

02

ลักษณะการกัดเซาะชายฝั่งหน้าผา และแนวทางการ จัดการ: กรณีศึกษา บ้านฝั่งแดงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ THE NATURE OF CLIFFED COAST EROSION AND GUIDELINES FOR MANAGEMENT: A CASE STUDY OF BAN FANG DAENG, PRACHUAP KHIRI KHAN PROVINCE

ศุภกร เทกมอล^a, สุเมธ พันธุ์วงศ์^b และ จุฑารัตน์ ชมพันธุ์^c

^aสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

^bศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางสืบสวนวิจัยของพื้นผิวโลกและธรณีพิบัติภัยขั้นสูงในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
ภาควิชา ธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

^cคณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

Supakorn Takanmol^a, Sumet Phantuwongraj^b and Chutarat Chompunth^c

^aNational Institute of Development Administration

^bMorphology of Earth Surface and Advanced Geohazards in Southeast Asia Research Unit (MESA RU)
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

^cGraduate School of Environmental Development Administration, National Institute of Development
Administration

✉ Petchgeo@gmail.com

วันที่รับ (received) 23 พ.ค.2565 วันที่แก้ไข (revised) 26 ก.ค. 2565 วันที่ตอบรับ (accepted) 3 ส.ค. 2565

บทคัดย่อ

พื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านฝางแดงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีลักษณะเป็นชายฝั่งหน้าผาของชั้นหินทรายสลับกับชั้นกรวดมน พบร่องรอยของการกัดเซาะที่เกิดจากกระบวนการชายฝั่งเป็นจำนวนมาก จากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ผู้วิจัยต้องการศึกษารูปแบบการกัดเซาะที่เกิดขึ้นเพื่อหาความสัมพันธ์ของการกัดเซาะกับลักษณะวิทยาหิน (lithology) โครงสร้างทางธรณี (Structure) และลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหาและเสนอแนวทางจัดการปัญหาที่เกิดขึ้น จากการศึกษาทางธรณีวิทยาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งด้วยการวิเคราะห์ทางภูมิสารสนเทศ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศในช่วงปี พ.ศ.2509 - 2560 พร้อมทั้งสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ให้ข้อมูลสำคัญ โดยพบว่าปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อการกัดเซาะคือโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่ประกอบไปด้วย รอยแตก ระบบรอยแตก และ รอยเลื่อนตามแนวระดับ (Strike – Slip Fault) ซึ่งทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างไม่ต่อเนื่องในเนื้อหิน นอกจากนี้การตั้งถิ่นที่อยู่อาศัยของชุมชนส่งผลให้ทำให้เกิดจากการอุปโภคบริโภคและเครื่องเรือนและการเกษตรและมีผลกระทบต่อค่าความทนทานในเนื้อหิน เพื่อให้เกิดการจัดการชายฝั่งหน้าผาอย่างยั่งยืน ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการจัดการที่ครอบคลุมทั้ง 3 มิติได้แก่ มิติสิ่งแวดล้อมเพื่อป้องกันผลกระทบและมิติสังคมกับสิทธิมนุษยชนในพื้นที่ในการรับทราบข้อมูล และมีส่วนร่วม รวมถึงการสร้างรายได้ในมิติเศรษฐกิจ

คำสำคัญ : การกัดเซาะชายฝั่งหน้าผา การจัดการชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

Abstract

The study area, Ban Fang Daeng, Prachuap Khiri Khan Province, is characterized as a cliffed coast which consists of red bed sandstone and conglomerate sandstone. Along the cliff, abundant evidences of coastal erosion were exhibited through the area from marine process. Due to this problem, researcher interested in studying factors of cliff erosion in this area which may result from the lithology and structure of the rock at Fang Daeng cliffed coast. This study will investigate the lithology and structure of rock at cliffed coast and relative changing of geomorphology of cliff at Ban Fang Daeng to understand and to propose guidelines for management of this problem. According to the results of study by lithology and structure data, the data on the field and result of coastline change between the years 1966-2017 were collected by remote sensing interpretation and through in-depth interviews with key informants. The major factor that results in the erosion of this cliffed coast is the geological structure of which fracture, joint and Strike - Slip Fault are composed. These compositions bring about the discontinuity of rock. In addition, the water consumption in the residential community and agriculture in the settled area also contributes to the deterioration in strength of rock. To achieve sustainable management of the cliffed coast, a researcher has proposed a management approach that covers three dimensions: an environment for impact prevention, social with human rights in acknowledge and participation, and leverage higher revenue under economic aspects.

Keywords : Cliffed coast erosion, Management of Coastal, Coastal changes

บทนำ

ปัจจุบันชายฝั่งในบริเวณพื้นที่ฝั่งอ่าวไทยของประเทศไทยเป็นพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญอย่างมากในการดำรงชีวิตของคนในพื้นที่ เป็นที่อยู่อาศัย ทำมาหากิน ในระดับครัวเรือน รวมถึงในระดับมหภาคก็พบว่ามีความสำคัญอย่างมากในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ หรือท่าเรือที่ใช้ในการขนส่ง แต่ในปัจจุบันในหลายๆ พื้นที่ชายฝั่งโดยรวมของประเทศไทยไม่ว่าจะเป็นบริเวณอ่าวไทยหรืออันดามันกำลังประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการกระทำทางธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นจาก กระแสน้ำชายฝั่ง หรือจากลมพายุมรสุมประจำฤดูกาล หรือเป็นผลที่มาจากการกระทำของมนุษย์ ที่ก่อให้เกิดความเสียหาย

โดยในบริเวณพื้นที่ศึกษา ชายฝั่งหน้าผาบริเวณบ้านฝั่งแดง หรือผาฝั่งแดง อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่น่าสนใจ มีความสำคัญทางการท่องเที่ยวและการศึกษาในทางด้านธรณีวิทยา โดยจัดเป็นลักษณะชายฝั่งภูมิประเทศริมทะเลที่มีลักษณะแปลกตาแห่งหนึ่งของประเทศไทย (Choowong *et al.* 2014) สามารถพบได้ไม่กี่แห่งในประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะเป็นชายฝั่งหน้าผาของชั้นตะกอนทรายสลับกับชั้นกรวดที่แข็งตัวแล้ว ดังภาพที่ 1 ในปัจจุบันบริเวณชายฝั่งหน้าผา พบร่องรอยของการถล่มของชั้นตะกอนและกองหินที่เกิดจากการถล่มจำนวนมาก การปริแตกที่ผิวของชั้นหินในแนวตั้ง และร่องรอยการกัดเซาะที่ฐานของหน้าผาโดยการศึกษาของ Sinsakul *et al.* (2001) ได้ให้บริเวณนี้มีลักษณะเป็นชายฝั่งหินที่มีการกัดเซาะปานกลาง 1-5 เมตรต่อปี ซึ่งในปัจจุบันในพื้นที่การศึกษายังไม่มีแนวทางการจัดการ หรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้จะส่งผลกระทบต่อชุมชนที่อยู่บริเวณชายฝั่ง การศึกษาของ Leeladee (2012) พบว่าผลกระทบจากการกัดเซาะชายฝั่งที่มีต่อชุมชนชายฝั่งทะเล ต่อระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และสังคม ไม่ว่าจะเป็น การสูญเสียที่ดินใช้ประโยชน์ริมชายฝั่ง การสูญเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมสิ่งปลูกสร้างที่ได้รับผลกระทบ รวมถึงผลกระทบต่อสภาพจิตใจจากความหวาดกลัวภัยธรรมชาติและวิตกกังวลในการสูญเสียที่ดินในอนาคต

