

การจำลองสภาพแวดล้อมในอดีตโดยใช้ตะกอนทะเลสาบ บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

นภดล อยู่แจ่ม

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION BASED ON LAKE SEDIMENTS  
FROM THALE NOI, CHANGWAT PATTALUNG

Mr. Noppadol Yoojam

A report submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of the Bachelor of Science in Geology  
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University  
Academic Year 2014

วันที่ส่ง

\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

วันที่อนุมัติ

\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

ลงชื่อ

\_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย	: การจำลองสภาพแวดล้อมในอดีตโดยใช้ตะกอนทะเลสาบ บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง
ผู้ทำการวิจัย	: นายนภดล อยู่แจ่ม
อาจารย์ที่ปรึกษา	: อาจารย์ ดร. อัครนิวัธ ชะบางบอน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษณ์ วันอินทร์
ภาควิชา	: ธรณีวิทยา
ปีการศึกษา	: 2558

### บทคัดย่อ

การติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในอดีตจากหลักฐานทางธรณีวิทยาเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ช่วยในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาตะกอนจากทะเลน้อยซึ่งเป็นทะเลสาบน้ำจืดขนาดใหญ่ อยู่ในจังหวัดพัทลุง เพื่อทำความเข้าใจถึงการกระจายตัวของตะกอนและจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในอดีตจากลักษณะตะกอนที่พบในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยทำการเก็บแท่งตะกอนในแนวทิศเหนือ-ใต้และในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตกห่างกันประมาณ 1 กิโลเมตร หลังจากนั้นทำการลำดับชั้นตะกอนในแต่ละจุดศึกษานำผลที่ได้มาทำการเทียบสัมพันธ์ แท่งตะกอนที่ชั้นตะกอนที่ครอบคลุมทุกหน่วยตะกอน นำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วยวิธีการเปรียบเทียบมวลของตะกอนที่หายไปหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสหรือ Loss on ignition (LOI) เพื่อสอบเทียบการจำแนกลักษณะตะกอน หลังจากนั้นนำข้อมูลการลำดับชั้นตะกอนมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อจำลองการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในอดีต

ผลจากการลำดับชั้นตะกอนพบว่าตะกอนชั้นล่างสุดมีลักษณะเป็นตะกอนโคลนสีเทาอ่อน (ชั้นตะกอนหมวด E และ D) มวลที่หายไปเนื่องจากการเผามีค่าประมาณ 10-20% แสดงถึงตะกอนที่มีอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่น้อยและอาจจะมีการรุกร้าเข้ามาของน้ำทะเล ชั้นตะกอนถัดมามีอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายไม่หมดปะปนอยู่มาก (ชั้นตะกอนหมวด C) มวลที่หายไปเนื่องจากการเผาที่มีค่าประมาณ 80-90% แสดงการพัฒนาตัวเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำอันเนื่องมาจากการที่ระดับน้ำทะเลลดลง ถัดมาลักษณะตะกอนเปลี่ยนเป็นตะกอนโคลนสีเทาถึงเทาเข้ม (ชั้นตะกอนหมวด B) มวลที่หายไปเนื่องจากการเผามีค่าประมาณ 20-30% ซึ่งมากกว่าตะกอนโคลนชั้นล่างสุด (ชั้นตะกอนหมวด E และ D) เล็กน้อย สะท้อนการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำอีกครั้ง ร่วมกับการที่ปริมาณน้ำจืดที่ไหลเข้ามาในทะเลน้อยมากขึ้นทำให้มีสภาพแวดล้อมการสะสมตัวแบบที่ราบน้ำขึ้นถึง (tidal flat) และตะกอนชั้นบนสุดเป็นตะกอนทะเลสาบมีสีเทาเข้มถึงน้ำตาลเข้ม (ชั้นตะกอนหมวด A) มวลที่หายไปเนื่องจากการเผามีค่าประมาณ 30-40% แสดงการพัฒนาตัวเป็นทะเลสาบน้ำจืดเหมือนในปัจจุบัน

**คำสำคัญ** : สภาพแวดล้อมโบราณ, ตะกอนทะเลสาบ, การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล

**Project title** : PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION BASED ON LAKE  
SEDIMENTS FROM THALE NOI, CHANGWAT PATTALUNG

**Researcher** : Mr. Noppaol Yoojam

**Advisor** : Dr. Akkaneewut Chabangborn

**Co-advisor** : Asst.Prof.Dr. Krit Won-in

**Department** : Geology

**Academic Year** : 2015

---

### ABSTRACT

The sedimentary cores obtained from Thale Noi, Phatthalung here analyzed in order to insight into sedimentary distribution and paleoenvironment. The cores were collected every 1 km in two directions; north-south and east-west. The lithostratigraphic column for each site was constructed and subsequently correlated. The sedimentary sequences contained all sedimentary units were further analysed by loss on ignition (LOI) technique at 550 °C every 1 cm. The LOI results contributed to the sedimentary identification.

The lithostratigraphy derived from Thale Noi generally compose of light grey stiff clay (unit E), light grey clay (unit D), peat (unit C), dark gray clay (unit B) and gyttja (unit A) in the eastern part of the lake. In the west of Thale Noi, unit E and D cannot be observed. The well compact peat layer of unit C\*, however has been found at the bottom which is overlaid by sedimentary unit B and unit A. LOI are about 10-20%, 80-90%, 20-30% and 30-40% in sedimentary unit E and D, C and C\*, B and A, respectively. The clay layers in unit E and D were possibly deposited in marine environment reflected a sea level rise and transgression to the study area. The distinctively decreasing sea level allows development of vegetations and accumulation of peat layer (unit B). The clay layer contained high organic content in unit B suggests that Thale Noi is potentially affected by higher runoff and/or sea level rise of the tidal flat environment. Finally, the sea level lowering caused the tidal flat transfer into freshwater lake.

**KEY WORDS** : paleoenvironment, lake sediment, sea level change

### กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. อัครนีรุช ชะบางบอน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่คอยให้คำแนะนำ และการสนับสนุนในการทำงานตั้งแต่เริ่มต้นจนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วย ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษณ์ วันอินทร์ ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยในการออกภาคสนาม รวมไปถึงเอื้อเพื่อการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่คอยสั่งสอนมาตั้งแต่ชั้นปีที่ 1 จนมาถึงปัจจุบัน คอยให้คำแนะนำและแนวคิดใหม่ๆ ขอขอบคุณนายชนะกานต์ คุ่มฉาย นายกานจน์ เผื่อนทอง และนางสาววรกมล นันตะรา ที่ช่วยเหลือในการออกภาคสนามให้บรรลุไปได้ด้วยดี และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณนิสิตปัจจุบัน และนิสิตเก่าที่คอยมาช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำงานตลอดมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ (introduction)	1
1.1 บทนำ	1
บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย (methodology)	4
2.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา	4
2.2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม	4
2.3 การลำดับชั้นตะกอน	6
2.4 การวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผา	6
บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (result and interpretation)	9
3.1 การลำดับชั้นตะกอน	9
3.2 การวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผาตัวอย่าง (loss on ignition: LOI)	14
3.3 การเทียบสัมพันธ์ (correlation)	17
บทที่ 4 อภิปรายผลการวิจัย (discussion)	21
4.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในอดีตบริเวณทะเลน้อย	21
4.2 ปัญหาในการวิจัย	23
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย (conclusion)	24
เอกสารอ้างอิง	25
ภาคผนวก	27

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ข้อมูลตำแหน่ง ความลึกจากระดับน้ำ และความหนาของตะกอนในแต่ละจุดศึกษา

หน้า

9



## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
<p><b>รูปที่ 1</b> a) กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยในช่วงสมัยโฮโลซีน (Choowong และคณะ, 2004)</p> <p>b) ระดับน้ำในทะเลในช่วงอายุประมาณ 9,500 BP ซึ่งรูก้ำของน้ำทะเลเข้ามาบริเวณไหล่ทวีปซุนดรา (Hanebutt และคณะ, 2011)</p> <p>c) ระดับน้ำในทะเลในช่วงอายุประมาณ 4,200 BP ซึ่งรูก้ำของน้ำทะเลเข้ามาบริเวณที่เป็นพื้นที่ปัจจุบันบางส่วน เช่น ตอนล่างของที่ราบลุ่มภาคกลาง เป็นต้น (Hanebutt และคณะ, 2011)</p>	2
<p><b>รูปที่ 2</b> a) ตำแหน่งของทะเลน้อยตั้งอยู่ในจังหวัดพัทลุง</p> <p>b) ทิศตะวันตกมีเทือกเขาสูง ทิศเหนือและตะวันออกเป็นที่ราบ เชื่อมกับทะเลสาบสงขลา ทางทิศใต้โดยคลองบ้านกลาง</p> <p>c) ในการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการเก็บแท่งตะกอนจำนวน 8 ตำแหน่ง ในแนวทิศเหนือ-ใต้ และทิศตะวันออก-ตะวันตก แต่ละตำแหน่งห่างกันประมาณ 1 กิโลเมตร</p>	5
<p><b>รูปที่ 3</b> เครื่องเก็บแท่งตะกอนแบบรัสเซีย (russian corer) (รูปล่าง) และการเก็บตัวอย่างแท่งตะกอนที่ทะเลน้อย</p>	5
<p><b>รูปที่ 4</b> การเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเก็บแท่งตะกอนแบบรัสเซีย (russian corer) ในแต่ละจุดศึกษา</p>	6
<p><b>รูปที่ 5</b> การเทียบความลึกกร่วมของแท่งตะกอน เพื่อวิเคราะห์และทำลำดับชั้นตะกอนออกมาให้มีความต่อเนื่องกัน</p>	6
<p><b>รูปที่ 6</b> เตาเผาเซรามิกอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส (คนในรูปสูง 175 ซม.)</p>	8
<p><b>รูปที่ 7</b> ลำดับชั้นตะกอนบริเวณจุดศึกษา TLN-CP4 บริเวณกลางทะเลน้อย เป็นตัวแทนของการลำดับชั้นตะกอนบริเวณด้านทิศตะวันตกของแอ่งสะสมตัวของตะกอน (ตำแหน่งอยู่รูปที่ 2 และตารางที่ 1) ประกอบด้วยตะกอนโคลนสีเทาอ่อน (ชั้นตะกอนหน่วย E และ D) ตะกอนที่มีซากอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่มาก (ชั้นตะกอนหน่วย C) ตะกอนโคลนสีเทาเข้ม (ชั้นตะกอนหน่วย B) และตะกอนทะเลสาบสีน้ำตาล (ชั้นตะกอนหน่วย A)</p>	10
<p><b>รูปที่ 8</b> ลำดับชั้นตะกอนบริเวณจุดศึกษา TLN-CP11 บริเวณด้านทิศตะวันออกของทะเลน้อย อยู่ห่างจาก TLN-CP4 ประมาณ 1 กม. ไปทางทิศตะวันออก เป็นตัวแทนของการลำดับชั้นตะกอนบริเวณด้านทิศตะวันออกของแอ่งสะสมตัวของตะกอน (ตำแหน่งในรูปที่ 2 และตารางที่ 1) ตะกอนที่มีซากอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่มากและเนื้อตะกอนการจับตัวกันแน่น (compaction) (ชั้นตะกอนหน่วย C*) ตะกอนโคลนสีเทาเข้ม (ชั้นตะกอนหน่วย B) และตะกอนทะเลสาบสีน้ำตาล (ชั้นตะกอนหน่วย A)</p>	11

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 9 รอยต่อระหว่างหน่วย D และหน่วย C ซึ่งเป็นรอยต่อที่ชัดเจน สามารถระบุรอยต่อได้อย่างแน่นอน	13
รูปที่ 10 รอยต่อระหว่างหน่วย C และหน่วย B ซึ่งเป็นรอยต่อที่ชัดเจน สามารถระบุรอยต่อได้อย่างแน่นอน	13
รูปที่ 11 การเปรียบเทียบค่ามวลที่หายไปจากการเผากับลำดับชั้นตะกอนในความลึกที่แตกต่างกัน ในตำแหน่งจุดศึกษา TLN-CP4 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)	15
รูปที่ 12 การเปรียบเทียบค่ามวลที่หายไปจากการเผากับลำดับชั้นตะกอนในความลึกที่แตกต่างกัน ในตำแหน่งจุดศึกษา TLN-CP11 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)	16
รูปที่ 13 การเทียบสัมพันธ์ลำดับชั้นตะกอนในแนวตะวันออก-ตะวันตกของทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)	19
รูปที่ 14 การเทียบสัมพันธ์ลำดับชั้นตะกอนในแนวเหนือ-ใต้ ของทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)	20
รูปที่ 15 สภาพแวดล้อมโบราณในช่วงที่มีการตกสะสมตะกอนหน่วย E และหน่วย C*	21
รูปที่ 16 สภาพแวดล้อมโบราณในช่วงที่มีการตกสะสมตะกอนหน่วย D และหน่วย C*	22
รูปที่ 17 สภาพแวดล้อมโบราณในช่วงที่มีการตกสะสมตะกอนหน่วย C และหน่วย C*	22
รูปที่ 18 สภาพแวดล้อมโบราณในช่วงที่มีการตกสะสมตะกอนหน่วย B	23
รูปที่ 19 สภาพแวดล้อมโบราณในช่วงที่มีการตกสะสมตะกอนหน่วย A	23
รูปที่ 20 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP3 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)	28
รูปที่ 21 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP5 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)	29
รูปที่ 22 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP7 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)	30
รูปที่ 23 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP8 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)	31
รูปที่ 24 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP9 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)	32
รูปที่ 25 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP10 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)	33

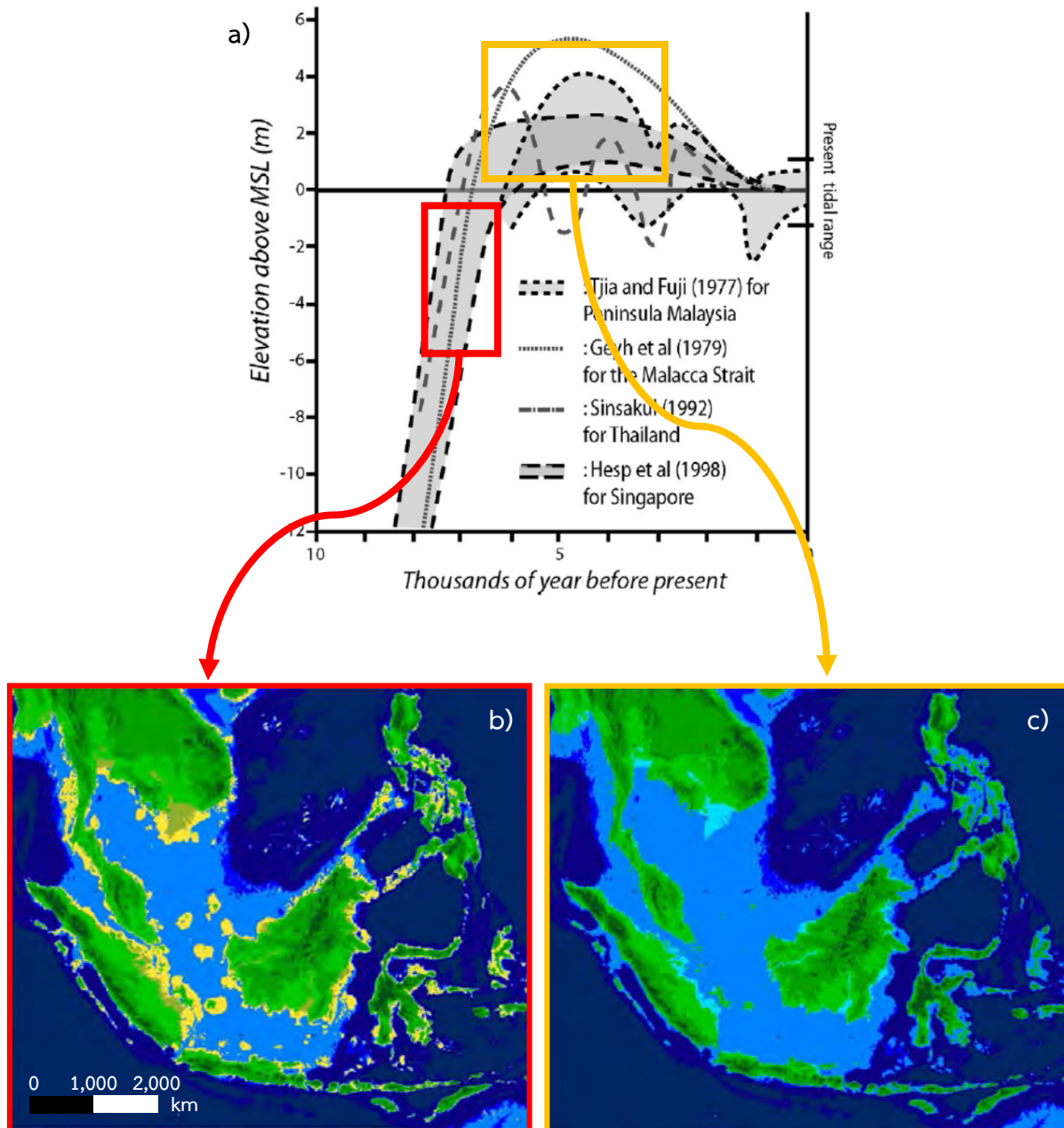
## บทที่ 1 บทนำ (introduction)

