

## ภาคผนวก ค

การศึกษาวิเคราะห์เสถียรภาพการออกแบบหน้าเหมือง  
ชนิดแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง  
บริเวณพื้นที่คำขอพะพานบัตรที่ 1/2560  
หมายเลขทะเบียนเหมืองแร่ที่ 31892  
ของ บริษัท กิตติวิถีสถิตาพาณิชย์ จำกัด จำกัด  
ตำบลบึงเปือย และตำบลสิริเชียร อำเภอโนนชัย จังหวัดอุบลราชธานี

## การศึกษาวิเคราะห์เสถียรภาพการออกแบบหน้าเหมือง

ชนิดแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์  
เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง

บริเวณพื้นที่คำขอพะพานบัตรที่ 1/2560  
หมายเลขทะเบียนเขตเหมืองแร่ที่ 31892

ของ บริษัท กิตติวิถีสถิตาพาณิชย์ จำกัด

ตำบลบึงเปือย และตำบลสิริเชียร อำเภอโนนชัย  
จังหวัดอุบลราชธานี

1. ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่โครงการ
- 1.1 จุดตั้งของพื้นที่โครงการ

พื้นที่คำขออ่า ตั้งอยู่ที่ตำบลบึงเปือย และตำบลสิริเชียร อำเภอโนนชัย จังหวัดอุบลราชธานี ปรากฏบนแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารมาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ระวาง 6038 III ระหว่างค่าพิกัดฉากสากล (UTM) แนวนอน (เหนือ) 1603650N. – 1604950N. แนวตั้ง (ตะวันออก) 506000E – 507050E. (รูปที่ 1) มีเนื้อที่ 297-0-95 ไร่ (รูปที่ 2) พื้นที่คำขออ่า จํานวนอยู่ในพื้นที่คุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 4B

- 1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

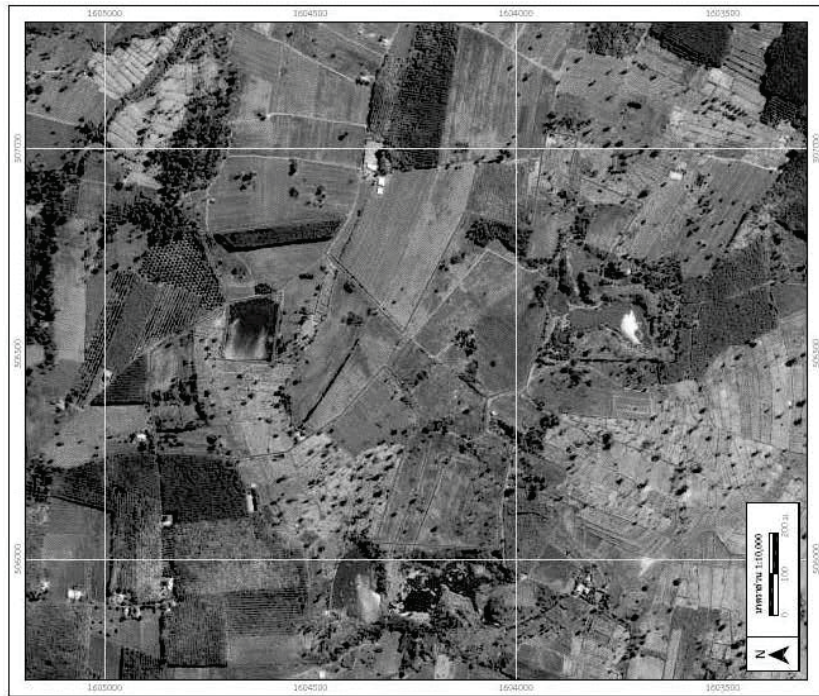
ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่คำขออ่า ตั้งอยู่บนพื้นที่ลาดเชิงเขาเตี้ยๆ และเป็นเขา พบว่าโดยรวมสภาพภูมิประเทศมีสภาพเป็นพื้นที่ราบ (รูปที่ 3) โดยพื้นที่บริเวณนี้เป็นส่วนหนึ่งของราบสูงโคราช พื้นที่มีลักษณะเอียงทเล็กน้อยจากตอนกลางพื้นที่ไปทางทิศตะวันตก ภูมิประเทศทั่วไปมีความสูงประมาณ 200 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (รทก.)

- 1.3 การคมนาคมเข้าสู่พื้นที่โครงการ

การเดินทางไปยังพื้นที่คำขออ่า สามารถเดินทางได้โดยสะดวกตลอดปี ตามแผนที่เส้นทางคมนาคม GIS Basemap ของกรมทางหลวงชนบท เริ่มต้นจากตัวจังหวัดอุบลราชธานี แล้วใช้ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 24 และ 2174 (เส้นทางไปอำเภอโนนชัย) จากอำเภอโนนชัย ไปตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2248 ประมาณ 3 กิโลเมตร แล้วแยกขวาไปตามทางลูกรังอีกประมาณ 2.5 กิโลเมตร จะถึงพื้นที่คำขออ่า

# ภาพถ่ายทางอากาศ

คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 พยายามแสดงลักษณะทางธรณีวิทยาเบื้องต้นที่ 31892  
ของบริเวณ กิ่งตึกวัดศิลาทิพย์ อำเภอ จันทบุรี



ชุดแผนที่ คือ คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 พยายามแสดงลักษณะทางธรณีวิทยาเบื้องต้นที่ 31892

รูปที่ 2 แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงลักษณะภูมิประเทศบริเวณพื้นที่โครงการ

## แผนที่ภูมิประเทศ

คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 พยายามแสดงลักษณะทางธรณีวิทยาเบื้องต้นที่ 31892  
ของบริเวณ กิ่งตึกวัดศิลาทิพย์ อำเภอ จันทบุรี



ชุดแผนที่ คือ คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 พยายามแสดงลักษณะทางธรณีวิทยาเบื้องต้นที่ 31892  
ชุดแผนที่ คือ บริเวณวัดศิลาทิพย์

รูปที่ 1 แผนที่แสดงจุดที่ตั้งพื้นที่โครงการ



## 2. ธรณีวิทยา

### 2.1 ลักษณะธรณีวิทยาโดยทั่วไป

จังหวัดอุบลราชธานีตั้งอยู่ในบริเวณที่เรียกว่า “แอ่งโคราช” (Korat Basin) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางโดยเฉลี่ยประมาณ 68 เมตร (227 ฟุต) ลักษณะโดยทั่วไปเป็นที่สูงต่ำ มีแม่น้ำโขงเป็นแนวเขตกันจังหวัดอุบลราชธานีกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีแม่น้ำชีไหลมาบรรจบกับแม่น้ำมูล ไหลผ่านกลางจังหวัดจากทิศตะวันตกมาสู่ทิศตะวันออก แล้วไหลลงสู่แม่น้ำโขงที่อำเภอโขงเจียม และมีลำน้ำใหญ่ๆ อีกหลายสาย ได้แก่ ลำเซบก ลำโดมใหญ่ ลำโดมน้อย

จังหวัดอุบลราชธานีมีภูเขาสลับซับซ้อนหลายแห่ง เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดรองรับด้วยหินชุดโคราช ซึ่งประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง และหินดินดาน ลักษณะภูมิสัณฐานของจังหวัดอุบลราชธานี (ที่มาข้อมูล: [www.ubonatchathani.go.th](http://www.ubonatchathani.go.th))

- 1) บริเวณที่เป็นสันดินริมน้ำ (river levee) เกิดจากตะกอนที่ลำน้ำพัดพามาทับถมสภาพพื้นที่เป็นเนิน สันดินริมฝั่ง แม่น้ำโขง และบางบริเวณของสันดินริมฝั่ง ลำเซบาย
- 2) บริเวณที่เป็นเนินลาดตะกั่ว (terrace) ประกอบด้วยบริเวณที่เป็นลานตะกั่วลำน้ำระดับต่ำระดับกลาง และระดับสูง พื้นที่ลักษณะที่เป็นทั้งที่ราบแบบลูกคลื่น ลอนลาด จนถึงลูกคลื่นลอนชันอยู่ถัดจากบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงขึ้นมา พื้นที่ลักษณะนี้พบทางตอนเหนือ ทางตะวันออก และทางใต้ของจังหวัด ส่วนใหญ่ใช้พื้นที่สำหรับการทำนาและปลูกพืชไร่

3) บริเวณที่เป็นแอ่ง (depression) หรือที่ราบต่ำลุ่มน้ำ (back swamp) มักมีน้ำแช่ขังนานในฤดูฝน พบบริเวณริมแม่น้ำโขง แม่น้ำชี ลำเซบาย และลำโดมใหญ่

4) บริเวณที่เป็นเนินตะกอนรูปพัด (coalescing fans) เกิดจากการแตกหัก รุกขของหินอยู่ในหุบเขาเมื่อฝนตกลงมาในปริมาณมาก กำลังของน้ำจะมีมากจนสามารถพัดพาเอาตะกอนเหล่านี้ออกมาจนรอบหุบเขาได้ เมื่อมาถึงนอกหุบเขาหรือเชิงเขา สภาพพื้นที่ที่เป็นที่ราบทำให้น้ำไหลแผ่กระจายออกไปเป็นรูปพัดกำลังของน้ำลดลงทำให้ตะกอนตกทับถมในบริเวณทางน้ำ พื้นที่ลักษณะนี้พบอยู่ทางตอนใต้และทางตะวันตกของจังหวัด

5) บริเวณที่เป็นเนินที่เกิดจากการไหลของลาวา (lava flow hill) เป็นเนินเขาที่เกิดจากการไหลของลาวา ดินบริเวณนี้จะมีศักยภาพทางการเกษตรสูง ซึ่งเป็นผลจากการรุกรายตัวของหินบะซอลต์ที่พื้นที่ลักษณะนี้พบในบริเวณอำเภอน้ำยืน

6) บริเวณที่ลาดเชิงเขา (foot hill slope) พบในบริเวณอำเภอโขงเจียม อำเภอศรีเมืองใหม่ อำเภอพิบูลย์รักษ์ และอำเภอวารินชำราบ

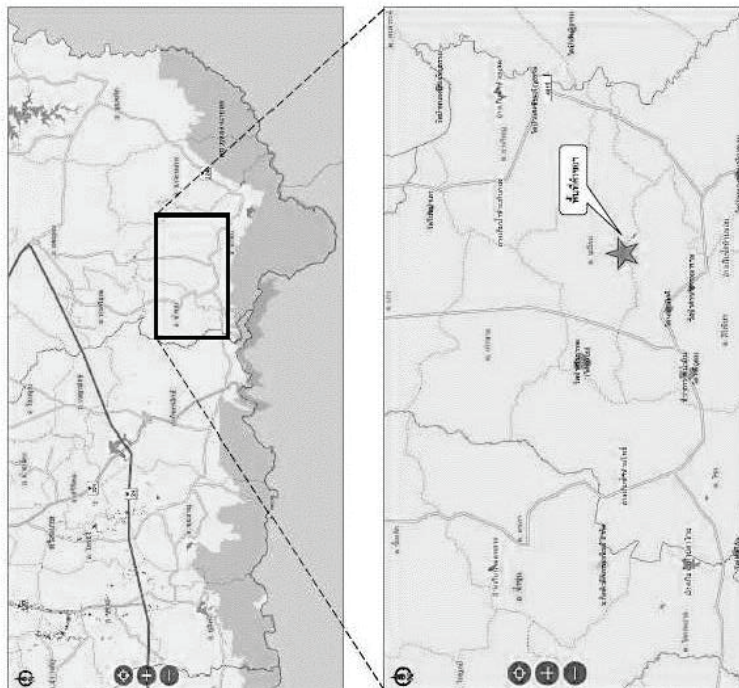
7) บริเวณที่ลาดเชิงซ้อน (slope complex) มีลักษณะเป็นภูเขาหรือเทือกเขาที่มีความลาดชันมากกว่า 35 องศา พบบริเวณเทือกเขาพนมดงรักในอำเภอน้ำยืน อำเภอมางฆะหารและอำเภอเนือกรีก และเทือกเขาพนมดงรักในอำเภอโขงเจียม และอำเภอศรีเมืองใหม่

ลักษณะธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่โครงการ และบริเวณใกล้เคียงคัดลอกและดัดแปลงจากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุบลราชธานี มาตราส่วน 1 : 250,000 (รูปที่ 4 - 5) ซึ่งได้ดำเนินการสำรวจ และจัดทำแผนที่ธรณีวิทยาทั่วไปครอบคลุมพื้นที่คำปอ และบริเวณโดยรอบ ประกอบด้วย หินตะกอนยุคจูแรสซิกถึงตะกอน

### แผนที่เส้นทางคมนาคม

คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 พิกัดแสดงตำแหน่งเขตเหมืองแร่ที่ 31892

ของบริษัท โคคิสทิลพาณิชย์ จำกัด



รูปที่ 3 แผนที่แสดงเส้นทางคมนาคมเข้าถึงพื้นที่โครงการ







7) หมวดหินภูพอก (KTp) หมวดหินภูพอก (Phu Thok Formation) เป็นหมวดหินที่โผล่ให้เห็นในพื้นที่บริเวณที่ราบสูงโคราชตามขอบของแอ่งโคราช-สกลนคร หมวดหินนี้ตั้งชื่อโดย จงพันธ์ จงลักษณ์ และคณะ (2522) โดยขึ้นหินแบบฉบับอยู่ที่ภูพอกน้อย อำเภอศรีวิไล จังหวัดหนองคาย หมวดหินภูพอกกระจายตัวทางตะวันตกของจังหวัดอุบลราชธานี ที่อำเภอตระการพืชผล ตาคลุณ ตอนนคแดง เหล่าเสือโก้กม่วงสามสิบ เขื่อนโน และอำเภอเมืองอุบลราชธานี จากการศึกษาของ สุวภาศย์ อัมสุพร (2540) พบว่าหมวดหินภูพอก

ประกอบด้วยหินทรายสองชนิด คือ หินทรายสีน้ำตาลแดง เนื้อหยาบบานกลางถึงละเอียด ชั้นหนา แสงสีจะเข้มและจะดึบนิดใหญ่ แทรกสลับกับหินทรายสีดินแกมน้ำตาลถึงแดงแกมม่วง เนื้อละเอียดมากถึง หยาบแข็งเป็นปูนผสม แคล์เล็กน้อย โครงสร้างแบบโคลนคลื่น ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด โดยการลำดับตามอายุจากเก่าถึง ใหม่นดังนี้

หิน A ประกอบด้วยหินทรายเนื้อละเอียดมากถึงหยาบแข็งชั้นหนา  
หิน B ประกอบด้วยหินทรายสองชนิดสลับกันคือ หินทรายเนื้อหยาบบานกลางถึงละเอียด และหินทรายเนื้อละเอียดมากถึงขนาดหยาบแข็งเป็นปูนผสม

หิน C เป็นหินทรายเนื้อหยาบถึงหยาบบานกลาง  
หิน D เป็นหมวดหินชั้นบนสุด มีลักษณะคล้ายหิน B

8) ตะกอนร่วนยุคควอเตอร์นารี ตะกอนยุคควอเตอร์นารี ประกอบด้วย ตะกอนร่วน และตะกอนกึ่งแข็งตัว มีอายุ 1.8 ล้านปีถึงปัจจุบัน การจำแนกลักษณะตะกอนยุคควอเตอร์นารีโดยทั่วไปใช้ลักษณะทางธรณีสัณฐานสภาพแวดล้อมการสะสมตัว และชนิดของตะกอนเป็นหลัก การสะสมตัวของตะกอนยุคควอเตอร์นารีพบตามแนวลำน้ำ แม่น้ำ และที่ราบทั่วไป ประกอบด้วยหน่วยตะกอนย่อยดังนี้

ตะกอนตะกั้ลำน้ำ (terrace deposits, Q<sub>t</sub>) พบกระจายตัวตามลำน้ำในทางตอนเหนือของจังหวัดและทางตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัด ประกอบด้วย ห้วย กรวด สีลาแลง และลูกธนูนอกจากนี้ยังพบเศษไม้กลายเป็นหินและถ่านหิน ดินที่พบบริเวณนี้มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์พอสมควรถูกพืชได้บ่งชี้บ่งชี้ พื้นที่บริเวณนี้ไม่อยู่ในเขตน้ำท่วมจึงเหมาะสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยแต่อาจประสบกับการไหลหลากของทางน้ำ

ตะกอนร่องน้ำ (fluvial channel deposit, Q<sub>f</sub>) พบในลักษณะของ channel และ meandering belt deposit วางตัวอยู่ในแนวตะกอนร่องน้ำตามแนวแม่น้ำมูล และแนวตะวันตกเฉียงเหนือ ตะกอนเอียงได้ตามแนวแม่น้ำชีและลำเขาเยย ลักษณะตะกอนเป็นดินเหนียวปนทรายและปนทรายแข็งเล็กน้อยวางอยู่บนตะกอนทรายเนื้อละเอียดและทรายเป็นกรด

ตะกอนน้ำพา (alluvial deposit, Q<sub>a</sub>) เป็นตะกอนทราย หยาบแข็งและดินเหนียวที่เกิดจากห้วยตอง แวด ห้วยทับ ห้วยเยย พัดพาตะกอนบริเวณที่เป็นที่ราบ ชั้นทรายแม่น้ำบางแห่งสามารถหา แหล่งทรายก่อสร้าง และดินเหนียวสำหรับเป็นวัสดุในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาได้ โดยทั่วไปสภาพดินเป็น ดินร่วนที่มีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืชอุดมสมบูรณ์เหมาะต่อการเพาะปลูกมากที่สุด แต่เนื่องจากเป็นที่ราบจึงมักประสบ กับน้ำท่วมขังในช่วงฤดูฝนเป็นประจำ

2.1.2 หินอัคนี  
หินอัคนี (igneous rocks) เป็นหินที่เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืด (magma and lava) ที่เกิดจากการหลอมของหินชนิดต่าง ๆ ที่อยู่ลึกในใต้เปลือก หินอัคนีในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีเป็นหินชนิดที่พบนานับพันปี เรียกว่าลาวา (lava) เย็นลงและแข็งตัวเป็นหินอัคนีพุ (extrusive igneous rocks) หรือหินภูเขาไฟ (volcanic rocks) การที่ลาวาพวยออกมาภายนอกหรืออยู่ใต้ผิวโลกมาก และมีการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว เล็ก

ละเอียดขึ้น หินมีขนาดความหนาปานกลางถึงหนามาก แคล์เล็กน้อยและชั้นเยื่อระดับ และเอียงตัวไปทางทิศตะวันตก ความสัมพันธ์ของหมวดหินภูพอกกับหมวดหินเสาขัวที่วางตัวอยู่ด้านล่าง โดยทั่วไปหมวดหินภูพอกวางตัวแบบต่อเนื่องบนหมวดหินเสาขัว ในระยะการตกตะกอนบนพื้นที่ราบ จากทางใต้ถึงตัวต่อของหมวดหินเสาขัว ไปเป็นทางน้ำประธานสายของหมวดหินภูพอก มีอายุครีเทเชียสตอนต้น (Early Cretaceous, ประมาณ 145-100 ล้านปี)

5) หมวดหินโลกกรวด (Kkk) หมวดหินโลกกรวด (Khok Kruat Formation) Ward and Bunnag (1964) ตั้งชื่อหินหมวดหินนี้ตามชื่อหมู่บ้านโลกกรวด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นหมู่บ้านที่พบหินหมวดนี้โผล่ หมวดหินโลกกรวดแบ่งกระจายตัวมากที่สุดบริเวณที่ราบลุ่ม ที่ตอนกลางทางตอนใต้และทางตะวันออก โดยมากหินจะโผล่ให้เห็นตามห้วยหรือสระน้ำ อย่างเก็บน้ำ หมวดหินโลกกรวด โดยทั่วไปประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน สีแดงถึงน้ำตาลแดง น้ำตาลแดงอมม่วง สีเทา หินทรายเนื้อละเอียดถึงปานกลาง บางบริเวณแสดงลักษณะของชั้น เยื่อระดับ ลักษณะหินที่พบมักจะเป็นหินที่ยังงปิดเคียว เช่น หินทรายหรือหินโคลน มีความหนาไม่มากนัก และจากการวางตัวของชั้น หินและเนื้อเยื่อเหงาความระนาบเล็กน้อย ทำให้พบชั้น หินเอียงลาดตามแนวเท บริเวณที่หมวดหินโลกกรวด ได้แก่ แก่งสะพือ เป็นหินทรายสีน้ำตาลปนเทาถึงเทาปนม่วงเนื้อละเอียดถึงหยาบบานกลาง บางส่วนมีกรวดปน ประกอบด้วยแคล์และชั้นเป็นส่วนใหญ่ มีฟอสซิลบ่งชี้เล็กน้อยเป็นชั้น บางถึงหนา กรวดชั้น ดี เนื้ออ่อนข้างแข็ง แคล์ลักษณะชั้นเอียงระดับหลายทิศทาง ความสัมพันธ์ของหมวดหินโลกกรวดกับหมวดหินภูพอกที่วางตัวอยู่ด้านล่างเป็นแบบต่อเนื่อง ในระยะการตกตะกอนบนพื้นที่ราบจากทางน้ำประธานของหมวดหินภูพอก ไปเป็นทางน้ำถึงตัวสายของหมวดหินโลกกรวด มีอายุในช่วงยุคครีเทเชียสตอนต้น (Early Cretaceous, ประมาณ 145-100 ล้านปี)

6) หมวดหินมหาสารคาม (Kms) หมวดหินมหาสารคาม (Maha Sakakham Formation) Gardner et al. (1967) ตั้งชื่อหมวดหินนี้ โดยขึ้น หินแบบฉบับอยู่ที่หลุมเจระน้ำบาดาล F-34 บริเวณบ้านเชียงเหียน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งเจระในปี 2504 หมวดหินนี้กระจายตัวไม่มากนัก เนื่องจากลักษณะหินที่มีความคงทนน้อย ผู้พั่งยังไม่ได้โยให้เห็นบนผิวดิน มักพบเป็นคราบเคลือบรากภูฏานผิวดินอยู่หลายบริเวณ พบเด่นชัดที่อำเภอหนองแดง และอำเภอตระการพืชผล หมวดหินมหาสารคาม โดยทั่วไปประกอบด้วยชั้น หินโคลน หินดินดาน และหินทรายแป้ง สีแดง สีนํ้าตาลแดงและสีเทา มีชั้น เกลือแทรกสลับอยู่ 3 ชั้น คือ เกลือชั้นล่าง เกลือชั้น กลาง และเกลือชั้น บน ในช่วงความลึกที่แตกต่างกันในแต่ละบริเวณ โดยแต่ละชั้น มีชั้น หินเคลย์สีแดงแทรกแต่ในบางบริเวณอาจจะมีอยู่เพียง 2 หรือ 1 ชั้น สาเหตุเนื่องมาจากเกลือชั้นส่วนบน ถูกละลายออกไปหมวดหินมหาสารคาม พบกระจายตัวทางตอนใต้ของอำเภอตระการพืชผล ในที่ลุ่มบริเวณห้วยสะพือ ห้วยผิง ซึ่งเป็ห้วยสาขาของห้วยสะพือ บริเวณดังกล่าวมีน้ำบาดาลมีรสเค็ม พื้นที่ที่เป็นที่นาและที่ราบปรกฏกราบเกลือสีขาว ชาวบ้านเรียกดินนี้ว่าหรือดินเอือด โดยเฉพาะบ้านโนนสำราญ ตำบลพิน ชาวบ้านไดุ้ดอดินบริเวณ ผิงหน้า แล้วนำมาใช้ลักษณะ เช่น รวง จากนั้นนำเอาน้ำไปขุด บริเวณนี้ยังใช้เป็นน้ำกร่อยมาฟ้ไล่นคราเกลือ ก็จะได้น้ำเกลือ หลังจากนั้นก็นำน้ำเกลือไปต้มจนระดะได้เกลือสินเธาว์ ความสัมพันธ์มาฟ้ไล่นคราเกลือ หินหมวดหินมหาสารคาม วางตัวอยู่บนหมวดหินโลกกรวดแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง หมวดหินการลำดับชั้น หินหมวดหินมหาสารคาม วางตัวจากน้ำทะเลในแอ่ง นหนอง และบึง ในสภาพมหาสารคามเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนในน้ำเค็มที่มาจากน้ำทะเลในแอ่ง นหนอง และบึง ในสภาพภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง ในช่วงยุคครีเทเชียสตอนปลาย (Late Cretaceous, ประมาณ 100-65 ล้านปี)





3. ลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่

ลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง บริเวณพื้นที่คำของปะทวนันต์ได้รับการศึกษาข้อมูลทั่วไปของการกำเนิดและการกระจายตัวของหินอัคนีบริเวณพื้นที่คำของา โดยเฉพาะอย่างยิ่งหินบะซอลต์ ศึกษาข้อมูลที่ได้มีการสำรวจมาก่อน ร่วมกับการตรวจสอบลักษณะธรณีวิทยาพื้นที่ดินพื้นที่คำของา และพื้นที่บริเวณรอบๆ พร้อมทั้งได้จัดทำแผนที่ธรณีวิทยาแหล่งแร่ มาตราส่วน 1:5,000 เพื่อแสดงรายละเอียดทางธรณีวิทยาวินิจฉัยพื้นที่นี้

3.1 การกำเนิดและองค์ประกอบในหิน

หินบะซอลต์เป็นหินอัคนีพุ (Extrusive igneous rock) หรือหินภูเขาไฟ (Volcanic igneous rock) ชนิดหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการเย็นตัวและแข็งตัวอย่างรวดเร็วของหินหนืด หรือ ลาวา (Lava) ในผิวโลก ทำให้ได้เนื้อผลึกที่มีขนาดเล็ก หินหนืดมีการเย็นตัวอย่างช้าๆทำให้เนื้อผลึกที่มีขนาดใหญ่ แร่องค์ประกอบในหินสามารถแยกได้ด้วยตาเปล่า หินบะซอลต์ที่พบโดยทั่วไปมักมีสีเทาถึงสีดำ มีเนื้อละเอียด อาจพบมีเนื้อสองขนาด (Porphyritic texture) ที่มีลักษณะแตกต่างกันไปในเนื้อละเอียด เนื้อหินบะซอลต์จะมีสีน้ำตาลหรือสีเทา แร่องค์ประกอบหลักของหินบะซอลต์ ได้แก่ แร่เฟลด์สปาร์ จำนวนแคลซียมเฟลซิโอเคลส และอาจมีแร่โอลีวิน เป็นองค์ประกอบด้วย มีแร่อื่นๆ ในปริมาณรองลงมา ได้แก่ แร่เหล็กออกไซด์ เหล็กไททานีียมออกไซด์ แมกนีไทต์ สปิเนล และโอลีวินในต์

ในหินบะซอลต์มีเนื้อละเอียดจะพบผลึกของแร่ไพรอกซีน ออไรต์ และออร์โธไพรอกซีน หรือพิلاجิโอไนต์ และเพลซิโอเคลสเคลือบสูงได้ อาจพบผลึกของแร่โอลีวินได้ด้วยถ้ามีจะเกิดแร่พิلاجิโอไนต์ บริเวณขอบโดยรอบของผลึกด้วย เนื้อของหินจะมีควอตซ์หรือควิตินหรือคริสโตบาไลต์แทรกอยู่ในเนื้อหิน หินโอไลต์โอลีวิน มีแร่โอลีไต์และออร์โธไพรอกซีนหรือพิلاجิโอไนต์กับโอลีวินในปริมาณมาก แต่ที่ขอบของแร่โอลีวินอาจมีแร่ไพรอกซีนและดูเหมือนจะไม่ปรากฏในส่วนของพื้นเนื้อของหิน

โดยทั่วไปหินบะซอลต์อัคนีจะประกอบด้วยองค์ประกอบของแร่ที่มีแร่ออร์โธไพรอกซีนและจะมีแร่โอลีวิน ผลึกแร่เฟลด์สปาร์จะประกอบด้วยองค์ประกอบเป็นพวกแร่แอลบาไดไรต์จนถึงแอนดีซีน แร่อย่างอัลคาไลเฟลด์สปาร์ ลิวไซต์ เนฟลินโซดาไลต์ ไมกาโฟไทต์ และอะพาไทต์อาจพบได้ในส่วนของเนื้อหิน

