

แนวทางการฟื้นฟูระบบนิเวศเหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของ ประเทศไทยโดยการวิเคราะห์ภูมิทัศน์เฉพาะ

Ecological Restoration Guidelines for Closed Limestone Mines in Central Thailand Through The Analysis of Landscape Patches

ชวาล ชีวรุณทัย ฉมawang สุริยจันทร์ อังสนา บุญโยภาส

ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Chawan Chevarunotai, Chamawong Suriyachan, Angsana Boonyobhas

Department of Landscape Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

c.chevarunotai@gmail.com, chamawong@gmail.com, angšana.b@gmail.com

บทคัดย่อ

การทำเหมืองทำให้พื้นที่ภูเขาหินปูนสูญเสียความสามารถในการให้บริการเชิงนิเวศ (Ecological Services) ซึ่งจำเป็นต้องทำการฟื้นฟูภูมิทัศน์เมื่อสิ้นสุดอายุสัมปทาน แต่ในปัจจุบันยังขาดแนวทางการฟื้นฟูภูมิทัศน์เหมืองหินปูนที่ชัดเจน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และเสนอแนะขั้นตอน และวิธีการฟื้นฟูภูมิทัศน์เหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทาน จากการศึกษาวิธีการทำเหมืองหินปูน แนวคิดการฟื้นฟู ปัจจัยด้านภูมิทัศน์และสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการฟื้นฟู รวมทั้งสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำเหมืองและการฟื้นฟูเหมืองหินปูน 5 ท่าน และวิเคราะห์พื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นเหมืองหินปูนที่ประสบความสำเร็จในการฟื้นฟูในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย 4 โครงการ

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านภูมิทัศน์เฉพาะ (Landscape Patch) ซึ่งหมายถึงลักษณะภูมิประเทศและลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมร่วมกับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ส่งผลโดยตรงกับประสิทธิภาพในการฟื้นฟู ซึ่งใช้วิธีการฟื้นฟูด้วยการปลูกพืชพรรณไม้เบิกนำพื้นถิ่นเป็นหลัก รวมทั้งกระตุ้นการฟื้นฟูให้เข้าสู่ระดับที่เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทุติยภูมิ (Secondary Succession) จะสามารถช่วยเร่งระยะเวลาในการฟื้นคืนการให้บริการเชิงนิเวศ ทั้งนี้วัตถุประสงค์ของการใช้งานหลังการฟื้นฟูจะเป็นอีกปัจจัยในการกำหนดวิธีการฟื้นฟู สรุปได้ว่าแนวทางการฟื้นฟูภูมิทัศน์เหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศ ประกอบด้วย การกำหนดวัตถุประสงค์การใช้งาน การปรับเสถียรภาพเชิงลาดเพื่อป้องกันการพังทลาย การปลูกไม้เบิกนำที่มีคุณสมบัติทนแล้งและทนแดดจัดซึ่งเหมาะกับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและสอดคล้องกับปัจจัยด้านภูมิทัศน์ หลังจากนั้นจึงปลูกพืชพรรณไม้เสถียร (Climax Species) เพื่อเร่งระยะเวลาในการเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทุติยภูมิ เพื่อให้เกิดภูมิทัศน์เฉพาะ และการบริการเชิงนิเวศที่เหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: แนวทางการฟื้นฟูภูมิทัศน์ เหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทาน การฟื้นฟูเหมืองหินปูน การฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม ภูมิทัศน์เฉพาะของภูเขาหินปูน

Abstract

Mining is the cause for Limestone Mountains to lose their Ecological Services, so, landscape restoration is needed after mine closure. However, nowadays the knowledge of landscape restoration method is still inadequate. Therefore, this research aims to study and propose the guidelines for restoration of closed limestone mines. The study explores mining processes, concept of restoration, landscape and environmental factors affecting those processes, including in-depth interview from five professionals, involved in limestone mining and restoration. Also, four successful mining restoration sites in the Central of Thailand are selected to analyze.

The results indicate that Landscape Patch which characterized from topography and vegetation covering, together with environment factors directly contributed to the effectiveness of restoration, which mainly use re-vegetation method with pioneer species. Moreover, if the stimulated restoration reaches to its Secondary Succession, the duration of restoration can be reduced and site's ecological service can be restored. Anyway, the objectives of using the reclaimed site after this are also the factors for selecting the restoration methods. In conclusion, the recommended landscape restoration guidelines for closed limestone mines consist of: identifying objectives of restoration and site usages, stabilizing endangered slope, planting drought tolerant pioneer plants according to its landscape and environmental factors, and stimulating secondary succession by using climax species to creating landscape patches and appropriate ecological services.

keywords: *Landscape restoration guidelines, Former limestone mining sites, Limestone mining restoration, Restoration of degraded land, Landscape patch of limestone mountain*

บทนำ

เมืองหิปปูเป็นอุตสาหกรรมที่ทำให้เกิดการพัฒนาด้านสำคัญของประเทศ เกิดขึ้นในภูเขาหิปปูบริเวณภาคกลางของประเทศไทยเป็นส่วนมาก ซึ่งก่อให้เกิดการทำลายสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติจนกลายเป็นพื้นที่เสื่อมโทรม และสูญเสียความสามารถในการบริการเชิงนิเวศ (Ecological Services) ในที่สุด จากการศึกษาพระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2560 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 และคู่มือการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่เมืองแร่ของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ พ.ศ. 2548 พบว่ามีการกำหนดให้ผู้ประกอบการทำการฟื้นฟูพื้นที่หิปปู ("ราชกิจจานุเบกษา," 2535, 4 เมษายน; "ราชกิจจานุเบกษา," 2560, 2 มีนาคม; สำนักบริหารและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2548) แต่ไม่ได้มีการระบุขั้นตอนและวิธีการฟื้นฟูที่ชัดเจน ส่งผลให้การฟื้นฟูที่เกิดขึ้นไม่เหมาะสมเนื่องจากผู้ฟื้นฟูใช้วิธีการเดียวกัน คือการปลูกพืชโดยใช้พืชพรรณไม้เบิกนำประมาณ 10 ชนิดเท่านั้น และได้คำนึงถึงปัจจัยด้านภูมิทัศน์ที่มีคุณลักษณะแตกต่างกันหลังผ่านการทำเหมือง จึงทำให้ไม่ประสบผลสำเร็จ ฤกษ์เลย การฟื้นฟูใช้ระยะเวลานานซึ่งส่งผลให้สูญเสียความสามารถในการบริการเชิงนิเวศอย่างต่อเนื่อง

จากปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้เห็นว่า เมืองหิปปูที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทยจำเป็นต้องมีแนวทางการฟื้นฟูที่ชัดเจนและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ จึงจะเกิดประสิทธิภาพในการฟื้นฟูและทำให้เกิดความสามารถในการบริการเชิงนิเวศ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ภูมิทัศน์เฉพาะ (Landscape Patch) ที่เหมาะสมกับการฟื้นฟูเมืองหิปปู และปัจจัยด้านภูมิทัศน์ที่มีนัยสำคัญต่อการฟื้นฟูเมืองหิปปู พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการฟื้นฟูเมืองหิปปูที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทยเพื่อให้เกิดความสามารถในการบริการเชิงนิเวศในระดับที่เหมาะสม

นิยามคำศัพท์ในการวิจัย

- 1 การฟื้นฟูเมืองหิปปู คือ การฟื้นฟูภูมิทัศน์เมืองหิปปูที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทย
- 2 ปัจจัยด้านภูมิทัศน์ ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ดังนี้
 - ภูมิทัศน์เฉพาะ (Landscape Patch) คือ พื้นที่เฉพาะที่ค่อนข้างมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Odum & Barrett, 2005) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของลักษณะภูมิประเทศ (Topography) และพืชพรรณที่ปกคลุม
 - ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (Environmental Factors) ได้แก่ ลักษณะธรณีวิทยา การพังทลายของหินและดิน ลักษณะและชนิดพืชพรรณ ระยะเวลาในการเจริญเติบโตของพืช การไหลของน้ำผิวดิน น้ำ และความชื้น
- 3 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทุติยภูมิ (Secondary Succession) คือ สังคมสิ่งมีชีวิตถูกทำลายเสถียรภาพ แล้วมีการเปลี่ยนแปลงแทนที่ขึ้นมาใหม่ในบริเวณเดิม (จิรากรณ์ คชเสนี, 2553)
- 4 การบริการเชิงนิเวศ (Ecological Services) คือ การเอื้อประโยชน์ของระบบนิเวศแก่การใช้ประโยชน์ของมนุษย์ ได้แก่ การดำรงชีพ การรองรับและกักเก็บประโยชน์อื่น และเกิดการเอื้อประโยชน์ทางอ้อม (จิรากรณ์ คชเสนี, 2553)

ขอบเขตการวิจัย

- 1 ขอบเขตด้านเนื้อหา เป็นการศึกษาการวางแผนและวิธีการทำเหมืองหิปปู ภูมิทัศน์เฉพาะของภูเขาหิปปูก่อนการทำเหมืองและของเมืองหิปปูหลังการฟื้นฟู ปัจจัยด้านภูมิทัศน์ที่มีนัยสำคัญต่อการฟื้นฟู วัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์

หลังการฟื้นฟูเมืองหินปูน ขั้นตอนและวิธีการฟื้นฟูเมืองหินปูน โดยอาศัยกระบวนการทางธรรมชาติ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการฟื้นฟู

2 ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา มีเกณฑ์การเลือกพื้นที่ศึกษา คือ เป็นเมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทยทั้งหมด 4 โครงการ ที่มีการฟื้นฟูอย่างน้อย 5 ปี เป็นที่ยอมรับของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำเหมืองและการฟื้นฟูเมืองหินปูนว่าประสบความสำเร็จในการฟื้นฟู โดยแต่ละพื้นที่ศึกษาจะต้องมีวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์หลังการฟื้นฟูเมืองหินปูนที่แตกต่างกัน มีระยะเวลาในการฟื้นฟูที่แตกต่างกัน และต้องได้รับอนุญาตให้เข้าสำรวจได้

ระเบียบวิธีวิจัย

1 ทบทวนวรรณกรรมจากหนังสือ บทความทางวิชาการ งานวิจัย และสิ่งพิมพ์ของรัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ด้านการวางแผนและวิธีการดำเนินการทำเหมืองหินปูน ลักษณะภูมิประเทศของภูเขาหินปูน ขั้นตอน และวิธีการฟื้นฟูเมืองหินปูน และพืชพรรณที่ใช้ในการฟื้นฟู จากสิ่งพิมพ์ของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ และจากหนังสือเหมือนสีเขียวเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งศึกษากรณีศึกษาต่างประเทศ 2 กรณี ได้แก่ Limestone mining site in the central part of Liaoning ประเทศจีน และ Bamburi Nature Trail (Haller Park) ประเทศเคนยา เพื่อทำการสรุปประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูเมืองหินปูน ได้แก่ ปัจจัยด้านภูมิทัศน์ที่ส่งผลต่อการฟื้นฟูและวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์หลังการฟื้นฟูเมืองหินปูน

2 สัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำเหมืองและการฟื้นฟูเมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานทั้งหมด 5 ท่าน จากหน่วยงานที่แตกต่างกัน ได้แก่ นักวิชาการด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ นักวิชาการด้านเหมืองสีเขียว นักวิชาการด้านวนวัฒนวิทยา เจ้าหน้าที่กลุ่มฟื้นฟูคุณภาพสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ และเจ้าหน้าที่กลุ่มงานเหมืองแร่ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมในประเด็นนอกเหนือจากที่มีการบันทึกไว้ในเอกสารวรรณกรรม และกรณีศึกษาต่างประเทศ รวมทั้งได้รับคำแนะนำในการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามต่อไป

3 วิเคราะห์และสำรวจพื้นที่ศึกษาโดยการประเมินภาพถ่ายทางอากาศก่อนการทำเหมืองเปรียบเทียบกับหลังการฟื้นฟู พร้อมกับวิเคราะห์แผนที่เส้นชั้นระดับความสูงหลังการทำเหมืองเพื่อทำความเข้าใจความสัมพันธ์ลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมและลักษณะภูมิประเทศ ที่ประกอบกันเป็นภูมิทัศน์เฉพาะของพื้นที่ จากนั้นจึงลงพื้นที่สำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 4 โครงการ ได้แก่ แกรนด์แคนยอนคีรี จังหวัดชลบุรี อุทยานหินเขางู จังหวัดราชบุรี สวนเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว จังหวัดกาญจนบุรี และพื้นที่เมืองหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมซีเมนต์ บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (แก่งคอย จำกัด จังหวัดสระบุรี เพื่อสรุปรูปแบบของภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสมกับการฟื้นฟู ปัจจัยด้านภูมิทัศน์ที่มีนัยสำคัญต่อการฟื้นฟู และความสำเร็จในการฟื้นฟูตามระยะเวลาการดำเนินงาน

