

การศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณ
เขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียง

COMPARATIVE STUDY OF MACROBENTHOS ASSEMBLAGES ON
REVTMENT AND NEARBY ROCKY SHORE

ธนกฤต คงเปี่ยม

Thanakrit Kongpaim

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-AG-M-081-301

การศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณ
เขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียง

COMPARATIVE STUDY OF MACROBENTHOS ASSEMBLAGES ON
REVTMENT AND NEARBY ROCKY SHORE

ชนกฤต คงเปี่ยม

Thanakrit Kongpaim

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-AG-M-081-301

**COMPARATIVE STUDY OF MACROBENTHOS ASSEMBLAGES ON
REVETMENT AND NEARBY ROCKY SHORE**

Thanakrit Kongpaim

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FISHERIES SCIENCE
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2019

KMITL-2019-AG-M-081-301

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณ เขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียง
นักศึกษา	ชนกฤต คงเปี่ยม
รหัสประจำตัว	59604027
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	วิทยาศาสตรการประมง
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ	รศ.ดร.มณฑล แก่นมณี

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบ โครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ประกอบด้วย ชนิด การแพร่กระจายตามระดับน้ำและความหนาแน่นหรือความชุกชุมในเขื่อนน้ำขึ้นน้ำลงของเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยอง และจังหวัดเพชรบุรี ทำการเก็บข้อมูล 4 ครั้งในเดือน มีนาคม กรกฎาคม พฤศจิกายน 2561 และ มีนาคม 2562 โดยวิธีการ photo-quadrat ผลการศึกษาพบสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ทั้งหมด 2 ไฟลัม (Arthropoda และ Mollusca) 17 ชนิด โดยไฟลัม Mollusca พบมากที่สุด 14 ชนิด สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่สำคัญคือ หอยขี้ตา (*Echinolittorina malaccana* และ *E. radiata*) หอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) และ หอยหมวกเจ๊ก (*Patelloida saccharina*) รวมถึงหอยฝาเดียววงศ์ *Littoraria* sp. และ หอยสองฝา 2 ชนิดคือ หอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) และหอยกะพง (*Brachidontes pharaonis*) ส่วนสัตว์หน้าดินในไฟลัม Arthropoda ที่สำคัญคือเพรียงจีบ (*Chthamalus squamosal*) และ เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) ความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสถานที่ (จังหวัด) แหล่งที่อยู่อาศัย (เขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ) และ ระดับน้ำ ($P < 0.05$) โดยพบว่าความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่อาศัยในเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติของจังหวัดระยองสูงกว่าจังหวัดเพชรบุรี ความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใกล้แนวน้ำลงต่ำสุด การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในทุกระบบนิเวศมีรูปแบบที่ชัดเจนตามระดับน้ำ ใกล้แนวน้ำขึ้นสัตว์หน้าดินชนิดเด่นคือหอยขี้ตา (*E. malaccana*) ซึ่งพบมากบริเวณรอยแตกรอยแยกของหิน ส่วนหอยครองแครง (*P. sulcatus*) พบมากบริเวณแนวน้ำลงปานกลาง โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีสาหร่ายปกคลุมเคลือบผิวหิน บริเวณแนวน้ำลงต่ำสุดสัตว์หน้าดินชนิดเด่นคือหอยนางรมปากจีบ (*S. cucullata*) ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่พบว่าความซับซ้อนของพื้นที่ในแต่ละแห่งเช่น รอยแตก รอยแยก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และหาดหินธรรมชาติมีความลาดชันน้อยกว่าเขื่อนหินทิ้ง ส่งผลทำให้ความหลากหลายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณหาดหินธรรมชาติมีมากกว่า จากการวิเคราะห์โครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินโดยวิธีการ Cluster Analysis พบว่าชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในเขื่อนหินทิ้ง มีความแตกต่างกับหาดหินธรรมชาติอย่างชัดเจน

Thesis	Comparative study of macrobenthos assemblages on revetment and nearby rocky shore
Student	Mr.Thanakrit Kongpaim
Student ID.	59604027
Degree	Master of Science
Program	Fisheries Science
Year	2019
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Monthon Ganmanee

Spatial and temporal variations of intertidal macrobenthos assemblages in revetment and nearby natural rocky shore were studied. Field samplings were conducted four times (March July and 2018 and by March 2019) in Rayong and Petchburi provinces using photo quadrat technique. A total of 2 phylum (Arthropoda; 3 species and Mollusca, 14 species) of macrobenthos were identified. Littorinids (*Echinolittorina malaccana* and *E. radiata*) coiled snail (*Planaxis sulcatus*) false limpets (*Patelloida saccharina*) and bivalves (*Saccostrea cucullata* and *Brachidontes pharaonis*) and rock barnacles (*Chthamalus squamosal* and *Amphibalanus amphitrite*) were dominant taxa. Density of macrobenthos were statistically difference between provinces (Rayong and Petchburi), habitat (revetment and natural rocky shore) and vertical scale (tidal level). Clear vertical zonation pattern of the macrobenthos was observed. In the high shore, the littorinid *Echinolittorina malaccana* dominated. A large number of coiled snails (*Planaxis sulcatus*) were found near the midshore, especially above rock covered with turf or encrusted algae. Below this, the rock oyster *Saccostrea cucullata* was dominant. Complexity of rock surface (i.e. percentage of crack and cravice) in revetment was higher than natural rocky shore which rock surface usually homogenous. This factor together with slope of the shore showed significant correlation with abundance of macrobenthos, increase with more complexity and flat slope. Bray-Curtis cluster analysis revealed clear difference of community structure between revetment and natural rocky shore.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.มณฑล แก่นมณี เป็นอย่างยิ่งที่ท่านสละเวลา กรุณามาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งท่านได้ อบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำ และได้แสดงความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผศ.ดร. ปวีณา ทวีกิจการ รศ.ดร.สุนิรัตน์ เรืองสมบูรณ์ และ ดร.วัลย์ดา กลางนุรักษ์ที่ให้คำปรึกษา ตลอดจนสอบถามความก้าวหน้าในการทำงาน ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ ขอขอบพระคุณ ดร.สรวิศ เผ่าทองสุข ที่กรุณาสละเวลามาเป็น ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณบุปผา จงพัฒน์ และ สุรีวัลย์ ศรีจาคนักวิทยาศาสตร์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมงที่ช่วยให้คำแนะนำ สอนวิธีการใช้เครื่องมือต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ นางสาว สุจิตรา สมครามัญ เพื่อนๆ และพี่ๆนักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้ข้อมูล และความรู้เพิ่มเติมที่คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือในการทำงานวิจัยตลอดจนช่วยไปเก็บข้อมูลทำให้งานสามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่สนับสนุนการศึกษาและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ชนกฤต คงเปี่ยม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ระยะเวลาดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 สถานการณ์การกัดเซาะชายฝั่งประเทศไทย.....	4
2.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่ง.....	5
2.3 แนวทางป้องกันชายฝั่ง.....	6
2.4 การป้องกันและแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง.....	7
2.5 การแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอำเภอ่าวไทย.....	9
2.6 ระบบนิเวศหาดหิน.....	11
2.7 สัตว์หน้าดิน.....	14
2.8 โครงสร้างชุมชนของเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ.....	14
2.9 ผลกระทบจากการสร้างเขื่อนหินทิ้ง.....	16
2.10 โครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินที่อยู่อาศัยในเขื่อนกันคลื่นและหาดหิน ธรรมชาติ.....	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา.....	27
3.1 อุปกรณ์การทดลอง.....	27
3.2 พื้นที่ศึกษา.....	27
3.3 วิธีการศึกษา.....	29
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	30
4.1 ความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี.....	30
4.2 ผลการศึกษาชนิด และความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อน หินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี.....	32
4.3 ผลการศึกษาความชุกชุมของหอยฝาเดียวบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหิน ธรรมชาติ ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี.....	36
4.4 ผลการศึกษาความเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของสัตว์หน้าดินเกาะติดบริเวณเขื่อน หินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี.....	39
4.5 ผลการศึกษาความความหลากหลายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เขตทะเลบริเวณ เขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี.....	41
4.6 ผลการศึกษาการศึกษาโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณ เขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี.....	42
บทที่ 5 วิจัยณ์ผลการทดลอง.....	43
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	46
บรรณานุกรม.....	48
ภาคผนวก.....	52
ประวัติผู้เขียน.....	68

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	การวิเคราะห์สถิติ (Three way ANOVA) ประเมินความซับซ้อนเชิงพื้นที่เช่น รอยแตก รอยแยก ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติในจังหวัด ระยองและจังหวัดเพชรบุรี.....	32
4.2	รายชื่อชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อนหินทิ้ง (rv) และหาดหินบริเวณใกล้เคียง (rs) ที่เก็บจาก จังหวัดระยอง และจังหวัดเพชรบุรี ในเดือน มีนาคม ปี 2561 ถึง มีนาคม ปี 2562.....	33
4.3	ตารางวิเคราะห์สถิติ (Four way ANOVA) ความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ (ind/625cm ²) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม ปี 2561 ถึง มีนาคม ปี 2562.....	36
4.4	ดัชนีความมากชนิด (S) ดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J') ของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เขตน้ำขึ้นน้ำลง บริเวณเขื่อนหินทิ้ง และ หาดหินธรรมชาติในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี.....	41

สารบัญญภาพ

ภาพที่.	หน้า
2.1	5
2.2	17
2.3	17
2.4	18
2.5	19
2.6	20
2.7	21
2.8	22
2.9	24
2.10	25
3.1	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่.	หน้า
3.2 ลักษณะทางภูมิประเทศของสถานที่เก็บตัวอย่าง (A) เขื่อนหินทิ้งจังหวัดระยอง B) ลานหินขาวจังหวัดระยอง (C) เขื่อนหินทิ้ง จังหวัดเพชรบุรี และ (D) หาดหินธรรมชาติ จังหวัดเพชรบุรี.....	28
4.1 รูป graphic แสดงความแตกต่างลักษณะทางกายภาพบริเวณ (a) เขื่อนหินทิ้งจังหวัดระยอง (b) หาดหินธรรมชาติ จังหวัดระยอง (c) เขื่อนหินทิ้ง จังหวัดเพชรบุรี (d) หาดหินธรรมชาติจังหวัดเพชรบุรี.....	30
4.2 ประเมินความซับซ้อนเชิงพื้นที่เช่นรอยแตก รอยแยก และแอ่งหินในเขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณจังหวัดระยองและเพชรบุรี.....	31
4.3 ความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่(ind /625cm ²) เขตน้ำขึ้นน้ำลง บริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและ จังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม 2561 ถึง มีนาคม 2562.....	34
4.4 ภาพเปรียบเทียบบริเวณเขื่อนหินทิ้งจังหวัดเพชรบุรีพบว่าในช่วงมรสุมมีการพัดพาของตะกอนทรายมาทับถมจำนวนมากบริเวณเขื่อนหินทิ้ง (a) บริเวณเขื่อนหินทิ้งในเดือนมีนาคม ปี 2561 (b) บริเวณเขื่อนหินทิ้งในเดือนพฤศจิกายน 2561.....	34
4.5 ความชุกชุม (ind/625 cm ²) ของหอยฝาเดียว ในจังหวัดระยอง (A) และ จังหวัดเพชรบุรี (B) ในเดือนมีนาคมปี 2561 และ มีนาคมปี 2562.....	37
4.6 ความชุกชุม (\pm SE) ของหอยฝาเดียวที่พบมากที่สุดในแต่ละสถานที่ บริเวณเขื่อนหินทิ้ง (สีขา) และหาดหินธรรมชาติ (สีดำ).....	38
4.7 เปอร์เซ็นต์การปกคลุม (%) ของสัตว์หน้าดินเกาะติดและสาหร่ายในจังหวัดระยอง และ จังหวัดเพชรบุรี ใน เดือนมีนาคม 2561 และ กรกฎาคม 2562.....	39
4.8 เปอร์เซ็นต์การปกคลุม (%)ของสัตว์หน้าดินเกาะติด (\pm SE) ที่พบมากที่สุดในแต่ละสถานที่บริเวณเขื่อนหินทิ้ง (สีขา) และหาดหินธรรมชาติ (สีดำ).....	40
4.9 dendrogram และการจัดหมวดหมู่ของโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลงในมีนาคม ปี 2561 ถึง มีนาคม ปี 2562โดยสัญลักษณ์ A แสดงถึงจังหวัดระยอง สัญลักษณ์ B แสดงถึงจังหวัดเพชรบุรี ตัวเลขตัวแรก (1,2,3,4) แสดงถึง ช่วงเวลาที่ทำการศึกษ ในเดือน มีนาคม กรกฎาคม พฤศจิกายน 2561 และ มีนาคม 2562 ตัวเลขตัวสอง (1,2) แสดงถึงพื้นที่ที่ทำการศึกษบริเวณเขื่อนหินทิ้ง และ หาดหินธรรมชาติ	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอย่างรุนแรงส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่อประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และคุณภาพชีวิต จากข้อมูลของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ประเทศไทยมีชายฝั่งทะเลที่ถูกกัดเซาะเป็นความยาวประมาณ 704 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 26 ของความยาวชายฝั่งทั้งหมดของประเทศ โดยชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยถูกกัดเซาะประมาณ 624 กิโลเมตร ส่วนที่มีอัตราการกัดเซาะรุนแรงที่สุดคืออ่าวไทยตอนบนตั้งแต่ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทราจนถึงปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาครพื้นที่ที่มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งมากกว่า 25 เมตรต่อปี ส่วนสถานการณ์การกัดเซาะชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกตั้งแต่จังหวัดชลบุรีจนถึงจังหวัดตราดส่วนใหญ่มีความรุนแรงของการถูกกัดเซาะในระดับปานกลาง

การกัดเซาะชายฝั่งเกิดจาก 2 สาเหตุหลักคือ ปัจจัยทางธรรมชาติเช่น อิทธิพลของลมมรสุม ความรุนแรงของคลื่นที่ปะทะชายฝั่ง น้ำขึ้นน้ำลง และลักษณะทางกายภาพชายฝั่ง สาเหตุต่อมาคือจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งเพื่อใช้ประโยชน์ในการสร้างท่าเรือ โรงงาน อุตสาหกรรม โรงแรม และ ถนน การบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลน การตัดตัวของแผ่นดินหรือระดับน้ำทะเลที่มีแนวโน้มสูงขึ้น การสร้างเขื่อนหรือฝายกั้นแม่น้ำ และการสร้างโครงสร้างป้องกัน การกัดเซาะชายฝั่งที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ การป้องกันและแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในประเทศไทยมีหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามลักษณะของพื้นที่ ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน ประกอบด้วยการใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ามาตรการโครงสร้างแบบแข็ง (hard solution) ได้แก่การสร้างเขื่อนกันคลื่น กำแพงกันคลื่น รอดักทราย และใส่กรอกทราย และมาตรการโครงสร้างแบบอ่อน (soft solution) ประกอบด้วยการสร้างหาดทราย การสร้างเนินทราย การปลูกป่าชายเลนและการกำหนดระยะร่นถอยเป็นต้น โดยโครงสร้างทางวิศวกรรมเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหาในพื้นที่ที่ประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งรุนแรงในขั้นวิกฤติ แต่วิธีการนี้อาจจะส่งผลกระทบต่อทำให้เกิดการกัดเซาะในพื้นที่ข้างเคียงเนื่องจากจะทำให้เกิดการเลี้ยวเบนของคลื่น ส่งผลถึงการไหลเวียน และการกระจายของตะกอน ทำให้บริเวณชายฝั่งที่อยู่ท้ายโครงสร้างเกิดการกัดเซาะรุนแรงกลายเป็นปัญหาที่รุนแรงมากขึ้นเรียกว่า End wall effect (Zyserman et al., 2005) ส่วนมาตรการโครงสร้างแบบอ่อนเหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่ต้องการบูรณาการทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่ง และมีคลื่นลมไม่รุนแรงนักแต่จะสิ้นเปลืองงบประมาณในการบำรุงรักษา

เขื่อนหินทิ้งเป็นเขื่อนป้องกันคลื่นริมทะเลแบบหนึ่ง โดยใช้ก้อนหินขนาดต่าง ๆ เรียงขึ้นเป็นชั้นฐานและชั้นแกน โดยวางริมชายฝั่งในแนวขนานกับชายฝั่งทำหน้าที่กระจายพลังงานของคลื่นและลดแรงกระทำของคลื่นเมื่อเข้าสู่ชายฝั่ง ในทางชีวภาพการสร้างเขื่อนหินทิ้งในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของ

ชายฝั่งซึ่งส่วนใหญ่เป็นหาดทรายส่งผลทำให้โครงสร้างชุมชนของสิ่งมีชีวิตหน้าดินโดยเฉพาะสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเปลี่ยนแปลงไปอย่างฉับพลันจากการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่จากทรายเป็นหิน ซึ่งในอนาคตหากมีการสร้างเขื่อนหินทิ้งตามแนวชายฝั่งมากขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตและห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งเป็นหนึ่งในประเทศในเขตร้อนที่มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูงที่สุดแห่งหนึ่ง อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสนใจว่าโครงสร้างชุมชนของสิ่งมีชีวิตที่จะเกิดขึ้นแทนที่ในเขื่อนหินทิ้งซึ่งจะเป็นสิ่งมีชีวิตหน้าดินที่อาศัยบนพื้นผิวหรือซอกหลืบของหินจะมีความแตกต่างกับในหาดหินธรรมชาติหรือไม่อย่างไร เนื่องจากทั้งสองพื้นที่มีสภาพแวดล้อมภายใต้ปัจจัยทางอุทกวิทยา เช่น ทิศทางกระแสน้ำ คลื่น ปริมาณตะกอนที่แตกต่างกัน มีผลการศึกษาระียบเทียบชนิด การแพร่กระจาย และโครงสร้างชุมชนสิ่งมีชีวิตหน้าดินระหว่างโครงสร้างทางวิศวกรรมเพื่อป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งและหาดหินธรรมชาติหลายแห่งในเขตกึ่งร้อน (sub-tropical) และ เขตอบอุ่น (temperate) พบว่าสิ่งมีชีวิตหน้าดินในหาดหินธรรมชาติมักจะสูงกว่าเสมอ แต่การศึกษาในเรื่องดังกล่าวในเขตร้อน โดยเฉพาะประเทศไทยยังมีน้อย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงในพื้นที่ (จังหวัดระยอง และจังหวัดเพชรบุรี) และเวลา (ฤดูกาล) ที่ต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่อาศัยในเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียง

2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยสภาพแวดล้อม ได้แก่ พื้นที่ ฤดูกาล แหล่งที่อยู่อาศัย ระดับน้ำขึ้นน้ำลง ที่มีผลต่อโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติในบริเวณใกล้เคียง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาชนิด ความชุกชุม และความหลากหลายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ และ ปัจจัยทางสภาพแวดล้อม (สถานที่ แหล่งที่อยู่อาศัย ระดับน้ำและช่วงเวลา) ที่อาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี

1.4 ระยะเวลาดำเนินการ

ประมาณ 2 ปี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงความแตกต่างของโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติในบริเวณใกล้เคียงทั้งในมิติของพื้นที่และเวลา
2. ทราบถึงอิทธิพลของปัจจัยสภาพแวดล้อมที่อาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์การกัดเซาะชายฝั่งประเทศไทย

ประเทศไทยมีความยาวชายฝั่งทะเลประมาณ 3,153 กิโลเมตรครอบคลุมจังหวัดชายฝั่งทะเล 23 จังหวัด โดยชายฝั่งทะเลอ่าวไทยมีความยาว 2,040 กิโลเมตรครอบคลุมพื้นที่ 17 จังหวัดประกอบด้วย จังหวัดตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และ นราธิวาส ส่วนชายฝั่งทะเลด้านอันดามันมีความยาว 1,093.14 กิโลเมตรครอบคลุมพื้นที่ 6 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรังและสตูล (Saengsupavanich et al., 2009) ปัจจุบันชายฝั่งทะเลของประเทศไทยประสบกับปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อทรัพยากรชายฝั่งทะเลเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อทรัพย์สินของประชาชนและทางราชการ และทำให้เสียทัศนียภาพ ซึ่งส่งผลกระทบต่อธุรกิจการท่องเที่ยว สถานการณ์การกัดเซาะชายฝั่งของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560 มีดังนี้ (แสงจันทร์และคณะ 2561)

(1) พื้นที่ชายฝั่งที่ไม่ถูกกัดเซาะ มีระยะทางประมาณ 2,447 กิโลเมตร (คิดเป็นร้อยละ 78) แบ่งเป็นฝั่งทะเลอ่าวไทยระยะทางประมาณ 1,420 กิโลเมตร และฝั่งทะเลอันดามันระยะทางประมาณ 1,027 กิโลเมตร

(2) พื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะมีระยะทาง ประมาณ 704 กม. (คิดเป็นร้อยละ 22) แบ่งเป็น ฝั่งทะเลอ่าวไทยระยะทาง ประมาณ 620 กิโลเมตร และฝั่งทะเลอันดามันระยะทางประมาณ 84 กิโลเมตร โดยแบ่งเป็น พื้นที่ที่ดำเนินการแก้ไขแล้ว ระยะทางประมาณ 559 กิโลเมตร (คิดเป็นร้อยละ 79) แบ่งเป็นฝั่งทะเลอ่าวไทยระยะทาง ประมาณ 488 กิโลเมตร และฝั่งทะเลอันดามันระยะทางประมาณ 71 กิโลเมตร ส่วนพื้นที่ที่ยังไม่มีการดำเนินการแก้ไข ระยะทาง ประมาณ 145 กิโลเมตร (คิดเป็นร้อยละ 21) แบ่งเป็นฝั่งทะเลอ่าวไทย ระยะทางประมาณ 132 กิโลเมตร และฝั่งทะเลอันดามันระยะทาง ประมาณ 13 กิโลเมตร (ภาพที่ 2.1)

ความรุนแรงของการกัดเซาะชายฝั่งเป็น 3 ระดับ คือ

- (1) การกัดเซาะรุนแรง มีอัตราการกัดเซาะ มากกว่า 5 เมตรต่อปี
- (2) การกัดเซาะปานกลาง มีอัตราการกัดเซาะ ตั้งแต่ 1 - 5 เมตรต่อปี
- (3) การกัดเซาะน้อย มีอัตราการกัดเซาะน้อยกว่า 1 เมตรต่อปี



ภาพที่ 2.1 แผนภูมิแสดงสถานการณ์ชายฝั่งของประเทศไทยปี พ.ศ. 2560
ที่มา: แสงจันทร์และคณะ (2561)

2.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดการกักเพาะชายฝั่ง (นวพรและคณะ, 2558)

(1) สาเหตุจากธรรมชาติ

(1.1). ลมมรสุมและพายุหมุนเขตร้อน

(1.1.1) ลมมรสุม ประเทศไทยมีลมมรสุมประจำฤดูกาล 2 แบบคือลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงกันยายน และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ มีผลทำให้คลื่นเข้าปะทะชายฝั่งด้วยทิศทางและความรุนแรงต่างกันไปในรอบปี

(1.1.2) พายุหมุนเขตร้อน บริเวณอ่าวไทยตั้งแต่ตอนกลางลงไปเป็นพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดการก่อตัวของ พายุหมุนเขตร้อนและเคลื่อนที่เข้าสู่ชายฝั่ง

(1.2) คลื่น เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดการกักเพาะชายฝั่งและทำให้ตะกอนตามแนวชายฝั่งเกิดการเคลื่อนตัวส่งผลให้ตะกอนบริเวณชายฝั่งมีการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนตัวต่อเนื่องตลอดเวลา

(1.3) กระแสน้ำ เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ส่งผลให้ตะกอนชายฝั่งถูกพัดพาออกไปสะสมตัวตามทิศทางของกระแสน้ำที่เปลี่ยนไปตามฤดูกาล นอกจากนี้ยังพบว่ากระแสน้ำในช่วงน้ำลงจะมีความรุนแรงกว่าช่วงน้ำขึ้น ซึ่งมีผลต่อการพัดพาตะกอนไปสะสม

(1.4) น้ำขึ้นน้ำลง เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติจากอิทธิพลแรงดึงดูดระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของมวลน้ำ มีการขึ้นลงเป็นเวลา ส่งผลให้มีการพัดพามวลตะกอนออกไปจากพื้นที่

(1.5) ลักษณะทางกายภาพของชายฝั่ง ลักษณะชายฝั่งที่มีความแตกต่างกัน ทำให้การกักเพาะในแต่ละบริเวณไม่เท่ากัน เช่น หาดทรายง่ายต่อการถูกกักเพาะมากกว่าหาดหินบริเวณที่เป็นอ่าวแหลมจะเกิดการกักเพาะมากกว่าชายฝั่งที่เป็นทะเลเปิดนอกจากนี้ปัจจัยจากความลาดชันของ

ชายฝั่งก็มีผลเช่นกัน โดยพื้นที่ชายฝั่งที่มีความลาดชันมากจะถูกกัดเซาะได้มากกว่าชายฝั่งที่มีความลาดชันน้อย

(2) จากการกระทำของมนุษย์

(2.1) การพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งการก่อสร้างโครงการต่างๆในพื้นที่ชายฝั่งทะเล มีผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่ง ทำให้สมดุลของตะกอนเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้เกิดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งตามมา

(2.2) การบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลนโดยปกติป่าชายเลนจะเป็นแนวเขตป้องกันคลื่น กระแสลม ช่วยดักตะกอนที่ถูกพัดพาและฟุ้งกระจายให้ตกตะกอน และช่วยในการยึดตัวของดินเลนทำให้ยากต่อการพังทลาย

(2.3) การสูบน้ำบาดาลส่งผลให้เกิดการทรุดตัวของแผ่นดินและทำให้น้ำทะเลเข้าสู่แผ่นดินได้มากขึ้นจึงเกิดการกัดเซาะชายฝั่งได้เช่นกัน

(2.4) การสร้างเขื่อนหรือฝายกั้นแม่น้ำ เป็นสาเหตุที่ทำให้ตะกอนที่ถูกพัดมาทับถมบริเวณชายฝั่งลดน้อยลง เพราะตะกอนจะถูกชะลอตัวและตกตะกอนในลำน้ำหรือบางส่วนจะถูกกักไว้ที่เขื่อนหรือฝาย

(2.5) การสร้างท่าเทียบเรือบริเวณชายฝั่งทำให้เกิดร่องน้ำลึก (ช่องทางเดินเรือ) ขวางกั้นการไหลของตะกอนบริเวณชายฝั่ง และโครงสร้างของท่าเทียบเรือจะกีดขวางการไหลของกระแสน้ำและตะกอนบริเวณชายฝั่ง นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางของคลื่นอีกด้วย

(2.6) การก่อสร้างโครงการป้องกันชายฝั่งการก่อสร้างแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งการออกแบบไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ จะก่อให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งมากขึ้น หรือส่งผลให้เกิดการกัดเซาะหรือเพิ่มพูนของมวลทรายต่อพื้นที่ใกล้เคียงได้

(2.7) การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเนื่องจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้น้ำทะเลรุกเข้าไปแผ่นดินมากขึ้นส่งผลให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งรุนแรงขึ้น

2.3 แนวทางการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง

แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง สามารถจัดกลุ่มตามวัตถุประสงค์ในการดำเนินงาน ความเหมาะสมของลักษณะอุทกศาสตร์ชายฝั่ง และสภาพเศรษฐกิจสังคม ออกเป็น 3 มาตรการ คือ