### 1.1 บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อรูปแบบการดำรงชีวิตตลอดจนสภาพเศรษฐกิจและสังคม เช่น ปัญหาการรุกค้ำน้ำของทะเล (transgression) และการกัดเซาะชายฝั่งอันเป็นตัวแปรสำคัญในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศและกระบวนการทางตะกอนวิทยาการบริเวณขอบทวีป (Hanebutt และคณะ, 2011) ตลอดจนการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบบริเวณชายฝั่ง การทำความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในอดีตมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการที่จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่แสดงให้เห็นถึงผลกระทบและเตรียมการรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆอันอาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

การใช้ตะกอนทะเลสาบเป็นหนึ่งในวิธีการศึกษาที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในอดีต เนื่องจากหลักฐานการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกทะเลสาบ เช่น ละอองเรณู (pollen) ไดอะตอม (diatom) เป็นต้น ที่สะสมตัวอยู่ร่วมกับตะกอนในทะเลสาบจะไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอก นอกจากนี้แล้วในบริเวณที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ เช่น เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ยังสามารถนำเอาหลักฐาน (proxies) ต่างๆ เหล่านี้มาใช้ร่วมกันเพื่อสอบเทียบการแปรความหมายในเชิงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงของลมมรสุมทวีปเอเชีย (Asian monsoon) ที่เป็นตัวแปรสำคัญที่ควบคุมสภาพภูมิอากาศในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Wallace, 1869; Daws และ Fujita, 1999; Wohlfarth และคณะ 2012; Chawchai และคณะ 2013, 2014) และการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล (Horton และคณะ, 2005) เป็นต้น

Choowong และคณะ (2004) ได้รวบรวมผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทย (รูปที่ 1a) ร่วมกับการหาอายุของซากสิ่งมีชีวิตจากการลำดับชั้นหิน (biostratigraphical records) บริเวณอุทยานแห่งชาติเขาสามร้อยยอด ผลที่ได้สอดคล้องกับ Hanebutt และคณะ (2011) ซึ่งศึกษการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลบริเวณโดยรอบไหล่ทวีปซุนดรา (sunda shelf) และเสนอว่าน้ำทะเลเริ่มสูงขึ้น (sea level rise) พร้อมกับรุกค้ำเข้ามาในไหล่ทวีปซุนดราบริเวณอ่าวไทยในช่วงตอนต้นของสมัยโฮโลซีน (the early Holocene) (รูปที่ 1b) ต่อมาน้ำทะเลได้มีการรุกค้ำเข้ามาทางทิศตะวันตกของอ่าวไทยอย่างต่อเนื่องทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นเรื่อยๆ จนมีระดับน้ำทะเลสูงสุด (sea level high stand) สูงกว่าในปัจจุบันประมาณ 3-5 เมตรในช่วงตอนกลางของสมัยโฮโลซีน (the mid Holocene) (รูปที่ 1c) หลังจากนั้นระดับน้ำทะเลค่อยๆลดระดับลงจนมีความสูงเท่ากับในปัจจุบัน



รูปที่ 1 a) การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยในช่วงสมัยโฮโลซีน (Choowong และคณะ, 2004)

b) ระดับน้ำทะเล (สีน้ำเงิน) สูงขึ้นและรุกล้ำเข้ามาบริเวณไหล่ทวีปซุนดรา (สีเหลือง) ประมาณ 9,500 ปีก่อนช่วงปัจจุบัน (Hanebutt และคณะ, 2011)

c) น้ำทะเลขึ้นสูงสุด (sea level high stand) น้ำทะเลท่วมเข้ามาบริเวณที่เป็นพื้นที่ป ปัจจุบัน (สีเขียว) บางส่วน เช่น ตอนล่างของที่ราบลุ่มภาคกลาง ตอนใต้ของเวียดนาม เป็นต้น เมื่อประมาณ 4,200 ปีก่อนช่วงปัจจุบัน

Horton และคณะ (2005) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงพรรณพืชโดยใช้ละอองเรณู (pollen) และการพัฒนาตัวของทะเลสาบ บริเวณทะเลน้อยซึ่งเป็นทะเลสาบน้ำจืดขนาดประมาณ 30 ตารางกิโลเมตร อยู่ในจังหวัดพัทลุง โดยด้านทิศใต้ของทะเลน้อยต่อกับทะเลสาบสงขลาซึ่งเชื่อมกับอ่าวไทย (รายละเอียดในบทที่ 2) ผลจากการศึกษาของ Horton และคณะ (2005) พบว่าในช่วงรอยต่อระหว่างสมัยไพลสโตซีน (Pleistocene) และโฮโลซีนมีการสะสมตัวของตะกอนในสภาพแวดล้อมแบบน้ำจืด ต่อมาระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ทำให้สภาพแวดล้อมโดยรอบทะเลน้อยเปลี่ยนไปเป็นป่าชายเลน เมื่อประมาณ 8420-8190 ปีก่อนช่วงปัจจุบัน (หลัง ค.ศ. 1950) (years before present; yr BP) โดยการเปลี่ยนแปลงในครั้งนี้ใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศครั้งสำคัญที่เกิดขึ้นประมาณ 8200 ปีก่อนช่วงปัจจุบัน (เช่น Barber และคณะ, 1999; White และคณะ, 2004; Kealof, 2002 และ 2003) และหลังจากนั้นสภาพแวดล้อมแบบป่าชายเลนถูกแทนที่ด้วยทะเลสาบน้ำจืด เมื่อประมาณ 7880 ถึง 7680 ปีก่อนช่วงปัจจุบัน ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของระดับน้ำทะเล (regression) อย่างไรก็ตามเนื่องจากการที่ทะเลน้อยเป็นทะเลสาบที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ แต่การศึกษาของ Horton และคณะ (2005) ใช้แท่งตะกอนที่เก็บมาจากตำแหน่งเดียว จึงอาจไม่ครอบคลุมและเกิดความคลาดเคลื่อนในแง่ของการกระจายตัวของตะกอนในทะเลสาบ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะและการกระจายตัวของตะกอนบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง ตลอดจนจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในอดีตของพื้นที่ศึกษาจากลักษณะตะกอน โดยผลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อการศึกษาต่อไปในอนาคต

## บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย(Methodology)

การดำเนินงานตามหัวข้องานวิจัยสามารถแบ่งได้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ศึกษาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา เก็บข้อมูลภาคสนาม ลำดับชั้นตะกอนโดยใช้ลักษณะทางกายภาพของตะกอนร่วมกับการวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผา (LOI) นำลำดับชั้นตะกอนในแต่ละพื้นที่ศึกษามาเทียบสัมพันธ์ วิเคราะห์และสรุปผลในรูปของรายงานผลการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 2.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

ทะเลน้อยตั้งอยู่ในตำบลทะเลน้อย และตำบลพนาสูง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง มีเนื้อที่ประมาณ 30 ตารางกิโลเมตร (รูปที่ 2a และ 2b) บริเวณฝั่งตะวันตกเป็นที่ตั้งบ้านเรือนของชุมชนทะเลน้อย บริเวณฝั่งตะวันออก เหนือ และใต้ เป็นป่าพรุและพงหญ้า ฤดูร้อน และฤดูฝน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤษภาคม-มกราคม) และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม-ตุลาคม) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,853 มิลลิเมตรต่อปี ทะเลน้อยนั้นเป็นทะเลสาบน้ำจืดได้รับน้ำจากคลองนางเรียงและคลองยวน และมีคลองบ้านกลาง เชื่อมระหว่างทะเลน้อยกับทะเลสาบสงขลา บริเวณฝั่งตะวันตกของทะเลน้อยมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขา ในขณะที่ด้านทิศตะวันออกของทะเลน้อยมีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นพื้นที่ราบจนไปถึงอ่าวไทย (รูปที่ 2b)

### 2.2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและลักษณะภูมิประเทศโดยรอบทะเลน้อย ได้วางแผนการเก็บตัวอย่างแท่งตะกอนในแนวตะวันออก-ตะวันตก และในแนวเหนือ-ใต้ (รูปที่ 2c) เนื่องจากด้านทิศใต้เชื่อมกับทะเลสาบสงขลาด้วยคลองบ้านกลาง โดยทะเลสาบสงขลามีลักษณะเป็นทะเลสาบที่มีจุดเชื่อมต่อกับทะเล (lagoon) (รูปที่ 2b) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย จึงควรที่จะส่งผลกระทบต่อระดับน้ำในทะเลสาบสงขลาและทะเลน้อย ตามลำดับ นอกจากนี้ด้วยลักษณะโดยรอบของทะเลน้อยที่มีเทือกเขาอยู่ทางทิศตะวันตก จึงอาจพบการเคลื่อนย้ายของตะกอนจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก

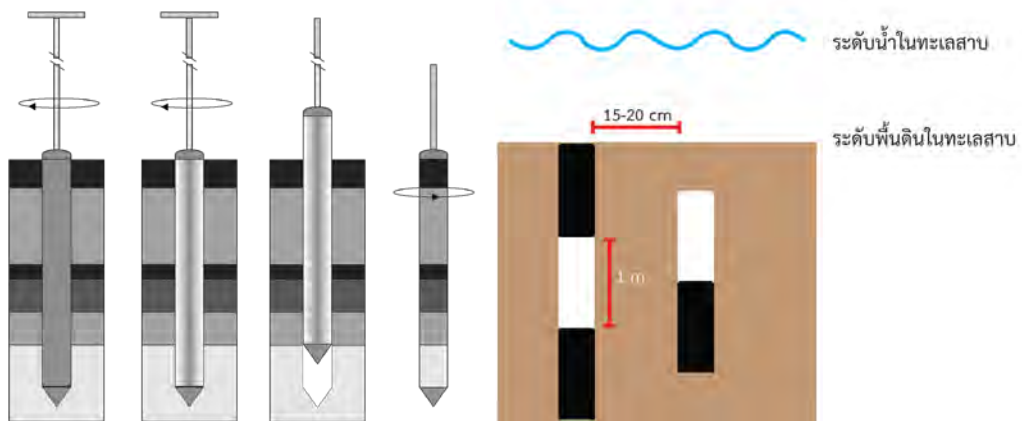
การเก็บตัวอย่างในแต่ละจุดศึกษาจะทำการวัดระดับน้ำบริเวณที่จะทำการเก็บแท่งตะกอนก่อน หลังจากนั้นใช้เครื่องเก็บแท่งตะกอนแบบรัสเซีย (russian corer) (รูปที่ 3) เจาะเข้าไปในชั้นตะกอนใต้น้ำในทะเลสาบ โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 1 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างลึกลงไปเรื่อยๆไม่สามารถเจาะลงไปได้อีกต่อมาจะเลื่อนจุดเก็บตัวอย่างออกไปห่างจากจุดเดิมประมาณ 30 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างให้มีความคาบเกี่ยวกัน (overlap) ทางความลึกเทียบกับตำแหน่งแรกประมาณ 50 เซนติเมตร (รูปที่ 4)



- รูปที่ 2 a) ตำแหน่งของทะเลน้อยตั้งอยู่ในจังหวัดพัทลุง  
 b) ทิศตะวันตกมีเทือกเขาสูง ทิศเหนือและตะวันออกเป็นที่ราบ เชื่อมกับทะเลสาบสงขลาทางทิศใต้ โดยคลองบ้านกลาง  
 c) ในการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการเก็บแท่งตะกอนจำนวน 8 ตำแหน่ง ในแนวทิศเหนือ-ใต้ และทิศ ตะวันออก-ตะวันตก แต่ละตำแหน่งห่างกันประมาณ 1 กิโลเมตร



รูปที่ 3 เครื่องเก็บแท่งตะกอนแบบรัสเซีย (russian corer) (รูปล่าง) และการเก็บตัวอย่างแท่ง ตะกอนที่ทะเลน้อย



รูปที่ 4 การเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเก็บแท่งตะกอนแบบรัสเซีย (russian corer) ในแต่ละจุดศึกษา

### 2.3 การลำดับชั้นตะกอน

หลังจากเก็บตัวอย่างแท่งตะกอนตามจุดศึกษาที่ได้วางแผนไปแล้ว (รูปที่ 2c) จะนำตัวอย่างมาศึกษาต่อที่ห้องปฏิบัติการ ณ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการระบุลักษณะทางตะกอนวิทยาอย่างละเอียด ซึ่งสามารถอธิบายและจำแนกประเภทได้จากลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี ส่วนประกอบของตะกอน (minerogenic) รวมไปถึงปริมาณของซากอินทรีย์วัตถุที่พบร่วมกับตะกอน และขอบเขตของชั้นตะกอน (Wohlfarth, 2015) นำลักษณะตะกอนมาเทียบสัมพันธ์ระหว่างแท่งตะกอนทั้งสองตำแหน่งในแต่ละจุดศึกษา สร้างเป็นความลึกกร่วม (composite depth) เพื่อเป็นตัวแทนของการลำดับชั้นตะกอนในแต่ละจุดศึกษา (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 การเทียบความลึกกร่วมของแท่งตะกอน เพื่อวิเคราะห์และทำลำดับชั้นตะกอนออกมาให้มีความต่อเนื่องกัน



## 2.4 การวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผา

หลังจากทำการเทียบสัมพันธ์ทุกจุดศึกษาแล้ว จะนำแท่งตะกอนของจุดศึกษาที่พบว่าประกอบด้วยทุกหน่วยตะกอนมาแบ่งตัวอย่างทุกๆ 1 เซนติเมตร เพื่อมาวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผา (loss on ignition; LOI) โดยค่าที่ได้จะนำมาใช้ร่วมกับการเรียกชนิดตะกอนตามการแบ่งชนิดตะกอนโดย Wohlfarth (2015)

การวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผา นั้นเป็นวิธีการประมาณปริมาณของอินทรีย์วัตถุ (organic matter) และคาร์บอนอนินทรีย์ (inorganic carbon) ในตะกอนที่ง่าย โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่หายไปจากการเผา ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส และ 950 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านระยะเวลาการศึกษาในครั้งนี้จะทำการหามวลที่หายไปจากการเผาเฉพาะที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเท่านั้น โดยอินทรีย์วัตถุจะเริ่มมีการเผาไหม้ที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส และจะถูกเผาไหม้โดยสมบูรณ์ที่อุณหภูมิที่ 550 องศาเซลเซียส (Santisteban และคณะ, 2004) แต่ถึงอย่างไรก็ตามการวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสนั้นไม่สามารถบอกปริมาณของอินทรีย์วัตถุเชิงปริมาณ (quantitative data) ได้ แต่สามารถบอกปริมาณเชิงคุณภาพ (qualitative data) ได้ (Santisteban และคณะ, 2004) เนื่องจากความหลากหลายขององค์ประกอบของตะกอนที่แตกต่างกันในแต่ละบริเวณและในขณะที่เผาอาจจะมีสารอื่นนอกจากอินทรีย์วัตถุถูกเผาไปด้วย จึงทำให้ไม่สามารถคำนวณปริมาณของอินทรีย์วัตถุออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้ แต่สามารถบอกได้ว่าในแต่ละชั้นตะกอนมีปริมาณของอินทรีย์วัตถุมากน้อยแตกต่างกันอย่างไร

การหามวลที่หายไปจากการเผา เริ่มจากชั่งน้ำหนักของเบ้าทนไฟ (crucible) นำตัวอย่างที่จะใช้วิเคราะห์ใส่ในเบ้าทนไฟ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง คำนวณมวลตะกอนที่นำไปใช้วิเคราะห์จากสมการ 1

$$W_{Sediment} = W_{crucible+sediment} - W_{crucible} \quad \text{--- (1)}$$

$W_{Sediment}$	คือ น้ำหนักของตะกอน
$W_{crucible+sediment}$	คือ น้ำหนักของเบ้าทนไฟที่ใส่ตะกอนแล้ว
$W_{crucible}$	คือ น้ำหนักของเบ้าทนไฟที่ยังไม่ได้ใส่ตะกอน

นำตัวอย่างในเบ้าทนไฟไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 12 ชั่วโมง มวลที่เหลืออยู่จะเป็นมวลตะกอนแห้ง นำตัวอย่างแห้งที่ผ่านการอบแล้วไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง (Heiri และคณะ, 2001) ด้วยเตาเผาเซรามิก (รูปที่ 6) นำตัวอย่างมาชั่งและคำนวณหามวลที่หายไปจากการเผาดังสมการ 2

$$\%_{LOI550} = \frac{W_{dehydrate} - W_{LOI550}}{W_{dehydrate} - W_{crucible}} \times 100 \quad \text{--- (2)}$$

$\%_{LOI550}$	คือ ปริมาณมวลที่หายไปจากการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเปอร์เซ็นต์
$W_{LOI550}$	คือ น้ำหนักของเบ้าทนไฟที่ใส่ตัวอย่างหลังจากการเผา



รูปที่ 6 เตาเผาเซรามิกอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส (คนในรูปสูง 175 ซม.)