4 วิเคราะห์ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรม การสัมภาษณ์ การศึกษา การสำรวจพื้นที่ศึกษา เพื่อนำมาเปรียบเทียบปัจจัยด้านภูมิทัศน์ที่มีนัยสำคัญต่อการฟื้นฟู ขั้นตอน และวิธีการที่ใช้ในการฟื้นฟู การเลือกชนิดพืชพรรณที่ใช้ในการฟื้นฟู และระยะเวลาที่ใช้ในการฟื้นฟู

5 สรุปผลการศึกษาและเสนอแนะแนวทางและวิธีการการฟื้นฟูเมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทยให้มีความเหมาะสมและชัดเจนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรมอันเนื่องมาจากการประกอบกิจการเหมืองหินปูนให้เกิดศักยภาพและประโยชน์สูงสุด

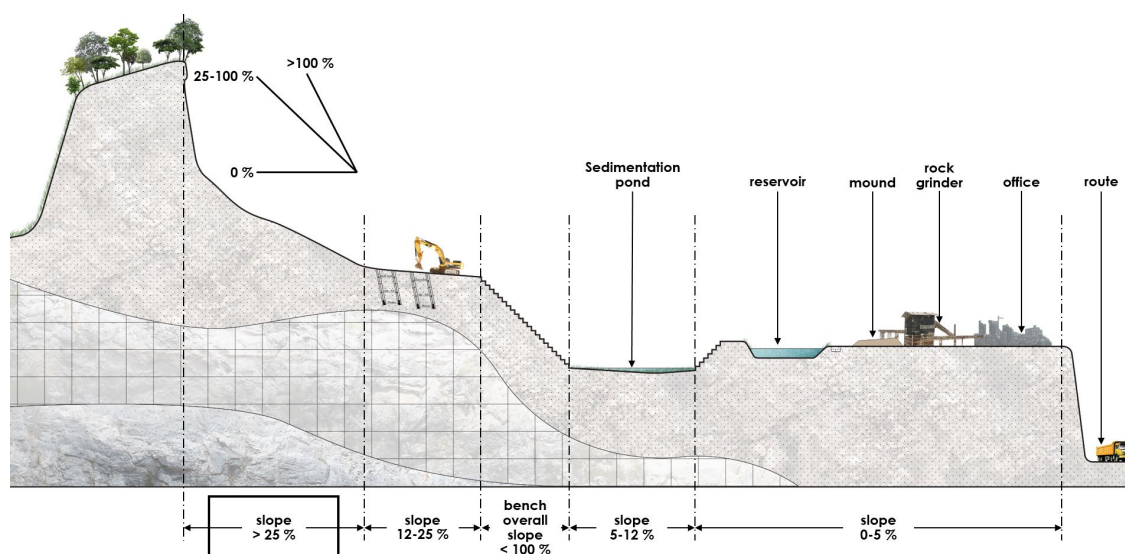
ลักษณะทางกายภาพของภูเขาหินปูนและเหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทาน

ภูเขาหินปูนมีลักษณะภูมิประเทศแบบต่าง ๆ ได้แก่ บ่อน้ำ แม่น้ำ ร่องน้ำ หุบเขา หลุมยุบ หน้าผา ถ้ำ และมีลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมเป็นป่าเบญจพรรณแล้ง กระจายตัวกันห่าง ๆ แต่อยู่รวมกันเป็นสังคมสิ่งมีชีวิต ดังภาพ 1 (วัชรินทร์ กาสลัก และดลฤดี หอมดี 2558; โสมนัสสา แสงฤทธิ์, วรดลต์ แจ่มจำรูญ และนันทวรรณ สุปันดี 2556)



ภาพ 1 ภูเขาหินปูน

การทำเหมืองหินปูนจะต้องมีการวางแผนและจัดทำแผนผังการทำเหมืองเพื่อดำเนินการขุดเจาะ ระเบิด และแต่งแร่ รวมทั้งดูแลรักษาหน้าดินและเปลือกดินก่อนการทำเหมืองเพื่อการฟื้นฟู ซึ่งทำให้เกิดลักษณะภูมิประเทศและรูปแบบการใช้งานแตกต่างกัน ได้แก่ พื้นที่ราบความชัน 0-5% พื้นที่ความชัน 5-12% พื้นที่ความชัน 12-25% พื้นที่ความชันมากกว่า 25% พื้นที่ราบแบบขั้นบันได (Bench) พื้นที่บ่อดักตะกอนและบ่อน้ำ ดังภาพ 2 (สำนักบริหารและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ 2548 โดย William M. Marsh (2005) อธิบายว่าพื้นที่ความชันมากกว่า 25% เป็นช่วงความชันที่ค่อนข้างกว้างซึ่งต้องจำแนกเพิ่มเติมเป็น 2 ช่วง ได้แก่ พื้นที่ความชัน 25-100% และพื้นที่ความชันมากกว่า 100% เพราะมีปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน



ภาพ 2 ลักษณะภูมิประเทศและรูปแบบการใช้งานภายในเหมืองหินปูนที่มีความชันที่แตกต่างกันตามสภาพพื้นที่

การฟื้นฟูเหมืองหินปูนในปัจจุบัน

การฟื้นฟูเหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทยในปัจจุบันมีวัตถุประสงค์ของการใช้งานหลังการฟื้นฟูที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1 การฟื้นฟูเพื่อการใช้ประโยชน์เชิงนิเวศ เช่น พื้นที่ป่าไม้ 2 การฟื้นฟู เพื่อการใช้ประโยชน์เชิงการเกษตร 3 การฟื้นฟูเพื่อการใช้ประโยชน์เชิงนันทนาการ เช่น การเป็นแหล่งท่องเที่ยว แหล่งเรียนรู้ สวนสาธารณะ และพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ (ไพรัตน์ เจริญกิจ 2550)

จากการศึกษาคู่มือการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ พ.ศ. 2548 มีการแนะนำให้จำแนกพื้นที่ภายในเหมืองหินปูนเพื่อทำการถมดิน ใส่ปุ๋ย และทำการฟื้นฟูด้วยวิธีการปลูกพืช (Re-Vegetation) (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2560; สำนักบริหารและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ 2548 เพียงวิธีเดียวเท่านั้นไม่ว่าปัจจัยด้านภูมิทัศน์จะเป็นอย่างไรส่งผลให้เกิดปัญหาในการฟื้นฟู