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการกัดเซาะที่เกิดขึ้นเพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ของการกัดเซาะกับลักษณะวิทยาหิน (lithology) และธรณีโครงสร้าง (Structure geology) (ชั้นหิน รอยแตก และระบบรอยแตก) และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งหน้าผาในพื้นที่เพื่อให้อำเภอและเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และเสนอถึงแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการทั้งด้าน สิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจโดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศ (Geographical Information System: GIS) ด้วยเทคนิคซ้อนทับข้อมูล (Overlay) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศในช่วงปี พ.ศ.2509 - 2560 ร่วมกับการเก็บข้อมูลพื้นที่ในภาคสนาม และรับฟังความคิดเห็นจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Information) ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการกัดเซาะชายฝั่งหน้าผาบ้านฝั่งแดง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์



ภาพที่ 1: ภูมิประเทศ จาก Google earth (2022) และลักษณะชายฝั่งหน้าผา บริเวณบ้านผึ่งแดง อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

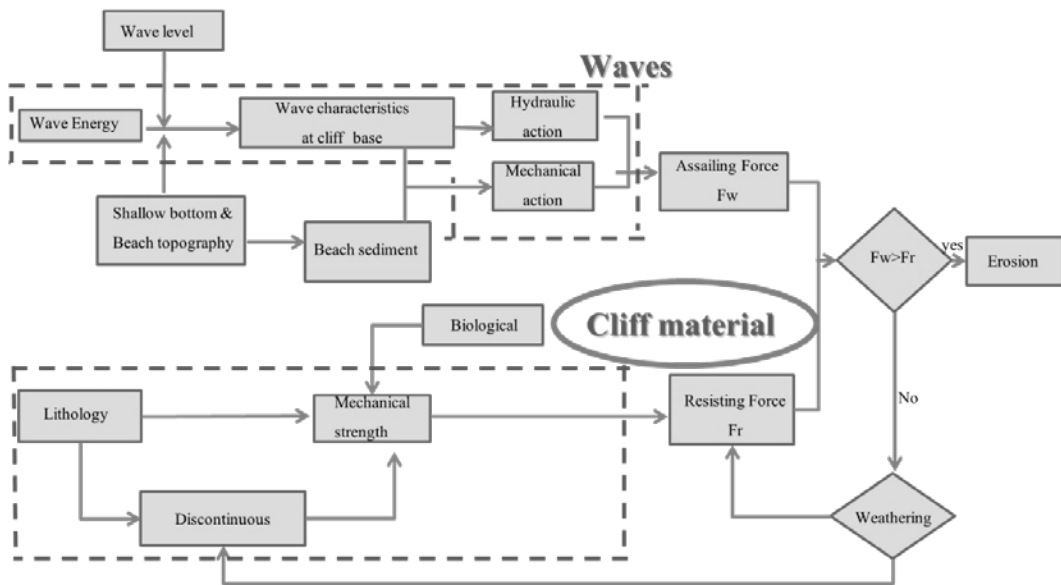
การกัดเซาะชายฝั่งหน้าผา

การศึกษาของ Sunamaru (1992) ได้ทำการจำแนกปัจจัยที่มีผลต่อการกัดเซาะ ดังภาพที่ 2 โดยแบ่งเป็นสองปัจจัยหลักคือ

1) กระบวนการจากคลื่น (Waves) ซึ่งเป็นกระบวนการทางธรรมชาติ ประกอบด้วย ความรุนแรงของคลื่นซึ่งขึ้นอยู่กับระดับน้ำทะเล และลักษณะของภูมิประเทศชายฝั่ง ซึ่งมีผลต่อลักษณะของคลื่นที่เข้าปะทะกับฐานของชายฝั่งหน้าผา ซึ่งมีผลต่ออิทธิพลทางอุทกศาสตร์ (Hydraulic action) รวมถึงปริมาณตะกอนชายฝั่ง ซึ่งมีผลต่ออิทธิพลเชิงกล (Mechanical action) ทั้งสองอิทธิพลนี้จะมีผลต่อแรงโจมตีของคลื่น (Assailing Force)

2) วัสดุหน้าผา (Cliff material) โดยขึ้นอยู่กับวิทยาของหิน (Lithology) ซึ่งลักษณะของหน้าผานั้นมีผลต่อการกัดเซาะ โดยค่านี้นับว่าสัมพันธ์กับความไม่ต่อเนื่องของเนื้อหิน (Discontinuous) เช่น ระบายการวางตัว รอยร้าว แนวแตก รอยแตก และรอยเลื่อน บางที่อาจมีผลมาจากลักษณะวิทยาของหินหรือการแปรรรณีฐาน ในบางพื้นที่อิทธิพลจากปัจจัยทางชีวภาพเช่น รากไม้ การกระทำของสัตว์หรือมนุษย์ ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อความแข็งแรงเชิงกล (Mechanical strength) ซึ่งมีผลต่อแรงทนทานของหน้าผาชายฝั่ง (Resisting Force)

ทั้งนี้ เมื่อแรงโจมตีมากกว่าแรงทนทาน จะทำให้เกิดการกัดเซาะ (Erosion) ต่อชายฝั่งหน้าผา หากแต่ แรงโจมตีน้อยกว่าแรงทนทานจะทำให้เกิดการผุพังอยู่กับที่ (Weathering) แต่ก็ส่งผลให้เพิ่มความไม่ต่อเนื่องในชั้นหินซึ่งมีผลทำให้ความทนทานของหน้าผาชายฝั่งมีค่าลดลง โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นทำการศึกษาวัสดุหน้าผาของชายฝั่งหน้าผา บ้านผึ่งแดงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์เพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ของการกัดเซาะ และเสนอแนวทางการจัดการที่เหมาะสม



ภาพที่ 2: แผนภาพแสดงปัจจัยที่มีผลต่อการกัดเซาะชายฝั่งหน้าผา ที่มา: Sunamaru (1992)

ปัญหาของการจัดการชายฝั่งกับชุมชน

ที่ผ่านมาการแก้ไขปัญหาชายฝั่งด้วยการพัฒนาโครงสร้างแข็งได้ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนของชายฝั่งมากขึ้น (Cooper & McKenna, 2008) การแก้ไขปัญหาด้วยการสร้างโครงสร้างแข็งนั้นจะช่วยป้องกันในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ แต่กลับส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศโดยรอบ รวมถึงส่งผลกระทบต่อบริเวณพื้นที่ข้างเคียงให้มีระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไป Rattanasarat (2017) ได้เสนอว่าการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งนั้นควรมีการศึกษาลักษณะทางกายภาพของชายฝั่งในแต่ละพื้นที่เป็นอันดับแรก ทั้งในเรื่องของลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางธรณีวิทยา ความลาดชันในพื้นที่ รวมทั้งคลื่นและกระแสน้ำ เป็นต้น และรวมไปถึงการให้ชุมชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา เพื่อช่วยกันแก้ไขปัญหาให้ตรงจุดและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่มากยิ่งขึ้น และในด้านสิทธิมนุษยชนของการจัดการปัญหาชายฝั่งจากการศึกษาของ Phaksopa (2006) สำหรับปัญหาทางด้านสิทธิมนุษยชนที่เกิดขึ้นจากการแก้ไขปัญหา คือสิทธิด้านข้อมูลข่าวสารและสิทธิด้านการมีส่วนร่วมของประชาชนในท้องถิ่นเนื่องจากหน่วยงานของรัฐที่เข้ามาในพื้นที่ไม่มีการแจ้งถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของโครงการอย่างชัดเจนให้กับประชาชน นอกจากนี้ประชาชนเกือบทุกพื้นที่ที่ไม่มีความรู้พื้นฐานทางด้านสิทธิมนุษยชน ทำให้ต้องทำตามที่หน่วยงานรัฐแจ้งมาเท่านั้น เช่น การย้ายออกจากพื้นที่เดิมที่เคยอยู่อาศัยอยู่ซึ่งทำให้วิถีชีวิตของตนเองเปลี่ยนไปจากเดิม