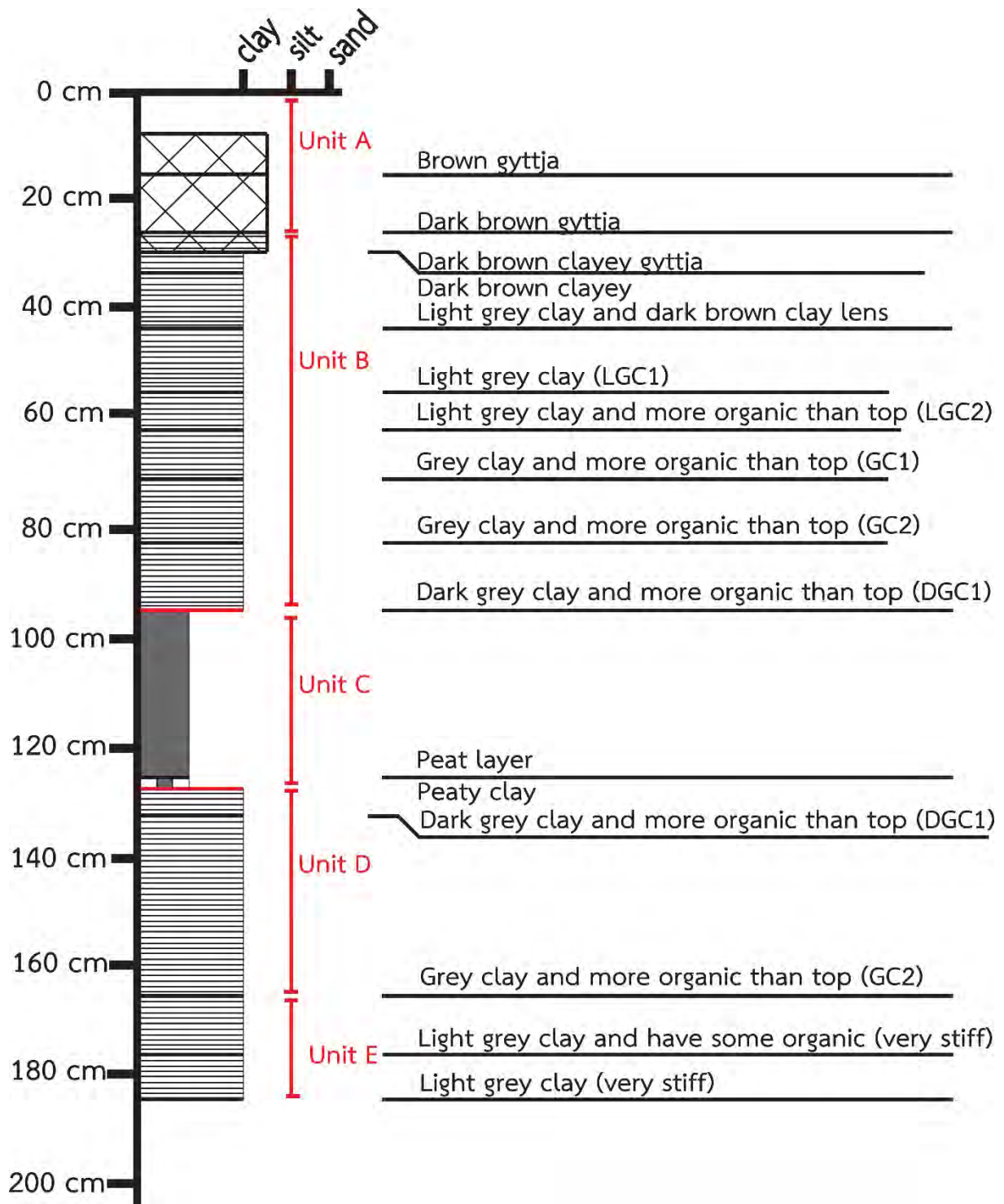
### บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (result and interpretation)

#### 3.1 การลำดับชั้นตะกอน

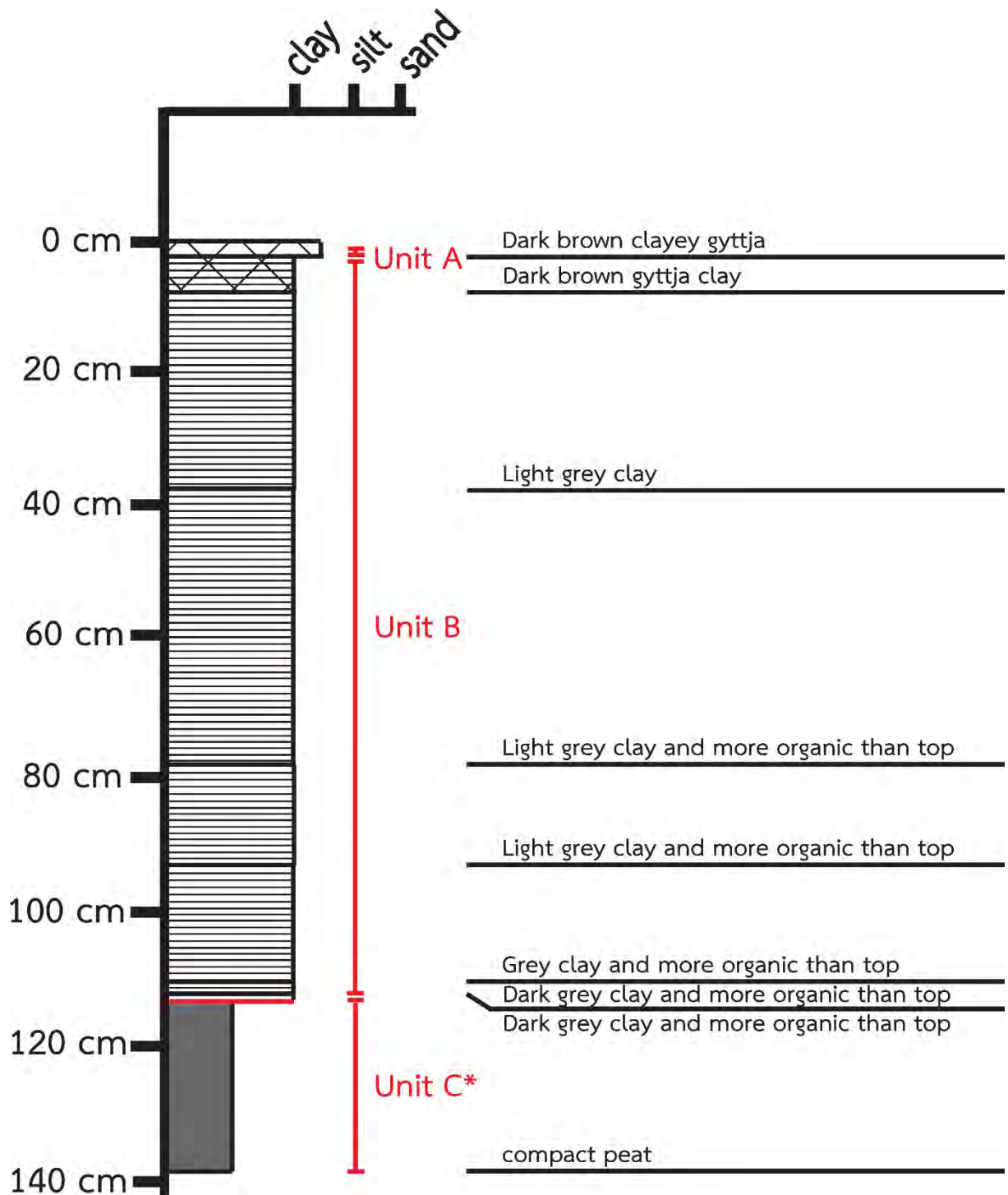
การศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออก-ตะวันตก (รูปที่ 2 ) ทั้งหมด 8 จุดศึกษาคือ TLN-CP3, TLN-CP4, TLN-CP5, TLN-CP7, TLN-CP8, TLN-CP9, TLN-CP10 และ TLN-CP11 (ตารางที่ 1) จากการเทียบสัมพันธ์พบว่าสามารถแบ่งการลำดับชั้นตะกอนออกได้เป็น 2 แบบ โดยลำดับชั้นตะกอนที่จุดศึกษา TLN-CP4 (รูปที่ 7) และ TLN-CP11 (รูปที่ 8) เป็นตัวแทนของการกระจายตัวของชั้นตะกอนในแอ่งสะสมตัวของตะกอนทะเลน้อยทางทิศตะวันออกและตะวันตกตามลำดับ

ตารางที่ 1 ข้อมูลตำแหน่ง ความลึกจากระดับน้ำ และความหนาของตะกอนในแต่ละจุดศึกษา

ตำแหน่งจุดศึกษา	ละติจูด	ลองจิจูด	ความลึกจากระดับน้ำ (เซนติเมตร)	ความหนาของแท่งตะกอน (เซนติเมตร)
TLN-CP3	7°47'23"	100°07'40"	150	234
TLN-CP4	7°47'11"	100°09'00"	200	184
TLN-CP5	7°47'15"	100°08'23"	150	237.5
TLN-CP7	7°47'03"	100°09'60"	150	292
TLN-CP8	7°47'34"	100°09'04"	200	168
TLN-CP9	7°48'05"	100°09'07"	200	231
TLN-CP10	7°46'38"	100°09'07"	200	143
TLN-CP11	7°47'06"	100°09'32"	200	139



รูปที่ 7 ลำดับชั้นตะกอนบริเวณจุดศึกษา TLN-CP4 บริเวณกลางทะเลน้อย เป็นตัวแทนของการลำดับชั้นตะกอนบริเวณด้านทิศ ตะวันตกของแอ่งสะสมตัวของตะกอน (ตำแหน่งอยู่รูปที่ 2 และตารางที่ 1) ประกอบด้วยตะกอนโคลนสีเทาอ่อน (ชั้นตะกอน หน่วย E และ D) ตะกอนที่มีซากอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่มาก (ชั้นตะกอนหน่วย C) ตะกอนโคลนสีเทาเข้ม (ชั้นตะกอนหน่วย B) และตะกอนทะเลสาบสีน้ำตาล (ชั้นตะกอนหน่วย A)



รูปที่ 8 ลำดับชั้นตะกอนบริเวณจุดศึกษา TLN-CP11 บริเวณด้านทิศตะวันออกของทะเลน้อย อยู่ห่างจาก TLN-CP4 ประมาณ 1 กม. ไปทางทิศตะวันออก เป็นตัวแทนของการลำดับชั้นตะกอนบริเวณด้านทิศตะวันออกของแอ่งสะสมตัวของตะกอน (ตำแหน่งในรูปที่ 2 และตารางที่ 1) ตะกอนที่มีซากอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่มากและเนื้อตะกอนการจับตัวกันแน่น (well compaction) (ชั้นตะกอนหน่วย C\*) ตะกอนโคลนสีเทาเข้ม (ชั้นตะกอนหน่วย B) และตะกอนทะเลสาบสีน้ำตาล (ชั้นตะกอนหน่วย A)

### 3.1.1 ลำดับชั้นตะกอนบริเวณจุดศึกษา TLN-CP4

จุดศึกษา TLN-CP4 ประกอบด้วยชั้นตะกอน 5 หน่วย (unit) คือ หน่วย E (unit E) หน่วย D (unit D) หน่วย C (unit C) หน่วย B (unit B) และหน่วย A (unit A) ตามลำดับจากล่างขึ้นบน (รูปที่ 7) ซึ่งในแต่ละหน่วยจะมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันดังนี้

หน่วย E (184–166 เซนติเมตร)

เป็นชั้นตะกอนที่อยู่ล่างสุด มีลักษณะเป็นสีเทาอ่อน ตะกอนมีลักษณะที่ละเอียดมาก ประมาณขนาดโคลน (clay size) และมีลักษณะที่เหนียว (very stiff) มาก

หน่วย D (166-128.5 เซนติเมตร)

เป็นชั้นตะกอนที่อยู่ถัดขึ้นมาจากชั้นตะกอนหน่วย E โดยมีรอยต่อด้านล่างแบบค่อยๆ เปลี่ยน (lower gradual boundary) ตะกอนที่พบในชั้นตะกอนหน่วย D มีลักษณะเป็นสีเทาอ่อน ถึงเทา มีจุดสีดำของซากพืชกระจายอยู่ทั่วเนื้อตะกอน ขนาดตะกอนประมาณขนาดโคลน ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปคล้ายคลึงกับตะกอนที่พบในหน่วย E แต่ชั้นตะกอนหน่วย D จะมีความเหนียวของตะกอนน้อยกว่าอย่างชัดเจน (รูปที่ 9)

หน่วย C (128.5–95.5 เซนติเมตร)

