



# โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การประเมินการรูก้ำของน้ำทะเลโดยใช้ลักษณะเฉพาะทางอุทกเคมี  
ในแอ่งน้ำบาดาลระยอง

โดย

นางสาวมณิสรา สุขปลั่ง  
เลขประจำตัวนิต 5932725923

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

การประเมินการรุกรานของน้ำทะเลโดยใช้ลักษณะเฉพาะทางอุทกเคมี  
ในแอ่งน้ำบาดาลระยอง

นางสาวมณิสรา สุขปลั่ง

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2562

EVALUATION OF SEA WATER INTRUSION USING HYDROCHEMICAL  
CHARACTERISTICS IN RAYONG GROUNDWATER BASIN

MISS MANISARA SUKPLANG

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
For the Degree of Bachelor of Science Program in Geology  
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University  
Academic Year 2019

หัวข้อโครงการ

การประเมินการรุกรานของน้ำทะเลโดยใช้ลักษณะเฉพาะทางอุทกเคมีในแอ่ง  
น้ำบาดาลระยอง

โดย

นางสาวมณิสรา สุขปลั่ง

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

.....  
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์)

# # 5932725923 : ภาควิชาธรณีวิทยา

มณิสรา สุขปลั่ง : การประเมินการรุกค้ำของน้ำทะเลโดยใช้ลักษณะเฉพาะทางอุทกเคมีในแอ่งน้ำบาดาล  
ระยอง (EVALUATION OF SEA WATER INTRUSION USING HYDROCHEMICAL  
CHARACTERISTICS IN RAYONG GROUNDWATER BASIN)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์, 67 หน้า

### บทคัดย่อ

จังหวัดระยองตั้งอยู่ภาคตะวันออกของประเทศไทย ติดกับอ่าวไทย โดยเป็นจังหวัดที่มีการเติบโตของ  
นิคมอุตสาหกรรม และมีประชากรอาศัยอย่างหนาแน่น ทำให้มีแนวโน้มการใช้ทรัพยากรน้ำมากขึ้น ดังนั้น  
แหล่งน้ำใต้ดินจึงมีบทบาทสำคัญและนำมาใช้ประโยชน์หลายทศวรรษ นำไปสู่การรุกค้ำของน้ำทะเลในแอ่งน้ำ  
บาดาล การศึกษานี้จึงวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการรุกค้ำของน้ำทะเลทั้งหมด 4 ช่วงเวลา ได้แก่ เดือนสิงหาคม  
พ.ศ.2554 เดือนมกราคม พ.ศ.2555 เดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 และเดือนมกราคม พ.ศ.2561 โดยใช้ลักษณะ  
ทางอุทกเคมีของน้ำบาดาล โดยใช้แผนภาพ Hydrochemical Facies Evolution Diagram (HFE-D) ตรวจสอบ  
ว่าเป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็ม, ศึกษาอัตราส่วนของ Na/Cl เพื่อประเมินแหล่งที่มาของน้ำเค็มว่ามาจากน้ำทะเลหรือ  
กิจกรรมของมนุษย์, สร้างความสัมพันธ์ของ Cl/HCO<sub>3</sub> และ Base Exchange Indices (BEX) เพื่อประเมินและ  
ระบุระดับความรุนแรงของการปนเปื้อนน้ำเค็มในน้ำบาดาล โดยประเมินจากความเข้มข้นไอออนสำคัญ ได้แก่  
โซเดียม (Na<sup>+</sup>) แคลเซียม (Ca<sup>2+</sup>) โพแทสเซียม (K<sup>+</sup>) แมกนีเซียม (Mg<sup>2+</sup>) คลอไรด์ (Cl<sup>-</sup>) ไบคาร์บอเนต (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)  
ไนเตรต (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) และซัลเฟต (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) จากการศึกษาทั้งหมดแสดงผลว่า แอ่งน้ำบาดาลระยองเกิดการรุกค้ำของ  
น้ำทะเลไปยังชั้นน้ำบาดาลหินร่วนและชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง โดยมีสาเหตุทั้งจากน้ำทะเลและกิจกรรมของ  
มนุษย์

ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเกิดการรุกค้ำของน้ำทะเลในอำเภอเมืองระยองมากที่สุด ส่วนชั้นน้ำบาดาลหิน  
แข็งเกิดการรุกค้ำทั้งอำเภอเมืองระยองและอำเภอบ้านฉาง จากข้อมูลที่ศึกษาในปี พ.ศ.2554 - พ.ศ.2561  
ระยะทางที่น้ำทะเลรุกค้ำเข้าไปในชั้นน้ำบาดาลหินร่วนและหินแข็งอยู่ในช่วง 8.9 – 11.0 กิโลเมตร และ 5.5 –  
7.6 กิโลเมตร ตามลำดับ ความสัมพันธ์ผลของการศึกษาของ Cl/HCO<sub>3</sub> และ Base Exchange Indices (BEX)  
พบว่า การปนเปื้อนของน้ำทะเลอยู่ในระดับรุนแรง ในขณะที่การปนเปื้อนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ พบอยู่  
บริเวณตอนเหนือและกลางของพื้นที่การศึกษา กล่าวโดยสรุปพบว่าการศึกษาด้วยวิธีการ HFE-D Cl/HCO<sub>3</sub>  
และ BEX ควรนำมาวิเคราะห์ผลร่วมกันเพื่อให้ได้ผลที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

ภาควิชาธรณีวิทยา      ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ธรณีวิทยา      ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก.....

ปีการศึกษา 2562

# # 5932725923 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS : SEA WATER INTRUSION / RAYONG GROUNDWATER BASIN

MANISARA SUKPLANG : EVALUATION OF SEA WATER INTRUSION USING HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS IN RAYONG GROUNDWATER BASIN

ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR DR.SRILERT CHOTPANTARAT, Ph.D., 67 pp.

### Abstrat

Rayong Province is located in the eastern region of Thailand and adjacent to the Gulf of Thailand. Since the growth of industrial sector and densely population, including agricultural lands, resulting in the increase of water resources. This is why the groundwater resource plays an important role and has been extracted intensively in recent decade, , leading to sea water intrusion in the aquifers. Therefore, the objective of this study is to evaluate sea water intrusion using hydrochemical characteristics in 4 periods as follows: August 2011, January 2012, August 2017 and January 2018. Groundwater was characterized as freshwater or saltwater by Hydrochemical Facies Evolution Diagram (HFE-D), Na/Cl ratio, relationship between Cl/HCO<sub>3</sub> v.s. Cl and Base Exchange Indices (BEX), which used the concentration of major ions such as sodium (Na<sup>+</sup>), calcium (Ca<sup>2+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>), chloride (Cl<sup>-</sup>), bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) and sulphate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). The relationship between Cl/HCO<sub>3</sub> and BEX to assess the level of saltwater contamination in groundwater. The Na/Cl ratio was carried out to assess the sources of saltwater which comes from either sea water or anthropogenic activities. Base on the results of HFE-D and Cl/HCO<sub>3</sub> ratio, they showed that Rayong groundwater basin has been intruded by sea water in both the unconsolidated aquifer and granitic aquifer.

Sea water intrudes into the unconsolidated aquifer most in Mueang Rayong district, and into granitic aquifer in Mueang Rayong and Ban Chang district. Base on observation data from 2011 to 2018, seawater intruded into unconsolidated aquifer and granitic aquifer in the range of 8.9 – 11.0 kilometers and 5.5 – 7.6 kilometers, respectively. The result of Cl/HCO<sub>3</sub> ratio and BEX can be used to identify highly contaminated area of seawater intrusion. Groundwater contamination caused by human activities can be fond at the north and central parts of study area can be indicated clearly by Na/Cl ratio. In conclusion, the method HFE-D, Cl/HCO<sub>3</sub> and BEX can be together employed to assess swawater intrusion effectively.

Department : Geology Student's Signature .....

Field of Study : Geology Advisor's Signature .....

Academic Year : 2019

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ คำปรึกษา ให้ความรู้ ความคิดเห็นต่างๆ และกำลังใจ จนทำให้โครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณนายอัฐพงศ์ สงนุ้ย ที่ให้ข้อมูลและคำปรึกษาในการทำโครงการ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ คำปรึกษา คำแนะนำ สร้างบรรยากาศ และเป็นแรงผลักดันในการทำโครงการครั้งนี้ ทำให้มีกำลังใจ แรงใจในการทำโครงการ

ขอขอบคุณศิลปินที่คอยสร้างเสียงเพลงอันไพเราะและสนุกสนาน คอยเป็นกำลังใจ แรงผลักดัน และแรงบันดาลใจ ทำให้มีกำลังใจในการทำงาน และคอยให้แสงสว่างในเวลาที่ย่ำแย่มืดมน จนสามารถทำโครงการนี้ได้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนในด้านต่างๆ ทั้งด้านอาหาร กำลังใจ แรงสนับสนุน และคำแนะนำต่างๆ ในวันที่รู้สึกท้อแท้จนสามารถกลับมามีกำลังใจในการทำงานได้อีกครั้ง

ขอขอบคุณนางสาวมณิสรา สุขปลั่ง ที่สามารถอดทน เข้มแข็ง ให้กำลังใจตนเองจนสามารถแก้ไข ปัญหาและผ่านเรื่องราวที่ทำให้รู้สึกไม่ดี จนสามารถกลับมายิ้มได้อีกในทุกๆ ครั้งอย่างสดใส

นางสาวมณิสรา สุขปลั่ง

ผู้จัดทำ

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญรูปภาพ	ฌ
สารบัญตาราง	ฎ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 จุดประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 พื้นที่ศึกษา	3
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	9
2.3 แผนภาพ HFE-D	15
2.4 เกณฑ์ที่ใช้ในการแยกน้ำจืดและน้ำเค็ม	17
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
<b>บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย</b>	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	21
3.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการใช้โปรแกรม	22
3.3 รวบรวมข้อมูล	22
3.4 สร้างแผนภาพ HFE-D	22
3.5 สร้างความสัมพันธ์ของไอออนและวิเคราะห์ผล	24
3.6 ทำแผนที่แสดงการรุกรานของน้ำทะเล	24
<b>บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา</b>	
4.1 แผนภาพ HFE-D	28
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl	36
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ $Cl/HCO_3$	42
4.4 Base exchange indices (BEX)	45



เรื่อง	หน้า
4.5 แผนที่แสดงการรुक้าของน้ำทะเล	51
4.6 ภาพตัดขวางพื้นที่ศึกษา	63
<b>บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 สรุปผลการศึกษา	66
5.2 ข้อเสนอแนะ	67
<b>บรรณานุกรม</b>	68
<b>ภาคผนวก</b>	

## สารบัญรูปลูกภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 ขอบเขตและอำเภอของแอ่งน้ำบาดาลระยอง และตำแหน่งของบ่อบาดาลเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 และ เดือนมกราคม พ.ศ.2555	3
รูปที่ 2.2 ขอบเขตและอำเภอของแอ่งน้ำบาดาลระยอง และตำแหน่งของบ่อบาดาลเดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 และ เดือนมกราคม พ.ศ.2561	4
รูปที่ 2.3 ลักษณะหน่วยหินทางธรณีวิทยาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)	6
รูปที่ 2.4 แผนที่น้ำบาดาลบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี (กรมทรัพยากรธรณี, 2538 และกรมทรัพยากรธรณี, 2539)	9
รูปที่ 2.5 ประเภทของชั้นน้ำบาดาลไร้แรงดัน ชั้นน้ำบาดาลภายใต้แรงดัน และชั้นน้ำบาดาลปลอม (National, 2015 ; Kersting, 2018)	10
รูปที่ 2.6 การหมุนแทรกของน้ำทะเลในชั้นหินอุ้มน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล (Kelly, 2015)	11
รูปที่ 2.7 สมดุลของแรงดันน้ำระหว่างน้ำเค็มและน้ำจืด (Todd and Mays, 2005 ; Purnama and Marfai, 2012)	12
รูปที่ 2.8 รอยต่อระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็มตามแนวชายฝั่ง (Reilly and Goodman, 1985 ; Hodgkinson, 2008)	12
รูปที่ 2.9 รูปแบบการไหลของน้ำจืดและน้ำเค็มบริเวณชายฝั่ง (McCobb and Leblanc, 2002)	13
รูปที่ 2.10 การหมุนขึ้นของน้ำเค็มเนื่องจากการสูบน้ำ (Gualbert, 2001)	14
รูปที่ 2.11 การควบคุมการหมุนแทรกของน้ำทะเลโดยวิธีผนังกันโดยการสูบน้ำ (Todd, 1980 ; ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546)	14
รูปที่ 2.12 การควบคุมการหมุนแทรกของน้ำทะเลโดยวิธีผนังกันโดยการอัดน้ำ (Todd, 1980 ; ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546)	14
รูปที่ 2.13 การควบคุมการหมุนแทรกของน้ำทะเลโดยวิธีผนังกันโดยการอัดน้ำ (Todd, 1980 ; ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546)	14
รูปที่ 2.14 แผนภาพ Hydrochemical Facies Evolution Diagram (HFE-D) (Giménez-Forcada, 2014)	18
รูปที่ 2.15 แผนที่ประเมินการรุกรานของน้ำทะเล (Giménez-Forcada, 2014)	18
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างแผนที่แสดงการรุกรานของน้ำทะเล	21
รูปที่ 3.2 แผนภาพ HFE-D	23
รูปที่ 3.3 แผนที่แสดงการรุกรานของน้ำทะเลและตำแหน่งของบ่อบาดาล	25
รูปที่ 4.1 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554	27
รูปที่ 4.2 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554	27
รูปที่ 4.3 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555	29
รูปที่ 4.4 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555	29



เรื่อง	หน้า
รูปที่ 4.28 แผนที่แสดงการรูก้ำของน้ำทะเลและตำแหน่งบ่อบาดาล ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง แอ่งน้ำบาดาลระยองในเดือนมกราคม พ.ศ.2561	62
รูปที่ 4.29 แนวตัดขวางและตำแหน่งบ่อบาดาล	63
รูปที่ 4.30 ภาพตัดขวางแนว A – A' (ธวัชรรัตน์ พลสิทธิ์, 2559)	64
รูปที่ 4.31 ภาพตัดขวางแนว B – B' (ธวัชรรัตน์ พลสิทธิ์, 2559)	64

## สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 2.1 เกณฑ์ในการกำหนดปริมาณไอออนลบและค่าต่างๆ	15
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลและแหล่งที่มาในแบบจำลอง	22
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลไอออนต่างๆ ในหน่วย meq/l	23
ตารางที่ 3.3 กำหนดค่า Value ให้กับน้ำบาดาลในแต่ละบ่อ	24
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2554 ข้อมูลความลึกบ่อ ระดับน้ำบาดาล และข้อมูลความเข้มข้นของไอออน เป็นข้อมูลเฉลี่ยจากทุกบ่อ	28
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2555 ข้อมูลความลึกบ่อ ระดับน้ำบาดาล และข้อมูลความเข้มข้นของไอออน เป็นข้อมูลเฉลี่ยจากทุกบ่อ	28
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2560 ข้อมูลความเข้มข้นของไอออนเป็นข้อมูลเฉลี่ยจากทุกบ่อหน่วย meq/l	30
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2561 ข้อมูลความเข้มข้นของไอออนเป็นข้อมูลเฉลี่ยจากทุกบ่อ	33
ตารางที่ 4.5 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554	45
ตารางที่ 4.6 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554	46
ตารางที่ 4.7 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555	47
ตารางที่ 4.8 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555	47
ตารางที่ 4.9 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2560	48
ตารางที่ 4.10 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2560	49
ตารางที่ 4.11 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2561	49
ตารางที่ 4.12 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2561	50
ตารางที่ 5.1 ระยะทางการรูก้ำของน้ำทะเลของชั้นน้ำบาดาลในแต่ละช่วงเวลา	66

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ที่มาและความสำคัญ

น้ำเป็นทรัพยากรหนึ่งที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิต เป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และเศรษฐกิจ ซึ่งแหล่งทรัพยากรน้ำจืดที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ น้ำบาดาล จังหวัดระยองเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น เป็นแหล่งเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศ เนื่องจากนโยบายรัฐบาลสนับสนุนการลงทุนของต่างชาติหรือผู้ประกอบการในประเทศ ปัจจุบันพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเป็นฐานการผลิตอุตสาหกรรมหลักของประเทศและรัฐบาลมีแนวคิดที่จะสร้างเมืองใหม่ในภาคตะวันออกรองรับการลงทุนทั้งในและต่างประเทศ ดังนั้นพื้นที่นี้จึงมีแนวโน้มความต้องการการใช้ทรัพยากรน้ำเป็นอย่างมาก (กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัด, 2561) ซึ่งในบริเวณภูมิภาคนี้มีแอ่งน้ำบาดาลหนึ่งที่สำคัญคือแอ่งน้ำบาดาลระยอง ซึ่งครอบคลุมจังหวัดระยองและบางส่วนของจังหวัดชลบุรี การใช้น้ำบาดาลเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถตอบสนองความต้องการในการใช้น้ำได้ แต่หากมีการใช้น้ำบาดาลมากเกินไป เกินสมดุลกับปริมาณที่ไหลเติมน้ำบาดาล อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ กล่าวคือ แรงดันของระดับน้ำบาดาลลดต่ำลง ซึ่งจะส่งผลให้น้ำทะเลรุกเข้ามาในชั้นน้ำบาดาล เป็นสาเหตุให้สภาพน้ำเปลี่ยนเป็นน้ำกร่อยหรือน้ำเค็ม และอาจเกิดการทรุดตัวของแผ่นดิน (สิตาวีร์ ธีรวิรุฬห์, 2558) เมื่อน้ำทะเลรุกเข้าไปในชั้นน้ำบาดาลจะเกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (Saxena et al., 2003; Singh et al., 2009; Gopinath et al., 2015; Gopinath et al., 2019) ถึงแม้ว่าน้ำทะเลปริมาณเพียง 2-3% รุกเข้าไปในชั้นน้ำบาดาล ก็ส่งผลให้น้ำไม่เหมาะสมต่อการอุปโภค-บริโภค (Gopinath et al., 2018) ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการสรรการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด สามารถตอบสนองความต้องการการใช้น้ำของประชากร และกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่ได้อย่างเพียงพอ

ในการจัดสรรทรัพยากรน้ำบาดาลเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ จำเป็นต้องประเมินการรุกคืบของน้ำทะเลว่ามีการรุกคืบเข้ามาในชั้นน้ำบาดาลอย่างไร เพื่อที่จะประเมินความเสียหายและจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถสร้างแผนภาพ Hydrochemical Facies Evolution Diagram (HFE-D) ซึ่งแผนภาพนี้จะช่วยบอกขอบเขตของน้ำจืดหรือน้ำทะเล ตลอดจนอธิบายกระบวนการรุกคืบของน้ำทะเลและการผลัดกันของน้ำจืดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา (Forcada, 2010 ; Giménez-Forcada, 2014 ; Amiri et al., 2015 ; Gopinath et al., 2019) โดยใช้ข้อมูลลักษณะเฉพาะทางอุทกเคมี ปริมาณไอออนที่กระจายอยู่ในน้ำบาดาลทั้งไอออนบวกและไอออนลบ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าพีเอช แผนภาพนี้มีเส้น Conservative Mixing Line (CML) ซึ่งเป็นเส้นแบ่งน้ำจืดและน้ำทะเล จากนั้นสร้างความสัมพันธ์ของ  $Na/Cl$   $Cl/HCO_3$  และ Base Exchange Indices (BEX) เพื่อเป็นตัวช่วยประเมินน้ำบาดาลว่าเป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็ม และช่วยประเมินความรุนแรงการปนเปื้อนน้ำเค็ม

การสร้างแผนภาพ HFE-D และความสัมพันธ์ของ  $Na/Cl$   $Cl/HCO_3$  และ Base Exchange Indices (BEX) เพื่อประเมินการรุกคืบของทะเล สามารถเป็นตัวประเมินและชี้วัดสถานการณ์ของน้ำบาดาลและการรุกคืบของน้ำทะเล รวมทั้งเปรียบเทียบและปรับปรุงข้อมูลจากแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาล

ระยองจากการศึกษาที่ผ่านมา (อัฐพงศ์ สงนุ้ย, 2561) เพื่อนำผลที่ได้ไปประเมินสถานการณ์การรุกรานของน้ำทะเล บริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองและวางแผนในการจัดสรรทรัพยากรน้ำบาดาลได้อย่างเหมาะสม

### จุดประสงค์

ประเมินการรุกรานของน้ำทะเลเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลโดยใช้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำบาดาลในแต่ละฤดูกาล

### ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดระยอง บริเวณอำเภอบ้านฉาง อำเภอนิคมพัฒนา อำเภอลวกแดง และอำเภอบ้านค่าย รวมถึงพื้นที่บางส่วนของจังหวัดชลบุรีประกอบด้วยทางทิศใต้ของอำเภอบ้านบึง และบริเวณทิศตะวันออกของอำเภอศรีราชา อำเภอ บางละมุง อำเภอสัตหีบ
2. การศึกษามีการนำเข้าของข้อมูล เช่น ข้อมูลองค์ประกอบเคมีของน้ำในบ่อบาดาล เพื่อประเมินการรุกรานของน้ำทะเลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง โดยใช้ HFE-D
3. ข้อมูลบ่อสังเกตการณ์เป็นตัวเปรียบเทียบความถูกต้องทั้งหมด 4 ช่วงเวลา ได้แก่ เดือนสิงหาคม 2554 เดือนมกราคม 2555 เดือนสิงหาคม 2560 และเดือนมกราคม 2561 ซึ่งทั้งสี่ช่วงเวลามีทั้งข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ระดับน้ำและข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ความเข้มข้นของไอออนต่างๆ ในน้ำ ได้แก่ โซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) โพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) แมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) คลอไรด์ ( $\text{Cl}^-$ ) ไบคาร์บอเนต ( $\text{HCO}_3^-$ ) ไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ ) ซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้แผนภาพแสดงการเกิดการรุกรานของน้ำทะเลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง

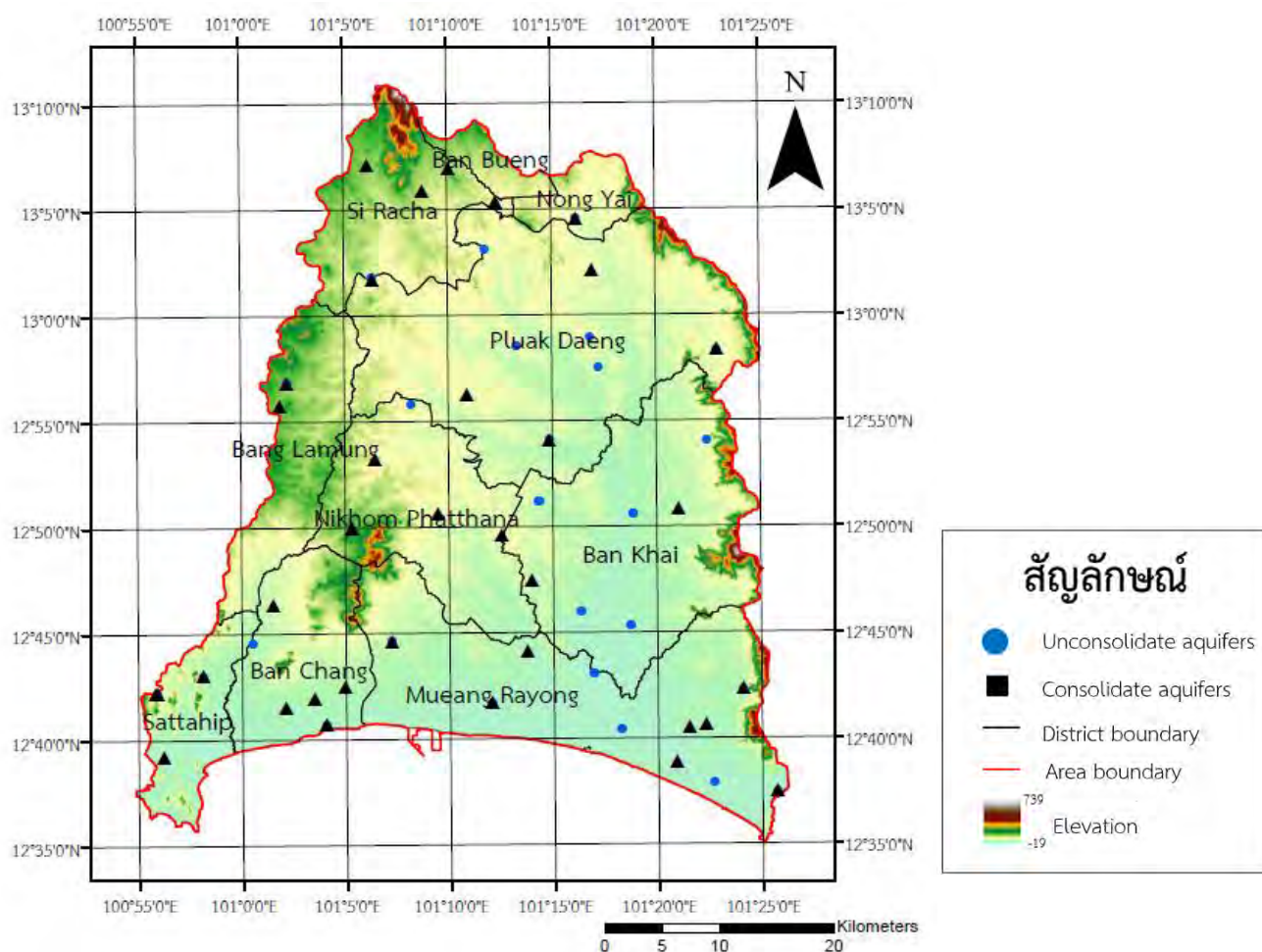
## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 พื้นที่ศึกษา

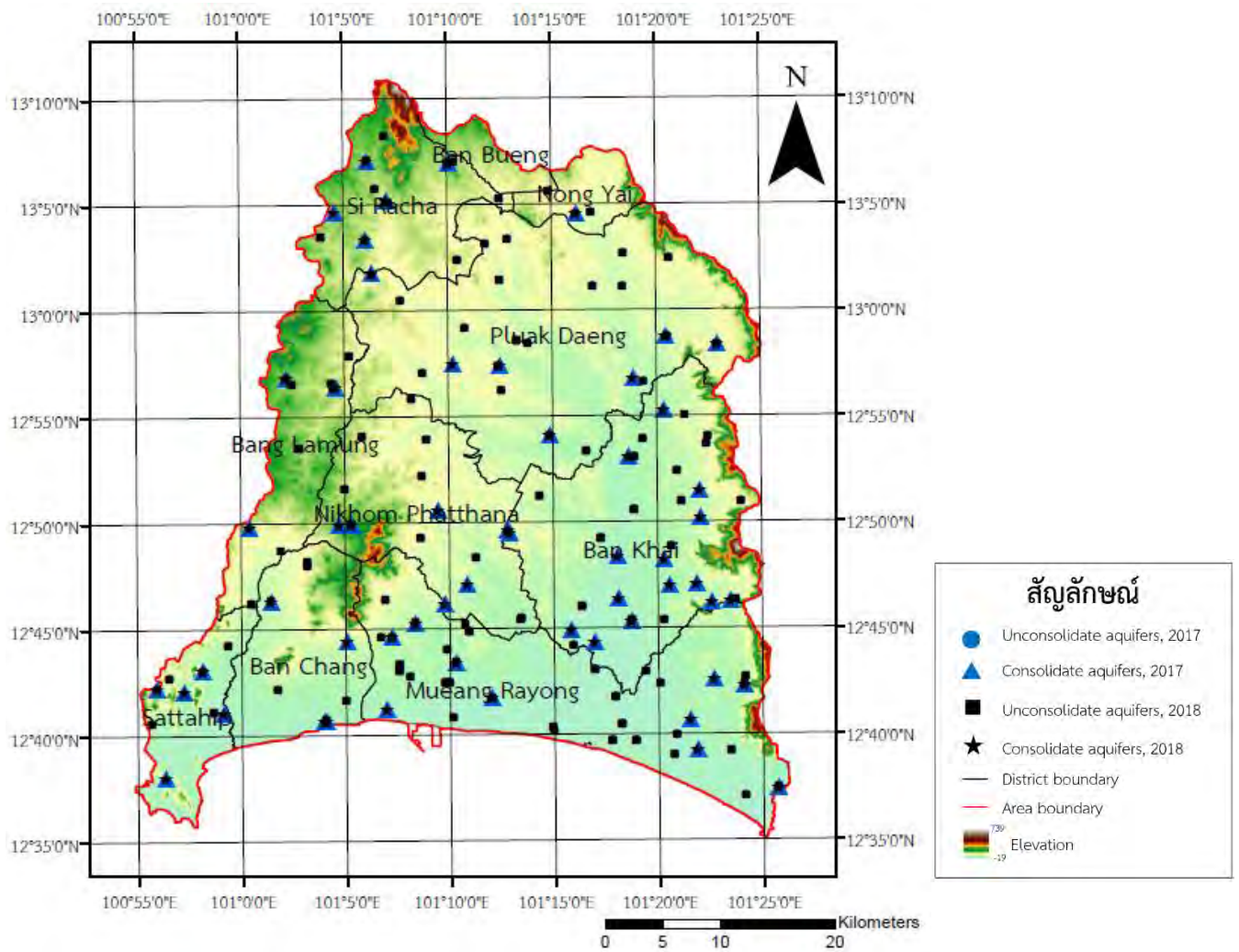
##### 2.1.1 ที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองมีพื้นที่ประมาณ 2,200 ตร.กม. ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดระยอง บริเวณอำเภอบ้านฉาง อำเภอนิคมพัฒนา อำเภอปลวกแดง อำเภอเมือง และอำเภอบ้านค่าย รวมถึงพื้นที่บางส่วนของจังหวัดชลบุรี ประกอบด้วยทางทิศใต้ของอำเภอบ้านบึง และบริเวณทิศตะวันออกของอำเภอศรีราชา อำเภอบางละมุง อำเภอสัตหีบ และอำเภอหนองใหญ่ บริเวณทิศเหนือของพื้นที่ศึกษาติดกับแอ่งน้ำบาดาลปราจีนบุรี สระแก้ว ทิศใต้ติดกับอ่าวไทย ทิศตะวันออกติดกับแอ่งน้ำบาดาลจันทบุรี ตราด และทิศตะวันตกติดกับแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)



รูปที่ 2.1 ขอบเขตและอำเภอของแอ่งน้ำบาดาลระยอง และตำแหน่งของบ่อบาดาลเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 และ เดือนมกราคม พ.ศ.2555





รูปที่ 2.2 ขอบเขตและอำเภอของแอ่งน้ำบาดาลระยะยง และตำแหน่งของบ่อบาดาลเดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 และ เดือนมกราคม พ.ศ.2561

### 2.1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบสลับที่ตอนเป็นลูกคลื่น ประกอบด้วยภูเขาเตี้ยๆ ด้านเหนือ และตะวันออก เป็นที่ราบสลับภูเขา ลาดต่ำลงสู่อ่าวไทย ทางทิศใต้เป็นดินร่วนปนทราย ระบายน้ำได้ดีมี ชายฝั่งทะเลเว้าแหว่ง ติดอ่าวไทย ยาวประมาณ 100 กิโลเมตร มีแม่น้ำสำคัญ คือ แม่น้ำระยอง ชาวบ้านโดยทั่วไปเรียก คลองใหญ่ มีความยาวประมาณ 50 กิโลเมตร ไหลผ่านพื้นที่อำเภอปลวกแดง บ้านค่าย ผ่านตำบลท่าประดู่ และไหลลงสู่ ทะเลที่ตำบลปากน้ำ อำเภอเมือง (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

### 2.1.2 ลักษณะทางธรณีวิทยา

จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล สามารถแบ่งกลุ่มหินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม หินร่วนและตะกอน (Unconsolidated rocks and sediment) และกลุ่มหินแข็ง (Consolidated rocks) (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)

#### ก. กลุ่มหินร่วนและตะกอน

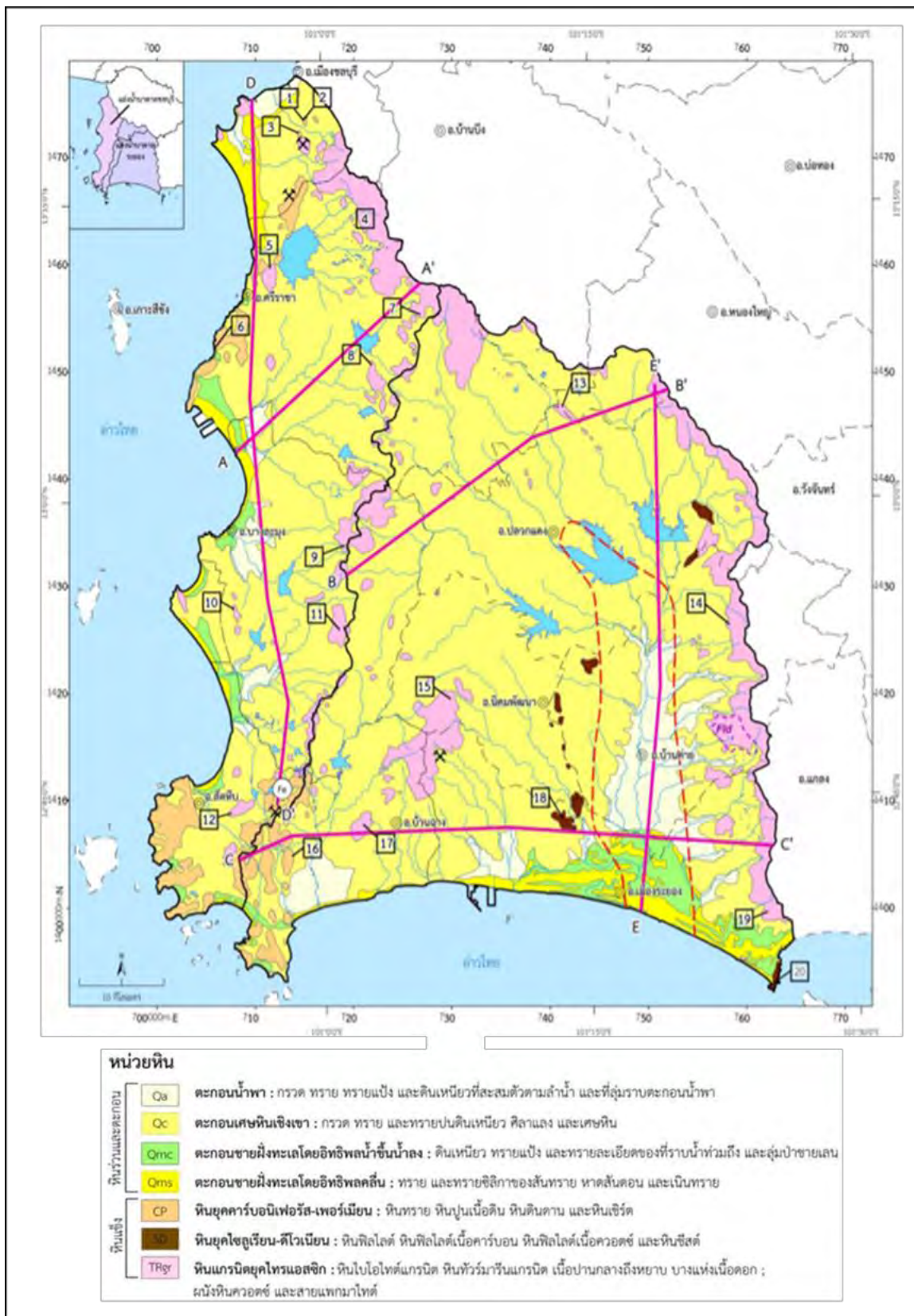
กลุ่มหินร่วนและตะกอน เป็นกลุ่มที่ปกคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งน้ำบาดาลระยอง ทั้งบริเวณที่ลาดชันเชิงเขา ที่ราบทางน้ำ ที่ราบน้ำท่วมตามลุ่มแม่น้ำ หาดสันดอน สันทราย เนินทราย ลุ่มน้ำซังป่าชายเลนและ ที่ราบน้ำขึ้นถึง ประกอบด้วย

- 1) ตะกอนน้ำพา (Qa) พบที่คลองบางไผ่ต่อกับสนามบินอู่ตะเภา บริเวณคลองหลอด-คลองน้ำชา ที่ มาบตาพุด ลุ่มน้ำคลองใหญ่ และบริเวณตามลำห้วยลำคลองที่มีทิศทางไหลเข้าสู่ตัวเมืองระยอง ประกอบด้วย ชั้นตะกอนกรวด ทราย สลับชั้นตะกอนทรายละเอียด หรือทรายแป้งปนดินเหนียว
- 2) ตะกอนหินเชิงเขาและตะกอนผุอยู่กับที่ (Qc) พบมากที่สุดในพื้นที่ ประกอบด้วยชั้นกรวดและทราย เม็ดหยาบที่มีดินเหนียวปน คัดขนาดไม่ดี ชั้นตะกอนหยาบนี้ถูกปิดทับด้วยชั้นทรายแป้งหรือทรายละเอียด
- 3) ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง (Qmc) อยู่ตามชายฝั่งทะเล เป็นแนวแคบๆ หลัง แนวชายหาด ประกอบด้วยชั้นดินเหนียวสลับทรายแป้งและทรายละเอียด พบซากพืชและเศษเปลือกหอย
- 4) ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลคลื่น (Qms) พบเป็นแนวยาวเกือบตลอดขอบด้านใต้ของแอ่ง น้ำบาดาลระยอง ประกอบด้วยชั้นทรายร่วน เม็ดทรายมีรูปร่างมนถึงเกือบมน คัดขนาดดี พบเศษเปลือกหอย

#### ข. กลุ่มหินแข็ง

หินแข็งบริเวณพื้นที่ของแอ่งน้ำบาดาลระยอง พบเป็นส่วนน้อยของพื้นที่บริเวณขอบแอ่ง โดยจะ ปรากฏเป็นเทือกเขาสูง ภูเขา เนินเขา และตามชายหาดบางแห่ง สามารถจำแนกออกเป็น 3 กลุ่ม

- 1) หินแปรยุคไซลูเลียน-ดีโวเนียน (SD) เป็นเนินเขาเล็กๆ กระจายอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ทางตอนกลาง ของแอ่งน้ำบาดาลระยอง ประกอบด้วยหินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน หินฟิลไลต์เนื้อควอตซ์ และหินชีสต์
- 2) หินตะกอนและหินแปรยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (CP) พบเฉพาะบริเวณด้านตะวันตกของ พื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยหินทราย หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน หินเชิร์ต และหินแคลก์ซิลิเกต (calc-silicate)
- 3) หินยุคไทรแอสซิก (TRgr) พบหน่วยหินนี้ในลักษณะภูมิประเทศต่างๆ ทั้งที่เป็นแนวเขาสูง ทางด้าน ตะวันตกเฉียงเหนือจนถึงด้านตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ แนวเขานี้วางตัวเป็นสันกั้นระหว่างแอ่งน้ำบาดาล ระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรีกับแอ่งน้ำบาดาลอื่นๆ ทางภาคตะวันออกของประเทศ ประกอบด้วยหินแกรนิต หลายชนิด เช่น หินไปโอไทต์แกรนิต หินทัวร์มาลีนแกรนิต หินไปโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต



รูปที่ 2.3 ลักษณะหน่วยหินทางธรณีวิทยาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)

### 2.1.3 หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

หินแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการจัดแบ่งหน่วยหินเพื่อศึกษาทางด้านอุทกธรณีวิทยาโดยเฉพาะ ซึ่งสามารถแบ่งหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี ซึ่งแสดงขอบเขตของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาไว้ในแผนที่น้ำบาดาล บริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี (กรมทรัพยากรธรณี, 2538 ; กรมทรัพยากรธรณี, 2539 ; กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)

1) ตะกอนน้ำพา (Quaternary alluvial : Qa) ประกอบด้วย ตะกอนพวกกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ที่พัดพามาสะสมโดยน้ำจากแม่น้ำ ลำธาร เป็นชั้นๆ แทรกสลับ โดยมีการคัดขนาดและสัดส่วนของตะกอนขนาดแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมของการตกตะกอน แหล่งน้ำบาดาลจากหน่วยหินนี้จัดเป็นชั้นน้ำบาดาลหินร่วน (Unconsolidated aquifer) ชนิดตะกอนน้ำพา (Alluvial aquifer; Qa)

2) ตะกอนเศษหินเชิงเขาและตะกอนอยู่กับที่ (Quaternary Colluvial : Qcl) ประกอบด้วย กรวด ทราย ดินเหนียว เศษหิน และศิลาแลง เกิดจากการผุพังอยู่กับที่และการกร่อนของหินแข็ง สะสมกองอยู่ตามหน้าผาดินหรือตกไปกองสะสมตามหุบเขา หรือบริเวณที่ลาดเอียงเชิงเขา เป็นชั้นน้ำบาดาลหินร่วนชนิดตะกอนเศษหินเชิงเขา (Colluvial aquifer; Qcl)