การศึกษารณศึกษาต่างประเทศ พบว่าทั้ง 2 กรณีศึกษาใช้การฟื้นฟูด้วยวิธีการปลูกพืชเป็นหลักโดยการใช้พืชพรรณไม้เบิกนำ (Pioneer Species) ซึ่งมีคุณสมบัติทนแล้งและทนแดดจัดที่เป็นพืชพรรณพื้นถิ่น (Native Species) ซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (Environmental Factors) ประกอบด้วย ลักษณะธรณีวิทยา การพังทลายของหินและดิน ลักษณะและชนิดพืชพรรณ ระยะเวลาในการเจริญเติบโตของพืช การไหลของน้ำผิวดิน น้ำ และความชื้น แต่มีวัตถุประสงค์ของการใช้งานหลังการฟื้นฟูที่แตกต่างกัน เช่น การฟื้นฟูด้วยการปลูกพืชในพื้นที่บางส่วนและปล่อยทิ้งไว้โดยมิได้มีการดูแลรักษาเนื่องจากมิได้มีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการใช้งานหลังการฟื้นฟู ไปจนถึง การปลูกพืชพรรณไม้เสถียร (Climax Species) ภายหลังจากการปลูกพืชพรรณไม้เบิกนำ (Jiali Wang et al. 2017; Stanford M. Siachoono, 2010) เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทุติยภูมิ (Secondary Succession) ในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้สามารถกลับมามีความสามารถในการบริการเชิงนิเวศรวมทั้งสามารถนำไปใช้ในการใช้ประโยชน์เชิงนันทนาการได้เร็วขึ้น

นอกจากนี้ วชิรพันธ์ กาสลัก และ ดลฤดี หอมติ (2558) ได้กล่าวถึง วิธีการปรับปรุงเสถียรภาพเชิงลาดและวิธีชีววิศวกรรมดิน ซึ่งเป็นการเตรียมพื้นที่สำหรับการฟื้นฟูด้วยวิธีการปลูกพืชเพื่อป้องกันการพังทลายของหินและดิน และกระตุ้นให้พืชพรรณสามารถเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น กล่าวคือ

1 วิธีการปรับปรุงเสถียรภาพเชิงลาด (Slope Stabilization Method) คือ การป้องกันวัสดุในเชิงลาดไม่ให้ถูกกัดเซาะพังทลาย สามารถทำได้โดยการนำหินที่ไม่น้ำมันคองออก การสร้างค้ำยันและการเสริม การปรับความชัน การใช้กำแพงกันดิน หรือการป้องกันผิวหน้า (วชิรพันธ์ กาสลัก และดลฤดี หอมติ 2558) สามารถนำไปใช้กับพื้นที่ลาดชันสูงความชันมากกว่า 25% ซึ่งมีความเสี่ยงในการถูกกัดเซาะพังทลายหรือหินถล่ม

2 วิธีชีววิศวกรรมดิน (Soil Bioengineering) คือ การใช้วัสดุธรรมชาติเพื่อป้องกันการพังทลายของดินที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ สามารถทำได้โดยการเสริมด้วยกิ่งไม้เดี่ยว (Live Staking) การเสริมด้วยมัดของกิ่งไม้ (Live Fascines) การทำแนวของพุ่มไม้ (Brush Layering) (วชิรพันธ์ กาสลัก และดลฤดี หอมติ 2558) ในบริเวณช่องทางการไหลของน้ำหรือร่องน้ำเพื่อกักเก็บหรือแพร่กระจายความชื้นเพื่อเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทุติยภูมิและการเจริญเติบโตของพืชพรรณที่ปกคลุมแบบพืชคลุมดินในอนาคต ทั้งนี้พืชพรรณที่นำมาใช้ในวิธีชีววิศวกรรมดิน จะส่งเสริมให้เกิดความชื้นในดินที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืชพรรณที่ใช้ในการฟื้นฟู

การฟื้นฟูเหมืองหินปูนเพื่อให้เกิดรูปแบบของภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสม

ในการศึกษาคู่ครั้งนี้ได้มีการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนกับการทำเหมืองและการฟื้นฟูเหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานทั้งหมด 5 ท่าน ได้แก่ นักวิชาการด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ นักวิชาการด้านเหมืองสีเขียว นักวิชาการด้านวนวัฒนวิทยา เจ้าหน้าที่กลุ่มฟื้นฟูคุณภาพสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐาน และการเหมืองแร่ และเจ้าหน้าที่กลุ่มงานเหมืองแร่ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่า การฟื้นฟูเหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานควรฟื้นฟูให้เกิดลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมเหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศของเหมืองหินปูน โดยสามารถเก็บเมล็ดของพืชพรรณได้จากพื้นที่แนวป้องกันโดยรอบ (Buffer Zone) สำหรับนำไปเพาะเมล็ดและอนุบาลเพื่อให้การฟื้นฟูด้วยวิธีการปลูกพืชใช้พืชพรรณพื้นที่ที่เหมาะสม นอกจากนี้ควรมีการบำรุงดูแลรักษาในช่วง 5 ปีแรก

หลังการฟื้นฟูด้วยการรดน้ำ ใส่ปุ๋ย หรือเติมจุลินทรีย์ในรากพืช (Mycorrhiza) เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตปกคลุมพื้นที่ได้ในระยะเวลาสั้นลง

จึงสรุปได้ว่า ความสำเร็จในการฟื้นฟูเกี่ยวข้องกับการเกิดพืชพรรณที่ปกคลุมสอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสม คือ ภูมิทัศน์เฉพาะของเหมืองหินปูนหลังการฟื้นฟูมีลักษณะเหมือนภูมิทัศน์เฉพาะของภูเขาหินปูนก่อนการทำเหมือง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการบริการเชิงนิเวศในระดับที่เหมาะสม คือ การบริการเชิงนิเวศของเหมืองหินปูนหลังการฟื้นฟูมีความสามารถเหมือนการบริการเชิงนิเวศของภูเขาหินปูนก่อนการทำเหมือง และกำหนดวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์หลังการฟื้นฟูที่ชัดเจน รวมทั้งเกี่ยวข้องกับการใช้ลักษณะและชนิดพืชพรรณในการฟื้นฟูให้เหมาะสมกับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม เพื่อให้การเจริญเติบโตของพืชในการฟื้นฟูใช้ระยะเวลาอันสั้น

ภูมิทัศน์เฉพาะของภูเขาหินปูนก่อนการทำเหมืองและของเหมืองหินปูนหลังการฟื้นฟู

จากการศึกษาเอกสารวรรณกรรม กรณีศึกษาต่างประเทศ และการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำเหมืองและการฟื้นฟูเหมือง พบว่าการฟื้นฟูเหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทยมีประเด็นที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการฟื้นฟู และการเลือกวิธีการฟื้นฟู ทั้งหมด 2 ประเด็น ซึ่งจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ศึกษาทั้ง 4 โครงการต่อไป ได้แก่

