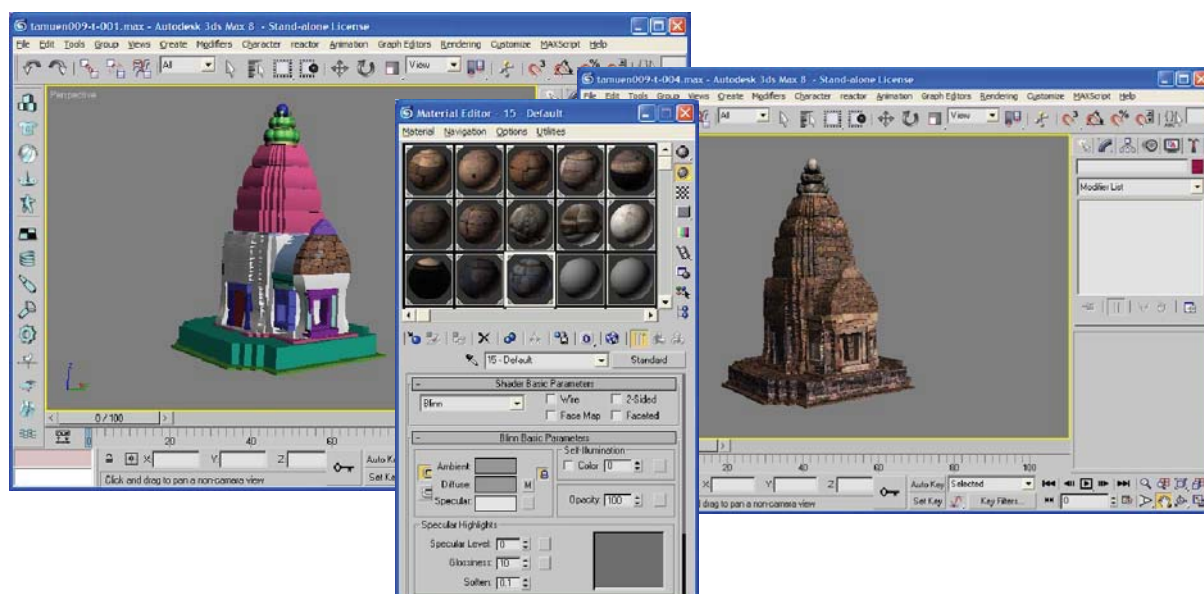
๐ การเตรียมข้อมูลภาพถ่ายพื้นผิวของวัตถุทั้งด้านหน้า ด้านข้าง ด้านหลัง และ ด้านบน เพื่อนำมาสร้างผิวของวัตถุให้ดูสมจริง โดยภาพที่ถ่ายควรมีความละเอียดสูง และมีการถ่ายภาพมุมใกล้และมุมไกลให้ครอบคลุมพื้นผิวทั้งหมดของโบราณสถาน



รูปที่ 3ก แสดงภาพพื้นผิวของโบราณสถาน

ขั้นตอนการสร้างภาพ 3 มิติของโบราณสถาน

ขั้นตอนการสร้างภาพ 3 มิติ สำหรับโครงการนี้ใช้โปรแกรม 3ds Max ในการสร้างภาพโบราณสถาน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องการความชำนาญและความประณีตเป็นอย่างยิ่ง เพราะออกแบบภาพ 3 มิตินั้นมีขั้นตอนหลายขั้นตอนและค่อนข้างมีความซับซ้อน ตั้งแต่ขั้นตอนการขึ้นรูป ขั้นตอนการสร้างผิววัตถุ (texture) และการ render ภาพ



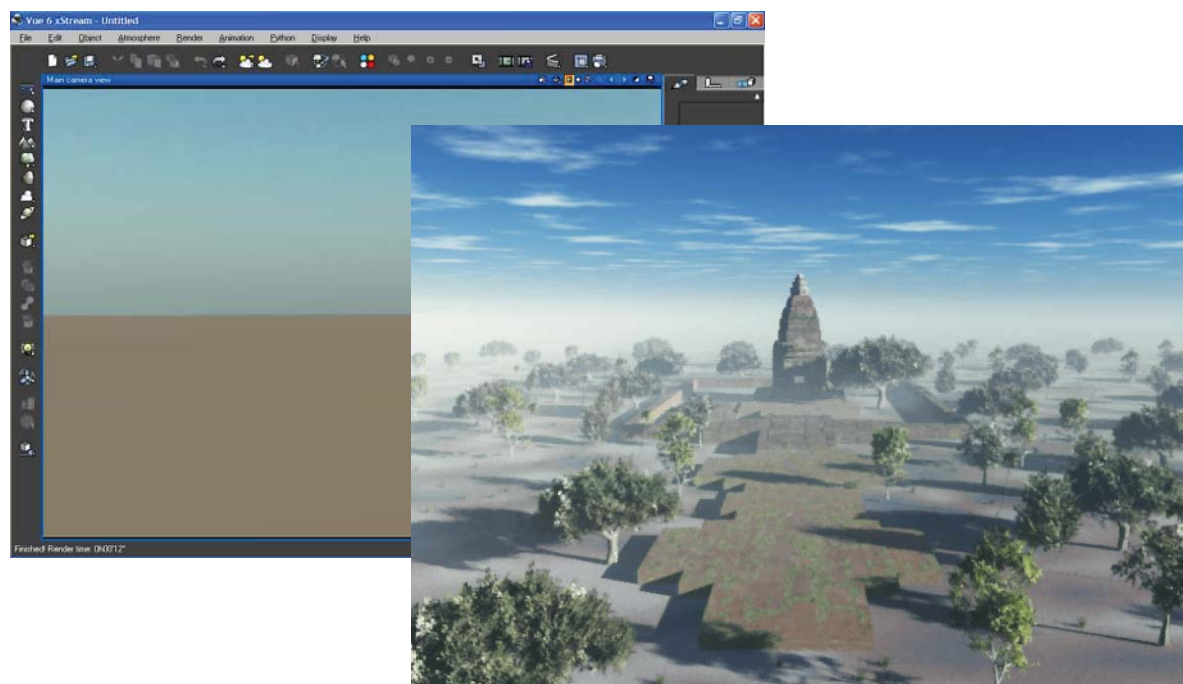
รูปที่ 4ก แสดงการสร้างภาพ 3 มิติของโบราณสถาน

ขั้นตอนการสร้างสภาพแวดล้อม 3 มิติ

นอกจากการสร้างภาพ 3 มิติ ของโบราณสถานแล้วองค์ประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่จะทำให้ภาพ 3 มิติมีลักษณะเหมือนจริงก็คือการสร้างสภาพแวดล้อมรอบๆภาพนั้น เช่นสภาพท้องฟ้า พื้นดิน ป่า ภูเขา เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมที่ออกแบบเครื่องมือช่วยสร้างสภาพแวดล้อมให้มีความง่าย และรวดเร็ว มีหลายโปรแกรม สำหรับโครงการวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Vue 6 xStream เป็นเครื่องมือช่วยสร้างสภาพแวดล้อมเพราะมีความง่าย ความสะดวก ความอ่อนตัว และมีประสิทธิภาพ โดยโปรแกรมได้เตรียมวัตถุ (Objects) พื้นฐานสำหรับการสร้างสภาพแวดล้อม 3 มิติไว้ดังนี้

- พื้นดิน พื้นน้ำ พื้นเมฆ (Infinite Planes)
- ภูเขา (Terrain object)
- ต้นไม้ ป่าไม้ (Plants)
- หิน (Rocks)
- เมฆ (MetaClouds)
- ลม (Ventilators)

นอกจากนี้ยังสามารถนำเข้าวัตถุสำเร็จรูป เช่นต้นไม้ ก้อนเมฆ หรือภูเขาจากที่อื่นแล้วนำมาประกอบกับสภาพแวดล้อมที่เราสร้างขึ้นมาด้วยตนเองอีกด้วย

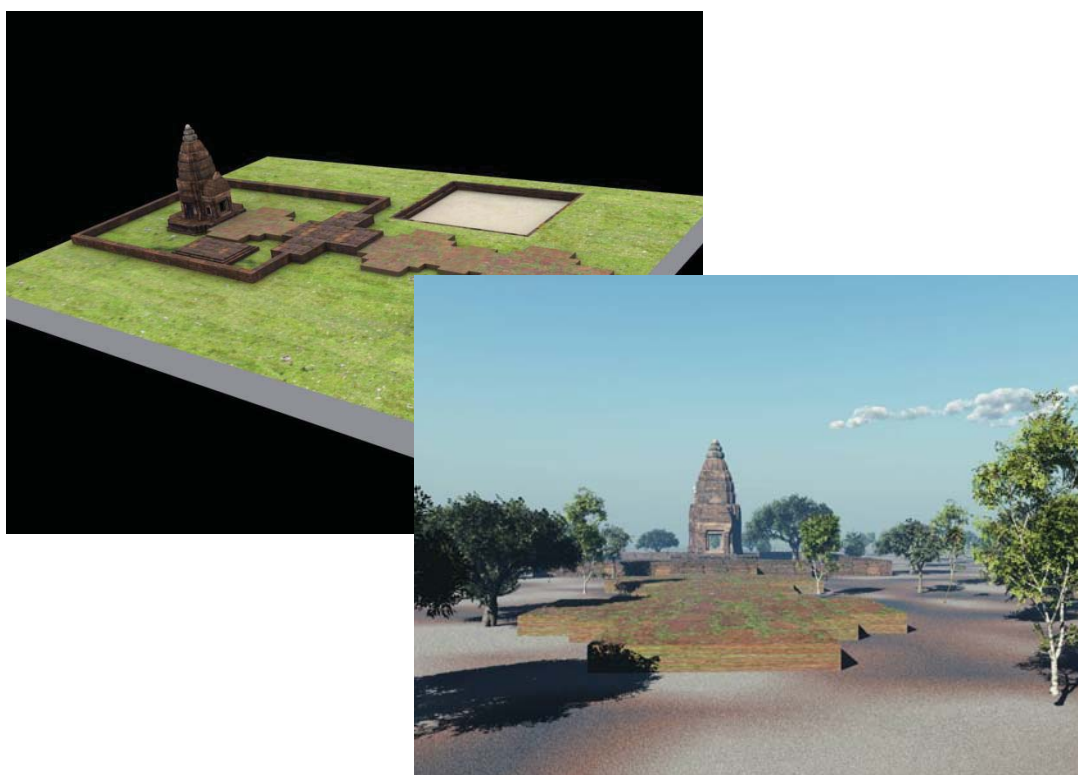


รูปที่ 5ก แสดงการสร้างสภาพแวดล้อม 3 มิติ

ขั้นตอนแสดงผลงานในรูปแบบ 3D Model, Interactive Animation และ Movie

การนำเสนอผลงานนั้นสามารถทำได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้สร้างผลงานและผู้นำไปใช้งาน ซึ่งจะมีความต้องการแตกต่างกันออกไป เช่นการนำเสนอผลงานบนเว็บไซต์สามารถแสดงในรูปแบบของภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวที่ถูกย่อขนาดแล้ว หรือ ภาพเคลื่อนไหวที่มีการโต้ตอบ เป็นต้น ส่วนการนำเสนอผลงานอีกแบบหนึ่งคือการให้ผู้ใช้งาน download ไฟล์ไปใช้งาน ซึ่งวิธีนี้นักจะใช้กับไฟล์ที่มีขนาดใหญ่

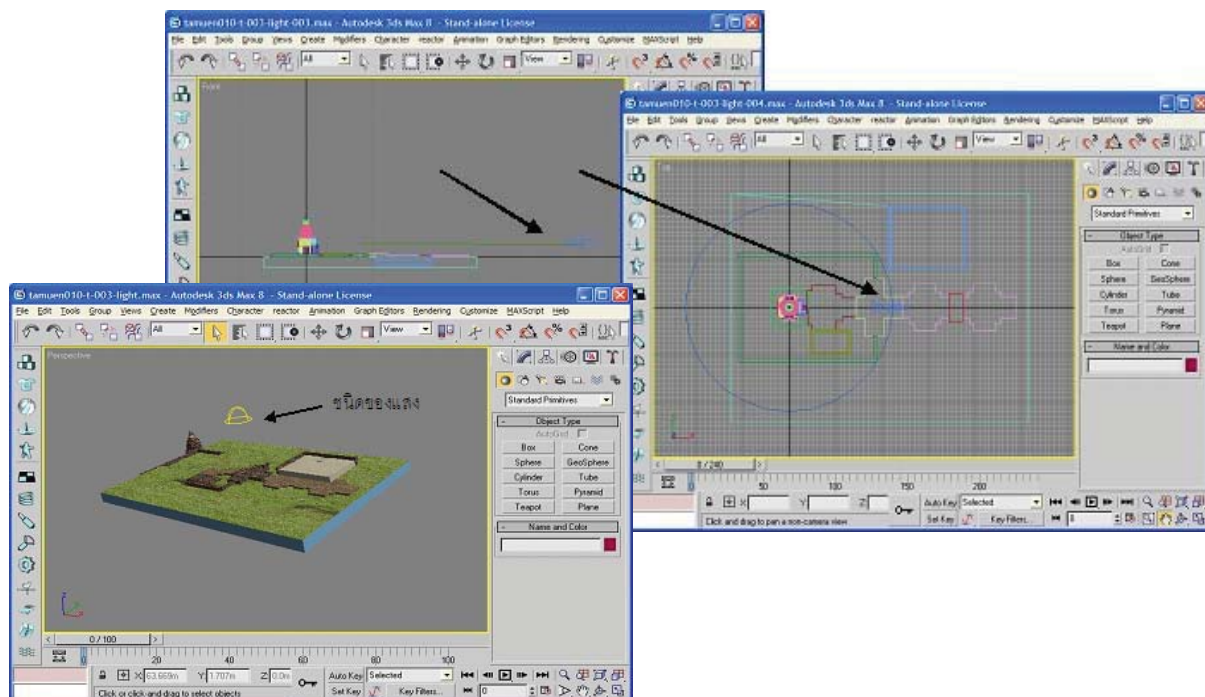
การนำเสนอผลงานในรูปแบบ 3D Model ก็เพียงแต่ Render ภาพออกมาเป็น jpg, png, bmp หรือ tif เป็นต้น ดังรูป



รูปที่ 6ก การเสนอผลงานแบบ 3D Model

การนำเสนอผลงานในรูปแบบ Movie เป็นวิธีที่นิยมวิธีหนึ่งเพราะจะทำให้ผู้ที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับโบราณสถาน สามารถมองเห็นภาพโบราณสถานและสภาพแวดล้อมได้ทุกด้านเหมือนไปยังสถานที่จริง อย่างไรก็ตามภาพที่เป็นแบบ movie มีข้อเสียเปรียบที่ผู้ใช้งานไม่สามารถบังคับมุมมองได้ด้วยตัวเอง แต่ภาพจะถูกผลิตออกมาสำเร็จรูปจากผู้สร้างผลงาน ซึ่งบางครั้งอาจจะไม่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

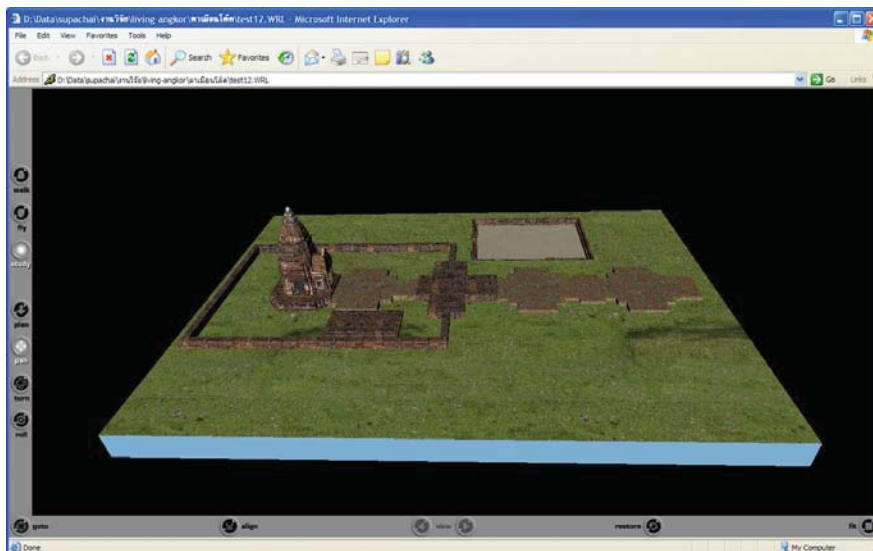
การนำเสนอผลงานในรูปแบบ Movie ผู้ผลิตจะต้องเพิ่มขั้นตอนการ Render ภาพ โดยต้องกำหนดทิศทางของแสง ทิศทางการเคลื่อนที่ของกล้อง จำนวน frame ที่ต้องการ และการตั้งค่าความละเอียดของภาพ (resolution) เป็นต้น ดังรูป



รูปที่ 7ก การเสนอผลงานแบบ Movie

การนำเสนอผลงานในรูปแบบ Interactive Animation ในปัจจุบันนี้นับว่าเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมวิธีหนึ่งเพราะผู้ใช้งานสามารถบังคับทิศทางการมองภาพเคลื่อนไหวเสมือนจริง 3 มิติ (3D Realistic Animation) ได้โดยผู้ใช้งานเอง ด้วยอุปกรณ์เป็นพิมพ์ เมาส์ หรืออื่นๆ สำหรับการสร้างและออกแบบสามารถทำได้หลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ความสะดวก ความอ่อนตัว ความง่าย และความชำนาญในการใช้งานโปรแกรมที่จะนำมาสร้างสรรค์งานด้าน 3 มิติของผู้ออกแบบ สำหรับโครงการวิจัยนี้ผู้เขียนใช้โปรแกรม 2 ประเภทในการสร้างสรรค์ผลงาน คือ โปรแกรม Autodesk 3ds Max สำหรับการสร้าง Interactive Animation บน web browser และโปรแกรม Quest 3D สำหรับการสร้าง Interactive Animation อย่างอิสระ สามารถแสดงภาพด้วยตัวเองโดยไม่ต้องพึ่งซอฟต์แวร์อื่นมาช่วยในการแสดงผลงาน

สำหรับการสร้าง Interactive Animation บน web browser สามารถผลิตออกมาโดยการใช้โปรแกรม 3ds Max ทำการ Export ให้อยู่ในไฟล์ WRL ก่อน ส่วนการนำไฟล์ WRL มาแสดงบน web browser นั้นจะต้องติดตั้งโปรแกรมประเภท VRML Client บนเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อน ซึ่งโครงการนี้แนะนำให้ติดตั้งโปรแกรม Cortona VRML Client (cortvrml.exe) ของบริษัท

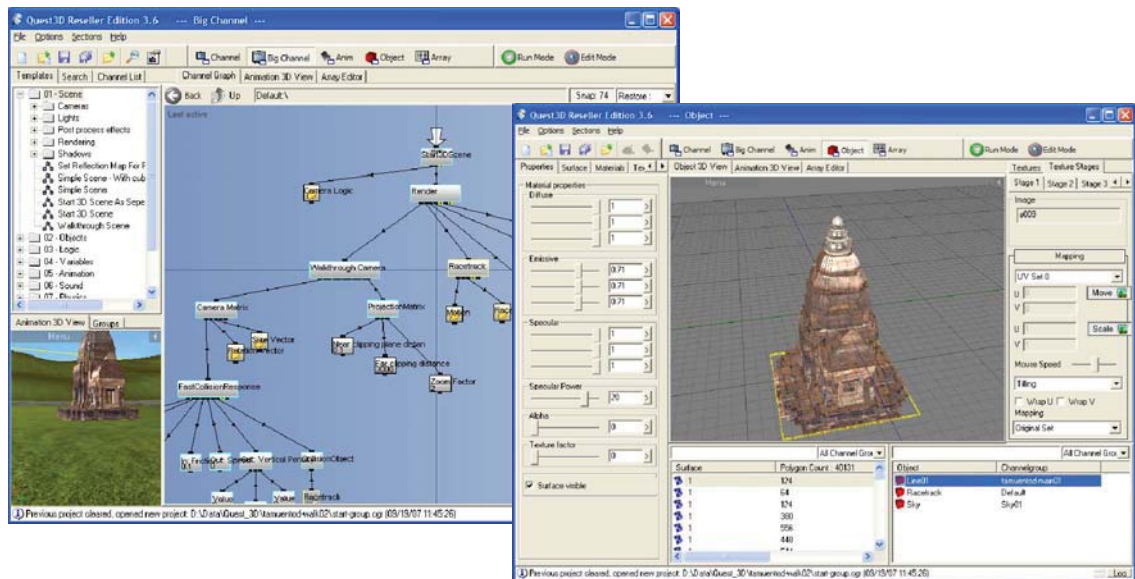


รูปที่ 8ก การเสนอผลงานแบบ Interactive Animation บน Web Browser

สำหรับการสร้าง Interactive Animation ที่สามารถทำงานได้อย่างอิสระสามารถแสดงภาพด้วยตัวเองโดยไม่ต้องพึ่งซอฟต์แวร์อื่นมาช่วยในการแสดงผลงานด้านแบบจำลอง 3 มิติที่มีการตอบโต้กัน จะใช้โปรแกรม Quest 3D ในการสร้างผลงาน ซึ่งสามารถสร้างผลงานออกมาได้หลายรูปแบบซึ่งอยู่กับรูปแบบการนำเสนอผลงานเช่น คือ

