ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงชายหาดที่ตอบสนองต่อสภาวะคลื่นที่กำหนด และโครงสร้างชายฝั่งในชายฝั่งจังหวัดชุมพร

EFFECT OF BEACH CHANGE IN RESPOND TO IMPOSED WAVE CONDITION AND COASTAL STRUCTURES IN CHUMPHON PROVINCE

กรวิศิษฏ์ ศิลารมย์

KORNVISITH SILAROM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-EN-M-093-140

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงชายหาดที่ตอบสนองต่อสภาวะคลื่นที่กำหนด และโครงสร้างชายฝั่งในชายฝั่งจังหวัดชุมพร

EFFECT OF BEACH CHANGE IN RESPOND TO IMPOSED WAVE CONDITION AND COASTAL STRUCTURES IN CHUMPHON PROVINCE

กรวิศิษฏ์ ศิลารมย์

KORNVISITH SILAROM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-EN-M-093-140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF BEACH CHANGE IN RESPOND TO IMPOSED WAVE CONDITION AND COASTAL STRUCTURES IN CHUMPHON PROVINCE

KORNVISITH SILAROM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-EN-M-093-140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงชายหาดที่ตอบสนองต่อสภาวะคลื่นที่กำหนด และโครงสร้างชายฝั่งในชายฝั่งจังหวัดชุมพร

Thesis Title Effect of Beach Change in Respond to Imposed Wave Condition and Coastal Structures in Chumphon Province

นักศึกษา นายกรวิศิษฏ์ ศิลารมย์

รหัสประจำตัว 58601280

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-093-140

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.ภาสกร	ขันทองทิพย์	
รศ.ดร.สุวัฒนา	จิตตลดากร	
ดร.อาทิตย์	เพชรศศิธร	
รศ.ดร.นันทวัฒน์	จรัสโรจน์ธนเดช	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 11.00-13.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 1

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงชายหาดที่ตอบสนองต่อสภาวะคลื่นที่กำหนดและโครงสร้างชายฝั่งในชายฝั่งจังหวัดชุมพร
นักศึกษา	นายกรวิศิษฏ์ ศิลารมย์
รหัสประจำตัวนักศึกษา	58601280
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช

บทคัดย่อ

ในประเทศไทยมีปัญหากัดเซาะอยู่มากตลอดตามแนวชายฝั่ง โดยเฉพาะในชายฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง จังหวัดชุมพรเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่เกิดปัญหาการกัดเซาะอย่างมากเนื่องจากพายุมรสุม เพื่อให้การวางแผนในการป้องกันชายฝั่งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง เช่นคลื่น ลักษณะของชายหาด และโครงสร้างชายฝั่ง ทั้งนี้งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งเนื่องจากสภาวะคลื่นเข้าหาฝั่งและสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง โดยพื้นที่ที่ศึกษาเป็นบริเวณปากแม่น้ำชุมพร จังหวัดชุมพร ซึ่งมีเขื่อนกันทรายและคลื่นขนานกันสองแนวที่ความยาว 900 เมตรสำหรับมาตรการป้องกันช่องทางปากแม่น้ำ ข้อมูลคลื่น ข้อมูลของสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง ข้อมูลตะกอน และข้อมูลเส้นชั้นความสูงบนฝั่งและท้องน้ำจะถูกนำมาใช้ในแบบจำลองเชิงเลข รวมทั้งการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของปากแม่น้ำจากการเปรียบเทียบภาพถ่ายดาวเทียมและการสำรวจภาคสนามก็จะถูกนำมาใช้พิจารณาด้วยเช่นกัน ผลการวิจัยพบว่าเขื่อนดักรอทรายสำหรับช่องทางปากแม่น้ำส่งผลต่อการกัดเซาะ และการสะสมตะกอนที่เพิ่มขึ้นในบางพื้นที่ โครงสร้างของเขื่อนกันทรายและคลื่นสร้างขวางทางกระแสน้ำขนานชายฝั่งเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของคลื่นส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของตะกอนทั้งส่วนบนและส่วนล่างของเขื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Effect of Beach Change in Respond to Imposed Wave Condition and Coastal Structures in Chumphon Province.
Student	Mr.Kornvisith Silarom
Student ID.	58601280
Degree	Master of Engineering
Program	Civil Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Nunthawath Jarusrojthanadech

ABSTRACT

In Thailand, there are a lot of coastal erosions along the coastline. Especially in the lower Gulf of Thailand, Chumphon province is one of the heavy erosion problem area due to Monsoon storms. For the effective of planning for coastal erosion prevention, it needs to consider many factors which affect the coastal change such as waves, beach characteristic and coastal structures. This research aims to determine the effect of beach change due to incident waves and coastal structures. The study area is Chumphon estuary, Chumphon province where there are 2 parallel groins, 900 meters length for the counter measure in the estuary channel. Data of waves, coastal structures, sediment, topography map and bathymetry were used in numerical simulation. Coastal change study in the estuary was also examined by satellite images comparison and field surveys. The results found that parallel groins as jetties for estuary channel affected to worsen in erosion and accretion at some area. Structures of groins, constructed against longshore current, affect in changing of sediment transport in up drift and down drift due to wave transformation.

.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2558

ขอขอบคุณข้อมูลจาก กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ, กรมแผนที่ทหาร กองทัพบก, สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, กรมเจ้าท่า และทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้ดำเนินไปตามความร่วมมือทางการวิจัยระหว่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังกับมหาวิทยาลัยโตไก ประเทศญี่ปุ่น (Co-Research Program between KMITL and Tokai University)

กรวิศิษฏ์ ศิลารมย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูปภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ **1**
1.1 กล่าวนำ 1
1.2 ที่มาและความสำคัญ 1
1.3 วัตถุประสงค์ 3
1.4 ขอบเขตการศึกษา 4
1.5 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 5
1.6 วิธีการศึกษา 5
1.7 แผนงาน 6
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง **9**
2.1 พื้นที่ชายฝั่ง 9
2.2 กระบวนการชายฝั่ง 10
2.2.1 น้ำทะเล 10
2.2.2 ชายหาดและพื้นที่ใกล้ฝั่ง 10
2.3 การวางแผนและมาตรการป้องกันชายฝั่ง 11
2.3.1 เขื่อนกันคลื่น 12
2.3.2 เขื่อนรอดักทราย 16
2.3.3 กำแพงกันคลื่น 19
2.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 21
2.4.1 สมมุติฐานและข้อจำกัดของแบบจำลอง 21
2.4.2 พื้นฐานของแบบจำลอง 22
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการศึกษา **28**
3.1 พื้นที่ศึกษา 28
3.2 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา 31
3.2.1 อุปกรณ์ 31
3.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 32
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ 33
3.4 แบบจำลองคณิตศาสตร์ 37
3.5 การสำรวจภาคสนาม 40
บทที่ 4 ผลการศึกษา **42**
4.1 สถานการณ์พื้นที่ศึกษาปัจจุบัน 42
4.2 ค่าที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม 47
4.3 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม 49
4.4 ผลที่ได้จากการทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ 52
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา **54**
บรรณานุกรม 56
ภาคผนวก ก. 58
ภาคผนวก ข. 65
ประวัติผู้เขียน 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน.....6
1.2 งบประมาณตลอดโครงการ.....7
3.1 พิกัดในการสำรวจค่าระดับ.....41
4.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งจากภาพถ่ายดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

1.1 ที่ตั้งพื้นที่ศึกษาเมื่อครั้งยังไม่มีเขื่อนกันทรายและคลื่น....4
2.1 ภาพตัดขวางของชายฝั่ง....9
2.2 ประเภทของปัญหาทางวิศวกรรมชายฝั่ง....11
2.3 สันดอนเชื่อมเกาะ....12
2.4 การแตกตัวของคลื่น....14
2.5 พฤติกรรมการตอบสนองของเขื่อนกันคลื่นเมื่อทิศทางของคลื่นทำมุมกับเขื่อน....15
2.6 กระบวนการโดยทั่วไปของเขื่อนรอดักทราย....17
2.7 กระบวนการโดยทั่วไปของระบบเขื่อนรอดักทราย....17
2.8 กลไกการเกิด Rip Current เนื่องจากเขื่อนรอดักทราย....18
2.9 พฤติกรรมโดยทั่วไปของเขื่อนรอดักทราย....20
2.10 การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในระยะสั้นและระยะยาว....22
2.11 สมมุติฐานและตัวแปรในแบบจำลอง....22
3.1 ทิศทางและช่วงเวลาของมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย....29
3.2 พื้นที่ศึกษา....30
3.3 ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ศึกษา เมื่อปี พ.ศ. 2558....30
3.4 ภายถ่ายดาวเทียมแสดงถึงส่วนประกอบของพื้นที่ศึกษา....31
3.5 ตัวอย่างการนำภาพถ่ายมาซ้อนกันด้วยโปรแกรม Global Mapper....33
3.6 การกำหนดเส้น Datum ในโปรแกรม Global Mapper....34
3.7 ภาพขยายการวัดระยะทางจากเส้น Datum ไปยังแนวชายฝั่งปรากฏ....34
3.8 การปรับแก้ค่าระดับน้ำจากภาพถ่ายทางอากาศโดยใช้ระดับน้ำขึ้นน้ำลง....35
3.9 หลักการการหาอัตราการถอยร่นและอัตราการทับถม....36
3.10 ส่วนประกอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้....37
3.11 Control.txt....38
3.12 Wavestructures.txt....39
3.13 Shoreline.txt....39
3.14 Waves.txt....40
3.15 ตำแหน่งที่จะทำการสำรวจค่าระดับ....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.1 พื้นที่บริเวณด้านทิศใต้ติดกับเขื่อนกันทรายและคลื่น....43
4.2 สิ่งก่อสร้างบางส่วนมีการวิบัติ....43
4.3 ชาวบ้านได้ทำการป้องกันชายฝั่งด้วยยางรถยนต์ 44
4.4 สันดอนเชื่อมเกาะระหว่างชายฝั่งและเกาะมัตโพน....44
4.5 สภาพพื้นที่ชายฝั่งด้านทิศเหนือของเขื่อนกันทรายและคลื่น....45
4.6 พื้นที่ด้านทิศใต้ของเขื่อนกันทรายและคลื่นบางส่วนยังมีความยาวอยู่....45
4.7 ชาวบ้านได้ละทิ้งที่อยู่บางส่วนตามนโยบายของกรมเจ้าท่า 46
4.8 บรรยากาศขณะทำการสำรวจภาคสนาม 46
4.9 ตำแหน่งที่ทำการสำรวจระดับ....47
4.10 โปรไฟล์ของพื้นที่ศึกษา จุดที่ 1 ในรูปที่ 9 ที่พิกัด N10.444238, E99.250262 48
4.11 โปรไฟล์ของพื้นที่ศึกษา จุดที่ 2 ในรูปที่ 9 ที่พิกัด N10.442209, E99.250732 48
4.12 โปรไฟล์ของพื้นที่ศึกษา จุดที่ 3 ในรูปที่ 9 ที่พิกัด N10.445569, E99.249637 48
4.13 โปรไฟล์ของพื้นที่ศึกษา จุดที่ 4 ในรูปที่ 9 ที่พิกัด N10.449917, E99.239305 49
4.14 เส้นแนวชายฝั่งที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม....51
4.15 ผลการคำนวณ Calibrate เส้นแนวชายฝั่งโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์....53
4.16 ผลการคำนวณทำนายเส้นแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2569 โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์....53
5.1 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของหาดชุมพร....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีพื้นที่บางส่วนติดกับทะเล ทั้งฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน ครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัด ซึ่งพื้นที่ที่ติดกับทะเลโดยปกติแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงไปโดยอิทธิพลของทะเล บางพื้นที่นั้นเกิดการทับถมสะสมของตะกอนบริเวณชายฝั่ง บ้างส่งผลดีเช่นเพิ่มพื้นที่ใช้สอยในการทำอรรถประโยชน์ต่าง ๆ บ้างก็ส่งผลเสียเช่นพื้นที่ชายหาดมีความตื้นเขินส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์จำพวกประมง บางพื้นที่นั้นเกิดการกัดเซาะชายฝั่งส่งผลให้สูญเสียที่ดินหรือทรัพย์สิน การป้องกันควบคุมผลกระทบที่เกิดขึ้นในบริเวณชายฝั่งจึงมีความจำเป็นเพื่อที่จะจำกัดหรือการคงไว้ของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งให้เกิดขึ้นในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อกิจกรรมของมนุษย์และต่อสิ่งแวดล้อม

1.2 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยมีพื้นที่ที่ติดกับทะเลอยู่มาก คิดเป็นความยาวถึง 3,148 กิโลเมตร และเกิดปัญหาการกัดเซาะของน้ำทะเลอยู่มากมาย ไม่ว่าจะเป็นการถดถอยของชายฝั่งทำให้เสียที่ดินทำกิน หรือการเปลี่ยนแปลงของสภาพชายฝั่งจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ก่อให้เกิดความเสียหายคิดเป็นมูลค่ามหาศาลทั้งภาคครัวเรือน ภาคเกษตรและภาคอุตสาหกรรม สาเหตุของการเกิดปัญหาการกัดเซาะนั้นเกิดขึ้นได้ด้วยหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นผลจากกระบวนการทางธรรมชาติหรือว่าสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น การดำเนินการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งจึงควรกระทำด้วยความรอบคอบและวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่อาจจะส่งผลกระทบต่อชายฝั่งทั้งก่อน และหลังที่จะดำเนินการป้องกัน เนื่องจากวิธีการป้องกันบางชนิดอาจส่งผลดีต่อบริเวณที่จะป้องกัน แต่อาจส่งผลกระทบต่อบริเวณอื่นก็เป็นได้ การศึกษาถึงกระบวนการชายฝั่งก่อนที่จะดำเนินการป้องกัน และกลไกของกระบวนการป้องกันของการดำเนินการป้องกันชายฝั่งจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อจะได้นำไปวิเคราะห์ในการแก้ปัญหาการกัดเซาะได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ชายฝั่งทางตอนใต้ฝั่งอ่าวไทย เนื่องจากเป็นทะเลเปิด ทำให้คลื่นที่เข้าปะทะมีลักษณะความสูงคลื่นที่สูง จึงส่งผลให้มีปัญหาการกัดเซาะอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งไม่ได้เกิดขึ้นเพียงแต่จากธรรมชาติเท่านั้น ในบางกรณีพบว่าปัญหาการกัดเซาะที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการกระทำของมนุษย์อีกด้วย ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งส่งผลเสียทั้งทางด้านการสูญเสียที่ดินทำกิน การเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพของพื้นที่ชายฝั่งจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ดังเดิม อีกทั้งบางกรณียังส่งผลเสียต่อระบบนิเวศน์ทางทะเลทำให้ไม่สามารถทำอุตสาหกรรมประมงได้ดังเดิม การป้องกันชายฝั่งในบริเวณภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น และต้องกระทำด้วยความรอบคอบ เพื่อไม่ให้เกิดผลเสียที่จะเกิดขึ้นตามมาหลังจากมีการดำเนินการป้องกันชายฝั่ง

ซึ่งการป้องกันมีอยู่หลากหลายวิธีโดยแบ่งออกได้หลักๆเป็น 2 ประเภทคือ แบบไม่ใช้โครงสร้างและแบบใช้โครงสร้าง การป้องกันแบบไม่ใช้โครงสร้างคือการใช้วัสดุที่มีอยู่ตามธรรมชาติหรือวัสดุที่ไม่มีความคงทนถาวรเช่น เขื่อนกันคลื่นไม้ไผ่ ไส้กรอกทราย หรือการถมทราย โดยวิธีนี้จะมีผลดีคือเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและไม่รบกวนระบบนิเวศน์มาก แต่ข้อเสียคือการป้องกันอาจไม่มีประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับการป้องกันแบบใช้โครงสร้าง ส่วนการป้องกันแบบใช้โครงสร้างคือการใช้วัสดุที่มีความคงทนถาวรเช่น หินทิ้ง หรือคอนกรีตเสริมเหล็ก มาจัดวางตัวเป็นโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจำแนกตามพื้นที่เป้าหมายที่ต้องการเช่นเขื่อนกันทรายและคลื่น เขื่อนกันคลื่น กำแพงกันคลื่นเป็นต้น ซึ่งวิธีการป้องกันชายฝั่งไม่มีค่ามาตรฐานตายตัวสำหรับทุกหาด หากแต่จะต้องพิจารณาถึงสภาพพื้นที่ของชายหาดแยกเป็นกรณีไป เนื่องจากพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งนั้นมีความซับซ้อนและมีหลากหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นอิทธิพลจากคลื่น จากคุณสมบัติตะกอน หรือจากลักษณะของภูมิประเทศ และอื่น ๆ ซึ่งทั้งหมดล้วนแล้วแต่มีการเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันในการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทั้งสิ้น ดังนั้นการออกแบบสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งจึงต้องทำด้วยความรอบคอบในการพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบที่ไม่ได้คาดคิดดังเช่นในบางกรณีที่การป้องกันชายฝั่งได้ส่งผลเสียต่อตัวชายฝั่งนั้นเองหรือแม้กระทั้งชายฝั่งข้างเคียง ปากน้ำชุมพร อ.เมือง จ.ชุมพร เป็นหนึ่งในพื้นที่ชายฝั่งที่มีการป้องกันชายฝั่งโดยการใช้เขื่อนกันทรายและคลื่นขนาดใหญ่ เพื่อเป็นช่องนำในการเดินเรือของท่าเรือปากน้ำชุมพร ซึ่งถือเป็นท่าเรือที่สำคัญ เนื่องจากจังหวัดชุมพรเป็นจังหวัดที่มีมรสุมพัดผ่านบ่อยจึงส่งผลให้เกิดการกัดเซาะบริเวณชายฝั่งอย่างรุนแรงต่อเนื่อง โดยเฉพาะบริเวณ บ้านหัวแหลม ตำบลบางมะพร้าว และบ้านจมูกโพรง ตำบลปากน้ำ อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร จากปัญหาการกัดเซาะที่กล่าวมาส่งผลเสียหายทั้งด้านความปลอดภัยของประชาชน ด้านการท่องเที่ยว ด้านประมง และเกษตรกรรมชายฝั่ง ส่งผลเสียหายเป็นมูลค่ามหาศาล การศึกษาหาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะใช้ในการวางแผนป้องกันปัญหาการกัดเซาะได้ในอนาคต

เนื่องจากเขื่อนกันทรายและคลื่น (jetty) สำหรับท่าเรือและปากร่องน้ำ เพื่อใช้ป้องกันท่าเรือจากการกระทำของคลื่น และป้องกันร่องน้ำสำหรับการเดินเรือจากคลื่นและการทับถมของตะกอนทรายในร่องน้ำ นอกจากนี้ยังบังคับให้ปากแม่น้ำไม่เกิดการเคลื่อนย้าย แต่การเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งในบริเวณภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยนั้นมีการเคลื่อนที่สุทธิไปทางทิศเหนือ การออกแบบสิ่งก่อสร้างป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชายฝั่งทางภาคใต้จึงต้องคำนึงถึงทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอน เช่นเขื่อนกันคลื่น จะทำให้เกิดการทับถมตัวของตะกอนบริเวณด้านหลังของเขื่อน และจะเกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรงที่ตัวสุดท้ายเสมอ เนื่องจากไม่มีการเติมเข้าของตะกอน เช่นกรณีตัวอย่าง ต. อ.เมือง จังหวัดสงขลา หรือสะพานท่าเรือจะมีด้านที่เกิดการทับถม แต่อีกด้านหนึ่งก็จะเกิดการกัดเซาะรุนแรงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่นกรณีตัวอย่าง บ้านบอโชน ต.สะกอม อ.จะนะ จังหวัดสงขลา กรณีหาดคลองวาฬ ศิริลักษณ์ ได้ทำการศึกษาไว้เมื่อปี 2554 โดยการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียม พบว่าลักษณะชายฝั่งของหาดคลองวาฬมีสภาวะค่อนข้างเสถียร แต่เมื่อมีการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งก็เกิดการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากสิ่งก่อสร้างชายฝั่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง ผู้วิจัยจึงได้คำนึงถึงการศึกษาถึงสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยใช้เขื่อนกันทรายและคลื่น บริเวณปากน้ำชุมพร ประกอบการคำนวณด้วย ในงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีแนวคิดที่จะสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งเพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้น เนื่องจากคลื่นและสิ่งก่อสร้างชายฝั่งโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนป้องกันชายฝั่งบริเวณจังหวัดชุมพรอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่บริเวณจังหวัดชุมพร

1.3.2 เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของกระบวนการชายฝั่งและไฮโดรไดนามิค ในพื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดชุมพร ทั้งก่อน และหลังที่จะมีการสร้างเขื่อนกันคลื่นและทราย บริเวณปากแม่น้ำชุมพร ตำบลปากน้ำ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร

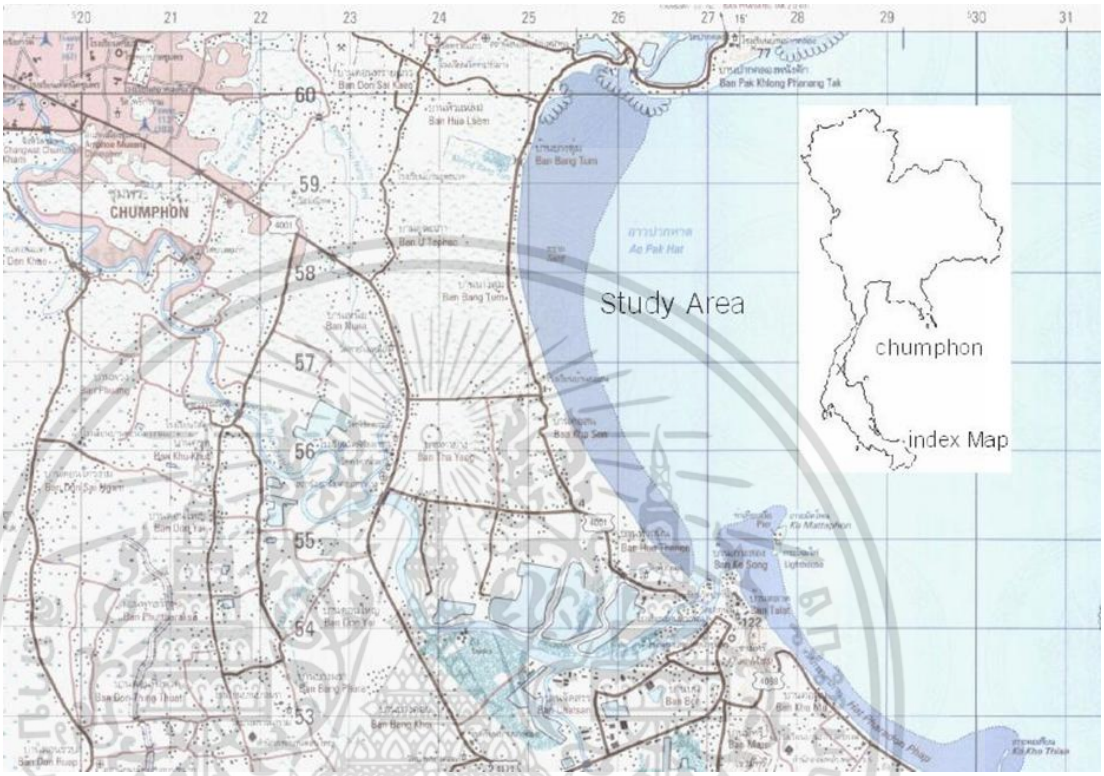
1.3.3 เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของกลไกการป้องกันชายฝั่งอันเกิดขึ้นมาจากเขื่อนกันคลื่นและทราย บริเวณปากแม่น้ำชุมพร ตำบลปากน้ำ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร

1.3.4 ผลการศึกษาสามารถนำไปพัฒนาเพื่อประโยชน์ของการขนส่งทางทะเล บรรเทาอุทกภัย ทำให้เกิดความยั่งยืนในอาชีพประมงในวิถีประมงชุมชน และอุตสาหกรรมอาหารทะเล ซึ่งจะส่งผลดีต่อสภาพเศรษฐกิจครัวเรือน สังคม ชาวบ้านและเมือง รวมทั้งพัฒนาอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวโดยทางอ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 พื้นที่ศึกษา เป็นบริเวณปากน้ำชุมพร ตำบลปากน้ำ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร และพื้นที่ชายฝั่งรอบปากแม่น้ำชุมพร ความยาวประมาณ 10 กิโลเมตรตลอดความยาวหาด



รูปที่ 1.1 ที่ตั้งพื้นที่ศึกษาเมื่อครั้งยังไม่มีเขื่อนกันทรายและคลื่น

1.4.2 การศึกษานี้อาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในระยะยาวโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ one line model และการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมจะใช้เส้นระดับน้ำทะเลที่ปรากฏมาปรับแก้ค่าความถูกต้องจากน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดนี้จะอยู่ในแง่ของพื้นที่ระนาบ 2 มิติเท่านั้น (ไม่มีผลที่เกี่ยวข้องกับความลึก)

1.4.3 ความชันของท้องน้ำและขนาดของตะกอนในแบบจำลองจะถูกประมาณว่าเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่งเท่านั้น (ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่และเวลา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

- ภาพถ่ายทางอากาศ
- ภาพถ่ายดาวเทียม
- แผนที่
- ระดับน้ำขึ้นน้ำลง
- แผนที่ร่องน้ำ
- ข้อมูลคุณสมบัติของดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา
- ข้อมูลคลื่นอันประกอบด้วย ความสูง คาบ และทิศทาง
- ขนาดและคุณสมบัติของสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งในพื้นที่ศึกษา
- รูปถ่ายจากพื้นที่จริง
- ข้อมูลภาคตัดของพื้นที่ศึกษา

1.6 วิธีการศึกษา

ในการศึกษาผลกระทบครั้งนี้จะแยกคิดเป็นสามส่วนคือพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวช่วงก่อนสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น บริเวณปากน้ำชุมพร และช่วงหลังสร้างเขื่อนกันทรายและคลื่น โดยการใช้ข้อมูลปฐมภูมิคือ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลไฮโดรไดนามิคจากทุ่นสมุทรศาสตร์ ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลง และข้อมูลทุติยภูมิคือ ข้อมูลเส้นชั้นความสูงของความลึกของพื้นทะเล, ข้อมูลของดินบริเวณชายฝั่ง, และข้อมูลคลื่น เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ในสามส่วนคือ ส่วนแรกโดยใช้หลักการของแบบจำลองคณิตศาสตร์ ส่วนที่สองคือการวิเคราะห์ข้อมูลการกัดเซาะจากภาพถ่ายดาวเทียม และส่วนที่สามเป็นส่วนของการสำรวจพื้นที่จริงในภาคสนาม เพื่อนำข้อมูลในแต่ละส่วนมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อหาอิทธิพลของเขื่อนกันคลื่นและทรายที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ซึ่งสามารถกำหนดวิธีการศึกษาได้ตามลำดับต่อไปนี้

- กำหนดวัตถุประสงค์
- ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
- กำหนดพื้นที่ศึกษา
- รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ
- วางแผนออกภาคสนาม
- ออกภาคสนาม
- เก็บข้อมูลภาคสนาม
- วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สรุปผลและวิจารณ์ผล
- จัดทำรูปเล่มรายงาน

1.7 แผนงาน

1.7.1 ระยะเวลาดำเนินงาน ระยะเวลารวม 12 เดือน

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน

กิจกรรม	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ	←	—	—	—	→							
วางแผนก่อนออกภาคสนาม				↔			↔					
รวบรวมข้อมูลภาคสนาม					↔			↔				
ทดสอบตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ						↔			↔			
วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูล				←	—	—	—	—	—	—	—	→
สรุปผลและอภิปรายผล										←	—	→
จัดทำรูปเล่มรายงาน												↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7.2 งบประมาณตลอดโครงการ

ตารางที่ 1.2 งบประมาณตลอดโครงการ

รายการ	**งบประมาณ (บาท)**
ค่าวัสดุ (ชี้แจงรายละเอียด)	
1. แผ่นอะคริลิค	5,000
2. ไม้หมุด	10,000
3. สีสเปรย์	1,000
4. ตุ้มน้ำหนักพร้อมโซ่ 2 ชิ้น (1,500 x 2 = 3,000)	3,000
5. เชือกมะนิลา	7,000
ค่าใช้สอย (ชี้แจงรายละเอียด)	
1. ค่าจ้างงานขุดลอกรังวัดและสร้างโมเดลกายภาพในสถานที่จริง (เหมาจ่าย)	50,000
2. ค่าจ้างเก็บตัวอย่างตะกอน (เหมาจ่าย)	20,000
3. ค่าจ้างก่อสร้างโมเดลกายภาพในห้องทดลอง (เหมาจ่าย)	35,000
4. ค่าเช่ารถ เดินทาง 2 ครั้ง ครั้งละ 2,500 บาท (2,500 x 2 = 5,000)	5,000
5. ค่าน้ำมัน	8,000
6. ค่าที่พักคืนละ 400 บาท ลงพื้นที่ 2 ครั้ง ครั้งละ 7 คืน (400 x 2 x 7= 5,600)	5,600
รวมงบประมาณ	149,600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

18.1 เพื่อให้ได้ข้อมูลอิทธิพลที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนพัฒนาระบบป้องกันชายฝั่ง ในบริเวณชายฝั่ง จังหวัดชุมพร

1.8.2 ได้ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการกัดเซาะบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง บริเวณพื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดชุมพร เพื่อเป็นข้อมูลเก็บไว้อ้างอิงในงานวิจัยต่าง ๆ ต่อไป

1.8.3 เพื่อให้สามารถใช้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งเนื่องจากเขื่อนกันทรายและคลื่นบริเวณปากน้ำชุมพร ตำบลปากน้ำ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพรไปเป็นส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์ หรือเพื่อการวางแผนในการพัฒนาได้อย่างถูกต้องตามหลักวิศวกรรมชายฝั่งต่อไป

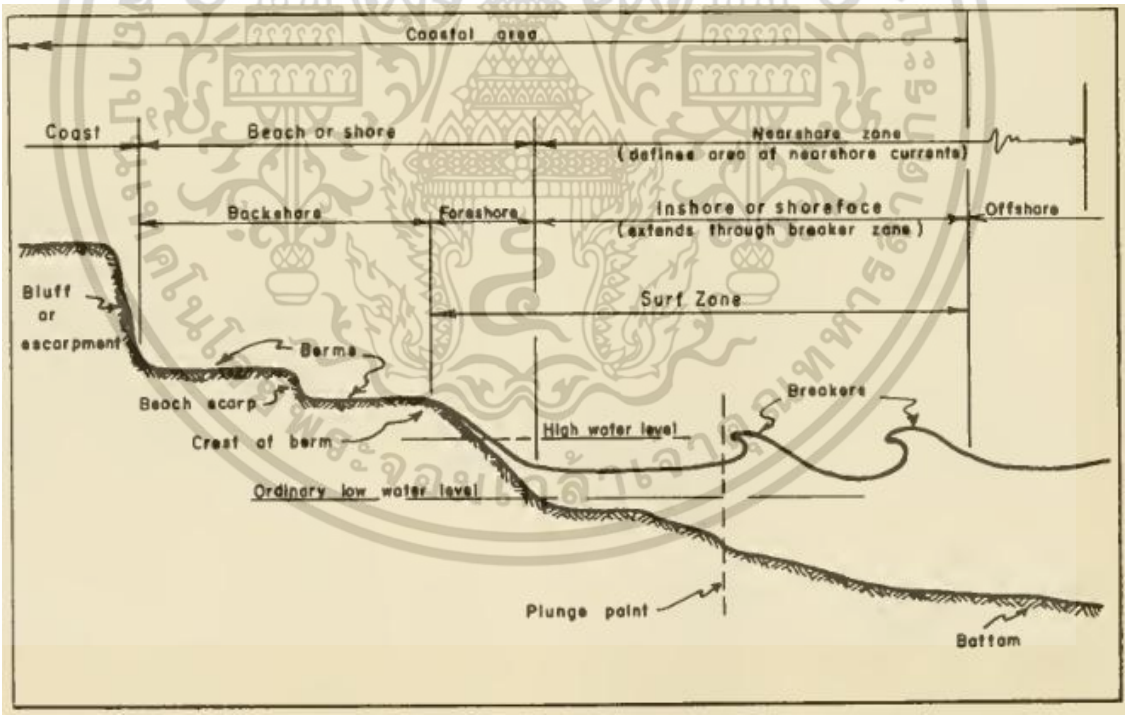
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะเป็นการอธิบายถึงทฤษฎีพื้นฐานของวิศวกรรมชายฝั่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ซึ่งอ้างอิงจากปริญญานิพนธ์ของ กรวิศิษฏ์และคณะ (2558) ที่เคยกล่าวถึงพื้นฐานของวิศวกรรมชายฝั่งไว้โดยอ้างอิงมาจากตำรา Shore Protection Manual (1984) และตำรา Coastal Engineering Manual (2008) เป็นหลัก และในบทนี้จะอธิบายถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้โดยสังเขปอีกด้วย ท้ายที่สุดจะเป็นการอธิบายถึงพื้นฐานของแบบจำลองชายฝั่งชนิด One-line Modeling ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ พร้อมทั้งยกงานวิจัยที่ผู้แต่งใช้ในการอ้างอิงมาอธิบายโดยสังเขปอีกด้วย เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจถึงคำศัพท์และกระบวนการต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น

2.1 พื้นที่ชายฝั่ง (Coastal Area)



รูปที่ 2.1 ภาพตัดขวางของชายฝั่ง (Shore Protection Manual, 1984)

พื้นที่ชายฝั่งเป็นบริเวณที่อยู่ระหว่างแผ่นดินกับน้ำทะเล ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากอิทธิพลต่าง ๆ ที่เข้ามากระทำกับชายฝั่งไม่ว่าจะเป็นด้วยลักษณะทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของชายฝั่งเองหรือการกระทำของมนุษย์ ซึ่งในพื้นที่ชายฝั่งจะแบ่งออกได้หลากหลายแบบ แต่ในที่จะจะอธิบายถึงการแบ่งพื้นที่ตามลักษณะการกระทำของคลื่น ซึ่งสามารถสรุปได้คร่าว ๆ คือเมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้ามาจากแหล่งกำเนิด เมื่อเคลื่อนที่มาถึงความลึกค่าหนึ่ง คลื่นก็จะเกิดการแตกตัว (Wave Breaking) จุดที่คลื่นเกิดการแตกตัวจะเป็นจุดแบ่งระว่างพื้นที่นอกฝั่ง (Offshore) กับระยะที่คลื่นซัดเข้าหาฝั่ง (Surf Zone) จากนั้นเมื่อคลื่นซัดไปบนฝั่งจะทำให้ตะกอนบริเวณนั้นถูกพัดพาไปและกลับเนื่องจากอิทธิพลของคลื่นด้วย โดยระยะที่ตะกอนเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุดมักจะเป็นสันดอน (Berms) ซึ่งมักถูกใช้เป็นตัวที่พิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

2.2 กระบวนการชายฝั่ง (Coastal Process)

จากตำรา Shore Protection Manual (1984) กล่าวว่า ชายหาดและพื้นที่ใกล้ชายฝั่ง ถูกแบ่งแยกตามแรงที่เกิดจากทะเลที่เข้ามากระทำต่อแผ่นดิน ลักษณะทางกายภาพส่วนใหญ่ของระบบจะถูกกำหนดโดยการเคลื่อนตัวของน้ำทะเล ปริมาณการรับพลังงาน (Suppiles Energy) ในระบบหรือในบริเวณชายฝั่ง หรือการดูดซับพลังงาน (Adsorbs) ของปริมาณพลังงานในระบบ และเนื่องจากชายฝั่งนั้นเป็นส่วนแบ่งระหว่างน้ำ แผ่นดิน และอากาศ ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่จึงมีความซับซ้อนและยากที่จะวิเคราะห์และทำความเข้าใจ อันเนื่องมาจากผลพวงของปัจจัยต่างๆดังนี้

