สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการใช้ฟองน้ำทะเล เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในการใช้ตรวจติดตามมลพิษจากโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย เป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง 2 ปีระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558 ซึ่งรายงานฉบับนี้เป็นผลการศึกษา ในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นปีที่ 1 ของโครงการ โดยได้ทำการศึกษาใน 3 พื้นที่ คือ หมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง รวม 7 สถานี สำรวจและเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง คือ ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น การสำรวจคุณภาพสิ่งแวดล้อมในถิ่นอาศัยของฟองน้ำทะเล อันได้แก่ คุณภาพน้ำทะเล คุณสมบัติดินตะกอน และความอุดมสมบูรณ์ของประชากรแพลงก์ตอนพืช รวมทั้งความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำทะเล และการติดตามการสะสมของโลหะหนักในฟองน้ำทะเล โดยนำตัวอย่างฟองน้ำทะเลในธรรมชาติมาวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนัก รวมทั้งทำการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทะเลและดินตะกอนในบริเวณเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบกันด้วย ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

คุณภาพสิ่งแวดล้อมในถิ่นอาศัยของฟองน้ำทะเลในบริเวณพื้นที่ศึกษา

1. คุณภาพน้ำทะเลมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลตามประเภทการใช้ประโยชน์ในแต่ละพื้นที่ ดังนี้ คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติสำหรับพื้นที่หมู่เกาะมัน และคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอุตสาหกรรม และท่าเรือ สำหรับพื้นที่เกาะสะเก็ดและหมู่เกาะสีชัง

2. คุณสมบัติดินตะกอน พบว่า ดินตะกอนส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินทราย มีสภาพเป็นด่างโดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 8.1 - 9.2 และมีปริมาณสารอินทรีย์ค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 0.2 - 2.1 %

3. การสำรวจประชากรแพลงก์ตอนพืช พบทั้งสิ้น 78 สกุล แบ่งเป็น Class Cyanophyceae 4 สกุล Class Chlorophyceae 1 สกุล Class Euglenophyceae 1 สกุล Class Bacillariophyceae 59 สกุล Class Dictyochophyceae 1 สกุล และ Class Dinophyceae 12 สกุล แพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมเป็นกลุ่มที่มีสัดส่วนความหนาแน่นมากที่สุดทุกสถานีและทุกเดือนที่ทำการสำรวจ และสกุลที่มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงสูด ได้แก่ *Skeltonema, Chaetoceros, Bacteriastrum, Guinardia, Pseudonitzschia* และ *Thalassionem*a ตามลำดับ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นสูงสุดในเดือนมกราคม รองลงมาคือ ธันวาคม และ ตุลาคม ตามลำดับ และพบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชสูงสุด ในพื้นที่เกาะสะเก็ด รองลงมา คือ หมู่เกาะสีชัง และ หมู่เกาะมัน ตามลำดับ

4. การสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำทะเล พบทั้งสิ้น 40 ชนิด จาก 33 สกุล 27 วงศ์ และ 10 อันดับ และ บริเวณพื้นที่ศึกษา ซึ่งพบฟองน้ำทะเลมีความหลากหลายทาง

ชีวภาพมากที่สุด คือ บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี พบ 24 ชนิด รองลงมา คือ บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ หมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง พบ 21 ชนิดและ บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือ เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง พบ 16 ชนิด ซึ่งฟองน้ำที่พบเหล่านี้ เป็นฟองน้ำที่พบได้ทั่วไปในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก และเขตอินโดแปซิฟิค

การติดตามการสะสมของโลหะหนักในฟองน้ำทะเล

โลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์รวม 7 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในรูปของปริมาณโลหะรวมทั้งในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล สำหรับฟองน้ำทะเลที่นำวิเคราะห์โลหะหนักมี 31 ชนิด โดยฟองน้ำกลุ่มเด่นบริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง พบเหมือนกัน คือ ฟองน้ำครก *Petrosia (Petrosia)* sp. รองลงมา คือ ฟองน้ำสีน้ำเงิน *Neopetrosia* sp. "blue" ในขณะที่บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด ฟองน้ำชนิดเด่น คือ ฟองน้ำหนังสีดำลาย *Chondrosia reticulata* (Carter, 1886) และได้ใช้ฟองน้ำทั้ง 3 ชนิดนี้ เป็นตัวแทนของฟองน้ำในบริเวณนั้นศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการสะสมของโลหะหนักแต่ละชนิดระหว่างน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ปริมาณโลหะหนักทุกชนิดที่ทำการศึกษาในน้ำทะเลและดินตะกอน ทั้ง 3 พื้นที่ พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ของประเทศไทย คือ มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และเพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ และมาตรฐานดินตะกอนทะเลและชายฝั่งสำหรับประเทศไทย โดยโลหะหนักส่วนใหญ่ (ยกเว้น แคดเมียม) ในน้ำทะเล พบได้ในเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง ค่อนข้างสูงกว่าอีก 2 พื้นที่ ในขณะที่โลหะหนักในดินตะกอนส่วนใหญ่ (ยกเว้น เหล็ก และปรอท) พบในเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี สูงกว่าอีก 2 พื้นที่