- ถ้าต้องการเสนอผลงานด้วย Quest 3D Viewer จะต้องเก็บไฟล์รูปแบบ .q3d
- ถ้าต้องการเสนอผลงานในรูปแบบเว็บโดยจะต้องใช้ Quest 3D Browser Plug-in จะต้องเก็บไฟล์รูปแบบ .q3d
- ถ้าต้องการเสนอผลงานในรูปแบบ Screen Saver จะต้องเก็บไฟล์รูปแบบ .exe
- ถ้าต้องการเสนอผลงานในรูปแบบ Stand-alone Self-running จะต้องเก็บไฟล์รูปแบบ .exe

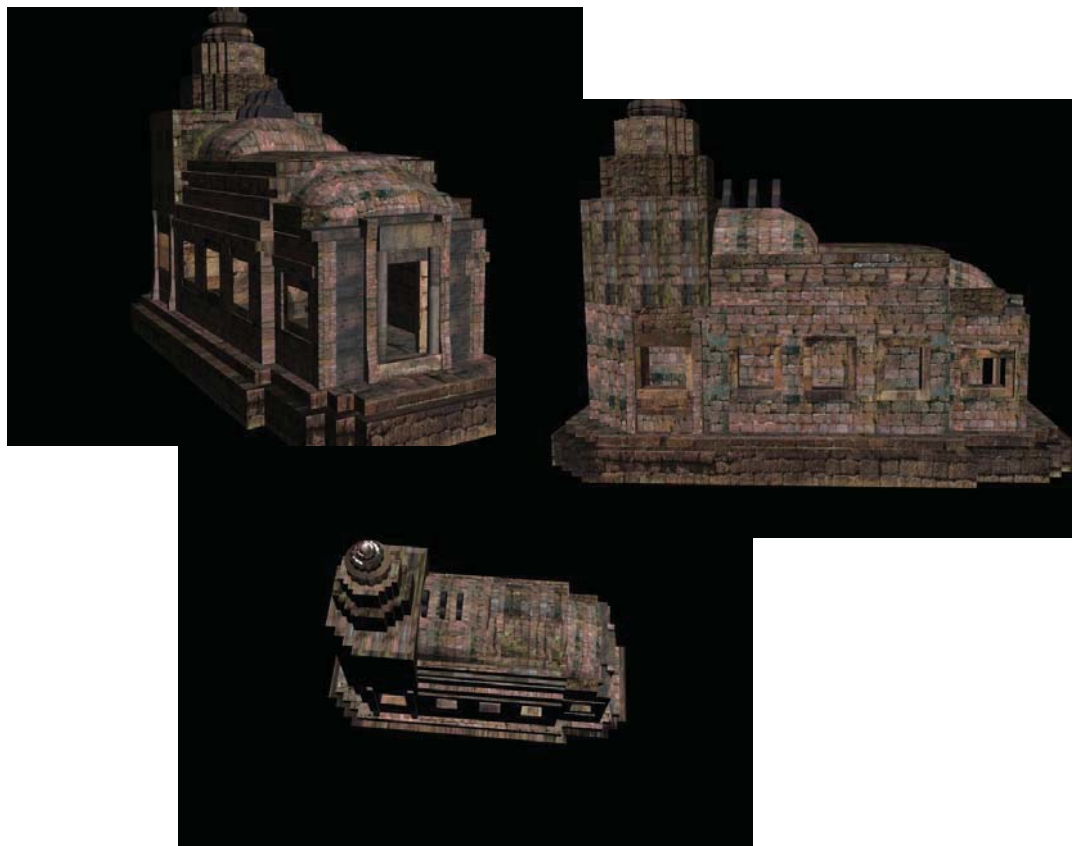
ดังรูป



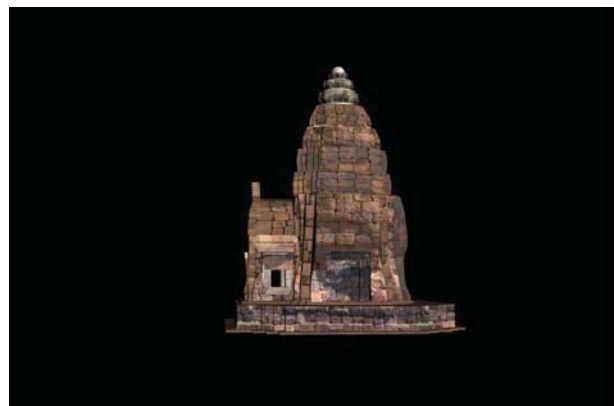
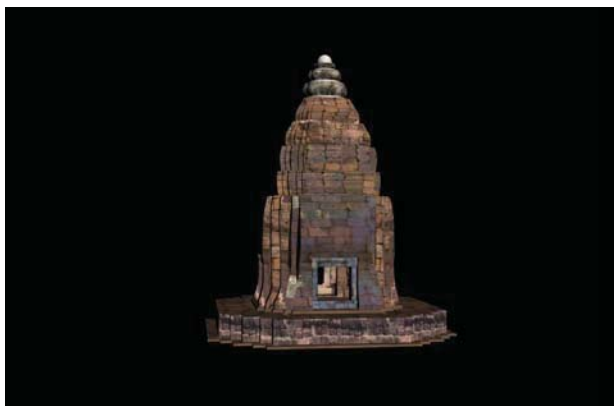
รูปที่ 9ก การเสนอผลงานแบบ Interactive Animation ทำงานอิสระ

2.2 ผลงานที่ได้รับ

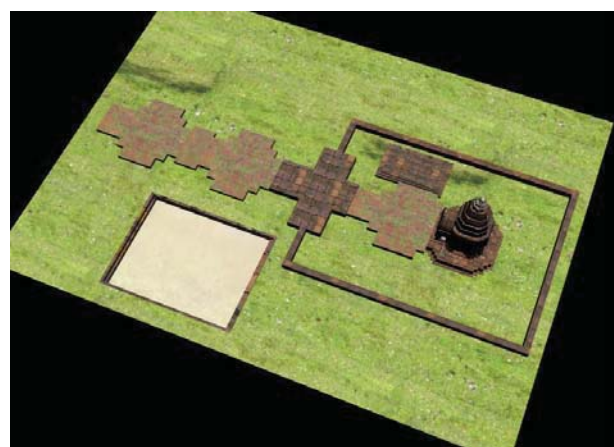
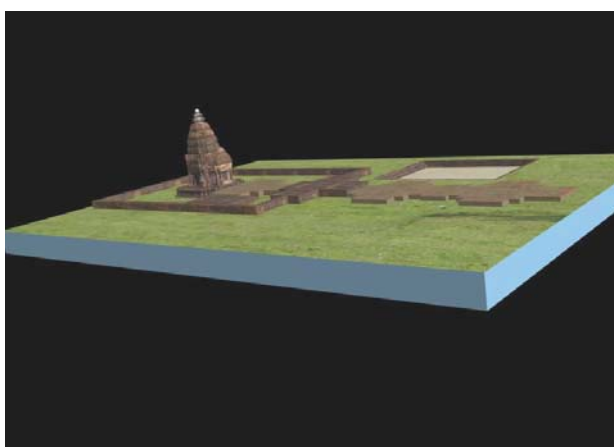
2.2.1 3D Model



รูปที่ 10ก ภาพธรรมศาลา (อณีสาลา) ปราสาทตาเมือน



รูปที่ 11ก ภาพอโรคยาศาลา ปราสาทหนองบัวลาย

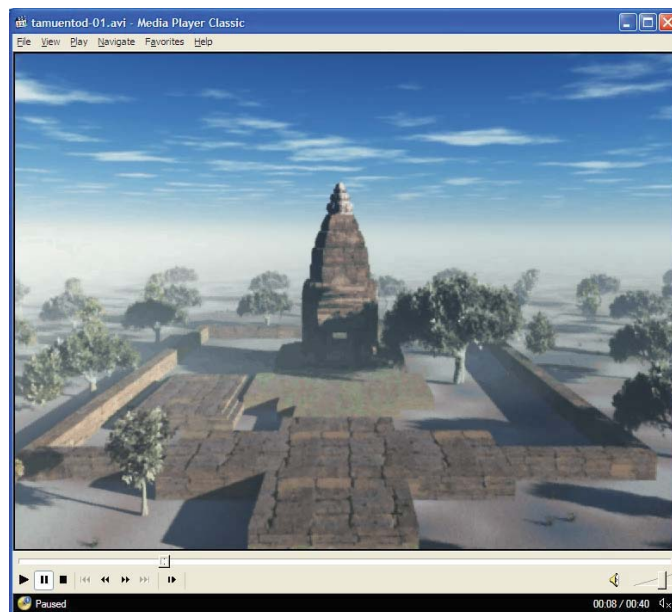


รูปที่ 12ก ภาพอโรคยาศาลา ปราสาทหนองบัวลาย



รูปที่ 13ก ภาพสะพานโบราณ

2.2.2 Movie



รูปที่ 14ก ภาพเคลื่อนไหวหอโรคนาสาลา ปราสาทหนองบัวลาย

2.2.3 Interactive Animation



รูปที่ 15ก ภาพเคลื่อนไหวแบบตอบโต้ ปราสาทหนองบัวลาย

3. สรุป

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการประยุกต์โดยการนำซอฟต์แวร์หลายชนิดมาใช้เป็นเครื่องมือสร้างภาพจำลองโบราณสถาน 3 มิติ ทำให้สามารถลดขั้นตอนในการสร้างและออกแบบงานได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้งานที่มีความซับซ้อนมากๆ ซอฟต์แวร์เหล่านี้ก็ยังช่วยให้สามารถสร้างงานนั้นออกมาอย่างง่ายและสะดวกสบาย ผลงานที่สร้างออกมาก็สามารถนำไปเสนอผลงานได้หลายรูปแบบ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างหลากหลายยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการสร้างภาพจำลองและสภาพแวดล้อม 3 มิติจะใกล้เคียงสถานที่จริงหรือไม่ขึ้นอยู่กับศิลป์และจินตนาการของผู้ออกแบบ ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการผลิตผลงานออกมาให้เหมือนจริง

ภาคผนวก ข

การใช้งาน OpenLayers เพื่อพัฒนาระบบการสื่อสารข้อมูลโครงการ

1. กล่าวนำ

การนำเสนอข้อมูล GIS ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต ได้รับความนิยมน้อยแต่แพร่หลายในเวลาอันรวดเร็ว เป็นผลให้มีการพัฒนา Web GIS Application ขึ้นมาให้งานเป็นจำนวนมาก นอกจากนั้น ในปัจจุบันผู้ใช้งานยังสามารถเข้าถึงข้อมูล GIS จากหลากหลายแหล่งได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ดังนั้น ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้งานร่วมกัน รวมถึงการนำข้อมูลของตนเองมารวมนำเสนอด้วยนั้น ผู้ใช้สามารถกระทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่ชื่อว่า OpenLayers ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นโดยใช้เทคโนโลยี JavaScript ช่วยให้ นักพัฒนาสามารถนำเสนอข้อมูล GIS จากหลากหลายแหล่งข้อมูลบนหน้าเว็บเดียวกันได้อย่างง่ายดายโดยเรียกใช้งานผ่าน JavaScript API ของ OpenLayers

2. คุณสมบัติของ OpenLayers

OpenLayers เป็นซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นสำหรับการเรียกดูและนำเสนอข้อมูล GIS ในรูปแบบของแผนที่ผ่าน Web Browser ที่พัฒนาขึ้นมาโดยใช้ภาษา JavaScript ที่มีคุณสมบัติในการทำงานในรูปแบบ Client Side ช่วยให้ เป็นอิสระต่อการเลือกใช้เครื่องแม่ข่าย และที่สำคัญ OpenLayers ยังมี JavaScript API สำหรับใช้ในการสร้าง Web-Based Geographic Application ให้สำหรับนักพัฒนาในการเข้าถึงและเข้าใช้งาน Library ต่างๆ ของ OpenLayers ได้อย่างสะดวกสบาย ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างแผนที่ กำหนดคุณสมบัติของแผนที่ จัดเรียงชั้นข้อมูล และรองรับการใช้งานข้อมูล GIS หลากหลายรูปแบบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1 ข

คุณสมบัติที่น่าสนใจของ OpenLayers อย่างหนึ่งก็คือ ความสามารถในการเรียกใช้ข้อมูล GIS จากหลากหลายแหล่งข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น

การติดต่อกับแหล่งข้อมูลที่ใช้ Protocol มาตรฐานของ OpenGIS Consortium

- Web Map Service (WMS) Protocol
- Web Feature Service (WFS) Protocol

การติดต่อกับแหล่งข้อมูลที่ใช้มาตรฐานอื่นๆ

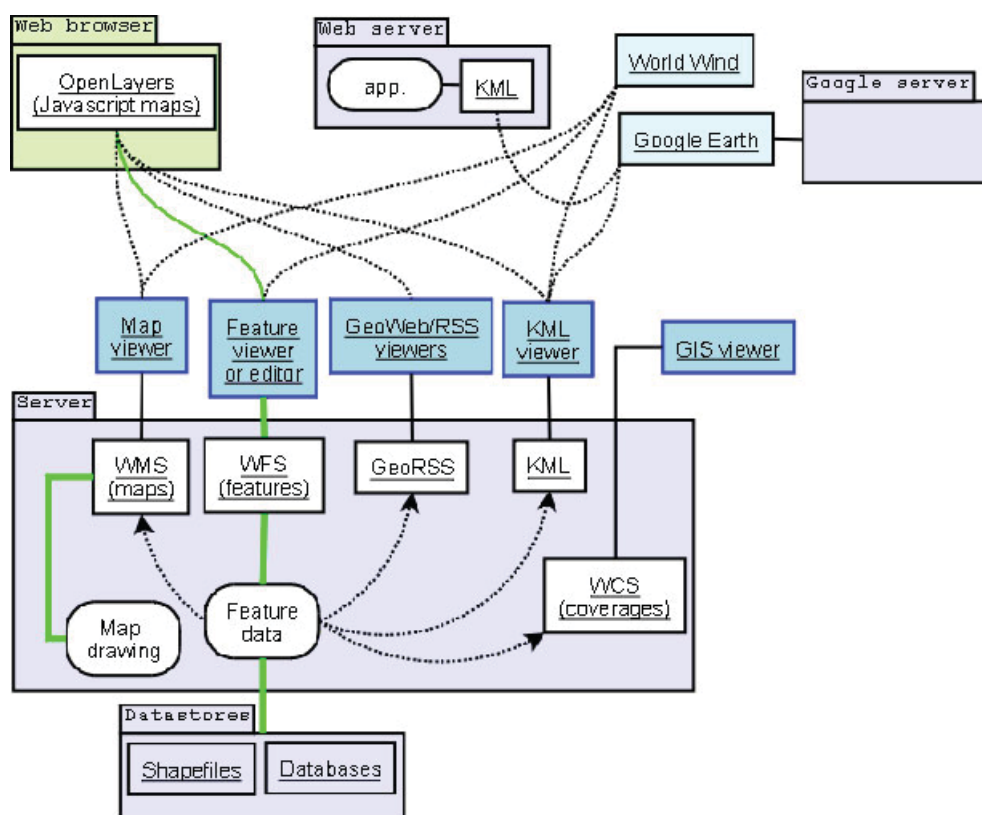
- GeoRSS data
- GeoServer data
- ka-Map data
- NASA World Wind data
- UMN MapServer data

การติดต่อกับแหล่งข้อมูลอื่นๆ

- Google Maps
- MSN Virtual Earth
- Yahoo! Maps

นอกจากนั้น OpenLayers ยังรองรับการเรียกใช้งานข้อมูลอื่นๆ ดังแสดงไว้ในภาพด้านล่าง

น



รูปที่ 1x แสดงแผนภาพ OpenLayers ที่รองรับการเรียกใช้งานข้อมูล

(ที่มา: <http://en.wikipedia.org/wiki/OpenLayers>)

3. การใช้งาน OpenLayers

การสร้างแผนที่โดยใช้ OpenLayers API เรียกข้อมูล GIS จากแหล่งข้อมูลต่างๆ นั้น ในขั้นต้นจะต้องแทรก OpenLayers JavaScript เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของ HTML (หรือโปรแกรมภาษาอื่นๆ ที่ใช้สำหรับสร้าง Web Page เช่น PHP, ASP.Net, หรือ PERL เป็นต้น) จากนั้นจึงเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษา JavaScript เพื่อเรียกใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ตามข้อกำหนดของ OpenLayers JavaScript API

เรียกใช้งาน OpenLayers JavaScript

การสร้าง Web-Based Geographic Application ด้วย OpenLayers นั้น ในขั้นต้นจะต้องสร้างไฟล์ HTML ที่มีการรวมเอา OpenLayers Library เข้าไว้เป็นส่วนหนึ่งของไฟล์ดังกล่าวก่อน ด้วยการแทรกเข้าไว้ในส่วนของ Header พร้อมกับสร้าง Block element ซึ่งในที่นี้ใช้ <div> เป็นตัวกำหนดว่าจะแสดงข้อมูล GIS ไว้ที่ส่วนใดของ Web page พร้อมทั้งกำหนดขนาดของแผนที่ที่จะแสดงผล

```
<html>
<head>
  <title>OpenLayers Example</title>
  <script src="http://openlayers.org/api/OpenLayers.js"></script>
</head>
<body>
  <div style="width: 100%; height: 100%" id="map"></div>
</body>
</html>
```

สร้าง OpenLayers Map Object

ในการสร้างแผนที่นั้น เมื่อเตรียมโครงสร้างของ HTML เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้าง Map Object ของ OpenLayers เพื่อเตรียมที่จะใช้เป็น Object หลักในการแสดงผลข้อมูล GIS ซึ่งต้องมีการส่งผ่านค่าให้กับ OpenLayers.Map constructor 1 ตัว นั่นก็คือ ID ของ HTML element ที่ต้องการให้แสดงแผนที่

```

<html>
<head>
  <title>OpenLayers Example</title>
  <script src="http://openlayers.org/api/OpenLayers.js"></script>
  <script defer="defer" type="text/javascript">
    function init() {
      var map = new OpenLayers.Map('map');
    }
  </script>
</head>
<body onload=init()>
  <div style="width: 100%; height: 100%" id="map"></div>
</body>
</html>

```

เมื่อเรียกดูผ่าน Web Browser จะเห็นว่ามีเพียงตัวควบคุมแสดงผลออกมาเท่านั้น



รูปที่ 2ข แสดงตัวควบคุมแสดงผล

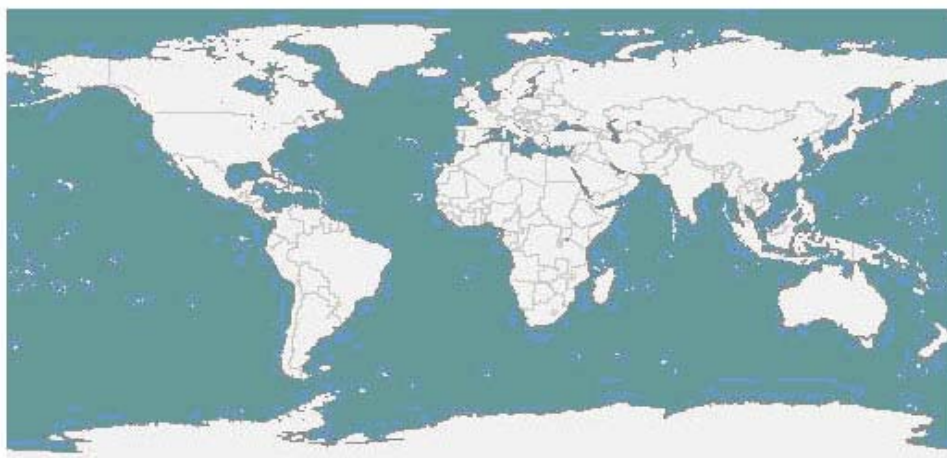
สร้างชั้นข้อมูลโดยนำเข้าข้อมูล WMS

เมื่อเตรียมทุกอย่างพร้อมแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเรียกข้อมูลออกมาแสดง โดยเริ่มต้นจากการนำเข้าข้อมูลจาก WMS Server ด้วยการสร้าง WMS Layer Object และเพิ่มชั้นข้อมูลเข้าไปใน Map Object ตามลำดับ นอกจากนั้น จะต้องกำหนด Zoom level ให้กับ Map Object ด้วย ซึ่งสามารถใช้ zoomToMaxExtent() เพื่อให้ขยายภาพให้มากที่สุดเท่าที่จะแสดงผลเต็มพื้นที่ได้

```

<html>
<head>
  <title>OpenLayers Example</title>
  <script src="http://openlayers.org/api/OpenLayers.js"></script>
  <script defer="defer" type="text/javascript">
    function init() {
      var map = new OpenLayers.Map('map');
      var wms = new OpenLayers.Layer.WMS( "OpenLayers WMS",
        "http://labs.metacarta.com/wms/vmap0",
        {layers: 'basic'} );
      map.addLayer(wms);
      map.zoomToMaxExtent();
    }
  </script>
</head>
<body onload=init()>
  <div style="width: 100%; height: 100%" id="map"></div>
</body>
</html>

