



ปริมาณธาตุโลหะในทรายของหาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ต

The Quantity of Metal Elements in Sand of Mai Khao Beach Phuket Province

วัชรวัติ ลิ้มสกุล¹, ธงชัย สุธีรสักดิ์^{1*}, วีระพงศ์ เกิดสิน¹, ศิริรัตน์ ตัญจนะ² และ เวียงชัย จงศิริรัตนกุล²

Wadcharawadee Limsakul¹, Thongchai Suteerasak^{1*}, Werapong Koedsin¹,

Sirirat Tanchana² and Wiangchai Chongsrirattanakun²

¹คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต

²สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และกาทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

¹Faculty of Technology and Environment, Prince of Songkla University, Phuket Campus

²Scientist Office of Scientific Instrument and Testing, Prince of Songkla University, Hatyai Campus

Received : 15 October 2020

Revised : 4 January 2021

Accepted : 11 January 2021

บทคัดย่อ

การศึกษาสัดส่วนของขนาดเม็ดทรายและปริมาณธาตุโลหะ Al Fe Mg Sr Ti Rb Cu Cr Mn Pb และ Zn ที่อยู่ในทรายของพื้นที่หาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ต ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลหน้าดินชนิดต่างๆ มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากสัตว์ทะเลหน้าดินบางชนิด เช่น จักจั่นทะเล พบได้ในบริเวณของพื้นที่หาดไม้ขาวเท่านั้น โดยผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นถึงสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับสัตว์ทะเลหน้าดินชนิดนั้นๆ โดยกลุ่มแร่ธาตุปริมาณน้อย (Cu Cr Mn Pb และ Zn) อาศัยวิธีการตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางธรณีเคมีและกลุ่มแร่ธาตุองค์ประกอบหลัก (Al Fe Mg Sr Ti และ Rb) อาศัยการตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ ผลจากการวิจัยพบว่า ทรายที่มีขนาดใหญ่กว่า 250 ไมครอนมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือทรายละเอียด (fine sand) และทรายที่เล็กกว่าทรายแป้ง (very fine sand) ตามลำดับ ปริมาณโลหะในกลุ่มธาตุองค์ประกอบหลักมีปริมาณของ Al > Fe > Mg > Sr > Ti > Rb ในส่วนของปริมาณโลหะในกลุ่มแร่ธาตุปริมาณน้อยมีปริมาณ Cu > Mn > Zn > Cr ส่วนตะกั่วมีน้อยมากจนไม่สามารถตรวจพบได้ด้วยเครื่อง ICP-OES และพบปริมาณโลหะทองแดงในทรายเพียงตำแหน่งเดียวจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด และมีค่า 88.1 mg/kg ซึ่งค่าเกินเกณฑ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม (< 21.5 mg/kg) ทองแดงที่พบอาจมาจากการฟุ้งของขยะจากกิจกรรมของมนุษย์ที่พัดพามาตามน้ำทั้งในพื้นที่ดังกล่าว อย่างไรก็ตามโลหะอื่นๆในทรายเป็นต้นนิษฐานว่าติดมาพร้อมกับทรายที่เกิดจากการฟุ้งของวัสดุธรรมชาติบนผืนแผ่นดินและถูกพัดพาขึ้นมาจากในมหาสมุทรตั้งแต่อดีตกาล

คำสำคัญ : ความเข้มข้นโลหะ ; ทราย ; หาดไม้ขาว ; จังหวัดภูเก็ต



Abstract

Proportion of grain size of sand and metal quantity (Al, Fe, Mg, Sr, Ti, Rb, Cu, Cr, Mn, Pb and Zn) in sand on Mai Khao beach, Phuket Province were studied to present the persistence of such metals in sand, which was the habitat of marine benthos. This study was very important, because some marine benthos such as mole crabs were found in only Mai Khao beach area. The results obtained showed the environment that was suitable for such a marine benthos. Trace elements (Cu, Cr, Mn, Pb and Zn) were analyzed by geochemistry method, whereas main elements (Al, Fe, Mg, Sr, Ti and Rb) were analyzed using X-ray Fluorescence Spectrometry (XRF). The results showed that sand particles with a size of more than 250 microns were found in the largest portion. Fine sand and very fine sand were found in moderate and the smallest portions, respectively. Moreover, main element quantities were found to be $Al > Fe > Mg > Sr > Ti > Rb$, whereas trace element quantities were found to be $Cu > Mn > Zn > Cr$. However, Pb was in least amount, then it could not be detected by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES). In addition, Cu was found in only one station from total 10 sampling stations, and the amount of Cu was found to be 88.1 mg/kg, which was higher than that stated for standard value (< 21.5 mg/kg). Nevertheless, other metals in sand were assumed that they were in the sand, which came from the decay of natural substances on land and some had been blown up from the ocean in the past.

Keyword : metal content ; sand ; Mai Khao Beach ; Phuket province



บทนำ

หาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ตเป็นหาดที่มีภูมิทัศน์ที่สวยงามตลอดแนวชายหาดกินพื้นที่ตั้งแต่พื้นที่ทางตอนเหนือของเกาะภูเก็ตจรดพื้นที่ที่ติดกับสนามบินนานาชาติจังหวัดภูเก็ต จากสภาพของพื้นที่ทรายที่มีขนาดเม็ดเล็กละเอียดและดูสะอาดและสบายตา รวมถึงสภาพแวดล้อมที่เงียบสงบจึงมีนักท่องเที่ยวมากมายเลือกหาดดังกล่าวเป็นที่ท่องเที่ยวและพักผ่อน ในช่วงเวลาต่างๆ ทั้งนี้พื้นที่หาดไม้ขาวอยู่ภายใต้การดูแลของอุทยานแห่งชาติสิรินาถ เพื่อการอนุรักษ์และดำรงไว้ซึ่งความสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามยังมีพื้นที่หาดบางส่วนอยู่นอกเหนือความรับผิดชอบของอุทยานแห่งชาติ ทำให้การดูแลทางด้านภูมิทัศน์และสภาพแวดล้อมโดยอุทยานแห่งชาติสิรินาถไม่สามารถกำกับดูแลได้อย่างทั่วถึงทั้งพื้นที่ ในพื้นที่หาดไม้ขาวสามารถพบสิ่งมีชีวิตหน้าดินต่างๆ รวมถึงสัตว์น้ำบางชนิดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจักจั่นทะเลที่สามารถพบเห็นได้ตลอดแนวชายหาด ซึ่งในงานวิจัยของ Hayden & Dolan (1974) ได้กล่าวถึงการใช้ประโยชน์จากจักจั่นทะเลในแง่ของการเป็นตัวชี้บ่งชี้ (Bio-indicator) เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงและรบกวนระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมของชายหาดเนื่องจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ผ่านทางการดำรงอยู่ของจักจั่นทะเลในพื้นที่ชายหาด ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆที่ที่อยู่อาศัยของจักจั่นทะเลก็สามารถสะท้อนได้ถึงการรบกวนระบบนิเวศดังกล่าวได้เช่นกัน ปัจจุบันมีกิจกรรมของมนุษย์หลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมในลักษณะชายหาด ตัวอย่างเช่น การตกค้างของโลหะหนักในตะกอนดินที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลหน้าดิน ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนในสัตว์ทะเลหน้าดินดังที่แสดงในงานวิจัยของ Khongsang *et al.* (2018) ที่พบตะกั่ว 16.8 ถึง 39.4 mg/kg ทองแดง 9.8 ถึง 21.9 mg/kg และสังกะสี 41.5 ถึง 59.8 mg/kg ในตะกอนดินที่อยู่อาศัยของไส้เดือนทะเลและพบโลหะหนักทั้ง 3 ชนิดในตัวไส้เดือนทะเลและหอยแครงในพื้นที่ รวมถึงงานวิจัยของ Takarina & Adiwibowo (2010) ที่พบความเข้มข้นของสังกะสีสูงมาก ในกลุ่มของกุ้งและปู (crustacean) (515.8 ± 503.5 $\mu\text{g/g}$) รองลงมา คือไส้เดือนทะเล (Polychaete) (152.4 ± 76.4 $\mu\text{g/g}$) และกลุ่มหอย (Mollusk) (132.0 ± 106.3 $\mu\text{g/g}$) ที่อาศัยอยู่บริเวณปากแม่น้ำที่ไหลลงสู่อ่าวจากรัฐ ประเทศอินโดนีเซีย และงานวิจัยของ Cabrini *et al.* (2017) ที่มีการตรวจพบการปนเปื้อนของโลหะ Cr, Zn, Pb, Ni, Cu, Cd, Co and V ในเนื้อเยื่อของสัตว์ทะเลหน้าดินที่อาศัยอยู่ในชายหาดของชายฝั่งรีโอเดเจนาโร ประเทศบราซิล และพบอีกว่ามีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางอุตสาหกรรมและความเป็นเมืองของมนุษย์ในพื้นที่ดังกล่าว หากมนุษย์กินสัตว์ทะเลหน้าดินที่มีการปนเปื้อนดังกล่าวเข้าไปอาจเกิดการสะสมตัวของโลหะหนักดังกล่าวในร่างกายและส่งผลกระทบต่อสุขภาพเช่นกัน โลหะที่พบเห็นทั่วไปในพื้นที่ต่างๆมาจากสองปัจจัยหลัก ปัจจัยแรกคือมาจากธรรมชาติ ในรูปของแร่ธาตุต่างๆที่ติดอยู่ในวัสดุธรรมชาติจำพวกดิน หินและแร่ ส่วนปัจจัยที่สองมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ซึ่งตัวแปรดังกล่าวเป็นตัวแปรหนึ่งที่เป็นต้นเหตุให้พบการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติ โดยการศึกษาและประเมินการปนเปื้อนของโลหะในสิ่งแวดล้อมที่มีความเกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำทางบกและชายฝั่งโดยมากเป็นการศึกษาการปนเปื้อนโลหะในตะกอนดิน โดยอาศัยการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของโลหะเป็นตัวชี้วัดหนึ่ง ซึ่งโลหะที่ถูกนำมาใช้ในการพิจารณาการปนเปื้อนโดยมาก ได้แก่ ทองแดง (Cu) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) ดังที่พบในงานวิจัยหลายชิ้น เมื่อพิจารณาเฉพาะปริมาณโลหะสำคัญทั้งสี่ชนิดดังกล่าวและโลหะอื่นๆนอกเหนือจากโลหะทั้งสี่ชนิดเฉพาะในทราย