หินบะซอลต์ประกอบด้วยแร่แมกนีไซต์แมกนีไซต์ (MgO) และแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ปริมาณสูง โดยที่มีแร่ซิลิกาไดออกไซด์ (SiO<sub>2</sub>) ไซเดียมออกไซด์ (Na<sub>2</sub>O) รวมถึงโปแตสเซียมออกไซด์ (K<sub>2</sub>O) ปริมาณต่ำ เมื่อเทียบกับหินอัคนีอื่นๆ โดยทั่วไปหินบะซอลต์จะมีองค์ประกอบของซิลิกาออกไซด์ (SiO<sub>2</sub>) ร้อยละ 45-55, อัลคาไลทั้งหมดร้อยละ 2-6, ไททาเนียมออกไซด์ (TiO<sub>2</sub>) ร้อยละ 0.5-2, เหล็กออกไซด์ (FeO) ร้อยละ 5-14, และอะลูมินา (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ร้อยละ 14 หรือมากกว่า โดยปกติแล้วจะมีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) เกือบร้อยละ 10 และโดยทั่วไปจะมีแมกนีเซียออกไซด์ (MgO) อยู่ระหว่างร้อยละ 5-12 สำหรับหินบะซอลต์จะอุดมกับสูงจะมีปริมาณอะลูมิเนียมอยู่ถึงร้อยละ 17-19 โดยน้ำหนัก (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ไปเป็นที่มีแมกนีไซต์สูงถึงร้อยละ 15

3.2 วิธีการสำรวจ

การสำรวจข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาแหล่งแร่ขั้นละเอียด ได้ศึกษาข้อมูลจากสภาพแหล่งแร่ในปัจจุบันที่และพื้นที่บ่อเหมืองโดยรอบพื้นที่สำรวจ โดยทำการสำรวจต่อเนื่องมาในพื้นที่สำรวจ ทำการเก็บข้อมูลจากหน้า

คำอธิบายสัญลักษณ์

ลำดับชั้นหิน	คำอธิบายสัญลักษณ์	ชุด
๑๐	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๑๑	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๑๒	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๑๓	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๑๔	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๑๕	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๑๖	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๑๗	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๑๘	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๑๙	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๒๐	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๒๑	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๒๒	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๒๓	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๒๔	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๒๕	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๒๖	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๒๗	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๒๘	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๒๙	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น
๓๐	คอนกรีตพื้น หินเนื้อสีน้ำตาล หินเนื้อปานกลาง หินขาวดี แสดงชั้นเนื้อระดับชัดเจน	คอนกรีตพื้น

รูปที่ 5 คำอธิบายแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุบลราชธานี

เหมืองและเหมืองโดยรอบ เพื่อหาความหนาแน่นของชั้นหินที่ติดกับแหล่งแร่หรือมวลหินในเขต แหล่งแร่ และประเมินความต่อเนื่องลู่ระดับลึกของแหล่งแร่

ในการประเมินคุณภาพและคุณสมบัติต่างๆ ของหินในเขตหินที่นี้ จะอ้างอิงตามผลการทดสอบหินที่ เคยทำการส่งทดสอบมาแล้ว ตามที่ปรากฏอยู่ในรายงานลักษณะธรณีวิทยาแหล่งหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะ ซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง

### 3.3 ธรณีวิทยาแหล่งแร่

ตามแผนงานการสำรวจและจัดทำแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุบลราชธานี มาตราส่วน 1:250,000 ของกรม ทรัพยากรธรณี ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า กลุ่มหินที่ครอบคลุมพื้นที่คำชะอี นี้ เป็นหินบะซอลต์ เกิดจากลาวา ไหลปกคลุมพื้นที่ช่วงยุคควอเทอร์นารี (ประมาณ 1.8 ล้านปีถึงปัจจุบัน) หินบะซอลต์ที่พบบริเวณนี้เป็นพวกแอล คาลไคโอสิอัน-บะซอลต์ ที่มีทั้งลักษณะเนื้อแบบและรูพรุน หินบะซอลต์มีรูพรุน เกิดจากการระเหยไอน้ำและ ก๊าซระหว่างที่ลาวาเย็นตัวลง โดยมีแม่เคลไซต์ และแร่ซีโอไลต์ขนาดเล็กอยู่ในรูพรุนเหล่านี้ ส่วนหินบะซอลต์เนื้อ แน่นจะมีเนื้อละเอียดสีเทาดำประกอบด้วยแร่แคลไซต์ แมกนีไทต์ โคลไรต์ในปริมาณเล็กน้อย โดยไม่ลึก ของแร่โอสิอัน และแร่โคลไรต์ในปริมาณที่ปรากฏอยู่ในส่วนบะซอลต์

ผลการสำรวจลักษณะทางธรณีวิทยาแหล่งแร่ทั่วแหล่งคำชะอี พบว่าสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มที่ ตอน มีระดับความสูงของพื้นที่ตั้งแต่ 198-202 เมตร รทก. พื้นที่ลาดเอียงเล็กน้อยเข้ามตอนกลางของพื้นที่ ทาง ตอนเหนือของพื้นที่มีบ่อน้ำที่ปรากฏหินบะซอลต์โคล (Basalt outcrop) อยู่ตามขอบบ่อน้ำ โดยมีชั้นหินดินดิบ ทับอยู่

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจธรณีวิทยาภาคสนาม นำมาประมวลผลร่วมกับการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ทางด้านธรณีวิทยา ในขอบเขตพื้นที่คำชะอี รวมถึงพื้นที่บริเวณใกล้เคียงที่มีมาก่อน ได้แก่ ข้อมูลแสดงแผนที่ ธรณีวิทยา ธรณีวิทยาแหล่งแร่ และข้อมูลการสำรวจสภาพธรณีวิทยาทันทีว ตามหลักฐานทางธรณีวิทยาที่ปรากฏ และผลการทดสอบคุณสมบัติของหินสามารถแบ่งได้ว่า หินบะซอลต์ในพื้นที่คำชะอี นี้มีคุณสมบัติเป็นแหล่งแร่หิน อุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์ เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างได้ และมีศักยภาพทางพาณิชย์

ตามแผนที่ธรณีวิทยาแหล่งแร่มาตราส่วน 1:5,000 และภาพถ่ายทางอากาศ สามารถแบ่งชนิดตะกอนและหิน ที่ปรากฏในพื้นที่คำชะอี ออกเป็น 2 Unit คือ Unit A (ชั้นหินดิน), Unit B (หินบะซอลต์) และ Unit C (หินทราย) ซึ่งมีลักษณะทางธรณีวิทยาจัดเรียงลำดับชั้นที่ปรากฏจากชั้นบนสุดลงไปยังชั้นล่างสุด ดังต่อไปนี้

#### Unit A

เป็นชั้นหินดิน (Top soil) กระจายตัวบริเวณหินบะซอลต์ทั่วแหล่งคำชะอี ประกอบด้วยชั้นตะกอน ดินบนทราย สีน้ำตาลเข้ม จนถึงสีน้ำตาลแดง พบเศษหินปูนปนอยู่ทั่วไป บางบริเวณมีหินบะซอลต์ที่เป็นหินลอย และหินโคลน ลักษณะเนื้อมวลแน่น (Massive) และแข็ง (Dense) สีเทาเข้มจนถึงดำ เนื้อละเอียด และมีโพรงอากาศ (Vesicular Basalt) อยู่บ้าง ชั้นเปลือกดินดังกล่าวเกิดจากการการสะสมของบะซอลต์ในพื้นที่บริเวณนี้ อาจเป็นการ สะสมอยู่กับที่ หรือถูกพัดพาสะสมตัว โดยกระบวนการพัดพาทั้งนี้เริ่มจากหินบะซอลต์จะค่อยๆ ลูกลิ้ง โดย กระบวนการทางกายภาพและทางเคมีจนเกิดเป็นตะกอนขนาดต่างๆ จนสะสมตัวกลายเป็นชั้นดินในที่สุด จากการ สำรวจพบว่าชั้นหินดินบริเวณพื้นที่คำชะอี พบทั้งตั้งแต่ระดับภูมิประเทศ 197 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

#### Unit B

แสดงลักษณะเป็นชั้น (layer) อัดแน่นหินบะซอลต์เนื้อรูพรุน (Vesicular Basalt) พบลักษณะการแตกแบบ Columnar joint บ้างเล็กน้อย โดยเนื้อหินบะซอลต์เนื้อมวลแน่น มีสีเทาจนถึงเทาปนดำ และสีน้ำตาล ลักษณะเนื้อละเอียด หินบะซอลต์เนื้อรูพรุน มีสีเทา ลักษณะเนื้อละเอียดและโพรงอากาศแทรกจำนวนมากในเนื้อหิน บะซอลต์ประกอบด้วย ผลึกแร่โอสิอัน ผลึกแร่แคลไซต์ และผลึกแร่โคลไรต์ในปริมาณที่เล็กน้อย จากการเทียบเคียงกับเหมือง หินบะซอลต์บริเวณโดยรอบ สามารถประเมินได้ว่าหินบะซอลต์นี้วางตัวต่อเนื่องกันเป็นชั้นเดียวทั่วพื้นที่คำ ชะอี และมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 15 เมตร

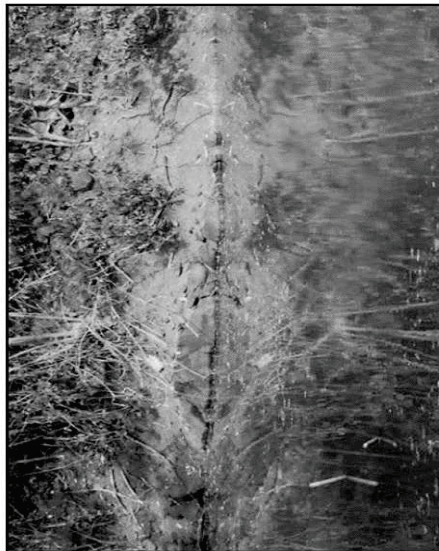
#### Unit C

เป็นชั้นหินทราย (Sandstone) จากการเทียบเคียงข้อมูลกับบ่อเหมืองบริเวณโดยรอบ ซึ่งแต่ละเหมือง แสดงข้อมูลทางธรณีวิทยาว่าพบชั้นหินทรายบางตัวอยู่ได้หน่วยหินบะซอลต์นี้ หินทรายนี้จัดอยู่ในหมวดหินโคก กรวด ของกลุ่มหินโคราช มีลักษณะเป็นชั้นสีแดงเข้ม สีน้ำตาลแดง และสีแดงปนม่วง เนื้อละเอียด บางบริเวณเนื้อ ปนเม็ดกรวด อาจพบหินทรายแป้นและหินโคลนแทรกสลับบ้าง





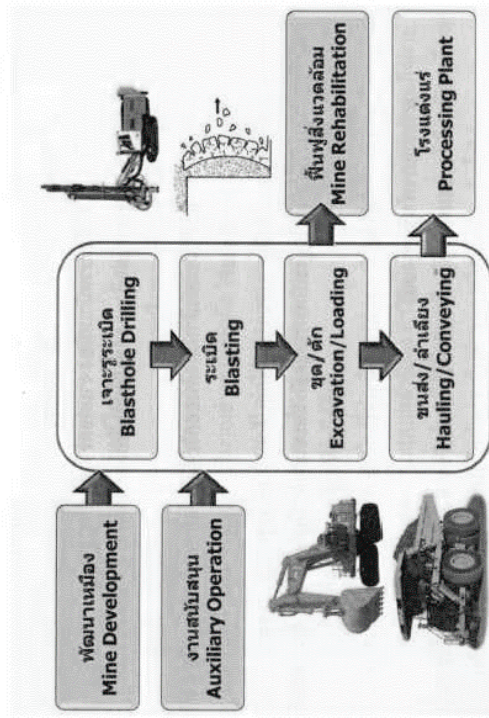
รูปที่ 6 ลักษณะหินปะชอดที่ไหลปรากฏในบ่อน้ำบริเวณพื้นที่คำซอฯ  
ถ่ายภาพจากพิกัด 506652E/1604655 มุ่งไปทางทิศตะวันตก



รูปที่ 7 ลักษณะหินปะชอดที่ไหลปรากฏในบ่อน้ำบริเวณพื้นที่คำซอฯ  
ถ่ายภาพจากพิกัด 506448E/1604151 มุ่งไปทางทิศเหนือ

#### 4. การทำเหมือง

การทำเหมืองในบริเวณพื้นที่โครงการเป็นการทำเหมืองโดยวิธีเหมืองเปิด (Open pit & Open cut) แบบขั้นบันได (Benching) โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองโดยการเจาะ – ระเบิด หินออกจากหน้าเหมืองแล้วใช้รถ Back hoe ตักหินที่ผลิตได้ส่งบรรทุกเพื่อลำเลียงไปยังโรงโม่ของเจ้าของโครงการต่อไปดังแสดงตามแผนผังขั้นตอนการทำเหมืองในรูปที่ 9



รูปที่ 9 กระบวนการเหมืองหินอุตสาหกรรมก่อนสร้างของโครงการ

#### 5. การประเมินเสถียรภาพหน้าเหมือง

##### 5.1. วิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพหน้าเหมือง

การวิเคราะห์เสถียรภาพการออกแบบหน้าเหมืองในพื้นที่โครงการในขั้นตอนแรกใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Kinematic analysis โดยใช้เทคนิคตาข่ายมิติ หรือที่เรียกว่า Stereonet projection หรือ Stereographic projection ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการประเมินหรือวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเอียงของหินเชิงคุณภาพแม้ว่าผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ไม่สามารถแสดงผลในเชิงปริมาณในรูปแบบผลลัพธ์ตัวเลขของค่าตัดสินความปลอดภัยหรือค่า Factor of safety (F.S.) เพียงเือนการคำนวณวิเคราะห์เสถียรภาพความ



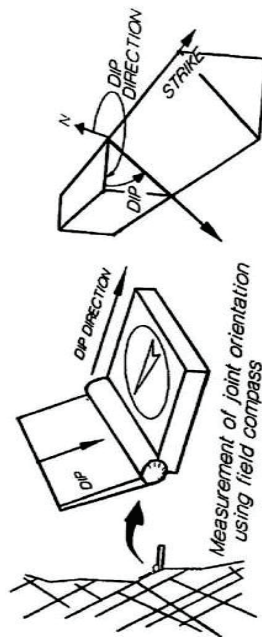
ลาดชันเชิงตัวเลข (Numerical methods) อันประกอบด้วยวิธีวิเคราะห์เสถียรภาพแบบ Equilibrium และ วิธีเสถียรภาพแบบ finite element แต่สามารถทำนายโอกาสการวิบัติหรือไม่วิบัติความลาดเอียงของหินได้ อันมีบทบาทสำคัญต่อการออกแบบและการก่อสร้างงานทางด้านวิศวกรรมต่างๆ เช่น งานเขื่อน งานสไลจอร์ อุโมงค์ เหมืองแร่ อควา และงานทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างต่างๆ

การวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธี Stereographic projection ได้พัฒนาขึ้นจากการใช้ข้อมูลความไม่ต่อเนื่องของหินเพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพหรือประเมินเสถียรภาพของความลาดเอียงของหิน ซึ่งได้จากการวัดความไม่ต่อเนื่องของมวลหิน (รูปที่ 10) ในรูปมุมเท (Dip angle) และแนวเท (Dip direction) ที่ปรากฏอยู่ในบริเวณพื้นที่หน้าความลาดเอียงของหินความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) ของหินมีความหมายรวมถึงรอยแตกทางโครงสร้างทางธรณีวิทยาทุกชนิดในหิน เช่น แนวแตก (Joint) การวางตัวของชั้นหิน (Bedding) รอยเลื่อน รอยคดโค้ง เป็นต้น ซึ่งเป็นบริเวณที่หินมีค่ากำลังดึงต่ำ ซึ่งเมื่อค่ามุมของโครงสร้างความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) ในหินบริเวณความลาดเอียงของหินมาเขียนในกราฟ Stereonet (รูปที่ 11) ร่วมกับมุมของโครงสร้างความลาดเอียงของหิน (Rock Slope) และคุณสมบัติของมุมเสียดทานภายในของหิน (Internal friction angle,  $\phi$ ) สามารถแสดงโอกาสการพังทลายหรือไม่วางตัวของความลาดเอียงของหินได้และในกรณีที่มีโอกาสพังทลายนั้นก็สามารถประเมินได้ว่าจะเกิดการพังทลายในรูปแบบใดซึ่งรูปแบบการพังทลายหลักๆประกอบด้วย (รูปที่ 12 และ 13)

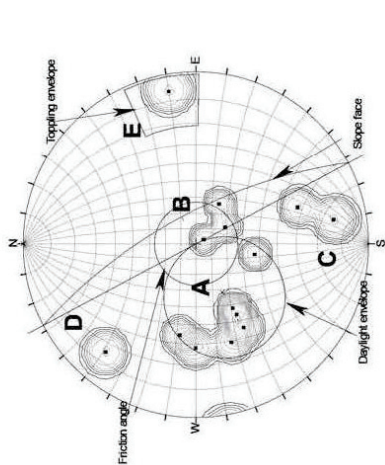
- 1) การพังทลายรูปโค้ง (Circular failure) ลักษณะเช่นนี้มักเกิดจากมวลหินที่มีรอยแตกมากหรือมีความไม่ต่อเนื่องสูง และจะมีลักษณะคล้ายกับการพังทลายของมวลหินหรือหินผกดิน (รูปที่ 14)
- 2) การเลื่อนตามแนวนระนาบ (Plane sliding) จะเกิดจากความลาดเอียงที่มีทิศทางหรือแนวระดับ (Strike) ขนานหรือเกือบขนานกับแนวระดับของความไม่ต่อเนื่องชุดหนึ่ง และมุมเท (Dip angle) ของความไม่ต่อเนื่องหรือของรอยแตกนั้นจะต้องสูงกว่ามุมเสียดทานของรอยแตก (Friction angle) แต่จะต้องมีค่าน้อยกว่ามุมเทของหน้าลาดเอียงของมวลหิน (รูปที่ 15)
- 3) การเลื่อนแบบรูปสามเหลี่ยม (Wedge sliding) ลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นเมื่อเส้นที่เกิดจากการตัดกันของรอยแตกสองชุดมีมุมเทไปในทิศทางเดียวกันหรือใกล้เคียงกันกับ “ทิศของมุมเท” (Dip direction) ของหน้าลาดเอียง และมุมเทของรอยตัดนั้นจะต้องมากกว่ามุมเสียดทานของรอยแตกของหิน แต่จะต้องน้อยกว่ามุมเทของความลาดชันของมวลหิน รูปร่างก้อนหินที่เสถียรลงมาเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่เกิดจากการตัดกันของรอยแตกทั้งสองชุด (รูปที่ 16 - 17)
- 4) การพังแบบพลิกคว่ำ (Topping failure) ลักษณะการพังทลายเช่นนี้เกิดขึ้นเมื่อมวลหินมีชุดของความไม่ต่อเนื่องหรือชุดของรอยแตกหลักที่มีมุมสูง และมีทิศของมุมเทไปในทางตรงกันข้ามกับทิศของมุมเทของหน้าลาดเอียงของมวลหิน และอาจจะมีความไม่ต่อเนื่องอีกชุดหนึ่งที่มีทิศของมุมเทไปทางเดียวกันกับทิศของมุมเทของหน้าลาดเอียงของมวลหินโอกาสที่จะเกิดการพลิกคว่ำของก้อนหินที่เกิดจากการตัดกันของชุดรอยแตก

ทั้งสองนี้จะมีมากขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างรอยแตก (Spacing) ของชุดแรก (ที่มีมุมสูง) มีค่าน้อยกว่าระยะห่างระหว่างรอยแตกของชุดที่สอง (รูปที่ 18-19)

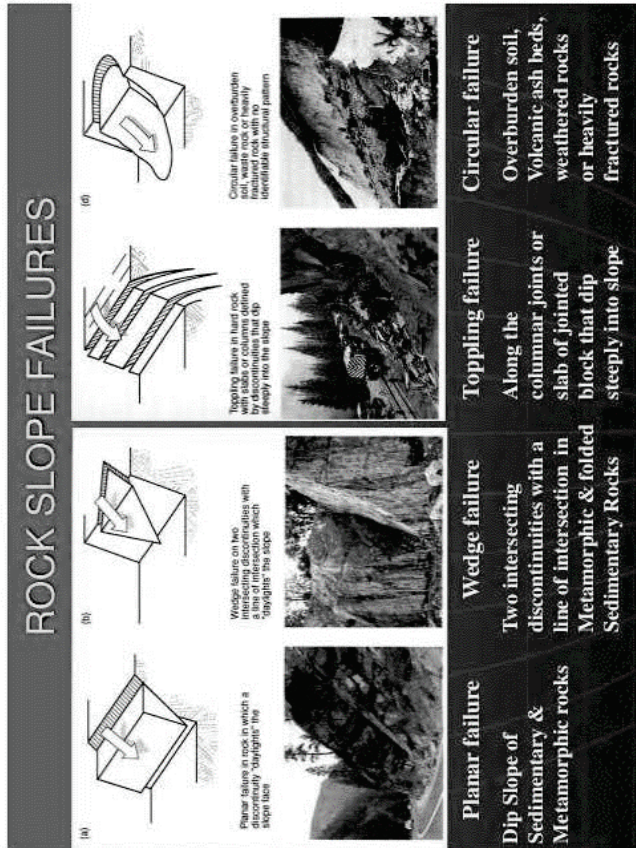
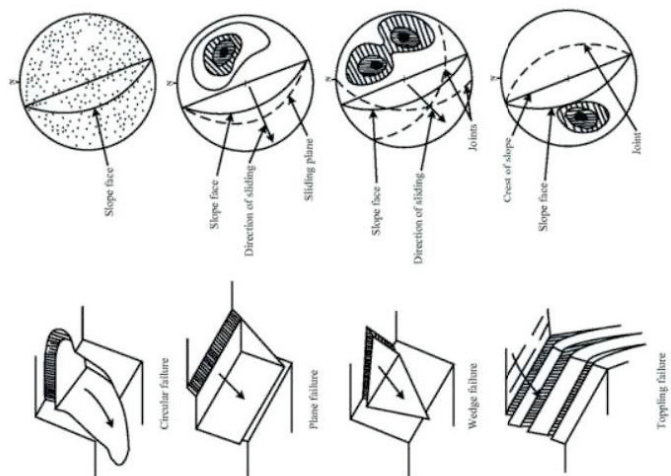
ซึ่งในการแปลผลการประเมินเสถียรภาพโดยใช้วิธี Stereographic projection มีผลลัพธ์ว่าบริเวณความลาดเอียงของหินบริเวณที่ทำการศึกษามีโอกาสที่จะเกิดการพังทลายหรือมีแนวโน้มในการเกิดการพังทลายตามรูปแบบใดๆ จากการประเมินด้วยกราฟ Stereonet ก็จะสร้างแบบจำลองของโอกาสการเกิดการพังทลายนั้นมากำกักริวิเคราะห์เสถียรภาพของความลาดเอียงเชิงตัวเลขเพื่อประเมินค่า Factor of safety (F.S.) ของความลาดเอียงต่อไป



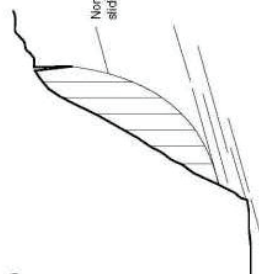
รูปที่ 10 การวัดมุมของความไม่ต่อเนื่องของมวลหินเพื่อนำมา plot กราฟ Stereonet เพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพหน้าเหมืองบริเวณพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 11 ตัวอย่างกราฟ Stereonet เพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพหน้าเหมือง



รูปที่ 13 แสดงรูปแบบการพังทลายของความลาดเอียงไม่เรียบต่างๆ

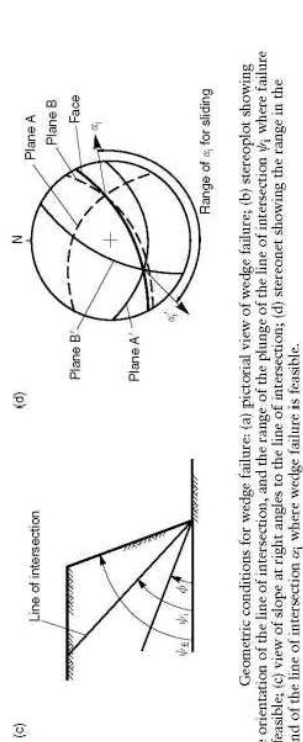
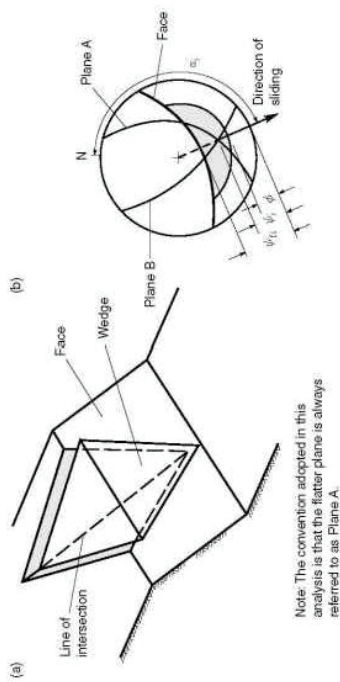


รูปที่ 14 ลักษณะของการพังทลายแบบโค้ง (Circular failure)

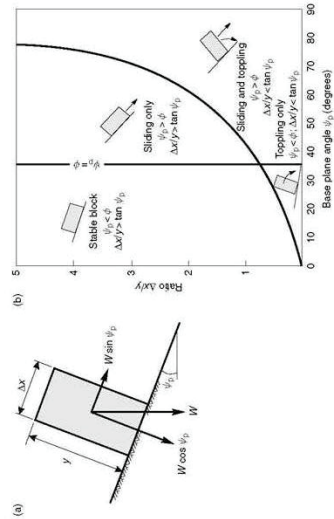




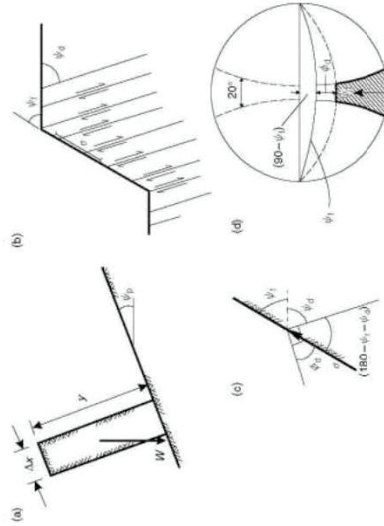
รูปที่ 16 เงื่อนไขการพังทลายแบบ Wedge failure



รูปที่ 17 แสดงความสัมพันธ์มุมเสถียรภายใน (φ) มุมของหน้าความลาดเอียง (ψ) และมุมของรอยแตก หรือจุดของความไม่ต่อเนื่อง (ω) และแนวรอยคั่นไม่ต่อเนื่องของการเคลื่อนแบบงูเลื้อย (Wedge sliding)



รูปที่ 18 การพลความล้มพังระหว่างสัดส่วนความกว้างต่อความสูงของ Block หินกับมุมเอียงของระนาบเอียงที่ Block ตั้งอยู่ เพื่อประเมินโอกาสการเกิดการพังทลายแบบ Block Toppling



รูปที่ 19 แสดงตัวแปรของค่ามุมต่างๆ ที่ใช้ในการประเมินโอกาสการพังทลายแบบ Flexural toppling

## 5.2 การวิเคราะห์เสถียรภาพการออกแบบหน้าเหมือง

สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงกลของดินของหนึ่งเหมือง เริ่มจากการเก็บตัวอย่างดิน/หินในบริเวณพื้นที่บ่อเหมืองและนำส่งทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาคุณสมบัติในเชิงวิศวกรรมที่จำเป็นต่อการออกแบบ จากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางธรณีวิทยาของมวลหินโดยรอบบริเวณเหมือง นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ลักษณะหรือรูปแบบการพังทลายของมวลดินเหนียวมวลหิน ในรูปแบบต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น ด้วยวิธี Stereographic projection ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจะสามารถบ่งบอกได้ว่าแนวโน้มของทิศทางใดมีปัญหาด้านเสถียรภาพ แต่การวิเคราะห์ดังกล่าวจะยังไม่สามารถประเมินค่าสัดส่วนความปลอดภัย (Factor of safety, FS) ของมวลดินและเชิงกลศาสตร์ได้ ซึ่งการคำนวณค่าสัดส่วนความปลอดภัยจำเป็นต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของมวลหินในเชิงกายภาพและเชิงกลศาสตร์ ประกอบกับรูปทรงเรขาคณิตของมวลดินและผลกระทบจากความไม่ต่อเนื่องในมวลหินด้วย