```



รูปที่ 3ข แสดงตัวควบคุมแสดงผลบน Web Browser

กำหนดขอบเขตการแสดงผล

การกำหนดขอบเขตในการแสดงผล ก็เพื่อที่จะกำหนดว่าต้องการให้แสดงแผนที่เฉพาะในส่วนที่เราต้องการ ด้วยการกำหนดจุดศูนย์กลางของแผนที่และ zoom level

```
<html>
<head>
  <title>OpenLayers Example</title>
  <script src="http://openlayers.org/api/OpenLayers.js"></script>
  <script defer="defer" type="text/javascript">

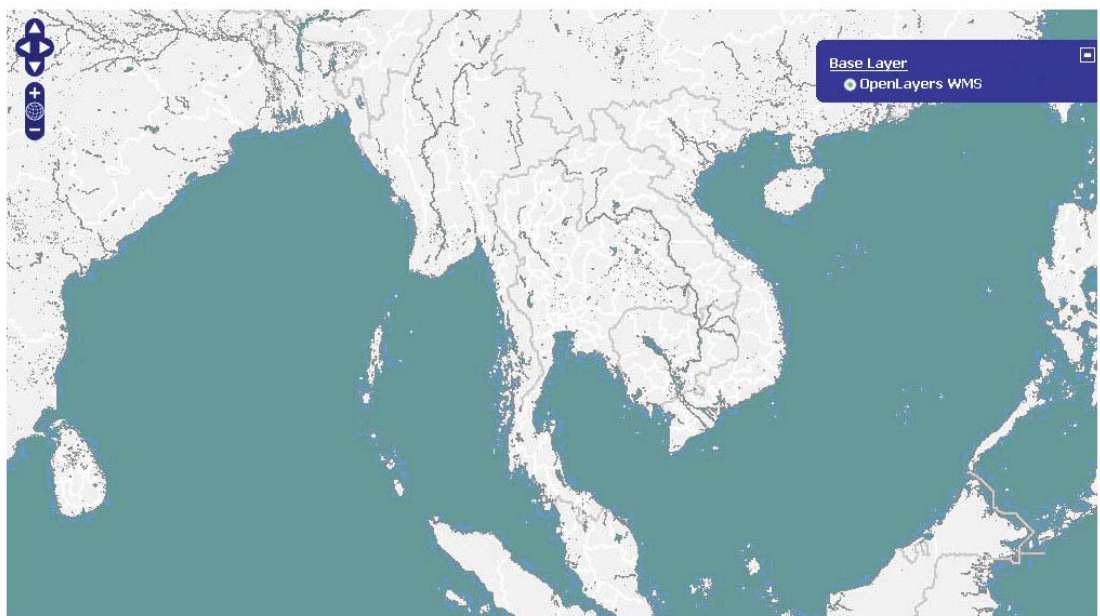
    var lon = 100;
    var lat = 14;
    var zoom = 5;
    function init() {
      var map = new OpenLayers.Map('map');
      var wms = new OpenLayers.Layer.WMS( "OpenLayers WMS",
        "http://labs.metacarta.com/wms/vmap0",
        {layers: 'basic'} );
      map.addLayer(wms);
      map.setCenter(new OpenLayers.LonLat(lon, lat), zoom);
    }
  </script>
</head>
<body onload=init()>
  <div style="width: 100%; height: 100%" id="map"></div>
</body>
</html>
```



สร้าง Layer Switcher

Layer Switcher เป็นเครื่องมือในการควบคุมว่าต้องการหรือไม่ต้องการแสดงผลข้อมูลของแต่ละ Layer ที่มีอยู่ในแผนที่ ซึ่งการสร้าง Layer Switcher ของ OpenLayers ใช้คำสั่งเพียงบรรทัดเดียวคือ

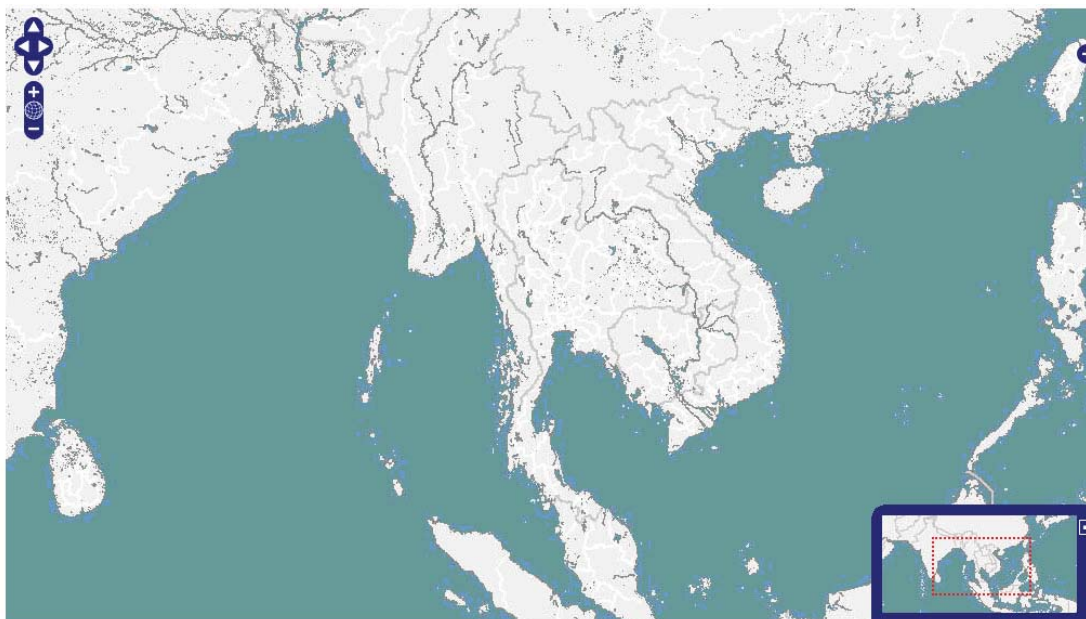
```
map.addControl(new OpenLayers.Control.LayerSwitcher() );
```



สร้าง Overview Map

Overview Map เป็นรูปแผนที่ขนาดเล็ก ใช้เพื่อบอกตำแหน่งการแสดงผลของแผนที่หลัก กับบริเวณโดยรอบ

```
map.addControl(new OpenLayers.Control.OverviewMap());
```



4. เรียกใช้งานข้อมูลจาก Google Maps

การเรียกใช้ข้อมูลจาก Google Maps นั้น ผู้ใช้จะต้องลงทะเบียนเพื่อขอรับ API key สำหรับแต่ละ URL ก่อน ซึ่งสามารถลงทะเบียนโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายได้ที่

<http://code.google.com/apis/maps/signup.html>

And get an API key for your web-site.

However, we will not explain how to sign up in this training

For further information, refer to the following site,

<http://code.google.com/apis/maps/index.html>

```

<html>
<head>
<title>OpenLayers Example</title>
<script src="http://openlayers.org/api/OpenLayers.js"></script>
<script src="http://maps.google.com/maps?file=api&v=2
    &key=ABQIAAAh5eI2e-uaLsMHMsRaL41sxQMRv3u6BnmjLFPiLNNcMg82Zw
    WaxTiDNyXUQfy3miBE6XJ3PyDkcIHOQ"
    type="text/javascript"></script>
<script defer="defer" type="text/javascript">

var lon = 100;
var lat = 14;
var zoom = 5;
function init() {
    var map = new OpenLayers.Map('map');
    var wms = new OpenLayers.Layer.WMS( "OpenLayers WMS",
        "http://labs.metacarta.com/wms/vmap0",
        {layers: 'basic'} );
    var gsatlite = new OpenLayers.Layer.Google('Google Satellite',
        {'type': G_SATELLITE_MAP } );
    var gvector = new OpenLayers.Layer.Google('Google Vector',
        {'type': G_NORMAL_MAP } );
    var ghybrid = new OpenLayers.Layer.Google('Google Hybrid',
        {'type': G_HYBRID_MAP } );
    map.addLayer(wms);
    map.addLayers([gsatellite, gvector, ghybrid]);
    map.setCenter(new OpenLayers.LonLat(lon, lat), zoom);

    map.addControl(new OpenLayers.Control.LayerSwitcher() );
    map.addControl(new OpenLayers.Control.OverviewMap());
}
</script>

```

```

</head>

<body onload=init()>

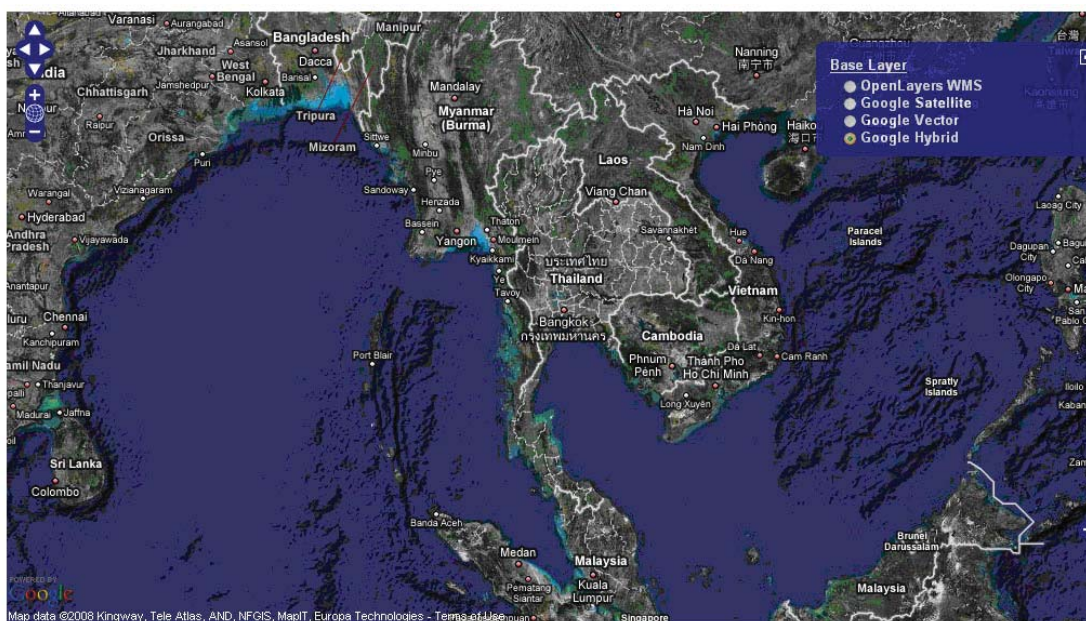
  <div style="width: 100%; height: 100%" id="map"></div>

</body>

</html>

```



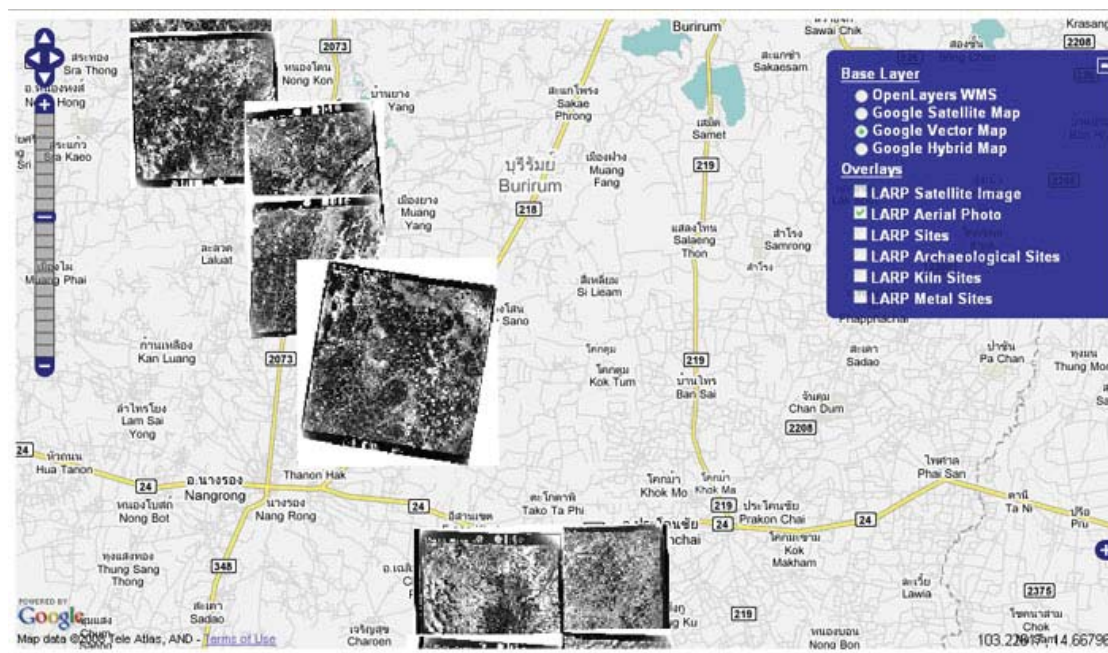


5. การเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจาก WMS

เนื่องจาก OpenLayers มีความสามารถในการเรียกใช้งานข้อมูลหลากหลายรูปแบบ ดังนั้น เพื่อเป็นตัวอย่างในการเรียกใช้งานรูปแบบอื่นๆ จึงขอนำตัวอย่างการดึงข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ จาก “โครงการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของราชมรรคา สมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7” มาเพื่อสร้างความเข้าใจในการเรียกใช้ข้อมูลรูปแบบอื่นๆ ของ OpenLayers ผ่าน WMS Protocol

```
var larp_aerial = new OpenLayers.Layer.WMS( "LARP Aerial Photo",
    "http://larp.crma.ac.th/cgi-bin/larp.wms",
    {transparent: 'true', layers: 'Aerial_Photo'} );

map.addLayers(larp_aerial);
```

6. การใช้งานคุณสมบัติอื่นๆ ของ OpenLayers

การใช้งาน OpenLayers นั้น นอกจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังมีคุณสมบัติอื่นๆ อีกมากมายที่สามารถเรียกใช้งานเพื่อกำหนดรูปแบบ ลักษณะ และขอบเขตการแสดงผล การเพิ่มชั้นข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบอื่นๆ เช่น ข้อความ รูปภาพ และ GML เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้งานสามารถศึกษาได้จาก OpenLayers API Reference และตัวอย่างจำนวนมากที่เว็บไซต์ OpenLayers (<http://www.openlayers.org/dev/examples/>)

สรุป

OpenLayers เป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยให้ผู้ใช้และนักพัฒนาระบบ GIS สามารถนำเสนอข้อมูลของตนเองร่วมกับข้อมูลอื่นๆ ที่มีการเผยแพร่ให้ใช้งานในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ โดยที่ OpenLayers มี JavaScript API ที่ช่วยให้สามารถเรียกใช้งานคุณสมบัติอันหลากหลายของ OpenLayers ได้อย่างสะดวกสบาย นอกจากนั้น OpenLayers ยังคงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในรูปแบบการเผยแพร่รหัสให้นักพัฒนาทั่วโลกสามารถมีส่วนร่วมในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและมีคุณสมบัติต่างๆ เพิ่มขึ้น และด้วยความที่มีการเปิดเผยรหัสเช่นนี้ ยังช่วยให้นักพัฒนาสามารถปรับแก้คุณสมบัติของ OpenLayers ให้ตรงความต้องการเฉพาะงานของตนได้อีกด้วย

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโยธาของสะพานโบราณ Hal Bridge

Civil Engineering Department, CRMA	CALCULATION SHEET
Project: <u>Hal Bridge, Cambodia</u>	HAL Bridge check.mcd / 1/4
Subject: <u>Loading capacity check</u>	Sheet No:
Designer: <u>CC</u> Chk by: <u>CC</u>	Project No: =
Approved by:	Drawing No:
	Date: <u>March 2008</u>

HAL BRIDGE: Capacity Check

The design check procedures outlined below are in accordance with **BS 5628: Part 1: Structural Use of Unreinforced Masonry** which is based on the limit state principles.

Unit conversion: kN := 1000N ton := 10kN

Given: Bridge details i.e. width, length, spans and dimensions as shown on the attached drawings.

Bridge span 1 approximate length: $s_1 := 1.7\text{m}$

Bridge span 2 approximate length: $s_2 := 2.4\text{m}$

Bridge span 3 approximate length: $s_3 := 1.9\text{m}$

Average bridge span length: $s := \frac{s_1 + s_2 + s_3}{3}$ $s = 2000\text{ mm}$

Total bridge width: $W_d := 6\text{m}$

Loading will be calculated per unit width of bridge; therefore, the unit width is

$w := 1\text{m}$

1. ULTIMATE DESIGN MOMENT (M)

Assume the critical plane of bending will be parallel to the bed joint and the ultimate design moment at mid-span of the panel, M, is given by (clause 36.4.2 of BS 5628)

$$M := \frac{\text{Ultimate load} \cdot \text{span length}}{8}$$

Ultimate load on the panel per unit length of bridge equals to uniform load times loaded area.