1) ปัจจัยด้านภูมิทัศน์ที่ส่งผลต่อการฟื้นฟู ซึ่งประกอบไปด้วย

- ภูมิทัศน์เฉพาะ ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุม
- ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่ ลักษณะธรณีวิทยา การพังทลายของหินและดิน ลักษณะและชนิดพืชพรรณ การไหลของน้ำผิวดิน น้ำ และความชื้น

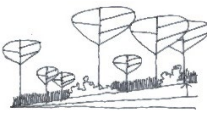
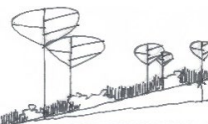
2) วัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์หลังการฟื้นฟู

โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ภูมิทัศน์เฉพาะของภูเขาหินปูนก่อนการทำเหมืองจากภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ.2495 ของพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 โครงการ พบว่าลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมของภูเขาหินปูนมีลักษณะ 4 กลุ่ม เรียงลำดับตามความสามารถในการบริการเชิงนิเวศจากต่ำไปหาสูง ได้แก่ ก แบบกลุ่มพืชคลุมดิน (Groundcover) ข แบบกลุ่มพืชคลุมดินและพืชพรรณไม้พุ่มเตี้ยและพุ่มสูง (Groundcover and Shrub) ค แบบกลุ่มพืชพรรณไม้ยืนต้นที่มีความหนาแน่นต่ำ (Trees: Low Density) ง แบบกลุ่มพืชพรรณไม้ยืนต้นที่มีความหนาแน่นปานกลาง (Trees: Medium Density) และมีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศของภูเขาหินปูนที่ได้จากการศึกษาร่วมกับแผนที่เส้นชั้นระดับความสูง ดังนี้

- พื้นที่ที่มีความชันต่ำ (1 และ 2) มีลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมเป็นแบบ ก แบบกลุ่มพืชพรรณไม้ยืนต้นที่มีความหนาแน่นปานกลาง เป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ A
- พื้นที่ที่มีความชันในระดับปานกลาง (3) มีลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมเป็นแบบ ข แบบกลุ่มพืชพรรณไม้ยืนต้นที่มีความหนาแน่นต่ำ เป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ B
- พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางถึงสูง (4) มีลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุม 2 แบบ คือ ข แบบกลุ่มพืชพรรณไม้ยืนต้นที่มีความหนาแน่นต่ำ เป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ C ส่วนลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมแบบ ค แบบกลุ่มพืชคลุมดินและ พืชพรรณไม้พุ่มเตี้ยและพุ่มสูง เป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ D
- พื้นที่ที่มีความลาดชันสูง (5) มีลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุม 2 แบบ คือ ค แบบกลุ่มพืชคลุมดินและพืชพรรณไม้พุ่มเตี้ยและพุ่มสูง เป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ E ส่วนลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมแบบ ง แบบกลุ่มพืชคลุมดิน เป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ F

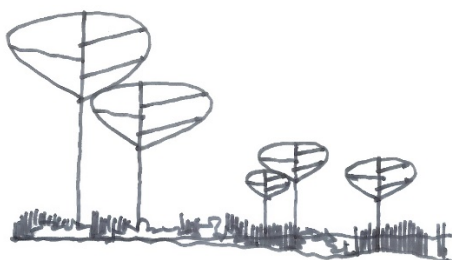
จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่า ภูมิทัศน์เฉพาะของภูเขาหินปูนก่อนการทำเหมืองมีทั้งหมด 7 รูปแบบ ได้แก่ ภูมิทัศน์เฉพาะแบบ A, B, C, D, E และ F รวมทั้งภูมิทัศน์เฉพาะแบบบ่อน้ำ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ภูมิทัศน์เฉพาะของภูเขาหินปูน

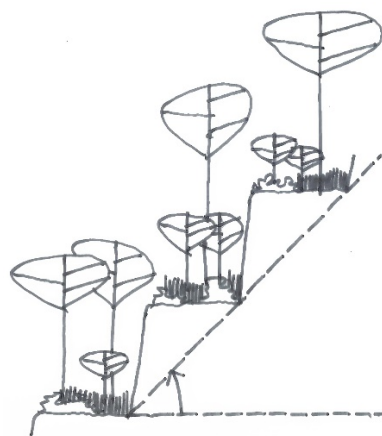
ลักษณะ ภูมิประเทศ	พืชพรรณ ที่ปกคลุม	ก แบบกลุ่มพืชคลุมดิน	ข แบบกลุ่มพืชคลุมดิน และพืชพรรณไม้พุ่มเตี้ย และพุ่มสูง	ค แบบกลุ่มพืชพรรณไม้ ยืนต้นที่มีความหนาแน่น ต่ำ	ง แบบกลุ่มพืชพรรณไม้ ยืนต้นที่มีความหนาแน่น ปานกลาง
(1 พื้นที่ราบความชัน 0-5%					 ภูมิทัศน์เฉพาะแบบ A
(2 พื้นที่ราบความชัน 5-12%					
(3 พื้นที่ความชัน 12-25%				 ภูมิทัศน์เฉพาะแบบ B	
(4 พื้นที่ความชัน 25-100%			 ภูมิทัศน์เฉพาะแบบ D	 ภูมิทัศน์เฉพาะแบบ C	
(5 พื้นที่ความชัน มากกว่า 100%		 ภูมิทัศน์เฉพาะแบบ F	 ภูมิทัศน์เฉพาะแบบ E		
(6 บ่อน้ำ	ไม่มีพืชพรรณที่ปกคลุม				

ทั้งนี้การวิเคราะห์พื้นที่ศึกษาพบว่า ภูมิทัศน์เฉพาะแบบ C และ D เป็นรูปแบบของภูมิทัศน์เฉพาะส่วนใหญ่ของภูเขาหินปูนก่อนการทำเหมืองซึ่งมีความสามารถในการบริการเชิงนิเวศระดับปานกลาง แต่การวิเคราะห์พื้นที่ศึกษาไม่สามารถสรุปรูปแบบของภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสมกับการฟื้นฟูได้ เพราะการลงสำรวจพื้นที่ศึกษาภาคสนามพบว่า ภูมิทัศน์เฉพาะของเหมืองหินปูนหลังการฟื้นฟู มีรูปแบบที่ไม่ตรงกับภูมิทัศน์เฉพาะของภูเขาหินปูนก่อนการทำเหมือง 2 รูปแบบ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่เกิดขึ้นจากการทำเหมืองหินปูน ดังนี้