จากพื้นที่ศึกษาอื่นๆที่คล้ายกันในงานวิจัยที่มีพื้นที่ศึกษาเป็นหาดหรือพื้นที่ติดทะเล ได้ผลเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 1 โดยงานวิจัยของ Rizo *et al.* (2015) ที่มีการตรวจวัดและรายงานผลโลหะ ทั้ง 5 ชนิดในทราย ส่วนงานของ Alshahri (2017) เป็นศึกษาและรายงานผลการปนเปื้อนการสะสมตัวของโลหะดังกล่าวในทราย และงานวิจัยของ Yalcin (2020) ที่ตรวจหาปริมาณโลหะในทรายชายหาดพบการกระจายตัวของโลหะในตารางที่ 1 ในพื้นที่ แต่ไม่พบความเสี่ยงกับระบบนิเวศในพื้นที่ เนื่องจากการกระจายตัวของกลุ่มโลหะดังกล่าว

ตารางที่ 1 ปริมาณโลหะสำคัญ(ในหน่วย mg/kg) และโลหะอื่นๆที่พบการปนเปื้อนในทรายของหลายพื้นที่ศึกษา

ตัวอย่างพื้นที่ศึกษา	Cr	Cu	Pb	Zn	โลหะอื่นๆที่พบ
¹ เนินทรายของ รีสอร์ทในอ่าว Matanzas และหาด Varadero	20-2964	17-51	5-29	18-88	Ni
² ชายหาด Al Aziza ใกล้กับโรงผลิตน้ำจืดบริเวณอ่าวอาราเบีย	1100-7800	623-1022	5.37-16.2	-	U, Ca, Fe, Al, Ti, Sr, Rb, Ni, Pb, Cd, Cr, Cu, As, และ Zr
³ ชายหาดของรีสอร์ท Kema จังหวัด Antalya ประเทศตุรกี	0-390	0-100	-	0-60	Ca, Si, Mg, Fe, Al, Na, K, Ti, S, Sr, Mn, Ba, P, Ni, Zr, Rb

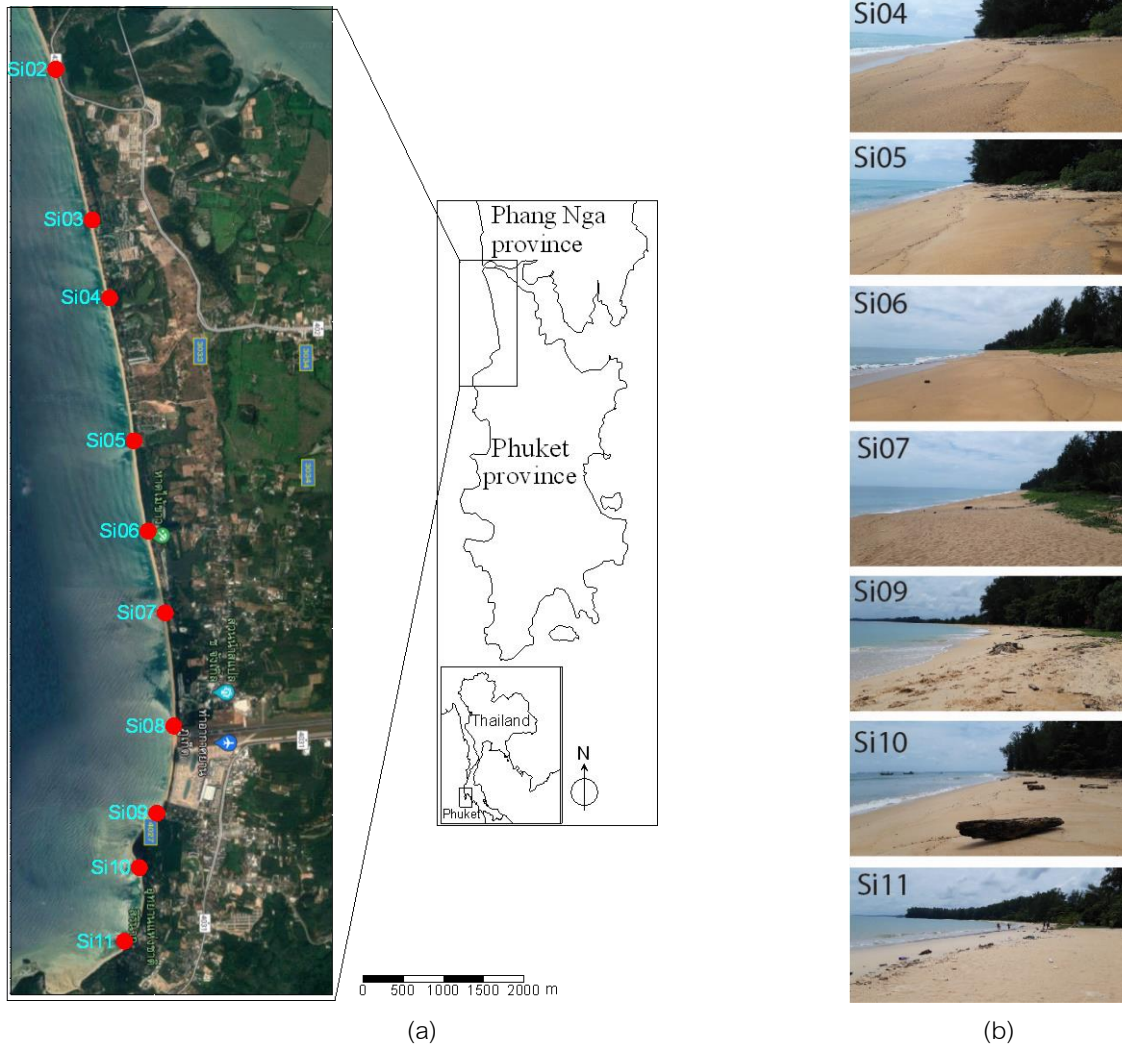
¹Rizo *et al.* (2015) ²Alshahri (2017) ³Yalcin, 2020

ในกรณีการศึกษาและตรวจหาปริมาณโลหะในพื้นที่ที่เชื่อมต่อกับหาดต่างๆของจังหวัดภูเก็ต โดยมากเป็นการศึกษาและตรวจวิเคราะห์ผลของโลหะในตะกอนดินด้วยวิธีการทางธรณีเคมี ได้แก่ งานวิจัยการวิเคราะห์และศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่ว โครเมียม ทองแดง และสังกะสี ในตะกอนดินคลองปากบางและพื้นที่รองรับน้ำทิ้ง ตำบลป่าตอง จังหวัดภูเก็ตของ Suteerasak *et al.* (2020) รวมถึงงานวิจัยของ Suteerasak *et al.* (2019) ที่ตรวจวิเคราะห์และประเมินผลการปนเปื้อนโลหะต่างๆจากคลองบางใหญ่ที่ไหลมาตามกระแสน้ำลงสู่อ่าวภูเก็ตทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะภูเก็ต โดยใช้ปริมาณโลหะกลายชนิดเป็นตัวชี้วัดเชิงปริมาณและมีประเมินการปนเปื้อนโลหะร่วมกับตัวชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆเช่นเดียวกับอีกหลายงานวิจัยใช้ตัวชี้วัดดังกล่าวในการศึกษาเกี่ยวกับโลหะในสิ่งแวดล้อม (Yalcin, 2020 ; Suteerasak *et al.*, 2020 ; Duncan *et al.*, 2018 ; Musika *et al.*, 2013) โดยสามารถใช้ปริมาณโลหะตามเกณฑ์คุณภาพตะกอนดิน (SQGs) ของกรมควบคุมมลพิษเป็นตัวเปรียบเทียบกับปริมาณโลหะบางชนิดเพื่อให้มีการเชื่อมโยงกับกฎหมายทางด้านสิ่งแวดล้อมได้เช่นกัน การวิเคราะห์ธาตุโลหะในวัสดุธรรมชาติแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกคือกลุ่มธาตุโลหะที่พบในแร่ธาตุองค์ประกอบหลัก (major element) ซึ่งเป็นธาตุที่มีอยู่ปริมาณมากในวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ อะลูมิเนียม (Al) แมกนีเซียม (Mg) ไทเทเนียม (Ti) เหล็ก (Fe) รูบิเดียม (Rb) และสตรอนเชียม (Sr) เป็นต้น ซึ่งการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าวอาศัยวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่พบใช้กับการตรวจวัดปริมาณธาตุในวัสดุธรรมชาติในหลายงานวิจัย ตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ Hashim *et al.* (1998) Xie *et al.* (2001) Byers *et al.*, (2019) และพบใช้กับการวิจัยหาปริมาณธาตุในทรายชายหาดในงานวิจัยของ Rizo