In which, Characteristic uniform load is W_k

Partial safety factor for load is $\gamma_f := 1.2$

Therefore, $\text{Ult_load} = \text{uniform load} \times \text{area}$

$$\text{Ult_load} := \gamma_f W_k \cdot s \cdot w \qquad \text{Ult_load} := f_1 \cdot W_k$$

In which: $f_1 := \gamma_f \cdot s \cdot w$ $f_1 = 2.40 \times 10^6 \text{ mm}^2$

Therefore, $\text{Ult_load} := f_1 \cdot W_k$ N per unit length of bridge

Hence

$$M := \frac{f_1 \cdot W_k \cdot s}{8} \qquad M := f_2 \cdot W_k$$

In which: $f_2 := \frac{f_1 \cdot s}{8}$ $f_2 = 6.00 \times 10^8 \text{ mm}^3$

Therefore, $M := f_2 \cdot W_k$ per unit length of bridge

Civil Engineering Department,
CRMA

Project: Hal Bridge, Cambodia
Subject: Loading capacity check
Designer: CC Chk by: CC
Approved by:

CALCULATION SHEET

HAL Bridge check.mcd / 2/4

Sheet No:

Project No:

Drawing No:

Date: March 2008

2. MOMENT OF RESISTANCE, M_d

Section modulus (Z)

$$Z := \frac{b \cdot d^2}{6}$$

In which, width of the block = 1m

$$b := 1\text{m}$$

thickness of the block,

$$d := 700\text{mm}$$

Therefore, section modulus is

$$Z := \frac{b \cdot d^2}{6}$$

$$Z = 81.67 \times 10^6 \text{ mm}^3 \quad \text{per unit length of bridge}$$

Moment of resistance

The design moment of resistance, M_d , is equal to the moment of resistance when the plane of failure is parallel to the bed joint, M_{kpar}

Hence,

$$M_d := M_{kpar}$$

$$M_d := \frac{f_{kxpar} Z}{\gamma_m}$$

In which, the characteristic flexural strength (Table 3, BS 5628) is

$$f_{kxpar} := 0.25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

the partial safety factor for materials (Table 4, BS 5628) is

$$\gamma_m := 3.5$$

the section modulus is

$$Z = 81.67 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

Therefore, the design moment of resistance is

$$M_d := \frac{f_{kxpar} Z}{\gamma_m}$$

$$M_d = 5.83 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

DETERMINATION OF MAXIMUM UNIFORM LOAD (W_k)

For structural stability:

$$M \leq M_d$$

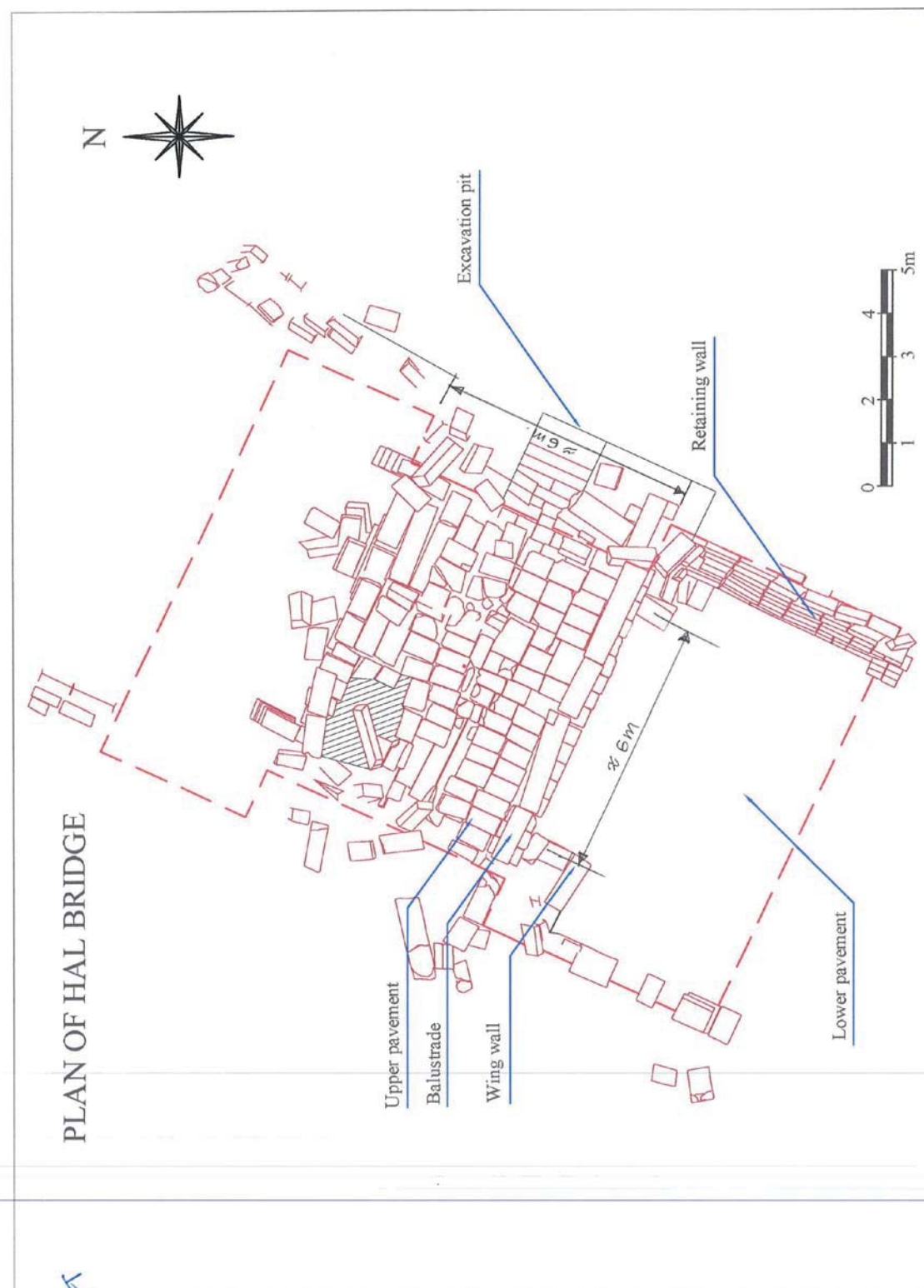
$$M := f_2 \cdot W_k \leq M_d$$

$$W_k := \frac{M_d}{f_2}$$

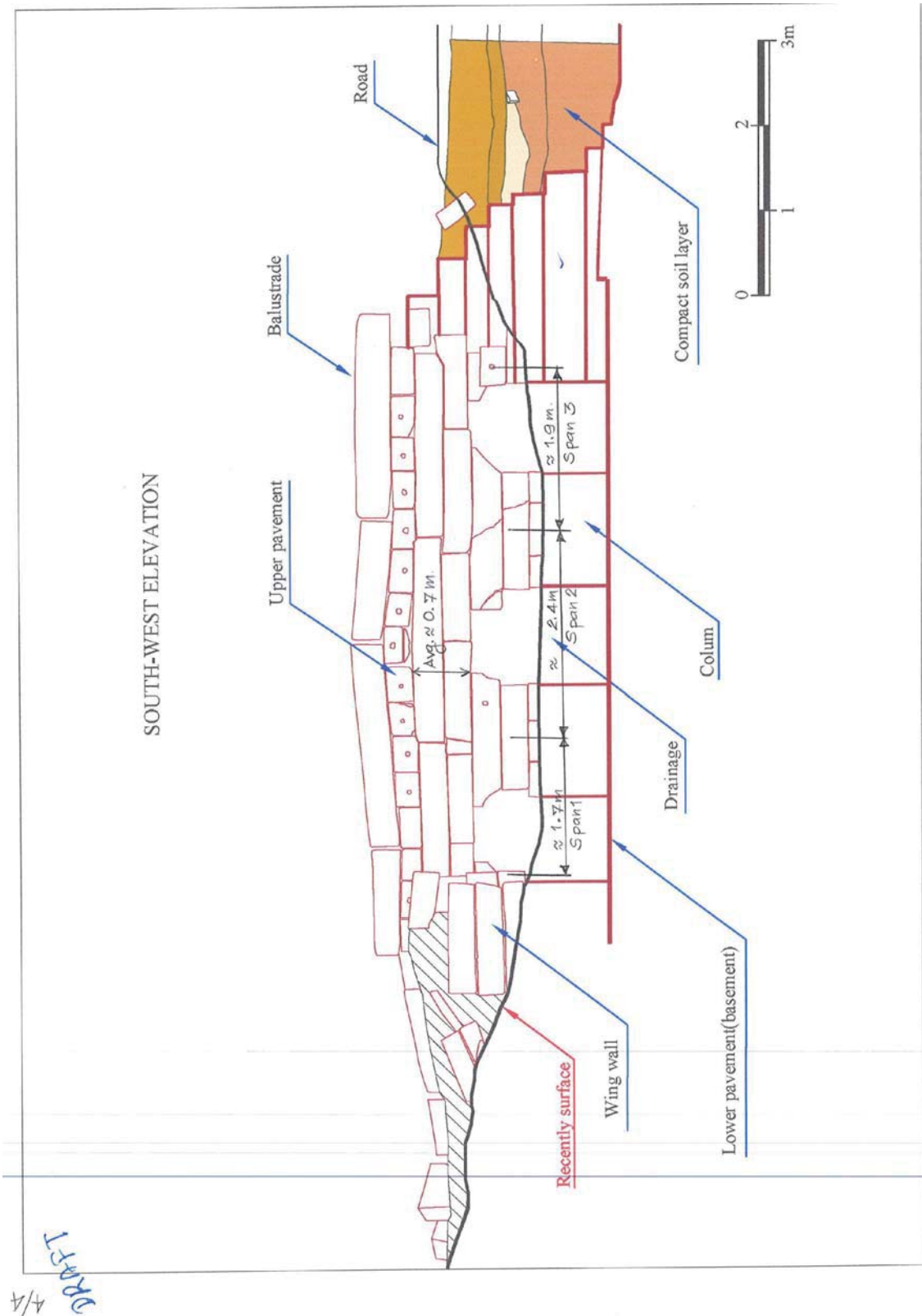
Hence the maximum uniform load that the bridge can resist is

$$W_k = 9.722 \times 10^{-3} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Or} \quad W_k = 9722 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{or} \quad W_k = 9.72 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{or} \quad W_k = 0.97 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$



3/4
DRAFT



ภาคผนวก ง

สารคดี โครงการ

“ค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7”

1. บทสารคดี

ภูมิหลังทางประวัติศาสตร์

ประมาณพุทธศตวรรษที่ 18 ในสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 (พ.ศ.1724-1761) พระองค์ทรงทำสงครามกับจามปาที่เข้ามารุกรานเขมรตั้งแต่ก่อนหน้าที่พระองค์จะเสด็จขึ้นครองราชย์ ทรงรบพุ่งกับกองทัพจามปาหลายครั้ง แต่ครั้งสำคัญที่สุดคือการรบทางเรือ ซึ่งมีการถ่ายทอดเหตุการณ์เป็นภาพสลักอยู่บนผนังระเบียงที่ปราสาทบายนและปราสาทบันทายฉมาร์ การสงครามในครั้งนี้ทำให้อาณาจักรเขมร สามารถยุติสงครามและปราบปรามจามปาได้ ถึงแม้ว่าเขมรจะต้องทำศึกสงคราม เน้นหนักไปทางภาคตะวันออกก็ตามแต่ไม่ได้ละเลยที่จะแผ่อำนาจขึ้นไปทางทิศเหนือและทิศตะวันตก จารึกเขมรที่ค้นพบทางทิศเหนือสุดในรัชกาลของพระองค์ คือ จารึกที่ทรายฟอง บนฝั่งแม่น้ำโขงตรงข้ามกับเมืองเวียงจันทน์มีศักราชตรงกับ พ.ศ. 1729

ส่วนดินแดนด้านตะวันตกหลักฐานที่พบมีความเกี่ยวข้องกับข้อความในศิลาจารึกที่ปราสาทพระขรรค์ ซึ่งพระองค์ทรงสร้างพระพุทธรูป 23 พระองค์ มีพระนามว่า “ชัยพุทธมหานาถ” และส่งไปประดิษฐานอยู่ตามเมืองต่างๆ และมีศาสนสถานบางแห่งที่อาจสร้างขึ้นเพื่อประดิษฐานพระพุทธรูปที่มีพระนามเหมือนพระเจ้าชัยวรมันที่ 7

จารึกปราสาทพระขรรค์ได้กล่าวถึงคำว่า “บ้านซึ่งมีไฟ” หรือที่พักคนเดินทาง 121 แห่ง ตั้งอยู่ห่างกันประมาณ 15 กิโลเมตร โดยสร้างขึ้นตามเส้นทางเดินที่มีอยู่ในอาณาจักรเขมร การสร้างที่พักคนเดินทางเหล่านี้ ควบคู่ไปกับการสร้างสถานพยาบาลหรือโรคนาถา ซึ่งมีอยู่ทั่วอาณาจักร ขอม 102 แห่งและได้ค้นพบแน่นอนประมาณ 15 แห่ง

ศิลปกรรมในสมัยนี้ถือเป็นศิลปะเขมรยุคสุดท้ายที่เคยค้นพบในประเทศไทย ประมาณพุทธศตวรรษที่ 18 ตรงกับศิลปะแบบบายนและปรากฏอย่างแพร่หลายมากโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โบราณสถานสำคัญได้แก่ อโรคยาศาลประจำเมืองหินพิมาย กู่บ้านแดง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดมหาสารคาม ปราสาทเมืองสิงห์ จังหวัดกาญจนบุรี ศาสนสถานภายในวัดกำแพงแลง จังหวัดเพชรบุรี เป็นต้น

จากภาพรวมข้างต้นแสดงให้เห็นการแพร่กระจาย อิทธิพลทางศาสนา การเมือง รวมทั้งรูปแบบของงานศิลปกรรมจากศูนย์กลางอาณาจักรกัมพูชาในสมัยโบราณ มาสู่ดินแดนทางตะวันตก ซึ่งมีหลักฐานทางโบราณคดีที่พบเป็นจำนวนมาก ดังตัวอย่างที่กล่าวมาแล้ว

การศึกษาเรื่องอาคารที่พักคนเดินทางและเส้นทางที่ใช้ในการเดินทางระหว่างเมืองพระนครไปยังเมืองต่างๆ ในสมัยเขมร

บทที่ 122 บนถนนจากเมืองยโสธรประไปยังราชธานีแห่งประเทศจัมปา (พระองค์ได้ทรงสร้าง) ที่พักคนเดินทางพร้อมด้วยไฟ 57 แห่ง

บทที่ 123 จากราชธานีไปยังเมืองวิมาย (มี) ที่พักคนเดินทางพร้อมด้วยไฟ 17 แห่ง จากราชธานีไปยังชัยวดี จากเมืองชัยวดี ไปยังเมืองชัยสิงหาวดี

ม.จ.สุภัทรดิศ ดิศกุล. “ศิลาจารึกปราสาทพระขรรค์ของพระเจ้าชัยวรมันที่ 7” วารสารศิลปากร, ปีที่ 10 เล่ม 2, 2509 หน้า 52-60.

การศึกษาเรื่องอาคารที่พักคนเดินทางและเส้นทางที่ใช้ในการเดินทางระหว่างเมืองพระนครไปยังเมืองต่างๆ ในสมัยเขมร ได้มีการสำรวจศึกษาจากนักวิชาการฝรั่งเศส นักอ่านจารึกนักสำรวจ ของสำนักฝรั่งเศสแห่งปลายบูรพทิศ ที่ทำการวิจัยประวัติความเป็นมาของอารยธรรมเขมร เมื่อประมาณ 1 ศตวรรษที่ผ่านมา และมีการตีพิมพ์เป็นเอกสาร แผนที่แสดงตำแหน่งถนนสายต่างๆ เช่น แผนผังการสำรวจของ ลูเน็ต เดอ ลาจองกิแยร์ ตีพิมพ์เมื่อ ค.ศ.1907¹ การศึกษาวิเคราะห์จำแนกคุณลักษณะของอาคารโดยหลุยส์ ฟิโนต์ พร้อมทั้งเสนอว่าควรเรียกอาคารเหล่านี้ว่า ธรรมศาลา² อาคารที่เรียกว่าธรรมศาลา หรือบ้านมีไฟนั้น สำรวจพบตามเส้นทางจากนครธมไปทางทิศตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ บางส่วนพบอยู่ในบริเวณปราสาทใหญ่ๆ เช่น ปราสาทบึงมาลา ปราสาทพระขรรค์ ปราสาทบันทายฉมาร์ และปราสาทตาพรหม ซึ่งสร้างด้วยหินทรายและมีหน้าบันสลักรูปพระอวโลกิเตศวร ในขณะที่บ้านมีไฟตามเส้นทางสายตะวันตกเฉียงเหนือสร้างด้วยศิลาแลง³ อาคารทั้งหมดนี้มีรูปแบบเป็นเอกลักษณ์ โดยมีห้องยาวด้านตะวันออกและมียอดทรงปราสาททางด้านตะวันตก ผนังด้านทิศใต้มีช่องหน้าต่างส่วนผนังด้านทิศเหนือเป็นหน้าต่างหลอก ยกเว้นที่ปราสาทผดู่ ซึ่งมีหน้าต่างทั้งสองด้าน บ้านมีไฟเหล่านี้ก็ยังคงมีอยู่และทำให้นักเดินทางชาวจีนคือจิวดากวนบันทึกไว้เมื่อเดินทางมายังอาณาจักรเขมรในปี พ.ศ. 1839-1840 ว่า “บนถนนสายใหญ่ๆ มีที่พักคนเดินทางคล้ายกับที่พักม้าใช้ส่งหนังสือของเรา สถานที่เหล่านั้นเรียกกันว่าเขมมู (สำนัก)”⁴

¹ Lunet de Lajonquière E., Inventaire Descriptif des Monuments du Cambodge, Paris 1907.

² L. Finot, “Dharmaçâlâs au cambodge” B.E.F.E.O., 1925 pp. 417-412.

³ ยกเว้นบ้านมีไฟเพียงแห่งเดียวคือ บ้านกู๋ อ.ห้วยแถลง จ.นครราชสีมา สร้างด้วยหินทราย

⁴ สุภัทรดิศ ดิศกุล, ศ.มจ. ประวัติศาสตร์เอเชียอาคเนย์ถึง พ.ศ. 2000. รุ่งแสงการพิมพ์: กรุงเทพฯ, 2535, หน้า 217.

เส้นทางอารยธรรมสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7

การแปลความจากศิลาจารึกที่พบที่ปราสาทพระขรรค์ทำให้ทราบว่าพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 (พ.ศ.1724-1761) ทรงโปรดให้สร้าง ศาสนสถาน รูปเคารพ พระพุทธรูป เป็นจำนวนมากในเขตที่พระราชอำนาจของพระองค์แผ่ไปถึง พร้อมกับมีพระราชโองการให้มีการบำรุงรักษา กระทำพิธีบูชาต่อรูปเคารพ และศาสนสถานต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ สิ่งก่อสร้างในรัชสมัยของพระองค์ที่มีความสำคัญในอีกด้านหนึ่งคือการเริ่มต้นระบบโครงสร้างพื้นฐาน และการบริการด้านสาธารณสุขแก่พสกนิกรของพระองค์ เช่น การก่อสร้างโรงพยาบาล การปรับปรุงถนนสายต่างๆ ที่มีอยู่ในราชอาณาจักร รวมทั้งการสร้างอาคารที่พักคนเดินทางไว้เป็นระยะบนเส้นทางสายสำคัญๆ

การศึกษาด้านจารึกและการสำรวจทางโบราณคดีพบว่ามีถนนที่ตัดออกมาจากศูนย์กลางราชอาณาจักรหลายเส้นด้วยกัน และตามถนนเหล่านี้ยังได้สำรวจพบที่พักคนเดินทางที่ยังคงสภาพอยู่หลายแห่ง ทั้งในประเทศกัมพูชาและประเทศไทย อย่างไรก็ตาม ได้มีนักวิชาการเสนอไว้ว่า⁵ ในประวัติศาสตร์เขมรมีการสร้างอาคารทางศาสนาขึ้นหลายแห่งในราชอาณาจักรได้เคยเกิดขึ้นมาก่อนแล้วในสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 1 ซึ่งทรงครองราชสมบัติในช่วงพุทธศตวรรษที่ 15 แต่พระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ทรงนำมาใช้อย่างกว้างขวางกว่า ถึง 121 แห่งตามที่ปรากฏในจารึก ถนนที่ตัดออกมาจากเมืองพระนคร มี 5 เส้นทางได้แก่

1. จากเมืองพระนครมายังเมืองพิมาย
2. จากเมืองพระนครไปยังปราสาทวัดภู แวงจำปาศักดิ์
3. จากเมืองพระนครไปยังสวายจิก
4. จากเมืองพระนครไปยังปราสาทพระขรรค์ ณ กำปงสวาย
5. จากเมืองพระนครไปยังสมโบร์และกำปงธม ตามเส้นทางเหล่านี้มีการสร้างที่พักคนเดินทางอยู่เป็นระยะ แต่มีหลายแห่งที่ยังหาหลักฐานไม่พบ

⁵ B. Dagens, Centralism et Architecture les Hospitaux de Jayavarman VII en Thaïlande, II SFT. PRAT. 1991.