- พื้นที่ขอบบ่อและพื้นที่ขุมน้ำ มีลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมเป็นแบบ ข แบบกลุ่มพืชพรรณไม้ยืนต้นที่มีความหนาแน่นต่ำ เป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ G ดังภาพ 3 มีความสามารถในการบริการเชิงนิเวศระดับปานกลาง
- พื้นที่ราบขั้นบันได มีลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมเป็นแบบ ก แบบกลุ่มพืชพรรณไม้ยืนต้นที่มีความหนาแน่นปานกลาง เป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ H ดังภาพ 4 มีความสามารถในการบริการเชิงนิเวศระดับสูง



ภาพ 3 ภูมิทัศน์เฉพาะแบบ G



ภาพ 4 ภูมิทัศน์เฉพาะแบบ H

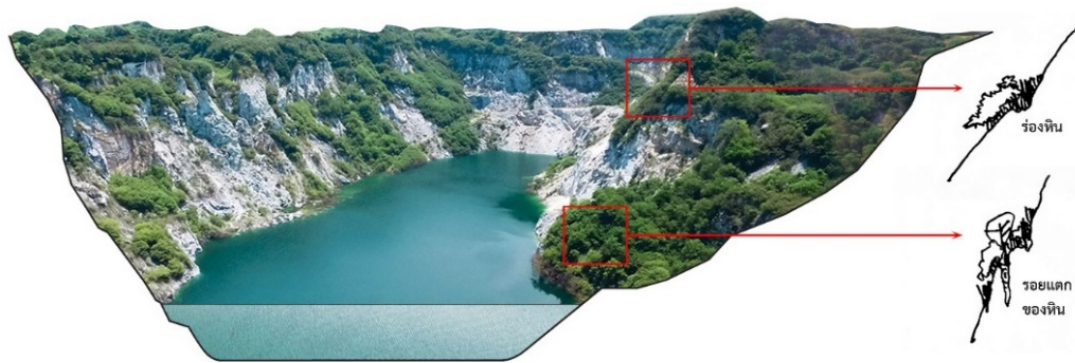
การสำรวจพื้นที่ศึกษาภาคสนามสามารถสรุปได้ว่า ภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสมกับการฟื้นฟูมีความสามารถในการบริการเชิงนิเวศที่ใกล้เคียงกับภูมิทัศน์เฉพาะของภูเขาหินปูนก่อนการทำเหมือง ซึ่งมีความสามารถในการบริการเชิงนิเวศระดับปานกลางขึ้นไป ได้แก่ ภูมิทัศน์เฉพาะแบบ A, B, C, D, E, G และ H รวมทั้งภูมิทัศน์เฉพาะแบบบ่อน้ำ

โดยพื้นที่ศึกษาทั้งหมดมีการกำหนดวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์หลังการฟื้นฟู เช่น แหล่งท่องเที่ยว แหล่งนันทนาการ สวนสาธารณะ และพื้นที่ป่า เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการวางแผนการดูแลรักษาจะส่งผลให้การเจริญเติบโตและการแพร่กระจายพันธุ์พืช รวมทั้งเกิดภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสมกับการฟื้นฟูด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน จึงทำให้สรุปได้ว่าการกำหนดวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์หลังการฟื้นฟูเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสม เพราะหากไม่มีการกำหนดวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์หลังการฟื้นฟูจะทำให้ไม่มีการวางแผนการดูแลรักษาและไม่ทำให้เกิดภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสมในที่สุด

ปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการฟื้นฟูเหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทย

การสำรวจพื้นที่ศึกษาด้านการฟื้นฟูเหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทยพบว่า ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมบางประการส่งผลให้การฟื้นฟูมีความแตกต่างกันในระดับภูมิภาคหรือระดับมหภาค แต่ไม่เป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการฟื้นฟูในภาคกลางของประเทศไทย ได้แก่ ปัจจัยด้านการรับแดด และแสงเงา ปัจจัยด้านอุณหภูมิ และอากาศ รวมทั้งปัจจัยด้านลม และแรงลม ส่วนปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการฟื้นฟูในภาคกลางของประเทศไทยจะต้องเป็นปัจจัยที่ทำให้พื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศแบบเดียวกัน เกิดลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมแตกต่างกัน

การสำรวจพื้นที่ศึกษาแกรนด์แคนยอนศรี จังหวัดชลบุรี พบว่า ปัจจัยด้านลักษณะธรณีวิทยา ทำให้พื้นที่ความชันมากกว่า 100% มีลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมแตกต่างกัน โดยลักษณะธรณีวิทยาแบบร่องหินจะทำให้เกิดเป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ F ส่วนลักษณะธรณีวิทยาแบบรอยแตกของหินจะทำให้เกิดเป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ ดังภาพที่ 5 นอกจากนั้นการสำรวจพื้นที่ศึกษาอุทยานหินเขางู จังหวัดราชบุรี และพื้นที่ศึกษาสวนเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ปัจจัยด้านการพังทลายของหิน และดิน ทำให้พื้นที่ความชันมากกว่า 100% มีลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมแตกต่างกันเช่นกัน โดยหากมีการพังทลายของหิน และดินที่รุนแรงจะทำให้ไม่เกิดพืชพรรณที่ปกคลุมแบบใดเลย ดังภาพที่ 6 แต่ถ้ามีการพังทลายของหินจะทำให้เกิดเป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ F และถ้ามีการพังทลายของดินจะทำให้เกิดเป็นภูมิทัศน์เฉพาะแบบ E

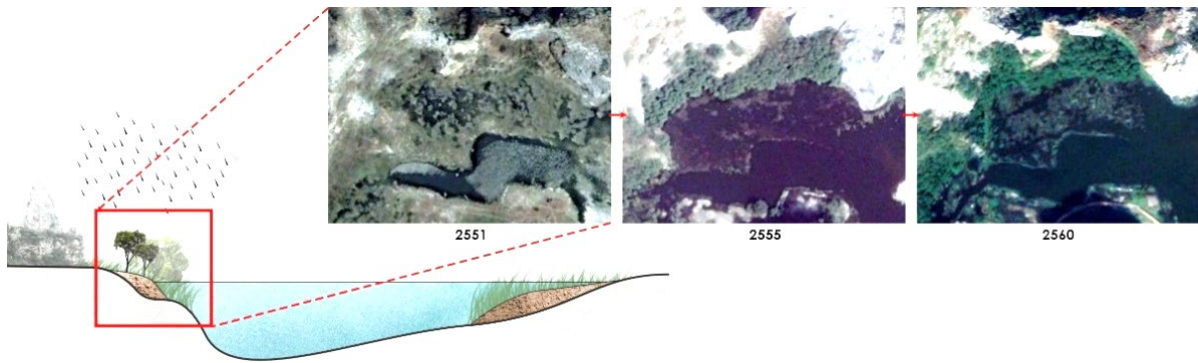


ภาพ 5 ภาพตัดแสดงพื้นที่ความชันมากกว่า 100% ของพื้นที่ศึกษาแกรนด์แคนยอนดคีรี จังหวัดชลบุรี มีลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมแตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยด้านลักษณะธรณีวิทยา ถ่ายเมื่อ 6 ธันวาคม 2560