(1) มาตรการสีขาว (White measure) หมายถึง การดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่อาจเกิดขึ้นจากการกัดเซาะชายฝั่ง

(2) มาตรการสีเขียว (Green measures) หมายถึง การดำเนินงานเพื่อรักษาเสถียรภาพชายฝั่งโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับพื้นที่ข้างเคียง โดยเหมาะกับบริเวณที่มีชายฝั่งทะเลแบบปิดคลื่นขนาดเล็ก ชายฝั่งมีความลาดชันต่ำ

(3) มาตรการสีเทา (Gray measures) หมายถึง การดำเนินงานเพื่อรักษาเสถียรภาพชายฝั่ง โดยใช้โครงสร้างทางวิศวกรรม โดยเหมาะกับบริเวณชายฝั่งทะเลเปิด คลื่นขนาดใหญ่ ชายฝั่งมีความลาดชันสูง

2.4 การป้องกันและแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง

การป้องกันและแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในประเทศไทย มีหลายรูปแบบแตกต่างกันออกไปตามสภาพพื้นที่ งบประมาณ ตลอดจนหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ดำเนินงานเอง โดยรูปแบบการป้องกันและแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่ผ่านมา มีดังนี้

(1) การกำหนดพื้นที่ถอยร่น (Setback zone) เป็นการกำหนดมาตรการการใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่ง โดยการกำหนดพื้นที่กันชนให้มีระยะห่างระดับหนึ่งและกำหนดกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมกับอัตราการกัดเซาะชายฝั่ง เหมาะสำหรับพื้นที่ชายฝั่งที่ไม่มีกิจกรรม ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง

(2) การปลูกป่า (Vegetation) โดยการปลูกป่าชายเลนหรือปลูกพืชที่มีความเหมาะสมในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งหาดโคลน เพื่อสร้างเสถียรภาพของชายฝั่ง โดยใช้รากพืชช่วยในการยึดเกาะดิน ตะกอนหรือทราย ดันและไบบังเป็นแนวกันลม และลดความรุนแรงของคลื่น

(3) การฟื้นฟูชายหาด (Beach Restoration) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเสถียรภาพ เพิ่มพื้นที่ชายหาดใช้เป็นแนวป้องกันและสลายพลังงานคลื่นตามธรรมชาติ และช่วยลดผลกระทบของการกัดเซาะชายฝั่ง แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

(3.1) การถ่ายเททราย (Sand bypassing) คือการถ่ายเททรายจากบริเวณที่มีการสะสมทรายอยู่มากจนเกินสมดุลไปยังบริเวณที่มีอยู่น้อย เนื่องจากมีสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่งตามธรรมชาติ เพื่อช่วยฟื้นฟูชายหาดให้กลับมามีสภาพธรรมชาติเดิม

(3.2) การเติมทราย (Beach nourishment) คือ การนำทรายจากแหล่งอื่นที่มีสภาพใกล้เคียงกับทรายชายฝั่ง ทั้งจากบนบกและแหล่งทรายในทะเลมาเติมในพื้นที่ที่มีเกิดกัดเซาะ โดยต้องคำนึงถึงขนาดอนุภาคและคุณสมบัติของทราย ต้องไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพชายหาดและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในพื้นที่

(4) การปักเสาดักตะกอนเพื่อปลูกป่าชายเลน (Edging) เพื่อสร้างเสถียรภาพหาดโคลนหรือหาดทรายปนโคลน โดยการปักเสาไม้ไผ่เสาคอนกรีต หรือวัสดุอื่น ๆ เพื่อชะลอความรุนแรงของคลื่นลดการเคลื่อนตัวของตะกอนออกจากชายฝั่ง ส่งผลให้เกิดการตกตะกอนและช่วยให้ป่าชายเลนสามารถเติบโตได้ อีกทั้งยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอนุบาล และแหล่งแพร่ขยายพันธุ์สัตว์น้ำอีกด้วย

(5) เขื่อนกันคลื่นนอกชายฝั่ง (Offshore breakwater) เป็นโครงสร้างที่อยู่นอกชายฝั่งในแนวขนานกับชายฝั่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดพลังงานของคลื่นที่เข้ากระทำต่อชายฝั่ง และช่วยให้เกิดการตกตะกอนด้านหลังเขื่อน สามารถจำแนกรูปแบบโครงสร้างที่พบในประเทศไทยได้เป็น 4 รูปแบบ คือ

(5.1) โคมทะเล (Reef balls) เป็นคอนกรีตที่หล่อเป็นรูปทรงระฆังคว่ำมีการเจาะรูรอบข้าง และมีฐานยึด เพื่อให้วางในทะเลได้ โดยวางนอกชายฝั่ง นอกจากนี้ โคมทะเลยังสามารถใช้เป็นปะการังเทียม แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำอีกด้วย

(5.2) ไส้กรอกทราย (Sand sausage) เป็น โครงสร้างที่ใช้ ถุงใยสังเคราะห์นำมาบรรจุทราย ในลักษณะคล้ายกับไส้กรอก โดยวางนอกชายฝั่งในแนวขนานกับชายฝั่ง เพื่อช่วยลดพลังงานคลื่น และป้องกัน การกัดเซาะชายฝั่ง เหมาะกับลักษณะชายฝั่งที่เป็นหาดทราย

(5.3) เสาคอนกรีตป้องกันคลื่นนอกชายฝั่ง (Concrete pole) เป็นการนำเสาคอนกรีต สามเหลี่ยมปักเป็นแนวขนานอยู่นอกชายฝั่ง เพื่อลดพลังงานของคลื่นที่เข้าสู่ชายฝั่ง

(5.4) เขื่อนหินป้องกันคลื่นนอกชายฝั่ง (Offshore breakwater) เป็นการใช้อ่อนหินขนาดต่าง ๆ เรียงขึ้นเป็นชั้นฐานและ ชั้นแกนโดยวางนอกชายฝั่งในแนวขนานกับชายฝั่ง เหมาะกับ ลักษณะชายฝั่งที่เป็นหาดทราย มีคลื่น ลม ก่อนข้างรุนแรง

(6) รอดักทราย (Groyne) โดยการใช้หินหรือวัสดุอื่นๆ สร้างยื่น ตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง เพื่อดัก ตะกอนทรายที่ถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำเลียบชายฝั่งช่วยเพิ่มพื้นที่ชายหาดและลดการกัดเซาะ ชายฝั่ง มักสร้างต่อเนื่องกันหลายตัวและเว้นเป็นช่วง ๆ ต่อเนื่องกัน ไปตลอดแนวชายฝั่งโดยมี หลากหลายรูปแบบ เช่น รูปตัววาย (Y) รูปตัวไอ (I) รูปตัวที (T) แต่มีข้อเสียคือทำให้อีกด้านหนึ่ง ของโครงสร้าง ตะกอนทรายถูกตัดไว้ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ทำให้ชายฝั่งเกิดการกัดเซาะต่อเนื่อง ได้

(7) เขื่อนป้องกันตลิ่งริมทะเล (Revetment) โดยการใช้หินหรือวัสดุอื่น ๆ ที่เหมาะสมบนแนว ชายฝั่ง เพื่อรักษาเสถียรภาพของชายฝั่งและลดความรุนแรงของคลื่นที่เข้าปะทะชายฝั่ง ช่วยป้องกันการ พังทลายของชายฝั่ง โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

(7.1) เขื่อนคอนกรีตหล่อรูปสี่ขาหรือรูปแบบอื่น (Tetra pod) เป็นการใช้อ่อนกรีตหล่อ เป็นรูปทรงสี่ขา หรือรูปแบบต่าง ๆ มาเรียงต่อเนื่องขนานไปกับแนวชายฝั่ง

(7.2) กล่องกระชหิน (Gabion box) เป็นการใช้อ่อนกล่องกระชหิน ที่มีลักษณะกล่องที่ทำจาก ลวดชุบสังกะสีหรือพิวซีพรีบรรจุด้วยหิน โดยวาง ริมชายฝั่งในแนวขนานกับชายฝั่ง

(7.3) ถุงใยสังเคราะห์ (Geobag) เป็นการใช้อ่อนใยสังเคราะห์ (Geo-textile) บรรจุทราย โดย วางริมชายฝั่งในแนวขนานกับชายฝั่งส่วนใหญ่จะวางเรียงเป็นชั้นบันได

(7.4) เขื่อนหินทิ้ง (Quarystone revetment) เป็นการใช้อ่อนหินขนาดต่าง ๆ เรียงขึ้นเป็น ชั้นฐานและชั้นแกน โดยวางริมชายฝั่งในแนวขนานกับชายฝั่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการ พังทลายของชายฝั่ง

(8) กำแพงป้องกันคลื่นริมชายหาด (Seawall) เป็น โครงสร้างทางวิศวกรรมที่สร้างขึ้นใน แนวขนานกับชายฝั่ง เพื่อด้านแรงปะทะของคลื่นที่กระทบชายฝั่ง โดยรูปแบบและวิธีการในการ ก่อสร้างอาจมีการปรับเปลี่ยนไปตามความเหมาะสมในพื้นที่ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

(8.1) กำแพงป้องกันคลื่นประเภทลาดเอียง (Mild-slope seawall) เป็นกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กหรือหินขนาดใหญ่ผสมคอนกรีตโดยสร้างในรูปแบบลาดเอียงริมชายฝั่งในแนวนานกับชายฝั่ง

(8.2) กำแพงป้องกันคลื่นประเภทลาดเอียงแบบขั้นบันได (Stepped sloping seawall) เป็นกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กลาดเอียงแบบขั้นบันไดให้มีความลาดเอียงไปทางด้านหน้าชายหาดเป็นแนวยาวขนานกับชายฝั่ง

(8.3) กำแพงป้องกันคลื่นประเภทตั้งตรง (Vertical seawall) เป็นกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กหรือแผ่นคอนกรีตโดยสร้างในรูปแบบตั้งตรงริมชายฝั่งในแนวนานกับชายฝั่ง

การป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งมีหลายวิธีโดยการสร้างเสถียรภาพทางชายฝั่งโดยมาตรการแบบแข็ง (Hard Solution) เป็นหนึ่งแนวทางที่ใช้ในการแก้ไขการกัดเซาะชายฝั่ง

2.5 การแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งด้านอ่าวไทย (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2555)

อ่าวไทยฝั่งตะวันออก

(1) จังหวัดระยอง มีแม่น้ำไหลลงอ่าวไทยหลายสาย จึงได้มีการสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น (Jetty) เพื่อรักษาร่องน้ำเดินเรือ และป้องกันตะกอนปิดปากแม่น้ำหลายแห่ง ความยาวชายฝั่งประมาณ 105 กม. ส่วนใหญ่เป็นหาดทรายและหาดหิน เกิดการกัดเซาะแนวชายฝั่งประมาณ 54 กม. ปัจจุบันมีโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะและลดความแรงคลื่นจำนวน 24 โครงสร้าง ประกอบด้วยโครงสร้างกำแพงป้องกันคลื่นริมชายหาด (Sea wall) เขื่อนป้องกันคลื่นนอกชายฝั่ง (Offshore breakwater) และเขื่อนหินทิ้ง (Revetment) นอกจากนี้ ยังมีรอดักทราย (Groin หรือ Groyne) ช่วยยับยั้งการพัดพาตะกอนออกไปจากแนวชายฝั่งอีกด้วย

อ่าวไทยตอนบน

(2) จังหวัดฉะเชิงเทรา สภาพชายฝั่งเป็นหาดโคลน ความยาวประมาณ 16 กม. มีการกัดเซาะแนวชายฝั่งประมาณ 8 กม. ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในขั้นรุนแรง (อัตราการกัดเซาะมากกว่า 5 ม./ปี) โดยเฉพาะบริเวณ ตำบลสองคลอง อำเภอบางปะกง ปัจจุบันมีโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะและลดความแรงคลื่นจำนวน 7 โครงสร้าง ประกอบด้วยโครงสร้างหลายรูปแบบทั้งกำแพงป้องกันคลื่นริมชายหาด (Sea wall) เขื่อนหินทิ้ง (Revetment) การปักไม้ไผ่ชะลอคลื่น และเขื่อนป้องกันคลื่นนอกชายฝั่ง (Offshore breakwater)

(3) จังหวัดสมุทรปราการ ความยาวชายฝั่งประมาณ 50 กม. มีการกัดเซาะแนวชายฝั่งประมาณ 35 กม. ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระดับรุนแรง (อัตราการกัดเซาะมากกว่า 5 ม./ปี) โดยเฉพาะบริเวณตำบลแหลมฟ้าผ่าอำเภพระสมุทรเจดีย์ ตำบลบางปู อำเภอเมืองสมุทรปราการ และ ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ ซึ่งมีการป้องกันการกัดเซาะโดยสร้างเขื่อนหินทิ้ง (Revetment) บริเวณหาดเลน มีการปักไม้ไผ่ชะลอคลื่น และใช้สาขี้มและเสาคอนกรีต ตอกเป็นแนวกำแพงเพื่อลดแรงปะทะของคลื่น มีจำนวนรวม 15 โครงสร้าง

(4) กรุงเทพมหานคร มีเขตบางขุนเทียนอยู่ติดชายฝั่งอ่าวไทย ซึ่งเกือบตลอดแนวชายฝั่ง 5.8 กม. มีการกัดเซาะในระดับที่รุนแรง (98% ของความยาวแนวชายฝั่ง) ด้วยบริเวณพื้นที่ชายฝั่งเป็นแหล่งอุตสาหกรรมและพื้นที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ จึงส่งผลกระทบต่อคิดเป็นมูลค่าสูง ปัจจุบันมีโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะและลดความแรงคลื่นประกอบด้วยเขื่อนหินทิ้ง (Revetment) เสาเข็มและเสาคอนกรีต และการแนวไม้ไผ่ชะลอคลื่น เพื่อเป็นแนวกำแพงในการลดแรงปะทะของคลื่น จำนวน 3 โครงสร้าง

(5) จังหวัดสมุทรสาคร มีความยาวชายฝั่งประมาณ 43 กม. มีการกัดเซาะแนวชายฝั่งประมาณ 34 กม. โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีการกัดเซาะในระดับที่รุนแรง ด้วยสภาพชายฝั่งที่เป็นดินเลนไม่สามารถใช้โครงสร้างที่มีน้ำหนักมากในการป้องกันชายฝั่ง จึงมีการส่งเสริมให้ใช้โครงสร้างไม้ไผ่ชะลอคลื่นกันอย่างแพร่หลาย ในการป้องกันการกัดเซาะและลดแรงปะทะของคลื่น อีกทั้งเติมตะกอนดิน โดยมีการใช้ไส้กรอกทรายประกอบด้วยในบางพื้นที่ มีจำนวนรวม 7 โครงสร้าง

(6) จังหวัดสมุทรสงคราม มีความยาวชายฝั่งประมาณ 25 กม. ชายฝั่งด้านตะวันออกของปากแม่น้ำท่าจีน มีการแปรสภาพเป็น นาุ้ง นาเกลือ ป่าชายเลนตามแนวชายฝั่งเหลืออยู่น้อยมาก จึงทำให้เกิดการกัดเซาะเพียง 3 กม. และอยู่ในระดับปานกลาง ประกอบกับเป็นดินเลนชายฝั่ง จึงนิยมใช้โครงสร้างไม้ไผ่ชะลอคลื่นในการป้องกันการกัดเซาะและเติมตะกอนดินเป็นส่วนใหญ่ โดยมีการใช้เสาคอนกรีตและกำแพงป้องกันคลื่นริมชายหาดบ้าง มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 4 โครงสร้าง

(7) จังหวัดเพชรบุรี เป็นจังหวัดที่มีโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งมากที่สุด จังหวัดหนึ่งพื้นที่ชายฝั่งบริเวณ อำเภอบ้านแหลม มีชายหาดเป็นหาดโคลน ส่วนชายหาดบริเวณ อำเภอลำทะเมนชัย และอำเภอเมืองเพชรบุรี เป็นหาดทราย มีความยาวชายฝั่งประมาณ 92 กม. เกิดการกัดเซาะแนวชายฝั่งรวม 50 กม. บริเวณสถานประกอบการ ริมชายทะเล ได้แก่ หาดเจ้าสำราญ ปึกเตียน และชะอำ มีการป้องกันการกัดเซาะด้วยโครงสร้างหลายรูปแบบ ได้แก่ การก่อสร้างกำแพงป้องกันคลื่นริมชายหาด (Sea wall) เขื่อนป้องกันคลื่นนอกชายฝั่ง (Offshore breakwater) และเขื่อนหินทิ้ง (Revetment) เพื่อป้องกันการกัดเซาะและลดความแรงคลื่น มีการสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น (Jetty) เพื่อรักษาร่องน้ำเดินเรือ และป้องกันตะกอนปิดปากแม่น้ำหลายแห่ง โดยเฉพาะบริเวณอุทยานสิ่งแวดล้อมนานาชาติสิรินธร ซึ่งมีการกัดเซาะชายฝั่งรุนแรง มีการป้องกันการกัดเซาะด้วยโครงสร้างหลายรูปแบบ และยังมีรอดักทราย (Groin หรือ Groyne) ช่วยยับยั้งตะกอนการพัดพาตะกอนออกไปจากแนวชายฝั่งอีกด้วย

อ่าวไทยตอนล่าง

(8) จังหวัดสงขลา สภาพชายฝั่งเป็นหาดทราย มีความยาวรวมประมาณ 158 กม. เกิดการกัดเซาะแนวชายฝั่งประมาณ 55 กม. โดยเฉพาะชายหาดบริเวณ อำเภอยะนะ เกิดการกัดเซาะรุนแรง มีการป้องกันการกัดเซาะและลดความแรงคลื่น ด้วยโครงสร้างหลายรูปแบบ ทั้งกำแพงป้องกันคลื่นริมชายหาด (Sea Wall) เขื่อนป้องกันคลื่นนอกชายฝั่ง (Offshore breakwater) เขื่อนหินทิ้ง (Revetment) รอดักทราย (Groin หรือ Groyne) และเสาคอนกรีตหรือเสาเข็ม ปัจจุบันกรมเจ้าท่า

กำลังดำเนินการปรับปรุงโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะบริเวณ ตำบลเกาะแก้ว อำเภอเมืองสงขลา ไปจนถึง ตำบลนาทับ อำเภอจะนะ รวมจำนวนโครงสร้างทั้งสิ้น 14 โครงสร้าง

2.6 ระบบนิเวศหาดหิน

หาดหินคือ บริเวณที่มีสภาพเป็นพื้นแข็ง (hard substrata) ตามแนวชายฝั่งทะเลในเขตน้ำขึ้นน้ำลง โดยตามปกติหาดหินมีความลาดชันที่แตกต่างกันไป ระบบนิเวศหาดหินเป็นบริเวณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและ ปัจจัยทางชีวภาพที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของพืชและสัตว์ทะเล ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่สำคัญในหาดหินได้แก่ อิทธิพลจากแรงกระทำของคลื่น (Wave exposure) และน้ำขึ้นน้ำลงซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของหาดหินในรอบวัน ดังนั้นสิ่งมีชีวิตที่จะอาศัยอยู่ในหาดหินต้องมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้าการเปลี่ยนแปลงปัจจัยดังกล่าวได้ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณหาดหินจะมีขอบเขตการแพร่กระจาย (zonation) ที่ชัดเจนซึ่งเป็นผลมาจากการทดแทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันของสิ่งมีชีวิตที่พบการแพร่กระจายอยู่บริเวณหาดหินมีอยู่เกือบทุกไฟลัมในกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังตั้งแต่ไฟลัม Protozoa จนถึง ไฟลัม Chordata (มณฑล, 2559)

2.6.1. ขอบเขตการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตบริเวณหาดหิน

ลักษณะทางกายภาพของหาดหินในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันออกไป เช่นขนาดของหาดหิน ความลาดชันของพื้นที่ เมื่อพิจารณาร่วมกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญคือ แรงกระทำของคลื่นที่กระทำต่อพื้นที่ และน้ำขึ้นและน้ำลง ปัจจัยดังกล่าวนี้จึงเป็นตัวกำหนดขอบเขตการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในหาดหิน สามารถแบ่งออกได้ 3 เขตคือ

(1) เขตเหนือระดับน้ำขึ้นสูงสุด (supralittoral zone) เป็นพื้นที่ที่ช่วงเวลาส่วนใหญ่ไม่จมอยู่ใต้น้ำยกเว้นในช่วงน้ำขึ้นสูงสุดของช่วงน้ำเกิด (Extremely High Water Spring Tide; EHWT) สภาพแวดล้อมของบริเวณนี้เป็นแบบกึ่งบกกึ่งทะเล ได้รับความชื้นจากน้ำทะเลจากการกระเซ็นของคลื่นที่อาจซัดเข้ามาที่ชายฝั่ง สิ่งมีชีวิตที่พบในบริเวณนี้มีความหลากหลายไม่มากนัก เช่นไลเคน ในเขตร้อนและกึ่งร้อนมักพบหอยฝาเดียวในสกุล *Echinolittorina* ซึ่งสามารถทนต่อสภาวะอุณหภูมิภายนอกที่สูงได้ดี รวมถึงปูแสมหินที่อาจเข้ามาในบริเวณนี้ชั่วคราวเพื่อหาอาหาร

(2) เขตน้ำขึ้นน้ำลง (littoral or intertidal zone) เป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงอยู่เสมอ ความกว้างของพื้นที่ขึ้นอยู่กับความลาดชัน ซึ่งจะมีความกว้างมากหากมีความลาดชันของพื้นที่ต่ำ บริเวณนี้จะมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูง ซึ่งจะพบตั้งแต่พืชในกลุ่มสาหร่ายเพรียงหิน หนอนท่อ หอยนางรม หอยฝาชี หอยแครง และรวมถึงปูและกุ้งต่างๆ เป็นต้น โดยในบางบริเวณอาจพบแอ่งหิน (tide pool หรือ rock pool) ซึ่งจะมีน้ำขังอยู่ในแอ่งในช่วงน้ำลง น้ำในแอ่งนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอยู่เสมอ โดยเฉพาะอุณหภูมิ ความเค็ม และการละลายออกซิเจนในน้ำ

(3) เขตต่ำกว่าระดับน้ำลงต่ำสุด (sublittoral or subtidal zone) เป็นบริเวณที่มีน้ำท่วมอยู่ตลอดเวลาเพราะเป็นพื้นที่ต่ำกว่าเขตน้าลงต่ำสุด แต่บางครั้งอาจจะสัมผัสกับอากาศได้บ้าง แต่เป็นระยะเวลาอันสั้นเท่านั้น สิ่งมีชีวิตที่พบมีทั้งพืชในกลุ่มสาหร่ายและหอยทะเล ส่วนสัตว์อาศัยได้แก่ หอยฝาเดียวชนิดต่างๆ ดาวทะเล เม่นทะเล ปู และปลิงทะเล เป็นต้น

Underwood (1981) ทำการศึกษาการแพร่กระจายบริเวณหาดหินในเขตน้าลงต่ำที่ Green point ทางทิศเหนือของ Sydney พื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นหาดหินเรียบปนทราย (sandstone rock-platform) โดยจากการศึกษาแบ่งการแพร่กระจายเป็น 3 เขต เขตน้าลงต่ำสูงสุดพบกลุ่มของ Littorinid snails ได้แก่ *Littorina unifasciata*, *L. acutispira* Smith, และ *Nodilittorina pyramidalis* ถัดลงมาเขตน้าลงปานกลาง พบการปกคลุมของตะไคร่น้าล *Calothrix crustacea* เพรียงหิน *Chthamalus antennatus* และ *Chamaesipho columna* ลิ่นทะเล *Plaxiphora paeteliana* และหอยฝาเดียว *Subnina undulata* จำนวนมาก นอกจากนี้ในเขตน้าลงต่ำสุดพบสาหร่ายสีน้ำตาล *Hormosira banksii* ปกคลุมจำนวนมาก ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าบริเวณเขตน้าลงปานกลางได้รับอิทธิพลจากแรงกระทำของคลื่นสูง มีผลทำให้สิ่งมีชีวิตที่กินอาหารแบบขูดแทะ (grazing animals) มีความชุกชุมจำนวนมากกว่าเขตน้าลงต่ำสุดและน้าลงต่ำสุด นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยทางกายภาพเช่น ความชัน และ อิทธิพลของแรงกระทำของคลื่น มีผลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต พบว่าฤดูกาลที่ต่างกันส่งผลต่อการการแพร่กระจายของสาหร่าย โดยพบการแพร่กระจายในฤดูหนาวมากกว่าฤดูร้อน

Samakraman et al. (2010) ศึกษาารูปแบบการแพร่กระจายของมอลลัสตามช่วงเวลาและฤดูกาลในเขตน้าลงต่ำของหาดหินบริเวณเกาะสี่ซัง ในเดือนมีนาคม 2551 ถึง กุมภาพันธ์ 2552 จังหวัดชลบุรี ผลการศึกษาพบว่ามอลลัสต์มีการแพร่กระจายตามแนวระดับน้ำ (vertical zonation) ที่ชัดเจน โดยกลุ่มแรก ที่ระดับ 2.5 ถึง 2.75 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง พบหอยฝาชี *Cellana grata*, *C. toreuma*, *Patelloida saccharina*, *Siphonaria japonica* และ *S. lacineosa* กลุ่มที่ 2 ที่ระดับความสูง 3.00 ถึง 3.25 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มากกว่า 60 % เป็นหอยฝาเดียวในครอบครัว littorinidae (*Echinolittorina radiata*) และอยู่ร่วมกัน หอยฝาเดียว coiled gastropods (*Planaxis sulcatus*) และกลุ่มที่ 3 ที่ระดับ 3.50 เมตรเหนือระดับน้ำลงปานกลางพบหอยฝาเดียวชนิด *E. malaccana* เป็นสัตว์หน้าดินชนิดเด่น ส่วนหอยสองฝาที่พบมากที่สุดคือ *Isognomon nucleus* พบการแพร่กระจายที่ระดับ 2.5 และ 2.75 เมตรแนวน้ำลงปานกลาง สรุปได้ว่ารูปแบบการแพร่กระจายมีการแบ่งอย่างชัดเจนตามช่วงเวลา นอกจากนี้ยังสัตว์หน้าดินเคลื่อนที่ (mobile species) มีรูปแบบการแพร่กระจายที่ต่างกันออกไปตามฤดูมรสุม เนื่องจากระดับเพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูหนาวจึงพบหอยฝาเดียวกลุ่ม littorinid (*E. malaccana*) มีการเคลื่อนที่ใกล้ในเขตน้าลงต่ำสูงสุดในฤดูหนาว

2.6.2 ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนหาดหิน

(1) อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการทำงานทางสรีระของสิ่งมีชีวิตโดยอุณหภูมิส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากร่างกาย ทำให้สิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีกลไกในการปรับตัว เช่น มีการยกเปลือกให้สูงให้ห่างจากผิวหินเพื่อลดความร้อนขณะน้ำลงในตอนกลางวัน (mushrooming)

ในหอยฝาชีชนิด *Cellana grata* (Williams and Morritt., 2005) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการพัฒนาของตัวอ่อน Lazo et al. (2012) ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ระดับ 17, 20 และ 24 องศาเซลเซียสต่อตัวอ่อนหอยแมลงภู *Mytilus galloprovincialis* จากการศึกษาพบ อุณหภูมิที่ 24 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้มีการเร่งการพัฒนาตัวอ่อนหอยแมลงภู *M. galloprovincialis* ส่วน Chan et al. (2006) ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในช่วงฤดูร้อนต่ออัตราการตาย การแพร่กระจายและความอุดมสมบูรณ์ของเพรียงหิน (*Tetraclita japonica*) บริเวณเขตร้อนในประเทศฮ่องกงพบว่า บริเวณเขตน้ำขึ้นปานกลางถึงน้ำขึ้นสูงสุดเพรียงวัยอ่อนมีอัตราการตายสูงถึง 98 – 99% ซึ่งการทดแทนที่ของเพรียง *T. japonica* เกิดในช่วงปลายของฤดูร้อน