et al. (2015) และ Alshahri (2017) เช่นกัน ส่วนกลุ่มธาตุโลหะกลุ่มที่สองคือโลหะที่อยู่ในกลุ่มแร่ธาตุปริมาณน้อย (trace element) ได้แก่ ทองแดง (Cu) โครเมียม (Cr) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) เป็นต้นโลหะนั้นเป็นโลหะสำคัญที่พบมากในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาการปนเปื้อนในตะกอนดินในหลายงานวิจัย (Suteerasak & Bhongsuwan, 2008 ; Khongsang *et al.*, 2017 ; Suteerasak, 2017 ; Suteerasak & Akkajit, 2018 ; Suteerasak *et al.*, 2019 ; Suteerasak *et al.*, 2020) รวมถึงที่พบในงานวิจัยที่มีการศึกษาโลหะในทรายด้วยวิธีการทางธรณีเคมีด้วยเช่นกัน (Rizo *et al.*, 2015 ; Alshahri, 2017 ; Cabrini *et al.*, 2017)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือการตรวจหาปริมาณโลหะที่คงอยู่ในทรายของหาดไม้ขาว โดยแยกธาตุโลหะที่วิเคราะห์ออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกคือกลุ่มแร่ธาตุองค์ประกอบหลัก (major element) มีโลหะที่วิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ได้แก่ อะลูมิเนียม (Al) แมกนีเซียม (Mg) ไทเทเนียม (Ti) เหล็ก (Fe) รูบิเดียม (Rb) และสตรอนเชียม (Sr) ซึ่งการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าวอาศัยวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่พบใช้กับการตรวจวัดปริมาณธาตุในวัสดุธรรมชาติในหลายงานวิจัย ส่วนกลุ่มที่สองคือโลหะกลุ่มแร่ธาตุปริมาณน้อย (trace element) ได้แก่ ทองแดง (Cu) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) ทั้งนี้ผลจากการตรวจหาปริมาณโลหะนั้นจะนำไปเป็นข้อมูลประกอบการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับจำนวนประชากรของจักจั่นทะเลในพื้นที่ในงานวิจัยลำดับถัดไป



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา (a) และ ตัวอย่างสถานีเก็บข้อมูลและสภาพของหาดไม้ขาวในพื้นที่ศึกษา (b)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

หาดไม้ขาวตั้งอยู่ทางทิศเหนือของเกาะภูเก็ต โดยมีชายหาดทอดยาวอยู่บริเวณชายฝั่งด้านทิศตะวันตกของเกาะ ทั้งนี้สภาพภูมิประเทศของหาดไม้ขาวมีลักษณะของหาดที่มีความลาดชันค่อนข้างสูง มีคลื่นทะเลซัดเข้าสู่ฝั่งค่อนข้างรุนแรง ในงานวิจัยนี้มีการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 10 พื้นที่จุดเก็บตัวอย่าง (ภาพที่ 1a) โดยแต่ละพื้นที่จุดเก็บตัวอย่างตั้งอยู่ห่างกันประมาณ 700 ถึง 1,500 เมตร มีลักษณะที่ตั้งของสถานีเก็บตัวอย่างหลายสถานีที่มีลักษณะหาดมีความลาดชันค่อนข้างสูง โดยมีการทำกิจกรรมของมนุษย์บริเวณชายฝั่งจำพวกร้านค้าและแผงลอยต่างๆพบได้ในจุดเก็บตัวอย่าง Si2 Si3 และ Si11 ซึ่งมีจุดที่เชื่อมโยงกับทางน้ำธรรมชาติคือ Si10 และพบเส้นทางการปล่อยน้ำเสียลงทะเลในจุดเก็บตัวอย่าง Si5 และ Si8 ซึ่งจุด



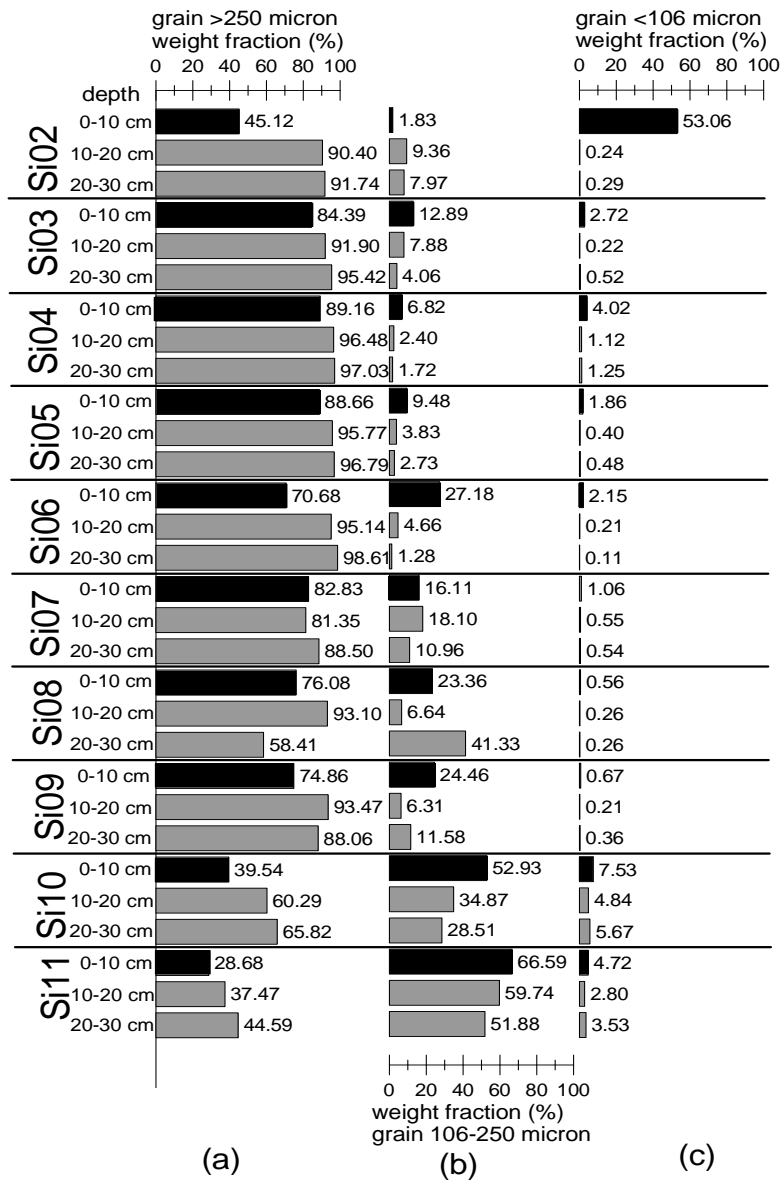
แรกเป็นการปลี่ยนน้ำทิ้งจากสนามบินนานาชาติจังหวัดภูเก็ต นอกจากนี้บางจุดถูกใช้เป็นที่จอดเรือประมงและเก็บอุปกรณ์ทำประมง เช่น จุดเก็บตัวอย่าง Si7 และ Si8 และนักท่องเที่ยวมาใช้เป็นพื้นที่พักผ่อนเนื่องจากมีความเงียบสงบปราศจากการรบกวนจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ เช่น จุดเก็บตัวอย่าง Si4 Si6 และ Si9 ทั้งนี้มีบางตำแหน่งตั้งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติสิรินาถมีลักษณะของหาดที่มีความลาดชันน้อยและด้านหน้าหาดเป็นแนวปะการังน้ำตื้น คลื่นลมไม่รุนแรง (จุดเก็บตัวอย่าง Si9 และ Si10) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุดเก็บสุดท้ายที่ตั้งอยู่ในพื้นที่หาดโนยาง (Si11) เป็นจุดที่หาดมีความลาดชันน้อยที่สุด คลื่นลมไม่รุนแรง ทราบในพื้นที่ที่ส่วนมากเป็นทรายละเอียด มีการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์อย่างหนาแน่น ได้แก่ ร้านอาหาร ร้านกาแฟ ชายหาด และมีจำนวนนักท่องเที่ยวหนาแน่นในช่วงฤดูการท่องเที่ยว

2. วิธีการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์

ตัวอย่างทรายที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณธาตุโลหะในงานวิจัยนี้ เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมีนาคม 2563 ซึ่งเป็นช่วงที่เข้าสู่ฤดูร้อนที่เป็นช่วงเวลาปราศจากการรบกวนโดยน้ำฝน เก็บตัวอย่างจำนวน 10 พื้นที่ตลอดแนวชายหาดดังแสดงในภาพที่ 1 และเก็บตัวอย่างทรายในพื้นที่ตามช่วงชั้นความลึก แบ่งเป็น 3 ระดับความลึก ได้แก่ ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร 10-20 เซนติเมตร และ 20-30 เซนติเมตร ทั้งนี้ในแต่ละพื้นที่ที่กำหนดให้มีการเก็บตัวอย่างย่อย 3 จุด แต่ละจุดเก็บซ้ำ 3 ครั้งที่ระยะห่างกันแต่ละจุดประมาณ 20 เมตร จากนั้นนำตัวอย่างมาผสมกันแบบแยกตามความลึกเพื่อเป็นตัวแทนของ 1 พื้นที่ โดยบันทึกพิกัดตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง GPS (Garmin รุ่น etrex) ทั้งนี้การเก็บตัวอย่างดังกล่าวใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษาย่อย 10 จุดของหาดไม้ขาวที่ใช้ในการศึกษาปริมาณโลหะในทรายที่อยู่ในพื้นที่หาดไม้ขาวในเบื้องต้น การเตรียมตัวอย่างทรายสำหรับการวิเคราะห์เริ่มจากนำตัวอย่างทรายมาอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิประมาณ 60-80°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปวิเคราะห์ธาตุโลหะกลุ่มที่เป็นธาตุองค์ประกอบหลัก (major element) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ธาตุด้วยวิธีเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) เพื่อตรวจหาปริมาณธาตุ Al, Mg, Ti, Rb, Sr และ Fe ในวัสดุธรรมชาติดังกล่าว โดยนำตัวอย่างทรายไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง (Planetary Mono Mill, FRITHCH) และนำอบไล่ความชื้น 100 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมา 5 กรัมผสมด้วยสารยึดเหนี่ยว (Binder, C₃₈H₇₆N₂O₂) 1 กรัม นำไปขึ้นรูปก่อนนำไปวิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่อง WD-XRF (Zetium, PANalytical) โดยการวิเคราะห์ XRF ดังกล่าวเป็นการทดสอบกึ่งเชิงปริมาณ (Semi-Quantitative) ธาตุที่วิเคราะห์ทั้งหมดตรวจวัดได้ที่ระดับต่ำสุดที่ 0.01 % คือ ประมาณ 100 mg/kg ตัวอย่างทรายส่วนที่สองนำมาคัดแยกขนาดด้วยตระแกรงร่อนคัดแยกขนาดเม็ดทรายเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเม็ดทรายใหญ่กว่า 250 ไมครอน ขนาด 106-250 ไมครอน และขนาดเล็กกว่า 106 ไมครอน โดยนำขนาดเม็ดทรายขนาดเล็กกว่า 106 ไมครอนมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะ Cu, Mn, Pb และ Zn การวิเคราะห์โลหะใช้โดยวิธีการทางธรณีเคมี (Suteerasak *et al.*, 2019) เริ่มต้นด้วยการนำตัวอย่างทรายขนาดเล็กกว่า 106 ไมครอนที่ปราศจากความชื้นไปบดให้ละเอียดและนำออกมา 0.2 กรัม ใส่ในภาชนะที่สามารถใช้ร่วมกับเครื่องไมโครเวฟ (microwave) จากนั้นย่อยตัวอย่างดังกล่าวให้เป็นสารละลายด้วยกรดตามวิธีการ aqua regia โดยใช้สาร HNO₃ 1 มิลลิลิตร และ HCl 3 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้นแบบไม่เจือจางเติมลงไปในภาชนะดังกล่าว (Potts *et al.*, 1992) ซึ่งกรดไนตริกที่ใช้คือ Nitric acid (65% SUPRAPUR, "Merck") ส่วนกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้คือ Hydrochloric acid (30% SUPRAPUR, "Merck") ทั้งนี้



กระบวนการย่อยเม็ดทรายดังกล่าวให้เป็นสารละลายต้องทำร่วมกับการให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟ มีค่าอุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที สุดท้ายนำสารละลายที่ผ่านการย่อยทั้งสองครั้งมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 และนำสารละลายที่ผ่านการกรองไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะด้วยเครื่อง ICP-OES (Perkin Elmer Optima, 4300 DV/Perkin Elmer Optima 800) โดยมีค่าการทดสอบขีดจำกัดการตรวจหา (Method Detection Limit , MDL) ของ Cr Mn Cu Pb และ Zn เท่ากับ 9 µg/L 18 µg/L 1 µg/L 53 µg/L และ 3 µg/L ตามลำดับ ส่วนค่าความเข้มข้นของสารที่ต่ำที่สุด (LOQ) ที่เครื่อง ICP-OES สามารถตรวจวัดได้ของ คือ Cr Mn Cu Pb และ Zn เท่ากับ 1.79 mg/kg 3.52 mg/kg 0.22 mg/kg 10.70 mg/kg และ 0.66 mg/kg ซึ่งทำย่นำผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นตามเกณฑ์คุณภาพตะกอนดิน (Sediment Quality Guidelines: SQGs) (Pollution Control Department, 2012) โดยใช้ผลจากการตรวจวัดปริมาณโลหะในทรายที่มีขนาดเม็ดดินที่เล็กกว่าทรายแป้ง (106 ไมครอน) มาวิเคราะห์ผล เนื่องจากเป็นขนาดเม็ดดินที่มีตะกอนดินดังกล่าวปะปนอยู่ โลหะที่ใช้ในการเปรียบเทียบดังกล่าวได้แก่ กลุ่มแร่ธาตุปริมาณน้อย (trace element) ได้แก่ ทองแดง (Cu) โครเมียม (Cr) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) ซึ่งมีค่าไม่เกิน 21.5 mg/kg 45.5 mg/kg 36 mg/kg และ 80 mg/kg ตามลำดับ



ภาพที่ 2 สัดส่วนของเม็ดทราย 3 ช่วงขนาดที่ 3 ช่วงระดับความลึก

3. การศึกษาสัดส่วนของเม็ดทราย

การจำแนกขนาดเม็ดทรายอาศัยการจำแนกขนาดตามเกณฑ์ขนาดเม็ดดินที่กำหนดไว้ในระบบการจำแนกของ Unified Soil Classification System (USCS) (Howard, 1986) โดยอาศัยการคัดแยกขนาดเม็ดดินด้วยตระแกรงร่อนคัดแยกขนาดช่องตระแกรง 250 ไมครอน ทรายที่ใหญ่กว่าทรายหยาบปานกลาง (medium sand grain) ขึ้นไป และตระแกรงร่อนคัดแยกขนาดช่องตระแกรง 106 ไมครอน ที่จำแนกดินและทรายที่ใหญ่กว่าทรายละเอียด (fine sand grain) ขึ้นไป โดยทราย

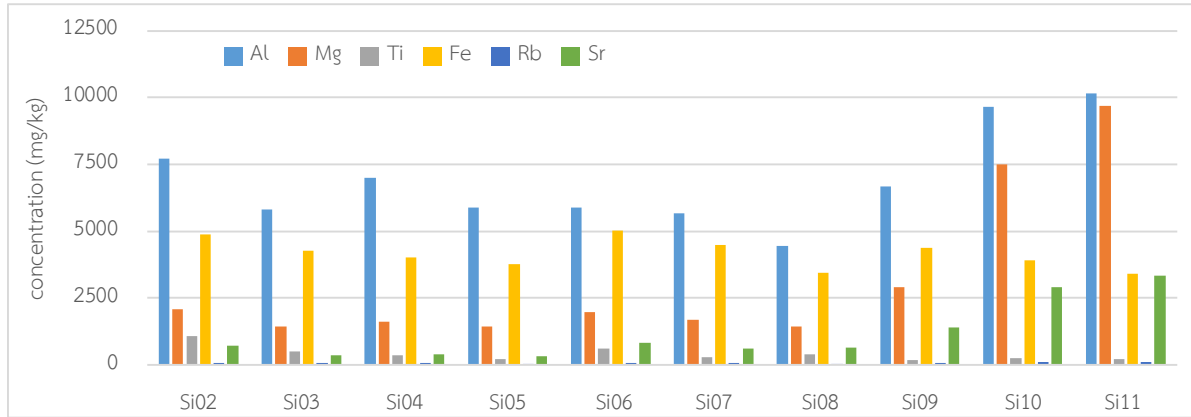


หรือดินที่ผ่านช่องขนาด 106 ไมครอน แทนดินขนาดอนุภาคเท่ากับดินและทรายที่ละเอียดมาก ได้แก่ ทรายแป้ง (very fine sand grain) และดินขนาดอนุภาคเท่ากับอนุภาคดินตะกอน (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) ซึ่งดินหรือทรายขนาดเล็กดังกล่าวสามารถพัดพาได้ง่ายโดยกระแสน้ำและคลื่นทะเลที่ซัดเข้าหาฝั่ง รวมถึงสามารถแทรกตัวไปตามช่องว่างของดินที่มีขนาดเม็ดดินที่ใหญ่กว่าได้