ตาราง 1ง แสดงเส้นทางเชื่อมต่อไปยังเมืองต่างๆ

No.	เมือง	ระยะทาง (km.)
1	เสียมเรียบ - พิมาย [NW]	253.9
2	เสียมเรียบ - พนมสรง - สวายจิก [NW]	90
3	เสียมเรียบ - เบงมีเลีย - พระขรรค์ [E]	95
4	เบงมีเลีย - เกาะแกร์ - วัตถุ [NE]	171
5	อังกอร์ - กำปงธม [SE]	120

เส้นทางสายตะวันตกเฉียงเหนือ

เส้นทางที่สำคัญเส้นหนึ่งคือเส้นทางจากเมืองพระนครมายังเมืองพิมาย ในปัจจุบันมีการสำรวจพบว่าถนนมีอยู่อย่างแท้จริงตามที่กล่าวไว้ในจารึก ทิศทางถนนที่ตัดออกมาจากราชธานีจนมาถึงเมืองพิมานั้น ได้ผ่านจุดที่เป็นที่ตั้งสำคัญทางศาสนาของอาณาจักรเขมรอยู่หลายแห่ง เช่น ปราสาทตาเมือนธม จังหวัดสุรินทร์ ปราสาทเมืองต่ำ ปราสาทพนมรุ้ง โบราณสถานในเขตวัดแพ่งพวย อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งตามรายทางยังได้ปรากฏซากอาคารที่พักคนเดินทางอยู่เป็นระยะๆ ซึ่งสามารถกำหนดจุดที่ตั้งได้ชัดเจนแล้วในเขตประเทศไทยคือ

ปราสาทตาเมือน จังหวัดสุรินทร์

ปราสาทมอ จังหวัดบุรีรัมย์

ปราสาทบ้านบุ จังหวัดบุรีรัมย์

ปราสาทโคกปราสาท จังหวัดบุรีรัมย์

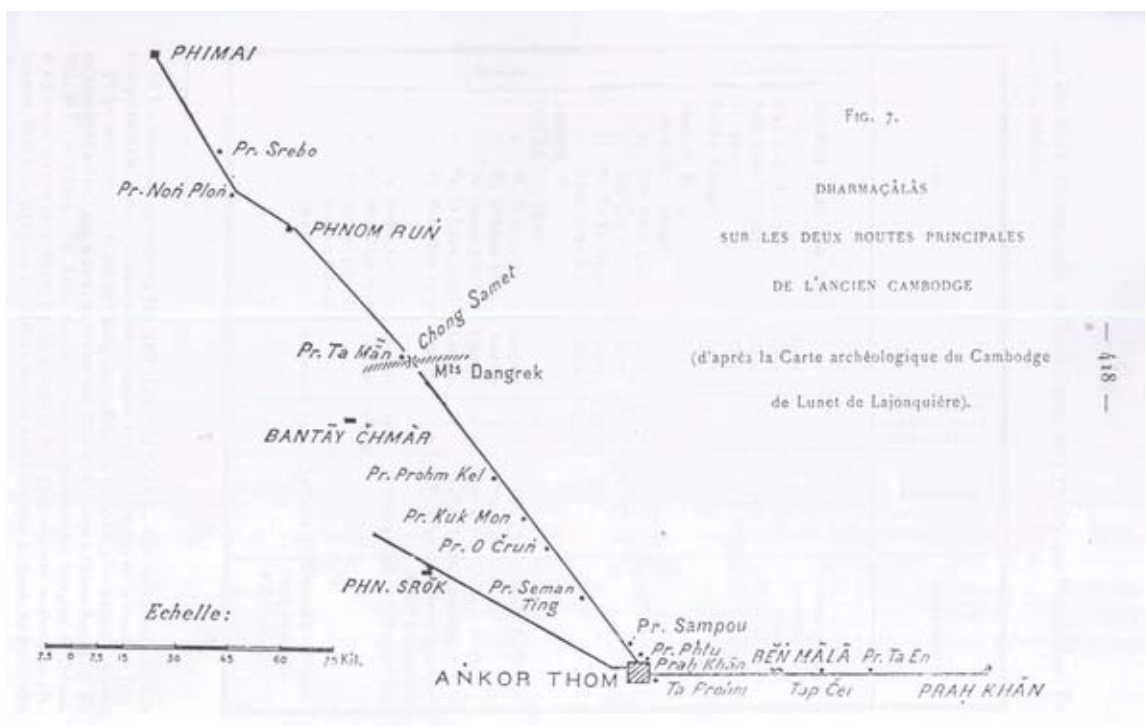
ปราสาทหนองปล่อง จังหวัดบุรีรัมย์

ปราสาทเทพสถิตย์ จังหวัดบุรีรัมย์

ปราสาทห้วยแคน จังหวัดนครราชสีมา

ปราสาทสำโรงเก่า จังหวัดนครราชสีมา

ปราสาทคูโกสีย์ จังหวัดนครราชสีมา



รูปที่ 1ง แผนที่เส้นทางโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย

โครงการค้นหาและพัฒนาสารสนเทศของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 เป็นโครงการวิจัยในลักษณะสหวิทยาการที่ได้นำความรู้ทางโบราณคดี มานุษยวิทยา เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เทคโนโลยีธรณีฟิสิกส์ และเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้เกี่ยวกับเส้นทางโบราณทั้งทางด้านกายภาพและทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลทางโบราณคดี และของพื้นที่ตามแนวถนนโบราณ ซึ่งวิธีการในการศึกษาของโครงการนี้เป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลทางโบราณคดี มานุษยวิทยา และข้อมูลทางภูมิศาสตร์เบื้องต้น
- ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เริ่มต้นเพื่อใช้ในการวางแผนดำเนินการสำรวจ
- ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลทางภูมิศาสตร์ โบราณคดี มานุษยวิทยา
- ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์
- ขั้นตอนที่ 5 ดำเนินการขุดค้นทางโบราณคดี
- ขั้นตอนที่ 6 ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อทำการขยายผลการศึกษา
- ขั้นตอนที่ 7 ดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ฐานข้อมูลทางวัฒนธรรม และระบบจำลองภาพสามมิติของโบราณสถาน
- ขั้นตอนที่ 8 พัฒนาระบบแม่ข่ายเพื่อการเผยแพร่ข้อมูลทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นขั้นตอนลำดับการดำเนินการของโครงการ การศึกษาในครั้งนี้ถือได้ว่าเป็นการนำศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทุกแขนงวิชาที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการศึกษาเส้นทางโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมาย ทำให้เกิดการค้นพบองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับเส้นทางโบราณสายนี้ เช่น จุดประสงค์ของการใช้งานของถนนสายนี้ในสมัยโบราณ สิ่งก่อสร้างที่ถูกสร้างขึ้นตามแนวถนนโบราณ ชุมชนโบราณ ชุมชนปัจจุบันที่มีความสัมพันธ์กับถนนโบราณ ซึ่งองค์ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปขยายการศึกษาในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การศึกษาเกี่ยวกับโลหะกรรม การผลิตสังคโลกโบราณ และการศึกษาทางชาติพันธุ์ของกลุ่มชน่วย เป็นต้น

ข้อมูลที่ได้พัฒนาขึ้นมาจากโครงการนี้ สามารถนำไปใช้ในการศึกษาในด้านต่างๆ เช่น ข้อมูล สารสนเทศภูมิศาสตร์ของโครงการสามารถนำไปใช้ในการศึกษาในด้านการวางแผนการใช้ที่ดิน การเกษตร สิ่งแวดล้อม เป็นต้น ข้อมูลทางโบราณคดี และมานุษยวิทยาสามารถนำไปใช้ในการศึกษาทางสังคมวิทยา และข้อมูลทั้งหมดยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี

การดำเนินโครงการวิจัยร่วมเพื่อค้นหาและพัฒนาสารสนเทศภูมิศาสตร์ของถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ที่ผ่านมาเป็นการวิจัยในเชิงสหวิทยาการที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหลากหลายสาขาวิชาเพื่อการแปลความทางโบราณคดี ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาได้ผลที่มีความก้าวหน้าขึ้นมากจากการสำรวจเส้นทางสายตะวันตกเฉียงเหนือของนักโบราณคดี นักสำรวจ จากสำนักฝรั่งเศสแห่งปลายบูรพทิศที่ค้นคว้าไว้เมื่อเกือบ 1 ศตวรรษที่ผ่านมา โดยสามารถตรวจสอบและเข้าถึงแหล่ง จนสามารถกำหนดตำแหน่งที่ตั้งที่แน่นอนของโบราณสถานเรียกว่า **“ธรรมศาลา”** หรือ **“อักษิศาลา”** ได้อย่างครบถ้วนตามที่ปรากฏในจารึกปราสาทพระขรรค์ซึ่งจารึกไว้เมื่อพุทธศตวรรษที่ 18 นอกจากนั้นยังได้ทำการขุดค้นทางโบราณคดีในพื้นที่ที่คาดว่าจะเป็นเส้นทางที่เคยใช้อยู่ในสมัยวัฒนธรรมเขมรโบราณ รวมทั้งสำรวจแหล่งโบราณคดีเพิ่มเติมและจัดทำรายละเอียดบันทึกเป็นเอกสารโดยเฉพาะในแหล่งที่ตกสำรวจหรือแหล่งที่เคยมีการสำรวจแต่ยังไม่ได้รับการเผยแพร่และเข้าดำเนินการคุ้มครอง อนุรักษ์ ตามกฎบัตรสากล เช่น แหล่งวัดตุ๊ตบ แหล่งตัดหิน แหล่งตัดศิลาแลง แหล่งโลหะกรรม เป็นต้น

จากการศึกษาวิจัยในกรณีศึกษาต่างๆ ได้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลเดิมที่ปรากฏอยู่ พร้อมทั้งจากข้อมูลการค้นพบใหม่จากกรมศิลปากร ทำให้เราสามารถขยายองค์ความรู้เดิมจากการใช้เทคโนโลยีทางด้านสื่อระยะไกล และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และเทคโนโลยีธรณีฟิสิกส์มาประยุกต์ขยายผลการศึกษาเดิม ดังเช่นที่ได้กล่าวมาแล้ว ในการศึกษาถนนโบราณสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ในเชิงภูมิศาสตร์ร่วมกับการศึกษาทางโบราณคดี ทำการตรวจสอบร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายจากดาวเทียมประเภทต่างๆ และแผนที่โบราณร่วมกับการสำรวจทางโบราณคดีและมานุษยวิทยา การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้นี้ จะสามารถช่วยให้เกิดมุมมองใหม่ในการศึกษาวิจัย คณะนักวิจัยมี

จากการศึกษาของโครงการนี้ ทำให้เราสามารถค้นพบหลักฐานต่างๆ ตามแนวถนนโบราณจากเมืองพระนครถึงเมืองพิมายเส้นนี้ โดยมีหลักฐานที่สำคัญดังนี้

1. ธรรมศาลาหรืออักษิณศาลาสองหลังในประเทศกัมพูชาที่ยังตรวจสอบไม่พบ
2. สะพานศิลาแลงตลอดแนวถนนโบราณในฝั่งประเทศกัมพูชา
3. แหล่งอุตสาหกรรมโบราณตามแนวถนนโบราณทั้งในประเทศไทยและประเทศกัมพูชา
4. แหล่งชุมชนโบราณตามแนวถนนโบราณทั้งในประเทศไทยและประเทศกัมพูชา

นอกจากนี้ในโครงการนี้ยังได้มีการพัฒนาระบบแม่ข่ายสารสนเทศของข้อมูลจากการวิจัยทั้งหมดเพื่อให้การเข้าถึงข้อมูลจากการวิจัยเป็นไปได้โดยสะดวก และยังได้มีการพัฒนาระบบจำลองภาพสามมิติของธรรมศาลา อโรคยาศาลา และสะพานโบราณตามแนวถนนโบราณเพื่อใช้ในการจำลองให้เห็นชีวิตในอดีตเพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของการเผยแพร่ความรู้จากโครงการสู่เยาวชนในอนาคตอันใกล้ด้วย

APPENDIX E

Living Angkor Road Project

Final Report on Ceramic Study

Ea Darith

During our survey along an ancient road from Angkor to Phimai, the ceramics shards were found and distributed at many places near by monuments, water structures, ancient roads, hospitals, bridges and habitation sites. The ceramics can be divided into two categories: the local ceramics and imported ceramics. The local ceramics are green glaze and brown glaze wares with the shapes of covered box, cylindrical box, bottle, dish, basin, storage jar, baluster jar, animal shaped jar, and roof-tiles. On the other hand, the imported ceramics are the ceramics came from China and Thailand. The ceramics from China are mostly blue and white bowl and some pieces of porcelain and celadon bowls. The fragment from Thailand is a celadon bowl produced probably at Sukhothai.

Beside of ceramics, we also found two groups of kiln site along the road from Angkor to Phimai. They are located at Uddor Meanchey and Buriram provinces. Moreover, other kiln sites are also found at Banteay Meanchey, Siem Reap and Kandal provinces.

1. Ceramics

1.1. Ceramics Along the Road from Angkor to Banteay Ampil

The pieces of ceramics were found at 66 sites, 37 villages, 19 communes, 9 districts, and 2 provinces along the road from Angkor of Siem Reap province to Kok Man commune of Uddor Meanchey province. Some pieces of ceramics were also found at Buriram area, but we do not have time to detail those sites as in Cambodia. Below is the list of ceramics type found at those sites.

No.	Name of sites	village	Commune	District	Province	Type of ceramics
1	Trapeang Krasang	Kok Beng	Kok Beng	Siem Reap	Siem Reap	Blue and White (B&W)
2	Prasat Prei Prasat	Nokor Krao	-	-	-	Brown and Unglazed wares
3	Trapeang Khnar	Trapeang Thom	Peak Sneng	Angkor Thom	-	B&W and Brown glazed wares
4	Trapeang Chambak	Kandol	Svay Chek	-	-	B &W and Unglazed wares
5	Trapeang Donlev	Kandol	-	-	-	B &W and Unglazed wares
6	Prasat Kok Kdey	Kandol	-	-	-	Unglazed roof-tiles
7	Trapeang Khcav	Kandol	-	-	-	B &W
8	Kagnchan Kralagn	Tatrao	-	-	-	Brown glazed ware
9	Prasat Kok Pongra	Tatrao	-	-	-	Brown glazed wares
10	Prasat Tamoch	Tatrao	-	-	-	B &W , Porcelain wares, Green glazed wares
11	Trapeang Preah Ko	Preah Ko Chas	-	-	-	B &W , Brown and Green glazed wares
12	Kagnchan Srakum Thom	Preah Ko Chas	-	-	-	Celadon wares
13	Prasat Kbal Khla	Preah Ko Chas	-	-	-	B &W, Brown glazed wares
14	Trapeang Kbal Khla	Preah Ko Chas	-	-	-	B &W
15	Prasat Trapeang Chambak	Svay Chek	-	-	-	B &W, Unglazed wares
16	Prasat Kampork	Svay Chek	-	-	-	Green glazed wares and roof-tiles

No.	Name of sites	village	Commune	District	Province	Type of ceramics
17	Kok Krus	Kok Kroel	Leang Dai	-	-	Brown glazed wares
18	Trapeang Tkov	Phum Srah	Reul	Pourk	-	Brown glazed wares
19	Trapeang Chkekon	Phum Sreah	-	-	-	Brown, B&W
20	Prasat Sralau	Prasat Char	Don Keo	-	-	Brown, Green glazed wares, Green glazed roof-tiles
21	Spean Kon Khla	Loboek	Nokor Pheas	Angkor Chum	-	B&W
22	Trapeang Khtum	Loboek	-	-	-	Unglazed wares
23	Prasat Svay	Loboek	-	-	-	Unglazed wares
24	Trapeang Lbeuk	Loboek	-	-	-	Brown, Green, and Unglazed wares
25	Salarean Lbeuk	Loboek	-	-	-	B&W, Green glazed wares
26	Trapeang Prei	Kok Thmei	-	-	-	Porcelain
27	Kok Tamkrasar	Sambour	-	-	-	B&W
28	Trapeang Kvan	Sambour	-	-	-	Green, Porcelain, and Unglaze wares
29	Trapeang Run	Sambour	-	-	-	B&W, Green
30	Kok Krol	Kok Krol	Kok Dong	-	-	Green, Brown
31	Tanam	Kok Krol	-	-	-	B&W, Green, Porcelain wares
32	Kou	-	-	-	-	Green, Unglazed wares
33	Prasat Tatrav	-	-	-	-	Thai celadon, Green, Brown
34	Kok Areak	Rokar	-	-	-	B&W
35	Trapeang Tachi	-	-	-	-	Brown

No.	Name of sites	village	Commune	District	Province	Type of ceramics
36	Kok Singha	Ka Phdeak	-	-	-	Green
37	Kok Kho	Bat	-	-	-	Unglazed
38	Kok Samrong	Kok Thmei	Nokor Pheas	-	-	Brown, Unglazed wares
39	Kok Kou	Bat	Don Peng	-	-	Brown, Unglazed wares
40	Kuk Kros	Don Meiv	Kol	-	-	Green, Unglazed wares
41	Kuk Tamrang	-	-	-	-	B&W, Porcelain
42	Kuk Yeay Tuch	Kol	-	-	-	Green, unglaze and porcelain
43	Trapeang Kuk Pongro	Kok Khnang	Srae khvav	-	-	B&W
44	Kuk Andek Slab	Sleng Spean	Sleng Spean	Srei Snom	-	Green, Unglazed wares
45	Spean Memay	Chranieng	-	-	-	Unglazed basin
46	Spean Khmeng	-	-	-	-	Unglazed wares
47	Kuk Ampil	Trom	Chroy Neang Nourn	-	-	B&W, Brown, and Green glazed wares
48	Kuk Kapkam	-	-	-	-	B&W
49	Kuk Ach Dek	Chok	Krasang	Chong Kal	Uddor Meanchey	Unglazed wares
50	Kuk Prasat	Khnar	-	-	-	Unglazed wares
51	Kuk Yeay Degn	-	-	-	-	Brown, Green, and unglazed wares, kiln walls
52	Kok Bantat Bosh	Kok Samrech	-	-	-	Brown, unglazed

No.	Name of sites	village	Commune	District	Province	Type of ceramics
53	Prasat Kok Moeung	O Preal	Bos Sbov	Samrong	-	Brown, Green, and Celadon wares
54	Spean Khmeng	Krasang	-	-	-	kiln wall
55	Kok Mkak	-	-	-	-	Brown and Green glazed wares
56	Kok Treas	-	-	-	-	Brown and Green glazed wares
57	Kuk Prasat Tatan	Kuk Spean	Krasang	Chong Kal	-	Brown, Green, and unglazed wares
58	Kuk Kroeul	Keab	Kok Khpos	Banteay Ampil	-	B&W, Brown, Green glazed wares
59	Kuk Khjeay	Srah Srang	-	-	-	Brown, porcelain wares
60	Kuk Trapeang Pring	-	-	-	-	Brown and Green glazed wares
61	Kok Samrong Cheung	Tonle Sar	-	-	-	Brown and Green glazed wares
62	Monorom village	Monorom	Kok Man	-	-	Brown and Unglazed wares
63	Khreus	Prei Veng	-	-	-	Brown Green and unglazed wares. Part of kiln walls
64	Kuk Trapeang Prei	-	-	-	-	Brown and Green glazed wares
65	Trapeang Tbal	-	-	-	-	Brown Green and Unglazed wares
66	Prei Samlong	Ato	-	-	-	Brown and Earthenwares (tuyères)

1.2. Ceramics from Kol village

After finishing a survey of infrastructure along the ancient road from Angkor to Banteay Ampil district, we have selected an interesting structure for a detail study. Finally, Kol village has been selected as an interesting place for studying because the place composed of a very high potential archaeological complexes such as prehistory mound, stone tool and earthenwares, ancient roads, water structures, ancient bridges, hospital chapel, and rest house. The whole complexes structure seem a set of an Angkorian community.

Then, the systematic survey and excavation was conducted from 26 November to 5 December 2007 for studying the structure of ancient road connected with bridge and the territory management plan in that area. The research team of LARP project was divided into two groups: one group conducted an excavation at two places on a section of ancient road and on a Spean Hal bridge, Another group collected a data of ancient infrastructure in Kol village.

The result from the survey shows us that in Kol village, there are many pieces of ceramics and mounds around the village where probably, people lived there in ancient time. The ceramics from surface collection are earthenwares and stonewares which dated back to prehistory and Angkorian period. There are also Chinese blue and white ceramics which dated approximately from 14 to 16 century. The ceramics that we presented here are the pieces of ceramics from 7 places at Kol village where 5 of them from habitation sites and 2 from the excavation trench.

1.2.1. Ceramics from Habitation Sites

- Kok Preah Chang E

38 pieces of shards from this site were collected above the ground including Khmer and Chinese ceramics. The Khmer ceramics have 24 pieces in which 5 of them are stonewares and 19 are earthenwares. Among the 5 pieces of stonewares, 4 of them are pieces of brown glazed jars and a piece of unglazed ware. On the other hand, the 19 pieces of earthenwares are prehistory ceramics that decorated with impressed patterns. Moreover, the 14 pieces of Chinese ceramics are blue and white bowl and dish.

- Kok Chas

13 pieces of Khmer and Chinese ceramics were collected on the ground. Only one Chinese piece of bowl with gray glaze was collected. The Khmer ceramics are unglazed and brown glazed wares. The unglazed wares are piece of roof-tile and storage jar. The pieces of brown glazed are storage jar.

- On the road at Kol village, location named GPS 277

8 pieces of Khmer stonewares were collected. 2 of them are just burn clay, one piece is roof-tile, and 5 others are pieces of jar.

- Andong Kok

4 pieces of Khmer and Chinese were collected. A piece of Chinese ceramic is a gray glazed bowl. The Khmer ceramics are pieces of brown glazed jar and a piece of base of earthenware.

- Kok Rokar

13 pieces of Khmer ceramics were collected at Bat village. Among them, 10 pieces of stonewares are brown glazed jars and burned clay fragment. Other 3 pieces are earthenware and cooking pots.

1.2.2. Ceramics from Excavation

The excavation was conducted at two places: On the ancient road and in front of Spean Hal. Number of Khmer and Chinese ceramics were excavated from both places.

- Ceramics from the Ancient Road

We found 4 pieces of Khmer and Chinese wares from the depth approximately 20cm down. There are 3 pieces of chinese ceramics which we can not know the

shape well, but the glazes are white, green and dark brown. Only one piece of Khmer brown glazed jar was found.