(2) ความเค็ม เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการควบคุมและสมดุลของน้ำและไอออนในร่างกายของสิ่งมีชีวิต (osmoregulation) พื้นที่เขตน้ำขึ้นน้ำลงในหาดหินเป็นบริเวณที่มีความผันแปรของความเค็มมากบริเวณหนึ่งโดยเฉพาะในแอ่งหิน (rock pool) ความเค็มของน้ำในแอ่งหินจะสูงขึ้นในช่วงน้ำลง โดยเฉพาะในตอนกลางวันจากการระเหยของน้ำ และอาจมีความเค็มลดลงอย่างกะทันหันหากมีฝนตก ความเค็มของน้ำทะเลเลยมีผลต่อการลงเกาะและการทดแทนที่ของตัวอ่อนสัตว์น้ำ โดยสัตว์หน้าดินกลุ่มหอยสองฝา จะป้องกันความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงของความเค็มโดยจะทำการปิดเปลือก (Drouin et al., 1985)

(3) น้ำขึ้นน้ำลง มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงเนื่องจากเกี่ยวข้องการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความเค็มและระยะเวลาที่สิ่งมีชีวิตนั้นๆสัมผัสกับอากาศในช่วงน้ำลง ซึ่งจะเป็นเวลาที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้หยุดกิจกรรมต่างๆ เมื่อน้ำขึ้นจะเป็นช่วงเวลาที่สิ่งมีชีวิตดำเนินกิจกรรมอีกครั้งเช่นการกินอาหาร และ การสืบพันธุ์

(4) คลื่น ความรุนแรงของคลื่นที่เข้ามาปะทะบริเวณหาดหินจัดเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่มีต่อการดำรงชีวิตในหาดหิน สิ่งมีชีวิตที่จะอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีแรงปะทะของคลื่นมากจะต้องมีการปรับตัว ตัวอย่างเช่นหอยแมลงภู (*M. galloprovincialis*) ที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่ได้รับแรงจากคลื่นเสมอจะมีการเจริญเติบโตที่ดี เนื่องมาจากคลื่นเป็นตัวนำพาอาหารเข้ามาในพื้นที่มากขึ้น (Steffani and Branch, 2003) จากการศึกษาของ Southward and Orton (1954) ได้รายงานว่า แรงกระทำของคลื่นมีส่วนสำคัญในการกำหนดขอบเขตการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน ซึ่งพื้นที่บริเวณเขื่อนหินทิ้งที่ได้รับอิทธิพลของแรงกระทำของคลื่นสูงจะพบเพรียงหิน *Cthamalus stellatus* สูงกว่าพื้นที่เขื่อนหินทิ้งที่ได้รับผลของอิทธิพลของแรงกระทำของคลื่นน้อยกว่า ส่วนสาหร่ายที่ปกคลุมผิวหินชนิด *Fucus vesiculosus* และ *Himanthalia lorea* พบว่ามีร้อยละปกคลุมต่ำบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของแรงกระทำของคลื่นสูง

2.6.3 ปัจจัยทางชีวภาพที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนหาดหิน

การแก่งแย่งแข่งขัน เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการรอดของสิ่งมีชีวิตในหาดหิน ซึ่งอาจพิจารณาได้ทั้งแง่ของการแก่งแย่งแข่งขันพื้นที่ที่อยู่อาศัย (space) และอาหาร (food) Endean et al. (1956) ทำการศึกษาการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในเขตน้ำขึ้นน้ำลงบนหาดหิน ซึ่ง

พบว่าบริเวณที่มีสาหร่ายปกคลุมบนหาดหินจะป้องกันการลงเกาะของตัวอ่อนของหนอนท่อ (Galeolaria) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Erlandsson and McQuaid et al. (2004) ได้ทำการศึกษากการทดแทนที่ของหอยแมลงภู่ (*Perna perna*) ซึ่งพบว่าบริเวณที่มีสาหร่าย *Gelidium pristoides* ปกคลุมมีความสัมพันธ์เชิงลบต่ออัตราการลงเกาะของหอยแมลงภู่ชนิดนี้ในพื้นที่

2.7 สัตว์หน้าดิน (มณฑล, 2559)

สัตว์ทะเลหน้าดิน (marine benthos) หมายถึง สัตว์ทะเลที่มีกระดูกสันหลังและที่ไม่มีกระดูกสันหลังที่หากินตามพื้นท้องทะเลหรือมีความเกี่ยวข้องกับพื้นท้องทะเล โดยบางชนิดอาศัยอยู่บนพื้นดิน บางชนิดฝังตัวอยู่ในดิน โดยสัตว์หน้าดินมีมากมายและหลายชนิด บางชนิดมีความสำคัญทางเศรษฐกิจเช่น กุ้ง หอย และปู เป็นต้น การจำแนกสัตว์หน้าดินอาจจะใช้เกณฑ์ในการจำแนกเป็นกลุ่มตามลักษณะการอยู่อาศัยได้เป็น epifauna คือสัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่บนพื้นท้องทะเลซึ่งอาจเป็นดิน หิน หรือโคลน ส่วน infauna เป็นสัตว์ดำรงชีวิต โดยการฝังตัวหรือขุดรูอยู่บริเวณใต้พื้นทะเล หากแบ่งตามขนาดตัวสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. กลุ่มแมโครฟานา (Macrofauna) หมายถึง กลุ่มที่มีขนาดตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไป สัตว์ทะเลหน้าดินโดยทั่วไป เช่น หอย กุ้ง ปูและไส้เดือนทะเล จัดอยู่ในกลุ่มนี้ เป็นกลุ่มที่มีการศึกษามากที่สุดเพราะมีขนาดใหญ่พอสมควรสามารถลุ่มวัดได้ง่าย

2. กลุ่มไมโครฟานา (Microfauna) หมายถึง พวกที่มีขนาดตั้งแต่ 0.5 - 2 มิลลิเมตร มักมีการศึกษากันน้อย เช่น ไส้เดือนทะเล และหนอนตัวกลม เป็นต้น ต้องมีวิธีการเก็บตัวอย่างและวิธีการศึกษาโดยเฉพาะ

3. กลุ่มไมโอฟานา (Meiofauna) หมายถึง พวกที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร จนถึง 63 ไมครอน

2.8 โครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินบริเวณหาดหิน

โครงสร้างชุมชนหน้าดินบริเวณหาดหินมีความแตกต่างกันไปตามภูมิประเทศและปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนหาดหิน

มณฑล และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินบริเวณหาดหินของจังหวัดชุมพรในเดือน สิงหาคม 2550 และกุมภาพันธ์ 2551 โดยแบ่งเส้นจากแนวน้ำขึ้นสูงสุดจนถึงแนวน้ำลงต่ำสุด โดยโครงสร้างชุมชนแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลักคือ บริเวณใกล้แนวน้ำขึ้นสูงสุด และกลุ่มที่สองคือบริเวณตอนกลางและตอนล่างของหาดใกล้แนวน้ำลงต่ำสุด ในเดือนสิงหาคม 2560 ที่ระดับน้ำขึ้นสูงสุด สัตว์หน้าดินที่เป็นตัวแทนของกลุ่มนี้คือหอยจิ้งก (*C. b. bifasciata*) ปูหิน (*Metopo-grapsus* sp.) และปูเสฉวน (*Diogenes* sp.) ส่วนกลุ่มที่ 2 ตอนกลางและตอนล่างของหาดใกล้แนวน้ำลงต่ำสุด สัตว์หน้าดินที่เป็นตัวแทนของกลุ่มนี้คือ หอยจิ้งก (*C. b. bifasciata*) และ หอยถั่วเขียว (*Clithon oualaniensis*) ส่วนในเดือนกุมภาพันธ์ 2551 ระดับน้ำขึ้นสูงสุด สัตว์หน้าดินที่เป็น

ตัวแทนของกลุ่มนี้คือ หอยขี้นก (*C. b. bifasciata*) ไบร โอซัวและปูตัวแบน (*Petrolisthes* sp.) แอมพีพอดและหอยน้ำพริก (*Nerita albicilla*) ส่วนกลุ่มที่ 2 ตอนกลางใกล้แนวน้ำลงต่ำสุดสัตว์หน้าดินที่เป็นตัวแทนของกลุ่มนี้คือ หอยถั่วเขียว (*Clithon oualaniensis*) ซึ่งความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะทางห่างจากฝั่ง เนื่องจากพื้นที่ด้านหน้าหาดหินมีแนวหินใต้น้ำเรียงตัวอยู่ชานกับหาดทำให้ชายหาดได้รับอิทธิพลจากความรุนแรงของคลื่นค่อนข้างต่ำบริเวณน้ำลงบริเวณใกล้แนวน้ำลงต่ำสุดยังมีความชื้นสะสมอยู่มาก ส่วนที่อาศัยอยู่ใกล้แนวน้ำขึ้นสูงสุดส่วนใหญ่มักเป็นกลุ่มที่สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้รวดเร็ว

Fuji and Nomura (1990) ทำการศึกษาโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ บริเวณเกาะฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่นทำการศึกษาเก็บข้อมูล 12 จุด บริเวณเกาะฮอกไกโดในเดือน มกราคม มีนาคม พฤษภาคม กรกฎาคม กันยายน และ ธันวาคม 1990 พบสัตว์หน้าดินที่พบทั้งหมด 21 ชนิด โดยโครงสร้างชุมชนแบ่งเป็น 5 กลุ่มโดยกลุ่มแรก สัตว์หน้าดินที่เป็นตัวแทนคือ หอยฝาเดียว (*Littorina brevicula*) กลุ่มที่ 2 สัตว์หน้าดินที่เป็นตัวแทนคือ หอยสองฝา (*Septifer virgatus*) และ สัตว์หน้าดินในกลุ่มคริสต์เซียน (*Chthamalus challenger*) กลุ่มที่ 3-4 สัตว์หน้าดินที่เป็นตัวแทนคือ หอยสองฝา (*S. virgatus*) และหอยแมลงภู่ (*Mytilus edulis*) กลุ่มที่ 5 สัตว์หน้าดินที่เป็นตัวแทนคือ หอยฝาเดียว (*L. brevicula*) และสัตว์หน้าดินในกลุ่มคริสต์เซียน (*C. challenger*) โดยสัตว์หน้าดินชนิดเด่นได้แก่ *C. challenger*, *L. brevicula* และ *S. virgatus* พบความชุกชุมมากที่สุด เนื่องจากปัจจัยจากแรงกระทำของคลื่นและลักษณะทางภูมิประเทศที่ส่งผลต่อโครงสร้างชุมชน โดย *L. brevicula* พบเฉพาะที่หาดหินที่มีที่กำบัง *S. virgatus* เป็นสัตว์หน้าดินชนิดเด่นพบบริเวณพื้นที่ลาดเอียงสูง ส่วน *C. challenger* พบความชุกชุมจำนวนมากบริเวณพื้นที่ที่ได้รับแรงกระทำของคลื่นสูง

Aguilera and Navarrete (2011) ทำการศึกษาโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินชุดตะกั่วต่อรูปแบบการแพร่กระจายในเขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณหาดหินประเทศชิลี จากการศึกษาพบว่าปริมาณอาหารทางธรรมชาติอาจเป็นตัวกำหนดโครงสร้างชุมชน โดยสัตว์ชุดตะกั่วที่พบมากที่สุดคือลิ้นทะเล (*Chiton granosus*) และหอยฝาชีชนิด *Siphonaria lessoni*, *Scurria araucana* โดยพบว่าหอยฝาเดียวที่เป็น key species ได้แก่ *Fissurella crassa* และ *C. granosus* ซึ่งพฤติกรรมการกินอาหารมีความแตกต่างกันโดยหอยฝาเดียว *F. crassa* จะออกหากินเฉพาะเวลากลางคืนในขณะที่หอยฝาเดียว *S. lessoni* จะออกหากินเฉพาะเวลากลางวันโดยลักษณะความชุกชุมมีความแตกต่างกัน โดยพบหอยฝาเดียว *C. granosus* และ *F. crassa* พบการรวมกลุ่มกันเมื่อเวลากลางคืน ในขณะที่หอยฝาเดียว *F. crassa* พบปัจจัยการแก่งแย่งแข่งขันระหว่างอาหารกับหอยฝาเดียว *S. lessoni*

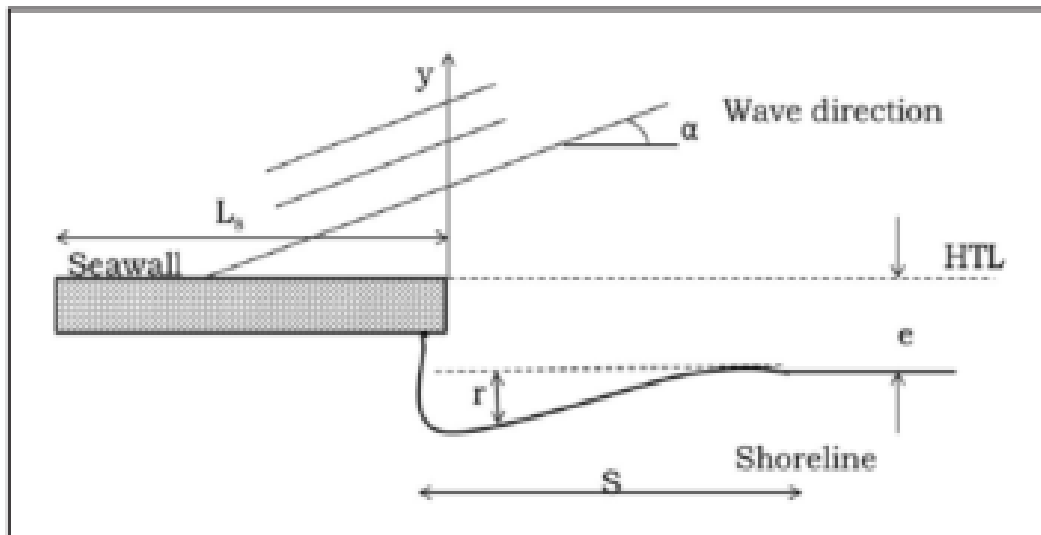
Liversage and Benkendorff (2013) ทำการศึกษาโครงสร้างชุมชนของลิ้นทะเล (chiton) ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณหาดหินที่หินมีความแข็งแตกต่างกันคือกลุ่ม soft rock ได้แก่ หินปูน กับกลุ่ม hard rock ได้แก่ หินควอร์ต หินแกรนิต บะซอลต์ บริเวณชายฝั่งทางตอนใต้ของออสเตรเลีย พบว่าจำนวนของลิ้นทะเลที่พบทั้งหมด 22 ชนิด พบโครงสร้างชุมชนมีความแตกต่างกันระหว่าง หินแข็ง (hard rock) และ หินอ่อน (soft rock) โดยพบลิ้นทะเล (chiton) ที่เป็นตัวแทนบริเวณหินแข็ง hard rock.

คือ (*Ischnochiton australisi*, *I. elongatus*, *I. variegates* และ *I. smaragdinus*.) โดยพบความชุกชุมจำนวน บริเวณ hard rock มากกว่า soft rock เนื่องจากความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพ เช่น แรงแกระทำของคลื่น การผูกพันของหิน สี และการระบายความร้อนของประเภทหิน

Souza et al. (2017) ทำการศึกษาโครงสร้างชุมชนของหาคหินบนบริเวณหาดหิน โล่ง (unsheltered) เปรียบเทียบกับหาดหินที่มีที่กำบัง (sheltered) บริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศบราซิล โดยจากการศึกษาพบว่าสัตว์หน้าดินชนิดเด่น ได้แก่ เพรียงหิน หอยนางรมและหอยแมลงภู่ ในขณะที่สาหร่ายขนาดใหญ่ที่พบในกลุ่ม corticoid โดยหาดหินที่มีที่กำบังส่งผลต่อโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดิน โดยมีสาหร่ายขนาดใหญ่ปกคลุมบริเวณนี้ส่วนสาหร่ายขนาดเล็กและสัตว์ขูดแทะอาศัยอยู่บริเวณหาดหินที่มีที่กำบัง ซึ่งหอยนางรมมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้นในเขต meso-littoral บริเวณหาดหินที่มีที่กำบังในขณะที่เพรียงหินมีจำนวนลดลง โดยตัวอ่อนของหอยนางรมมีการทดแทนที่มากขึ้นบริเวณหาดหินที่มีที่กำบัง สรุปได้ว่าหาดหินที่มีที่กำบังมีอิทธิพลเชิงลบต่อกลุ่มของสาหร่ายขนาดใหญ่อาจเนื่องมาจากขีดจำกัดการสังเคราะห์แสงที่ส่งผลต่อการปกคลุมของสาหร่ายขนาดใหญ่ ซึ่งความชุกชุมของเพรียงหินมีจำนวนลดลงบริเวณหาดหินที่มีที่กำบังเนื่องจากความแตกต่างระหว่างผลกระทบของบริเวณหาดหินที่มีที่กำบังต่อการทดแทนที่และการพัฒนาของระยะตัวเต็มวัย

2.9 ผลกระทบจากการสร้างเขื่อนหินทิ้ง

Buitrago et al. (2017) ได้รายงานว่าการสร้างกำแพงกันคลื่น และเขื่อนหินทิ้งโดยใช้คอนกรีตทำให้สูญเสียทัศนียภาพและมีผลกระทบต่อการท่องเที่ยว ส่วนการใช้หินในการก่อสร้างจะมีราคาต่ำกว่า การสร้างเขื่อนหินทิ้งที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการส่งผลเร่งความรุนแรงของการกัดเซาะที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเมื่อคลื่นกระทบกับเขื่อนหินทิ้งจะเกิดการเลี้ยวเบนของคลื่น ส่งผลถึงการไหลเวียน และการกระจายของตะกอน ทำให้บริเวณชายฝั่งที่อยู่ท้ายโครงสร้างเกิดการกัดเซาะ รุกلامกลายเป็นปัญหาที่รุนแรงมากขึ้น ทำให้บริเวณชายฝั่งที่อยู่ท้ายโครงสร้างเกิดการกัดเซาะ รุกلامกลายเป็นปัญหาที่รุนแรงมากขึ้นเรียกว่า End wall effect (ภาพที่ 2.2 - 2.3) (Balaji et al., 2017)



ภาพที่ 2.2 ภาพวาดของการเกิดการกัดเซาะบริเวณด้านหลังกำแพงกันคลื่น (seawall)

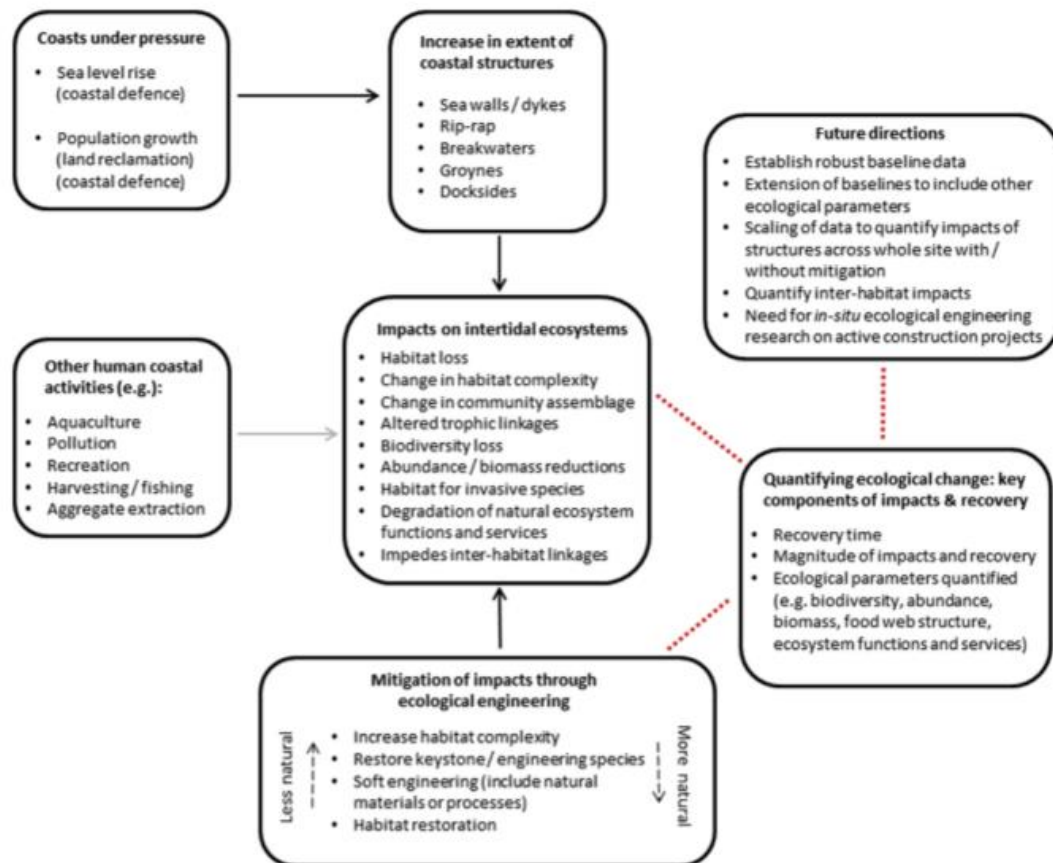
ที่มา: Balaji et al. (2017)



ภาพที่ 2.3 (a) ชายหาดที่มีก่อสร้างกำแพงกันคลื่นบริเวณชายฝั่ง Fansa ประเทศอินเดีย (b) บริเวณด้านข้างที่เกิด End wall effect

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Balaji et al. (2017)

Perkins et al. (2015) ได้รายงานว่า การเสื่อมโทรมของระบบนิเวศชายฝั่งส่งผลกระทบต่อความหลากหลาย ความชุ่มชื้น และโครงสร้างชุมชนของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเกิดจากการสร้างโครงสร้างป้องกันกัดเซาะชายฝั่งแบบแข็งที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยวัตถุประสงค์ของการก่อสร้างโครงสร้างป้องกันกัดเซาะชายฝั่งถูกออกแบบมาเพื่อลดแรงกระทำของคลื่น อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเริ่มมีการศึกษาโครงสร้างเทียมแบบอ่อนแทนก่อสร้างโครงสร้างแบบแข็งในแก้ไขจัดการระบบนิเวศชายฝั่ง (ภาพที่ 2.4)

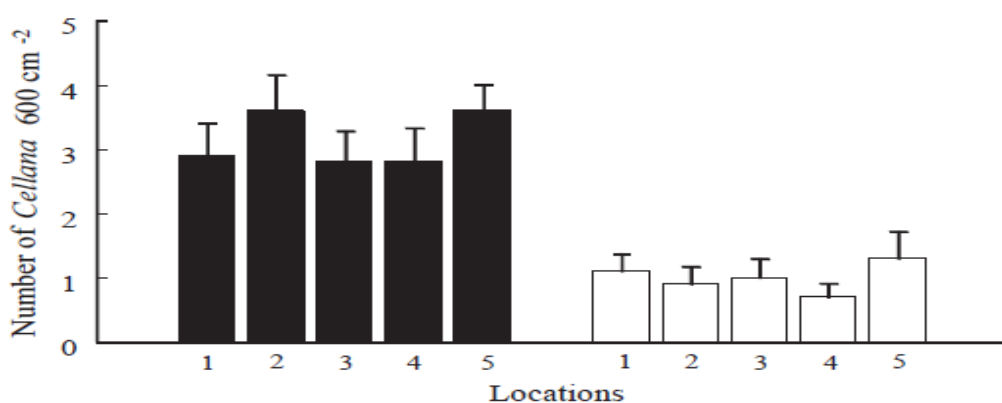


ภาพที่ 2.4 แผนผังประเด็นสำคัญและส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างชายฝั่ง การแก้ไข ปัญหาหรือบรรเทาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้าง โครงสร้างเทียมจะแสดงเป็น ลูกศรสีดำเข้ม เส้นแบบจุดแสดงถึงความรู้ที่มีอยู่ในปัจจุบันในแก้ไขปัญหาแหล่งอยู่อาศัยในเขตน้ำขึ้นน้ำลงจากปัญหาการก่อสร้าง โครงสร้างเทียม

ที่มา: Perkins et al. (2015)

2.10 โครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่ในเขื่อนกันคลื่นและหาดหินธรรมชาติ

Bulleri et al. (2003) ทำการศึกษาเปรียบเทียบความหนาแน่นของหอยฝาชี (*Cellana tramoserica*) บริเวณหาดหินธรรมชาติกับเขื่อนกันคลื่น (seawall) ในประเทศออสเตรเลีย ซึ่งผลการศึกษาพบว่า หอยฝาชี (*C. tramoserica*) บริเวณหาดหินธรรมชาติกับเขื่อนกันคลื่นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละพื้นที่ บริเวณหาดหินธรรมชาติพบความหนาแน่นหอยฝาชี (*C. tramoserica*) มากกว่าบริเวณเขื่อนกันคลื่น โดยความหนาแน่นของหอยฝาชี (*C. tramoserica*) ที่แตกต่างกันเนื่องมาจากความแตกต่างของลักษณะของโครงสร้างแหล่งที่อยู่ รอยแตกของพื้นที่โดยพบว่าบริเวณเขื่อนกันคลื่นพบรอยแตกน้อยกว่าหาดหินธรรมชาติ และความแตกต่างของปริมาณสาหร่ายที่ปกคลุมพื้นที่ (ภาพที่ 2.5)

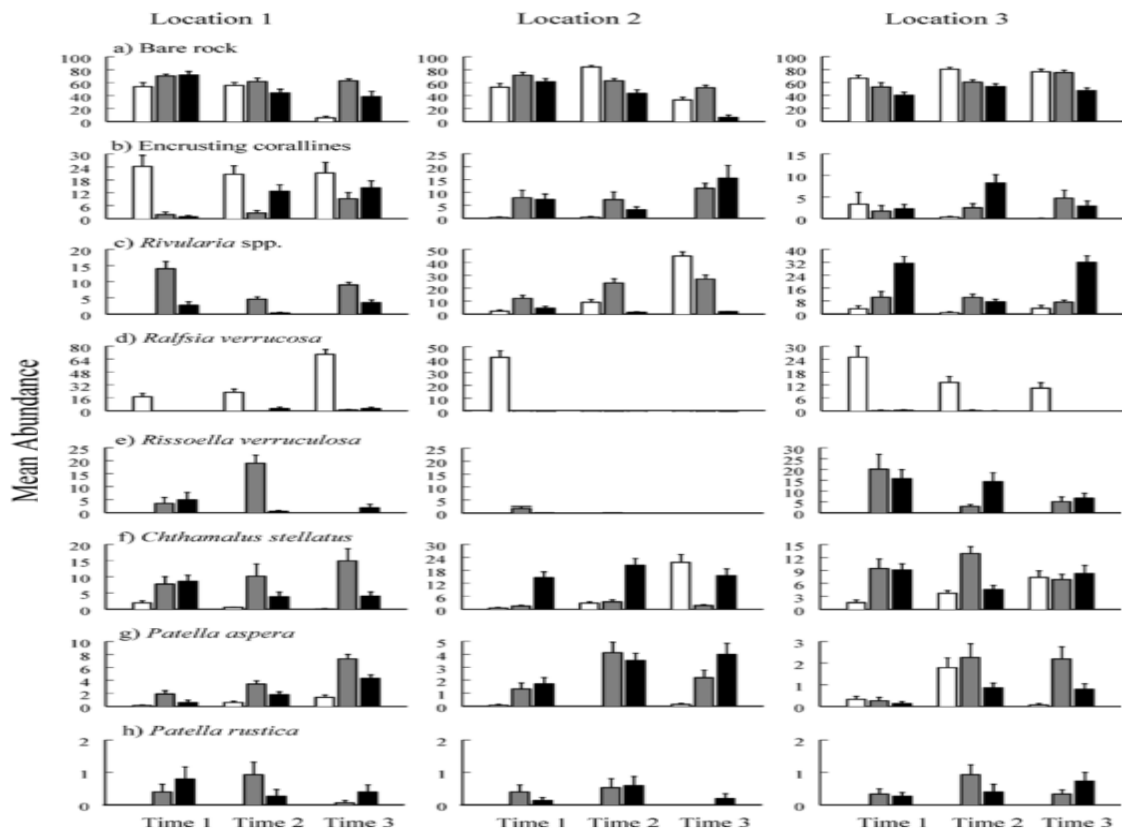


ภาพที่ 2.5 ความหนาแน่นของหอยฝาชี (*Cellana tramoserica*) บนเขื่อนกันคลื่น (สีขาว) และหาดหินธรรมชาติ (สีดำ)

