

# คู่มือ

การจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่



กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

## คำนำ

การทำเหมืองแร่ในอดีตที่ผ่านมามักประสบปัญหาเรื่องการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ พื้นที่ถูกทิ้งร้างไว้ โดยขาดการจัดการการฟื้นฟูที่เหมาะสม โดยที่ผู้ประกอบการอาจจะเลยหรือขาดความรู้ความเข้าใจ ในการจัดการพื้นที่ภายหลังสิ้นสุดการทำเหมืองแร่ ส่งผลให้พื้นที่เกิดการพังทลาย เป็นพื้นที่เสี่ยง และอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมข้างเคียง ทั้งทรัพยากรน้ำ ป่าไม้ พื้นดินและชุมชนในพื้นที่

สำนักบริหารและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ในฐานะเป็นหน่วยงานหลักในการกำกับดูแล การป้องกัน และแก้ไขผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการทำเหมืองแร่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อม จึงได้จัดทำเอกสารคู่มือเพื่อเผยแพร่ความรู้ในด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ โดยคู่มือทั้งหมดประกอบด้วย คู่มือการจัดการด้านวิศวกรรมเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ คู่มือการจัดการด้านภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ คู่มือการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่ทำเหมืองแร่ คู่มือการติดตามตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นของพื้นที่ทำเหมืองแร่ที่ผ่านการฟื้นฟูแล้ว และคู่มือประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในการฟื้นฟูพื้นที่ทำเหมืองแร่

สำหรับคู่มือการจัดการด้านคู่มือการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่ทำเหมืองแร่ฉบับนี้มีเนื้อหาครอบคลุมการจัดทำแผนการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ การจัดการหน้าดิน การจัดการการถล่มดินที่มีพืชการฟื้นฟูกองดินและเขื่อนกักเก็บตะกอน และแผนการปิดเหมืองอย่างเป็นขั้นตอนและมีระบบ

สำนักบริหารและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ มุ่งหวังที่จะเผยแพร่ความรู้ให้กับผู้ประกอบการและผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งความรู้เหล่านี้ไม่ได้มีประโยชน์ในการฟื้นฟูเฉพาะพื้นที่ภายหลังสิ้นสุดการทำเหมืองแร่เท่านั้น หากสามารถนำไปใช้ตั้งแต่เริ่มการวางแผนการทำเหมืองแร่ ก็จะเป็นประโยชน์ในการจัดการฟื้นฟูพื้นที่เป็นอย่างมาก เพราะนอกจากเป็นการลดค่าใช้จ่ายโดยรวมแล้ว ยังช่วยลดปัญหาด้านอื่นๆอีกด้วย หากเหมืองแร่มีการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีจะเป็นการพัฒนาภาพลักษณ์ของการทำเหมืองแร่ให้เป็นที่ยอมรับของสังคม และสามารถดำเนินกิจการได้อย่างกลมกลืนกับสังคมรอบข้าง

สำนักบริหารและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม  
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

## สารบัญ

	หน้า
คำนำ	
สารบัญ	I
สารบัญรูป	III
1. ข้อกำหนดในการจัดทำแผนการทำเหมืองแร่	1
2. การวางแผนปฏิบัติการในแผนการทำเหมืองแร่เพื่อประโยชน์ในการฟื้นฟูพื้นที่	1
3. การจำแนกพื้นที่ฟื้นฟู	3
4. ข้อมูลสำหรับการจัดทำแผนการฟื้นฟู	4
4.1 ข้อมูลแผนการทำเหมือง	5
4.2 ข้อมูลทางกายภาพจำแนกตามพื้นที่เฉพาะ	6
5. การจัดการหน้าดิน	7
5.1 แผนการจัดการหน้าดิน	7
5.2 ข้อกำหนดและขั้นตอนการจัดการหน้าดิน	9
6. การจัดทำแผนและการควบคุมการถล่มดินที่มีพิษ	10
6.1 ข้อกำหนดการถล่มดินที่มีพิษ	11
6.2 การสำรวจและกำหนดพื้นที่สำหรับการถล่มดินที่มีพิษ	12
6.3 วิธีการทำให้วัสดุมีความเสถียร	13
6.4 มาตรการเสริม	13
7. ข้อกำหนดและขั้นตอนการฟื้นฟูกองดินนอกบ่อเหมือง	14
8. ข้อกำหนดและขั้นตอนการฟื้นฟูเขื่อนกักเก็บตะกอน	18
8.1 การตรวจสอบวัสดุดินตะกอนที่ถูกกักเก็บ	18
8.2 การเลือกวิธีการฟื้นฟู	18
9. ข้อกำหนดและขั้นตอนการฟื้นฟูอุโมงค์และปล่องเหมืองที่ไม่ได้ถมกลับ	20
9.1 ข้อกำหนดการดำเนินการก่อนปิดเหมือง	21
9.2 การออกแบบแผนการฟื้นฟูเพื่อใช้ประโยชน์	21
9.3 การปิดหรืออุดอุโมงค์และปล่องเหมือง	22
10. ข้อกำหนดและขั้นตอนการวางแผนปิดเหมือง	23
10.1 วัตถุประสงค์ของแผนการปิดเหมือง	23
10.2 องค์ประกอบที่สำคัญ	24
10.3 แผนการปิดเหมือง	24

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
10.4	ขั้นตอนการวางแผนปิดเหมือง	25
10.5	การประเมินและวิเคราะห์ความเสี่ยง	27
10.6	หลักเกณฑ์ในการปิดเหมืองและตัวชี้วัด	28
10.7	การจำแนกพื้นที่ย่อยและหัวข้อของงานปิดเหมือง	29
10.8	การจัดทำรายงานแผนการปิดเหมือง	30
10.9	การตรวจสอบและประเมินแผนการปิดเหมือง	31
10.10	การส่งมอบพื้นที่	32

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
6.3-1	แบบอย่างการฝังวัสดุที่เป็นกรด	14
7.5-1 (ก)	แสดงวิธีการกองดินและการฟื้นฟู	15
7.5-1 (ข)	แสดงวิธีการกองดินและการฟื้นฟู	15
7.5-1 (ค)	แสดงวิธีการกองดินและการฟื้นฟู	16
7.8-1	แสดงวิธีการทำร่องดินย่อยกั้นน้ำ	17

## คู่มือการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่ทำเหมืองแร่

การวางแผนฟื้นฟูพื้นที่ทำเหมืองแร่เป็นสิ่งจำเป็น เพราะจะมีผลทำให้การฟื้นฟูประสบผลสำเร็จตามเป้าหมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวางแผนการฟื้นฟูที่ดีในช่วงก่อนการทำเหมือง จะช่วยป้องกันหรือลดผลกระทบอย่างรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อมได้ในขณะทำเหมือง ทำให้สามารถใช้เครื่องจักรเครื่องมือในการทำเหมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดค่าใช้จ่ายโดยรวมได้ ฉะนั้น การวางแผนการฟื้นฟูจึงควรเป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนในการทำเหมือง

### 1. ข้อกำหนดในการจัดทำแผนการฟื้นฟูพื้นที่ทำเหมืองแร่

ในการจัดทำแผนการฟื้นฟูพื้นที่ทำเหมืองโดยทั่วไปควรกำหนดให้มีสิ่งต่อไปนี้

1.1 กำหนดจุดประสงค์หรือเป้าหมายในการฟื้นฟูให้ชัดเจน ว่าควรจะใช้พื้นที่ในโครงการอย่างไร ในอนาคตเมื่อสิ้นสุดการทำเหมืองแล้ว โดยส่วนมากแล้วเป้าหมายในการฟื้นฟูมักพยายามที่จะทำให้เกิดประโยชน์ และนำพื้นที่กลับมาใช้ให้ใกล้เคียงกับการใช้พื้นที่ก่อนมีโครงการมากที่สุด

1.2 กำหนดตัวบุคคลเพื่อทำหน้าที่รับผิดชอบในการฟื้นฟู ซึ่งควรเป็นบุคคลที่มีตำแหน่งที่สามารถสั่งการในการดำเนินการทำเหมืองได้ และควรกำหนดบุคลากรสนับสนุนให้พอเพียงในการดำเนินการฟื้นฟู โดยกำหนดให้มีการฟื้นฟูตั้งแต่เริ่มดำเนินการทำเหมือง ตลอดอายุของการทำเหมือง เพื่อให้ได้ผลตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

1.3 กำหนดให้มีงบประมาณสนับสนุนอย่างพอเพียง เพื่อให้การดำเนินการฟื้นฟูเกิดความต่อเนื่องและได้ผลดี ตลอดอายุของการทำเหมืองและหลังจากสิ้นสุดการทำเหมืองแล้ว

### 2. การวางแผนปฏิบัติในแผนการทำเหมืองแร่เพื่อประโยชน์ในการฟื้นฟูพื้นที่

แนวทางปฏิบัติในแผนการทำเหมืองเพื่อให้การฟื้นฟูดำเนินไปอย่างได้ผลดี ได้แก่

2.1 เตรียมเสนอแผนการฟื้นฟูก่อนการทำเหมือง และในแผนการฟื้นฟูนั้นควรให้มีการดำเนินการฟื้นฟูตั้งแต่เริ่มกระบวนการทำเหมือง ซึ่งหมายความว่าระยะเวลาในการฟื้นฟูจะเท่ากับอายุของการทำเหมือง

2.2 ดำเนินการทำเหมืองและฟื้นฟูบนพื้นฐานของความปลอดภัย ได้แก่

1) ออกแบบและขุดบ่อเหมืองหรืออุโมงค์และปล่องเหมืองให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัย ทั้งในขณะทำเหมือง และในระยะยาวเมื่อสิ้นสุดการทำเหมือง

2) ดำเนินการถมกลับ โดยวิธีการที่ถูกต้องตามมาตรฐานความปลอดภัย

3) ออกแบบกองดินให้มีเสถียรภาพ โดยการวิเคราะห์ทั้งความสูงและความชันที่ปลอดภัยสำหรับวัสดุนั้นๆ และให้เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกพืช นอกจากนี้ควรถมกลับให้ถูกวิธีและมีการระบายน้ำที่ถูกต้อง

4) หาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อลดการกัดเซาะจากลมและน้ำบนกองดินและขอบบ่อเหมือง

5) เชื้อนกกักเก็บดินตะกอนและกากแร่ และบ่อดักตะกอน ควรออกแบบให้สามารถต้านความเค้นทั้งความเค้นแบบสถิตย์และแบบพลศาสตร์

2.3 ตรวจสอบลักษณะธรณีวิทยาบริเวณท่าเหมือง เพื่อให้ทราบถึงลำดับชั้นดิน-หิน และตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุที่มีแนวโน้มว่าจะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำให้ทราบถึงบริเวณหรือจุดที่จะเป็นปัญหา เพื่อหาทางป้องกัน หรือแก้ไขตั้งแต่ช่วงแรกของการท่าเหมือง

2.4 ขุดคัตแยกหน้าดิน และมีระบบการจัดการหน้าดินโดยเก็บกองไว้สำหรับรอปปลูกพืช หรือนำไปเก็บกองบนกองดินชั่วคราว เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการฟื้นฟูต่อไป ถ้าเป็นไปได้ควรนำหน้าดินไปใช้ประโยชน์ทันที

2.5 การจัดการเรื่องน้ำ ควรวางแผนดำเนินการในการท่าเหมือง ดังนี้

1) จัดการระบบระบายน้ำให้เหมาะสม ทั้งบริเวณกองดิน หน้าเหมือง และบริเวณที่ฟื้นฟูอื่น ๆ

2) จัดให้มีบ่อดักตะกอนอย่างน้อย 1 บ่อ เพื่อดักน้ำที่ผ่านกระบวนการท่าเหมือง กระบวนการแต่งแร่ ฯลฯ ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำภายนอก

3) ตรวจสอบคุณภาพน้ำ ณ จุดต่างๆ เพื่อให้ทราบคุณสมบัติของน้ำที่เข้าและออกจากเหมืองได้แก่

- น้ำก่อนเข้ากระบวนการท่าเหมือง หรือแต่งแร่ และน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ
- น้ำที่ปล่อยออกจากกระบวนการแต่งแร่ น้ำที่ผ่านหน้าเหมืองก่อนลงสู่บ่อดักตะกอน หรือบ่อกักเก็บกากแร่
- น้ำในบ่อดักตะกอน และบ่อกักเก็บกากแร่
- น้ำที่ปล่อยออกจากบ่อดักตะกอน และบ่อกักเก็บกากแร่ ก่อนลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ

4) กรณีที่น้ำจากการท่าเหมือง น้ำในบ่อดักตะกอน และน้ำจากเชื้อนกกักเก็บกากแร่เป็นกรด หรือพบว่าเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ควรดำเนินการบำบัดด้วยวิธีการที่เหมาะสม ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ

5) ในกรณีที่มีการย้ายหรือเปลี่ยนทางน้ำเดิม หรือทำให้ระบบทางน้ำเปลี่ยนไป ควรดำเนินการให้ถูกต้อง และดำเนินการให้กลับมาอยู่ในสภาพเดิมในเวลาที่เหมาะสม

6) จัดเตรียมระบบป้องกันและแก้ไข ในกรณีที่อาจเกิดน้ำท่วม

7) วางแผนกำจัด หรือควบคุมวัสดุ กากแร่ที่เป็นพิษให้เหมาะสม และถูกต้อง ตั้งแต่เริ่มดำเนินการท่าเหมือง

8) ลดผลกระทบทางทัศนียภาพในระยะยาวโดยการออกแบบปรับพื้นที่ให้มีความเสถียร และสอดคล้องกับภูมิทัศน์โดยรอบ พร้อมทั้งจัดเตรียมระบบน้ำให้สามารถใช้งานในระยะยาวได้ ทั้งนี้ควรกระทำตั้งแต่เริ่มดำเนินการท่าเหมือง

9) เมื่อสิ้นสุดการทำเหมืองต้องรื้อถอนเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทำเหมืองออกจากพื้นที่ เว้นเสียแต่ได้มีการรับรองหรือยินยอมจากระเบียบกฎหมายหรือผู้ถือครอง ให้เก็บรักษาไว้เพื่อประโยชน์อื่นๆ ต่อไปในอนาคต

10) ในการฟื้นฟูด้วยการปลูกพืช ควรใช้พันธุ์พืชที่สามารถป้องกันการกัดเซาะได้ดี นอกจากนี้ควรจัดการให้เกิดความหลากหลายของชนิดพันธุ์ รวมทั้งคัดเลือกพันธุ์พืชที่เติบโตได้ดีในท้องถิ่น และเหมาะสมกับระบบนิเวศในท้องถิ่นนั้น

11) ป้องกันหรือลดเว้นการนำเอาวัชพืชและสัตว์ที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมท้องถิ่นเข้ามาในท้องถิ่นนั้น

12) ตรวจสอบและจัดการการฟื้นฟูพื้นที่ภายหลังการทำเหมืองจนพื้นที่สามารถฟื้นตัวและสามารถอยู่ได้ด้วยตัวเองอย่างยั่งยืน หรือจนเป็นที่ยอมรับของเจ้าของที่ดินหรือตามข้อกำหนดของกฎหมาย

### 3. การจำแนกพื้นที่ฟื้นฟู

การจำแนกพื้นที่ฟื้นฟูหลังจากการทำเหมืองแร่ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแผนเฉพาะในการออกแบบฟื้นฟูให้สอดคล้องกับลักษณะของแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปนั้น มีแนวทางที่ควรใช้ ดังนี้

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลแผนผังการทำเหมือง การออกแบบเหมือง การทำเหมือง บ่อเหมือง การแต่งแร่ การลอยแร่ การทิ้งดิน กองดิน บ่อตกตะกอนและกักเก็บกากแร่ การใช้ประโยชน์อื่นๆ ภายในเขตพื้นที่ทำเหมือง และถ้าเป็นการทำเหมืองใต้ดิน ควรศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับอุโมงค์ และปล่องอุโมงค์

3.2 สำนวจสภาพพื้นที่จริง เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ขอบเขต และระดับของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการทำเหมืองในแต่ละกิจกรรม

3.3 จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จึงควรจำแนกพื้นที่อย่างกว้างตามกิจกรรมหลักในการทำเหมืองที่ผ่านมาเป็นส่วนๆ ได้แก่