ดังนั้น การคำนวณค่าสัดส่วนความปลอดภัยจึงได้พิจารณาใช้วิธีแบบวิธีคำนวณเชิงตัวเลข (Numerical methods) ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในกลุ่ม Finite Element Methods, FEM ใช้หลักการ Shear Strength Reduction method คอมพิวเตอร์จะประเมินหาค่า Critical strength reduction factor ของแบบจำลอง โดยค่า Critical strength reduction factor ก็คือค่าสัดส่วนความปลอดภัย (Safety factor, FS) ของเชิงลาดนั่นเอง หลักการพื้นฐานของ Shear Strength Reduction (SSR) method คือ คอมพิวเตอร์จะทำการปรับลดค่า Strength parameter ของเชิงลาด และวิเคราะห์ค่าความเค้นของแบบจำลองเชิงลาดนั้น ๆ โดยขั้นตอนดังกล่าวจะซ้ำ ๆ ในแต่ละค่าที่แตกต่างกันของ Strength Reduction Factor (SRF) กระทั่งแบบจำลองเข้าสู่สภาวะไม่เสถียรภาพ (Unstable) ซึ่งค่าดังกล่าวคือ Critical strength reduction factor (Critical SRF) หรือ ค่าสัดส่วนความปลอดภัย (FS) ของเชิงลาดนั้น ๆ

แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาทางด้านธรณีเทคนิคในลักษณะ 2D plain-strain โดย Mohr-Coulomb constitutive model ได้นำมาใช้เพื่ออธิบายลักษณะหรือพฤติกรรมของมวลดิน/หิน เกณฑ์การวิบัติของ Mohr และ Coulomb (Mohr – Coulomb Failure Criteria) จะเกี่ยวข้องกับ shear strength ของวัสดุซึ่งสัมพันธ์กับ cohesion, normal stress และ angle of internal friction

การพังทลายของเชิงลาดมีสาเหตุมาจาก การรับแรงเฉือนของวัสดุบนระนาบของการเคลื่อนตัวมีค่าไม่เพียงพอที่จะต้านทานความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นจริง และความมั่นคงทางเสถียรภาพของเชิงลาดสามารถอธิบายได้ด้วยค่าสัดส่วนความปลอดภัย (Factor of safety, FS) เมื่อ FS มีค่าสูงกว่า 1 แสดงถึงเชิงลาดมีเสถียรภาพเพียงพอ และหาก FS มีค่าต่ำกว่า 1 บ่งบอกถึงความมั่นคงทางเสถียรภาพของเชิงลาดนั้นไม่เพียงพอ โดยค่า FS สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$FS = \frac{\tau}{\tau_f}$$

เมื่อ  $\tau$  คือ shear strength of the slope material สามารถคำนวณโดยสมการ Mohr-Coulomb criterion ดังนี้

$$\tau = C + \sigma_n \tan \phi$$

และ  $\tau_f$  คือ shear stress on the sliding surface สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\tau_f = C_f + \sigma_n \tan \phi_f$$

เมื่อ  $C_f$  and  $\phi_f$  คือ

$$C_f = \frac{C}{SRF}$$

$$\phi_f = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \phi}{SRF} \right)$$

SRF คือ strength reduction factor

การวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงลาดหนึ่งเหมืองด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดหน้าเหมืองด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยวิธี Finite Element Method (FEM) ของโครงการฯ เพื่อใช้ประกอบคำขอประทานบัตรและแผนผังโครงการทำเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินปะชอดต์ เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างของบริษัท กิตติวิศิษฐาพาณิชย์ - จำกัด โดยพื้นที่คำขอฯ ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลเบือย และตำบลสีเสียด อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี รูปที่ 20 แสดงที่ตั้งและลักษณะภูมิประเทศทั่วไปบริเวณพื้นที่คำขอฯ และการวางตัวของแนวรอยแตกในพื้นที่โครงการ โดยในการวิเคราะห์ฯ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลทางด้านธรณีเทคนิค เช่น การวางตัวของแนวรอยแตกหลัก ลักษณะของชั้นดินบดทับ ลำดับการวางตัวของชั้นดิน รวมถึงข้อมูลระดับน้ำใต้ดิน และคุณสมบัติทางวิศวกรรมของมวลหินมวลหินในพื้นโครงการ แต่เมื่อด้วยบริเวณพื้นที่โครงการสามารถสังเกตเห็นชั้นปะชอดต์ในล (Basalt outcrop) ตามแนวขอบน้ำ จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูล ประกอบกับข้อมูลจากการสำรวจและจัดทำรายงานธรณีวิทยาแหล่งแร่ฯ พบว่า มวลหินปะชอดต์มีความหนาเฉลี่ยประมาณ 15 ม. มีทิศทางของแนวรอยแตกหลักที่ค่อนข้างชัน (แสดงดังรูปที่ 21) และบางบริเวณพบลักษณะการแตกแบบ Columnar joint บ้างเล็กน้อย และพบชั้นดินบดทับเนื้อขึ้น

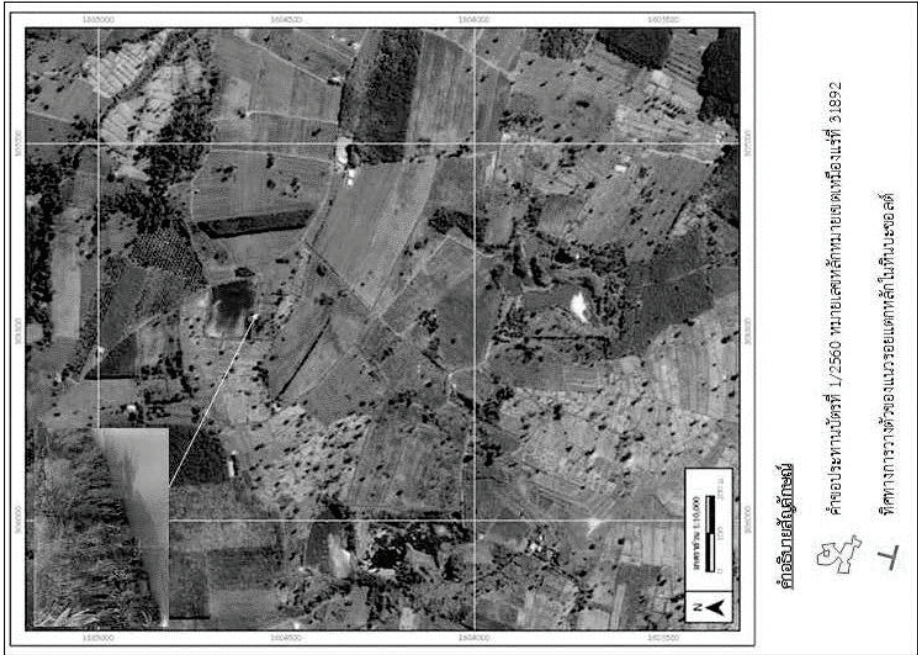
ของหินบะซอลต์ มีความหนาเฉลี่ยประมาณ 5.0 ม. โดยหินฐานที่อยู่ด้านล่างของหินบะซอลต์ คือชั้นหินทราย ดังนั้นหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ออกแบบ ได้พิจารณาที่กำหนดให้เชิงลาดหน้าเหมืองอยู่ในสภาวะวิกฤติ (Worst Condition) ที่พิจารณาในกรณีที่เกิดความสูงมากที่สุด ระบายของรอยแตกหลักในมวลหินวางตัวในลักษณะตั้งขึ้น ตามลักษณะจริงของรอยแตกในมวลหินบะซอลต์ กำหนดระดับน้ำใต้ดินสูงสุด พร้อมกับเก็บแบบรูปของมวลลาดชันรวมหน้าเหมือง (Overall slope) เพื่อตรวจสอบและประเมินลักษณะหรือพฤติกรรมของมวลลาดหิน ภายใต้สภาวะต่าง ๆ ของการทำเหมือง อีกทั้งเพื่อให้ทราบถึงค่าสัดส่วนความปลอดภัย (FS.) ที่เหมาะสมสำหรับการทำเหมือง โดยทฤษฎีและหลักการเบื้องต้นได้แสดงรายละเอียดในส่วนต้นของรายงาน

การวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดนี้เหมือง เพื่อประเมินค่าสัดส่วนความปลอดภัยสำหรับช่วงดำเนินงานกำหนดให้ค่าสัดส่วนความปลอดภัยต้องไม่น้อยกว่า 1.2 ที่พิจารณาจากหลักเกณฑ์ของ Modified from Bowles, J.E., 1988 และรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัดส่วนความปลอดภัยแนะนำสำหรับงานแต่ละประเภท

Failure Mode	Foundation Type	FS
Shear	Earthwork for Dams, Fills, etc.	1.2 - 1.6
Shear	Retaining Walls	1.5 - 2.0
Shear	Sheet piling, Cofferdams	1.2 - 1.6
Shear	Braced Excavations (Temporary)	1.2 - 1.5
Shear	Spread Footings	2 - 3
Shear	Mat Footings	1.7 - 2.5
Shear	Uplift for Footings	1.7 - 2.5
Seepage	Uplift, heaving	1.5 - 2.5
Seepage	Piping	3 - 5

Modified from Bowles, J.E., 1988



รูปที่ 20 พัดและลักษณะภูมิประเทศทั่วไปบริเวณพื้นที่คำขอฯ และการวางตัวของแนวรอยแตกหลักในพื้นที่โครงการ





รูปที่ 21 ลักษณะแนวรอยแตกในมวลดินบริเวณขอบบ่อน้ำทางตอนบนของพื้นที่โครงการ

### ลักษณะทั่วไปของชั้นดินและมวลดินบริเวณพื้นที่โครงการ

การวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดหน้าเหมืองได้กำหนดลักษณะทางกายภาพของวัสดุ จากการเก็บข้อมูลในพื้นที่โครงการ ทำการเก็บตัวอย่างดินบะซอลต์ และชั้นดินเปิดทับ และส่งตัวอย่างดินทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบเชิงลาดหน้าเหมือง แต่เนื่องจากพื้นที่โครงการยังไม่ได้ดำเนินการถมทำเหมืองถึงระดับความลึกที่มีการวางตัวของชั้นหินทราย การเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการจึงทำไม่ได้ ดังนั้นพิจารณาให้ข้อมูลผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการจากโครงการข้างเคียงที่ได้มีการศึกษาก่อนหน้านี้ โดยในการวิเคราะห์ฯ ได้กำหนดลักษณะของมวลดินเป็น 1 ชนิด และมวลดินเป็น 2 ชนิดต่อเนื่อง โดยพิจารณาเป็นชั้นดินเปิดทับมีความหนาประมาณ 5.0 ม. ชั้นดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวปนทราย (Clayey sands, SC) เป็นชั้นตะกอนดินปนทราย สีน้ำตาลเข้ม-สีน้ำตาลแดง พบเศษหินหยาบปะปนอยู่ทั่วไป สำหรับชั้นมวลดินบะซอลต์ ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นหินบะซอลต์เนื้อแน่น (Massive basalt) มีความหนาเฉลี่ยประมาณ 15 ม. แนวรอยแตกหลักชุดที่ 1 มีแนวระดับ (Strike) วางตัวในแนวทิศตะวันตก-ตะวันออก มีมุมเท (Dip angle) ค่อนข้างชันประมาณ 80-83 องศา รอยแตกชุดที่ 2 แนวระดับวางตัวในแนวประมาณทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ มีมุมเทวางตัวค่อนข้างราบประมาณ 3-7 องศา ลักษณะ

ดังกล่าวสอดคล้องกับสภาพมวลดินในพื้นที่โครงการ และในชั้นหินทรายที่เป็นหินฐานรองรับมวลหินบะซอลต์กำหนดให้มีความหนาต่อเนื่อง และพิจารณาลักษณะของแนวรอยแตกหลักสอดคล้องกับแนวรอยแตกในมวลหินบะซอลต์ ในการวิเคราะห์ที่ได้แบ่งระดับน้ำใต้ดิน และมุมของความลาดชันรวมหน้าเหมืองที่ 63 องศา และ 55 องศา เพื่อให้ครอบคลุมลักษณะของการทำเหมือง และเป็นตัวแทนของเชิงลาดหน้าเหมืองในกรณีวิกฤติ

ข้อมูลผลการทดสอบต่าง ๆ จากห้องปฏิบัติการ (ภาคผนวกที่ 1) ได้นำมาวิเคราะห์ และใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้เกณฑ์การวัดของ Mohr และ Coulomb (Mohr – Coulomb Failure Criteria) ซึ่งค่า Strength parameter และ Elastic parameter ที่ใช้ในการวิเคราะห์ห่ออกแบบแสดงดังตารางต่อไปนี้

คุณสมบัติเชิงวิศวกรรมของดิน/หิน สำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงลาดหน้าเหมือง

Rock Type	Parameter			
	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	E (kPa)	$\nu$	$\phi$ (deg.)
OB, (Clayey sands)	2.13	160,000.00 <sup>(2)</sup>	0.30 <sup>(3)</sup>	39
Basalt	2.79	22,000,000.00	0.22	46
Sandstone	2.43	19,900,000.00	0.20	43

(1) J.E. Bowles, 1996 McGraw-Hill, Foundation Analysis and Design (5th Edition)

(2) Ozturk & Turky 2012 compiled from Kozul 1974 and Prat et. al. 1995.

(3) Peck, R.A., Hansen, W.E., and Thornburn (1974), Foundation Engineering, 2nd edition.

### การวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดหน้าเหมือง

แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ได้ทำการประเมินความมั่นคงแข็งแรงของแนวมุ่งเหมืองในบริเวณที่มีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดการพังทลายมากที่สุด ในการวิเคราะห์ฯ กำหนดให้แนวรอยแตกชุดที่ 1 มีการวางตัวค่อนข้างชันและรอยแตกชุดที่ 2 วางตัวในแนวราบ ลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลให้มวลดินเกิดการพังทลายในลักษณะเป็นสไลด์ มีการเคลื่อนตัวในลักษณะ Block slide หรืออาจเกิดการพังแบบพลิกครีได้ (Topping failure) ความหนาของชั้นมวลดินบะซอลต์ ทำการวิเคราะห์ที่ความหนาสูงสุด 15.0 ม. เช่นเดียวกับชั้นดินเปิดทับ พิจารณาที่ความหนาสูงสุด 5.0 ม.

การคำนวณเสถียรภาพของหน้าเหมืองภายในพื้นที่โครงการโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Phase II Version 8.2 โดยให้หลักการประเมินแบบ finite element แบบ 2 มิติ โดยค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการประเมินกำหนดให้เป็นค่าในเชิงอนุรักษ์ (conservative) โดยค่าตัวแปรประกอบด้วยค่าตัวแปรซึ่งเป็นคุณสมบัติของดินชั้นหินและค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับรูปทรงเชิงเรขาคณิต (Geometry) ตามที่ออกแบบไว้ในแผนผังโครงการทำเหมืองดังแสดงในรูปที่ 22 ซึ่งมีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

- ความลึกของบ่อเหมืองสูงสุดเท่า 20 เมตร ประกอบด้วยชั้นชั้นเปลือกดิน 5 เมตร และ ชั้นหินปะกอบด้วยหิน 15 เมตร ให้เป็นกรณีศึกษาที่ 1 (ดังรูปที่ 22 และแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 23)
- ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพหน้าเหมืองของกรณีนี้ที่ 1 ซึ่งเป็นตามกำหนดในแผนผังโครงการทำเหมืองพบว่า ค่าสัดส่วนความปลอดภัยที่ได้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดคือต้องไม่ต่ำกว่า 1.2 แต่ในกรณีนี้พบว่าค่า สัดส่วนความปลอดภัยเพียง 0.99 ( ดังรูปที่ 24 , 25)

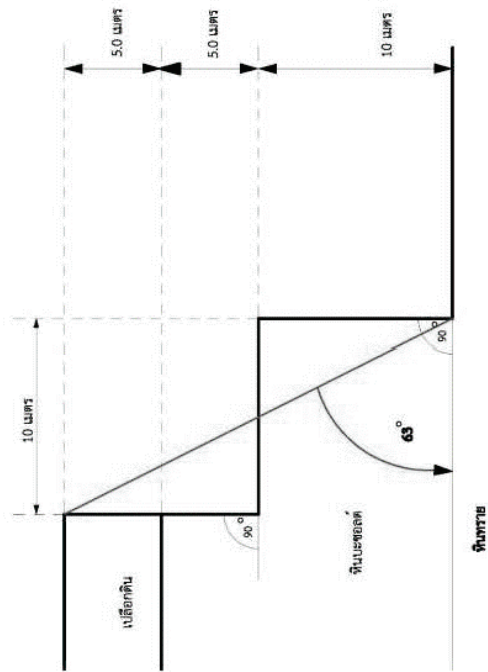
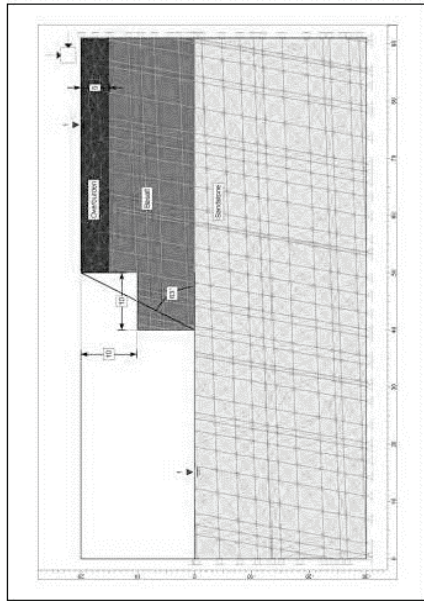
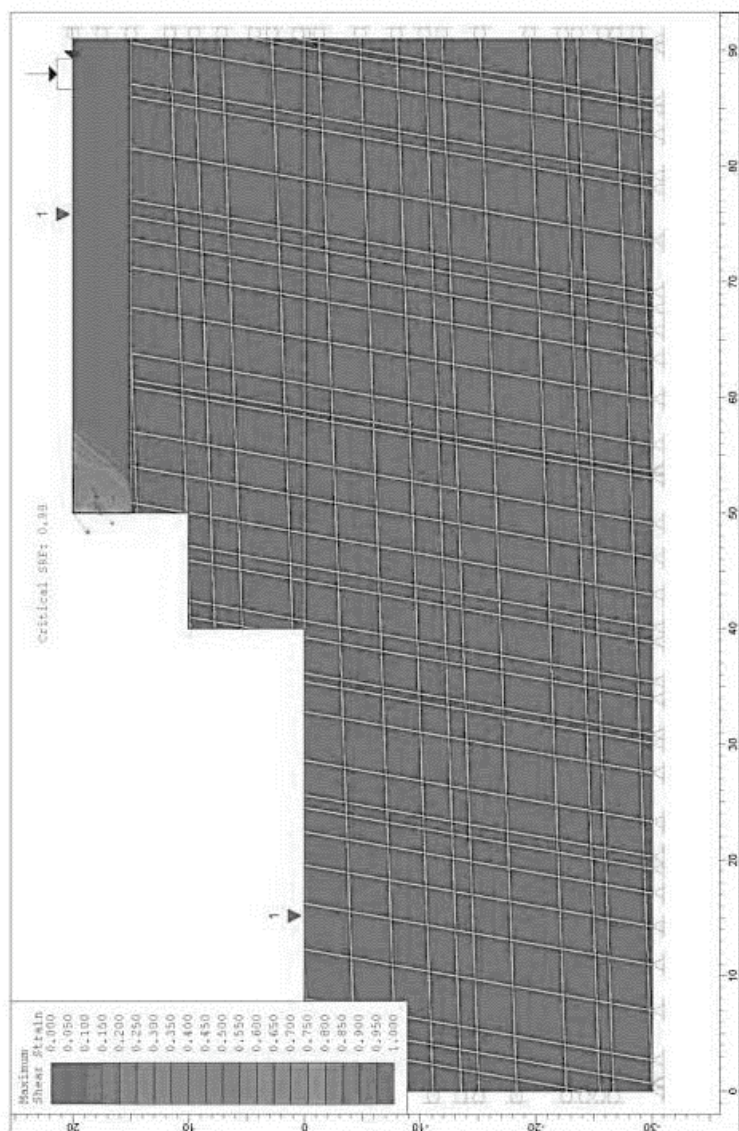


Figure 22 แสดงการออกแบบความลาดชันของหน้าเหมืองกีดตัวดินแบบไม่มีโครงการทำเหมือง  
รูปที่ 22 แสดง Dimension Slope ที่กำหนดในแผนผังโครงการทำเหมือง (กรณีที่ 1)

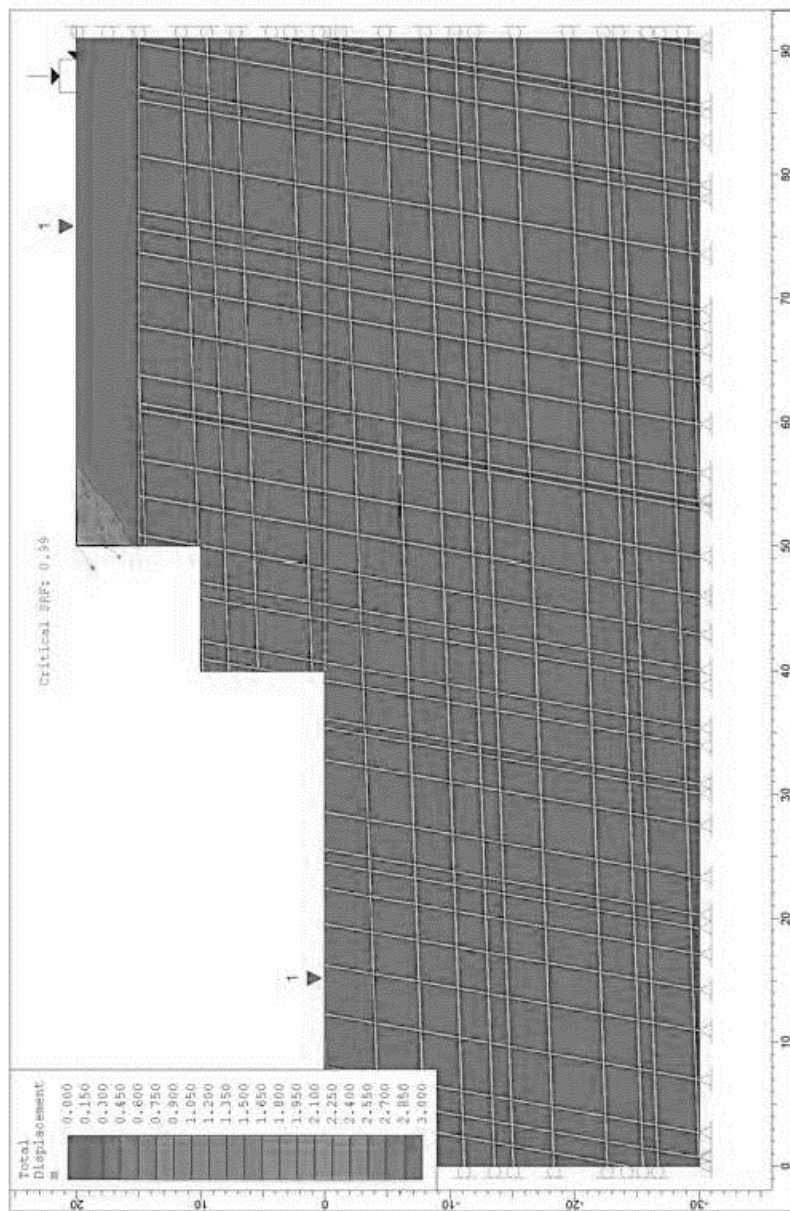


รูปที่ 23 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับกรณีที่ 1





รูปที่ 24 ผลการวิเคราะห์เคี้ยวกรรณที่ 1 แสดง Max. Shear strain และค่า FS. = 0.99



รูปที่ 25 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพกรณีที่ 1 แสดง Total Displacement และค่า FS = 0.99



ตารางที่ 2 สรุปผลการวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงลาดหน้าเหมือง

กรณี	เงื่อนไขการวิเคราะห์	FS.
1	กำหนดให้ระดับน้ำใต้ดินสูงสุด มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมืองในชั้นดิน 90 องศา ในชั้นมวลหินเบะชอลต์ 90 องศา มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมือง 63 องศา ความสูงโดยรวมของเชิงลาด 20.0 ม.	0.99
2	กำหนดให้ระดับน้ำใต้ดินสูงสุด มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมืองในชั้นดิน 38 องศา ในชั้นมวลหินเบะชอลต์ 72 องศา มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมือง 55 องศา ความสูงโดยรวมของเชิงลาด 20 ม.	2.95
3	กำหนดระดับน้ำใต้ดินที่บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นดินและชั้นหินเบะชอลต์ มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมืองในชั้นดิน 38 องศา ในชั้นมวลหินเบะชอลต์ 72 องศา มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมือง 55 องศา ความสูงโดยรวมของเชิงลาด 20 ม.	3.52
4	กำหนดระดับน้ำใต้ดินที่บริเวณกึ่งกลางความหนาชั้นมวลหินเบะชอลต์ มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมืองในชั้นดิน 38 องศา ในชั้นมวลหินเบะชอลต์ 72 องศา มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมือง 55 องศา ความสูงโดยรวมของเชิงลาด 20 ม.	4.51

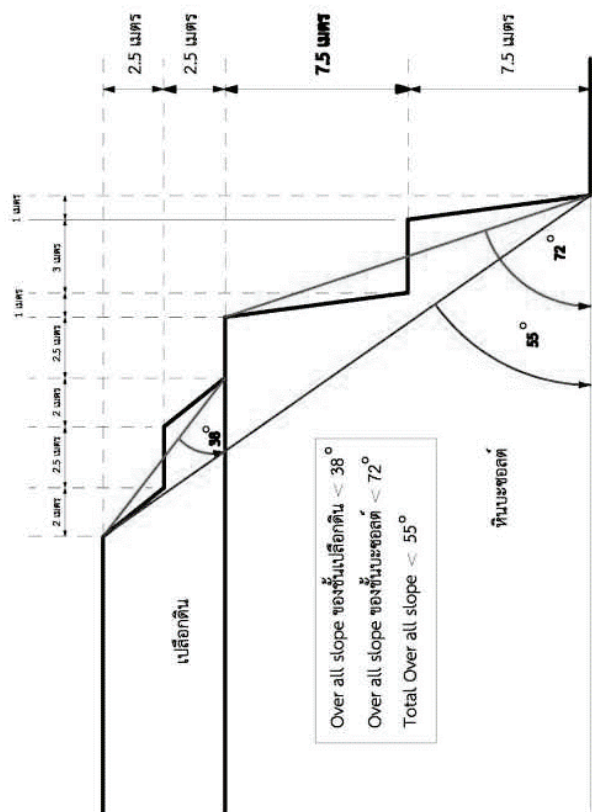
■ จากผลการวิเคราะห์เสถียรภาพหน้าเหมืองของกรณีที่ 1 ซึ่งเป็นความลาดชันที่ออกแบบไว้ในแผนผังโครงการพบว่าหน้าเหมืองมีการเกิดการพังทลายในชั้นเปลือกดินในกรณีที่ระดับน้ำใต้ดินสูงสุด ดังนั้นเพื่อให้หน้าเหมืองมีเสถียรภาพจึงรับความลาดชันของหน้าเหมืองชั้นเปลือกดินจากเดิมมีความลาดชันเท่ากับ 90 องศา เป็น 38 องศา และให้ความลาดชันในชั้นหินเบะชอลต์เท่ากับ 72 องศา ดังรูปที่ 26 และปรับระดับน้ำใต้ดินเป็น 3 ระดับ เป็นการศึกษากรณีที่ 2 , 3 , 4 ตามลำดับดังนี้

กรณีที่ 2 กำหนดให้ระดับน้ำใต้ดินสูงสุด ทว่าการปรับลดมุมของความลาดชันรวมในชั้นดินและหินเบะชอลต์ โดยที่มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมืองในชั้นดิน 38 องศา ในชั้นมวลหินเบะชอลต์ 72 องศา มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมือง 55 องศา ความสูงโดยรวมของเชิงลาด 20 ม. พิจารณาระบบของแนวรอยแตกหลักทั้ง 2 ชุด รวมด้วย ดังรูปที่ 27