ภาพ 6 พื้นที่ความชันมากกว่า 100% ของพื้นที่ศึกษาอุทยานเขาหินงู จังหวัดราชบุรี ที่มีความเสี่ยงในการเกิดการพังทลายของหินและดินที่รุนแรง จึงไม่เกิดพืชพรรณที่ปกคลุม ถ่ายเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2560

ทั้งนี้ปัจจัยด้านการไหลของน้ำผิวดิน ปัจจัยด้านน้ำ และความชื้น รวมทั้งปัจจัยด้านคุณสมบัติและลักษณะของดิน เป็นปัจจัยที่ทำให้การฟื้นฟูเมืองหินปูนของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกันในการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายพันธุ์พืชจนกระทั่งเกิดภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสมกับการฟื้นฟู โดยพื้นที่ศึกษาแกรนด์แคนยอนดคีรี จังหวัดชลบุรี ใช้ระยะเวลา 5 ปีในการฟื้นฟู พื้นที่ศึกษาอุทยานหินเขางู จังหวัดราชบุรี ใช้ระยะเวลา 21 ปีในการฟื้นฟู พื้นที่ศึกษาสวนเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว จังหวัดกาญจนบุรี ใช้ระยะเวลา 12 ปีในการฟื้นฟูและพื้นที่ศึกษาเมืองหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมซีเมนต์ บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (แก่งคอย จำกัด จังหวัดสระบุรี ใช้ระยะเวลา 9 ปีในการฟื้นฟู เพื่อให้พื้นที่ส่วนใหญ่เกิดรูปแบบของภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสม



ภาพ 7 การเจริญเติบโตและการแพร่กระจายพันธุ์พืชของพื้นที่ศึกษาอุทยานเขาหินงู จังหวัดราชบุรี ที่เกิดจากปัจจัยด้านการไหลของน้ำผิวดิน ปัจจัยด้านน้ำและความชื้น

การสำรวจพื้นที่ศึกษาภาคสนามสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการฟื้นฟู ได้แก่ ปัจจัยด้านลักษณะธรณีวิทยา ปัจจัยด้านการพังทลายของหิน และดิน ปัจจัยด้านการไหลของน้ำผิวดิน ปัจจัยด้านน้ำ และความชื้น รวมทั้งปัจจัยด้านคุณสมบัติและลักษณะของดิน ส่วนปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญต่อการฟื้นฟู ได้แก่ ปัจจัยด้านการรับแดด และแสงเงา ปัจจัยด้านอุณหภูมิ และอากาศ รวมทั้งปัจจัยด้านลม และแรงลม

การฟื้นฟูด้วยวิธีการปลูกพืชในพื้นที่ศึกษา

การฟื้นฟูเมืองหินปูนด้วยวิธีการปลูกพืชที่สำรวจพบในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดพบว่า การฟื้นฟูด้วยวิธีการปลูกพืชใช้พืชพรรณไม้เบิกนำเป็นหลัก แต่การสำรวจพื้นที่ศึกษาเมืองหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมซีเมนต์ บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (แก่งคอย จำกัด จังหวัดสระบุรี พบว่า เมื่อพืชพรรณไม้เบิกนำเจริญเติบโตจนกระทั่งสามารถให้ร่มเงาได้ จึงทำการปลูกพืชพรรณไม้เสริมเพิ่มเติม และมีรูปแบบของลักษณะพืชพรรณเป็นการปลูกพืชแบบสุ่ม (Random Pattern) เพื่อเลียนแบบธรรมชาติ รวมทั้งใช้พืชพรรณที่มีความหลากหลายในการฟื้นฟูมากกว่า 47 ชนิด เช่น จั้วป่า อ้อยช้าง กระพี้จั่น กระบก พะยูง จันทน์ผา ชี้เหล็ก คุณ มะขาม มะขามเทศ มะค่าโมง นนทรี กระถินเทพา ถั่วฮามาต้า ฯลฯ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทุติยภูมิจนกระทั่งมีความสามารถในการบริการเชิงนิเวศที่เหมาะสมเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ศึกษาอื่น ดังภาพ



ภาพ 8 การฟื้นฟูในปีที่ 9 ของพื้นที่ศึกษาเมืองหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมซีเมนต์ บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (แก่งคอย จำกัด จังหวัดสระบุรี ถ่ายเมื่อ 8 มีนาคม 2561

สรุปแนวทางการฟื้นฟูเมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทย

การศึกษาและวิเคราะห์พื้นที่ศึกษาทั้งหมด 4 โครงการ พบว่าลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันภายในเมืองหินปูน หลังการฟื้นฟูจะส่งผลให้เกิดลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมหลังการฟื้นฟูที่แตกต่างกัน หรือมีภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสม ทำให้สามารถสรุปได้ว่าพื้นที่ศึกษาทั้งหมดมีปัจจัยด้านภูมิทัศน์ที่คล้ายคลึงกัน และมีความสัมพันธ์กัน นอกจากนี้หากมีการเตรียมพื้นที่โดยใช้วิธีการปรับปรุงเสถียรภาพเชิงลาดเพื่อปรับความชัน จะทำให้เกิดภูมิทัศน์เฉพาะและมีความสามารถในการบริการเชิงนิเวศที่เหมาะสมอย่างรวดเร็ว อีกทั้งหากมีการปลูกพืชพรรณไม้เสถียรเพิ่มเมื่อพืชพรรณไม้เบิกนำเจริญเติบโต มีการดูแลรักษา รวมทั้งมีการป้องกันการระเหยของน้ำและกักเก็บความชื้น จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทุติยภูมิได้ในระยะเวลาอันสั้น และเกิดความสามารถในการบริการเชิงนิเวศที่เร็วขึ้น ดังตาราง 2

ตาราง 2 ภูมิทัศน์เฉพาะและวิธีการฟื้นฟูที่ส่งผลให้เกิดระดับของความสามารถในการบริการเชิงนิเวศ