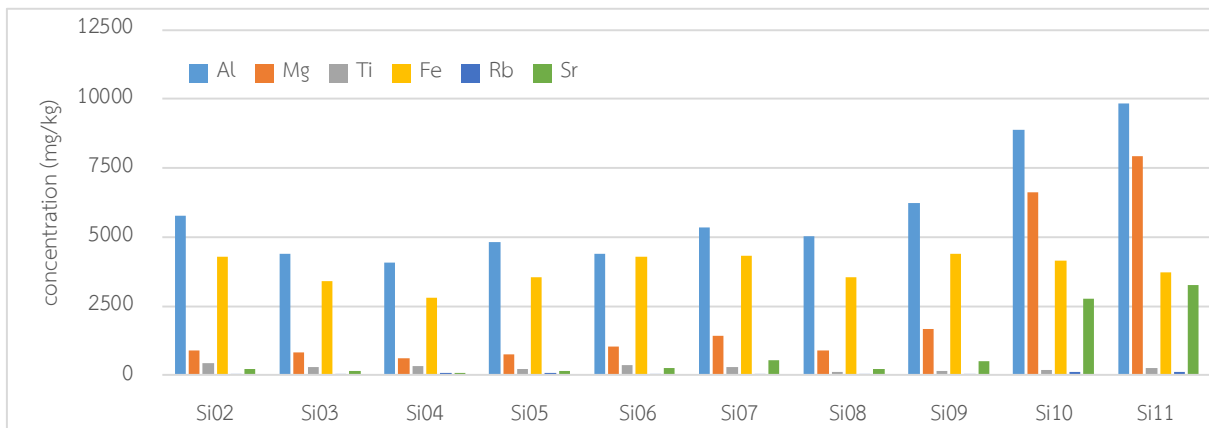
ผลการวิจัย

1. สัดส่วนของเม็ดทรายในทรายหาดไม้ขาว

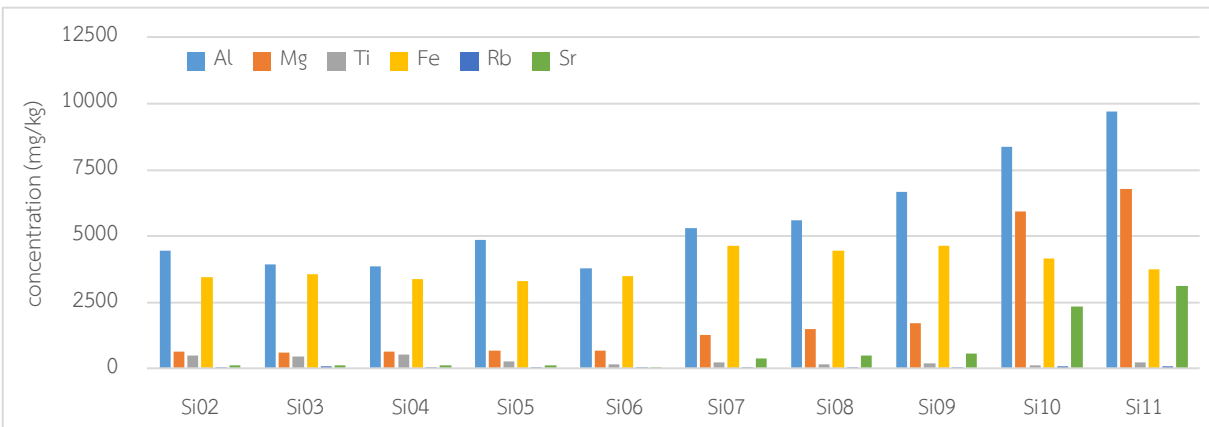
ผลจากการวัดขนาดเม็ดทรายด้วยตระแกรงร่อนคัดแยกขนาด (ภาพที่ 2) พบว่า ทรายพื้นผิว (ความลึก 0-10 เซนติเมตร) ที่พบส่วนใหญ่ในพื้นที่หาดไม้ขาวเป็นทรายที่ขนาดใหญ่กว่าทรายหยาบปานกลาง (มีขนาดเม็ดใหญ่กว่า 250 ไมครอน) ในทุกระดับชั้นความลึก ยกเว้นทรายพื้นผิวของตำแหน่งตัวอย่าง Si02 Si10 และ Si11 ที่มีสัดส่วนของทรายหยาบปานกลางน้อยกว่า 50% ซึ่งพื้นที่ Si10 และ Si11 มีน้อยกว่าทรายละเอียด ส่วนพื้นที่ Si02 มีน้อยกว่าทรายละเอียดมาก (ขนาดเล็กกว่า 106 ไมครอน) นอกจากนี้พบแนวโน้มของการเพิ่มสัดส่วนของทรายหยาบปานกลางเพิ่มขึ้นตามแนวหาดไม้ขาวขึ้นไปทางหัวเกาะภูเก็ตก่อนลดสัดส่วนลงในพื้นที่เก็บตัวอย่าง Si02 โดยตำแหน่งดังกล่าวพบสัดส่วนของทรายละเอียดมากที่สุดเมื่อเทียบกับทุกพื้นที่เก็บตัวอย่างของหาดไม้ขาว เมื่อพิจารณาสัดส่วนของขนาดเม็ดทรายตามความลึก พบว่าเกือบทุกพื้นที่เก็บตัวอย่างมีสัดส่วนของเม็ดทรายหยาบปานกลางขึ้นไป (มีขนาดเม็ดใหญ่กว่า 250 ไมครอน) มากและมีแนวโน้มของสัดส่วนทรายเป็นสัดส่วนเพิ่มขึ้นตามความลึก (ภาพที่ 2a) ส่วนปริมาณทรายละเอียดในพื้นที่เก็บตัวอย่างส่วนใหญ่มีการลดลงตามความลึก ยกเว้นพื้นที่เก็บตัวอย่าง Si02 Si07 Si08 และ Si09 มีการเปลี่ยนแปลงแบบเพิ่มและลดสลับกันตามความลึก (ภาพที่ 2b) ส่วนกลุ่มทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 106 ไมครอนพบน้อยมาก ยกเว้นพื้นผิวดำแหน่ง Si02 ที่พบค่อนข้างมาก (ภาพที่ 2c)



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นโลหะกลุ่ม major element (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) 6 ชนิดในทรายที่สามช่วงความลึก (a) พื้นผิวความลึกน้อยกว่า 10 เซนติเมตร (b) ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร และ (c) ที่ความลึกมากกว่า 20-30 เซนติเมตร



2. ปริมาณธาตุโลหะในกลุ่มที่อยู่ในแร่ธาตุองค์ประกอบหลัก

จากการตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณธาตุโลหะในกลุ่มที่อยู่ในธาตุองค์ประกอบหลัก (major element) ได้แก่ ธาตุ Al, Mg, Ti, Rb, Sr และ Fe ในลักษณะตัวแทนภาพรวมของพื้นที่และช่วงชั้นความลึกของทราย แสดงดังภาพที่ 3 ผลที่ได้พบว่า ปริมาณโลหะที่พื้นผิวระดับความลึกน้อยกว่า 10 เซนติเมตร เรียงมากไปหาน้อย คือ $Al > Fe > Mg > Sr > Ti > Rb$ ส่วนที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตรและระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร มีปริมาณโลหะเรียงมากไปหาน้อยเกิดขึ้นเหมือนกับที่เกิดขึ้นกับระดับความลึก 0-10 เซนติเมตรเช่นกัน อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเปรียบเทียบเฉพาะค่าปริมาณโลหะสูงสุด พบว่าที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตรมีปริมาณ $Mg > Fe$ ซึ่งเกิดขึ้นกับ ผลของโลหะที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตรและ 20-30 เซนติเมตร เช่นกัน

พิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของโลหะแต่ละชนิดตามช่วงชั้นความลึก พบว่า ปริมาณ Mg ในทุกจุดเก็บตัวอย่างลดลงตามช่วงชั้นความลึก โดยมีเพียงจุด Si08 ที่มีปริมาณ Mg เพิ่มขึ้นเฉพาะที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร ส่วนปริมาณ Al เกือบทุกจุดเก็บตัวอย่างลดลงตามช่วงชั้นความลึก ยกเว้นจุดเก็บ Si08 ที่มีการเพิ่มขึ้นตามช่วงชั้นความลึก พิจารณาปริมาณ Ti พบว่า โดยมากมีการลดปริมาณลงจากพื้นผิวระดับความลึกน้อยกว่า 10 เซนติเมตร ไปถึงช่วงชั้น 10-20 เซนติเมตร โดยช่วงชั้นความลึกถัดไปมีทั้งแบบที่ลดลงและแบบที่เพิ่มขึ้นในช่วงชั้นความลึกถัดไป นอกจากนี้มีบางจุดเก็บตัวอย่างที่ปริมาณ Ti เพิ่มขึ้นตามช่วงชั้นความลึก อย่างไรก็ตามมีหลายตัวอย่างที่มีปริมาณ Ti ที่ลดลงเมื่อเข้าสู่ช่วงชั้นความลึกถัดไป ในส่วนของ Sr พบว่า ทุกตัวอย่างมีปริมาณที่ลดลงตามช่วงชั้นความลึก โดยมีเพียง 3 จุดที่มีการเพิ่มปริมาณของ Sr มาขึ้นที่ช่วงชั้นความลึก 20-30 เซนติเมตร ส่วนตัวอย่างที่เหลือมีการลดลงตามลำดับ พิจารณาปริมาณ Fe ในทรายพบว่า มีทั้งแบบที่ลดลงตามช่วงชั้นความลึกและแบบที่เพิ่มขึ้นตามช่วงชั้นความลึกแบบต่อเนื่อง และแบบที่มีการเปลี่ยนแนวโน้มของปริมาณหลักช่วงชั้นความลึก 10-20 เซนติเมตร ไปสู่แนวโน้มใหม่ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร สุดท้ายปริมาณ Rb มี 6 จุดเก็บตัวอย่างที่มีการลดลงของ Rb ตามชั้นความลึกแบบต่อเนื่อง ส่วนที่เหลือโดยมากมีการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร ทั้งที่เป็นแนวโน้มแบบที่เป็นการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณ Rb

ตารางที่ 2 ปริมาณโลหะ (ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) ของแดง โครเมียม แมงกานีส ตะกั่วและสังกะสี

ในทรายละเอียดมาก(ขนาดเล็กกว่า 106 ไมครอน) ที่ระดับความลึกไม่เกิน 10 เซนติเมตร

	Si02	Si03	Si04	Si05	Si06	Si07	Si08	Si09	Si10	Si11	Average
Cu	ND	ND	ND	88.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	88.1±0.0
Mn	26.2	83.6	72.7	69.8	126	69.8	169.2	50.2	33.6	41.7	74.3±44.0
Cr	2.8	6.9	7.0	6.5	4.5	2.9	3.6	2.0	<1.8	<1.8	4.5±2.0
Pb	<10.7	<10.7	ND	<10.7	<10.7	<10.7	<10.7	ND	ND	ND	ND
Zn	2.6	8.1	6.2	21.4	9.1	5.0	11.5	3.6	2.2	2.6	7.2±5.9

หมายเหตุ ND = ไม่พบ (ค่า MDL ของ Cu และ Pb เท่ากับ 0.001 mg/L และ 0.053 mg/L ตามลำดับ)



3. ปริมาณโลหะที่อยู่ในกลุ่มแร่ธาตุปริมาณน้อย (trace element)

พิจารณาปริมาณโลหะที่อยู่ในกลุ่มแร่ธาตุปริมาณน้อย (trace element) ของทุกจุดเก็บตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งหากเรียงลำดับปริมาณโลหะเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย พบว่า $Cu > Mn > Zn > Cr$ ทั้งนี้พบทองแดงในทรายละเอียดมากเพียงตำแหน่งเก็บตัวอย่างเดียวคือ Si05 ซึ่งค่าที่ตรวจวัดได้มีค่าเกินเกณฑ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม (88.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วด้วย ICP-OES พบว่ามีตะกั่วเล็กน้อยมากกว่าค่าความเข้มข้นของสารที่ต่ำที่สุด (LOQ) ที่เครื่อง ICP-OES สามารถตรวจวัดได้ (ค่า LOQ ของ Pb เท่ากับ 10.70 mg/kg) ส่วนโครเมียมและสังกะสีพบค่าต่ำกว่าเกณฑ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม (45.5 mg/kg และ 80 mg/kg ตามลำดับ) โดยมีโครเมียมอยู่สองพื้นที่เก็บตัวอย่างที่มีปริมาณโครเมียมเล็กน้อยเกินกว่าที่สามารถตรวจพบได้ด้วยเครื่อง ICP-OES (Si10 และ Si11) (ค่า LOQ ของ Cr เท่ากับ 1.79 mg/kg) ส่วนสังกะสีพบค่อนข้างต่ำ ซึ่งตำแหน่งที่พบสังกะสีสูงสุดเป็นตำแหน่งเดียวกับที่พบทองแดงสูงสุดเช่นกัน ในส่วนของปริมาณธาตุแมงกานีส พบว่า ตัวอย่างทรายละเอียดในพื้นที่หาดไม้ขาวมีปริมาณ Mn มากที่สุดในกลุ่มธาตุโลหะนี้ โดยพบ Mn มากที่สุดคือในตำแหน่งเก็บตัวอย่าง Si08

ตารางที่ 3 ปริมาณโลหะ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในหินของพื้นที่จังหวัดภูเก็ตและพื้นที่โดยรอบและทรายจากงานวิจัยอื่นๆ

	Al	Mg	Ti	Fe	Rb	Sr	Cu	Mn	Cr	Pb	Zn
Rock	72030 ^a	3580 ^a	3490 ^a	21490 ^a	700 ^a	240 ^a	< 10 ^b	2101 ^b	>107 ^b	20-160 ^b	>190 ^b

^aReport prepare to publication มาจากการตรวจวัดตัวอย่างหินในจังหวัดภูเก็ตและพื้นที่โดยรอบซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่อง WD-XRF ; ^bGarson *et al.* (1975) ตัวอย่างชุดข้อมูลหินในจังหวัดภูเก็ตและพื้นที่โดยรอบ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากปริมาณโลหะในกลุ่มธาตุองค์ประกอบหลัก (major element) ที่มี $Al > Fe > Mg > Sr > Ti > Rb$ ของชั้นทรายที่สามารถระดับความลึกข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโลหะดังกล่าวในหินของจังหวัดภูเก็ตและพื้นที่โดยรอบ (ตารางที่ 3) ที่มาจากการวิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่อง WD-XRF เช่นเดียวกัน พบว่า ความเข้มข้นโลหะทุกชนิดข้างต้นในทรายของหาดไม้ขาวมีปริมาณน้อยกว่าที่พบในหินยกเว้น Sr ที่พบในทรายหาดไม้ขาวมากกว่าค่อนข้างชัดเจน ส่วน Mg ในตัวอย่าง Si10 และ Si11 พบมากกว่าที่พบในหิน ซึ่งปริมาณ Al Fe และ Mg ที่มีมากที่สุดเนื่องจากเป็นธาตุโลหะพื้นฐานที่มีมากอยู่แล้วในธรรมชาติ ทั้งนี้กลุ่มธาตุโลหะทั้งสามชนิดมีปริมาณมากรองลงมาจากซิลิคอน แคลเซียมและโพแทสเซียมที่เป็นธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากในทราย อย่างไรก็ตามหากพิจารณาตามองค์ประกอบของแร่ที่พบได้ในธรรมชาติ พบว่า ธาตุ Al Fe และ Mg ดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของธาตุองค์ประกอบของแร่ไบโอไทต์ที่อยู่ในกลุ่มแร่ไมกา ($K(Mg, Fe^{2+})_3(Al, Fe^{3+})Si_3O_{10}(OH)_2$) และเป็นอนินทรีย์สารที่สามารถพบร่วมกับแร่ควอร์ตซ์ที่มีธาตุ Si เป็นองค์ประกอบหลัก (Phungratsamee, 1988) ดังนั้นสันนิษฐานได้ว่าทรายในหาดไม้ขาวอาจมีองค์ประกอบของโลหะ Al Fe และ Mg ที่มาจากแร่ไบโอไทต์ผสมร่วมกับควอร์ตซ์ที่มาจากการผุพังตามธรรมชาติของหินแกรนิตที่เป็นวัสดุต้นกำเนิดทรายในอดีต