ทั้งนี้ มีตัวอย่างปัญหาที่เกิดขึ้นจากแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง กรณีศึกษาของ Pechchan (2010) มีการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะ โดยการสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น ที่บริเวณอำเภอบ้านฉาง จังหวัดนครศรีธรรมราชช่วยแก้ไขปัญหาการกัดเซาะในพื้นที่ให้ลดลง แต่ทั้งนี้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติเกิดปัญหาการทับถมของดินโคลนตม และเป็นแหล่งสะสมของตะกอนที่เกิดจากการพัดพา และการเปลี่ยนแปลงสมดุลของชายหาด ซึ่งส่งผลให้หาดทรายถูกแทนที่ด้วยดินเลนและป่าโกงกาง สร้างความเดือดร้อนให้กับประชาชน และกิจการร้านอาหาร ที่พักถูกปิดกิจการตลอดแนวชายฝั่ง แสดงให้เห็นถึงการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่ขาดการศึกษาลักษณะทางธรรมชาติของชายฝั่ง และสร้างผลกระทบต่อชุมชน

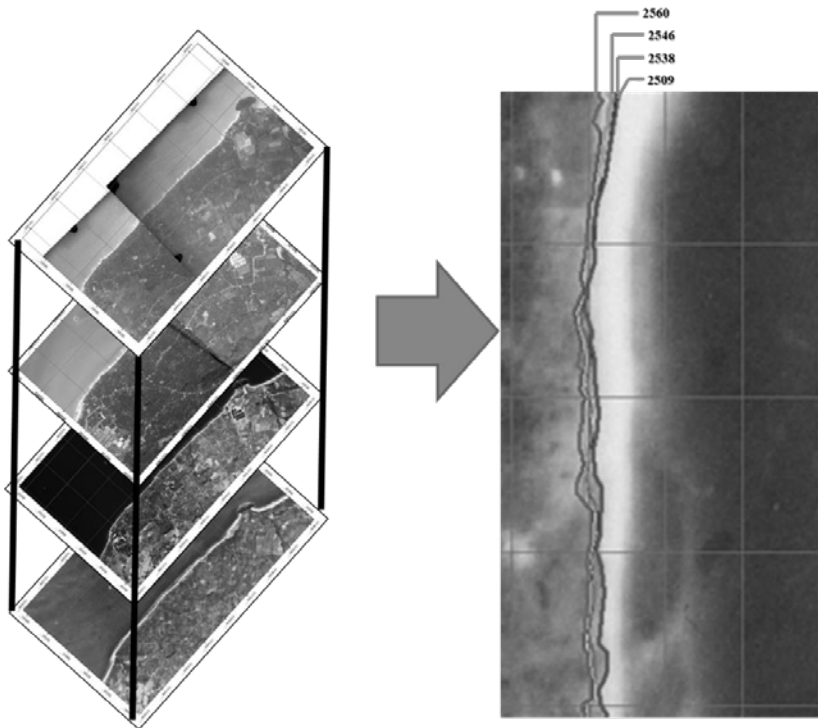
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบการกัดเซาะ และนำเสนอแนวทางการจัดการปัญหาที่เกิดขึ้น ของบริเวณชายฝั่งหน้าผาบ้านฝั่งแดง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และลงพื้นที่ในภาคสนามเพื่อให้เข้าใจถึงการปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางธรณีวิทยา และสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและหาวิธีในการจัดการปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างแท้จริง โดยมีกระบวนการศึกษาดังนี้

1.) การประเมินด้วยการรับรู้ระยะไกล (Remote sensing) ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งโดยใช้โปรแกรม ArcGIS โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) จากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากกรมแผนที่ทหาร และภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ตามวิธีของ Gioacchino F et al. (2007) โดยใช้ข้อมูล แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในปี พ.ศ. 2509, พ.ศ. 2538, พ.ศ. 2546 ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงจากโปรแกรมจาก Google Earth ปี พ.ศ. 2560 จากนั้นทำการสร้างแนวเส้น (Polyline) เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง ดังภาพที่ 3

2.) ลงพื้นที่เก็บข้อมูลในภาคสนาม (Field surveys) ศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานของพื้นที่ศึกษา ลักษณะวิทยาหินและธรณีโครงสร้าง (ชั้นหิน, รอยแตกและระบบรอยแตก) และศึกษาการกัดเซาะในแต่ละบริเวณ รวมถึงการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ในห้องทดลอง เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะวิทยาของหินและโครงสร้างเพื่อหาความสัมพันธ์กับการกัดเซาะจำนวน 3 ครั้งในปี พ.ศ. 2559, พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2563 ร่วมกับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง และสรุปผล

3.) ทำการรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องผ่านการสัมภาษณ์ จากผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key information) คือกลุ่มประชาชนในพื้นที่ นักวิชาการที่เกี่ยวข้อง เจ้าหน้าที่จากภาครัฐ ผู้สัมภาษณ์ใช้เทคนิคลูกบอลหิมะ (Snowball Technique) ด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างไปเรื่อย ๆ จำนวน 8 ท่าน โดยเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ซึ่งจะใช้ในกรณีที่ไม่สามารถหากรกลุ่มตัวอย่างได้ง่าย (Phoojinda, 2018)



ภาพที่ 3: เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) และแนวเส้น (Polyline) การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งหน้าผา

ผลการวิเคราะห์ลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่ง

จากการสำรวจภาคสนามลักษณะของพื้นที่ตามแนวชายฝั่ง พบว่าเป็นลักษณะพื้นที่ชายฝั่งหน้าผา หินและประกอบด้วยลักษณะของชั้นหินตะกอนมีการแทรกสลับของชั้น หินทรายขนาดละเอียดถึงหยาบ กับ ชั้นกรวดมน ลักษณะปรากฏทางธรณีสัณฐานชายฝั่ง ที่เกิดจากอิทธิพลของกระบวนการชายฝั่งได้แก่ รอยเว้า (Notch) ลานหินราบ (Platform) ถ้ำทะเล (Sea cave) เกาะหินโด่ง (Sea stack) ดังภาพที่ 5 และจากปัจจัยทางธรณีวิทยาสามารถแบ่งลักษณะ ธรณีสัณฐานชายฝั่งหน้าผาฝั่งแดง ได้ 6 บริเวณ ดัดแปลงจาก Takamol & Phantuwongraj (2017) ดังภาพที่ 4 ดังนี้

บริเวณที่ 1 ลักษณะการถล่ม พบว่าในบริเวณนี้มีลำดับชั้นของชั้นกรวดมนในชั้นบนที่หนา แสดงลักษณะการผุพังบริเวณด้านบนมีการกัดเซาะ จากปัจจัยของน้ำฝน และการกัดเซาะทางชีวภาพ จากการชนไชของรากไม้ทำให้ชั้นกรวดมนมีความหนาที่ลดลงแสดงลักษณะการผุพังที่ค่อนข้างสูงทำให้แสดงลักษณะการถล่มของชั้นหินกรวดมน ดังภาพที่ 6 A