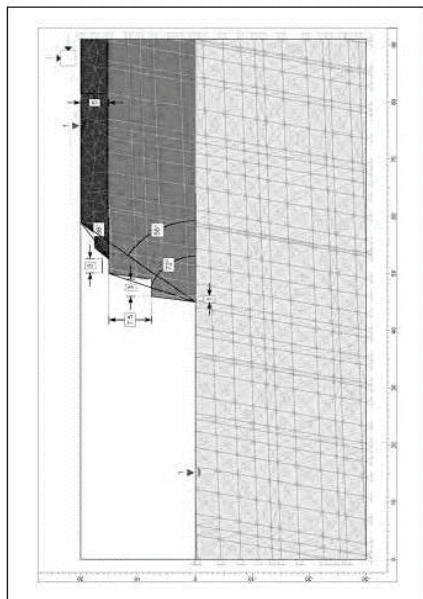
กรณีที่ 3 กำหนดระดับน้ำใต้ดินที่บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นดินและชั้นหินเบะชอลต์ โดยที่มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมืองในชั้นดิน 38 องศา ในชั้นมวลหินเบะชอลต์ 72 องศา มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมือง 55 องศา ความสูงโดยรวมของเชิงลาด 20 ม. พิจารณาระบบของแนวรอยแตกหลักทั้ง 2 ชุด รวมด้วย ดังรูปที่ 28

กรณีที่ 4 กำหนดระดับน้ำใต้ดินที่บริเวณกึ่งกลางความหนาชั้นมวลหินเบะชอลต์ โดยที่มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมืองในชั้นดิน 38 องศา ในชั้นมวลหินเบะชอลต์ 72 องศา มุมของความลาดชันรวมหน้าเหมือง 55 องศา ความสูงโดยรวมของเชิงลาด 20 ม. พิจารณาระบบของแนวรอยแตกหลักทั้ง 2 ชุด รวมด้วย ดังรูปที่ 29

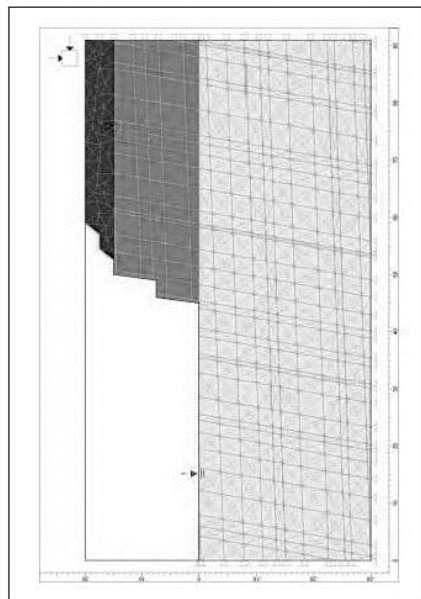
■ ผลการศึกษาเสถียรภาพหน้าเหมืองทั้ง 4 กรณี แสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 30 - 35



รูปที่ 26 แสดง Dimension Slope สำหรับบริเวณที่เสถียรภาพกรณี 2-4

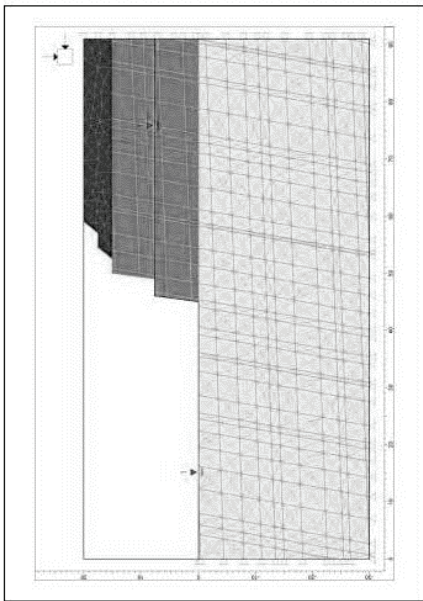


รูปที่ 27 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับกรณี 2

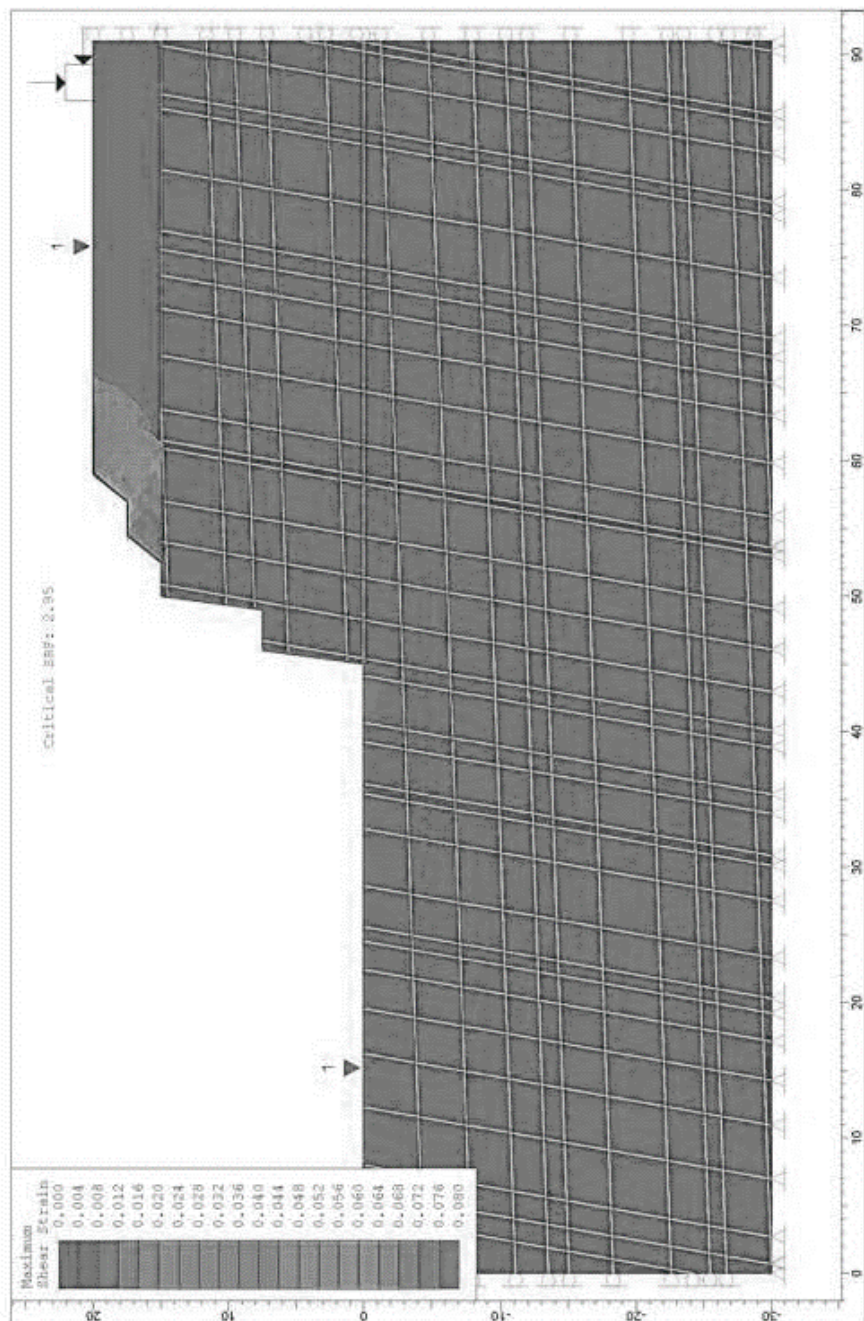


รูปที่ 28 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับกรณีที่ 3



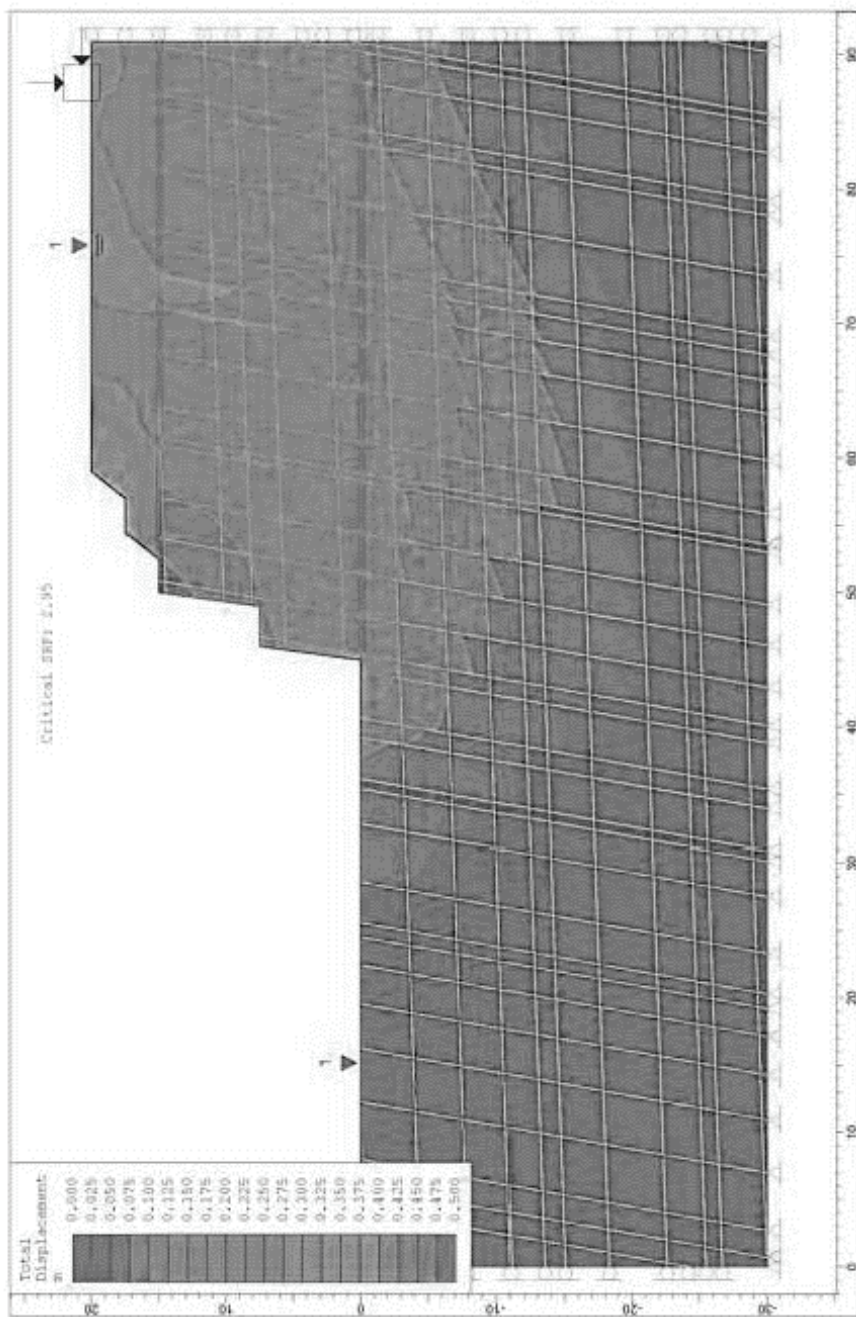


รูปที่ 29 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับกรณีที่ 4

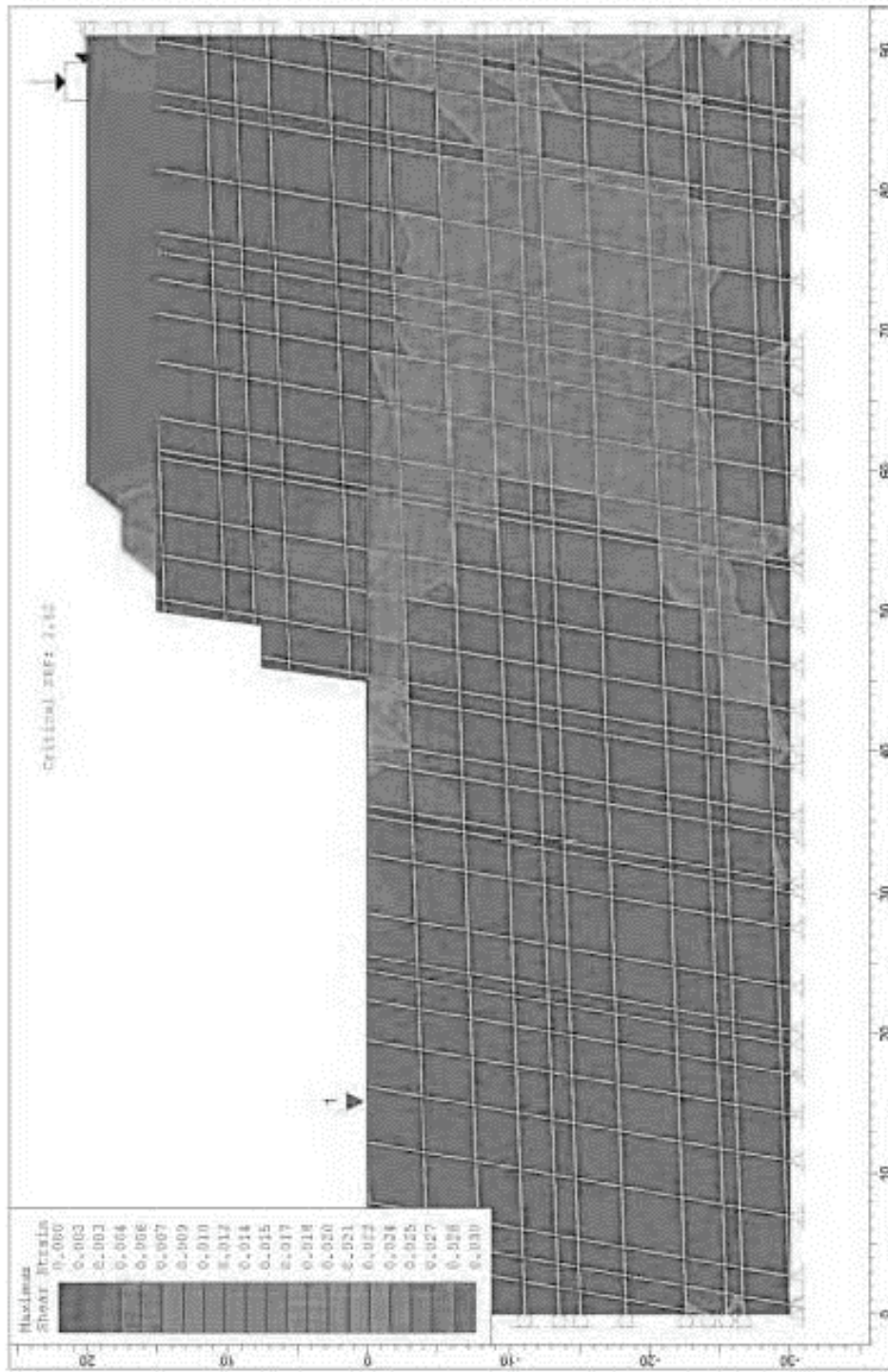


รูปที่ 30 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพดินที่ 2 แสดง Max. Shear strain และค่า F.S. = 2.95

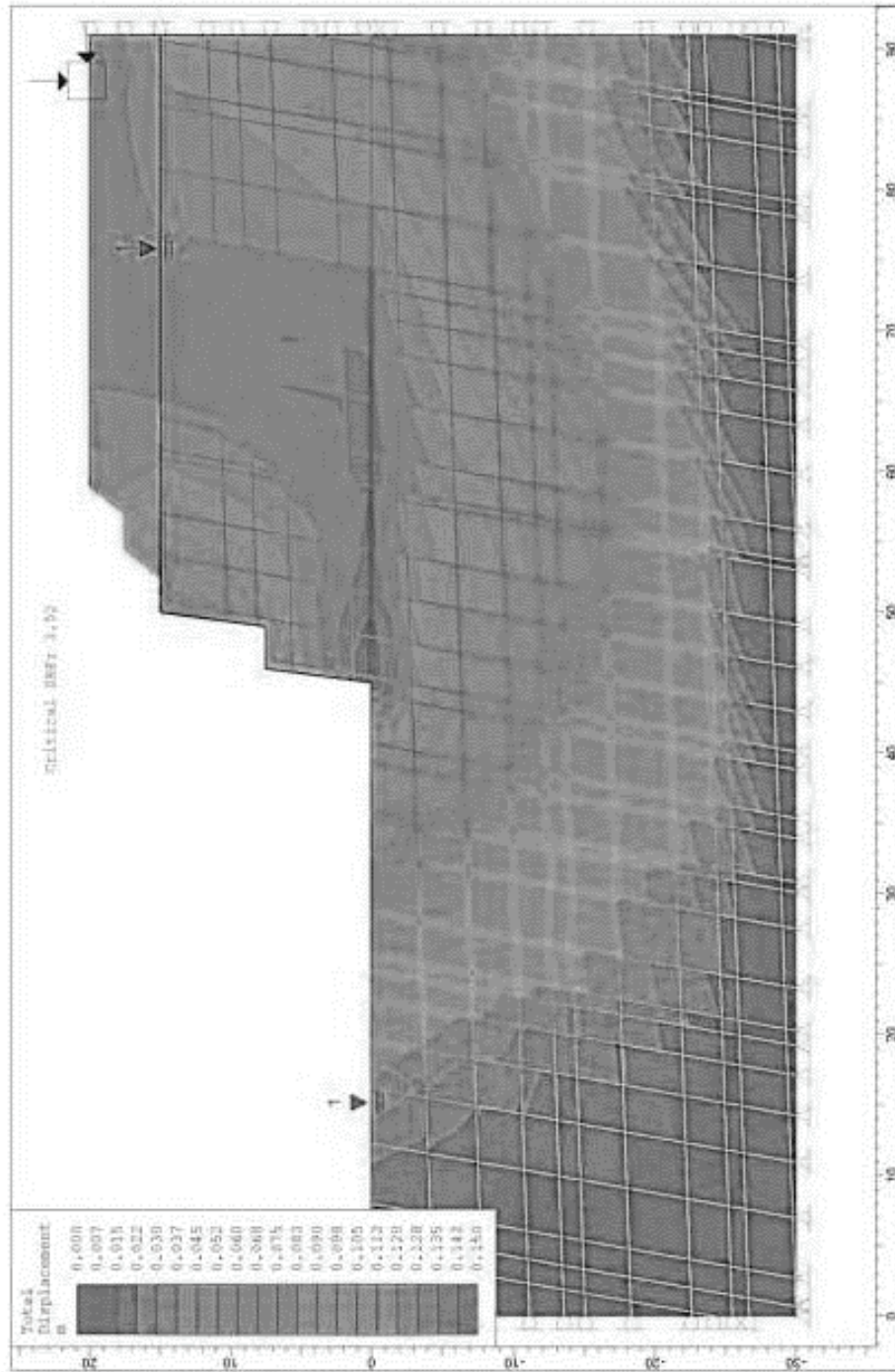




รูปที่ 31 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพกรณี 2 แสดงค่า Total Displacement และค่า F.S. = 2.95

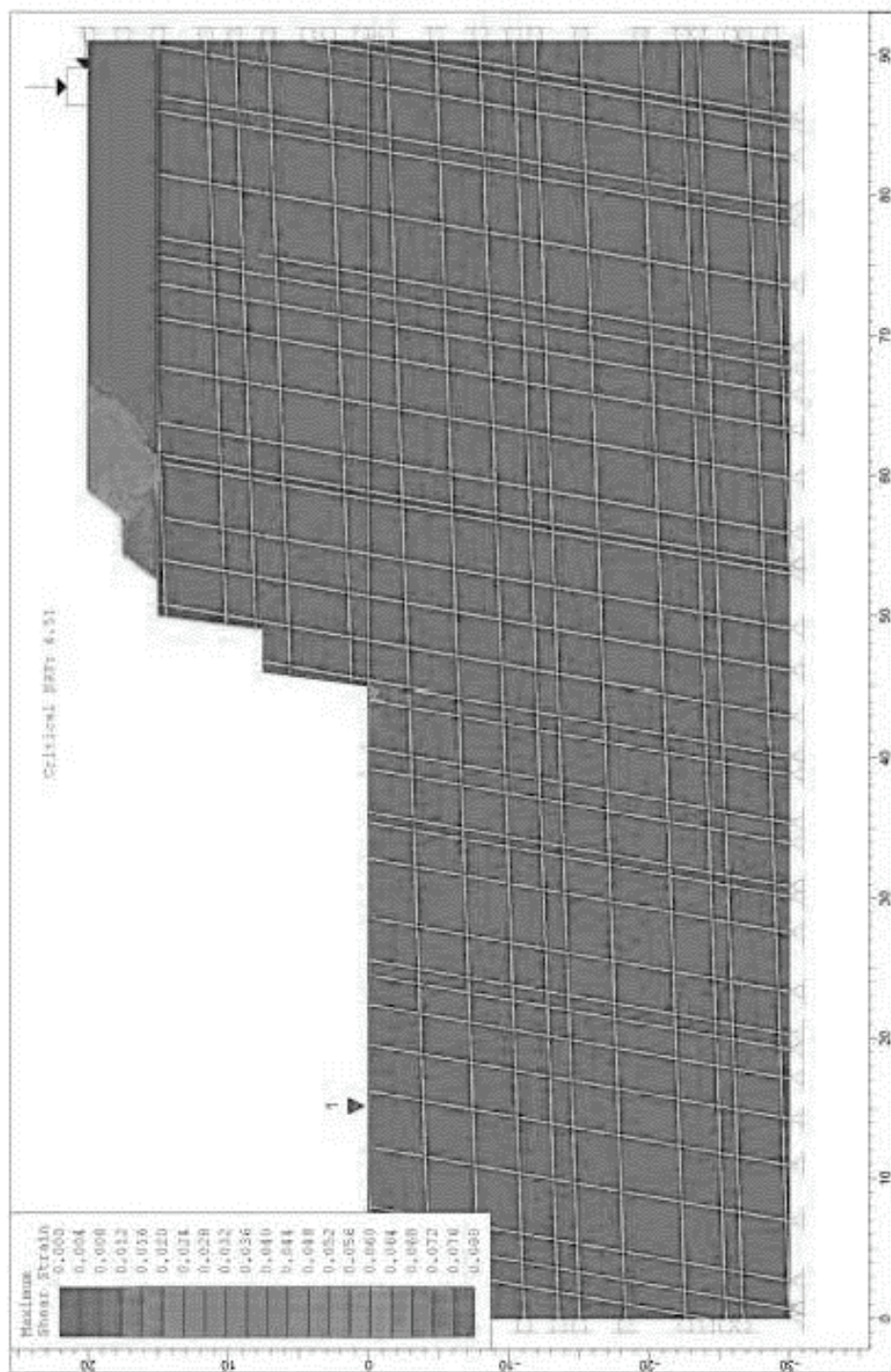


รูปที่ 32 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพกรณี 3 แสดง Max. Shear strain และค่า FS. = 3.52

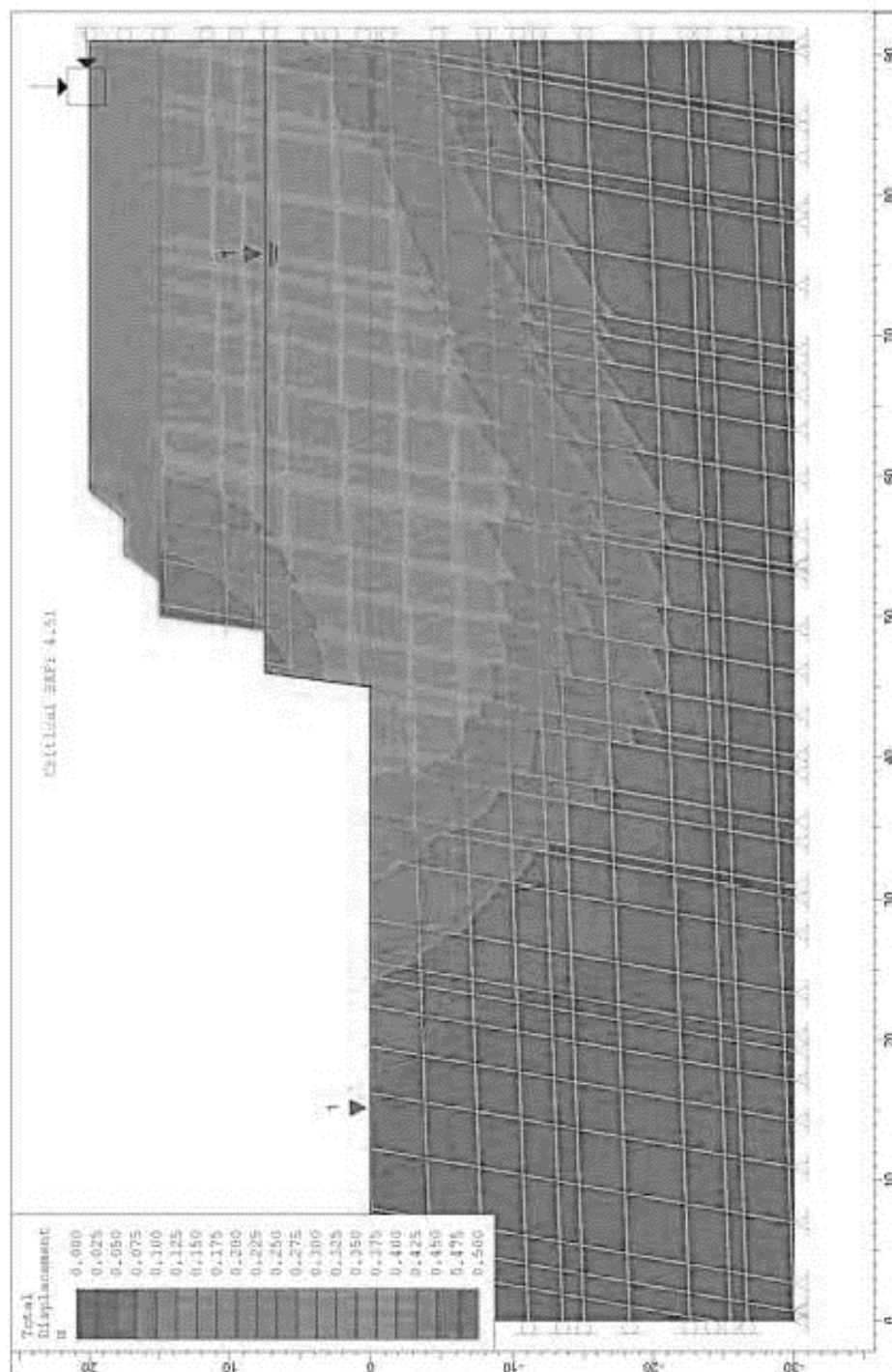


รูปที่ 33 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพกรณีที่ 3 แสดง Total Displacement และค่า FS. = 3.52





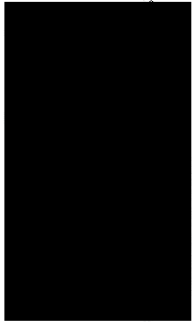
รูปที่ 34 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพกรณี 4 แสดง Max. Shear strain และค่า FS. = 4.51



รูปที่ 35 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพกรณี 4 แสดง Total Displacement และค่า F.S. = 4.51

5.3 สรุปผลการวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงลาดหน้าเหมืองด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

จากการวิเคราะห์เสถียรภาพการออกแบบหน้าเหมืองตามกำหนดในแผนผังโครงการทำเหมืองดังรูปที่ 22 พบว่าค่าสัดส่วนความปลอดภัย (F.S.) มีค่าน้อยกว่า 1 เมื่อระดับน้ำใต้ดินสูงสุดหน้าเหมืองเกิดการพังทลายในส่วนของชั้นเปลือกดินแสดงถึงการไม่เสถียรภาพของหน้าเหมือง ดังนั้นจึงออกแบบรูปแบบความลาดชันหน้าเหมืองใหม่ดังรูปที่ 26 โดยปรับลดความลาดชัน Overall slope ของชั้นเปลือกดินลดจาก 90 องศา เป็น 38 องศา และกำหนดให้ Overall Slope ในชั้นหินปะทะลดเท่ากับ 73 องศา พบว่าในกรณีเลวร้ายที่สุด (Worst case) เมื่อระดับน้ำใต้ดินสูงสุด สัดส่วนความปลอดภัย (F.S.) เท่ากับ 2.95 ซึ่งมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดคือไม่ต่ำกว่า 1.2 ดังนั้นรูปแบบความลาดชันหน้าเหมืองใหม่ดังรูปที่ 26 จะทำให้หน้าเหมืองมีเสถียรภาพแข็งแรงเพียงพอ



ลงชื่อ.....