- 1) พื้นที่ขุดแร่ผิวดิน หรือบ่อเหมือง
- 2) พื้นที่ขุดแร่ใต้ดิน ปล่องและอุโมงค์ผลิต รวมทั้งอุโมงค์ที่ถมกลับแล้ว
- 3) พื้นที่ทิ้งดินนอกบ่อเหมืองและในบ่อเหมือง
- 4) พื้นที่ใช้ประโยชน์งานบริการใต้ดิน อุโมงค์ขนส่ง อุโมงค์ระบายน้ำ
- 5) พื้นที่โรงแต่งแร่ โรงล้างแร่ พื้นที่กองสต็อกแร่ บ่อเก็บกากแร่จากการแต่งแร่หรือล้างแร่
- 6) พื้นที่กักเก็บตะกอน บ่อพักน้ำทิ้งจากการแต่งแร่ ล้างแร่ และจากการระบายน้ำ
- 7) พื้นที่การใช้งานด้านสาธารณูปโภค ถนน ระบบไฟฟ้า น้ำใช้ โรงซ่อมบำรุง รวมทั้งพื้นที่สำนักงาน และอาคารบริการอื่นๆ
- 8) พื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่โล่งและที่ว่าง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ชุ่มน้ำ



3.4 พิจารณาพื้นที่แต่ละพื้นที่จากการจำแนกในข้อ 3. ตามระดับ ขอบเขต ลักษณะและชนิดของผลกระทบ รวมทั้งลักษณะทางภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่ เพื่อดูความแตกต่างในรายละเอียด ถ้าพบว่ามี ความแตกต่างกันมาก ควรจำแนกพื้นที่เหล่านั้นออกเป็นพื้นที่ย่อย กรณีที่สามารถแยกเป็นพื้นที่ย่อยในการ ฟื้นฟูได้ เช่น

- 1) พื้นที่ที่หลีกเลี่ยงจากการขุดแร่และเป็นเนินเขาสูง แยกจากพื้นที่บ่อเหมืองที่ขุดลึกลงไปจากผิวดิน
- 2) พื้นที่ที่ที่ดินนอกบ่อเหมือง แยกจากพื้นที่ที่ดินในบ่อเหมือง
- 3) พื้นที่กักเก็บตะกอน บ่อพักน้ำทิ้งจากการแต่งแร่ หรือล้างแร่ ที่ปนเปื้อนสารเคมีและวัสดุที่เป็นพิษหรือโลหะหนัก แยกจากบ่อพักน้ำทิ้งที่ไม่ปนเปื้อน
- 4) พื้นที่อื่นๆ ที่มีความแตกต่างกันมาก ตามลักษณะภูมิประเทศ เช่นที่ว่างในระดับสูงและที่ราบลุ่มน้ำ

3.5 วิเคราะห์พื้นที่ที่ได้จำแนกไว้เพื่อจำแนกพื้นที่ที่ต้องดูแลเป็นพิเศษ และไม่ปลดปล่อยออกจากพื้นที่ปกติ เช่น บริเวณปล่องอุโมงค์ พื้นที่กักเก็บตะกอน บ่อพักน้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนของสารเคมี หรือวัสดุเป็นพิษ โลหะหนัก หรือบริเวณหน้าผาเหมืองที่สูงชัน ที่มีลักษณะเป็นอันตราย รวมทั้งกองดินหรือขอบบ่อเหมืองที่มีลักษณะไม่เสถียร ซึ่งพื้นที่เหล่านี้ต้องทำให้อยู่ในสภาวะที่ปลดปล่อยโดยเร่งด่วนก่อนทำการฟื้นฟู เพื่อใช้ประโยชน์อื่นๆ

3.6 วิเคราะห์ศักยภาพการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ที่ได้จำแนก กำหนดขั้นตอนและลำดับของการฟื้นฟู พร้อมทั้งเลือกวิธีการฟื้นฟูให้เหมาะสม

#### 4. ข้อมูลสำหรับการจัดทำแผนการฟื้นฟู

ในการจัดทำแผนการฟื้นฟูการทำเหมืองแร่โดยทั่วไปนั้น ผู้จัดทำแผนควรจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลแผนการทำเหมือง และข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นฟู ซึ่งทำให้รู้ถึงความเป็นไปในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เดิมในการทำเหมือง นอกจากนี้ยังทำให้สามารถประเมินถึงขนาด และขอบเขตของผลกระทบจากกิจกรรมของการทำเหมือง รวมทั้งใช้กำหนดแนวทางการฟื้นฟูในระหว่าง ทำเหมือง ซึ่งผลที่ได้จากข้อมูลเหล่านี้ สามารถนำไปใช้ในการออกแบบวางแผนการฟื้นฟูในขั้นตอนต่างๆ ได้อย่างต่อเนื่องถูกต้อง ภายหลังจากการทำเหมืองแล้ว

## 4.1 ข้อมูลแผนการทำเหมือง

### 1) ข้อมูลสำหรับวิธีการทำเหมืองเปิด ที่จะต้องรวบรวม ได้แก่

- แผนที่แสดงการขุดแร่ หรือแผนผังแสดงลำดับการขุดผลิตแร่ ในแต่ละช่วงเวลา
- วิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ขุดดิน ปริมาณเปลือกดินรวมทั้งหน้าดินที่ขุดออกไปกองไว้ ต่อปีทั้งหมด คิดเป็นน้ำหนักและปริมาตร
- วิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ขุดแร่ ชนิดแร่และปริมาณแร่ที่ขุดออกทั้งหมด คิดเป็นน้ำหนักและปริมาตร
- ขนาดและคุณลักษณะของชั้นบันได (benches) ที่ออกแบบใช้งานขณะทำเหมือง เช่น ความสูง ความกว้าง และความลาดเอียงของหน้างาน
- มุมลาดเอียงรวมของผนังบ่อเหมือง
- รูปแบบและลักษณะของถนนที่เข้าและออกบ่อเหมือง
- ข้อมูลการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพและการพังทลายของผนังบ่อเหมือง และวิธีการป้องกันแก้ไขที่ใช้ขณะทำเหมือง
- รูปแบบการขุดขุมเหมืองตักน้ำ วิธีการระบายน้ำภายในและออกจากบ่อเหมือง การกำจัดและตักตะกอน
- ข้อมูลลำดับและวิธีการถมกลับภายในบ่อเหมือง
- แผนการฟื้นฟูพื้นที่ในระหว่างทำเหมืองและภายหลัง

### 2) ข้อมูลวิธีการทำเหมืองอุโมงค์ ได้แก่

- วิธีขุดและผลิตแร่ใต้ดิน ลำดับการผลิตแร่
- ชนิดแร่และปริมาณแร่ที่ขุดออกทั้งหมดคิดเป็นน้ำหนักและปริมาตร
- ขนาดและความยาวของอุโมงค์และปล่อง รวมทั้งแผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้ง
- วิธีการและชนิดการค้ำยัน ถ้าใช้เสาค้ำยันจากดิน-หินที่มีอยู่เดิม ควรมีข้อมูล ขนาด กว้าง ยาว สูง และรายงานการคำนวณความแข็งแรงของเสาค้ำยันนั้น
- ชนิดรูปร่างและลักษณะของเพดานอุโมงค์และผนังด้านข้าง
- วิธีการถมกลับหรือถมค้ำยัน ตำแหน่งที่ถมกลับ วัสดุที่ใช้ ปริมาณกากแร่ และเศษหิน ซึ่งถูกนำมาใช้ในการถมกลับอุโมงค์ ขณะทำเหมืองอุโมงค์
- ประวัติการถล่ม การพังทลายของอุโมงค์ และวิธีการแก้ไข
- การขุดปล่องเป็นขุมหรือหลุมตักน้ำ วิธีการระบายน้ำ และการกำจัดตะกอน
- แผนการฟื้นฟูพื้นที่ในระหว่างทำเหมืองและภายหลัง

- 3) ข้อมูลการแต่งแร่ ข้อมูลดังกล่าวได้แก่
  - กระบวนการแต่งแร่ และเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้
  - อัตราและปริมาณการแต่งแร่
  - ปริมาณกากแร่ และหางแร่ จากกระบวนการแต่งแร่ คิดเป็นน้ำหนักและปริมาณ
  - ชนิดและปริมาณของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการแต่งแร่

## 4.2 ข้อมูลทางกายภาพจำแนกตามพื้นที่เฉพาะ

ซึ่งสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของการใช้พื้นที่ ดังนี้

- 1) ข้อมูลที่ทั้งดิน กองดิน และกองหิน ข้อมูลที่ต้องรวบรวมเพื่อการศึกษา ได้แก่
  - ลักษณะภูมิประเทศ ขนาดขอบเขต และตำแหน่งของที่ทั้งดิน
  - คุณสมบัติ และลักษณะทางกายภาพและเคมีของวัสดุเปลือกดิน เช่น การกระจายขนาด ความชื้น แร่ประกอบหิน การเกิดปฏิกิริยาในแง่ของความเป็นกรด
  - คุณสมบัติทั้งกายภาพและเคมี รวมทั้งลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ทั้งดิน
  - วิธีทั้งดินและข้อมูลทางธรณีเทคนิค ในแง่ของเสถียรภาพของกองดิน และการระบายน้ำ
  - แผนการฟื้นฟู หรือข้อมูลการฟื้นฟูกองดินและหินที่ผ่านมา
- 2) ข้อมูลเขื่อนกักเก็บตะกอนดิน ได้แก่
  - ข้อมูลการออกแบบ และโครงสร้างของเขื่อนกักเก็บดินตะกอน
  - ชนิดของวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง รวมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี
  - ชนิดและปริมาณของวัสดุที่กักเก็บไว้ในเขื่อนกักเก็บดินตะกอน
  - คุณสมบัติและลักษณะทั้งทางกายภาพและเคมีของดินตะกอน และกากแร่ เช่น การกระจายขนาด ความชื้น ชนิดแร่ และแนวโน้มการเกิดกรด
  - แผนการฟื้นฟู และการดำเนินการที่ผ่านมา เช่น วิธีการบำบัดดินตะกอนและกากแร่ที่เป็นพิษ การกลบฝัง และการปลูกต้นไม้ เป็นต้น
- 3) ข้อมูลการจัดการเกี่ยวกับแหล่งน้ำ ได้แก่
  - แหล่งน้ำ วิธีการนำน้ำเข้ามาใช้ในเหมือง และการระบายน้ำออกจากเหมือง
  - ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการต่างๆ ในการทำเหมือง และแต่งแร่ และปริมาณที่ปล่อยออกไป
  - ตำแหน่ง พื้นที่ ความจุ และโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการผันน้ำ ระบายน้ำ ซึ่งอาจจะได้รับการปนเปื้อนจากน้ำที่ผ่านการทำเหมือง เช่น เขื่อน คลองผันน้ำ ร่องน้ำ บ่อพักน้ำทิ้ง สถานีสูบน้ำ
  - ข้อมูลเกี่ยวกับการย้ายคลองหรือทางน้ำ ในกรณีที่มีการย้ายทางน้ำ

- 4) ข้อมูลสิ่งปลูกสร้าง ได้แก่
  - สิ่งปลูกสร้างที่เกี่ยวกับกระบวนการทำเหมืองโดยตรง เช่น โรงบดย่อยแร่ สายพานลำเลียงหินและแร่ เครื่องกวน ตำแหน่งฐานราก โครงสร้าง และขนาด
  - โรงแต่งแร่ ควรมีข้อมูล ส่วนประกอบต่างๆ ข้อมูลฐานราก โครงสร้าง และขนาด
  - ไฟฟ้า การคมนาคม และสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ ได้แก่ อาคาร สำนักงาน สายส่งไฟฟ้าแรงสูง ถนน ทางรถไฟ ท่อลอด ท่อแก๊ส ท่อระบายน้ำเสีย ท่อส่งน้ำ สายไฟ สายโทรศัพท์ ถังเก็บน้ำ และสะพาน ควรทราบถึงขนาด ตำแหน่ง สภาพการชำรุด และส่วนประกอบย่อย (ถ้ามี)
- 5) ข้อมูลการกำจัดสารเคมี และของเสียที่เป็นพิษ ได้แก่
  - ชนิดสารเคมีและของเสียที่ทำการกำจัด
  - สถานที่ ตำแหน่ง และวิธีการกำจัด

## 5. การจัดการหน้าดิน

การฟื้นฟูพื้นที่ที่ทำเหมืองแร่นั้น ส่วนมากมักจะใช้วิธีปลูกพืชตามพื้นที่ต่างๆ ในบริเวณเหมือง เช่น พื้นที่กองดิน พื้นที่ถมกลับภายในบ่อเหมือง พื้นที่บริเวณสำนักงาน บริเวณรอบๆ เชือกกักเก็บน้ำ เชือกกักเก็บดินตะกอนและกากแร่ และบริเวณพื้นที่ว่างอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งบางพื้นที่สามารถปลูกพืชได้ตามปกติ เพราะเป็นพื้นที่เดิมซึ่งไม่ได้ถูกรบกวนจากกระบวนการทำเหมือง ดินจึงยังมีความอุดมสมบูรณ์ ส่วนบางพื้นที่ เช่น พื้นที่กองดิน และพื้นที่ถมกลับในบ่อเหมืองซึ่งเกิดจากการนำเปลือกดินจากการขุดบ่อเหมืองมากองทับถมกันนั้น จัดว่าเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาในการปลูกพืชเพราะเปลือกดินส่วนมากจะขาดความอุดมสมบูรณ์ ขาดพวกแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงดิน ซึ่งส่วนใหญ่มักใช้หน้าดินมาปูทับก่อนการปลูกพืช ดังนั้นการจัดการหน้าดินที่ดีจะทำให้สามารถใช้หน้าดินที่ถูกขุดออกจากการขุดทำเหมืองให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ และการที่จะจัดการหน้าดินให้เกิดผลดีนั้นควรมีการวางแผนที่ดีด้วย

### 5.1 แผนการจัดการหน้าดิน

สำหรับการจัดทำแผนการจัดการหน้าดินนั้น ควรทำในช่วงเริ่มต้นของการวางแผนทำเหมือง ซึ่งแผนการจัดการหน้าดินควรมีองค์ประกอบดังนี้

- 1) วัตถุประสงค์ เป็นการกำหนดจุดมุ่งหมายและเหตุผลที่จำเป็น จะต้องมีการจัดการหน้าดินรวมทั้งประโยชน์ที่จะได้รับเมื่อมีการจัดการหน้าดินที่ดี
- 2) การศึกษาและรวบรวมข้อมูล การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติ คุณภาพดิน บริเวณทำเหมืองจากเอกสารที่ได้มีผู้ศึกษาหรือวิเคราะห์ไว้แล้ว ทั้งหน่วยงานของรัฐบาลหรือเอกชน เช่น เอกสารจากกรมพัฒนาที่ดินหรือหน่วยงานทางด้านเกษตร