บริเวณที่ 2 ลักษณะการกัดเซาะที่ถูกควบคุมด้วยโครงสร้างทางธรณีวิทยาประกอบด้วยรอยแตก ระบบรอยแตก จากภาพแผนภูมิภูลาดังภาพที่ 7 แสดงค่าแนวโน้มหลัก (Major) ในตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ และ แนวรอง (Minor) ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยสันนิษฐานว่าเกิดจาก

กระบวนการธรณีแปรสัณฐาน (Geological tectonic) โดยมีแรงหลัก (σ_1) แนวเหนือ – ใต้ ดังภาพที่ 8 ซึ่งลักษณะนี้ทำให้เกิดลักษณะธรณีโครงสร้างที่พบในปัจจุบัน ซึ่งลักษณะความไม่ต่อเนื่องในชั้นหินตลอดแนวชายฝั่ง เป็นปัจจัยทำให้ความทนทานในชั้นหินมีค่าต่ำลง ทำให้เกิดโครงสร้างธรณีฐานแสดงลักษณะเป็นชายฝั่งเว้าแหว่งดังภาพที่ 6 B จนเกิดเป็นลักษณะถ้ำทะเล (Sea cave) ดังภาพที่ 5 C

บริเวณที่ 3 ลักษณะของรอยเลื่อน (Fault) และมีการแปรสภาพจากสายน้ำแร่ร้อน (Hydrothermal alteration process) ในบริเวณนี้พบลักษณะของรอยเลื่อน ดังภาพที่ 9 ซึ่งมีค่าการวางตัวสัมพันธ์กับการวางตัวหลักโดยมีค่าการวางตัว 300 องศาในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ออกเฉียงใต้ โดยพบลักษณะการแทรกตัวเข้ามาของน้ำแร่ร้อนเข้ามาตามรอยแตก เนื่องจากพบลักษณะการกัดเซาะที่แตกต่างกัน จากการตรวจสอบวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินด้วยตัวอย่างแบบผง ด้วยเครื่อง XRD (X-Ray Diffract meter) รุ่น Model D8 Advance พบว่าตัวอย่างบริเวณที่คงสภาพมากกว่ามีองค์ประกอบของแร่ควอตซ์ (Quartz) ที่สูงกว่า ซึ่งมีผลต่อความทนทานของหน้าผาที่มากขึ้นดังภาพที่ 9

บริเวณที่ 4 ลักษณะของชั้นหินทรายขนาดละเอียด (Fine-grained sediments) ในบริเวณนี้พบลักษณะการกัดเซาะในแนวตั้งซึ่งเกิดจากการกัดเซาะจากกระบวนการน้ำฝน ในบริเวณนี้แสดงลักษณะค่าความทนทานของหินที่แตกต่างกันโดยแสดงลักษณะเป็นรังผึ้ง โดยสันนิษฐานว่าในบริเวณนี้มีการเข้ามาของแร่ออกไซด์ (Oxide mineral) จากการชะล้างของน้ำฝน หรือน้ำจากครีวเรือน ทำให้ในบางบริเวณมีความทนทานที่แตกต่างกัน และในบริเวณนี้พบน้ำในชั้นหิน ดังภาพที่ 10 ซึ่งมีผลต่อค่าความทนทานของหิน โดยลักษณะเช่นนี้ไม่พบในบริเวณอื่น

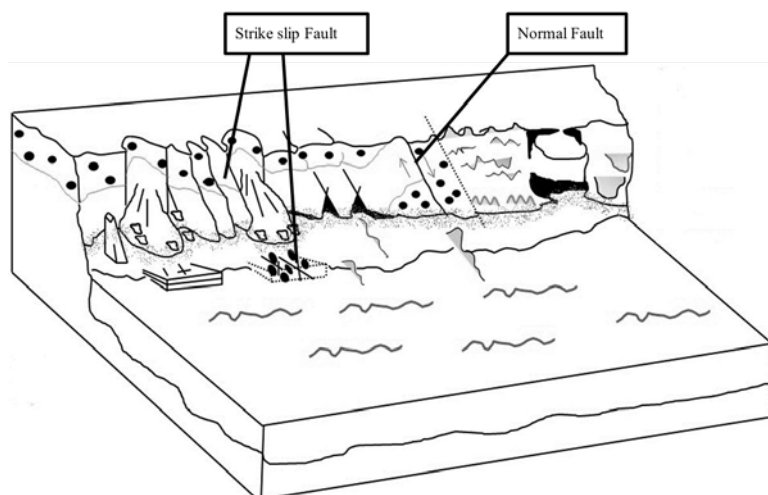
บริเวณที่ 5 ลักษณะของชั้นหินที่มีการถล่มโดยในบริเวณนี้มีลักษณะของลำดับชั้นหินที่มีการแทรกสลับของชั้นหินทรายและชั้นหินกรวดมนอย่างชัดเจนโดยลักษณะการถล่มสามารถอธิบายได้ด้วยการศึกษาของ Korure *et al.* (2006) โดยกระบวนการนี้เกิดจากการกัดเซาะในแนวราบจากกระบวนการกัดเซาะชายฝั่งในแนวราบ ทำให้เกิดลักษณะรอยเว้าในบริเวณด้านล่างของชายฝั่งหน้าผา เกิดเป็นลักษณะชะงอกหน้าผา (Hanging) ดังภาพที่ 11 ส่งผลให้มีแรงเค้นในบริเวณด้านบน จนนำไปสู่การพัฒนาของรอยแตกบริเวณด้านบน (Tension crack) โดยบริเวณด้านบนจะเป็นบริเวณที่มีค่าความเค้นมากที่สุดและลดลงตามระดับความสูงโดยรอยแตกนี้พัฒนาไปสู่การถล่มของหน้าผา และนอกจากนี้บริเวณนี้ยังมีลักษณะของน้ำในชั้นหิน

บริเวณที่ 6 ลักษณะของชั้นคิลาแลง (laterite) โดยในบริเวณนี้แสดงลักษณะของการกัดเซาะที่เท่ากันเกิดจากในบริเวณมีลักษณะของไฮดรอกไซด์ (Iron oxides) มาเคลือบบริเวณพื้นผิวดังรูปที่ 12 ทำให้บริเวณนั้นมีความทนทานมากกว่า ซึ่งปัจจัยในการเกิดนั้นสัมพันธ์กับการชะล้างออกไซด์ไอออนจากกระบวนการชะล้างแร่ในหินของน้ำ