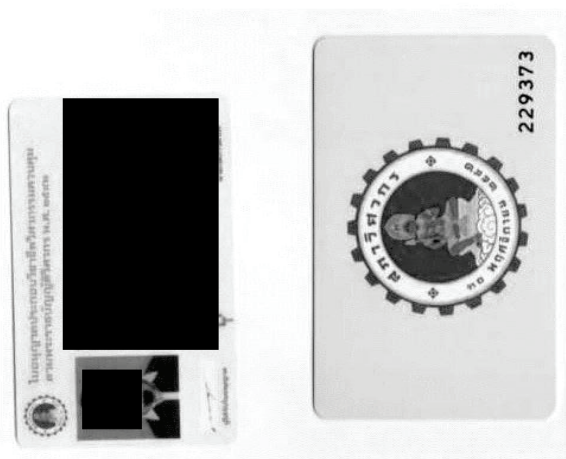
รผู้ประเมินเสถียรภาพหน้าเหมือง

ผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

หมายเลขทะเบียนใบอนุญาตที่ สมม. 132

สำเนาใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม





ภาคผนวกที่ 1  
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางธรณีเทคนิคของตัวอย่างหินในพื้นที่โครงการ

ลงชื่อ.....  
.....วิศวกรรมธรณี  
ผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม  
หมายเลขทะเบียนใบอนุญาตที่ สธ.ม. 132

การทดสอบคุณสมบัติด้านธรณีเทคนิคของดินและหินบริเวณพื้นที่  
คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทกิตติวิศิธร จำกัด

จำกัด

ต.บุเปือย และต.เสียวชัย อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี  
หินปะชอลด์

(DIRECT SHEAR TEST ON ROUGH FRACTURE)

Tested by



Geomechanics Research Laboratory

Institute of Engineering, Suranaree University of Technology  
111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima 30000  
Tel : 044 223 363, 044 224 441

PJ-445

October 24, 2020

Geomechanics Research Laboratory

Institute of Engineering, Suranaree University of Technology  
111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima 30000  
Tel : 044 223 363, 044 224 441  
www.geomechsu.com



#### DIRECT SHEAR TEST ON ROUGH FRACTURE

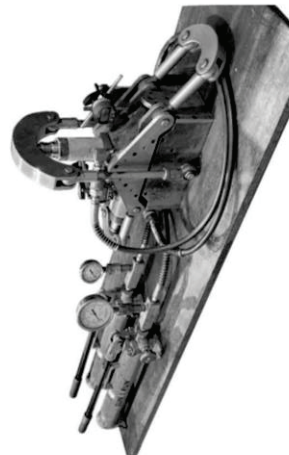
การทดสอบคุณสมบัติด้านธรณีเทคนิคของดินและหินบริเวณพื้นที่  
Project : คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทกิตติวิศิธร จำกัด  
ที่ ตำบลบุเปือยและตำบลเสียวชัย อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี  
Sample Description : หินปะชอลด์  
Sample Location : อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี  
Tested by : GMR Staff  
GMR Project No. : P-445

#### Apparatus :

- 1) Rock Cutting Device
- 2) Direct Shear Device
- 3) Dial Gages
- 4) Digital Planimeter

#### Test Procedure :

ASTM D5607-08 Standard Test Method for Performing Laboratory Direct  
Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force. In  
Annual Book of ASTM Standards (Vol. 04.08). Philadelphia: American Society  
for Testing and Materials.



Checked by :

Date :

GMR

Institute of Engineering

Suranaree University of Technology

111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima 30000

Tel : 044 223 363, 044 224 441

www.geomechsu1.com

DIRECT SHEAR TEST ON ROUGH FRACTURE

Project

การทดสอบคุณสมบัติด้านแรงเฉือนของดินและหินบริเวณพื้นที่  
คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทกวดวิศิลาพาณิชย์ จำกัด  
ที่ ตำบลบุเปือยและตำบลสีเสียว อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี

Sample Description

หินปะชอลต์

Sample Location

อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี

Tested by

GMR Staff

GMR Project No.

P-445

Rock Samples Before Testing :

BS-DS-01

BS-DS-02

Checked by :

Date :

2

GMR

Institute of Engineering

Suranaree University of Technology

111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima 30000

Tel : 044 223 363, 044 224 441

www.geomechsu1.com

DIRECT SHEAR TEST ON ROUGH FRACTURE

Project

การทดสอบคุณสมบัติด้านแรงเฉือนของดินและหินบริเวณพื้นที่  
คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทกวดวิศิลาพาณิชย์ จำกัด  
ที่ ตำบลบุเปือยและตำบลสีเสียว อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี

Sample Description

หินปะชอลต์

Sample Location

อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี

Tested by

GMR Staff

GMR Project No.

P-445

Rock Samples After Testing :

BS-DS-01

BS-DS-02


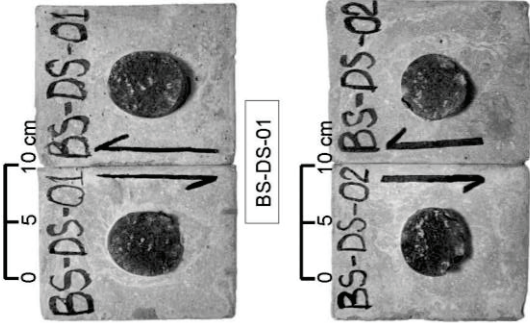
Checked by :


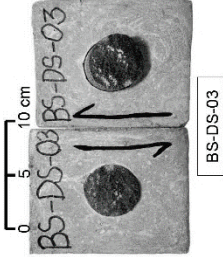
Date :

5

น.6/163



<div>Geomechanics Research Laboratory Institute of Engineering, Suranaree University of Technology 111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima 30000 Tel : 044 223 363, 044 224 441 www.geomechsut.com</div> <div></div>	<div>DIRECT SHEAR TEST ON ROUGH FRACTURE</div> <div>การทดสอบคุณสมบัติด้านแรงเฉือนของดินและหินบริเวณพื้นที่ Project : ค่าขอบประทุนบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทคิตตี้ทีลาพาณิชย์ จำกัด ที่ ตำบลเนิน้อยและตำบลสีชัย อำเภอโนนชัย จังหวัดอุบลราชธานี Sample Description : หินปะชวด Sample Location : อ.โนนชัย จ.อุบลราชธานี Tested by : GMR Staff GMR Project No. : P-445</div>
<div>Rock Samples After Testing :</div> <div><div>BS-DS-01</div><div>BS-DS-02</div></div>	<div>Checked by : <div></div></div> <div>Date : <div></div></div>

<div>Geomechanics Research Laboratory Institute of Engineering, Suranaree University of Technology 111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima 30000 Tel : 044 223 363, 044 224 441 www.geomechsut.com</div> <div></div>	<div>DIRECT SHEAR TEST ON ROUGH FRACTURE</div> <div>การทดสอบคุณสมบัติด้านแรงเฉือนของดินและหินบริเวณพื้นที่ Project : ค่าขอบประทุนบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทคิตตี้ทีลาพาณิชย์ จำกัด ที่ ตำบลเนิน้อยและตำบลสีชัย อำเภอโนนชัย จังหวัดอุบลราชธานี Sample Description : หินปะชวด Sample Location : อ.โนนชัย จ.อุบลราชธานี Tested by : GMR Staff GMR Project No. : P-445</div>
<div>Rock Samples After Testing :</div> <div><div>BS-DS-03</div><div>BS-DS-04</div></div>	<div>Checked by : <div></div></div> <div>Date : <div></div></div>

## DIRECT SHEAR TEST ON ROUGH FRACTURE

Project	การทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะและหินบริเวณพื้นที่ คำชะโนดที่ 1/2560 ของ บริษัทวิศวกรรมเคมี จำกัด ที่ ตำบลเนินะและตำบลสีหิระ อำเภอนำเ็น จังหวัดอุบลราชธานี
Sample Description	หินปะชอล
Sample Location	อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี
Tested by	GMR Staff
GMR Project No.	P-445

Rock Sample Dimensions :

Samples No.	Diameter (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Shear Area (cm <sup>2</sup> )	Density (g/cc)
BS-DS-01	54.5	100.7	652.8	29.3	2.78
BS-DS-02	54.5	207.6	1357.6	25.2	2.80
BS-DS-03	54.5	201.0	1310.2	25.2	2.80
Mean ± SD					2.79 ± 0.01

Mean  $\pm$  SD $2.79 \pm 0.01$ 

Checked by :

Date :

## DIRECT SHEAR TEST ON ROUGH FRACTURE

Project	Sample Description	Sample Location	Tested by	GMR Project No.
การทดสอบคุณสมบัติด้านแรงยึดเหนี่ยวของเงินและเงินบริเวณพื้นที่ คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทดิวดีด้าฟาร์มไทย จำกัด	ที่ ตำบลบึงบอนและตำบลสักริวิเชียร อำเภอโนนไย จังหวัดอุบลราชธานี	หินบะซอลต์	อ.นันทิน จ.อุบลราชธานี	GMR Staff P-445

Test Results :

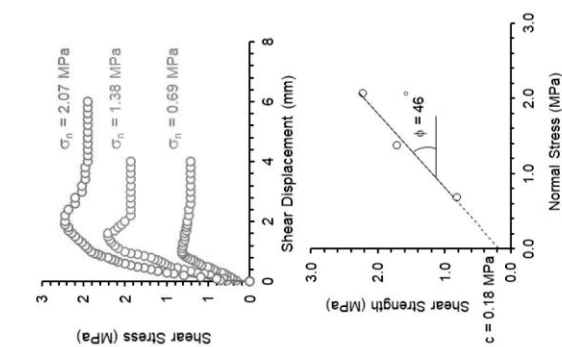
Sample No.	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	Cohesion, $c$ (MPa)	Friction Angle, $\phi$ (Degrees)
BS-DS-01	0.69	0.82	0.18	46
BS-DS-02	1.38	1.71		
BS-DS-03	2.07	2.22		

Checked by :

Date :

## DIRECT SHEAR TEST ON ROUGH FRACTURE

Project	การทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ : คำขอประมาณการที่ 1/2560 ของ บริษัททีเคทีซีไลฟ์ไซน์ซ์ จำกัด ที่ ตำบลบึงเปือยและตำบลสีวีชัย อำเภอโนนชัย จังหวัดอุบลราชธานี
Sample Description	: ฟิล์มปะชอลด์
Sample Location	: อ.โนนชัย จ.อุบลราชธานี
Tested by	: GMR Staff
GMR Project No.	: P-445

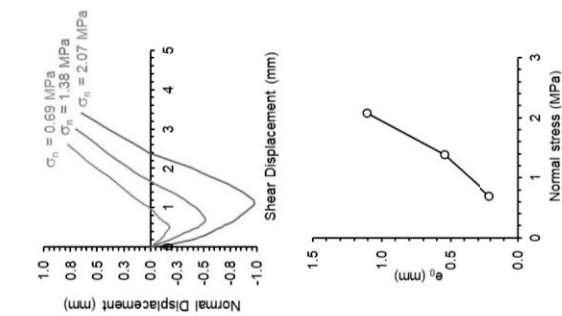


Checked by :

Date :

## DIRECT SHEAR TEST ON ROUGH FRACTURE

Project	การทดสอบคุณสมบัติด้านฉนวนกันความร้อนของดินและหินบริเวณพื้นที่ : คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทกิตติวิศิลาพาณิชย์ จำกัด ที่ ตำบลนาเกลือและตำบลสีหิ์เข็ร อำเภอน้ำเย็น จังหวัดอุบลราชธานี
Sample Description	: หินปะชอลต์
Sample Location	: อ.น้ำเย็น จ.อุบลราชธานี
Tested by	: GMR Staff
GMR Project No.	: P-445



Checked by :

Date :



การทดสอบคุณสมบัติด้านธรณีเทคนิคของดินและหินบริเวณพื้นที่  
คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทกิตติวิศิษฐ์ จำกัด

ต.บุปผีย และต.สิริชัย อ.น้ำเย็น จ.อุบลราชธานี  
เปลือกดิน

(DIRECT SHEAR TEST ON SOIL)


Tested by



Geomechanics Research Laboratory  
Institute of Engineering, Suranaree University of Technology  
111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima 30000  
Tel : 044 223 363, 044 224 441

PJ-445

October 24, 2020

<p><b>Geomechanics Research Laboratory</b> Institute of Engineering, Suranaree University of Technology 111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima 30000 Tel : 044 223 363, 044 224 441 www.geomechsut.com</p> <p><b>GMR</b> Institute of Engineering Suranaree University of Technology</p>	
<p><b>DIRECT SHEAR TEST</b></p>	
Project	การทดสอบคุณสมบัติด้านธรณีเทคนิคของดินและหินบริเวณพื้นที่ คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทกิตติวิศิษฐ์ จำกัด
Sample Description	ดินปนทราย
Sample Location	อ.น้ำเย็น จ.อุบลราชธานี
Tested by	GMR Staff
GMR Project No.	P-445
<p>Apparatus : 1) Soil Trimmer 2) Direct Shear Machine 3) Dial Gages</p> <p>Test Procedure : ASTM D3080-98, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils under Consolidated Drained Conditions. In Annual Book of ASTM Standards (Vol. 04.08). West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.</p> 	
Checked by :	Date :

**DIRECT SHEAR TEST**

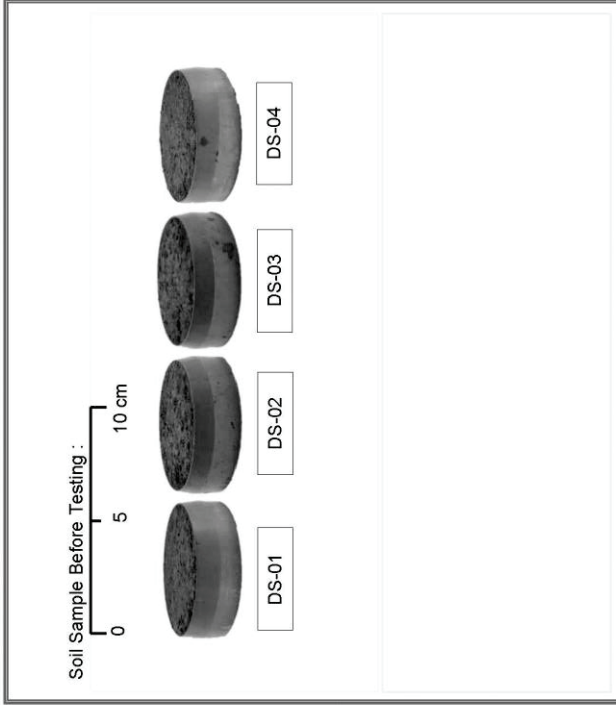
การทดสอบคุณสมบัติทางดินและหินบริเวณพื้นที่  
โครงการ : คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทกิตติวิศิลาพาณิชย์ จำกัด  
ที่ ตำบลบึงบอนและตำบลสีวิเชียร อำเภอโนนชัย จังหวัดอุบลราชธานี

Sample Description : เปลือกดิน

Sample Location : อ.โนนชัย จ.อุบลราชธานี

Tested by : GMR Staff

GMR Project No. : P-445



Checked by :

Date :

**DIRECT SHEAR TEST**

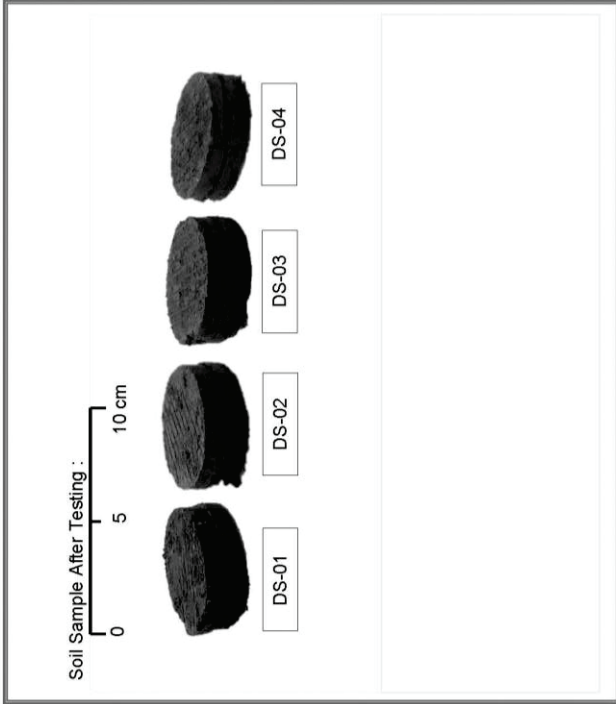
การทดสอบคุณสมบัติทางดินและหินบริเวณพื้นที่  
โครงการ : คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 ของ บริษัทกิตติวิศิลาพาณิชย์ จำกัด  
ที่ ตำบลบึงบอนและตำบลสีวิเชียร อำเภอโนนชัย จังหวัดอุบลราชธานี

Sample Description : เปลือกดิน

Sample Location : อ.โนนชัย จ.อุบลราชธานี

Tested by : GMR Staff

GMR Project No. : P-445



Checked by :

Date :





<div><div><div>Geomechanics Research Laboratory</div><div>Institute of Engineering, Suranaree University of Technology</div><div>111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima 30000</div><div>Tel : 044 223 363, 044 224 441</div><div>www.geomechsut.com</div></div><div><div><div>GMR</div><div>Institute of Engineering</div><div>Suranaree University of Technology</div></div></div></div>	
DIRECT SHEAR TEST	
Project	การทดสอบคุณสมบัติด้านแรงเฉือนของดินและหินบริเวณพื้นที่ : คาบอระพวนบึงที่ 1/2560 ของ บริษัทวิศวกรรมศิลาพณิชย์ จำกัด
Sample Description	ที่ ตำบลบึงเปือยและตำบลสีวิเชียร อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี : เปลือกดิน
Sample Location	: อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี
Tested by	: GMR Staff
GMR Project No.	: P-445

Test Results :	
<div><div><div><div>Shear stress (kPa)</div><div>250</div><div>200</div><div>150</div><div>100</div><div>50</div><div>0</div></div><div><div>180.0 kPa</div><div>135.0 kPa</div><div>90.0 kPa</div><div>45.0 kPa</div></div><div><div>Shear displacement (mm)</div><div>4</div><div>3</div><div>2</div><div>1</div><div>0</div></div></div><div><div><div>Shear strength (kPa)</div><div>250</div><div>200</div><div>150</div><div>100</div><div>50</div><div>0</div></div><div><div><math>c = 22.8 \text{ kPa}</math></div><div><math>\phi = 39^\circ</math></div></div><div><div>Normal stress (kPa)</div><div>250</div><div>200</div><div>150</div><div>100</div><div>50</div><div>0</div></div></div></div>	
Checked by :	Date :

## ภาคผนวก ง

รายละเอียดการคำนวณการใช้วัฏธนะเปิดในพื้นที่ควบคุมการใช้วัฏธนะเปิดทางตอนเหนือ  
ของโครงการท่าเหมือง ห่างจากขอบเขตบริเวณหลักหมายเขตเหมืองแร่รวมทั้ง

1-2-3 ภายในระยะ 100 เมตร

จำเป็นต้องออกแบบตามทฤษฎีพื้นฐานของการเจาะระเบิด เพื่อให้มีผลการระเบิดที่ดีที่สุด เมื่อทราบผลการระเบิดในครั้งแรกแล้ว อาจต้องมีการปรับปรุงรูปแบบการเจาะระเบิด เพื่อให้มีผลการระเบิดที่ดีขึ้นตามความเหมาะสมของลักษณะธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่ ซึ่งวิศวกรหรือผู้ปฏิบัติงานจะต้องรู้จักแปรเปลี่ยนค่าต่างๆ ของรูปแบบการเจาะระเบิด ตามความเหมาะสมของลักษณะเฉพาะของชั้นแร่ในแต่ละแหล่ง ในการทำเหมืองผลิตหินบะซอลต์แปลงนี้ จะใช้รถเจาะระเบิด Hydraulic Crawler Drill ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะ(d) 3.0 นิ้ว ทำการเจาะรูระเบิด โดยมีการออกแบบการเจาะระเบิด(Blasthole design) ดังนี้

1.ระยะระหว่างหน้าผาถึงรูเจาะระเบิดแถวแรก(Burden,B) หมายถึง ระยะทางที่ใกล้ที่สุดวัดจากหน้าผา ถึงรูเจาะระเบิดที่จะมีการจุดระเบิดเป็นอันดับแรก

ตามสูตร                      ระยะ Burden(เมตร) = ขนาดรูกเจาะ(นิ้ว)

แทนค่า ระยะ Burden = 2.0 เมตร

2.ระยะระหว่างรูเจาะ(Spacing,S) หมายถึง ระยะที่วัดระหว่างรูเจาะต่อรูเจาะ วัดตั้งฉากกับระยะ Burden

ตามสูตร ระยะ Spacing(เมตร) = (1.0 ถึง 1.8) × B

สำหรับโครงการทำเหมืองแปลงนี้จะใช้ ระยะ Spacing(เมตร) =  $1.25 \times B$

แทนค่า ระยะ Spacing =  $1.25 \times 2.0$  เมตร

= 2.5      เมตร

3.ระยะในการอัดปิดรูระเบิด(Stemming Distance,C) หมายถึง ระยะที่เพียงพอที่จะป้องกันไม่ให้นินที่อัดไว้พุ่งออกทางปากรูระเบิด

ตามสูตร ระยะ Stemming(เมตร)  $\geq 0.7$  เท่าของระยะ B

สำหรับโครงการทำเหมืองแปลงนี้จะใช้ ระยะ Stemming(เมตร) =  $2.725 \times B$

แทนค่า ระยะ Stemming =  $2.725 \times 2.0$  เมตร

$$= 5.45 \quad \text{เมตร}$$

4.ระยะที่ต้องเจาะต่ำกว่าดินของหน้าผา(Subdrilling,D) หมายถึง ระยะที่ต้องเจาะต่ำลงไปจากพื้นล่างของหน้าผาเพื่อให้แน่ใจว่า ภายหลังการระเบิดจะได้พื้นที่เรียบเสมอกับพื้นล่างของหน้าผา

ตามสูตร ระยะ Subdrilling(เมตร) = 0.3 เท่าของระยะ B

สำหรับโครงการทำเหมืองแปลงนี้ จะใช้ระยะ Subdrilling (เมตร) = 0.3 เท่าของระยะ B

แทนค่า ระยะ Subdrilling =  $0.3 \times 2.0$  เมตร

$$= 0.6 \quad \text{เมตร}$$



ฉะนั้น ในการระเบิดจำนวน 1 รูระเบิดจะต้องใช้ปริมาณวัตถุระเบิดดังนี้

-เครื่องเจาะรูระเบิด Hydraulic Crawler Drill Ø เท่ากับ 3.0 นิ้ว

-ความสูงหน้าเหมือง 7.5 เมตร(รูเจาะเอียง 82 องศา ดังนั้น มีความยาวในแนวเอียง 7.60 เมตร)

-ระยะ Subdrilling เท่ากับ 0.6 เมตร

$$\begin{aligned}\text{-ความลึกรูเจาะ} &= \text{ความยาวรูในแนวเอียง} + \text{ระยะ Subdrilling} \\ &= 7.6 + 0.6 \quad \text{เมตร} \\ &= 8.2 \quad \text{เมตร}\end{aligned}$$

-ระยะ Burden เท่ากับ 2.0 เมตร

-ระยะ Spacing เท่ากับ 2.5 เมตร

-ระยะ Stemming เท่ากับ 5.45 เมตร

$$\begin{aligned}\text{-ระยะอัดวัตถุระเบิด Column Charge} &= \text{ความลึกรูเจาะ} - \text{ระยะ Stemming} \\ &= 8.2 - 5.45 \quad \text{เมตร} \\ &= 2.75 \quad \text{เมตร}\end{aligned}$$

-จำนวนปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรทที่ใช้ 3.6 กิโลกรัมต่อเมตร

$$\begin{aligned}\text{-น้ำหนักปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรทในหนึ่งรูเจาะระเบิด} &= 2.75 \times 3.6 \quad \text{กิโลกรัม} \\ &= 9.9 \quad \text{กิโลกรัม}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{-จำนวนดินระเบิดที่ต้องใช้สำหรับจุดระเบิดเท่ากับ 5\% โดยน้ำหนักของแอมโมเนียมไนเตรท} &= 0.05 \times 9.9 \quad \text{กิโลกรัม} \\ &= 0.495 \quad \text{กิโลกรัม} \\ &\approx 0.5 \quad \text{กิโลกรัม}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{รวมปริมาณวัตถุระเบิดที่ใช้ทั้งหมดในหนึ่งรูระเบิด} &= 9.9 + 0.5 \quad \text{กิโลกรัม} \\ &= 10.40 \quad \text{กิโลกรัม}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{-ปริมาตรแร่ที่ได้ในการระเบิดหนึ่งรูระเบิด} &= 2.0 \times 2.5 \times 7.5 \quad \text{ลูกบาศก์เมตร} \\ &= 37.5 \quad \text{ลูกบาศก์เมตร}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{-Specific Drilling} &= 8.2 \div 37.5 \\ &= 0.22 \quad \text{เมตรต่อลูกบาศก์เมตร}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{-Specific Charge} &= 10.40 \div 37.5 \\ &= 0.28 \quad \text{กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}\end{aligned}$$

การคำนวณผลกระทบการใช้วัตถุระเบิดในพื้นที่ควบคุมการใช้วัตถุระเบิดทางตอนเหนือของโครงการท่าเหมือง  
ห่างจากขอบเขตบริเวณหลักหมายเขตเหมืองแร่มุมที่ 1-2-3 ภายในระยะ 100 เมตร

แผนการใช้วัตถุระเบิดเพื่อผลิตหินของโครงการ นอกเหนือจากพื้นที่ควบคุมการใช้วัตถุระเบิด จะใช้หัวเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 นิ้ว มีรูปแบบการระเบิด คือ ระยะ Burden เท่ากับ 2.0 เมตร ระยะ Spacing เท่ากับ 2.5 เมตร และระยะความสูงหน้าเหมือง (Bench Height) เท่ากับ 7.5 เมตร ปริมาณ วัตถุระเบิดที่ใช้ประมาณ 10.4 กิโลกรัม/รู วัตถุระเบิดจะใช้แอมโมเนียมไนเตรทผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 94:6 โดยน้ำหนัก ใช้ดินระเบิดชนิดอีมีลชั่นหรือไดนาไมต์เป็นตัวกระตุ้นและจุดระเบิดด้วยแท่งไฟฟ้าแบบ จังหวะถ่วง โดยมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบ สิ่งแวดล้อมของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตามหนังสือที่ ทส 1010.2/17494 ลงวันที่ 2 พฤศจิกายน 2564 กำหนดให้ใช้ปริมาณวัตถุระเบิดต่อจังหวะถ่วงไม่เกิน 10.4 กิโลกรัมต่อจังหวะถ่วง หรือ 1 รูต่อจังหวะถ่วง (เอกสารหมายเลข 4 และ 4.1)

**1. ผลกระทบจากความดังเสียงและคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด**

เมื่อมีการระเบิดแร่ในการทำเหมืองแร่ของโครงการ อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบด้านเสียงดังเกิน ระดับ (Overpressure) และคลื่นอัดอากาศ (Air Blast) ต่อพื้นที่อ่อนไหว และสถานที่ที่อยู่ใกล้เคียงขอบเขตพื้นที่ โครงการมากที่สุด คือ บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการท่าเหมืองประมาณ 30 เมตร หรือห่างจากบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 40 เมตร ซึ่งในการศึกษาและประเมินระดับเสียง ที่เกิดขึ้นจากการระเบิดแร่หรือหิน โดยดัดแปลงข้อมูลตามการศึกษาของสำนักการเหมืองแร่ ประเทศ สหรัฐอเมริกา (The United States Bureau of Mines: Report of Investigation No. 8507; USBM RI 8507) สรุปได้ว่า การเกิดเสียงดัง และคลื่นอัดอากาศจากการระเบิดเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณวัตถุระเบิด ที่จุดระเบิดพร้อมกันมากที่สุด ซึ่งสามารถหาระดับความดังของเสียงได้จากอัตราส่วนระยะทางต่อรากที่สาม ของน้ำหนักวัตถุระเบิดที่จุดระเบิดพร้อมกันมากที่สุด ได้ตามสมการ

$$dBI = 165 - 25 \log [ d \div \sqrt[3]{W} ]$$

เมื่อ; dBI คือ ระดับความดันของเสียงเกินระดับ (Overpressure) ในฟอร์มการไดยิน(เดซิเบล)

d คือ ระยะทางจากจุดที่มีการระเบิดถึงจุดตรวจวัด (เมตร)

W คือ น้ำหนักวัตถุระเบิดที่จุดระเบิดพร้อมกันมากที่สุดต่อจังหวะถ่วง (กิโลกรัม)

:ตามแผนผังการทำเหมืองของโครงการ กำหนดให้ใช้ปริมาณวัตถุระเบิด

ประมาณ 22.93 ปอนด์ต่อจังหวะถ่วง (10.40 กิโลกรัมต่อจังหวะถ่วง)