- Ceramics from Spean Hal

We found 15 pieces of Khmer and Chinese ceramics from Spean Hal excavation. In the first layer about 40 cm down, we found one piece of Chinese celadon that we can not know the shape. Then, in layer 2, about 60 cm down, we found 8 pieces of Khmer and Chinese ceramics. 5 of them are Khmer brown glazed jar which dated approximately from 11 to 13 century. 3 other pieces are Chinese celadon that we can not identify the shape. They are probably dated back to Yuan period. In layer 3, about 100 cm down, we found one unglazed stonewares where probably produced at the kiln in Angkor area from 9 to 10 century. Other 5 pieces of earthenwares were found at an excavation trench on the west of Spean Hal. They are pieces of cooking pot with “XXX” pattern.

1.3. Analysing of Ceramics

20 pieces of ceramics from 6 kiln sites in Uddor Meanchey were selected to analyse in Thailand. 5 kinds of analysis were applied: wet chemical, thin section, porosity, temperature and chemical composition analysis. The samples from those 6 kiln sites were divided into 6 categories. Category 1 is Thlok Akaong kiln has 3 samples, category 2 is Thlok Khtom kiln has 2 samples, category 3 is Kok Cheng Meng kiln has 4 samples, category 4 is Kok Yeay Degn kiln has 7 samples, category 5 is Kok Treas kiln has 2 samples, and finally category 6 is Kok Kjeay kiln has 2 samples. Below are the results of analysis (see fig.1, 2, 3, 4, 5 and 6: Ceramics found on sites).

Samples from 6 kiln sites

No.	Name of Kiln Sites	Sample No.	Type of Glazes
1	Thlok Akaong	1.1	Unglaze
2	Thlok Akaong	1.2	Unglaze
3	Thlok Akaong	1.3	Green Glaze
4	Thlok Khtom	2.1	Brown Glaze
5	Thlok Khtom	2.2	Green Glaze
6	Kok Cheng Meng	3.1	Unglaze
7	Kok Cheng Meng	3.2	Unglaze
8	Kok Cheng Meng	3.3	Unglaze
9	Kok Cheng Meng	3.4	Green Glaze
10	Kok Yeay Degn	4.1	Unglaze
11	Kok Yeay Degn	4.2	Brown Glaze
12	Kok Yeay Degn	4.3	Brown Glaze
13	Kok Yeay Degn	4.4	Brown Glaze
14	Kok Yeay Degn	4.5	Brown Glaze
15	Kok Yeay Degn	4.6	Brown Glaze
16	Kok Yeay Degn	4.7	Green Glaze
17	Kok Treas	5.1	Brown Glaze
18	Kok Treas	5.2	Green Glaze
19	Kok Kjeay	6.1	Unglaze
20	Kok Kjeay	6.2	Green Glaze

Result of Wet Chemical Analysis

Sample No.	W 1	W 2	V	P
1.1	20.6389	21.6132	9.4	10.3
1.2	24.6166	24.8188	11.8	1.7
1.3	5.1879	5.3629	2.4	7.2
2.1	4.8621	4.9413	1.8	4.4
2.2	11.6191	12.1585	6.1	8.8
3.1	11.6393	11.9288	5.0	5.7
3.2	19.9411	20.4124	11.9	3.9
3.3	7.9824	8.0842	4.2	2.4
3.4	13.8443	14.1792	6.3	5.3
4.1	21.9226	23.6093	11.5	14.6
4.2	21.3011	22.1538	11.6	7.3
4.3	11.2087	11.6703	6.4	7.2
4.4	9.7884	10.0493	3.6	7.2
4.5	8.2054	8.4108	5.2	3.9
4.6	1.2285	1.3533	6.7	6.6
4.7	3.6363	3.8620	2.1	10.75
5.1	13.6531	13.8310	6.8	2.6
5.2	18.4102	18.6513	9.2	2.6
6.1	16.2746	17.3134	7.6	13.6
6.2	13.0083	13.2373	5.6	4.0

Result of Thin Section

The artifacts have almost mineral grains mainly single quartz grains, silt size to medium and size. The shapes are almost angular and few grains are sub round. Chert fragment are frequently fine. Some artifacts have few pedorelicts (probably artifacts). The iron oxide nodules of brown and unglazed wares are almost the similar, the size rang from 50 to 500 μm and present about 5 to 25%. However, the iron oxide nodules of green glazed wares almost could not be observed. Beside of iron oxide nodules, two kiln sites at Kok Treas and Kok Kjeay have manganese nodules with the size range from 50 to 300 μm and present about 2%. Moreover, the void pattern of green, grown and unglazed wares are different. The estimation of void spaces in green glaze wares range from 2 to 10% while the void spaces of brown and unglazed wares range from 10 to 40% of the area of the thin section. The following are the detail results of thin section description from sample No.1.1 to 6.2.

No. 1.1

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 25:75

Coarse fraction : The mineral grains are mainly are single quartz grains ,silt size to medium sand size almost angular and few grains are sub round. Chert fragment are frequent fine sand to medium sand size, few pedorelicts (probably artifacts) sized 500 μm , brow to dark brown in color, rare zircon; poorly sorted the iron oxide nodules, various size, present about 5-7%.

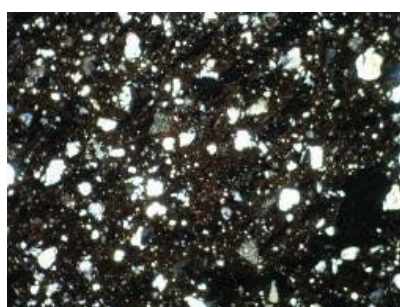
Fine fraction : Grayish brown, clay to fine silt size material, dotted appear under transmitted light.

Basic organic components : none present .

Ground mass : the c/f related distribution pattern is open to close porphyric,

The b- fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns : Vughs and channel are dominant and generally show parallel orientation. Estimated total void spaces 40% of the area of thin section.



No. 1.2

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm . , c/f ratio 30:70

Coarse fraction : The mineral grains are dominant in single quartz grains, sized up to 700 μm very fine sand to coarse sand size and usually are angular, few pedorelicts sized up to 1500 μm , the iron oxide nodules generally are manganiferous nodules and present about 5- 7%.

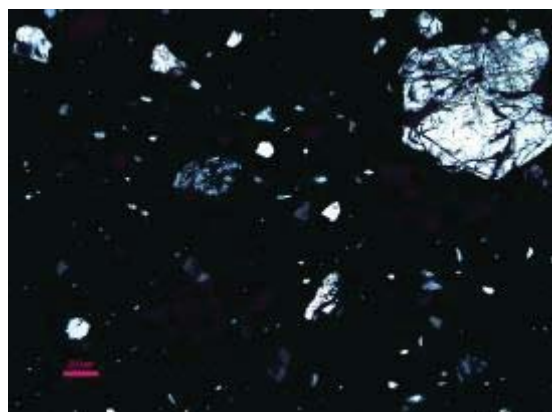
Fine fraction : Dark brown ,clay size material ,under transmitted light .

Basic organic components : none present .

Ground mass : The c/f related distribution pattern is open to close porphyric,

The b- fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns : Vughs and channel are dominant and generally show parallel orientation. The voids spaces are slightly decrease to cover about 30% of the area of the thin section.



No. 1.3

Basic mineral components

C/ f limit at 10 $\mu\text{m.}$, c/f ratio 90:10

Coarse fraction : The mineral grains mostly are single quartz grains, generally are fine sand size to silt size and usually angular, a few chert fragments which are in fine sand size, few magnetite and very few leucoxene rare broken quartz sized 2000 $\mu\text{m.}$

Fine fraction : Pale grayish brown, clay to fine silt size, dotted appear under transmitted light.

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close porphyric,

The b- fabric of the micro mass is weakly stipple speckled to undifferentiated.

Void patterns : Nearly massive, few Vughs and not interconnected. Estimated total about 5-7% of the area of the thin section.

No. 2.1

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm , c/f ratio 25:75

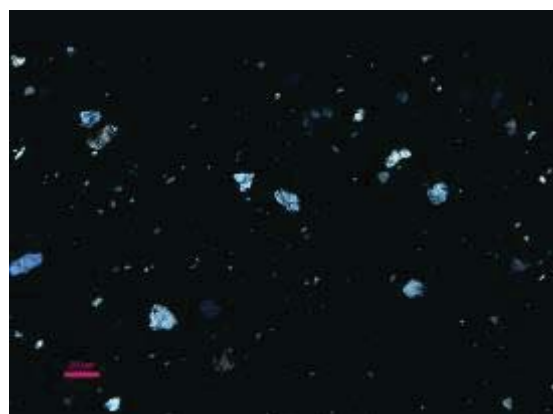
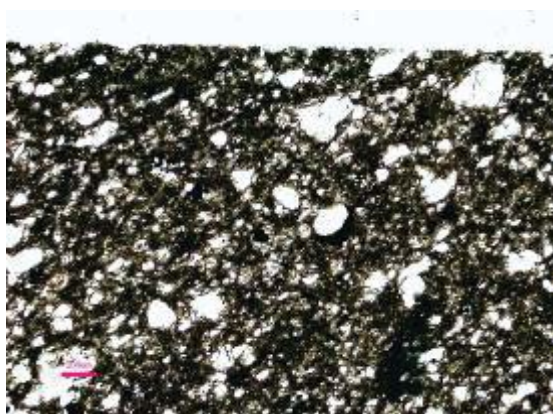
Coarse fraction : The mineral grains almost are in single quartz grains, silt size to medium sand size and usually are angular to sub round . Chert fragment are few, fine sand to medium sand size, rare polycrystalline quartz and zircon ; poorly sorted . The iron oxide nodules, various size, present about 10%.

Fine fraction : Pale grayish brown. Clay to fine silt size material, dotted appear under transmitted light.

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close porphyric, the fabric of the micro mass is weakly stipple speckled to undifferentiated

Void patterns : A few Vughs and not interconnected .Estimated total about 5-7% of the area of the thin section.



No. 2.2

Basic mineral components

C/ f limit at 10 $\mu\text{m.}$, c/f ratio 40:60

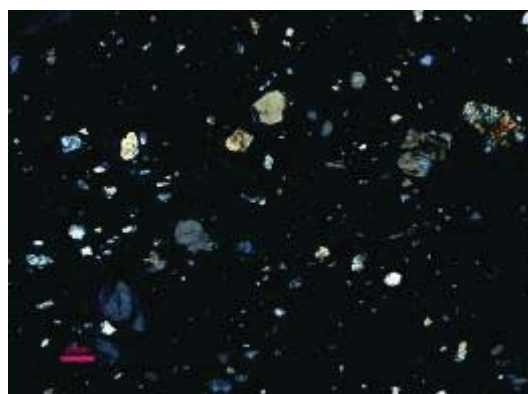
Coarse fraction : The mineral grains almost are in single quartz grains, silt size to medium sand size and usually are angular to sub rounded, chert fragment are few, fine sand to medium sand size, rare polycrystalline quartz and zircon; poorly sorted. The iron oxide nodules, various size, present about 10%.

Fine fraction : Pale grayish brown , clay to fine silt size material, dotted appear under transmitted light .

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b-fabric of the micro mass is weakly stipple speckled to undifferentiated

Void patterns : Estimated total void space about 10-15% of the area of the thin section, generally are short planar voids and vughs.



No. 3.1

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 20:80

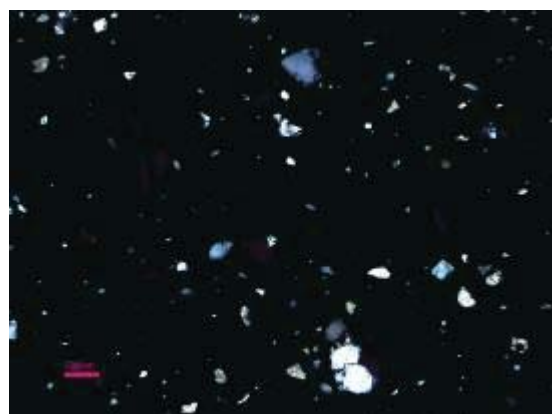
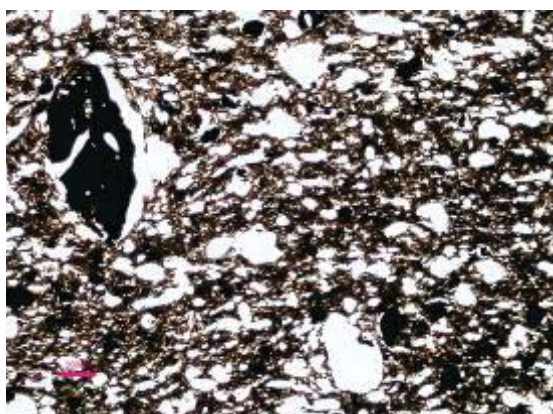
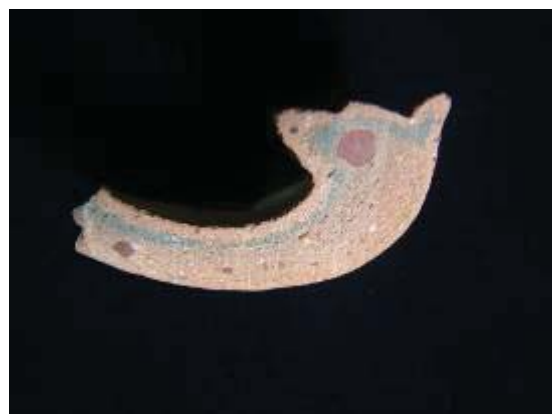
Coarse fraction : The mineral grains dominant in single quartz grains , silt to medium sand size , angular to sub rounded . Common iron oxide nodules, sized 50 – 250 μm . Chert fragment are frequent few polycrystalline quartz and metamorphic quartz rare biotite; and iron oxide imprgnative nodules sized 2500 μm with sharp boundaries.

Fine fraction : Brown, clay to fine silt size material, cloudy appear under transmitted light.

Basic organic components : none present .

Ground mass : The c/f related distribution pattern is open to close porphyric, The b- fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns : Generally are channel (100 -200 μm width) and short planar voids usually show parallel orientation. Estimated total void spaces 15% of the area of thin section.



No. 3.2

Basic mineral components

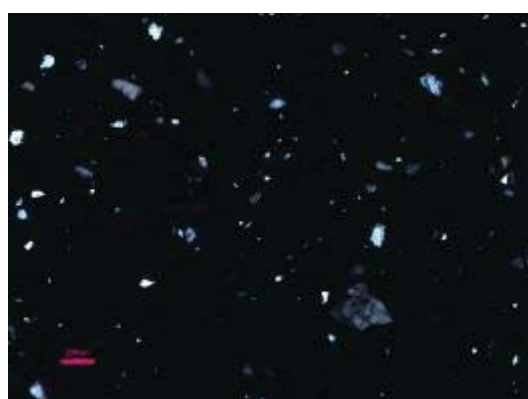
C/ f limit at 10 μm , c/f ratio 15:85

Coarse fraction : The mineral grains mostly are single quartz grains, generally are silt size to medium sand size and angular . The iron oxide nodules, sized 100 – 200 μm are frequents (10 %), chert fragment are frequent poorly sorted. Fine fraction : Dark brown ,clay sized material, cloudy appear under transmitted light.

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is open porphyric, The b-fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns : Vughs and channels are dominant estimated total void space 20%.



No. 3.3

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 15:85

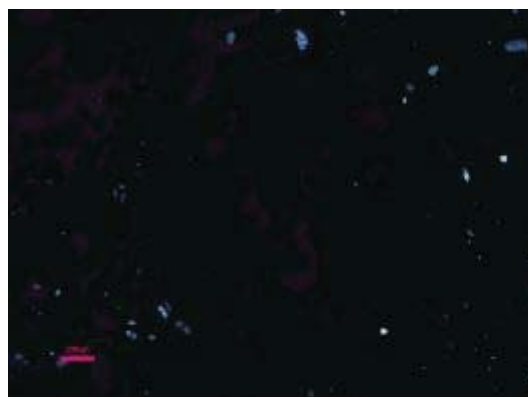
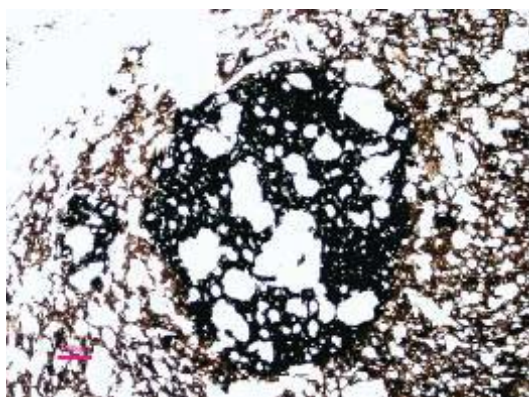
Coarse fraction : The mineral grains mostly are single quartz grains, generally are silt size to medium sand size and angular. The iron oxide nodules, sized 1500 μm are frequents (10%), chert fragment are frequent poorly sorted.

Fine fraction : Dark brown ,clay sized material, cloudy appear under transmitted light.

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is open porphyric, The b-fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns : Vughs and channels are dominant estimated total void space 20%.



No. 3.4

Basic mineral components

C/ f limit at 10 $\mu\text{m.}$, c/f ratio 25:75

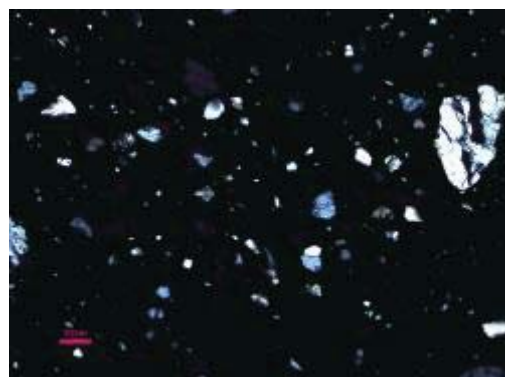
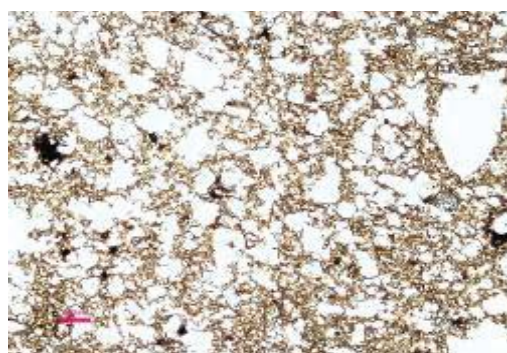
Coarse fraction : The mineral grains almost are angular in single quartz grains, silt size to very coarse sand size, few polycrystalline quartz, chert fragment very few and rare zircon; poorly sorted. The iron oxide nodules could not be observed.

Fine fraction : Pale grayish brown. Clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic components : none present .

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b-fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns : The material is nearly massive, very few vughs. Estimated total void space about 2-5% of the area of the thin section.



No. 4.1

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm . c/f ratio 25:75

Coarse fraction : The mineral grains are dominant in single quartz grains, silt size to medium sand size and usually are angular to sub rounded frequent polycrystalline quartz which are in medium sand size , highly weathered biotite, iron oxide nodules sized 50- 500 μm , very few granite rock fragments sized 500 μm ; poorly sorted.

Fine fraction : Pale brown, clay to fine silt size material, speckled appear under transmitted light.

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is open to close porphyric, the b- fabric of the micromass is stipple speckled grading to parallel striated.

Void patterns : A few vughs, estimated total void space about 2-5% of the area of the thin section.



No. 4.2

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 35:65

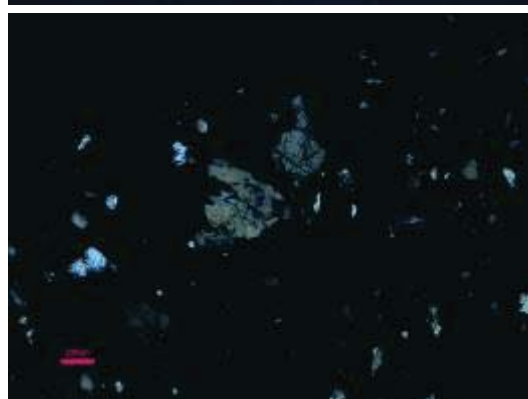
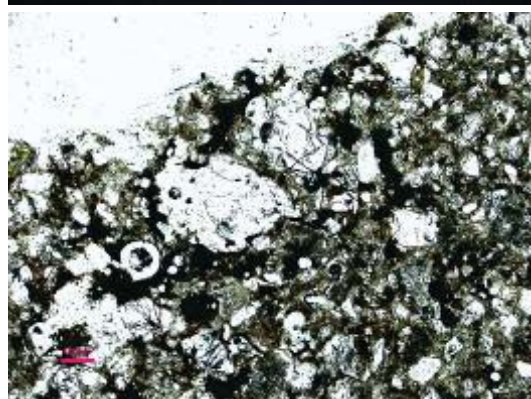
Coarse fraction : The mineral grains are dominant in single quartz grains, silt size to medium sand size and usually are angular to sub angular, few metamorphic quartz, polycrystalline quartz and zircon. The broken quartz are very few and are in very coarse sand size. The manganese oxide nodules, various size and shape, present about 15-20%.