- 3) การวางแผนสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน ดังนี้
  - (1) เลือกคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินจากชั้นหน้าดินและชั้นเปลือกดินที่ต้องการตรวจสอบ ได้แก่ ลักษณะเนื้อดิน ความหนาแน่น ความพรุน การกระจายขนาด การยอมให้น้ำซึมผ่านได้ พีเอช แร่ธาตุที่สำคัญ คุณสมบัติการแลกเปลี่ยนประจุ และอินทรีย์วัตถุ
  - (2) กำหนดพื้นที่ ตำแหน่ง และแนวการสำรวจ
  - (3) กำหนด วิธีเก็บตัวอย่าง ความลึก จำนวนตัวอย่าง และจุดเก็บตัวอย่างดิน
  - (4) กำหนดและจัดเตรียม เครื่องมือ อุปกรณ์ในการสำรวจ และเก็บตัวอย่างดิน
  - (5) กำหนดช่วงเวลาในการสำรวจ การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์คุณสมบัติให้เหมาะสม
- 4) กำหนดตำแหน่งพื้นที่ที่จะขุดลอกหน้าดิน และกำหนดวิธีการขุดลอกหน้าดินอย่างเป็นระบบได้แก่
  - (1) เลือกเครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการขุดและขนให้เหมาะสม
  - (2) เรียงลำดับบริเวณที่จะขุดก่อนหลัง โดยแบ่งออกเป็น ส่วนๆ
  - (3) กำหนดความลึกที่จะขุดโดยขุดแยกจากชั้นเปลือกดิน
  - (4) ประเมินปริมาณในการขุดและขนในแต่ละครั้งหรือทั้งหมด
- 5) การกำหนดตำแหน่ง บริเวณ พื้นที่ที่จะปูหน้าดิน หรือกองหน้าดินเพื่อเก็บรักษาไว้ โดยปกติแล้วหน้าดินที่ขุดลอกออกมาควรนำไปใช้ทันทีกับบริเวณที่จัดเตรียมไว้แล้ว ฉะนั้นต้องวางแผนไว้ว่าจะนำหน้าดินไปปูในพื้นที่ใด ในช่วงเวลาใดโดยส่วนมากแล้วหน้าดินมักจะถูกนำไปปูทับบนกองดินที่เตรียมไว้แล้วสำหรับการปลูกพืช ในกรณีที่ยังไม่สามารถนำหน้าดินไปใช้ได้ทันที ก็ให้เตรียมพื้นที่ที่จะกองหน้าดินไว้ให้เหมาะสม พร้อมกับเตรียมการปลูกพืชบนกองหน้าดินเพื่อป้องกันการถูกกัดเซาะและช่วยกันวัชพืช ทั้งยังช่วยทำให้คุณสมบัติของหน้าดินคงสภาพอยู่ได้
- 6) ประเมินช่วงเวลาในการขุด การจัดเตรียมพื้นที่ในการปูทับ และการปลูกพืชให้เหมาะสมและสอดคล้องกันโดยการทำตารางและดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ตามที่กำหนดไว้
- 7) กำหนดการปรับแต่งกองดิน หรือพื้นที่ปูหน้าดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม คือมีความเอียงไม่เกิน 27 องศา เพราะหน้าดินจะไม่สามารถเกาะติดในพื้นที่ที่เอียงมากกว่านี้ได้ และถ้าใช้วิธีการโปรยดินโดยใช้เครื่องจักร ควรให้ความลาดเอียงไม่เกินความสามารถของเครื่องจักรซึ่งส่วนใหญ่มักไม่เกิน 19 องศา
- 8) กำหนดวิธีการปูหรือกองหน้าดินในแต่ละพื้นที่ให้เหมาะสมสอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศและความต้องการในด้านการปลูกพืช รวมทั้งกำหนดขนาดของกองหน้าดินในกรณีที่ต้องกองหน้าดินเก็บไว้
- 9) กำหนดหรือเลือกชนิดพันธุ์พืชที่จะนำมาปลูกบนหน้าดินนั้น
- 10) ประเมินค่าใช้จ่ายในการจัดการหน้าดิน

## 5.2 ข้อกำหนดและขั้นตอนการจัดการหน้าดิน

หน้าดิน (Top soil) นั้น โดยทั่วไป จะหมายถึงดินชั้น "A" ซึ่งอยู่ชั้นบนสุดของผิวดิน มักประกอบไปด้วยเมล็ดพันธุ์ต่างๆ สารอาหาร สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก หรืออินทรีย์วัตถุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช มักมีสีเข้มและมีความหนาประมาณ 10 เซนติเมตร ถ้าชั้นหน้าดินนี้เกิดความเสียหายมากแล้ว มักจะต้องใช้เวลานานมากเช่นกันที่จะทำให้คืนสภาพเดิมได้ ดังนั้น การจัดการเรื่องหน้าดินจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น และควรมีการวางแผนการดำเนินการตั้งแต่ก่อนดำเนินการทำเหมือง ทั้งนี้เพื่อให้หน้าดินยังคงสภาพสำหรับใช้งานต่อไปอย่างได้ผล

การจัดการหน้าดินให้สามารถใช้ประโยชน์ในการฟื้นฟูได้ จะต้องประกอบด้วยขั้นตอนหรือกิจกรรมดังต่อไปนี้

1) ก่อนการทำเหมือง ควรจะทำการสำรวจดินให้ละเอียดในบริเวณที่จะทำการขุดเปิดหน้าดินช่วง 5-7 ปีในอนาคต และตรวจสอบให้ทราบถึงการวางตัวของชั้นดิน ชนิด สี เนื้อดิน โครงสร้าง และความเป็นกรดต่าง และมีการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์

2) วางแผนการขุดลอกหน้าดินอย่างเป็นระบบ โดยมีการวางแผนบริเวณที่จะขุด กำหนดความลึกหรือความหนาของชั้นหน้าดินที่จะขุด และชั้นดินถัดลงไปในแต่ละส่วน

3) ควรแยกขุดชั้นหน้าดินออกจากชั้นดินด้านล่าง โดยขุดลอกชั้นหน้าดินให้ได้ชั้นหน้าดินหนาประมาณ 10-30 เซนติเมตร และสามารถแยกขุดชั้นหน้าดินออกเป็นสองช่วง โดยขุดแยกชั้นบนสุดหนาประมาณ 5 เซนติเมตร ออกจากส่วนล่าง

4) ควรนำหน้าดินที่ขุดลอกได้ไปใช้ในบริเวณที่เตรียมไว้สำหรับการฟื้นฟูพื้นที่ ทั้งนี้จะช่วยไม่ให้เกิดการเสื่อมสภาพ ความอุดมสมบูรณ์ทางด้านอินทรีย์วัตถุของหน้าดิน โดยควรกลบให้หน้าดินหนาประมาณ 10-20 เซนติเมตร บนพื้นที่ที่ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช

5) หากมีความจำเป็นในการกองหน้าดินเพื่อเก็บไว้ใช้ต่อไป ควรทำดังนี้

(1) ควรกองหน้าดินไว้ในบริเวณที่ไม่ถูกรบกวนจากการทำเหมือง

(2) ควรวางแผนการใช้หน้าดินให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้

(3) ไม่ควรเก็บหน้าดินให้เป็นกองดินขนาดใหญ่ หรือมีความสูงมาก กองหน้าดินควรมีความสูงไม่เกิน 1-2 เมตร

(4) ควรปลูกพืชบนกองหน้าดิน เพื่อป้องกันการกัดเซาะหรือถูกชะล้างของหน้าดิน นอกจากนั้นยังช่วยในการกักน้ำซึมน้ำให้ลูกกลามขึ้นไปเจริญเติบโตบนกองหน้าดิน และยังช่วยกระตุ้นการทำงาน และการหมุนเวียนของสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ต่อดินให้ดำรงอยู่อย่างต่อเนื่อง

(5) ควรเตรียมวิธีการในการปูหน้าดินในพื้นที่ที่ต้องการฟื้นฟู

6) การนำหน้าดินไปปิดทับไว้ชั่วคราวบนกองเปลือกดินที่ขุดขึ้นมาจากการทำเหมืองที่ทำการปรับแต่งกองดินแล้ว ในกรณีที่กองดินนี้ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช ควรปูหน้าดินปิดทับหนาประมาณ 10-20 เซนติเมตร ถ้ากองดินมีคุณสมบัติที่ไม่ดี ควรเพิ่มความหนาของหน้าดินมากขึ้น และปลูกพืชบนกองดินนี้เช่นกัน

7) การนำหน้าดินไปปูทับบริเวณพื้นที่เอียงชันควรคำนึงถึงความชัน เนื่องจากหน้าดินจะเกาะติดกับพื้นที่เอียงที่มีความชันไม่เกิน 27 องศา และความชันสูงสุดที่เครื่องจักรสามารถจะทำการไถดินให้เกาะติดกับพื้นได้ คือประมาณ 19 องศา

8) ควรทำการขุดลอกหน้าดินในขณะที่มีความชื้นน้อยที่สุด เพราะดินที่เปียกชื้นมักจะเป็นโคลนในขณะขุด และแห้งยากขณะกองเก็บ นอกจากนี้ดินที่เปียกชื้นยังมีแนวโน้มที่จะเกิดการอัดตัวแน่นมากกว่าปกติ และเกิดการสูญเสียโครงสร้างในช่วงดำเนินการกลบหน้าดิน

9) ชั้นดินที่ถูกปูทับด้วยชั้นหน้าดิน ควรเป็นดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสม เพราะจะทำให้เกิดผลดีในระยะยาวในการเจริญเติบโตของพืช และได้ผลดีกว่าการปลูกพืชโดยใช้เพียงหน้าดินกลบบนชั้นดินที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสม

10) ตรวจสอบความเหมาะสมของคุณสมบัติของดิน ที่นำมาเป็นชั้นดินรองพื้นชั้นหน้าดิน หรือชั้นรากพืชยังถึงซึ่งคุณสมบัติที่ควรวิเคราะห์ให้ทราบ ได้แก่ ค่าพีเอช สารที่เป็นพิษ คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุ ปริมาณสารอาหาร การวิเคราะห์ควรดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน

11) ในกรณีที่ปริมาณหน้าดินมีจำกัด ควรจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ ซึ่งบริเวณที่ควรได้รับการดูแลก่อนควรเป็นบริเวณที่ถูกกัดเซาะได้ง่าย หรือบริเวณที่ดินชั้นล่างมีคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางเคมีที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช ในการปูหน้าดินนั้นอาจจะใช้วิธีการกลบหน้าดินและปลูกพืชเป็นแนว

12) ใช้หน้าดินที่มีอยู่กลบทับและปลูกพืชโดยเร็วในบริเวณที่มีสภาพวิกฤตก่อนบริเวณที่ไม่เร่งด่วน ในกรณีที่ต้องการปลูกพืชบนกองเปลือกดินจากการทำเหมืองโดยตรง โดยไม่มีหน้าดินควรมีการเลือกชนิดพืชและทำการปรับปรุงคุณภาพดิน

13) การยืมหน้าดินจากบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ทำเหมืองนั้น อาจกระทำได้ในบางกรณี แต่จะทำให้ต้องกลับมาทำการฟื้นฟูบริเวณที่ถูกขุดหน้าดินออกไปอีกเช่นกัน

14) การนำหน้าดินจากเหมืองอื่นมาใช้ นั้น มักไม่เหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์ แต่บางกรณีอาจกระทำได้ อย่างไรก็ตามควรระมัดระวังว่าจะไม่เป็นการนำวัชพืชจากแหล่งอื่นเข้ามาแพร่กระจายในบริเวณที่ฟื้นฟูและในท้องถิ่น

## 6. การจัดทำแผนและการควบคุมการถมดินที่มีพิษ

การจัดทำแผนการควบคุมการถมดินที่มีพิษ ควรจัดทำตั้งแต่ขั้นตอนวางแผนการทำเหมือง เพราะในการวางแผนการทำเหมืองนั้น ผู้ดำเนินการจะทราบถึงกระบวนการและวิธีการทำเหมืองและการแต่งแร่ทั้งหมดทุกขั้นตอน ทำให้ทราบว่า มีขั้นตอนใดที่พบตำแหน่งที่ดินมีพิษหรือทำให้เกิดภาวะดินเป็นพิษ ซึ่งจำเป็นต้องวางแผนที่จะควบคุมดินที่มีพิษนั้น การวางแผนตั้งแต่เริ่มแรกนั้นจะเป็นผลดีต่อผู้ดำเนินการทำเหมืองและต่อสิ่งแวดล้อม เพราะจะช่วยสกัดกั้นการกระจายความเป็นพิษออกไปสู่สิ่งแวดล้อมได้ตั้งแต่เริ่มกระบวนการทำเหมือง ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดปัญหาภายหลัง ทำให้ผู้ดำเนินการสามารถจัดสรรงบประมาณในการทำงานได้ตั้งแต่เริ่มแรก

ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการวางแผนถมดินที่มีพิษได้แก่

1) ชนิดของความเป็นพิษของดิน สารพิษที่ปนเปื้อนอันเป็นต้นเหตุของการเกิดพิษในดิน และคุณลักษณะของดินที่มีพิษ ซึ่งสามารถรู้ได้จากการสำรวจสุ่มเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์แบบคร่าวๆ และแบบละเอียด

2) ตำแหน่ง ขอบเขต และปริมาณของดินที่มีพิษ ซึ่งสามารถกำหนดได้จากการสำรวจในสนาม และการประเมินวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

วิธีการจัดทำแผนการควบคุมการถมดินที่มีพิษนั้น อย่างน้อยควรประกอบด้วยองค์ประกอบดังนี้

## 6.1 ข้อกำหนดการถมดินที่มีพิษ

จากข้อมูลเกี่ยวกับ ชนิด ประเภทและขนาดของความเป็นพิษของดิน ทำให้สามารถเลือกเทคนิคในการควบคุมดินที่มีพิษและการถมดินที่มีพิษนี้ได้ ซึ่งการจะเลือกเทคนิคหรือวิธีการใดนั้น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและปัจจัยหลายประการ ที่ต้องนำมาพิจารณา ได้แก่ ลักษณะทางธรณีวิทยาและธรณีโครงสร้าง ในบริเวณที่จะฝังกลบ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินหินในบริเวณที่จะฝังกลบ และของเปลือกดินหรือวัสดุที่สามารถนำมาปิดทับ ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาในบริเวณที่จะฝังกลบและกระบวนการหรือกรรมวิธีในการทำเหมือง รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีอยู่ นอกจากนี้ อาจจะต้องศึกษากฎหมายหรือข้อบังคับที่จะต้องปฏิบัติตาม

ตัวอย่างวิธีการควบคุมและถมดินที่มีพิษ เช่น

1) การฝังวัสดุที่เป็นกรดให้อยู่ในที่สูงและแห้ง โดยฝังให้สูงกว่าระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งบริเวณที่ฝัง อาจจะเป็นบ่อเหมืองเก่าที่พื้นที่บ่อเหมืองอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดิน โดยใช้วัสดุที่เหมาะสม เช่น ดินเหนียวปูรองพื้นเพื่อป้องกันการสัมผัสน้ำใต้ดิน ปิดทับด้วยชั้นดินเหนียว แล้วใช้วัสดุที่เป็นด่างหรือหินปูนกลบด้านบนที่ชั้นดินเหนียวด้วยชั้นเปลือกดินและหน้าดินตามลำดับ ด้านบนควรจะทำให้เป็นแบบลาดเอียง ทั้งนี้เพื่อช่วยระบายน้ำผิวดินให้ไหลออกทางด้านข้าง โดยปกติแล้วตำแหน่งของดินที่เป็นกรดที่จะทำการฝังบริเวณบ่อเหมืองเก่าจะต้องอยู่ห่างจากผนังและพื้นบ่อเหมืองอย่างน้อย 25 ฟุต และลึกจากผิวดินอย่างน้อย 10 ฟุต

2) การปูวัสดุที่เป็นด่างสลับกับวัสดุที่เป็นกรดกลบฝังในบ่อเหมืองโดยใช้หลักการเช่นเดียวกับการฝังแห้ง ซึ่งวิธีการเช่นนี้ควรปูวัสดุที่เป็นด่างก่อน ในความหนาที่เหมาะสม แล้วจึงปูวัสดุหรือดินที่เป็นกรด และปิดทับด้วยชั้นวัสดุที่เป็นด่าง อย่างไรก็ตามควรคำนวณความหนาของชั้นวัสดุทั้งสองชนิดให้เหมาะสม

3) การกลบฝังดินมีพิษหรือมีสารพิษอันตรายร้ายแรง (hazardous waste) ในบ่อที่สร้างขึ้นมา โดยเฉพาะซึ่งมีระบบปูรองพื้น 2 ชั้น คือ ชั้นล่างสุดปูด้วยวัสดุที่สามารถสกัดกั้นการไหลซึมผ่านของสารพิษในกรณีที่มีการรั่วไหล ซึ่งชั้นนี้สร้างด้วยดินเหนียวอัดแน่นที่มีความหนาน้อย 3 ฟุต และมีค่า hydraulic conductivity ไม่เกิน  $10 \times 10^{-7}$  ซม./วินาที ชั้นบนถัดขึ้นมาปูด้วยวัสดุที่บีบกันซึม เช่น geomembrane เพื่อกันมิให้เกิดการไหลซึมของสารพิษออกไปสู่สิ่งแวดล้อมด้านนอก และปิดทับดินมีพิษที่ฝังกลบด้วยวัสดุกันซึมชนิดเดียวกัน และควรมีการจัดการระบบน้ำในบริเวณนี้ให้เหมาะสมโดยควบคุมมิให้น้ำไหลซึมผ่านเข้าไปในชั้นดินที่ฝังกลบนี้



4) การทำให้สารพิษที่ปนเปื้อนเสถียรหรือการลดพิษก่อนการถมหรือกลบฝัง ตามที่จะกล่าวถึง  
ในข้อ 6.3

ในการสำรวจหาวัสดุที่จะใช้ปิดทับหรือรองพื้น ให้รวบรวมข้อมูลตำแหน่ง ขอบเขต และปริมาณ  
ของเปลือกดิน ที่จะนำมาถมปิดทับ และวิเคราะห์คุณสมบัติของเปลือกดิน เพื่อประเมินความเหมาะสมสำหรับ  
การใช้เป็นวัสดุปิดทับหรือเป็นวัสดุรองพื้น ตามวิธีการถมหรือฝังกลบที่ได้กำหนดไว้แล้ว