$d \div \sqrt[3]{W}$  คือ อัตราส่วนระยะทาง (เมตร/รากที่สามของกิโลกรัม)

การวัดและรายงานผลความดันของอากาศที่มีค่ามากกว่าความดันบรรยากาศ (Air Overpressure) มีหน่วยเป็นปอนด์/ตารางนิ้ว เมกะพาสกาล (Mpa) หรือเดซิเบล ซึ่งหน่วยเดซิเบล มีความสัมพันธ์ในรูปของล็อกฟังก์ชันกับความดันเมื่อเปรียบเทียบกับความดันของชั้นบรรยากาศ ดังนี้

$$dB = 20 \log (P/P_o)$$

เมื่อ; dB คือ ค่าของความดันเสียงเกินระดับ (Overpressure) ในฟอร์มการได้ยิน (เดซิเบล)

P คือ ความดันเสียงเกินระดับในฟอร์มของความดัน (ปอนด์/ตารางนิ้ว)

P<sub>o</sub> คือ ค่าของความดันเสียงมาตรฐาน (Reference Pressure) ซึ่งเท่ากับ

$$2.9 \times 10^{-9} \text{ ปอนด์/ตารางนิ้ว}$$

$$\text{ดังนั้น } \text{psi} = 2.9 \times 10^{-9} \times \text{antilog} (dB/20)$$

ค่าของความดันเสียงเกินระดับ และความดันของคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการท่าเหมืองประมาณ 30 เมตร หรือห่างจากบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 40 เมตร

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า; } dBL &= 165 - 25 \log [40 / \sqrt[3]{10.40}] \\ &= 137.66 \text{ เดซิเบล} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{psi} &= 2.9 \times 10^{-9} \times \text{antilog} (137.66 / 20) \\ &= 0.02215 \text{ psi} \end{aligned}$$

นั่นคือ บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการท่าเหมืองประมาณ 30 เมตร หรือห่างจากบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 40 เมตร จะได้รับระดับความดันเสียงเกินระดับ และความดันของคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด เท่ากับ 137.66 เดซิเบล และ 0.02215 psi ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบผลการประเมินกับระดับความดันของเสียงที่มีผลกระทบต่อบุคคลและอาคาร (ตารางที่ 1) สามารถสรุปได้ว่า ระดับความดันเสียงและคลื่นอัดอากาศบริเวณบ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ ยังอยู่ในระดับค่าสูงสุดที่สำนักงานการเหมืองแร่ ของประเทศสหรัฐอเมริกา (USBM. TRP. 78 Safe Maximum) ต้องไม่เกิน 140 เดซิเบล และ 0.030 psi ตามลำดับ นอกจากนี้จากแผนการทำเหมืองของโครงการพบว่า จะหันทิศทางการระเบิดเข้าไปในพื้นที่โครงการท่าเหมือง ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลกระทบจากการระเบิดต่อบ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือของโครงการท่าเหมือง จึงคาดว่าจะเกิดผลกระทบในระดับต่ำ



ตารางที่ 1 แสดงระดับความดังของเสียงที่มีผลกระทบต่อบุคคลและอาคาร

	psi	ผลกระทบที่เกิดขึ้น
180	3.0	โครงสร้างเสียหาย
200	0.95	กระจกส่วนใหญ่แตก
160	0.30	
150	0.095	กระจกแตกบางส่วน
140	0.030	ค่าสูงสุดที่สำนักสุขภาพ และความปลอดภัยจากการทำงานของประเทศไทย สหรัฐอเมริกา (Occupation Safety & Health Administration:U.S. Department of Labor) ยอมรับได้ (OSHA. Maximum for Impulsive Sound)
140	0.030	ค่าสูงสุดที่สำนักการเหมืองแร่ ของประเทศสหรัฐอเมริกา (USBM. TRP. 78 Safe Maximum)
130	0.0095	ค่าที่ปลอดภัยกำหนดโดยสำนักการเหมืองแร่ ของประเทศสหรัฐอเมริกา (USBM. TRP. 78 Safe Level)
120	0.003	ค่าที่เริ่มทำให้แก้วหูเป็นอันตรายมากได้ยืนต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ
120	0.003	ค่าที่มักได้รับการร้องเรียน และค่าสูงสุดที่สำนักสุขภาพและความ ปลอดภัยจากการทำงานของประเทศไทยยอมรับได้ใน การทำงานต่อเนื่องกัน 15 นาที (OSHA. Maximum for 15 Minutes)
110	0.00095	
100	0.0003	
90	0.000095	ค่าสูงสุดที่สำนักสุขภาพ และความปลอดภัยจากการทำงานของประเทศไทย สหรัฐอเมริกายอมรับได้ในการทำงานต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง(OSHA. Maximum for 8 Hours)
80	0.00003	

ที่มา:USBM, 1980 อ้างใน กองการเหมืองแร่, 2541

## 2. แรงสั่นสะเทือนจากการระเบิด

แรงสั่นสะเทือนจากการระเบิดของโครงการ อาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ใกล้พื้นที่โครงการมากที่สุด คือ บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการทำเหมืองประมาณ 30 เมตร หรือห่างจากบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 40 เมตร ดังนั้น จึงทำการประเมินระดับผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนต่อแหล่งรับดังกล่าว ซึ่งสามารถวัดขนาดคลื่นสั่นสะเทือนได้ในรูปของความเร็วคลื่นหรือความเร็วอนุภาคสูงสุด (Peak Particle Velocity) จากสมการที่กองการเหมืองแร่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2541) ได้อ้างถึงสำนักการเหมืองแร่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Bureau of Mines; USBM, 1971) ดังนี้

$$V = K(d/W^{1/2})^m$$

- เมื่อ; V คือ ค่าความเร็วคลื่น หรือค่าความเร็วอนุภาคสูงสุด (นิ้ว/วินาที)  
d คือ ระยะทางจากจุดระเบิดกับจุดที่ตั้งของอาคารสิ่งปลูกสร้าง (ฟุต)  
W คือ ปริมาณวัตถุระเบิดไฟฟ้าถ่วงเวลาไม่ต่ำกว่า 8/1,000 วินาที (ปอนด์/จังหวะถ่วง)  
:ตามแผนผังการทำเหมืองของโครงการกำหนดให้ใช้ปริมาณวัตถุระเบิดประมาณ  
10.40 กิโลกรัม/จังหวะถ่วงสูงสุด (หรือประมาณ 22.93 ปอนด์/จังหวะถ่วงสูงสุด)  
K, m คือ ค่าคงที่ตามเอกสารของ Dupont Blaster's Handbook (E.I. Dupont de Nemours & Co., 1980 อ้างใน สง่า ตั้งขวาล, 2541) กำหนดค่า K = 160 และ m = -1.6

ดังนั้น สมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ  $V = 160 (d/W^{1/2})^{-1.6}$

บริเวณบ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการทำเหมืองประมาณ 30 เมตร หรือห่างจากบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 40 เมตร หรือประมาณ 131.23 ฟุต

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า} \quad V &= 160 \times (131.23/22.93^{1/2})^{-1.6} \\ &= 0.8 \text{ นิ้ว/วินาที}\end{aligned}$$

จากผลการคำนวณข้างต้นสรุปได้ว่า บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการทำเหมืองประมาณ 30 เมตร หรือห่างจากบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 40 เมตร จะได้รับค่าความเร็วคลื่นหรือค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดเท่ากับ 0.8 นิ้ว/วินาที

เมื่อนำผลการคำนวณค่าความเร็วคลื่นหรือค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดที่แหล่งรับได้รับไปเปรียบเทียบกับค่าความเร็วคลื่นหรือความเร็วอนุภาคสูงสุดที่เกิดความสั่นสะเทือนจากการระเบิดที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อาคารสิ่งปลูกสร้าง (ตารางที่ 2) ตามข้อกำหนดของสำนักการเหมืองแร่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (กรมทรัพยากรธรณี, 2541 อ้างถึง United States Bureau of Mines, 1971) พบว่า ระดับค่าความเร็วคลื่นหรือค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดบริเวณบ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ มีค่าน้อยกว่า 2 นิ้ว/วินาที ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัยจากด้านแรงสั่นสะเทือนจากการระเบิด

ตารางที่ 2 แสดงค่าความเร็วคลื่นหรือความเร็วอนุภาคสูงสุดที่เกิดความสั่นสะเทือนจากการระเบิดที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อาคารสิ่งปลูกสร้าง

ค่าความเร็วคลื่น (นิ้ว/วินาที)	ระดับของความเสียหาย
<2	ปลอดภัย
2-4	ปูนพลาสเตอร์มีรอยแตก
4-7	เกิดความเสียหายเล็กน้อย
>7	เกิดความเสียหายอย่างรุนแรง

ที่มา: กองการเหมืองแร่, 2541 อ้างถึง United States Bureau of Mines, 1971

### 3. การปลิวกระเด็นของเศษหิน

การใช้วัตถุระเบิดในการทำเหมืองของโครงการ อาจก่อให้เกิดผลกระทบจากการปลิวกระเด็นของเศษหินจากแรงอัดระเบิดต่อบ้านเรือนประชาชนบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการ ทางสาธารณะ รวมถึงผู้ใช้เส้นทาง และแหล่งธรรมชาติที่สำคัญของชุมชน ซึ่งระยะทางการกระเด็นของเศษหินจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณการใช้วัตถุระเบิด วิธีการจุดระเบิด ความสูงของหน้าเหมือง ตลอดจนการออกแบบหน้าเหมือง เป็นต้น ซึ่งจะสามารถประเมินระยะหินปลิวกระเด็นจากการระเบิดของโครงการในแต่ละประเด็นได้ดังต่อไปนี้

#### 1) ระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านหน้าของหน้าระเบิด (Bench Front)

การศึกษาระยะหินปลิวกระเด็นจากการระเบิดที่บริเวณหน้าอึสระ พบว่า ระยะทางที่หินปลิวไปได้ไกลที่สุดจากด้านหน้าของหน้าระเบิดในแนวราบ สามารถประเมินได้จากสมการหาระยะที่หินปลิวกระเด็นไปได้ไกลที่สุด (กรมทรัพยากรธรณี, 2541 อ้างถึง USBM, 1971) ดังนี้

$$L_m = 0.334 [7.42 \times 10^5 (d/b)^2 - 200] (0.44 D/5,490)^2$$

- เมื่อ;
- Lm คือ ระยะทางในแนวราบที่หินปลิวกระเด็นไปได้ไกลที่สุด (ฟุต)
  - d คือ ขนาดรูระเบิด (ฟุต)
  - b คือ ระยะ Burden ที่น้อยที่สุด (ฟุต)
  - D คือ ความเร็วในการระเบิดของวัตถุระเบิดที่ใช้ (ฟุต/วินาที)



จากแผนผังการทำเหมืองของโครงการ กำหนดให้มีการเจาะรูระเบิด โดยใช้เครื่องเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ( $d = 0.25$  ฟุต) ระยะ Burden ประมาณ 2.0 เมตร ( $b = 6.56$  ฟุต) และระยะ Spacing ประมาณ 2.5 เมตร ( $b = 8.20$  ฟุต) ซึ่งจะได้ค่าความเร็วในการระเบิดของ AN-FO ที่ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูระเบิด (ตารางที่ 3) ซึ่งในที่นี้จะใช้ค่า  $D = 12,000$  ฟุต/วินาที ( $0.44D = 5,280$ ) ดังนั้นจะสามารถคำนวณระยะหินปลิวกระเด็นไกลที่สุด ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า; } L_m &= 0.334 [7.42 \times 10^5 (0.25/6.56)^2 - 200] (5,280/5,490)^2 \\ &= 147.93 \text{ ฟุต หรือ } 45.09 \text{ เมตร}\end{aligned}$$

จะเห็นได้ว่า การใช้วัตถุระเบิดในการทำเหมืองของโครงการ จะทำให้เศษหินปลิวกระเด็นไปได้ไกลที่สุดในแนวราบทิศทางเดียวกับหน้างานเป็นระยะทางประมาณ 147.93 ฟุต หรือ 45.09 เมตร จากจุดที่ทำการระเบิด เมื่อพิจารณาถึงแหล่งรับที่อยู่บริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการมากที่สุด คือ บ้านหลังไกลที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการทำเหมืองประมาณ 30 เมตร หรือห่างจากบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 40 เมตร ทั้งนี้แผนการทำเหมืองของโครงการกำหนดให้ทิศทางการระเบิดเข้าไปในเขตพื้นที่โครงการทำเหมืองเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลกระทบจากการระเบิดต่อบ้านหลังไกลที่สุดทางทิศเหนือของโครงการทำเหมือง จึงคาดว่า จะไม่เกิดผลกระทบ

ตารางที่ 3 แสดงค่าความเร็วในการระเบิดของ AN-FO เมื่อรูระเบิดมีขนาดต่างๆ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของรูระเบิด (นิ้ว)	ความเร็วในการ ระเบิด(ฟุตต่อวินาที)	$0.44 \times$ ความเร็วในการระเบิด ( $0.44 D$ )
1.5	8,000	3,520
2.5	11,600	5,104
3	12,000	5,280
6.5	13,900	6,116
9	14,500	6,380
15	15,000	6,600

ที่มา:กรมทรัพยากรธรณี, 2541 อ้างถึง United States Bureau of Mines, 1971

## 2) ระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิด (Bench Top)

การศึกษาระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิดของโครงการ พิจารณาจากผลการศึกษาของสำนักการเหมืองแร่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (กรมทรัพยากรธรณี, 2541 อ้างถึง USBM,1979) พบว่า ระยะทางที่หินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิดขึ้นอยู่กับระยะปิดปากรูระเบิด (Stemming) กับ รากที่สามของปริมาณวัตถุระเบิดสูงสุดที่ระเบิดพร้อมกันซึ่งสามารถคำนวณหาระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิดได้ ตามสมการต่อไปนี้

$$F_s = S / \sqrt[3]{w}$$

เมื่อ;  $F_s$  คือ อัตราส่วนระหว่างระยะปิดปากรูระเบิด/รากที่สามของปริมาณวัตถุระเบิดสูงสุดที่ระเบิดพร้อมกัน

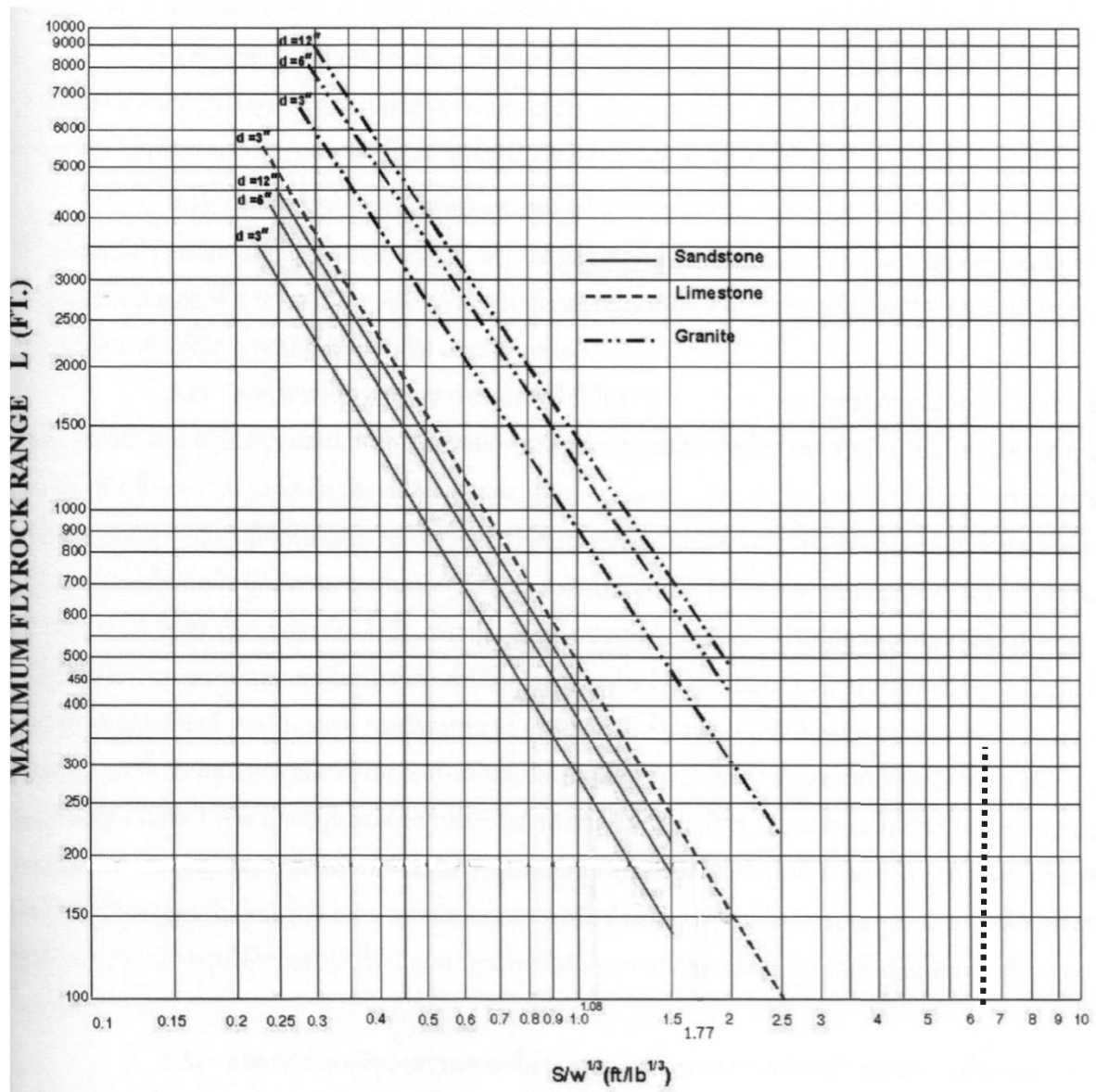
$S$  คือ ระยะอัดปิดปากรูระเบิด (ฟุต)

$\sqrt[3]{w}$  คือ ปริมาณวัตถุระเบิดสูงสุดที่ระเบิดพร้อมกัน (ปอนด์)

จากแผนการระเบิดของโครงการ พบว่า ระยะปิดปากรูระเบิดสูงสุด (Stemming) เท่ากับ 5.45 เมตร ( $S = 17.88$  ฟุต) ใช้ปริมาณวัตถุระเบิดไม่เกิน 10.40 กิโลกรัม/จังหวะถ่วง ( $w = 22.93$  ปอนด์/จังหวะถ่วง) ดังนั้น สามารถคำนวณหาระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนรูระเบิดได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า; } F_s &= 17.88 / (\sqrt[3]{22.93}) \\ &= 6.29 \text{ ฟุต/ รากที่สามของปอนด์}\end{aligned}$$

จากการคำนวณข้างต้น พบว่า จะมีระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิดเท่ากับ 6.29 ฟุต/รากที่สามของปอนด์ และเมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะหินปลิวกระเด็นไปได้ไกลที่สุดจากด้านบนของรูระเบิด โดยเปรียบเทียบกับค่า ( $S / \sqrt[3]{w}$ ) ของสำนักการเหมืองแร่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 1) พบว่า ระยะการปลิวกระเด็นของหิน ขนาดรูระเบิด 3 นิ้ว มีระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิดที่ไม่สามารถประเมินระยะได้เนื่องจากน้อยกว่าค่าต่ำสุดที่มีในกราฟ



ที่มา:ดัดแปลงจากกองการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2541

รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะหินปลิวกระเด็นไปได้ไกลที่สุด  
จากด้านบนของรูระเบิด โดยเปรียบเทียบกับค่า  $S/W^{1/3}$



### 3) สรุปผลกระทบจากการปลิวกระเด็นของเศษหิน

จากระยะการปลิวกระเด็นของเศษหินที่ประเมินได้ คือ ระยะการปลิวกระเด็นจากด้านหน้าของหน้าระเบิด เท่ากับ 45.09 เมตร และด้านบนของรูระเบิดเทียบจากระยะการปลิวกระเด็นของหินไม่สามารถประเมินระยะได้เนื่องจากน้อยกว่าค่าต่ำสุดที่มีในกราฟ เมื่อพิจารณา Receptor ที่อยู่ใกล้เคียงกับจุดระเบิดมากที่สุด สามารถสรุปได้ว่า

ผลกระทบต่อบ้านเรือนราษฎร จากการประเมินระยะการปลิวกระเด็นของเศษหินดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบหรือสร้างความเสียหายต่อพื้นที่อ่อนไหว และสถานที่ที่อยู่ใกล้ที่สุดคือ บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการทำเหมืองประมาณ 30 เมตร หรือห่างจากบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 40 เมตร แต่อย่างใด

สรุป โครงการทำเหมืองแปลงนี้จะใช้ปริมาณวัตถุระเบิดในพื้นที่ควบคุมการใช้วัตถุระเบิดทางตอนเหนือของโครงการ โดยวัดระยะจากขอบแปลงบริเวณหลักหมายเขตเหมืองแร่มุมที่ 1-2-3 ภายในระยะ 100 เมตร ไม่เกิน 10.40 กิโลกรัมต่อจังหวัดว่าง หรือ 1 รูต่อจังหวัดว่าง เพื่อป้องกันผลกระทบด้านความสั่นสะเทือน ความดัง คลื่นอัดอากาศ และการปลิวกระเด็นของเศษหินต่อสิ่งปลูกสร้างคือ บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือของพื้นที่โครงการ

ขอบเขตบริเวณหลักหมายเขตเหมืองแร่มุมที่ 1-2-3 ระยะมากกว่า 100 เมตร

1.ระยะระหว่างหน้าผาถึงรูเจาะระเบิดแถวแรก(Burden,B) หมายถึง ระยะทางที่ใกล้ที่สุดวัดจากหน้าผา ถึงรูเจาะระเบิดที่จะมีการจุดระเบิดเป็นอันดับแรก

แทนค่า ระยะ Burden = 2.5 เมตร

## Burden

สำหรับโครงการทำเหมืองแปลงนี้จะใช้ ระยะ Spacing(เมตร) =  $1.2 \times B$

3.ระยะในการอัดปิดรูระเบิด(Stemming Distance,C) หมายถึง ระยะที่เพียงพอที่จะป้องกันไม่ให้เกิดดินอัดไว้พุ่งออกทางปากระเบิด

สำหรับโครงการทำเหมืองแปลงนี้จะใช้ ระยะ Stemming(เมตร) =  $1.2 \times B$

4.ระยะที่ต้องเจาะต่ำกว่าดินของหน้าผา(Subdrilling,D) หมายถึง ระยะที่ต้องเจาะต่ำลงไปจากพื้นล่างหน้าผาเพื่อให้แน่ใจว่า ภายหลังการระเบิดจะได้พื้นที่เรียบเสมอกับพื้นล่างของหน้าผา

สำหรับโครงการทำเหมืองแปลงนี้ จะใช้ระยะ subdrilling (เมตร) = 0.35 เท่าของระยะ B

น.6/183

ฉะนั้น ในการระเบิดจำนวน 1 รูระเบิดจะต้องใช้ปริมาณวัตถุระเบิดดังนี้

-เครื่องเจาะรูระเบิด Hydraulic Crawler Drill Ø เท่ากับ 3.0 นิ้ว

-ความสูงหน้าเหมือง 7.5 เมตร(รูเจาะเอียง 82 องศา ดังนั้น มีความยาวในแนวเอียง 7.60 เมตร)

-ระยะ Subdrilling เท่ากับ 0.875 เมตร

-ความลึกรูเจาะ = ความยาวรูในแนวเอียง + ระยะ Subdrilling

$$= 7.6 + 0.875 \text{ เมตร}$$

$$= 8.475 \text{ เมตร}$$

$$\approx 8.5 \text{ เมตร}$$

-ระยะ Burden เท่ากับ 2.5 เมตร

-ระยะ Spacing เท่ากับ 3.0 เมตร

-ระยะ Stemming เท่ากับ 3.0 เมตร

-ระยะอัดวัตถุระเบิด Column Charge = ความลึกรูเจาะ - ระยะ Stemming

$$= 8.5 - 3.0 \text{ เมตร}$$

$$= 5.5 \text{ เมตร}$$

-จำนวนปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรทที่ใช้ 3.6 กิโลกรัมต่อเมตร

-น้ำหนักปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรทในหนึ่งรูเจาะระเบิด =  $5.5 \times 3.6$  กิโลกรัม

$$= 19.8 \text{ กิโลกรัม}$$

-จำนวนดินระเบิดที่ต้องใช้สำหรับจุดระเบิดเท่ากับ 5% โดยน้ำหนักของแอมโมเนียมไนเตรท

$$= 0.05 \times 19.8 \text{ กิโลกรัม}$$

$$= 0.99 \text{ กิโลกรัม}$$

รวมปริมาณวัตถุระเบิดที่ใช้ทั้งหมดในหนึ่งรูระเบิด =  $19.8 + 0.99$  กิโลกรัม

$$= 20.79 \text{ กิโลกรัม}$$

-ปริมาตรแร่ที่ได้ในการระเบิดหนึ่งรูระเบิด =  $2.5 \times 3.0 \times 7.5$  ลูกบาศก์เมตร

$$= 56.25 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

-Specific Drilling =  $8.5 \div 56.25$

$$= 0.15 \text{ เมตรต่อลูกบาศก์เมตร}$$

-Specific Charge =  $20.79 \div 56.25$

$$= 0.37 \text{ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}$$



## การคำนวณผลกระทบการใช้วัตถุระเบิดนอกเหนือจากพื้นที่ควบคุมการใช้วัตถุระเบิด

แผนการใช้วัตถุระเบิดเพื่อผลิตหินของโครงการ นอกเหนือจากพื้นที่ควบคุมการใช้วัตถุระเบิด จะใช้หัวเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 นิ้ว มีรูปแบบการระเบิด คือ ระยะ Burden เท่ากับ 2.5 เมตร ระยะ Spacing เท่ากับ 3 เมตร และระยะความสูงหน้าเหมือง (Bench Height) เท่ากับ 7.5 เมตร ปริมาณวัตถุระเบิดที่ใช้ประมาณ 20.79 กิโลกรัม/รู วัตถุระเบิดจะใช้แอมโมเนียมไนเตรทผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 94:6 โดยน้ำหนัก ใช้ดินระเบิดชนิดอีมีลชั่นหรือไดนาไมต์เป็นตัวกระตุ้นและจุดระเบิดด้วยแท่งไฟฟ้าแบบจิ้งหะถ่วง จะใช้ปริมาณวัตถุระเบิดต่อจิ้งหะถ่วงไม่เกิน 83.16 กิโลกรัมต่อจิ้งหะถ่วง หรือ 4 รูต่อจิ้งหะถ่วง (เอกสาร หมายเลข 4 และ 4.2)

### 1. ผลกระทบจากความดังเสียงและคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด

เมื่อมีการระเบิดแรกในการทำเหมืองแร่ของโครงการ อาจจะทำให้เกิดผลกระทบด้านเสียงดังเกินระดับ (Overpressure) และคลื่นอัดอากาศ (Air Blast) ต่อพื้นที่อ่อนไหว และสถานที่ที่อยู่ใกล้เคียงขอบเขตพื้นที่โครงการมากที่สุด คือ บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 130 เมตร ซึ่งในการศึกษาและประเมินระดับเสียงที่เกิดขึ้นจากการระเบิดแรกหรือหิน โดยตัดแปลงข้อมูลตามการศึกษาของสำนักการเหมืองแร่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (The United States Bureau of Mines: Report of Investigation No. 8507; USBM RI 8507) สรุปได้ว่า การเกิดเสียงดัง และคลื่นอัดอากาศจากการระเบิดเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณวัตถุระเบิดที่จุดระเบิดพร้อมกันมากที่สุด ซึ่งสามารถหาระดับความดังของเสียงได้จากอัตราส่วนระยะทางต่อรากที่สามของน้ำหนักวัตถุระเบิดที่จุดระเบิดพร้อมกันมากที่สุด ได้ตามสมการ

$$dBI = 165 - 25 \log [ d \div \sqrt[3]{W} ]$$

เมื่อ; dBI คือ ระดับความดันของเสียงเกินระดับ (Overpressure) ในฟอร์มการไดยิน(เดซิเบล)

d คือ ระยะทางจากจุดที่มีการระเบิดถึงจุดตรวจวัด (เมตร)

W คือ น้ำหนักวัตถุระเบิดที่จุดระเบิดพร้อมกันมากที่สุดต่อจิ้งหะถ่วง (กิโลกรัม)