จากผลของปริมาณโลหะ Sr ที่พบในทรายพบค่อนข้างมากในหาดไม้ขาว เมื่อเปรียบเทียบกับ Sr ที่พบในหินของจังหวัดภูเก็ต พบว่า Sr ในหินของจังหวัดภูเก็ตมีน้อยกว่ามาก หากพิจารณาผลการศึกษา Sr ในงานวิจัยของ Koi et al. (2018) ซึ่งพบว่า Sr ในดินทรายที่มีในงานวิจัยดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วง 10-270 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดย Sr ในงานวิจัยดังกล่าวมีต้นกำเนิดมาจากทรายในมหาสมุทรที่เกิดขึ้นในสมัยไพลสโตซีน (Pleistocen period) พัดพามาผสมกับดิน ทั้งนี้ผลของ Sr ที่พบในทรายหาดไม้ขาวในพื้นที่เก็บตัวอย่าง Si07 ถึง Si11 ที่มากกว่าที่พบในหินและทรายหาดไม้ขาวในพื้นที่เก็บตัวอย่าง Si02 ถึง Si06 ดังกล่าว อาจสันนิษฐานได้ว่าทรายที่อยู่ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง Si07 ถึง Si11 ดังกล่าวมาจากวัสดุต้นกำเนิดที่แตกต่างจากหินบนเกาะภูเก็ต เนื่องจากเป็นทรายที่มีปริมาณ Sr มากกว่าที่พบในหินของพื้นที่ค่อนข้างมาก โดยทรายดังกล่าวอาจเป็นทรายที่มีต้นกำเนิดมาจากมหาสมุทรซึ่งสะสมตัวอยู่ในทะเลพื้นที่ดังกล่าว และทรายดังกล่าวถูกพัดพาขึ้นมาฝังกลบและสะสมในพื้นที่เป็นจำนวนมากในเหตุการณ์การเกิดสึนามิเมื่อปี พ.ศ. 2547 ซึ่งสอดคล้องกับการพบ Sr ที่ลดลงตามชั้นระดับความลึกของทราย ผลความแตกต่างของปริมาณโลหะตามความลึกดังกล่าว สะท้อนให้เห็นภาพการฝังกลบของทรายคล้ายกับที่พบในงานวิจัยของ Suteerasak & Akkajit (2018) ที่พบสัญญาณความแตกต่างกันของปริมาณโลหะ Pb และ Zn ตามความลึกของชั้นตะกอนดินที่เชื่อมโยงกับเหตุการณ์การเกิดสึนามิเมื่อปี พ.ศ. 2547 ส่วนกรณีของโลหะ Ti และ Rb เป็นธาตุที่พบน้อยที่สุดในกลุ่มโลหะทั้ง 6 ชนิด โดย Rb ที่พบดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าในหินพื้นที่ค่อนข้างมาก ผลดังกล่าวใกล้เคียงกับที่พบในดินเหนียวและดินเค็มในงานวิจัยของ Tóth et al. (2019) ที่มีการวิเคราะห์ด้วยวิธีเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) เช่นเดียวกับ โดยพบค่าอยู่ในช่วง 48-85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสันนิษฐานได้ว่า Rb ดังกล่าวอาจมีต้นกำเนิดมาจากทรายในมหาสมุทรเช่นเดียวกับ Sr ที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ส่วนโลหะ Ti ที่พบอาจมาจากแร่ในกลุ่มไททาโนแมกนีไทด์และอิลมีไนต์ ที่สามารถพบ Ti ร่วมกับ Fe และพบได้ในทรายที่เป็นผลผลิตจากหินอัคนีในอดีต ดังที่ van Gosen & Ellefsen (2018) ศึกษาพบองค์ประกอบของทรัพยากรแร่ Ti ในทรายแถบชายฝั่งแอตแลนติกที่เป็นผลผลิตจากหินอัคนีในอดีต ซึ่งผลจากงานวิจัยดังกล่าวช่วยสนับสนุนข้อสันนิษฐานที่ว่าต้นกำเนิดของโลหะทั้งสองในทรายนั้นอาจมาจากหินต้นกำเนิดของทรายในธรรมชาติ

พิจารณาปริมาณโลหะในกลุ่มแร่ธาตุปริมาณน้อย (trace element) ที่อยู่ในทรายของทุกจุดเก็บตัวอย่างที่พบปริมาณ $Cu > Mn > Zn > Cr$ และพบ Pb น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโลหะดังกล่าวกับโลหะข้างต้นที่อยู่ในหินที่แสดงอยู่ในงานของ Garson et al. (1975) (ตารางที่ 3) พบว่าความเข้มข้นโลหะเกือบทุกชนิดในทรายหาดไม้ขาวมีค่าน้อยกว่าที่พบในหินของจังหวัดภูเก็ต ยกเว้น Cu ที่พบมากกว่าในหินและพบเกินเกณฑ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมและหากพิจารณาผลเปรียบเทียบกับสภาพพื้นที่พบว่า ตำแหน่งที่เป็นที่ตั้งของทรายเป็นตำแหน่งที่พบ Cu สูงสุดด้วยเช่นกัน เมื่อพิจารณาผลเปรียบเทียบกับสภาพพื้นที่พบว่า ตำแหน่งที่เป็นที่ตั้งของทรายเป็นตำแหน่งที่มีทอระบายนํ้าวางตัวอยู่ในทิศทางหันปลายท่อออกสู่ทะเลและพบขยะจำนวนมากในจุดเก็บตัวอย่างดังกล่าว โดยสันนิษฐานว่าผลจากโลหะ Cu และ Zn ดังกล่าวอาจมาจากการฝังของขยะจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สะสมและกระจายตัวอยู่ในพื้นที่เก็บตัวอย่างดังกล่าว ส่วนผลของ Cr และ Mn อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่พบในหินค่อนข้างมาก

ในส่วนของผลที่พบการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนเม็ดทรายที่มีการลดลงของปริมาณทรายละเอียดและทรายละเอียดมาก (ที่ขนาดเม็ด 106-250 ไมครอน) และทรายแป้งที่รวมถึงอนุภาคของดินตะกอนและดินเหนียว (ที่ขนาดเม็ดเล็กกว่า 106 ไมครอน) เป็นผลมาจากอิทธิพลของกระบวนการที่เกิดขึ้นในชายหาดที่ควบคุมโดยคลื่นน้ำทะเลที่พัดพาเม็ดทรายอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้การสะสมตัวของเม็ดทรายขนาดเล็ก โดยพลังงานจากคลื่นน้ำทะเลที่เกิดขึ้นตลอดเวลาดังกล่าวสร้างอุปสรรคในการสะสมตัวและแทรกตัวของเม็ดทรายที่มีขนาดเล็กที่แทรกตัวผ่านทรายหยาบปานกลางที่มีสัดส่วนค่อนข้างมากในพื้นที่ดังกล่าว นอกจากนี้ปัจจัยในเรื่องของความลาดชันของชายทะเลอาจควบคุมและส่งผลต่อการแทรกตัวและสะสมตัวของดินและทรายขนาดเล็กด้วยเช่นกัน ดังเช่นที่ได้กล่าวไว้ในงานของ McLean & Kirk (1969) ว่าปรากฏการณ์ทางชลศาสตร์ (hydraulic effects) ที่ปรากฏการณ์ที่ส่งผลต่อการแทรกและสะสมตัวของเม็ดทรายขนาดเล็กในพื้นที่ชายทะเล โดยปัจจัยดังกล่าวถูกควบคุมโดยความลาดชันที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ส่งผลให้เกิดคลื่นทะเลที่มีขนาดและรูปแบบต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ รวมถึงอิทธิพลของคลื่นลมทะเลชายฝั่งที่เป็นตัวพัดพาเอาน้ำทะเลซัดเข้าสู่พื้นที่บนบกในแต่ละช่วงเวลา ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นทำให้พบการสะสมของเม็ดทรายที่มีความโดดเด่นเฉพาะพื้นที่ที่มีความเหลือนและแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามหากต้องการนำผลไปประกอบการศึกษาด้านที่อยู่อาศัยและการดำรงอยู่ของสัตว์ทะเลหน้าดิน เช่น จักจั่นทะเลในพื้นที่หาดไม้ขาวอาจต้องพิจารณาประเด็นในเรื่องของสัณฐานชายหาดและความลาดชันของชายหาด รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของแร่โลหะตามช่วงเวลาและฤดูกาลประกอบการศึกษาด้วยเช่นกัน

สรุปผลการวิจัย

ขนาดของเม็ดทรายที่มีมากที่สุดในพื้นที่หาดไม้ขาวอยู่ในกลุ่มของทรายที่มีขนาดเม็ดใหญ่กว่าทรายละเอียด (ขนาดเม็ดใหญ่กว่า 250 ไมครอน) นั่นคือทรายหยาบปานกลาง ทั้งนี้ปริมาณทรายละเอียด และทรายแป้งที่รวมถึงอนุภาคดินตะกอนและดินเหนียว มีการลดปริมาณลงที่ความลึกเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากปรากฏการณ์ทางชลศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับความลาดชันของชายหาดและคลื่นทะเลที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ทำให้พบปริมาณเม็ดทรายหยาบ ทรายละเอียด และทรายแป้งที่รวมถึงอนุภาคดินตะกอนและดินเหนียว ที่โดดเด่นแตกต่างกันในพื้นที่ดังกล่าว