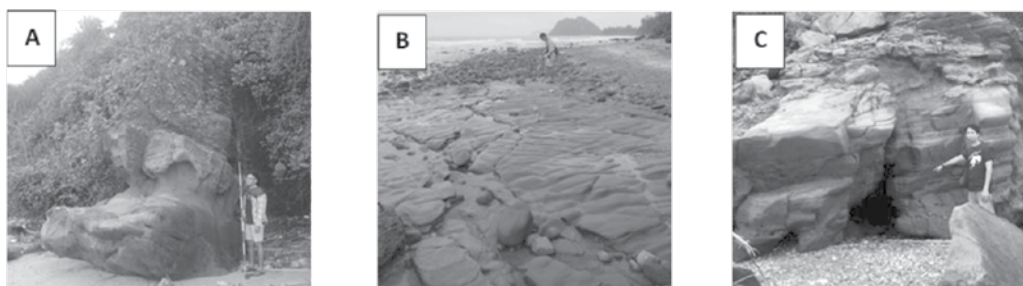
โดยจากการศึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมกับธรณีโครงสร้าง และจากการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งโดยทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ.2509-2560 โดยการลากเส้นแนวชายฝั่งหน้าผา จากนั้นทำการลากเส้นตัดขวาง (transect) บริเวณ 6 จุดศึกษาตามลักษณะธรณีฐานที่แตกต่างกันเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับเส้น Base line จากการศึกษพบว่าทั้ง 6 บริเวณมีการร่นถอยอย่างต่อเนื่องเทียบกับเส้น Base line ตั้งแต่ปี พ.ศ.2509-2560 ดังตารางที่ 1 โดยพบว่าบริเวณที่ 2 และ 3 มีการกัดเซาะสูงเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นซึ่งบริเวณที่ 2 และ 3 แสดงลักษณะทางโครงสร้างทางธรณีวิทยาชัดเจนกว่าบริเวณอื่น

ตารางที่ 1: ระยะการร่นถอยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2509-2560 และอัตราการร่นถอย

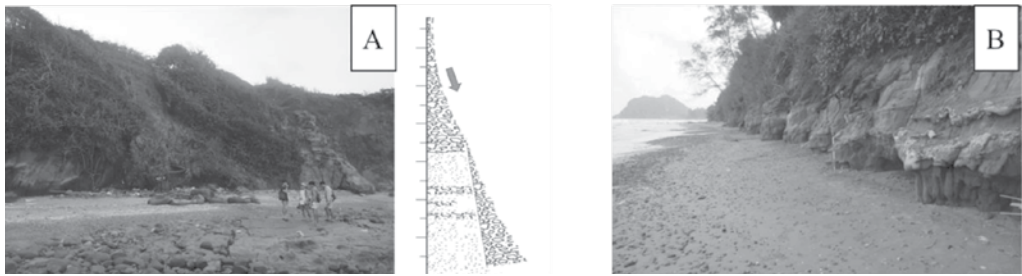
บริเวณที่	ระยะการร่นถอยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2509-2560 (เมตร)	อัตราการร่นถอย (เมตร/ปี)
1	-17.463312	-0.342417882
2	-24.605778	-0.482466235
3	-20.638101	-0.404668647
4	-17.859411	-0.350184529
5	-14.287156	-0.280140314
6	-12.117941	-0.237606686



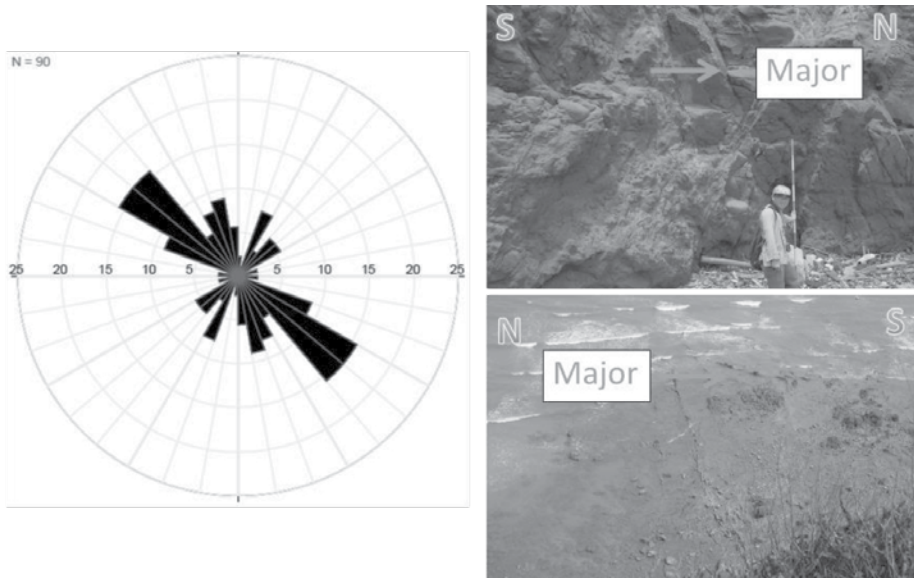
ภาพที่ 4: แสดงลักษณะธรณีสัณฐานของบริเวณชายฝั่งหน้าผา บ้านผิงแดง



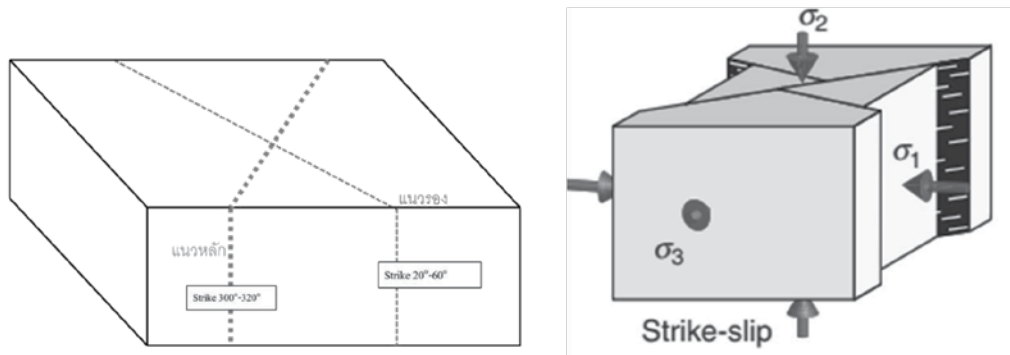
ภาพที่ 5: ลักษณะของลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งแบบสีกกร่อน A รอยว้า (notch) และเกาะหินโด่ง (sea stack) B หินราบ(platform), C ถ้ำทะเล (sea cave)



ภาพที่ 6: A ลักษณะการถล่มของชั้นหินกรวดมนบริเวณด้านบน และ B ลักษณะชายฝั่งเว้าแหว่ง



ภาพที่ 7: แผนภูมิกุหลาบ (Rose Diagram) ซึ่งมีค่าวางตัวอยู่ในแนว แนวโน้มหลัก (Major) ในตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ และลักษณะโครงสร้างไม่ต่อเนื่อง (รอยแตก ระบบรอยแตก รอยเลื่อน) และลักษณะการกัดเซาะที่แสดงลักษณะเป็นสัน



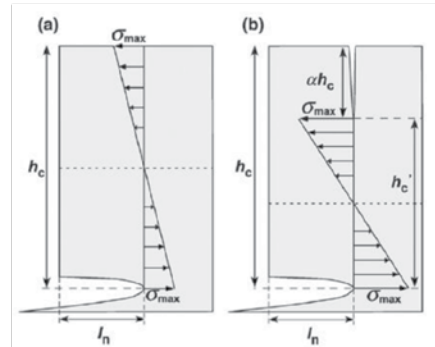
ภาพที่ 8: รูปแบบของรอยเลื่อนตามแนวระดับ (Strike – Slip Fault)
เปรียบเทียบกับรูปแบบการศึกษาของ Fossen, H. (2010)



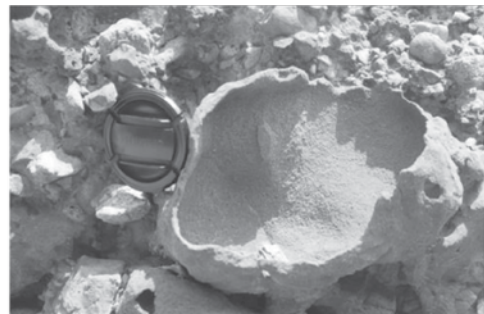
ภาพที่ 9: ลักษณะของรอยเลื่อน และบริเวณที่ความทนทานของหน้าผาที่แตกต่างกันจากสายแร่ความร้อน