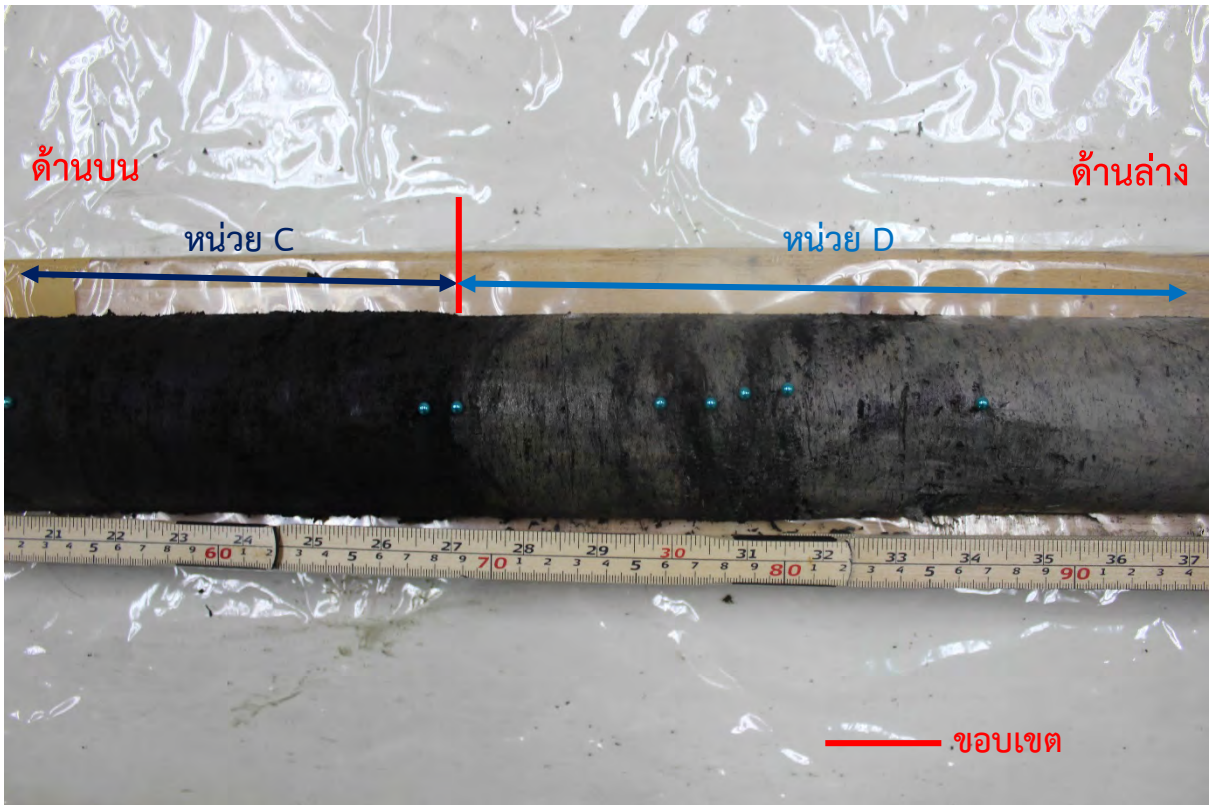
เป็นชั้นตะกอนที่อยู่ถัดขึ้นมาจากชั้นตะกอนหน่วย D โดยมีลักษณะรอยต่อด้านล่างที่แสดงเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน (lower sharp boundary) (รูปที่ 9) ตะกอนในชั้นตะกอนหน่วย C มีสีดำ พบซากพืชปะปนอยู่ร่วมกับตะกอนเป็นจำนวนมาก เรียกตะกอนชนิดนี้ว่า พีต (peat) (รูปที่ 9 และ 10)

หน่วย B (95.5–26.5 เซนติเมตร)

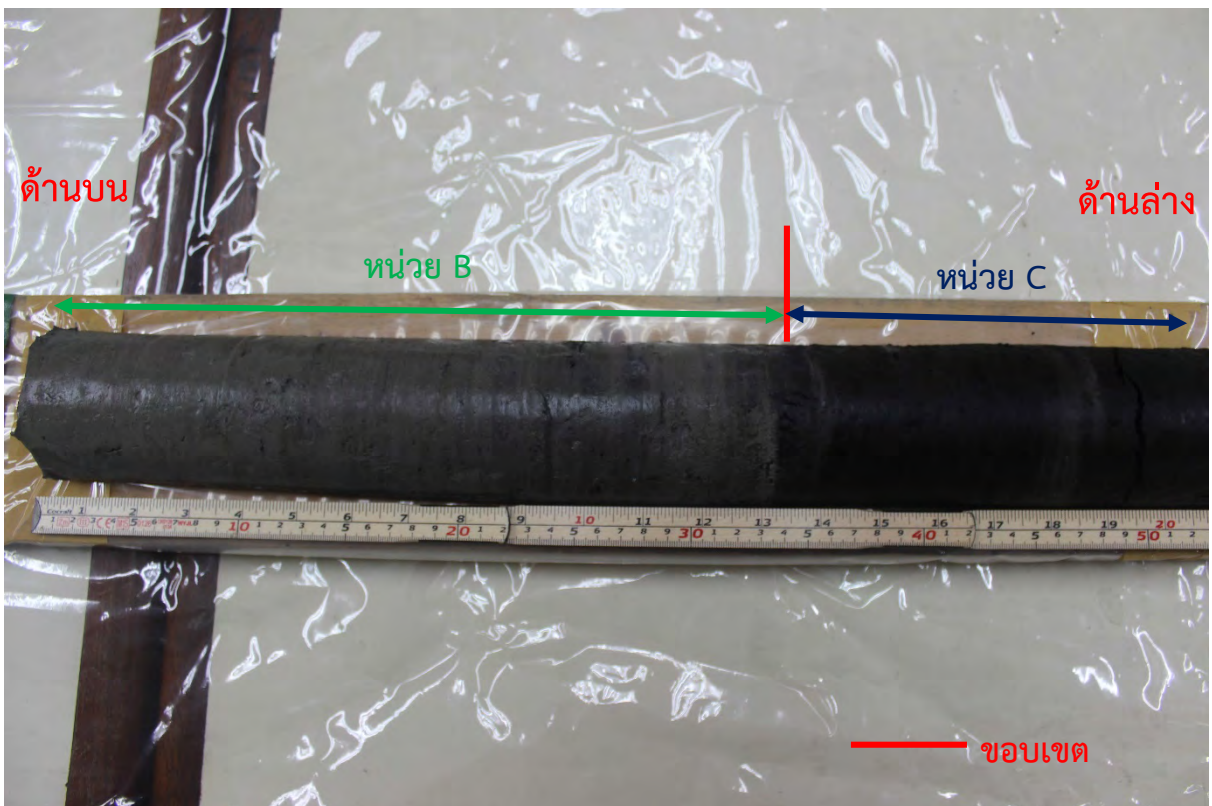
เป็นชั้นตะกอนที่อยู่ถัดขึ้นมาจากชั้นตะกอนหน่วย C โดยมีรอยต่อระหว่างชั้นตะกอนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน (รูปที่ 10) ตะกอนมีสีเทาเข้มบริเวณด้านล่างของชั้นตะกอนหน่วย B และสีเทาอ่อนบริเวณช่วงกลางและช่วงบนของหน่วยตะกอน มีจุดสีดำของซากพืชกระจายตัวปะปนอยู่ทั่วทั้งเนื้อตะกอน โดยเฉพาะช่วงล่างของหน่วยตะกอน ตะกอนมีความละเอียดมากขนาดประมาณขนาดโคลน มีลักษณะค่อนข้างคล้ายกับชั้นตะกอนหน่วย D แต่จะมีจุดสีดำที่เยอะกว่าชั้นตะกอนหน่วย D (รูปที่ 10)

หน่วย A (26.5–0 เซนติเมตร)

เป็นชั้นที่อยู่ถัดขึ้นมาจากชั้นตะกอนหน่วย B โดยมีลักษณะรอยต่อแบบค่อยๆ เปลี่ยน ตะกอนมีลักษณะเป็นสีเทาเข้มจนถึงน้ำตาล พบซากพืชโดยเฉพาะรากพืชกระจายปะปนอยู่ทั่วไป ตะกอนมีลักษณะค่อนข้างละเอียด ขนาดตะกอนหยาบกว่าโคลนเล็กน้อย และตะกอนไม่ค่อยจับตัวกัน โดยเฉพาะส่วนบนสุดของหน่วยตะกอน



รูปที่ 9 รอยต่อระหว่างหน่วย D และหน่วย C ซึ่งเป็นรอยต่อที่ชัดเจน สามารถระบุรอยต่อได้อย่างแน่นอน



รูปที่ 10 รอยต่อระหว่างหน่วย C และหน่วย B ซึ่งเป็นรอยต่อที่ชัดเจน สามารถระบุรอยต่อได้อย่างแน่นอน

### 3.1.2 ลำดับชั้นตะกอนบริเวณจุดศึกษา TLN-CP11

หน่วย C\* (139–116 เซนติเมตร)

เป็นชั้นตะกอนชั้นล่างสุดที่พบในแท่งตะกอน TLN-CP11 และ TLN-C7 ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันชั้นตะกอนหน่วย C มาก แต่มีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกับชั้นตะกอนหน่วย C คือ ชั้นตะกอนหน่วย C\* เนื้อตะกอนจะมีการจับตัวกันแน่น (compaction) มากกว่าชั้นตะกอนหน่วย C อย่างชัดเจน

หน่วย B (116–6 เซนติเมตร)

ตะกอนที่พบในชั้นตะกอนหน่วย B ที่พบมีลักษณะคล้ายคลึงกับที่พบในแท่งตะกอนจากจุดศึกษาด้านตะวันออก

หน่วย A (6–0 เซนติเมตร)

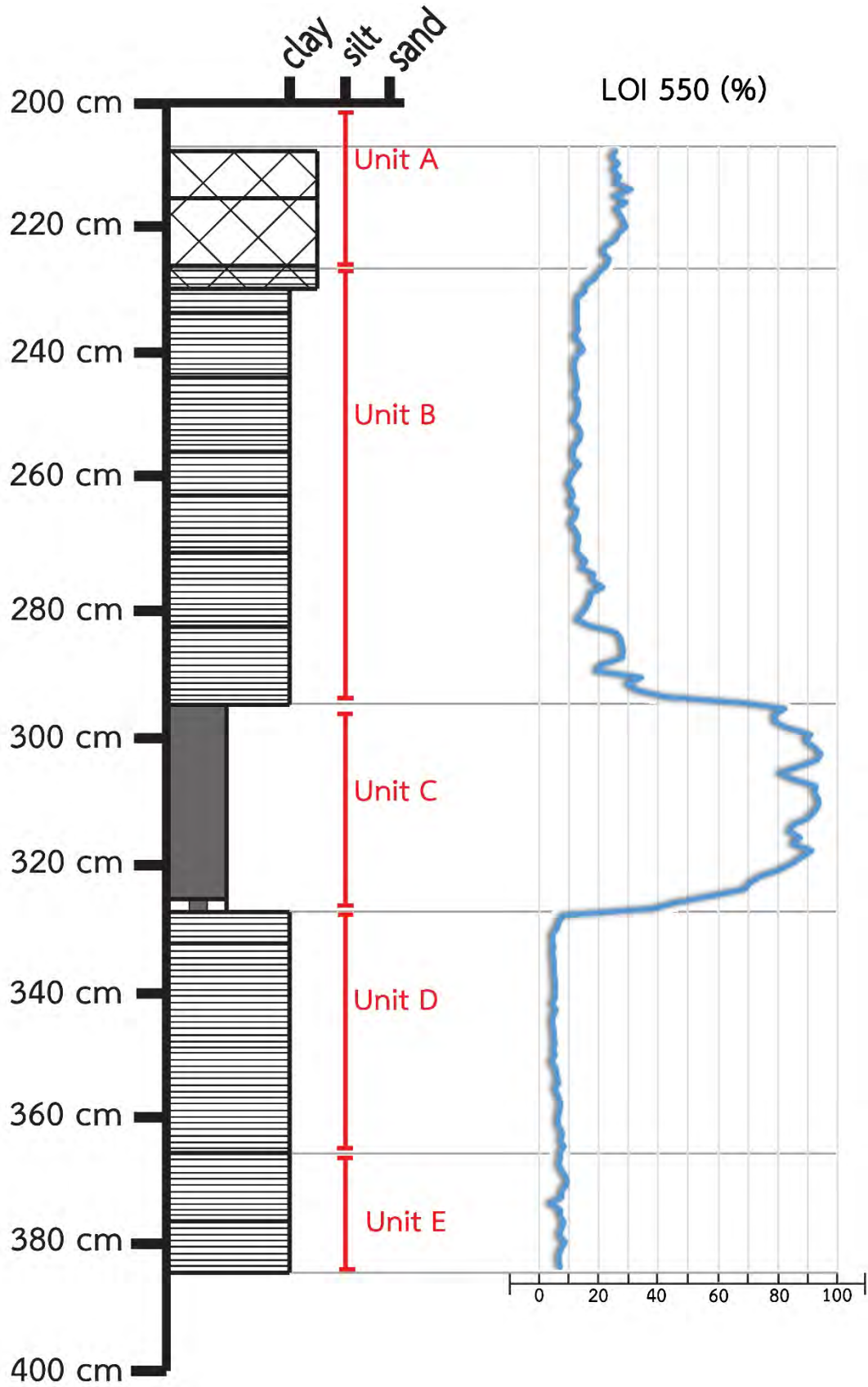
ตะกอนที่พบในชั้นตะกอนหน่วย A ที่พบมีลักษณะคล้ายคลึงกับที่พบในแท่งตะกอนจากจุดศึกษาด้านตะวันออก

### 3.2 การวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผาตัวอย่าง (loss on ignition: LOI)

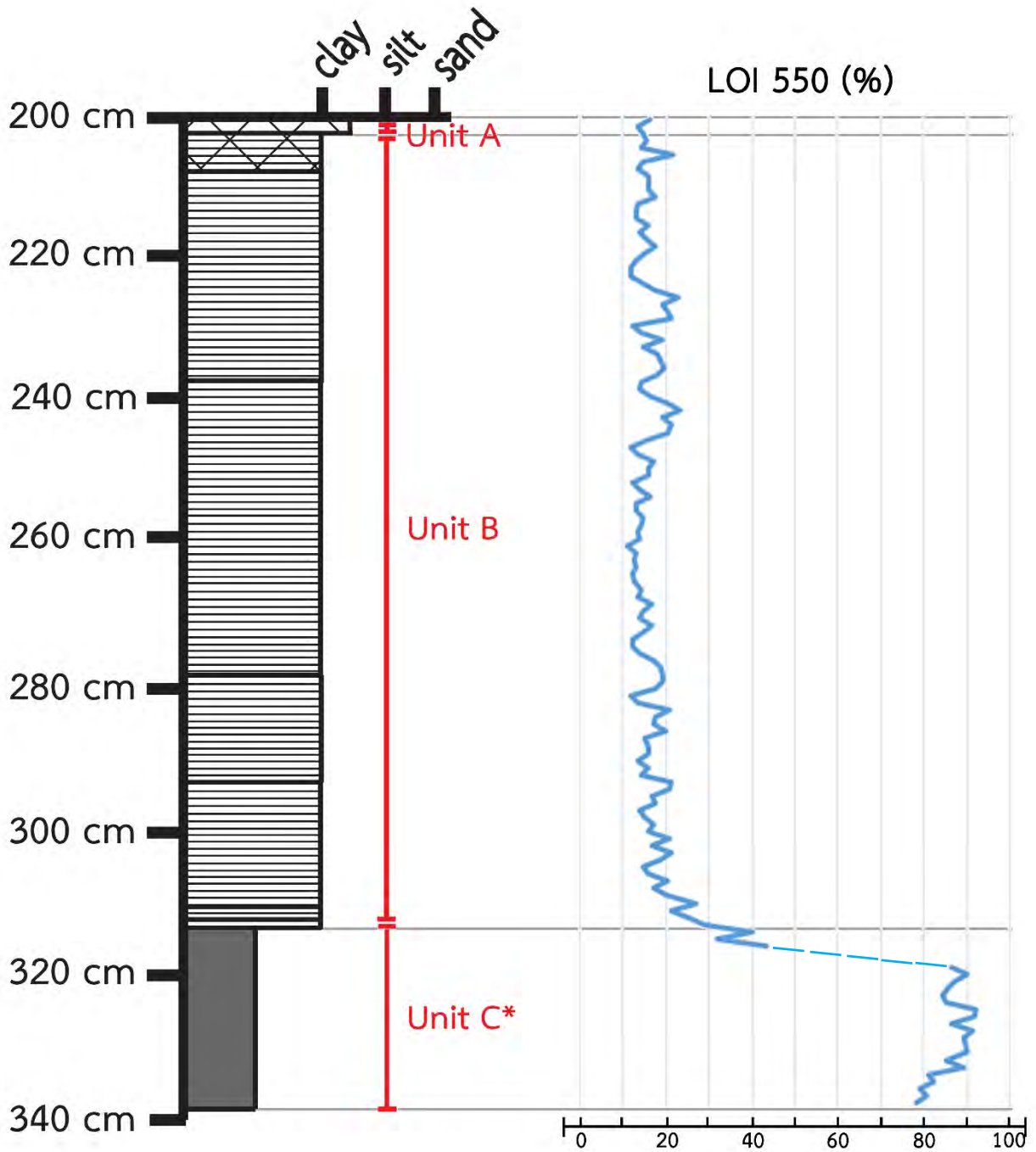
จากการวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผาของแท่งตะกอน TLN-CP4 พบว่ามวลของตะกอนที่หายไประหว่าง 4% และ 94% โดยหน่วย E และหน่วย D จะมีมวลที่หายไปจากการเผาน้อยกว่า 10% มวลที่หายไปจากการเผาเพิ่มสูงขึ้นแบบฉับพลันในชั้นตะกอนหน่วย C โดยมีค่ามวลที่หายไปจากการเผาสูงที่สุดในแท่งตะกอนประมาณ 80% – 90% ค่ามวลที่หายไปจากการเผาตกลงอย่างรวดเร็วจากประมาณ 90% ในชั้นตะกอนหน่วย C เหลือเพียงประมาณ 30% ในชั้นตะกอนหน่วย B ช่วงล่างของชั้นตะกอนหน่วย B มีค่ามวลที่หายไปจากการเผาตกลงอย่างต่อเนื่องถึงประมาณ 10% ที่ความลึก 270 เซนติเมตร และมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยประมาณ 10% จนถึงช่วงบนของชั้นตะกอนหน่วย B ที่ความลึกประมาณ 225 เซนติเมตร มวลที่หายไปจากการเผาค่อยๆเพิ่มขึ้นอีกครั้งตั้งแต่ 10 ถึง 30% ในชั้นตะกอนหน่วย A (รูปที่ 11)