2.2.1 น้ำทะเล

การเคลื่อนที่ของน้ำทะเลแสดงให้เห็นถึงระบบทางกายภาพของชายหาดและบริเวณใกล้ฝั่ง ซึ่งการเคลื่อนที่นี้ประกอบไปด้วย คลื่น (Waves) น้ำขึ้นน้ำลง (Tidal) กระแสน้ำ (Currents) พายุซัดฝั่ง (Strom surge) และคลื่นสึนามิ (Tsunami) โดยที่คลื่นซึ่งเกิดจากลม (Wind generated waves) จะมีบทบาทมากที่สุดในการนำพาพลังงานจากทะเลเข้าสู่ระบบทางกายภาพของชายหาดหรือชายฝั่ง เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาหาดด้วยมุมจะทำให้เกิดกระแสน้ำในบริเวณน้ำตื้นเคลื่อนที่ขนานไปกับชายฝั่ง กระแสน้ำนี้เรียกว่ากระแสน้ำเรียบชายฝั่ง (Longshore current) แต่ในบางกรณีอาจเกิดกระแสที่เคลื่อนที่ออกจากฝั่ง กระแสน้ำชนิดนี้เรียกว่า กระแสน้ำออกนอกฝั่ง (Rip current)

2.2.2 ชายหาดและพื้นที่ใกล้ฝั่ง

ตะกอนชายหาด (Beach sediment) หาดแทบทั้งหมดจะมีตะกอนชายฝั่งคือทราย ขนาดและคุณลักษณะของตะกอน รวมไปถึงความลาดชันของชายหาดจะมีความสัมพันธ์ต่อแรงที่จะกระทำต่อหาดที่ไม่มีการป้องกัน กระแสน้ำเรียบชายฝั่งถือเป็นกระบวนการที่คงที่และพัดพาตะกอนเป็นจำนวนมาก บางครั้งตะกอนชายฝั่งเกิดจากการกัดเซาะ อันเกิดขึ้นได้จากคลื่นหรือกระแสน้ำ และในบางครั้งตะกอนชายฝั่งอาจมาจากระดับน้ำที่ลึก อนุภาคของตะกอนจะเกิดการทับถมได้ก็ต่อเมื่อเคลื่อนที่ไกลออกไปจากชายฝั่งมากเพียงพอที่จะเกิดความสงบของกระแสน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นบริเวณที่มีความลึกและอยู่นอกชายฝั่ง (Offshore)

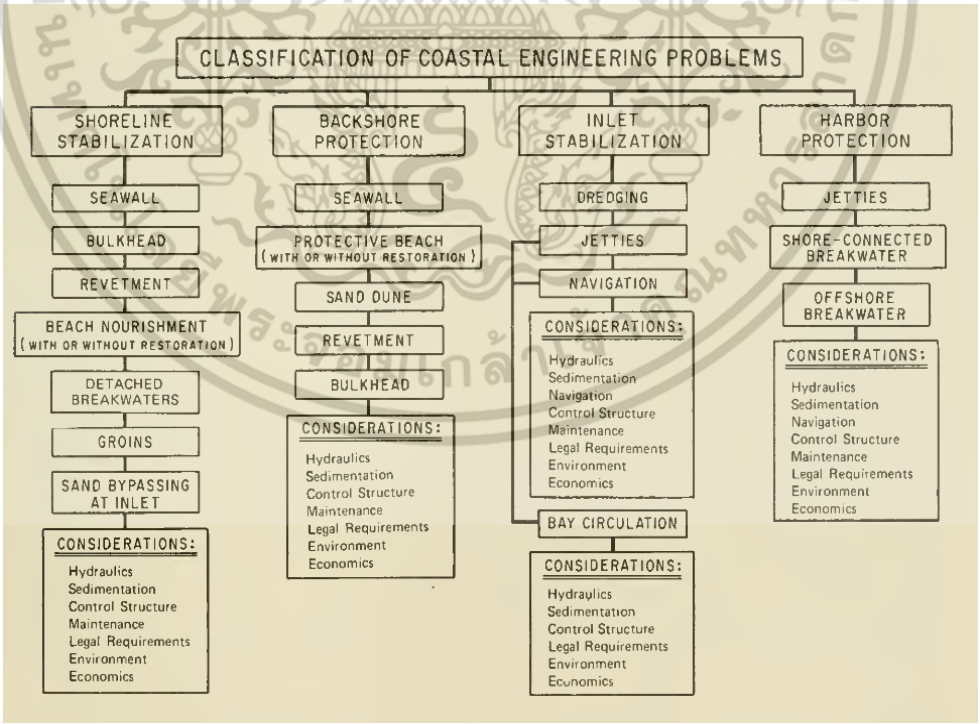
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปจะไม่พบเห็นดินเลน (Clay) และ ดินตะกอน (Silt) ในบริเวณชายฝั่ง เนื่องจากคลื่นทำให้เกิดความปั่นป่วนของกระแสน้ำตลอดแนวชายฝั่ง และเนื่องจากอนุภาคของดินเลนและดินตะกอนมีขนาดเล็กอนุภาคจึงได้เคลื่อนที่อยู่ภายในกระแสน้ำทำให้ไม่เกิดการทับถม

คุณสมบัติของชายหาด (Beach characteristic) โดยทั่วไปมักถูกอธิบายในรูปแบบของขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินที่รวมตัวกันเป็นชายหาด การกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน ความแน่นของชั้นดิน ระดับและความกว้างของสันดอน ความลาดชันของด้านหน้าชายทะเล ลักษณะของสันทรายใต้น้ำ (Bar) และความลาดชันในชายทะเล โดยทั่วไปแล้วหาดที่มีเม็ดดินขนาดใหญ่จะมีความลาดชั้นที่สูง ในขณะเดียวกันหาดที่มีความลาดชันน้อยจะมีขนาดเม็ดดินที่ละเอียด

2.3 การวางแผนและมาตรการป้องกันชายฝั่ง

จากตำรา Shore Protection Manual (1984) กล่าวว่า ปัญหาในวิศวกรรมชายฝั่งนั้นสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆคือ การเพิ่มเสถียรภาพของชายทะเล (Shoreline Stabilization) การป้องกันด้านหลังชายทะเล (Backshore Protection) การปรับปรุงเสถียรภาพของปากน้ำ (Inlet Stabilization) และการป้องกันท่าเรือ (Harbor Protection) ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.2 โดยทีปัญหานั้นสามารถที่จะอยู่ได้มากกว่า 1 ประเภท ในการแบ่งแยกประเภท



รูปที่ 2.2 ประเภทของปัญหาทางวิศวกรรมชายฝั่ง (Shore Protection Manual, 1984)

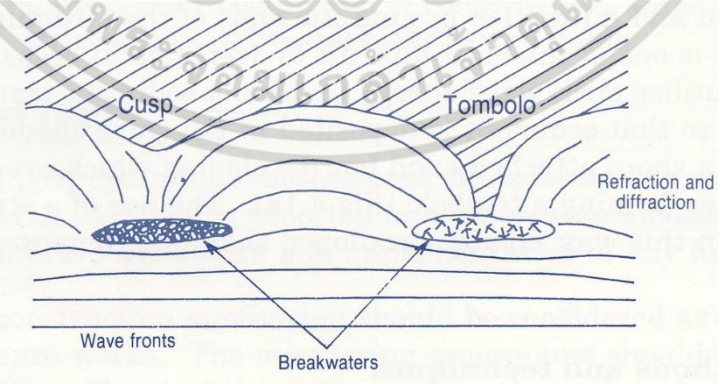
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ มากมายซึ่งบางวิธีการจำเป็นที่จะต้องใช้สิ่งก่อสร้าง แต่บางวิธีการอาจจะใช้แค่การจัดการบริหารพื้นที่ก็เพียงพอ

สิ่งก่อสร้างหรือวิธีการป้องกันชายฝั่งนั้นมีอยู่มากมาย แต่ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะอธิบายในรายละเอียดเฉพาะมาตรการป้องกันชายฝั่งที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาเท่านั้น ซึ่งประกอบไปด้วย เขื่อนกันคลื่น (Breakwater) เขื่อนกันทรายและคลื่นปากแม่น้ำ (Jetty) ซึ่งมีพฤติกรรมคล้ายเขื่อนรอดักทราย (Groin) และกำแพงกันคลื่น (Seawall) ซึ่งจะอธิบายโดยสังเขปต่อไป

2.3.1 เขื่อนกันคลื่น (Breakwater) เขื่อนกันคลื่นที่อยู่นอกฝั่งบางครั้งจะเรียกโดยรวมว่าเขื่อนกันคลื่นนอกฝั่ง (Offshore breakwater) ซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันชายฝั่งอันเนื่องมาจากพลังงานของคลื่นที่เข้าปะทะ โดยทั่วไปแล้วมักก่อสร้างขนานกับชายฝั่งเพื่อทำหน้าที่ป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งหรือป้องกันท่าเรือ อีกทั้งยังดักจับตะกอนไว้ด้านหลังของเขื่อนอีกด้วย โดยส่วนมากวัสดุที่ใช้จะเป็นหินทิ้ง (Rubble-mound) แต่ในบางครั้งอาจใช้วัสดุอื่น ๆ ได้เช่น ไม้ เข็มพืด (Sheet-pile) คอนกรีต หรือแม้กระทั่งซากเรือ

2.3.1.1 การดำเนินงานตามบทบาทของเขื่อน (Functional Operation) เขื่อนกันคลื่นนอกฝั่งนั้นทำหน้าที่ในการสลายพลังงานของคลื่นที่เข้ามาปะทะกับตัวเขื่อน (Lee) โครงสร้างของเขื่อนกันคลื่นจะทำการสะท้อนทิศทางของคลื่น (Reflect) และสลายพลังงานคลื่นที่เข้ามาปะทะโดยตรง ผลจากการสลายพลังงานนั้นจะทำให้เกิดบริเวณที่มีกระแสน้ำไหลน้อยมาก (Shadow Area) อยู่บริเวณด้านหลังเขื่อนหรือด้านที่ตั้งฉากกับมุมของคลื่นที่ตกกระทบ ทำให้การเคลื่อนตัวของตะกอนในบริเวณด้านหลังเขื่อนนั้นมีค่าต่ำมาก ดังนั้นตะกอนที่เคลื่อนตัวมากับกระแสน้ำขนานชายฝั่งหรือตะกอนที่หมุนเวียนอยู่กับกระแสน้ำมีแนวโน้มที่จะทับถมกันอยู่บริเวณด้านหลังเขื่อนและถ้าระยะห่างระหว่างเขื่อนกับแนวชายหาดและความยาวของเขื่อนสอดคล้องกันเป็นอย่างดี จะทำให้เกิดการทราย



รูปที่ 2.3 สันดอนเชื่อมเกาะ (South West Coastal Group)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งอก (Cusp) หรือสันดอนเชื่อมเกาะ (Tombolo) ดังนั้นเขื่อนกันคลื่นไม่เพียงแต่สลายพลังงานคลื่นด้วยตัวโครงสร้างเพียงอย่างเดียวแต่ยังสร้างแนวชายฝั่งเพื่อเป็นแนวรับแรงปะทะ (Buffer zone) อีกด้วย

2.3.1.2 การตอบสนองของแนวชายฝั่งต่อเขื่อนกันคลื่น (Shoreline Response) ชายฝั่งจะตอบสนองต่อเขื่อนกันคลื่นโดยมีลักษณะเด่นขึ้นอยู่กับผลรวมของกระแสน้ำขนานชายฝั่งในบริเวณรวมไปถึงขนาดของตะกอน และกระแสน้ำพุ่งออกจากชายฝั่ง (Onshore-Offshore current) ยังมีผลบางส่วนอีกด้วย การก่อสร้างเขื่อนกันคลื่นจึงทำให้แนวชายฝั่งต้องทำการตอบสนองเพื่อหาจุดสมดุลใหม่

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาเขื่อนกันคลื่นในทิศทางขนานกับแนวเขื่อนและแนวชายฝั่ง (ในเงื่อนไขที่ไม่มีกระแสน้ำเรียบชายฝั่ง) เมื่อคลื่นเข้ากระทบกับเขื่อน จะทำให้คลื่นเกิดการอ้อมตัว (Diffraction) และนำพาตะกอนบริเวณขอบของเขื่อนเข้าไปบริเวณด้านหลังเขื่อน กระบวนการนี้จะดำเนินการไปเรื่อย ๆ จนกว่าแนวชายฝั่งที่เกิดขึ้นมาใหม่จะมีทิศทางขนานกับคลื่นที่แตกตัวด้านหลังเขื่อนและทำให้กระแสน้ำขนานชายฝั่งหายไป ทำให้เกิดสันดอนเชื่อมเกาะจะมีลักษณะก่อร่างเป็นแนวกระจายเป็นรูปโค้งนูน

โดยทั่วไปแล้วคลื่นที่เคลื่อนที่เข้าหาชายฝั่งไม่ได้มาในทิศทางขนานเสมอไป รูปร่างของสันดอนเชื่อมเกาะจึงมีลักษณะไม่สมมาตรและมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับสภาวะของคลื่นและลักษณะของชายฝั่ง

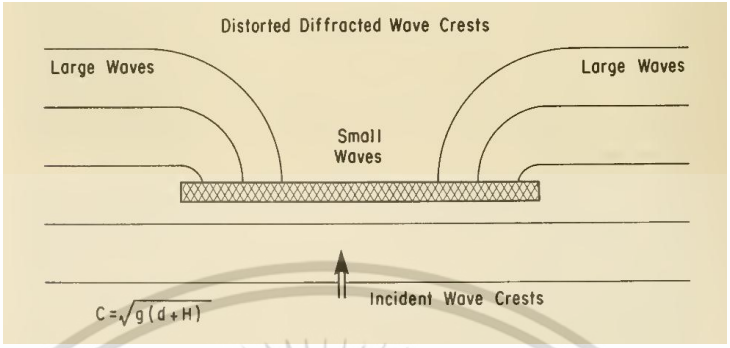
2.3.1.3 ปัจจัยสำคัญที่จะต้องพิจารณาเมื่อออกแบบเขื่อนกันคลื่น คือต้องให้มีแนวสันทรายเชื่อมเกาะหรือทรายงอกซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องออกแบบให้มีความเหมาะสมกับสถานที่ว่ามีความต้องการที่จะให้เป็นสันทรายหรือทรายงอก เนื่องจากสันทรายเชื่อมเกาะอาจปิดกันทิศทางของกระแสน้ำเรียบชายฝั่งทำให้เกิดการหมุนเวียนของตะกอนในบริเวณชายฝั่งไม่ดี อีกทั้งฤดูกาลยังมีผลต่อการก่อตัวของทรายงอกอีกด้วย

2.3.1.4 ตัวแปรที่สำคัญในการออกแบบเขื่อนกันคลื่น คือการอ้อมตัวของคลื่น (Diffraction) ซึ่งจากงานวิจัยของ Toyoshima (1972) และ Lesnik (1979) สามารถสรุปตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบเขื่อนกันคลื่นไว้ดังนี้

1) ความยาวคลื่น ความยาวคลื่นที่สูงขึ้นจะมีอิทธิพลของพลังงานที่จะเคลื่อนตัวหลังจากการแตกตัวไปสู่ด้านหลังเขื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ระยะห่างของเขื่อนกันคลื่น (Breakwater Gap Width) อัตราส่วนระหว่างช่องว่างระหว่างเขื่อนกันคลื่นกับความยาวของคลื่น สำหรับเขื่อนกันคลื่นแบบแยกนั้นถือว่ามีอิทธิพลต่อพลังงานที่จะเข้ามาด้านหลังเขื่อนโดยที่พลังงานที่เข้ามาได้จะแปรผกผันกับอัตราส่วนนี้



รูปที่ 2.4 การแตกตัวของคลื่น (Shore Protection Manual, 1984)

3) ทิศทางของคลื่น ทิศทางของคลื่นมีส่วนสำคัญต่อรูปทรงของทรายงอกเนื่องจากมีอิทธิพลของกระแสน้ำขนานชายฝั่งเข้ามาเกี่ยวข้องอีกทั้งการอ้อมตัวของคลื่นที่บริเวณขอบเขื่อนยังไม่ได้เกิดขึ้นอย่างสมดุลทั้งสองข้างอีกด้วย

4) ความสูงคลื่น ความสูงคลื่นเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับพลังงานที่เคลื่อนที่เข้าหาเขื่อนซึ่งมีอิทธิพลโดยตรงต่อการอ้อมตัวของคลื่นบริเวณด้านข้างเขื่อนโดยที่ความสูงคลื่นที่มากจะทำให้มีการอ้อมตัวเป็นวงกว้างมากขึ้นและในบางครั้งความสูงคลื่นอาจมากกว่าความสูงของเขื่อนและทำให้เกิดการกระโจนของคลื่นข้ามสันเขื่อน (Wave Overtopping) ไปทำลายสันทรายด้านหลังเขื่อนได้

5) ระดับน้ำขึ้นน้ำลง ในการที่จะทำนายผลของการตอบสนองของชายฝั่งที่เกิดขึ้นการสร้างเขื่อนและจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงเป็นส่วนที่มีความยุ่งยากมาก โดยทั่วไปแล้วความสูงของระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่มีช่วงมากกว่า 1.5 เมตร จะมีแนวโน้มทำให้การเกิดสันทรายเชื่อมแผ่นดินลดลงและยังมีอิทธิพลมากถ้าหากระดับน้ำขึ้นสูงสุดมีความสูงมากกว่าความสูงของเขื่อน

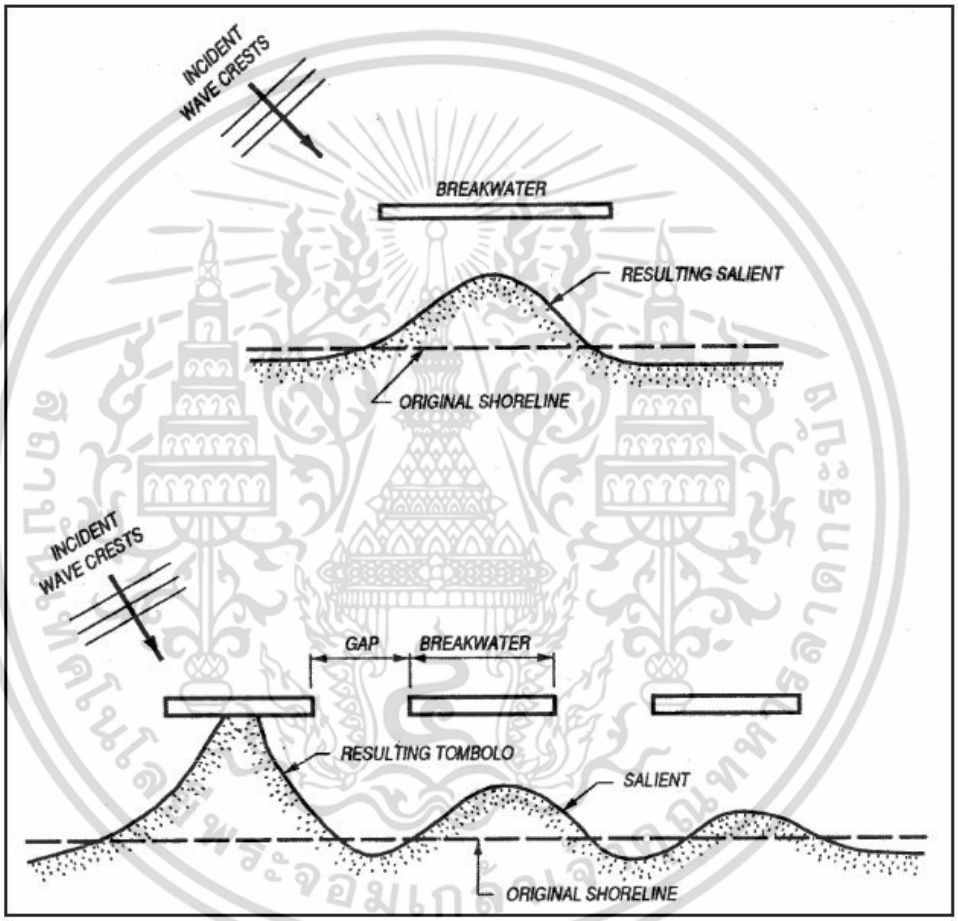
6) ความลาดชันของหาด เนื่องจากความลาดชันของหาดมีผลสัมพันธ์กับระดับน้ำขึ้นน้ำลง ถ้าหากหาดมีความลาดชันน้อยระดับน้ำขึ้นน้ำลงจะมีผลมากทำให้การก่อสร้างเขื่อนที่ต้องสร้างในบริเวณคลื่นซัดฝั่ง (Surf Zone) ต้องก่อสร้างลึกลงไปในทะเลมาก และเนื่องจากระยะทางที่ไกลขึ้นความยาวเขื่อนรวมไปถึงวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเขื่อนจะเพิ่มขึ้นด้วย

7) ปริมาณของตะกอนที่เติมเข้ามาในชายฝั่ง ตะกอนในส่วนนี้จะถูกดักจับเพื่อสร้างเป็นสันทรายเชื่อมแผ่นดิน ปริมาณตะกอนที่เพียงพอจะทำให้เกิดสันทรายเชื่อมแผ่นดินได้ แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.) ขนาดของตะกอน การกระจายของขนาดตะกอนและความลาดชันของชายหาดมีมีผลต่อการก่อตัวของสันทรายเชื่อมแผ่นดิน ตะกอนที่มีขนาดเล็กจะถูกพัดพาไปได้ง่ายกว่าตะกอนขนาดใหญ่และทำให้เกิดสันทรายได้น้ำได้เร็วกว่าตะกอนที่มีขนาดใหญ่

ในกรณีที่มีเขื่อนหลายตัวและทิศทางของคลื่นที่เข้าหาชายฝั่งไม่ได้ขนานกับชายฝั่ง พฤติกรรมของเขื่อนยากที่จะวิเคราะห์หาขนาดที่แน่นอนได้เนื่องจากมีอิทธิพลจากกระแสน้ำเรียบชายฝั่งและการแตกตัวของคลื่นที่ขอบทั้งสองข้างนั้นไม่มีความสมมาตร ซึ่งรูปแบบการเปลี่ยนแปลงอาจสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 พฤติกรรมการตอบสนองของเขื่อนกันคลื่นเมื่อทิศทางของคลื่นทำมุมกับเขื่อน (Coastal Engineering Manual, 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เขื่อนรอดักทราย (Groin) เขื่อนรอดักทรายคือโครงสร้างป้องกันชายฝั่งที่ออกแบบมาสำหรับดักตะกอนที่เคลื่อนที่ขนานชายฝั่งเพื่อสร้างชายฝั่งเพิ่มเติมหรือลดอัตราการกัดเซาะชายฝั่ง สำหรับบางบริเวณเช่นบริเวณท่าเรือหรือช่องทางเดินเรือ เขื่อนรอดักทรายเป็นเขื่อนแคบ ๆ ซึ่งมีความยาวและความสูงที่หลากหลายและมักสร้างตั้งฉากกับชายฝั่ง

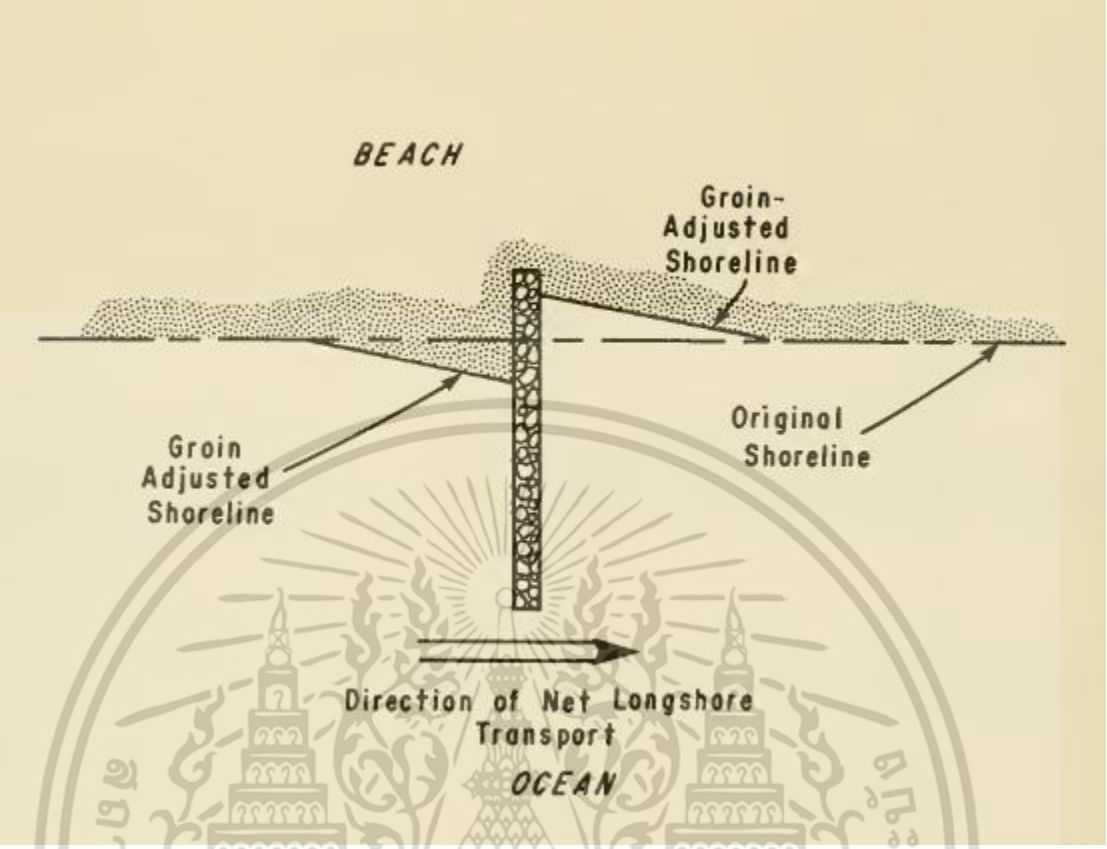
2.3.2.1 หลักการทำงานของเขื่อนรอดักทราย (Groin Operation) ปฏิกิริยาระหว่างกระบวนการชายฝั่ง (Coastal Process) กับเขื่อนรอดักทรายหรือเขื่อนระบบรอดักทราย (System of Groin) นั้นมีความซับซ้อน แต่อย่างไรก็ตามทฤษฎีพื้นฐานสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเขื่อนรอดักทรายได้ ซึ่งทฤษฎีต่างเหล่านี้จะถูกอธิบายโดยสังเขปดังต่อไปนี้

กฎข้อที่ 1: เขื่อนรอดักทรายสามารถใช้เพื่อที่จะดักจับตะกอนที่เคลื่อนที่ขนานกับชายฝั่งเท่านั้น เขื่อนรอดักทรายจะไม่สามารถดักจับตะกอนที่เคลื่อนที่ออกชายฝั่ง (Onshore-Offshore transport) ได้

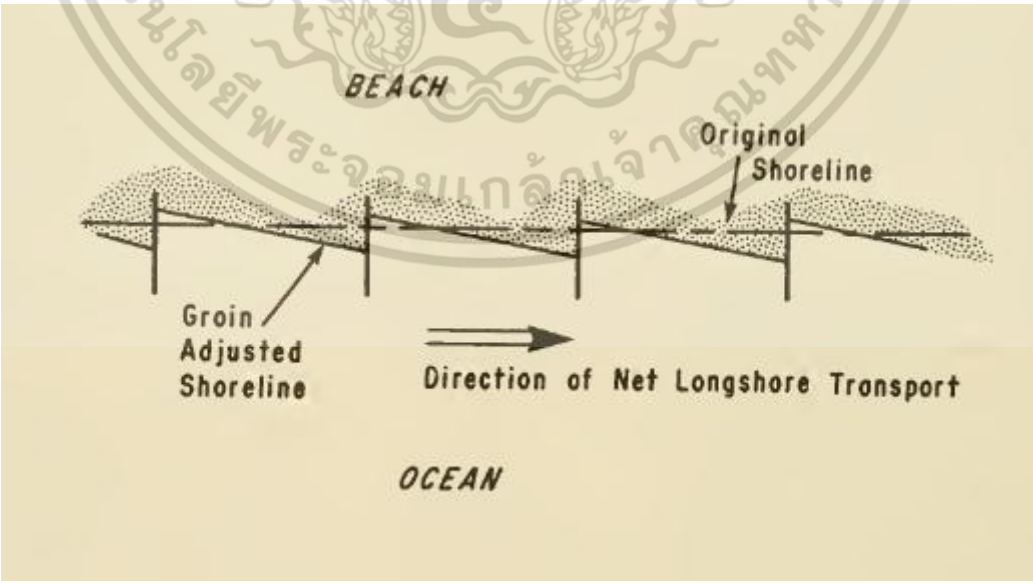
กฎข้อที่ 2 : การปรับเปลี่ยนของสภาพชายฝั่งจะขึ้นอยู่กับขนาด (Magnitude) และทิศทางของตะกอนที่เคลื่อนที่ขนานกับชายฝั่ง การเคลื่อนตัวของตะกอนที่เคลื่อนที่ขนานกับชายฝั่งจะทำให้เกิดการทับถมกันในบริเวณด้านที่ขวางการเคลื่อนที่และมักจะทำให้เกิดการกัดเซาะในอีกฝากหนึ่ง ในรูปที่ 2.6 จะแสดงถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นจากเขื่อนรอดักทรายหนึ่งตัวและ รูปที่ 2.7 แสดงถึงกระบวนการที่เกิดจากระบบเขื่อนรอดักทราย ข้อสังเกตคือทิศทางของตะกอนที่เคลื่อนที่ขนานกับชายฝั่งนั้นขึ้นอยู่กับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่เข้าหาฝั่ง ซึ่งที่คลื่นเข้ากระทบชายฝั่งโดยปกติ (ไม่ได้กระทบโดยทำมุมกับชายฝั่ง) หรือชายฝั่งมีการปรับรูปร่างให้คลื่นเข้ามากระทบแบบปกติได้ กระแสน้ำขนานชายฝั่งก็จะไม่เกิดขึ้น เพราะฉะนั้นการพิจารณาถึงกระแสน้ำขนานชายฝั่งจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการออกแบบเขื่อนรอดักทราย

กฎข้อที่ 3 : เขื่อนรอดักทรายจะชักนำให้เกิดการสะสมของตะกอนที่เคลื่อนที่ขนานชายฝั่ง (Longshore Drift) ในบริเวณด้านหน้าชายทะเล (Foreshore) จะมีการปรับสภาพระดับความสูงเพื่อที่จะพยายามกลับคืนสู่รูปลักษณ์เดิมตามธรรมชาติ โปรไฟล์ (Profile) ปกติของชายหาดมีผลมาจากระดับสูงสุดที่คลื่นสามารถซัดเข้าหาฝั่งและระยะที่ตะกอนสามารถเคลื่อนที่ออกสู่ทะเลได้ ซึ่งสามารถอธิบายการเคลื่อนตัวของตะกอนได้โดยอาศัยคุณลักษณะของคลื่น กระแสน้ำ ขนาดของเม็ดทรายและความลาดชันของชายฝั่ง เมื่อหนึ่งในปัจจัยเหล่านี้ได้เปลี่ยนแปลงไป ลักษณะระดับของชายหาดก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยเพื่อให้เกิดภาวะสมดุล การสะสมของทรายในบริเวณด้านหน้าชายทะเลโดยการดักของเขื่อนรอดักทรายจะทำให้ลักษณะความสูงของหาดเปลี่ยนแปลงไป ปฏิกิริยาต่อการเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้เกิดการกัดเซาะในบริเวณด้านหน้าชายทะเล หรือการสะสมในบริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กระบวนการโดยทั่วไปของเขื่อนรอดักทราย (Shore Protection Manual, 1984)

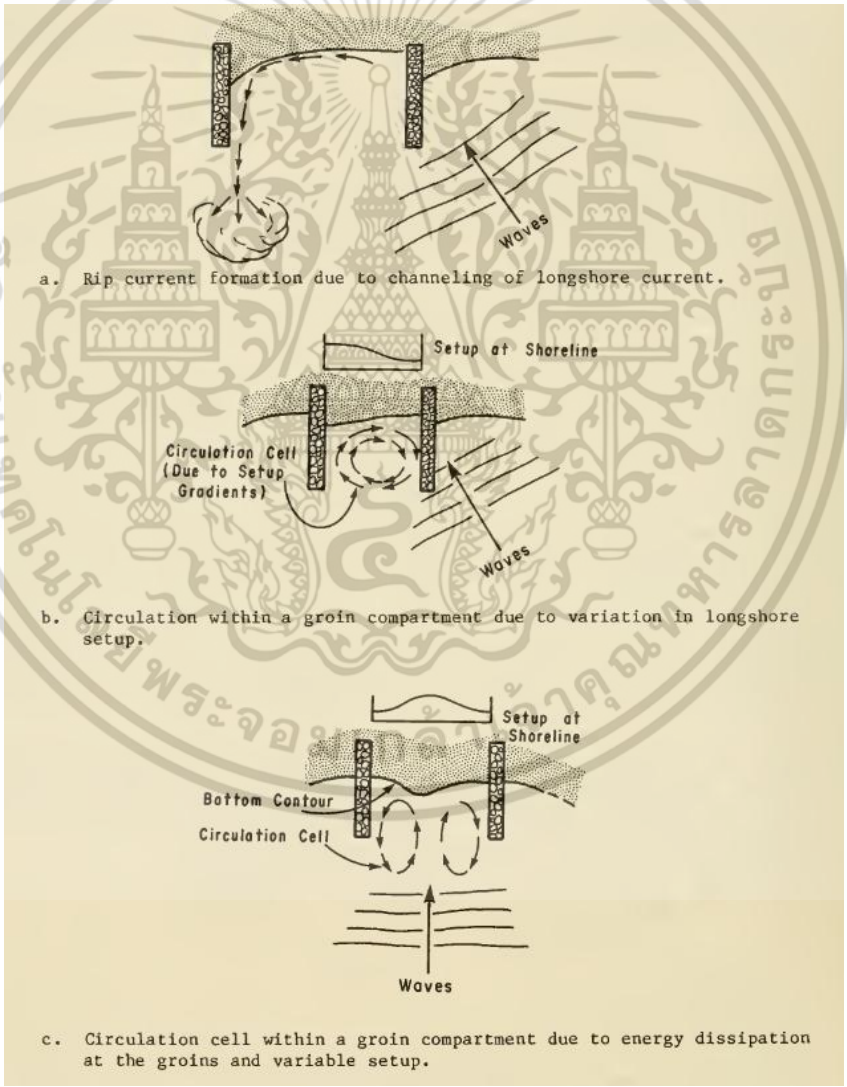


รูปที่ 2.7 กระบวนการโดยทั่วไปของระบบเขื่อนรอดักทราย (Shore Protection Manual, 1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใกล้ชายทะเลหรือเกิดขึ้นทั้งคู่เนื่องจากการพยายามกลับคืนสู่สมดุลของชายฝั่ง ด้วยอิทธิพลนี้จะทำให้เกิดการทรุดตัวไม่เท่ากัน (Differential Settlement) ของวัสดุบริเวณชายฝั่ง การคืนสภาพ (re-establishment) สามารถลุล่วงได้โดยหลายวิธีเช่นการเคลื่อนตัวของตะกอนโดยคลื่นที่มีความยาวคลื่นสูง (Swell)

<u>กฎข้อที่ 4 : น้ำจะถูกคลื่นผลักดันให้เข้าไปสู่ช่องว่างของเขื่อนรอดักทรายทำให้บางครั้งจะเกิดกระแสน้ำฉีกออกจากฝั่ง (Rip Current) ในบริเวณตลอดความยาวของเขื่อนรอดักทราย</u> บ่อยครั้งที่เขื่อนรอดักทรายทำให้ตะกอนเคลื่อนที่ออกจากฝั่ง Dean (1978) ค้นพบว่ามีกลไกสามแบบที่จะทำให้เกิดกระแสน้ำฉีกออกจากฝั่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 กลไกการเกิด Rip Current เนื่องจากเขื่อนรอดักทราย (Dean, 1978)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดขึ้นของกระแสน้ำออกนอกฝั่งมีความอันตรายและยากที่จะทำนายได้ การออกแบบเขื่อนรอดักทรายจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงกลไกการเกิดกระแสน้ำออกนอกฝั่งให้เหมาะสม