ภาพที่ 10: แสดงลักษณะของน้ำในชั้นหินที่ไหลออกมาซึ่งมีผลต่อความทนทานของหิน
และการใช้น้ำเพื่ออุปโภค และบริโภค



ภาพที่ 11: การกัดเซาะในแนวราบจากกระบวนการกัดเซาะชายฝั่งลักษณะรอยเว้า และรูปแบบการถล่ม Korure et al. (2006)



ภาพที่ 12: ชั้นศิลาแลงและลักษณะของโอออนออกไซด์มาเคลือบบริเวณพื้นผิว

จากการศึกษาสามารถสรุปและสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการของชายฝั่งหน้าผาได้ 6 ระยะดังนี้ ตามภาพที่ 13

ระยะที่ 1 เกิดลักษณะโครงสร้างความไม่ต่อเนื่องในเนื้อหิน ที่เกิดจากรอยแตกและแนวแตกในเนื้อหินโดยแสดงค่าการวางตัวในแนวหลัก ตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ และ มีการวางตัวในแนวรอง ตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้สัมพันธ์กับแนวสันที่เกิดจากการกัดเซาะไม่เท่ากันบริเวณหน้าผา

ระยะที่ 2 จากลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นทำให้บริเวณไม่ต่อเนื่องในเนื้อหินที่เกิดรอยแตก ทำให้น้ำทะเลเข้าไปตามรอยแตกเกิดการกัดเซาะได้ง่ายจากกระบวนการชายฝั่ง เกิดเป็นลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งเว้าแหว่ง

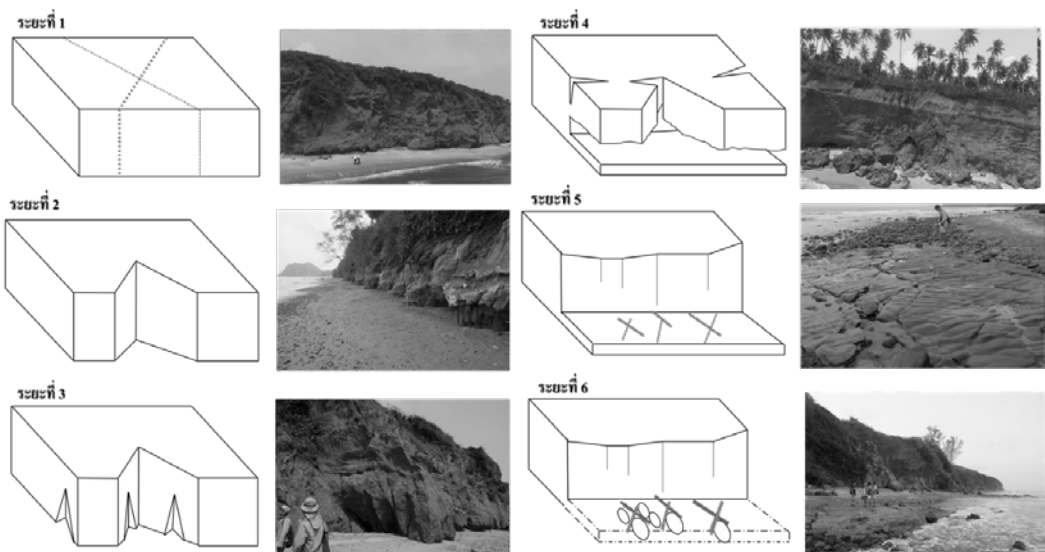
ระยะที่ 3 เกิดการกัดเซาะในแนวราบเกิดเป็นลักษณะของรอยเว้า (Notch) และถ้ำทะเล (Sea cave) ตามลำดับ โดยการเกิดถ้ำทะเลนั้นสัมพันธ์กับโครงสร้างทางธรณีวิทยา

ระยะที่ 4 ซึ่งเมื่อเกิดการกัดเซาะในแนวราบมากขึ้นทำให้เกิดลักษณะของชะงักหินหน้าผา เมื่อบริเวณนั้นเกิดความไม่สมดุลทำให้เกิดแรงดันในปริมาณมากในบริเวณด้านบนของชะงักหินหน้าผาเกิดการพัฒนาของรอยแตกบริเวณด้านบนเนื่องจากแรงดึง แสดงลักษณะของการถล่มเกิดขึ้น

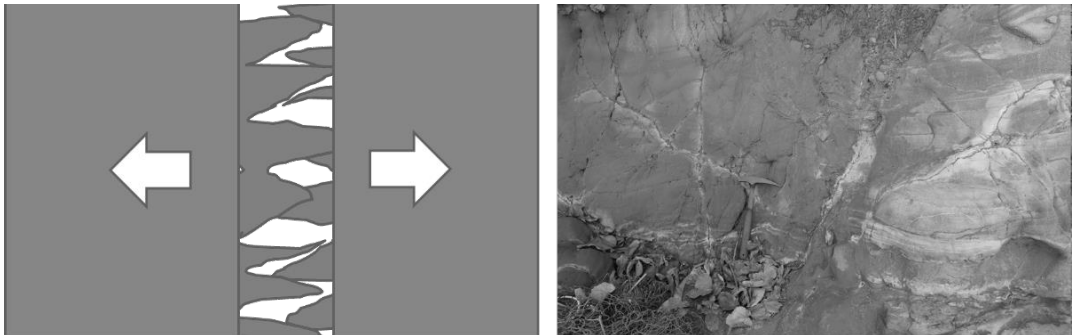
ระยะที่ 5 ทำให้ปรากฏของลักษณะลานหินราบ (Platform) ซึ่งยังปรากฏของลักษณะของรอยแตก และ ระบบรอยแตก ที่มีค่าการวางตัวสัมพันธ์กับชายฝั่งหน้าผา

ระยะที่ 6 จากระอยแตก และ ระบบรอยแตกที่เกิดขึ้นทำให้เกิดลักษณะการกัดเซาะจากกระบวนการชายฝั่งตามแนวรอยแตกทำให้ปรากฏลักษณะของหินกรวดมนที่เกิดจากการกัดเซาะที่พบบริเวณหน้าหาดในปัจจุบัน

โดยสามารถสรุปได้ว่า บริเวณชายฝั่งหน้าผาบ้านฝั่งแดง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บริเวณนี้ถูกควบคุมด้วยปัจจัยลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา รอยแตก ระบบรอยแตก รอยเลื่อน ซึ่งทำให้ความทนทานในเนื้อหินลดลง เนื่องจากลักษณะความไม่ต่อเนื่องในเนื้อหินทำให้ความทนทานของหินลดลง ร่วมกับกระบวนการชายฝั่ง และกระบวนการกัดเซาะด้วยเกลือ (Salt weathering) (Wellman & Wilson, 1965) โดยน้ำทะเลเข้าไปในรอยแตกในหิน เกิดการระเหยทำให้เกิดผลึกเกลือในรอยแตก โดยการเกิดผลึกในช่องว่างรอยแตกนี้ทำให้เกิดแรงดันในรอยแตกดังภาพที่ 14 ซึ่งเพิ่มการผุพังในเนื้อหิน นอกจากนี้การตั้งถิ่นที่อยู่อาศัยของชุมชนยังทำให้น้ำที่เกิดจากการอุปโภค และบริโภคส่งผลให้ความทนทานในชั้นหินลดลง