2. การสะสมโลหะหนักในน้ำทะเล ทั้ง 3 พื้นที่ พบ Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd (Hg ผลการวิเคราะห์ร้อยละ 80 มีค่าต่ำกว่าค่า MDL คือ 0.1 µg/L ทำให้ไม่ทราบค่าที่แท้จริง จึงไม่นำมาจัดอันดับ) และในดินตะกอน พบ Fe > Zn > Pb > Ni > Cu > Cd > Hg

3. การสะสมโลหะหนักในฟองน้ำทะเล พบว่า แคดเมียม ทองแดง ปรอท นิเกิล และสังกะสี ในฟองน้ำมีความเข้มข้นสูงกว่าในน้ำทะเลและในดินตะกอน ในขณะที่เหล็ก และตะกั่ว พบความเข้มข้นในดินตะกอนสูงกว่าในฟองน้ำ

4. ฟองน้ำทะเลต่างชนิดกันมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักได้แตกต่างกัน

5. ฟองน้ำทะเลที่น่าจะเหมาะกับการใช้เป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนของโลหะหนักในบริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี คือ *Petrosia (Petrosia)* sp. รองลงมา คือ *Neopetrosia* sp. "blue" และ *Clathria (Thalysias) reinwardti* Vosmaer (ฟองน้ำเชือก) ตามลำดับ โดยพบการสะสมโลหะหนักในฟองน้ำ *Petrosia (Petrosia)* sp. ดังนี้ Fe > Ni > Zn > Cu > Cd > Pb > Hg และบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด คือ ฟองน้ำ *Chondrosia reticulate* Carter ซึ่งมีการสะสม Fe > Zn > Ni > Cu > Pb > Cd > Hg รองลงมา คือ *Tethya* aff. *robusta* Bowerbank (ฟองน้ำลูกบอล) แต่ฟองน้ำทั้ง 2 ชนิดนี้มีความเสี่ยงที่ถูกทับถมด้วยตะกอนในบางเวลา เพราะเป็นฟองน้ำที่เจริญเติบโตอยู่บริเวณพื้นท้องทะเลในเขตน้ำตื้น

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาปัญหามลพิษทางทะเลโดยใช้ฟองน้ำทะเลเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในการตรวจติดตามการปนเปื้อนโลหะหนักยังไม่พบว่ามีการศึกษามาก่อนในประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นโครงการนำร่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำฟองน้ำมาเป็นดัชนีทางเลือกใหม่หรือการนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการบำบัดมลพิษจากโลหะหนักสำหรับในอนาคต จึงควรจะได้มีการดำเนินซ้ำ โดยการศึกษาในครั้งต่อไป ควรเลือกศึกษาเฉพาะเจาะจงในฟองน้ำชนิดเด่นๆ ในแต่ละพื้นที่จำนวน 2-3 ชนิดเท่านั้น และควรทำซ้ำให้มากขึ้น เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของข้อมูล

ผลผลิต

ผลผลิตจากการดำเนินงานแผนงานวิจัยนี้เฉพาะปีที่ 1 ได้มีการนำผลงานวิจัยเรื่อง Marine sponges in the industrial and conservation areas of Chon Buri and Rayong provinces โดย Sumaitt Putchakarna, Arvut Munhapona, Supattra Taleba, Wanchai Wongsudawan ไปเผยแพร่ในการประชุมวิชาการ The Burapha University International Conference 2015, 10-12 July 2015, Bangsaen, Chonburi, Thailand และได้รับการตีพิมพ์ใน Proceedings of the Burapha University International Conference 2015 p. 573-581

บรรณานุกรม

กองปฐพีวิทยา. 2537. วิธีวิเคราะห์ดินและพืช. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. กรมวิชาการเกษตร.

กรมควบคุมมลพิษ. 2549. มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ขวัญเรือน ศรีนุ้ย และคณะ . 2552. รายงานการวิจัย การประเมินสถานภาพองค์ประกอบชีวภาพของระบบนิเวศในพื้นที่ อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก.ทุนอุดหนุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2550- 2551.