Fine fraction : Pale grayish brown, grading to dark brown and locally grading to olive green and show fibrous aggregates of chlorite, sometime associated with magnetite. Clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micromass is undifferentiated , locally show stipple speckled b- fabric.

Void patterns : voids generally are vesicles (100-200 μm in diameter) and cover about 5% of the area of the thin section.



No. 4.3

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm . , c/f ratio 20:80

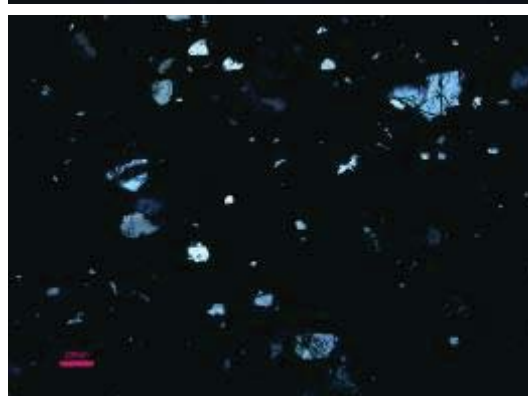
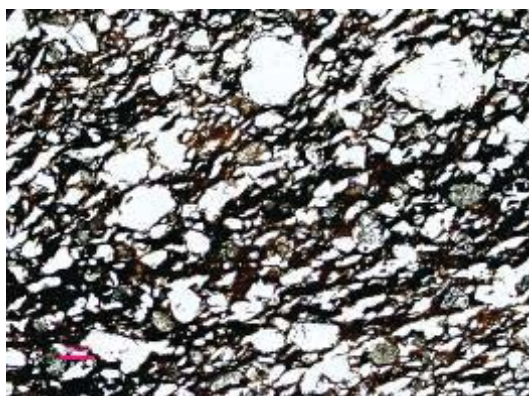
Coarse fraction : The mineral grains generally are angular single quartz grains, silt size to medium sand size, rare polycrystalline quartz, which are quartz sand size. The iron oxide typic nodules, and manganese oxide nodules, size 50-200 μm , present about 2-5%, rare zircon.

Fine fraction : Brown. grading to dark brown, clay sized material, cloudy appear under transmitted light.

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is open to close porphyric, the b- fabric of the micromass is generally show parallel striated b-fabric.

Void patterns : voids generally are short planer voids and usually have orientation, few vughs. Estimated total void space about 30% of the area of the thin section.



No. 4.4

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm . , c/f ratio 25:75

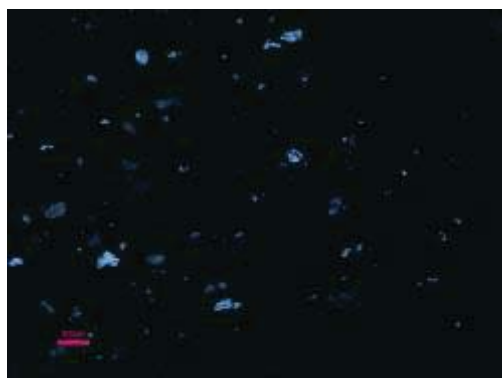
Coarse fraction : The mineral grains generally are angular single quartz grains, silt size to medium sand size, few chert frequents and metamorphic quartz. The broken quartz, coarse to very coarse sand size, and very few., rare tourmaline. The iron oxide nodule, sized 50 – 1000 μm , present about 5-7%.

Fine fraction : Pale grayish brown , clay to fine silt size material , dotted appear under transmitted light .

Basic organic components : none present .

Ground mass : The c/f related distribution pattern is open to close porphyric, the b- fabric of the micro mass is parallel striated b- fabric .

Void patterns : voids generally are vesicles (100-200 μm in diameter) and cover about 5% of the area of the thin section Iron oxide mottle 1-2%, Quartz very fine and fine-medium, Feldspar, Chert.



No. 4.5

Basic mineral components

C/ f limit at 10 $\mu\text{m.}$, c/f ratio 25:75

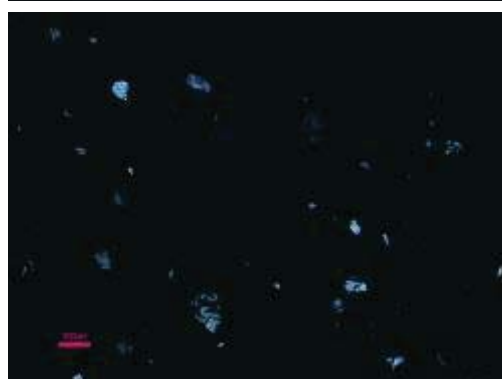
Coarse fraction : The mineral grains are dominant in single quartz grains, silt size to medium sand size and usually are angular to sub angular, few metamorphic quartz, polycrystalline quartz and zircon. The broken quartz are very few and are in very coarse sand. The manganese oxide nodules, various size and shape, present about 15% and mainly are vughs, few vesicles.

Fine fraction : Pale grayish brown ,grading to dark brown and locally grading to olive green and show fibrous aggregates of chlorite, sometime associated with magnetite. Clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close to open porphyric, the b- fabric of the micro mass is undifferentiated, locally show stipple speckled b- fabric.

Void patterns : voids mainly are vughs, few vesicles and cover about 15% of the area of the thin section.



No. 4.6

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 50:50

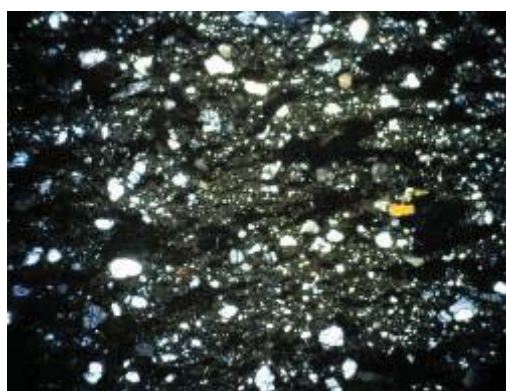
Coarse fraction : The grains mostly are single quartz grains, silt size to medium sand size, poorly sorted.

Fine fraction : Grayish brown, clay to fine silt size material, cloudy appear under transmitted light.

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is undifferentiated.

Void patterns : generally are short planar voids which show parallel orientation.



No. 4.7

Basic mineral components

C/ f limit at 10 $\mu\text{m.}$, c/f ratio 80:20

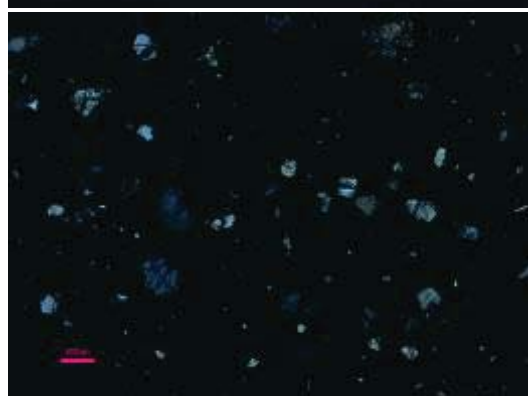
Coarse fraction : The grains almost are angular quartz grains ,silt size to medium sand size, poorly sorted; few broken quartz which are in coarse sand size., very few chert fragments and rare zircon, and metamorphic quartz.

Fine fraction : Pale grayish brown, fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is stipple speckled b- fabric.

Void patterns : Generally are vughs, not interconnected, and occupy about 10% of the area of the thin section.



No. 5.1

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 60:40

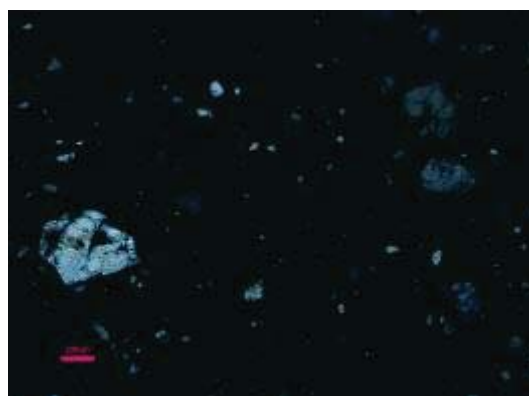
Coarse fraction : The grains mainly are angular quartz grains, silt size to medium sand size, few broken quartz which are in coarse sand size, poorly sorted; very few metamorphic quartz and chert frequents. The manganese nodules, sized 50 – 300 μm , present about 2%.

Fine fraction : Grayish brown, clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic component : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is weakly stipple speckled b- fabric.

Void patterns : Generally are vughs and vesicles (diameter up to 300 μm) cover about 10% of the area of the thin section.



No. 5.2

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 60:40

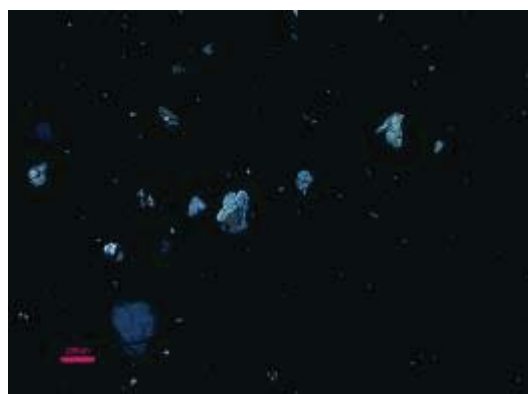
Coarse fraction : The grains mainly are angular quartz grains, silt size to medium sand size, few broken quartz which are in coarse sand size, poorly sorted; very few metamorphic quartz and chert frequents. The manganese nodules, sized 50 – 300 μm , present about 2%.

Fine fraction : Grayish brown, clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic component : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is weakly stipple speckled b- fabric.

Void patterns : Generally are vughs and vesicles (diameter up to 300 μm) cover about 10% of the area of the thin section.



No.6.1

Basic mineral components

C/ f limit at 10 $\mu\text{m.}$, c/f ratio 30:70

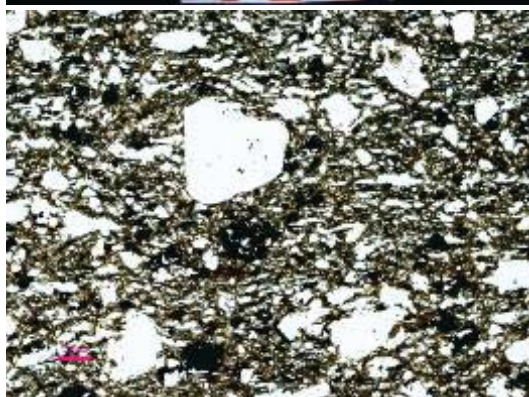
Coarse fraction : The mineral grains are dominant in angular quartz grains ,silt size to medium sand size, few broken quartz grains are in coarse sand size, and chert frequents (sized $\approx 700 \mu\text{m}$); poorly sorted The manganiferous nodules, various shape and size, present about 25%.

Fine fraction : Brown, clay to fine silt size material, speckled appear under transmitted light.

Basic organic components : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is undifferentiated, locally show stipple speckled b- fabric.

Void patterns : Generally are short planar voids, usually have parallel orientation, few vuqhs; Estimated total void space 20%.



No. 6.2

Basic mineral components

C/ f limit at 10 μm ., c/f ratio 60:40

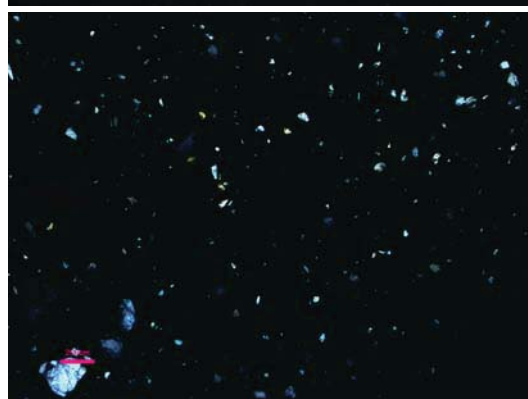
Coarse fraction : The grains mainly are angular quartz grains ,silt size to medium sand size, few broken quartz which are in coarse sand size, poorly sorted; very few metamorphic quartz and chert frequents. The manganese nodules, sized 50 – 300 μm , present about 2%.

Fine fraction : Grayish brown, clay to fine silt size material, limpid appear under transmitted light.

Basic organic component : none present.

Ground mass : The c/f related distribution pattern is close porphyric, the b- fabric of the micro mass is weakly stipple speckled b- fabric.

Void patterns : Generally are vughs and vesicles (diameter up to 300 μm) cover about 10% of the area of the thin section.



Result of Porosity and Temperature Analysis

The ceramics from the kiln in Uddor Meanchey were made between semi-stoneware and stoneware with the temperature range from 1000 to 1350⁰ C.

Result of Chemical Composition

The chemical composition analysis shows that the iron percentage in green, brown and unglazed wares are different. The iron percentage in green glazed wares is lower that range from 0.72% to 1.4% while the brown glazed wares range from 2.7% to 4.3% and finally the unglazed wares are higher than others that range from 4.3% to 5.9%. However, if we compare the iron percentage of brown and unglazed wares in Uddor Meanchey kilns and Banteay Meanchey kilns, the iron percentage of kiln in Banteay Meanchey are higher that range from 7 to 10 % (comparing with the Banteay Meanchey kiln ceramics analyzed at Arizona Univeristy in 2004). The following is the result of chemical composition analysis of those 6 kiln sites.

Sample No.	CaO	Fe2O3	Na2O	K2O	Al2O3	Sio2	MgO2	TiO2	MnO2	CuO	ZnO
1.1	0.15	5.1	0.51	2.0	17.4	69.7	0.61	0.43	0.03	ND	ND
1.2	1.0	5.3	0.29	1.8	16.7	69.9	0.59	0.55	0.02	ND	ND
1.3	1.1	1.4	0.36	2.0	14.8	75.8	0.46	0.48	ND	ND	ND
2.1	0.96	3.6	0.33	2.3	15.5	70.2	0.60	0.55	ND	ND	ND
2.2	0.32	0.73	0.08	1.0	11.2	81.6	0.24	0.55	ND	ND	ND
3.1	0.11	5.7	0.16	2.8	16.2	65.2	1.1	0.45	ND	ND	ND
3.2	0.10	5.4	0.25	2.9	17.9	64.1	1.1	0.54	0.01	ND	ND
3.3	0.37	5.9	0.35	3.5	15.4	61.7	1.1	0.57	0.01	ND	ND
3.4	0.64	0.92	0.12	1.5	11.5	75.7	0.43	0.55	0.03	ND	ND
4.1	0.61	4.5	0.57	0.25	11.6	75.5	0.20	0.89	0.37	ND	ND
4.2	0.29	4.3	0.30	1.9	16.5	71.4	0.65	0.47	0.03	ND	ND
4.3	0.63	3.7	0.48	1.5	18.6	69.7	0.53	0.42	0.02	ND	ND
4.4	1.5	3.3	0.34	2.1	14.6	73.0	0.65	0.48	0.04	ND	ND
4.5	0.85	3.7	0.43	1.6	18.7	69.5	0.55	0.50	0.02	ND	ND

Sample No.	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	TiO ₂	MnO	CuO	ZnO
4.6	2.9	1.2	0.14	1.0	14.0	75.3	0.45	0.53	ND	ND	ND
4.7	1.5	0.72	0.17	1.3	9.7	80.3	0.44	0.45	ND	ND	ND
5.1	1.5	2.7	0.19	2.2	14.0	73.3	0.82	0.57	0.01	ND	ND
5.2	1.2	1.3	0.32	1.9	14.4	78.3	0.39	0.49	ND	ND	ND
6.1	0.06	4.3	0.15	1.7	19.4	66.2	0.66	0.40	ND	ND	ND
6.2	0.85	1.2	0.19	1.7	14.2	72.2	0.47	0.55	0.02	ND	ND
2.1 glaze	21.3	11.2	1.0	1.3	9.7	52.6	0.81	0.48	0.01	ND	ND

Non

Detected : ND

2. Kiln Sites

2 locations of Angkor period kiln sites were identified along the ancient road from Angkor to Phimai. Location No. 1 is at Ban Kruat in Buriram province and location No. 2 is located in Uddor Meanchey province where we just found during our survey in 2006. Up to date, six royal roads network departed from Angkor capital to other areas were identified (Im 2005). To the eastern area, there are two roads named “the east road or the Beng road” and “the southeast road”. To the western area, there are also two roads named “the west road” and the northwest road”. To the northern area, there is one road named “the north road”. And the last road to the south until the Tonle Sap (lake). The two roads to the east are: one to the east departed from Angkor passed by Beng Mealea and Koh Ker temples and finally to Vat Phou, and another one to the southeast goes to Sambo Prei Kuk. Other two roads to west are: one departed from northwest corner of western *Baray* (water reservoir) to Sdok Kak Thom, passed through the group of kilns in Beanteay Meanchey province, and another road departed from the northern part of Angkor Thom to Phimai temple passed through Tamean and Phnom Rung temples and kiln’s groups in Uddor Meanchey and Buriram provinces. Along these roads, there are lots of infrastructure such as narrow and large water reservoirs, monuments, rest houses, bridges, metallic and habitation

sites, and especially ceramic kilns. All these infrastructures are very important network connected between people in the west and in Angkor capital (see fig. 7 and 8: Map).

Other kiln sites were also found at the provinces of Baneaty Meanchey, Siem Reap and Kandal.

2.1. Kilns at Buriram

The kiln sites in Buriram province are located along the ancient road from Angkor to Phimai. Many groups of kilns in eight districts that amounted to hundreds of kilns were found. The research on kiln sites in that area was earlier than Angkor area. In 1975, archaeologists from the Fine Arts Department (FAD) in Thailand conducted excavations at Nai Jian and Sawai kilns in Ban Kruat district. In 1984, they excavated other kilns at Khok Lin Fa in Lahan Sai district (Natthapatra 1990).

From the archaeological survey and excavations at Ban Kruat, we know that the kilns are located on a big mound which consists of kilns sharing the walls. The shape of kilns is oval measuring approximately 1.5m wide and 15m long. The kiln can be divided into three parts: combustion chamber, firing chamber, and chimney. The majority of ceramics produced in this area are similar shaped wares such as pumpkin shaped wares, small boxes, bird-shaped boxes, animal figurines, *kendi*, dishes, bowls, oil lamps, elongated water vessels with elaborated covers, gourd-shaped water vessels, and jars with decoration along the shoulder. Two kilns excavated in Ban Kruat district were preserved, covered with roofs and opened for public inspection.

2.2. Kilns at Uddor Meanchey

During our survey along the road in this province in 2006 and 2007, we found lots of brown glazed, unglazed, green glazed shards and pieces of kiln walls on the dam of water reservoir, and on the mounds. Unfortunately, the sites were looting, so the mounds were disappeared. From the result of this survey, we considered that at least 7 places existed the kilns. Among those, two places are very high potential of kilns. They are Kok Yeay Degn in Khnar village, Krasang commune, Chong Kal district and Kok Treas at Prey Veng village, Kok Man commune, Banteay Ampil district. Other places are: Tourl Trapeang Tbal and Thlok Akoang in Prey Veng village and Thlok Khtom at Kou village, Kok Man commune, Banteay Ampil district.

Other two sites at Kok Cheng Meng at Prei village and Kok Kjeay at Srah Srang village, Kok Kpous commune, and Banteay Ampil district. The ceramics from these places are mainly brown glazed, little green and unglazed wares with the shapes of baluster jars, big jars with ears, bowls, basins, and animal shaped jar lets.

2.3. Kilns at Banteay Meanchey

In 2003, we conducted a survey in this province at four places: Lboek Svay, Lboek Ampil, Torp Siem, and Svay Khmau. A great many ceramic shards and kiln's walls were scattered throughout, leading us to believe there are kilns in these areas. However, we can not confirm the number of kilns in those places as the sites were looted and the kiln mounds were disappeared. The ceramics collected from the sites are almost brown glazed wares, small number of green glazed wares, and unglazed wares. The ceramic types include: bowls, water jars, large storage jars with ears, basins, baluster jars, and zoomorphic jars. The location of these kiln sites are standing closely to the ancient royal road network connected from Angkor to Sdok Kak Thom temple.