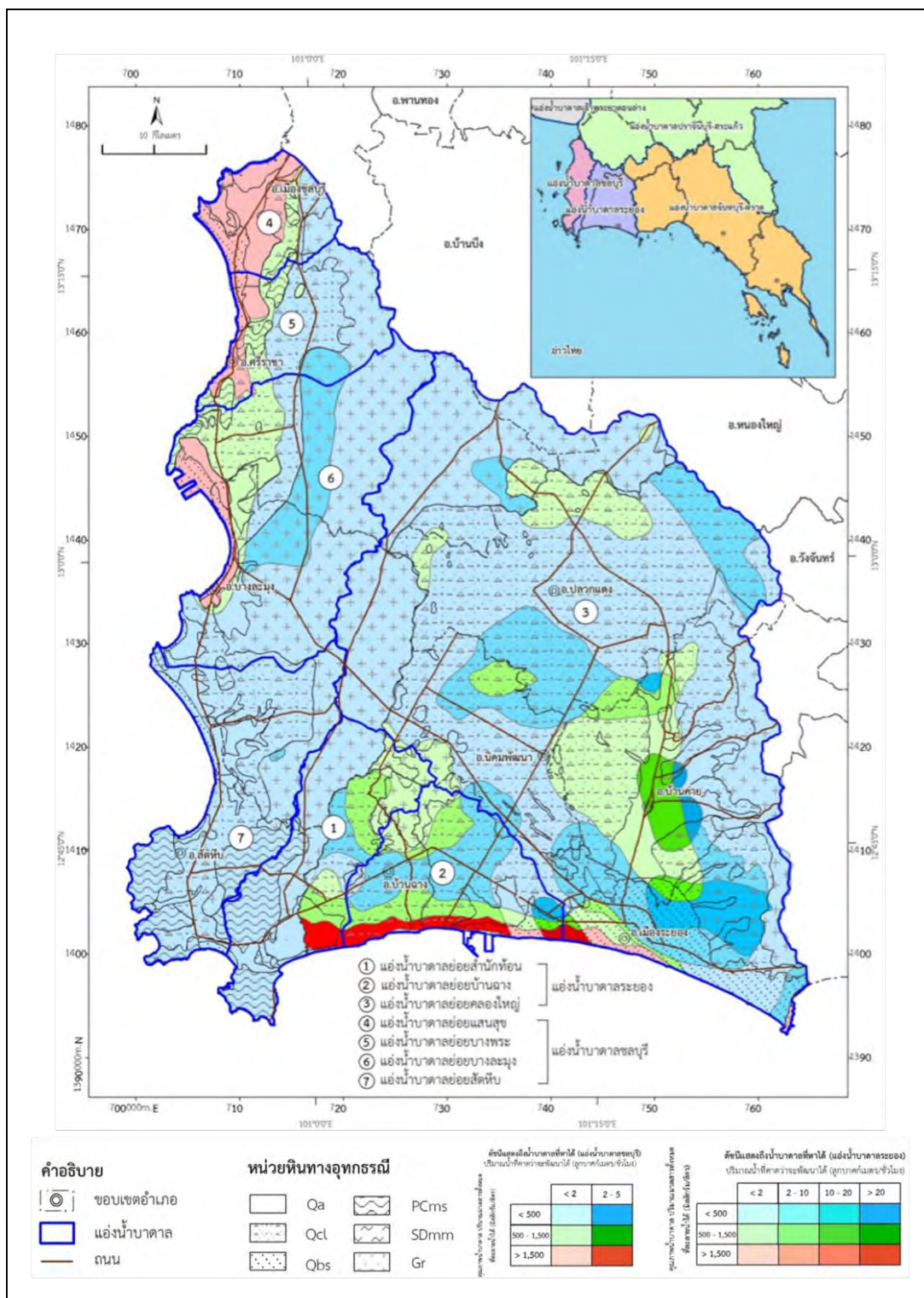
3) ตะกอนชายหาด (Beach aquifer : Obs) ประกอบด้วย ทราย เศษเปลือกหอย ที่สะสมจากกระแสนคลื่นตามชายหาดและชายหาดยุคเก่า เป็นชั้นน้ำบาดาลหินร่วนชนิดชั้นน้ำตะกอนชายหาด (Beach aquifer; Obs)

4) หน่วยหินตะกอนกึ่งหินแปร (Meta-sediment Aquifer : PCms) ประกอบด้วยหินทราย หินดินดาน หินเชิร์ต หินปูนเนื้อดิน หินดินดานกึ่งฟิลไลต์ และหินแคลก์ซิลิเกต ของยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน น้ำบาดาลอยู่ในรอยแตก รอยเลื่อนและรอยต่อระหว่างชั้นหิน เป็นชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง (Consolidated aquifer) ชนิดชั้นน้ำหินตะกอนกึ่งหินแปร (Meta-sediment Aquifer; PCms)

5) หน่วยหินแปร (Metamorphic aquifer : SDmm) ประกอบด้วย หินฟิลไลต์ หินชีสต์ และหินไนส์ ของยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน ลักษณะของหินส่วนใหญ่มีการโค้งงอ มีรอยแตก แต่รอยแตกไม่ค่อยต่อเนื่องเป็นแนวยาว ทำให้กักเก็บน้ำได้ไม่ดี เป็นชั้นน้ำบาดาลหินแข็งชนิดชั้นน้ำหินแปร (Metamorphic aquifer; SDmm)

6) หน่วยหินแกรนิต (Granitic-aquifer : Gr) ประกอบด้วยหินแกรนิตและหินไนส์ซิกแกรนิต ของยุคไทรแอสซิก น้ำบาดาลอยู่ในชั้นหินผุ และรอยแตก รอยเลื่อน ส่วนใหญ่จะมีปริมาณน้ำน้อยเพราะรอยแตกไม่ค่อยต่อเนื่อง เป็นชั้นน้ำบาดาลหินแข็งชนิดชั้นน้ำหินแกรนิต (Granitic aquifer; Gr)

จากลักษณะหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา ทำให้สามารถแบ่งชั้นน้ำได้เป็น 2 ประเภทคือ ชั้นน้ำบาดาลในหินร่วน ซึ่งประกอบด้วย ชั้นน้ำตะกอนน้ำพา ชั้นน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา และชั้นน้ำตะกอนชายหาด และชั้นน้ำบาดาลในหินแข็ง ซึ่งประกอบด้วยชั้นน้ำหินตะกอนกึ่งหินแปร ชั้นน้ำหินแปร และชั้นน้ำหินแกรนิต



รูปที่ 2.4 แผนที่น้ำบาดาลบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี (กรมทรัพยากรธรณี, 2538 และกรมทรัพยากรธรณี, 2539)

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

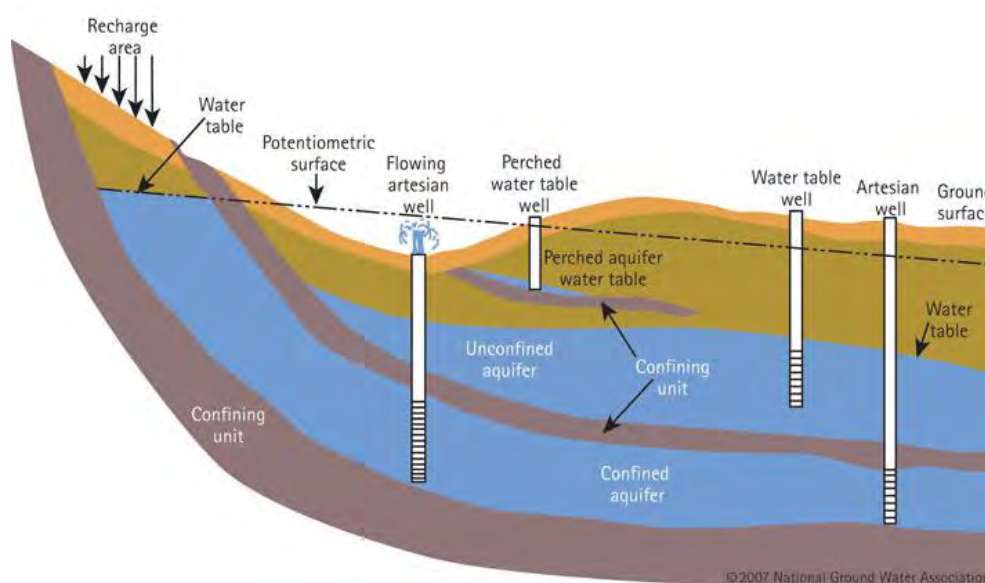
### 2.2.1 ประเภทของชั้นน้ำ

ชั้นน้ำบาดาลสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท

1) ชั้นน้ำบาดาลไร้แรงดัน (Unconfined Aquifer) หมายถึง ชั้นดิน หรือชั้นหินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ เป็นชั้นหินอุ้มน้ำอิสระที่ไม่ได้อยู่ภายใต้แรงดัน กล่าวคือชั้นหินอุ้มน้ำนี้จะไม่มีการกักน้ำปิดทับอยู่ ระดับสูงสุดของชั้นนี้เรียกว่า ระดับน้ำบาดาล (Water table) ซึ่งการไหลของน้ำบาดาลในชั้นนี้จะไหลไปตามความลาดเอียงของระดับน้ำบาดาลภายใต้แรงดึงดูดของโลก หากเราเจาะบ่อบาดาลลงไป ระดับน้ำในบ่อนั้นจะมีระดับเดียวกับระดับน้ำบาดาลรอบๆบ่อ

2) ชั้นน้ำบาดาลภายใต้แรงดัน (Confined Aquifer) หมายถึง ชั้นดิน หรือชั้นหินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ถูกควบคุมโดยโครงสร้างต่างๆ ทางธรณีวิทยา ซึ่งการไหลของน้ำบาดาลจะถูกควบคุมโดยระดับแรงดันภายในชั้นน้ำบาดาล ถ้าหากเราเจาะบ่อบาดาลลงไปถึงชั้นหินอุ้มน้ำนี้ แรงดันที่มีอยู่จะดันให้น้ำมีระดับสูงขึ้นไปอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่งในบ่อ ซึ่งหากระดับแรงดันของน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำนั้นสูงมาก น้ำในบ่อก็จะพุ่งหรือพุ่งขึ้นมาเองโดยไม่ต้องมีการสูบน้ำ ระดับน้ำสูงสุดในชั้นนี้ เรียกว่า ระดับแรงดันน้ำ (Piezometric surface)

3) ชั้นน้ำบาดาลปลอม (Perch Aquifer) หมายถึง ชั้นดิน หรือชั้นหินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ มีลักษณะเป็นกระเปาะ มีชั้นดินเหนียวรองรับอยู่ด้านล่าง อยู่ในชั้นที่สัมผัสกับอากาศเหนือชั้นที่อิ่มตัวด้วยน้ำ เมื่อมีน้ำฝนซึมลงมาสะสม น้ำบางส่วนจะถูกกักเก็บไว้ที่กระเปาะนี้ หากทำการเจาะบ่อน้ำบาดาลสูบน้ำขึ้นมาใช้ ไม่นานน้ำก็จะหมดไป แต่จะกลับมามีน้ำอีกเมื่อมีฝนตก



รูปที่ 2.5 ประเภทของชั้นน้ำบาดาลไร้แรงดัน ชั้นน้ำบาดาลภายใต้แรงดัน และชั้นน้ำบาดาลปลอม (National, 2015 ; Kersting, 2018)

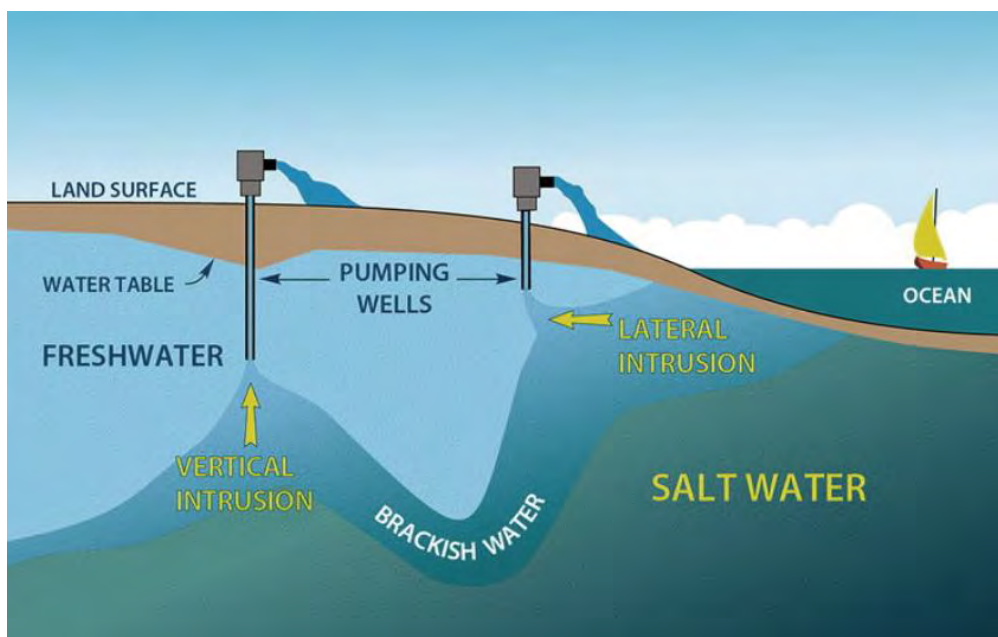
## 2.2.2 หลักการรุกรานของน้ำทะเล

น้ำเค็ม (Saline) เป็นสารปนเปื้อนที่พบทั่วไปในน้ำบาดาล เกิดจากการหนุนแทรกของน้ำเค็มทำให้น้ำเค็มเข้ามาผสมหรือแทนที่น้ำจืดในชั้นหินอุ้มน้ำ การหนุนแทรกของน้ำเค็มนี้เกิดขึ้นได้ทั้งในชั้นหินอุ้มน้ำที่อยู่ในระดับลึก เนื่องจากการหนุนแทรกของน้ำเค็มที่เกิดขึ้นอยู่แล้วตามกระบวนการทางธรณี หรือไหลมาจากน้ำเค็มที่ไหลชะล้างชั้นเกลือหินที่วางตัวอยู่ด้านล่างในชั้นหินอุ้มน้ำระดับตื้น การปนเปื้อนอาจมาจากน้ำเสียที่ปล่อยมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ในชั้นหินน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล (Coastal aquifer) ซึ่งมีความต่อเนื่องระหว่างน้ำบาดาลและน้ำทะเล อาจจะมีน้ำทะเลหนุนแทรกเข้ามาโดยตรง (ทวิตต์กี รัมมิงค์วงศ์, 2546)

น้ำเค็มในชั้นหินอุ้มน้ำ มาได้จากหลาย ๆ แหล่ง เช่น

- 1) การหนุนแทรกเข้ามาโดยตรงของน้ำทะเลบริเวณชายฝั่ง
- 2) น้ำทะเลที่รุกเข้ามาในชายฝั่ง ในช่วงเวลาทางธรณีตามอดีตกาล และถูกกักเก็บเอาไว้ในชั้นหิน
- 3) เกลือจากชั้นหินเกลือ โดมเกลือ (Salt dome) หรือผลึกของเกลือที่แทรกอยู่ในหิน
- 4) น้ำซึ่งมีความเข้มข้นของเกลือมากขึ้น เนื่องมาจากกระบวนการระเหยของแอ่งน้ำที่ปิด (Playa) ทะเลสาบ (Lagoon) เป็นต้น
- 5) น้ำส่วนเกินจากการชลประทานและไหลลงกลับสู่ชั้นหินอุ้มน้ำ
- 6) น้ำเสียที่เกิดจากมนุษย์

การหนุนแทรกของน้ำเค็มในชั้นหินอุ้มน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยน้ำบาดาลจะมีทิศทางการไหลลงสู่ทะเล และเนื่องจากน้ำทะเลมีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำบาดาลซึ่งเป็นน้ำจืด ทำให้น้ำบาดาลวางตัวอยู่บนน้ำทะเล และผลักดันให้น้ำทะเลลอยออกไป แต่ถ้าบริเวณดังกล่าวมีการขุดเจาะน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เป็นจำนวนมาก จะทำให้ปริมาณน้ำจืดที่ผลักดันให้น้ำทะเลลอยออกไปลดลง น้ำทะเลสามารถหนุนเข้ามาแทนที่น้ำจืดในบริเวณนั้นได้ เนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำทะเลและน้ำจืด ทำให้เกิดรอยต่อ (Interface) ระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็ม



รูปที่ 2.6 การหนุนแทรกของน้ำทะเลในชั้นหินอุ้มน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล (Kelly, 2015)

### 2.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็มตามกฎของ Ghyben-Herzberg

บริเวณชายฝั่งทะเลไม่พบน้ำเค็มบริเวณพื้นผิวดระดับน้ำทะเล แต่พบวางตัวอยู่ลึกจากใต้ผิวดินลงไป โดยพบที่ความลึกประมาณ 40 เท่าของความสูงของน้ำจืดเมื่อวัดจากระดับน้ำทะเล ซึ่งเป็นสภาวะสมดุลทางกลศาสตร์ของน้ำจืดและน้ำเค็มที่มีความหนาแน่นที่ต่างกัน สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของ Ghyben-Herzberg (Todd and Mays, 2005 ; ปรีชญา และ กิตติเทพ, 2555)

ถ้าพิจารณาสมดุลของแรงดันน้ำในท่อบรรทัด U ดังรูปที่ 2.4 ความดันในท่อทั้งสองด้านจะเท่ากันเมื่อสมดุล จะได้

$$\rho_s g h_s = \rho_f g (z + h_f) \quad (1)$$

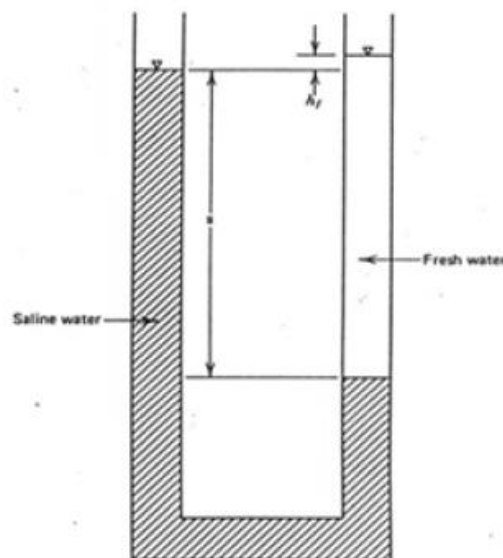
โดยที่  $\rho_s$  คือ ความหนาแน่นของน้ำเค็ม  
 $\rho_f$  คือ ความหนาแน่นของน้ำจืด  
 $g$  คือ แรงโน้มถ่วงของโลก  
 $z$  คือ ระยะสมดุลเชิงสถิติศาสตร์ระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็ม  
 $h_f$  คือ ความสูงของชั้นน้ำจืดเหนือระดับน้ำเค็ม

ค่า  $z$  และ  $h_f$  มีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (2)

$$z = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h_f \quad (2)$$

โดยทั่วไปน้ำทะเลจะมีค่า  $\rho_s = 1.025$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ  $\rho_f = 1.000$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (2) จะได้

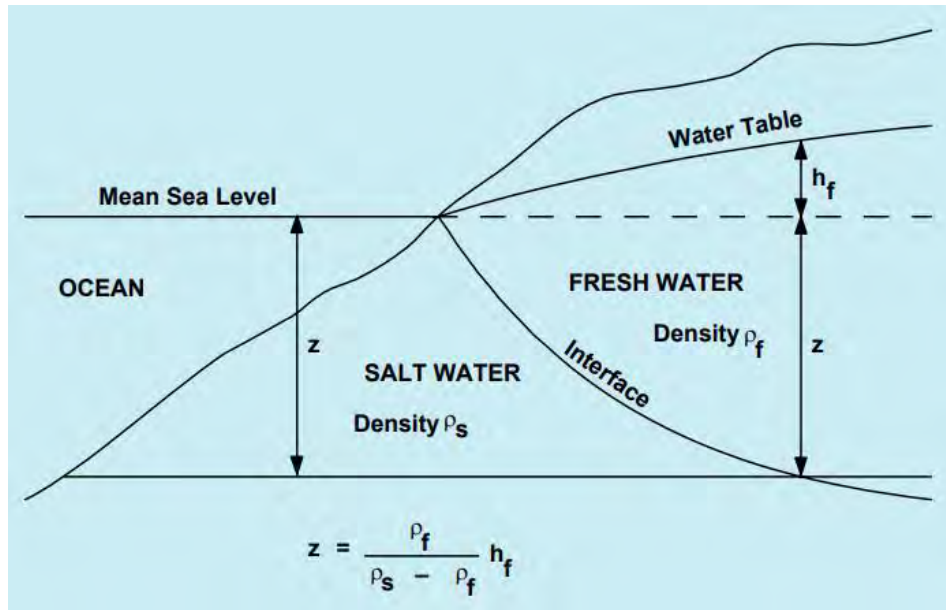
$$z = 40 h_f \quad (3)$$



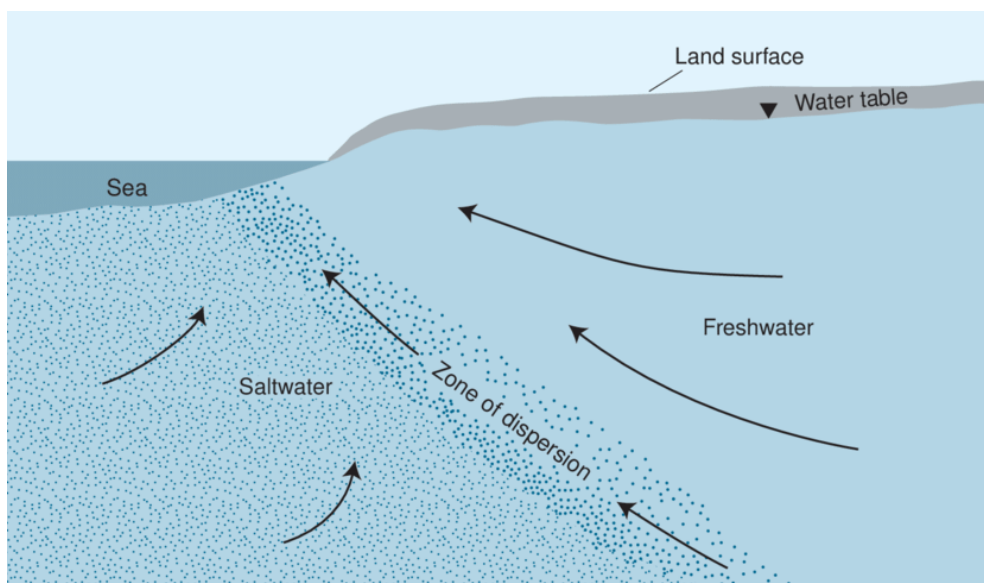
รูปที่ 2.7 สมดุลของแรงดันน้ำระหว่างน้ำเค็มและน้ำจืด (Todd and Mays, 2005 ; Purnama and Marfai, 2012)