กฎข้อที่ 5 : ร้อยละ (Percentage) ของตะกอนที่เคลื่อนที่ขนานกับชายฝั่งซึ่งเคลื่อนที่อ้อมที่ปลายเขื่อน (Bypass) เขื่อนรอ-ดักทรายจะขึ้นอยู่กับขนาดของเขื่อนรอดักทราย ขนาดของการพอกสะสม (fillet) ระดับน้ำ และภูมิอากาศของคลื่น (Wave Climate) ตะกอนสามารถเคลื่อนที่อ้อมเขื่อนรอดักทรายได้โดยการเคลื่อนที่ออกสู่ทะเลผ่านจุดปลายสุดของเขื่อนและข้ามไปอีกฟากหนึ่ง ซึ่งเมื่อระดับตะกอนลดลงต่ำถึงระดับหนึ่งตะกอนก็จะไม่สามารถเคลื่อนที่อ้อมเขื่อนได้และจะทำการสะสมตัวเองอีกครั้งเพื่อการเคลื่อนที่อ้มผ่านครั้งต่อไป อย่างไรก็ตามขอบเขตซึ่งการพอกสะสมของตะกอน (fillet) สามารถเพิ่มขึ้นในแนวดิ่งนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสูงของเขื่อนแต่ขึ้นอยู่กับระดับน้ำและคลื่น

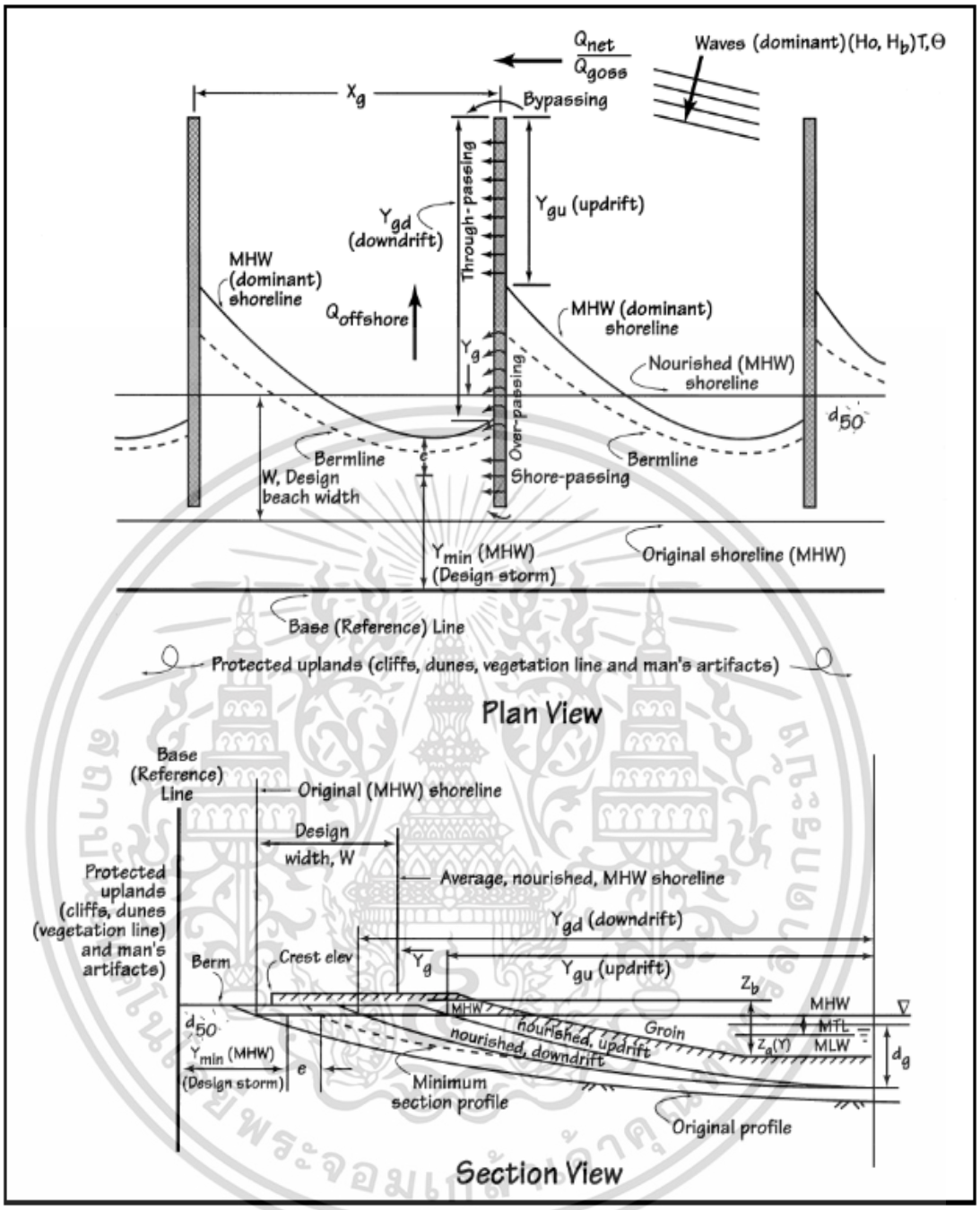
กฎข้อที่ 6 : การเคลื่อนตัวของตะกอนชายหาดจะถูกสะสมที่บริเวณสะสม (Updrift Area) และจะถูกต่อต้านโดยบริเวณที่ถูกกัดเซาะ (Downdrift Area) ซึ่งจะทำให้สมดุลของตะกอนในพื้นที่ไม่ดีนัก

2.3.3 กำแพงกันคลื่น (Seawall)

กำแพงกันคลื่น คือสิ่งก่อสร้างที่สร้างขนานหรือเกือบขนานกับแนวชายฝั่ง เพื่อแบ่งแยกเขตแดนระหว่างน้ำทะเลกับแผ่นดิน จุดประสงค์หลักของกำแพงกันคลื่นคือป้องกันแผ่นดินจากการกัดเซาะของคลื่นและกระแสน้ำ โครงสร้างกำแพงกันคลื่นสามารถที่จะปกป้องแผ่นดินได้ทันทีโดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง แต่ในบางกรณีการสร้างกำแพงในพื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะอาจทำให้เกิดการทับถมเพิ่มขึ้นมาได้ แต่แนวโน้มที่จะเกิดการสูญเสียตะกอนบริเวณด้านหน้าของกำแพงเนื่องจากการกัดเซาะของคลื่น การออกแบบกำแพงกันคลื่นจึงต้องพิจารณาในจุดนี้อย่างรอบคอบ

โดยทั่วไปแล้วกำแพงกันคลื่นจะมีลักษณะเป็นแนวดิ่งหรือเกือบจะเป็นแนวดิ่ง อาจจะมีความโค้งหรือไม่โค้งก็ได้ การใช้หินทิ้งจะช่วยในการสายและดูดซับพลังงานจากคลื่นทำให้ลดการกระโจน การกระโจนข้ามกำแพง และการกัดเซาะที่ฐาน (Scour) ส่วนกำแพงลักษณะโค้งนูนและมีค่าความชันที่คงที่จะทำหน้าที่ลดการกระโจนและการกระโจนข้ามกำแพงของคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 พฤติกรรมโดยทั่วไปของเขื่อนรอดักทราย (Coastal Engineering Manual, 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชนิด One-line Modeling ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในระยะยาว ซึ่งจะอ้างอิงตามงานวิจัยของ Han Hanson (1989) ดังนี้

2.4.1 สมมุติฐานและข้อจำกัดของแบบจำลอง

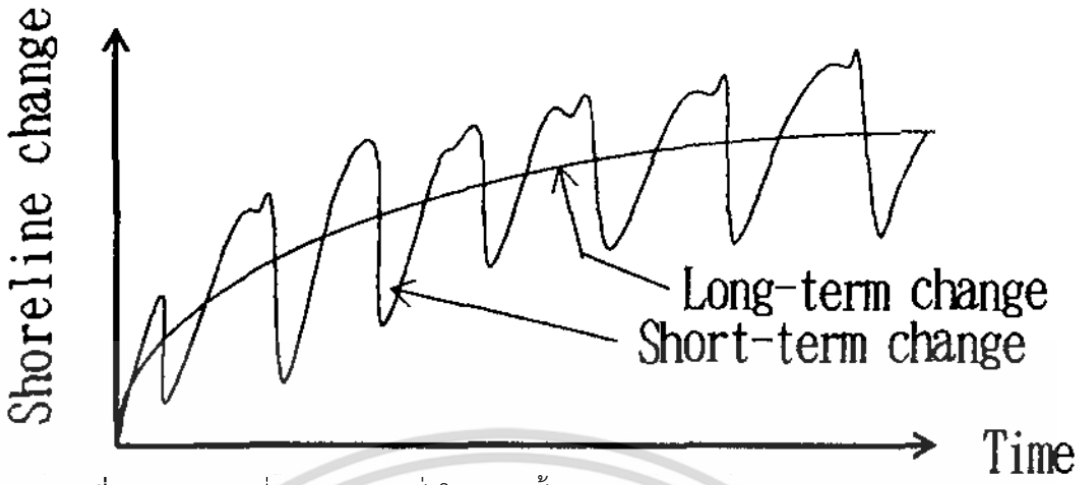
1. ระดับโปรไฟล์ของท้องน้ำจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดระยะเวลาที่คำนวณ เนื่องจากในแบบจำลองนี้กำหนดว่าการเคลื่อนที่ของตะกอนเรียบชายฝั่งเท่านั้นที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเส้นแนวชายฝั่ง จึงทำให้ลักษณะของโปรไฟล์ท้องน้ำจะมีความสมดุลตลอดเวลา

2. ตะกอนที่สามารถเคลื่อนตัวจะได้จะสามารถเคลื่อนที่ไปได้ถึงขีดจำกัดความลึกความลึกหนึ่งเท่านั้น ซึ่งความลึกนี้ถูกเรียกว่า Depth of Closure, D_c

ด้วยสมมุติฐาน 2 ข้อนี้จึงทำให้ตัวของแบบจำลองมีข้อจำกัดคือสามารถใช้ในการทำแบบจำลองที่มีระยะเวลายาวนานเท่านั้น เนื่องจากพฤติกรรมที่ชายหาดมีการเปลี่ยนแปลงจากตะกอนเคลื่อนที่เรียบชายฝั่งเพียงอย่างเดียวเท่านั้นสามารถพิจารณาได้เมื่อไม่คำนึงถึงอิทธิพลจากตะกอนเคลื่อนที่เข้า-ออกจากฝั่ง ซึ่งการเคลื่อนที่เข้า-ออกนี้จะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาและเป็นคาบการเกิดซ้ำในแต่ละฤดู จึงทำให้ถ้าหากการทำแบบจำลองมีระยะเวลานานพอก็จะไม่ต้องคำนึงถึงกระแสน้ำเข้า-ออกในพื้นที่ได้นั่นเอง

สาเหตุที่สามารถประมาณว่าระดับโปรไฟล์ของท้องน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดระยะเวลาที่คำนวณนั้น เนื่องจากว่าการเปลี่ยนแปลงของโปรไฟล์นั้นเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา แต่ถ้าหากพิจารณาเป็นฤดูกาลแล้วจะพบว่าชายหาดมีการเคลื่อนที่ของตะกอนตั้งฉากชายฝั่งอยู่เป็นคาบของฤดูกาล คือฤดูหนาวก็มีโปรไฟล์รูปแบบหนึ่ง ฤดูร้อนก็มีโปรไฟล์อีกรูปแบบหนึ่ง แต่จะเกิดซ้ำแบบนี้ไปเรื่อย ๆ การเปลี่ยนแปลงสุทธิในระยะเวลาที่ยาวนานและไม่มีพายุใต้ฝุ่นมาเกี่ยวข้องจึงขึ้นอยู่กับตะกอนที่เคลื่อนที่ขนานกับชายฝั่งเป็นหลัก สังเกตได้จาก รูปที่ 2.10 ซึ่ง Yamamoto et. Al. (1996) ได้ทำการนำเสนอภาวะสมดุลของโปรไฟล์ของหาดไว้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงระยะยาวค่อนข้างเป็นเส้นโค้ง ทำให้เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในระยะยาวในช่วงเวลาหลายๆปี จะไม่จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้าออก หรือ Cross-shore Sediment Transport แต่หากจะพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในระยะสั้น เช่นในกรณีที่มีพายุใต้ฝุ่น หรือคลื่นขนาดใหญ่จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงตะกอนเข้าออกนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

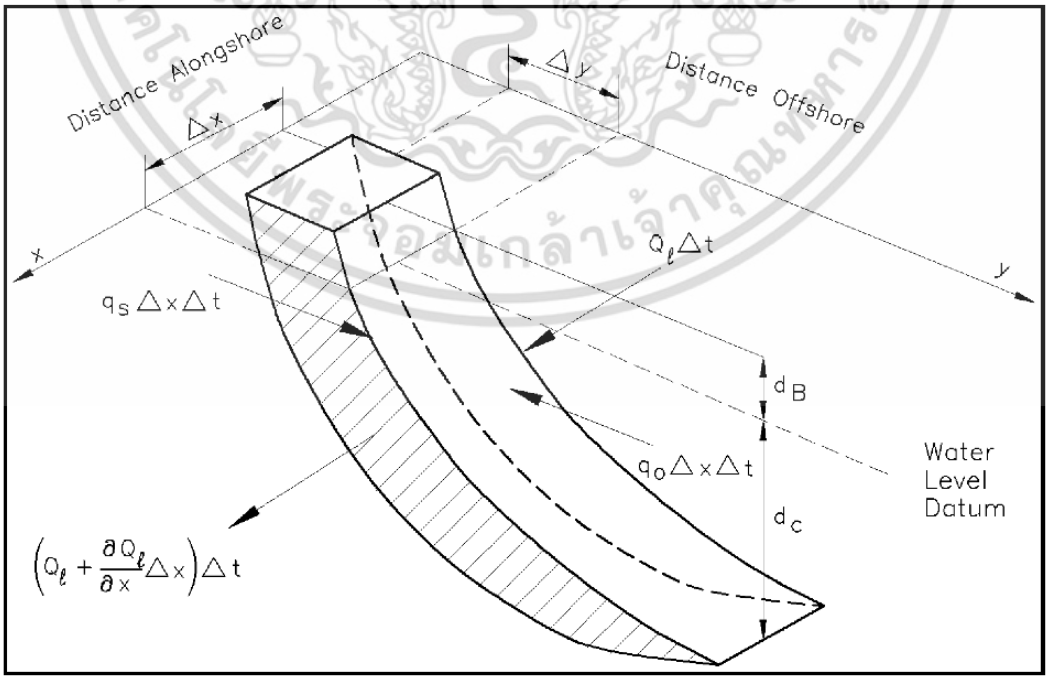


รูปที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในระยะสั้นและระยะยาว (Yamamoto et. al., 1996)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในระยะเวลายาวนานแล้วนั้นค่าความลึกที่ตะกอนสามารถเคลื่อนที่ไปได้ (D_c) นั้นจะเป็นพฤติกรรมที่สามารถประมาณได้ในพื้นที่ชายฝั่ง (KRAUS and HARIKAI, 1983) ซึ่งโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับขนาดของตะกอน

2.4.2 พื้นฐานของแบบจำลอง

ตามสมการทรงมวลของ Han Hanson (ดูจากรูปที่ 2.11 ประกอบ) สังเกตว่าเมื่อความชันของหาดไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการกัดเซาะหรือทับถม จะสามารถประมาณปริมาตรที่กัดเซาะหรือทับถมในแต่ละแนว Δx ได้ดังสมการที่ 2.1



รูปที่ 2.11 สมมุติฐานและตัวแปรในแบบจำลอง (Coastal Engineering Manual, 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta V=\Delta x\Delta y(D_c+D_B) \quad (2.1)$$

เมื่อ D_cคือความลึก Depth of Closure และ D_B คือความสูงของสันดอน

เมื่อพิจารณาถึงปริมาตรของตะกอนเรียบชายฝั่ง (Q) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปทุก ๆ แนว Δx และค่าตะกอนเคลื่อนที่เข้าหรือออกสุทธิที่ (q) คงที่ในทุก ๆ แนว Δx ในช่วงเวลาหนึ่งๆ Δt จะสามารถหาสมการแสดงความสัมพันธ์ของปริมาตรตะกอนที่เคลื่อนที่ได้ดังสมการที่ 2.2

$$\Delta V=\frac{\delta Q}{\delta x}\Delta x\Delta t+q\Delta x\Delta t \quad (2.2)$$

เมื่อนำสมการที่ 2.1 และสมการที่ 2.2 มาเท่ากัน และจัดรูปสมการใหม่ ก็จะได้สมการที่ 2.3 ซึ่งเป็นสมการหลักของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ One-line Modeling ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง Δy นั้นขึ้นอยู่กับค่าตะกอนเรียบชายฝั่ง (Q) เป็นหลัก ซึ่งค่าตะกอนเรียบชายฝั่งนี้มีนักวิจัยหลายท่านได้นำเสนอสมการที่ใช้ในการคำนวนตะกอนเรียบชายฝั่งซึ่งผู้ศึกษาได้เลือกใช้สมการของ Ozasa Brampton (1979) ซึ่งแสดงไว้ในสมการที่ 2.4

$$\frac{\delta y}{\delta t}+\frac{\frac{\partial Q}{\partial x}+q}{D_B+D_C}=0 \quad (2.3)$$

เมื่อ y คือตำแหน่งของเส้นชายฝั่ง (m), x คือพิกัดเรียบชายฝั่ง (m), t คือเวลา, D_B คือความสูงเฉลี่ยของสันดอนเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง (m), D_C คือ depth of closure, Q คืออัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนเรียบชายฝั่ง (cms), และ q คืออัตราการเคลื่อนที่เข้า-ออกสุทธิของตะกอน (cms/m)

$$Q=\frac{K_1}{(\rho_s g-\rho g)(1-0.4)}\times\left(\frac{1}{8}\rho g\overline{H_b}^2\sqrt{gh_b}\right)\left(\frac{1}{2}\sin(2\alpha_b)\right)-\frac{1.62\times K_1}{(\rho_s g-\rho g)(1-0.4)}\times\left(\frac{1}{8}\rho g\overline{H_b}^2\sqrt{gh_b}\right)\left(\frac{d\overline{H_b}}{dx}\frac{cos\alpha_b}{tan\beta}\right) \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Q คืออัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนเรียบชายฝั่ง (m^3/s), K_1 คือค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนตัวของตะกอน, ρ_s คือค่าความหนาแน่นของทราย, ρ คือค่าความหนาแน่นของน้ำ, g คืออัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง, $\overline{H_b}$ คือค่าเฉลี่ยของพลังงานที่คลื่นแตกตัว, h_b คือความลึกของน้ำที่คลื่นแตกตัว, α_b คือทิศทางที่คลื่นแตกตัว และ β คือความลาดชันของท้องน้ำ

ด้วยสมการที่ 2.3 และสมการที่ 2.44 จะทำให้สามารถหาการเปลี่ยนแปลงชาย Δy ฝั่งในทุก ๆ ระยะ Δx ได้ ในทุก ๆ ขั้นเวลา Δt และในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ก็จะใช้หลักการนี้ในการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รองศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์ (2553) ได้ทำการศึกษาเรื่องสมุทรศาสตร์ชายฝั่งและการพังทลายของหาดทรายชายฝั่งอ่าวไทยภาคใต้ตอนล่าง ประกอบด้วยจังหวัด นราธิวาส ปัตตานีสงขลา และนครศรีธรรมราช มีความยาวของระยะทางตามแนวชายฝั่งประมาณ 600 กิโลเมตร เนื่องจากหาดทรายในปัจจุบันได้ถูกกัดเซาะอย่างรุนแรงตลอดแนวชายฝั่ง เพื่อหาแนวทางป้องกันที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาของเครือข่ายเฝ้าระวังรักษาหาดทราย (Beach Watch Network) พบว่าปัญหาการพังทลายของหาดทรายและฝั่งภาคใต้อ่าวไทยตอนล่าง เกิดจากสิ่งก่อสร้างลุกล้ำชายหาดและใช้ประโยชน์พื้นที่ชายฝั่งอย่างฉาบฉวย

ศิริลักษณ์ (2554) ได้ทำการศึกษาถึงการกัดเซาะบริเวณหาดคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ และนำมาเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม พบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ช่วงก่อนที่จะมีการสร้างสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งนั้นมีค่าความถูกต้องสูงมาก แต่เมื่อมีการสร้างสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่ง ทำให้ความถูกต้องลดต่ำลง และจากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าหาดคลองวาฬถูกกัดเซาะหนักขึ้นหลังจากที่มีการสร้างสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งและให้คำแนะนำว่าควรถอนการติดตั้งของเขื่อนกันคลื่น

ปริทัศน์ (2550) ได้ทำการศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งในบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนล่าง เนื่องจากชายฝั่งบริเวณอ่าวไทยตอนล่างมักพบปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพชายฝั่งอย่างรุนแรงและต่อเนื่อง โดยทำการสำรวจจากปากน้ำโกลก จังหวัดนราธิวาส ถึงแหลมตะลุมพุก จังหวัดนครศรีธรรมราช เนื่องจากมีลักษณะหาดทรายประเภทเดียวกัน และเป็นพื้นที่ประสบปัญหาการกัดเซาะรุนแรงตลอดชายฝั่ง จากการิเคราะห์พบว่าตะกอนเคลื่อนตัวสุทธิมีทิศทางจากทิศใต้ขึ้นไปยังทิศเหนือ โดยมีปริมาณลดลงอย่าต่อเนื่อง

Charusrojthanadech and Yamamoto ได้ทำการศึกษาพื้นที่หาดแสงจันทร์ด้วยการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอันเนื่องมาจากการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่ง ผลการศึกษาพบว่าการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งในพื้นที่ศึกษาทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณใกล้ถนนเลียบชายฝั่ง

Doungpan และคณะ ได้ทำการศึกษาพื้นที่บริเวณหาดแสงจันทร์ซึ่งได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างเขื่อนกันคลื่นแบบแยกและเขื่อนรอดักทรายด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์และคำนวณค่า wave overtopping เพื่อประเมิณความปลอดภัยในพื้นที่ศึกษา พร้อมทั้งใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการเสนอแนวทางการป้องกันชายฝั่งที่ดีที่สุด ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการถมทรายในพื้นที่ศึกษาเป็นวิธีที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ali Remzi Birben และคณะ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ของเขื่อนกันคลื่นที่สำคัญต่อการป้องกันชายฝั่ง พบว่าปัจจัยอันดับแรกคือระยะห่างระหว่างเขื่อนกันคลื่นกับเส้นชายฝั่ง ปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ความยาวของเขื่อนกันคลื่น ช่องว่างระหว่างเขื่อนกันคลื่น (กรณีเขื่อนกันคลื่นแบบแยก) ความสูงคลื่น และทิศทางคลื่น

S. KOHLHASE ได้ทำการศึกษาเพื่อออกแบบเขื่อนกันคลื่นบริเวณ The Isle of Usedom โดยได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาค่าการออกแบบที่เหมาะสม โดยการใช้ข้อมูลเส้นชายฝั่ง ข้อมูลคลื่น (ประกอบด้วย ความสูง คาบ และทิศทาง) ข้อมูลระดับของชายหาด และขนาดของเม็ดดินบริเวณชายฝั่ง โดยการทดลองใส่ค่าตัวแปรต่าง ๆ พบว่า จำนวนของเขื่อนกันคลื่นที่น้อยกว่าที่ความยาวเท่ากัน จะมีผลทำให้เกิดตะกอนสะสมได้ดีกว่า

A.M. Vaidya ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการป้องกันชายฝั่งโดยการใช้เขื่อนกันคลื่นแบบแยก และเขื่อนรอดักทราย โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าสำหรับเขื่อนรอดักทรายจะเกิดการสะสมตัวของตะกอนดีขึ้นเมื่อ ขยายต่อความยาว หรือ เพิ่มจำนวนรอดักทราย หรือ ลดช่องว่างระหว่างรอดักทราย

งานวิจัยต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนมีส่วนในเกี่ยวข้องในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ทั้งสิ้น อันอธิบายได้โดยสังเขปดังต่อไปนี้ จากการวิจัยของ ดร.สมบูรณ์ ได้ทำการศึกษาชายฝั่งในทางภาคใต้พบว่ามีปัญหากัดเซาะอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการสร้างสิ่งก่อสร้างของมนุษย์ทั้งสิ้น ตัวอย่างเช่น หาดคลองวาฬ จ.ประจวบคีรีขันธ์ เป็นหนึ่งชายหาดที่ประสบปัญหาการกัดเซาะอย่างรุนแรงอันเนื่องมาจากการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งอันได้แก่ รอดักทราย และเขื่อนกันคลื่น ซึ่งศิลิลักษณ์ได้ทำการศึกษาหาดคลองวาฬนี้ด้วยการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมประกอบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาแนวทางป้องกันการกัดเซาะ ซึ่งสามารถสรุปวิธีป้องกันได้ว่าควรจะทำการรื้อถอนเขื่อนกันคลื่นออก อีกกรณีหนึ่งที่น่าสนใจคือกรณีศึกษา หาดแสงจันทร์ จ.ระยอง ได้ถูกศึกษาโดย Charusrojthanadech และ Yamamoto ด้วยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งด้วยภาพถ่ายดาวเทียม พบว่าหลังจากมีการก่อสร้างเขื่อนกันคลื่นแล้วได้ทำให้ชายหาดมีการเปลี่ยนแปลงไปโดยที่เกิดหาดกระเปาะขึ้นและในหาดกระเปาะนี้เองบริเวณช่องว่างระหว่างเขื่อนกันคลื่นได้เกิดการกัดเซาะขึ้นจนส่งผลกระทบต่อถนนเลียบชายฝั่ง ทำให้ Doungpan และคณะ ทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงพฤติกรรมการกัดเซาะบริเวณถนนเลียบชายฝั่งโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาแนวทางป้องกันซึ่งประกอบด้วย การขยายความยาวเขื่อน การขยายความยาวรอดักทราย การเพิ่มความสูงกำแพงกันคลื่น และการถมทราย โดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ ราคา งบประมาณ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลการทำแบบจำลองสามารถสรุปได้ว่าการถมทรายเป็นวิธีการป้องกันการกัดเซาะในบริเวณถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียบชายฝั่งได้ดีที่สุด ซึ่งจากงานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าในบางครั้งสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งถ้าออกแบบมาไม่ดีก็จะส่งผลเสียเช่นกัน

ปริทัศ ได้ทำการศึกษาถึงการกัดเซาะหลายแห่งในภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งจากการศึกษาพบว่าตะกอนเรียบชายฝั่งมีทิศทางสุทธิจากทางทิศใต้มุ่งขึ้นไปสู่ทิศเหนือ ซึ่งทำให้ผู้แต่งสามารถประมาณทิศทางของพื้นที่ศึกษาหาดชุมพรได้ว่ามีทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิน่าจะเป็นไปในทางทิศใต้มุ่งสู่ทิศเหนือเช่นกัน ในส่วนของการออกแบบสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งนั้น นอกจากในตำรา Shore Protection Manual และ Coastal Engineering Manual แล้ว ยังมีงานวิจัยที่น่าสนใจเช่น Ali Remzi Birben และคณะ ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ของเขื่อนกันคลื่นที่มีอิทธิพลต่อชายฝั่ง ซึ่งสรุปมาว่าระยะห่างระหว่างตัวเขื่อนกันคลื่นกับแนวชายฝั่งมีความสำคัญที่สุด ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ความยาว ช่องว่าง ความสูงคลื่น และทิศทางคลื่น A.M. Vaidya ได้ทำการศึกษาการป้องกันชายฝั่งที่มีรอดักทรายและเขื่อนกันคลื่น พบว่าความสามารถในการดักจับตะกอนของระบบนั้นจะดีขึ้นเมื่อเพิ่มความยาว หรือเพิ่มจำนวน หรือลดช่องว่างของรอดักทราย S. KOHLHASE ได้ทำการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายการออกแบบเขื่อนกันคลื่นในพท้นที่ศึกษา The Isle of Usedom ซึ่งสรุปมาว่าจำนวนของเขื่อนกันคลื่นที่น้อยกว่าที่ความยาวเท่ากันจะมีผลทำให้เกิดตะกอนสะสมได้ดีกว่า

จากงานวิจัยต่าง ๆ เหล่านี้จะเห็นว่าในประเทศไทยมีการกัดเซาะชายฝั่งส่งผลเสียอยู่มาก ซึ่งบางส่วนก็เกิดขึ้นจากการออกแบบสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งที่ไม่รอบคอบ การวิเคราะห์ถึงผลกระทบของสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งจึงมีความจำเป็นที่จะนำมาใช้ตรวจสอบผลกระทบของสิ่งก่อสร้างที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมมาวิเคราะห์ หรือการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์ จำทำให้สามารถบ่งบอกถึงผลกระทบของสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งที่มีต่อชายฝั่งได้ทั้งปัจจุบันและอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

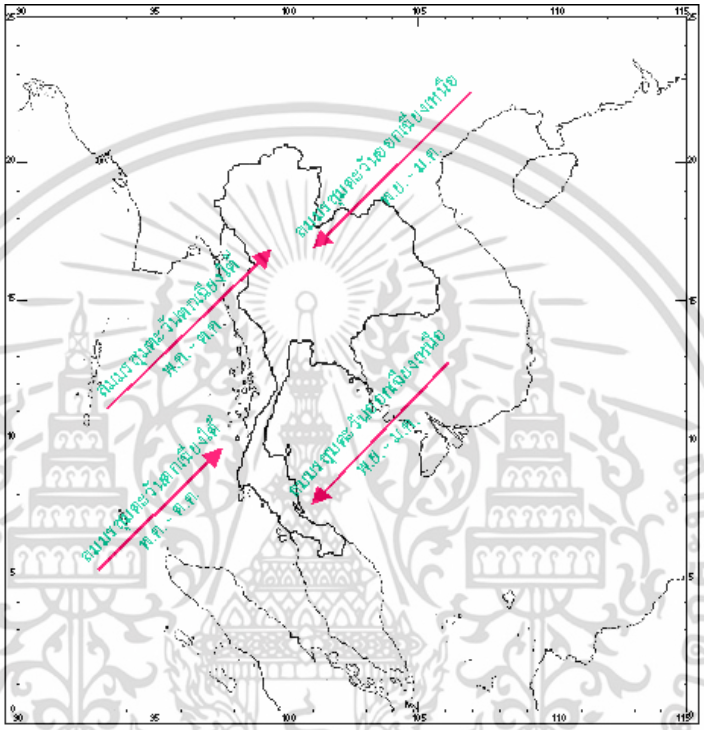
ในการศึกษาจะแบ่งออกเป็นสองส่วนส่วนแรกคือส่วนของการวิเคราะห์จากการใช้ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์คือข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม และส่วนที่สองคือการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะทำการพยากรณ์ชายหาดในอนาคต และจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมาทำการยืนยันความถูกต้องอีกทีหนึ่ง โดยในบทนี้จะทำการอธิบายถึงลักษณะโดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษา และขั้นตอนในการศึกษา

3.1 พื้นที่ศึกษา

จังหวัดชุมพร เป็นจังหวัดที่อยู่บนสุดของภาคใต้ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 10 องศา 27 ลิปดาเหนือ และเส้นลองติจูดที่ 99 องศา 11 ลิปดาตะวันออก มีลักษณะภูมิประเทศแบ่งออกเป็นสามส่วนใหญ่ๆคือ พื้นที่ราบตอนกลาง พื้นที่ราบชายฝั่งทะเล และพื้นที่สูงและภูเขา มีชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 222 กิโลเมตร มีลักษณะค่อนข้างเรียบ มีความโค้งเว้าน้อย จังหวัดชุมพรเป็นเขตที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่งให้จังหวัดนี้มีเพียงสองฤดูกาลคือ ฤดูร้อน กับฤดูฝน ชาวบ้านส่วนใหญ่มีอาชีพประมงและเกษตรกรรมโดยที่ผู้ศึกษาเลือกพื้นที่บริเวณปากน้ำชุมพร อ.เมือง จ.ชุมพร เป็นพื้นที่ศึกษา บริเวณปากน้ำชุมพรมีการป้องกันชายฝั่งด้วยเขื่อนกันทรายและคลื่นขนาดใหญ่จำนวน 2 ตัวก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2543 ความยาวของตัวรอด้านทิศเหนือประมาณ 1,000 เมตร และทิศใต้ประมาณ 850 เมตรจากแนวชายหาด สูง 2.5 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (ทำการสำรวจเมื่อ สิงหาคม พ.ศ.2558) บริเวณพื้นที่ด้านทิศใต้ของปากน้ำเป็นที่ตั้งของชุมชนเทศบาลปากน้ำ บริเวณชายหาดมีการก่อสร้างสวนสาธารณะและมีแนวกำแพงกันคลื่นความสูงประมาณ 3 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ตลอดแนวชายฝั่งเป็นระยะประมาณ 270 เมตร พื้นที่ชายหาดมีลักษณะเป็นหาดทรายแต่บางช่วงของหาดได้มีตะกอนเลนที่ถูกพัดพามาจากปากแม่น้ำปะปนมาอยู่ด้วย ส่งผลให้พื้นที่หาดบางส่วนเกิดความตื้นเขินและยังส่งผลเสียต่อนักการท่องเที่ยว ในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ศึกษามีเกาะขนาดเล็กหนึ่งเกาะคือเกาะมัตโพน และเกาะขนาดใหญ่หนึ่งเกาะคือเกาะเสม็ด ซึ่งจากสภาพพื้นที่ศึกษาจะเห็นได้ชัดว่าเกาะทั้งสองนี้มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งด้วย โดยที่เกาะนั้นทำหน้าที่เสมือนเขื่อนกันคลื่น (Break Water) สังเกตได้จากการเกิดตะกอนทับถมบริเวณด้านหลังเกาะจนกลายเป็นสันดอนเชื่อมเกาะที่เกาะมัตโพน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สันดอนทรายบริเวณด้านหลังเกาะเสม็ด ประกอบกับบริเวณทิศเหนือของพื้นที่ศึกษานั้นมีลักษณะเป็นแหลมยื่นออกไปในทะเล จึงทำให้พื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นอ่าว ซึ่งการหมุนเวียนของคลื่นก็จะมีความแตกต่างจากทะเลเปิดโดยทั่วไป ผู้ศึกษาจึงได้ทำการกำหนดขอบเขตการศึกษาในบริเวณปากน้ำชุมพร ในส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากรอดักทรายอย่างชัดเจนคือบริเวณที่ติดกับตัวเขื่อนกันทรายและคลื่นเป็นระยะประมาณ 3 ถึง 4 กิโลเมตร เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์การหมุนเวียนของคลื่นภายในพื้นที่ศึกษา



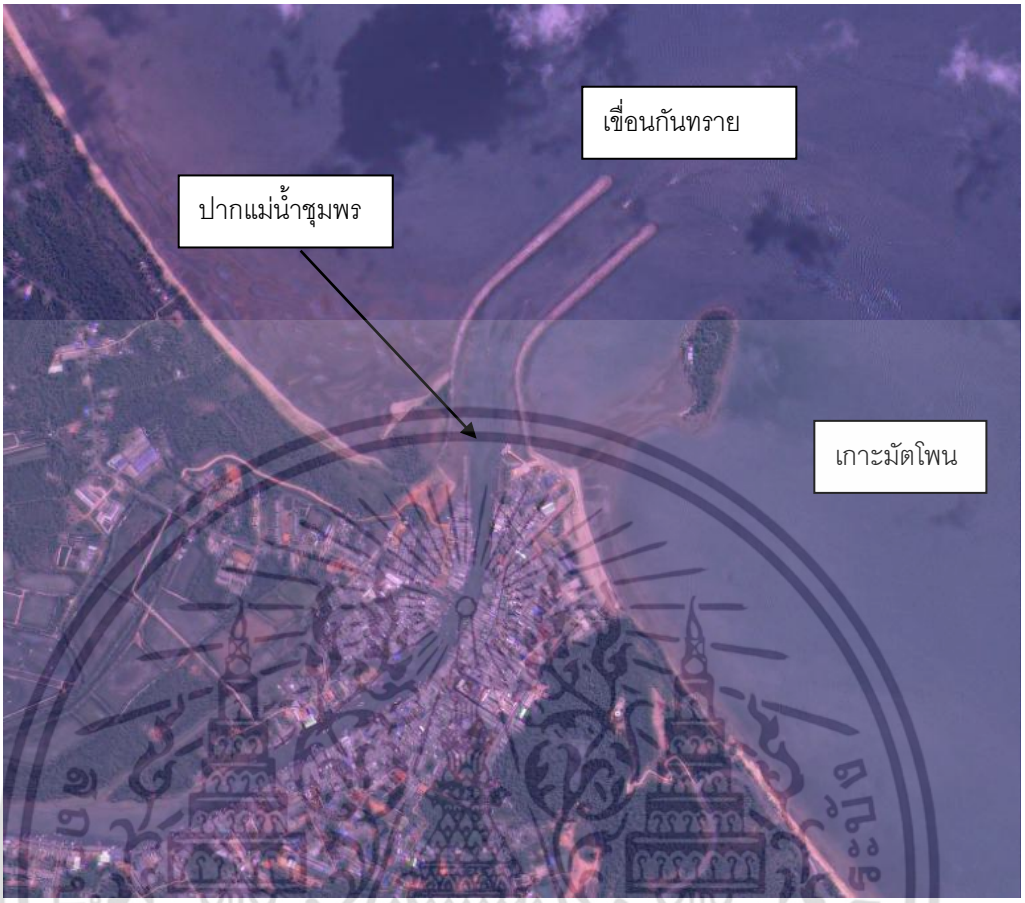
รูปที่ 3.1 ทิศทางและช่วงเวลาของมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย (ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษา จากแผนที่แผนที่ทหาร ระวาง 4829IV. ลำดับชุด L7018

รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ศึกษา เมื่อปี พ.ศ. 2558 (Google Inc.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ภายถ่ายดาวเทียมแสดงถึงส่วนประกอบของพื้นที่ศึกษา

3.2 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาจะแบ่งออกเป็นสองส่วนส่วนแรกคือส่วนของการวิเคราะห์จากการใช้ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และส่วนที่สองคือการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมาทำการยืนยันความถูกต้องอีกทีหนึ่ง และในส่วนของความปลอดภัยจะใช้สมการที่ได้รับความนิยมมาคำนวณ

ในการศึกษานี้จะใช้การวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศกับภาพถ่ายดาวเทียมควบคู่ไปกับการสำรวจภาคสนาม ดังนั้นจึงใช้วัสดุต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 อุปกรณ์

1) กล้อง Total Station พร้อมปริซึม 1 ชุด

2) เทปวัดระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) อุปกรณ์ระบุพิกัด (GPS)

4) ชุดวิเคราะห์การการจายของเม็ดดิน (Sieve Analysis) ในห้องปฏิบัติการ

5) คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถใช้โปรแกรมประยุกต์ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ วัดระยะและพื้นที่ ของข้อมูล GIS ได้

3.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

3.2.2.1 ข้อมูลไฮโดรไดนามิคของชายฝั่ง อันประกอบด้วย

1) ข้อมูลคลื่นจากทุ่น ประกอบไปด้วย ความสูง, ทิศทาง และคาบของคลื่นจาก สภอท.

2) ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลง จากสถานีวัดน้ำ เกาะมัตโพน จากกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ และเวปไซต์อีซีไทด์ จากประเทศสหราชอณาจักร

3.2.2.2 ข้อมูลทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ อันประกอบด้วย

1) ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ กรมแผนที่ทหาร ปี พ.ศ. 2542 และ 2545

2) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) ปี พ.ศ.2553 และ 2554

3.2.2.3 ข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะของพื้นที่ศึกษา

1) แผนที่ร่องน้ำ ร่องน้ำชุมพร มาตราส่วน 1:10,000 จัดทำโดยกรมเจ้าท่า

2) แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1:50,000 จัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร

3.2.1.3 ข้อมูลที่ได้จากการออกภาคสนาม อันประกอบด้วย

1) ข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross-Section) ของหาด

2) ภาพถ่าย

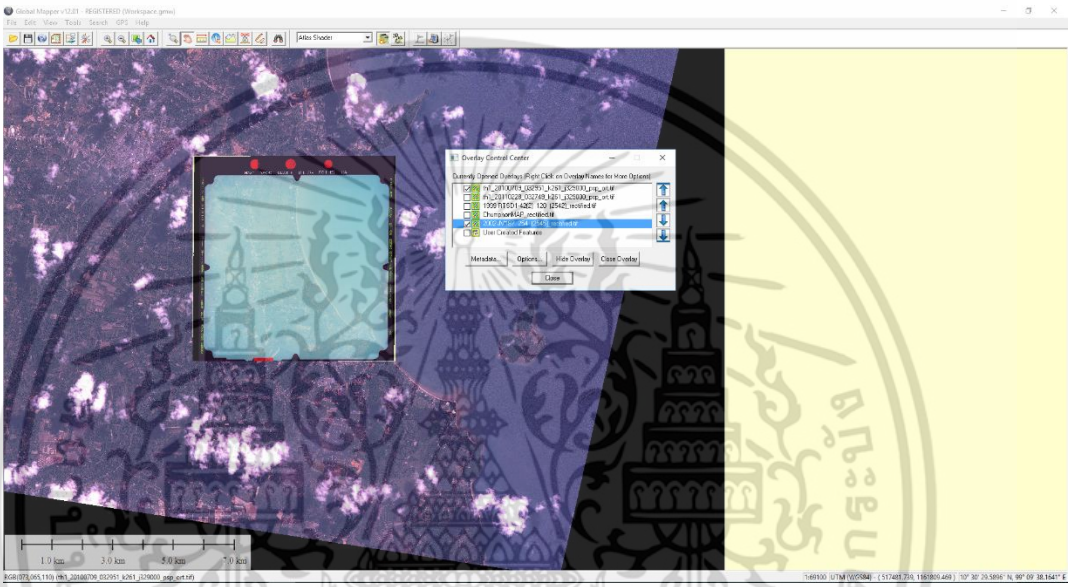
3) ข้อมูลคุณสมบัติของดินหรือตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่ผู้เขียนได้นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ได้แก่ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม นำมาทำการวิเคราะห์หาเส้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นว่าเกิดการถดถอยหรือทับถมในบริเวณใดบ้าง โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ Global Mapper มาใช้ในการวิเคราะห์

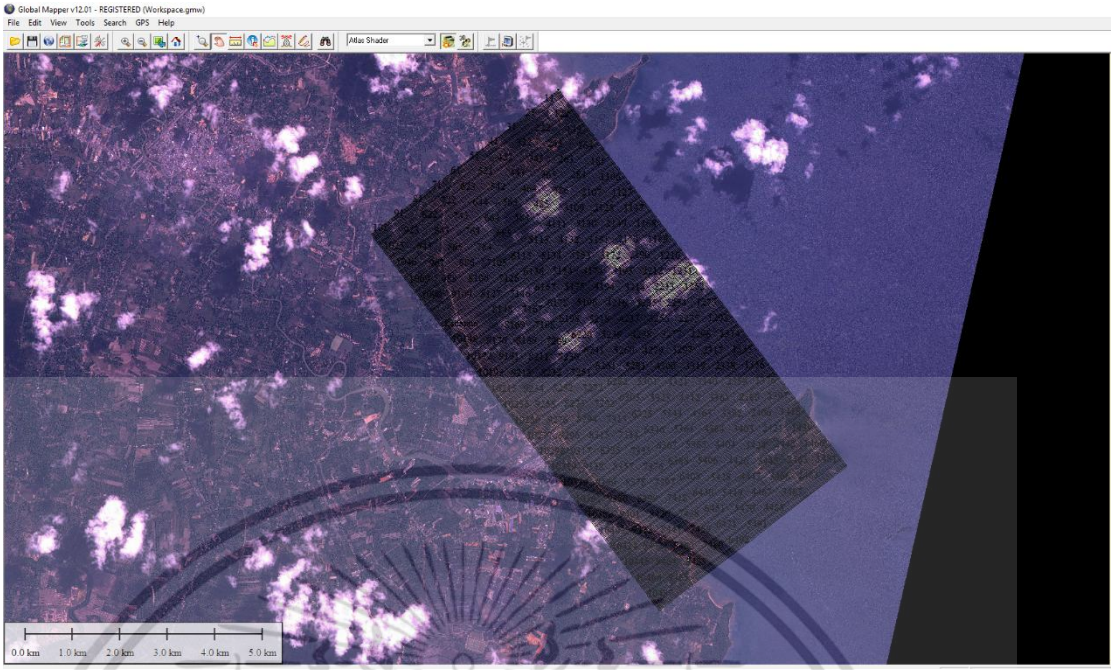
โดยที่ขั้นแรกให้จัดเตรียมไฟล์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมพร้อมทั้งปรับพิกัดของแต่ละภาพให้ตรงกัน โดยใช้หลักการของ Well Defined Points ก็จะทำให้แต่ละภาพสามารถนำมาซ้อนกันได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.5



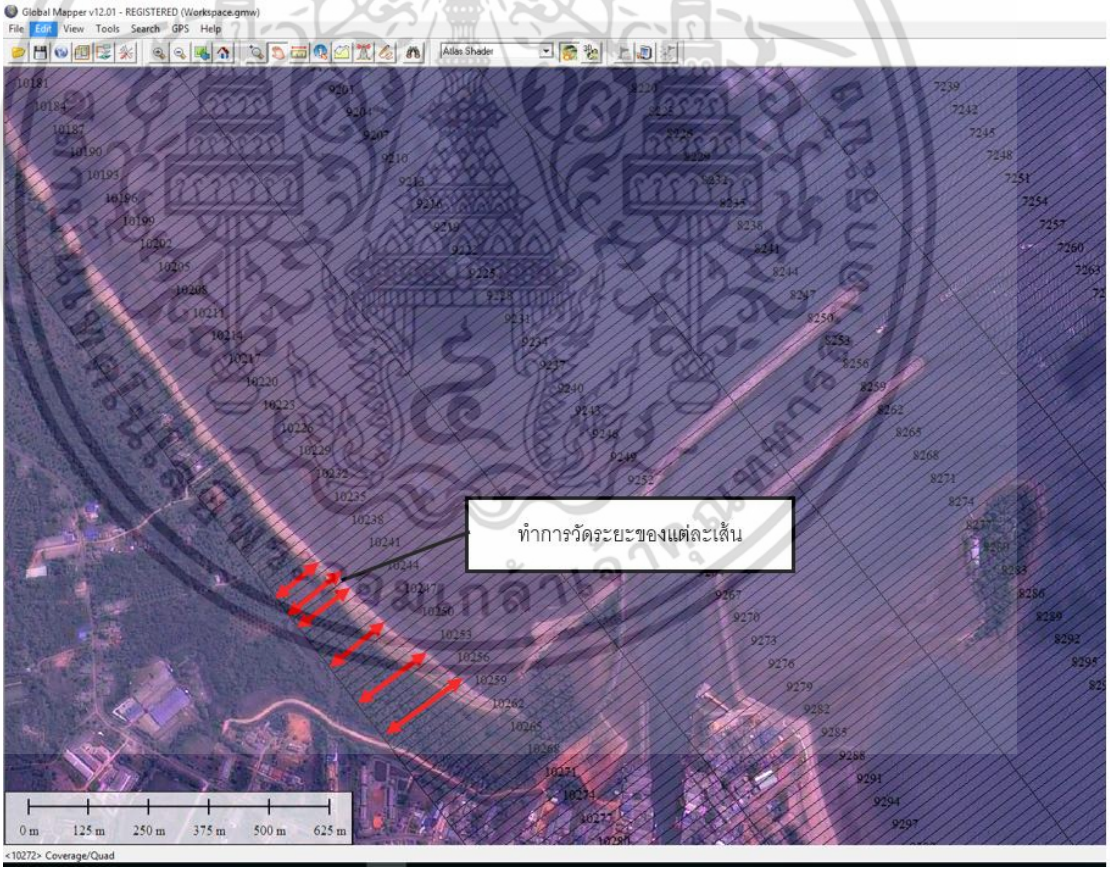
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการนำภาพถ่ายมาซ้อนกันด้วยโปรแกรม Global Mapper

จากนั้นให้ทำการกำหนดเส้น Datum ขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเส้นฐานในการวัดระยะทางจากเส้นฐานไปยังเส้นแนวชายฝั่งที่ปรากฏในภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมดังแสดงในรูปที่ 3.6 และ 3.7 และทำการจดบันทึกให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์ EXCEL (Microsoft Excel)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การกำหนดเส้น Datum ในโปรแกรม Global Mapper

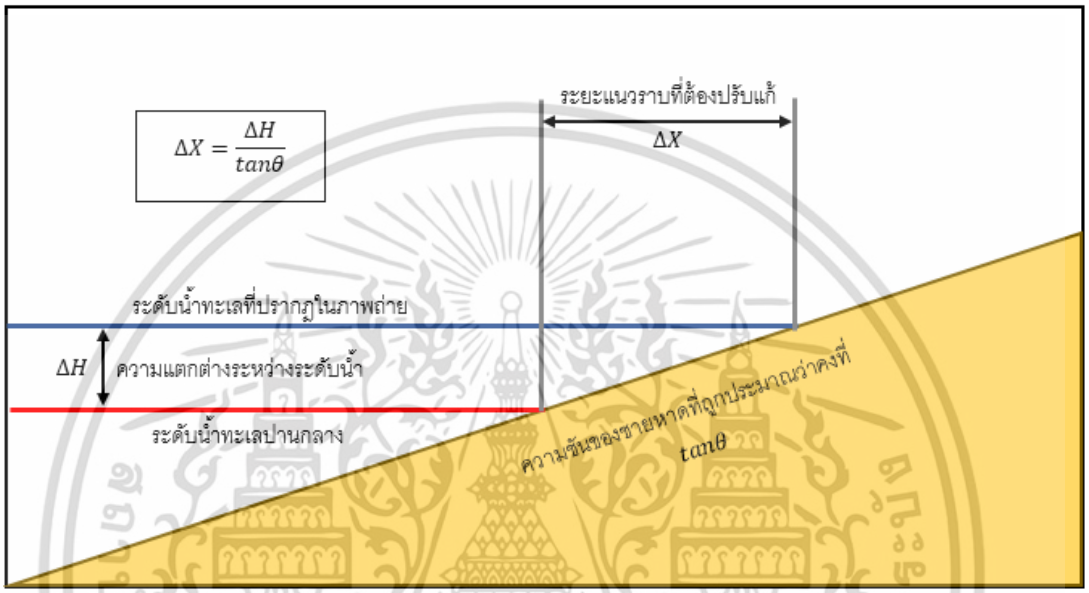


รูปที่ 3.7 ภาพขยายการวัดระยะทางจากเส้น Datum ไปยังแนวชายฝั่งปรากฏ

แต่เนื่องจากธรรมชาติของระดับน้ำทะเลจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจากพฤติกรรมน้ำขึ้นน้ำลง การนำข้อมูลภาพเหล่านั้นมาใช้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับแก้ค่าระดับน้ำที่ปรากฏอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปถ่ายให้เป็นระดับน้ำทะเลปานกลางเสียก่อน โดยอาศัยข้อมูลระดับพื้นผิวของชายฝั่งประกอบกับข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลงในวันที่ถ่ายภาพ โดยหากใช้สมมุติฐานที่ว่าความลาดชันของชายฝั่งนั้นมีค่าคงที่และสม่ำเสมอตลอดความยาวหาด ก็จะสามารถทำนายเส้นแนวชายฝั่งที่ระดับน้ำทะเลปานกลางของรูปถ่ายในแต่ละปีได้ โดยจะใช้เส้นแนวชายฝั่งที่ระดับน้ำทะเลปานกลางนี้เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบเส้นแนวชายฝั่งในแต่ละปี โดยหลักการการปรับแก้ค่าระดับน้ำปรากฏให้เป็นระดับน้ำทะเลปานกลาง



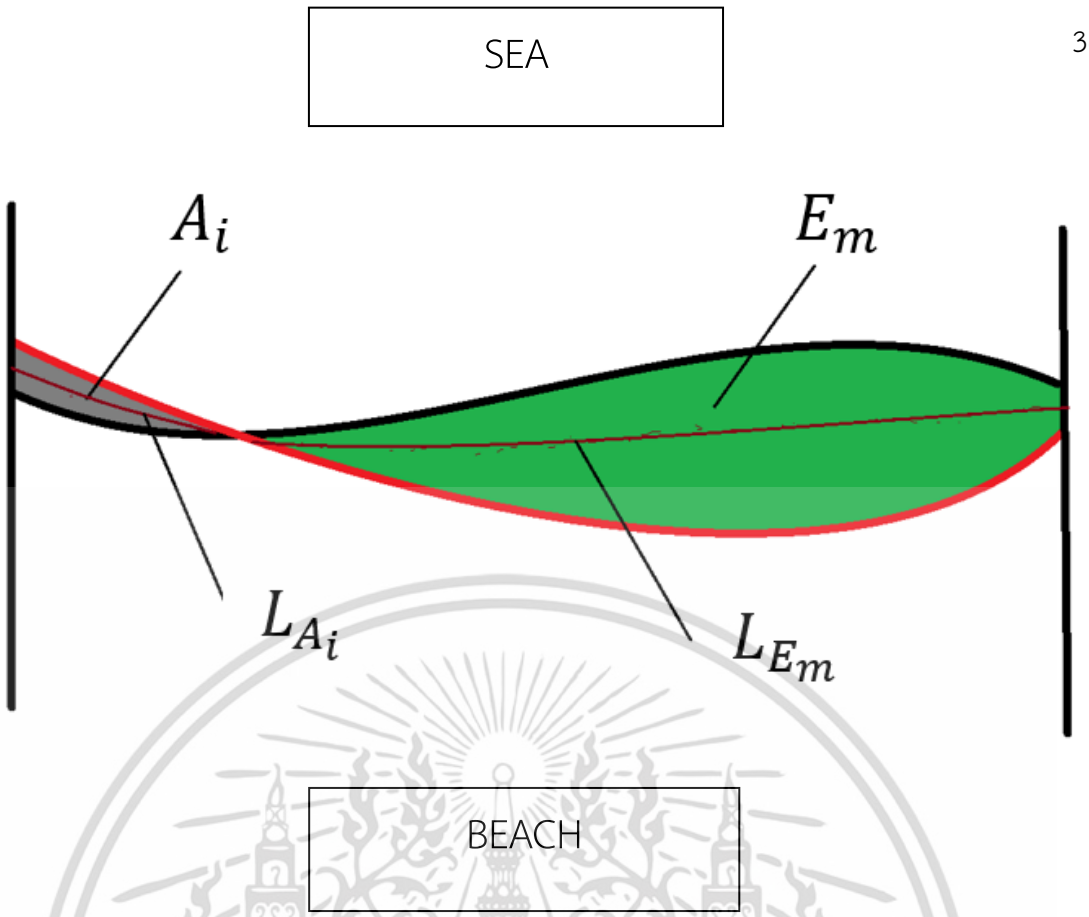
จะใช้สมการที่ 3.1 ดังรูปที่ 3.8 โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณ

รูปที่ 3.8 การปรับแก้ค่าระดับน้ำจากภาพถ่ายทางอากาศโดยใช้ระดับน้ำขึ้นน้ำลง

$$\Delta X = \frac{\Delta H}{\tan \theta} \quad (3.1)$$

เมื่อสามารถหาเส้นชายฝั่งที่ระดับน้ำทะเลปานกลางในแต่ละปีได้แล้ว ก็จะสามารถใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการพลอตกราฟเส้นแนวชายฝั่งที่ระดับน้ำทะเลปานกลางในแต่ละปีได้ ซึ่งกราฟที่ได้นี้จะทำนำมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกันเพื่อหาอัตราการถอยร่นและอัตราการทับถมโดยอาศัยหลักการตามรูปที่ 3.9 คือเมื่อพิจารณาว่าเส้นทึบสีดำคือเส้นชายฝั่งเดิมและเส้นทึบสีแดงคือเส้นชายฝั่งที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อชายฝั่งมีการเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้เกิดพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงไปได้แก่ พื้นที่ที่ทับถม A_i และพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ E_i และระยะทางที่เกิดเปลี่ยนแปลงได้แก่ระยะที่มีการทับถม L_{A_i} และระยะที่เกิดการกัดเซาะ L_{E_m} ก็จะสามารถหาระยะที่ถอยร่นและระยะที่ทับถมได้จากการนำพื้นที่มาหารระยะทางดังสมการที่ 3.2 และ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 หลักการการหาอัตราการถอยร่นและอัตราการทับถม

$$\text{Accerated Length} = \sum_{m=n}^{m=1} \frac{E_m}{L_{E_m}} \quad (3.2)$$

$$\text{Eroded Length} = \sum_{i=j}^{i=1} \frac{A_i}{L_{A_i}} \quad (3.3)$$

และเมื่อเราทราบเวลาว่าแต่ละเส้นแนวชายฝั่งมีระยะเวลาห่างกันเท่าไร (t) ก็จะสามารถหาอัตราการกัดเซาะและอัตราการทับถมได้โดยการนำสมการที่ 3.2 และ 3.3 มาหารด้วย t ก็จะได้สมการที่ 3.4 และ 3.5 ซึ่งจะนำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์สรุปผลต่อไป

$$\text{Erosion Rate} = \frac{\sum_{i=j}^{i=1} \frac{A_i}{L_{A_i}}}{t} \quad (3.4)$$

$$\text{Acceration Rate} = \frac{\sum_{m=n}^{m=1} \frac{E_m}{L_{E_m}}}{t} \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 แบบจำลองคณิตศาสตร์

ส่วนที่สองคือการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำการคำนวณเส้นแนวชายฝั่งขึ้นมาโดยอาศัยข้อมูลในอดีต ได้แก่เส้นแนวชายฝั่ง ข้อมูลสิ่งก่อสร้างที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ข้อมูลคลื่น และข้อมูลสภาพพื้นฐานของชายฝั่ง ในลำดับเวลาที่กำหนดไว้ โดยที่แบบจำลองที่นำมาใช้งานนั้นจะมีพื้นฐานอยู่บนแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งแบบ One-line Modeling ซึ่งได้อธิบายไปข้างต้นแล้วในบทที่ 2

ซึ่งเมื่อใช้หลักการดังที่กล่าวมาแล้วนั้นจะทำให้สามารถคำนวณการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในช่วงเวลาและสภาวะคลื่นที่กำหนดได้ โดยผลที่ได้นั้นจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียมในส่วนที่หนึ่งเพื่อเป็นการตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองและข้อมูลที่ได้ป้อนเข้าไปว่ามีความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ เมื่อสามารถยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองได้แล้วก็จะสามารถใช้ค่าที่ป้อนเข้าไปเป็นค่าพื้นฐานเพื่อทำการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้ต่อไป โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

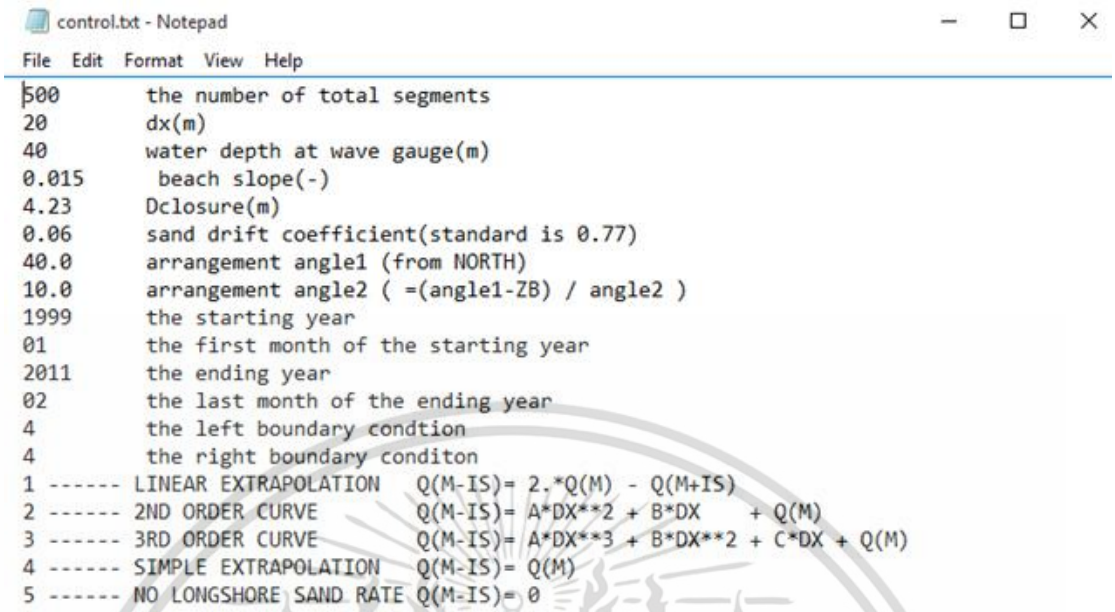
ตัวโปรแกรมนั้นได้แบ่งออกเป็นสองส่วนคือตัวโปรแกรมและไฟล์ที่ต้องป้อนเข้าไป ซึ่งตัวโปรแกรมสามารถแบ่งได้เป็นโปรแกรมหลักที่ใช้ในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งและโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการคำนวณคลื่นที่เข้าหาฝั่ง ส่วนไฟล์ที่ต้องป้อนเข้าไปประกอบไปด้วยไฟล์ควบคุม,ข้อมูลสิ่งก่อสร้าง, ข้อมูลเส้นแนวชายฝั่งตั้งต้นและข้อมูลคลื่น ดังแสดงในรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้

โดยที่จะอธิบายถึงการป้อนข้อมูลลงไปในไฟล์ต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Control.txt

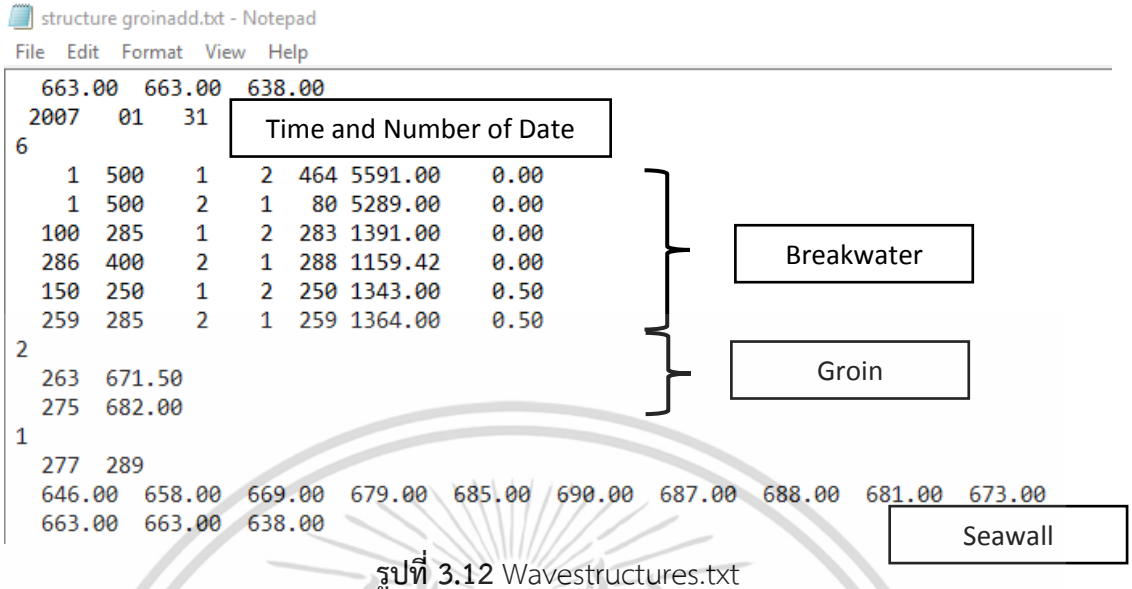


รูปที่ 3.11 Control.txt

เริ่มต้นโดยการใส่ข้อมูลของ segments ที่ใช้ในการคำนวณว่ามีขนาดเท่าไหร่และแต่ละ segments มีระยะห่าง dx เท่าไหร่ จากนั้นใส่ค่าความชันของหาด (β), D_C และค่า K_1 ของสมการ Osaza Bromption ตามลำดับ ซึ่งค่า β, D_C และค่า K_1 จะทำการ trial and error จนกว่าจะได้ค่าการเคลื่อนที่ของตะกอนใกล้เคียงกับพื้นที่จริง โดยใช้ค่าเริ่มต้นคือ β ใช้ค่าที่ได้จากการสำรวจ, D_C ได้จากสมการเชิงประจักษ์คือ $D_C=5H_S$ และ K_1 จะทำการประมาณโดยเริ่มจาก 0.77 จากนั้นใส่ค่ามุมปรับแก้ที่ได้จากทุ่นสมุทรศาสตร์ลงไป เนื่องจากว่าทุ่นสมุทรศาสตร์ข้อมูลที่อ่านได้นั้นจะทำมุมกับทิศเหนือจึงจำเป็นต้องใส่มุมปรับแก้ให้เป็นมุมที่คลื่นกระทำกับพื้นที่ศึกษา จากนั้นจะทำการกำหนดวันเริ่มต้นของแบบจำลองไปจนถึงวันสิ้นสุดการทำแบบจำลอง โดยในขั้นแรกจะทำการ Calibrate แบบจำลองโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ.2555 เป็นเกณฑ์ ถ้าได้ผลเป็นที่พอใจแล้วก็จะใช้แบบจำลองในการทำนายอนาคตต่อไป จากนั้นทำการกำหนด Boundary ของแบบจำลองเป็นอันเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Wavesturctures.txt



รูปที่ 3.12 Wavestructures.txt

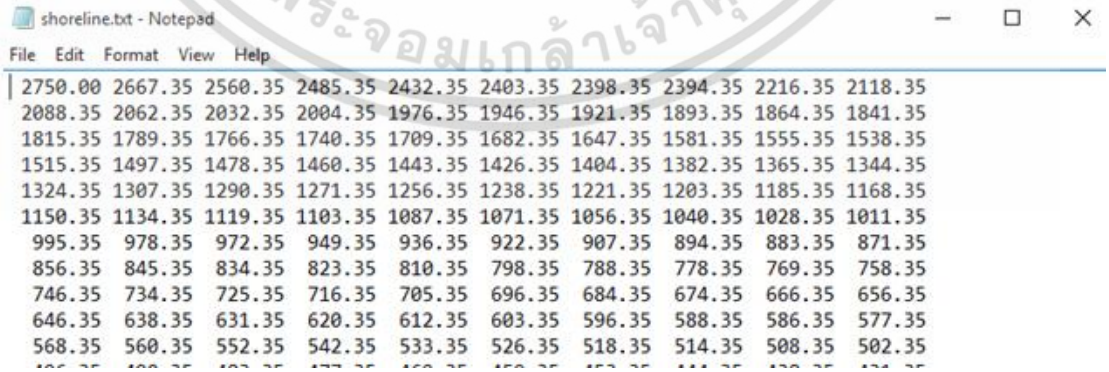
ในไฟล์นี้จะใส่ข้อมูลที่เกี่ยวกับสิ่งก่อสร้างที่มีอิทธิพลต่อชายฝั่งทั้งหมดรวมไปถึงเกาะและหัวหาดอีกด้วย ซึ่งจะทำการใส่ข้อมูลทุก ๆ 1 เดือน โดยมีรายละเอียดดังนี้

สำหรับเขื่อนกันคลื่น จะใส่ ระยะที่มีอิทธิพลถึง (2 คอลัมน์แรก) เลขควบคุม (คอลัมน์ที่ 3 และ 4) ที่อยู่ในแกน X (คอลัมน์ที่ 5) ความยาวในแกน Y (คอลัมน์ที่ 6) และสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (คอลัมน์ที่ 7 , เป็น 0 เมื่อน้ำซึมผ่านไม่ได้ และมักจะเป็น 0.5 สำหรับแนวหินทิ้ง)

สำหรับรอดักทรายให้ใส่ที่อยู่ในแกน X และความยาวในแกน Y ตามลำดับ ส่วนกำแพงกันคลื่นให้ใส่เฉพาะตำแหน่งในแกน X เท่านั้น

ซึ่งไฟล์นี้สามารถใช้ในการพยากรการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างป้องกันชายฝั่งในอนาคตได้

3. Shoreline.txt



รูปที่ 3.13 Shoreline.txt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนนี้จะทำการใส่ค่าเส้นแนวชายหาดเทียบกับ Datum ที่ผ่านการปรับแก้ค่าระดับน้ำขึ้นน้ำลงให้เป็นระดับน้ำทะเลปานกลางมาแล้ว ที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งไฟล์นี้จะเป็นไฟล์ตั้งต้นในการทำแบบจำลอง

4. Waves.txt

รูปที่ 3.14 Waves.txt

ไฟล์นี้จะต้องทำการใส่ข้อมูลปี เดือน จำนวนวัน และค่าความสูงคลื่นที่มีนัยสำคัญ คาบคลื่นที่มีนัยสำคัญ และทิศทางของคลื่นในแต่ละวันลงไป หากไม่มีข้อมูลให้ใส่ 999 โดยทำการใส่ให้ครบตามเวลาที่ต้องการทำแบบจำลอง

เมื่อใส่ข้อมูลทั้งหมดครบถ้วนก็จะสามารถรันแบบจำลองได้ และจะทำการปรับแก้ค่าคงที่ต่าง ๆ จนกว่าจะได้ผลการคำนวณเป็นที่พอใจก็จะนำค่าคงที่ต่าง ๆ เหล่านั้นไปใช้ในการพยากรอนาคตต่อไป

3.5 การสำรวจภาคสนาม

ในการสำรวจภาคสนามนั้นจะทำการสำรวจเพื่อเก็บค่าระดับโปรไฟล์ของพื้นที่ศึกษา โดยการคัดเลือกบริเวณที่มีความน่าสนใจ หรือบริเวณที่เป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของสิ่งก่อสร้าง ในแบบจำลอง การเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษาเพื่อนำมาหาขนาดตะกอน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ผล กำหนดค่าตัวแปร อีกทั้งการสำรวจภาคสนามยังมีเพื่อให้สามารถระบุถึงจุดที่มีปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน สังเกตถึงจุดที่มีความเสี่ยง และยังสามารถสอบถามประชาชนในบริเวณพื้นที่ศึกษาว่ามีปัญหาในจุดไหนได้อีกด้วย ซึ่งผู้ศึกษาได้กำหนดจุดที่จะทำการสำรวจดังรูปที่ 3.15 โดยมีพิกัดต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 พิกัดในการสำรวจค่าระดับ

จุดที่	N	E
1	10.444238	99.250262
2	10.442209	99.250732
3	10.445569	99.249637
4	10.449917	99.239305

รูปที่ 3.15 ตำแหน่งที่จะทำการสำรวจค่าระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ในส่วนของผลการศึกษานี้จะแยกอธิบายเป็นสามส่วนหลักๆคือสภาพปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษาของการเปลี่ยนแปลงเส้นชายฝั่งด้วยภาพถ่ายดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ และผลการศึกษาจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งหลังจากนั้นจะทำการนำผลการศึกษาทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อจะได้ทราบถึงกลไกการเปลี่ยนแปลงของเส้นแนวชายฝั่งว่ามีอิทธิพลจากอะไรบ้าง

4.1 สถานการณ์พื้นที่ศึกษาปัจจุบัน

จากการลงพื้นที่สำรวจของผู้ศึกษาเมื่อช่วงเดือน สิงหาคม 2557 สิงหาคม 2558 นั้นจากการสังเกตด้วยสายตาพบว่าสภาพโดยทั่วไปของชายหาดยังคงมีความยาว และยังมีความกว้างของหาดอยู่พอสมควร ทำให้ชายหาดนี้ยังสามารถใช้ในการทำกิจกรรมนันทนาการต่าง ๆ ได้ แต่หากพิจารณาถึงความปลอดภัยของชายหาดจากสิ่งก่อสร้างที่มีอยู่แล้ว พบว่าในบางพื้นที่ได้มีการแตกร้าวของสิ่งก่อสร้าง โดยเฉพาะบริเวณแนวกำแพงกันคลื่นบริเวณด้านทิศใต้ของเขื่อนกันทรายและคลื่นชาวบ้านได้ทำการนำยางรถยนต์มาติดไว้ที่กำแพงกันคลื่นบางส่วน เพื่อลดความรุนแรงของคลื่นที่เข้ามาปะทะ และยิ่งกว่านั้นเนื่องจากตะกอนที่ถูกพัดพามาจากแม่น้ำชุมพรซึ่งมีลักษณะเป็นตะกอนเลนได้เกิดการทับถมอยู่ในบริเวณชายหาด ทำให้สภาพของหาดบริเวณนั้นไม่เหมาะสมการท่องเที่ยวเท่าไหร่นัก อีกทั้งบางส่วนของชายฝั่งนั้นมีความตื้นเขิน (จากการสำรวจพบว่าบางส่วนมีความสูงเกือบเทียบเท่าระดับน้ำทะเลปานกลาง) ซึ่งพื้นที่ตื้นเขินเหล่านี้จะเป็นอันตรายเพราะถ้าหากมีคลื่นสูงพัดเข้ามาความสามารถในการลดทอนกำลังของคลื่นก็จะมีน้อยลงตามไปด้วยเนื่องจากไม่มีระยะทางให้คลื่นสลายพลังงาน จึงส่งผลให้มีโอกาสที่จะเกิดความเสียหายในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งบางจุดของพื้นที่ศึกษาได้ โดยเฉพาะบริเวณกำแพงกันคลื่นทางด้านทิศใต้ของเขื่อนกันทรายและคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 พื้นที่บริเวณด้านทิศใต้ติดกับเขื่อนกันทรายและคลื่น