ที่มา: Bulleri et al. (2003)

Bulleri et al. (2004) ทำการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดิน บริเวณหาดหินธรรมชาติ กำแพงกันคลื่นและเขื่อนกันคลื่นบริเวณชายฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอิตาลีทั้ง 3 สถานที่ ซึ่งผลการศึกษาพบ โครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งบริเวณกำแพงกันคลื่น (seawall) พบชนิดของสัตว์หน้าดินน้อยที่สุด จากการศึกษาพบว่า หอยฝาเดี่ยว (*Ralfsia verrucosa*) และ สาหร่ายสีแดง encrusting corallines เป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเด่นที่มีความสำคัญที่ทำให้โครงสร้างชุมชนบนกำแพงกันคลื่นต่างจากพื้นที่อยู่อาศัยอื่น ในขณะที่โครงสร้างชุมชนของหาดหินธรรมชาติไม่มีความแตกต่างกันกับเขื่อนกันคลื่น (breakwater) โดยบริเวณหาดหินธรรมชาติพบเพรียงหิน (*Chthamalus stellatus*) เป็นสัตว์หน้าดินชนิดเด่น ส่วนบริเวณเขื่อนกันคลื่นพบการปกคลุมของสาหร่ายสีแดง encrusting corallines และสาหร่ายสีเขียว (*Rivularia* spp.) จำนวนมาก (ภาพที่ 2.6) ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของโครงสร้างชุมชนของสิ่งมีชีวิตบริเวณเขื่อนกันคลื่น กำแพงกันคลื่นและหาดหิน โดย

อาจขึ้นอยู่กับ รอยแตก รอยแยก แอ่งหิน ขนาดหิน รวมทั้งพื้นผิวของโครงสร้างบ่งบอกถึงความซับซ้อนเชิงพื้นที่ และความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างแหล่งที่อยู่อาศัย

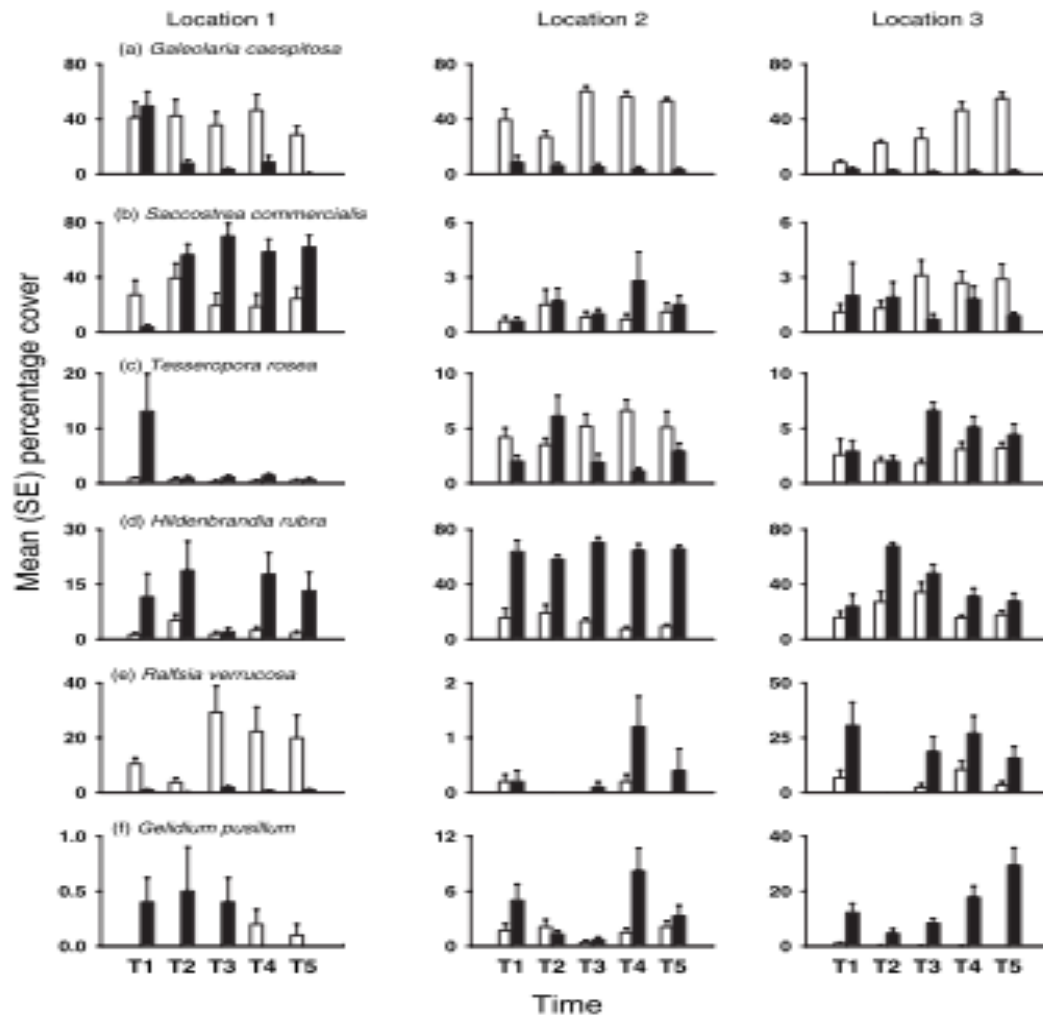


ภาพที่ 2.6 ค่าเฉลี่ยความชุกชุม (+SE) ของลานหิน สาหร่าย และ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบนกำแพงกันคลื่น(สีขาว) เชือกกันคลื่น(สีเทา) และหาดหิน(สีดำ)

ที่มา: Bulleri et al. (2004)

Bulleri et al. (2005) ทำการศึกษาเปรียบเทียบ โครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินบริเวณหาดหินธรรมชาติกับเชือกกันคลื่น (seawall) 3 สถานที่ ได้แก่ บริเวณท่าเรือ Old Quarantine Farm Cover และ Taronga ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งผลการศึกษาพบว่า โครงสร้างชุกชุมของสัตว์หน้าดินบริเวณหาดหินธรรมชาติกับเชือกกันคลื่นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษาพบสิ่งมีชีวิตทั้งหมด 73 ชนิดสิ่งมีชีวิตเด่นพบมีการรวมกันมากบริเวณน้ำขึ้นน้ำลงปานกลาง โดยพบสัตว์หน้าดินเกาะติดปกคลุมมากที่สุดคือ หนอนท่อ (*Galeolaria caespitosa*) เพรียงหิน (*Tesseropora rosea*) หอยนางรม (*Saccostrea commercialis*) และสัตว์หน้าดินขูดแทะพบมากที่สุดคือ ลิ่นทะเล (*Chiton pelliserpentis*) หอยฝาชี (*Patelloida latistrigata*, *Montfortula rugosa* และ *S. denticulate*) โดยสิ่งมีชีวิตที่เป็นตัวแทนบริเวณเชือกกันคลื่นคือ หนอนท่อ *G. caespitosa* สาหร่ายสีน้ำตาล *R. verrucosa* และ สาหร่าย *Gelidium pusillum* ส่วนบริเวณหาดหินธรรมชาติสิ่งมีชีวิตที่เป็นตัวแทนคือ หอยนางรม *S. commercialis* หอยฝาชี *P. latistrigata* และสาหร่ายสีเขียวแกมแดง

Hildenbrandia rubra (ภาพที่ 2.6) พบว่าโดยทั่วไปโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าสัตว์หน้าดินจะมีความคล้ายคลึงกันแต่จะแตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพเช่นความชัน ลักษณะพื้นผิวของแหล่งที่อยู่อาศัย ความซับซ้อนเชิงพื้นที่ ความหลากหลายของที่อยู่อาศัย ฤดูกาล

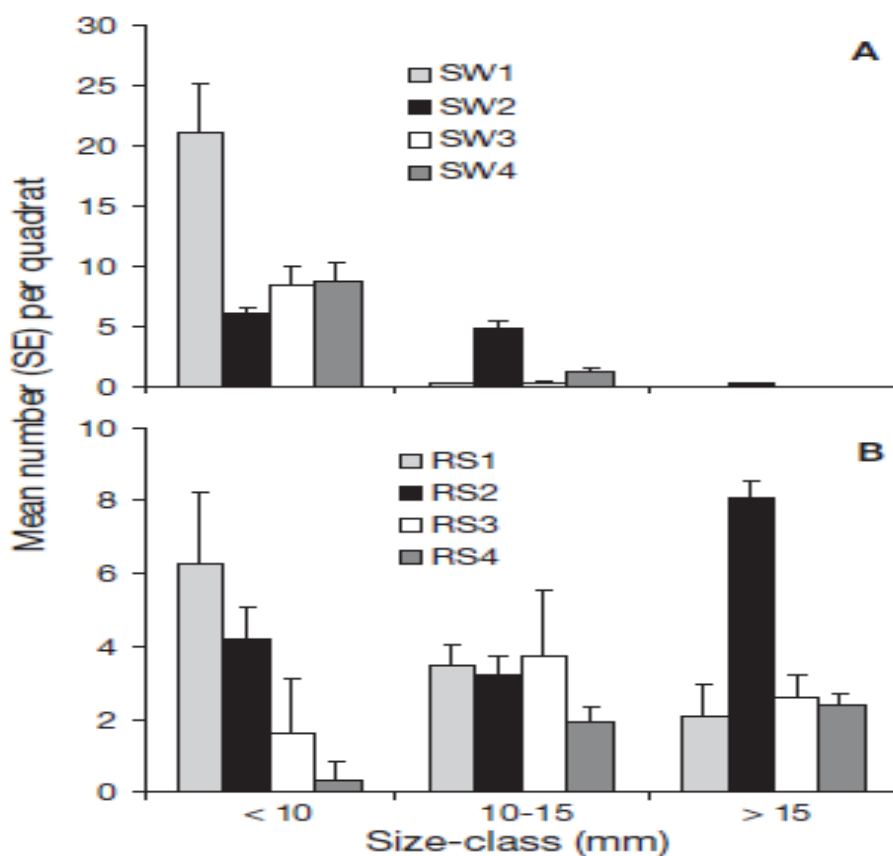


ภาพที่ 2.7 เปอร์เซนต์การปกคลุมของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนเขื่อนกันคลื่น (สีขาว) และหาดหิน (สีดำ) ในแต่ละสถานที่

ที่มา: Bulleri et al. (2005)

Moreira et al. (2006) ทำการศึกษาเปรียบเทียบจำนวนประชากรของหอยหวมกเง็ก (*Siphonaria denticulata*) บริเวณหาดหินธรรมชาติกับเขื่อนกันคลื่น (seawall) ใน ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งผลการศึกษาพบว่าจำนวนประชากรของของหอยหวมกเง็ก (*S. denticulata*) บนกำแพงกันคลื่นจากผลการศึกษาพบว่าประชากรส่วนใหญ่บนกำแพงกันคลื่น ประกอบด้วยระยะวัยรุ่น (78%) และระยะตัวเต็มวัยขนาด 10 – 15 มิลลิเมตร (22%) ส่วนบริเวณหาดหินธรรมชาติพบระยะตัวเต็มวัยขนาดมากกว่า 15 มิลลิเมตรมากกว่ากำแพงกันคลื่นอยู่ที่ 24% ซึ่งผลการศึกษาพบว่า โดยความหนาแน่นของประชากรหอยหวมกเง็ก *S.denticulata* มีความหนาแน่นใกล้เคียงกันแต่ที่

บริเวณกำแพงกันคลื่นมีขนาดเล็กกว่าหาดหินเนื่องจากปัจจัยจากบริเวณกำแพงกันคลื่นได้อิทธิพลของแรงกระทำของคลื่นสูงกว่าบริเวณหาดหิน (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 จำนวนเฉลี่ยของหอยหวมกจัก *Siphonaria denticulata* บน A) กำแพงกันคลื่น B) หาดหิน
ธรรมชาติบริเวณท่าเรือชินนีย์ประเทศออสเตรเลีย

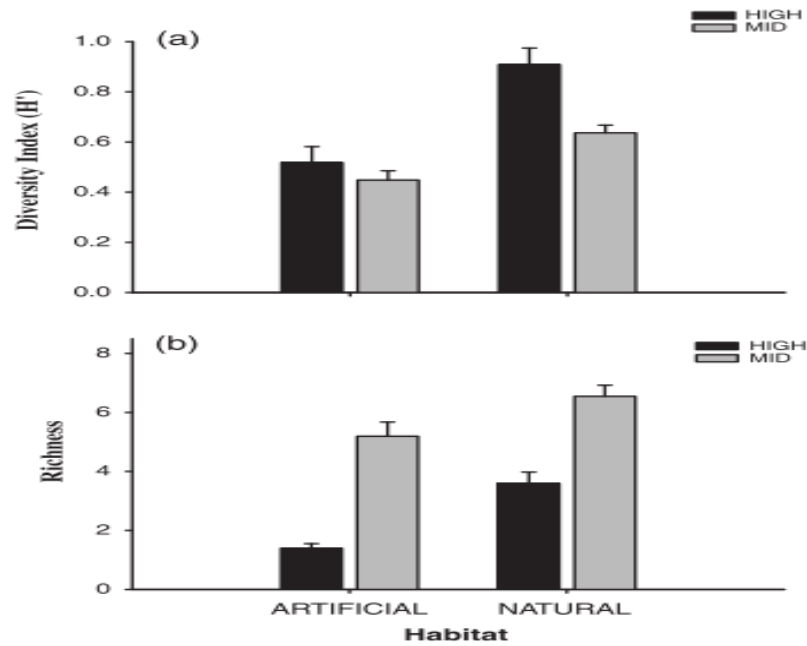
ที่มา: Moreira et al. (2006)

Lam et al. (2009) ทำการศึกษาโครงสร้างสร้างชุมชนและรูปแบบการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินระหว่างกำแพงกันคลื่นและหาดหินธรรมชาติ บริเวณอ่าววิกตอเรีย ประเทศอังกฤษ ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินบริเวณหาดหินธรรมชาติและกำแพงกันคลื่นมีความคล้ายคลึงกันแต่จะพบความหนาแน่นของและเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของสัตว์หน้าดินบางชนิดที่มีความแตกต่างกันระหว่างแหล่งที่อยู่อาศัยเนื่องจากความต่างของแอ่งหิน รอยแยกที่พบบริเวณหาดหินธรรมชาติมากกว่ากำแพงกันคลื่นที่มีพื้นผิวเรียบ โดยบริเวณกำแพงกันคลื่นพบคลื่นทะเล (*Acanthopleura japonica*) และการปกคลุมของหอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) และเพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) จำนวนมาก ในทางตรงข้ามบริเวณหาดหินธรรมชาติพบหอยฝาเดียว (*Siphonaria lacinoso*) และ เพรียงภูเขาไฟ (*Tetraclita squamosa*) โดยพบสัตว์หน้าดินบางชนิดที่พบเพียงพื้นที่เดียวเช่น หอยแมลงภู (*Perna viridis*) เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) หนอนท่อ (*Hydroides* spp.) และ เพรียงหัวหอม (*Styela* spp.) พบเฉพาะกำแพงกันคลื่น ในขณะที่

หอยแมลงภู่อีสต์ (*Septifer virgatus*) พบเฉพาะหาดหินธรรมชาติ โดยขอบเขตการแพร่กระจาย (zonation) ของสิ่งมีชีวิตบริเวณกำแพงกันคลื่นและหาดหินธรรมชาติมีความแตกต่างกัน เช่น ลิ่นทะเล (*A. japonica*) และเพรียงหิน (*A. amphitrite*) บริเวณหาดหินธรรมชาติจะพบการแพร่กระจายบริเวณเขตน้ำลงต่ำสุดส่วนกำแพงกันคลื่นพบการแพร่กระจายอยู่บริเวณเขตน้ำลงปานกลาง โดยพบการแพร่กระจายต่างกันเนื่องจากผลจากแนวกำแพงกันคลื่นที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิมีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับหาดหินธรรมชาติ

Ivesa et al. (2010) ทำการศึกษาความแตกต่างรูปแบบการแพร่กระจายของหอยฝาเดียวในเขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณกำแพงกันคลื่นที่แตกต่างกันระหว่าง sandstone เปรียบเทียบกับ คอนกรีตที่ทำเรือซีเมนต์ ประเทศออสเตรเลีย พบว่าหอยหมวกเจ๊ก (*Siphonaria denticulata*) มีความอุดมสมบูรณ์มากที่กำแพงกันคลื่น (sandstone) ส่วนหอยฝาเดียว (*Patelloida latistrigata*) มีความอุดมสมบูรณ์มากที่กำแพงกันคลื่นคอนกรีต ซึ่งพบการแข่งขันระหว่างหอยหมวกเจ๊ก (siphonarian) กับ หอยฝาเดียว (patellid) บน โครงสร้างเทียม ถึงแม้จะพบการแข่งขันของหอยฝาเดียวเป็นธรรมชาติตามที่อยู่ทางธรรมชาติโดยมีอิทธิพล การทดแทนที่ อัตราการรอด และปริมาณและชนิดของสาหร่าย ซึ่งหอยฝาเดียวทั้งสองชนิด พบที่บริเวณกำแพงกันคลื่นคอนกรีตมากกว่ากำแพงกันคลื่น (sandstone) เนื่องจากกำแพงกันคลื่นคอนกรีตพบการปกคลุมจำนวนมากของสาหร่ายขนาดใหญ่และขนาดเล็กจำนวนมาก ส่งผลต่อความชุกชุมของหอยฝาเดียวทั้ง 2 ชนิด

Aguilera et al. (2014) ทำการศึกษาเปรียบเทียบ โครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินบริเวณหาดหินธรรมชาติกับเขื่อนกันคลื่น (seawall) ทางตอนเหนือของประเทศจีน จากผลการศึกษาพบว่า โครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินบริเวณหาดหินธรรมชาติกับเขื่อนกันคลื่น (seawall) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยสิ่งมีชีวิตที่ส่งผลทำให้ โครงสร้างชุมชนมีความแตกต่างกันคือ หอยฝาเดียว (*Nodilittorina peruviana*) เพรียงหิน (*Jehlius cirratus*) สาหร่าย (*Ulvoids rigida* และ *U. compressa*) เนื่องจากมีความแตกต่างของความซับซ้อนเชิงพื้นที่ โดยพบบริเวณหาดหินธรรมชาติมากกว่าเขื่อนกันคลื่น พบว่าการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินชุดตะพานชนิดมีความสัมพันธ์กับรอยแตก รอยแยก ซึ่งดัชนีความหลากหลายของสัตว์หน้าดินมีความแตกต่างกันระหว่าง เขื่อนกันคลื่นและหาดหินธรรมชาติ พบว่าค่าดัชนีความหลากหลายและดัชนีความชุกชุมบริเวณหาดหินธรรมชาติสูงกว่าเขื่อนกันคลื่นทั้งระดับน้ำขึ้นสูงสุดถึงน้ำลงปานกลาง เนื่องจากบริเวณหาดหินธรรมชาติพบรอยแตกและแอ่งหินของพื้นที่สูงกว่าเขื่อนกันคลื่น โดยความซับซ้อนเชิงพื้นที่ส่งผลต่อการแพร่กระจายที่สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต (niche) ของสัตว์หน้าดินในหลายชนิด (ภาพที่ 2.9)



ภาพที่ 2.9 ความหลากหลาย (Shannon's index, H) และดัชนีความชุกชุมในเขตน้ำขึ้นสูงสุด – น้ำลง ปานกลางบนโครงสร้างเทียมและหาดหินธรรมชาติ

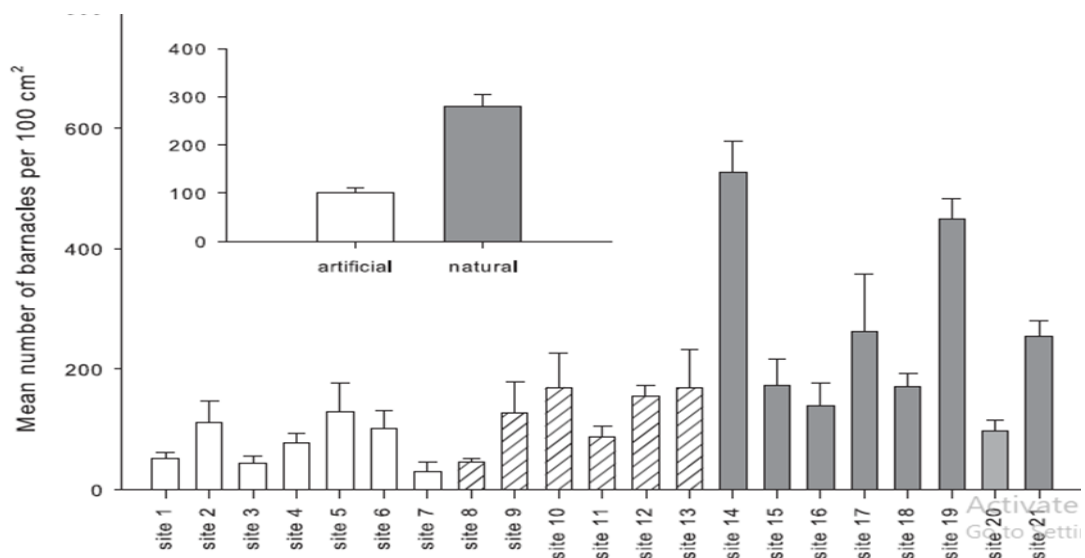
ที่มา: Aguilera et al. (2014)

Jebakumar et al. (2015) ทำการศึกษาความแตกต่างระหว่างโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณหาดหินและป้องกันการกัดเซาะประกอบด้วยโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะที่มีลักษณะลักษณะเหมือนหินที่แตกต่างกันเช่น Tetrapods, caissons และ Boulders และโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะ geotube ที่บริเวณชายฝั่งตะวันตกของอินเดีย (ภาพที่ 2.11) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า บริเวณ geotube พบสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ 13 species โดยหอยนางรมสีน้ำตาลพบบริเวณนี้เป็นสัตว์หน้าดินชนิดเด่น ส่วนหาดหินและโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะ Boulders มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต 19 ชนิด ส่วนโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะ Tetrapods พบความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต 18 ชนิด ในขณะที่โครงสร้างเทียม caissons, พบความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตน้อยที่สุด เนื่องจากลักษณะของโครงสร้างเป็นรูปทรงกระบอก บริเวณพื้นผิวของโครงสร้างได้รับอิทธิพลจากการกระทำของคลื่นมากกว่าโครงสร้างอื่นๆ โดยสิ่งมีชีวิตชนิดเด่นที่พบบริเวณหาดหินและโครงสร้างป้องกันการกัดเซาะที่มีลักษณะเหมือนหิน ได้แก่กลุ่มของสาหร่ายขนาดใหญ่ หอยสองฝาและสัตว์ขุดทะเลที่มีความหลากหลายสูงบริเวณนี้

Megina et al. (2016) ทำการศึกษาความชุกชุมสัตว์หน้าดินและความหลากหลายทางชีวภาพบนหาดหินธรรมชาติ กำแพงกันคลื่นและโป๊ะท่าเรือ เมืองซานดิเอโก ประเทศชิลี จากการศึกษาพบว่าโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินบริเวณหาดหินธรรมชาติ กำแพงกันคลื่นและโป๊ะท่าเรือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากโครงสร้างเทียมทั้งสองแหล่งที่อยู่อาศัยได้รับอิทธิพลจากแรงกระทำของคลื่นที่มาจากเรือโดยตรง ซึ่งโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินทั้ง

สามประเภทมีความแตกต่างของชนิดสัตว์หน้าดิน โดยพบว่าโป๊ะเรือมีความหลากหลายต่ำสุดซึ่งลักษณะพื้นที่ไม่เหมาะสมต่อการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินเมื่อเปรียบเทียบกับหาดหินธรรมชาติและกำแพงกันคลื่น

Martins et al. (2016) ทำการศึกษาเปรียบเทียบจำนวนประชากรของของเฟรียง *Chthamalus stellatus* บน โครงสร้างเทียมและหาดหิน บริเวณเกาะ Sao Miguel Island ประเทศโปรตุเกส โดยโครงสร้างเทียมมีทั้งหมด 13 แห่งแบ่งออกเป็น 7 แห่งเป็นโครงสร้างหินบะซอลต์ และ 6 แห่งเป็นโครงสร้างคอนกรีต ซึ่งผลการศึกษาพบว่าจำนวนของเฟรียง *C. stellatus* จำนวนน้อยกว่าถึง 35 % บน โครงสร้างทั้งสองประเภท โดยไม่คำนึงถึงประเภทของโครงสร้างเมื่อเปรียบเทียบกับหาดหินธรรมชาติ (ภาพที่ 2.10) ซึ่งพบว่าการเจริญเติบโตและการตายมีความคล้ายคลึงกันระหว่างโครงสร้างเทียมและหาดหินธรรมชาติ ซึ่งในตรงกันข้ามพบว่าเพียงหินที่มีขนาดใหญ่มีการทดแทนที่บนหาดหินธรรมชาติมากกว่าโครงสร้างเทียม จำนวนประชากรของเฟรียงหิน *C. stellatus* บริเวณโครงสร้างเทียมและหาดธรรมชาติมีแตกต่างกันเนื่องจากปัจจัยทางกายภาพเช่นความสูงของชายฝั่ง ความชันของแหล่งที่อยู่อาศัยซึ่งมีผลต่อการสัมผัสน้ำกับอากาศทำให้มีเวลากินอาหารเพิ่มมากขึ้นมีผลที่ทำให้จำนวนประชากรของเฟรียงหิน *C. stellatus* ที่ต่างกัน



ภาพที่ 2.10 จำนวนเฉลี่ยของเฟรียงหิน *Chthamalus stellatus* บนโครงสร้างเทียมที่ทำจากหินบะซอลต์ (แถบสีขาว) ทำจากคอนกรีต (แถบมีลาย) และชายฝั่งธรรมชาติ (แถบสีเทา) บริเวณเกาะ Sao Miguel Island ประเทศโปรตุเกส

ที่มา: Martins et al. (2016)