ความสัมพันธ์ข้างต้น เมื่อเทียบกับสภาวะจริงตามแนวชายฝั่งสามารถแสดง ในรูปที่ 2.5 โดยที่ความสูงของชั้นน้ำบาดาลที่อยู่เหนือระดับน้ำทะเล เป็นความลึกระหว่างรอยต่อของน้ำจืดที่อยู่ด้านบนและน้ำเค็มที่อยู่ด้านล่าง แต่ในความเป็นจริงจะมีการหมุนเวียนของน้ำบาดาลและน้ำเค็ม มีการไหลของน้ำจืดสู่ทะเลทางด้านบน และการรุกคืบของน้ำทะเลทางด้านล่าง แนวรอยต่อจะไม่มีลักษณะเป็นบริเวณเส้นที่เด่นชัด กล่าวคือ ในบริเวณนี้ น้ำจืดจากด้านบนจะค่อยๆ มีความเค็มสูงขึ้น ในขณะที่มีระดับความลึกเพิ่มขึ้น และในบริเวณดังกล่าวจะมีการผสมกันระหว่างน้ำเค็มและน้ำจืดด้วยกลไกการไหลของน้ำและการแพร่กระจายเชิงเคมี ความกว้างของบริเวณดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับสถานที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 (ปรัชญา และ กิตติเทพ, 2555)



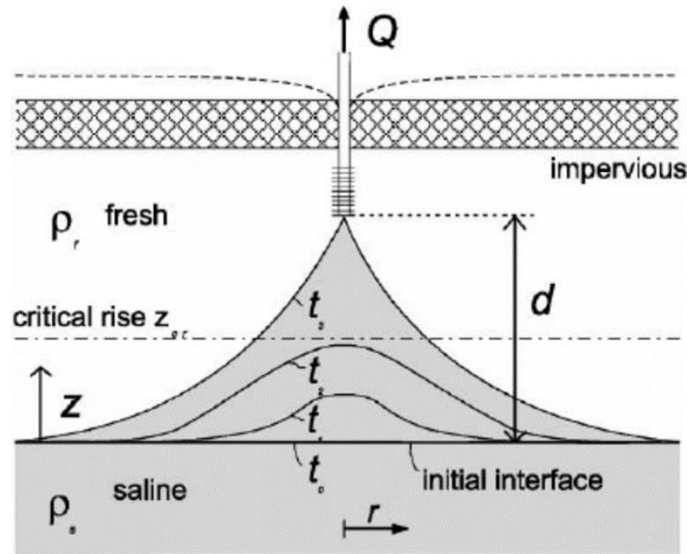
รูปที่ 2.8 รอยต่อระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็มตามแนวชายฝั่ง (Reilly and Goodman, 1985 ; Hodgkinson, 2008)



รูปที่ 2.9 รูปแบบการไหลของน้ำจืดและน้ำเค็มบริเวณชายฝั่ง (McCobb and Leblanc, 2002)

## 2.2.4 การหนุนขึ้นของน้ำเค็ม

กรณีที่ชั้นหินอุ้มน้ำมีน้ำเค็มวางตัวอยู่ด้านล่าง และเมื่อมีการสูบน้ำออกจากบ่อบาดาลที่เจาะลงไปบนของชั้นหินอุ้มน้ำที่เป็นส่วนของน้ำจืด ทำให้เกิดการหนุนขึ้นของน้ำเค็ม (Upconing) (รูปที่ 2.7) เกิดรอยต่อระหว่างน้ำเค็มและน้ำจืดจะในแนวระดับ แต่เมื่อเริ่มสูบน้ำออกจากบ่อบาดาลระดับของรอยต่อจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ถ้ารอยต่อนี้ขึ้นมาถึงบ่อบาดาล จะทำให้น้ำที่สูบได้เป็นน้ำกร่อยและน้ำเค็ม ไม่สามารถใช้น้ำเพื่อบริโภค อุบโภาคได้ ต้องปิดและเลิกใช้บ่อนี้ไป แต่ถ้าหยุดการสูบน้ำ น้ำเค็มจะทอดตัวลงต่ำและวางตัวอยู่ด้านล่างน้ำจืด เนื่องจากน้ำเค็มมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจืด (ทวิศักดิ์ ธรรมังคังศ์, 2546)



รูปที่ 2.10 การหนุนขึ้นของน้ำเค็มเนื่องจากการสูบน้ำ (Gualbert, 2001)

การควบคุมหรือบรรเทาผลกระทบจากการรุกคืบของน้ำทะเลเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล สามารถควบคุมได้จาก 5 วิธีหลัก ซึ่งแต่ละพื้นที่ใช้วิธีต่างกัน ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำเค็ม ความรุนแรงของการรุกคืบ สภาพทางธรณีวิทยา อัตราการใช้ น้ำ และเศรษฐกิจในพื้นที่ และการปนเปื้อนของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาลแม้เพียง 2-3 เปอร์เซ็นต์ ก็มีผลต่อการบริโภคอย่างมาก ดังนั้นการควบคุมการรุกคืบของน้ำทะเลจึงเป็นสิ่งจำเป็น วิธีการดังนี้

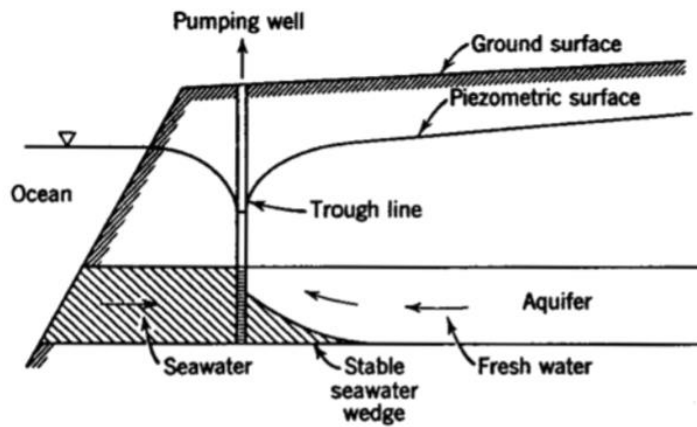
1) การปรับเปลี่ยนรูปแบบการสูบน้ำ (Modification of pumping pattern) คือการปรับเปลี่ยนรูปแบบการสูบน้ำ เปลี่ยนตำแหน่งของบ่อสูบ โดยกระจายตำแหน่งของบ่อให้ไกลจากชายฝั่งและอาจมีการลดอัตราของการสูบน้ำบาดาล

2) การอัดเพิ่มเติมน้ำ (Artificial recharge) การเติมน้ำจืดลงไปในบ่อชั้นน้ำใต้ดิน วิธีนี้คือการเพิ่มระดับความสูงของน้ำจืด ซึ่งอาจดำเนินการโดยมีแหล่งน้ำจืดที่ซึมลงจากผิวดิน สำหรับชั้นน้ำที่ไม่ปิดกั้น และใช้บ่ออัดน้ำจืดสำหรับชั้นน้ำปิดกั้น

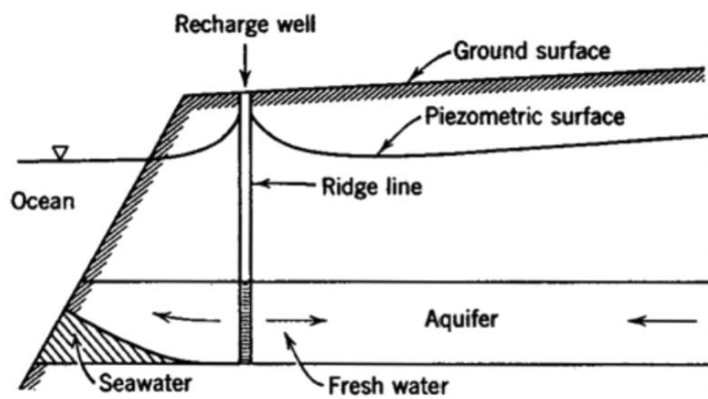
3) ผนังกันโดยการสูบน้ำ (Extraction Barrier) สร้างบ่อสูบน้ำเค็มตามแนวชายฝั่ง ป้องกันไม่ให้น้ำเค็มรุกคืบเกินแนวป้องกันที่ออกแบบไว้ ซึ่งบ่อสูบเหล่านี้ส่วนใหญ่จะทิ้งน้ำกลับไปในทะเล (รูปที่ 2.8)

4) ผนังกันโดยการอัดน้ำ (Injection Barrier) ขุดบ่ออัดน้ำจืดเพื่อสร้างแนวป้องกันการรุกคืบของน้ำเค็ม โดยใช้น้ำจืดที่มีคุณภาพดีในปริมาณมากอัดลงไปเพื่อเพิ่มแรงดันให้กับชั้นน้ำบาดาลและขับน้ำเค็มให้ออกไปจากชั้นน้ำบาดาลตามแนวชายฝั่ง (รูปที่ 2.9)

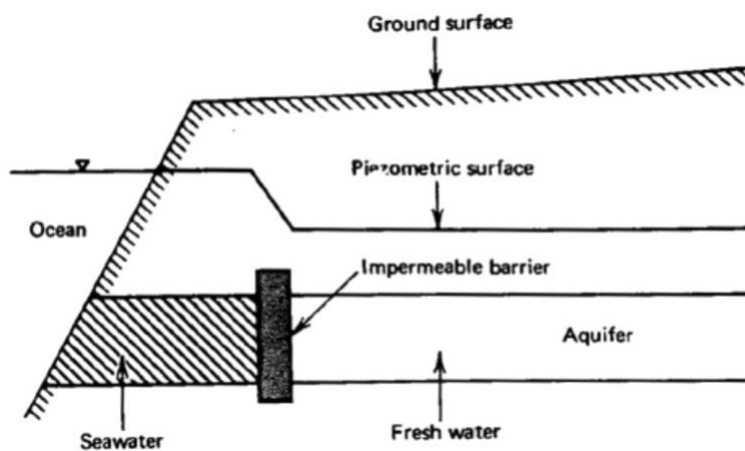
5) ผนังกั้นน้ำใต้ผิวดิน (Subsurface Barrier) สร้างแนวทึบน้ำใต้ดินขนานไปกับแนวชายฝั่ง ซึ่งอาจจะใช้กำแพงกันดิน ดินเหนียว ยางมะตอย ซีเมนต์ เบนโทไนต์ หรือวัสดุอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติทึบน้ำ อัดลงไปเป็นหลุมเจาะ แต่วิธีนี้มีราคาสูงและอาจต้องคำนึงถึงผลกระทบที่อาจเกิดจากการกัดกร่อนเชิงเคมี (รูปที่ 2.10)



รูปที่ 2.11 การควบคุมการหนุนแทรกของน้ำทะเลโดยวิธีผนังกั้นโดยการสูบน้ำ (Todd, 1980 ; ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546)



รูปที่ 2.12 การควบคุมการหนุนแทรกของน้ำทะเลโดยวิธีผนังกั้นโดยการอัดน้ำ (Todd, 1980 ; ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546)



รูปที่ 2.13 การควบคุมการหนุนแทรกของน้ำทะเลโดยวิธีผนังกั้นโดยการอัดน้ำ (Todd, 1980 ; ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2546)

## 2.3 แผนภาพ Hydrochemical Facies Evolution Diagram (HFE-D)











Giménez-Forcada (2014) ได้ทำการศึกษาการรุกรานของน้ำทะเลบริเวณชายฝั่ง Vinaroz ซึ่งอยู่ตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศสเปน โดยใช้ Hydrochemical Facies Evolution Diagram (HFE-D) สามารถสร้างแผนภาพนี้ได้โดยใช้ข้อมูลลักษณะเฉพาะทางอุทกเคมี ค่าการนำไฟฟ้า ค่าพีเอช ซึ่งแผนภาพ HFE-D นี้ เป็นแผนภาพบอกขอบเขตของน้ำบาดาลว่าเป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็ม (Forcada, 2010 ; Gopinath et al., 2019) โดยใช้ข้อมูลลักษณะเฉพาะทางอุทกเคมี นำข้อมูลทางอุทกเคมีของน้ำบาดาลมาพล็อตลงในแผนภาพ สังเกตการกระจายตัวของปริมาณร้อยละของไอออนบวกและไอออนลบในแผนภาพ HFE-D โดยที่แกน X ของแผนภาพแสดงถึงปริมาณร้อยละของไอออนบวก ได้แก่  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Na}^+$  ส่วนแกน Y ของแผนภาพแสดงถึงปริมาณร้อยละของไอออนลบ ได้แก่  $\text{HCO}_3^-$  และ  $\text{Cl}^-$  ปริมาณร้อยละของไอออนบวกและไอออนลบจะแสดง facies ต่างๆ

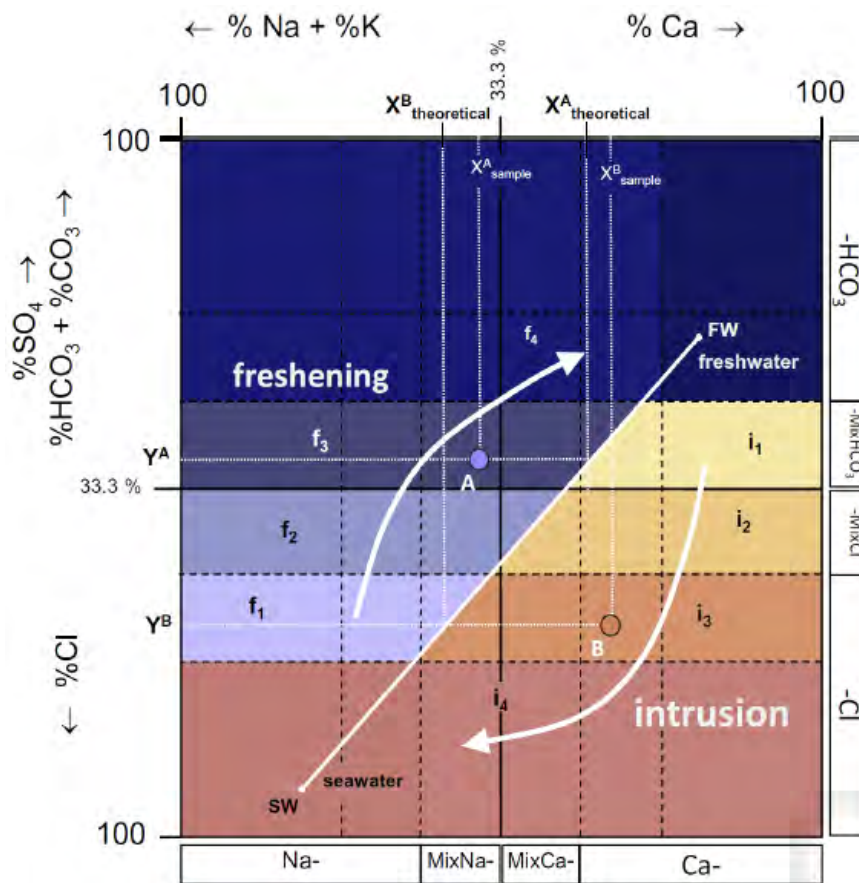
นอกจากนี้แผนภาพนี้ยังมีเส้น Conservative Mixing Line (CML) ซึ่งเป็นเส้นแบ่งน้ำจืดและน้ำเค็ม ถ้าจุดข้อมูลอยู่บริเวณด้านซ้ายและอยู่บนเส้น CML เป็นน้ำจืด แต่ถ้าอยู่ด้านขวาและอยู่ล่างเส้น CML เป็นน้ำเค็ม และแผนภาพนี้ได้แบ่งบริเวณย่อยของแผนภาพหรือ Facies ตามปริมาณไอออนต่างๆว่าบริเวณใดเป็นน้ำจืดและน้ำเค็ม โดยแต่ละ Facies ของแผนภาพจะกำหนดค่า Value 1 ถึง 10 ซึ่งค่าที่น้อยที่สุดคือ 1 มีความเป็นน้ำจืดมากที่สุด และค่ามากที่สุดคือ 10 มีความเป็นน้ำเค็ม

บริเวณที่เป็นน้ำจืดยังได้มีการแบ่ง substages ของน้ำจืดอีก คือ  $f_4, f_3, f_2, f_1$  และมีค่าอยู่ในช่วง 2-5 โดยที่  $f_4$  (อยู่ใน Facies  $\text{Ca-HCO}_3$ ) มีความเป็นน้ำจืดมากที่สุด  $f_3$  (Facies  $\text{MixCa-MixHCO}_3, \text{Ca-MixHCO}_3$ ),  $f_2$  (Facies  $\text{MixNa-MixCl}$ ) มีความจืดรองลงมา และ  $f_1$  (Facies  $\text{MixNa-Cl}$ ) มีความจืดน้อยที่สุด ส่วนบริเวณที่เป็นน้ำเค็มหรือมีการรุกรานของน้ำทะเลแบ่ง sub-stage ได้คือ  $i_1, i_2, i_3, i_4$  มีค่าอยู่ในช่วง 6-9 โดยที่  $i_1$  (อยู่ใน Facies  $\text{Ca-MixHCO}_3$ ) มีความเป็นน้ำเค็มมากที่สุด  $i_2$  (Facies  $\text{MixCa-MixCl, Ca-MixCl}$ ),  $i_3$  (Facies  $\text{MixNa-Cl, MixCa-Cl, Ca-Cl}$ ) มีความเค็มมากขึ้น และ  $i_4$  (Facies  $\text{MixNa-Cl}$ ) มีความเค็มมากที่สุด

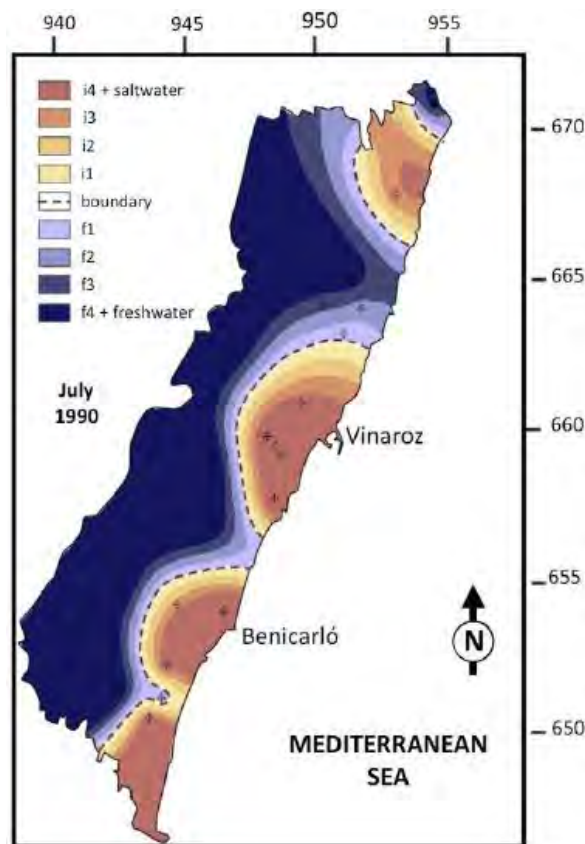
เมื่อทำการแบ่ง Facies, sub-stage และจำแนกน้ำบาดาลว่าเป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็มแล้ว นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแผนที่เพื่อประเมินการรุกรานของน้ำทะเล

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์ในการกำหนดปริมาณไอออนลบและค่าต่างๆ