ค่ามวลที่หายไปจากการเผาในแท่งตะกอน TLN-CP11 ช่วงล่าง (ชั้นตะกอนหน่วย C\*) มีค่าใกล้เคียงกับตะกอนในหน่วยตะกอน C ประมาณ 80-90% มวลที่หายไปจากการเผามีค่าลดลงอย่างฉับพลันจาก 90% ในตะกอนช่วงบนของชั้นตะกอนหน่วย C\* เป็น 20% บริเวณช่วงล่างของชั้นตะกอนหน่วย B ที่ความลึกประมาณ 310 เซนติเมตร ในตะกอนชั้นที่อยู่เหนือขึ้นไป ค่ามวลที่หายไปจากการเผามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยมากประมาณ 10-20% (รูปที่ 12) ชั้นตะกอนหน่วย A เป็นหน่วยบนสุด มีค่ามวลที่หายไปจากการเผาประมาณ 15% เนื่องจากตะกอนหน่วย A ของแท่งตะกอน TLN-CP11 มีปริมาณที่น้อยมาก จึงมีค่าที่ไม่เท่ากับค่ามวลที่หายไปจากการเผาของหน่วย A ในแท่งตะกอน TLN-CP11





รูปที่ 11 การเปรียบเทียบค่ามวลที่หายไปจากการเผากับลำดับชั้นตะกอนในความลึกที่ต่างกัน ในตำแหน่งจุดศึกษา TLN-CP4 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)



รูปที่ 12 การเปรียบเทียบค่ามวลที่หายไปจากการเผากับลำดับชั้นตะกอนในความลึกที่ต่างกัน ในตำแหน่งจุดศึกษา TLN-CP11 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)

### 3.3 การเทียบสัมพันธ์ (correlation)

เมื่อนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยการลำดับชั้นตะกอน มาทำการเทียบสัมพันธ์โดยใช้ลักษณะทางตะกอนวิทยา (sedimentology) ในการเทียบสัมพันธ์ เพื่อหาความสัมพันธ์และการกระจายตัวของตะกอนในแนวตะวันออก-ตะวันตก และในแนวเหนือ-ใต้ (รูปที่ 13 และ 14)

#### 3.3.1 การเทียบสัมพันธ์ในแนวตะวันออก-ตะวันตก

ในแนวตะวันออก-ตะวันตก ใช้ชั้นตะกอนหน่วย B เป็นชั้นตะกอนหลัก (key bed) ในการเทียบสัมพันธ์ในแต่ละจุดศึกษาเนื่องจากชั้นตะกอนหน่วย B กระจายทั่วทั้งบริเวณ ชั้นตะกอนหน่วย E และหน่วย D จะพบเฉพาะบริเวณฝั่งตะวันตกและบริเวณตอนกลางของทะเลน้อยเท่านั้น ซึ่งตะกอนในหน่วย E เป็นตะกอนที่มีความเหนียวมาก ในขณะที่บริเวณฝั่งตะวันออกจะไม่พบชั้นตะกอนหน่วย E และหน่วย D แต่จะพบชั้นตะกอนหน่วย C\* ซึ่งมีลักษณะเด่นที่เป็นตะกอนที่มีค่า LOI สูงและเนื้อตะกอนจับตัวกันแน่นอยู่ในชั้นล่างสุด นอกจากความแน่นแล้วลักษณะอื่นของตะกอนที่พบในชั้นตะกอนหน่วย C และหน่วย C\* มีลักษณะตะกอนวิทยาที่เหมือนกัน ชั้นตะกอนหน่วย C และหน่วย C\* ต่างถูกปิดทับด้วยชั้นตะกอนหน่วย B เหมือนกัน จึงสามารถเทียบสัมพันธ์บริเวณรอยต่อ (boundary) ระหว่างชั้นตะกอนหน่วย C และหน่วย B กับชั้นตะกอนหน่วย C\* และหน่วย B อยู่ในช่วงเวลาเดียวกันได้ แต่การที่ชั้นตะกอนหน่วย C\* ประกอบด้วยตะกอนที่จับตัวกันแน่นอาจจะเป็นผลมาจากการที่ตะกอนชั้นนี้มีการสะสมตัวมานานกว่าชั้นตะกอนหน่วย C (รูปที่ 13)

ชั้นตะกอนหน่วย E และหน่วย D จะหนามากขึ้นจากฝั่งตะวันตกไปถึงตอนกลางของทะเลน้อย (รูปที่ 13) ในขณะที่ฝั่งตะวันออกไม่พบการสะสมตัวของชั้นตะกอนหน่วย E และหน่วย D จึงคาดว่าเป็นผลมาจากการที่ชั้นตะกอนหน่วย E และหน่วย D สะสมตัวนั้นบริเวณฝั่งตะวันตกและตอนกลางของทะเลน้อยมีความลึกมากกว่าฝั่งตะวันออก ในขณะที่บริเวณฝั่งตะวันออกพบการสะสมตัวของชั้นตะกอนหน่วย C\*

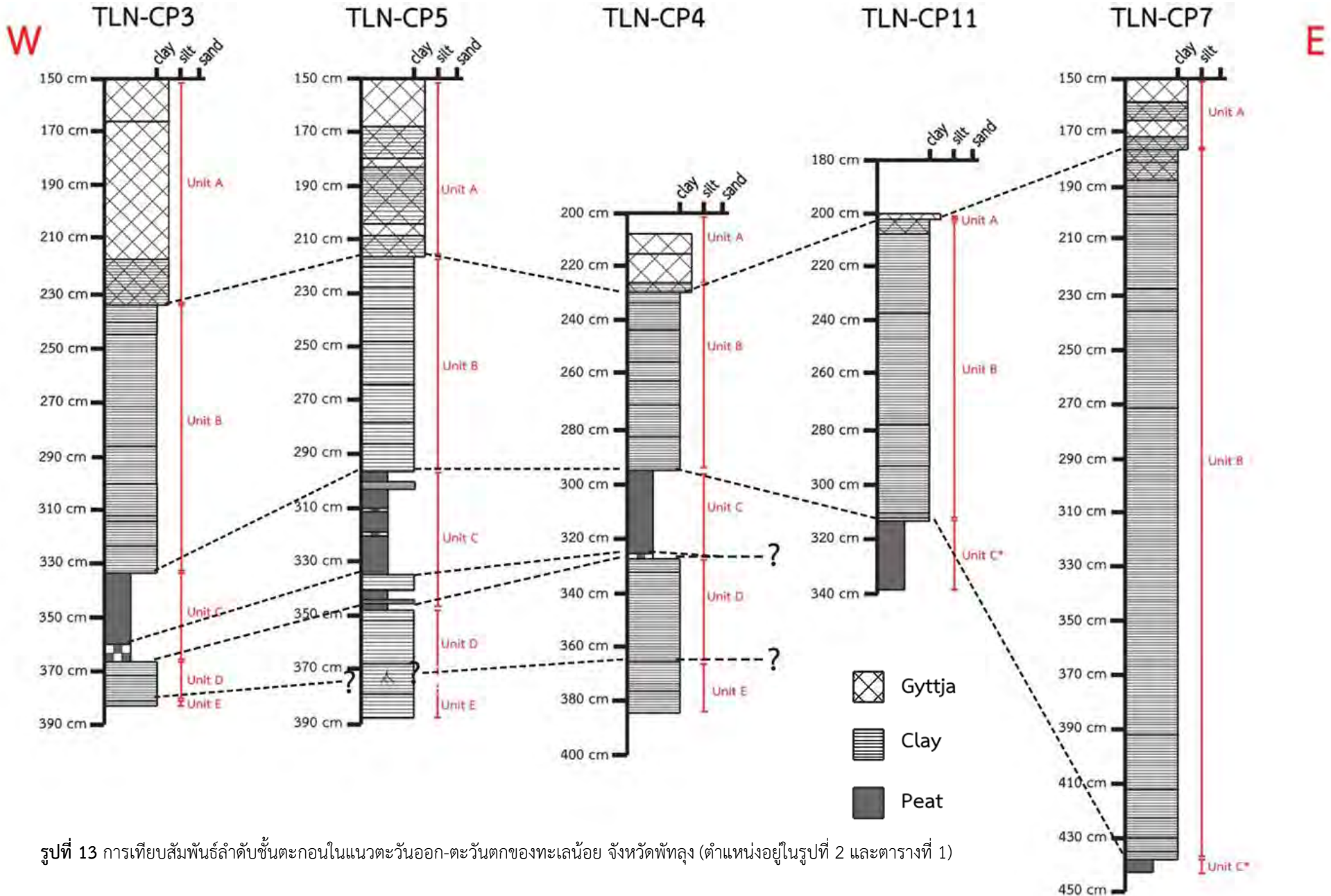
ชั้นตะกอนหน่วย C และหน่วย C\* ต่างถูกปิดทับด้วยชั้นตะกอนหน่วย B โดยพบว่าบริเวณฝั่งตะวันออกมีความหนาของชั้นตะกอนหน่วย B มากกว่าฝั่งตะวันตก จึงอาจจะแสดงให้เห็นว่าบริเวณฝั่งตะวันออกของทะเลน้อยนั้นมีแอ่งสะสมตะกอนอีกแอ่งหนึ่ง หลังจากที่บริเวณทะเลน้อยมีการพัฒนาไปเป็นทะเลสาบ ทำให้ชั้นตะกอนหน่วย B ถูกปิดทับด้วยชั้นตะกอนหน่วย A ที่มีลักษณะเป็นตะกอนทะเลสาบจนมาถึงปัจจุบัน

#### 3.3.2 การเทียบสัมพันธ์ในแนวเหนือ-ใต้

ในแนวเหนือ-ใต้ การลำดับชั้นตะกอนจะเหมือนกันตลอดแนว โดยประกอบด้วยชั้นตะกอนทั้ง 5 หน่วย นั่นคือ หน่วย E หน่วย D หน่วย C หน่วย B และหน่วย A ตามลำดับจากล่างขึ้นบน เช่นเดียวกับการลำดับชั้นตะกอนบริเวณฝั่งตะวันตก มีการสะสมตัวของตะกอนในแต่ละหน่วยกระจายทั่วทั้งแนว การเทียบสัมพันธ์ในแนวทิศเหนือ-ใต้ใช้ชั้นตะกอนหน่วย C เป็นหน่วยตะกอนหลักในการเทียบสัมพันธ์เนื่องจากมีความหนาที่เห็นได้ชัดเจนในขณะที่ชั้นตะกอนหน่วย B ตีบบางในทางเหนือของแอ่งสะสมตัว (รูปที่ 14)

จากการเทียบสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าบริเวณตรงกลางแอ่งมีความลึกมากกว่าขอบแอ่งด้านเหนือและด้านใต้ โดยบริเวณด้านเหนือของทะเลน้อยพบชั้นตะกอนหน่วย B ที่บางมากกว่าจุดศึกษาอื่น ในขณะที่บริเวณขอบแอ่งสะสมตัวของตะกอนทางทิศใต้มีความหนาของหน่วย B ไม่ต่างจากบริเวณตรงกลางของแอ่งสะสมตัวของตะกอน (รูปที่ 14) จึงทำให้อาจสรุปได้ว่าทะเลน้อยได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลจาก

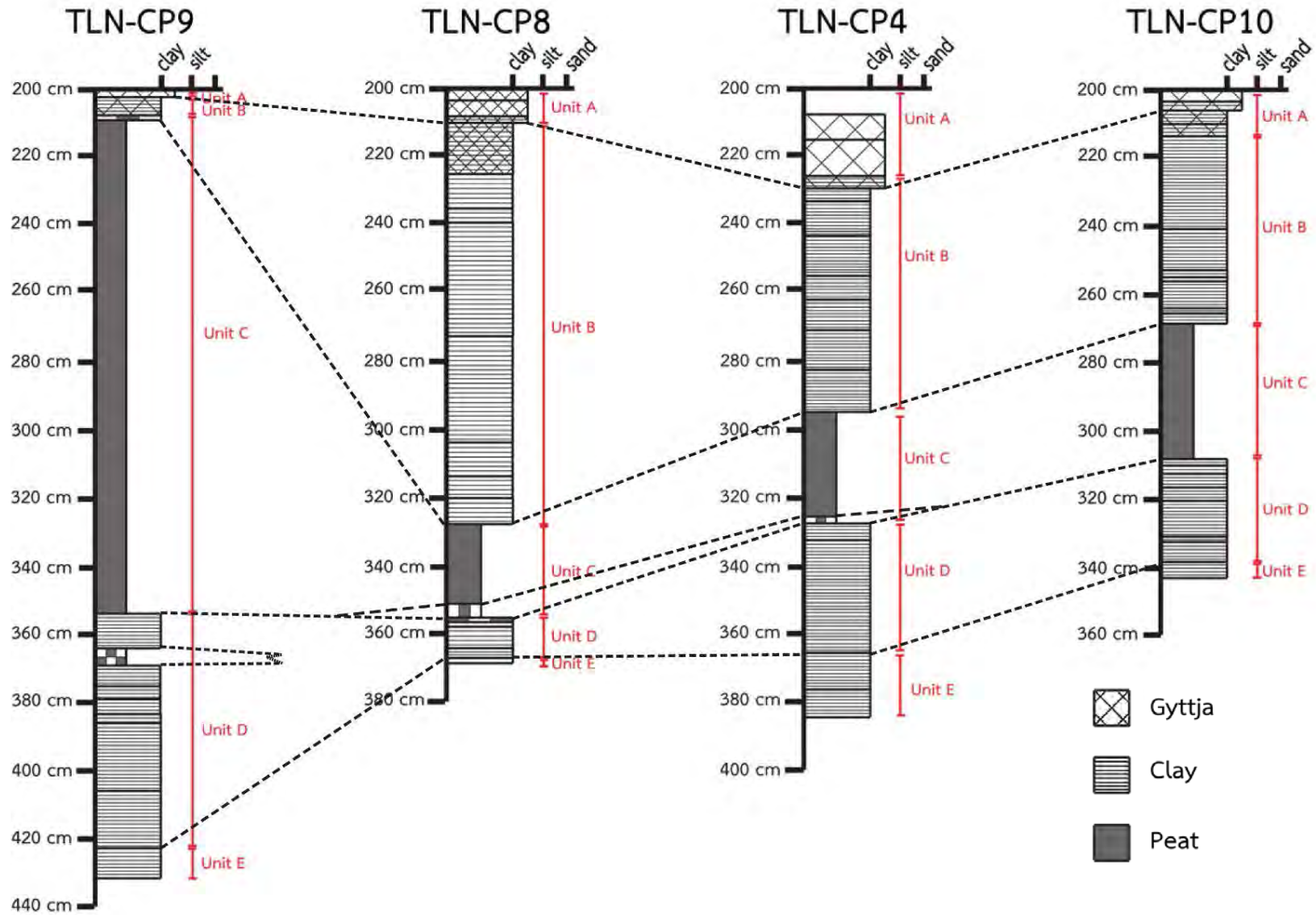
ทางด้านทิศใต้ขึ้นไปทางทิศเหนือ ในขณะที่บริเวณขอบของทะเลน้อยด้านทิศเหนือได้รับอิทธิพลจากน้ำท่า (runoff) ที่ไหลเข้าสู่ทะเลน้อยทำให้บริเวณขอบทางทิศเหนือเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ มีพืชขึ้นปกคลุมและมีการสะสมตัวของซากพืชตลอดเวลา