## 6.2 การสำรวจและกำหนดพื้นที่สำหรับการถมดินที่มีพิษ

ทำการสำรวจความเหมาะสมของพื้นที่ที่จะใช้ฝังหรือถมดินที่มีพิษ โดยสำรวจให้ทราบถึง

1) ลักษณะธรณีวิทยาของชั้นดิน-หิน และโครงสร้างทางธรณีวิทยา เพื่อให้ทราบถึงการวางตัว  
การเรียงลำดับ และความหนาของชั้นดินหิน นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงลักษณะรอยแตก รอยเลื่อนหรือ  
รอยคดโค้ง ซึ่งจะต้องนำมาพิจารณาความเหมาะสมสำหรับเป็นพื้นที่ที่ใช้ถม

2) ตรวจสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินและหินในบริเวณที่จะใช้เป็นบ่อถม  
ซึ่งทำให้ได้ทราบว่าสามารถที่จะรองรับวัสดุหรือดินที่มีพิษหรือไม่ เช่น คุณสมบัติด้านความชื้นได้ ความชื้น  
ความหนาแน่น และองค์ประกอบของเนื้อวัสดุ เป็นต้น นอกจากนี้ควรศึกษาว่าชั้นดินและหินเหล่านี้จะทำ  
ปฏิกิริยาต่อกับวัสดุที่มีพิษอย่างไร มีความเหมาะสมหรือไม่

3) ตรวจสอบลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาเพื่อกำหนดตำแหน่งบริเวณที่ถมมีให้เกิดการปนเปื้อน  
ชั้นน้ำบาดาล และหลีกเลี่ยงการฝังกลบใกล้ทางน้ำ

ในการกำหนดและเลือกพื้นที่เพื่อทำการถมดินที่มีพิษนั้น ควรพิจารณาปัจจัยและผลที่ได้ทำการ  
สำรวจดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และพิจารณาทางเลือกหรือวิธีการที่จะใช้ในการถมให้สอดคล้องกับปัจจัย  
ที่มีอยู่ สำหรับขั้นตอนในการดำเนินการนั้นสามารถทำการสำรวจไปพร้อมกับการศึกษาหาเทคนิคในการ  
ควบคุมและการถมดินที่มีพิษได้

สำหรับมาตรฐานโดยทั่วไป ตำแหน่งที่จะฝังกลบวัสดุที่มีพิษร้ายแรง หรือเป็นอันตราย (hazardous  
waste) นั้นมีข้อกำหนด ดังนี้

1) ไม่ควรอยู่ใกล้รอยเลื่อนใหม่ (ยุคโฮโลซีน) ควรถมให้อยู่ในระยะห่างเกิน 61 เมตร จาก  
รอยเลื่อนนั้น

2) ถ้าถมในบริเวณที่เป็นที่น้ำท่วมถึง (floodplain) ซึ่งเกิดขึ้นจากน้ำท่วมในรอบหนึ่งร้อยปี ควร  
มีการป้องกันการถูกพัดพาโดยน้ำท่วมอันอาจเกิดขึ้นได้ในรอบหนึ่งร้อยปี

3) ห้ามฝังหรือถมวัตถุอันตรายร้ายแรงที่ไม่มีการบรรจุในถังบรรจุหรือวัตถุที่มีพิษร้ายแรงชนิดเหลว  
ลงในบริเวณชั้นโดมหินเกลือ (salt dome) ชั้นหินเกลือ (salt bed) เหมืองใต้ดิน และถ้ำ

### 6.3 วิธีการทำให้วัสดุมีความเสถียร

การกำหนดขั้นตอนในการทำให้เสถียร และการสร้างและเตรียมพื้นที่ ขุด ขน และถมกลับ มีดังนี้

1) ดินที่มีพิษบางชนิดต้องมีการทำให้เสถียรก่อนการถม จึงต้องดำเนินการให้เกิดการเสถียรหรือลดความเป็นพิษก่อน การทำให้สารพิษที่ปนเปื้อนเสถียรหรือการลดพิษก่อนการถมหรือฝังกลบมีแนวทางดำเนินการดังนี้

(1) ในกรณีที่ดินมีสารพิษที่มีอันตรายร้ายแรงสูงหรือมีปริมาณมาก เช่น มีพวกโลหะหนัก แคดเมียม ปรอท โซยาไนต์ หรือตะกั่ว ซึ่งกรณีเช่นนี้ต้องลดความเป็นพิษหรือทำให้เสถียรโดยใช้วิธีการที่เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

(2) กรณีที่ดินมีฤทธิ์เป็นกรดหรือด่าง สามารถทำให้เป็นกลางก่อนการฝังกลบ โดยอาจใช้วิธีการผสมดินที่มีฤทธิ์เป็นกรด หรือด่างก่อนถม ดังรูปที่ 6.3-1

2) ดำเนินการสร้างและเตรียมพื้นที่เพื่อการฝังให้เหมาะสมตามวิธีการฝังกลบที่เลือกไว้ เช่น

(1) บริเวณที่กลบฝังควรอยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน และมีวัสดุกันการซึมลงน้ำใต้ดิน

(2) ถ้าจะถมในบ่อเหมืองควรอยู่ห่างจากผนังบ่อเหมืองประมาณ 10-20 ฟุต และกันบ่อเหมืองควรอยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน

(3) อยู่ห่างจากชั้นดินที่รากพืชหยั่งถึง หรือห่างจากใต้ระดับผิวดินอย่างน้อย 10 ฟุต

(4) อยู่ห่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่อาจจะไหลท่วมเข้ามาหลังการทำเหมือง

(5) ถ้าเป็นวัสดุที่มีพิษร้ายแรง ควรเลือกตำแหน่งตามมาตรฐานดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

(6) ถ้ามีการปูด้วยแผ่นกันซึมก็ต้องปรับพื้นด้านล่างด้วยการอัดด้วยดินเหนียวให้แน่นเพื่อกันน้ำซึมโดยให้มีความหนาประมาณ 3 ฟุต และปรับให้เรียบก่อนปูด้วยแผ่นพลาสติกกันซึมตั้งได้กล่าวมาแล้ว

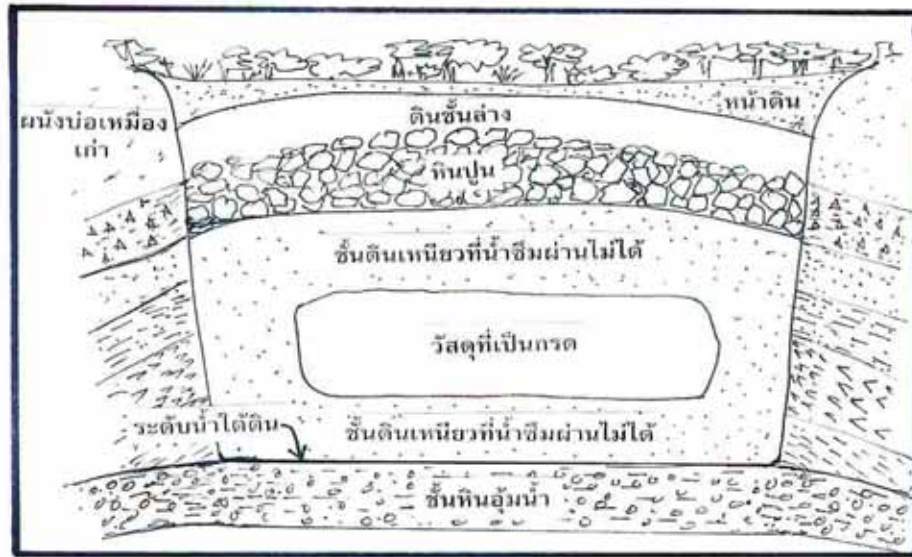
(7) กรณีที่ดินไม่มีพิษร้ายแรง หรือลดการเป็นพิษจนเสถียรแล้วให้ทำการฝังกลบโดยไม่ต้องปูแผ่นกันซึม แต่ควรปิดกันด้วยชั้นดินเหนียวอัดแน่น หรือถ้าดินเป็นกรดให้ปูด้วยชั้นที่เป็นต่างก่อน

3) ดำเนินการขุดและขนด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการขุดคัดแยก และฝังกลบ

4) หลังจากบรรจุดินที่มีพิษในบริเวณที่เตรียมไว้เสร็จสิ้นแล้วทำการปิดกลบให้เหมาะสม ตามวิธีการที่ได้กำหนดไว้

### 6.4 มาตรการเสริม

มาตรการเสริมหลังการถมดินที่มีพิษ เช่น การฟื้นฟูบริเวณโดยรอบด้วยการปลูกพืช และมีมาตรการตรวจสอบการรั่วไหล โดยหามาตรการที่เหมาะสมเพื่อตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมข้างเคียงอย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 6.3-1 ตัวอย่างการฝังวัสดุที่เป็นกรด

## 7. ข้อกำหนดและขั้นตอนการฟื้นฟูของดินนอกบ่อเหมือง

กองดินนอกบ่อเหมืองมักประกอบด้วย วัสดุจำพวกดิน-หินที่ถูกขุดออกในระหว่างการดำเนินการทำเหมือง ส่วนมากอยู่ส่วนบนของชั้นแร่ เรียกว่า ชั้นเปลือกดิน ซึ่งในกระบวนการทำเหมืองโดยเฉพาะในช่วงแรกมักมีการขนวัสดุนี้ออกไปกองไว้นอกบ่อเหมือง การทำเหมืองในอุดมคติจะใช้วิธีการขุดแล้วถมกลับ โดยการเดินหน้าเหมืองขุดดินแล้วถมกลับไปในบ่อเหมืองด้านหลัง แต่ถ้าไม่สามารถกระทำได้ และจำเป็นต้องมีการกองดินนอกบ่อเหมืองควรออกแบบดำเนินการดังนี้

7.1 กำหนดปริมาณดินทั้งหมดที่จะต้องขนออกมาทิ้งนอกบ่อเหมือง

7.2 กำหนดตำแหน่ง ออกแบบรูปร่างลักษณะและขนาดของกองดินรวมทั้งปริมาณของดินที่จะใช้ในแต่ละกองตั้งแต่เริ่มวางแผนการทำเหมือง พร้อมทั้งวางแผนการฟื้นฟูไปพร้อมกัน

7.3 ออกแบบกองดินทั้งในด้านความสูง ความลาดชัน การบดอัด ฯลฯ ให้มีเสถียรภาพและเหมาะสมเพื่อรองรับการฟื้นฟูโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน โดยทั่วไปมักกำหนดให้ความลาดชันของกองดินอยู่ในช่วงประมาณ 12-20 องศา สิ่งที่ควรพิจารณาในเบื้องต้น เมื่อจะทำการทิ้งดินนอกบ่อเหมืองในแง่เสถียรภาพ ได้แก่

1) ชนิดของวัสดุที่จะนำมากอง รวมทั้งคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุที่แตกต่างกัน ย่อมมีผลต่อเสถียรภาพของกองดินแตกต่างกันและอาจจะทำให้ต้องดำเนินการวิธีการสร้างกองดินที่แตกต่างกัน

2) คุณสมบัติของวัสดุ ลักษณะพื้นที่รองรับ และปริมาณเปลือกดิน มักมีผลต่อการควบคุมระบบการไหลของน้ำด้านบนและรอบๆ กองดิน ซึ่งมีผลต่อเสถียรภาพของกองดินเช่นกัน

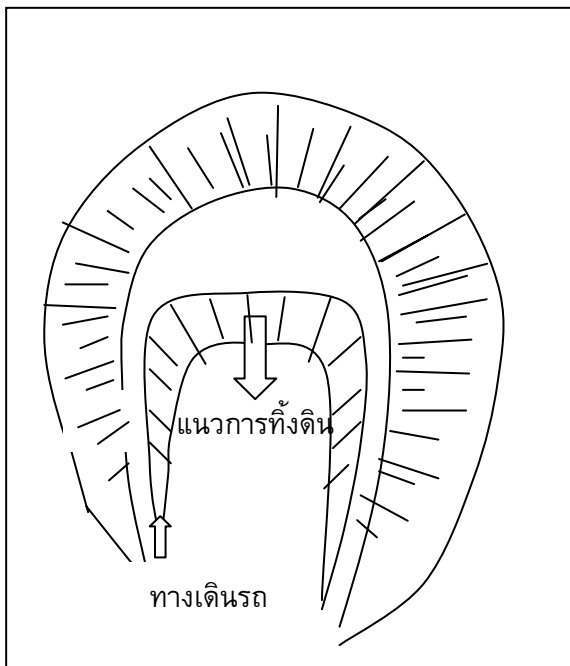
3) การทิ้งดิน การบดอัด การคัดเลือกวัสดุที่ถูกต้องตามมาตรฐานที่ออกแบบ จะช่วยให้  
 กองดินมีเสถียรภาพตามที่ได้ออกแบบไว้ และไม่เกิดปัญหาเมื่อทำการฟื้นฟูต่อไป

7.4 วางแผนการขุดและขนดิน เททิ้งดินและบดอัดดินให้สอดคล้องกับการออกแบบกองดินที่ได้  
 กำหนดไว้

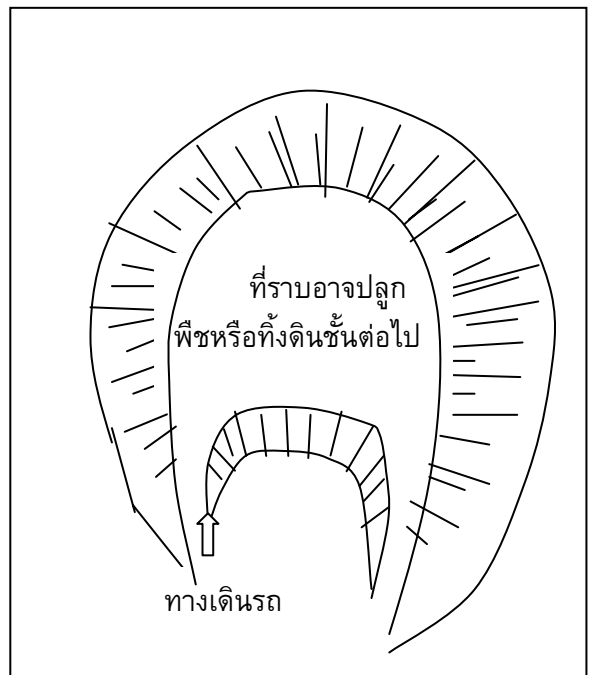
7.5 สามารถใช้กองดินเป็นแนวปิดบังความไม่เรียบร้อยขณะดำเนินการขุดดินบริเวณบ่อเหมืองได้  
 แต่อย่างไรก็ตามตัวกองดินเองอาจจะก่อให้เกิดภาพไม่นาดู ดังนั้น การฟื้นฟูกองดินด้วยการปลูกพืชควร  
 ดำเนินการในระยะเริ่มแรกของการทิ้งดิน โดยการปลูกพืชบริเวณขอบนอกของกองดินก่อน ดังนี้

1) ในแต่ละชั้น ควรทิ้งดินบริเวณที่จะเป็นส่วนปลายสุดและเป็นด้านหน้าของกองดินก่อนเกลี่ย  
 และปรับแต่งดิน รวมทั้งความชันตามแบบที่ได้กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 7.5-1 (ก)

2) ปูด้วยหน้าดิน โดยปลูกพืชบริเวณขอบนอกด้านหน้าของกองดิน และทิ้งดินมาทางด้านหลัง  
 แบบต่อเนื่อง พร้อมทั้งปลูกพืชบริเวณขอบนอกของกองดินต่อเนื่องจากด้านหน้า ดังแสดงในรูปที่ 7.5-1 (ข)