Substages	Anion facies	Ion percentage	Value	Color
Freshwater	$\text{-HCO}_3$	$\text{HCO}_3 > 50\%, \text{Ca} > 66.6\%$	1	
$F_4$	$\text{-HCO}_3$	$\text{HCO}_3 > 50\%$	2	
$F_3$	$\text{-MixHCO}_3$	$50\% > \text{HCO}_3 > 33.3\%$	3	
$F_2$	$\text{-MixCl}$	$50\% > \text{Cl} > 33.3\%$	4	
$F_1$	$\text{-Cl}$	$66.6\% > \text{Cl} > 50\%$	5	
boundary	-----	-----	5.5	-----
$I_1$	$\text{-MixHCO}_3$	$50\% > \text{HCO}_3 > 33.3\%$	6	
$I_2$	$\text{-MixCl}$	$50\% > \text{Cl} > 33.3\%$	7	
$I_3$	$\text{-Cl}$	$66.6\% > \text{Cl} > 50\%$	8	
$I_4$	$\text{-Cl}$	$\text{Cl} > 66.6\%$	9	
Saltwater	$\text{-Cl}$	$\text{Cl} > 66.6\%, \text{Na} > 50\%$	10	



รูปที่ 2.14 แผนภาพ Hydrochemical Facies Evolution Diagram (HFE-D) (Giménez-Forcada, 2014)



รูปที่ 2.15 แผนที่ประเมินการรุกค้ำของน้ำทะเล (Giménez-Forcada, 2014)

## 2.4 เกณฑ์ตัวอย่างที่ใช้ในการแยกน้ำจืดและน้ำเค็ม (Klassen et al., 2014)

1. ความเข้มข้นของคลอไรด์ (Cl)
2. อัตราส่วนคลอไรด์ (Cl) และโบรไมด์ (Br) โดยในน้ำทะเลเมื่ออัตราส่วน Cl/Br เท่ากับ 297  
น้ำเค็มมีอัตราส่วน Cl/Br น้อยกว่า 297  
evaporate-dissolution products Cl/Br มากกว่า 1,000  
กิจกรรมมนุษย์ เช่น น้ำเสีย Cl/Br น้อยกว่า 800
3. อัตราส่วนโซเดียมต่อคลอไรด์ (Na/Cl ratio) ในน้ำบาดาลที่เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลจะน้อยกว่าในน้ำทะเล  
อัตราส่วน Na/Cl น้อยกว่า 0.86 เกิดการรุกคืบของน้ำทะเล แต่ถ้าอัตราส่วน Na/Cl มากกว่า 1 แสดงว่าน้ำบาดาลเกิดการปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์
4. ความเข้มข้นของแคลเซียม (Ca) โดยใช้อัตราส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียม (Ca/Mg ratio) และแคลเซียมต่อผลรวมของไบคาร์บอเนตและซัลเฟต Ca/(HCO<sub>3</sub> and SO<sub>4</sub> ratio) ถ้าอัตราส่วนมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าเกิดการรุกคืบของน้ำทะเล
5. อัตราส่วนคลอไรด์ต่อไบคาร์บอเนต (Cl/HCO<sub>3</sub> ratio) สามารถแบ่งความรุนแรงการปนเปื้อนของน้ำเค็มในน้ำบาดาลได้ 5 ระดับ ได้แก่

ไม่มีการปนเปื้อน	Cl/HCO <sub>3</sub> น้อยกว่า 0.5
ปนเปื้อนเล็กน้อย	Cl/HCO <sub>3</sub> มีค่า 0.5-1.3
ปนเปื้อนปานกลาง	Cl/HCO <sub>3</sub> มีค่า 1.3-2.8
ปนเปื้อนมาก	Cl/HCO <sub>3</sub> มีค่า 2.8-6.6
ปนเปื้อนมากที่สุด	Cl/HCO <sub>3</sub> มีค่า 6.6-15.5
6. Base exchange indices (BEX) สามารถบอกประเภทของน้ำบาดาลได้ว่าเป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็ม โดยใช้ความเข้มข้นของไอออนบางชนิด ใช้สูตร  $BEX = Na + K + Mg - 1.0716Cl$  (meq/L) ค่า BEX ที่ได้มีค่าเป็นบวกแสดงว่าเป็นน้ำจืด ค่า BEX เป็นลบแสดงว่าเป็นน้ำเค็ม และค่า BEX เป็น 0 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**สุภัก คลองสนั่น (2560)** ได้ทำการศึกษาแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง พบว่าน้ำบาดาลไหลจากพื้นที่เขาซึ่งเป็นพื้นที่เติมน้ำลงสู่อ่างเก็บน้ำ และไหลลงสู่อ่าวไทยต่อไป และพบว่าน้ำบาดาลทุกชั้นน้ำมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน กล่าวคือชั้นน้ำบาดาลที่อยู่ด้านบนจะเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาลด้านล่าง และน้ำบาดาลชั้นล่างสามารถเติมเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลด้านบนได้ โดยอาศัยแรงดันในชั้นน้ำ ชั้นน้ำที่มีอัตราการสูบน้ำบาดาลมากที่สุดคือน้ำบาดาลชั้นที่ 3 เป็นชั้นหินแกรนิต แต่ชั้นน้ำที่มีอัตราการไหลออกของน้ำบาดาลมากที่สุดคือน้ำบาดาลชั้นที่ 1

**อัฐพงศ์ สงนุ้ย (2561)** ได้ทำการศึกษาการจำลองการรุกคืบของน้ำทะเลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง สร้างแบบจำลองการรุกคืบของน้ำทะเล โดยใช้โปรแกรม Visual MODFLOW และ SEAWAT Engine แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาล และแนวการรุกคืบของน้ำทะเลในแอ่งน้ำบาดาลระยองทั้ง 3 ชั้นน้ำ โดยน้ำจะไหลจากขอบแอ่งซึ่งพื้นที่สูงลงสู่ทางน้ำเล็กๆ เพื่อไหลเข้าอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล อ่างเก็บน้ำดอกกราย และอ่างเก็บน้ำคลองบางไผ่ แล้วไหลลงสู่ทะเลผ่านแม่น้ำระยอง และคลองบางไผ่ จากการจำลอง

พบว่าแนวการรุกตัวของน้ำทะเลของชั้นน้ำที่ 1 พบว่า เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 เกิดการรุกตัวของน้ำทะเลเข้ามาในชายฝั่ง จากตำบลตาขัน อำเภอบ้านค่าย ไปยังตำบลเชิงเนิน อำเภอเมือง รวมระยะทาง 1.3 กิโลเมตร

ชั้นน้ำที่ 2 พบว่ามีความเสี่ยงจากการรุกตัวของน้ำทะเล เป็นระยะทางประมาณ 4.8 กิโลเมตร

ชั้นน้ำที่ 3 พบว่ามีความเสี่ยงจากการรุกตัวของน้ำทะเล เป็นระยะทางประมาณ 5.1 กิโลเมตร

**Mondal และคณะ (2010)** ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำบาดาลและน้ำเค็มโดยใช้ลักษณะทางเคมีที่สำคัญในน้ำใต้ดิน บริเวณคลอง Buckingham และอ่าวเบงกอล ตอนใต้ของประเทศอินเดีย เก็บข้อมูลของน้ำใต้ดิน 2 ช่วงเวลาคือก่อนมรสุมและหลังมรสุม จากอัตราส่วนของไอออน ได้แก่  $Mg^{2+}/Ca^{2+}$   $Cl^-/HCO_3^-$   $Ca^{2+}/Na^+$  และระดับ Total Dissolved Solids (TDS) พบว่าบริเวณกลางของพื้นที่ศึกษา น้ำยังคงเป็นน้ำจืดอยู่ แต่ไม่เหมาะสมกับการบริโภค-อุปโภค บริเวณใกล้คลอง Buckingham และบริเวณที่ใกล้ทะเล น้ำมีความเค็มมาก เนื่องจากเกิดจากการรุกตัวของน้ำทะเล จากการวิเคราะห์พบว่า อัตราส่วนระหว่างค่าการนำไฟฟ้า (EC)  $Na^+$   $Cl^-$  และ  $SO_4^{2-}$  เมื่อรวมกับไอออนอื่นๆ จะเป็นตัวบ่งบอกคุณภาพของน้ำบาดาลที่ดี และจากทั้ง 2 ช่วงฤดู พบว่าค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีความแปรปรวนเนื่องจากไอออนคลอไรด์ ( $Cl^-$ ) มากที่สุด รองลงมาคือ โซเดียม ( $Na^+$ ) ซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) ไบคาร์บอเนต ( $HCO_3^-$ ) ไนเตรต ( $NO_3^-$ ) แคลเซียม ( $Ca^{2+}$ ) และแมกนีเซียม ( $Mg^{2+}$ ) ตามลำดับ

**Klassen (2014)** ได้ทำการศึกษาลักษณะทางเคมีที่บ่งบอกการรุกตัวของน้ำทะเล บริเวณ Gulf Islands, Columbia ได้มีวิธีการแยกการรุกตัวของน้ำทะเลกับความเค็มจากแหล่งอื่น ได้แก่ ความเข้มข้น  $Cl^-$ , อัตราส่วน  $Cl:Br$  อัตราส่วน  $Na/Cl$   $Ca/Mg$  และ  $Ca/HCO_3^-$  หรือ  $Ca/SO_4$  Simpson ratio :  $Cl/(HCO_3^- + CO_3^{2-})$  และ Base Exchange Indices (BEX) พบว่าในพื้นที่ศึกษานี้แคลเซียม (Ca) ไม่สามารถบ่งชี้การเกิดการรุกตัวของน้ำทะเลที่ดี เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (Cation exchange) แต่ปริมาณคลอไรด์ ( $Cl^-$ ) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS) เป็นตัวบ่งชี้ว่าการรุกตัวของน้ำทะเลที่ดี โดยมีปริมาณคลอไรด์ ( $Cl^-$ ) 460 mg/L ค่าการนำไฟฟ้า 1,626  $\mu S/cm$  และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด 1,044 mg/L

**Amiri และคณะ (2015)** ได้ทำการศึกษาประเมินคุณภาพน้ำบาดาลและการรุกตัวของน้ำทะเลตามฤดูกาลบริเวณชายฝั่งอูร์เมีย ประเทศอิหร่านโดยใช้ Groundwater Quality Index (GQI) และ Hydrochemical Facies Evolution Diagram (HFE-D) พบว่า  $GQI_{SWI}$  ไม่สามารถใช้บ่งชี้พื้นที่ที่มีความเค็มมาก ๆ ได้ และจาก HFE-D พบว่าตัวอย่างน้ำที่เก็บมาในบ่อเดียวกันแต่คนละฤดู น้ำยังคงอยู่ใน Facies เดียวกัน หมายความว่าฤดูกาลไม่มีผลต่อน้ำบาดาลมากนัก

การแยกคุณภาพของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งโดยใช้ HFE-D มีความแม่นยำกว่า  $GQI_{SWI}$  เนื่องจากตำแหน่งบ่อบาดาลบริเวณชายฝั่งอยู่ใน Substages ที่ 1 2 3 และ 4 (เป็นน้ำจืด) แสดงว่าในฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนเติมลงในน้ำบาดาลทำให้น้ำบาดาลบริเวณที่ติดกับชายฝั่งเป็นน้ำจืด

**Abu-alnaeema (2018)** ได้ทำการศึกษาความเค็มและคุณภาพของน้ำบาดาลบริเวณชายฝั่ง Gaza ประเทศปาเลสไตน์โดยใช้ข้อมูลทางสถิติและลักษณะทางอุทกเคมีของน้ำ จากการศึกษา Abu-alnaeema ได้พิจารณาลักษณะทางอุทกเคมีของน้ำบาดาล ได้แก่ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS) ไอออนบวกและไอออนลบที่สำคัญ ได้แก่ โซเดียม ( $Na^+$ ) แคลเซียม ( $Ca^{2+}$ ) โพแทสเซียม ( $K^+$ )

แมกนีเซียม ( $Mg^{2+}$ ) คลอไรด์ ( $Cl^-$ ) ไบคาร์บอเนต ( $HCO_3^-$ ) ไนเตรต ( $NO_3^-$ ) และซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) อัตราส่วนของไอออนต่างๆ ตาม Facies ของน้ำบาดาล ทำให้สามารถแบ่งน้ำบาดาลในชั้นน้ำได้ 7 กลุ่ม ได้แก่

- 1) น้ำกร่อยอายุ Eocene มีความเข้มข้นของคลอไรด์ ( $Cl^-$ ) โซเดียม ( $Na^+$ ) ซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) และไนเตรต ( $NO_3^-$ ) เกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด มีความเค็มมาก ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS) 1,515-3,536 mg/L
- 2) น้ำจากการละลายของคาร์บอเนตและจากกิจกรรมของมนุษย์ มีความเข้มข้นของคลอไรด์ ( $Cl^-$ ) โซเดียม ( $Na^+$ ) ไบคาร์บอเนต ( $HCO_3^-$ ) และไนเตรต ( $NO_3^-$ ) เกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS) 985-3,078 mg/L น้ำกลุ่มนี้มีความเข้มข้นของซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) และค่า TDS สูงกว่ากลุ่ม 1 แต่มีความเข้มข้นของไบคาร์บอเนต ( $HCO_3^-$ ) น้อยกว่ากลุ่ม 1 เนื่องจากน้ำบริเวณนี้ได้รับการบำบัดแล้ว
- 3) น้ำเค็ม อยู่บริเวณชายฝั่ง มีความเข้มข้นของโซเดียม ( $Na^+$ ) คลอไรด์ ( $Cl^-$ ) ซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) และไนเตรต ( $NO_3^-$ ) เกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด มีความเค็มสูงมาก ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS) 2,220-8187 mg/L
- 4) น้ำที่เกิดการปนเปื้อนจากกิจกรรมมนุษย์และจากธรรมชาติ อยู่บริเวณพื้นที่อาศัยของประชากร ซึ่งอาศัยกันอย่างหนาแน่น มีความเข้มข้นของคลอไรด์ ( $Cl^-$ ) โซเดียม ( $Na^+$ ) ซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) และไนเตรต ( $NO_3^-$ ) เกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด น้ำบาดาลบริเวณนี้เกิดจากน้ำเสียแทรกซึมลงมา
- 5) น้ำทะเล อยู่บริเวณชายฝั่ง มีความเข้มข้นของแคลเซียม ( $Ca^{2+}$ ) แมกนีเซียม ( $Mg^{2+}$ ) โซเดียม ( $Na^+$ ) คลอไรด์ ( $Cl^-$ ) ซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) และโพแทสเซียม ( $K^+$ ) เกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด มีความเค็มสูงมาก ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS) 5,434-18,848 mg/L
- 6) น้ำฝน อยู่บริเวณเหนือของพื้นที่ศึกษา มีความเข้มข้นของคลอไรด์ ( $Cl^-$ ) และไนเตรต ( $NO_3^-$ ) เกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด มีความเข้มข้นของแคลเซียม ( $Ca^{2+}$ ) แมกนีเซียม ( $Mg^{2+}$ ) ไบคาร์บอเนต ( $HCO_3^-$ ) ซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) และโพแทสเซียม ( $K^+$ ) ต่ำกว่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด
- 7) น้ำที่เกิดการปนเปื้อนจากกิจกรรมมนุษย์และจากน้ำฝน มีความเข้มข้นของไนเตรต ( $NO_3^-$ ) เกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ มีความเข้มข้นของแคลเซียม ( $Ca^{2+}$ ) แมกนีเซียม ( $Mg^{2+}$ ) คลอไรด์ ( $Cl^-$ ) โพแทสเซียม ( $K^+$ ) ไบคาร์บอเนต ( $HCO_3^-$ ) ซัลเฟต ( $SO_4^{2-}$ ) และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS) ต่ำที่สุด เนื่องจากตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ที่น้ำฝนไหลผ่านเพื่อลงสู่ทะเล

บริเวณที่มีที่มีประชาชนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นและมีการใช้น้ำบาดาล จะเกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามา และเกิดการปนเปื้อนจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ เช่น การทิ้งของเสีย การทำโรงงาน บริเวณที่ประชาชนอาศัยอยู่และมีการทำการเกษตรด้วย น้ำบาดาลบริเวณนี้มีการปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์และจากการทำการเกษตร เช่น มีความเข้มข้น  $SO_4$  สูง เนื่องจากมีการใช้ปุ๋ยที่มีอิทธิพลเป็นองค์ประกอบ ส่วนบริเวณตอนเหนือของพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่รับน้ำ ไม่ค่อยมีประชาชนอาศัยอยู่ น้ำบาดาลบริเวณนี้จึงเป็นน้ำฝนตามที่ได้แบ่งไว้ข้างต้น



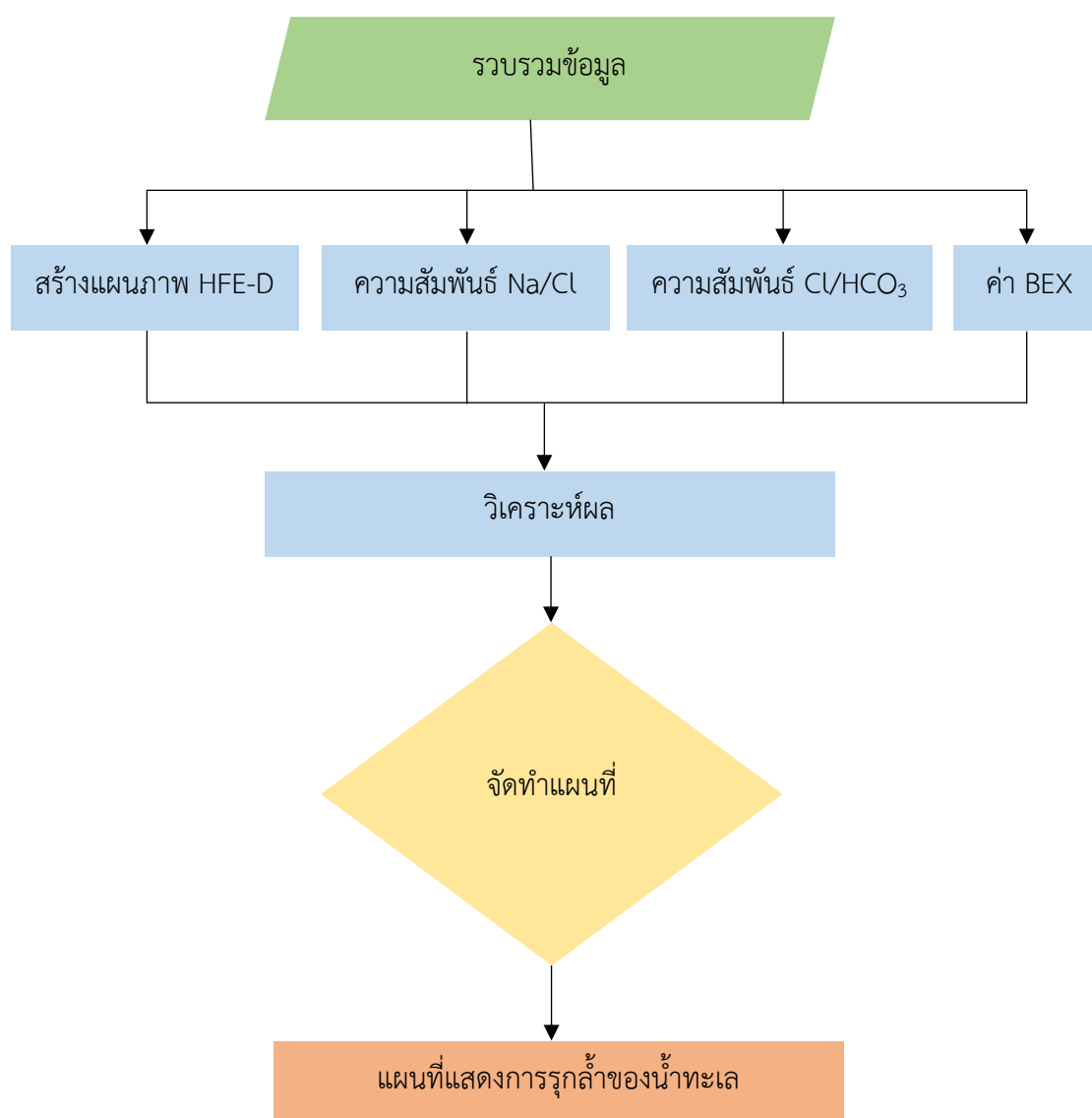
**Gopinath และคณะ (2019)** ได้ทำการศึกษาลักษณะทางเคมีของน้ำบาดาลและการรุกรานของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาล Tamil Nadu และ Pondicherry บริเวณทางใต้ของประเทศอินเดีย โดยแบ่งช่วงเวลาออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงก่อนมรสุม และหลังมรสุม พิจารณาลักษณะทางอุทกเคมีของน้ำโดยใช้ Piper diagram, HFE-D และจาก Facies ของน้ำ พบว่าช่วงก่อนเกิดมรสุมเกิดการรุกรานของน้ำทะเล กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ทำให้ทราบว่าโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) ส่วนใหญ่มาจากกระบวนการผุพังของ Silicate และ Cl มาจากน้ำทะเล และน้ำบาดาลมีความเข้มข้นของโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) โพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) และแมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) มากในบริเวณกลางและตะวันตกของพื้นที่ บ่งบอกว่าไม่มีการรุกรานของน้ำทะเล เป็นน้ำจืด

