บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการบริเวณหาดทราย ได้แก่ ปริมาณธาตุอาหาร (ฟอสเฟต ซิลิเคต ไนไตรต์ ไนเตรตและแอมโมเนีย) คุณสมบัติบางประการ (ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างและความเค็ม) ของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับน้ำทะเล และคุณลักษณะบางประการของทราย (ขนาดอนุภาคทราย และปริมาณอินทรียสารของทราย) บริเวณหาดบางแสน-วอนนภาในช่วงขณะน้ำลง เป็นระยะเวลา 13 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2543 ถึงเดือนสิงหาคม 2544 พบว่ามีความผันแปรเนื่องจากเวลาและเขตที่เก็บตัวอย่าง สามารถสรุปผลและอภิปรายผลได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. ปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับน้ำทะเลชายฝั่ง

1.1 ฟอสเฟต ปริมาณฟอสเฟตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดิน เขตคลื่นแตกตัวตอนบนและเขตคลื่นแตกตัวตอนล่าง ซึ่งทั้ง 3 เขตนี้พบฟอสเฟตในปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือ มีปริมาณเฉลี่ยทั้งรอบปี 2.56±0.18 μg-at P/l 2.74±0.23 μg-at P/l และ 2.39±0.16 μg-at P/l ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าเมื่อเทียบกับในน้ำทะเลชายฝั่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงคือ พบปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยทั้งรอบปี 0.75±0.05 μg-at P/l โดยในเดือนมิถุนายนมีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยต่ำสุด 1.08±0.44 μg-at P/l และในเดือนพฤศจิกายน มีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยสูงสุด 4.05±1.62 μg-at P/l ส่วนในน้ำทะเลชายฝั่งพบว่าในเดือนมิถุนายน มีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยต่ำสุด 0.13±0.03 μg-at P/l และในเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยสูงสุด 1.92±0.51 μg-at P/l และในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน มีแนวโน้มของปริมาณฟอสเฟตสูงกว่าในช่วงเดือนธันวาคมถึงมิถุนายนค่อนข้างชัดเจน

1.2 ซิลิเคต ปริมาณซิลิเคตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดิน เขตคลื่นแตกตัวตอนบนและเขตคลื่นแตกตัวตอนล่าง มีปริมาณซิลิเคตเฉลี่ยทั้งรอบปี 90.12±3.71 μg-at Si/l 112.57±4.42 μg-at Si/l และ 122.15±5.37 μg-at Si/l ตามลำดับ

64.29±3.01 µg-at Si/l และในเดือนกรกฎาคมมีปริมาณซิลิเคตเฉลี่ยสูงสุด 156.92±9.82 µg-at Si/l ส่วนในน้ำทะเลชายฝั่งพบว่าในเดือนพฤษภาคมมีปริมาณซิลิเคตเฉลี่ยต่ำสุด 7.03±0.80 µg-at Si/l ซึ่งทั้ง 3 เขตมีปริมาณซิลิเคตสูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำทะเลชายฝั่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง โดยมีปริมาณซิลิเคตเฉลี่ยทั้งรอบปี 40.34 ±2.33 µg-at Si/l โดยในเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณซิลิเคตเฉลี่ยต่ำสุด และในเดือนสิงหาคม 2544 มีปริมาณซิลิเคตเฉลี่ยสูงสุด 86.61±3.91 µg-at Si/l และในรอบปีมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน

1.3 ไนไตรต์ ปริมาณไนไตรต์ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีปริมาณไนไตรต์เฉลี่ยทั้งรอบปี 0.86+0.08 µg-at N/l ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าเมื่อเทียบกับบริเวณเขตคลื่นแตกตัวตอนบนและตอนล่างคือ มีปริมาณเฉลี่ยทั้งรอบปี 0.18±0.02 µg-at N/l และ 0.13±0.01 µg-at N/l ตามลำดับ และในน้ำทะเลชายฝั่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงพบปริมาณไนไตรต์ต่ำกว่าเขตอื่นคือมีค่าเฉลี่ยทั้งรอบปี 0.09±0.01 µg-at N/l โดยในเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณไนไตรต์เฉลี่ยต่ำสุด 0.04±0.01 µg-at N/l และในเดือนตุลาคมมีปริมาณไนไตรต์เฉลี่ยสูงสุด 1.93±0.54 µg-at N/l ส่วนในน้ำทะเลชายฝั่งพบว่าในเดือนกรกฎาคมมีปริมาณไนไตรต์เฉลี่ยต่ำสุด 0.01±0.01 µg-at N/l และในเดือนตุลาคมมีปริมาณไนไตรต์เฉลี่ยสูงสุด 0.21±0.03 µg-at N/l และบริเวณเขตคลื่นแตกตัวตอนบน เขตคลื่นแตกตัวตอนล่างและในเขตน้ำทะเลชายฝั่งในช่วงเดือนกันยายนถึงมกราคม มีแนวโน้มของปริมาณไนไตรต์สูงกว่าในเดือนกุมภาพันธ์ถึงสิงหาคมค่อนข้างชัดเจน ส่วนบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน

1.4 ไนเตรต ปริมาณไนเตรตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีปริมาณไนเตรตเฉลี่ยทั้งรอบปี 15.50±1.20 µg-at N/l ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าเมื่อเทียบกับบริเวณเขตคลื่นแตกตัวตอนบน เขตคลื่นแตกตัวตอนล่างและน้ำทะเลชายฝั่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง ซึ่งทั้ง 3 เขตนี้มีปริมาณไนเตรตใกล้เคียงกันคือ มีปริมาณไนเตรตเฉลี่ยทั้งรอบปี 1.36±0.14 µg-at N/l 0.95±0.09 µg-at N/l และ 1.57±0.31 µg-at N/l ตามลำดับ โดยในเดือนเมษายนมีปริมาณไนเตรตเฉลี่ยต่ำสุด 1.90±0.63 µg-at N/l และในเดือนตุลาคมมีปริมาณไนเตรตเฉลี่ยสูงสุด 20.53±5.05 µg-at N/l ส่วนในน้ำทะเลชายฝั่งพบว่าในเดือนสิงหาคม 2544 มีปริมาณไนเตรตเฉลี่ยต่ำสุด 0.11±0.03 µg-at N/l และในเดือนกุมภาพันธ์ มีปริมาณไนเตรตเฉลี่ยสูงสุด 14.77±1.69 µg-at N/l และในรอบปีมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน

1.5 แอมโมเนีย ปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดิน เขตคลื่นแตกตัวตอนบนและเขตคลื่นแตกตัวตอนล่างมีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยทั้งรอบปี 15.03±1.10 µg-at N/l 28.70±1.59 µg-at N/l และ 28.42±1.39 µg-at N/l

ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 เขตพบปริมาณแอมโมเนียสูงกว่าเมื่อเทียบกับในน้ำทะเลชายฝั่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงคือ มีปริมาณเฉลี่ยทั้งรอบปี 2.01±0.23 μg-at N/l โดยในเดือนมีนาคมมีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยต่ำสุด 10.92±1.41 μg-at N/l และในเดือนกันยายนมีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยสูงสุด 39.57±2.39 μg-at N/l ส่วนในน้ำทะเลชายฝั่งพบว่าในเดือนเมษายนมีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยต่ำสุด 0.19±0.05 μg-at N/l และในเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยสูงสุด 6.98±2.05 μg-at N/l และพบว่าเฉพาะเขตคลื่นแตกตัวตอนบนและเขตคลื่นแตกตัวตอนล่างในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมมีแนวโน้มของปริมาณแอมโมเนียสูงกว่าในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน ส่วนบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดินและน้ำทะเลชายฝั่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน

2. คุณสมบัติบางประการของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับน้ำทะเลชายฝั่ง

2.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยเฉพาะในน้ำทะเลชายฝั่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเฉลี่ยทั้งรอบปี 6.6±0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายคือ มีค่าเฉลี่ยทั้งรอบปี 1.2±0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และสังเกตได้ว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูงกว่าบริเวณเขตคลื่นแตกตัวตอนบน และเขตคลื่นแตกตัวตอนล่างเล็กน้อย เนื่องจากได้รับผลกระทบจากการไหลออกของน้ำจากแผ่นดินในบริเวณนี้ คือมีค่าเฉลี่ยทั้งรอบปี 1.4±0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร 1.2±0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.0±0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยในเดือนเมษายนมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยต่ำสุด 0.9±0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และในเดือนพฤศจิกายนมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยสูงสุด 2.0±0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในน้ำทะเลชายฝั่งพบว่าในเดือนธันวาคมมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ เฉลี่ยต่ำสุด 4.7±0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และในเดือนพฤศจิกายนมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ เฉลี่ยสูงสุด 7.8±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และในรอบปีมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจนนัก

2.2 อุณหภูมิ อุณหภูมิในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายทั้ง 3 เขต คือบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดิน เขตคลื่นแตกตัวตอนบนและเขตคลื่นแตกตัวตอนล่างกับในน้ำทะเลชายฝั่งมีค่าใกล้เคียงกันคือ มีค่าเฉลี่ยทั้งรอบปี 30.0±0.2 องศาเซลเซียส 30.0±0.2 องศาเซลเซียส 31.0±0.2 องศาเซลเซียส และ 30.0±0.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยในเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 26.0±0.2 องศาเซลเซียส และในเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 35.0±0.2 องศาเซลเซียส ส่วนในน้ำทะเลชายฝั่งพบว่าในเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 26.0±0.2 องศาเซลเซียส และในเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 35.0±0.4 องศาเซลเซียส เช่นกัน และพบว่าในช่วงเดือนเมษายนถึงกันยายนมีแนวโน้มของอุณหภูมิในน้ำสูงกว่าในช่วงเดือนตุลาคม

ถึงมีนาคมค่อนข้างชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.0 ถึง 29.0 องศาเซลเซียส และ 31.0 ถึง 35.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

2.3 ความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดิน เขตคลื่นแตกตัวตอนบนและเขตคลื่นแตกตัวตอนล่าง มีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกันคือ มีค่าเฉลี่ยทั้งรอบปี 7.6±0.02 7.7±0.02 และ 7.7±0.02 ตามลำดับ และในน้ำทะเลชายฝั่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยทั้งรอบปี 8.0±0.02 โดยในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยต่ำสุด 7.2±0.02 และในเดือนตุลาคมมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยสูงสุด 8.0±0.02 ส่วนในน้ำทะเลชายฝั่งพบว่าในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยต่ำสุด 7.3±0.05 และในเดือนพฤษภาคมกับสิงหาคม 2544 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยสูงสุด 8.4±0.04 และในรอบปีมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจนนัก

2.4 ความเค็ม ค่าความเค็มในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดิน ซึ่งเป็นจุดที่น้ำซึมออกมาจากแผ่นดินมีค่าเฉลี่ยทั้งรอบปี 25.0±0.4 ส่วนในพันส่วน ซึ่งมีความเค็มต่ำกว่าบริเวณเขตคลื่นแตกตัวตอนบน เขตคลื่นแตกตัวตอนล่างและในน้ำทะเลชายฝั่ง คือ 27.0±0.4 ส่วนในพันส่วน 26.0±0.4 ส่วนในพันส่วน และ 27.0±0.3 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ โดยในเดือนกรกฎาคมมีความเค็มเฉลี่ยต่ำสุด 21.0±0.2 ส่วนในพันส่วน และในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และธันวาคมมีความเค็มเฉลี่ยสูงสุด 31.0±0.4 ส่วนในพันส่วน ส่วนในน้ำทะเลชายฝั่งพบว่าในเดือนกรกฎาคมมีความเค็มเฉลี่ยต่ำสุด 19.0±0.1 ส่วนในพันส่วน และในเดือนธันวาคมกับมกราคม มีความเค็มเฉลี่ยสูงสุด 33.0±0.1 ส่วนในพันส่วน และพบว่าในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงพฤษภาคมมีแนวโน้มของความเค็มในน้ำสูงกว่าในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20.0 ถึง 26.0 ส่วนในพันส่วน และ 28.0 ถึง 32.0 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ

นอกจากนี้พบว่าโดยเฉพาะบริเวณ เขตน้ำซึมออกจากแผ่นดินในเดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน และมีนาคม มีความเค็มต่ำกว่าในน้ำทะเลชายฝั่งถึง 5 ส่วนในพันส่วน

3. คุณลักษณะบางประการของทราย

3.1 ขนาดของอนุภาคทราย ค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายของบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายอยู่ที่ 0.58±0.06 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับบริเวณเขตคลื่นแตกตัวตอนบนและเขตคลื่นแตกตัวตอนล่าง โดยทั้ง 2 เขตเก็บตัวอย่างนี้มีค่ากลางของขนาดอนุภาคทรายใกล้เคียงกันคือ 0.36±0.01 มิลลิเมตร และ 0.37±0.01 มิลลิเมตร ตามลำดับ และพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของขนาดอนุภาคทรายบริเวณหาดบางแสน-วอนนภา

3.2 อินทรียสารของทราย ปริมาณอินทรียสารของทรายบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดิน เขตคลื่นแตกตัวตอนบนและเขตคลื่นแตกตัวตอนล่าง ซึ่งทั้ง 3 เขตนี้มีปริมาณอินทรียสารใกล้เคียงกัน คือ 0.73±0.06 % 0.96±0.01 % และ 1.07±0.01 % ตามลำดับ โดยในเดือนตุลาคมมีปริมาณอินทรียสารของทรายต่ำสุด 0.70±0.04 % และในเดือนกันยายนมีปริมาณอินทรียสารของทรายสูงสุด 0.99±0.04 % และในรอบปีมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดทราย จากผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันที่ระดับความมีนัยสำคัญ $p < .05$ พบความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

ไนไตรต์ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับอุณหภูมิ ($r = -0.082$*) และแอมโมเนียมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับขนาดของอนุภาคทราย ($r = -.200$*) ส่วนฟอสเฟต ซิลิเคตและไนเตรต ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม ปริมาณอินทรียสารของทรายและขนาดของอนุภาคทราย

ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย พบว่ามีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับปริมาณอินทรียสารของทราย ($r = -.117$*) และมีความสัมพันธ์แบบตามกันกับขนาดของอนุภาคทราย ($r = .225$*) และพบว่าความเป็นกรด-ด่างมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับปริมาณอินทรียสารของทราย ($r = .094$*) ส่วนอุณหภูมิและความเค็ม พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับปริมาณอินทรียสารของทรายและขนาดของอนุภาคทราย

นอกจากนี้พบว่าปริมาณอินทรียสารของทรายมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับขนาดของอนุภาคทราย ($r = -.171$*)

5. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดทรายกับสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่อาศัยอยู่ จากผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันที่ระดับความมีนัยสำคัญ $p < .05$ พบความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

ฟอสเฟตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความชุกชุมของ *Meretrix* sp. ($r = .114$*), *T. fragilis* ($r = .105$*) และกับมวลชีวภาพของ Lumbrineridae ($r = .097$*), *S. strictus* ($r = .115$*) ซิลิเคตมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความชุกชุมของ *Dotilla* sp. ($r = .092$*) และกับมวลชีวภาพของ Lumbrineridae ($r = .109$*), *Dotilla* sp. ($r = .102$*) ไนไตรต์มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับความชุกชุมของ *Dotilla* sp. ($r = -.095$*) และกับมวลชีวภาพของ Neridae ($r = -.109$*), *Meretrix* sp. ($r = -.106$*) ไนเตรตมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับความชุกชุมของ *S. strictus* ($r = -.095$*), *T. fragilis*

(r = -.113*), *Donax* sp.2 (r = -.095*) และกับมวลชีวภาพของ Onuphidae (r = -.102*) ส่วนแอมโมเนียมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับความชุกชุมของ Orbinidae (r = -.090*) และมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความชุกชุมของ *U. vestiarum* (r = .094*), *D. faba* (r = .096*) และกับมวลชีวภาพของ Neridae (r = .095*), Paguridae (r =.104*) ดังจากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบอ่อน ๆ คือมีค่า r อยู่ในช่วง -.200 ถึง .200 ซึ่งถือว่าเป็นความสัมพันธ์ที่ต่ำมาก

ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความชุกชุมของ *D. faba* (r = .103*) และมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับความชุกชุมของ *Lucinid* sp. (r = -.093*) และกับมวลชีวภาพของ *Lucinid* sp. (r = -.106*) อุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความชุกชุมของ Onuphidae (r = .101*) และ *Meretrix* sp. (r = .100*) และมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับมวลชีวภาพของ *Meretrix* sp. (r = -.101*) ความเป็นกรด-ด่างมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับความชุกชุมของ Lumbrineridae (r =-.117*), Orbinidae (r = -.100*) และกับมวลชีวภาพของ Orbinidae (r = -.111*) และมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความชุกชุมของ *Donax* sp.1 (r = .110*) และกับมวลชีวภาพของ *Meretrix* sp. (r = .092*) ส่วนความเค็มมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับความชุกชุมของ Orbinidae (r = -.094*) และกับมวลชีวภาพของ Lumbrineridae (r = -.103*) และมีความสัมพันธ์แบบตามกันกับมวลชีวภาพของ *Thalamila* sp. (r = .093*) จากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างและความเค็มกับสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบอ่อน ๆ คือมีค่า r อยู่ในช่วง -.200 ถึง .200 ซึ่งถือว่าเป็นความสัมพันธ์ที่ต่ำมาก

ขนาดของอนุภาคทรายมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบผกผันกับความชุกชุมของ Glyceridae (r = -.200*), Neridae (r = -.174*) และปริมาณอินทรียสารของทรายมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับความชุกชุมของ Paguridae (r = .094*), *Lucinid* sp. (r = .110*) และกับมวลชีวภาพของ Paguridae (r = .108*), *Meretrix* sp. (r = .115*) และ *Lucinid* sp. (r = .094*) จากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าขนาดของอนุภาคทรายและปริมาณอินทรียสารของทรายกับสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่มีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบอ่อน ๆ คือมีค่า r อยู่ในช่วง - .200 ถึง .200 ซึ่งถือว่าเป็นความสัมพันธ์ที่ต่ำมาก เช่นกัน

อภิปรายผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาต้องการชี้ให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการบริเวณหาดทราย ได้แก่ ธาตุอาหาร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และความเค็ม ทั้งในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายและน้ำทะเลชายฝั่ง และคุณลักษณะบางประการของทราย คือขนาดอนุภาคทรายและปริมาณอินทรียสารของทราย โดยตามสถิติภูมิอากาศของสถานีตรวจอากาศจังหวัดชลบุรีสามารถแบ่งภูมิอากาศบางแสนออกเป็น 2 ฤดูกาล คือฤดูฝน (ฤดูน้ำมาก) อยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และฤดูแล้ง (ฤดูน้ำน้อย) อยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน (ชื่นใจ บูชาธรรม, 2542) และแสดงให้เห็นความแตกต่างของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับน้ำทะเลชายฝั่งจากปัจจัยที่ศึกษาด้วย นอกจากนี้ต้องการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดทรายกับสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่อาศัยอยู่ ซึ่งสามารถอภิปรายผลที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย

1.1 ฟอสเฟตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย พบว่าในเดือนมิถุนายนซึ่งเป็นเดือนในช่วงฤดูฝนมีปริมาณต่ำสุดในรอบปี และมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน ซึ่งในเดือนพฤศจิกายนพบปริมาณสูงสุดในรอบปี และมีแนวโน้มต่ำในช่วงเดือนธันวาคมถึงมิถุนายน ทั้งนี้ความแตกต่างในแต่ละเดือนของปริมาณฟอสเฟตอาจมีสาเหตุมาจากการเจือจางโดยน้ำจืดที่มากับน้ำใต้ดินและน้ำล้นผิวดิน เช่น แม่น้ำ การชะล้างพื้นดินจากน้ำฝนในช่วงฤดูน้ำมากเป็นสำคัญ (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532) รวมทั้งปริมาณฟอสเฟตที่ลงสู่บริเวณหาดทรายโดยได้รับจากแม่น้ำบางปะกงส่วนหนึ่งที่พัดพาน้ำทิ้งจากชุมชน การเกษตร และโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรลงสู่แม่น้ำ (เกศินี กิจกำแหง, 2543) เมื่อไหลออกสู่อ่าวไทยจึงมีผลให้หาดบางแสนได้รับผลกระทบจากของเสียเหล่านี้ และอาจเนื่องจากกระบวนบัฟเฟอร์ริง (buffering) ของฟอสเฟตโดยการดูดซับและการคายฟอสเฟตออกจากผิวดินตะกอน (ทราย) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ควบคุมปริมาณฟอสเฟตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย เมื่อความเข้มข้นของปริมาณฟอสเฟตในมวลน้ำต่ำจะมีการปลดปล่อยฟอสเฟตจากตะกอนดินออกสู่มวลน้ำ แต่ถ้ามีความเข้มข้นของปริมาณฟอสเฟตในมวลน้ำสูงจะมีการดูดซับฟอสเฟตบนตะกอนดินทำให้ปริมาณฟอสเฟตลดลง (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532 ; Kennish, 1986)

1.2 ซิลิเคตในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในรอบปีแบบไม่แน่นอน โดยพบว่าในเดือนกรกฎาคมมีปริมาณค่อนข้างมากกว่าในเดือนอื่น ๆ เนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูฝน (น้ำมาก) โดยความแตกต่างในแต่ละเดือนขึ้นกับความสามารถในการชะล้าง