:ตามแผนผังการทำเหมืองของโครงการ กำหนดให้ใช้ปริมาณวัตถุระเบิด

ประมาณ 183.34 ปอนด์ต่อจิ้งหะถ่วง (83.16 กิโลกรัมต่อจิ้งหะถ่วง)

$d \div \sqrt[3]{W}$  คือ อัตราส่วนระยะทาง (เมตร/รากที่สามของกิโลกรัม)

การวัดและรายงานผลความดันของอากาศที่มีค่ามากกว่าความดันบรรยากาศ (Air Overpressure) มีหน่วยเป็นปอนด์/ตารางนิ้ว เมกะพาสคาล (Mpa) หรือเดซิเบล ซึ่งหน่วยเดซิเบล มีความสัมพันธ์ในรูปของ ล็อกฟังก์ชันกับความดันเมื่อเปรียบเทียบกับความดันของชั้นบรรยากาศ ดังนี้

$$dB = 20 \log (P/P_o)$$

เมื่อ; dB คือ ค่าของความดันเสียงเกินระดับ (Overpressure) ในฟอร์มการได้ยิน (เดซิเบล)

P คือ ความดันเสียงเกินระดับในฟอร์มของความดัน (ปอนด์/ตารางนิ้ว)

P<sub>o</sub> คือ ค่าของความดันเสียงมาตรฐาน (Reference Pressure) ซึ่งเท่ากับ

$$2.9 \times 10^{-9} \text{ ปอนด์/ตารางนิ้ว}$$

$$\text{ดังนั้น } \text{psi} = 2.9 \times 10^{-9} \times \text{antilog} (dB/20)$$

ค่าของความดันเสียงเกินระดับ และความดันของคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 130 เมตร

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า; } dBl &= 165 - 25 \log [130 / \sqrt[3]{83.16}] \\ &= 128.15 \text{ เดซิเบล} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{psi} &= 2.9 \times 10^{-9} \times \text{antilog} (128.15 / 20) \\ &= 0.00741 \text{ psi} \end{aligned}$$

นั่นคือ บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 130 เมตร จะได้รับระดับความดันเสียงเกินระดับ และความดันของคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด เท่ากับ 128.15 เดซิเบล และ 0.00741 psi ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบผลการประเมินกับระดับความดันของเสียงที่มีผลกระทบต่อบุคคลและอาคาร (ตารางที่ 1) สามารถสรุปได้ว่า ระดับความดันเสียงและคลื่นอัดอากาศบริเวณบ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ ยังอยู่ในระดับค่าที่ปลอดภัยกำหนดโดยสำนักการเหมืองแร่ ของประเทศสหรัฐอเมริกา (USBM. TRP. 78 Safe Level) ต้องไม่เกิน 130 เดซิเบล และ 0.0095 psi ตามลำดับ นอกจากนี้จากแผนการทำเหมืองของโครงการพบว่าจะหันทิศทางการระเบิดเข้าไปในพื้นที่โครงการทำเหมือง ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลกระทบจากการระเบิดต่อบ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือของโครงการทำเหมือง จึงคาดว่าจะเกิดผลกระทบในระดับต่ำ

ตารางที่ 1 แสดงระดับความดังของเสียงที่มีผลกระทบต่อบุคคลและอาคาร

	psi	ผลกระทบที่เกิดขึ้น
180	3.0	โครงสร้างเสียหาย
200	0.95	กระจกส่วนใหญ่แตก
160	0.30	
150	0.095	กระจกแตกบางส่วน
140	0.030	ค่าสูงสุดที่สำนักสุขภาพ และความปลอดภัยจากการทำงานของประเทศไทย สหรัฐอเมริกา (Occupation Safety & Health Administration:U.S. Department of Labor) ยอมรับได้ (OSHA. Maximum for Impulsive Sound)
140	0.030	ค่าสูงสุดที่สำนักการเหมืองแร่ ของประเทศสหรัฐอเมริกา (USBM. TRP. 78 Safe Maximum)
130	0.0095	ค่าที่ปลอดภัยกำหนดโดยสำนักการเหมืองแร่ ของประเทศสหรัฐอเมริกา (USBM. TRP. 78 Safe Level)
120	0.003	ค่าที่เริ่มทำให้แก้วหูเป็นอันตรายมากได้ยืนต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ
120	0.003	ค่าที่มักได้รับการร้องเรียน และค่าสูงสุดที่สำนักสุขภาพและความ ปลอดภัยจากการทำงานของประเทศไทยยอมรับได้ใน การทำงานต่อเนื่องกัน 15 นาที (OSHA. Maximum for 15 Minutes)
110	0.00095	
100	0.0003	
90	0.000095	ค่าสูงสุดที่สำนักสุขภาพ และความปลอดภัยจากการทำงานของประเทศไทย สหรัฐอเมริกายอมรับได้ในการทำงานต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง(OSHA. Maximum for 8 Hours)
80	0.00003	

ที่มา:USBM, 1980 อ้างใน กองการเหมืองแร่, 2541



## 2. แรงสั่นสะเทือนจากการระเบิด

แรงสั่นสะเทือนจากการระเบิดของโครงการ อาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่โครงการมากที่สุด คือ บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 130 เมตร ดังนั้น จึงทำการประเมินระดับผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนต่อแหล่งรับดังกล่าว ซึ่งสามารถวัดขนาดคลื่นสั่นสะเทือนได้ในรูปของความเร็วคลื่นหรือความเร็วอนุภาคสูงสุด (Peak Particle Velocity) จากสมการที่กองการเหมืองแร่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2541) ได้อ้างถึงสำหรับการเหมืองแร่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Bureau of Mines; USBM, 1971) ดังนี้

$$V = K(d/W^{1/2})^m$$

เมื่อ; V คือ ค่าความเร็วคลื่น หรือค่าความเร็วอนุภาคสูงสุด (นิ้ว/วินาที)

d คือ ระยะทางจากจุดระเบิดกับจุดที่ตั้งของอาคารสิ่งปลูกสร้าง (ฟุต)

W คือ ปริมาณวัตถุระเบิดไฟฟ้าถ่วงเวลาไม่ต่ำกว่า 8/1,000 วินาที (ปอนด์/จังหวะถ่วง)

:ตามแผนผังการทำเหมืองของโครงการกำหนดให้ใช้ปริมาณวัตถุระเบิดประมาณ

83.16 กิโลกรัม/จังหวะถ่วงสูงสุด (หรือประมาณ 183.34 ปอนด์/จังหวะถ่วงสูงสุด)

K, m คือ ค่าคงที่ตามเอกสารของ Dupont Blaster's Handbook (E.I. Dupont de Nemours & Co., 1980 อ้างใน สง่า ตั้งชวาล, 2541) กำหนดค่า K = 160 และ m = -1.6

ดังนั้น สมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ  $V = 160 (d/W^{1/2})^{-1.6}$

บริเวณบ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 130 เมตร หรือประมาณ 426.51 ฟุต

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า } V &= 160 \times (426.51/183.34^{1/2})^{-1.6} \\ &= 0.6410 \text{ นิ้ว/วินาที}\end{aligned}$$

จากผลการคำนวณข้างต้นสรุปได้ว่า บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ ที่อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 130 เมตร จะได้รับค่าความเร็วคลื่นหรือค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดเท่ากับ 0.6410 นิ้ว/วินาที

เมื่อนำผลการคำนวณค่าความเร็วคลื่นหรือค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดที่แหล่งรับได้รับไปเปรียบเทียบกับค่าความเร็วคลื่นหรือความเร็วอนุภาคสูงสุดที่เกิดความสั่นสะเทือนจากการระเบิดที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อาคารสิ่งปลูกสร้าง (ตารางที่ 2) ตามข้อกำหนดของสำนักการเหมืองแร่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (กรมทรัพยากรธรณี, 2541 อ้างถึง United States Bureau of Mines, 1971) พบว่า ระดับค่าความเร็วคลื่นหรือค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดบริเวณบ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือ มีค่าน้อยกว่า 2 นิ้ว/วินาที ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัยจากด้านแรงสั่นสะเทือนจากการระเบิด

ตารางที่ 2 แสดงค่าความเร็วคลื่นหรือความเร็วอนุภาคสูงสุดที่เกิดความสั่นสะเทือนจากการระเบิดที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อาคารสิ่งปลูกสร้าง

ค่าความเร็วคลื่น (นิ้ว/วินาที)	ระดับของความเสียหาย
<2	ปลอดภัย
2-4	ปูนพลาสเตอร์มีรอยแตก
4-7	เกิดความเสียหายเล็กน้อย
>7	เกิดความเสียหายอย่างรุนแรง

ที่มา: กองการเหมืองแร่, 2541 อ้างถึง United States Bureau of Mines, 1971

### 3. การปลิวกระเด็นของเศษหิน

การใช้วัตถุระเบิดในการทำเหมืองของโครงการ อาจก่อให้เกิดผลกระทบจากการปลิวกระเด็นของเศษหินจากแรงอัดระเบิดต่อบ้านเรือนประชาชนบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการ ทางสาธารณะ รวมถึงผู้ใช้เส้นทาง และแหล่งธรรมชาติที่สำคัญของชุมชน ซึ่งระยะทางการกระเด็นของเศษหินจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณการใช้วัตถุระเบิด วิธีการจุดระเบิด ความสูงของหน้าเหมือง ตลอดจนการออกแบบหน้าเหมือง เป็นต้น ซึ่งจะสามารถประเมินระยะหินปลิวกระเด็นจากการระเบิดของโครงการในแต่ละประเด็นได้ดังต่อไปนี้

#### 1) ระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านหน้าของหน้าระเบิด (Bench Front)

การศึกษาระยะหินปลิวกระเด็นจากการระเบิดที่บริเวณหน้าอึสระ พบว่า ระยะทางที่หินปลิวไปได้ไกลที่สุดจากด้านหน้าของหน้าระเบิดในแนวราบ สามารถประเมินได้จากสมการหาระยะที่หินปลิวกระเด็นไปได้ไกลที่สุด (กรมทรัพยากรธรณี, 2541 อ้างถึง USBM, 1971) ดังนี้

$$L_m = 0.334 [7.42 \times 10^5 (d/b)^2 - 200] (0.44 D/5,490)^2$$

- เมื่อ;
- Lm คือ ระยะทางในแนวราบที่หินปลิวกระเด็นไปได้ไกลที่สุด (ฟุต)
  - d คือ ขนาดรูระเบิด (ฟุต)
  - b คือ ระยะ Burden ที่น้อยที่สุด (ฟุต)
  - D คือ ความเร็วในการระเบิดของวัตถุระเบิดที่ใช้ (ฟุต/วินาที)

จากแผนผังการทำเหมืองของโครงการ กำหนดให้มีการเจาะระเบิด โดยใช้เครื่องเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ( $d = 0.25$  ฟุต) ระยะ Burden ประมาณ 2.5 เมตร ( $b = 8.20$  ฟุต) และระยะ Spacing ประมาณ 3.0 เมตร ( $b = 9.84$  ฟุต) ซึ่งจะได้ค่าความเร็วในการระเบิดของ AN-FO ที่ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระเบิด (ตารางที่ 3) ซึ่งในที่นี้จะใช้ค่า  $D = 12,000$  ฟุต/วินาที ( $0.44D = 5,280$ ) ดังนั้นจะสามารถคำนวณระยะหินปลิวกระเด็นไกลที่สุด ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า; } L_m &= 0.334 [7.42 \times 10^5 (0.25/8.20)^2 - 200] (5,280/5,490)^2 \\ &= 151.28 \text{ ฟุต หรือ } 46.11 \text{ เมตร}\end{aligned}$$

จะเห็นได้ว่า การใช้วัตถุระเบิดในการทำเหมืองของโครงการ จะทำให้เศษหินปลิวกระเด็นไปได้ไกลที่สุดในแนวราบทิศทางเดียวกับหน้างานเป็นระยะทางประมาณ 151.28 ฟุต หรือ 46.11 เมตร จากจุดที่ทำการระเบิด เมื่อพิจารณาถึงแหล่งรับที่อยู่บริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการมากที่สุด คือ บ้านหลังไกลที่สุดทางทิศเหนือ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 130 เมตร ซึ่งอยู่ในระยะที่ปลอดภัยจากการปลิวกระเด็นและไม่ได้รับผลกระทบจากหินปลิวกระเด็นจากด้านหน้าของหน้าระเบิดของโครงการแต่อย่างใด นอกจากนี้จากแผนการทำเหมืองของโครงการพบว่าจะหันทิศทางการระเบิดเข้าไปในเขตพื้นที่โครงการทำเหมือง ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลกระทบจากการระเบิดต่อบ้านหลังไกลที่สุดทางทิศเหนือของโครงการทำเหมือง จึงคาดว่า จะไม่เกิดผลกระทบ

ตารางที่ 3 แสดงค่าความเร็วในการระเบิดของ AN-FO เมื่อระเบิดมีขนาดต่างๆ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของระเบิด (นิ้ว)	ความเร็วในการ ระเบิด(ฟุตต่อวินาที)	$0.44 \times$ ความเร็วในการระเบิด ( $0.44 D$ )
1.5	8,000	3,520
2.5	11,600	5,104
3	12,000	5,280
6.5	13,900	6,116
9	14,500	6,380
15	15,000	6,600

ที่มา:กรมทรัพยากรธรณี, 2541 อ้างถึง United States Bureau of Mines, 1971

## 2) ระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิด (Bench Top)

การศึกษาระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิดของโครงการ พิจารณาจากผลการศึกษาของสำนักการเหมืองแร่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (กรมทรัพยากรธรณี, 2541 อ้างถึง USBM,1979) พบว่า ระยะทางที่หินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิดขึ้นอยู่กับระยะปิดปากรูระเบิด (Stemming) กับ รากที่สามของปริมาณวัตถุระเบิดสูงสุดที่ระเบิดพร้อมกันซึ่งสามารถคำนวณหาระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิดได้ ตามสมการต่อไปนี้

$$F_s = S / \sqrt[3]{w}$$

เมื่อ;  $F_s$  คือ อัตราส่วนระหว่างระยะปิดปากรูระเบิด/รากที่สามของปริมาณวัตถุระเบิดสูงสุดที่ระเบิดพร้อมกัน

$S$  คือ ระยะอัดปิดปากรูระเบิด (ฟุต)

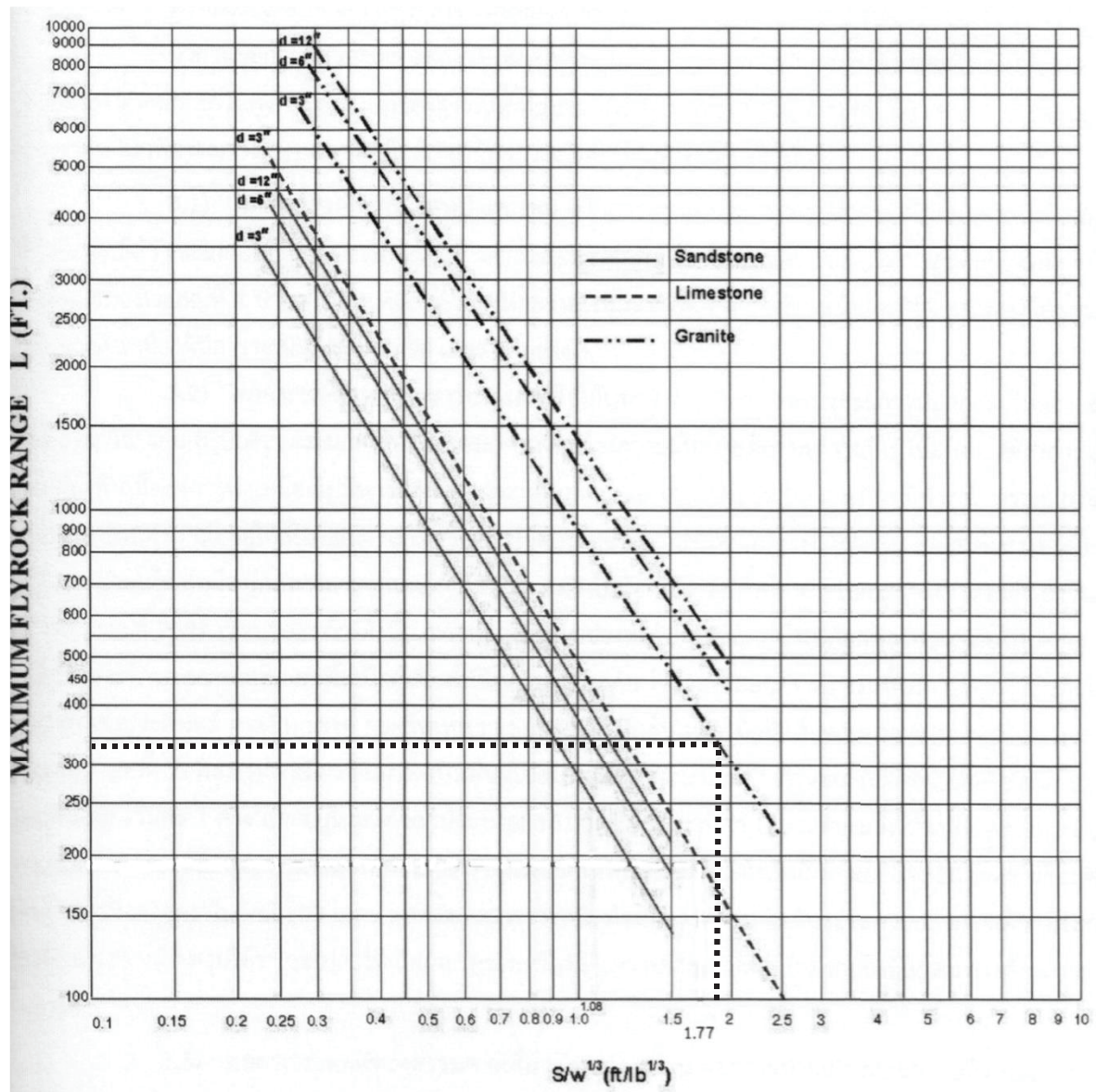
$\sqrt[3]{w}$  คือ ปริมาณวัตถุระเบิดสูงสุดที่ระเบิดพร้อมกัน (ปอนด์)

จากแผนการระเบิดของโครงการ พบว่า ระยะปิดปากรูระเบิดสูงสุด (Stemming) เท่ากับ 3.0 เมตร ( $S = 9.84$  ฟุต) ใช้ปริมาณวัตถุระเบิดไม่เกิน 83.16 กิโลกรัม/จังหวะถ่วง ( $w = 183.34$  ปอนด์/จังหวะถ่วง) ดังนั้น สามารถคำนวณหาระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนรูระเบิดได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า; } F_s &= 9.84 / (\sqrt[3]{183.34}) \\ &= 1.73 \text{ ฟุต/ รากที่สามของปอนด์}\end{aligned}$$

จากการคำนวณข้างต้น พบว่า จะมีระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิดเท่ากับ 1.73 ฟุต/รากที่สามของปอนด์ และเมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะหินปลิวกระเด็นไปได้ไกลที่สุดจากด้านบนของรูระเบิด โดยเปรียบเทียบกับค่า( $S / \sqrt[3]{w}$ ) ของสำนักการเหมืองแร่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 1) พบว่า ระยะการปลิวกระเด็นของหิน ขนาดรูระเบิด 3 นิ้ว มีระยะหินปลิวกระเด็นจากด้านบนของรูระเบิดประมาณ 340 ฟุต หรือ 103.63 เมตร





ที่มา:ดัดแปลงจากกองการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2541

รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะหินปลิวกระเด็นไปได้ไกลที่สุด  
จากด้านบนของรูระเบิด โดยเปรียบเทียบกับค่า  $S/W^{1/3}$

### 3) สรุปผลกระทบจากการปลิวกระเด็นของเศษหิน

จากระยะการปลิวกระเด็นของเศษหินที่ประเมินได้ คือ ระยะการปลิวกระเด็นจากด้านหน้าของหน้าระเบิด เท่ากับ 46.11 เมตร และด้านบนของรูระเบิดเทียบจากระยะการปลิวกระเด็นของหิน มีค่าเท่ากับ 103.63 เมตร เมื่อพิจารณา Receptor ที่อยู่ใกล้เคียงกับจุดระเบิดมากที่สุด สามารถสรุปได้ว่า

ผลกระทบต่อบ้านเรือนราษฎร จากการประเมินระยะการปลิวกระเด็นของเศษหินดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบหรือสร้างความเสียหายต่อพื้นที่อ่อนไหว และสถานที่ที่อยู่ใกล้เคียงที่สุด คือ บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือที่อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการบริเวณหน้าเหมืองที่มีการระเบิดประมาณ 130 เมตร แต่อย่างใด

สรุป โครงการทำเหมืองแปลงนี้จะใช้ปริมาณวัตถุระเบิดนอกเหนือจากพื้นที่ควบคุมการใช้วัตถุระเบิด ไม่เกิน 83.16 กิโลกรัมต่อจังหวะถ่วง หรือ 4 รูต่อจังหวะถ่วง เพื่อป้องกันผลกระทบด้านความสั่นสะเทือน ความดัง คลื่นอัดอากาศ และการปลิวกระเด็นของเศษหินต่อสิ่งปลูกสร้างคือ บ้านหลังใกล้ที่สุดทางทิศเหนือของพื้นที่โครงการ

## ภาคผนวก จ

## การประเมินความคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจสำหรับการอนุญาตประทานบัตร

### ข้อมูลโดยทั่วไป

ประเภทเหมือง ☐ 1 ☒ 2 ☐ 3

วิธีการทำเหมือง เหมืองเปิด

คำขอประทานบัตรที่ ~~คำขอต่ออายุประทานบัตรที่~~ 1/2560

ชื่อ บริษัท กิตติวิศิษฐาพาณิชย์ จำกัด

ชนิดแร่ หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง

เนื้อที่ 297 - 0 - 95 ไร่

ที่ตั้ง ตำบลบุเปือย และตำบลสีวิเชียร อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี

### 1. อัตราการผลิตขั้นต่ำของแร่ต่อปีที่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์

1.1 แร่ที่ผลิตได้จากการทำเหมืองในโครงการประมาณ 440,000 เมตริกตันต่อปี

1.2 อัตราการผลิตขั้นต่ำต่อปีที่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ตามบัญชีแสดงอัตราการผลิตขั้นต่ำต่อปีที่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์แนบท้ายประกาศกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เรื่อง หลักเกณฑ์และแนวทางการประเมินความคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจสำหรับการอนุญาตประทานบัตร(ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2561

☒ มีรายชื่อชนิดแร่ตามที่กำหนดในบัญชีแสดงอัตราการผลิตขั้นต่ำต่อปีที่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์แนบท้ายประกาศฯ คือ ชนิดแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง  
อัตราการผลิตขั้นต่ำต่อปีที่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ คือ 300,000 เมตริกตันต่อปี

☐ ไม่มีรายชื่อชนิดแร่ตามที่กำหนดในบัญชีแสดงอัตราการผลิตขั้นต่ำต่อปีที่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์แนบท้ายประกาศฯ

### 2. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการฯ จะวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงินของโครงการ จากการดำเนินโครงการต่อไปในอนาคตอีก 30 ปี นับตั้งแต่ได้รับประทานบัตรว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ โดยมีรายละเอียดการประเมิน ดังนี้

#### 2.1 รายได้จากการดำเนินการทำเหมืองแร่ในแต่ละปี (Revenue)

การประเมินรายได้จากการดำเนินการทำเหมืองเพื่อใช้ประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนจากการดำเนินโครงการต่อไปในอนาคต จะตั้งอยู่ภายใต้สมมติฐานว่าแร่ที่ผลิตได้ในแต่ละปีตามแผนผังโครงการทำเหมืองสามารถขายหรือจำหน่ายได้ในท้องตลาดได้ทั้งหมด และต่อเนื่องตลอดอายุโครงการ สำหรับการประมาณการยอดขายนั้นจะใช้ราคาประกาศตามที่กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ได้ประกาศราคาแร่ เมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 โดยกำหนดราคาหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างเท่ากับ 200 บาทต่อเมตริกตัน ซึ่งจากราคาประกาศแร่ดังกล่าวข้างต้น สามารถคำนวณมูลค่าแร่ของโครงการได้ตามตารางที่ 1



ตารางที่ 1 แสดงแผนการผลิตแร่และมูลค่าแร่แต่ละช่วงเวลา

ช่วงปีที่	ปริมาณหินบะซอลต์ (เมตริกตัน)	มูลค่าหินบะซอลต์ (บาท)
1	440,000	88,000,000
2	440,000	88,000,000
3	440,000	88,000,000
4 - 6	1,320,000	264,000,000
7 - 9	1,320,000	264,000,000
10 - 12	1,320,000	264,000,000
13 - 15	1,320,000	264,000,000
16 - 18	1,320,000	264,000,000
19 - 21	1,320,000	264,000,000
22 - 24	1,320,000	264,000,000
25 - 27	1,320,000	264,000,000
28 - 30	637,500 จะดำเนินการฟื้นฟูพื้นที่ภายหลัง การทำเหมืองทั้งหมดในปีที่ 30	127,500,000

## 2.2 เงินลงทุนเริ่มแรก (Capital Investments)

เงินลงทุนเริ่มแรกจะเกิดขึ้นตั้งแต่ออกเริ่มดำเนินการทำเหมืองในช่วงต่อไปประกอบด้วย

2.2.1 ค่าใช้จ่ายเพื่อให้ได้มาซึ่งประทานบัตร ได้แก่ ค่าสำรวจทางธรณีวิทยาและค่าวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ ค่าธรรมเนียมการอนุญาตประทานบัตรตาม พ.ร.บ.แร่ พ.ศ. 2560 ค่าจัดทำรายงานธรณีวิทยาและแผนผังโครงการทำเหมือง ค่าจัดทำรายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

2.2.2 ค่าใช้จ่ายเพื่อให้ได้มาซึ่งใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการ ได้แก่ ค่าใบอนุญาตการใช้น้ำมันใบอนุญาตสถานประกอบการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและใบอนุญาตอื่นๆ

2.2.3 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเกี่ยวกับเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำเหมือง ได้แก่ เครื่องจักรสำหรับงานขุดขน ซึ่งจะถูกหักเป็นค่าเสื่อมราคา ในระยะเวลา 5 ปี โดยถือว่าค่าซากเครื่องจักรเหล่านี้เป็นศูนย์เมื่อครบ 5 ปี

2.2.4 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเกี่ยวกับระบบสาธารณูปโภค โรงซ่อมเครื่องจักร ตาชั่งและอาคารสำนักงาน

2.2.5 ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับกระบวนการเตรียมการผลิตแร่ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการพัฒนาหน้าเหมือง

## 2.3 รายจ่ายจากการดำเนินการทำเหมืองในแต่ละปี (Annual Expenses)

เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการทำเหมือง ประกอบด้วย

2.3.1 ต้นทุนคงที่ในแต่ละปี (Fixed Costs) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะมีผลผลิตหรือไม่ก็ตาม ได้แก่ ค่าผลประโยชน์พิเศษเพื่อประโยชน์แก่รัฐ (กรณีจ่ายแบบผ่อนชำระเป็นรายปี) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับบุคลากร และการบริหารจัดการ ค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ

2.3.2 ต้นทุนแปรผันในแต่ละปี (Variable Costs) คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการดำเนินงานในแต่ละปี โดยค่าใช้จ่ายนี้ จะเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราการผลิตในแต่ละปี ได้แก่

2.3.2.1 ค่าใช้จ่ายในการผลิต เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าอะไหล่เครื่องจักร ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร

2.3.2.2 ค่าภาคหลวงแร่ โดยมีพิภกอัตราค่าภาคหลวงแร่ 4% ของราคาประกาศแร่ หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ณ 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 โดยกำหนดราคาแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง เท่ากับ 200 บาทต่อเมตริกตัน คิดเป็นค่าภาคหลวงแร่ 8 บาทต่อเมตริกตัน

2.3.2.3 เงินบำรุงพิเศษ ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดอัตราการจ่ายเงิน บำรุงพิเศษ หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการเรียกเก็บ และการจัดสรรเงินบำรุงพิเศษ ซึ่งกำหนดให้อัตรา การจ่ายเงินบำรุงพิเศษที่ 5% ของค่าภาคหลวงแร่

2.3.2.4 ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงการจัดตั้งกองทุนต่างๆ ตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม เช่น กองทุนเฝ้าระวังสุขภาพ กองทุนพัฒนาหมู่บ้านรอบ พื้นที่เหมืองแร่

### สรุปผลการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน

จากการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนจากการทำเหมืองแร่ ภายหลังได้รับอนุญาตประทานบัตร ระยะเวลา 30 ปี โดยใช้อัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ 7.5% สรุปได้ ดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เท่ากับ 190,099,263.73 บาท
2. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) เท่ากับ 16.34%
3. งวดเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) เท่ากับ 5.27 ปี

จากการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนจากการทำเหมืองของโครงการ พบว่า ผลตอบแทนทาง การเงินของโครงการอยู่ในระดับที่ดีมาก เนื่องจาก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่ามากกว่าศูนย์ เมื่อใช้ อัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ 7.5% และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีผลตอบแทนคืนมากกว่า 10% และงวดเวลาคืนทุน (PB) จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาน้อยกว่าอายุประทานบัตร ซึ่งเป็นไปตาม หลักเกณฑ์ที่กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่กำหนด

	รายการ	ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4
รายรับ	แผนการผลิตแร่ (เมตริกตัน/ปี)	-	440,000.00	440,000.00	440,000.00	440,000.00
	ราคาแร่ (บาท/เมตริกตัน)	-	200.00	200.00	200.00	200.00
รายจ่าย	รายได้จากการดำเนินการทำเหมืองแร่ (Revenue)	-	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00
	เงินลงทุนเริ่มแรก (Capital Investments) CF <sub>0</sub>	234,589,150.00	-	-	-	-
	1) ค่าใช้จ่ายเพื่อให้อุปกรณ์ขุดเจาะพร้อมรถบรรทุก	93,913,150.00	-	-	-	-
	2) ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการ	116,000.00	-	-	-	-
	3) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเกี่ยวกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำเหมือง	119,900,000.00	-	-	-	-
	4) ค่าก่อสร้างอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ระบบสาธารณูปโภคและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ (Infrastructure)	13,600,000.00	-	-	-	-
	5) ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมการผลิตแร่	7,060,000.00	-	-	-	-
	6) ค่าใช้จ่ายลงทุนอื่นๆ	-	-	-	-	-
	- ต้นทุนคงที่ในแต่ละปี (Fixed Cost)	-	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	1) ค่าผลประโยชน์พิเศษเพื่อประโยชน์แก่รัฐ (กรณีจ่ายแบบผ่อนชำระเป็นรายปี)	-	-	-	-	-
	2) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับบุคลากรและการบริหารจัดการ	-	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	3) ค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ	-	-	-	-	-
	- ต้นทุนแปรผันในแต่ละปี (Variable Cost)	-	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00
	1) ค่าใช้จ่ายในการผลิต	-	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00
	2) ค่าภาคหลวงแร่	-	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00
	3) ค่าเงินบำรุงพิเศษ	-	176,000.00	176,000.00	176,000.00	176,000.00
	4) ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมรวมถึงการจัดตั้งกองทางต่างๆ ทางด้านเหมืองแร่	-	720,000.00	720,000.00	720,000.00	720,000.00
	5) ค่าใช้จ่ายแปรผันอื่นๆ	-	-	-	-	-
	รวมรายจ่ายทั้งหมด (Total Expenses)	234,589,150.00	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00
	ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร (สำหรับคิดกำไรสุทธิก่อนหักภาษี)	-	23,980,000.00	23,980,000.00	23,980,000.00	23,980,000.00
กระแสเงินสดอิสระในแต่ละปี (Free Cash Flow)	กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	-	26,622,000.00	26,622,000.00	26,622,000.00	26,622,000.00
	ภาษีเงินได้ (ITAX) 20%	-	5,324,400.00	5,324,400.00	5,324,400.00	5,324,400.00
	กำไรสุทธิหลังหักภาษี	-	21,297,600.00	21,297,600.00	21,297,600.00	21,297,600.00
	กระแสเงินสดอิสระในแต่ละปี (Free Cash Flow)	- 234,589,150.00	45,277,600.00	45,277,600.00	45,277,600.00	45,277,600.00
พารามิเตอร์		CF0	CF1	CF2	CF3	CF4
		- 234,589,150.00	- 189,311,550.00	- 144,033,950.00	- 98,756,350.00	- 53,478,750.00

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
Discount Rate	7.50%	เปอร์เซ็นต์
NPV	\$190,099,263.73	บาท
IRR	16.34%	เปอร์เซ็นต์
PB	5.27	ปี

รายการ	รายการ	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9
รายรับ	แผนการผลิตแร่ (เบตริกตัน/ปี)	440,000.00	440,000.00	440,000.00	440,000.00	440,000.00
	ราคาแร่ (บาท/เบตริกตัน)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
รายจ่าย	รายได้จากการดำเนินการทำเหมืองแร่ (Revenue)	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00
	เงินลงทุนเริ่มแรก (Capital Investments) CF <sub>0</sub>	-	-	-	-	-
	1) ค่าใช้จ่ายเพื่อใช้ในการขุดเจาะและปรับปรุงเหมือง					
	2) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเกี่ยวกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำเหมือง					
	3) ค่าก่อสร้างอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ระบบสาธารณูปโภคและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ (Infrastructure)					
	4) ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเตรียมการผลิตแร่					
	5) ค่าใช้จ่ายลงทุนอื่นๆ					
	6) ค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ					
	- ต้นทุนคงที่ในแต่ละปี (Fixed Cost)	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	1) ค่าผลประโยชน์พิเศษเพื่อประโยชน์แก่รัฐ (กรณีจ่ายแบบผ่อนชำระเป็นรายปี)					
	2) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับบุคลากรและค่าบริหารจัดการ	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	3) ค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ					
	- ต้นทุนแปรผันในแต่ละปี (Variable Cost)	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00
	1) ค่าใช้จ่ายในการผลิต	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00
	2) ค่าภาคหลวงแร่	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00
	3) ค่าเงินบำรุงพิเศษ	176,000.00	176,000.00	176,000.00	176,000.00	176,000.00
	4) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมรวมถึงการจัดตั้งกองทางต่างๆ ทางด้านเหมืองแร่	720,000.00	720,000.00	720,000.00	720,000.00	720,000.00
	5) ค่าใช้จ่ายแปรผันอื่นๆ					
	-	-	-	-	-	-
	รวมรายจ่ายทั้งหมด (Total Expenses)	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00
	ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร (สำหรับคิดกำไรสุทธิก่อนหักภาษี)	23,980,000.00	-	-	-	-
	กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	26,622,000.00	50,602,000.00	50,602,000.00	50,602,000.00	50,602,000.00
	ภาษีเงินได้ (ITAX) 20%	5,324,400.00	10,120,400.00	10,120,400.00	10,120,400.00	10,120,400.00
	กำไรสุทธิหลังหักภาษี	21,297,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00
	กระแสเงินสดอิสระในแต่ละปี (Free Cash Flow)	45,277,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00
	พารามิเตอร์	CF5	CF6	CF7	CF8	CF9
		- 8,201,150.00	32,280,450.00	72,762,050.00	113,243,650.00	153,725,250.00



รายการ	รายการ	ปีที่ 10	ปีที่ 11	ปีที่ 12	ปีที่ 13	ปีที่ 14
รายรับ	แผนการผลิตแร่ (เบตริกตัน/ปี)	440,000.00	440,000.00	440,000.00	440,000.00	440,000.00
	ราคาแร่ (บาท/เบตริกตัน)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
รายจ่าย	รายได้จากการดำเนินการทำเหมืองแร่ (Revenue)	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00
	เงินลงทุนเริ่มแรก (Capital Investments) CF <sub>0</sub>	119,900,000.00	-	-	-	-
	1) ค่าใช้จ่ายเพื่อให้อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำเหมือง					
	2) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเกี่ยวกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำเหมือง	119,900,000.00	-	-	-	-
	3) ค่าก่อสร้างอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ระบบสาธารณูปโภคและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ (Infrastructure)					
	4) ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเตรียมการผลิตแร่					
	5) ค่าใช้จ่ายลงทุนอื่นๆ					
	6) ค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ					
	- ต้นทุนคงที่ในแต่ละปี (Fixed Cost)	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	1) ค่าผลประโยชน์พิเศษเพื่อประโยชน์แก่รัฐ (กรณีจ่ายแบบผ่อนชำระเป็นรายปี)	-	-	-	-	-
	2) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับบุคลากรและค่าบริหารจัดการ	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	3) ค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ	-	-	-	-	-
	- ต้นทุนแปรผันในแต่ละปี (Variable Cost)	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00
	1) ค่าใช้จ่ายในการผลิต	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00
	2) ค่าภาคหลวงแร่	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00
	3) ค่าเงินบำรุงพิเศษ	176,000.00	176,000.00	176,000.00	176,000.00	176,000.00
	4) ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมรวมถึงการจัดตั้งกองทางต่างๆ ทางด้านเหมืองแร่	720,000.00	720,000.00	720,000.00	720,000.00	720,000.00
	5) ค่าใช้จ่ายแปรผันอื่นๆ	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	รวมรายจ่ายทั้งหมด (Total Expenses)	157,298,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00
	ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร (สำหรับคิดกำไรสุทธิก่อนหักภาษี)	-	23,980,000.00	23,980,000.00	23,980,000.00	23,980,000.00
	กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	- 69,298,000.00	26,622,000.00	26,622,000.00	26,622,000.00	26,622,000.00
	ภาษีเงินได้ (ITAX) 20%	-	5,324,400.00	5,324,400.00	5,324,400.00	5,324,400.00
	กำไรสุทธิหลังหักภาษี	- 69,298,000.00	21,297,600.00	21,297,600.00	21,297,600.00	21,297,600.00
	กระแสเงินสดอิสระในแต่ละปี (Free Cash Flow)	- 69,298,000.00	45,277,600.00	45,277,600.00	45,277,600.00	45,277,600.00
พารามิเตอร์		CF10	CF11	CF12	CF13	CF14
		84,427,250.00	129,704,850.00	174,982,450.00	220,260,050.00	265,537,650.00

	รายการ	ปี 15	ปี 16	ปี 17	ปี 18	ปี 19
รายรับ	แผนการผลิตแร่ (เบตริกตัน/ปี)	440,000.00	440,000.00	440,000.00	440,000.00	440,000.00
	ราคาแร่ (บาท/เบตริกตัน)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
รายจ่าย	รายได้จากการดำเนินการทำเหมืองแร่ (Revenue)	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00
	เงินลงทุนเริ่มแรก (Capital Investments) CF <sub>0</sub>	-	-	-	-	-
	1) ค่าใช้จ่ายเพื่อใช้ในการขุดเจาะและปรับปรุงเหมือง					
	2) ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการ					
	3) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเกี่ยวกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำเหมือง					
	4) ค่าก่อสร้างอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ระบบสาธารณูปโภคและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ (Infrastructure)					
	5) ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเตรียมการผลิตแร่					
	6) ค่าใช้จ่ายลงทุนอื่นๆ					
	- ต้นทุนคงที่ในแต่ละปี (Fixed Cost)	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	1) ค่าผลประโยชน์พิเศษเพื่อประโยชน์แก่รัฐ (กรณีจ่ายแบบผ่อนชำระเป็นรายปี)	-	-	-	-	-
	2) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับบุคลากรและการบริหารจัดการ	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	3) ค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ	-	-	-	-	-
	- ต้นทุนแปรผันในแต่ละปี (Variable Cost)	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00
	1) ค่าใช้จ่ายในการผลิต	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00
	2) ค่าภาคหลวงแร่	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00
	3) ค่าเงินบำรุงพิเศษ	176,000.00	176,000.00	176,000.00	176,000.00	176,000.00
	4) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมรวมถึงการจัดตั้งกองทางต่างๆ ทางด้านเหมืองแร่	720,000.00	720,000.00	720,000.00	720,000.00	720,000.00
	5) ค่าใช้จ่ายแปรผันอื่นๆ	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	รวมรายจ่ายทั้งหมด (Total Expenses)	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00
	ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร (สำหรับคิดกำไรสุทธิก่อนหักภาษี)	23,980,000.00	-	-	-	-
	กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	26,622,000.00	50,602,000.00	50,602,000.00	50,602,000.00	50,602,000.00
	ภาษีเงินได้ (ITAX) 20%	5,324,400.00	10,120,400.00	10,120,400.00	10,120,400.00	10,120,400.00
	กำไรสุทธิหลังหักภาษี	21,297,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00
	กระแสเงินสดอิสระในแต่ละปี (Free Cash Flow)	45,277,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00
พารามิเตอร์		CF15	CF16	CF17	CF18	CF19
		310,815,250.00	351,296,850.00	391,778,450.00	432,260,050.00	472,741,650.00

รายการ	รายการ	ปี 20	ปี 21	ปี 22	ปี 23	ปี 24
		ปี 20	ปี 21	ปี 22	ปี 23	ปี 24
รายรับ	แผนการผลิตแร่ (เบตริกตัน/ปี)	440,000.00	440,000.00	440,000.00	440,000.00	440,000.00
	ราคาแร่ (บาท/เบตริกตัน)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
รายจ่าย	รายได้จากการดำเนินการทำเหมืองแร่ (Revenue)	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00
	เงินลงทุนเริ่มแรก (Capital Investments) CF <sub>0</sub>	119,900,000.00	-	-	-	-
	1) ค่าใช้จ่ายเพื่อให้อุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวก					
	2) ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการ					
	3) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเกี่ยวกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำเหมือง	119,900,000.00	-	-	-	-
	4) ค่าก่อสร้างอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ระบบสาธารณูปโภคและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ (Infrastructure)					
	5) ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเตรียมการผลิตแร่					
	6) ค่าใช้จ่ายลงทุนอื่นๆ					
	- ต้นทุนคงที่ในแต่ละปี (Fixed Cost)	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	1) ค่าผลประโยชน์พิเศษเพื่อประโยชน์แก่รัฐ (กรณีจ่ายแบบผ่อนชำระเป็นรายปี)	-	-	-	-	-
	2) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับบุคลากรและการบริหารจัดการ	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	3) ค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ	-	-	-	-	-
	- ต้นทุนแปรผันในแต่ละปี (Variable Cost)	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00
	1) ค่าใช้จ่ายในการผลิต	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00
	2) ค่าภาคหลวงแร่	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00
	3) ค่าเงินบำรุงพิเศษ	176,000.00	176,000.00	176,000.00	176,000.00	176,000.00
	4) ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมรวมถึงการจัดตั้งกองทางต่างๆ ทางด้านเหมืองแร่	720,000.00	720,000.00	720,000.00	720,000.00	720,000.00
	5) ค่าใช้จ่ายแปรผันอื่นๆ	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	รวมรายจ่ายทั้งหมด (Total Expenses)	157,298,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00
	ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร (สำหรับคิดค่าไรสทีก่อนหักภาษี)	-	23,980,000.00	23,980,000.00	23,980,000.00	23,980,000.00
	กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	- 69,298,000.00	26,622,000.00	26,622,000.00	26,622,000.00	26,622,000.00
	ภาษีเงินได้ (ITAX) 20%	-	5,324,400.00	5,324,400.00	5,324,400.00	5,324,400.00
	กำไรสุทธิหลังหักภาษี	- 69,298,000.00	21,297,600.00	21,297,600.00	21,297,600.00	21,297,600.00
	กระแสเงินสดอิสระในแต่ละปี (Free Cash Flow)	- 69,298,000.00	45,277,600.00	45,277,600.00	45,277,600.00	45,277,600.00
พารามิเตอร์		CF20	CF21	CF22	CF23	CF24
		403,443,650.00	448,721,250.00	493,998,850.00	539,276,450.00	584,554,050.00

รายรับ	รายการ	ปี 25	ปี 26	ปี 27	ปี 28	ปี 29
		440,000.00	440,000.00	440,000.00	440,000.00	197,500.00
รายจ่าย	แผนการผลิตแร่ (เบตริกตัน/ปี)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
	ราคาแร่ (บาท/เบตริกตัน)	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00	88,000,000.00	39,500,000.00
	รายได้จากการดำเนินการทำเหมืองแร่ (Revenue)	-	-	-	-	-
	เงินลงทุนเริ่มแรก (Capital Investments) CF <sub>0</sub>	-	-	-	-	-
	1) ค่าใช้จ่ายเพื่อใช้ในการขุดเจาะและปรับปรุงเหมือง	-	-	-	-	-
	2) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำเหมือง	-	-	-	-	-
	3) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำเหมือง	-	-	-	-	-
	4) ค่าก่อสร้างอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ระบบสาธารณูปโภคและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ (Infrastructure)	-	-	-	-	-
	5) ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมการผลิตแร่	-	-	-	-	-
	6) ค่าใช้จ่ายลงทุนอื่นๆ	-	-	-	-	-
	- ต้นทุนคงที่ในแต่ละปี (Fixed Cost)	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	1) ค่าผลประโยชน์พิเศษเพื่อประโยชน์แก่รัฐ (กรณีจ่ายแบบผ่อนชำระเป็นรายปี)	-	-	-	-	-
	2) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับบุคลากรและการบริหารจัดการ	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00	3,942,000.00
	3) ค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ	-	-	-	-	-
	- ต้นทุนแปรผันในแต่ละปี (Variable Cost)	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00	33,456,000.00	15,394,000.00
	1) ค่าใช้จ่ายในการผลิต	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00	29,040,000.00	13,035,000.00
	2) ค่าภาคหลวงแร่	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00	3,520,000.00	1,580,000.00
	3) ค่าเงินบำรุงพิเศษ	176,000.00	176,000.00	176,000.00	176,000.00	79,000.00
	4) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมรวมถึงการจัดการจัดตั้งกองทางต่างๆ ทางด้านเหมืองแร่	720,000.00	720,000.00	720,000.00	720,000.00	700,000.00
	5) ค่าใช้จ่ายแปรผันอื่นๆ	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	รวมรายจ่ายทั้งหมด (Total Expenses)	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00	37,398,000.00	19,336,000.00
	ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร (สำหรับคิดกำไรสุทธิก่อนหักภาษี)	23,980,000.00	-	-	-	-
	กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	26,622,000.00	50,602,000.00	50,602,000.00	50,602,000.00	20,164,000.00
	ภาษีเงินได้ (ITAX) 20%	5,324,400.00	10,120,400.00	10,120,400.00	10,120,400.00	4,032,800.00
	กำไรสุทธิหลังหักภาษี	21,297,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	16,131,200.00
	กระแสเงินสดอิสระในแต่ละปี (Free Cash Flow)	45,277,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	40,481,600.00	16,131,200.00
	พารามิเตอร์	CF25	CF26	CF27	CF28	CF29
		629,831,650.00	670,313,250.00	710,794,850.00	751,276,450.00	767,407,650.00



รายรับ	รายการ	ปีที่ 30	รวม
รายจ่าย	แผนการผลิตแร่ (เบตริกตัน/ปี)	-	12,517,500.00
	ราคาแร่ (บาท/เบตริกตัน)	200.00	-
รายจ่าย	รายได้จากการดำเนินการทำเหมืองแร่ (Revenue)	-	2,503,500,000.00
	เงินลงทุนเริ่มแรก (Capital Investments) CF <sub>0</sub>	-	-
รายจ่าย	1) ค่าใช้จ่ายเพื่อใช้ในการดำเนินงาน	-	93,913,150.00
	2) ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งประโยชน์จากการประกอบกิจการ	-	116,000.00
รายจ่าย	3) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเกี่ยวกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำเหมือง	-	359,700,000.00
	4) ค่าก่อสร้างอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ระบบสาธารณูปโภคและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ (Infrastructure)	-	13,600,000.00
รายจ่าย	5) ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเตรียมการผลิตแร่	-	7,060,000.00
	6) ค่าใช้จ่ายลงทุนอื่นๆ	-	-
รายจ่าย	- ต้นทุนคงที่ในแต่ละปี (Fixed Cost)	-	114,318,000.00
	1) ค่าผลประโยชน์พิเศษเพื่อประโยชน์แก่รัฐ (กรณีจ่ายแบบผ่อนชำระเป็นรายปี)	-	-
รายจ่าย	2) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับบุคลากรและการบริหารจัดการ	-	114,318,000.00
	3) ค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ	-	-
รายจ่าย	- ต้นทุนแปรผันในแต่ละปี (Variable Cost)	700,000.00	952,862,000.00
	1) ค่าใช้จ่ายในการผลิต	-	826,155,000.00
รายจ่าย	2) ค่าภาคหลวงแร่	-	100,140,000.00
	3) ค่าเงินบำรุงพิเศษ	-	5,007,000.00
รายจ่าย	4) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมรวมถึงการจัดตั้งกองทางต่างๆ ทางด้านเหมืองแร่	700,000.00	21,560,000.00
	5) ค่าใช้จ่ายแปรผันอื่นๆ	-	-
รายจ่าย	-	-	-
	รวมรายจ่ายทั้งหมด (Total Expenses)	700,000.00	1,541,569,150.00
รายจ่าย	ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร (สำหรับคิดกำไรสุทธิก่อนหักภาษี)	-	-
	กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	- 700,000.00	836,820,000.00
รายจ่าย	ภาษีเงินได้ (ITAX) 20%	-	195,223,200.00
	กำไรสุทธิหลังหักภาษี	- 700,000.00	641,596,800.00
รายจ่าย	กระแสเงินสดอิสระในแต่ละปี (Free Cash Flow)	- 700,000.00	766,707,650.00
	พารามิเตอร์	CF30	Sum
		766,707,650.00	

## 1. การประเมินมูลค่าที่สูญหายไปของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

### มูลค่าที่สูญหายไปของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

เป็นการประเมินค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการทำลายพื้นที่ป่าไม้ ปริมาณดินที่สูญหาย ปริมาณน้ำที่สูญหาย ปริมาณปุ๋ยที่สูญหาย และสภาวะอากาศที่ร้อนขึ้น ในพื้นที่คำขอต่าเหมืองทั้งหมด ซึ่งแบ่งอัตราที่ใช้ในการประเมินมูลค่าความเสียหายออกเป็น 4 อัตรา ได้แก่ พื้นที่ป่าธรรมชาติสมบูรณ์ พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมหรือพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นเศรษฐกิจ ไม้ผลราคาถูก พื้นที่สวนไม้ผลที่มีรากตื้น และพื้นที่ที่ปลูกพืชไร่หรือพื้นที่ที่มีสภาพเป็นไร่ร้าง ซึ่งเป็นผลจากการศึกษาโดยกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบการพิจารณาตัดสินใจทางแพ่งเพื่อเรียกค่าเสียหายจากผู้กระทำความผิดบุกรุกทำลายป่าที่เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธาร แสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงมูลค่าความเสียหายของระบบนิเวศป่าไม้

สภาพพื้นที่	มูลค่าความเสียหาย (บาท/ไร่)
ป่าธรรมชาติสมบูรณ์	150,000
ป่าเสื่อมโทรม ไม้ยืนต้นเศรษฐกิจ ไม้ผลราคาถูก	82,500
สวนไม้ผลที่มีรากตื้น	53,900
พืชไร่ ไร่ร้าง พื้นที่ว่างเปล่า	35,200

หมายเหตุ กรณีที่ไม่สามารถจำแนกสภาพพื้นที่ได้ตามตารางให้ใช้อัตราตามป่าธรรมชาติสมบูรณ์

ตารางแสดงการมูลค่าที่สูญเสียไปของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ตัวแปร	มูลค่า (บาท)
<b>1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)</b>	190,099,263.73
<b>2. มูลค่าที่สูญเสียไปของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่คำขอ</b> - พื้นที่ที่เป็นป่าธรรมชาติสมบูรณ์ของโครงการ คิดเป็นเนื้อที่.....ไร่ (150,000 บาทต่อไร่) — - พื้นที่ที่เป็นป่าเสื่อมโทรม ไม้ยืนต้นเศรษฐกิจ ไม้ผลรากลึกของโครงการ คิดเป็นเนื้อที่.....ไร่ (82,500 บาทต่อไร่) — - พื้นที่ที่เป็นสวนไม้ผลที่มีรากตื้นของโครงการ คิดเป็นเนื้อที่.....ไร่ (53,900 บาทต่อไร่) — - พื้นที่ที่เป็นพืชไร่ ไร่ร้าง พื้นที่ว่างเปล่าของโครงการ คิดเป็นเนื้อที่.....ไร่ (35,200 บาทต่อไร่) — - พื้นที่ที่ไม่สามารถจำแนกประเภทป่าได้ของโครงการ คิดเป็นเนื้อที่.....ไร่ (150,000 บาทต่อไร่) <b>มูลค่าที่สูญเสียไปของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่คำขอ</b> <u>หมายเหตุ</u> กรณีที่ไม่สามารถจำแนกประเภทป่าภายในพื้นที่คำขอได้ ให้ใช้อัตรา (150,000 บาทต่อไร่)	44,585,625
<b>3. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ – มูลค่าที่สูญเสียไปของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่คำขอ (1-2)</b>	145,513,638.73

ความคุ้มค่าของการทำเหมืองแร่เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการต้องมากกว่ามูลค่าที่สูญเสียไปของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่คำขอ

## 2. ประโยชน์ที่รัฐได้เพิ่มเติมจากการทำเหมือง

- 2.1 ค่าภาคหลวงแร่ประมาณ 100,140,000 บาท
- 2.2 ผลประโยชน์ตอบแทนพิเศษแก่รัฐประมาณ 2,803,500 บาท
- 2.3 เงินบำรุงพิเศษประมาณ 5,007,000 บาท
- 2.4 ผลประโยชน์ที่ท้องถิ่นได้รับจากการทำเหมือง (กองทุนพัฒนาหมู่บ้านรอบพื้นที่เหมืองแร่ และกองทุนเฝ้าระวังสุขภาพสำหรับโครงการเหมืองแร่) ประมาณ 21,280,000 บาท
- 2.5 ภาษีเงินได้ประมาณ 195,223,200 บาท

## 3. อธิบายเกี่ยวกับผลประโยชน์และความสำคัญของแร่ที่ผลิตได้จากการทำเหมืองในโครงการต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องในประเทศ หรือโครงการต่างๆ ของรัฐ

เพื่อใช้เป็นแหล่งหินก่อสร้างซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ทั้งภายในจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดใกล้เคียง เพื่อบริการขยายตัวของชุมชนที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วทั้งในชุมชนเมือง และในชนบท ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้หินก่อสร้างในการก่อสร้าง เช่น อาคาร สิ่งที่อยู่อาศัย โรงแรม อาคาร รวมทั้งการก่อสร้างเส้นทางคมนาคม เป็นต้น



### คำรับรองความเหมาะสมของเทคโนโลยีที่ใช้ในการทำเหมือง

ขอรับรองว่าเทคโนโลยีที่ใช้ในการทำเหมือง มีความเหมาะสมของเทคโนโลยีที่ใช้ในการทำเหมือง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เทคโนโลยีที่ใช้ในการทำเหมืองมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่
2. วิธีการทำเหมืองเป็นแบบเหมืองเปิด โดยออกแบบให้บ่อเหมืองเป็นขั้นบันได ความลาดชันขั้นบันไดทั้งหมด (Overall slope) ไม่เกิน 55 องศา อ้างอิงจากผลการศึกษาวิเคราะห์เสถียรภาพการออกแบบหน้าเหมือง ชนิดแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง บริเวณพื้นที่คำขอประทานบัตรที่ 1/2560 หมายเลขหลักหมายเขตเหมืองแร่หมู่ที่ 31892 ของบริษัท กิตติวดีศิลาพาณิชย์ จำกัด
3. การทำเหมืองจะมีการใช้วัตถุระเบิด โดยจะควบคุมปริมาณวัตถุระเบิดต่อจังหวัดไม่เกินตามที่กำหนด และใช้เก็บถ่วงเวลา เพื่อควบคุมปริมาณวัตถุระเบิดแต่ละจังหวัดไม่เกินมาตรฐานกำหนดเสียงดังและแรงสั่นสะเทือน โดยจะควบคุมความสั่นสะเทือน เสียงดังจากการระเบิดและหินปลิวซึ่งสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้
4. วิธีการทำเหมืองแร่ผิวดิน (Surface mining) โดยวิธีเหมืองเปิดแบบบ่อเหมือง ( Open pit ) มีเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการทำเหมือง มีความเหมาะสมกับลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่ และวิธีการทำเหมืองเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน เป็นไปตามหลักวิชาการ และเป็นไปตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถควบคุมความปลอดภัยในการทำเหมือง รวมทั้งป้องกันและแก้ไขปัญหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้
5. การทำเหมืองของโครงการนี้ มีอัตราการผลิตแร่คุ้มค่าในเชิงและมีความเหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบันที่มีความต้องการใช้แร่ทรายแก้วในโครงการตามนโยบายของรัฐและความต้องการของภาคเอกชน และเป็นไปตามประกาศกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เรื่อง หลักเกณฑ์และแนวทางการประเมินความคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจสำหรับการอนุญาตประทานบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2561

## ภาคผนวก ฉ