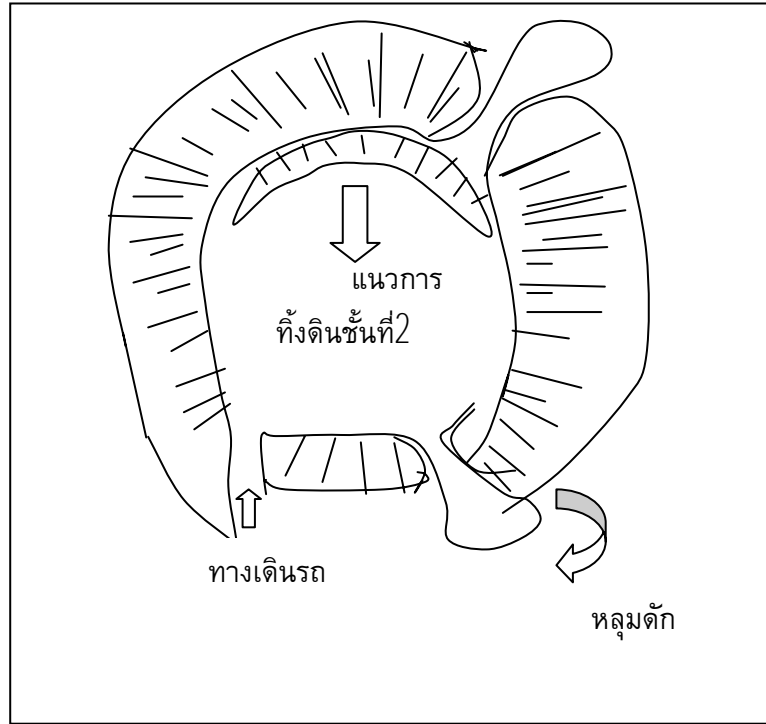


รูปที่ 7.5-1 (ก) แสดงวิธีการกองดินและการฟื้นฟู



รูปที่ 7.5-1 (ข) แสดงวิธีการกองดินและการฟื้นฟู

3) เมื่อเสร็จสิ้นการทิ้งดินในชั้นแรกและจะเริ่มทิ้งดินในชั้นที่สอง ก็ให้เริ่มต้นเช่นเดียวกับ การทิ้งดินในชั้นแรก คือทิ้งดินด้านหน้าและปลูกพืชบริเวณขอบนอกด้านหน้าของกองดินก่อนและถอยหลังมา ดังรูป 7.5-1 (ค)



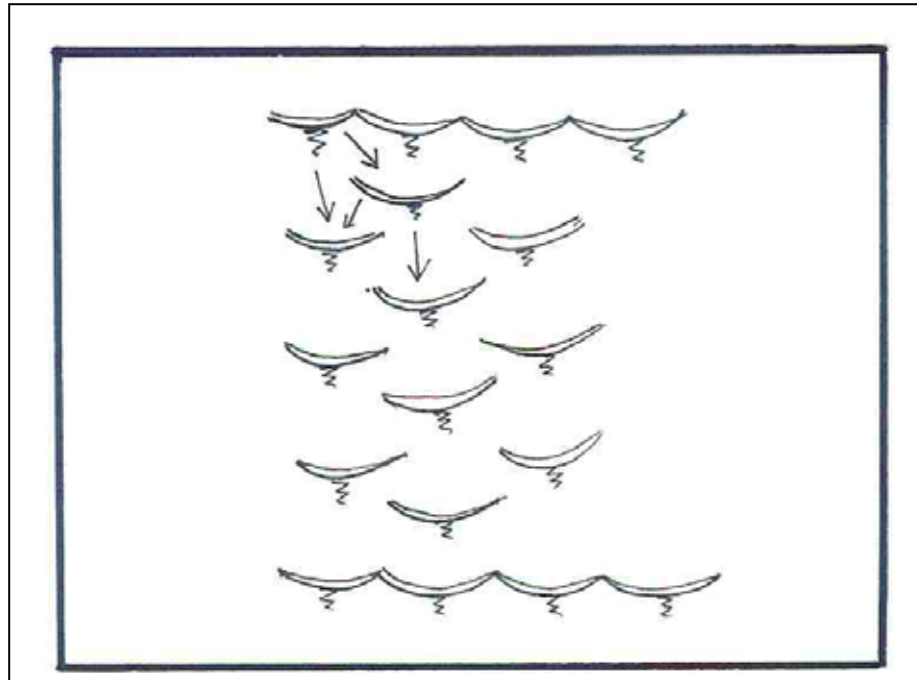
รูปที่ 7.5-1 (ค) แสดงวิธีการกองดินและการฟื้นฟู

7.6 ควบคุมและจัดการระบบการไหลของน้ำบนกองดิน และดำเนินการป้องกันการกัดเซาะ (erosion) ที่ผิวดินด้วยวิธีการที่เหมาะสม แม้ว่าการปลูกพืชจะช่วยทำให้เกิดการยึดดิน แต่ถ้าไม่ควบคุม ระบบน้ำและป้องกันการกัดเซาะดังกล่าวก็อาจทำให้กองดินไม่มีเสถียรภาพได้

7.7 การควบคุมระบบการไหลของน้ำ ทำได้โดยวางแผนจัดการให้มีระบบระบายน้ำที่เหมาะสม ทั้ง แนวนอนและแนวตั้ง รวมทั้งให้มีที่ตกตะกอนตรงส่วนฐานของกองดิน

7.8 การป้องกันหรือควบคุมการกัดเซาะผิวดินจากลมและน้ำ สามารถศึกษาได้จากหัวข้อที่เกี่ยวข้อง หรือใช้เทคนิคดังต่อไปนี้

1) กรณีกองดินมีความชันมากและแคบ ควรทำร่องดินย่อยกั้นน้ำโดยขุดดินลึกลงไปประมาณ 1.5 เมตร ยาวประมาณ 8 เมตร วางตัวสลับฟันปลากันตั้งแต่ส่วนบนของกองดินลงถึงฐาน ยกเว้นส่วนบนสุด และส่วนฐานให้ร่องดินย่อยวางตัวติดกันเป็นแนว (รูปที่ 7.8-1)



รูปที่ 7.8-1 แสดงวิธีการทำร่องดินย่อยกันน้ำ

2) กรณีที่เป็นกองดินขนาดใหญ่และมีความลาดเอียงเป็นแนวยาวใช้วิธีการตัด bench ในแต่ละระดับจะเหมาะสมกว่า

3) ปิดทับด้วยหิน โดยให้หินที่มีลักษณะเป็นแผ่น หรือเป็นบล็อกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร หรือมากกว่า ซึ่งวิธีนี้นอกจากจะช่วยป้องกันการกัดเซาะที่ผิวดินแล้วยังป้องกันผิวดินจากลมซึ่งก่อให้เกิดฝุ่น และควรเลือกชนิดหินที่เมื่อฝุ่นแล้วไม่เกิดภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และควรเลือกสีของหินให้กลมกลืนกับธรรมชาติด้วย

## 8. ข้อกำหนดและขั้นตอนการฟื้นฟูเชื่อมกักเก็บตะกอน

### 8.1 การตรวจสอบวัสดุดินตะกอนที่ถูกกักเก็บ

ตรวจสอบคุณลักษณะและคุณสมบัติของดินตะกอนและกากแร่ ทั้งทางกายภาพและเคมี เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าควรใช้วิธีการฟื้นฟูด้วยการปลูกพืชหรือด้วยวิธีอื่น เนื่องจากมักพบว่าคุณลักษณะและคุณสมบัติของดินตะกอนและกากแร่ไม่เหมาะสมกับการปลูกพืช ซึ่งได้แก่

- 1) ประกอบด้วยโลหะหนักและเกลือที่มีความเข้มข้นสูง
- 2) มีค่าพีเอชในระดับที่มากหรือน้อยเกินไป
- 3) ปราศจากธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช
- 4) ปราศจากจุลินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก
- 5) มีโครงสร้างและเนื้อวัสดุที่อัดแน่น ทำให้ระบายอากาศและน้ำได้ยาก
- 6) ดินตะกอนและกากแร่มีสีอ่อน หรือเข้มมาก ทำให้เกิดการสะท้อนแสง หรือดูดซับแสงได้ในระดับสูงทำให้รบกวนการเจริญเติบโตของพืช
- 7) มีลักษณะทางกายภาพที่ถูกทำลายจากลมหอบทราย

การตรวจสอบคุณลักษณะและคุณสมบัติของดินตะกอนและกากแร่ ควรศึกษาให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นดังนี้

- 1) การกระจายขนาดเม็ดดิน
- 2) ค่าพีเอช ปัจจุบัน และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามเวลา
- 3) ระดับความเข้มข้นของโลหะหนัก และสารอื่นๆ ที่เป็นพิษต่อพืช
- 4) คุณสมบัติทางเคมี ที่มีผลต่อกระบวนการปรับค่าพีเอชให้เป็นกลาง
- 5) การเปลี่ยนแปลงของระดับความเป็นพิษหลังจากการปรับค่าพีเอชแล้ว
- 6) คุณลักษณะการยอมให้น้ำซึมผ่าน
- 7) การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ที่ระดับลึกต่างกัน อย่างน้อยต้องลึกจนถึงชั้นรากพืชหยั่งถึง

### 8.2 การเลือกวิธีการฟื้นฟู

1) ปิดทับด้วยแผ่นหิน ในกรณีที่ตรวจสอบแล้วพบว่าดินตะกอนและกากแร่นั้นไม่มีสารหรือแร่ธาตุที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช หรือไม่สามารถปรับปรุงให้มีคุณสมบัติที่จะปลูกพืชได้ ควรใช้วิธีปิดทับด้วยแผ่นหิน

2) ทำการฝังกลบ ในกรณีที่ตรวจสอบแล้วพบว่าดินตะกอนและกากแร่นั้นมีสารหรือแร่ธาตุที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และไม่สามารถที่จะปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้นได้ ควรทำการฝังกลบและการฝังกลบต้องมีการป้องกันมิให้น้ำไหลซึมลงไปถึงชั้นดินตะกอนและกากแร่ โดยใช้วิธีการตามขั้นตอนดังนี้ คือ

- (1) ปรับรูปร่างของดินตะกอนและกากแร่ให้เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำออกจากพื้นที่
- (2) ใช้วัสดุกันการซึมของน้ำหรือชั้นดินเหนียวที่มีคุณสมบัติกันน้ำ อัดให้แน่นและหนาตามความเหมาะสม ปิดทับบนดินตะกอนและกากแร่
- (3) บนชั้นดินเหนียวหรือชั้นกันน้ำ ปิดทับด้วยชั้นหินที่ยอมให้น้ำซึมผ่าน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการระบายน้ำตามแนวราบ
- (4) ปิดทับชั้นหินด้วยดิน หรือเปลือกดินที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช
- (5) ปลูกด้วยหน้าดินเป็นชั้นสุดท้ายด้านบนสุดและปลูกพืช

3) ทำการฝังในน้ำอย่างถาวร ในกรณีที่ดินตะกอนและกากแร่มีร้อยละของซัลไฟด์สูง และมีแนวโน้มที่จะมีสภาพเป็นกรดเมื่อถูกอากาศ หรือกรณีที่ดินตะกอนและกากแร่มีคุณสมบัติในการอัดตัวซ้ำ เชื้อนมักถูกออกแบบให้ดินตะกอนและกากแร่ที่อยู่ในน้ำอย่างถาวรกรณีเช่นนี้ควรให้มีปริมาณน้ำพอเหมาะไม่มากเกินไป และไม่น้อยเกินไป เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยาการเติมอากาศของดินตะกอนและกากแร่

น อ ก จ ก น

ควรตรวจสอบสภาพเขื่อนเพื่อป้องกันการรั่วไหลออกไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก

4) การปรับปรุงคุณสมบัติเพื่อการปลูกพืช เป็นวิธีการฟื้นฟูที่ใช้ได้ผลดีในระยะยาว ซึ่งการปรับปรุงคุณสมบัติสามารถทำได้ทั้งทางด้านกายภาพและทางเคมี เพื่อความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืช สามารถทำได้ดังนี้

(1) ปรับค่าพีเอช ให้เหมาะสม ในกรณีที่ดินตะกอนและกากแร่มีคุณสมบัติเป็นกรด ส่วนมากแล้วพีเอชจะไม่เติบโตในสภาพที่เป็นกรดที่มีพีเอชเท่ากับหรือน้อยกว่า 4.5 ดังนั้น การปรับค่าพีเอชควรให้เกินค่า 4.5 ซึ่งนอกจากจะช่วยลดความเป็นกรดแล้วยังช่วยทำให้รากของพืชดำรงอยู่ได้

ในการปรับค่าพีเอช ส่วนใหญ่จะใช้ปูนขาว โดยคำนวณสัดส่วนให้เหมาะสม นอกจากนั้นการใช้ปูนขาวชนิดไฮดรอกไซด์จะทำให้การปรับค่าพีเอชได้ผลเร็วกว่าการใช้ปูนขาว สำหรับการเกษตรและหินปูนชนิดห้ำสลิปเปอร์เซนต์ ส่วนการใช้ slag จากการถลุงจะทำให้เกิดปฏิกิริยาข้ามมาก และต้องใช้ในปริมาณมาก

(2) ปรับปรุงด้วยอินทรีย์วัตถุ และวัสดุผสมอินทรีย์วัตถุอื่นๆ เช่น กากสิ่งปฏิกูลที่ได้จากท่อระบายน้ำ ชีเสื่อย ฟาง เปลือกไม้ หรือขี้เถ้าลอย เป็นต้น คลุกเคล้ากันและนำไปคลุกกับดินตะกอนและกากแร่ ทำให้ช่วยปรับคุณสมบัติบางประการและเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุที่มีประโยชน์ต่อพืช คือ

- ◆ โครงสร้างและเนื้อดินตะกอนและกากแร่ จะมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นในแง่ของการไหลเวียนของอากาศ มีความสามารถในการกักเก็บน้ำเพิ่มขึ้นเพราะมีช่องว่างเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดภาวะการเพิ่มสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอีกด้วย
- ◆ อินทรีย์วัตถุที่นำไปคลุกเคล้า มักจะทำปฏิกิริยาดึงดูดไอออนของโลหะหนัก ช่วยลดความเป็นพิษได้ ส่วนการใช้ชีเสื่อย เศษไม้ หรือเปลือกไม้ ไม่ควรใช้ในขณะสด เพราะอาจจะดูดซับไนโตรเจนและปล่อยสารฟีนอลที่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ ส่วนขี้เถ้าลอยนั้นควรทำการตรวจสอบก่อนว่าจะทำให้เกิดการปนเปื้อนอย่างอื่นต่อดินตะกอนและกากแร่หรือไม่



(3) การเติมปุ๋ย ควรทำในกรณีที่ดินตะกอนและกากแร่มีสภาวะทางกายภาพที่เป็นปัญหามาก และระดับความเป็นพิษสูง ถ้าไม่จำเป็นไม่ควรใช้วิธีนี้ หากจำเป็นต้องใช้วิธีนี้ควรทำหลังจากปรับค่าพีเอช แล้ว สำหรับชนิดปุ๋ยที่จะเติมควรเป็นจำพวกธาตุหลัก เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม เป็นต้น

(4) ในเขตภูมิอากาศแห้งแล้งหรือกึ่งแห้งแล้ง

- ◆ สามารถใช้การรดน้ำด้วยวิธีสเปรย์เพื่อช่วยชะเกลือหรือโลหะพิษ หรือความเป็นกรดให้ลดลงจากชั้นบนและไปสะสมด้านล่างแทน ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ วิธีนี้ควรทำก่อนมีการปลูกพืช
- ◆ ในกรณีที่ผิวของดินตะกอนหรือกากแร่แห้งแตก ควรไถให้เป็นคลื่นหรือขุดแอ่งเล็ก เพื่อกำจัดเกลือออกจากโซนรากพืชได้ถึง

(5) การปิดทับชั้นดินตะกอนและกากแร่ด้วยชั้นหินบด ก่อนจะปูทับด้วยชั้นหน้าดิน หินบดที่ปิดทับควรมีขนาดประมาณ 10-20 มม. ปิดเป็นชั้นหนาประมาณ 30 เซนติเมตร ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยป้องกันเกลือและสารพิษจากดินตะกอนและกากแร่ที่ผุดขึ้นมาบนผิวโดยการเคลื่อนขึ้น (Capillary) มิให้กระทบชั้นหน้าดินได้ กรณีอย่างนี้มักพบได้ในเขตอากาศแห้งแล้ง

(6) ชั้นบนสุด ปูทับด้วยหน้าดิน ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้ผลดีที่สุดในการปลูกพืช ทั้งนี้จะได้ผลดีมากหลังทำการป้องกันการเคลื่อนขึ้น โดยชั้นหินบดดังกล่าวมาแล้ว การปูทับด้วยหน้าดินแม้จำนวนไม่มากก็ยังสามารถช่วยทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชขนาดเล็กได้ ซึ่งอย่างน้อยทำให้สามารถขยายการปลูกพืชในขั้นต่อไปได้

(7) กรณีที่เชื่อมกักเก็บตะกอนและกากแร่อยู่ในบริเวณที่มีลมพัดแรงจัด ควรทำแนวป้องกันลม สำหรับพืชที่ปลูกใหม่

(8) ควรปรับปรุงภูมิทัศน์โดยรอบเชื่อมโยงให้เหมาะสม เช่น การปรับความลาดชันและปลูกพืช