- Lboek Svay Kilns

These kilns are located in the village of Lboek Svay, Svay Chek commune, Svay Chek district, about 18km southwest of Svay Chek district head office. According to the ceramic shards scattered to the south and to the east of the dyke near Lboek Svay temple, we believe kilns existed there. The kilns on the southern dyke are at a distance of 60m from the moat of Lboek Svay temple, lying over an area east-west measuring about 120m, north-south about 40m, and at a height of about 1.5m.

The ceramics from this site include: bowls, basins, storage jars with ears, zoomorphic wares, and baluster jars that are unglazed, brown glazed, and ash glazed. The number of brown glazed wares is higher than other types (see fig. 9).

- Lboek Ampil Kilns

These kilns are located in the village of Lboek Ampil, Svay Chek commune, Svay Chek district, about 14km southwest of Svay Chek district head office. We found two

groups of kilns: one to the south, 5km from the moat of Loboek Ampil temple, and another to the west about 40m from the Loboek Ampil temple. We don't know the exact number of kilns to date and how these kilns are distributed as many trees grow in this area. There were many ceramic shards found on the ground that included: bowls, basins, water jars, jars with ears, and baluster jars that were ash glazed, brown glazed, and unglazed. In addition to these ceramic types, we also found some part of kiln walls (see fig. 10).

- Torp Siem Kilns

These kilns are located in the village of Torp Siem, Slar Kram commune, Svay Chek district, about 16km northwest of Banteay Meanchey town. To the west of this village - some 100m away, there is Ang Torp Siem (a water reservoir) measuring 100m by 50m. The kilns can be divided into 4 groups: 'A' group is located 50m on the east of Ang Torp Siem, 'B' group is located 100m to the southeast of Ang Torp Siem, 'C' group is located 200m to the southwest of Ang Torp Siem, and 'D' group is located 1,000m to the east of this village. There are two types of fired ceramics from this area, earthenware and stoneware: 'A' and 'B' groups are almost all earthenware that includes: cooking pots, basins, and water jars. However, 'C' and 'D' groups are mostly stoneware that includes: bowls, basins, cylindrical covered boxes, jars with ears, water jars, and baluster jars. Additionally, we also found some part of kiln walls (see fig. 11).

- Svay Khmau Kilns

These kilns are located at the village of Svay Khmau, Ponlay commune, Phnom Srok district, about 45km northeast of Banteay Meanchey town. The site is located about 1,000m to the west of village and 100m to the north of the Banteay Meanchey main road. The site is very small and on a hill measuring about 30m by 20m. A numbers of ceramic shards from this site includes: cooking pots, unglazed water jars, small jars and brown glazed baluster jars. Additional finds included prehistoric pottery similar to those excavated at Phum Snay. People were digging these pots from the soil when I visited the site and selling the pottery and others finds. Among these were two small Buddhist moulds made of clay. These moulds appear to date to the Angkorian period (fig 12).

2.4. Kilns at Siem Reap

Among the kiln sites found in Cambodia, only kiln sites in Siem Reap have been extensively studied. In this area, there are ten groups of kiln sites: Anlong Thom, Sar Sey, Tani, Khnar Po, Bang Kong, Teuk Lech, , Mouryroy Bei, Mouryrou Bourn, and Chan Hea. Among them Tani, Anlong Thom, Sar Sey and Khnar Po kilns have been completely excavated.

- Anlong Thom kilns

The number of kilns at Anglong Thom is not clear because of illegal looting and vegetation covered over the site. However, we considered that Anglong Thom site is a big ceramic production centre in Angkor area due to the large numbers of ceramic shards scatted on the site. The ceramic shards were identified both sides of a 7-8 m high dam which runs south-north. In January 2007, we excavated two kilns: Kiln number 001 (ALK 001) was excavated by APSARA National Authority and Tabata and the kiln number 002 (ALK 002) was excavated by APSARA National Authority and National University of Singapore led by John Miksic. The kiln structure remained only half of lower part, unfortunately the roof and chimney was disappeared. The shapes of these kiln structures are oval and divided into three parts as kilns at Tani site: combustion chamber, firing chamber, and chimney. The ALK 001 measures approximately 1.8m wide and 5.6m long (Chhay et al. 2007). The floor of kiln is deep sloping and rough because of using the ball of clay to make the floor and finally they did not polish it. Some supports of wares were struck permanently on the floor probably as a result of a deep sloping floor. In the combustion chamber, we found dark soil at the bottom and brick inner the chamber. We also observed the both side of combustion chamber wall measuring approximately 50-120cm high, 5-7cm thick, and found 3 or 4 lines which considered that the kiln were repaired many times. On the other hand, the ALK 002 is located about 100m to the south of ALK 001 and the kiln was constructed on each other. The last kiln was constructed on the half part (half part of firing chamber) of previous kiln. The size of previous kiln is smaller measuring 2.9m wide and unknown length, and the last kiln measures 3.6m wide and 5.7m long which is the largest wide of kilns in Angkor area. The thickness of kiln walls of these two kilns are different: the previous kiln is about 6-8cm and the last kiln is about 18 to 20cm. As the time was limited, we excavated only the half right part of kiln until the floor, but the left part of kiln still remained. The floor of the kiln is different from other kilns, sloping in a form of stair and on each step, we found a lots of

supports which were stuck permanently on the steps. The condition of the steps are mostly preserved, and we still confirmed 9 steps among probably the whole 13 steps. On the top of supports, we see the print of small round base of ceramics approximately 8-12 cm in diameter that put on the base during firing. The supports were arranged closely to each other on each steps. Beside the round shaped supports, we also see the other supports in the form of solid cylindrical shapes measuring approximately 10-15cm long and 3-5cm in diameter. These kind of supports were found a lots on each steps. The ceramics from these kilns are mostly green glazed wares and a few number of unglazed wares. The green glazed wares are cylindrical covered boxes, round covered boxes, bottles, bowls, flower vase and roof-tiles. The unglazed wares are basins and water jars. The quality of glaze from this kiln is better than other kilns: thicker, greener, and stick on the body. The decoration is also beautiful and have more variety patterns than other kilns (see fig. 13 and 14).

- Sar Sey kilns

The Sar Sey kiln site consisted approximately 28-29 kilns which divided into three groups. The first group of Trapeang Neang Snay have 12 kilns, the second group have 9 kilns along the Or Neang Snay (Steam), and the last group have 7-8 kilns on a dike according to the villager. We can not identify the number of the last group clearly by our self because of security (Sok 2003). The Sar Sey kiln project was started from 2002 by a joint research between APSARA National Authority and NRICPN, then we drew the map in 2003 and 12 kiln's mounds on the dikes of Trapeang Neang Snay were mapped. The excavation started little by little according to the suitable time of NRICPN from 2004 to the end of 2007. The structure of kiln looks similar to Tani kiln. The ceramics were found both green glaze and unglazed as Anlong Thom kiln. The water jar seems produced a lots in this site (see fig. 15 and 16).

- Tani kilns

The Tani kiln site consisted of 26 kilns divided into 5 groups. This is the first kiln in Cambodia which was conducted an excavation from 1996 to 2001 in a joint research project between the APSARA National Authority, the NRICPN and Sophia University Angkor International Mission. Three kilns were excavated, but unfortunately less than half of the kiln structures remained. The shapes of these kiln structures are oval, made of clay, has the clay pillars

in the centre of kilns, and divided into three parts: combustion chamber, firing chamber, and chimney, measuring 2.8m wide and 8.5m long for large A6 kiln (Sugiyama et al. 2005), and 2m wide and 8m long for small B4 kiln (Tabata 2004). A number of ceramic shards and complete shapes were found. The ceramics can be divided into two categories: green glazed wares and unglazed stonewares. The shapes of green glazed wares are normally small in size: covered boxes, bowls, bottles and small-size jars. The shapes of unglazed stonewares are large: basins, large jars with ears, *kendi*, water jar with small neck and wide rim, and roof-tiles: round tiles, flat tiles, eave tiles, and ridge ornament tiles (Sugiyama et al. 2005).

- Khnar Po kilns

The Khnar Po kiln project was started in 2006 by a joint research project between APSARA National Authority and Osaka Otani university with the support of NRICPN. This site consisted of 19 kilns which divided into four groups (Em 2004). The “A” group on the western dike of *Tonle Bet* (water reservoir) has 10 kilns, the “B” group has 3 kilns which are located about 100m on the west of the first group. The “C” groups are located on the southern dike which consisted of 3 kilns. The “D” group is located on the south of the *Tonle Bet*. One kiln named B1 in “B” group was excavated half right part of the kiln. The structure of kiln looks similar to Tani kiln, measuring approximately 2.7 by 6m. The ceramics from this kiln are only unglazed wares: water jars, basin, jars with four ears, and roof tiles (see fig. 18).

- Bang Kong Kilns

Bang Kong kiln site is located at Bang Kong village, Bang Kong commune, Prasat Bakong district, Siem Reap province. It is approximately 20km northeast of the town of Siem Reap and 4km from the northwest corner of the Baray Indradataka. The kilns are recently identified and distributed approximately 1,000m along the western embankment of the Roluos river and continue approximately 200m to the west of red soil road connected from Phnom Bok to national road no. 6.

There are two group of kiln in this area: group 1 is located on the north of group 2 approximately 500m and consisted of 10 kiln mounds. The number of kiln at group 2 is unclear because the mounds were destroyed and only some kiln walls remained on the ground.

The ceramics from this kiln are mostly unglazed wares, but there are also some green glazed wares with the shape of water jar, storage jar with ears, basin, bottle, and covered boxes.

- Teuk Lech Kilns

This group of kilns are located in the village of Teuk Lech, Beng Mealea commune, Svay Leu district, about 40km to the east of Angkor Thom. The kilns are located on Toul Teuk Lech dike lying north-south, about 1km to the southwest of Beng Mealea temple. We found a few kilns by chance on a dike because numbers of ceramic shards and kiln wall pieces were scattered around the area. The ceramics are almost all unglazed roof tiles with a few brown glazed wares. However, I am not sure these kilns made brown glazed wares or not because we found very few shards and also its were on the surface.

Besides of kilns found on this dike, we also found many pieces of roof tiles and a few brown glazed wares at the southern section of Tumnap Teuk Lech dike which is located some 200m from the Toul Teuk Lech dike. We can't be sure whether the last location had kilns or not.

According to local villagers, many ceramic shards could also be found at Khnar Mouy Dam, Beng Mealea commune, Svay Leu district. We haven't visited this place to date as this is the wet season and the area is flooded. I believe there may be more kilns to be discovered in this area.

- Kantourt Kilns

This group of kilns is located in Kantourt village, Kantourt commune, Svay Leu district. This kiln site is located on the North of Phnom Kulen, little bit far from other groups on the southern part of Phnom Kulen. This kiln site was found in 22 July 2003 by chance by the Inventory Team of the Department of Culture and Research, APSARA National Authority in collaboration with the EFEO that was working to verify all ancient structures documented at the end of 19th and early 20th century. The mounds of kilns were found in two places which are separated by about 500m from each other, nearby Or Tahou (Tahou stream). However, the detailed information is not completed to date as the field trip was limited. Moreover many trees covered the site and it is difficult to count the exact number of kiln mounds. The ceramic shards scattered around these kilns are almost all brown glazed and unglazed wares which are similar to

those found in the Banteay Meanchey, Uddor Meanchey and Buriram areas. There are large storage jars with ears, baluster jars, water jars and other shapes. Besides these ceramics, the team also found the fragments of the kiln roof which retain the imprint of bamboo or wood traces as is the case in Buriram.

- Mouroy Bei (103) kilns

Mouroy Bei kiln was found early 2008 at Mouroy Bei village, Beng Mealea commune, Svay Leu district, Siem Reap province. We found only one kiln mound that upper part of kiln was decayed and the both sides wall of kiln appeared above the ground. The mound is oval shape measuring approximately 10 by 20m and the size of kiln on the mound is 1.2 by 11m. The ceramics from this kiln are storage jar with four ears and unglazed shards. We did not find any green glazed shards.

- Mouroy Bourn (104) kilns

Mouroy Bourn kiln was found at the same time as Mouroy Bei kiln. It is located in Mouroy Bourn village, Beng Mealea commune, Svay Leu district, Siem Reap province. We found 10 kiln mounds and many ceramic shards appeared above the ground. The ceramics from these kilns are almost brown glazed and unglazed wares with the shape of storage jar with four ears, baluster jar, basin. The green glazed shards appeared only one fragment.

- Chan Hea kilns

Chan Hea kiln is located in Chan Hea village, Beng Mealea commune, Svay Leu district, Siem Reap province, near by the Torp Chhey rest house along the road from Beng Mealea to Bakan (know as Preah Khan of Kampong Svay). 5 kiln mounds in the area were identified and many brown glazed shards with the shapes of storage jar with ears, baluster jar and basin were scattered above the ground. The site just found in early 2008 and no scientific research on the kiln yet.

2.5. Kilns at Kandal

In Kandal province, about 10km to the south of Phnom Penh city, there is a large site named Beung Cheung Ek that was found in 2001. This site is located on a high area (a circular earthwork) and to the north, there is a huge water reservoir which is located between this site and a dike to protect Phnom Penh city from floods. The kilns can be divided into four groups and large numbers of ceramic shards were found at this site. The ceramics are almost all brown glazed and unglazed stoneware. Some shapes looked very similar to ceramics found in the Angkor area and northeast Thailand - such as basins, water jars, and jars with ears, but they may not date to the Angkor period because of differing shapes and glazes. This site is under serious threat by people who live there. They destroy the kiln mounds to make houses, grow vegetables, and built tombs. Moreover, the most serious problem is the area has been dug by backhoes and the soil carted away by trucks to be sold as fill in Phnom Penh. In 2001, Phon Kaseka, a postgraduate student at the Royal Academy of Cambodia studied the ceramic production of this area for his master degree thesis.

3. Conclusion

In Angkor period, many ceramics were produced for local demands from early to the end of Angkor period. The kilns probably commenced from early Angkor period from Angkor area and spreaded to other big communities when the Khmer empire became more powerful from around 11 century. The brown glazed ceramics were found all the Angkor period sites including along the ancient road network.

At the beginning, some kilns in Angkor area such as Anlong Thom, Sar Sey, Tani, Bang Kong and Khnar Po produced the ceramics very limited shapes and glaze. The shapes of unglazed wares are big storage jar with ears, basin, water jar, and some roof-tile while the shapes of green glazed wares are covered boxes, bottle, small jar with inflated body and short neck, some small amount of roof-tile and water jar. We did not find those ceramics above the ground during our survey along the road from Angkor to Banteay Ampil area. We found only one piece of ceramic from a kiln in Angkor area in the trench of Spean Hal excavation in the depth approximately 1m down. However, we found a lot of unglazed green and brown glazed wares associated Chinese wares along the ancient road. The kilns of brown glazed wares were identified along the ancient road from Angkor to Phimai at Uddor Meanchey and Buriram provinces. Other brown glazed kiln

sites were also found along the road from Angkor to Sdok Kak Thom in Banteay Meanchey province. And recently, we also found some brown glazed kiln sites located along the ancient road from Angkor to Bakan. The brown glazed kilns were probably produced from 11 century along the ancient road when Khmer empire became more powerfull and at the same time, many more shapes were also invented for local demands.

4. Sample of Images



Fig. 1 Kok Ach Dek



Fig. 2 Kok Cheng Meng



Fig. 3 Kok Kjeay



Fig. 4 Kok Yeay Degn



Fig. 5 Kok Treas



Fig. 6 Thlok Akong

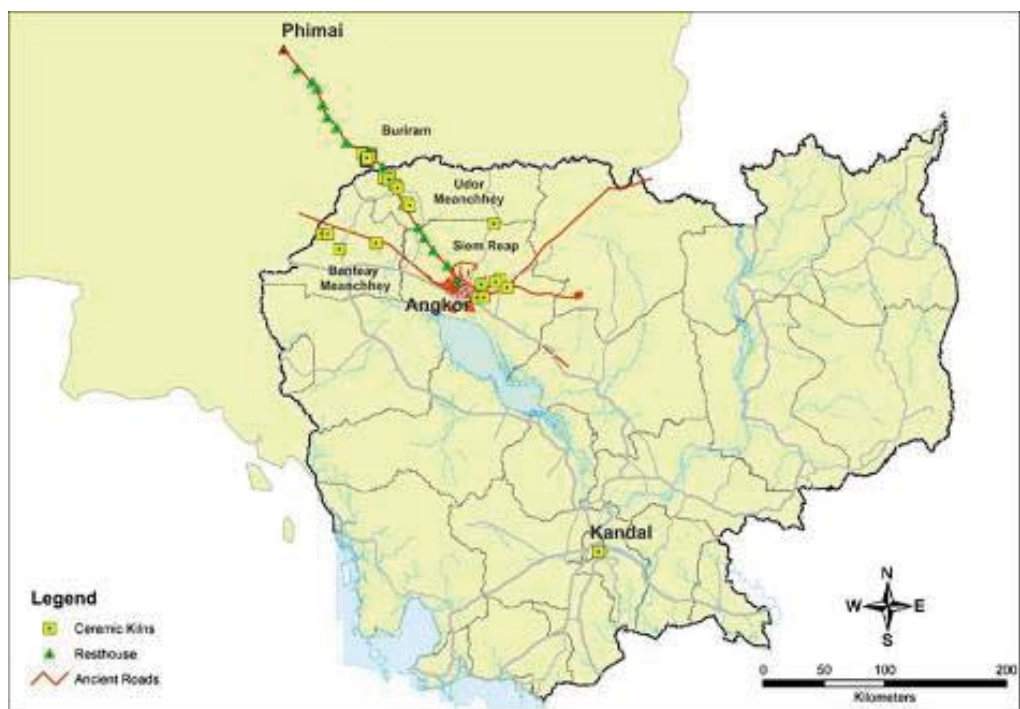


Fig. 7 Map of Kiln Location

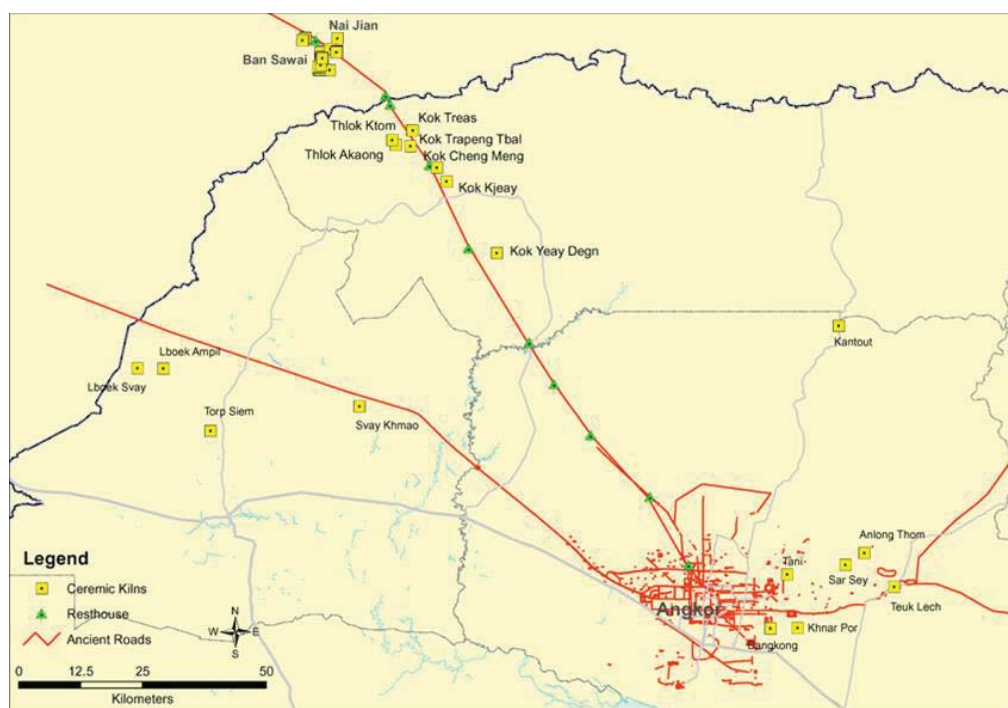


Fig. 8 Map Kilns along the Ancient Road Network



Fig. 9 Loboek Ampil



Fig. 10 Loboek Svay



Fig. 11 Svay Khmao



Fig. 12 Torp Siem



Fig. 13 Ceramic Anlong Thom



Fig. 14 Anlong Thom Kiln structure



Fig. 15 Ceramic Sarsei Kiln



Fig.16 Sarsei Kiln Structure



Fig. 17 Knar Po kiln Structure



Fig. 18 Tani Kiln structure