รูปที่ 13 การเทียบสัมพันธ์ลำดับชั้นตะกอนในแนวตะวันออก-ตะวันตกของทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)

N

S



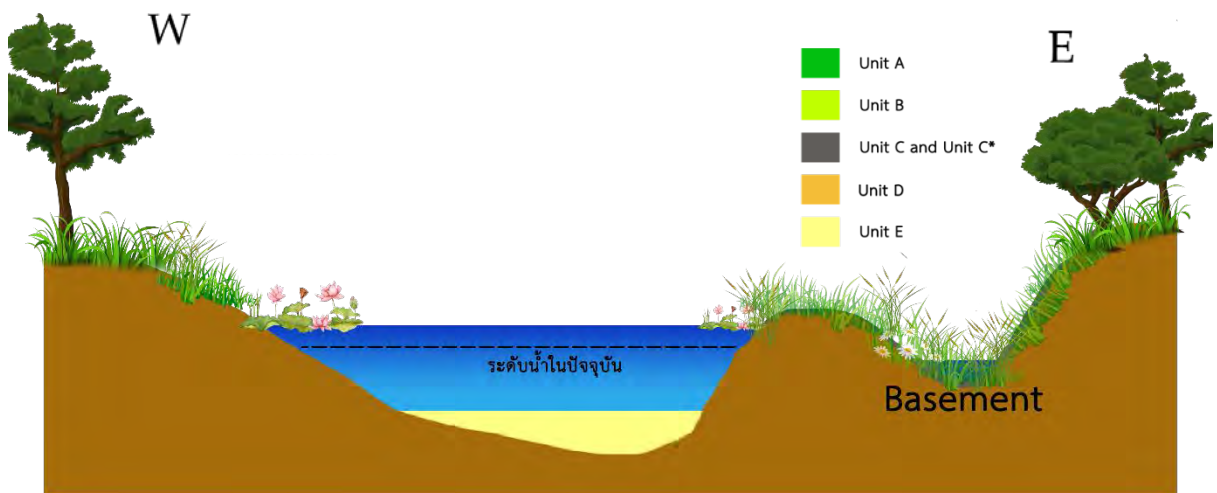
รูปที่ 14 การเทียบสัมพันธ์ลำดับชั้นตะกอนในแนวเหนือ-ใต้ ของทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)

## บทที่ 4 อภิปรายผลการวิจัย (discussion)

### 4.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในอดีตบริเวณทะเลน้อย

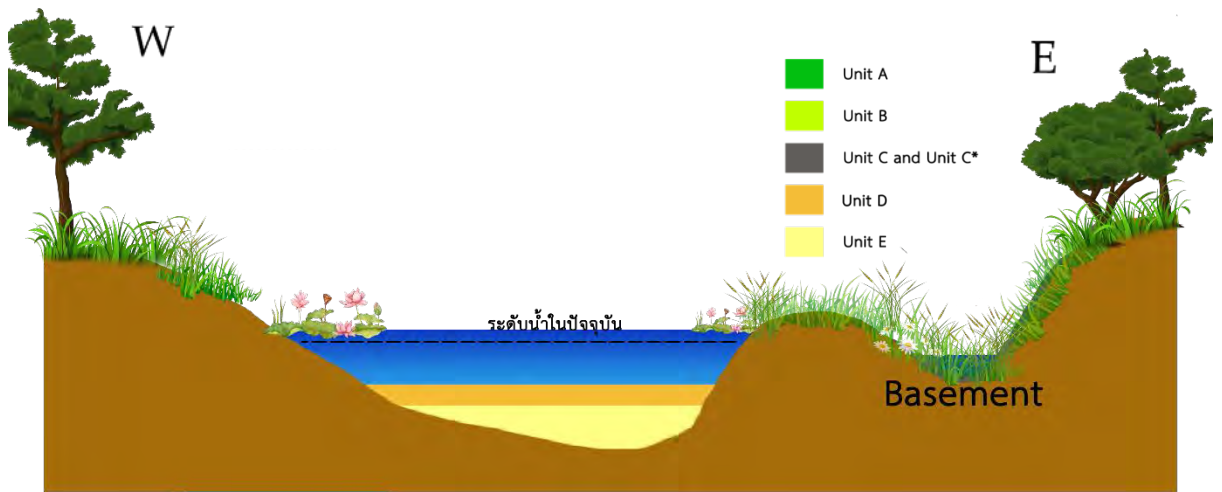
จากการเทียบสัมพันธ์แห่งตะกอนจากจุดศึกษาในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก และในแนวทิศเหนือ-ใต้ สามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของตะกอนบริเวณทะเลน้อยได้อย่างคร่าวๆ ในที่นี่ได้จำลองการสะสมตัวของตะกอนในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก เนื่องจากในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตกมีลักษณะการลำดับชั้นตะกอนต่างกัน 2 แบบ ในขณะที่ในแนวทิศเหนือ-ใต้อาจมีลำดับชั้นตะกอนที่เหมือนกัน

ชั้นตะกอนหน่วย E มีลักษณะเป็นตะกอนโคลนสีเทาอ่อนเหนียว มวลที่หายไปจากการเผาไหม้ค่าต่ำ แสดงถึงการมีอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่น้อย ทำให้แปลความได้ว่าบริเวณทะเลน้อยได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลที่รุกล้ำเข้ามา ทำให้ระดับน้ำบริเวณทะเลน้อยเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่บริเวณฝั่งตะวันออกของทะเลน้อยจะมีเนินลักษณะคล้ายคันดินเป็นตัวกั้นน้ำไม่ให้ท่วมเข้าไปบริเวณฝั่งตะวันออก ทำให้บริเวณฝั่งตะวันออกเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ มีพืชปกคลุม ตกสะสมตะกอนพีตที่เป็นชั้นตะกอนหน่วย C\* (รูปที่ 15)



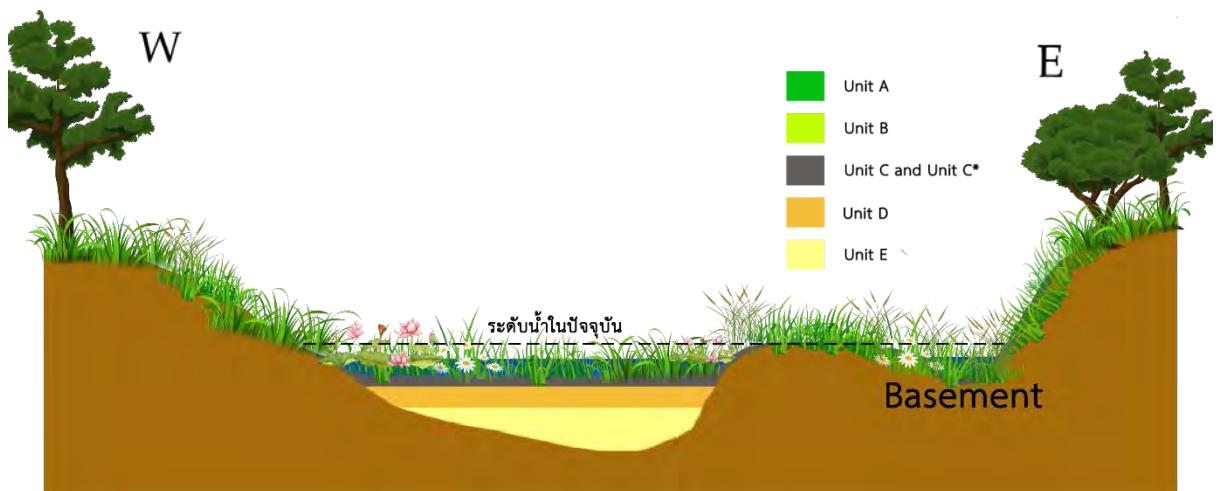
รูปที่ 15 สภาพแวดล้อมโบราณในช่วงที่มีการตกสะสมตะกอนหน่วย E และหน่วย C\*

ต่อมาระดับน้ำในทะเลน้อยค่อยๆ ลดลง เป็นผลมาจากการลดลงของระดับน้ำทะเล ทำให้เกิดการตกสะสมตะกอนหน่วย D ซึ่งเป็นตะกอนโคลนที่คล้ายกับหน่วย E แต่มีความเหนียวน้อยกว่าและมีซากพืชปะปนอยู่มากกว่า ซึ่งอาจจะแสดงให้เห็นว่าในช่วงนี้ทะเลน้อยอาจจะเริ่มได้รับอิทธิพลจากน้ำท่า (runoff) และนอกจากนั้นบริเวณที่เป็นคันดินค่อยๆ เกิดการผุพัง (weathering) เนื่องจากเป็นส่วนที่มีการไหลขึ้นมาเนื่อน้ำตลอดเวลา และระดับน้ำยังไม่สามารถท่วมไปถึงอีกฝั่งของคันดินได้ บริเวณฝั่งตะวันออกจึงตกสะสมตะกอนพีต (หน่วย C\*) ต่อไป (รูปที่ 16)



รูปที่ 16 สภาพแวดล้อมโบราณในช่วงที่มีการตกสะสมตะกอนหน่วย D และหน่วย C\*

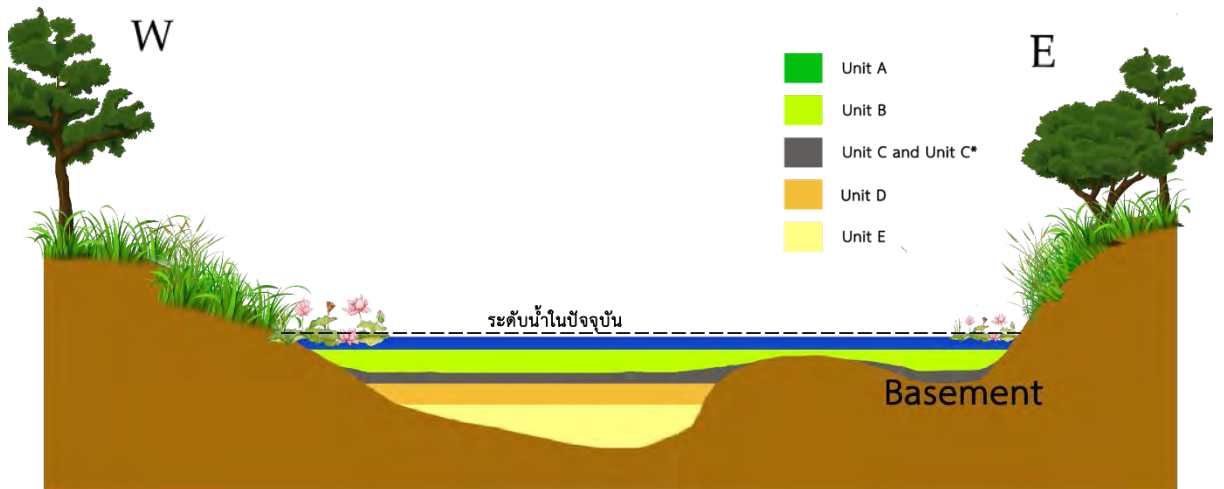
ระดับน้ำในทะเลน้อยลดลงต่อเนื่องจนทำให้บริเวณทะเลน้อยเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ มีพืชขึ้นปกคลุมทั่วทั้งทะเลน้อย เกิดการตกสะสมตัวของซากพืชที่กระจายตัวอยู่โดยรอบประกอกับน้ำในทะเลสาบมีออกซิเจนน้อย (anaerobic conditions) ทำให้อัตราการย่อยสลายซากพืชลดลงเกิดการสะสมตัวของ ตะกอนหน่วย C ในขณะที่บริเวณฝั่งตะวันออกก็ยังสะสมตะกอนหน่วย C\* (รูปที่ 17)



รูปที่ 17 สภาพแวดล้อมโบราณในช่วงที่มีการตกสะสมตะกอนหน่วย C และหน่วย C\*

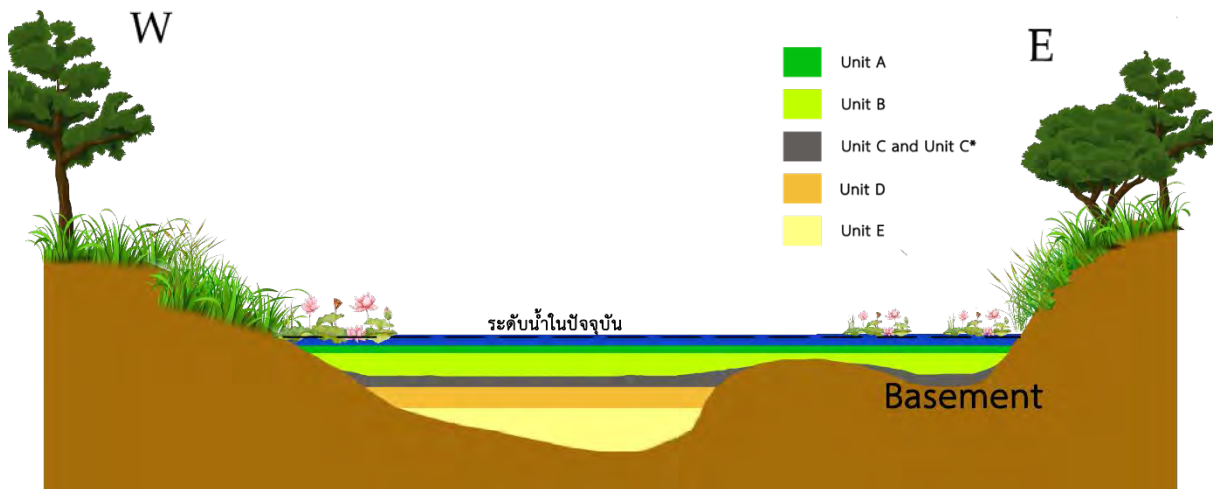
ต่อมาระดับน้ำภายในทะเลน้อยสูงขึ้น (รูป 18) ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นจนเกือบเข้าใกล้ระดับน้ำในปัจจุบัน แต่การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำครั้งนี้เกิดพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ทำให้น้ำในบริเวณทะเลสาบมีลักษณะเป็นน้ำกร่อย เกิดการพัฒนาตัวของตะกอนภายใต้สภาพแวดล้อมแบบที่ลุ่มราบน้ำขึ้นถึง (tidal flat) ทำให้ตะกอนโคลนหน่วย B สะสมตัวและนอกจากนั้นบริเวณคันดินที่เกิดการยุบลงนั้น ทำให้การระดับน้ำเพิ่มขึ้นท่วมทั่วทั้งทะเลน้อย ทำให้หน่วย B ครอบคลุมทั่วทั้งฝั่งตะวันออกและตะวันตกของทะเลน้อย





รูปที่ 18 สภาพแวดล้อมโบราณในช่วงที่มีการตกสะสมตะกอนหน่วย B

หลังจากนั้นระดับน้ำในทะเลน้อยนั้นเพิ่มสูงขึ้นจนถึงปัจจุบัน ซึ่งระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นได้รับอิทธิพลมาจากน้ำจืดที่ไหลเข้ามาภายในทะเลน้อยมากขึ้น ทำให้บริเวณทะเลน้อยมีการพัฒนาเป็นทะเลสาบน้ำจืดจนมาถึงปัจจุบัน ซึ่งจะตกสะสมตะกอนทะเลสาบ หรือชั้นตะกอนหน่วย A (รูปที่ 19)