## 9. ข้อกำหนดและขั้นตอนการฟื้นฟูภูมิทัศน์และปล่องเหมืองที่ไม่ได้ถมกลับ

สำหรับอุโมงค์และปล่องเหมืองที่ถูกขุดขึ้นมาในระหว่างการทำเหมืองแร่ และไม่ได้ถมกลับในขณะดำเนินการทำเหมืองนั้น การฟื้นฟูจะต้องทำให้สอดคล้องกับกฎหมายว่าด้วยการทำเหมืองใต้ดิน ในด้านความปลอดภัยอย่างเข้มงวด

ปัญหาที่อาจพบได้ เมื่อปล่อยอุโมงค์และปล่องเหมืองทิ้งไว้โดยไม่มีการฟื้นฟู จะทำให้เกิดการทรุดตัวของผิวดิน การนำขยะไปทิ้งอย่างผิดกฎหมาย การเข้าไปอย่างผิดกฎหมาย การเกิดไฟลุกและแก๊สกระจายออกมา รวมทั้งอาจทำให้เกิดภาวะน้ำเป็นพิษทั้งน้ำผิวดินและใต้ดิน เป็นต้น

การฟื้นฟูอุโมงค์และปล่องเหมืองมี 2 แนวทางหลัก คือ

- 1) นำมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ
- 2) ทำการปิดหรืออุด

## 9.1 ข้อกำหนดการดำเนินการก่อนปิดเหมือง

ก่อนดำเนินการใด ๆ ในการฟื้นฟู หลังจากเลิกทำเหมืองใต้ดินแล้ว ควรวางแผนดังนี้

- 1) ขนย้ายอุปกรณ์ และเครื่องจักรที่เลิกใช้แล้วทั้งหมดออกจากอุโมงค์และปล่องอุโมงค์
- 2) แยกแยะวัสดุที่คงเหลือต่างว่าเป็นสินแร่หรือเป็นวัสดุที่ก่อให้เกิดมลพิษ ถ้าเป็นของเสียที่เป็นพิษต้องทำการกำจัดอย่างปลอดภัยและถูกต้อง
- 3) ถ้าพบว่ามีน้ำในอุโมงค์ ควรทำการตรวจวัดคุณภาพและปริมาณน้ำ เพื่อดูว่ามีสถานะที่เป็นพิษ และสามารถที่จะใช้เป็นแหล่งน้ำได้หรือไม่
- 4) ตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบ โครงสร้าง ลักษณะทางธรณีวิทยา การปรากฏของแก๊ส และการเคลื่อนที่เนื่องจากแผ่นดินไหว ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงสถานภาพด้านความแข็งแรงและความปลอดภัย ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญไม่ว่าจะทำการปิดหรือใช้ประโยชน์ต่อไป
- 5) พิจารณาแนวทางที่จะนำอุโมงค์และปล่องเหมืองมาใช้ประโยชน์ ซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ในอนาคตได้

## 9.2 การออกแบบแผนการฟื้นฟูเพื่อใช้ประโยชน์

อุโมงค์เก่าและปล่องเหมือง อาจจะนำมาฟื้นฟูให้ใช้ประโยชน์ได้หลายประการ เช่น ใช้เป็นโกดัง เก็บสินค้า เก็บทรัพย์สินสมบัติ เก็บอาวุธยุทโธปกรณ์ เก็บวัตถุระเบิด ใช้เป็นสถานที่ท่องเที่ยว ใช้เป็นแหล่งน้ำ ถ้ามีปริมาณน้ำมากพอและคุณภาพดี นอกจากนั้นอาจใช้เป็นแหล่งเพาะปลูก เช่น ใช้เป็นฟาร์มเพาะเห็ดต่าง ๆ เป็นต้น

ข้อควรพิจารณาหรือควรดำเนินการเมื่อต้องฟื้นฟูอุโมงค์เพื่อใช้ประโยชน์ได้แก่

- 1) อุโมงค์และปล่องอุโมงค์ต้องอยู่ในสภาพที่มั่นคง ปลอดภัย และไม่มีปัญหาเรื่องน้ำหรือแก๊สพิษเข้ามาเกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน
- 2) กรณีที่อุโมงค์ได้มีการควบคุมการทรุดของพื้นดินมาตลอด และปลอดภัยในการใช้งาน ควรทำการค้ำยันเพิ่ม ซ่อมแซมบางส่วน ติดตั้งอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น ไฟฟ้า พัดลมระบายอากาศ ระบบขนส่งหรือลาดพื้นด้วยคอนกรีต เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานต่อไป ทั้งนี้ในบางกรณีจะต้องปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ
- 3) ทางเข้าอุโมงค์ ควรจะเข้าได้โดยง่าย โดยรถยนต์ หรือรถราง หลีกเลี่ยงการใช้ปล่องเหมืองเป็นทางเข้า
- 4) ควรอยู่ในบริเวณที่เหมาะสมไม่ไกลมากเกินไป ขนาดของอุโมงค์ควรเป็นไปตามความต้องการ และราคาที่จะปรับปรุงเปลี่ยนแปลงไม่ควรมากกว่าการสร้างบนดิน

### 9.3 การปิดหรืออุดอุโมงค์และปล่องเหมือง

การเลือกวิธีการในการปิดหรืออุดอุโมงค์และปล่องเหมืองนั้น มักขึ้นอยู่กับลักษณะตำแหน่งที่ตั้ง และข้อจำกัดของอุโมงค์และปล่องเหมืองแต่ละแห่ง ซึ่งมีทางเลือกได้ดังนี้

- 1) การปิดกันด้วยรั้วหรือกำแพง
  - (1) ปิดปากอุโมงค์ ปล่องเหมือง และช่องทางเข้าทุกทางด้วยวัสดุที่แข็งแรง และเหมาะสม
  - (2) ขอบเขตที่ปิดกันควรครอบคลุมช่องทางเข้าอุโมงค์ทุกด้านรวมไปถึงบริเวณที่คาดว่า จะมีการทรุดตัวในอนาคต
  - (3) ควรทำการปิดกันตลอดเวลาที่อุโมงค์หรือปล่องเหมืองอยู่ในสภาพที่ไม่ปลอดภัย
- 2) การปิดปากอุโมงค์และปล่องเหมือง
  - (1) การปิดปากอุโมงค์และปล่องเหมืองจะช่วยป้องกันมิให้เกิดปัญหาในด้านอุบัติเหตุพลัด หลงหรือตกลงไปในอุโมงค์ การใช้อุโมงค์ไปในทางที่ไม่ถูกต้องและผิดกฎหมาย และยังป้องกันมิให้ใช้อุโมงค์ เป็นที่ทิ้งขยะในอนาคต ควรใช้วิธีนี้ร่วมกับการล้อมรั้ว หรือกำแพงปิดกัน
  - (2) กรณีที่เป็นอุโมงค์หรือช่องทางเข้าในแนวนอน อาจจะใช้แท่งคอนกรีต แผ่นเหล็ก หรือ วัสดุที่แข็งแรงและคงทนอย่างอื่น ปิดเชื่อมให้แน่นและแข็งแรง สำหรับแผ่นที่ปิดถ้าปิดทับธรรมดาควรมี ขนาดใหญ่ กว่าปากอุโมงค์ ทั้งนี้จะช่วยป้องกันการเกิดช่องโหว่ซึ่งอาจจะเกิดการจากขุดรูของสัตว์บางชนิด หรือการกัดเซาะของน้ำ
  - (3) กรณีที่เป็นปล่องเหมืองซึ่งอยู่ในแนวตั้ง ควรใช้วิธีการปิดทับร่วมกับการถมกลับเพื่อ ป้องกันการแตกหักหรือการสึกกร่อนของดินโดยรอบปากปล่องซึ่งจะเป็นอันตรายในอนาคต
  - (4) ฝาที่ใช้ปิดทับปล่องเหมืองนั้น ควรทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือคอนกรีตอัดแรงที่ มีความหนาตามพอ หรือประมาณ 24-36 นิ้ว มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของปากปล่องเหมืองอย่างพอเพียง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการทรุดตัวตามแรงดึงดูดด้านล่างเมื่อเกิดการทรุดตัวลงของวัสดุถม หรือแรงอัดของแก๊สใน เหมืองที่อาจเกิดขึ้นภายหลัง นอกจากนี้ ขนาดที่ใหญ่กว่าปากปล่องจะช่วยป้องกันการทรุดตัวบริเวณขอบ ซึ่งอาจจะเกิดจากการขุดรูของสัตว์บางชนิด จากการผุกร่อนของผนังปล่องเหมือง หรือการสึกกร่อนของ ดินรอบปล่องเหมือง
  - (5) ควรใช้หินที่มีความแข็งแรงรองรับแผ่นคอนกรีตโดยรอบบริเวณปากปล่องเหมือง
  - (6) การปิดทับปล่องเหมืองด้วยแผ่นคอนกรีต ควรรอจนวัสดุที่ถมกลับหยุดการทรุดตัวซึ่ง ตามปกติแล้ววัสดุที่ถมมักมีการทรุดตัวเป็นช่วง ๆ ซึ่งหลังการทรุดตัวแต่ละช่วงควรเติมวัสดุถมลงไปเรื่อยๆ จนหยุดการทรุดตัว แล้วจึงปิดทับด้วยแผ่นคอนกรีต
  - (7) นำดินเดิมมาปิดทับบนแผ่นคอนกรีตอีกครั้งหนึ่ง

### 3) การถมกลับปล่องเหมือง

- (1) ไม่ควรนำขยะหรือกากสารเคมีไปเททิ้ง หรือถมกลับในปล่องเหมือง
- (2) วัสดุที่ใช้ถมกลับ ควรเป็นวัสดุที่ไม่เน่าเปื่อยผุพัง ไม่เป็นวัสดุที่เป็นพิษหรือทำให้เกิดพิษภายในปล่องเหมือง
- (3) โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่ใช้ถมกลับในปล่องเหมือง ควรเป็นวัสดุที่เสถียรและสามารถที่จะอุดรูหรือช่องว่างที่อาจจะมีในชุดค้ำยันของปล่องเหมือง นอกจากนี้ควรสามารถที่จะช่วยทำให้เกิดเสถียรภาพต่อชุดค้ำยันเดิมของปล่องเหมืองด้วย วัสดุที่มักนำมาใช้เช่น เศษหิน อิฐ และเศษคอนกรีตหัก เป็นต้น
- (4) ถ้าพบว่ามีแก๊สปรากฏในปล่องเหมือง ควรตรวจวันการกระทำใด ๆ ที่ทำให้เกิดประกายไฟ หรือใช้วัสดุใด ๆ ที่เมื่อกระทบกันแล้วทำให้เกิดประกายไฟ ในปล่องเหมือง
- (5) ควรดำเนินการให้ฐานของปล่องเหมืองมีความมั่นคงโดยการถมกลับด้วยหินที่สะอาด มีเนื้อแน่น และน้ำสามารถระบายออกไปได้ โดยถมให้หนาน้อย 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องเหมือง

## 10. ข้อกำหนดและขั้นตอนการวางแผนปิดเหมือง

เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการตระหนักในเรื่องของสิ่งแวดล้อม ทั้งระบบนิเวศและชุมชนมากขึ้น ทำให้การปิดเหมืองนั้นไม่ใช่เป็นเพียงการยุติการขุดแร่ รื้อถอนเครื่องจักร อาคารโรงงาน และปลูกพืชเพื่อฟื้นฟูสภาพเท่านั้น แต่หมายรวมถึงการพัฒนาพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแล้วให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์อื่นได้อย่างยั่งยืน ทำให้การวางแผนการปิดเหมืองจะต้องมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ การฟื้นฟูพื้นที่ (Rehabilitation) การรื้อถอน (Decommissioning) และการประเมินผล (Monitoring) โดยต้องวางแผนดำเนินการให้สอดคล้องกันทั้งสามด้าน และจำเป็นต้องวิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจเกิดความเสียหายขึ้นตามสภาพพื้นที่ภายหลังปิดเหมือง เพื่อกำหนดเป็นมาตรการในการลดความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบ การจัดสรรทรัพยากรในการจัดการ รวมทั้งให้เจ้าของพื้นที่ที่จะรับมอบดูแลพื้นที่ได้มีส่วนร่วมในการกำหนดแผนการปิดเหมืองด้วย

### 10.1 วัตถุประสงค์ของแผนการปิดเหมือง

การวางแผนและดำเนินการเพื่อปิดเหมือง โดยทั่วไปควรกำหนดวัตถุประสงค์หลัก ดังนี้

- 1) สร้างความมั่นใจว่าเหมืองที่ปิดตัวลงจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อชุมชน ทั้งด้านสุขอนามัยและความปลอดภัย
- 2) ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลังจากการปิดเหมือง

3) ทำให้สภาพพื้นที่ทั้งทางกายภาพและชีวภาพกลับคืนสู่สถานะเดิมมากที่สุด หรืออยู่ในสภาพของทางเลือกที่เป็นที่ยอมรับของสังคม เพื่อให้เจ้าของพื้นที่สามารถรับมอบและนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

4) ลดความต้องการในการบำรุงรักษาพื้นที่ และการติดตามประเมินผลในระยะยาว

5) ถ้าสภาพพื้นที่เอื้ออำนวยควรพัฒนาพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองให้เป็นประโยชน์ทางเศรษฐกิจ สังคมได้ดีขึ้นกว่าเดิม และมีความยั่งยืน

## 10.2 องค์ประกอบที่สำคัญ

องค์ประกอบหรือข้อกำหนดสำคัญที่มีผลต่อการจัดทำแผนงานปิดเหมือง สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1) เสถียรภาพทางกายภาพของพื้นที่ ประกอบด้วย อาคาร โรงงาน ผนังบ่อเหมือง กองเศษดินหิน อุโมงค์หรือปล่องใต้ดิน เขื่อนเก็บกักตะกอน ทางระบายน้ำ และคลองผันน้ำ จะต้องมีความมั่นคงปลอดภัย ไม่มีความเสี่ยงจากการพังทลายหรือถูกกัดเซาะทำให้มีผลกระทบต่อสิ่งอื่น ๆ

2) ความเสถียรทางเคมี สภาพทางธรณีเคมีของเศษแร่และดินที่ผ่านการทำเหมือง หรือสารตกค้างจะต้องไม่ถูกออกซิไดซ์ทำละลาย หรือถูกพัดพาตะกอนไปสะสมและปนเปื้อนจนเกินค่ามาตรฐานที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะคุณภาพดิน น้ำผิวดิน และใต้ดิน

3) การใช้ประโยชน์ที่ดินและพื้นที่ สภาพพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมือง จะต้องฟื้นฟูให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนใกล้เคียงสภาพเดิม หรือมีทางเลือกการใช้ประโยชน์อื่นที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ มีทัศนียภาพและระบบนิเวศที่กลมกลืนกับสภาพโดยรอบ

ข้อกำหนดทั้งสามนี้จะเกี่ยวข้องกับผลกระทบหรือความเสียหาย ทั้งทางกายภาพและชีวภาพ คุณค่าการใช้ประโยชน์ และทัศนคติ ซึ่งนำไปสู่สุขอนามัยและความปลอดภัยของชุมชน

## 10.3 แผนการปิดเหมือง

การออกแบบขั้นตอนและวิธีการปิดเหมือง คือ การกำหนดรายละเอียดการก่อสร้างและดำเนินการเพื่อฟื้นฟูพื้นที่และการรื้อถอน โดยทั่วไประเบียบข้อบังคับทางกฎหมายจะเป็นข้อกำหนดพื้นฐานและเงื่อนไขสำหรับการออกแบบวิธีการและการดำเนินงานปิดเหมือง แต่ในการออกแบบนั้นควรจะต้องมีการวิเคราะห์ความเสี่ยง เช่น ความเสี่ยงจากการพังทลายของกองดินและบ่อเหมือง และมีระบบตรวจสอบการออกแบบโดยใช้มาตรฐานด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมเป็นตัวกำหนด วิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงจะต้องครอบคลุมผลทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถสื่อสารให้คนทุกกลุ่มที่เกี่ยวข้องยอมรับ