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

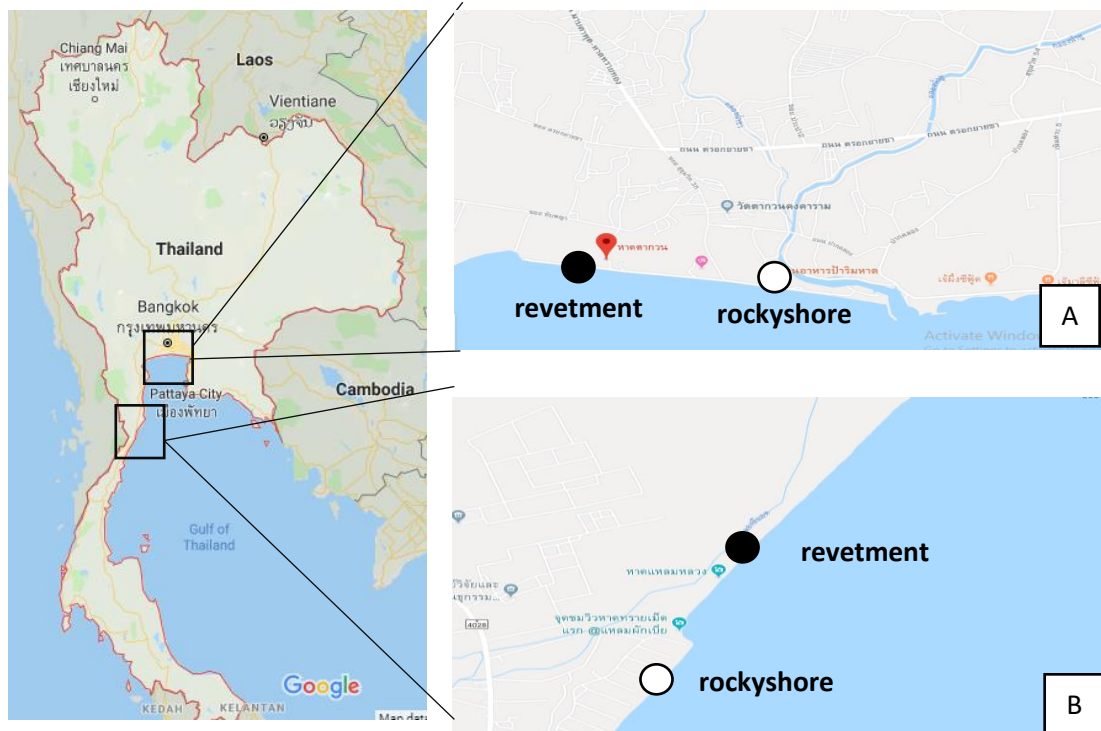
3.1 อุปกรณ์

- 3.1.1 กรอบสี่เหลี่ยม ทำด้วยโลหะ(quadrat) ขนาด 25 x 25 เซนติเมตร พร้อมขาตั้งกล้อง
- 3.1.2 กล้องถ่ายภาพรูปดิจิทัล (Panasonic DMC-TZ5)
- 3.1.3 ขวดสำหรับเก็บตัวอย่างขนาด 250 มิลลิลิตร
- 3.1.4 เทปวัดระยะ ความยาว 50 เมตร
- 3.1.5 ฟอรัมาลีน 10%
- 3.1.6 กล้อง Stereomicroscope
- 3.1.7 ไม้วัดความชันหาค
- 3.1.8 ปากคีบปลายแหลม (Forcep)

3.2 พื้นที่ศึกษา

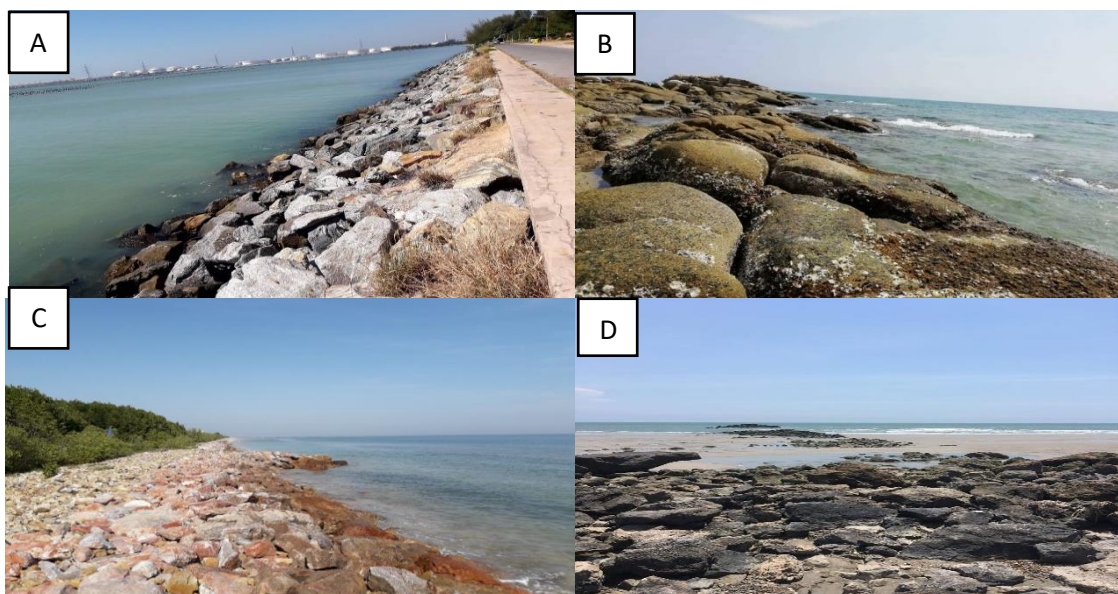
การศึกษาโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินในเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติในบริเวณใกล้เคียงดำเนินการใน 2 จังหวัดคือ (1) จังหวัดระยอง ประกอบด้วยเขื่อนหินทิ้ง หาดตากวน ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมืองระยอง (ละติจูด 12.671565° เหนือ ลองจิจูด 101.167360° ตะวันออก) สภาพโดยทั่วไปของเขื่อนหินทิ้ง มีความยาวประมาณ 1.8 กิโลเมตร เป็นพื้นที่มีระดับความรุนแรงของการถูกกัดเซาะอยู่ในระดับวิกฤต ส่วนหาดหินธรรมชาติคือ ลานหินขาวซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหาดแม่รำพึง ตำบลเพ (ละติจูด 12.610950° เหนือ ลองจิจูด 101.384249° ตะวันออก) ห่างจากเขื่อนหินทิ้งหาดตากวนประมาณ 24 กิโลเมตร มีความยาวชายหาดประมาณ 0.3 กิโลเมตร ชนิดของหินบริเวณลานหินขาว เป็นหิน โปไทต์-มัสโคไวต์ แกรนิต สีขาวอมเทาประจุดำ เนื้อหยาบถึงปานกลาง มีแร่ประกอบหินคือ แร่ควอตซ์ประมาณ 58% แร่ออร์โทเคลสประมาณ 30% แร่โปไทต์และมัสโคไวต์ประมาณ 10% และแร่อื่นๆ อีกประมาณ 2% มีสายเพ็กมาไทต์และผนังแร่ควอตซ์แทรกคัดเข้ามาในเนื้อหิน (2) จังหวัดเพชรบุรี ประกอบด้วยเขื่อนหินทิ้ง หาดแหลมหลวง ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี (ละติจูด 13.043943° เหนือ ลองจิจูด 100.094488° ตะวันออก) มีความยาวตลอดชายหาดประมาณ 1.8 กิโลเมตร ระดับความรุนแรงในการถูกกัดเซาะจัดอยู่ในระดับเร่งด่วน ส่วนหาดหินบริเวณใกล้เคียงหาดแหลมหลวง ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม (ละติจูด 13.040766° เหนือ ลองจิจูด 100.093171° ตะวันออก) ห่างจากเขื่อนหินทิ้งของหาดหลวงประมาณ 0.38 กิโลเมตร มีความยาวของหาดหินประมาณ 0.14 กิโลเมตร หาดหินมีลักษณะแนวหินเรียงตามยาวก้อนหินมีลักษณะแบบ boulder กับ cobble ปะปนกัน พื้นที่ศึกษาทั้งสองจังหวัดได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตามฤดูกาล 2 แบบคือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนมิถุนายนถึง

กลางเดือนตุลาคมในฤดูฝน และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างกลางเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นฤดูหนาว (ภาพที่ 3.1 – 3.2)



ภาพที่ 3.1 เชื้อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณ (A) จังหวัดระยอง (B) จังหวัดเพชรบุรี และสถานที่เก็บตัวอย่างทั้ง สัญลักษณ์ (●) แสดงถึงเชื้อนหินทิ้ง และ สัญลักษณ์ (○) แสดงถึงหาดหินธรรมชาติ

ที่มา: <https://www.google.com/maps/place/Thailand>



ภาพที่ 3.2 ลักษณะทางภูมิประเทศของสถานที่เก็บตัวอย่าง (A) เชื้อนหินทิ้งจังหวัดระยอง (B) หาดหินขาวจังหวัดระยอง (C) เชื้อนหินทิ้ง จังหวัดเพชรบุรี และ (D) หาดหินธรรมชาติจังหวัดเพชรบุรี

3.3 วิธีการศึกษา

3.3.1 การสำรวจและเก็บตัวอย่าง

กำหนดแนวน้ำลงต่ำสุด (low shore) ของพื้นที่ศึกษาในแต่ละแห่ง คือ 1.3 และ 1.4 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางของเขื่อนหินทิ้ง และ หาดหินธรรมชาติ ตามลำดับ โดยอ้างอิงจากข้อมูลมาตราน้ำกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ โดยกำหนดแนวเส้นสำรวจ 3 แนวคือ พื้นที่ A (1.3 , 1.7 และ 2.1 เมตร) และ พื้นที่ B (1.4 , 2.4 และ 3.4 เมตร) โดยเลือกระดับน้ำลงต่ำสุด (low shore) และน้ำขึ้นสูงสุด (high shore) ที่สามารถทำได้ในรอบปี ส่วนระดับน้ำลงปานกลาง (mid shore) คำนวณได้จากการหาค่าพิสัยของระดับน้ำขึ้นสูงสุด- น้ำลงต่ำสุดในรอบปี โดยความสูงของระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นวัดได้จากการวางไม้ระดับไว้ที่จุดเริ่มต้น หลังจากนั้นดึงไม้ระดับตามระดับความสูงที่ต้องการโดยมองผ่านช่องวัดระดับเห็นหาดนั้นคือระดับความสูงที่ต้องการทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 3 เดือนในเดือน มีนาคม กรกฎาคม พฤศจิกายน 2561 และ มีนาคม 2562 แต่ละพื้นที่ในช่วงน้ำลงต่ำสุดของเดือน ตามวิธีการของ Aguilera et al. (2014) โดยลากเทปวัดระยะขนานกับชายฝั่งตามแนวระดับน้ำที่กำหนด เป็นระยะทาง 20 เมตรแล้วสุ่มวาง quadrat ขนาด 0.25x0.25 เมตร เหนือเสาถนนเส้นเทพโดยใช้ตารางสุ่ม จำนวน 20 ครั้ง ทำการบันทึกชนิดและนับจำนวนสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ทุกชนิดที่พบภายในแต่ละ quadrat และบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิทัล (Murray et al. 2002, Preskitt et al. 2004) กรณีที่ quadrat วางบนหินที่มีขนาดเล็กจะพลิกก้อนหินขึ้น แล้วทำการบันทึกข้อมูลสิ่งมีชีวิตที่อาจพบได้เห็น

3.3.1.1 การวัดความชันของเขื่อนหินทิ้งและหาดหิน

วางแนวเส้นสำรวจ (Line Transect) จากแนวต่ำสุดถึงแนวสูงสุดของหิน โดยคนแรกจะยืนอยู่แนวบนแนวสูงสุดของหินพร้อมกับถือไม้วัดเป็นเมตรตั้งตรง โดยการประมาณค่าระดับความสูงของไม้เมตรด้วยสายตาโดยเล็งกับแนวขอบฟ้าและน้ำทะเล คนที่สองจะยืนถือไม้วัดเช่นเดียวกัน โดยที่เป็นคนเลื่อนมือขึ้นลงเพื่อให้ได้ระดับสายตาเดียวกับคนแรกพร้อมอ่านระดับนั้นบนไม้วัดความชัน ทำทุกๆ 0.5 เมตร โดยเดินให้เป็นแนวเส้นตรงเดียวกันและต้องตั้งฉากกับแนวแผ่นดินและวัดระดับใหม่ทำแบบนี้เรื่อยๆ จนหมดแนวเส้นสำรวจ

3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

จำแนกชนิด นับจำนวน และคำนวณความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ และประเมินสภาพพื้นที่อยู่อาศัย (microhabitat) เช่น รอยแตกรอยแยก (crevices) และ แอ่งหิน (rock pool)

3.3.2.1 การคำนวณดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ

(1) ดัชนีความมากมายชนิด (species richness หรือ richness index)

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงจำนวนของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ต่อหน่วยพื้นที่ (Ludwig and Reynold, 1986) คำนวณจากสมการ

$$R = (S - 1) / \ln(n) \quad (3.1)$$

โดย R = ดัชนีความมากชนิด

S = จำนวนวงศ์ทั้งหมดที่พบ

n = จำนวนตัวของสัตว์หน้าดินที่พบทั้งหมด

\ln = natural logarithm

(2) ดัชนีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต (Shannon-Weiner diversity index: H')

$$H' = -\sum p_i (\ln p_i) \quad (3.2)$$

โดย $P_i = n_i / N$

n_i = จำนวนตัวของสัตว์ทะเลหน้าดินของชนิดนั้น

N = จำนวนตัวสัตว์ทะเลหน้าดินทั้งหมด

(3) ดัชนีความเท่าเทียมของสิ่งมีชีวิต (Pielou's evenness index: J) (Ludwig and Reynold.,1986)

$$J' = H / \ln S \quad (3.3)$$

โดย J' = ดัชนีความเท่าเทียม

H = ดัชนีความหลากหลาย

S = จำนวนวงศ์ของสัตว์หน้าดินที่พบบริเวณนั้น

3.3.2.2 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การปกคลุมและประเมินความซับซ้อนเชิงพื้นที่ (microhabitat)

วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม image J. โดยทำการติดตารางภาพแล้วกำหนดจุด 100 จุด โดยวิเคราะห์ 1 จุดคิดเป็น 1 % ต่อสิ่งมีชีวิตในแต่ละพื้นที่ กับการวิเคราะห์ความซับซ้อนเชิงพื้นที่ (microhabitat) ทำเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การปกคลุม และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.3.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

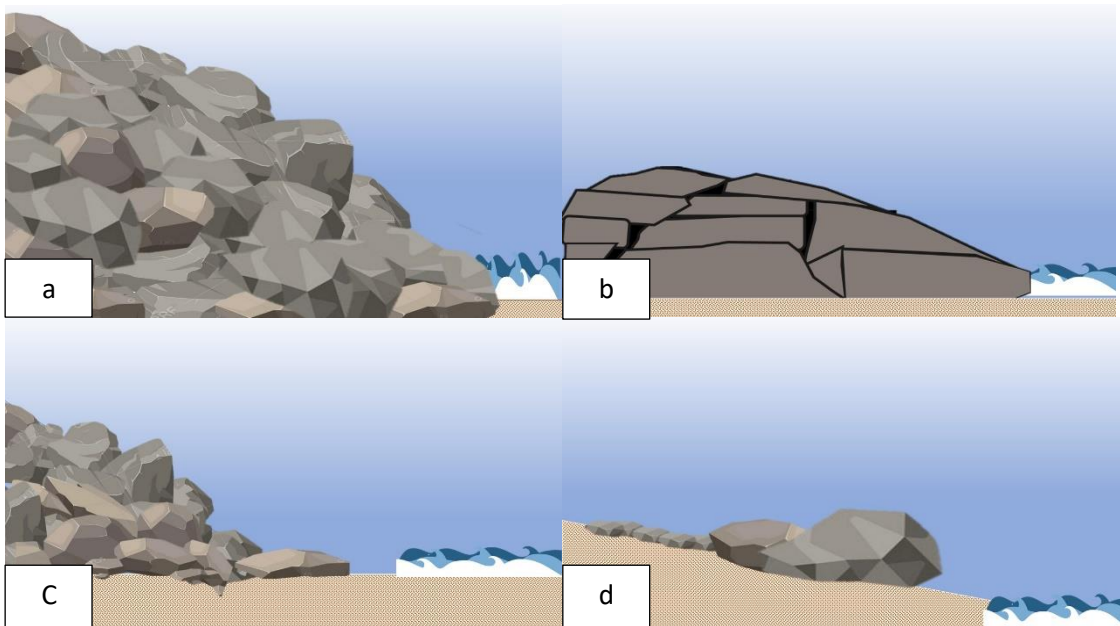
การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของดัชนีความหลากหลายของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยดัชนีความมากชนิด (species richness) ดัชนีความหลากหลาย (diversity) ดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness) รวมถึง ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์การปกคลุม และความซับซ้อนเชิงพื้นที่ ระหว่างสถานที่ (จังหวัด) พื้นที่ (เขื่อนหินทิ้งและหาดหินบริเวณใกล้เคียง) ระดับน้ำ และช่วงเวลา(แต่ละครั้งของการเก็บข้อมูล) ใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสี่ทาง (Four Ways ANOVA) การวิเคราะห์โครงสร้างชุมชนใช้วิธีการ Cluster analysis โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป PAST

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของ (a) เขื่อนหินทิ้ง บริเวณหาดตากวนตำบลมาบตาพุด อำเภอเมืองระยอง และ (b) หาดหินธรรมชาติ ลานหินขาวบริเวณหาดแม่รำพึง จังหวัดระยอง (c) เขื่อนหินทิ้ง บริเวณหาดแหลมหลวง อำเภอบ้านแหลม ตำบลแหลมผักเบี้ย และ (d) หาดหินบริเวณใกล้เคียงจังหวัดเพชรบุรี พบว่าความลาดชันมีความแตกต่างกัน โดยบริเวณเขื่อนหินทิ้งในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีมีความลาดชันสูงกว่าหาดหินธรรมชาติทั้ง 2 สถานที่ ซึ่งพบเขื่อนหินทิ้งในจังหวัดระยองมีความลาดชันสูงที่สุด และต่ำที่สุดคือหาดหินธรรมชาติจังหวัดเพชรบุรี โดยเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติในจังหวัดระยองตั้งอยู่ใกล้แนวลงต่ำสุดมากกว่าในจังหวัดเพชรบุรีดังภาพที่ 4.1

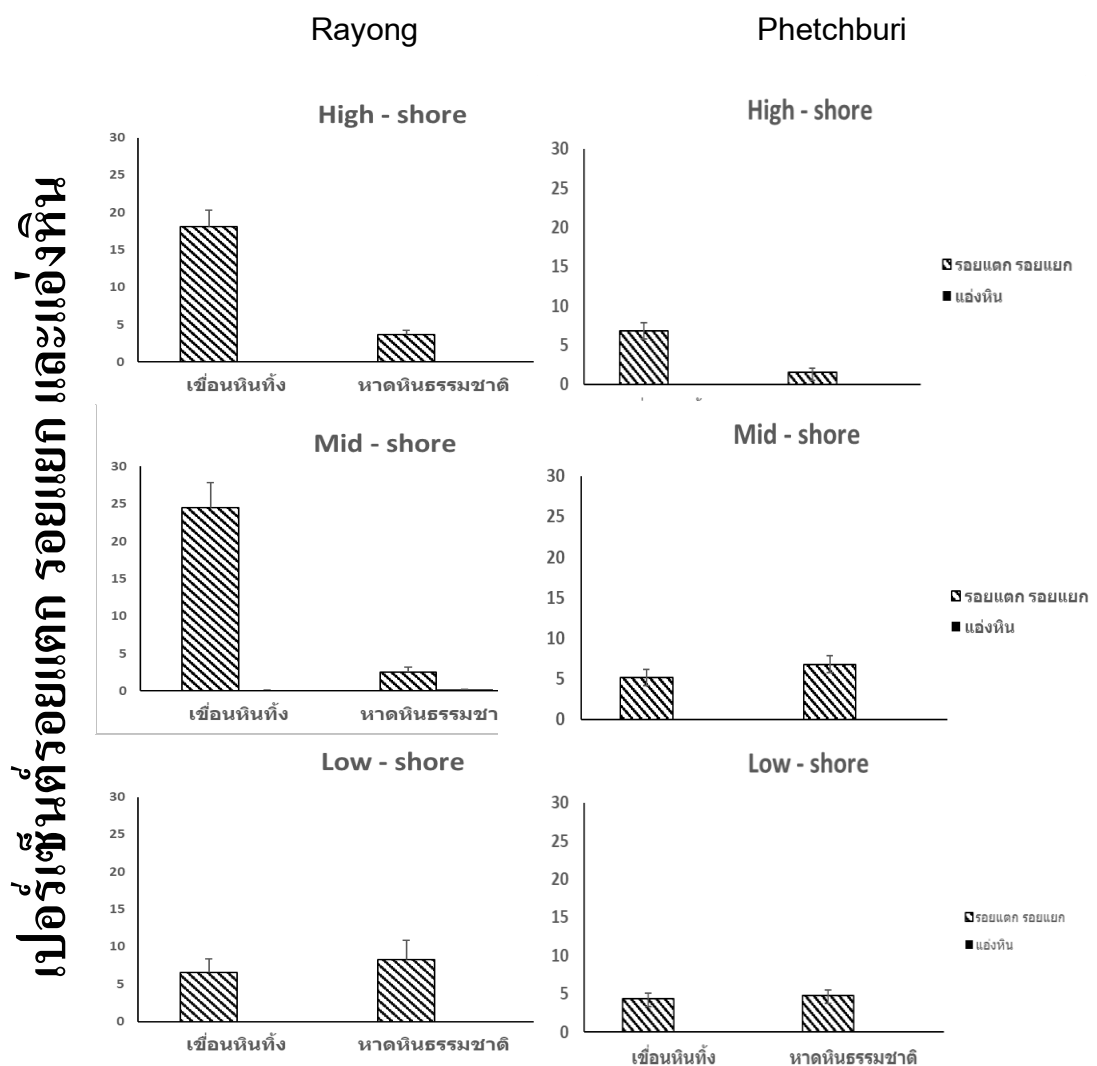


ภาพที่ 4.1 รูป graphic แสดงความแตกต่างลักษณะทางกายภาพบริเวณ (a) เขื่อนหินทิ้ง จังหวัดระยอง (b)หาดหินธรรมชาติ จังหวัดระยอง (c) เขื่อนหินทิ้ง จังหวัดเพชรบุรี (d) หาดหินธรรมชาติจังหวัดเพชรบุรี

จากการวิเคราะห์ความซับซ้อนเชิงพื้นที่ในจังหวัดระยอง และ จังหวัดเพชรบุรี บริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ แบบ 3-factors ANOVA ระหว่างสถานที่ (Location),แหล่งที่อยู่อาศัย (Habitat)และ เขตน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal) พบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างสถานที่ (Location) และ แหล่งที่อยู่อาศัย (Habitat) และมีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างสถานที่ (Location) x แหล่งที่อยู่อาศัย (Habitat) ($P < 0.05$, $R = 0.453$)ดังตารางที่ 4.1

จังหวัดระยอง พบว่าบริเวณเขื่อนหินทิ้งมีรอยแตก รอยแยก สูงกว่าบริเวณหาดหินธรรมชาติ โดยบริเวณเขื่อนน้ำขึ้นสูงสุด เขื่อนหินทิ้ง พบรอยแตก รอยแยกมีค่าเท่ากับ $18.15 \pm 2.16\%$ ส่วนหาดหินธรรมชาติมีค่าเท่ากับ $3.68 \pm 0.61\%$ ส่วนเขื่อนน้ำลงปานกลางเขื่อนหินทิ้งมีค่าเท่ากับ $24.51 \pm 3.29\%$ ส่วนหาดหินธรรมชาติมีค่าเท่ากับ $2.50 \pm 0.67\%$ และเขื่อนน้ำลงต่ำสุด บริเวณเขื่อนหินทิ้งมีค่าอยู่ที่ $6.53 \pm 1.85\%$ ส่วนหาดหินธรรมชาติมีค่าเท่ากับ $8.29 \pm 2.56\%$

จังหวัดเพชรบุรี พบว่าบริเวณหาดหินธรรมชาติมี รอยแตก รอยแยก สูงกว่าบริเวณเขื่อนหินทิ้ง โดยพบสูงสุดที่ระดับน้ำลงปานกลาง มีค่าเท่ากับ $6.75 \pm 1.17\%$ และพบต่ำสุดที่ระดับน้ำขึ้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ $1.50 \pm 0.53\%$ จากการสำรวจพบการกระจายตัวของแอ่งหิน (rockpool) พบเฉพาะบริเวณหาดหินจังหวัดระยอง เขื่อนน้ำขึ้นปานกลาง – น้ำลงต่ำสุดมีค่าอยู่ที่ $1.71 \pm 0.40\%$ และ $0.48 \pm 0.09\%$ ตามลำดับ(ภาพที่ 4.2)



ภาพที่ 4.2 ประเมินความซับซ้อนเชิงพื้นที่เช่นรอยแตก รอยแยก และแอ่งหินในเขื่อนน้ำขึ้นน้ำลง บริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณจังหวัดระยองและเพชรบุรี

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์หีสถิติ (Three way ANOVA) ประเมินความซับซ้อนเชิงพื้นที่เช่นรอยแตก รอยแยก ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	7848.984	1	7848.984	38.065	<0.001
Habitat (H)	9645.676	1	9645.676	46.778	<0.001
Tidal (Ti)	2261.515	2	1130.757	5.484	0.004
LxH	6578.301	1	6578.301	31.902	<0.001
LxTi	1021.394	2	510.697	2.477	0.085
HxTi	6601.190	2	3300.595	16.007	<0.001
L x H x Ti	6294.127	2	3147.064	15.262	<0.001
Error	195479.312	948	206.202		
Total	293375.000	960			

R Squared = 0.171, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2 ชนิด และความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี

จากการศึกษาสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อนน้ำลงต่ำสุดถึงเขื่อนน้ำขึ้นสูงสุด บริเวณเขื่อนหินทิ้งและ หาดหินธรรมชาติจังหวัดระยอง และบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินบริเวณใกล้เคียงจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม ปี 2561 ถึง มีนาคม ปี 2562 พบสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ทั้งหมด 2 ไฟลัม 17 ชนิด ประกอบด้วย ไฟลัม Arthropoda และ ไฟลัม Mollusca (ตารางที่ 4.2) สัตว์หน้าดินส่วนใหญ่อยู่ในไฟลัม Mollusca ในชั้น Gastropoda (หอยฝาเดียว) Bivalvia (หอยสองฝา) และ Polyplacophora (ลึนทะเล) หอยฝาเดียวประกอบด้วยหอยจี่ตา 2 ชนิด (*Echinolittoria malaccana* และ *E. radiata*) หอยฝาเดียวสกุล *Littoraria* หอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) กลุ่มของหอยมะระ 2 ชนิด (*Morula granulata* และ *Thais clavigera*) และกลุ่มของหอยฝาชี (limpet) *Cellana toreuma* และ *Patelloida saccharina* หอยน้ำพริก (*Nerita albicilla*) และกลุ่มของหอยสองฝาประกอบด้วย หอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) หอยสองฝาในวงศ์ Mytilidae 2 ชนิด หอยแมลงภู (*Perna viridis*) และ หอยกะพง (*Brachidontes pharaonis*) และ หอยสองฝาชนิด *Isognomon nucleus* และกลุ่มของลึนทะเล (chiton) *Lepidozona luzonica* ส่วนในไฟลัม Arthropoda ประกอบด้วย เพรียงจิบ (*Chthamalus squamosal*) เพรียงภูเขาไฟ (*Tetraclita squamosa*) และ เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*)