ลักษณะภูมิประเทศหลังการทำเหมือง	พืชพรรณที่ปกคลุมหลังการฟื้นฟู	ภูมิทัศน์เฉพาะหลังการฟื้นฟู	ระดับของความสามารถในการบริการเชิงนิเวศ	วิธีการเร่งการเกิดภูมิทัศน์เฉพาะและความสามารถในการบริการเชิงนิเวศที่เหมาะสม
พื้นที่ราบความชัน 0-5%	ง	A	สูง	ปลูกพืชพรรณไม้เสถียรเพิ่มเมื่อพืชพรรณไม้เบิกนำเจริญเติบโต
พื้นที่ความชัน 5-12%	ง			
พื้นที่ความชัน 12-25%	ค	B	กลาง	ปรับความชัน และปลูกพืชพรรณไม้เสถียรเพิ่มเมื่อพืชพรรณไม้เบิกนำเจริญเติบโต
พื้นที่ความชัน 25-100%	ค	C		ปลูกพืชพรรณไม้เสถียรเพิ่มเมื่อพืชพรรณไม้เบิกนำเจริญเติบโต
	ข	D	ต่ำ	ปลูกพืชพรรณไม้เสถียรเพิ่มเมื่อพืชพรรณไม้เบิกนำเจริญเติบโต รวมทั้งปรับความชัน ใช้กำแพงกันดิน หรือใช้การป้องกันผิวหน้า
พื้นที่ความชันมากกว่า 100%	ข	E		
	ก	F		
พื้นที่บ่อตัดตะกอน	ค	G	กลาง	ปลูกพืชพรรณไม้เสถียรเพิ่มเมื่อพืชพรรณไม้เบิกนำเจริญเติบโต
พื้นที่ราบชันบันได	ง	H	สูง	ปรับความชัน และปลูกพืชพรรณไม้เสถียรเพิ่มเมื่อพืชพรรณไม้เบิกนำเจริญเติบโต

และจากการศึกษาทั้งหมดสามารถเสนอแนะแนวทางการฟื้นฟูเมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทยได้ดังนี้

- กำหนดวัตถุประสงค์ของการใช้งานหลังการฟื้นฟู เช่น การเป็นพื้นที่ป่าไม้ การเป็นพื้นที่สำหรับการเพาะปลูก การเป็นแหล่งท่องเที่ยว หรือพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ
- รวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่เมืองหินปูน ศึกษาปัจจัยด้านภูมิทัศน์ที่สำคัญต่อการฟื้นฟู
- ศึกษาภูมิทัศน์เฉพาะที่เหมาะสม ซึ่งหมายถึง พืชพรรณที่ปกคลุมมีความสอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศ
- ศึกษาปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม เพื่อคัดเลือกพืชพรรณที่ใช้ในการฟื้นฟูและลำดับพื้นที่การฟื้นฟู
- เตรียมพื้นที่สำหรับการฟื้นฟูด้วยวิธีการปลูกพืช ได้แก่ การปรับความชัน การป้องกันผิวหน้า หรือการใช้กำแพงกันดินด้วยวิธีการปรับปรุงเสถียรภาพเชิงลาด เพื่อป้องกันการพังทลายของหินและดิน และฟื้นฟู และสร้างร่องน้ำด้วยวิธีชีววิศวกรรมดิน เพื่อกักเก็บความชื้นในดิน รวมทั้งถมดิน และใส่โพลีเมอร์
- ดำเนินการฟื้นฟูด้วยวิธีการปลูกพืช ด้วยพืชพรรณไม้เบิกนำที่เป็นพืชพรรณพื้นถิ่น
- อาจมีการเติมจุลินทรีย์ในรากพืชเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืชพรรณไม้เบิกนำ

8. ปลุกพืชพรรณไม้เสถียรที่เป็นพืชพรรณพื้นถิ่น เมื่อพืชพรรณไม้เบิกนำเจริญเติบโตจนกระทั่งสามารถให้ร่มเงาได้
9. ติดตามผลการฟื้นฟูและดูแลรักษาด้วยการรดน้ำและใส่ปุ๋ย

ทั้งนี้แนวทางการฟื้นฟูเหมืองหินปูนดังกล่าวเป็นแนวทางซึ่งเริ่มวางแผนและดำเนินการเมื่อหมดอายุสัมปทานเท่านั้น โดยในงานวิจัยนี้ ยังไม่ได้มีการศึกษาถึงการเลือกชนิดพันธุ์ของพืชพรรณไม้เบิกนำและพืชพรรณไม้เสถียรที่เป็นไม้พื้นถิ่นในการฟื้นฟู ซึ่งเป็นประเด็นที่ควรจะต้องดำเนินการศึกษาต่อไป เพื่อให้มีแนวทางการฟื้นฟูเหมืองหินปูนที่หมดอายุสัมปทานในภาคกลางของประเทศไทยที่ครบถ้วนและเหมาะสม

บรรณานุกรม

- กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. สำนักบริหารและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม. **คู่มือการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่**. กรุงเทพฯ: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2548.
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2560-2564**. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560.
- จิรากรณ์ คชเสนี. **นิเวศวิทยาพื้นฐาน**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
- “พระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2560.” **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่ม 134 ตอนที่ 26 ก หน้า 1-55. (2560, 2 มีนาคม).
- “พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535.” **ราชกิจจานุเบกษา**. หน้า 1-38. (2535, 4 เมษายน).
- ไพรัตน์ เจริญกิจ. “การฟื้นฟูพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแล้ว (Mined land rehabilitation, mined land reclamation).” **จุลสาร กพร.**, 4 (ตุลาคม-ธันวาคม 2550 : 5-6.
- วัชรินทร์ กาสลักและดลฤดี หอมดี. **ธรณีวิทยาวิศวกรรม**. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558.
- โสมนัสสา แสงฤทธิ์, วรลัดต์ แจ่มจำรูญและนันทวรรณ สุปันตี. **พรรณไม้เขาดินปูน: สถานภาพและปัจจัยคุกคาม**. กรุงเทพฯ: สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, 2556.
- Marsh, William M. **Landscape Planning Environmental Applications**. 4th ed. Hoboken, NJ.: John Wiley & Sons, 2005.
- Odum, E.P. and G.W. Barrett. **Fundamentals of Ecology**. 5th ed. California: Thomson Brooks Cole, 2005.
- Siachoono, S.M. “Land Reclamation Efforts in Haller Park, Mombasa.” **International Journal of Biodiversity and Conservation** 2 (February 2010): 19-25.
- Wang, J., Fuqiang Zhao, Jian Yang and Xiaoshu Li. “Mining Site Reclamation Planning Based on Land Suitability Analysis and Ecosystem Services Evaluation: A Case Study in Liaoning Province, China.” **Sustainability** 9, 890 (May 2017).