ในภาพรวม แผนการปิดเหมืองจะต้องประกอบด้วยแผนหลัก 3 ด้าน คือ

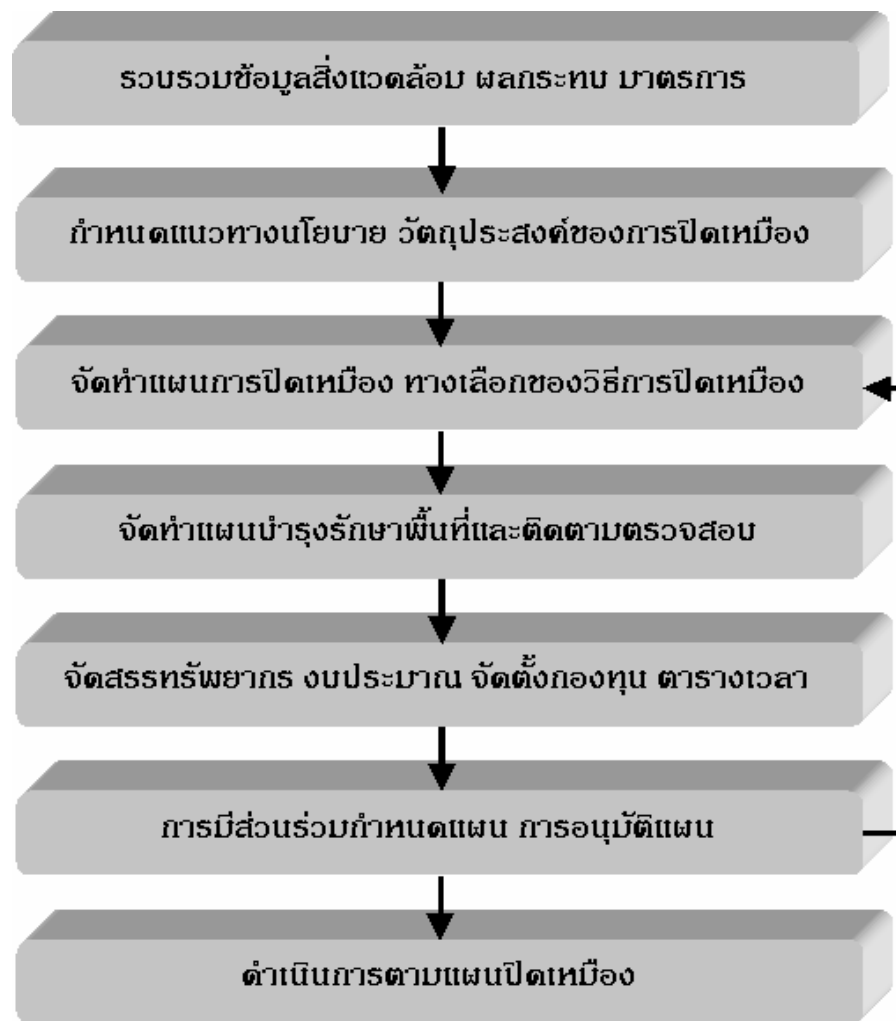
- 1) แผนการฟื้นฟูสภาพพื้นที่ (Rehabilitation plan)
- 2) แผนการรื้อถอน (Decommissioning plan)
- 3) แผนการติดตามประเมินผล (Monitoring plan)

การฟื้นฟูสภาพพื้นที่นั้นจะเป็นส่วนหนึ่งของแผนการปิดเหมือง ซึ่งต้องดำเนินการตั้งแต่ในระหว่างทำเหมืองไปถึงภายหลังการทำเหมือง จนกระทั่งพื้นที่กลับคืนสู่สภาพที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนการรื้อถอนนั้นจะเริ่มดำเนินการเมื่อปิดเหมือง แต่ก็จะต้องมีการดำเนินการที่สอดคล้องกับแผนการฟื้นฟูพื้นที่

กระบวนการวางแผนเพื่อปิดเหมืองจะเริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ แนวทาง นโยบาย กำหนดทางเลือกและศึกษาความเป็นไปได้ของวิธีการ การดำเนินการปิดเหมือง และติดตามตรวจสอบหลังปิดเหมือง ทำให้ต้องมีข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับพื้นที่ตั้งแต่ก่อนทำเหมืองจนกระทั่งปิดเหมือง มีข้อมูลผลกระทบจากการทำเหมืองต่อสิ่งแวดล้อม สภาพเศรษฐกิจสังคม ต่อการใช้ที่ดิน สุขอนามัย ทั้งผลทางบวกและลบ ในระยะสั้นและระยะยาว โดยพิจารณาถึงผลที่มีต่อกระบวนการตามธรรมชาติของดิน น้ำ และทรัพยากรชีวภาพ การกัดเซาะ การตกตะกอน การกัดกร่อนทางเคมี เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หรืออธิบายผลกระทบในระยะยาวหลังจากการปิดเหมือง และใช้กำหนดเป็นมาตรการติดตามตรวจสอบและจัดทำแผนการบำรุงรักษา

#### 10.4 ขั้นตอนการวางแผนปิดเหมือง

แผนการปิดเหมืองจะต้องทำในระยะยาวตั้งแต่เริ่มต้นออกแบบเหมือง และปรับปรุงในระหว่างการทำเหมือง เพื่อให้มีการพิจารณาผลกระทบทางกายภาพ ชีวภาพ และทางสังคมอย่างรอบคอบ จึงควรมีขั้นตอนดังนี้



1) การศึกษาเพื่อเข้าใจสภาพแวดล้อมก่อนการทำเหมือง ทราบผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการทำเหมืองต่อสภาพแวดล้อมนั้น ออกแบบเลือกวิธีการทำเหมืองและกำหนดมาตรการควบคุมในระหว่างการทำเหมืองเพื่อลดผลกระทบ ติดตามประเมินผล ปรับปรุงวิธีการทำเหมืองและมาตรการลดผลกระทบเป็นระยะๆ ตลอดเวลาของการทำเหมือง รวบรวมเป็นฐานข้อมูล

2) กำหนดวัตถุประสงค์ แนวทาง นโยบายของการปิดเหมือง ให้ครอบคลุมด้านสิ่งแวดล้อม วิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ กฎหมาย และชุมชน มีความสอดคล้องกับลักษณะพื้นที่ และเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

3) กำหนดทางเลือกของวิธีการปิดเหมือง ศึกษาความเป็นไปได้และประเมินวิธีการปิดเหมืองที่เหมาะสมสำหรับป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นหลังจากการทำเหมือง วิเคราะห์ความเสี่ยงของผลกระทบ มีการปรับปรุงแผนและวิธีการเป็นระยะๆ ตามข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมในขณะที่ทำเหมือง เปรียบเทียบทางเลือกระหว่างค่าใช้จ่ายและผลสำเร็จที่คาดว่าจะได้รับ เพื่อตัดสินใจเลือกแผนและวิธีการที่เหมาะสม

4) จัดทำแผนการบำรุงรักษาพื้นที่ภายหลังการทำเหมือง และแผนการติดตามประเมินผลความสำเร็จของแผนการปิดเหมือง เพื่อฟื้นฟูพื้นที่ให้กลับคืนมาใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน



5) จัดสรรทรัพยากร โดยสำรองงบประมาณหรือจัดตั้งกองทุน และกำหนดตารางเวลาตามแผนการปิดเหมืองที่ได้รับการปรับปรุงให้เหมาะสมแล้วเพื่อให้สามารถดำเนินการได้ตามแผน

6) ขั้นตอนการรับฟังความเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้อง และเจ้าของพื้นที่ผู้รับผิดชอบดูแลในระยะยาว หรือการอนุมัติแผนการปิดเหมืองจากหน่วยงานของรัฐ เพื่อนำมาปรับปรุงเป็นแผนที่ได้รับการยอมรับจากฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

แผนการปิดเหมืองควรถูกประเมินและปรับปรุงในระหว่างการทำเหมืองตามเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงหรือข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมจากสภาพทางธรณีวิทยา เทคโนโลยี เศรษฐศาสตร์ และระเบียบกฎหมาย กระบวนการเหล่านี้ควรมีการปรับปรุงตามช่วงเวลาที่เหมาะสม เช่น 5 ปี เพื่อให้แผนมีความเป็นไปได้และทันสมัย

## 10.5 การประเมินและวิเคราะห์ความเสี่ยง

ความเสี่ยง คือ ฟังก์ชันของความน่าจะเป็นของเหตุการณ์หนึ่งและผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น เป็นคำจำกัดความของความถี่ที่จะเกิดความเสียหาย ขนาดของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น วิธีการประเมินความเสี่ยงจะเกี่ยวข้องกับอนาคตที่ยังไม่เกิดขึ้น จึงมีความไม่แน่นอนมาเกี่ยวข้อง

ความเสียหาย เช่น การพังทลายของพื้นที่อาจจะมีผลต่อความปลอดภัยของสาธารณะ และมีผลกระทบต่อเนื่องไปยังระบบนิเวศเนื่องจากการกีดขวางก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ และสังคม วิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงจะต้องให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายและประเมินได้เป็นตัวเลขทางการเงิน เมื่อวิธีการสามารถให้ค่าความเสี่ยงก็จะทำให้สามารถหาทางเลือกและการออกแบบที่มีความเสี่ยงต่ำที่สุด วิธีการจะต้องเป็นระบบและเป็นที่ยอมรับหรือยอมรับในการแจกแจงความเสียหายต่างๆ ที่เกิดขึ้นต่อระบบนิเวศ การใช้ที่ดิน ความปลอดภัยและสุขอนามัย

แนวทางการประเมินและวิเคราะห์ความเสี่ยงเพื่อเลือกวิธีการปิดเหมืองที่เหมาะสม ควรจำแนกการดำเนินการออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1) การวิเคราะห์ ระบุและจำแนกประเภทของผลกระทบหรือความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในแต่ละทางเลือกของการปิดเหมือง ประเมินความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์นั้นขึ้น โดยอาจจะคำนวณเป็นตัวเลขหรือประเมินระดับ (Not Likely, Low, Moderate, High, Expected) และประเมินระดับความรุนแรงของผลที่เกิดขึ้น (Extreme, High, Moderate, Low, Negligible)

2) การประเมิน เปลี่ยนผลกระทบหรือความเสี่ยงให้เป็นค่าทางการเงิน มีการให้น้ำหนักที่เหมาะสมตามหลักเกณฑ์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ จัดทำทางเลือกในการจัดการความเสี่ยงหรือมาตรการ ประเมินค่ารวมหรือสะสมสำหรับแต่ละทางเลือก มีการวิเคราะห์เพื่อให้น้ำหนักกับประโยชน์ที่จะได้รับและค่าใช้จ่ายที่จะต้องเสีย (Cost effectiveness analysis) และจัดลำดับทางเลือก

3) การจัดการ พัฒนาวิธีการที่เหมาะสม จัดทำเป็นแนวทางดำเนินงาน นโยบาย กระบวนการปฏิบัติ เพื่อควบคุมหรือลดความเสี่ยง

4) การตรวจสอบ ระบุประเภทของการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ ทบทวนและปรับปรุงวิธีการที่ใช้ควบคุมความเสี่ยง

ผลกระทบจากการทำเหมืองจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางธรรมชาติ ที่มีความซับซ้อนในเรื่องของธรณีวิทยา ธรณีเทคนิค อุทกวิทยา อุทกธรณี ธรณีเคมี ชีววิทยา ระบบนิเวศ และระบบสังคม ความเสียหายและผลที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งเหล่านี้ภายหลังการปิดเหมืองจะมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องถึงกัน วิธีการที่ใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงสำหรับระบบเหล่านี้ยังเป็นสิ่งค่อนข้างใหม่ ส่วนใหญ่ยังขาดข้อมูลเชิงคณิตศาสตร์และสถิติมารองรับ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับระบบดังกล่าวที่มีความไม่แน่นอนและแตกต่างกัน แต่มีความเกี่ยวพันและมีผลกระทบซึ่งกันและกัน และขาดฐานข้อมูลที่ชัดเจนถูกต้องสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม ทำให้ต้องใช้ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญหลายด้านร่วมกันประเมิน มีลักษณะเป็นวิธีการเชิงประสบการณ์ ความน่าเชื่อถือหรือระดับความเชื่อมั่นของการประเมิน (Low, Medium, High confidence) จึงขึ้นกับความชำนาญและการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ และจากระดับของข้อมูลที่มีอยู่ค่อนข้างจำกัด

## 10.6 หลักเกณฑ์ในการปิดเหมืองและตัวชี้วัด

หลักเกณฑ์ในการปิดเหมือง จะเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จของมาตรการปิดเหมืองก่อนส่งมอบพื้นที่คืนให้แก่เจ้าของ เป็นเกณฑ์ที่ใช้วัดระดับของผลกระทบทางสังคม การใช้ที่ดิน และสภาพแวดล้อม ซึ่งหลักเกณฑ์ที่เหมาะสมจะมีความแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่และทัศนคติของท้องถิ่น โดยทั่วไปจะใช้มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทัศนียภาพที่ดี ความสามารถใช้ประโยชน์ที่ดิน การฟื้นตัวของระบบนิเวศ เสถียรภาพของพื้นที่ที่ถูกทิ้งไว้ ระดับมาตรฐานทางเศรษฐกิจและสังคม หรือคุณภาพชีวิต เป็นต้น ตัวชี้วัดที่ต่ำไปจะมีผลต่อการยอมรับในแผนการปิดเหมือง แต่ตัวชี้วัดที่มีหลักเกณฑ์สูงจะต้องใช้ค่าใช้จ่ายและทรัพยากรจำนวนมาก

หลักเกณฑ์และตัวชี้วัดควรจะต้องจำแนกตามข้อกำหนดแต่ละด้าน เช่น

1) ตัวชี้วัดด้านคุณภาพน้ำผิวดินและใต้ดิน ใช้มาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับพื้นที่ และนอกจากใช้ระดับความเข้มข้นของสารปนเปื้อนแล้ว อาจหมายถึงกลิ่น รส สี ปริมาณตะกอน การเคลื่อนตัวของระดับและชั้นน้ำใต้ดิน และทัศนียภาพของจุดที่ปล่อยน้ำทิ้ง

2) ตัวชี้วัดด้านเสถียรภาพและการกัดเซาะ ตัวชี้วัดที่ใช้ในงานเสถียรภาพ คือ การเคลื่อนตัวของผนังบ่อ กองดิน การทรุดตัวของผิวดิน ในการออกแบบจะใช้ค่าแฟคเตอร์ความปลอดภัย ซึ่งอาจจะแตกต่างกันสำหรับพื้นที่ต่างๆ เช่น เขื่อนดิน การรั่วซึมของบ่อเก็บกักตะกอน กองดิน ผนังบ่อเหมือง รวมไปถึงอายุการใช้งานของวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง เช่น คอนกรีต หินเรียง (Rip-rap) เป็นต้น ตัวชี้วัดการถูกกัดเซาะด้วยลม น้ำ รากต้นไม้ กำหนดด้วยปริมาณตะกอน ปริมาณฝุ่น และการเลือกใช้ตัวแปรสำหรับออกแบบระบบป้องกันน้ำหลาก ระบบจัดการน้ำและตะกอน เช่น การเลือกใช้สถิติหรือความน่าจะเป็นในรอบ 10 หรือ 100 ปี ตามชนิดของโครงสร้างที่สำคัญ

3) ตัวชี้วัดด้านการใช้ที่ดินและเศรษฐกิจสังคม เช่น คุณภาพดิน ปริมาณความหนาแน่นของป่าไม้ สัตว์ป่า สัตว์น้ำ สุขภาพของชุมชน เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญ เนื่องจากการทำเหมืองมีผลกระทบต่อสภาพ

ที่ดินอย่างรุนแรง และต่อสภาพทางเศรษฐกิจของชุมชน สำหรับเหมืองโดยทั่วไปอาจจะกำหนดให้มีการฟื้นฟูพื้นที่กลับคืนสภาพเดิม แต่ถ้าเหมืองมีขนาดใหญ่และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของชุมชนจนมีสภาพเจริญขึ้นโดยรอบพื้นที่ การกำหนดให้ฟื้นฟูพื้นที่กลับคืนสภาพเหมือนก่อนการทำเหมืองอาจจะไม่เหมาะสม จึงอาจจะกำหนดให้สามารถใช้พื้นที่ภายหลังการทำเหมือง เพื่อก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางสังคมและเศรษฐกิจได้ใกล้เคียงกัน เช่น ให้สามารถใช้ประโยชน์เส้นทางคมนาคม สายส่งไฟฟ้าที่มีอยู่ มีโอกาสสร้างงาน และสร้างภาษีแก่ท้องถิ่น