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีวิจัย

#### 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษา
2. เก็บรวบรวมข้อมูลของพื้นที่ศึกษา 4 ช่วงเวลา ได้แก่ เดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 เดือนมกราคม พ.ศ.2555 เดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 และเดือนมกราคม พ.ศ.2561
3. สร้างแผนภาพ HFE-D ความสัมพันธ์ของ Na/Cl Cl/HCO<sub>3</sub> และค่า BEX
4. จัดทำแผนที่แสดงการรุกคืบของน้ำทะเล
5. วิเคราะห์ผล เปรียบเทียบผลกับการศึกษาที่ผ่านมา และสรุปผล
6. ทำรายงานวิจัย



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างแผนที่แสดงการรุกคืบของน้ำทะเล

### 3.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการใช้โปรแกรม

ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการใช้โปรแกรมที่ใช้เป็นเครื่องมือเพื่อบ่งบอกการรุกคืบของน้ำทะเล โดยสร้างแผนภาพ HFE-D ความสัมพันธ์ของ  $\text{Na/Cl}$   $\text{Cl/HCO}_3$  ค่า BEX และจัดทำแผนที่การรุกคืบของน้ำทะเล โดยใช้โปรแกรม ArcMap รวมถึงศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การรุกคืบของน้ำทะเล เช่น ข้อมูลลักษณะทางธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา ข้อมูลบ่อบาดาล และลักษณะทางอุทกเคมีของแอ่งน้ำบาดาล ระยะของ

### 3.3 รวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลและแหล่งที่มาในแบบจำลอง

ลำดับ	ข้อมูลนำเข้า	ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์	แหล่งที่มา
1	ขอบเขตพื้นที่ศึกษา	ภาพถ่ายดาวเทียม	Google Earth Pro
2	ระดับความสูงพื้นผิว	Digital Elevation Model (DEM) ความละเอียด 30 x 30 ตารางเมตร	USGS
3	ข้อมูลน้ำบาดาล	บ่อสังเกตการณ์ แบ่งเป็น 2 ฤดู คือ ฤดูแล้งและ ฤดูฝน ในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 เดือนมกราคม พ.ศ.2555 เดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 และ เดือนมกราคม พ.ศ.2561 เพื่อดูลักษณะทางอุทกเคมีของน้ำ ตำแหน่งบ่อบาดาล ระดับน้ำ ค่าความเข้มข้นของไอออน โซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) โพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) แมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) คลอไรด์ ( $\text{Cl}^-$ ) ไบคาร์บอเนต ( $\text{HCO}_3^-$ ) ไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ ) และซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
4	แผนที่อุทกธรณีวิทยา	หน่วยหินทางอุทกธรณี	(กรมทรัพยากรธรณี, 2538 และกรมทรัพยากรธรณี, 2539)
5	แผนที่ธรณีวิทยา	หน่วยหินทางธรณีวิทยา	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555

### 3.4 สร้างแผนภาพ HFE-D

สร้างแผนภาพ HFE-D นำปริมาณความเข้มข้นของไอออนคำนวณเป็นร้อยละ โดยใช้ข้อมูลไอออน โซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) โพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) แมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) คลอไรด์ ( $\text{Cl}^-$ ) ไบคาร์บอเนต ( $\text{HCO}_3^-$ ) ไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ ) และซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) เพื่อจัดจำแนกแยก Facies และ Substages ของน้ำบาดาล และแยกว่าน้ำบาดาลเป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็ม โดยใช้ข้อมูลในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 เดือนมกราคม พ.ศ.2555 เดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 และ เดือนมกราคม พ.ศ.2561

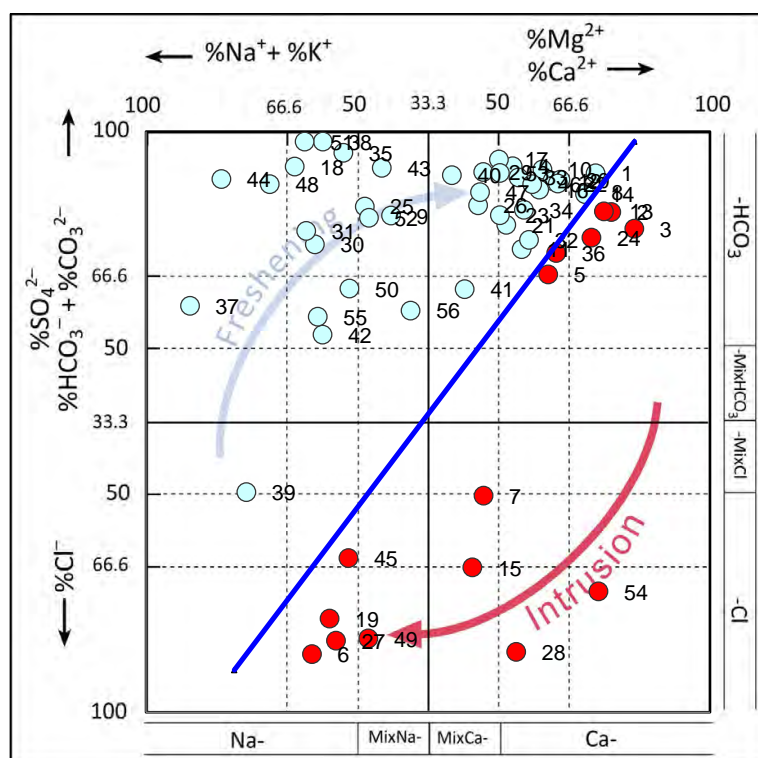
### 3.4.1 เปลี่ยนหน่วยความเข้มข้นของไอออน

ข้อมูลที่ได้มาจากภาคสนามเป็นหน่วย mg/l ต้องเปลี่ยนเป็น meq/l จากสูตร  
 $mEq = (\text{mass} \times \text{valence}) / \text{MW}$  (Beck, 2020)

### 3.4.2 สร้างแผนภาพ HFE-D

นำข้อมูลไอออนที่ทำการเปลี่ยนหน่วยเรียบร้อยแล้วใส่ในโปรแกรมเพื่อสร้างแผนภาพ HFE-D ตารางที่ 3.2 ข้อมูลไอออนต่างๆ ในหน่วย meq/l

Ref.	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Phase	Facies
1	0.9482	0.469	1.218	0.07929	2.22896	0.1249	0.5077	0.01	Fresh.	MixNa HCO3
2	1.9462	0.2715	0.7395	0.13044	2.49119	0.0208	0.3103	0.23	Fresh.	Ca HCO3
3	3.7427	0.9875	2.8709	0.17648	5.90019	1.3533	0.8744	0.02	Fresh.	MixCa HCO3
4	1.7965	0.6007	1.2615	0.12788	3.42539	0.0416	0.2482	0.01	Fresh.	MixCa HCO3
5	3.4932	0.1646	2.3055	0.21229	3.99902	0.0625	2.4822	0.09	Intrus.	Ca HCO3
6	3.2437	1.8103	2.001	0.25065	6.16242	0.0625	0.7898	0.03	Fresh.	MixCa HCO3
7	3.7926	0.4032	1.044	0.12277	4.26125	0.4164	1.1283	0.09	Intrus.	Ca HCO3
8	2.0959	0.7406	1.479	0.20973	3.39261	0.3539	1.1	0.07	Fresh.	MixCa HCO3
9	27.946	21.395	62.639	1.63691	1.58977	8.1198	115.65	0.07	Intrus.	Na Cl
10	9.4815	10.697	39.149	1.12538	1.852	7.7034	56.413	0.07	Intrus.	Na Cl
11	2.6448	0.5678	1.131	0.06394	4.1793	0.1666	0.0903	0.07	Fresh.	Ca HCO3



รูปที่ 3.2 แผนภาพ HFE-D

### 3.4.3 กำหนดค่า Value ให้กับข้อมูล

เมื่อสร้างแผนภาพ HFE-D เรียบร้อยแล้ว จะได้ Facies และ Substages ของน้ำบาดาลในแต่ละบ่อ จากนั้นกำหนดค่า Value ซึ่งมีค่า 1-10 ให้แต่ละบ่อ โดย 1 จะมีความเป็นน้ำจืดมากที่สุด และ 10 มีความเป็นน้ำเค็มมากที่สุด จากรูปที่ 3.2 ถ้าจุดข้อมูลตกอยู่ในตำแหน่งของ  $f_4$  จะมีค่า Value คือ 2 ถ้าตกอยู่ในตำแหน่ง  $f_3$  จะมีค่า Value คือ 3 จากนั้นจะเป็น  $f_2$   $f_1$   $i_1$   $i_2$   $i_3$  และ  $i_4$  จะมีค่า Value คือ 4 5 6 7 8 และ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.3 กำหนดค่า Value ให้กับน้ำบาดาลในแต่ละบ่อ

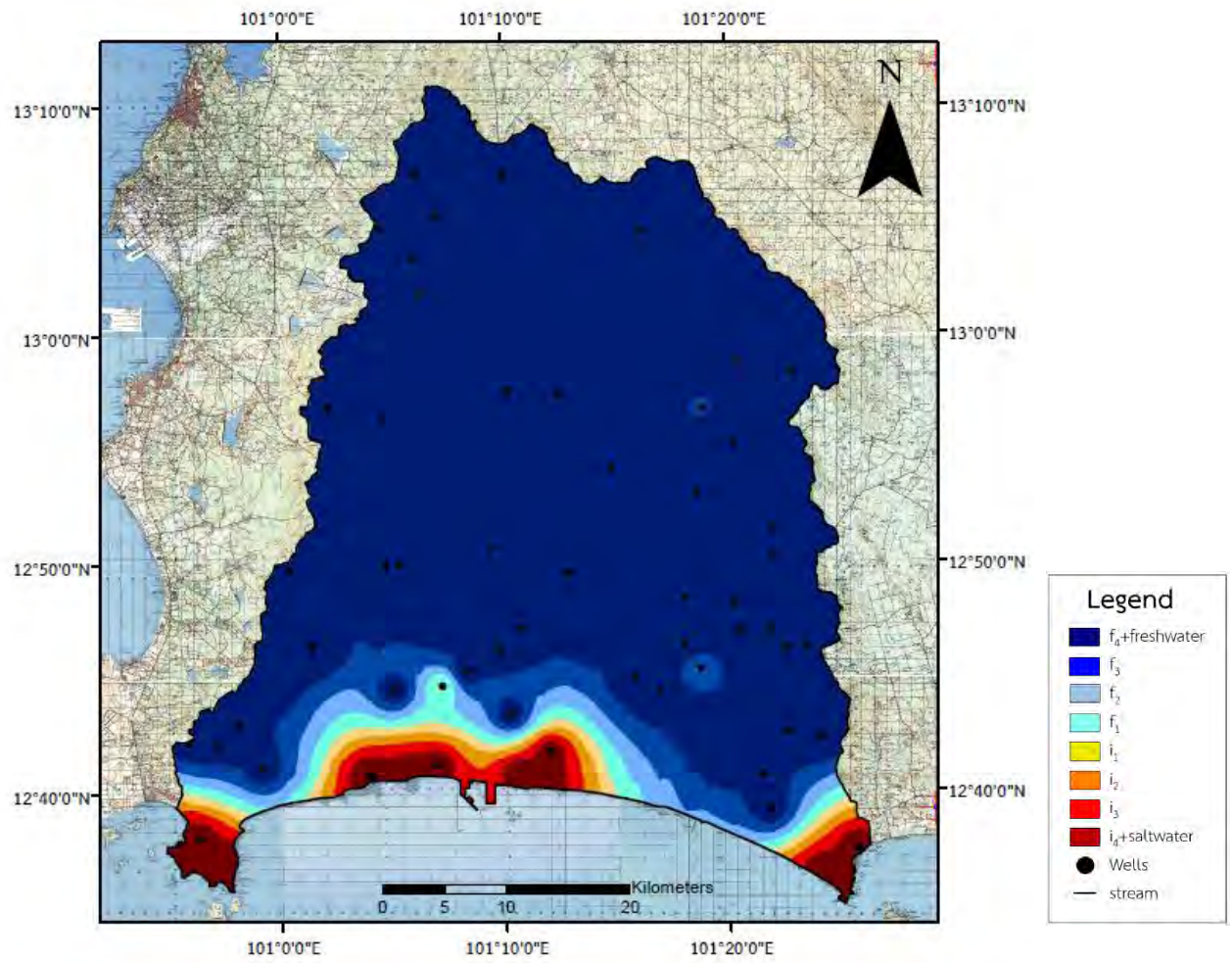
Ref.	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Phase	Facies	%Ca	%Na	%HCO <sub>3</sub>	%Cl	VALUE
1	0.94815	0.469	1.218	0.0793	2.229	0.1249	0.5077	0.01	Fresh.	MixNa HCO <sub>3</sub>	52.2091	47.791	82.347	17.6528	2
2	1.9462	0.2715	0.7395	0.1304	2.4912	0.0208	0.3103	0.23	Fresh.	Ca HCO <sub>3</sub>	71.8259	28.174	89.821	10.1792	1
3	3.7427	0.9875	2.8709	0.1765	5.9002	1.3533	0.8744	0.02	Fresh.	MixCa HCO <sub>3</sub>	60.8179	39.182	89.263	10.7367	1
4	1.7965	0.6007	1.2615	0.1279	3.4254	0.0416	0.2482	0.01	Fresh.	MixCa HCO <sub>3</sub>	63.3081	36.692	93.345	6.65501	2
5	3.49319	0.1646	2.3055	0.2123	3.999	0.0625	2.4822	0.09	Intrus.	Ca HCO <sub>3</sub>	59.2302	40.77	62.566	37.4342	6
6	3.24367	1.8103	2.001	0.2507	6.1624	0.0625	0.7898	0.03	Fresh.	MixCa HCO <sub>3</sub>	69.1797	30.82	88.782	11.2177	2
7	3.7926	0.4032	1.044	0.1228	4.2612	0.4164	1.1283	0.09	Intrus.	Ca HCO <sub>3</sub>	78.2427	21.757	80.86	19.1404	6
8	2.09591	0.7406	1.479	0.2097	3.3926	0.3539	1.1	0.07	Fresh.	MixCa HCO <sub>3</sub>	62.6824	37.318	77.623	22.3771	2
9	27.9455	21.395	62.639	1.6369	1.5898	8.1198	115.65	0.07	Intrus.	Na Cl	43.4273	56.573	7.7967	92.2033	10
10	9.48151	10.697	39.149	1.1254	1.852	7.7034	56.413	0.07	Intrus.	Na Cl	33.3792	66.621	14.577	85.4232	10

### 3.5 สร้างความสัมพันธ์ของไอออนและวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ข้อมูลแต่ละบ่อบาดาล พิจารณา Facies ของน้ำบาดาลว่ามีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของบ่อหรือไม่ หากผลวิเคราะห์ที่ได้น้ำบาดาลเป็นน้ำเค็ม จะพิจารณาอัตราส่วน Na/Cl (meq/l) ว่าน้ำเค็มนี้เกิดจากการรุกรานของน้ำทะเล หรือเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ อัตราส่วน Na/Cl น้อยกว่า 0.86 เกิดการรุกรานของน้ำทะเล Na/Cl มากกว่า 1 เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ Cl/HCO<sub>3</sub> (meq/l) ถ้าน้ำบาดาลมีความเค็มจากการรุกรานของน้ำทะเล จะมีค่ามากกว่า 0.5 นอกจากนี้ยังพิจารณาค่า Base exchange indices (BEX) โดยค่า BEX ที่ได้มีค่าเป็นบวกแสดงว่าเป็นน้ำจืด ค่า BEX เป็นลบแสดงว่าเป็นน้ำเค็ม (Klassen et al., 2014) พิจารณาความสัมพันธ์เหล่านี้ร่วมกับค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids : TDS)

### 3.6 ทำแผนที่แสดงการรุกรานของน้ำทะเล

ใช้โปรแกรม ArcMap ในการทำแผนที่ โดยใช้ข้อมูลต่างๆ เช่น ขอบเขตพื้นที่ศึกษา พิกัดตำแหน่งบ่อบาดาลในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 เดือนมกราคม พ.ศ.2555 เดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 และ เดือนมกราคม พ.ศ.2561 และข้อมูลของบ่อบาดาลที่ได้จากแผนภาพและความสัมพันธ์ต่างๆ



รูปที่ 3.3 แผนที่แสดงการรุกค้ำของน้ำทะเลและตำแหน่งของบ่อบาดาล

## บทที่ 4

### ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

#### 4.1 แผนภาพ HFE-D

การสร้างแบบแผนภาพ HFE-D จากข้อมูลบ่อบาดาลชั้นน้ำหินร่วนและหินแข็งบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ในปี พ.ศ.2554-2555 และ 2560-2561 เพื่อประเมินการรุกรานของน้ำทะเล โดยใช้ข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยา ความเข้มข้นของไอออนแต่ละไอออน ได้แก่ โซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) โพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) แมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) คลอไรด์ ( $\text{Cl}^-$ ) ไบคาร์บอเนต ( $\text{HCO}_3^-$ ) ไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ ) และซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

##### 4.1.1 ชั้นน้ำบาดาลเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2554 ข้อมูลความลึกบ่อ ระดับน้ำบาดาล และข้อมูลความเข้มข้นของไอออน เป็นข้อมูลเฉลี่ยจากทุกบ่อ

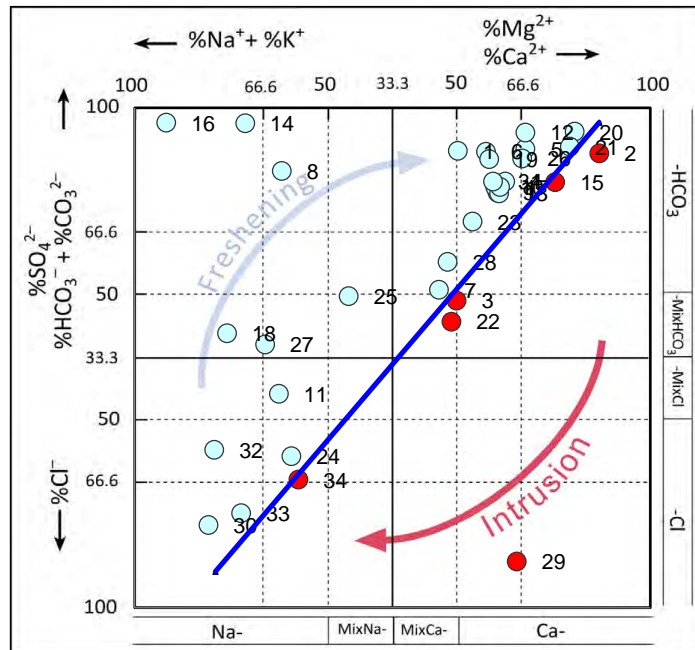
ชั้นน้ำบาดาล	จำนวนบ่อ (ม.)	ความลึกบ่อ (ม.)	ระดับน้ำ (ม.)	ความเข้มข้นของไอออน (meq/l)							
				$\text{Na}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$
หินร่วน	34	29	6	2.18	2.51	0.30	1.53	8.25	2.82	0.04	1.05
หินแข็ง	35	61	6	7.97	3.84	0.25	2.21	11.24	2.61	0.10	1.89

ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน พบว่าน้ำบาดาลเป็นทั้งน้ำจืดและน้ำเค็มตามการแยกโดยแผนภาพ HFE-D แบ่งน้ำจืดและน้ำเค็มด้วยปริมาณความเข้มข้นของไอออนและเส้น Conservative Mixing Line (CML) น้ำบาดาลส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาเป็นน้ำจืด และอยู่ใน Facies ของ  $\text{CaHCO}_3$  มากที่สุด คิดเป็น 44.12% ของบ่อบาดาลชั้นหินร่วน รองลงมาคือ  $\text{NaCl}$  (11.76%)  $\text{NaHCO}_3$  (8.82%)  $\text{MixCaHCO}_3$  (5.88%)  $\text{NaMixHCO}_3$  (5.88%)  $\text{NaMixCl}$  (2.94%) และ  $\text{MixNaMixHCO}_3$  (2.94%) น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ  $\text{CaHCO}_3$  (5.88%)  $\text{MixCaMixHCO}_3$  (5.88%)  $\text{MixNaMixHCO}_3$  (2.94%)  $\text{CaCl}$  (2.94%) และ  $\text{NaCl}$  (2.94%) ดังรูปที่ 4.1