ปริมาณโลหะในกลุ่มธาตุองค์ประกอบหลัก (major element) ในเม็ดทรายของหาดไม้ขาวมีปริมาณโลหะ $Al > Fe > Mg > Sr > Ti > Rb$ ทั้งนี้ Al Fe และ Mg อาจมีต้นกำเนิดมาจากแร่ไบโอไทต์ผสมกับ ควอร์ตซ์ที่เกิดขึ้นจากการผุพังตามธรรมชาติของหินแกรนิตที่มาจากบนบกและในมหาสมุทรที่ทำให้เกิดทรายในอดีต ส่วนโลหะ Sr Ti และ Rb นั้นมาจากทรายจากในมหาสมุทรที่สะสมตัวในพื้นที่ดังกล่าวถูกพัดพาขึ้นมาฝั่งกลบและสะสมในพื้นที่เป็นจำนวนมากจากเหตุการณ์การเกิดสึนามิเมื่อปี พ.ศ. 2547

ปริมาณโลหะในกลุ่มแร่ธาตุปริมาณน้อย (trace element) มีปริมาณ $Cu > Mn > Zn > Cr$ โดยพบโลหะทองแดงเพียงตำแหน่งเดียวคือตำแหน่ง SiO_5 ซึ่งปริมาณที่พบมากกว่าทองแดงตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดิน (SQGs) ของกรม



ควบคุมมลพิษ ผลดังกล่าวอาจมาจากขยะที่พัดพามาจากท่อน้ำทิ้งที่สะสมในพื้นที่ดังกล่าว ส่วนโลหะอื่นๆพบน้อยกว่าที่กำหนดไว้โดยเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดิน (SQGs) ของกรมควบคุมมลพิษ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย สถานภาพและการแพร่กระจายของจังก์ชันทะเลตามธรรมชาติเพื่อการจัดการท่องเที่ยวชุมชนหาดไม้ขาวอย่างยั่งยืน ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจาก สวทช งานวิจัยชิ้นนี้สามารถดำเนินงานสำเร็จได้ล่วงด้วยดี ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต ที่ได้ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ทำวิจัย ขอขอบคุณอุทยานแห่งชาติสิรินาถสำหรับความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยในพื้นที่ ขอขอบคุณเทศบาลตำบลไม้ขาวสำหรับการอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยในพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

- Alshahri, F. (2017). Heavy metal contamination in sand and sediments near to disposal site of reject brine from desalination plant, Arabian Gulf: Assessment of environmental pollution. *Environ Sci Pollut Res*, 24, 1821–1831
- Byers, H.L., McHenry, L.J. & Grundl, T.J., (2019). XRF techniques to quantify heavy metals in vegetables at low detection limits. *Food Chemistry*, X 1, 1-10.
- Cabrini, T.M.B., Barboza, C.A.M., Skinner, V.B., Hauser-Davis, R.A., Rocha, R.C., Saint'Pierre, T.D., Valentin, J.L. and Cardoso, R.S. (2017). Heavy metal contamination in sandy beach macrofauna communities from the Rio de Janeiro coast, Southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 221, 116-129.
- Duncan, A., Vries, N. & Nyarko, K. (2018). Assessment of Heavy Metal Pollution in the Sediments of the River Pra and Its Tributaries. *Water Air Soil Pollut*, 229(272), 1-10.
- Garson, M.S., Young, B., Mitchell, A.H.G., Tait, B.A.R., Bateson, J.H., Cogger, N., Johnson, R.L., Prewett, W.G. & Stephens, E.A. (1975). *The Geology of the Tin Belt in Peninsular Thailand around Phuket, Phangnga and Takua Pa, first ed.* HMSO, London.



Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Res*, 14, 975-1001.

Hashim, N.O., Kinyua, A.M., Mangala, M.J. & Rathore, I.V.S. (1998). EDXRF Analysis of Lead Other Toxic Trace Elements in Soil Sample Along Two Major Highways of Kenya. *Radiat. Phys. Chem*, 51(4-6), 629-630.

Hayden, B. & Dolan, R. (1974). Impact of beach nourishment on distribution of *Emerita talpoisa*, the common mole crab. *Journal of the waterways harbors and coastal engineering division*, 123-132.

Howard, A.K. (1986). Soil classification handbook : unified soil classification system. Denver, Colo. :Geotechnical Branch, Division of Research and Laboratory Services, Engineering and Research Center, Bureau of Reclamation.

Kadhun, S.A., Ishak, M.Y. & Zulkifli, S.Z. (2015). Evaluation and assessment of baseline metal contamination in surface sediments from the Bernam River, Malaysia. *Environ. Sci. Pollut. Res*, 23(7), 6312-6321.

Khongsang, A., Suteerasak, T. & Chongsrirattanakun, W. (2018). Contamination of Heavy Metals in Sediment, Polychaetes and Cockles in the Bang Yai River Estuary, Phuket Province. *KMUTT Research and Development Journal*, 41 (4), 439-454. (in Thai)

Koi, K., Nagorny, V., Miseckaite, O. & Mazhaysky, Y.A. (2018). Strontium content in sandy soils in agriculture fields (case study : Moudou, Chad). *AGROFOR International Journal*, 3(2), 121-128.

McLean, R. F. & Kirk, R. M. (1969). Relationships between grain size, sizesorting, and foreshore slope on mixed sand - shingle beaches. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 12(1), 138-155.



Muller, G. (1969). Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River. *Geol. J.* , 2 (3), 108-118.

Müller, G. (1981). The heavy metal pollution of the sediments of Neckars and its tributary: A Stocktaking.
Chem. Ztg., 105, 157-164.

Musika, C., Wongsudawan, W. & Munhaphon, A. (2013). Distribution and Accumulation of Heavy Metals in Sediments of the Inner Gulf of Thailand. *In Proceedings The 4th Marine Science Conference.* (569-580) Thailand. (In Thai)

Phungratsamee, T., 1988, "General Geology." *O S Printing house.* Bangkok. (in Thai)

Potts, P.J. (1992). A handbook of silicate rock analysis. *Glasow, Blackie & Son Ltd.* London.

Pollution Control Department. (2012). The study report: Determination of sediment quality standards in surface water source. Bureau of Waste Management and Hazardous Substances, Pollution Control Department, Bangkok. (in Thai)

Rizo, O.D., González, F.B., López, J.O.A and Alpizar, O.D. (2015). Heavy metal levels in dune sands from Matanzas urban resorts and Varadero beach (Cuba): Assessment of contamination and ecological risks. *Marine Pollution Bulletin*, 101, 961-964.

Suteerasak, T. & Bhongsuwan, T. (2008). Contamination of Heavy Metals Al, As, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Sn, Zn and Fe in Sediment from Bang-Yai River in Phuket Province. *KMUTT Research and Development Journal*, 31 (4), 767-779. (in Thai)



- Suteerasak, T. (2017). Applied Physics with Sediment Analysis. Phuket Center print, Phuket. (in Thai)
- Suteerasak, T. & Akkajit, P. (2018). Using the Grain Size and Concentration of Pb and Zn in Sediments to Identify the Layer of Sediment from Tsunami in 2547 B.E. (2004 C.E.) in the Bang Yai Estuary, Phuket Bay. *Thammasart Science and Technology Journal*, 26(3), 459-475. (in Thai)
- Suteerasak, T., AkkaJit, P., Chitchiew, N., Ponggannicha, K. and Chongsrirattanakun, W. (2019). Assessment Contamination of Copper, Lead and Zinc in Sediment at Bang Yai Canal, Phuket Province. *BURAPHA SCIENCE JOURNAL*, 24(1), 1181-1197. (in Thai)
- Suteerasak, T., AkkaJit, P., Muangmool, K., Salaeh, N. and Lamai, A. (2020). The Contamination of Lead, Chromium, Copper and Zinc in Sediment at Pak Bang Cannel and Catchment Area, Patong dDistrict, Phuket Province. *BURAPHA SCIENCE JOURNAL*, 25(3), 1181-1197. (in Thai)
- Takarina, N.D. & Adiwibowo, A., (2010). Content of Heavy Metals (Cr, Cu, Pb and Zn) in Macrozoobenthos at Jakarta Bay. *Journal of Coastal Development*, 10 (1), 75-80.
- Tóth, T., Kovács, Z.A. & Rékási, M. (2019). XRF-measured rubidium concentration is the best predictor variable for estimating the soil clay content and salinity of semi-humid soils in two catenas. *Geoderma*, 342, 106-108.
- Turekian, K.K. & Wedepohl, K.H. (1961). Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 72(2), 175-192.
- Turekian, K.K. & Wedepohl, K.H. (1961). Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 72(2), 175-192.



van Gosen, B.S. & Ellefsen, K.J. (2018). Titanium Mineral Resources in Heavy-Mineral Sands in the Atlantic Coastal Plain of the Southeastern United States. Scientific Investigations Report 2018–5045, *U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.*

Xie, S., Dearing, J.A., Bloemendal, J., Boyle, J.F. & Morse, A.P. (2001) Association between magnetic properties and element concentrations of Liverpool street dust and it's implications. *J. App. Geophys.* 48, 83-92.

Yalcin, F. (2020). Data Analysis of Beach Sands' Chemical Analysis Using Multivariate Statistical Methods and Heavy Metal Distribution Maps: The Case of Moonlight Beach Sands, Kemer, Antalya, Turkey. *Symmetry.*, 12, 1538, 1-18.