รูปที่ 19 สภาพแวดล้อมโบราณในช่วงที่มีการตกสะสมตะกอนหน่วย A

## 4.2 ปัญหาในการวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่มีการอายุของตะกอน ทำให้พบปัญหาในอภิปรายร่วมกับงานวิจัยอื่น เนื่องจากไม่สามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงอายุได้ นอกจากนี้แล้วการใช้ลักษณะตะกอนเพียงอย่างเดียวในการแปลความหมายเชิงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมอาจจะมีความคลาดเคลื่อน งานวิจัยนี้จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์เพิ่มเติมต่อไป และควรมีการหาอายุเพื่อระบุช่วงอายุในแต่ละสภาพแวดล้อมการสะสมตัว ร่วมกับการใช้หลักฐานอื่น เช่น การศึกษาละอองเรณูเพื่อใช้ในการระบุสภาพแวดล้อมการสะสมตัวให้ชัดเจนมากขึ้นต่อไป

## บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย (conclusion)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในอดีตบริเวณทะเลน้อยนั้น พบว่าตัวแปรหลักในการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมบริเวณทะเลน้อยนั้นคือระดับน้ำภายในทะเลน้อย ซึ่งจะส่งผลให้มีการตกสะสมตะกอนที่แตกต่างกันออกตามระดับน้ำที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่เกิดขึ้นภายในทะเลน้อยนั้นมี 2 ตัวแปรที่เป็นตัวควบคุมระดับน้ำภายในทะเลน้อย นั่นคือ 1) การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของระดับน้ำทะเล และ 2) การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำจืดที่ไหลเข้ามาภายในทะเลน้อย จากการวิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลอง สามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้คร่าวๆดังนี้ ในช่วงแรกนั้นระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าปัจจุบัน ทำให้น้ำทะเลรุกเข้ามากภายในทะเลน้อยจากทางทิศใต้ของทะเลน้อย ทำให้อัตราของระดับน้ำของทะเลน้อยเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าปัจจุบัน หลังจากนั้นระดับน้ำทะเลค่อยๆลดลง ส่งผลให้ระดับน้ำภายในทะเลน้อยค่อยๆลดลงเช่นกัน จนทำให้บริเวณทะเลน้อยนั้นเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ หรืออาจมีน้ำท่วมขังเล็กน้อย มีพืชขึ้นปกคลุมทั่วทั้งทะเลน้อย หลังจากนั้นน้ำจืดได้มีการไหลเข้ามาในบริเวณทะเลน้อย ทำให้อัตราของระดับน้ำของทะเลน้อยเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง แต่บริเวณทะเลน้อยนั้นยังคงได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลอยู่ ทำให้บริเวณทะเลน้อยเป็นน้ำกร่อยและมีลักษณะสภาพแวดล้อมคล้ายกับที่ลุ่มราบน้ำขึ้นถึง และหลังจากนั้นน้ำจืดได้มีการไหลเข้ามาภายในทะเลน้อยเพิ่มมากขึ้น และในขณะที่น้ำทะเลนั้นค่อยๆลดลงทำให้บริเวณทะเลน้อยได้มีการพัฒนากลายเป็นทะเลสาบน้ำจืดจนมาถึงปัจจุบัน

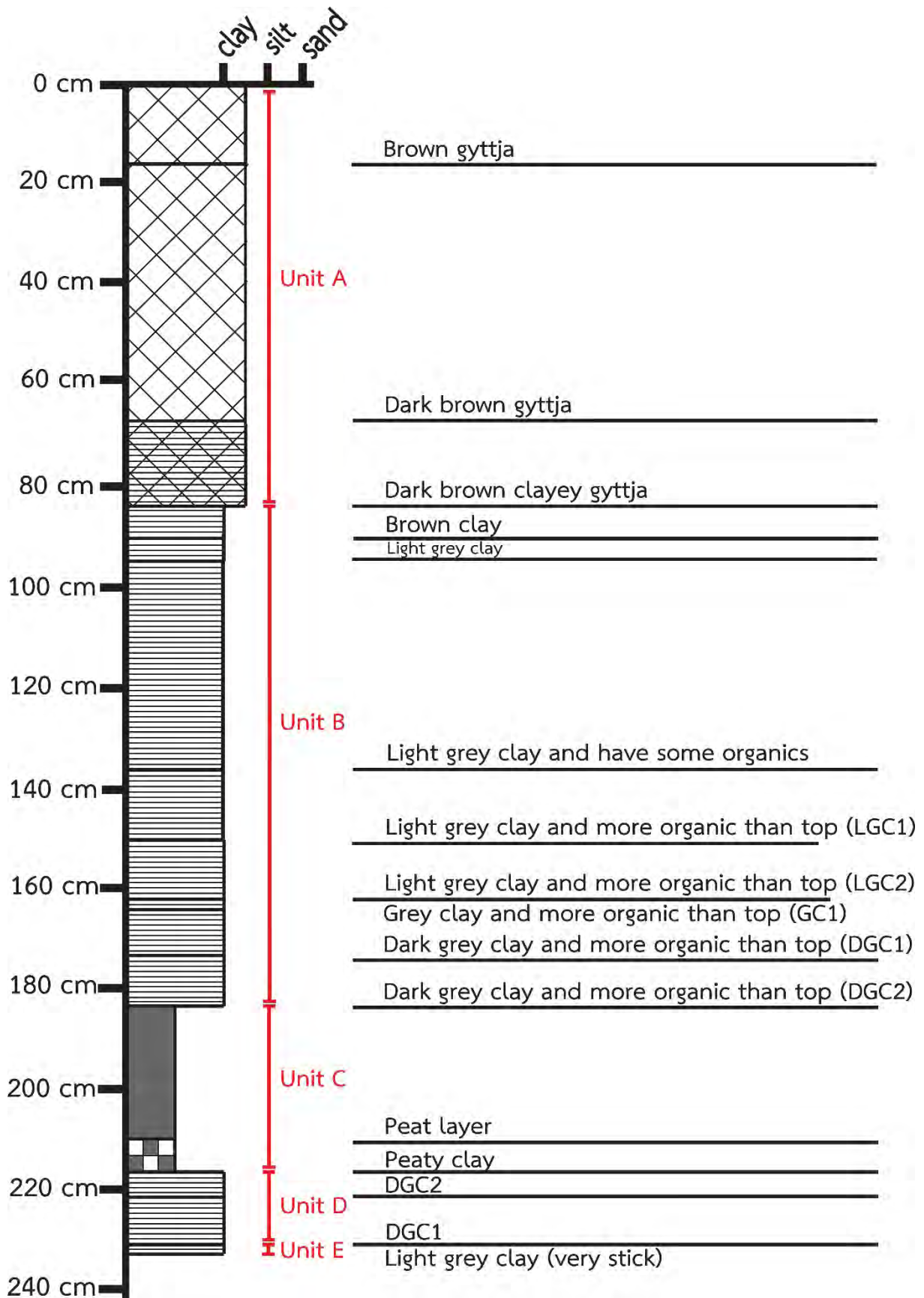
แต่ถึงอย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำภายในทะเลน้อยไม่ใช่ตัวแปรเพียงอย่างเดียวที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่ได้บันทึกไว้ในการเปลี่ยนแปลงของตะกอนที่เกิดขึ้น ยังมีอีกหลายตัวแปรเช่น การผุพัง การกัดกร่อน ปริมาณตะกอนที่เข้ามาภายในตัวทะเลสาบ เป็นต้น จึงไม่สามารถบอกได้อย่างแน่ชัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมตรงตามที่ได้ระบุไว้ข้างต้น งานวิจัยชิ้นนี้จึงต้องการการศึกษาต่อไปในอนาคต

## เอกสารอ้างอิง

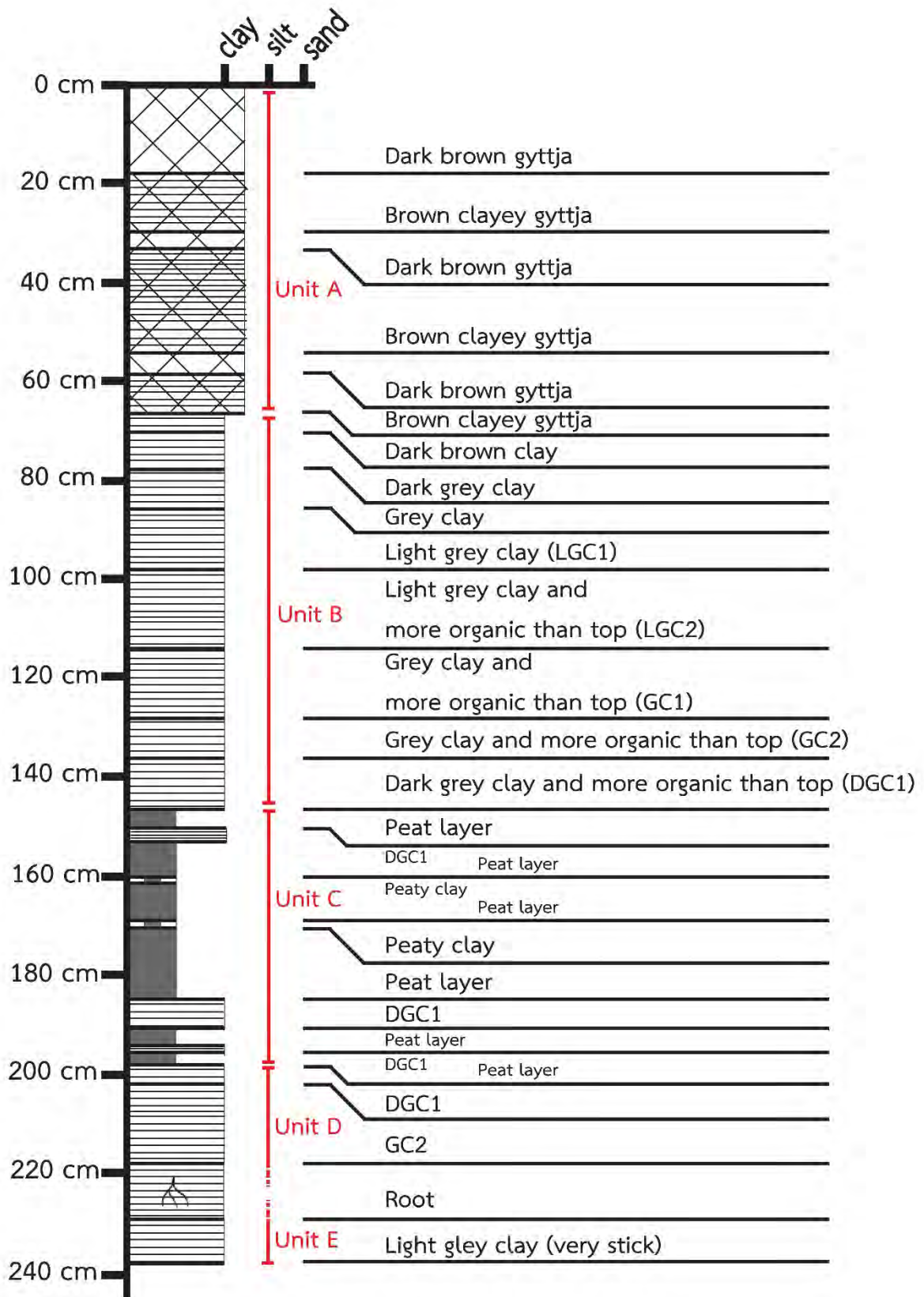
- ปรมิตา พันธวงศ์, 2550. การสะสมของละอองเรณูในดินเหนียวกรุงเทพฯจากอำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก และนัยที่เกี่ยวเนื่องกับสภาพภูมิศาสตร์ฟิซโกราณ. วิทยานิพนธ์(สาขาวิชาพฤกษศาสตร์)จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 128 หน้า.
- วิภาณุ รักษ์ใหม่, 2549. การศึกษาสภาพแวดล้อมบรรพกาลและการเปลี่ยนแปลงพืชพรรณในช่วงปลายยุคควอเทอร์นารีในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย จากหลักฐานทางเรณูวิทยา. วิทยานิพนธ์(สาขาวิชาชีววิทยาสังแวดล้อม)มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 199 หน้า.
- Barber D.C., Dyke A., Hillaire-Marcel C., Jennings A.E., Andrews J.T., Kerwin M.W., Bilodeau G., McNeely R., Southon J., Morehead M.D. and Gagnon J.-M. (1999). Forcing of the cold event of 8,200 years ago by catastrophic drainage of Laurentide lakes. *Nature* 400, 344-48.
- Chawchai S., Chabangborn A., Kylander M., Löwemark L., Mörtz C.-M., Blaauw M., Klubseang W., Reimer P.J., Fritz S.C., and Wohlfarth B. (2013). Lake Kumphawapi e an archive of Holocene palaeoenvironmental and palaeoclimatic changes in northeast Thailand, *Quaternary Science Reviews* 68, 59–75.
- Chawchai S., Chabangborn A., Fritz S.C., Valiranta M., Mörtz C.-M., Blaauw M., Reimer P.J., Löwemark L., and Wohlfarth B. (2015). Hydroclimatic shifts in northeast Thailand during the last two millennia e the record of Lake Pa Kho, *Quaternary Science Reviews* 111, 62-71.
- Choowong M., Ugai H., Charoentitirat T., Charusiri P., Daorerk V., Songmuang R., and Ladachart R. (2004). Holocene Biostratigraphical Records in Coastal Deposits from Sam Roi Yod National Park, Prachuap Khiri Khan, Western Thailand, *The Natural History Journal of Chulalongkorn University* 4(2), 1-18.
- Dam R.A.C., van der Kaars S. and Kershaw A.P. (2001). Quaternary environmental change in the Indonesian region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 171, 91 -95.
- Daws G. and Fujita M. (1999). *Archipelago: the Islands of Indonesia: from the nineteenth century discoveries of Alfred Russell Wallace to the fate offorests and reefs in the twenty-first century.* Berkeley CA: University of California Press, 254.
- Dickens A.F., Gelin Y., Masiello C.A., Wakeham S. and Hedges J.I. (2004). Reburial of fossil organic carbon in marine sediments. *Nature* 427, 336-39.
- Gupta A.K., Anderson D.M. and Overpeck J.T. (2003). Abrupt changes in the Asian southwest Monsoon during the Holocene and their links to the North Atlantic Ocean. *Nature* 421, 354-57.
- Hanebuth T.J., Voris H. K., Yokoyama Y., Saito Y., & Okuno J. (2011). Formation and fate of Sedimentary depocentreson Southeast Asia's SundaShelf over the past sea-level cycle and biogeographic implications.*Earth-Science Reviews*, 92–110.

- Horton B.P., P.I. Gibbard, G.m. Milne, R.j. Morley, C. Purintavaragul, and J.m. Stargardt. (2005). Holocene Sea Levels and Palaeoenvironments, Malay-Thai Peninsula, Southeast Asia. *The Holocene* 15.8, 1199-213.
- Kealhofer L., (2002). Changing perceptions of risk: The development of agro-ecosystems in Southeast Asia. *American Anthropologist* 104, 178-194
- Kealhofer L., (2002). Looking into the gaps: land use and the tropical forests of southern Thailand. *Asian Perspective* 42, 72-95
- Lerman. (1978). *Lakes Chemistry Geology Physics* (1). United States of America : Springer-Verlag New York Inc.
- Santisteban Juan I., Rosa Mediavilla, Enrique López-Pamo, Cristino J. Dabrio, M. Blanca Ruiz Zapata, M. José Gil García, Silvino Castaño, and Pedro E. Martínez-Alfaro. (2004). Loss on Ignition: A Qualitative or Quantitative Method for Organic Matter and Carbonate Mineral Content in Sediments?. *Journal of Paleolimnology* 32.3, 287-99.
- Street-Perrott F.A. and Perrott R.A. (1990). Abrupt climate fluctuations in the tropics: the influence of the Atlantic Ocean circulation. *Nature* 343, 607-12.
- Visser K., Thunel R. and Stott L. (2003). Magnitude and timing of temperature change in the Indo-Pacific warm pool during deglaciation. *Nature* 421, 152-55.
- Wallace A.R. (1869). *The Malay Archipelago: the land of the orang-utan and the Bird of Paradise. A narrative of travel with studies of man and nature.* London: Macmillan Reprint. New York: Dover Publications, 638.
- White C.J., Penny D., Kealhofer L., Maloney B. (2004). Vegetation changes from the late Pleistocene through the Holocene from three areas of archaeological significance in Thailand. *Quaternary International* 113, 111-132
- Wohlfarth B., Klubseang W., Inthongkaew S., Fritz S.C., Blaauw M., Reimer P.J., Chabangborn A., Löwemark L., and Chawchai S. (2012). Holocene environmental changes in northeast Thailand as reconstructed from a tropical wetland. *Global and Planetary Change* 92-93, 148-161.
- Wohlfarth. (2015). *Encyclopedia of Environmental Change* (1). Thousand Oaks : SAGE Publications, Ltd.