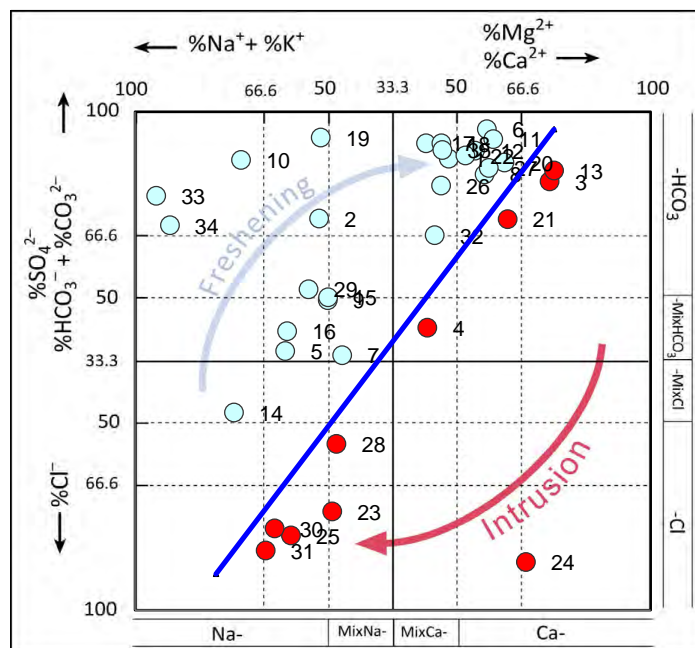
ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง พบว่าน้ำบาดาลเป็นทั้งน้ำจืดและน้ำเค็มตามการแยกโดยแผนภาพ HFE-D แบ่งน้ำจืดและน้ำเค็มด้วยปริมาณความเข้มข้นของไอออนเส้น Conservative Mixing Line (CML) โดยน้ำบาดาลส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาเป็นน้ำจืด และอยู่ใน Facies ของ  $\text{CaHCO}_3$  และ  $\text{NaHCO}_3$  มากที่สุด คิดเป็น Facies ละ 20% ของบ่อบาดาลชั้นหินแข็ง รองลงมาคือ  $\text{MixCaHCO}_3$  (17.14%)  $\text{NaMixHCO}_3$  (5.71%)  $\text{NaMixCl}$  (5.71%) และ  $\text{MixNaMixCl}$  (2.86%) น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ  $\text{CaHCO}_3$  (8.57%)  $\text{NaCl}$  (8.57%)  $\text{MixNaCl}$  (5.71%)  $\text{MixCaMixCl}$  (2.86%) และ  $\text{CaCl}$  (2.86%) ดังรูปที่ 4.2

ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนและหินแข็งเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2554 พบว่าน้ำบาดาลเป็นทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม แต่น้ำบาดาลส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาเป็นน้ำจืดมากกว่าและส่วนใหญ่อยู่ใน Facie ของ  $\text{CaHCO}_3$  มากที่สุด ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งมีจำนวนบ่อบาดาลที่เป็นน้ำเค็มและมีปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  มากกว่าชั้นน้ำหินร่วน น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มยังคงมีความเข้มข้นของ  $\text{Ca}^{2+}$  ใน Facies ของ  $\text{CaHCO}_3$  และ  $\text{MixCaMixHCO}_3$

เนื่องจากการแลกเปลี่ยนไอออนขณะที่น้ำเค็มรุกเข้ามาในน้ำจืด ชั้นน้ำจะปล่อย  $Ca^{2+}$  ออกมา แล้วจับกับ  $Na^+$  ในปฏิกิริยา Reverse exchange reaction และน้ำจืดยังคงมีความเข้มข้นของ  $Na^+$  เนื่องจาก ชั้นน้ำจะปล่อย  $Na^+$  แล้วจับกับ  $Ca^{2+}$  (Giménez-Forcada, 2014)



รูปที่ 4.1 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554 แสดงข้อมูล น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำจืด(สีฟ้า) และน้ำเค็ม(สีแดง) พร้อมเลขของบ่อบาดาล



รูปที่ 4.2 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554 แสดงข้อมูล น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำจืด(สีฟ้า) และน้ำเค็ม(สีแดง) พร้อมเลขของบ่อบาดาล



#### 4.1.2 ชั้นน้ำบาดาลเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2555

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2555 ข้อมูลความลึกลับ ระดับน้ำบาดาล และข้อมูลความเข้มข้นของไอออน เป็นข้อมูลเฉลี่ยจากทุกบ่อ

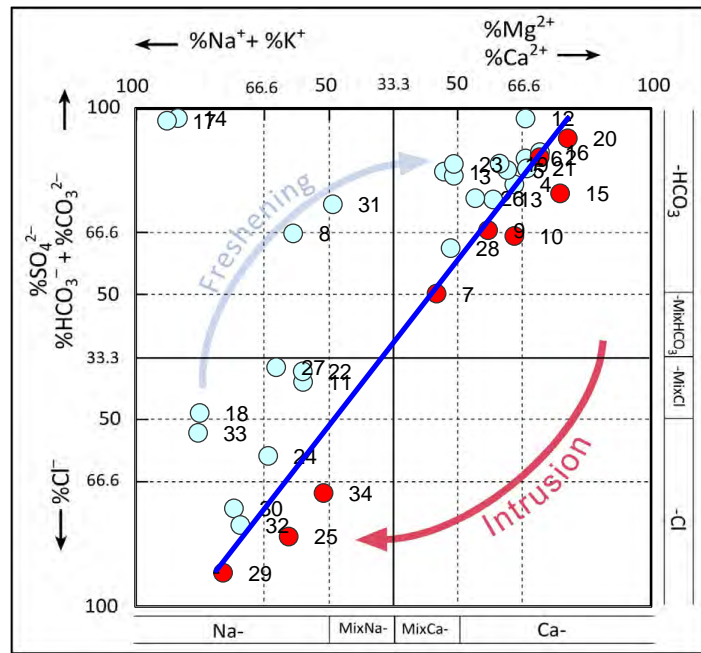
ชั้นน้ำบาดาล	จำนวนบ่อ (ม.)	ความลึกลับ (ม.)	ระดับน้ำ (ม.)	ความเข้มข้นของไอออน (meq/l)							
				Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
หินร่วน	34	29	7	6.25	2.20	0.24	1.35	15.25	2.83	0.05	1.72
หินแข็ง	35	64	7	5.31	2.84	0.20	1.54	9.08	2.86	0.08	1.32

ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน จากการทำแผนภาพ HFE-D พบว่าน้ำบาดาลเป็นทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม โดยน้ำบาดาลส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาเป็นน้ำจืด และอยู่ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> มากที่สุด คิดเป็น 26.47% ของบ่อบาดาลชั้นหินร่วน รองลงมาคือ MixCaHCO<sub>3</sub> (11.76%) NaMixCl (11.76%) NaHCO<sub>3</sub> (8.82%) NaCl (8.82%) และ MixNaHCO<sub>3</sub> (2.94%) น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> (14.71%) NaCl (11.76%) และ MixCaHCO<sub>3</sub> (2.94%) ดังรูปที่ 4.3

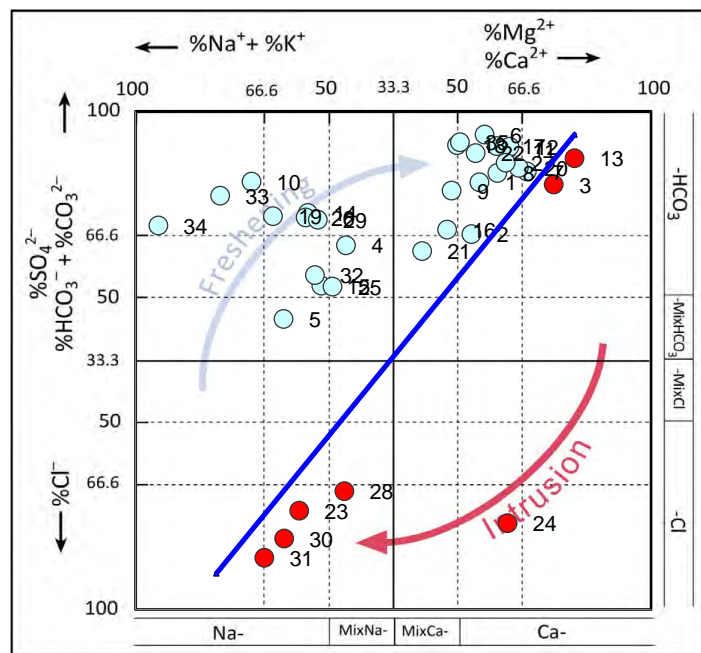
ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง จากการทำแผนภาพ HFE-D พบว่าน้ำบาดาลเป็นทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม โดยน้ำบาดาลส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาเป็นน้ำจืด และอยู่ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> มากที่สุด คิดเป็น 37.14% ของบ่อบาดาลชั้นหินแข็ง รองลงมาคือ NaHCO<sub>3</sub> (25.71%) MixCaHCO<sub>3</sub> (11.43%) MixNaHCO<sub>3</sub> (5.71%) และ NaMixHCO<sub>3</sub> (2.86%) น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ NaCl (8.57%) MixNaCl (2.86%) CaHCO<sub>3</sub> (2.86%) และ CaCl (2.86%) ดังรูปที่ 4.4

ชั้นน้ำบาดาลเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2555 ทั้งชั้นน้ำบาดาลหินร่วนและหินแข็ง พบว่าน้ำบาดาลส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาเป็นน้ำจืดมากกว่าและส่วนใหญ่อยู่ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> มากที่สุด น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มยังคงมีความเข้มข้นของ Ca<sup>2+</sup> ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> และ MixCaMixHCO<sub>3</sub> เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนไอออนขณะที่น้ำเค็มรุกเข้ามาในน้ำจืด ชั้นน้ำจะปล่อย Ca<sup>2+</sup> ออกมา แล้วจับกับ Na<sup>+</sup> ในปฏิกิริยา Reverse exchange reaction และน้ำจืดยังคงมีความเข้มข้นของ Na<sup>+</sup> เนื่องจาก ชั้นน้ำจะปล่อย Na<sup>+</sup> แล้วจับกับ Ca<sup>2+</sup> ในปฏิกิริยา Direct exchange reaction (Giménez-Forcada, 2014)

เมื่อเปรียบเทียบชั้นน้ำเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2554 และเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2555 พบว่าชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2555 เป็นน้ำเค็มมากกว่าในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2554 ส่วนชั้นน้ำบาดาลหินแข็งของทั้งสองปีนี้มีจำนวนบ่อบาดาลที่เป็นน้ำเค็มใกล้เคียงกัน แต่น้ำเค็มในบ่อบาดาลเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2555 ที่อยู่ใน Facies ของ NaCl มีมากกว่าในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2554 แสดงว่าในเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2555 น้ำบาดาลมีการปนเปื้อนน้ำเค็มในระดับที่รุนแรงกว่า เนื่องจากเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2554 เป็นฤดูฝน มีปริมาณน้ำฝนซึ่งเป็นน้ำจืดเติมในพื้นที่ศึกษามากกว่าเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2555 ซึ่งเป็นฤดูแล้ง ทำให้ชั้นน้ำบาดาลมีแรงดันจากน้ำจืดในการผลักดันน้ำเค็มไม่ให้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเล



รูปที่ 4.3 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555 แสดงข้อมูล น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำจืด(สีฟ้า) และน้ำเค็ม(สีแดง) พร้อมเลขของบ่อบาดาล



รูปที่ 4.4 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555 แสดงข้อมูล น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำจืด(สีฟ้า) และน้ำเค็ม(สีแดง) พร้อมเลขของบ่อบาดาล

#### 4.1.3 ชั้นน้ำบาดาลเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2560

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2560 ข้อมูลความเข้มข้นของไอออนเป็นข้อมูลเฉลี่ยจากทุกบ่อหน่วย meq/l

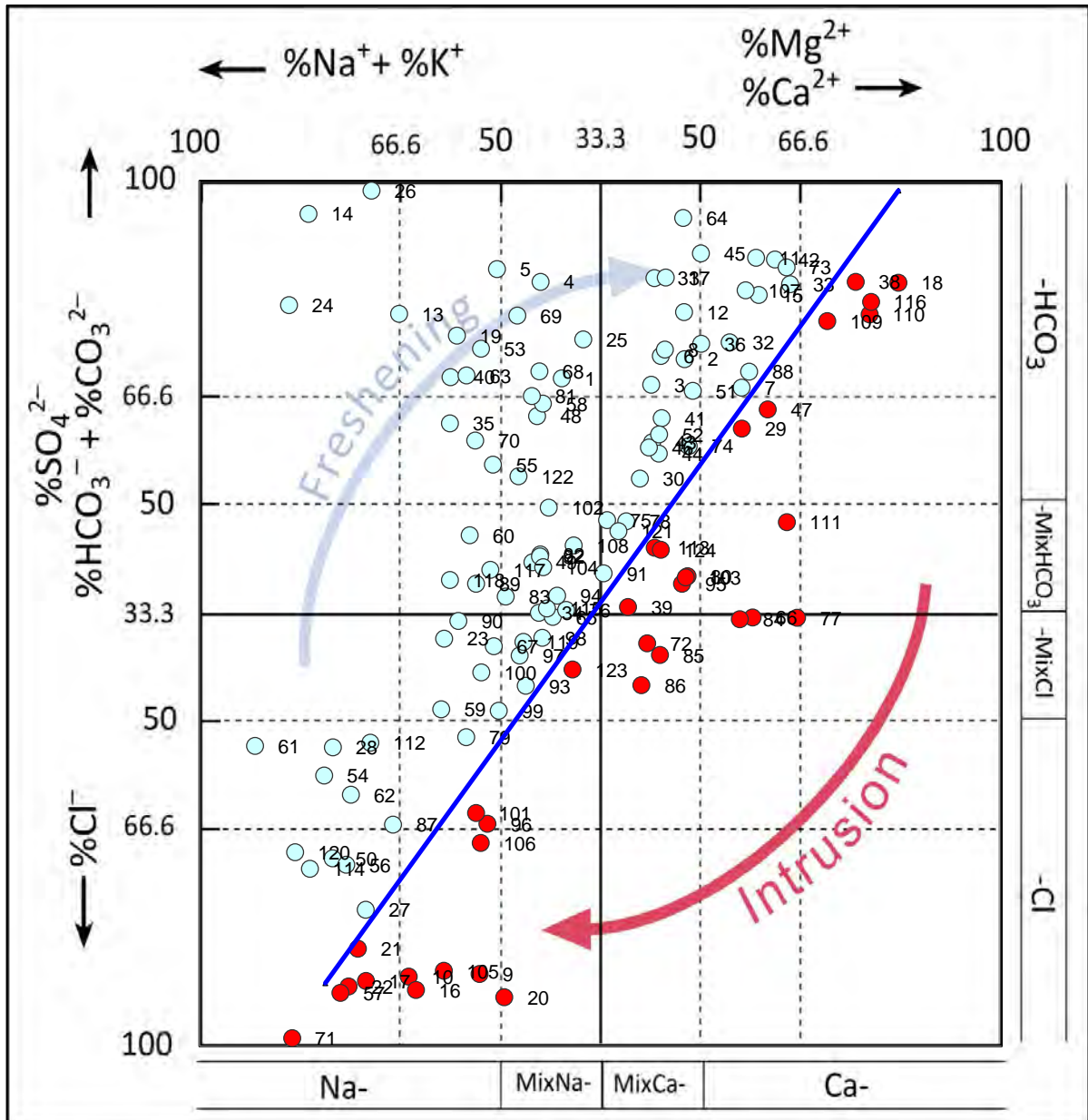
ชั้นน้ำบาดาล	จำนวนบ่อ (ม.)	ความเข้มข้นของไอออน (meq/l)							
		Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
หินร่วน	124	11.94	2.63	0.65	3.30	13.73	2.56	0.25	1.68
หินแข็ง	56	7.15	3.52	0.20	2.69	8.67	2.90	0.07	1.56

ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน จากการทำแผนภาพ HFE-D พบว่าน้ำบาดาลเป็นทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม โดยน้ำบาดาลส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาเป็นน้ำจืด และอยู่ใน Facies ของ MixCaHCO<sub>3</sub> มากที่สุด คิดเป็น 14.52% ของชั้นน้ำบาดาลหินร่วน อยู่ใน Facies ของ NaHCO<sub>3</sub> (9.68%) NaCl (9.68%) CaHCO<sub>3</sub> (8.06%) MixNaHCO<sub>3</sub> (7.26%) MixNaMixHCO<sub>3</sub> (7.26%) MixNaMixCl (6.45%) NaMixCl (5.65%) NaMixHCO<sub>3</sub> (2.42%) MixCaMixHCO<sub>3</sub> (1.61%) และ MixCaMixCl (0.81%) น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ NaCl (8.06%) CaHCO<sub>3</sub> (5.65%) MixCaMixHCO<sub>3</sub> (5.65%) CaMixHCO<sub>3</sub> (2.42%) MixCaMixCl (1.61%) CaMixCl (0.81%) และ MixCaCl (0.81%) ดังรูปที่ 4.5

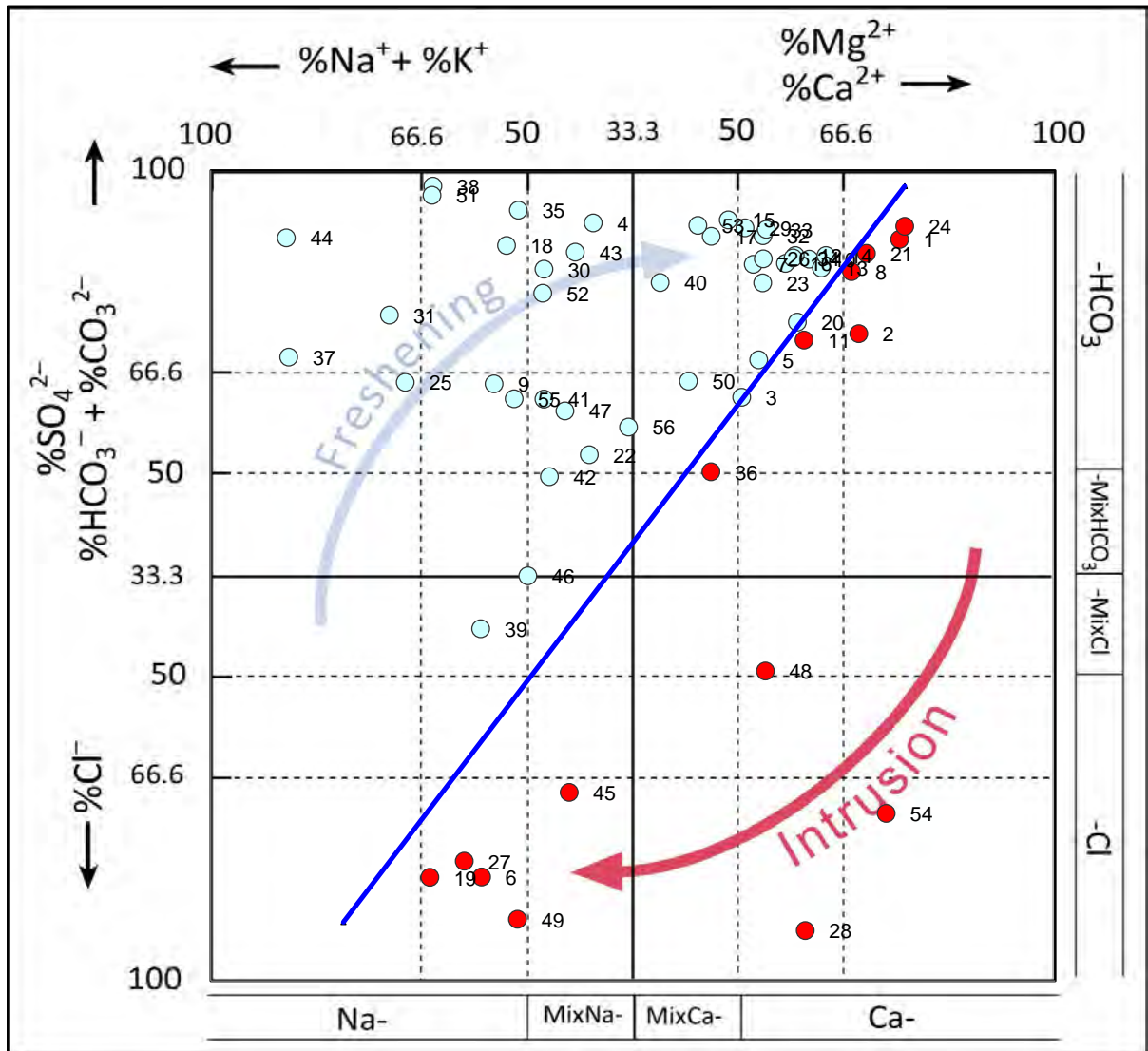
ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง จากการทำแผนภาพ HFE-D พบว่าน้ำบาดาลเป็นทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม โดยน้ำบาดาลส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาเป็นน้ำจืด และอยู่ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> มากที่สุด คิดเป็น 26.79% ของชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง อยู่ใน Facies ของ NaHCO<sub>3</sub> (17.86%) MixNaHCO<sub>3</sub> (14.29%) MixCaHCO<sub>3</sub> (8.93%) MixNaMixHCO<sub>3</sub> (1.79%) MixNaMixCl (1.79%) และ NaMixCl (1.79%) น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> (10.71%) NaCl (7.14%) CaCl (3.57%) MixCaHCO<sub>3</sub> (1.79%) CaMixCl (1.79%) และ MixNaCl (1.79%) ดังรูปที่ 4.6