ซิลิคอนจากพื้นดินเป็นสำคัญซึ่งไหลมากับน้ำใต้ดินและน้ำล้นผิวดิน แล้วลงสู่บริเวณหาดทรายโดยเฉพาะในช่วงน้ำมาก (มนุวดี หังสพฤกษ์, 2532) ซึ่งพบว่าลักษณะทางธรณีวิทยาของบริเวณหาดบางแสน-วอนนภาเป็นสันทรายน้ำทะเลเก่าเกิดจากการทับถมของตะกอนทรายซึ่งสลายตัวและถูกพัดพามาจากเขาแกรนิต ควอทไซด์ด้านหลังพื้นที่ (ชื่นใจ บูชาธรรม, 2542) และพบว่าในเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้งมีปริมาณต่ำสุดในรอบปี อาจเนื่องจากในช่วงน้ำน้อยจะมีการไหลเวียนของน้ำระหว่างอนุภาคทรายต่ำทำให้เรซิเดนซ์ ไทม์ (Residence Time : RT) ยาว ซึ่งมีเวลาเพียงพอสำหรับการนำไปใช้โดยไดอะตอม (ปัญญานีย์ พราพงษ์, 2535; มนุวดี หังสพฤกษ์, 2532)

1.3 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในรอบปีแบบไม่แน่นอน พบว่าโดยเฉพาะบริเวณแนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินของทุกเดือนมีปริมาณไนไตรต์และไนเตรตสูงกว่าทุกเขต แสดงให้เห็นว่าน้ำจากแผ่นดินที่ไหลลงสู่หาดทรายส่วนใหญ่มีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะถังส้วมเป็นแหล่งมลพิษที่สำคัญสำหรับชั้นน้ำเปิดที่อยู่ใกล้ผิวดิน ซึ่งชายหาดบางแสน-วอนนภามีสถานบริการสุขาตลอดแนวชายหาด เมื่อของเสียเหล่านี้ไหลซึมลงสู่ใต้ดินแล้วในที่สุดจะลงสู่ชั้นน้ำเปิดระดับน้ำใต้ดิน (water table) พวกโคลิฟอร์มแบคทีเรียและจุลินทรีย์บางส่วนจะถูกกรองโดยชั้นดิน ส่วนพวกฟอสฟอรัสจะถูกจับโดยดินแต่พวกไนโตรเจนจะมีปริมาณสูงในน้ำใต้ดิน จากลักษณะทางธรณีวิทยาชายฝั่งชั้นหินจะเอียงลาดลงสู่ทะเลมีผลให้สารต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำใต้ดินไหลลงสู่บริเวณชายฝั่งทะเล (ฉลอง บัวผัน, 2538) ตรงบริเวณแนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินของหาดทราย ดังนั้นบริเวณหาดทรายในเขตน้ำขึ้นน้ำลงจึงเป็นส่วนรองรับสารต่าง ๆ ที่มากับน้ำใต้ดินบางส่วนก่อนลงสู่ทะเล สำหรับความแตกต่างในแต่ละเดือนของปริมาณไนโตรเจนในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย อาจมีผลมาจากการย่อยสลายของสารอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ยึดเกาะอยู่กับตะกอนดินได้ปลดปล่อยออกมาสู่น้ำโดยแบคทีเรีย และจากกระบวนการตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียบางชนิดซึ่งสามารถเปลี่ยนไนโตรเจนในรูปของก๊าซให้กลายเป็นสารอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำได้ (มนุวดี หังสพฤกษ์, 2532; Aston, 1980) และการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนบริเวณหาดทรายอาจเกิดเนื่องจากกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) ซึ่งจะทำให้ได้แอมโมเนียออกสู่น้ำ จากนั้นแอมโมเนียจะถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้และสามารถถูกออกซิไดส์โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) โดยแบคทีเรียไปเป็นไนไตรต์และไนเตรตตามลำดับ แล้วจึงถูกดึงไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืชเช่นกัน (ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2522; Stumm & Morgan, 1996; Valiela, 1995) และจากผลการศึกษาพบว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีปริมาณมากในบริเวณที่มีขนาดอนุภาคทรายละเอียด เนื่องจากบริเวณนี้มีอินทรียสารมากจึงมีผลให้มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้นด้วย

อาจกล่าวได้ว่าธาตุอาหารในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การหมุนเวียนของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย ปริมาณของธาตุอาหารและสารอินทรีย์ที่ถูกพัดพาโดยกระบวนการต่าง ๆ ลงสู่ชายฝั่ง กระบวนการทางเคมีของธาตุอาหารนั้น ๆ กิจกรรมทางชีวภาพ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อความคงตัวของธาตุอาหาร

เมื่อเปรียบเทียบธาตุอาหารในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับน้ำทะเลชายฝั่ง พบว่าในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายในทุกเขตเก็บตัวอย่างมีปริมาณธาตุอาหารมากกว่าในน้ำทะเลชายฝั่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง และมีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากบริเวณหาดทรายเป็นแหล่งรองรับและกักเก็บสารต่าง ๆ โดยเฉพาะตะกอนที่เข้ามาสะสมตัวบริเวณหาดบางแสนมาจากแม่น้ำบางปะกง (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2536) แล้วยังพบว่าน้ำใต้ดินที่ไหลลงสู่บริเวณหาดทรายเป็นแหล่งธาตุอาหารอีกแหล่งหนึ่งของทะเล ซึ่งจากการศึกษาพบปริมาณธาตุอาหารสูงในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายบริเวณแนวน้ำซึมออกจากแผ่นดิน แสดงว่าธาตุอาหารเหล่านี้น่าจะมากับน้ำใต้ดิน ซึ่งจากการศึกษาของ อูเมสซาวา และคณะ (Umezawa et al., 2002) พบว่าแหล่งของธาตุอาหารที่สำคัญบริเวณแนวปะการังชายฝั่งมาจากน้ำใต้ดินที่ไหลซึมออกเช่นกัน ประกอบกับอิทธิพลจากการขึ้น-ลงของน้ำทะเลมีผลต่อสภาพการไหลของน้ำจากบนบกลงสู่ทะเล ทำให้น้ำจากแผ่นดินไหลซึมและนำพาสารต่าง ๆ ลงสู่บริเวณหาดทรายก่อนลงสู่ทะเล (ฉลอง บัวผัน, 2538) ในส่วนของเทศบาลแสนสุขเองได้มีการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนก่อนปล่อยลงสู่ทะเล ซึ่งเป็นการช่วยลดปริมาณธาตุอาหารและสารต่าง ๆ ก่อนที่จะไหลซึมลงสู่ทะเล ซึ่งไดเบอร์น (Dybern, 1972) พบว่าการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารอย่างมากในชายฝั่งทะเลเปิดจะมีผลเสียน้อยกว่าการเพิ่มที่เกิดขึ้นในทะเลที่มีการหมุนเวียนของน้ำอย่างจำกัด หากของเสียได้รับการบำบัดมาบ้างแล้วอันตรายก็ลดลงไปตามส่วน และทั้งนี้ในน้ำทะเลสามารถเจือจางสารต่าง ๆ ได้ดีกว่าในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย เนื่องจากมีการไหลเวียนของน้ำได้ดีกว่าจึงมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีมากกว่าในน้ำทะเล

2. การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติบางประการในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย จากการศึกษาพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างและความเค็ม ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลบ้างแต่ไม่ชัดเจนนัก สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำพอจะสังเกตเห็นแนวโน้มแบ่งได้เป็น 2 ระยะ คือช่วงเดือนเมษายนถึงตุลาคม ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำกว่าช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม ซึ่งเป็นผลจากอุณหภูมิของอากาศตามฤดูกาลทำให้อุณหภูมิในน้ำตามธรรมชาติเกิดการเปลี่ยนแปลง และส่งผลต่อการละลายของปริมาณออกซิเจนในน้ำ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528; สมถวิล จริตควร, 2535) โดยพบว่าอุณหภูมิในช่วงเดือนตุลาคมถึงมีนาคม มีแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำกว่าใน

ช่วงเดือนเมษายนถึงกันยายนค่อนข้างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกันคืออุณหภูมิในน้ำสูงส่งผลให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง จากผลของอุณหภูมิในน้ำข้างต้นส่งผลต่อระดับความเค็มด้วย กล่าวคือถ้าอุณหภูมิสูงทำให้น้ำระเหยได้ดีส่งผลให้ความเข้มข้นของเกลืออนินทรีย์ในน้ำสูง แต่จากการศึกษาพบว่าในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคมซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีฝนตกค่อนข้างมากทำให้ความเค็มของน้ำทะเลมีแนวโน้มต่ำกว่าในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงพฤษภาคม ดังนั้นผลของอุณหภูมิจึงไม่ใช่สาเหตุหลักในการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย แต่เพราะเนื่องจากปริมาณน้ำฝนและน้ำจากแผ่นดินที่ไหลเข้ามาเจือจางในแต่ละช่วงฤดูกาล สำหรับความเป็นกรด-ด่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยทั่วไปน้ำทะเลมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่อนข้างคงที่ประมาณ 7.5–8.4 แต่จากการศึกษาพบว่าเฉพาะเดือนกุมภาพันธ์เท่านั้นที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าเกณฑ์โดยทั่วไปเล็กน้อย คือในน้ำที่แทรกอยู่ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายและน้ำทะเลมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 7.3 และ 7.4 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะว่าในวันที่เก็บตัวอย่างบริเวณชายฝั่งมีสาหร่ายตายอยู่จำนวนมากจึงมีอินทรียสารเพิ่มขึ้น เมื่อเกิดการย่อยสลายโดยแบคทีเรียชนิดที่ใช้ออกซิเจนจึงมีผลให้ในน้ำมีความเป็นกรด-ด่างลดลง

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติบางประการ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างและความเค็มในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับน้ำทะเลชายฝั่ง พบว่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างและความเค็มในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับน้ำทะเลชายฝั่งมีค่าไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งสอดคล้องกับ เสาวภาคย์ ประจงการ และสมถวิล จริตควร (2534) แต่สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำพบว่าน้ำทะเลชายฝั่งมีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่มากกว่าในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายอย่างชัดเจน เนื่องจากปกติในน้ำทะเลมีปริมาณออกซิเจนอย่างเพียงพอโดยได้จากการกระทำของคลื่น แต่ปริมาณออกซิเจนในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายได้จากการแทรกซึมของอากาศตามช่องว่างระหว่างอนุภาคทราย ทั้งนี้พบว่าปริมาณออกซิเจนในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีมากในบริเวณที่มีขนาดอนุภาคทรายหยาบ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างทรายละเอียดกับทรายหยาบพบว่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของทรายละเอียดจะช้ากว่าทรายหยาบ (สมถวิล จริตควร, 2535) และยังพบว่าบริเวณที่มีปริมาณอินทรียสารในทรายมากจะมีออกซิเจนละลายในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายปริมาณต่ำ เพราะเนื่องจากแบคทีเรียจะใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรียสารในทรายทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายน้อยลง นอกจากนี้พบว่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายมีค่าสูงในบริเวณที่มีปริมาณอินทรียสารของทรายมาก ซึ่งโดยปกติแล้วบริเวณที่มีปริมาณอินทรียสารมากน่าจะมีความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าบริเวณที่มีปริมาณอินทรียสารน้อย เนื่องจากอินทรียสารเมื่อเกิดการเน่าสลายก็มีผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างในน้ำลดลงได้ (พิชาญ สว่างวงศ์ และคณะ, 2541)