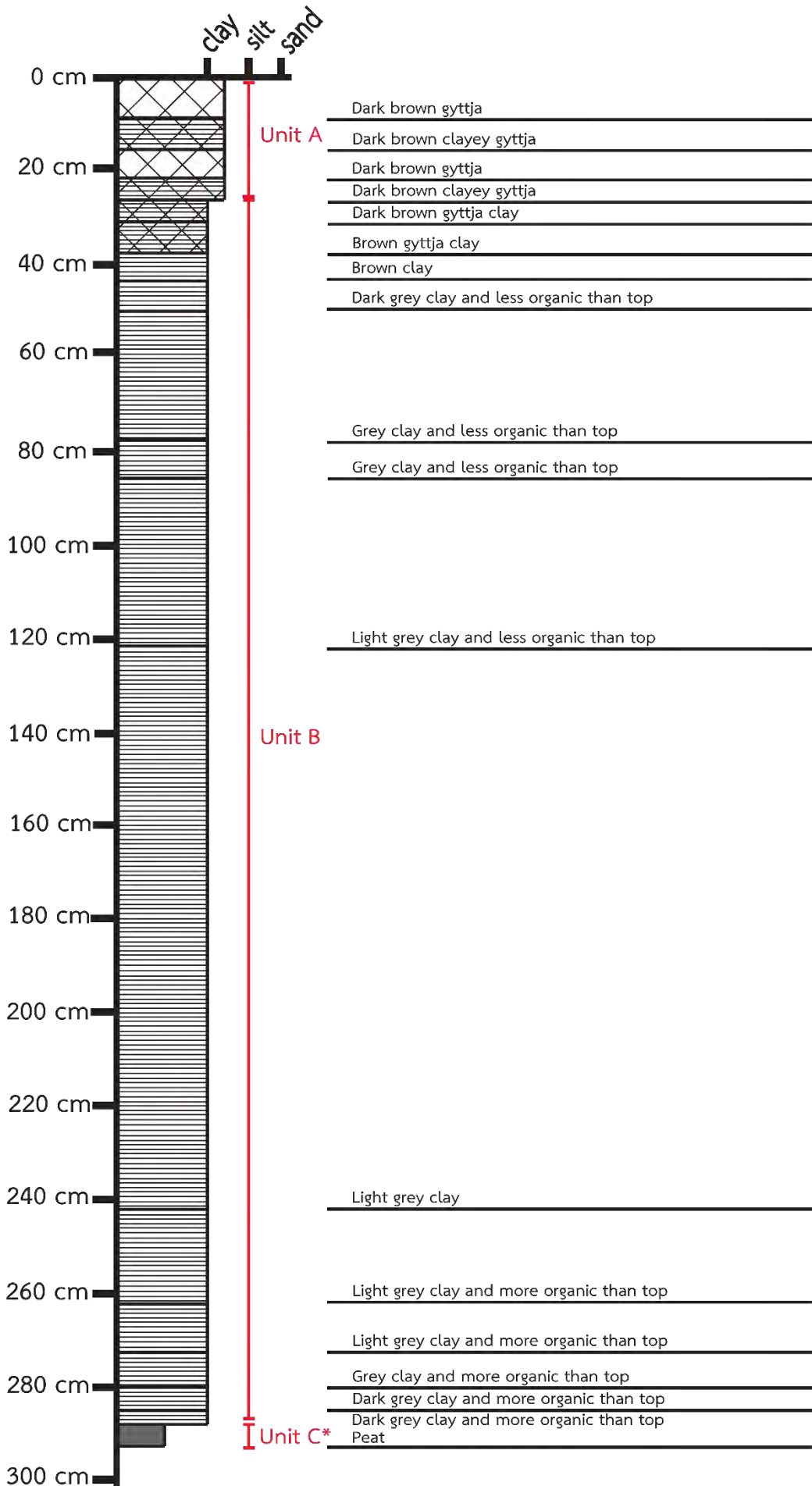
## ภาคผนวก



รูปที่ 20 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP3 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)

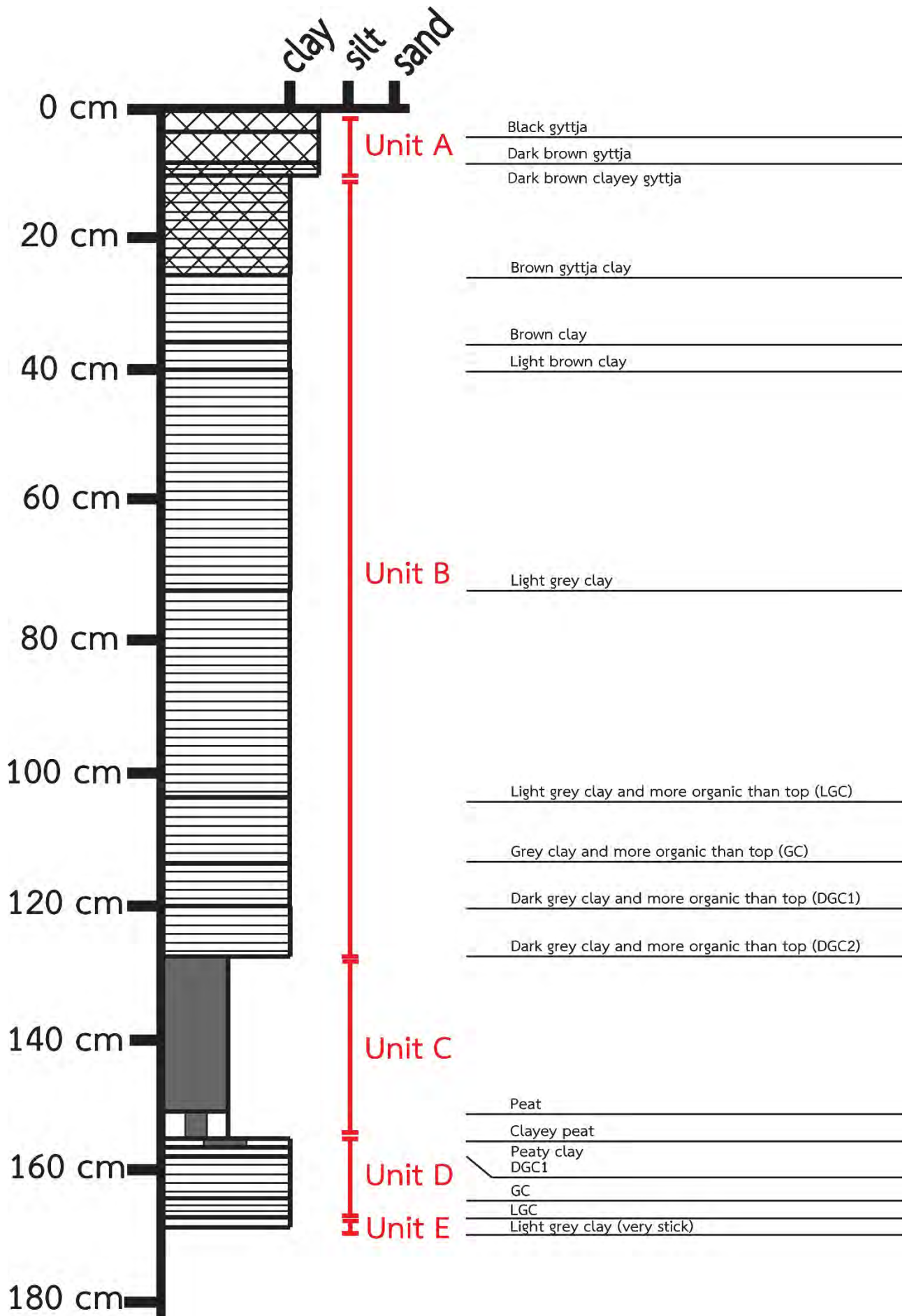


รูปที่ 21 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP5 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)

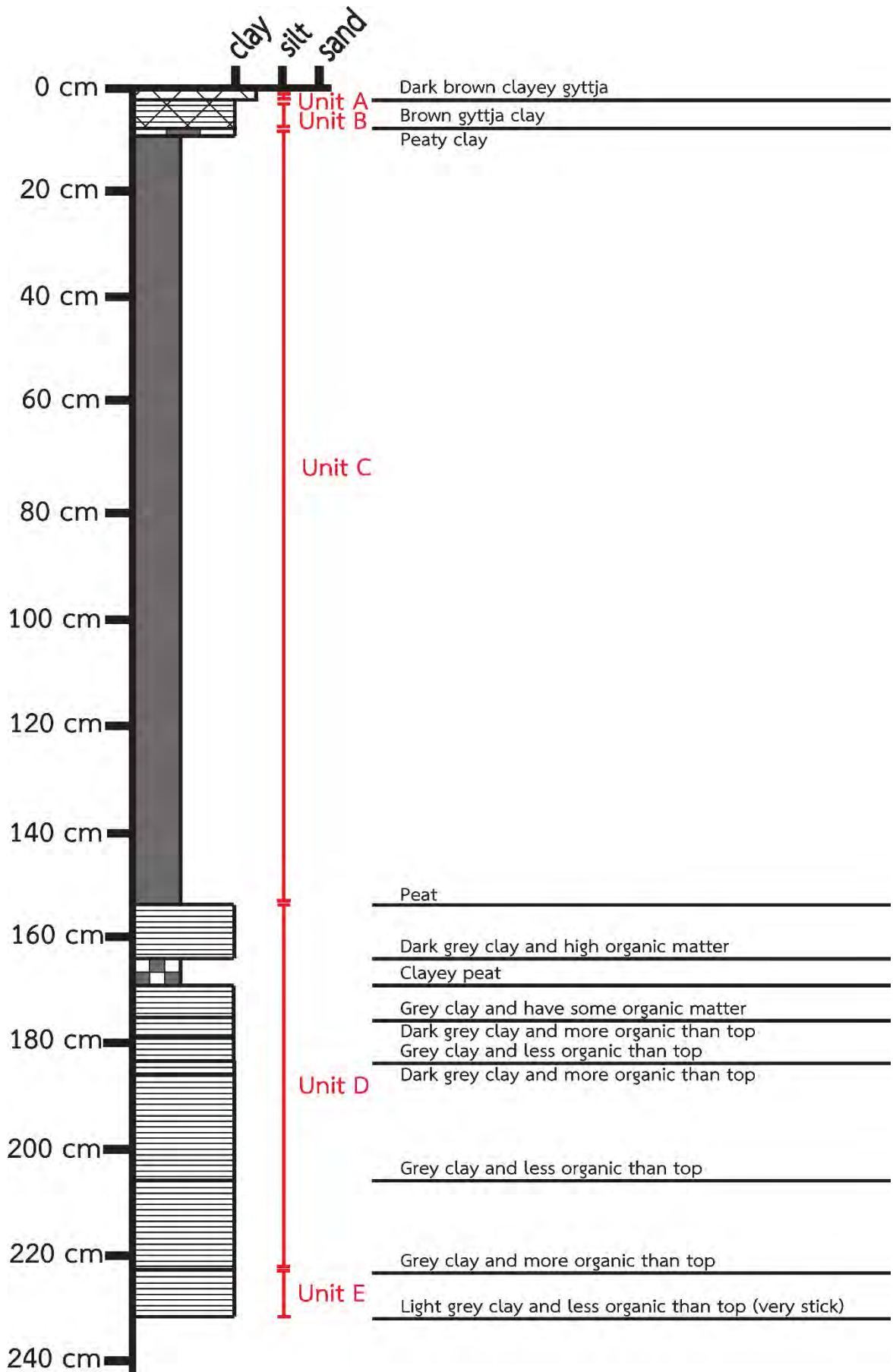


รูปที่ 22 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP7 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)

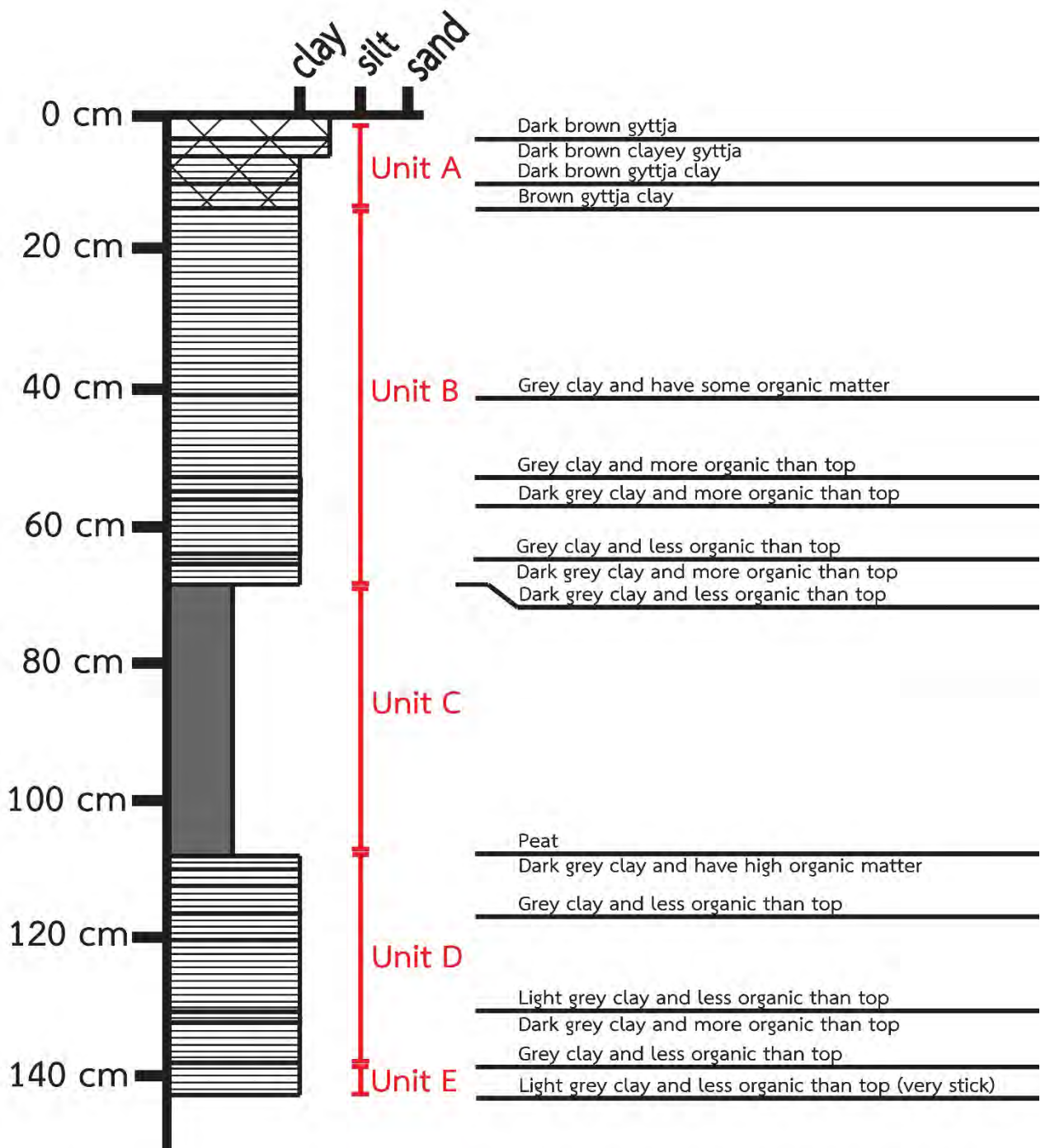




รูปที่ 23 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP8 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)



รูปที่ 24 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP9 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)



รูปที่ 25 ลำดับชั้นตะกอนตำแหน่ง TLN-CP10 (ตำแหน่งอยู่ในรูปที่ 2 และตารางที่ 1)