รูปที่ 4.2 สิ่งก่อสร้างบางส่วนมีการวิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 ชาวบ้านได้ทำการป้องกันชายฝั่งด้วยยางรถยนต์

รูปที่ 4.4 สันดอนเชื่อมเกาะระหว่างชายฝั่งและเกาะมัตโพน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 สภาพพื้นที่ชายฝั่งด้านทิศเหนือของเขื่อนกันทรายและคลื่น

รูปที่ 4.6 พื้นที่ด้านทิศใต้ของเขื่อนกันทรายและคลื่นบางส่วนยังมีความยาวอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 ชาวบ้านได้ละทิ้งที่อยู่บางส่วนตามนโยบายของกรมเจ้าท่า

รูปที่ 4.8 บรรยากาศขณะทำการสำรวจภาคสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

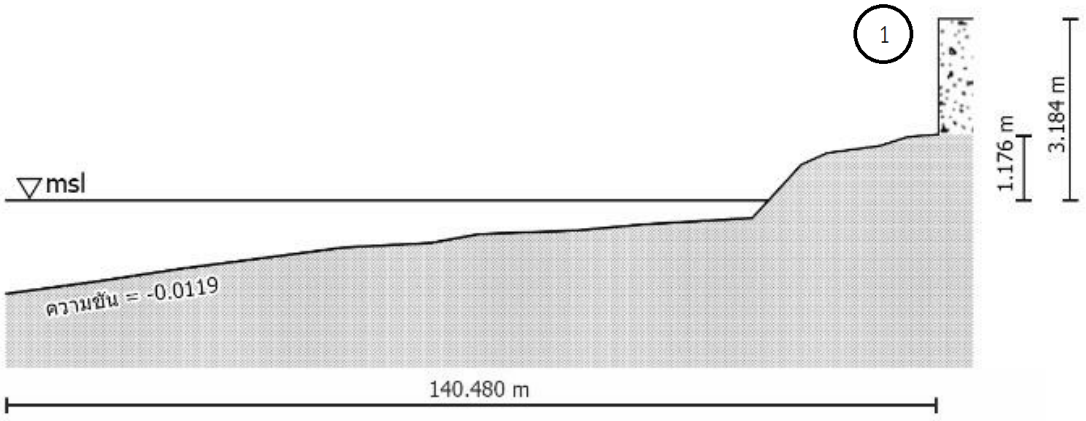
4.2 ค่าที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

จากการทำสำรวจระดับเมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ.2558 เป็นจำนวน 4 แนวดังแสดงในรูปที่ 4.9 เพื่อหาค่าระดับของกำแพงกันคลื่น เขื่อนกันทรายและคลื่น สันดอน และความชันของชายหาด

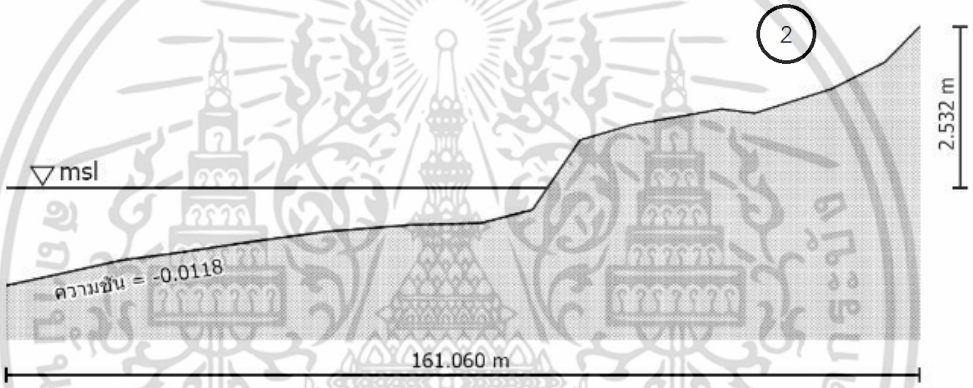
รูปที่ 4.9 ตำแหน่งที่ทำการสำรวจระดับ

ซึ่งผลจากการสำรวจทำให้สามารถระบุโปรไฟล์ของพื้นที่ศึกษาพร้อมทั้งบอกความชันของหาดได้ตามรูปที่ 4.10 – 4.13 ซึ่งจากผลการศึกษาจะเห็นว่าความชันของพื้นที่ศึกษานั้นมีความชั้นค่อนข้างต่ำและมีความสูงเฉลี่ยของสันดอนอยู่ที่ประมาณ 1 เมตรซึ่งชายหาดที่มีความชันระดับนี้ถือว่ามีความชันแบบราบเรียบ ซึ่งค่าต่างๆที่ได้เหล่านี้สามารถอธิบายได้ถึงสภาพปัจจุบันของพื้นที่ศึกษาว่าในแต่ละส่วนนั้นมีการเคลื่อนตัวของตะกอนที่แตกต่างกันโดยเฉพาะบริเวณจุดที่ 3 (รูปที่ 4.12) ซึ่งใกล้เขื่อนกันทรายและคลื่นทางด้านทิศใต้

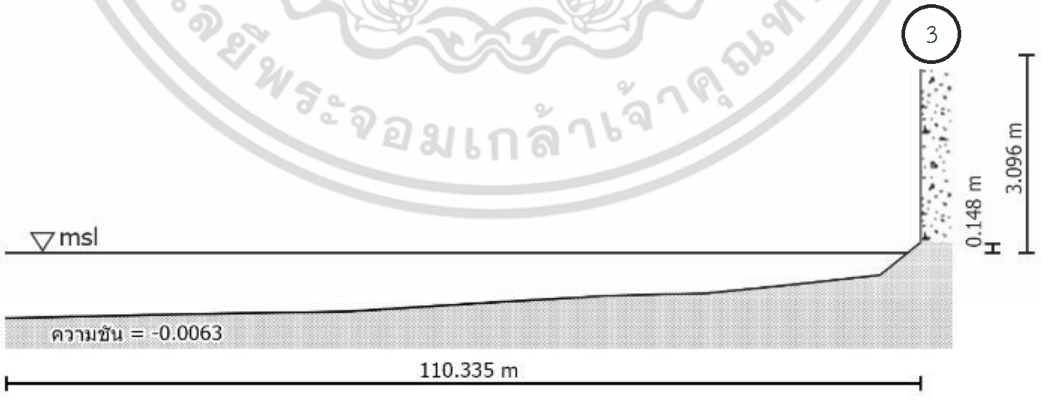
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 โปรไฟล์ของพื้นที่ศึกษา จุดที่ 1 ในรูปที่ 9 ที่พิกัด N10.444238, E99.250262

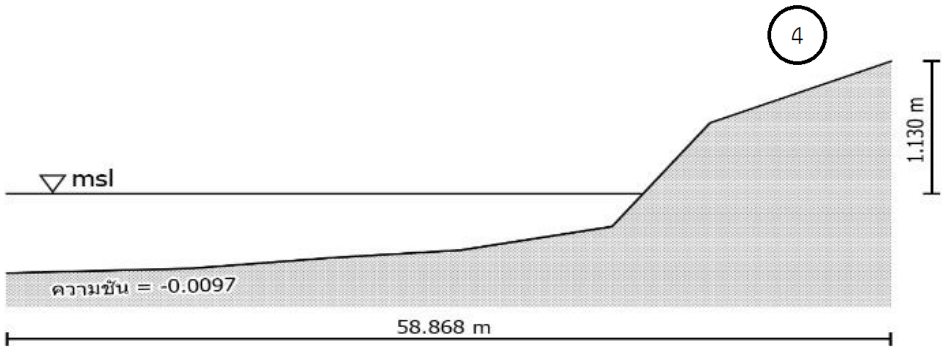


รูปที่ 4.11 โปรไฟล์ของพื้นที่ศึกษา จุดที่ 2 ในรูปที่ 9 ที่พิกัด N10.442209, E99.250732



รูปที่ 4.12 โปรไฟล์ของพื้นที่ศึกษา จุดที่ 3 ในรูปที่ 9 ที่พิกัด N10.445569, E99.249637

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 โปรไฟล์ของพื้นที่ศึกษา จุดที่ 4 ในรูปที่ 9 ที่พิกัด N10.449917, E99.239305

ไม่มีหน้าหาดเหลืออยู่แล้วเนื่องจากถูก scouring ออกไปซึ่งสอดคล้องกับภาพของพื้นที่บริเวณนั้นที่มีการแตกร้าวของสิ่งก่อสร้างเนื่องจากไม่มีระยะให้คลื่นสลายพลังงานนั่นเอง โดยบริเวณอื่นนั้นยิ่งไกลจากเขื่อนกันทรายและคลื่นเท่าไรก็จะมีความกว้างของหาดที่เพิ่มขึ้น และในส่วนของข้อมูลที่ได้นี้จะนำไปใช้ประกอบการคำนวนในแบบจำลองคณิตศาสตร์

4.3 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม

เส้นแนวชายฝั่งที่ได้จากข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จากการศึกษาเปรียบเทียบภาพถ่ายดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศของข้อมูลที่มีอยู่ ทำให้สามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงของเส้นแนวชายฝั่งหลังจากทำการปรับปรุงความถูกต้องอันเนื่องมาจากระดับน้ำขึ้น น้ำลง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.14

จากการวิเคราะห์เส้นแนวชายฝั่งที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปีจากรูปที่ 4.14 จะทำให้สามารถหาความยาว พื้นที่ และอัตราการกัดเซาะและทับถมที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ศึกษาได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการแยกวิเคราะห์เป็นสองส่วนคือด้านทิศเหนือและทิศใต้ของเขื่อนกันทรายและคลื่นบริเวณปากแม่น้ำชุมพร เนื่องจากคาดว่าพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงของทั้งสองฝั่งนั้นจะมีความแตกต่างกัน

ซึ่งจากตารางที่ 4.1 สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1. ก่อนที่จะมีการก่อสร้างเขื่อน มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งทางด้านทิศเหนืออยู่ 5.3 เมตร/ปี และด้านทิศใต้ 4.7 เมตร/ปี ส่วนอัตราการทับถมทางด้านทิศเหนืออยู่ที่ 1.1 เมตร/ปี และด้านทิศใต้ 8.0 เมตร/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

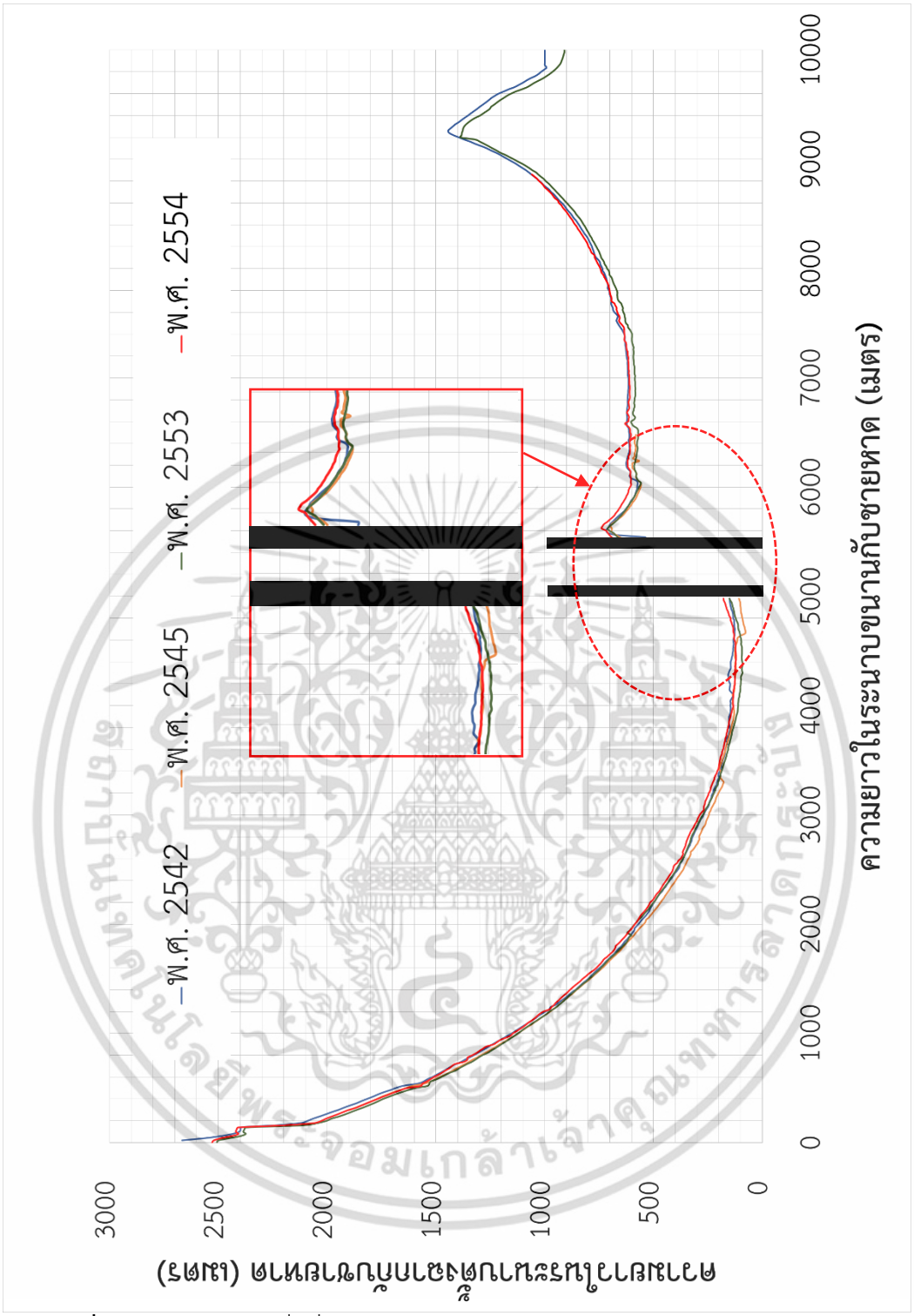
2. หลังจากมีการก่อสร้างเขื่อนแล้วนั้น อัตราการกัดเซาะทั้งสองด้านลดลงคือ ทางด้านทิศเหนือลดลงเหลือ 1.9 เมตร/ปี และด้านทิศใต้ลดลงเหลือ 1.1 เมตร/ปี ส่วนอัตราการทับถมของด้านทิศเหนือเพิ่มขึ้นเป็น 3.5 เมตร/ปี และด้านทิศใต้ลดลงเหลือ 1.0 เมตร/ปี

3. ในส่วนของปี 2554 นั้นเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากพายุใหญ่ ทำให้ชายหาดมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างยิ่งยวด ผลที่ได้จึงมีค่าที่สูงกว่าปีอื่นๆ

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งจากภาพถ่ายดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ

ปี พ.ศ.	ด้านทิศเหนือ						ด้านทิศใต้					
	กัดเซาะ			ทับถม			กัดเซาะ			ทับถม		
	ความยาว	พื้นที่	อัตรา	ความยาว	พื้นที่	อัตรา	ความยาว	พื้นที่	อัตรา	ความยาว	พื้นที่	อัตรา
	ม.	ตร.ม.	(ม./ปี)	ม.	ตร.ม.	(ม./ปี)	ม.	ตร.ม.	(ม./ปี)	ม.	ตร.ม.	(ม./ปี)
2542	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2545	4,597	102,357	5.3	159	710	1.1	944	17,912	4.7	103	3,280	8.0
2553	2,207	37,521	1.9	1,775	55,972	3.5	288	2,911	1.1	427	3,747	1.0
2554	3,324	39,843	12.0	675	5,159	7.6	1,462	8,284	5.7	613	2,675	4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 เส้นแนวชายฝั่งที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลที่ได้จากการทำแบบจำลองคณิตศาสตร์

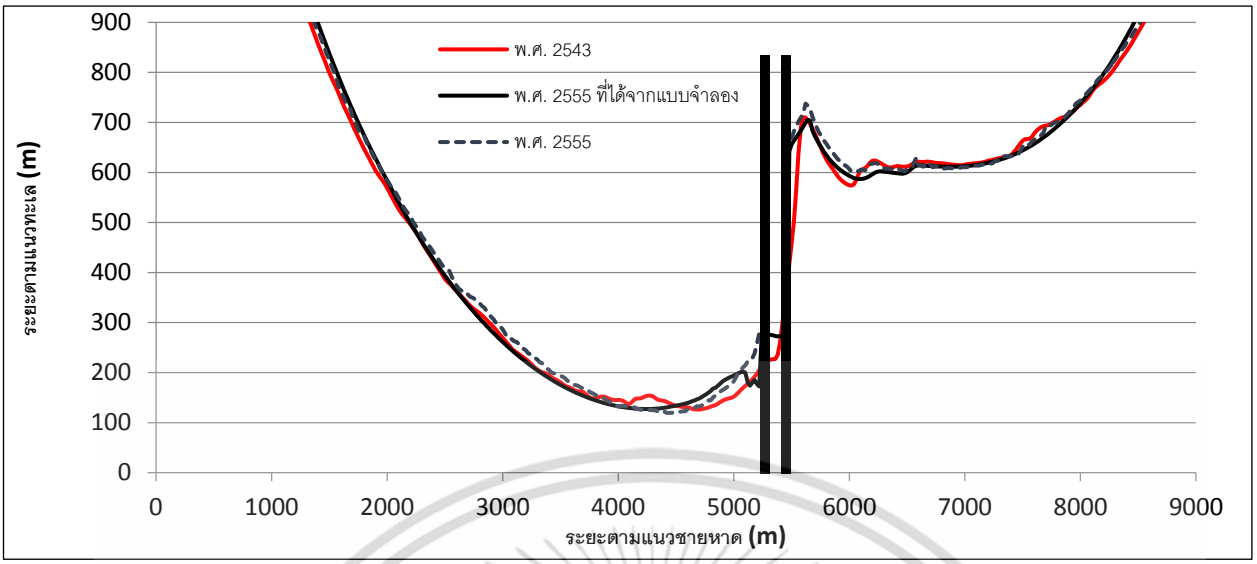
จากการทำการทดลองแทนค่าคงที่ของคุณสมบัติต่าง ๆ ของพื้นที่ศึกษาไม่ว่าจะเป็นความชันเฉลี่ยของพื้นที่ศึกษา ค่าความลึกที่ตะกอนสามารถเคลื่อนที่ได้ และค่าคงที่ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในแบบจำลองแบบ One-line Modeling โดยกำหนดเส้นแนวชายฝั่งเริ่มต้น (Initial Shoreline) เป็นปี พ.ศ. 2543 และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ. 2554 จนได้เส้นแนวชายฝั่งที่มีลักษณะใกล้เคียงกับเส้นแนวชายฝั่งปี พ.ศ.2554 ซึ่งสามารถยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองได้ ตามรูปที่ 4.15

หลังจากสามารถยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองได้แล้วก็จะทำการใช้ค่าคงที่เดิมในการทำแบบจำลองในกรณีอื่น ๆ ได้ต่อไป เพื่อใช้ในการพยากรณ์อนาคต ในที่นี้จะทำการจำลองเส้นแนวชายฝั่งในกรณีที่ไม่มีการสร้างสิ่งก่อสร้างเพิ่มเติม ในอีก 10 ปีข้างหน้า (นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559) คือปี พ.ศ. 2569 ซึ่งจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนคตได้ ดังรูปที่ 4.16

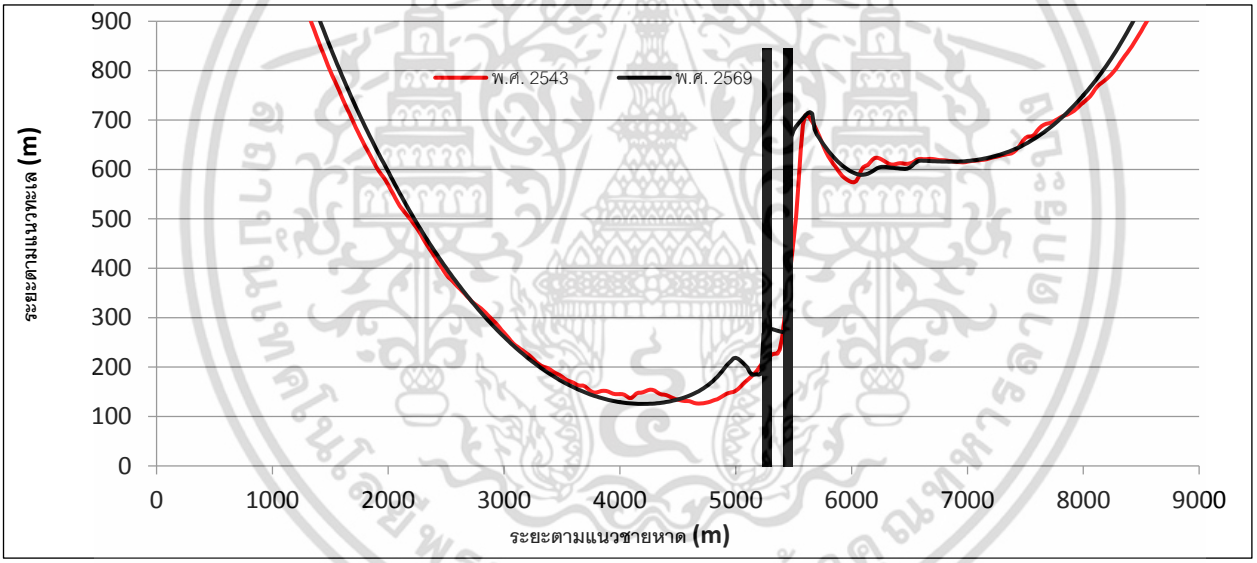
ในทำนองเดียวกันก็จะสามารถจำลองสถาณการอื่น ๆ ในพื้นที่ศึกษาได้อีกในอนาคต ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะทดลองคำนวณเส้นแนวชายฝั่งที่เปลี่ยนแปลงไปในปี พ.ศ. 2569 เพียงอย่างเดียว

ผลการทำแบบจำลองพยากรณ์ชายฝั่งในปี พ.ศ. 2569 พบว่าสภาพของชายฝั่งค่อนข้างมีความเสถียรโดยที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพชายฝั่งอันเนื่องมาจากอิทธิพลของคลื่นในระยะยาวไม่มากนัก โดยจะมีจุดที่ถูกกัดเซาะอยู่บริเวณทิศเหนือของเขื่อนกันทรายและคลื่น และในส่วนอื่น ๆ แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งเลย ซึ่งส่วนหนึ่งนั้นมาจากทางด้านทิศเหนือของเขื่อนกันทรายและคลื่นมีการก่อสร้างกำแพงกันคลื่นไว้ จึงทำให้เส้นแนวชายฝั่งไม่สามารถถดถอยไปได้มากกว่านี้อีก จากผลการทำแบบจำลองนี้จึงสามารถบอกได้ว่าชายหาดนี้ค่อนข้างมีเสถียรภาพในสภาวะคลื่นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ผลการคำนวณ Calibrate เส้นแนวชายฝั่งโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์



รูปที่ 4.16 ผลการคำนวณทำนายเส้นแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2569 โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งด้วยภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม เมื่อตัดปี พ.ศ. 2554 ซึ่งมีความแปรปรวนเนื่องจากพายุ พบว่า หลังจากมีการก่อสร้างรอดักทรายนั้น ในช่วงปี พ.ศ. 2542 ถึง พ.ศ. 2553 พบว่าชายฝั่งมีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งนั้นมีการลดลงจาก 5.3 เมตร/ปี เป็น 1.9 เมตร/ปี ในด้านทิศเหนือ และ 4.7 เมตร/ปี เป็น 1.1 เมตร/ปี ในด้านทิศใต้ ส่วนของอัตราการทับถมทางด้านทิศเหนือเพิ่มขึ้นจาก 1.1 เมตร/ปี เป็น 3.5 เมตร/ปี และในด้านทิศใต้ลดลงจาก 8.0 เมตร/ปี เป็น 1.0 เมตร/ปี ซึ่งจากตัวเลขข้างต้นนี้สามารถสรุปได้ว่า การก่อสร้างรอดักทรายนั้นทำให้การกัดเซาะโดยรวมลดลงทั้งด้าน Updrift และด้าน Downdrift และทำให้เกิดการทับถมขึ้นในด้านทิศเหนือแต่ลดลงในด้านทิศใต้ การกัดเซาะในบริเวณที่เห็นได้ชัดคือบริเวณติดกับรอดักทราย คือมีการกัดเซาะทั้งสองฝั่ง

สาเหตุที่มีการกัดเซาะที่บริเวณติดกับรอดักทรายนั้นเนื่องมาจาก การก่อสร้างรอดักทรายที่มีความยาวขนาดนี้นั้น ส่งผลให้กระแสน้ำที่หมุนเวียนอยู่ในระบบมีการเปลี่ยนไป คือมีรอดักทรายไปขวางการเคลื่อนที่ของตะกอนที่เคลื่อนที่มาจากทางด้านทิศใต้ไปด้านทิศเหนือทำให้เกิดการทับถมบริเวณด้านทิศใต้และกัดเซาะทางด้านทิศเหนือ แต่เนื่องจากในหาดชุมพร ทางด้านทิศใต้มีเกาะมัตพนตั้งอยู่ ซึ่งประพฤติตัวเสมือนเขื่อนกันคลื่นอันหนึ่ง จึงทำให้ตะกอนที่เคลื่อนที่มาหยุดอยู่บริเวณสันดอนเชื่อมเกาะที่ด้านหลังเกาะมัตพนทำให้เกิดเป็นหาดทรายที่มีหน้าหาดกว้างทางทิศใต้แต่จากการที่มีสันดอนเชื่อมเกาะมาขวางการเคลื่อนที่ของตะกอนนี้เองจึงทำให้บริเวณที่อยู่ติดกับรอดักทรายทางด้านทิศใต้เกิดการกัดเซาะเนื่องจากไม่มีตะกอนทรายมาเติมเข้าไป ทางด้านทิศเหนือก็เกิดการกัดเซาะบริเวณติดกับตัวรอดักทรายเนื่องจากทรายไม่สามารถอ้อมผ่านตัวรอดักทรายมาได้นั่นเอง

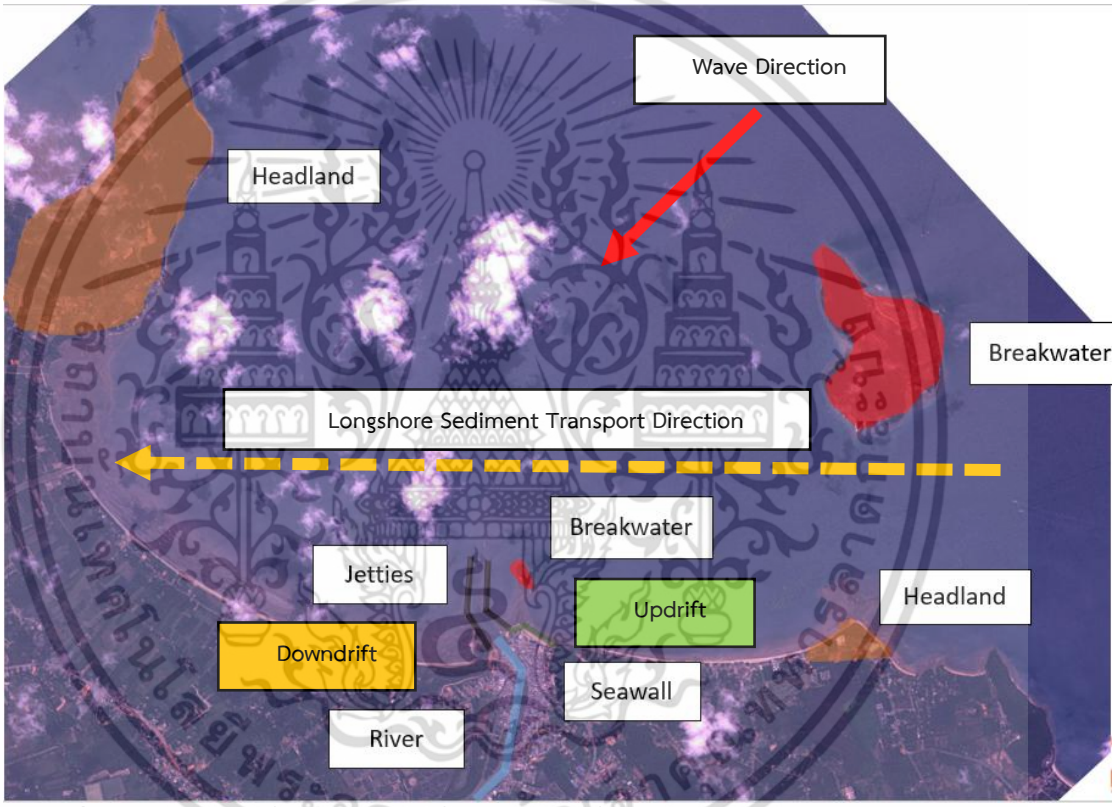
ในส่วนของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบค่าที่ป้อนเข้าไปในตัวโปรแกรมที่ทำให้ผลที่ได้นั้นมีความใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ. 2554

จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำการพยากรณ์แนวชายฝั่งในอนาคตในปี พ.ศ. 2559 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงไปที่เห็นได้ชัดแค่ในบริเวณตอนปลายของด้านทิศเหนือเท่านั้น

จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าชายหาดชุมพรนั้นก่อนที่จะมีการก่อสร้างรอดักทรายก็มีการกัดเซาะเกิดขึ้นอยู่แล้ว หลังจากมีการก่อสร้างรอดักทรายการกัดเซาะโดยรวมลดลงและมีการทับถมเพิ่มขึ้นในด้านทิศเหนือของรอดักทรายแต่การทับถมลดลงในด้านทิศใต้ของรอดักทราย การกัดเซาะที่เห็นได้ชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากมีการก่อสร้างรอดักทรายนั้นเกิดขึ้นในบริเวณใกล้กับตัวรอดักทรายทั้งสองฝั่งอันเนื่องมาจากตัวรอดักทรายเองได้ทำการกีดขวางการเคลื่อนที่ของตะกอนเรียบชายฝั่งซึ่งมาจากทางด้านทิศใต้ ทำให้ด้านทิศใต้เกิดการทับถมด้านหลังเกาะมัตพนซึ่งทำหน้าที่เหมือนเขื่อนกันคลื่นและทำให้ตะกอนไม่สามารถเดินทางไปทางทิศเหนือได้สะดวกทำให้เกิดการกัดเซาะตั้งแต่บริเวณหลังเกาะมัตโพนขึ้นไปยังทิศเหนือ และจากการทำการพยากรชายฝั่งในอนาคตพบว่าชายฝั่งค่อนข้างมีเสถียรภาพ เนื่องจากพื้นที่หาดชุมพรมีหัวหาดขนาบอยู่ทั้งสองด้านทำให้ตะกอนหมุนเวียนอยู่แค่ในระบบเท่านั้น จึงไม่จำเป็นต้องใช้มาตรการป้องกันชายฝั่งใด ๆ เพิ่มเติม แต่จะต้องทำการตรวจสอบในกรณีที่มีพายุใต้ฝุ่นขนาดใหญ่ต่อไปว่าสิ่งก่อสร้างที่มีอยู่นั้นสามารถรับมือกับคลื่นขนาดใหญ่ได้หรือไม่ต่อไป



รูปที่ 5.1 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของหาดชุมพร (ภาพถ่ายดาวเทียมจาก GISTDA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ปริทัศน์ เจริญสิทธิ์. (2550). “**การสำรวจพื้นที่กัดเซาะชายฝั่งทะเลในฤดูมรสุม บริเวณอ่าวไทย ฝั่งตะวันตก**”. เอกสารเผยแพร่สำหรับอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ฉบับที่ 28.

สมปรารถนา ฤทธิ์พริ้ง. (2553). **“การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลภาคใต้ : สาเหตุและผลกระทบ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยย่อย การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลภาคใต้ : สาเหตุและผลกรทบ”** สัญญาที่ 2-018/2553 รหัสโครงการ นสธ.2553-2- 018ข ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิริลักษณ์ พฤกษ์ปิติกุล. (2554). **“การพัฒนาแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง โดยใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียม”** วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 3(1): 1-16 (2554)

กรวิศิษฏ์ และคณะ. (2558). **“การศึกษากลไกการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งโดยเขื่อนกับคลื่นแบบแยกบริเวณหาดคลองวาฬ จ.ประจวบคีรีขันธ์”** ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาตรี, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สำนักงานจังหวัดชุมพร กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสารบรรยายสรุปจังหวัดชุมพร. (2554) . **บรรยายสรุปจังหวัดชุมพร ประจำปี 2556**

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2554). **ชายฝั่งในทะเลประเทศไทยและพื้นที่กัดเซาะชายฝั่ง.** กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2546). **สรุปข้อมูลทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์** .กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์. (2553). “**สมุทรศาสตร์ชายฝั่งการพังทลายของหาดทรายชายฝั่งอ่าว ไทยและภาคใต้ตอนล่าง**”. รายงานเสนอต่อคณะอนุกรรมาธิการ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม วุฒิสภา สาขาวิศวกรรมสมุทรศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

N. Charusrojthanadech and Y. Yamamoto (2013). **“Assessment of Coastal Erosion and Coastal Protection with Hybrid Y-Type Groyne/Detached Breakwater in Sangchan Beach”,** Proc. 21st Engineering, Applied Sciences, and Technology Conf., Thailand, ICEAST.

LENSIK, J.R., “**An Annotated Bibliography on Detached Breakwaters and Artificial Headland**,” MR 79-1, Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., Feb. 1979.

CENTER.DEPARTMENT OF ARMY. 2008. **Coastal Engineering Manual.** U.S., Washington, DC : US Army Corps of Engineer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Hans Hanson (1989). **“Genesis-A Generalized Shoreline Change Numerical Model”**, Journal of Coastal Research, Vol.5 No.1, pp 1-27.

TOYOSHIMA, O., “**Coastal Engineering for Practicing Engineer: Erosion**,” 1972 (published in Japanese).

KOHLHASE et al. 1999. **Coastal Protection of the Isle of Usedom – Conceptional Design of an Offshore Breakwater System at the Streckelsberg, Baltic Sea**. University of Rostock, Institute of Hydraulic and Coastal

Ali Remzi Birben et al. 2006. **Investigation of the effects of offshore breakwater parameters on sediment accumulation**. Journal of Ocean Engineering, 34 (2007) 284-302.

Ozasa Brampton (1979). **“Models for Predicting the Shoreline Evolution of Beaches Backed by Seawalls”**, Report of The Port and Harbour Research Institute, Vol.18 No.4, pp 77-104.

KRAUS, N.C. and HARIKAI, S., 1983. **Numerical model of the shoreline change at Oarai beach**. Coastal Engineering, 7(1), pp. 1-28.

Yamamoto et al. 1996. **PREDICTION OF SHORELINE CHANGE CONSIDERING CROSS-SHORE SEDIMENT TRANSPORT.** 25th International Conference on Coastal Engineering, Orlando, Florida, United States, 1996, pp 3405-3418.

S. Doungpan and N. Charusojthanadech, (2015). **“Study on Safety to a Strom Surge at Sangchan Beach”** The Twenty-fifth International Offshore and Polar Engineering Conference. pp 1168 – 1175

Department of Army. 1984. **Shore Protection Manual**. U.S.: Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, COASTAL ENGINEERING RESEARCHS Engineering, Rostock, Germany. Limnologica 29 (1999) 325-331.