ภาพที่ 13: แบบจำลองวิวัฒนาการธรณีสัณฐานของชายฝั่งหน้าผา บ้านฝั่งแดงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์



ภาพที่ 14: จากการศึกษาของ Wellman & Wilson, 1965 รูปแบบกัดเซาะด้วยเกลือ (Salt weathering) และกระบวนการกัดเซาะด้วยเกลือในพื้นที่

แนวทางการจัดการชายฝั่งหน้าผาฝั่งแดง บ้านฝั่งแดง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

จากการศึกษารูปแบบการกัดเซาะชายฝั่งหน้าผา บ้านฝั่งแดง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สามารถสรุปสองปัจจัยหลักที่มีผลต่อกระบวนการกัดเซาะชายฝั่งหน้าผา ได้แก่

กระบวนการทางธรรมชาติ (Natural Process) คือกระบวนการชายฝั่ง (Marine Process) เช่น การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล การเกิดคลื่นลมมรสุม กระแสน้ำตามธรรมชาติ ปริมาณน้ำฝน กระบวนการกัดเซาะทางชีวภาพจากการ

ซ่อนไชของรากไม้ เป็นต้น และกระบวนการทางธรณีวิทยา ซึ่งในพื้นที่ศึกษานั้น ถูกควบคุมด้วยปัจจัยทางโครงสร้างทางธรณี

คือชั้นหิน, รอยแตกและระบบรอยแตกซึ่งเป็นลักษณะของความไม่ต่อเนื่องในชั้นหิน ส่งผลต่อค่าความทนทานของชั้นหิน ในชายฝั่งหน้าผาให้มีค่าลดลง และจากการสัมภาษณ์ประชาชนในพื้นที่ ให้ข้อมูลว่าจะมีการกัดเซาะ หรือการพังทลายที่ชัดเจนในช่วงหน้ามรสุม หรือช่วงที่ฝนตกหนัก

กระบวนการของมนุษย์ (Man-Induced Process) คือ จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลในภาคสนามพบว่า มีลักษณะของชั้นน้ำโดยพบว่าเป็นน้ำจืด ที่มาจากการใช้น้ำอุปโภค และบริโภค จากครัวเรือนที่อยู่อาศัยบนชายฝั่งหน้าผา รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ค่าความทนทานของชั้นหินชายฝั่งหน้าผาให้มีค่าลดลง

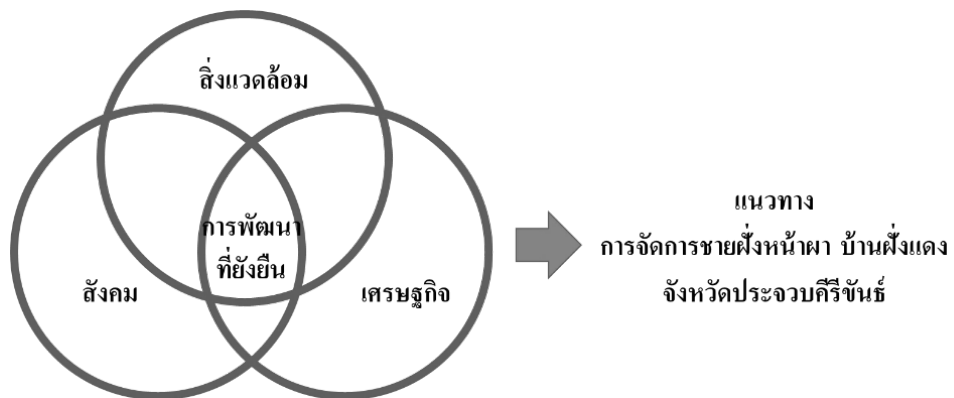
ทั้งนี้จากข้อมูลการศึกษาทำให้ผู้วิจัยเสนอแนวทางการจัดการ เพื่อแก้ไขปัญหาการกัดเซาะที่เกิดขึ้นในบริเวณให้ครอบคลุมในทุกมิติเพื่อให้เกิดการแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืน โดยใช้หลักการประเมินผลกระทบเชิงพื้นที่ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบระดับยุทธศาสตร์รูปแบบหนึ่ง (Canter, 2000) โดยแบ่งเกณฑ์การวิเคราะห์ออกเป็น 3 มิติได้แก่ สิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจ ซึ่งอยู่ภายใต้กรอบแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนให้มีครอบคลุมทุกมิติ (Poboon, 2017) ดังภาพที่ 15 โดยมีแนวทางการจัดการดังนี้

มิติลิ่งแวดล้อม โดยในปัจจุบันพื้นที่ที่มีการกัดเซาะถือว่าอยู่ในระดับปานกลาง 1-5 เมตรต่อปี จากการสอบถามประชาชนในพื้นที่จะมีเพียงการกัดเซาะที่รุนแรงในช่วงมรสุมเท่านั้น ดังนั้นควรมุ่งเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาโดยการสร้างเสถียรภาพของชายฝั่งโดยใช้โครงสร้างแบบอ่อน (Soft structure) หรือมาตรการแก้ไขแบบอ่อน (Soft solution) เป็นมาตรการแก้ไขที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่ประสบปัญหาการกัดเซาะไม่รุนแรงมากนัก (Jarupongsakul, 2005) ได้แก่ การบูรณะชายหาด การใช้ไม้ไผ่กั้นคลื่น หรือสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยไม่ทำอะไรเลย เนื่องจากการพัฒนาโครงสร้างแข็ง (Hard structure) จะส่งผลให้เกิดการเร่งอัตราการเปลี่ยนแปลงต่อระบบนิเวศและชายฝั่งมากยิ่งขึ้น (Cooper & McKenna, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นของนักวิชาการและประชาชนในพื้นที่ แต่ทั้งนี้ต้องมีการเฝ้าติดตามและประเมินผลสถานการณ์เป็นระยะ เพื่อป้องกันและรับมือกับปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ไม่ว่าจะจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ

มิติสังคม ปัจจุบันการอยู่อาศัยในพื้นที่บ้านฝั่งแดง จากการประเมินด้วยการรับรู้ระยะไกลตั้งแต่ปี พ.ศ.2509 -2560 ยังมีความหนาแน่นของประชากรในระดับต่ำแต่มีแนวโน้มที่อาจจะมีการเพิ่มขึ้นของประชากรที่เข้ามาอยู่อาศัยในพื้นที่ โดยการพัฒนาโครงการที่จะเกิดขึ้นในอนาคตนั้น ทั้งโครงการพัฒนาพื้นที่หรือโครงการป้องกันการกัดเซาะของชายฝั่งหน้าผา ต้องมีการชี้แจงถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของโครงการอย่างชัดเจนให้กับประชาชน ให้ประชาชนในพื้นที่ได้มีส่วนร่วมในการป้องกัน และดูแลรักษาพื้นที่ตนเอง ได้มีสิทธิได้รับการรับทราบข้อมูล และมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น รวมไปถึงหากในอนาคต ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งมีความรุนแรงมากขึ้น ภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องมีการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินในการพัฒนาโครงสร้างขนาดใหญ่ โครงสร้างที่อยู่อาศัย การพัฒนาพื้นที่ชลประทาน หรือหากมีความจำเป็นที่จะต้องให้ประชาชนในพื้นที่ย้ายออกจากพื้นที่เดิมที่เคยอยู่อาศัย ซึ่งทำให้วิถีชีวิตของประชาชนในพื้นที่เปลี่ยนแปลงไป ต้องมีแผนรองรับถึงการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องให้ความสำคัญกับสิทธิด้านข้อมูลข่าวสารและสิทธิด้านการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ เพื่อประโยชน์ในการคุ้มครองสิทธิมนุษยชนของผู้อยู่อาศัยในท้องถิ่น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Phaksopa (2006)