## 10.7 การจำแนกพื้นที่ย่อยและหัวข้อของงานปิดเหมือง

ในการทำเหมืองจะมีการใช้พื้นที่แตกต่างกัน และก่อให้เกิดผลกระทบที่อาจจะเหมือนหรือแตกต่างกัน ทำให้ต้องพิจารณาผลกระทบและประเมินความเสียหายแต่ละด้านจำแนกตามพื้นที่ย่อย แล้วนำมากำหนดรายละเอียดการปฏิบัติที่แตกต่างกัน ตามประเด็นด้านเสถียรภาพของพื้นที่ ความเสถียรทางเคมี และการใช้ประโยชน์พื้นที่

การจำแนกพื้นที่ย่อยและการกำหนดหัวข้อของงานปิดเหมือง ควรมีแนวทางดังนี้

1) บ่อเหมือง มีหัวข้อของงานคือ การรักษาเสถียรภาพและความมั่นคงของผนังบ่อ การปิดกั้นทางเข้าในบริเวณที่เสี่ยงต่ออันตราย ลดการกัดเซาะ ศึกษาการชะละลายและสร้างน้ำกรดหรือต่าง ความปลอดภัยต่อสาธารณะและระบบนิเวศ การปลูกพืชฟื้นฟู ทัศนียภาพ และการนำไปใช้ประโยชน์ เป็นต้น

2) โครงสร้างเก็บกักกากแร่ เขื่อนเก็บกักตะกอนแร่ มีหัวข้อของงานคือ การรักษาเสถียรภาพ ลดการกัดเซาะ จัดระบบการระบายน้ำ ป้องกันฝุ่น ศึกษาการชะละลายและสร้างน้ำกรดหรือต่าง การขนย้ายผลกระทบต่อน้ำใต้ดิน การฟื้นฟูสภาพ และทัศนียภาพ

3) กองดินและหิน กองเศษแร่ มีหัวข้อของงานคือ การรักษาเสถียรภาพ ลดการกัดเซาะ ศึกษาการชะละลายและสร้างน้ำกรดหรือต่าง การเกิดฝุ่น ผลกระทบต่อน้ำผิวดินและใต้ดิน ทัศนียภาพ และการใช้ประโยชน์

4) สิ่งปลูกสร้างและเครื่องจักร มีหัวข้อของงานคือ การรื้อถอนรวมถึงฐานราก ปรับสภาพการระบายน้ำตามธรรมชาติ การเคลื่อนย้ายสารเคมีและวัสดุตกค้าง การปรับสภาพผิวดินที่อัดแน่น และการใช้ประโยชน์อื่น

5) ระบบจัดการน้ำ ทางระบายน้ำ และเขื่อน มีหัวข้อของงานคือ เสถียรภาพในระยะยาว ลดการกัดเซาะและตะกอน การรื้อถอนท่อระบายน้ำ ท่อส่งและระบบสูบน้ำ และการนำไปใช้ประโยชน์ในระยะยาว

(1) ระบบสาธารณูปโภค มีหัวข้อของงานคือ การรื้อถอนเสาและสายไฟฟ้า ถนน สะพาน ท่อลอด การปิดหลุมเจาะ รื้อถอนสายไฟฟ้าและท่อน้ำใต้ผิวดิน ความปลอดภัยของระบบนิเวศที่เกิดจากการฝังกลบขยะและวัสดุเหลือใช้ และการนำไปใช้ประโยชน์

(2) อุโมงค์และโครงสร้างใต้ดิน มีหัวข้อของงานคือ งานรื้อถอนเครื่องจักรและอุปกรณ์งานปิดทางเข้า การถมกลับ การรักษาเสถียรภาพ การทรุดตัวของผิวดิน ศึกษาการชะละลายหรือปล่อยน้ำกรด การระบายน้ำ ก๊าซพิษ และการนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ

(3) ชุมชนโดยรอบ มีหัวข้อของงานคือ ความสูญเสียทางเศรษฐกิจ การเคลื่อนย้ายของประชากรหลังการปิดเหมือง โอกาสในการสร้างงานใหม่ ผลกระทบต่อภาษีท้องถิ่น

## 10.8 การจัดทำรายงานแผนการปิดเหมือง

ในการจัดทำรายงานเพื่อเสนอแผนการปิดเหมือง ควรมีขอบเขตเนื้อหาของรายงานดังนี้

- 1) บทนำ
  - (1) อธิบายและให้ข้อมูลโครงการทำเหมือง
  - (2) ระบุแนวทาง นโยบาย วัตถุประสงค์ของแผนการปิดเหมืองและการใช้ประโยชน์ที่ดิน
  - (3) ระบุบุคคลหรือหน่วยงานที่ต้องรับผิดชอบพื้นที่ภายหลังปิดเหมือง
- 2) ความเป็นมาและข้อมูล
  - (1) ข้อมูลพื้นฐานด้านสิ่งแวดล้อม ระบุประเด็นสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เช่น ทรัพยากรมนุษย์ น้ำ ชีวภาพ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และทัศนียภาพของพื้นที่
  - (2) กฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้อง หรือสัญญาข้อตกลงกับเจ้าของพื้นที่
  - (3) แนวทางการมอบโครงสร้างที่มีศักยภาพการใช้ประโยชน์ด้านสาธารณูปโภคให้แก่ชุมชน เช่น อ่างเก็บน้ำ อาคาร หรือถนน
- 3) ความเกี่ยวข้องกับผู้ที่ได้รับและเสียผลประโยชน์จากการปิดเหมือง
  - (1) ระบุผู้ที่เสียผลประโยชน์ เช่น เจ้าของพื้นที่ ผู้อยู่อาศัยใกล้เคียง พนักงานของเหมือง และส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง
  - (2) สรุปแนวทางการรับฟังความคิดเห็น การมีส่วนร่วม การสื่อสารวัตถุประสงค์และผลที่คาดหวังของแผนการปิดเหมือง
- 4) การประเมินความเสี่ยง
  - (1) ระบุประเด็นผลกระทบที่สำคัญจากการปิดเหมือง ที่เป็นอยู่และที่คาดว่าจะเกิดขึ้น
  - (2) จำแนกแหล่งที่มาของความเสี่ยง ตามสาเหตุที่จะก่อให้เกิดอันตรายและความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน
  - (3) วิเคราะห์ผลดีผลเสีย (Cost/benefit analysis)
- 5) หลักเกณฑ์และตัวชี้วัดในการปิดเหมือง
  - (1) ระบุหลักเกณฑ์สำหรับการปิดเหมืองให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่
  - (2) กำหนดมาตรฐานการฟื้นฟู หรือแนวทางซึ่งเป็นที่ยอมรับในทางปฏิบัติ
  - (3) กำหนดดัชนีหรือตัวชี้วัดความสำเร็จของการฟื้นฟูและการปิดเหมือง
- 6) แผนการฟื้นฟูพื้นที่
  - (1) มีแผนที่แสดงรายละเอียดภูมิประเทศ อุทกวิทยา ข้อมูลทางชีวภาพเมื่อปิดเหมือง
  - (2) ระบุประเด็นการฟื้นฟู เช่น การประเมินด้านธรณีเทคนิค การปลูกพืช ภูมิสถาปัตยกรรม ทัศนียภาพ สุขอนามัย และความปลอดภัย
  - (3) ขั้นตอนปฏิบัติในการฟื้นฟู รายละเอียดของวิธีการที่ใช้

- 7) แผนการรื้อถอน
  - (1) ระบุรายการพื้นที่ เครื่องจักรอุปกรณ์ และโครงสร้างที่จะรื้อถอน
  - (2) อธิบายวิธีการ กระบวนการและข้อควรระวัง ในการรื้อถอนจะต้องเป็นวิธีการที่มีความปลอดภัยและไม่สร้างผลกระทบเพิ่ม เช่น การฝังกลบเศษซากวัสดุ
  - (3) จัดทำบันทึกและรายงานการรื้อถอนและปิดเหมืองโดยละเอียด
- 8) แผนการบำรุงรักษาพื้นที่และติดตามประเมินผล
  - (1) กำหนดแผนการติดตามประเมินผลการปิดเหมือง ระบุผู้รับผิดชอบพื้นที่
  - (2) วางแผนระบบการจัดการที่คาดว่าจะจำเป็นภายหลังการปิดเหมือง เช่น จัดการใช้ประโยชน์พื้นที่ และแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรสำหรับเจ้าของพื้นที่
- 9) จัดทำงบประมาณและตารางเวลาดำเนินงาน
  - (1) กำหนดงบประมาณสำหรับงานย่อยในแต่ละแผน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์
  - (2) ระบุที่มาของแรงงาน วัสดุ อุปกรณ์ และกองทุนที่จะต้องใช้
  - (3) จัดทำตารางเวลาการปฏิบัติ ระบุจุดชี้วัดผลงานความสำเร็จในแต่ละขั้นตอน
  - (4) ระบุบุคคลหรือหน่วยงานที่ต้องรับผิดชอบการปฏิบัติตามแผนการปิดเหมือง

สรุปรายการที่จะต้องระบุในแผนการปิดเหมือง ควรประกอบด้วย

1. แนวทาง นโยบาย และวัตถุประสงค์ในการปิดเหมือง
2. มาตรฐาน หลักเกณฑ์ และตัวชี้วัดถึงผลสำเร็จของการปิดเหมือง
3. ผลการรับฟังความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้อง
4. ผลการประเมินความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบด้านต่างๆ ภายหลังปิดเหมือง
5. การวิจัยที่เกี่ยวกับผลกระทบด้านต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นหลังการปิดเหมือง
6. แผนการฟื้นฟูพื้นที่ (Rehabilitation plan)
7. แผนการรื้อถอน (Decommissioning plan)
8. แผนการติดตามประเมินผลภายหลังการปิดเหมือง
9. งบประมาณ และที่มาของกองทุนในการปิดเหมือง
10. ตารางเวลาดำเนินงาน และผู้รับผิดชอบ
11. บันทึกกิจกรรม ข้อมูล และแผนที่ ที่เกี่ยวกับการทำเหมือง การฟื้นฟู การรื้อถอน

## 10.9 การตรวจสอบและประเมินแผนการปิดเหมือง

การประเมินแผนการปิดเหมือง คือ การให้คำแนะนำและความเห็นอิสระโดยผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการออกแบบ ก่อสร้าง และการดำเนินการปิดเหมือง ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุผลตามข้อกำหนดและมาตรฐาน และมีการจัดทำรายงานการตรวจสอบและการประเมิน

การตรวจสอบเพื่อทบทวนแผนการปิดเหมือง จะช่วยเสริมการตรวจสอบด้านความปลอดภัย เสถียรภาพ และสภาพของสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ย่อยที่ผ่านการทำเหมือง โดยเฉพาะความเสี่ยงที่จะเกิดผลเสียหาย รวมทั้งทบทวนมาตรการที่จะใช้ในการตรวจสอบและประเมิน โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) ทบทวนและวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจพื้นที่ (ข้อมูลด้านธรณีเทคนิค อุทกวิทยา อุทกธรณี ธรณีเคมี ระบบนิเวศ และเศรษฐกิจสังคม)
- 2) ทบทวนประวัติการทำเหมือง การใช้โครงสร้าง และสาธารณูปโภค
- 3) ทบทวนความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ย่อยต่างๆ สถานภาพปัจจุบันของความปลอดภัย และเสถียรภาพของพื้นที่
- 4) ให้ข้อเสนอแนะวิธีการลดความเสี่ยง เพื่อให้ได้ผลตามมาตรฐานหรือข้อกำหนด
- 5) เขียนรายงานสรุป
- 6) ผู้ตรวจสอบจะต้องศึกษาทบทวนแยกตามพื้นที่ย่อยของการทำเหมือง และประเมินความปลอดภัยของการออกแบบ การก่อสร้าง และดำเนินการเพื่อปิดเหมือง ตามรายการที่กำหนด โดยมีการจัดลำดับและให้คะแนนมาตรการต่างๆ ที่ใช้ (Inadequate, Not applicable, Improvement needed, Passes standards, Optimized to beyond standards) และเรียงลำดับหรือให้คะแนนกับผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตามระดับความเสี่ยง (Very low, Low, Moderate, Severe, Extreme impacts)

## 10.10 การส่งมอบพื้นที่

ความสำเร็จในการปิดเหมืองขั้นสุดท้าย จะขึ้นกับการรับมอบพื้นที่ไปดูแลโดยเจ้าของพื้นที่ เพื่อให้มีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งขึ้นอยู่กับความเต็มใจของเจ้าของพื้นที่ในการดูแลหรือเห็นประโยชน์จากการคืนพื้นที่ การมีส่วนร่วมกำหนดแผนการใช้ประโยชน์ภายหลังปิดเหมือง การจัดตั้งกองทุนที่จะใช้ในการดูแล และการส่งมอบพื้นที่นั้นเป็นไปก่อนเวลาที่ควรหรือไม่ จึงควรกำหนดตัวชี้วัดผลสำเร็จของการฟื้นฟูพื้นที่เพื่อกำหนดเวลาที่จะส่งมอบพื้นที่ มีการใช้เครื่องมือประเมินผลดีผลเสียทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับของสาธารณะหรือผู้มีส่วนได้เสีย

ผลสำเร็จของการปิดเหมืองจะขึ้นกับการมีแผนการปิดเหมืองที่เหมาะสม ครอบคลุมทั้งการฟื้นฟู การรื้อถอน และการติดตามประเมินผล มีการวิเคราะห์ความเสี่ยงเพื่อประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าทางเลือกและวิธีการที่ใช้มีความเหมาะสม มีการสร้างมูลค่าให้กับพื้นที่และนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน มีตัวชี้วัดผลสำเร็จของแผนที่ดี มีการประเมินว่าพื้นที่เป็นไปตามเงื่อนไขของการปิดเหมืองและการส่งมอบพื้นที่ และการมีส่วนร่วมในการกำหนดแผนของผู้ที่เกี่ยวข้องและเจ้าของพื้นที่ซึ่งต้องดูแลบำรุงรักษาพื้นที่ต่อไปภายหลังการปิดเหมือง

## บรรณานุกรม

- Crawfor, J.T. and W.A. Hustrulid, Open pit Mine Planning and Design, Society of Mining Engineer, AIME, New York, 1194 p., 1979, ISBN 0-89520-253-0.
- Hartman, H. L., SME Mining Engineering Handbook, 2<sup>nd</sup> edition, Vol. 1&2, Society for Mining, Metallurgical and Exploration Inc., Colorado, 2260 p., 1992, ISBN 0-87335-100-2.
- Kennedy, B. A., Surface Mining, 2<sup>nd</sup> Edition, Society for Mining, Metallurgical and Exploration Inc., Colorado, 1194 p., 1990, ISBN 0-87335-102-9.
- Frederick Steiner, The living landscape : an ecological approach to landscape planning McGrawHill Inc., 1991, ISBN 0-07-061133-5
- Nelson Thornes Publisher, Essential As Geography by Simon Ross, 2000 John Morgan Richard Heelas, 2000, ISBN 0-7487-5175-0
- Environmental Protection Agency, Best Practice Environmental Management in Mining 1995, ISBN 0642194181
- Bell L.C. and McLean, R.W. (Eds.). Proceedings of Post-Mining Landform Stability and Design Workshop, Brisbane, Queensland 18-20 September 1996, Australian Centre for Minesite Rehabilitation Research, Brisbane. 1997, (Phone: 7 3212 4555; Fax: 7 3212 4574)
- Department of Minerals and Energy, Queensland. Part D Rehabilitation Guidelines, Erosion Control in Technical Guidelines for the Environmental Management of Exploration and Mining in Queensland. Department of Minerals and Energy, Qld Minerals and Energy Centre, 61 Mary Street, Brisbane, 1995, QLD 4001 ISBN 0 7242 5260 6 (Phone: 7 3237 1635; Fax: 7 3237 0989)
- Department of Minerals and Energy Western Australia. Guidelines for Mining in Arid Environments, Department of Minerals and Energy WA, 100 Plain Street, East Perth, WA 1996, 6004 ISBN 0 7309 7802 8 (Phone: 8 9222 3092; Fax: 8 9325 2280)

Hannan J.C. Mine Rehabilitation-A Handbook for the Coal Mining Industry. 2<sup>nd</sup> Edition, New South Wales Mineraes Council (formerly NSW Coal Association) PO Box A224 Sydney South NSW 1235, 1995, ISBN 0 949337 625 (Phone: 2 9267 6488; Fax: 2 9264 1121)

Mulligan D.R. (Ed.) Environmental Management in the Australian Minerals and Energy Industries Principles and Practices, University of New South Wales Press (In association with Australian Minerals & Energy Environment Foundation), Sydney, New South Wales 2052, 1995, ISBN 0 86840 383 0 (Phone: 2 9398 8900; Fax 2 9398 3408)