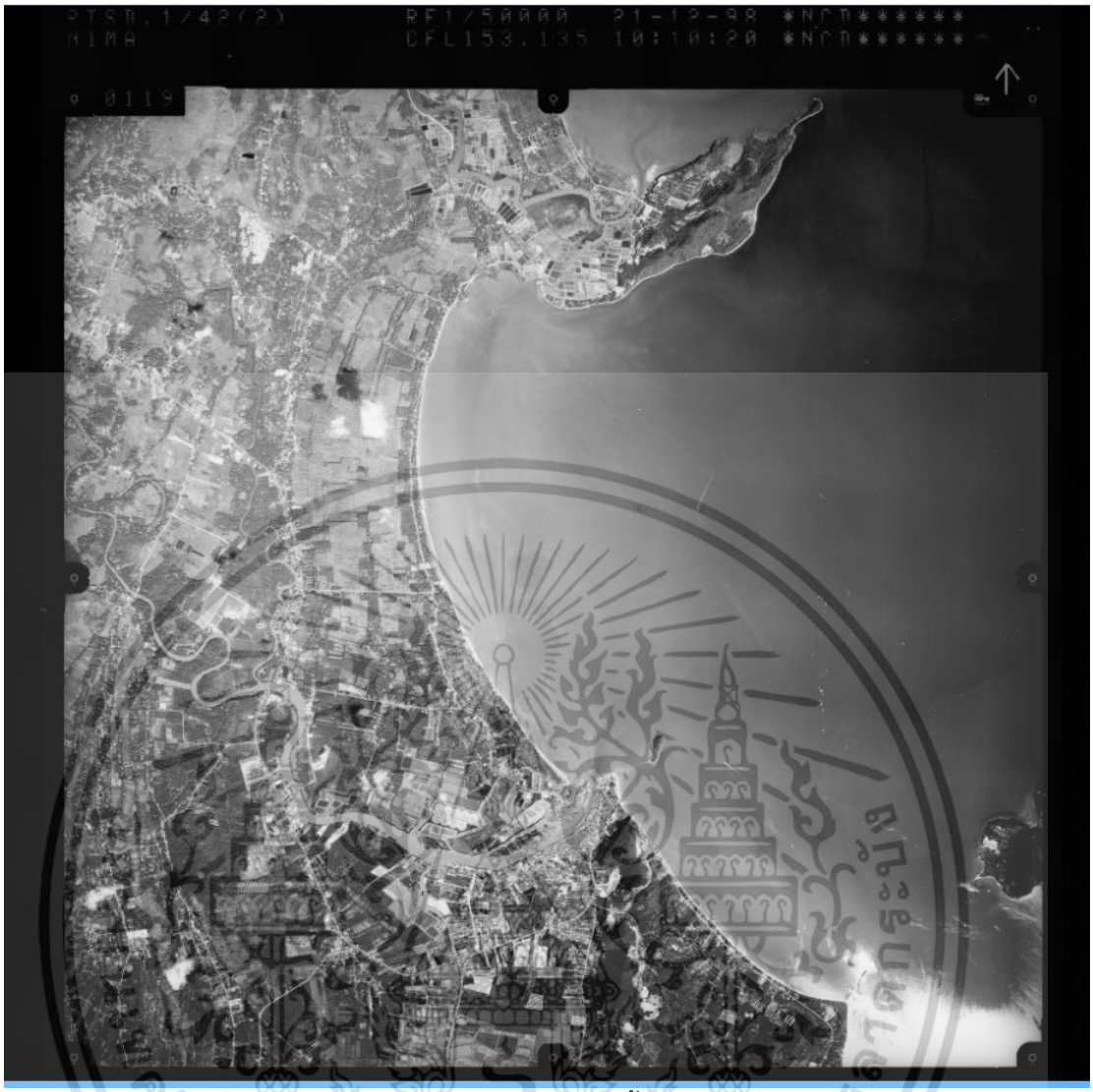
A.M. Vaidya et al. 2015. **Shoreline Response to Coastal Structures.** INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER RESOURCES, COASTAL AND OCEAN ENGINEERING (ICWRCOE 2015), Aquatic Procedia 4 (2015) 333-340.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

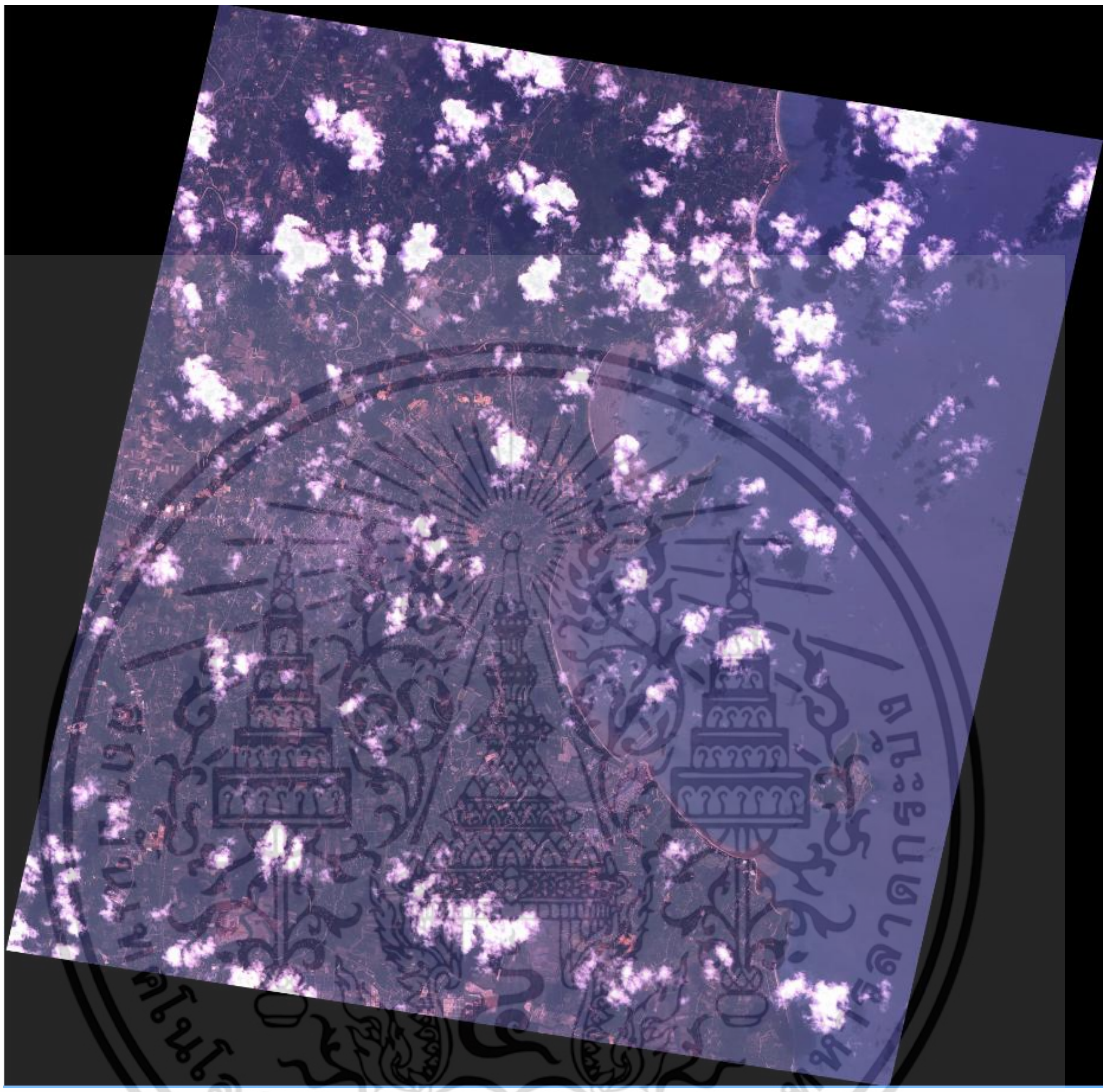


รูปที่ ผนวก ก.1 ภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษาเมื่อปี พ.ศ.2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผนวก ก.2 ภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษาเมื่อปี พ.ศ.2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผนวก ก.3 ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผนวก ก.4 ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ศึกษาเมื่อปี พ.ศ.2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผนวก ก.5 แผนที่ของพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผนวก ก.6 แผนที่ร่องน้ำของพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

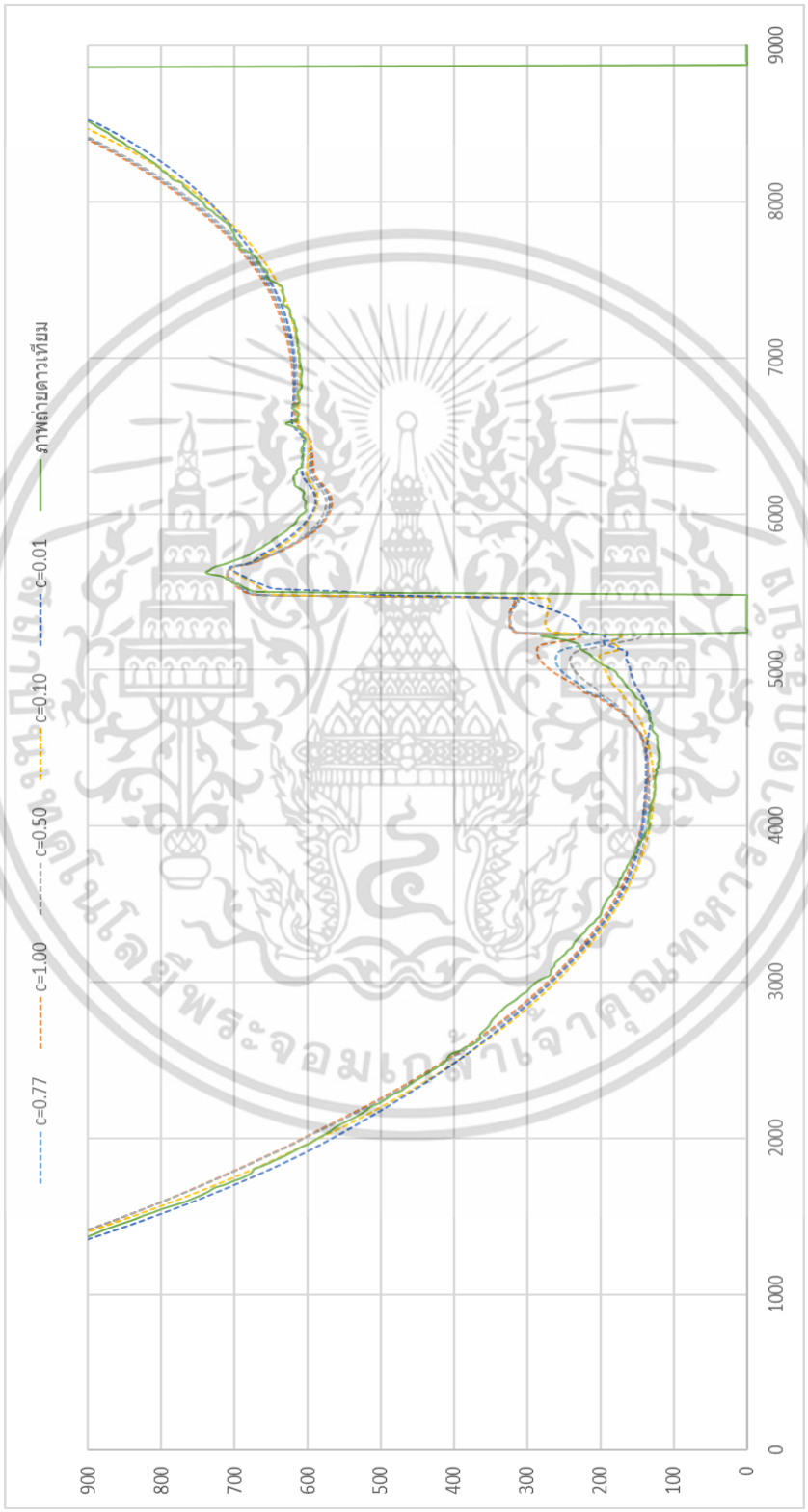
ภาคผนวก ข

ผลที่ได้จากโปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลที่ได้จากโปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ ผนวก ข.1 ค่าสัมประสิทธิ์ Sand Drift Coefficient ที่มีผลต่อแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการคำนวณจากโปรแกรมเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ.2011

K1 = 0.1

angle1 = 125

angle2 = 10

DX(m) = 20

INDEXL= 5 coef = 0

INDEXR= 4 coef = 0

Number= 500

Year = 2011 Month = 2

No.	X (m)	Yorg(m)	Ycal(m)	Yreal(m)	Ycal-Yreal	DY(m)	QNET(m3)	HB(m)	ZB(-)	
1	0	2750	2723.59	2528.6	194.99	-26.41	0	0	0	
2	20	2660.22	2638.4	2521.6	116.8	-21.82	2234.98	0.72	-79.33	
3	40	2572.2	2559.44	2490.6	68.84	-12.76	4081.64	0.72	-78.3	
4	60	2497.1	2482.23	2440.6	41.63	-14.87	5160.61	0.72	-77.28	
5	80	2444.23	2407.74	2407.6	0.14	-36.49	6418.09	0.72	-76.23	
6	100	2413.91	2338.09	2419.6	-81.51	-75.82	9504.16	0.72	-74.99	
7	120	2389.35	2274.01	2415.6	-141.59	-115.34	15918	0.72	-73.6	
8	140	2334.16	2215.16	2408.6	-193.44	-119	25675.39	0.72	-72.15	
9	160	2239.73	2160.88	2192.6	-31.72	-78.85	35743.73	0.72	-70.67	
10	180	2149.1	2110.55	2059.6	50.95	-38.55	42414.91	0.72	-69.19	
11	200	2093.85	2063.69	2026.6	37.09	-30.16	45676.94	0.72	-67.72	
12	220	2061.23	2019.9	2004.6	15.3	-41.33	48229.77	0.72	-66.26	
13	240	2032.85	1978.84	1978.6	0.24	-54.01	51726.17	0.72	-64.79	
14	260	2004.35	1940.27	1951.6	-11.33	-64.08	56295.39	0.72	-63.32	
15	280	1975.91	1903.96	1926.6	-22.64	-71.95	61717.39	0.72	-61.85	
16	300	1947.91	1869.71	1900.6	-30.89	-78.2	67805.55	0.72	-60.38	
17	320	1920.47	1837.37	1866.6	-29.23	-83.11	74422.02	0.72	-58.91	
18	340	1893.16	1806.78	1842.6	-35.82	-86.38	81455	0.72	-57.43	
19	360	1866.35	1777.82	1819.6	-41.78	-88.53	88763.33	0.72	-55.95	
20	380	1840.6	1750.38	1794.6	-44.22	-90.22	96253.81	0.72	-54.48	
21	400	1815.35	1724.36	1768.6	-44.24	-90.99	103886.58	0.72	-53	
22	420	1790.29	1699.65	1744.6	-44.95	-90.64	111584.73	0.72	-51.53	
23	440	1765.1	1676.13	1717.6	-41.47	-88.97	119253.81	0.72	-50.12	
24	460	1738.54	1653.46	1691.6	-38.14	-85.08	126780.45	0.72	-49.07	
25	480	1710.04	1631.55	1662.6	-31.05	-78.48	133978.14	0.72	-48.07	
26	500	1677.66	1610.38	1632.6	-22.22	-67.28	140617.97	0.72	-47.08	
27	520	1637.72	1589.91	1566.6	23.31	-47.81	146310.67	0.72	-46.1	
28	540	1594.97	1570.13	1562.6	7.53	-24.85	150355.92	0.72	-45.11	
29	560	1560.85	1550.99	1542.6	8.39	-9.86	152458.84	0.72	-44.15	
30	580	1536.97	1532.42	1525.6	6.82	-4.56	153293.28	0.72	-43.26	
31	600	1516.79	1514.06	1509.6	4.46	-2.72	153678.88	0.72	-42.92	
32	620	1497.35	1495.87	1489.6	6.27	-1.48	153908.3	0.72	-42.66	
33	640	1478.72	1477.83	1472.6	5.23	-0.9	154033.42	0.72	-42.42	
34	660	1460.79	1459.93	1456.6	3.33	-0.86	154109.94	0.72	-42.18	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

35	680	1443.1	1442.17	1438.6	3.57	-0.93	154182.48	0.72	-41.94
36	700	1424.47	1424.56	1426.6	-2.04	0.09	154260.48	0.72	-41.69
37	720	1404.35	1407.1	1411.6	-4.5	2.75	154251.55	0.72	-41.45
38	740	1383.97	1389.78	1371.6	18.18	5.8	154017.38	0.72	-41.21
39	760	1364.22	1372.61	1354.6	18.01	8.38	153524.97	0.72	-40.96
40	780	1344.66	1355.58	1353.6	1.98	10.91	152815.3	0.72	-40.72
41	800	1325.54	1338.69	1332.6	6.09	13.16	151890.41	0.72	-40.47
42	820	1307.41	1321.95	1313.6	8.35	14.54	150777.16	0.72	-40.22
43	840	1289.85	1305.36	1299.6	5.76	15.51	149546.77	0.72	-39.98
44	860	1272.54	1288.91	1283.6	5.31	16.38	148233.47	0.72	-39.73
45	880	1255.54	1272.61	1267.6	5.01	17.07	146843.92	0.72	-39.48
46	900	1238.47	1256.45	1234.6	21.85	17.97	145398.84	0.72	-39.23
47	920	1221.04	1240.43	1218.6	21.83	19.4	143876.77	0.72	-38.98
48	940	1203.35	1224.56	1203.6	20.96	21.21	142234.81	0.72	-38.73
49	960	1185.66	1208.84	1178.6	30.24	23.17	140439.56	0.72	-38.48
50	980	1168.16	1193.25	1156.6	36.65	25.09	138478.22	0.72	-38.22
51	1000	1151.1	1177.81	1145.6	32.21	26.71	136354.44	0.72	-37.97
52	1020	1134.79	1162.51	1129.6	32.91	27.73	134093.12	0.72	-37.72
53	1040	1119.04	1147.36	1113.6	33.76	28.32	131746.53	0.72	-37.46
54	1060	1103.29	1132.35	1098.6	33.75	29.06	129349.78	0.72	-37.21
55	1080	1087.41	1117.48	1085.6	31.88	30.07	126889.91	0.72	-36.95
56	1100	1071.66	1102.76	1073.6	29.16	31.09	124345.5	0.72	-36.69
57	1120	1056.29	1088.17	1057.6	30.57	31.88	121715.27	0.72	-36.44
58	1140	1041.47	1073.73	1044.6	29.13	32.25	119018.19	0.72	-36.18
59	1160	1026.79	1059.43	1033.6	25.83	32.64	116289.7	0.72	-35.92
60	1180	1011.35	1045.27	1021.6	23.67	33.92	113527.83	0.72	-35.66
61	1200	995.72	1031.25	1004.6	26.65	35.52	110657.53	0.72	-35.4
62	1220	981.35	1017.37	977.6	39.77	36.02	107651.62	0.72	-35.14
63	1240	967.29	1003.63	968.6	35.03	36.34	104604.27	0.72	-34.88
64	1260	951.97	990.03	956.6	33.43	38.05	101529.52	0.72	-34.62
65	1280	936.54	976.57	948.6	27.97	40.03	98309.33	0.72	-34.36
66	1300	922.04	963.24	936.6	26.64	41.21	94922.39	0.72	-34.1
67	1320	908.16	950.06	926.6	23.46	41.9	91435.83	0.72	-33.84
68	1340	895.16	937.01	915.6	21.41	41.85	87890.75	0.72	-33.58
69	1360	882.91	924.1	903.6	20.5	41.18	84350.42	0.72	-33.31
70	1380	870.41	911.32	892.6	18.72	40.91	80866	0.72	-33.05
71	1400	857.66	898.68	882.6	16.08	41.02	77404.48	0.72	-32.79
72	1420	845.6	886.17	871.6	14.57	40.57	73934.11	0.72	-32.53
73	1440	834.22	873.8	859.6	14.2	39.57	70501.81	0.72	-32.27
74	1460	822.66	861.56	846.6	14.96	38.89	67153.38	0.72	-32
75	1480	810.72	849.45	834.6	14.85	38.72	63863.02	0.72	-31.74
76	1500	799.16	837.47	824.6	12.87	38.31	60587.52	0.72	-31.48
77	1520	788.54	825.62	811.6	14.02	37.09	57346.48	0.72	-31.21
78	1540	778.6	813.91	800.6	13.31	35.31	54209.08	0.72	-30.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

79	1560	768.6	802.33	787.6	14.73	33.73	51222.34	0.72	-30.68
80	1580	757.85	790.88	772.6	18.28	33.03	48368.48	0.72	-30.42
81	1600	746.47	779.56	761.6	17.96	33.08	45575.02	0.72	-30.15
82	1620	735.47	768.38	751.6	16.78	32.9	42776.22	0.72	-29.88
83	1640	725.41	757.33	741.6	15.73	31.92	39992.67	0.72	-29.6
84	1660	715.72	746.43	733.6	12.83	30.71	37292.16	0.72	-29.32
85	1680	705.79	735.68	726.6	9.08	29.89	34693.84	0.72	-29.04
86	1700	695.47	725.07	712.6	12.47	29.6	32165.12	0.72	-28.75
87	1720	685.04	714.62	702.6	12.02	29.58	29661.16	0.72	-28.45
88	1740	675.1	704.33	690.6	13.73	29.23	27158.19	0.72	-28.15
89	1760	665.72	694.21	681.6	12.61	28.48	24685	0.72	-27.84
90	1780	656.35	684.25	675.6	8.65	27.9	22275.77	0.72	-27.52
91	1800	647.16	674.45	672.6	1.85	27.29	19915.33	0.72	-27.21
92	1820	638.6	664.82	661.6	3.22	26.22	17606.8	0.72	-26.9
93	1840	630.1	655.35	651.6	3.75	25.25	15387.81	0.72	-26.59
94	1860	621.16	646.04	642.6	3.44	24.88	13251.19	0.72	-26.28
95	1880	612.29	636.88	632.6	4.28	24.59	11146.58	0.72	-25.98
96	1900	603.97	627.83	624.6	3.23	23.86	9065.95	0.72	-25.72
97	1920	596.47	618.8	616.6	2.2	22.33	7047.7	0.72	-25.56
98	1940	590.1	609.7	608.6	1.1	19.6	5158.7	0.72	-25.49
99	1960	584.1	600.53	598.6	1.93	16.43	3500.39	0.72	-25.16
100	1980	576.97	592.43	591.6	0.83	15.46	2110.22	0.68	-23.99
101	2000	568.72	583.56	584.6	-1.04	14.84	802.49	0.68	-24.1
102	2020	560.29	574.6	576.6	-2	14.31	-452.8	0.67	-24.45
103	2040	551.66	565.62	569.6	-3.98	13.96	-1663.62	0.67	-24.43
104	2060	542.72	556.76	563.6	-6.84	14.04	-2844.31	0.67	-24.19
105	2080	534.1	548.05	557.6	-9.55	13.95	-4031.85	0.67	-23.89
106	2100	526.35	539.5	548.6	-9.1	13.15	-5212.22	0.67	-23.56
107	2120	519.66	531.1	539.6	-8.5	11.44	-6324.15	0.67	-23.22
108	2140	513.85	522.87	531.6	-8.73	9.02	-7292.02	0.67	-22.87
109	2160	508.23	514.8	524.6	-9.8	6.57	-8055.9	0.67	-22.54
110	2180	502.35	506.86	518.6	-11.74	4.51	-8611.57	0.67	-22.24
111	2200	496.29	499.04	513.6	-14.56	2.76	-8992.84	0.67	-21.95
112	2220	490.04	491.35	502.6	-11.25	1.31	-9226.1	0.67	-21.69
113	2240	483.54	483.76	495.6	-11.84	0.22	-9336.53	0.67	-21.44
114	2260	476.54	476.27	489.6	-13.33	-0.27	-9355.27	0.67	-21.19
115	2280	468.73	468.88	482.6	-13.72	0.16	-9332.19	0.67	-20.95
116	2300	460.54	461.59	472.6	-11.01	1.06	-9345.94	0.67	-20.72
117	2320	452.66	454.4	466.6	-12.2	1.74	-9435.59	0.67	-20.49
118	2340	445.23	447.3	460.6	-13.3	2.07	-9582.38	0.67	-20.26
119	2360	438.16	440.29	454.6	-14.31	2.13	-9757.7	0.67	-20.04
120	2380	431.16	433.37	447.6	-14.23	2.21	-9937.63	0.67	-19.81
121	2400	423.73	426.54	440.6	-14.06	2.82	-10124.13	0.67	-19.59
122	2420	416.1	419.8	433.6	-13.8	3.7	-10362.4	0.67	-19.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

123	2440	408.98	413.15	427.6	-14.45	4.18	-10675.67	0.67	-19.14
124	2460	402.04	406.6	420.6	-14	4.56	-11029.36	0.67	-18.92
125	2480	394.6	400.13	413.6	-13.47	5.53	-11414.91	0.67	-18.69
126	2500	387.41	393.74	409.6	-15.86	6.33	-11882.4	0.66	-18.47
127	2520	381.85	387.45	407.6	-20.15	5.6	-12418.15	0.66	-18.25
128	2540	377.6	381.24	402.6	-21.36	3.64	-12891.84	0.66	-18.04
129	2560	372.98	375.12	390.6	-15.48	2.14	-13199.77	0.66	-17.82
130	2580	367.6	369.08	384.6	-15.52	1.48	-13381.22	0.66	-17.6
131	2600	362.54	363.13	373.6	-10.47	0.59	-13506.38	0.66	-17.38
132	2620	357.98	357.26	367.6	-10.34	-0.72	-13556.05	0.66	-17.16
133	2640	353.29	351.48	363.6	-12.12	-1.81	-13495.52	0.66	-16.95
134	2660	348.35	345.78	364.6	-18.82	-2.57	-13342.09	0.66	-16.73
135	2680	343.29	340.16	360.6	-20.44	-3.13	-13124.38	0.66	-16.51
136	2700	338.16	334.63	355.6	-20.97	-3.53	-12859.58	0.66	-16.3
137	2720	333.29	329.18	351.6	-22.42	-4.11	-12560.7	0.66	-16.08
138	2740	329.04	323.81	349.6	-25.79	-5.23	-12213.09	0.66	-15.87
139	2760	325.54	318.52	346.6	-28.08	-7.01	-11771.03	0.66	-15.65
140	2780	322.41	313.32	342.6	-29.28	-9.09	-11177.7	0.66	-15.44
141	2800	318.85	308.19	338.6	-30.41	-10.66	-10408	0.66	-15.23
142	2820	314.6	303.15	333.6	-30.45	-11.45	-9506.23	0.66	-15.02
143	2840	310.04	298.18	329.6	-31.42	-11.86	-8537.3	0.66	-14.81
144	2860	305.29	293.29	323.6	-30.31	-12	-7534.13	0.66	-14.6
145	2880	300.41	288.48	316.6	-28.12	-11.93	-6518.84	0.65	-14.39
146	2900	295.66	283.74	311.6	-27.86	-11.92	-5509.08	0.65	-14.19
147	2920	291.04	279.09	306.6	-27.51	-11.95	-4500.48	0.65	-13.98
148	2940	286.1	274.51	299.6	-25.09	-11.59	-3489.42	0.65	-13.77
149	2960	280.48	270	296.6	-26.6	-10.47	-2508.38	0.65	-13.57
150	2980	274.6	265.57	291.6	-26.03	-9.03	-1622.05	0.65	-13.36
151	3000	269.23	261.21	286.6	-25.39	-8.01	-858.2	0.65	-13.16
152	3020	264.16	256.93	278.6	-21.67	-7.23	-180.39	0.65	-12.96
153	3040	258.66	252.72	269.6	-16.88	-5.94	431.72	0.65	-12.76
154	3060	252.79	248.59	267.6	-19.01	-4.2	934.25	0.65	-12.56
155	3080	247.6	244.52	266.6	-22.08	-3.08	1289.67	0.65	-12.36
156	3100	243.73	240.53	262.6	-22.07	-3.2	1550.45	0.65	-12.16
157	3120	240.41	236.61	261.6	-24.99	-3.8	1820.77	0.65	-11.96
158	3140	236.98	232.76	256.6	-23.84	-4.21	2142.45	0.65	-11.76
159	3160	233.6	228.98	252.6	-23.62	-4.62	2499.26	0.65	-11.56
160	3180	230.23	225.28	247.6	-22.32	-4.95	2889.65	0.65	-11.37
161	3200	226.73	221.64	244.6	-22.96	-5.08	3308.39	0.64	-11.17
162	3220	223.16	218.08	238.6	-20.52	-5.08	3738.48	0.64	-10.97
163	3240	219.04	214.59	236.6	-22.01	-4.45	4168.3	0.64	-10.77
164	3260	214.23	211.16	233.6	-22.44	-3.06	4545	0.64	-10.57
165	3280	209.73	207.81	229.6	-21.79	-1.92	4804.09	0.64	-10.38
166	3300	206.1	204.53	225.6	-21.07	-1.57	4966	0.64	-10.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

167	3320	202.98	201.31	220.6	-19.29	-1.66	5099.07	0.64	-9.99
168	3340	200.66	198.17	218.6	-20.43	-2.49	5239.63	0.64	-9.79
169	3360	199.41	195.09	214.6	-19.51	-4.32	5450.66	0.64	-9.59
170	3380	197.79	192.09	208.6	-16.51	-5.7	5816.31	0.64	-9.4
171	3400	194.79	189.15	205.6	-16.45	-5.64	6298.56	0.64	-9.2
172	3420	191.29	186.28	200.6	-14.32	-5.01	6775.55	0.64	-9.01
173	3440	188.35	183.48	198.6	-15.12	-4.87	7199.11	0.63	-8.81
174	3460	186.1	180.75	197.6	-16.85	-5.35	7611.04	0.63	-8.62
175	3480	183.79	178.09	195.6	-17.51	-5.7	8063.48	0.63	-8.42
176	3500	180.66	175.5	193.6	-18.1	-5.17	8545.43	0.63	-8.23
177	3520	177.04	172.97	191.6	-18.63	-4.07	8982.55	0.63	-8.03
178	3540	173.91	170.51	188.6	-18.09	-3.4	9326.57	0.63	-7.84
179	3560	171.79	168.12	183.6	-15.48	-3.66	9614.25	0.63	-7.64
180	3580	170.23	165.8	182.6	-16.8	-4.42	9924.33	0.63	-7.45
181	3600	168.23	163.55	178.6	-15.05	-4.68	10298.89	0.63	-7.25
182	3620	165.35	161.36	175.6	-14.24	-3.99	10694.64	0.63	-7.06
183	3640	162.91	159.24	174.6	-15.36	-3.67	11032.32	0.63	-6.87
184	3660	162.54	157.19	172.6	-15.41	-5.35	11342.83	0.62	-6.67
185	3680	162.85	155.21	169.6	-14.39	-7.64	11795.55	0.62	-6.48
186	3700	160.85	153.29	168.6	-15.31	-7.56	12442.18	0.62	-6.28
187	3720	156.66	151.44	164.6	-13.16	-5.22	13081.69	0.62	-6.08
188	3740	152.6	149.66	163.6	-13.94	-2.94	13523.18	0.62	-5.89
189	3760	149.66	147.95	160.6	-12.65	-1.71	13771.58	0.62	-5.7
190	3780	148.23	146.31	158.6	-12.29	-1.92	13916.37	0.62	-5.5
191	3800	148.66	144.73	155.6	-10.87	-3.93	14078.59	0.62	-5.31
192	3820	150.23	143.22	153.6	-10.38	-7.01	14411.52	0.62	-5.11
193	3840	151.6	141.77	151.6	-9.83	-9.83	15004.12	0.61	-4.92
194	3860	152.16	140.4	150.6	-10.2	-11.76	15835.4	0.61	-4.72
195	3880	151.79	139.09	147.6	-8.51	-12.7	16830.73	0.61	-4.53
196	3900	150.29	137.85	144.6	-6.75	-12.44	17904.78	0.61	-4.33
197	3920	148.04	136.68	142.6	-5.92	-11.36	18957.19	0.61	-4.14
198	3940	146.16	135.57	139.6	-4.03	-10.59	19918.56	0.61	-3.94
199	3960	145.29	134.53	137.6	-3.07	-10.76	20814.61	0.61	-3.75
200	3980	145.16	133.56	133.6	-0.04	-11.6	21724.57	0.61	-3.55
201	4000	145.29	132.66	132.6	0.06	-12.63	22706.1	0.6	-3.35
202	4020	145.16	131.83	133.6	-1.77	-13.34	23774.35	0.6	-3.15
203	4040	143.91	131.06	133.6	-2.54	-12.85	24902.48	0.6	-2.96
204	4060	140.79	130.37	133.6	-3.23	-10.42	25989.63	0.6	-2.76
205	4080	137.41	129.74	132.6	-2.86	-7.67	26871.23	0.6	-2.56
206	4100	137.35	129.19	131.6	-2.41	-8.16	27520.07	0.6	-2.36
207	4120	141.48	128.7	130.6	-1.9	-12.78	28210.8	0.59	-2.16
208	4140	146.23	128.28	130.6	-2.32	-17.94	29291.55	0.59	-1.96
209	4160	148.23	127.93	128.6	-0.67	-20.3	30809.64	0.59	-1.77
210	4180	148.29	127.64	126.6	1.04	-20.64	32526.65	0.59	-1.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

211	4200	149.1	127.42	125.6	1.82	-21.68	34273.02	0.59	-1.38
212	4220	151.16	127.27	125.6	1.67	-23.89	36106.88	0.59	-1.18
213	4240	153.1	127.19	124.6	2.59	-25.91	38128.41	0.58	-0.94
214	4260	154.16	127.2	124.6	2.6	-26.96	40320.22	0.58	-0.68
215	4280	154.1	127.3	125.6	1.7	-26.8	42601.2	0.58	-0.39
216	4300	152.35	127.49	124.6	2.89	-24.86	44868.8	0.58	-0.1
217	4320	149.16	127.77	124.6	3.17	-21.39	46972.21	0.58	0.23
218	4340	146.16	128.14	122.6	5.54	-18.02	48782.01	0.58	0.54
219	4360	144.66	128.6	123.6	5	-16.07	50306.6	0.57	0.87
220	4380	144.16	129.13	120.6	8.53	-15.03	51665.83	0.57	1.18
221	4400	143.29	129.73	121.6	8.13	-13.56	52937.77	0.57	1.5
222	4420	141.48	130.4	119.6	10.8	-11.07	54084.97	0.57	1.87
223	4440	139.16	131.23	119.6	11.63	-7.93	55021.84	0.57	2.36
224	4460	136.98	132.21	119.6	12.61	-4.76	55692.97	0.56	2.85
225	4480	135.23	133.17	120.6	12.57	-2.05	56095.55	0.56	3.03
226	4500	133.98	133.96	121.6	12.36	-0.01	56269.26	0.56	2.97
227	4520	133.04	134.74	121.6	13.14	1.7	56270.27	0.56	3.2
228	4540	132.1	135.69	121.6	14.09	3.59	56126.64	0.55	3.77
229	4560	131.41	136.81	122.6	14.21	5.39	55822.17	0.55	4.36
230	4580	131.29	138	122.6	15.4	6.71	55366.06	0.55	4.84
231	4600	130.85	139.34	126.6	12.74	8.49	54797.5	0.55	5.47
232	4620	129.29	141.05	129.6	11.45	11.77	54080.14	0.54	6.45
233	4640	127.47	142.91	128.6	14.31	15.44	53084.86	0.54	7.01
234	4660	126.47	144.55	129.6	14.95	18.07	51779.03	0.54	7.07
235	4680	126.16	146.35	132.6	13.75	20.19	50249.69	0.53	7.68
236	4700	126.29	148.46	132.6	15.86	22.17	48541.78	0.53	8.63
237	4720	126.91	150.84	133.6	17.24	23.92	46666.06	0.53	9.56
238	4740	127.79	153.59	137.6	15.99	25.8	44641.83	0.52	10.72
239	4760	128.73	156.72	140.6	16.12	27.99	42459.2	0.52	11.69
240	4780	130.1	159.79	144.6	15.19	29.69	40091.28	0.51	12.26
241	4800	131.91	163.23	144.6	18.63	31.31	37579.2	0.51	13.08
242	4820	133.48	168.08	150.6	17.48	34.6	34930.28	0.51	13.34
243	4840	134.98	169.5	153.6	15.9	34.52	32002.92	0.5	-8.27
244	4860	137.35	173.14	156.6	16.54	35.79	29082	0.5	-7.07
245	4880	140.48	177.53	161.6	15.93	37.05	26054.41	0.49	-5.69
246	4900	143.41	181.78	164.6	17.18	38.36	22919.27	0.49	-5.66
247	4920	145.73	185.08	167.6	17.48	39.36	19673.86	0.48	-6.7
248	4940	147.48	187.68	170.6	17.08	40.21	16343.89	0.47	-7.55
249	4960	148.73	189.99	175.6	14.39	41.26	12942.23	0.46	-7.86
250	4980	149.85	192.03	177.6	14.43	42.18	9451.48	0.45	-7.84
251	5000	151.91	194.16	182.6	11.56	42.24	5883.17	0.44	-7.41
252	5020	155.54	196.51	191.6	4.91	40.97	2308.94	0.44	-6.81
253	5040	160.1	198.79	199.6	-0.81	38.69	-1157.02	0.43	-6.57
254	5060	164.85	200.72	204.6	-3.88	35.87	-4430.52	0.42	-6.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