แต่เนื่องจากความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายกับน้ำทะเลไม่แตกต่างกันมากนักจนถือว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าอินทรียสารในทรายมีผลต่อการเพิ่มความเป็นกรดในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายไม่มากนัก ซึ่งเป็นไปได้ว่าแพลงก์ตอนพืชที่อาศัยอยู่บริเวณหาดทรายเป็นตัวการสำคัญในการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเข้ามาใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสงทำให้ความเป็นกรด-ด่างของน้ำบริเวณนี้เพิ่มขึ้น (มนุวดี หังสพฤกษ์, 2532) เพราะแพลงก์ตอนพืชที่อาศัยอยู่บนพื้นสามารถพบได้ทุกแห่งที่มีน้ำและแดดส่องถึง (สุนีย์ สุวภีพันธ์, 2527) และเป็นที่น่าสังเกตว่าความเค็มในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายในแนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีความเค็มต่ำกว่าในน้ำทะเลอย่างชัดเจนในเดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน และมีนาคม คือมีค่าต่างกันมากกว่า 5 ส่วนในพันส่วน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าน่าจะมีน้ำจากแผ่นดินในระบบน้ำใต้ดินไหลเข้ามาสู่ชายฝั่งบริเวณหาดทรายที่ศึกษามีผลให้ความเค็มตรงบริเวณนี้มีค่าน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ วิภูษิต มัณฑะจิตร (2543)

นอกจากนี้พบว่าจากผลการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลบางแสน-วอนนภา (จุดอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทราย) ในช่วงรอบปีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภทที่ 5 คือคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการว่ายน้ำในส่วนของคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และความเค็ม และมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของงานวิจัยที่ผ่านมาในช่วงปี 2522-2541 (ทองต่อ แย้มประทุม และคณะ, 2522, 2523, 2524; แววตา ทองระอา และคณะ, 2535; กรมควบคุมมลพิษ, 2539; ฉลวย มุสิกะ และวันชัย วงสุดาวรรณ, 2542)

3. การเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะบางประการของทราย จากการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่เป็นทรายอนุภาคขนาดกลางคือ มีค่าเฉลี่ย 0.38 - 0.48 มิลลิเมตร และไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงรอบปี เนื่องจากเป็นบริเวณชายฝั่งที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นและลมไม่แรงนัก ส่วนแต่ละเขตบนหาดทรายพบว่าบริเวณเขตน้ำซึมออกจากแผ่นดินจัดเป็นทรายหยาบมีลักษณะเป็นดินทราย ส่วนบริเวณเขตคลื่นแตกตัวตอนบนและตอนล่างเป็นทรายละเอียดปานกลางมีลักษณะเป็นดินทรายปนโคลน (Tait, 1981) ทั้งนี้เพราะว่าในเขตคลื่นแตกตัวมีการพัดพาของอนุภาคทรายเป็นเวลายาวนานจึงเป็นทรายละเอียดที่มีความอยู่ตัวเข้ามาสะสม ส่วนปริมาณอินทรียสารของทรายไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักในช่วงรอบปีโดยมีอยู่เพียง 0.70 – 0.99 % เท่านั้น ซึ่งพบในปริมาณน้อยกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบจากผลการศึกษาของ เสาวภาคย์ ประจงการ และสมถวิล จริตควร (2534) ซึ่งพบปริมาณอินทรียสารของทรายบริเวณหาดบางแสนเฉลี่ย 1.64 % และแตกต่างจากผลการศึกษาของวิภูษิต มัณฑะจิตร (2543) ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียว โดยพบปริมาณอินทรียสารสูงถึง 5 – 10 % และพบว่าในส่วนของบริเวณแนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีปริมาณอินทรียสารของทราย

น้อยกว่าบริเวณเขตคลื่นแตกตัวตอนบนและตอนล่าง และขนาดของอนุภาคทรายมีความสัมพันธ์ทางสถิติแบบตามกันกับปริมาณอินทรียสาร คือทรายละเอียดจะมีอินทรียสารสูงกว่าในทรายหยาบ ซึ่งสอดคล้องกับ เสาวภาคย์ ประจงการ และสมถวิล จริตควร (2534) ทั้งนี้เนื่องจากขนาดอนุภาคทรายละเอียดมีพื้นที่ผิวมากและมีความพรุนน้อยกว่าทรายหยาบจึงมีโอกาสให้อินทรียสารสะสมตัวได้ดีกว่า

สำหรับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดทรายทั้งในส่วนของน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายและทราย พบว่ามีความสำคัญกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ เนื่องจากเป็นแหล่งออกซิเจน ธาตุอาหาร และเป็นแหล่งที่อยู่ของสัตว์ที่แทรกตัวอยู่ระหว่างอนุภาคทราย โดยเฉพาะสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ (สมถวิล จริตควร, 2535) ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษากับสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ บริเวณหาดบางแสน-วอนนภา มีความสัมพันธ์ทางสถิติซึ่งถือว่าต่ำมาก (มีค่า r อยู่ในช่วง $\pm$ .200) ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมแต่ละตัวแปรมีผลร่วมกันต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตมากกว่าตัวแปรชนิดใดชนิดหนึ่ง และอาจเกิดจากการเก็บตัวอย่างในแต่ละเดือนมีจำนวนไม่เท่ากัน เพราะในบางเดือนระดับน้ำลงไม่ถึงเขตที่จะเก็บตัวอย่าง เมื่อนำค่าความสัมพันธ์ทางสถิติของทุกจุดเก็บตัวอย่างมาเฉลี่ยทำให้ผลที่ได้จากการคำนวณส่วนใหญ่ของคู่ตัวแปรระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติ

หาดบางแสน-วอนนภา เป็นแหล่งท่องเที่ยวและชุมชนขนาดใหญ่ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (2536) ได้จัดลำดับความรุนแรงของปัญหาสิ่งแวดล้อมในจังหวัดชลบุรีพบว่าเทศบาลตำบลแสนสุขควรมีการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยเร่งด่วนในเรื่องของมลพิษทางน้ำ ดังนั้นในปี 2539 เทศบาลได้ดำเนินการสร้างโรงบำบัดน้ำเสียซึ่งสามารถบำบัดได้ 25,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งครอบคลุมปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นคือ 14,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (พรรณศิริ เจียระสินธุ์กูล, 2540) ซึ่งเป็นแนวทางที่ดีในการลดปัญหาน้ำเสียที่จะไหลลงสู่ทะเล และจากการสังเกตการณ์ในช่วงการทำงานวิจัยยังพบว่าในช่วงฤดูฝนมักเกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอน (plankton bloom) และพบว่าในวันเก็บตัวอย่างของเดือนตุลาคม 2543 และเดือนกุมภาพันธ์ 2544 มีสาหร่ายตายบริเวณชายฝั่งโดยพบมากในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งการเกิดปรากฏการณ์นี้อาจใช้เป็นดัชนีถึงการมีธาตุอาหารมากเกินไปในทะเล (over-eutrophication) ประกอบกับเป็นช่วงฤดูร้อนทำให้สภาวะอากาศโดยทั่วไปมีอุณหภูมิสูงและมีปริมาณแสงมากจึงอาจเป็นปัจจัยทำให้สาหร่ายทะเลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีส่วนใหญ่เกิดบริเวณในพื้นที่อ่าวไทยตอนบน เนื่องจากเป็นบริเวณชายฝั่งที่มีแม่น้ำสายหลักต่าง ๆ ไหลลงสู่ทะเล (ชนะชัย เลิศสุชาตวนิช, 2541) ดังนั้นการเพิ่มธาตุอาหารมากเกินไปของทะเล

บางแสนจนทำให้เกิดปรากฏการณ์นี้น่าจะมีสาเหตุมาจากของเสียต่าง ๆ ที่ไหลมากับแม่น้ำบางปะกงแล้วลงสู่บริเวณชายฝั่งในแถบจังหวัดชลบุรี ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าอีกแหล่งหนึ่งที่น่าจะมีส่วนในการเพิ่มธาตุอาหารในทะเลคือน้ำใต้ดินที่ซึมลงสู่บริเวณชายหาด เนื่องจากในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายเฉพาะบริเวณแนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีปริมาณธาตุอาหารมากกว่าในเขตคลื่นแตกตัวตอนบนและตอนล่าง โดยเฉพาะไนไตรต์และไนเตรตมีปริมาณค่อนข้างสูงในแนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินของหาดทราย จึงชี้ให้เห็นว่าธาตุอาหารส่วนหนึ่งที่ลงสู่หาดทรายและทะเลน่าจะมากับน้ำใต้ดินซึ่งมีปริมาณไนไตรต์และไนเตรตค่อนข้างสูง

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงช่วยให้ทราบสภาพ และลักษณะทางปัจจัยสิ่งแวดล้อมของหาดทรายบริเวณหาดบางแสน-วอนนภา ซึ่งธาตุอาหารในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายอาจเป็นดัชนีการเกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลได้ซึ่งควรติดตามและศึกษาต่อไป เพื่อเป็นแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมหาดทรายไม่ให้เสื่อมโทรมและส่งผลให้หาดบางแสน-วอนนภาเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่ยั่งยืน นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางที่ช่วยเผยแพร่งานวิจัยทางระบบนิเวศหาดทรายให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยครั้งนี้ศึกษาด้วยเหตุผลว่าพื้นที่ศึกษาเป็นแหล่งท่องเที่ยวและชุมชนขนาดใหญ่ย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดทราย ซึ่งเป็นการศึกษาเฉพาะพื้นที่บริเวณหาดบางแสน-วอนนภาเท่านั้น ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัยปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดทรายในแหล่งท่องเที่ยวอื่นทั้งที่มีปัญหาทางสิ่งแวดล้อมน้อยและแหล่งท่องเที่ยวที่มีปัญหาทางสิ่งแวดล้อมมาก เพื่อเปรียบเทียบกับการวิจัยในครั้งนี้ถึงตัวแปรและองค์ประกอบที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมบนหาดทราย

2. การศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่าน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคทรายโดยเฉพาะบริเวณแนวน้ำซึมออกจากแผ่นดินมีปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างมาก อาจนำไปใช้เป็นดัชนีถึงการเพิ่มธาตุอาหารในทะเลซึ่งมีผลทำให้เกิดมลพิษทางทะเล เช่น ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี จึงควรมีการติดตามและศึกษาต่อไป เพื่อเป็นแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมในทะเล

3. ควรมีการศึกษาคุณภาพของน้ำบาดาลในพื้นที่บริเวณหาดบางแสน-วอนนภา เนื่องจากน่าจะมีความสัมพันธ์กับธาตุอาหารที่ลงสู่บริเวณหาดทรายตรงบริเวณแนวน้ำซึมออกจากแผ่นดิน ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าการทิ้งของเสียจากชุมชนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ถังเกรอะซึ่งจะซึมลงสู่ดินแล้วไหลลงสู่ทะเลโดยมากับน้ำใต้ดินนั้นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทะเลมากน้อยอย่างไร