มิติเศรษฐกิจ สามารถพัฒนาและสนับสนุนพื้นที่ เป็นแหล่งที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่น่าสนใจ มีความสำคัญทางการศึกษาในด้านธรณีวิทยาเพื่อศึกษากระบวนการชายฝั่งหน้าผา รวมไปถึงที่พักผ่อนหย่อนใจ ซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่แปลกตาหาพบได้ไม่กี่แห่งในประเทศไทยช่วยกระตุ้นให้เกิดการท่องเที่ยวในพื้นที่สร้างรายได้ให้กับประชาชนในท้องถิ่น ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พื้นที่ และใช้ประโยชน์พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด แต่ทั้งนี้ต้องมีมาตรการควบคุมความปลอดภัยสำหรับนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเยี่ยมชม ซึ่งอาจเกิดอันตรายจากการถล่มของชั้นหินได้ และต้องมีการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณบนชายฝั่งหน้าผา โดยเฉพาะแหล่งชลประทาน และสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ ที่จะส่งผลกระทบต่อความทนทานของชายฝั่งหน้าผา

ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางในการศึกษา ลักษณะการกัดเซาะชายฝั่งหน้าผา และแนวทางการจัดการแหล่งอื่น ๆ ในประเทศได้ เช่น แหล่งมรดกทางวัฒนธรรม จังหวัดภูเก็ต, เขาหลัก จังหวัดพังงา และเกาะสี่ช้าง จังหวัดชลบุรี แต่ทั้งนี้สถานที่ดังกล่าวมีลักษณะทางวิทยา และโครงสร้างของหิน รวมถึงลักษณะทางธรณีสัณฐานที่แตกต่างกันจำเป็นต้องศึกษาเป็นกรณีต่อไป สอดคล้องกับข้อเสนอของ Rattanasrat (2017)



ภาพที่ 15: พังกำหนดเกณฑ์แนวทางในการจัดการ ชายฝั่งหน้าผา บ้านฝั่งแดงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตามกรอบแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

ชายฝั่งหน้าผา บ้านฝั่งแดง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นชายฝั่งหน้าผาชั้นหินตะกอน ที่พบลักษณะของการกัดเซาะจากกระบวนการชายฝั่ง และยังพบลักษณะกระบวนการกัดเซาะทางชีวภาพจากการรบกวนของรากไม้ และน้ำฝน โดยมีลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างได้แก่ ชั้นหิน รอยแตก และระบบรอยแตก เป็นปัจจัยควบคุมซึ่งในบริเวณดังกล่าวมีอัตราการร่นถอยมากกว่าบริเวณอื่น เป็นปัจจัยต่อความทนทานของชายฝั่งหน้าผา ให้เกิดลักษณะของธรณีสัณฐานที่พบในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีกระบวนการจากมนุษย์จากการใช้น้ำอุปโภค และบริโภค ของครัวเรือนที่อยู่อาศัยบนชายฝั่งหน้าผา เพื่อให้เกิดการพัฒนา และการจัดการชายฝั่งหน้าผา บ้านฝั่งแดงอย่างยั่งยืน ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการจัดการที่ครอบคลุมทั้ง 3 มิติได้แก่ สิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจ เพื่อหาแนวทางป้องกันที่เหมาะสม ที่มาจากการศึกษาและเข้าใจในสภาพแวดล้อมของพื้นที่ และให้ความสำคัญกับสิทธิมนุษยชนในพื้นที่ในการรับทราบข้อมูล และมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการ พร้อมทั้งก่อให้เกิดรายได้จากการใช้ประโยชน์ในการพัฒนาพื้นที่เพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดในอนาคต แต่ทั้งนี้ต้องมีการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเฝ้าระวังติดตามสถานการณ์การกัดเซาะในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

- Canter, L. (2000). *Cumulative Effects Assessment*. Training Course on Cumulative Effects Assessment August 7-11, 2000. Office of Environmental Policy and Planning, Bangkok.
- Choowong, M., et al. (2014). *Surveying and making a sustainable community management plan for unknown geologic tourist along the Thai coastline for development into an international tourist destination (progress report)* [In Thai]. Progress Report, National Research Council of Thailand Bangkok, Thailand.
- Cooper, J.A.G. & McKenna, J. (2008). Social justice in coastal erosion management: The temporal and spatial dimensions. *Geoforum*, 39, 294 - 306.
- Fossen, H. (2010). *Structural geology*. New York: Cambridge University Press.
- Jarupongsakul, S. (2005). Prioritization of importance and severity area and appropriate resolutions of coastal erosion problems at Pak Phanang river basin, Nakhon Si Thammarat Province [In Thai]. *Journal of Metal, Materials and Mineral*, 15(1), 11 - 25.
- Korure, T., Aoki, H., Maekado, A., Hirose, T., Matsukura, Y. (2006). *Effect of the development of notches and tension cracks on instability of limestone coastal cliffs in the Ryukyus*, Japan, University of Tsukuba, Ibaraki.
- Gioacchino, F., Andriani, N. (2007). *Rocky coast geomorphology and erosional processes: A case study along the Murgia coastline South of Bari*. Apulia - SE Italy, Italy, Dipartimento di Geologia e Geofisica, Università degli Studi di Bari, Via Orabona.
- Leeladee, P. (2012). *The study of erosion problem on coastal local community: a case study of Bang Khun Thien coastal communities*, T. Thakham, A. Bang Khun Thien, Bangkok [In Thai]. Published Master's thesis, Silpakorn University.
- Pechchan, P. (2010). *Land Use Change of Coastal Area in Ban Nai-Thung and Ban Sa-Bua, Tha Sala District, Nakhon Si Thammarat Province* [In Thai]. Research Report, School of Engineering and Resources, Walailak University.
- Phaksopa, J. (2006). *Studying Erosion coastal problem and human right coastal of Chonburi Rayong and Tart Province* [In Thai]. Final Report, Office of the National Human Right Commission of Thailand, Thailand.
- Phoochinda, W. (2017). *Research Methodology and Statistics in Environment and Energy* [in Thai]. (4th ed.). Bangkok: Environmental School.
- Poboon, C. (2017). *Environmental Assessment* [in Thai]. Bangkok: All in one printing Bangkok.
- Rattanasat, J., Saetang, P. (2017). The Opinions of Community about the Problem of Coastal Erosion, Thailand [In Thai]. *Thai Science and Technology Journal*, 5, 723 – 732.
- Sinsakul, S., Tiyaipirus, S., Chaimanee, N. & Aramprayun B. (2001). *Shoreline Changes in the Gulf of Thailand* [In Thai]. Final Report, Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok, Thailand.

- Sunamura, T. (1992). *Geomorphology of rocky coast*. John Wiley & Sons Ltd Chichester.
- Takamol, S., Phantuwongraj, S. (2017). *Erosion of cliffed coast at Ban Fang Daeng, Changwat Prachuap Khiri Khan* [In Thai]. A report submitted in partial fulfillment the requirement for degree of Bachelor Of Science Department of geology, Chulalongkorn University.
- Wellman, H., Wilson, A. (1965). Salt Weathering, a Neglected Geological Erosive Agent in Coastal and Arid Environments. *Nature*, 205, 1097–1098.