255	5080	169.41	201.93	210.6	-8.67	32.52	-7465.21	0.41	-8.67
256	5100	173.6	199.7	214.6	-14.9	26.1	-10216.52	0.34	-17.26
257	5120	177.73	180.99	222.6	-41.61	3.26	-12424.95	0.23	-26.9
258	5140	182.04	173.83	227.6	-53.77	-8.2	-12701.05	0.31	-18.5
259	5160	186.54	180.08	228.6	-48.52	-6.45	-12006.99	0.23	-0.06
260	5180	191.79	185.25	238.6	-53.35	-6.54	-11461.01	0.22	-0.63
261	5200	198.23	177.03	257.6	-80.57	-21.19	-10908.06	0.18	-11.66
262	5220	205.1	172.24	278.6	-106.36	-32.86	-9115.24	0.22	0.54
263	5240	211.29	264.24		264.24	52.95	-6335.1	0.25	24.23
264	5260	216.35	272.29		272.29	55.94	-10814.72	0.25	18.18
265	5280	220.35	274.94		274.94	54.59	-15547.43	0.22	3.4
266	5300	223.54	275.7		275.7	52.16	-20165.64	0.2	-0.9
267	5320	226.16	275.27		275.27	49.11	-24578.34	0.19	-2.86
268	5340	227.16	274.21		274.21	47.05	-28733.25	0.18	-3.69
269	5360	227.23	273.15		273.15	45.92	-32713.76	0.18	-3.42
270	5380	235.21	272.58		272.58	37.37	-36598.62	0.18	-2.25
271	5400	259.73	272.68		272.68	12.95	-39760.18	0.18	-1.14
272	5420	296.6	272.45		272.45	-24.15	-40855.79	0.18	-1.74
273	5440	336.72	270.32		270.32	-66.4	-38812.68	0.18	-0.61
274	5460	376.85	274.03		274.03	-102.82	-33194.87	0.22	17.45
275	5480	416.97	642.08		642.08	225.1	-24496.34	0.25	39.18
276	5500	457.1	655.89	668.6	-12.71	198.8	-43540.08	0.26	32.21
277	5520	502.84	663.62	682.6	-18.98	160.78	-60358.16	0.24	18.51
278	5540	565.55	670.1	691.6	-21.5	104.55	-61189.21	0.23	15.73
279	5560	637.84	676.56	701.6	-25.04	38.72	-60078.46	0.23	15.93
280	5580	690.22	683.46	709.6	-26.14	-6.76	-53594.15	0.23	17.26
281	5600	709.85	691.22	716.6	-25.38	-18.63	-41893.09	0.23	18.98
282	5620	709.91	699.49	737.6	-38.11	-10.42	-32399.91	0.23	19.24
283	5640	704.04	705.14	733.6	-28.46	1.1	-25189.79	0.21	14.16
284	5660	696.66	703.65	726.6	-22.95	6.99	-25173.84	0.23	-0.71
285	5680	688.04	684.04	711.6	-27.56	-4	-25764.68	0.23	-16.58
286	5700	678.29	673.45	700.6	-27.15	-4.84	-15297.96	0.72	-27.68
287	5720	667.91	664.7	688.6	-23.9	-3.21	-3206.12	0.72	-23.78
288	5740	656.91	656.72	678.6	-21.88	-0.2	5129.59	0.72	-22.19
289	5760	645.6	649.04	672.6	-23.56	3.44	27624.81	0.72	-21.27
290	5780	635.16	641.68	663.6	-21.92	6.51	27883.69	0.72	-20.37
291	5800	626.35	634.82	657.6	-22.78	8.47	27332.62	0.72	-19.22
292	5820	618.79	628.62	650.6	-21.98	9.83	26616.45	0.72	-17.88
293	5840	612.1	623.08	645.6	-22.52	10.98	25784.58	0.72	-16.53
294	5860	605.85	618.09	638.6	-20.51	12.24	24856.02	0.72	-15.3
295	5880	599.16	613.55	632.6	-19.05	14.39	23820.39	0.72	-14.2
296	5900	592.35	609.38	626.6	-17.22	17.03	22603.36	0.72	-13.19
297	5920	586.79	605.55	622.6	-17.05	18.76	21162.59	0.72	-12.22
298	5940	582.66	602.03	616.6	-14.57	19.37	19575.27	0.72	-11.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

299	5960	579.22	598.81	614.6	-15.79	19.59	17936.66	0.72	-10.36
300	5980	576.41	595.89	611.6	-15.71	19.48	16279.36	0.72	-9.45
301	6000	574.54	593.26	606.6	-13.34	18.72	14631.72	0.72	-8.53
302	6020	573.85	590.93	601.6	-10.67	17.08	13047.8	0.72	-7.59
303	6040	576.35	588.96	603.6	-14.64	12.61	11602.98	0.72	-6.52
304	6060	584.85	587.59	602.6	-15.01	2.74	10537.03	0.72	-4.72
305	6080	596.72	586.88	602.6	-15.72	-9.85	10304.7	0.72	-2.79
306	6100	604.72	586.83	605.6	-18.77	-17.89	11138.16	0.72	-0.84
307	6120	607.1	587.47	605.6	-18.13	-19.63	12651.62	0.72	1.14
308	6140	609.16	588.79	604.6	-15.81	-20.37	14312.14	0.72	3.11
309	6160	614.22	590.8	609.6	-18.8	-23.43	16035.56	0.72	5.08
310	6180	619.97	593.46	616.6	-23.14	-26.51	18017.45	0.72	6.97
311	6200	623.35	596.63	617.6	-20.97	-26.72	20260.64	0.72	8.39
312	6220	623.85	599.28	618.6	-19.32	-24.57	22520.97	0.72	6.94
313	6240	622.41	601.22	618.6	-17.38	-21.2	24599.88	0.72	4.9
314	6260	620.04	602.18	614.6	-12.42	-17.86	26392.61	0.72	2.11
315	6280	617.29	602.19	614.6	-12.41	-15.1	27903.97	0.72	-0.61
316	6300	614.41	601.67	608.6	-6.93	-12.74	29181.14	0.72	-2.13
317	6320	611.85	601.08	607.6	-6.52	-10.77	30258.86	0.72	-2.35
318	6340	610.22	600.49	606.6	-6.11	-9.74	31170.25	0.72	-2.34
319	6360	609.91	599.91	607.6	-7.69	-10	31994.14	0.72	-2.3
320	6380	610.79	599.35	605.6	-6.25	-11.44	32840.12	0.72	-2.25
321	6400	612.16	598.81	608.6	-9.79	-13.35	33807.64	0.72	-2.19
322	6420	612.85	598.3	607.6	-9.3	-14.55	34937.12	0.72	-2.12
323	6440	612.29	597.84	605.6	-7.76	-14.44	36167.61	0.72	-1.99
324	6460	611.47	597.57	603.6	-6.03	-13.91	37389.48	0.72	-1.47
325	6480	611.47	598.28	602.6	-4.32	-13.2	38565.81	0.72	1.35
326	6500	612.1	600.3	606.6	-6.3	-11.8	39682.47	0.72	5.12
327	6520	613.35	603.64	606.6	-2.96	-9.71	40680.61	0.72	8.88
328	6540	615.91	608.03	609.6	-1.57	-7.88	41501.88	0.72	11.73
329	6560	619.1	611.37	619.6	-8.23	-7.73	42168.41	0.72	8.88
330	6580	621.1	613.4	629.6	-16.2	-7.7	42822.25	0.72	5.13
331	6600	621.41	614.14	614.6	-0.46	-7.27	43473.3	0.72	1.41
332	6620	620.97	613.99	613.6	0.39	-6.99	44088.5	0.72	-1.11
333	6640	620.85	613.71	611.6	2.11	-7.14	44679.84	0.72	-1.49
334	6660	621.29	613.41	615.6	-2.19	-7.88	45284.23	0.72	-1.52
335	6680	621.6	613.12	620.6	-7.48	-8.48	45950.41	0.72	-1.48
336	6700	621.22	612.85	615.6	-2.75	-8.37	46667.88	0.72	-1.44
337	6720	620.35	612.6	610.6	2	-7.75	47376.34	0.72	-1.39
338	6740	619.47	612.36	611.6	0.76	-7.11	48032.23	0.72	-1.33
339	6760	618.97	612.15	612.6	-0.45	-6.83	48633.81	0.72	-1.28
340	6780	618.79	611.96	613.6	-1.64	-6.83	49211.81	0.72	-1.18
341	6800	618.54	611.81	609.6	2.21	-6.72	49788.86	0.72	-1.09
342	6820	618.04	611.7	607.6	4.1	-6.34	50357.62	0.72	-0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

343	6840	617.35	611.62	608.6	3.02	-5.73	50893.78	0.72	-0.89
344	6860	616.66	611.58	608.6	2.98	-5.08	51378	0.72	-0.78
345	6880	616.1	611.57	608.6	2.97	-4.53	51808.5	0.72	-0.68
346	6900	615.6	611.6	607.6	4	-4	52191.47	0.72	-0.58
347	6920	615.1	611.66	607.6	4.06	-3.44	52529.69	0.72	-0.48
348	6940	614.66	611.76	609.6	2.16	-2.9	52820.66	0.72	-0.37
349	6960	614.47	611.93	609.6	2.33	-2.54	53066.03	0.72	-0.18
350	6980	614.79	612.17	610.6	1.57	-2.62	53281.3	0.72	0.01
351	7000	615.66	612.47	610.6	1.87	-3.19	53503.28	0.72	0.21
352	7020	616.66	612.85	610.6	2.25	-3.82	53773.16	0.72	0.41
353	7040	617.29	613.29	612.6	0.69	-4	54096.62	0.72	0.61
354	7060	617.66	613.8	611.6	2.2	-3.86	54435.11	0.72	0.81
355	7080	618.1	614.39	613.6	0.79	-3.71	54762.38	0.72	1.01
356	7100	618.6	615.04	613.6	1.44	-3.56	55076.55	0.72	1.21
357	7120	619.04	615.76	613.6	2.16	-3.28	55378.47	0.72	1.41
358	7140	619.47	616.55	614.6	1.95	-2.92	55655.94	0.72	1.61
359	7160	620.35	617.41	615.6	1.81	-2.94	55903.73	0.72	1.81
360	7180	621.79	618.34	614.6	3.74	-3.44	56152.28	0.72	2.01
361	7200	623.22	619.34	616.6	2.74	-3.88	56443.77	0.72	2.21
362	7220	624.35	620.41	617.6	2.81	-3.94	56772.19	0.72	2.41
363	7240	625.35	621.55	618.6	2.95	-3.8	57105.39	0.72	2.61
364	7260	626.41	622.76	622.6	0.16	-3.65	57426.97	0.72	2.81
365	7280	627.6	624.04	623.6	0.44	-3.56	57735.97	0.72	3.01
366	7300	628.79	625.39	623.6	1.79	-3.4	58037.08	0.72	3.21
367	7320	629.85	626.81	625.6	1.21	-3.04	58324.48	0.72	3.41
368	7340	630.72	628.31	632.6	-4.29	-2.42	58581.38	0.72	3.62
369	7360	631.41	629.9	632.6	-2.7	-1.51	58786.52	0.72	3.91
370	7380	632.6	631.6	631.6	0	-1	58914.03	0.72	4.21
371	7400	635.29	633.41	632.6	0.81	-1.88	58998.55	0.72	4.51
372	7420	639.6	635.32	633.6	1.72	-4.28	59157.64	0.72	4.81
373	7440	645.1	637.34	633.6	3.74	-7.76	59519.48	0.72	5.11
374	7460	651.41	639.47	635.6	3.87	-11.94	60175.97	0.72	5.41
375	7480	657.91	641.7	642.6	-0.9	-16.21	61186.95	0.72	5.71
376	7500	663.47	644.04	651.6	-7.56	-19.44	62558.55	0.72	6.01
377	7520	666.54	646.49	657.6	-11.11	-20.05	64203.11	0.72	6.31
378	7540	666.79	649.04	654.6	-5.56	-17.75	65899.7	0.72	6.62
379	7560	667.22	651.7	655.6	-3.9	-15.52	67401.08	0.72	6.92
380	7580	671.22	654.47	661.6	-7.13	-16.75	68714.98	0.72	7.22
381	7600	677.79	657.35	665.6	-8.25	-20.44	70133.39	0.72	7.52
382	7620	683.47	660.34	668.6	-8.26	-23.14	71862.5	0.72	7.82
383	7640	687.41	663.43	668.6	-5.17	-23.98	73820.17	0.72	8.13
384	7660	690.54	666.64	674.6	-7.96	-23.9	75849.17	0.72	8.43
385	7680	692.54	669.95	679.6	-9.65	-22.59	77871.8	0.72	8.73
386	7700	693.29	673.38	692.6	-19.22	-19.91	79783	0.72	9.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

387	7720	694.35	676.91	691.6	-14.69	-17.44	81468.14	0.72	9.34
388	7740	696.66	680.56	693.6	-13.04	-16.1	82943.58	0.72	9.64
389	7760	699.41	684.32	697.6	-13.28	-15.1	84305.73	0.72	9.95
390	7780	702.1	688.19	699.6	-11.41	-13.91	85583.64	0.72	10.25
391	7800	705.1	692.17	700.6	-8.43	-12.93	86760.72	0.72	10.55
392	7820	707.79	696.26	703.6	-7.34	-11.53	87855.36	0.72	10.86
393	7840	709.41	700.47	705.6	-5.13	-8.94	88830.66	0.72	11.16
394	7860	710.91	704.79	708.6	-3.81	-6.12	89587.14	0.72	11.47
395	7880	713.1	709.22	714.6	-5.38	-3.88	90105.45	0.72	11.78
396	7900	715.72	713.77	719.6	-5.83	-1.95	90433.27	0.72	12.08
397	7920	718.79	718.44	725.6	-7.16	-0.35	90599.23	0.72	12.39
398	7940	722.6	723.22	729.6	-6.38	0.62	90628.73	0.72	12.69
399	7960	727.1	728.11	737.6	-9.49	1.01	90576.55	0.72	13
400	7980	731.54	733.12	740.6	-7.48	1.59	90491.27	0.72	13.31
401	8000	735.47	738.25	743.6	-5.35	2.78	90356.89	0.72	13.61
402	8020	739.41	743.5	748.6	-5.1	4.09	90122.39	0.72	13.92
403	8040	743.54	748.86	754.6	-5.74	5.33	89776.81	0.72	14.23
404	8060	748.22	754.35	759.6	-5.25	6.12	89326.14	0.72	14.54
405	8080	754.54	759.96	764.6	-4.64	5.42	88808.27	0.72	14.86
406	8100	761.85	765.72	769.6	-3.88	3.87	88349.94	0.72	15.26
407	8120	767.97	771.64	770.6	1.04	3.66	88022.66	0.72	15.66
408	8140	772.22	777.72	782.6	-4.88	5.49	87712.72	0.72	16.07
409	8160	775.66	783.95	787.6	-3.65	8.29	87248.89	0.72	16.48
410	8180	779.16	790.35	791.6	-1.25	11.19	86547.19	0.72	16.89
411	8200	783.04	796.92	798.6	-1.68	13.88	85600.08	0.72	17.3
412	8220	787.47	803.64	801.6	2.04	16.17	84425.69	0.72	17.71
413	8240	792.35	810.53	806.6	3.93	18.18	83058.19	0.72	18.12
414	8260	797.47	817.59	812.6	4.99	20.11	81520.08	0.72	18.53
415	8280	803.16	824.81	819.6	5.21	21.64	79818.61	0.72	18.94
416	8300	809.72	832.2	825.6	6.6	22.47	77987.53	0.72	19.36
417	8320	816.72	839.75	832.6	7.15	23.03	76086.16	0.72	19.77
418	8340	823.54	847.48	838.6	8.88	23.94	74137.81	0.72	20.18
419	8360	830.04	855.38	846.6	8.78	25.34	72112.22	0.72	20.59
420	8380	836.35	863.45	851.6	11.85	27.1	69968.11	0.72	21
421	8400	842.72	871.69	859.6	12.09	28.97	67675.34	0.72	21.42
422	8420	849.54	880.11	866.6	13.51	30.57	65224.39	0.72	21.83
423	8440	856.97	888.71	871.6	17.11	31.73	62638.17	0.72	22.24
424	8460	864.72	897.48	879.6	17.88	32.75	59953.67	0.72	22.66
425	8480	872.35	906.43	886.6	19.83	34.08	57182.28	0.72	23.07
426	8500	880.1	915.56	893.6	21.96	35.46	54298.84	0.72	23.48
427	8520	888.35	924.87	900.6	24.27	36.52	51298.72	0.72	23.9
428	8540	896.6	934.37	909.6	24.77	37.77	48208.34	0.72	24.31
429	8560	904.41	944.05	917.6	26.45	39.63	45013.06	0.72	24.72
430	8580	912.54	953.91	923.6	30.31	41.37	41659.62	0.72	25.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

431	8600	921.72	963.96	934.6	29.36	42.24	38159.11	0.72	25.55
432	8620	931.35	974.2	938.6	35.6	42.85	34586.11	0.72	25.97
433	8640	940.54	984.63	951.6	33.03	44.1	30960.7	0.72	26.38
434	8660	949.6	995.26	959.6	35.66	45.66	27229.59	0.72	26.8
435	8680	959.22	1006.08	966.6	39.48	46.85	23366.78	0.72	27.21
436	8700	969.29	1017.1	976.6	40.5	47.81	19403.05	0.72	27.64
437	8720	979.66	1028.35	986.6	41.75	48.69	15357.86	0.72	28.14
438	8740	990.72	1039.86	998.6	41.26	49.13	11238.44	0.72	28.66
439	8760	1002.04	1051.61	1005.6	46.01	49.57	7081.61	0.72	29.17
440	8780	1012.91	1063.61	1014.6	49.01	50.69	2886.94	0.72	29.69
441	8800	1023.85	1075.86	1025.6	50.26	52.01	-1403.44	0.72	30.2
442	8820	1035.47	1088.37	1034.6	53.77	52.9	-5805.23	0.72	30.72
443	8840	1047.72	1101.14	1046.6	54.54	53.42	-10281.64	0.72	31.23
444	8860	1060.41	1114.18	1058.6	55.58	53.77	-14801.48	0.72	31.75
445	8880	1073.54	1127.48		1127.48	53.94	-19351.06	0.72	32.27
446	8900	1087.47	1141.05		1141.05	53.58	-23915.09	0.72	32.78
447	8920	1102.47	1154.89		1154.89	52.42	-28448.5	0.72	33.3
448	8940	1118.16	1169.01		1169.01	50.85	-32883.62	0.72	33.81
449	8960	1134.41	1183.41		1183.41	49	-37185.83	0.72	34.33
450	8980	1151.54	1198.11		1198.11	46.57	-41332.16	0.72	34.86
451	9000	1169.29	1213.13		1213.13	43.85	-45272.2	0.72	35.46
452	9020	1187.16	1228.52		1228.52	41.36	-48982.17	0.72	36.09
453	9040	1205.54	1244.31		1244.31	38.77	-52481.19	0.72	36.79
454	9060	1225.16	1260.52		1260.52	35.36	-55761.33	0.72	37.52
455	9080	1246.04	1277.22		1277.22	31.18	-58752.81	0.72	38.33
456	9100	1268.22	1294.42		1294.42	26.19	-61390.48	0.72	39.15
457	9120	1292.16	1312.15		1312.15	19.99	-63605.48	0.72	39.98
458	9140	1317.29	1330.47		1330.47	13.18	-65295.69	0.72	40.89
459	9160	1342.79	1349.4		1349.4	6.61	-66410.59	0.72	41.81
460	9180	1368.54	1368.95		1368.95	0.41	-66969.75	0.72	42.7
461	9200	1393.79	1389.06		1389.06	-4.73	-67004.75	0.72	43.48
462	9220	1416.29	1409.21		1409.21	-7.07	-66604.31	0.72	43.55
463	9240	1432.1	1429.03		1429.03	-3.07	-66006.47	0.72	43.11
464	9260	1437.41	1447.08		1447.08	9.66	-65747.17	0.72	40.55
465	9280	1432.6	1457.17		1457.17	24.57	-66564.73	0.72	25.23
466	9300	1421.97	1457.2		1457.2	35.22	-68643.62	0.72	-1.67
467	9320	1409.04	1447.55		1447.55	38.51	-71623.09	0.72	-27.59
468	9340	1395.16	1433.94		1433.94	38.78	-74880.67	0.72	-36.05
469	9360	1381.1	1417.43		1417.43	36.33	-78161.72	0.72	-41.27
470	9380	1367.04	1399.36		1399.36	32.32	-81234.91	0.72	-43.8
471	9400	1352.97	1379.93		1379.93	26.96	-83969.91	0.72	-45.88
472	9420	1339.1	1359.12		1359.12	20.02	-86250.83	0.72	-47.87
473	9440	1325.35	1336.9		1336.9	11.55	-87944.91	0.72	-49.78
474	9460	1311.66	1313.44		1313.44	1.78	-88921.81	0.72	-51.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

475	9480	1298.04	1290.47	1290.47	-7.57	-89072.61	0.72	-50.75
476	9500	1284.35	1268.25	1268.25	-16.1	-88432.3	0.72	-49.81
477	9520	1270.79	1246.8	1246.8	-23.99	-87069.94	0.72	-48.81
478	9540	1257.54	1226.1	1226.1	-31.44	-85040.31	0.72	-47.8
479	9560	1243.85	1206.13	1206.13	-37.72	-82380.67	0.72	-46.79
480	9580	1228.29	1186.85	1186.85	-41.44	-79188.16	0.72	-45.79
481	9600	1209.72	1168.25	1168.25	-41.48	-75681.86	0.72	-44.78
482	9620	1188.04	1150.29	1150.29	-37.74	-72171.61	0.72	-43.77
483	9640	1164.41	1132.97	1132.97	-31.45	-68978.48	0.72	-42.77
484	9660	1141.1	1116.25	1116.25	-24.85	-66317.48	0.72	-41.76
485	9680	1120.04	1100.12	1100.12	-19.92	-64214.95	0.72	-40.76
486	9700	1101.35	1084.56	1084.56	-16.79	-62529.52	0.72	-39.75
487	9720	1083.54	1069.56	1069.56	-13.97	-61107.97	0.72	-38.75
488	9740	1065.1	1055.11	1055.11	-9.99	-59925.48	0.72	-37.75
489	9760	1046.6	1041.18	1041.18	-5.42	-59080.11	0.72	-36.74
490	9780	1030.1	1027.78	1027.78	-2.32	-58621.25	0.72	-35.71
491	9800	1016.04	1014.96	1014.96	-1.07	-58425.19	0.72	-34.56
492	9820	1003.41	1003.06	1003.06	-0.36	-58334.36	0.72	-32.67
493	9840	992.01	992.13	992.13	0.12	-58304.67	0.72	-30.55
494	9860	982.12	982.47	982.47	0.35	-58314.3	0.72	-27.7
495	9880	973.67	974.06	974.06	0.39	-58344.3	0.72	-24.72
496	9900	966.52	966.85	966.85	0.33	-58376.59	0.72	-21.72
497	9920	960.5	960.8	960.8	0.3	-58405.09	0.72	-18.75
498	9940	955.5	955.82	955.82	0.32	-58430.25	0.72	-15.9
499	9960	951.44	951.61	951.61	0.17	-58458.25	0.72	-13.81
500	9980	948	948	948	0	-58472.14	0.72	-12.12

* Locati ons and lengths of groins: No .= 2

263 671.5

275 682

* Locati ons and lengths of detached B Ws: No.= 6

464 5591

80 5289

283 1391

288 1159.42

250 1343

259 1364

ผลการคำนวณจากโปรแกรมเมื่อเดือนมีนาคม ปี ค.ศ.2026

K1 = 0.1

angle1 = 125

angle2 = 10

DX(m) = 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDEXL= 5 coef = 0

INDEXR= 4 coef = 0

Number= 500

Year = 2026 Month = 3

No.	X (m)	Yorg(m)	Ycal(m)	Yreal(m)	Ycal-Yreal	DY(m)	QNET(m3)	HB(m)	ZB(-)
1	0	2750	2686.01	2528.6	157.41	-63.99	0	0	0
2	20	2660.22	2598.26	2521.6	76.66	-61.95	5414.69	0.87	-77.41
3	40	2572.2	2516.12	2490.6	25.52	-56.08	10657.28	0.87	-76.38
4	60	2497.1	2439.74	2440.6	-0.86	-57.36	15400.69	0.87	-75.18
5	80	2444.23	2368.47	2407.6	-39.13	-75.75	20254.06	0.87	-73.94
6	100	2413.91	2302.03	2419.6	-117.57	-111.88	26660.97	0.87	-72.67
7	120	2389.35	2240.32	2415.6	-175.28	-149.03	36125.28	0.87	-71.33
8	140	2334.16	2183.18	2408.6	-225.43	-150.99	48733.5	0.87	-69.93
9	160	2239.73	2130.24	2192.6	-62.36	-109.48	61508.56	0.87	-68.49
10	180	2149.1	2081.12	2059.6	21.52	-67.98	70771.84	0.87	-67.02
11	200	2093.85	2035.39	2026.6	8.79	-58.46	76528.41	0.87	-65.53
12	220	2061.23	1992.69	2004.6	-11.91	-68.54	81476.53	0.87	-64.05
13	240	2032.85	1952.7	1978.6	-25.9	-80.15	87276.78	0.87	-62.56
14	260	2004.35	1915.16	1951.6	-36.44	-89.19	94058.31	0.87	-61.08
15	280	1975.91	1879.84	1926.6	-46.76	-96.08	101605.12	0.87	-59.59
16	300	1947.91	1846.54	1900.6	-54.06	-101.37	109735.31	0.87	-58.1
17	320	1920.47	1815.11	1866.6	-51.49	-105.36	118313.12	0.87	-56.62
18	340	1893.16	1785.4	1842.6	-57.2	-107.76	127229.22	0.87	-55.13
19	360	1866.35	1757.28	1819.6	-62.32	-109.07	136345.12	0.87	-53.64
20	380	1840.6	1730.65	1794.6	-63.95	-109.95	145572.44	0.87	-52.16
21	400	1815.35	1705.4	1768.6	-63.2	-109.95	154874.62	0.87	-50.67
22	420	1790.29	1681.44	1744.6	-63.16	-108.85	164175.78	0.87	-49.19
23	440	1765.1	1658.64	1717.6	-58.96	-106.46	173385.44	0.87	-47.78
24	460	1738.54	1636.68	1691.6	-54.92	-101.86	182391.84	0.87	-46.71
25	480	1710.04	1615.46	1662.6	-47.14	-94.57	191008.5	0.87	-45.71
26	500	1677.66	1594.97	1632.6	-37.63	-82.7	199009.19	0.87	-44.71
27	520	1637.72	1575.16	1566.6	8.56	-62.56	206006.06	0.87	-43.72
28	540	1594.97	1556.03	1562.6	-6.57	-38.95	211298.31	0.87	-42.73
29	560	1560.85	1537.53	1542.6	-5.07	-23.32	214595.72	0.87	-41.76
30	580	1536.97	1519.6	1525.6	-6	-17.38	216570.59	0.87	-40.88
31	600	1516.79	1501.88	1509.6	-7.72	-14.91	218039.88	0.87	-40.52
32	620	1497.35	1484.32	1489.6	-5.28	-13.03	219299.59	0.87	-40.26
33	640	1478.72	1466.9	1472.6	-5.7	-11.82	220400.06	0.87	-40.01
34	660	1460.79	1449.64	1456.6	-6.96	-11.15	221402.12	0.87	-39.77
35	680	1443.1	1432.52	1438.6	-6.08	-10.58	222346.44	0.87	-39.53
36	700	1424.47	1415.54	1426.6	-11.06	-8.94	223239.81	0.87	-39.28
37	720	1404.35	1398.71	1411.6	-12.89	-5.64	223994.22	0.87	-39.04
38	740	1383.97	1382.02	1371.6	10.42	-1.96	224470.78	0.87	-38.79
39	760	1364.22	1365.47	1354.6	10.87	1.24	224634.75	0.87	-38.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40	780	1344.66	1349.06	1353.6	-4.54	4.4	224529.97	0.87	-38.3
41	800	1325.54	1332.8	1332.6	0.2	7.26	224155.94	0.87	-38.05
42	820	1307.41	1316.67	1313.6	3.07	9.26	223541.59	0.87	-37.81
43	840	1289.85	1300.69	1299.6	1.09	10.84	222757.22	0.87	-37.56
44	860	1272.54	1284.84	1283.6	1.24	12.3	221839.16	0.87	-37.32
45	880	1255.54	1269.13	1267.6	1.53	13.59	220794.44	0.87	-37.07
46	900	1238.47	1253.56	1234.6	18.96	15.08	219643.03	0.87	-36.82
47	920	1221.04	1238.12	1218.6	19.52	17.09	218367.16	0.87	-36.58
48	940	1203.35	1222.83	1203.6	19.23	19.48	216919.47	0.87	-36.33
49	960	1185.66	1207.66	1178.6	29.06	22	215271.41	0.87	-36.08
50	980	1168.16	1192.64	1156.6	36.04	24.47	213407.38	0.87	-35.83
51	1000	1151.1	1177.74	1145.6	32.14	26.64	211337.81	0.87	-35.58
52	1020	1134.79	1162.98	1129.6	33.38	28.2	209080.47	0.87	-35.34
53	1040	1119.04	1148.36	1113.6	34.76	29.32	206694.97	0.87	-35.09
54	1060	1103.29	1133.87	1098.6	35.27	30.58	204213.53	0.87	-34.84
55	1080	1087.41	1119.5	1085.6	33.9	32.09	201626.56	0.87	-34.59
56	1100	1071.66	1105.27	1073.6	31.67	33.61	198911.31	0.87	-34.34
57	1120	1056.29	1091.17	1057.6	33.57	34.89	196069.38	0.87	-34.09
58	1140	1041.47	1077.21	1044.6	32.61	35.73	193117.78	0.87	-33.84
59	1160	1026.79	1063.37	1033.6	29.77	36.58	190093.53	0.87	-33.59
60	1180	1011.35	1049.66	1021.6	28.06	38.31	186996.5	0.87	-33.34
61	1200	995.72	1036.07	1004.6	31.47	40.35	183752.78	0.87	-33.09
62	1220	981.35	1022.62	977.6	45.02	41.27	180338.34	0.87	-32.84
63	1240	967.29	1009.29	968.6	40.69	42.01	176845.16	0.87	-32.59
64	1260	951.97	996.09	956.6	39.49	44.12	173292.53	0.87	-32.33
65	1280	936.54	983.02	948.6	34.42	46.48	169558.5	0.87	-32.08
66	1300	922.04	970.07	936.6	33.47	48.04	165625.81	0.87	-31.83
67	1320	908.16	957.25	926.6	30.65	49.09	161561.41	0.87	-31.58
68	1340	895.16	944.55	915.6	28.95	49.39	157407.03	0.87	-31.33
69	1360	882.91	931.97	903.6	28.37	49.06	153228.5	0.87	-31.08
70	1380	870.41	919.52	892.6	26.92	49.11	149076.97	0.87	-30.83
71	1400	857.66	907.19	882.6	24.59	49.53	144922.03	0.87	-30.57
72	1420	845.6	894.98	871.6	23.39	49.39	140730.25	0.87	-30.32
73	1440	834.22	882.9	859.6	23.3	48.68	136552.22	0.87	-30.07
74	1460	822.66	870.94	846.6	24.34	48.27	132433.38	0.87	-29.81
75	1480	810.72	859.1	834.6	24.5	48.37	128350.5	0.87	-29.56
76	1500	799.16	847.38	824.6	22.78	48.22	124257.31	0.87	-29.3
77	1520	788.54	835.78	811.6	24.18	47.25	120176.47	0.87	-29.04
78	1540	778.6	824.31	800.6	23.71	45.71	116181.19	0.87	-28.79
79	1560	768.6	812.97	787.6	25.37	44.37	112313.38	0.87	-28.52
80	1580	757.85	801.75	772.6	29.15	43.9	108560.25	0.87	-28.26
81	1600	746.47	790.65	761.6	29.05	44.18	104845.69	0.87	-28
82	1620	735.47	779.69	751.6	28.09	44.22	101108.44	0.87	-27.73
83	1640	725.41	768.86	741.6	27.26	43.44	97368.5	0.87	-27.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

84	1660	715.72	758.15	733.6	24.55	42.43	93692.59	0.87	-27.19
85	1680	705.79	747.58	726.6	20.98	41.79	90103.59	0.87	-26.91
86	1700	695.47	737.14	712.6	24.54	41.66	86567.72	0.87	-26.64
87	1720	685.04	726.83	702.6	24.23	41.79	83042.69	0.87	-26.36
88	1740	675.1	716.64	690.6	26.04	41.54	79507.25	0.87	-26.09
89	1760	665.72	706.59	681.6	24.99	40.87	75992.59	0.87	-25.81
90	1780	656.35	696.67	675.6	21.07	40.32	72535.66	0.87	-25.54
91	1800	647.16	686.87	672.6	14.27	39.71	69123.62	0.87	-25.27
92	1820	638.6	677.2	661.6	15.6	38.6	65765	0.87	-24.99
93	1840	630.1	667.66	651.6	16.06	37.56	62499.5	0.87	-24.72
94	1860	621.16	658.25	642.6	15.65	37.08	59320.47	0.87	-24.44
95	1880	612.29	648.96	632.6	16.36	36.67	56183.25	0.87	-24.16
96	1900	603.97	639.8	624.6	15.2	35.83	53081.47	0.87	-23.88
97	1920	596.47	630.76	616.6	14.16	34.29	50049.91	0.87	-23.61
98	1940	590.1	621.88	608.6	13.28	31.78	47148.94	0.87	-23.34
99	1960	584.1	613.24	598.6	14.64	29.14	44460.34	0.87	-22.9
100	1980	576.97	604.66	591.6	13.06	27.69	41995.5	0.86	-22.91
101	2000	568.72	595.81	584.6	11.21	27.09	39652.75	0.86	-23.41
102	2020	560.29	586.78	576.6	10.18	26.5	37360.97	0.86	-23.75
103	2040	551.66	577.79	569.6	8.19	26.13	35119.12	0.86	-23.59
104	2060	542.72	568.92	563.6	5.32	26.19	32909.41	0.86	-23.35
105	2080	534.1	560.16	557.6	2.56	26.06	30694	0.86	-23.1
106	2100	526.35	551.51	548.6	2.91	25.16	28489.06	0.86	-22.84
107	2120	519.66	542.98	539.6	3.38	23.32	26361.08	0.86	-22.58
108	2140	513.85	534.57	531.6	2.97	20.72	24387.53	0.86	-22.31
109	2160	508.23	526.27	524.6	1.67	18.05	22634.38	0.86	-22.04
110	2180	502.35	518.1	518.6	-0.5	15.75	21106.84	0.86	-21.77
111	2200	496.29	510.03	513.6	-3.57	13.74	19775.44	0.86	-21.51
112	2220	490.04	502.08	502.6	-0.52	12.04	18612.09	0.86	-21.25
113	2240	483.54	494.23	495.6	-1.37	10.69	17593.98	0.86	-21
114	2260	476.54	486.49	489.6	-3.11	9.95	16689.48	0.86	-20.75
115	2280	468.73	478.84	482.6	-3.76	10.12	15847.81	0.86	-20.51
116	2300	460.54	471.3	472.6	-1.3	10.76	14991.44	0.86	-20.28
117	2320	452.66	463.85	466.6	-2.75	11.18	14080.53	0.86	-20.05
118	2340	445.23	456.48	460.6	-4.12	11.26	13135.38	0.86	-19.83
119	2360	438.16	449.21	454.6	-5.39	11.05	12182.83	0.86	-19.61
120	2380	431.16	442.03	447.6	-5.57	10.86	11247.14	0.86	-19.39
121	2400	423.73	434.93	440.6	-5.67	11.2	10328.62	0.86	-19.17
122	2420	416.1	427.92	433.6	-5.68	11.82	9380.75	0.86	-18.95
123	2440	408.98	420.99	427.6	-6.61	12.02	8380.41	0.86	-18.74
124	2460	402.04	414.15	420.6	-6.45	12.12	7363.89	0.86	-18.52
125	2480	394.6	407.4	413.6	-6.2	12.8	6339.36	0.86	-18.31
126	2500	387.41	400.73	409.6	-8.87	13.32	5256.75	0.86	-18.09
127	2520	381.85	394.14	407.6	-13.46	12.29	4129.72	0.86	-17.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