คมสัน หงภัทรคีรี วิยะดา สีหบุตร สุเมตต์ ปุจฉาการ และพนัส ธรรมกีรติวงศ์. 2551. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับความหลากหลายทางชนิดของฟองน้ำในแนวปะการัง บริเวณเกาะกา จังหวัดชุมพร.การเสนอผลงานภาคบรรยาย ในการประชุมทางวิชาการขอมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 สาขาประมง. 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551.

จุมพล สงวนสิน, สุธิดา กาญจน์อติเรกลาภ และศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ .2548. อิทธิพลของคุณภาพต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช บริเวณอ่าวตราดและช่องช้าง จังหวัดตราด. วารสารการประมง 58(3) :235- 255

จินดา ป่าสนธ์. (2546). *การใช้ Metallothionein เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพการปนเปื้อนของปรอทในหอยแมลงภู่* Perna viridis. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 141 หน้า.

ประยูร สุรตระกูล. 2537. การเปลี่ยนแปลงประชากรแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี. วารสารวาริชศาสตร์ 1(1) : 67-71.

พรศิลป์ ผลพันธิน. 2544. เทคนิคในการจำแนกชนิดของแพลงก์ตอน. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา

พิเชษฐ์ อั่งสกุล, 2544. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารในการจัดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาระบบเปิดและระบบปิด ในพื้นที่ความเค็มต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544..แพลงก์ตอนพืช.พิมพ์ครั้งที่2 คณะประมง,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ลัดดา วงศ์รัตน์ และโสภณา บุญญาภิวัฒน์. 2546. คู่มือวิธีการเก็บและวิเคราะห์แพลงก์ตอน. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ

แววตา ทองระอา ฉลวย มุสิกะ วันชัย วงสุดาวรรณ และ อาวุธ หมั่นหาผล. 2549. การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก. รายงานการวิจัย ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2547 สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.

แววตา ทองระอา วันชัย วงสุดาวรรณ อาวุธ หมั่นหาผล และ ฉลวย มุสิกะ. 2552. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักในอาหารทะเลในพื้นที่อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก รายงานการวิจัย ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2550-2551สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.

สราวุธ แสงสว่างโชติ. 2547. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรแพลงก์ตอนพืชบริเวณปากแม่น้ำบางประกงโดยการวิเคราะห์รงควัตถุด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาวาริชศาสตร์, มหาวิยาลัยบูรพา.

สุนันท์ ภัทรจินดา และคณะ. 2550. แพลงก์ตอนพืชทะเลบริเวณเกาะครามและเกาะใกล้เคียง.

สาโรจน์ เกรียงศักดาชัย. 2546. ปริมาณและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลเจลเลตและปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาชีววิทยา, มหาวิทยาลัย ศิลปากร.

โสภณา บุญญาภิวัฒน์ . 2525. ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนกลางปี 2520-2522. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 9 .กองสำรวจแหล่งประมง, กรมประมง.

สุเมตต์ ปุจฉาการ และสุชา มั่นคงสมบูรณ์. 2550. ฟองน้ำทะเล เอคไคโนเดิร์ม และเพรียงหัวหอมบริเวณเกาะครามและเกาะใกล้เคียง. โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารี. บริษัทเวิร์ค สแควร์ จำกัด. กรุงเทพฯ. 74 น.

สุเมตต์ ปุจฉาการ สุชา มั่นคงสมบูรณ์ กิติธร สรรพานิช และชุติวรรณ เดชสกุลวัฒนา. 2551ก. ความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำจากชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย: จังหวัดจันทบุรีและตราด. รายงานการวิจัย ทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน 2549. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 75 หน้า.

สุเมตต์ ปุจฉาการ สุชา มั่นคงสมบูรณ์ กิติธร สรรพานิช และชุติวรรณ เดชสกุลวัฒนา. 2551ข. ความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำจากชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย: จังหวัดชลบุรีและระยอง. รายงานการวิจัย ทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน 2548. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 74 หน้า.

APHA. 1992. *Standard Methods for the Examination of water and wastewater (17th) ed.* American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation Washington.

Bauman, J. W., Liu, J. and Klaassen, C. D. (1993). Production of metallothionein and heat-shock proteins in response to metals. *Fundamental and Applied Toxicology* 21, 15-22.

Ganguly, S., Taioli, E., Baranski, B. Cohen, B., Toniolo, P. And Garte, S. J. (1996). Human metallothionein gene expression determined by quantitative reverse transciption-polymerase chain reaction as a biomarker of cadmium exposure. *Cancer Epidemiology, Biomarker and Prevention* 5, 297-301.