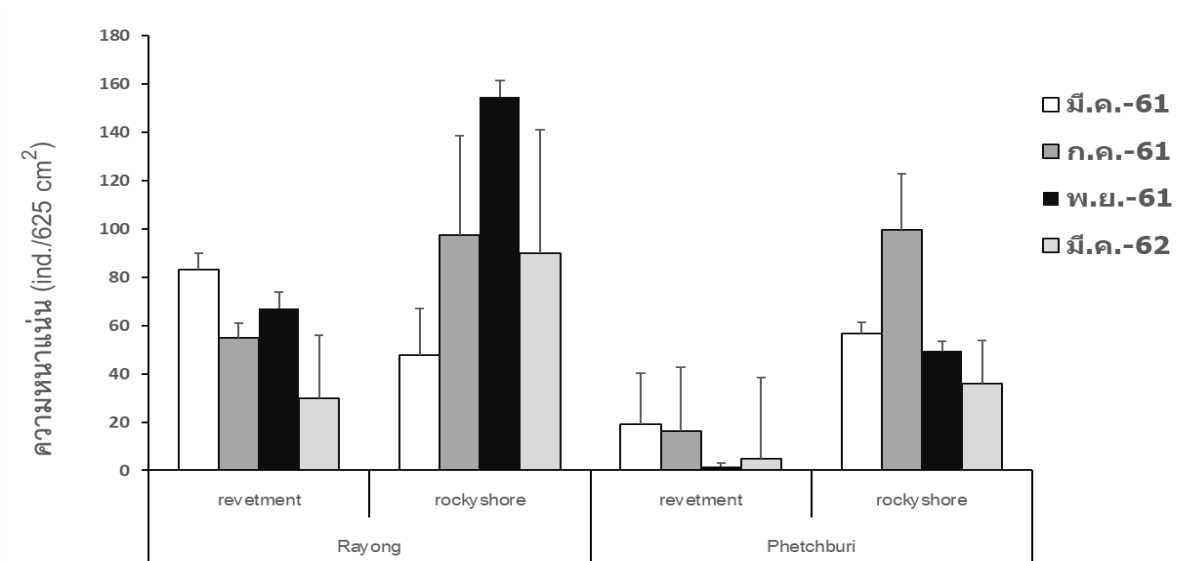
ตารางที่ 4.2 รายชื่อชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อนหินทิ้ง (rv) และหาดหินบริเวณใกล้เคียง (rs) ที่เก็บจาก จังหวัดระยอง และจังหวัดเพชรบุรี ในเดือนมีนาคม ปี 2561 ถึง มีนาคม ปี 2562

Phylum	Class	Family	Species	Rayong		Petchburi	
				rv	rs	rv	rs
Arthropoda	Cirripedia	Tetraclitidae	<i>Tetraclita squamosa</i>		√		
	Malacostraca	Chthamalidae	<i>Chthamalus squamosal</i>	√	√	√	√
	Maxillopoda	Balanidae	<i>Amphibalanus amphitrite</i>	√	√		√
Mollusca	Polyplacophora	Ischnochitonidae	<i>Lepidozona luzonica</i>	√	√		
	Bivalvia	Mytilidae	<i>Brachidontes pharaonis</i>	√	√	√	√
			<i>Perna viridis</i>	√	√		
		Isognomonidae	<i>Isognomon nucleus</i>		√		
		Ostreidae	<i>Saccostrea cucullata</i>	√	√	√	√
	Gastropoda	Patellidae	<i>Cellana toreuma</i>	√			
		Planaxidae	<i>Planaxis sulcatus</i>	√	√		√
		Lottiidae	<i>Patelloida saccharina</i>	√	√	√	√
		Littorinidae	<i>Echinolittoria malaccana</i>	√	√	√	√
			<i>E. radiata</i>	√	√	√	√
			<i>Littoraria sp.</i>				√
		Muricidae	<i>Morula granulata</i>	√	√		
			<i>Thais clavigera</i>		√		
	Neritidae	<i>Nerita albicilla</i>		√			

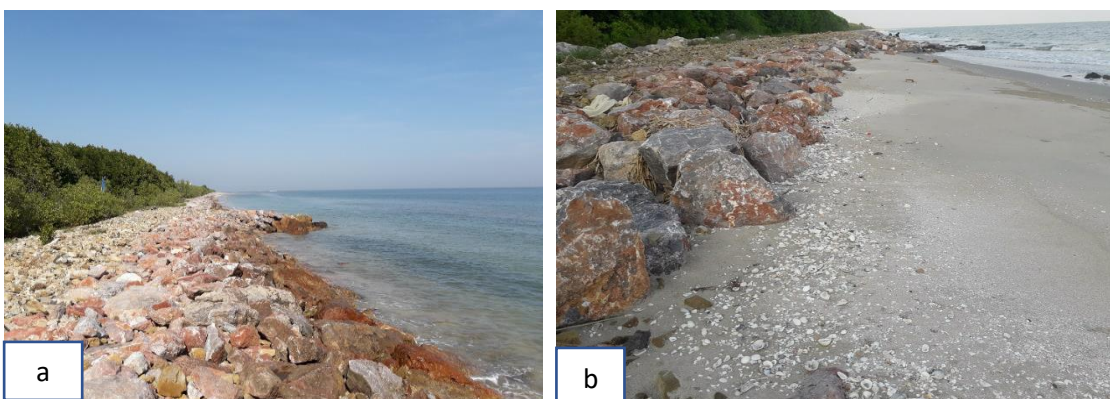
จากการศึกษาความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในจังหวัดระยองบริเวณเขื่อนหินทิ้ง และหาดหินธรรมชาติ (ภาพที่ 4.2) พบว่าบริเวณเขื่อนหินทิ้ง จังหวัดระยองในเดือนกรกฎาคม 2561 และ มีนาคม 2562 มีความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ลดลงจากเดือนมีนาคม 2561 จาก 83.00 ± 6.81 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร เป็น 54.98 ± 19.30 และ 29.82 ± 4.67 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร ส่วนบริเวณหาดหินธรรมชาติ จังหวัดระยองมีความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นจากเดือน มีนาคม 2561 จาก 47.70 ± 5.93 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร เป็น 97.57 ± 41.04 และ 154.77 ± 26.62 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร ในเดือน กรกฎาคม และ พฤศจิกายน 2561 ตามลำดับและลดลงในเดือนมีนาคม 2562 อยู่ที่ 89.95 ± 23.26 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร จากการวิเคราะห์สถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 4.3

จากการศึกษาความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในจังหวัดเพชรบุรีบริเวณเขื่อนหินทิ้ง และหาดหินธรรมชาติ (ภาพที่ 4.3) พบว่าบริเวณเขื่อนหินทิ้ง จังหวัดเพชรบุรีพบความหนาแน่นจาก

18.95 ± 6.88 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตรในเดือนมีนาคม 2561 ลดลงเป็น 16.98 ± 6.85 และ 1.58 ± 1.36 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร ในเดือน กรกฎาคม และ พฤศจิกายน 2561 ตามลำดับ โดยในเดือนมีนาคม 2562 พบความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยคือ 4.83 ± 3.93 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร ในเดือนพฤศจิกายน 2561 พบความหนาแน่นลดลงอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากการพัดพาตะกอนขึ้นมาทับถมจำนวนมากบริเวณเขื่อนหินทิ้ง จังหวัดเพชรบุรี(ภาพที่ 4.4) ส่วนบริเวณหาดหินธรรมชาติความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินมีแนวโน้มลดลง ในเดือนกรกฎาคม 2561 อยู่ที่ 99.48 ± 51.09 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร เป็น 49.58 ± 33.55 และ 36.05 ± 23.26 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร ในเดือนพฤศจิกายน 2561 และเดือนมีนาคม 2562 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 ความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่(ind./625cm²) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี ในเดือนมีนาคม 2561 ถึง มีนาคม 2562



ภาพที่ 4.4 ภาพเปรียบเทียบบริเวณเขื่อนหินทิ้งจังหวัดเพชรบุรีพบว่าในช่วงมรสุมมีการพัดพาของตะกอนทรายมาทับถมจำนวนมากบริเวณเขื่อนหินทิ้ง (a) บริเวณเขื่อนหินทิ้งในเดือนมีนาคม 2561 (b) บริเวณเขื่อนหินทิ้งในเดือนพฤศจิกายน 2561

เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในจังหวัดระยอง และจังหวัดเพชรบุรีบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ พบว่าในจังหวัดระยองสูงกว่าจังหวัดเพชรบุรี โดยสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่สำคัญคือ มอลลัสก์ กลุ่ม Gastropoda คือ หอยขี้ตา (*Echinolittoria malaccana* และ *E. radiata*) หอยครงแครง (*Planaxis sulcatus*) และ หอยหมวกเจ๊ก (*Patelloida saccharina*) หอยฝาเดียววงศ์ *Littoraria* sp. และ หอยสองฝา 2 ชนิดคือ หอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) หอยกะพง (*Brachidontes pharaonis*) และสัตว์หน้าดินในไฟลัม Arthropoda คือ เพรียงจีบ (*Chthamalus squamosal*) และ เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) (ภาพที่ 4.5 – 4.8) จากการวิเคราะห์สถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสถานที่ที่ทำการศึกษา ($P < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบแหล่งที่อยู่อาศัยระหว่างเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีพบความหนาแน่นบริเวณหาดหินธรรมชาติสูงกว่าเขื่อนหินทิ้งใน 2 สถานที่ (ภาพที่ 4.3)

จากการศึกษาความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี บริเวณเขื่อนน้ำขึ้นสูงสุดถึงเขื่อนน้ำลงต่ำสุด โดยพบแนวโน้มความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินลดลงเมื่อระดับน้ำใกล้แนวน้ำขึ้นสูงสุด การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในทั้งสองพื้นที่มีรูปแบบที่แน่นอน ในกลุ่มของสัตว์หน้าดินชนิดเด่นนั้น หอยขี้ตา (*Echinolittoria malaccana*) พบการแพร่กระจายอยู่บริเวณเขื่อนน้ำขึ้นสูงสุดถึงเขื่อนน้ำลงปานกลางที่ระดับความสูง 3.4 – 1.7 เมตร ส่วน หอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullate*) เพรียงจีบ (*Chthamalus squamosal*) เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) พบการแพร่กระจายอยู่บริเวณเขื่อนน้ำลงปานกลางถึงเขื่อนน้ำลงต่ำสุดที่ระดับความสูง 2.4 – 1.3 เมตร ส่วน หอยครง (*Planaxis sulcatus*) และ หอยหมวกเจ๊ก (*Patelloida saccharina*) และ หอยกะพง (*Brachidontes pharaonis*) พบการแพร่กระจายอยู่บริเวณเขื่อนน้ำลงปานกลางถึงเขื่อนน้ำลงต่ำสุดที่ระดับความสูง 1.7 – 1.3 เมตร ส่วนหอยฝาเดียววงศ์ *Littoraria* sp และ หอยขี้ตา (*E. radiata*) พบการแพร่กระจายอยู่บริเวณเขื่อนน้ำขึ้นสูงสุดถึงเขื่อนน้ำลงต่ำที่ระดับความสูง 3.4 - 1.4 เมตร

ตารางที่ 4.3 ค่าการวิเคราะห์สถิติ (Four way ANOVA) ความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ (ind/625cm²) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียง ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม 2561 ถึง มีนาคม 2562

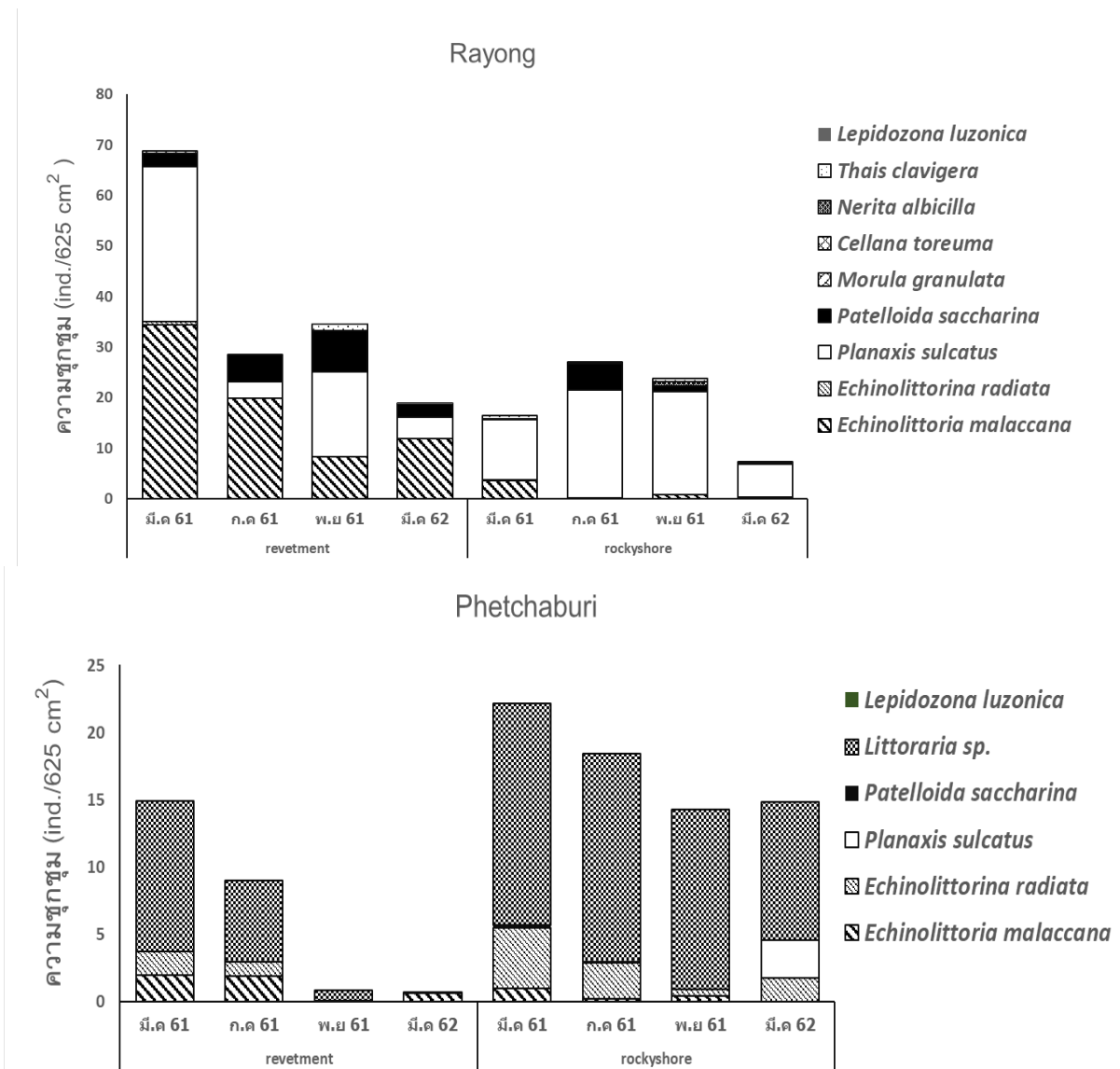
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	21873.075	1	21873.075	24.411	< 0.001
Habitat (H)	23658.540	1	23658.540	26.404	< 0.001
Tidal (Ti)	19550.893	2	9775.447	10.910	0.002
Time (T)	6488.753	3	2162.918	2.414	0.117
L x H	378.844	1	378.844	0.423	0.528
L x Ti	1911.140	2	955.570	1.066	0.375
L x T	7936.348	3	2645.449	2.952	0.076
H x Ti	5621.470	2	2810.735	3.137	0.080
H x T	8293.883	3	2764.628	3.085	0.068
Ti x T	7990.548	6	1331.758	1.486	0.263
L x H x Ti	2748.750	2	1374.375	1.534	0.255
L x H x T	6659.310	3	2219.770	2.477	0.111
H x Ti x T	3629.291	6	604.882	0.675	0.673
Error	10752.314	12	896.026		
Total	282119.887	48			

R Squared = 0.916, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.3 ความชุกชุมของหอยฝาเดียวบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี

จากการศึกษาความชุกชุมของหอยฝาเดียวที่พบมากที่สุด ในจังหวัดระยอง ได้แก่ หอยจี่ตา (*Echinolittoria malaccana*) หอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) และ หอยหมวกเจ๊ก (*Patelloida saccharina*) โดยพบหอยจี่ตามากที่สุด โดยมีความชุกชุมระหว่าง 0.70 – 34.38 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร หอยครองแครง (*P. sulcatus*) จำนวน 3.20 – 30.62 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร หอยหมวกเจ๊ก (*P. saccharina*) พบความชุกชุมอยู่ที่ 1.08 – 8.13 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 4.3a) ส่วนในจังหวัดเพชรบุรี ความชุกชุมของหอยฝาเดียวที่พบมากที่สุดคือ หอยฝาเดียววงศ์ Littorinidae ได้แก่ *Littoraria* sp. ต่ำสุดพบความชุกชุมอยู่ที่ 0.00 – 16.40 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือ หอยจี่ตา *E. radiata* พบความชุกชุมอยู่ที่ 0.00 – 4.46 ตัวต่อ 625 ตาราง

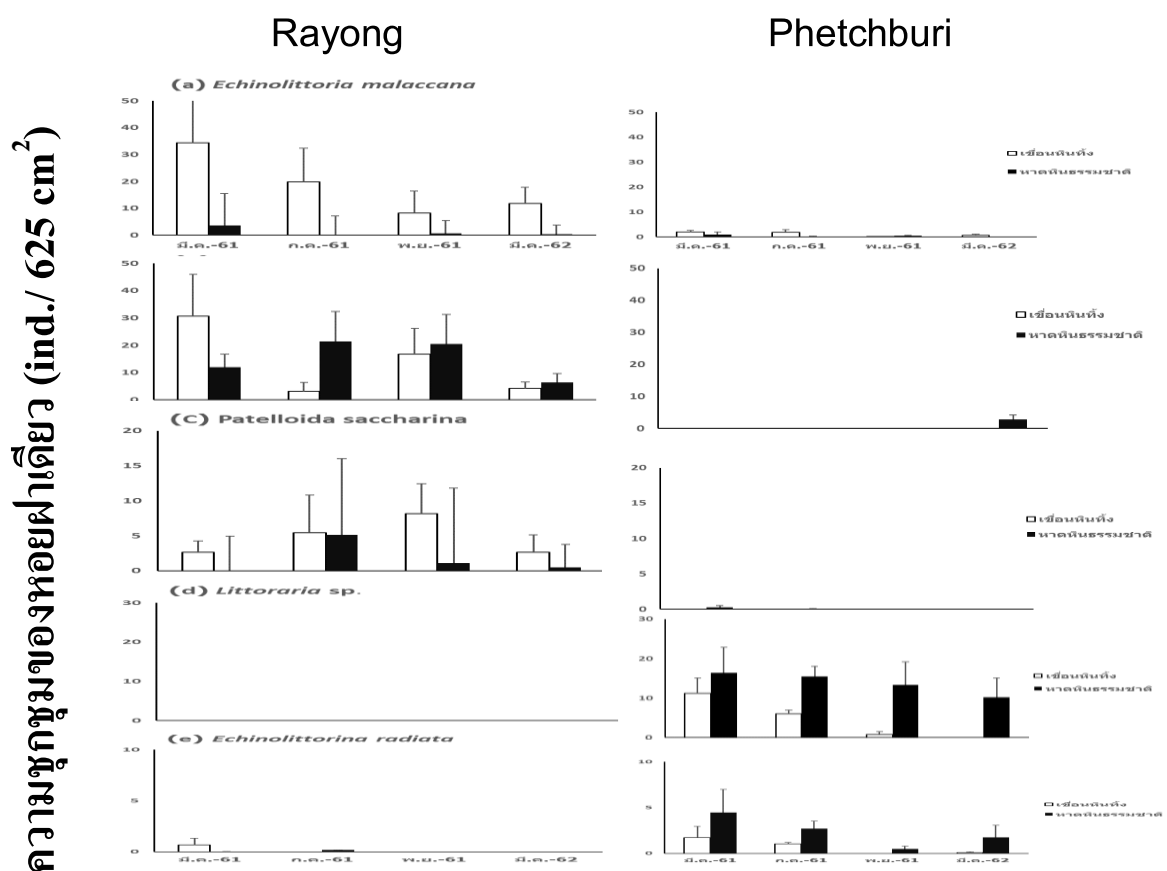
เซนติเมตร และ หอยจี่ตา (*E. malaccana*) ซึ่งพบการแพร่กระจายอยู่พบความชุกชุมอยู่ที่ 0.02 – 1.98 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 4.5)



ภาพที่ 4.5 ความชุกชุม (ind./625 cm²) ของหอยฝาเดียว ในจังหวัดระยอง และเพชรบุรีในเดือน มีนาคม 2561 และ มีนาคม 2562

ผลจากการสำรวจความชุกชุมของหอยฝาเดียวทั้งหมดในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี บริเวณเขตน้้ำขึ้นสูงสุดถึงเขตน้้ำลงต่ำสุดเมื่อน้ำไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า หอยฝาเดียวในวงศ์ Littorinidae (*E. malaccana*, *Littoraria sp.*, *E. radiata*) หอยครองแครง (*P. sulcatus*) และหอยหมวกเจ๊ก (*P. saccharina*) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าความชุกชุมของ หอยจี่ตา (*E. malaccana*) หอยครองแครง (*P. sulcatus*) และหอยหมวกเจ๊ก (*P. saccharina*) มีความชุกชุมในจังหวัดระยองมากกว่าจังหวัดเพชรบุรี ส่วนหอยฝาเดียว *Littoraria sp* และ หอยจี่ตา *E. radiata* มีความชุกชุมจำนวนมากในจังหวัดเพชรบุรี

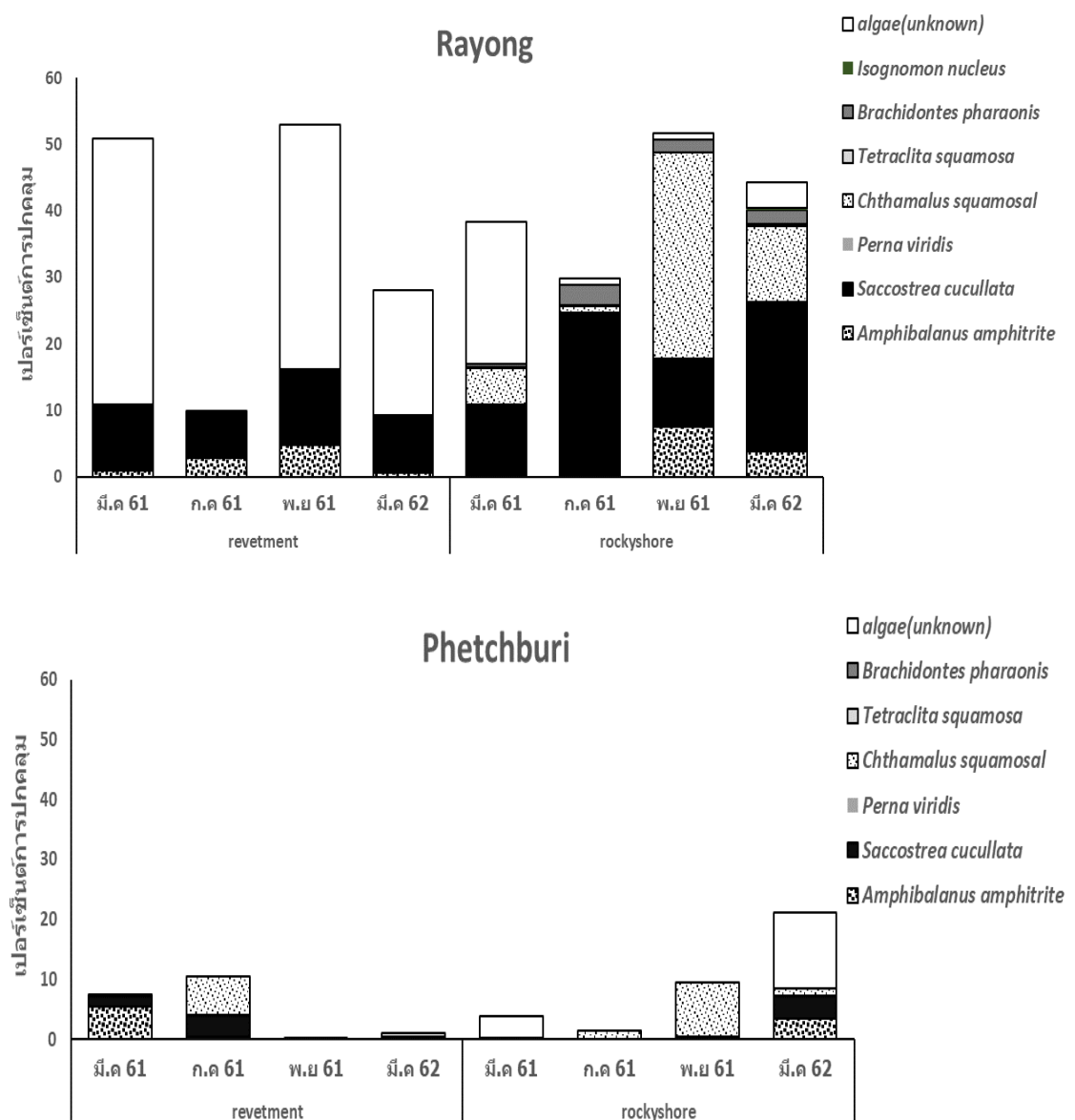
หอยขี้ตา (*E. malaccana*) ซึ่งพบการแพร่กระจาย บริเวณเขตน้ำขึ้นสูงสุดถึงน้ำลงปานกลาง มักรวมตัวอยู่กันมากบริเวณรอยแตก รอยแยกของหิน โดยพบที่บริเวณเขื่อนหินทิ้งมากกว่าหาดหินธรรมชาติในจังหวัดระยอง (ภาพที่ 4.6a) ส่วนความชุกชุมของหอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) ซึ่งพบการแพร่กระจายจำนวนมาก บริเวณเขตน้ำขึ้นปานกลางถึงน้ำลงต่ำสุด มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของสาหร่าย (ภาพที่ 4.6b) พบว่าสาหร่ายมีการปกคลุมผิวหินจำนวนมากในจังหวัดระยองมากกว่าจังหวัดเพชรบุรีบริเวณเขื่อนหินทิ้งมากกว่าหาดหินธรรมชาติ (ภาพที่ 4.7) หอยหมวกเจ๊ก (*P. saccharina*) ซึ่งพบ บริเวณเขตน้ำขึ้นปานกลางถึงน้ำลงต่ำสุด มีความชุกชุมบริเวณเขื่อนหินทิ้ง ในจังหวัดระยองมากกว่าจังหวัดเพชรบุรี (ภาพที่ 4.6c) ส่วนความชุกชุมของหอยฝาเดียว *Littoraria* sp ซึ่งมักอาศัยอยู่ บริเวณเขตน้ำขึ้นสูงสุดถึงน้ำลงต่ำสุด โดยพบความชุกชุมในจังหวัดเพชรบุรีมากกว่าจังหวัดระยอง ของหาดหินธรรมชาติมากกว่าเขื่อนหินทิ้ง หอยฝาเดียว *Littoraria* sp บริเวณเขื่อนหินทิ้งในจังหวัดเพชรบุรีมีแนวโน้มลดลงจากเดือนมีนาคม ปี 2561 ถึง เดือนมีนาคม ปี 2562 โดยพบสูงสุดในเดือนมีนาคม ปี 2561 อยู่ที่ 11.18 ± 3.90 ตัวต่อ 625 cm^2 และ มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนอยู่ที่ 0.82 ± 0.67 ตัวต่อ 625 cm^2 (ภาพที่ 4.6d) *E. radiata* จะพบในจังหวัดเพชรบุรีมากกว่าจังหวัดระยอง บริเวณหาดหินธรรมชาติมากกว่าเขื่อนหินทิ้ง (ภาพที่ 4.6e)