128	2540	377.6	387.64	402.6	-14.96	10.04	3090.28	0.85	-17.66
129	2560	372.98	381.23	390.6	-9.37	8.25	2241.16	0.85	-17.45
130	2580	367.6	374.89	384.6	-9.71	7.29	1542.47	0.85	-17.23
131	2600	362.54	368.65	373.6	-4.95	6.11	925.06	0.85	-17.02
132	2620	357.98	362.48	367.6	-5.12	4.51	409.53	0.85	-16.8
133	2640	353.29	356.4	363.6	-7.2	3.11	27.73	0.85	-16.59
134	2660	348.35	350.41	364.6	-14.19	2.06	-235.78	0.85	-16.37
135	2680	343.29	344.49	360.6	-16.11	1.21	-409.59	0.85	-16.16
136	2700	338.16	338.66	355.6	-16.94	0.5	-510.95	0.85	-15.94
137	2720	333.29	332.92	351.6	-18.68	-0.37	-554.42	0.85	-15.72
138	2740	329.04	327.26	349.6	-22.34	-1.78	-522.78	0.85	-15.51
139	2760	325.54	321.68	346.6	-24.92	-3.86	-372.22	0.85	-15.29
140	2780	322.41	316.18	342.6	-26.42	-6.24	-45.86	0.85	-15.08
141	2800	318.85	310.76	338.6	-27.84	-8.09	482.69	0.85	-14.86
142	2820	314.6	305.44	333.6	-28.16	-9.16	1167.3	0.85	-14.63
143	2840	310.04	300.19	329.6	-29.41	-9.85	1942.03	0.85	-14.41
144	2860	305.29	295.02	323.6	-28.58	-10.26	2774.62	0.85	-14.21
145	2880	300.41	289.93	316.6	-26.67	-10.48	3643.56	0.85	-14
146	2900	295.66	284.93	311.6	-26.67	-10.74	4529.56	0.85	-13.78
147	2920	291.04	280	306.6	-26.6	-11.04	5438.5	0.85	-13.57
148	2940	286.1	275.16	299.6	-24.44	-10.94	6371.95	0.85	-13.35
149	2960	280.48	270.39	296.6	-26.21	-10.08	7298.23	0.85	-13.14
150	2980	274.6	265.71	291.6	-25.89	-8.89	8151.45	0.85	-12.93
151	3000	269.23	261.11	286.6	-25.49	-8.12	8902.95	0.85	-12.71
152	3020	264.16	256.58	278.6	-22.02	-7.58	9589.91	0.85	-12.5
153	3040	258.66	252.13	269.6	-17.47	-6.53	10231.56	0.85	-12.29
154	3060	252.79	247.77	267.6	-19.83	-5.02	10784.22	0.84	-12.08
155	3080	247.6	243.48	266.6	-23.12	-4.12	11208.64	0.84	-11.87
156	3100	243.73	239.27	262.6	-23.33	-4.46	11557.7	0.84	-11.65
157	3120	240.41	235.13	261.6	-26.47	-5.28	11934.95	0.84	-11.44
158	3140	236.98	231.08	256.6	-25.52	-5.9	12381.31	0.84	-11.23
159	3160	233.6	227.1	252.6	-25.5	-6.5	12880.66	0.84	-11.02
160	3180	230.23	223.2	247.6	-24.4	-7.03	13430.28	0.84	-10.81
161	3200	226.73	219.38	244.6	-25.22	-7.35	14024.81	0.84	-10.6
162	3220	223.16	215.63	238.6	-22.97	-7.53	14646.72	0.84	-10.39
163	3240	219.04	211.96	236.6	-24.64	-7.07	15283.94	0.84	-10.18
164	3260	214.23	208.37	233.6	-25.23	-5.85	15882.06	0.84	-9.97
165	3280	209.73	204.86	229.6	-24.74	-4.87	16377.2	0.84	-9.76
166	3300	206.1	201.42	225.6	-24.18	-4.68	16789.25	0.84	-9.55
167	3320	202.98	198.06	220.6	-22.54	-4.92	17185.27	0.84	-9.33
168	3340	200.66	194.77	218.6	-23.83	-5.89	17601.23	0.84	-9.12
169	3360	199.41	191.56	214.6	-23.04	-7.85	18100.53	0.84	-8.91
170	3380	197.79	188.43	208.6	-20.17	-9.36	18764.03	0.84	-8.7
171	3400	194.79	185.38	205.6	-20.22	-9.41	19555.73	0.83	-8.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

172	3420	191.29	182.4	200.6	-18.2	-8.89	20351.5	0.83	-8.28
173	3440	188.35	179.49	198.6	-19.11	-8.86	21104.08	0.83	-8.07
174	3460	186.1	176.66	197.6	-20.94	-9.44	21854.16	0.83	-7.86
175	3480	183.79	173.91	195.6	-21.69	-9.88	22651.44	0.83	-7.65
176	3500	180.66	171.24	193.6	-22.36	-9.43	23487.73	0.83	-7.44
177	3520	177.04	168.64	191.6	-22.96	-8.4	24285.44	0.83	-7.22
178	3540	173.91	166.12	188.6	-22.48	-7.79	24995.98	0.83	-7.01
179	3560	171.79	163.67	183.6	-19.93	-8.11	25655.23	0.83	-6.8
180	3580	170.23	161.3	182.6	-21.3	-8.92	26341.84	0.83	-6.59
181	3600	168.23	159.01	178.6	-19.59	-9.22	27096.81	0.83	-6.38
182	3620	165.35	156.79	175.6	-18.81	-8.56	27876.22	0.83	-6.17
183	3640	162.91	154.65	174.6	-19.95	-8.26	28600.41	0.82	-5.95
184	3660	162.54	152.58	172.6	-20.02	-9.96	29299.97	0.82	-5.74
185	3680	162.85	150.59	169.6	-19.01	-12.26	30141.95	0.82	-5.53
186	3700	160.85	148.68	168.6	-19.92	-12.17	31178.72	0.82	-5.32
187	3720	156.66	146.84	164.6	-17.76	-9.82	32208.48	0.82	-5.11
188	3740	152.6	145.07	163.6	-18.53	-7.53	33039.97	0.82	-4.89
189	3760	149.66	143.39	160.6	-17.21	-6.28	33676.88	0.82	-4.68
190	3780	148.23	141.78	158.6	-16.82	-6.45	34207.19	0.82	-4.47
191	3800	148.66	140.24	155.6	-15.36	-8.42	34753.22	0.82	-4.26
192	3820	150.23	138.78	153.6	-14.82	-11.45	35465.81	0.81	-4.04
193	3840	151.6	137.4	151.6	-14.2	-14.2	36433.95	0.81	-3.83
194	3860	152.16	136.09	150.6	-14.51	-16.08	37635.75	0.81	-3.62
195	3880	151.79	134.86	147.6	-12.74	-16.93	38996.23	0.81	-3.4
196	3900	150.29	133.7	144.6	-10.9	-16.59	40428.25	0.81	-3.19
197	3920	148.04	132.62	142.6	-9.98	-15.42	41831.36	0.81	-2.97
198	3940	146.16	131.62	139.6	-7.98	-14.54	43135.89	0.81	-2.76
199	3960	145.29	130.69	137.6	-6.91	-14.6	44366.05	0.81	-2.54
200	3980	145.16	129.84	133.6	-3.76	-15.32	45600.98	0.8	-2.33
201	4000	145.29	129.07	132.6	-3.53	-16.22	46896.92	0.8	-2.11
202	4020	145.16	128.37	133.6	-5.23	-16.79	48268.94	0.8	-1.9
203	4040	143.91	127.76	133.6	-5.84	-16.16	49689.11	0.8	-1.68
204	4060	140.79	127.21	133.6	-6.39	-13.57	51055.64	0.8	-1.47
205	4080	137.41	126.75	132.6	-5.85	-10.67	52204.38	0.8	-1.25
206	4100	137.35	126.36	131.6	-5.24	-10.99	53106.89	0.79	-1.04
207	4120	141.48	126.04	130.6	-4.56	-15.44	54037.12	0.79	-0.83
208	4140	146.23	125.79	130.6	-4.81	-20.43	55342.56	0.79	-0.63
209	4160	148.23	125.61	128.6	-2.99	-22.61	57071.58	0.79	-0.43
210	4180	148.29	125.5	126.6	-1.1	-22.79	58984.52	0.79	-0.24
211	4200	149.1	125.45	125.6	-0.15	-23.65	60912.58	0.78	-0.06
212	4220	151.16	125.46	125.6	-0.14	-25.71	62913.55	0.78	0.13
213	4240	153.1	125.54	124.6	0.94	-27.56	65088.42	0.78	0.35
214	4260	154.16	125.7	124.6	1.1	-28.46	67420.02	0.78	0.59
215	4280	154.1	125.95	125.6	0.35	-28.15	69828.5	0.77	0.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

216	4300	152.35	126.27	124.6	1.67	-26.08	72210.06	0.77	1.13
217	4320	149.16	126.69	124.6	2.09	-22.47	74416.08	0.77	1.42
218	4340	146.16	127.2	122.6	4.6	-18.97	76317.22	0.77	1.73
219	4360	144.66	127.8	123.6	4.2	-16.86	77921.69	0.76	2.06
220	4380	144.16	128.49	120.6	7.89	-15.67	79348.44	0.76	2.39
221	4400	143.29	129.27	121.6	7.67	-14.02	80674.58	0.76	2.73
222	4420	141.48	130.15	119.6	10.55	-11.33	81860.28	0.75	3.08
223	4440	139.16	131.11	119.6	11.51	-8.05	82818.72	0.75	3.44
224	4460	136.98	132.16	119.6	12.56	-4.81	83499.66	0.75	3.8
225	4480	135.23	133.3	120.6	12.7	-1.92	83907.52	0.74	4.17
226	4500	133.98	134.53	121.6	12.93	0.56	84069.5	0.74	4.56
227	4520	133.04	135.86	121.6	14.26	2.82	84022.47	0.74	4.96
228	4540	132.1	137.29	121.6	15.69	5.19	83785.5	0.73	5.39
229	4560	131.41	138.83	122.6	16.23	7.42	83345.34	0.73	5.85
230	4580	131.29	140.49	122.6	17.89	9.21	82717.84	0.72	6.35
231	4600	130.85	142.29	126.6	15.69	11.44	81938.09	0.72	6.88
232	4620	129.29	144.25	129.6	14.65	14.96	80970.94	0.71	7.46
233	4640	127.47	146.38	128.6	17.78	18.9	79704.12	0.71	8.07
234	4660	126.47	148.68	129.6	19.08	22.21	78106.41	0.7	8.73
235	4680	126.16	151.19	132.6	18.59	25.03	76225.62	0.7	9.44
236	4700	126.29	153.93	132.6	21.33	27.64	74108.81	0.69	10.2
237	4720	126.91	156.89	133.6	23.29	29.97	71771.62	0.69	10.98
238	4740	127.79	160.08	137.6	22.48	32.3	69234.88	0.68	11.79
239	4760	128.73	163.54	140.6	22.94	34.81	66501.94	0.68	12.65
240	4780	130.1	167.27	144.6	22.67	37.17	63557.47	0.67	13.56
241	4800	131.91	171.31	144.6	26.71	39.39	60412.94	0.66	14.51
242	4820	133.48	175.66	150.6	25.06	42.19	57080.44	0.66	15.55
243	4840	134.98	180.39	153.6	26.79	45.42	53511.38	0.65	16.68
244	4860	137.35	185.54	156.6	28.94	48.19	49668.44	0.64	17.91
245	4880	140.48	191.12	161.6	29.52	50.65	45592.12	0.64	19.1
246	4900	143.41	197	164.6	32.4	53.58	41305.25	0.63	19.96
247	4920	145.73	202.81	167.6	35.21	57.08	36773.12	0.62	20
248	4940	147.48	208.01	170.6	37.41	60.54	31944.12	0.61	18.99
249	4960	148.73	212.46	175.6	36.86	63.73	26823.41	0.59	17.43
250	4980	149.85	217.71	177.6	40.11	67.86	21429.97	0.57	16.39
251	5000	151.91	218.83	182.6	36.23	66.92	15688.44	0.55	-6.23
252	5020	155.54	216.73	191.6	25.13	61.19	10028.59	0.5	-12.19
253	5040	160.1	213.37	199.6	13.77	53.27	4851.94	0.45	-15.57
254	5060	164.85	208.77	204.6	4.17	43.92	345.2	0.43	-16.57
255	5080	169.41	204.28	210.6	-6.32	34.87	-3370.39	0.41	-16.83
256	5100	173.6	199.43	214.6	-15.17	25.83	-6320.56	0.37	-18.59
257	5120	177.73	190.2	222.6	-32.4	12.48	-8505.48	0.33	-21.08
258	5140	182.04	184.34	227.6	-43.26	2.3	-9560.78	0.36	-16.78
259	5160	186.54	184.67	228.6	-43.93	-1.87	-9755.38	0.21	-7.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

260	5180	191.79	185.34	238.6	-53.26	-6.45	-9597.31	0.22	-4.3
261	5200	198.23	184.67	257.6	-72.93	-13.56	-9051.66	0.21	-3.96
262	5220	205.1	186.55	278.6	-92.05	-18.55	-7904.58	0.24	10.66
263	5240	211.29	267.3	0	267.3	56.02	-6335.1	0.26	28.63
264	5260	216.35	274.63	0	274.63	58.28	-11073.95	0.25	18.09
265	5280	220.35	276.76	0	276.76	56.41	-16004.21	0.21	2.43
266	5300	223.54	277.12	0	277.12	53.58	-20776.41	0.19	-1.95
267	5320	226.16	276.54	0	276.54	50.38	-25309.04	0.18	-3.85
268	5340	227.16	275.25	0	275.25	48.09	-29571.02	0.16	-4.94
269	5360	227.23	273.63	0	273.63	46.4	-33639.14	0.16	-5.22
270	5380	235.21	272.29	0	272.29	37.08	-37564.98	0.16	-4.6
271	5400	259.73	271.35	0	271.35	11.62	-40701.79	0.15	-3.91
272	5420	296.6	270.06	0	270.06	-26.54	-41684.6	0.15	-4.12
273	5440	336.72	268.15	0	268.15	-68.57	-39439.22	0.15	-1.79
274	5460	376.85	271.66	0	271.66	-105.19	-33638.38	0.19	18.26
275	5480	416.97	666.12	0	666.12	249.15	-24739.64	0.22	41.41
276	5500	457.1	679.48	668.6	10.88	222.38	-45817.86	0.24	33.33
277	5520	502.84	686.84	682.6	4.24	184	-64631.56	0.21	17.93
278	5540	565.55	692.66	691.6	1.06	127.11	-67427.61	0.2	14.31
279	5560	637.84	698.15	701.6	-3.45	60.3	-68225.39	0.19	13.69
280	5580	690.22	703.57	709.6	-6.03	13.34	-63567.07	0.19	14.02
281	5600	709.85	709.12	716.6	-7.48	-0.73	-53567.03	0.19	14.08
282	5620	709.91	713.68	737.6	-23.92	3.77	-45588.02	0.18	12.31
283	5640	704.04	715.94	733.6	-17.66	11.9	-39578.34	0.18	7
284	5660	696.66	713.2	726.6	-13.4	16.54	-40475.78	0.19	-9.52
285	5680	688.04	680.99	711.6	-30.61	-7.04	-41874.88	0.18	-27.1
286	5700	678.29	670.83	700.6	-29.77	-7.46	-14398.69	0.87	-27.27
287	5720	667.91	663.43	688.6	-25.17	-4.48	19689.36	0.87	-20.58
288	5740	656.91	656.55	678.6	-22.05	-0.36	39678.05	0.87	-18.93
289	5760	645.6	649.89	672.6	-22.71	4.29	109812.56	0.87	-18.03
290	5780	635.16	643.49	663.6	-20.11	8.33	110000.47	0.87	-17.19
291	5800	626.35	637.39	657.6	-20.21	11.04	109294.56	0.87	-16.31
292	5820	618.79	631.61	650.6	-18.99	12.82	108360.53	0.87	-15.39
293	5840	612.1	626.17	645.6	-19.43	14.07	107275.69	0.87	-14.45
294	5860	605.85	621.08	638.6	-17.52	15.23	106086.03	0.87	-13.49
295	5880	599.16	616.34	632.6	-16.26	17.17	104797.53	0.87	-12.51
296	5900	592.35	611.95	626.6	-14.65	19.6	103343.88	0.87	-11.52
297	5920	586.79	607.93	622.6	-14.67	21.14	101685.19	0.87	-10.54
298	5940	582.66	604.25	616.6	-12.35	21.59	99897.16	0.87	-9.55
299	5960	579.22	600.93	614.6	-13.67	21.7	98070.69	0.87	-8.57
300	5980	576.41	597.95	611.6	-13.65	21.54	96234.06	0.87	-7.59
301	6000	574.54	595.31	606.6	-11.29	20.77	94412	0.87	-6.61
302	6020	573.85	593.01	601.6	-8.59	19.16	92654.56	0.87	-5.61
303	6040	576.35	591.1	603.6	-12.5	14.75	91034.09	0.87	-4.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

304	6060	584.85	589.82	602.6	-12.78	4.97	89786.44	0.87	-2.68
305	6080	596.72	589.2	602.6	-13.4	-7.52	89365.69	0.87	-0.74
306	6100	604.72	589.27	605.6	-16.33	-15.46	90001.97	0.87	1.23
307	6120	607.1	590.01	605.6	-15.59	-17.09	91309.91	0.87	3.19
308	6140	609.16	591.44	604.6	-13.16	-17.73	92754.94	0.87	5.16
309	6160	614.22	593.55	609.6	-16.05	-20.68	94255.41	0.87	7.12
310	6180	619.97	596.33	616.6	-20.27	-23.65	96003.75	0.87	9
311	6200	623.35	599.59	617.6	-18.01	-23.76	98003.59	0.87	10.35
312	6220	623.85	602.34	618.6	-16.26	-21.51	100014.12	0.87	8.94
313	6240	622.41	604.35	618.6	-14.25	-18.07	101834.91	0.87	6.87
314	6260	620.04	605.36	614.6	-9.24	-14.68	103362.81	0.87	4.07
315	6280	617.29	605.41	614.6	-9.19	-11.88	104603.62	0.87	1.36
316	6300	614.41	604.93	608.6	-3.67	-9.49	105610.94	0.87	-0.17
317	6320	611.85	604.36	607.6	-3.24	-7.49	106413.25	0.87	-0.4
318	6340	610.22	603.8	606.6	-2.8	-6.42	107047.28	0.87	-0.4
319	6360	609.91	603.26	607.6	-4.34	-6.65	107590	0.87	-0.35
320	6380	610.79	602.74	605.6	-2.86	-8.04	108153.31	0.87	-0.31
321	6400	612.16	602.24	608.6	-6.36	-9.92	108833.38	0.87	-0.25
322	6420	612.85	601.75	607.6	-5.85	-11.1	109673.72	0.87	-0.2
323	6440	612.29	601.29	605.6	-4.31	-10.99	110612.53	0.87	-0.07
324	6460	611.47	601.03	603.6	-2.57	-10.45	111541.41	0.87	0.49
325	6480	611.47	601.74	602.6	-0.86	-9.73	112425.47	0.87	3.27
326	6500	612.1	603.8	606.6	-2.8	-8.3	113248.19	0.87	7.04
327	6520	613.35	607.22	606.6	0.62	-6.13	113951.16	0.87	10.82
328	6540	615.91	611.64	609.6	2.04	-4.27	114469.66	0.87	13.55
329	6560	619.1	615.06	619.6	-4.54	-4.04	114830.78	0.87	10.83
330	6580	621.1	617.12	629.6	-12.48	-3.98	115172.91	0.87	7.06
331	6600	621.41	617.86	614.6	3.26	-3.55	115509.38	0.87	3.35
332	6620	620.97	617.73	613.6	4.13	-3.24	115810.28	0.87	0.85
333	6640	620.85	617.46	611.6	5.86	-3.39	116084.84	0.87	0.43
334	6660	621.29	617.19	615.6	1.59	-4.1	116371.88	0.87	0.42
335	6680	621.6	616.94	620.6	-3.66	-4.66	116717.97	0.87	0.46
336	6700	621.22	616.71	615.6	1.11	-4.52	117112.06	0.87	0.51
337	6720	620.35	616.49	610.6	5.89	-3.86	117495.94	0.87	0.56
338	6740	619.47	616.3	611.6	4.7	-3.18	117822.25	0.87	0.62
339	6760	618.97	616.13	612.6	3.53	-2.85	118090.25	0.87	0.68
340	6780	618.79	615.99	613.6	2.39	-2.8	118329.62	0.87	0.77
341	6800	618.54	615.89	609.6	6.29	-2.65	118566.88	0.87	0.87
342	6820	618.04	615.82	607.6	8.22	-2.22	118790.34	0.87	0.98
343	6840	617.35	615.79	608.6	7.19	-1.56	118978.22	0.87	1.08
344	6860	616.66	615.8	608.6	7.2	-0.86	119109.81	0.87	1.18
345	6880	616.1	615.84	608.6	7.24	-0.26	119182.62	0.87	1.29
346	6900	615.6	615.93	607.6	8.33	0.33	119204.28	0.87	1.39
347	6920	615.1	616.05	607.6	8.45	0.95	119176.72	0.87	1.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

348	6940	614.66	616.21	609.6	6.61	1.55	119096.81	0.87	1.61
349	6960	614.47	616.44	609.6	6.84	1.96	118966.03	0.87	1.8
350	6980	614.79	616.74	610.6	6.14	1.95	118800.38	0.87	2
351	7000	615.66	617.11	610.6	6.51	1.45	118635.06	0.87	2.21
352	7020	616.66	617.56	610.6	6.96	0.9	118512.28	0.87	2.41
353	7040	617.29	618.08	612.6	5.48	0.79	118435.47	0.87	2.62
354	7060	617.66	618.67	611.6	7.07	1.01	118369.72	0.87	2.82
355	7080	618.1	619.33	613.6	5.73	1.23	118285.34	0.87	3.02
356	7100	618.6	620.07	613.6	6.47	1.47	118180.59	0.87	3.23
357	7120	619.04	620.88	613.6	7.28	1.84	118057.91	0.87	3.43
358	7140	619.47	621.76	614.6	7.16	2.29	117901.19	0.87	3.64
359	7160	620.35	622.72	615.6	7.12	2.37	117708.19	0.87	3.84
360	7180	621.79	623.74	614.6	9.14	1.96	117508.44	0.87	4.05
361	7200	623.22	624.84	616.6	8.24	1.62	117344.41	0.87	4.25
362	7220	624.35	626.02	617.6	8.42	1.67	117206.66	0.87	4.46
363	7240	625.35	627.26	618.6	8.66	1.91	117067.06	0.87	4.66
364	7260	626.41	628.58	622.6	5.98	2.17	116904.75	0.87	4.86
365	7280	627.6	629.98	623.6	6.38	2.38	116721.44	0.87	5.07
366	7300	628.79	631.44	623.6	7.84	2.65	116521.09	0.87	5.27
367	7320	629.85	632.98	625.6	7.38	3.13	116296.22	0.87	5.48
368	7340	630.72	634.6	632.6	2	3.87	116030.66	0.87	5.7
369	7360	631.41	636.32	632.6	3.72	4.91	115703.31	0.87	5.99
370	7380	632.6	638.15	631.6	6.55	5.55	115288.59	0.87	6.29
371	7400	635.29	640.09	632.6	7.49	4.8	114819.16	0.87	6.6
372	7420	639.6	642.14	633.6	8.54	2.54	114414.78	0.87	6.9
373	7440	645.1	644.3	633.6	10.7	-0.8	114199.97	0.87	7.21
374	7460	651.41	646.56	635.6	10.96	-4.85	114267.69	0.87	7.52
375	7480	657.91	648.94	642.6	6.34	-8.97	114678.5	0.87	7.82
376	7500	663.47	651.43	651.6	-0.17	-12.05	115437.31	0.87	8.13
377	7520	666.54	654.02	657.6	-3.58	-12.52	116457.56	0.87	8.43
378	7540	666.79	656.73	654.6	2.13	-10.06	117517.31	0.87	8.74
379	7560	667.22	659.55	655.6	3.95	-7.68	118367.72	0.87	9.04
380	7580	671.22	662.47	661.6	0.87	-8.75	119018.38	0.87	9.35
381	7600	677.79	665.51	665.6	-0.09	-12.28	119760.59	0.87	9.65
382	7620	683.47	668.66	668.6	0.06	-14.82	120799.03	0.87	9.96
383	7640	687.41	671.92	668.6	3.32	-15.49	122052.75	0.87	10.27
384	7660	690.54	675.29	674.6	0.69	-15.25	123363.81	0.87	10.57
385	7680	692.54	678.78	679.6	-0.82	-13.76	124654.19	0.87	10.88
386	7700	693.29	682.37	692.6	-10.23	-10.92	125818.69	0.87	11.18
387	7720	694.35	686.08	691.6	-5.52	-8.27	126742.84	0.87	11.49
388	7740	696.66	689.9	693.6	-3.7	-6.76	127444.06	0.87	11.8
389	7760	699.41	693.83	697.6	-3.77	-5.58	128014.62	0.87	12.1
390	7780	702.1	697.88	699.6	-1.72	-4.22	128488.09	0.87	12.41
391	7800	705.1	702.04	700.6	1.44	-3.06	128845.91	0.87	12.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

392	7820	707.79	706.31	703.6	2.71	-1.48	129105.81	0.87	13.02
393	7840	709.41	710.7	705.6	5.1	1.29	129230.16	0.87	13.33
394	7860	710.91	715.2	708.6	6.6	4.29	129120.22	0.87	13.64
395	7880	713.1	719.82	714.6	5.22	6.72	128758.25	0.87	13.94
396	7900	715.72	724.55	719.6	4.95	8.82	128190.09	0.87	14.25
397	7920	718.79	729.39	725.6	3.79	10.6	127444.59	0.87	14.55
398	7940	722.6	734.35	729.6	4.75	11.75	126546.69	0.87	14.86
399	7960	727.1	739.43	737.6	1.83	12.33	125552.5	0.87	15.17
400	7980	731.54	744.62	740.6	4.02	13.09	124510.22	0.87	15.48
401	8000	735.47	749.93	743.6	6.33	14.46	123401.41	0.87	15.78
402	8020	739.41	755.36	748.6	6.76	15.95	122179.38	0.87	16.09
403	8040	743.54	760.91	754.6	6.31	17.37	120829.84	0.87	16.4
404	8060	748.22	766.57	759.6	6.97	18.34	119361.25	0.87	16.71
405	8080	754.54	772.35	764.6	7.75	17.82	117808.62	0.87	17.03
406	8100	761.85	778.29	769.6	8.69	16.44	116302.25	0.87	17.42
407	8120	767.97	784.39	770.6	13.79	16.41	114910.78	0.87	17.82
408	8140	772.22	790.64	782.6	8.04	18.41	113521.78	0.87	18.23
409	8160	775.66	797.05	787.6	9.45	21.38	111965.62	0.87	18.64
410	8180	779.16	803.62	791.6	12.02	24.45	110156.38	0.87	19.05
411	8200	783.04	810.35	798.6	11.75	27.31	108086.19	0.87	19.45
412	8220	787.47	817.24	801.6	15.64	29.76	105775.88	0.87	19.86
413	8240	792.35	824.29	806.6	17.69	31.94	103257.5	0.87	20.27
414	8260	797.47	831.5	812.6	18.9	34.03	100555.09	0.87	20.67
415	8280	803.16	838.88	819.6	19.28	35.72	97675.88	0.87	21.08
416	8300	809.72	846.43	825.6	20.83	36.7	94653.62	0.87	21.49
417	8320	816.72	854.13	832.6	21.53	37.41	91548.69	0.87	21.9
418	8340	823.54	862.01	838.6	23.41	38.47	88383.91	0.87	22.3
419	8360	830.04	870.05	846.6	23.45	40.01	85129.62	0.87	22.71
420	8380	836.35	878.26	851.6	26.66	41.91	81745.25	0.87	23.12
421	8400	842.72	886.64	859.6	27.04	43.91	78199.47	0.87	23.53
422	8420	849.54	895.19	866.6	28.59	45.65	74484.06	0.87	23.93
423	8440	856.97	903.91	871.6	32.31	46.93	70622.91	0.87	24.34
424	8460	864.72	912.8	879.6	33.2	48.07	66653.03	0.87	24.75
425	8480	872.35	921.87	886.6	35.27	49.52	62585.16	0.87	25.16
426	8500	880.1	931.11	893.6	37.51	51.01	58395.53	0.87	25.56
427	8520	888.35	940.52	900.6	39.92	52.17	54079.41	0.87	25.97
428	8540	896.6	950.12	909.6	40.52	53.52	49666.12	0.87	26.38
429	8560	904.41	959.89	917.6	42.29	55.48	45137.91	0.87	26.79
430	8580	912.54	969.84	923.6	46.24	57.3	40443.56	0.87	27.19
431	8600	921.72	979.97	934.6	45.37	58.25	35595.59	0.87	27.6
432	8620	931.35	990.28	938.6	51.68	58.93	30668.5	0.87	28.01
433	8640	940.54	1000.78	951.6	49.18	60.24	25682.38	0.87	28.42
434	8660	949.6	1011.46	959.6	51.86	61.86	20583.5	0.87	28.82
435	8680	959.22	1022.33	966.6	55.73	63.11	15348.38	0.87	29.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

436	8700	969.29	1033.4	976.6	56.8	64.11	10008.44	0.87	29.66
437	8720	979.66	1044.69	986.6	58.09	65.03	4584.38	0.87	30.15
438	8740	990.72	1056.22	998.6	57.62	65.49	-915.84	0.87	30.65
439	8760	1002.04	1067.99	1005.6	62.39	65.95	-6457.19	0.87	31.16
440	8780	1012.91	1080	1014.6	65.4	67.09	-12038.09	0.87	31.67
441	8800	1023.85	1092.25	1025.6	66.65	68.4	-17716.5	0.87	32.17
442	8820	1035.47	1104.76	1034.6	70.16	69.28	-23506.09	0.87	32.68
443	8840	1047.72	1117.51	1046.6	70.91	69.79	-29369.94	0.87	33.19
444	8860	1060.41	1130.52	1058.6	71.92	70.11	-35273.88	0.87	33.7
445	8880	1073.54	1143.78	0	1143.78	70.24	-41205.75	0.87	34.2
446	8900	1087.47	1157.3	0	1157.3	69.83	-47147.25	0.87	34.71
447	8920	1102.47	1171.09	0	1171.09	68.61	-53054.66	0.87	35.22
448	8940	1118.16	1185.14	0	1185.14	66.98	-58860.03	0.87	35.73
449	8960	1134.41	1199.46	0	1199.46	65.05	-64529	0.87	36.24
450	8980	1151.54	1214.07	0	1214.07	62.53	-70032.75	0.87	36.76
451	9000	1169.29	1228.99	0	1228.99	59.71	-75324.69	0.87	37.35
452	9020	1187.16	1244.27	0	1244.27	57.1	-80375.19	0.87	37.98
453	9040	1205.54	1259.93	0	1259.93	54.39	-85206.03	0.87	38.67
454	9060	1225.16	1276.01	0	1276.01	50.84	-89807.06	0.87	39.39
455	9080	1246.04	1292.55	0	1292.55	46.51	-94106.72	0.87	40.18
456	9100	1268.22	1309.57	0	1309.57	41.35	-98040.94	0.87	40.99
457	9120	1292.16	1327.1	0	1327.1	34.93	-101537.5	0.87	41.81
458	9140	1317.29	1345.18	0	1345.18	27.89	-104492.31	0.87	42.7
459	9160	1342.79	1363.84	0	1363.84	21.06	-106851.88	0.87	43.59
460	9180	1368.54	1383.09	0	1383.09	14.55	-108633.75	0.87	44.47
461	9200	1393.79	1402.84	0	1402.84	9.06	-109865.38	0.87	45.21
462	9220	1416.29	1422.68	0	1422.68	6.39	-110630.12	0.87	45.29
463	9240	1432.1	1442.36	0	1442.36	10.26	-111171.59	0.87	44.91
464	9260	1437.41	1460.34	0	1460.34	22.92	-112039.66	0.87	42.12
465	9280	1432.6	1470.31	0	1470.31	37.71	-113978.84	0.87	26.8
466	9300	1421.97	1470.13	0	1470.13	48.15	-117171.09	0.87	0.05
467	9320	1409.04	1460.19	0	1460.19	51.16	-121244.81	0.87	-25.57
468	9340	1395.16	1446.08	0	1446.08	50.92	-125571.12	0.87	-34.4
469	9360	1381.1	1429.22	0	1429.22	48.12	-129880.19	0.87	-39.48
470	9380	1367.04	1410.86	0	1410.86	43.82	-133948.91	0.87	-42.02
471	9400	1352.97	1391.12	0	1391.12	38.15	-137657.78	0.87	-44.1
472	9420	1339.1	1369.96	0	1369.96	30.86	-140886.38	0.87	-46.11
473	9440	1325.35	1347.29	0	1347.29	21.94	-143496.09	0.87	-48.04
474	9460	1311.66	1323.34	0	1323.34	11.67	-145353.28	0.87	-49.57
475	9480	1298.04	1299.85	0	1299.85	1.82	-146342.16	0.87	-49.04
476	9500	1284.35	1277.16	0	1277.16	-7.19	-146493.53	0.87	-48.11
477	9520	1270.79	1255.24	0	1255.24	-15.55	-145885.88	0.87	-47.11
478	9540	1257.54	1234.08	0	1234.08	-23.46	-144570	0.87	-46.11
479	9560	1243.85	1213.65	0	1213.65	-30.2	-142586.88	0.87	-45.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

480	9580	1228.29	1193.92	0	1193.92	-34.36	-140030.03	0.87	-44.11
481	9600	1209.72	1174.88	0	1174.88	-34.85	-137122.75	0.87	-43.1
482	9620	1188.04	1156.49	0	1156.49	-31.55	-134175.75	0.87	-42.1
483	9640	1164.41	1138.74	0	1138.74	-25.67	-131507.31	0.87	-41.1
484	9660	1141.1	1121.61	0	1121.61	-19.49	-129335.41	0.87	-40.1
485	9680	1120.04	1105.08	0	1105.08	-14.96	-127688.16	0.87	-39.09
486	9700	1101.35	1089.13	0	1089.13	-12.22	-126421.16	0.87	-38.09
487	9720	1083.54	1073.74	0	1073.74	-9.79	-125386.06	0.87	-37.09
488	9740	1065.1	1058.91	0	1058.91	-6.19	-124555.97	0.87	-36.08
489	9760	1046.6	1044.61	0	1044.61	-1.99	-124032.62	0.87	-35.08
490	9780	1030.1	1030.85	0	1030.85	0.75	-123864.44	0.87	-34.05
491	9800	1016.04	1017.67	0	1017.67	1.63	-123928.81	0.87	-32.89
492	9820	1003.41	1005.4	0	1005.4	1.99	-124066.5	0.87	-31.02
493	9840	992.01	994.14	0	994.14	2.13	-124234.59	0.87	-28.89
494	9860	982.12	984.15	0	984.15	2.04	-124412.84	0.87	-26.05
495	9880	973.67	975.44	0	975.44	1.76	-124585.66	0.87	-23.08
496	9900	966.52	967.94	0	967.94	1.41	-124736.06	0.87	-20.08
497	9920	960.5	961.6	0	961.6	1.1	-124856.16	0.87	-17.11
498	9940	955.5	956.34	0	956.34	0.84	-124947.09	0.87	-14.28
499	9960	951.44	951.87	0	951.87	0.43	-125019.41	0.87	-12.18
500	9980	948	948	0	948	0	-125055.19	0.87	-10.52

* Locations and lengths of groins: No.= 2

263 671.5

275 682

* Locations and lengths of detached BWs: No.= 6

464 5591

80 5289

283 1391

288 1159.42

250 1343

259 1364

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายกรวิศิษฏ์ ศิลารมย์
วัน เดือน ปีเกิด	14 กันยายน 2535 ที่ชลบุรี
ที่อยู่	262 หมู่ 6 ตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี 20150 โทร. 038-427-171
ประวัติการศึกษา	2557 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1.) วิศวกรรมชายฝั่ง
งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์	กรวิศิษฏ์ และคณะ (2559).ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงชายหาดที่ตอบสนองต่อสภาวะคลื่นที่กำหนดและโครงสร้างชายฝั่งในชายฝั่งจังหวัดชุมพร. การประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติครั้งที่ ๒๑. จ.สงขลา ประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้