Grasshoff, K., Ehrhardt, M., and Kremling, K. 1983. Method of seawater analysis. 2nd ed. Rev. and Extended ed. Weinheim: Verlag Chemic of Germany.

Hansen, I. V., Weeks, J. W. and Depledge, M. H. (1995). Accumulation of copper, zince, cadmium and chromium by the marine sponge Halichondria panicea Pallas and the implications for biomonitoring. *Marine Pollution Bulletin* 31, 133-138.

Hillel, D. 1998. *Environmental Soil Physics*. San Diego: Academic Press.

Huizenga, D.L. 1981. *The cobalt-APDC coprecipitation technique for the preconcentration of trace metal sample. Rhode Island*: Graduate school of oceanography, University of Rhode Island.

Loring, D.H. and Rantala, R.T.T. 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate metter. *Earth Sci. Rev.* 32: 235-283.

Müller, W. E. G. and Müller, I. 1998. Sponge cells and tissue *in vitro*: useful biomarkers of aquatic pollution. In: Wells, P. G., Lee, K. and Blaise, C. (Eds.), *Microscale aquatic toxicology-advances, techniques and practice*. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 97-112.

Pan, K., Lee, O.O., Qian, P. and Wang, W. 2011. Sponges and sediments as monitoring tools of metal contamination in the eastern coast of the Red Sea, Saudi Arabia. *Marine Pollution Bulletin* 62(2011) 1140-1146.

Pérez, et al., 2005. Effects of 12 years' operation of a sewage treatment plant on trace metal occurrence within a Mediterranean commercial sponge (*Spongiaofficinalis,* Demospongiae) *Mar. Pollut. Bull.* 50.301-309

PCD (Pollution Control Department). 2006. *Proposed marine and coastal sediment quality guidelines*. Pollution Control Department, Bangkok.

Pujol, E.C. 2007. *Sublethal effects of metal contamination on marine sponges: responses at different biological levels*. Tesi doctor of Universitat de Barcelona.

Quémerais, B. and cossa, D. 1997. Procedures for sampling and analysis of mercury in natural waters. Environment Canada – Quebee Region, Environmental

Conservation, St. Lawrence Centre. *Scientific and Technical Report ST-31E*, 34 p.

Sheldrick, B.H. and Wang, C. 1993. Particle size distribution. In: Carter, M.R. (ed.). Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science. Boca Raton: Lewis Publishers. p. 499-511.

Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972 *A practical handbook of seawater analsis*. Ottawa:Fisheries research board of Canada

Sará, M. and Vacelet, J. 1973. Ecologie des Démosponges, Traité de Zoolologie: Spongiaires. In: Grassé, P. P. (Ed.), *Tome III (1).* Masson, Paris, pp. 462-576.

Thongra-ar, W., Musika, C., Wongsudawan, W. and Munhapol, A. 2008. Heavy metals contamination in sediments along the Eastern Coast of the Gulf of Thailand. *EnvironmentAsia.* 1: 37-45.

Turekian, K.K. and Wedepohl, K.H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geological Society of America,* 72:175-192.

Venkateswara Rao, J., Kavitha, P., Chakra Reddy, N. and Gnaneshwar Rao, T. 2006. *Petrosia testudinaria* as a biomarker for metal contamination at Gulf of Mannar, southeast coast of India. *Chemosphere, 65,* 634-638.

Venkateswara Rao, J., Srikanth, K., Pallela, R. and Gnaneshwar Rao, T. 2009. The use of marine sponge, *Haliclona tenuiramosa* as bioindicator to monitor heavy metal pollution in the coasts of Gulf of Mannar, India. *Environ Monit Assess.* 156:451-459.

Verdenal, B., Diana, C., Arnoux, A. and Vacelet, J. 1990. Pollutant levels in Mediterranean commercial sponges. In: Rützler, K. (Ed.), *New perspectives in sponge biology*. Smithsonian Institute Press, Washington, DC, pp. 516-524.

Vogel, S. 1977. Current-induced flow through living sponges in nature. *Proceedings of National Academy of Science of the USA* 74, 2069-2071.

Wagner, C., Steffen, R.,Koziol, C., Batel,R.,Lacorn, M., Steinhart,H., Simat,T. & Müller, W.E.G. 1998. Apoptosis in marine sponges: a biomarker for environmental stress (cadmium and bacteria) *Marine Biology,* 131: 411-421.

Waldichuk, M. 1985. Biological availability of metals to marine organisms. *Mar. Pollut. Bull.* 16: 7-11.

ภาคผนวก ก