ภาพที่ 4.6 ความชุกชุม (\pm SE) ของหอยฝาเดียวที่พบมากที่สุดในแต่ละสถานที่ บริเวณเขื่อนหินทิ้ง (สีขาว) และหาดหินธรรมชาติ (สีดำ) ในจังหวัดระยอง และจังหวัดเพชรบุรี

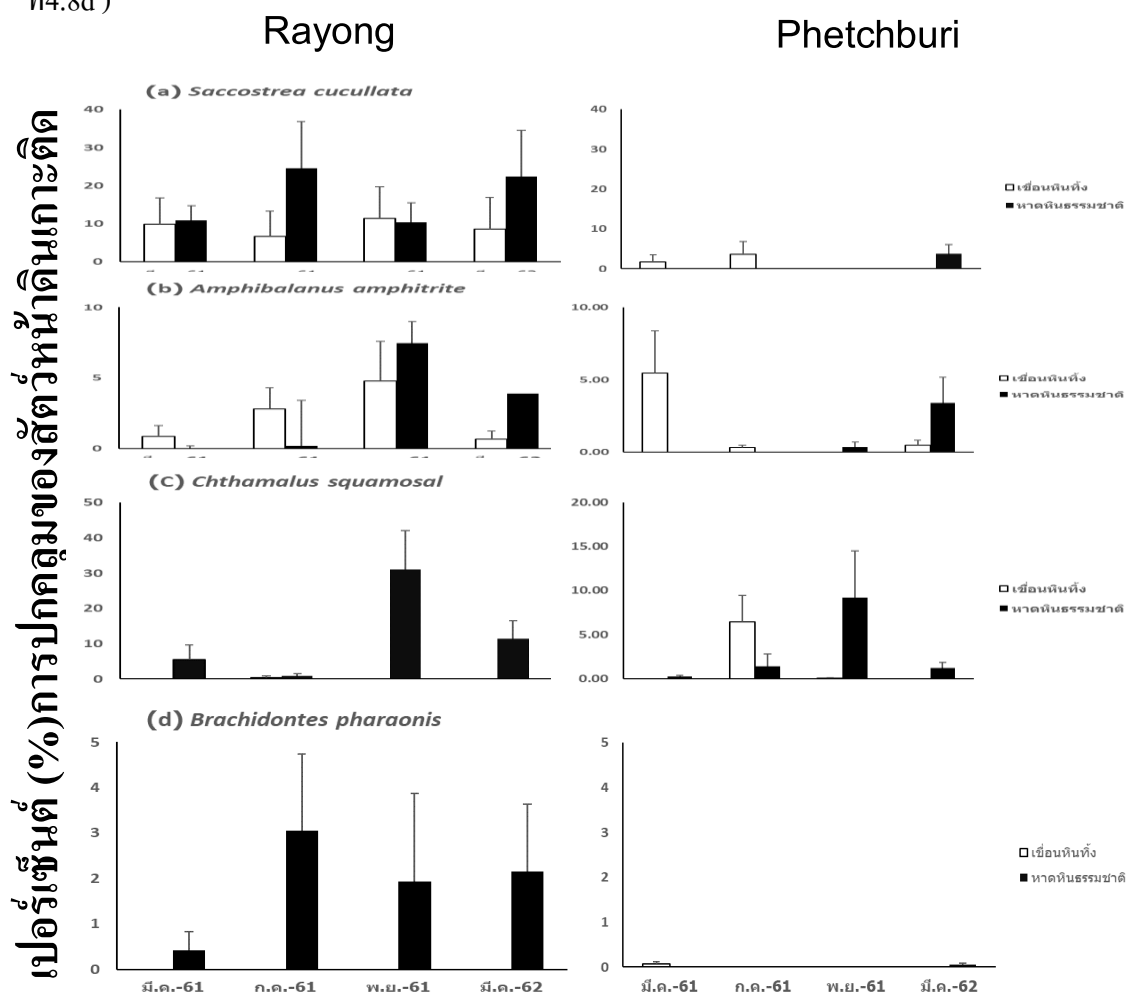
4.4 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของสัตว์หน้าดินเกาะติดบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี

การศึกษาเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของสัตว์หน้าดินเกาะติดบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติทั้งในจังหวัดระยอง และ จังหวัดเพชรบุรี พบว่าสัตว์หน้าดินเกาะติดที่พบมากที่สุดคือ หอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) เพรียงจิบ (*Chthamalus squamosal*) และ หอยกะพง (*Brachidontes pharaonis*) จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างสถานที่ (Location) แหล่งที่อยู่อาศัย (Habitat) ระดับน้ำ (Tidal) และช่วงเวลาการศึกษา (Time) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์การปกคลุม (%) ของสัตว์หน้าดินเกาะติดและสาหร่ายในจังหวัดระยอง และ จังหวัดเพชรบุรี ใน เดือนมีนาคม 2561 ถึง มีนาคม 2562

เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) ในจังหวัดระยอง บริเวณหาดหินธรรมชาติมากกว่าเขื่อนหินทิ้ง โดยส่วนใหญ่พบการแพร่กระจายจำนวนมากบริเวณแนวน้ำขึ้นปานกลาง (ภาพที่ 4.8a) เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) พบการปกคลุมมากที่สุดในการสำรวจครั้งที่สามในเดือน พฤศจิกายน 2561 อยู่ที่ $4.77 \pm 1.59\%$ และ $7.45 \pm 3.21\%$ บริเวณเขื่อนหินทิ้ง และหาดหินธรรมชาติ ในจังหวัดระยองตามลำดับ การปกคลุมบริเวณเขื่อนหินทิ้ง จังหวัดเพชรบุรี ในการสำรวจครั้งที่หนึ่งในเดือน มีนาคม 2561 มีค่าสูงสุดอยู่ที่ $5.47 \pm 2.93\%$ (ภาพที่ 4.8b) เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเพรียงจีบ (*Chthamalus squamosal*) บริเวณหาดหินธรรมชาติมากกว่าเขื่อนหินทิ้งในทั้ง 2 จังหวัด โดยพบการแพร่กระจายบริเวณเขตนํ้าลงปานกลางถึงนํ้าลงต่ำสุดทั้งในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี โดยมีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมมากที่สุดในการสำรวจครั้งที่สามของจังหวัดระยอง ในเดือนพฤศจิกายน 2561 อยู่ที่ $30.98 \pm 10.99\%$ (ภาพที่ 4.8c) เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหอยกระพง (*Brachidontes pharaonis*) มีค่ามากบริเวณหาดหินธรรมชาติ จังหวัดระยอง โดยพบการแพร่กระจายจำนวนมากบริเวณเขตนํ้าลงปานกลางถึงนํ้าลงต่ำสุด (ภาพที่ 4.8d)



ภาพที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์การปกคลุม (%) ของสัตว์หน้าดินเกาะติด (\pm SE) ที่พบมากที่สุดในแต่ละสถานที่ บริเวณเขื่อนหินทิ้ง (สีขาว) และหาดหินธรรมชาติ (สีดำ)

4.5 ความความหลากหลายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ บริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี

จากการศึกษาดัชนีความมากมาย (species richness index ,S) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ระหว่าง จังหวัด แหล่งที่อยู่อาศัย และระดับน้ำ พบว่าจังหวัดระยองทั้งเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ พบค่าดัชนีความมากมายสูงกว่าจังหวัดเพชรบุรี และหาดหินธรรมชาติทั้ง 2 จังหวัดมีดัชนีความมากมายสูงกว่าเขื่อนหินทิ้ง โดยหาดหินธรรมชาติ จังหวัดระยอง มีค่าเท่ากับ 0.96 ± 0.11 และหาดหินธรรมชาติ จังหวัดเพชรบุรี มีค่าเท่ากับ 0.61 ± 0.13 โดยค่าดัชนีความมากมายมีแนวโน้มลดลงในพื้นที่เข้าใกล้ตามระดับน้ำตามแนวน้ำขึ้นสูงสุดพบว่าหาดหินธรรมชาติ จังหวัดระยอง บริเวณเขตน้าลงต่ำสุดมีค่าดัชนีความมากมายที่สุดอยู่ที่ 1.15 ± 0.11 เป็นที่น่าสังเกตว่าดัชนีความมากมายมีแนวโน้มลดลงในเดือนพฤศจิกายน ปี 2561 ในทุกพื้นที่

ดัชนีความหลากหลาย (diversity index , H) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ระหว่าง แหล่งที่อยู่อาศัย และระดับน้ำ โดยพบว่าบริเวณหาดหินธรรมชาติมีดัชนีความหลากหลายสูงกว่าเขื่อนหินทิ้งทั้ง 2 สถานที่ (หาดหินธรรมชาติบริเวณจังหวัดระยอง มีค่าเท่ากับ 1.19 ± 0.13 และหาดหินธรรมชาติจังหวัดเพชรบุรี มีค่าเท่ากับ 0.99 ± 0.24) โดยค่าดัชนีดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงตามระดับน้ำที่ใกล้แนวน้ำขึ้นสูงสุด ดัชนีความหลากหลายบริเวณหาดหินธรรมชาติ จังหวัดระยอง ในเขตน้าลงต่ำสุดเท่ากับ 1.39 ± 0.10 และ หาดหินธรรมชาติ จังหวัดเพชรบุรี บริเวณเขตน้าลงต่ำสุด 1.20 ± 0.18

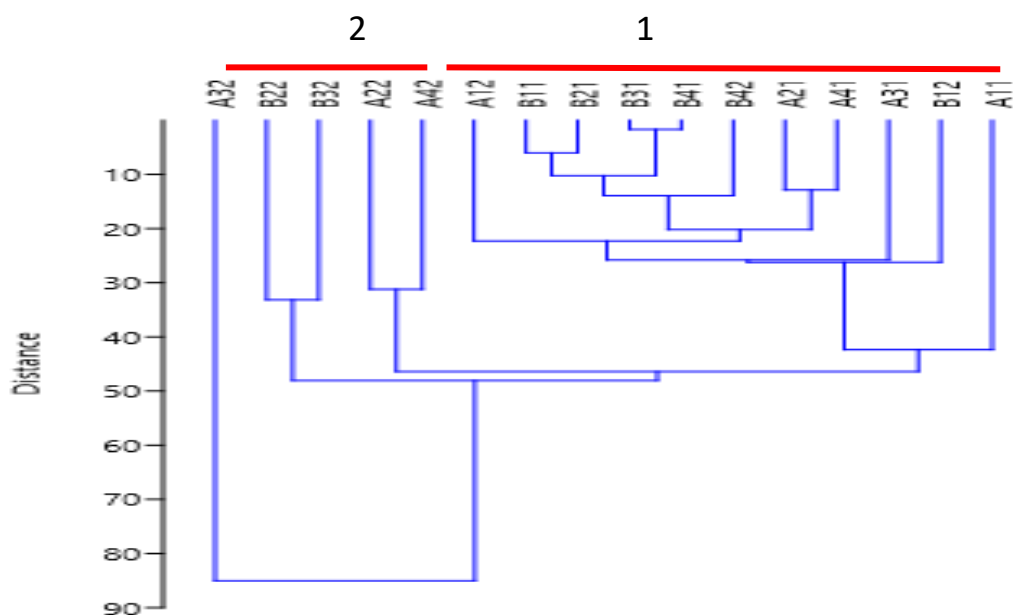
ดัชนีความสม่ำเสมอมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ระหว่างระดับน้ำ โดยพบว่าบริเวณหาดหินธรรมชาติทั้ง 2 จังหวัดมีค่าดัชนีความสม่ำเสมอสูงกว่าบริเวณเขื่อนหินทิ้ง (หาดหินธรรมชาติ จังหวัดระยอง มีค่าเท่ากับ 0.57 ± 0.03 และหาดหินธรรมชาติ จังหวัดเพชรบุรี มีค่าเท่ากับ 0.57 ± 0.10) โดยค่าดัชนีความสม่ำเสมอมีแนวโน้มลดลงตามระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งหาดหินธรรมชาติจังหวัดระยอง บริเวณเขตน้าลงต่ำสูงอยู่ที่ 0.61 ± 0.05 และ หาดหินธรรมชาติจังหวัดเพชรบุรี บริเวณเขตน้าลงต่ำสูงอยู่ที่ 0.65 ± 0.08

ตารางที่ 4.4 ดัชนีความมากมาย (S) ดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J') ของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เขตน้าลงต่ำ บริเวณเขื่อนหินทิ้ง และ หาดหินธรรมชาติในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี

	Rayong		Petchburi	
	เขื่อนหินทิ้ง	หาดหินธรรมชาติ	เขื่อนหินทิ้ง	หาดหินธรรมชาติ
S	0.66 ± 0.25^a	0.96 ± 0.11^a	0.31 ± 0.08^b	0.61 ± 0.13^b
H'	0.70 ± 0.25^a	1.19 ± 0.13^b	0.58 ± 0.18^a	0.99 ± 0.24^b
J	0.35 ± 0.13^a	0.57 ± 0.03^a	0.47 ± 0.16^a	0.57 ± 0.10^a

4.6 ผลการศึกษาการศึกษาโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อนหินทิ้ง และหาดหินธรรมชาติ ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี

จากการวิเคราะห์โครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่อยู่อาศัยเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือน มีนาคม ปี 2561 ถึง มีนาคม ปี 2562 โดยวิธีจัดกลุ่มความคล้ายคลึงโดยใช้แผนภาพ dendrogram (ภาพที่ 4.9) และคำนวณค่า Percentage of similarity (SIMPER) สามารถแบ่งออกได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่ม 1 ประกอบด้วยเขื่อนหินทิ้งจังหวัดระยอง ในเดือนมีนาคม 2561ถึง มีนาคม 2562 (A11,A21,A31,A41) หาดหินธรรมชาติจังหวัดระยอง ในเดือนมีนาคม 2561 (A12) เขื่อนหินทิ้งจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม 2561 ถึง มีนาคม 2562 (B11,B21,B31,B41) และหาดหินธรรมชาติจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม 2561 และ มีนาคม 2562 (B12,B42) สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่เป็นตัวแทนในกลุ่มที่ 1 คือ หอยจี่ตา (*E. malaccana*) พบ 20.62% หอยครองแครง (*P. sulcatus*) พบ 17.19% และ หอยนางรม (*S. cucullata*) พบ 15.16% กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย หาดหินธรรมชาติจังหวัดระยอง ในเดือนกรกฎาคม ปี 2561 ถึง มีนาคม ปี 2562 (A22,A32,A42) และหาดหินธรรมชาติจังหวัดเพชรบุรีในเดือนกรกฎาคม ถึง พฤศจิกายน ปี 2561 (B22,B32) สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่เป็นตัวแทนในกลุ่มที่ 2 คือ เปรียงจิบ (*C. squamosal*) พบ 42.19% หอยนางรม (*S. cucullata*) พบ 18.38% และ หอยกระพง (*B. pharaonis*) พบ 15.11% แสดงให้เห็นว่าฤดูกาลมีอิทธิพลต่อโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณหาดหินธรรมชาติ (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.9 dendrogram และการจัดหมวดหมู่ของโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อนน้ำขึ้นน้ำลงในมีนาคม ปี 2561 ถึง มีนาคม ปี 2562 โดยสัญลักษณ์ A แสดงถึงจังหวัดระยอง สัญลักษณ์ B แสดงถึงจังหวัดเพชรบุรี ตัวเลขตัวแรก (1,2,3,4) แสดงถึง ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ในเดือน มีนาคม กรกฎาคม พฤศจิกายน 2561 และ มีนาคม 2562 ตัวเลขตัวสอง (1,2) แสดงถึงพื้นที่ที่ทำการศึกษาระยะเขื่อนหินทิ้ง และ หาดหินธรรมชาติ

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

ผลจากการศึกษา ชนิด ความหนาแน่น ความชุกชุม คำนีความหลากหลาย และโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีพบที่มีความแตกต่างกัน ผลจากการศึกษาความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี บริเวณเขตน้้ำขึ้นสูงสุดถึงเขตน้้ำลงต่ำสุด โดยพบว่าแนวโน้มความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ลดลงเมื่อระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น จากการศึกษาของ มณฑล และคณะ (2551) ซึ่งได้ทำการศึกษานชนิด การแพร่กระจายและโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่อาศัยในเขตน้้ำขึ้นน้ำลงบริเวณหาดหินของ อ.ปะทิว จ.ชุมพร พบว่าความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะทางห่างจากฝั่ง เนื่องจากในช่วงน้ำลงบริเวณใกล้แนวน้ำลงต่ำสุดยังมีความชื้นสะสมอยู่มากประกอบกับระยะเวลาที่ต้องสัมผัสกับอากาศในช่วงน้ำลงสั้นกว่าบริเวณอื่น

เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีพบว่าจังหวัดระยองสูงกว่าจังหวัดเพชรบุรี โดยบริเวณหาดหินธรรมชาติมีความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินมากกว่าเขื่อนหินทิ้งทั้ง 2 พื้นที่ เนื่องจากความแตกต่างของความชันบริเวณเขื่อนหินทิ้งกับหาดหินธรรมชาติ พบว่าเขื่อนหินทิ้งมีความลาดชันสูงกว่าบริเวณหาดหินธรรมชาติใน 2 พื้นที่ Perkins et al.(2015) ได้รายงานว่าการชันเป็นปัจจัยทางกายภาพที่เป็นตัวกำหนดขอบเขตการอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในเขตน้้ำขึ้นน้ำลง โดยในพื้นที่ความลาดชันต่ำจะมีพื้นที่มาก สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในบริเวณความลาดชันต่ำจะแก่งแย่งแข่งขันในการใช้พื้นที่กับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ หรือชนิดเดียวกันน้อยกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง โดยพื้นที่ความลาดชันสูงจะได้รับอิทธิพลแรงกระทำของคลื่น (wave exposure) สูงกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำ สิ่งมีชีวิตต้องมีการปรับตัวพฤติกรรมในการดำรงชีวิตให้ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของสัตว์หน้าดินแต่ละชนิด เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bulleri et al. (2005) ได้รายงานว่าการแตกต่างของโครงสร้างชุมชนแตกต่างกันเนื่องจากความต่างของความชันที่ส่งผลต่อชนิด ความชุกชุมและความหลากหลายสัตว์หน้าดิน

สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบมากในจังหวัดระยองคือ หอยจี่ตา (*Echinolittorina malaccana*) หอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) หอยหมวกเจ๊ก (*Patelloida saccharina*) และ หอยสองฝา 2 ชนิดคือ หอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) หอยกะพง (*Brachidontes pharaonis*) และสัตว์หน้าดินในไฟลัม Arthropoda คือ เพรียงจีบ (*Chthamalus squamosal*) และ เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) ความชุกชุมของหอยจี่ตา (*Echinolittorina malaccana*) มีจำนวนมากบริเวณเขตน้้ำขึ้นสูงสุดถึงน้ำลงปานกลาง โดยจะอาศัยอยู่บริเวณรอยแตก รอยแยกของแหล่งที่อยู่อาศัยโดยพบที่บริเวณเขื่อนหินทิ้งมากกว่าหาดหินธรรมชาติในจังหวัดระยอง Samakraman et al. (2009) ได้ทำการสำรวจชนิด การแพร่กระจาย และโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินในเขตน้้ำขึ้นน้ำลงของหาดหิน

บริเวณใกล้อ่าวอัญญาจ้อ อ. เกาะสีซัง จ.ชลบุรี ได้รายงานว่าหอยจืด *E. malaccana* มีความชุกชุมจำนวนมากที่ระดับน้ำทะเล 3.5 เมตรเหนือระดับน้ำลงปานกลางมีความสามารถทนทานการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น จากการศึกษาของ Chapman (2003) ได้รายงานว่าความซับซ้อนเชิงพื้นที่ยังคงเก็บความชื้น ทำให้เหมาะสมกับการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์หน้าดิน

จากการศึกษาความชุกชุมของหอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) โดยพบการแพร่กระจายจำนวนมาก บริเวณเขตน้้ำขึ้นปานกลางถึงน้ำลงต่ำสุด ซึ่งพบว่าความชุกชุมของหอยครองแครง (*P. sulcatus*) มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของสาหร่าย Baharuddin et al. (2018) ได้ทำการศึกษาความหนาแน่นและการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน ในชั้น Gastropoda บริเวณเมืองกัวลาเตอริงกานู ประเทศมาเลเซีย พบความชุกชุมของหอยครองแครง (*P. sulcatus*) จำนวนมาก บริเวณที่มีสาหร่ายสีเขียว (*Chaetomorpha* และ *Enteromorpha compressa*) เนื่องจากสาหร่ายที่ปกคลุมหินจะเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของหอยครองแครง (*P. sulcatus*) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Underwood et al. (1981) ที่พบว่าปริมาณสาหร่ายที่ปกคลุมพื้นที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนของสัตว์หน้าดินชุดทะเล Zhiyun et al. (2016) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของหอยครองแครง *P. sulcatus* พบว่าเป็นสัตว์หน้าดินมีพื้นที่ทำหน้าที่ชุดทะเลสาหร่ายตามพื้นหินจึงทำให้พบความชุกชุมของหอยครองแครงจำนวนมากบริเวณที่มีสาหร่ายปกคลุม

ส่วนการศึกษาเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของของสัตว์หน้าดินเกาะติด เช่น หอยนางรมปากจิบ (*Saccostrea cucullata*) หอยกะพง (*Brachidontes pharaonis*) และสัตว์หน้าดินในไฟลัม Arthropoda คือ เพรียงจิบ (*Chthamalus squamosal*) และ เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) พบว่าเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของสัตว์หน้าดินเกาะติดพบการปกคลุมจำนวนมากบริเวณหาดหินธรรมชาติจังหวัดระยองเนื่องจากความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพ รอยแตก รอยแยก และที่ตั้งของหาดหิน โดยรอยแตก รอยแยก เป็นการเพิ่มพื้นที่ในการลงเกาะของสัตว์หน้าดินเกาะติด โดยบริเวณหาดหินธรรมชาติจังหวัดระยองแหล่งที่อยู่อาศัยอยู่ใกล้กับแนวน้ำลงต่ำสุดส่งผลต่อการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินเกาะติดและระยะเวลาที่ต้องสัมผัสกับอากาศในช่วงน้ำลงสั้นกว่าบริเวณอื่น

จากการศึกษาโดยสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบมากในจังหวัดเพชรบุรีคือ หอยจืด *E. radiata* และ หอยฝาเดียว *Littoraria* sp. เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kitithorn et al. (2004) ทำการศึกษาการแพร่กระจายของหอยฝาเดียวในวงศ์ Littorinidae ในประเทศไทยพบความชุกชุมของ *Littoraria* sp. จำนวนมากบริเวณที่อยู่ใกล้กับป่าชายเลนและความชุกชุมมีจำนวนลดลงเมื่อห่างจากป่าชายเลน โดยจะอาศัยอยู่บริเวณ โครงสร้างหินเช่นเดียวกับ *E. vidua* ซึ่งในจังหวัดเพชรบุรีพื้นที่ที่ทำการศึกษาคั้งเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติอยู่ติดกับระบบนิเวศป่าชายเลน

เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีความมากชนิดบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีพบว่าในจังหวัดระยองดัชนีความมากชนิดสูงกว่าจังหวัดเพชรบุรี ซึ่งบริเวณหาดหินมีค่าดัชนีความมากชนิดสูงกว่าบริเวณเขื่อนหินทิ้งทั้ง 2 พื้นที่ Chapman (2003) และ

Bulleri and Chapman (2010) ได้รายงานว่าดัชนีความมากชนิดบริเวณ โครงสร้างเทียมที่ติดอยู่กับหาดหินธรรมชาติมีค่าแนวโน้มลดลงเนื่องจากมีสัตว์หน้าดินชนิดทะเลและสัตว์หน้าเกาะติดบางชนิดเท่านั้นที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับแหล่งที่อยู่อาศัยใหม่ เนื่องจากเงื่อนไขที่โครงสร้างมีความเหมือนกันตลอดแนวชายฝั่งทำให้สัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่เป็นสัตว์หน้าดินที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับโครงสร้างเงื่อนไขที่ได้นอกจากนี้ยังพบว่าค่าดัชนีความมากชนิดบริเวณเงื่อนไขที่ในจังหวัดระยองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเงื่อนไขที่ในจังหวัดเพชรบุรีเนื่องจาก อายุของโครงสร้างเทียมที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อดัชนีความมากชนิด จากการศึกษาพบว่าเงื่อนไขที่จังหวัดระยองเริ่มสร้างในช่วง พ.ศ. 2549 – 2550 ส่วนเงื่อนไขที่จังหวัด เพชรบุรีเริ่มสร้างในช่วง 2553 – 2554 เช่นเดียวกับการศึกษาของ Dong et al. (2016) ได้รายงานว่าอายุของโครงสร้างเทียมที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อดัชนีความมากชนิดที่เพิ่มขึ้น โดยหลังจากมีก่อสร้างสัตว์หน้าดินกลุ่มแรกที่เข้ามาอยู่อาศัยจะเป็นเพรียงหิน (*Fistulobalanus albicostatus*) และ หอยฝาเดียว (*Littoraria sinensis*)

จากการศึกษาการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินชนิดเด่นในทั้งสองพื้นที่มีรูปแบบที่แน่นอนไม่แตกต่างกัน พบว่าหอยขี้ตา *Echinolittorina malaccana* พบการแพร่กระจายอยู่บริเวณเขตน้ำขึ้นสูงสุดถึงเขตน้ำลงปานกลาง ส่วนหอยนางรมปากจیب (*Saccostrea cucullate*) เพรียงจیب (*Chthamalus squamosal*) เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) หอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) และ หอยหมวกเจ๊ก (*Patelloida saccharina*) และ หอยกะพง (*Brachidontes pharaonis*) พบการแพร่กระจายอยู่บริเวณเขตน้ำลงปานกลางถึงเขตน้ำลงต่ำสุด ยกเว้นการแพร่กระจายของหอยฝาเดียววงศ์ *Littoraria* sp. และหอยขี้ตา (*E. radiata*) บริเวณเงื่อนไขที่และหาดหินธรรมชาติ จังหวัดเพชรบุรีมีความแตกต่างกัน โดยพบการแพร่กระจายอยู่บริเวณเขตน้ำขึ้นสูงสุดถึงเขตน้ำลงต่ำที่ระดับความสูง 3.4 - 1.4 เมตร เนื่องจากบริเวณหาดหินธรรมชาติจังหวัดเพชรบุรีเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำจึงทำให้น้ำท่วมถึงส่งผลให้พื้นที่ที่มีความชื้นสะสมอยู่

จากการวิเคราะห์โครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินโดยวิธีการ Cluster Analysis พบว่าชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในเงื่อนไขที่ มีความแตกต่างกับหาดหินธรรมชาติ เนื่องจากความแตกต่างของความชื้น รอยแตก รอยแยกและปริมาณของสาหร่ายที่ปกคลุมที่ส่งผลโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าขนาดใหญ่

บทที่ 6

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียง ใน 2 พื้นที่คือจังหวัดระยอง และจังหวัดเพชรบุรี พบสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ทั้งหมด 2 ไฟลัม 17 ชนิด ประกอบด้วย ไฟลัม Arthropoda และ ไฟลัม Mollusca ซึ่งไฟลัม Mollusca พบสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่มากที่สุดพบทั้งหมด 14 ชนิด โดยจังหวัดระยองพบสัตว์หน้าดินทั้งหมด 16 ชนิด และ จังหวัดเพชรบุรีพบสัตว์หน้าดินทั้งหมด 9 ชนิด

ความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในจังหวัดระยอง และ จังหวัดเพชรบุรี โดยความหนาแน่นบริเวณหาดหินธรรมชาติ จังหวัดระยอง มีความหนาแน่นสูงสุดอยู่ที่ 97.50 ± 22.01 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นต่ำที่สุดบริเวณเขื่อนหินทิ้ง จังหวัดเพชรบุรี 1.58 ± 1.36 ตัวต่อ 625 ตารางเซนติเมตร โดยในจังหวัดระยอง มีความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้นในพฤศจิกายน ปี 2561 ส่วนในจังหวัดเพชรบุรี แนวโน้มมีความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้นในเดือนกรกฎาคมปี 2561 ซึ่งพบรวมกลุ่มกันบริเวณเข้าใกล้ระดับน้ำลงต่ำสุด

ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินชนิดเฉพาะบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติในจังหวัดระยอง และ จังหวัดเพชรบุรี พบว่าสัตว์หน้าดินชนิดเฉพาะที่พบมากที่สุดได้แก่ หอยฝาเดียวในวงศ์ Littorinidae (*E. malaccana*, *Littoraria* sp., *E. radiata*) หอยครองแครง (*P. sulcatus*) และหอยหมวกแจ๊ก (*P. saccharina*) โดยจังหวัดระยองพบหอยขี้ตา (*E. malaccana*) มากที่สุดมักพบบริเวณรอยแตก รอยแยกของพื้นที่ หอยครองแครง *P. sulcatus* พบความชุกชุมจำนวนมากบริเวณที่มีปริมาณสาหร่ายปกคลุมเคลือบผิวหิน ส่วน หอยฝาเดียว *Littoraria* sp. และ *E. radiata* มีความชุกชุม ในจังหวัดเพชรบุรีมากกว่า จังหวัดระยอง

เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของสัตว์หน้าดินเกาะติดบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ จังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี พบว่าเปอร์เซ็นต์การปกคลุมสัตว์หน้าดินเกาะติดที่พบมากที่สุดได้แก่หอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) เพรียงจิบ (*Chthamalus squamosal*) และ หอยกะพง (*Brachidontes pharaonis*) โดยพบการปกคลุมจำนวนมาก บริเวณหาดหินธรรมชาติจังหวัดระยอง

โครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ พบว่ามีความแตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างของความชัน รอยแตก รอยแยกและปริมาณของสาหร่ายที่ปกคลุมที่ส่งผลโครงสร้างชุมชนสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงความแตกต่างชนิด ความหนาแน่นของสัตว์หน้าดิน ขนาดใหญ่ ขอบเขตการแพร่กระจายและ โครงสร้างชุมชนบริเวณเขื่อนหินทิ้งและธรรมชาติ ใน จังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในแต่ละช่วงเวลา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาสัตว์ หน้าดินขนาดใหญ่ หากเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่อาจส่งผลกระทบต่อความ หลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตและห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศชายฝั่งของประเทศไทย ทั้งนี้ ควรมีการศึกษา และเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องเพื่อความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูลที่จะนำไปใช้ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง .2555. “รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษา สํารวจและวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพและผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อมของโครงสร้างป้องกัน”การกัดเซาะชายฝั่งทะเลของประเทศไทย จัดทำโดย กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.กรุงเทพฯ
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2556. “สถานการณ์การกัดเซาะชายฝั่งในประเทศไทย” แหล่งที่มา: http://km.dmcr.go.th/th/c_1/s_182/d_7027, 19 กรกฎาคม 2561.
- แสงจันทร์ วายทกข์ ชุติมา บุญฤทธิศรีพงษ์ย์ นวพร สุญาณเศรษฐกร ณิชูกานต์ จรัสรัตน์วงศ์ นิตธิกรณ จือเหลียง นัตรนภา บุญยีน ปิยวรรณ บุญธนาโชค นนทวัฒน์ หนูอินทร์ ณัฐมน ดิมน และ พงษ์วิฑิต จือเหลียง.2561. “คู่มือความรู้ เรื่อง การกัดเซาะชายฝั่ง กองบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่ง” กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.กรุงเทพฯ 64 หน้า
- นวพร สุญาณเศรษฐกร ปิยวรรณ บุญธนาโชค ชีระเดช บัวจันทร์ ล้าเพชร วิมุทตะลพ ปิยอร สันทกิจ ไพบุลย์.2558. “คู่มือความรู้ เรื่อง การกัดเซาะชายฝั่ง กองบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่ง” กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. กรุงเทพฯ 62 หน้า
- มณฑล แก่นมณี. 2559. สมุทรศาสตร์เบื้องต้น. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 223 หน้า
- มณฑล แก่นมณี สุจิตรา สมัครามัญ นิภาวรรณ บุศราวิช และศักดิ์อนันต์ ปลาทอง.2551. “ชนิด การแพร่กระจายและโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่อาศัยในเขตนํ้าขึ้นนํ้าลง บริเวณหาดหินของ อ.ปะทิว จ.ชุมพร” วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 28(1):1-10
- Aguilera, M.A. and S.A. Navarrete. 2011. “Distribution and activity patterns in an intertidal grazer assemblage: influence of temporal and spatial organization on interspecific associations.” **Marine Ecology Progress Series**. 431:119-136.
- Aguilera, M.A., B.R. Broitman and M. Thiel. 2014. “Spatial variability in community composition on a granite breakwater versus natural rocky shores: Lack of microhabitats suppresses intertidal biodiversity” **Marine Pollution Bulletin**. 87:257 – 268
- Balaji, R., S.K. Sathish and A. Misra. (2017). Understanding the effects of seawall construction using a combination of analytical modelling and remote sensing techniques: Case study of Fansa, Gujarat, India. **The International Journal of Ocean and Climate Systems**. 8(3):153-160.
- Baharuddin, N., N. B. Basri, and N. H. Syawal. 2018. “Marine gastropods (gastropoda; mollusca) diversity and distribution on intertidal rocky shores of Terengganu, Peninsular Malaysia.”

Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation-International Journal of the Bioflux Society (AAFL Bioflux). 11(4):1144 – 1154

- Bulleri, F., M. G. Chapman and A. J. Underwood. 2003. “Patterns of movement of the limpet *Cellana tramoserica* on rocky shores and retaining seawalls” **Marine Ecology Progress Series.** 281: 121–129
- Bulleri, F. and M. G. Chapman 2004. "Intertidal assemblages on artificial and natural habitats in marinas on the north-west coast of Italy." **Marine Biology.** 145(2):381-391
- Bulleri, F., M. G. Chapman and A. J. Underwood. 2005. “Intertidal assemblages on seawalls and vertical rocky shores in Sydney Harbour, Australia” **Austral Ecology.** 30: 655–667
- Bulleri, F. and M. G. Chapman. 2010. “The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments.” **Journal of Applied Ecology.** 47(1): 26-35.
- Buitrago, N.R., A. T. Williams and G. Anfuso. 2011. Hard protection structures as a principal coastal erosion management strategy along the caribbean coast of colombia. a chronicle of pitfalls. **Ocean and Coastal Management.** 156:58-75.
- Chan, B.K., D. Morritt, M. De Pirro, K.M. Leung and G.A. Williams. 2006. “Summer mortality: effects on the distribution and abundance of the acorn barnacle *Tetraclita japonica* on tropical shores.” **Marine Ecology Progress Series.** 328:195-204.
- Chapman, M. G. 2003. “Paucity of mobile species on constructed seawalls: effects of urbanization on biodiversity.” **Marine Ecology Progress Series.** 264:21-29.
- Drouin, G., J.H. Himmelman and P. Béland. 1985. “Impact of tidal salinity fluctuations on echinoderm and mollusc populations.” **Canadian Journal of Zoology.** 63(6) :1377-1387.
- Dong, Y. W., X. W. Huang, W. Wang, Y. Li and J. Wang. 2016. “The marine ‘great wall’ of China: local-and broad-scale ecological impacts of coastal infrastructure on intertidal macrobenthic communities.” **Diversity and Distributions.** 22(7): 731-744.
- Endean, R., R. Kenny and W. Stephenson. 1956. “The ecology and distribution of intertidal organisms on the rocky shores of the Queensland mainland.” **Marine and Freshwater Research.** 7: 88-146
- Erlandsson, J., and C. D. McQuaid. 2004. “Spatial structure of recruitment in the mussel *Perna perna* at local scales: effects of adults, algae and recruit size.” **Marine Ecology Progress Series.** 267:173-185.
- Fuji, A. and H. Nomura. 1990. “Community structure of the rocky shore macrobenthos in southern Hokkaido, Japan.” **Marine Biology.** 107(3): 471-477.

- Jebakumar, J. P. P., G.Nandhagopal, S.Ragumaran and B.R. Babu. 2015. "Biotic assemblage on coastal defense structures: a contributor to biodiversity." **Journal of the Marine Biological Association of India**. 57(1): 35 -40
- Kitithorn, S., F.E. Wells and C. Yaowaluk. 2004. "Distribution of the family Littorinidae (mollusca: gastropoda) in Thailand." **records-western australian museum**. 22(3) :241-251.
- Lazo, C.S. and I.M. Pita. 2012. "Effect of temperature on survival, growth and development of *Mytilus galloprovincialis* larvae". **Aquaculture Research**.43(8):1127-1133.
- Lam, N.W., R. Huang and B.K. Chan. 2009. "Variations in Intertidal assemblages and zonation patterns between vertical artificial seawalls and natural rocky shores: A case study from Victoria Harbour, Hong Kong." **Zoological Studies**. 48(2):184-195.
- Liversage, K. and K. Benkendorff. 2013. "A preliminary investigation of diversity, abundance, and distributional patterns of chitons in intertidal boulder fields of differing rock type in South Australia." **Molluscan Research**. 33(1):24-33.
- Ludwig, A.J. and J.F. Reynold. 1986. *Statistical Ecology*. New York: John Wiley and Sons.
- Martins, G.M., A.I. Neto and E. Cacabelos. 2016. "Ecology of a key ecosystem engineer on hard coastal infrastructure and natural rocky shores". **Marine Environmental Research**. 113:88-94.
- Megina, C., M.M.G. Duarte and P.J.L. González. 2016. "Benthic assemblages, biodiversity and invasiveness in marinas and commercial harbours: an investigation using a bioindicator group." **Biofouling**. 32(4):465-475.
- Moreira J., M. G. Chapman and A. J. Underwood. 2006. "Seawalls do not sustain viable populations of limpets." **Marine ecology process series**. 322: 179–188
- Murray S.N., R.F. Ambrose and M.N. Dethier. 2002. *Methods for Performing Monitoring, Impact, and Ecological Studies on Rocky Shores*. Camarillo, California.
- Perkins, M. J., T. P. Ng, D. Dudgeon, T. C. Bonebrake and K. M. Leung. 2015. "Conserving intertidal habitats: what is the potential of ecological engineering to mitigate impacts of coastal structures?" **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 167:504-515.
- Preskitt, L.B., P.S. Vroom and C.M. Smith. 2004. A Rapid Ecological Assessment (REA) quantitative survey method for benthic algae using photoquadrats with scuba. **Pacific Science**. 58(2): 2001-2009.
- Saengsupavanich, C., S. Chonwattana and T. Naimsampao. 2009. "Coastal erosion through integrated management: A case of Southern Thailand." **Ocean & Coastal Management**. 52: 307-316.

- Samakraman, S., G.A. Williams and G. Monthon. 2009. "Spatial and temporal variability of intertidal rocky shore bivalves and gastropods in Sichang Island, East Coast of Thailand." **The Nagisa World Congress**. 35 – 46.
- Southward, A. J., and J. H. Orton. 1954 "The effects of wave-action on the distribution and numbers of the commoner plants and animals living on the Plymouth breakwater." **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. 33(1): 1-19.
- Souza, A.L.P., G.M. Dias, S.R. Jenkins, Á.M. Ciotti and R.A. Christofoletti. 2017. "Shading impacts by coastal infrastructure on biological communities from subtropical rocky shores." **Journal of Applied Ecology**. 54(3): 826-835.
- Steffani, C.N. and G.M. Branch, 2003. "Growth rate, condition, and shell shape of *Mytilus galloprovincialis*: responses to wave exposure." **Marine Ecology Progress Series**. 246: 1997-2009.
- Underwood, A.J., 1981. "Structure of a rocky intertidal community in New South Wales: patterns of vertical distribution and seasonal changes." **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 51(1):57-85.
- Williams, G.A. and D. Morrill, 1995. "Habitat partitioning and thermal tolerance in a tropical limpet *Cellana grata*". **Marine Ecology Progress Series**. 124: 89-103.
- Zhiyun, C., J. Zhang, X. Lian and Y. Tan. 2016. "Planaxidae (mollusca, gastropoda) from the south china sea." **Journal of Oceanology and Limnology**. 36(2): 548-555.
- Zyserman, J.A., H.K Johnson, B. Zanuttigh and L. Martinelli. 2005. "Analysis of far-field erosion induced by low-crested rubble-mound structures." **Coastal Engineering**. 52: 977-994

ภาคผนวก
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ก.1 การวิเคราะห์สถิติ (Four way ANOVA) ความชุกชุมของหอยขี้ตา (*E. malaccana*) (individual/625cm²) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ บริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี ในเดือนมีนาคม ปี 2561 - 2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	996.379	1	996.379	12.852	0.004
Habitat (H)	988.340	1	988.340	12.748	0.004
Tidal (Ti)	681.959	2	340.979	4.398	0.037
Time (T)	449.746	3	149.915	1.934	0.178
L x H	837.438	1	837.438	10.802	0.007
L x Ti	627.468	2	313.734	4.047	0.045
L x T	316.361	3	105.454	1.360	0.302
H x Ti	265.568	3	88.523	1.142	0.372
H x T	466.308	2	233.154	3.007	0.087
Ti x T	616.075	6	102.679	1.324	0.319
L x H x Ti	457.247	2	228.624	2.949	0.091
L x H x T	212.572	3	70.857	0.914	0.463
H x T x Ti	393.219	6	65.536	0.845	0.559
Error	930.357	12	77.530		
Total	9602.322	48			

R Squared = 0.887, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.2 การวิเคราะห์ห้สถิติ (Four way ANOVA) ความชุกชุมของหอยครงแครง
(*P.sulcatus*) (individual/625cm²) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหิน
ธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม
2561 -2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	2363.213	1	2363.213	28.194	< 0.001
Habitat (H)	12.505	1	12.505	0.149	0.706
Tidal (Ti)	705.440	2	352.720	4.208	0.041
Time (T)	383.486	3	127.829	1.525	0.258
L x H	1.172	1	1.172	0.014	0.908
L x Ti	658.108	2	329.054	3.926	0.049
L x T	537.407	3	179.136	2.137	0.149
H x Ti	109.727	2	54.863	0.655	0.537
H x T	525.977	3	175.326	2.092	0.155
Ti x T	509.484	6	84.914	1.013	0.461
L x H x Ti	191.299	2	95.649	1.141	0.352
L x H x T	519.460	3	173.153	2.066	0.158
H x T x Ti	528.060	6	88.010	1.050	0.442
Error	1005.821	12	83.818		
Total	10658.960	48			

R Squared = 0.875, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.3 การวิเคราะห์สถิติ (Four way ANOVA) ความชุกชุมของหอยฝาเดี่ยว (*Littoraria* sp) (individual/625cm²) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ บริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม ปี 2561 - 2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	1013.841	1	1013.841	114.109	< 0.001
Habitat (H)	261.800	1	261.800	29.466	< 0.001
Tidal (Ti)	187.770	2	93.885	10.567	0.002
Time (T)	134.153	3	44.718	5.033	0.017
L x H	261.800	1	261.800	29.466	< 0.001
L x Ti	187.770	2	93.885	10.567	0.002
L x T	134.153	3	44.718	5.033	0.017
H x Ti	75.198	2	37.599	4.232	0.041
H x T	20.999	3	7.000	0.788	0.524
T x Ti	87.035	6	14.506	1.633	0.221
L x H x Ti	75.198	2	37.599	4.232	0.041
L x H x T	20.999	3	7.000	0.788	0.524
H x T x Ti	19.583	6	3.264	0.367	0.886
Error	106.618	12	8.885		
Total	3600.760	48			

R Squared = 0.959, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.4 การวิเคราะห์สถิติ (Four way ANOVA) ความชุกชุมของหอยฝาเดียว (*E. radiata*) (individual/625cm³) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ บริเวณใกล้ เขียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรี ในเดือนมีนาคม ปี 2561 - 2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	20.085	1	20.085	10.202	0.008
Habitat (H)	9.496	1	9.496	4.824	0.048
Tidal (Ti)	6.436	2	3.218	1.635	0.236
Time (T)	16.997	3	5.666	2.878	0.080
L x H	12.251	1	12.251	6.223	0.028
L x Ti	3.604	2	1.802	0.915	0.427
L x T	10.111	3	3.370	1.712	0.217
H x Ti	3.302	2	1.651	0.839	0.456
Ht x T	2.233	3	0.744	0.378	0.771
Ti x T	14.873	6	2.479	1.259	0.345
L x H x Ti	7.432	2	3.716	1.887	0.194
L x H x T	3.491	3	1.164	0.591	0.633
H x T x Ti	5.621	6	0.937	0.476	0.814
Error	23.625	12	1.969		
Total	166.783	48			

R Squared = 0.831, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.5 การวิเคราะห์สี่สถิติ (Four way ANOVA) ความชุกชุมของหอยหมวกเจ๊ก (*P. saccharina*) (individual/625cm³) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม ปี 2561 -2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	119.045	1	119.045	25.350	< 0.001
Habitat (H)	28.379	1	28.379	6.043	0.030
Tidal (Ti)	97.972	2	48.986	10.431	0.002
Time (T)	39.188	3	13.063	2.782	0.087
L x H	26.415	1	26.415	5.625	0.035
L x Ti	99.162	2	49.581	10.558	0.002
L x T	35.256	3	11.752	2.503	0.109
H x Ti	38.850	2	19.425	4.136	0.043
H x T	17.547	3	5.849	1.245	0.337
Ti x T	42.703	6	7.117	1.516	0.254
L x H x Ti	39.609	2	19.804	4.217	0.041
L x H x T	19.305	3	6.435	1.370	0.299
H x Ti x T	8.302	6	1.384	.295	0.928
Error	56.353	12	4.696		
Total	793.190	48			

R Squared = 0.916, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.6 การวิเคราะห์สถิติ (Four way ANOVA) เปรี่เซ้นต์การปกคลุมของหอยนางรม (*S.cucullate*) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้ เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม ปี 2561- 2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	1708.853	1	1708.853	62.841	< 0.001
Habitat (H)	167.253	1	167.253	6.151	0.029
Tidal (Ti)	1490.474	2	745.237	27.405	< 0.001
Time (T)	121.794	3	40.598	1.493	0.266
L x H	205.013	1	205.013	7.539	0.018
L x Ti	1163.047	2	581.523	21.385	< 0.001
L x T	39.953	3	13.318	.490	0.696
H x Ti	141.797	2	70.898	2.607	0.115
H x T	213.648	3	71.216	2.619	0.099
Ti x T	148.617	6	24.770	.911	0.519
L x H x Ti	112.833	2	56.417	2.075	0.168
L x H x T	221.545	3	73.848	2.716	0.091
H x Ti x T	134.719	6	22.453	.826	0.572
Error	326.317	12	27.193		
Total	8632.615	48			

R Squared = 0.947, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.7 การวิเคราะห์สถิติ (Four way ANOVA) เปรียบเทียบการปกคลุมของเพรียงหิน (*A. amphitrite*) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้ เขียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม ปี 2561 - 2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	21.134	1	21.134	2.170	0.166
Habitat (H)	0.001	1	0.001	0.000	0.991
Tidal (Ti)	35.562	2	17.781	1.825	0.203
Time (T)	33.973	3	11.324	1.163	0.364
L x H	4.594	1	4.594	0.472	0.505
L x Ti	6.113	2	3.057	0.314	0.736
L x T	106.083	3	35.361	3.630	0.045
H x Ti	16.751	2	8.376	0.860	0.448
H x T	72.031	3	24.010	2.465	0.112
Ti x T	15.251	6	2.542	0.261	0.945
L x H x Ti	7.303	2	3.652	0.375	0.695
L x H x T	19.468	3	6.489	0.666	0.589
H x Ti x T	17.402	6	2.900	0.298	0.926
Error	116.883	12	9.740		
Total	648.692	48			

R Squared = 0.753, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.8 การวิเคราะห์สถิติ (Four way ANOVA) เปรียบเทียบการปกคลุมของเพรียงจิบ (*C.squamosal*) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ บริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม 2561- 2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	177.485	1	177.485	5.150	0.042
Habitat (H)	544.053	1	544.053	15.787	0.002
Tidal (Ti)	45.997	2	22.998	0.667	0.531
Time (T)	559.105	3	186.368	5.408	0.014
L x H	345.077	1	345.077	10.013	0.008
L x Ti	321.400	2	160.700	4.663	0.032
L x T	308.475	3	102.825	2.984	0.074
H x Ti	84.698	2	42.349	1.229	0.327
H x T	821.320	3	273.773	7.944	0.003
Ti x T	86.361	6	14.393	0.418	0.854
L x H x Ti	222.126	2	111.063	3.223	0.076
L x H x T	136.247	3	45.416	1.318	0.314
H x Ti x T	51.529	6	8.588	0.249	0.950
Error	413.540	12	34.462		
Total	4979.320	48			

R Squared = 0.900, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.9 การวิเคราะห์สี่มิติ (Four way ANOVA) เปรียบเทียบการปกคลุมของหอยกะพง (*B. pharaonis*) เขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม ปี 2561 - 2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	10.360	1	10.360	10.156	0.008
Habitat (H)	10.641	1	10.641	10.431	0.007
Tidal (Ti)	7.561	2	3.780	3.706	0.056
Time (T)	2.565	3	0.855	0.838	0.499
L x H	10.735	1	10.735	10.524	0.007
L x Ti	7.180	2	3.590	3.519	0.063
L x T	2.819	3	0.940	.921	0.460
H x Ti	7.271	2	3.635	3.564	0.061
H x T	2.861	3	0.954	.935	0.454
Ti x T	6.009	6	1.001	0.982	0.478
L x H x Ti	7.469	2	3.734	3.661	0.057
L x H x T	2.528	3	0.843	0.826	0.505
H x Ti x T	6.195	6	1.032	1.012	0.462
Error	12.241	12	1.020		
Total	107.455	48			

R Squared = 0.873, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.10 การวิเคราะห์สถิติ (Four way ANOVA) การคำนวณดัชนีความหลากหลายชนิด (species richness) ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติ บริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม ปี 2561 -2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	1.488	1	1.488	75.767	< 0.001
Habitat (H)	1.071	1	1.071	54.551	< 0.001
Tidal (Ti)	1.737	2	0.868	44.233	< 0.001
Time (T)	0.479	3	0.160	8.130	0.003
L x H	1.875E-5	1	1.875E-5	.001	0.976
L x Ti	0.197	2	0.098	5.005	0.026
L x T	0.083	3	0.028	1.406	0.289
H x Ti	0.088	2	0.044	2.232	0.150
H x T	0.101	3	0.034	1.721	0.216
Ti x T	0.238	6	0.040	2.019	0.142
L x H x Ti	0.330	2	0.165	8.393	0.005
L x H x T	0.156	3	0.052	2.657	0.096
H x Ti x T	0.383	6	0.064	3.250	0.039
Error	0.236	12	0.020		
Total	26.029	48			

R Squared = 0.964, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.11 การวิเคราะห์สถิติ (Four way ANOVA) ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตของสัตว์ทะเลหน้าดิน (diversity index , H') ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม ปี 2561 - 2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	0.349	1	0.349	2.292	0.156
Habitat (H)	2.328	1	2.328	15.308	0.002
Tidal (Ti)	3.747	2	1.874	12.322	0.001
Time (T)	1.122	3	0.374	2.460	0.113
L x H	0.027	1	0.027	0.175	0.683
L x Ti	0.003	2	0.001	0.008	0.992
L x T	0.741	3	0.247	1.624	0.236
H x Ti	0.196	2	0.098	0.646	0.541
H x T	0.887	3	0.296	1.944	0.176
Ti x T	0.362	6	0.060	0.397	0.867
L x H x Ti	0.552	2	0.276	1.816	0.205
L x H x T	0.099	3	0.033	0.217	0.883
H x Ti x T	1.031	6	0.172	1.130	0.402
Error	1.825	12	0.152		
Total	48.579	48			

R Squared = 0.862, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ ก.12 การวิเคราะห์สัทธิ (Four way ANOVA) การคำนวณหาค่าความเท่าเทียมของสิ่งมีชีวิตของสัตว์ทะเลหน้าดิน (evenness index , J) ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเขื่อนหินทิ้งและหาดหินธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงในจังหวัดระยองและจังหวัดเพชรบุรีในเดือนมีนาคม ปี 2561 - 2562

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Location (L)	0.048	1	0.048	0.917	0.357
Habitat (H)	0.309	1	0.309	5.960	0.031
Tidal (Ti)	0.830	2	0.415	8.009	0.006
Time (T)	0.284	3	0.095	1.826	0.196
L x H	0.046	1	0.046	0.893	0.363
L x Ti	0.058	2	0.029	0.564	0.583
L x T	0.121	3	0.040	0.778	0.529
H x Ti	0.190	2	0.095	1.836	0.201
H x T	0.462	3	0.154	2.971	0.074
Ti x T	0.236	6	0.039	0.760	0.615
L x H x Ti	0.168	2	0.084	1.620	0.238
L x H x T	0.054	3	0.018	0.349	0.790
H x Ti x T	0.331	6	0.055	1.064	0.435
Error	0.622	12	0.052		
Total	15.254	48			

R Squared = 0.835, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ภาคผนวก ข.
รูปภาพที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย



ภาพผนวกที่ ข.1 การแพร่กระจายของหอยครงแครง (*P.sulcatus*) แบบรวมกลุ่มกัน (Aggregated)



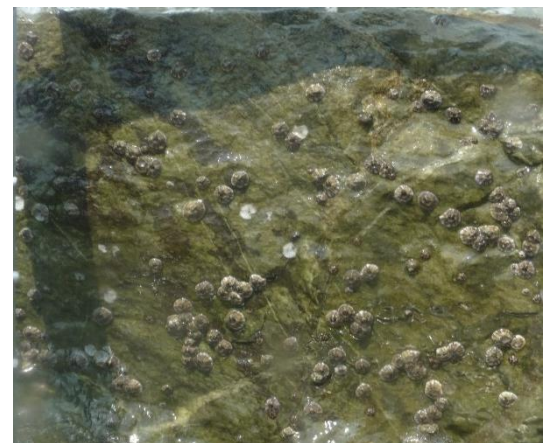
ภาพผนวกที่ ข.2 การแพร่กระจายของหอยจี้ตา (*E. malaccana*) ส่วนใหญ่พบความชุกชุม
จำนวนมากบริเวณรอยแตก รอยแยกของพื้นที่



ภาพผนวกที่ ข.4 พบความชุกชุมจำนวนมากของ ของหอยครงแครง (*P.sulcatus*) บริเวณที่มี
สาหร่ายปกคลุมพื้นผิวหิน



ภาพผนวกที่ ข.5 ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้ Photo quadrat ขนาด 0.25 x 0.25 เมตร บนแนวเส้นสำรวจ



ภาพผนวกที่ ข.6 พบความชุกชุมเฟรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* พบมากบริเวณเขื่อนหินทิ้งใน
เดือน มีนาคม ปี 2561 และ กรกฎาคม ปี 2561 ในจังหวัดระยอง