ชั้นน้ำบาดาลเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2560 พบว่าน้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลหินร่วนและหินแข็ง ส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาเป็นน้ำจืดมากกว่าและอยู่ใน Facies ของ MixCaHCO<sub>3</sub> และ CaHCO<sub>3</sub> มากที่สุด น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มยังคงมีความเข้มข้นของ Ca<sup>2+</sup> เนื่องจากเกิดกระบวนการ Reverse exchange reaction และน้ำจืดยังคงมีความเข้มข้นของ Na<sup>+</sup> เนื่องจากเกิดกระบวนการ Direct exchange reaction

เมื่อเทียบชั้นน้ำเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 และ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 พบว่าชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 น้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ NaCl 2.94% แต่ในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2560 น้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ NaCl 8.06% แสดงว่าชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ปนเปื้อนน้ำเค็มในระดับที่รุนแรงกว่า ส่วนชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 น้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ NaCl 8.57% เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 น้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ NaCl 7.14% แสดงว่าชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 ปนเปื้อนน้ำเค็มในระดับที่รุนแรงกว่าเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2560 เล็กน้อย เนื่องจากเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 มีอัตราการสูบน้ำเฉลี่ย 38.91 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งน้อยกว่าเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 ที่มีอัตราการสูบน้ำเฉลี่ย 41.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



รูปที่ 4.5 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2560 แสดงข้อมูล น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำจืด(สีฟ้า) และน้ำเค็ม(สีแดง) พร้อมเลขของบ่อบาดาล



รูปที่ 4.6 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2560 แสดงข้อมูล น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำจืด(สีฟ้า) และน้ำเค็ม(สีแดง) พร้อมเลขของบ่อบาดาล

#### 4.1.4 ชั้นน้ำบาดาลเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2561

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2561 ข้อมูลความเข้มข้นของไอออนเป็นข้อมูลเฉลี่ยจากทุกบ่อ

ชั้นน้ำบาดาล	จำนวนบ่อ (ม.)	ความเข้มข้นของไอออน (meq/l)							
		Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
หินร่วน	132	10.37	2.51	0.54	3.30	12.39	3.36	0.29	1.65
หินแข็ง	56	5.20	4.00	0.31	2.12	6.60	3.20	0.06	1.26

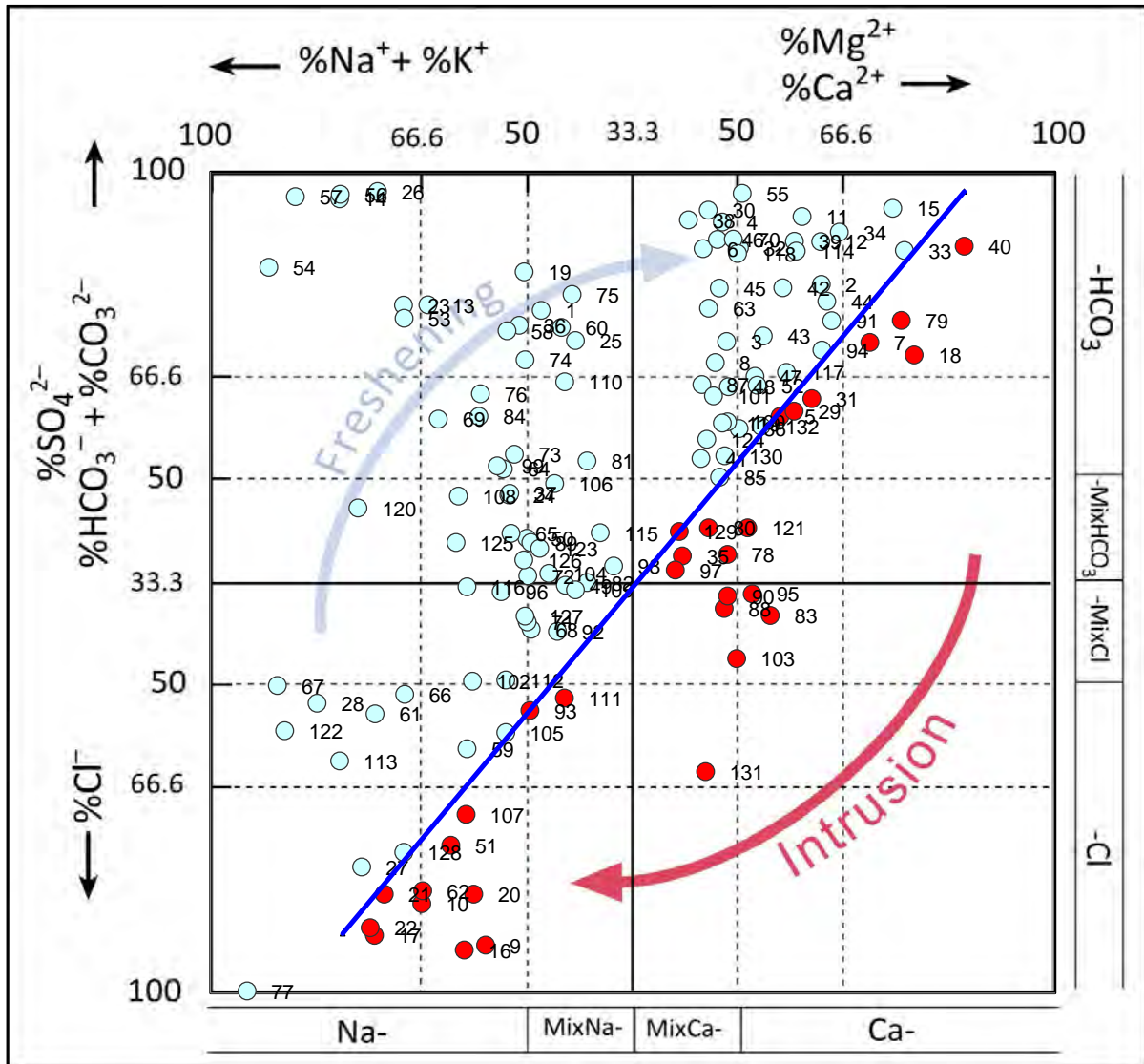
ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน จากการทำแผนภาพ HFE-D พบว่าน้ำบาดาลเป็นทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม โดยน้ำบาดาลส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาเป็นน้ำจืด และอยู่ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> มากที่สุด คิดเป็น 15.15% ของชั้นน้ำบาดาลหินร่วน อยู่ใน Facies ของ MixCaHCO<sub>3</sub> (14.39%) NaHCO<sub>3</sub> (12.88%) NaCl (8.33%) NaMixHCO<sub>3</sub> (7.58%) MixNaMixHCO<sub>3</sub> (5.30%) MixNaHCO<sub>3</sub> (4.55%) MixNaMixCl (4.55%) NaMixCl (3.03%) และ MixCaMixCl (0.76%) น้ำบาดาลเป็นน้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ NaCl (7.58%) CaHCO<sub>3</sub> (5.30%) MixCaMixHCO<sub>3</sub> (5.30%) CaMixHCO<sub>3</sub> (1.52%) MixNaCl (1.52%) MixCaCl (0.76%) MixCaMixCl (0.76%) และ CaMixCl (0.76%)

ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง พบว่าน้ำบาดาลเป็นทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม โดยน้ำบาดาลส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษา มีความเป็นน้ำจืด และอยู่ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> (32.14%) NaHCO<sub>3</sub> (21.43%) MixCaHCO<sub>3</sub> (8.93%) MixNaHCO<sub>3</sub> (8.93%) และ NaMixCl (1.79%) น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> (10.71%) NaCl (7.14%) CaCl (3.57%) MixCaCl (3.57%) และ MixNaCl (1.79%)

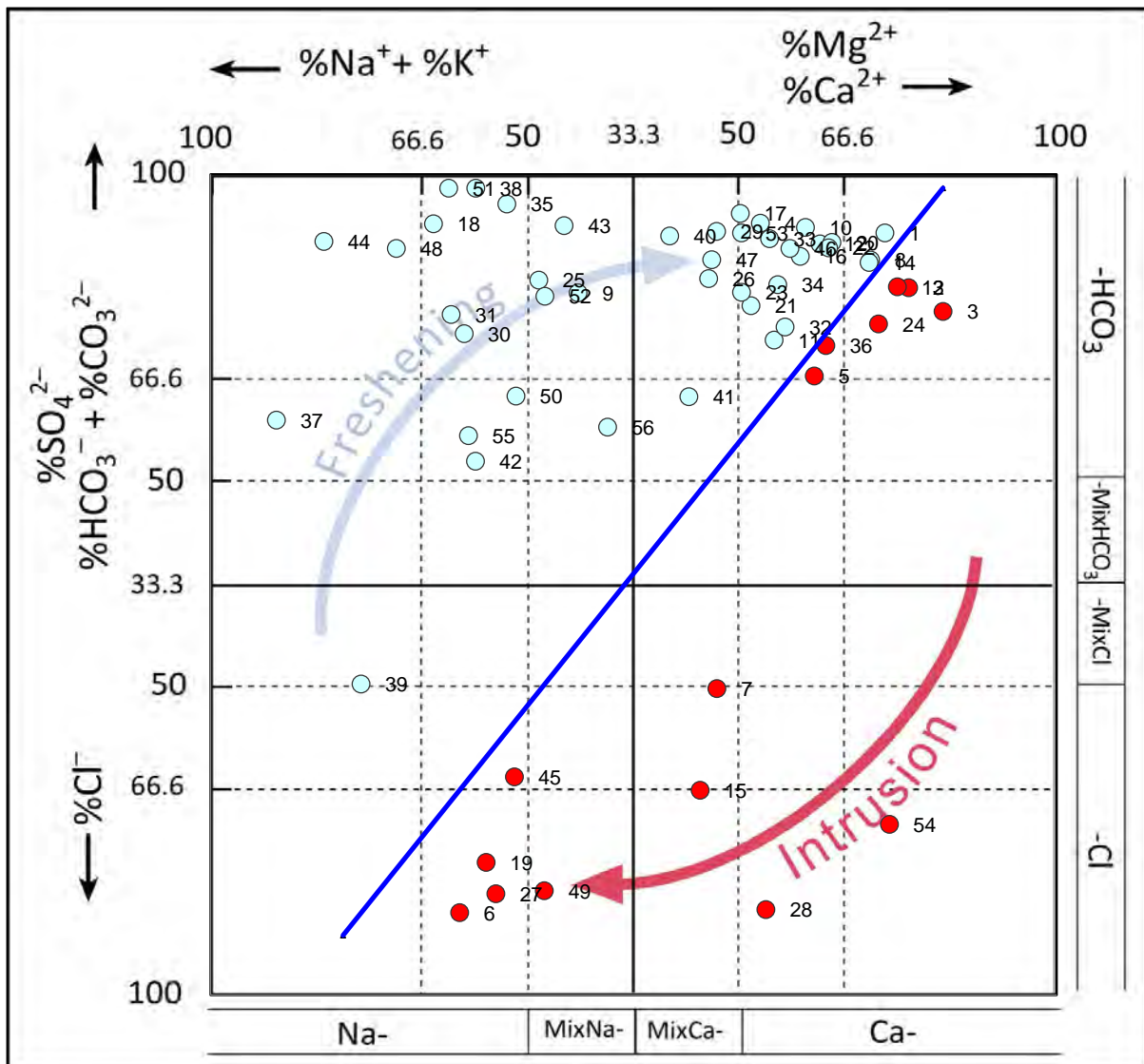
ชั้นน้ำบาดาลเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2561 ทั้งชั้นน้ำบาดาลหินร่วนและหินแข็ง พบว่าน้ำบาดาลส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาเป็นน้ำจืดมากกว่าและส่วนใหญ่อยู่ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> มากที่สุด น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มยังคงมีความเข้มข้นของ Ca<sup>2+</sup> ใน Facies ของ CaHCO<sub>3</sub> CaMixHCO<sub>3</sub> และ เนื่องจากเกิดกระบวนการ Reverse exchange reaction และน้ำจืดยังคงมีความเข้มข้นของ Na<sup>+</sup> เนื่องจากเกิดกระบวนการ Direct exchange reaction

เมื่อเปรียบชั้นน้ำบาดาลปีนี้กับเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ซึ่งเป็นฤดูแล้งเหมือนกัน พบว่าน้ำเค็มในชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 อยู่ใน Facies ของ NaCl 11.76% ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 น้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ NaCl MixNaCl MixCaCl CaMixCl และ MixCaMixCl (อยู่ใน Substages i<sub>3</sub> และ i<sub>4</sub> แสดงถึงการปนเปื้อนน้ำเค็มในระดับรุนแรง) รวม 11.38% ซึ่งในทั้งสองปีชั้นน้ำหินร่วนมีการปนเปื้อนน้ำเค็มรุนแรงใกล้เคียงกัน และน้ำเค็มในชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 อยู่ใน Facies ของ NaCl MixNaCl และ CaCl รวม 14.29% ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 น้ำเค็มอยู่ใน Facies ของ NaCl MixNaCl และ CaCl รวม 12.50% แสดงว่าชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนมกราคม พ.ศ. 2555ปนเปื้อนน้ำเค็มรุนแรงกว่าเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 เล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบชั้นน้ำเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 พบว่าจำนวนชั้นน้ำบาดาลหินร่วนและหินแข็งของทั้งสองปีนี้เป็นน้ำเค็มเท่ากัน และมีการปนเปื้อนน้ำเค็มระดับรุนแรงใกล้เคียงกัน แต่ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 มีการรุกรานของน้ำทะเลเข้ามาในพื้นที่ศึกษาเป็นระยะทางที่ลึกกว่า (รูปที่ 4.25 และ 4.27)



รูปที่ 4.7 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2561 แสดงข้อมูลน้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำจืด(สีฟ้า) และน้ำเค็ม(สีแดง) พร้อมเลขของบ่อบาดาล



รูปที่ 4.8 แผนภาพ HFE-D ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งแอ่งน้ำบาดาลระยองเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2561 แสดงข้อมูล น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำจืด(สีฟ้า) และน้ำเค็ม(สีแดง) พร้อมเลขของบ่อบาดาล

จากแผนภาพ HFE-D พบว่าฤดูกาลมีผลต่อการรุกคืบของน้ำทะเล โดยฤดูแล้งมีการรุกคืบของน้ำทะเลรุนแรงกว่าในฤดูฝน ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Gopinath และคณะ (2019) ที่กล่าวว่าฤดูกาลไม่มีผลต่อการรุกคืบของน้ำทะเล ซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากลักษณะพื้นที่ศึกษาต่างกัน



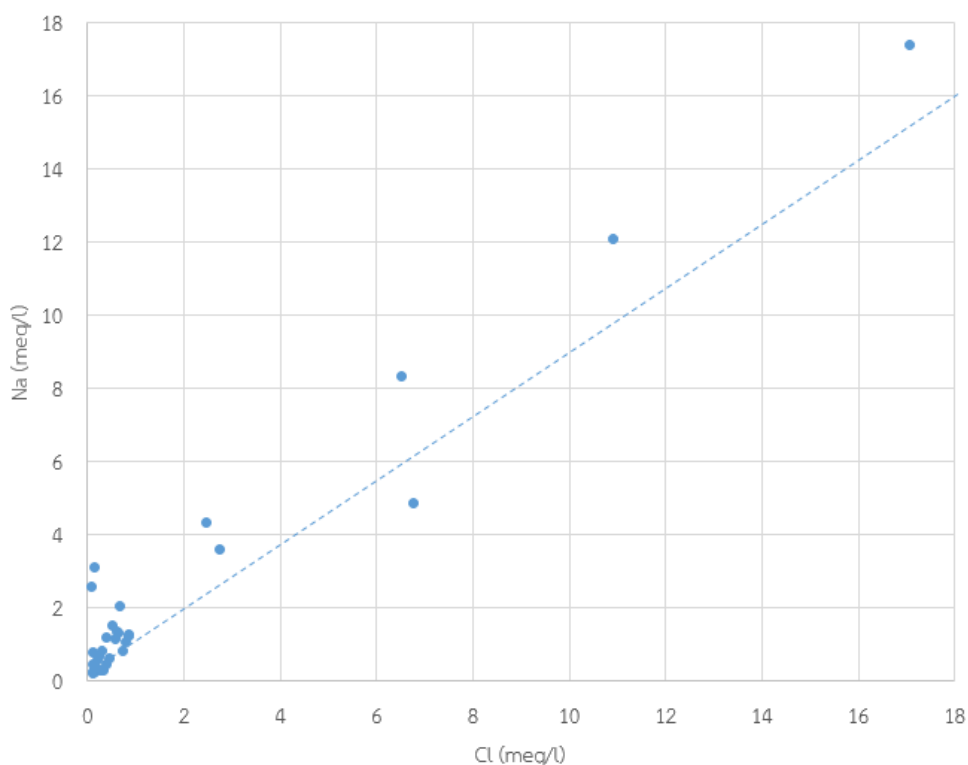
## 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl

อัตราส่วนระหว่าง Na และ Cl ช่วยบ่งชี้ว่าน้ำเค็มในน้ำบาดาลเกิดจากการรุกคืบของน้ำทะเลหรือกิจกรรมของมนุษย์ ถ้าอัตราส่วนของ Na และ Cl น้อยกว่า 0.86 แสดงว่าเกิดจากการรุกคืบของน้ำทะเล แต่ถ้ามากกว่า 1 แสดงว่าเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

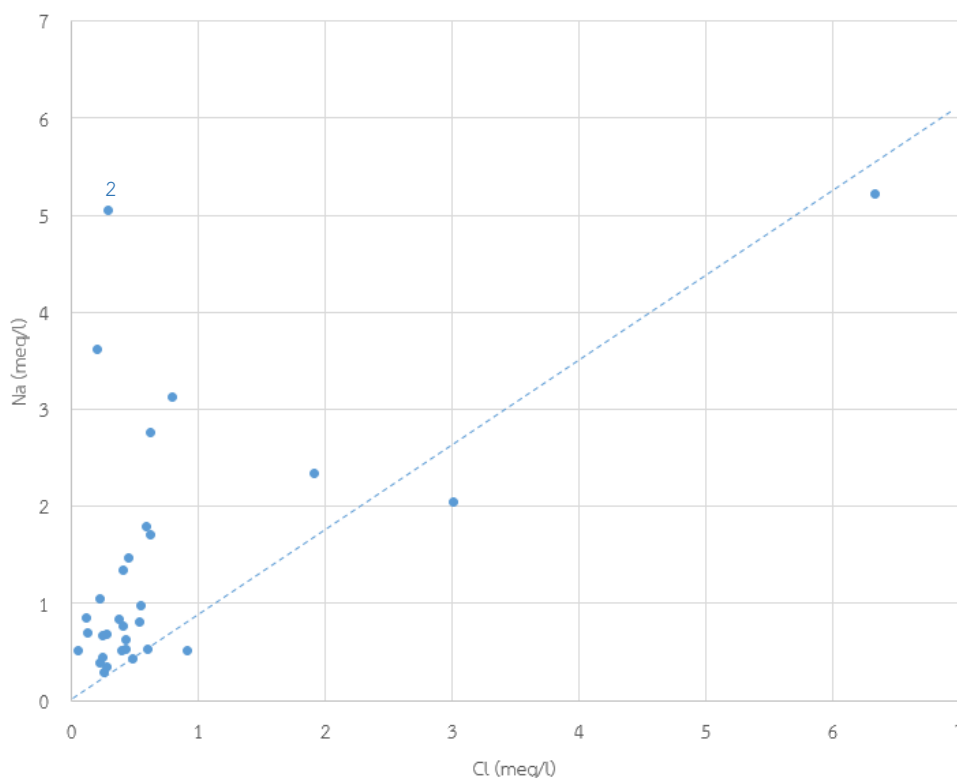
### 4.2.1 น้ำบาดาลในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554

ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินร่วน จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl (meq/l) พบว่าข้อมูลที่อยู่ใกล้เส้นแนวโน้ม (ความชัน 0.86) แสดงถึง  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  มาจากน้ำทะเล แสดงว่าน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษาเกิดจากการรุกคืบจากน้ำทะเล ส่วนจุดข้อมูลที่อยู่เหนือจากเส้นแนวโน้มเนื่องจากมีความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  สูง แต่ความเข้มข้นของ  $\text{Cl}^-$  ต่ำ เกิดจากกระบวนการฟุ้งของแร่กลุ่มซิลิเกต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gopinath และคณะ (2019) ทำให้ได้  $\text{Na}^+$  ออกมา แล้วไอออนถูกเคลื่อนที่ไปรวมกับน้ำบาดาล ทำให้น้ำบาดาลมีความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  สูง

ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินแข็ง จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl (meq/l) ข้อมูลที่อยู่ใกล้เส้นแนวโน้ม (ความชัน 0.86) แสดงถึงน้ำไอออน  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  มาจากน้ำทะเล ส่วนจุดข้อมูลที่อยู่เหนือจากเส้นแนวโน้มเกิดจากกระบวนการฟุ้งของแร่กลุ่มซิลิเกต เช่น บ่อบาดาลที่ 2 (รูปที่ 4.10) มีความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  สูง แต่  $\text{Cl}^-$  ต่ำ น้ำบาดาลเป็นน้ำจืด และอยู่ใน Facies ของ  $\text{NaHCO}_3$



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554

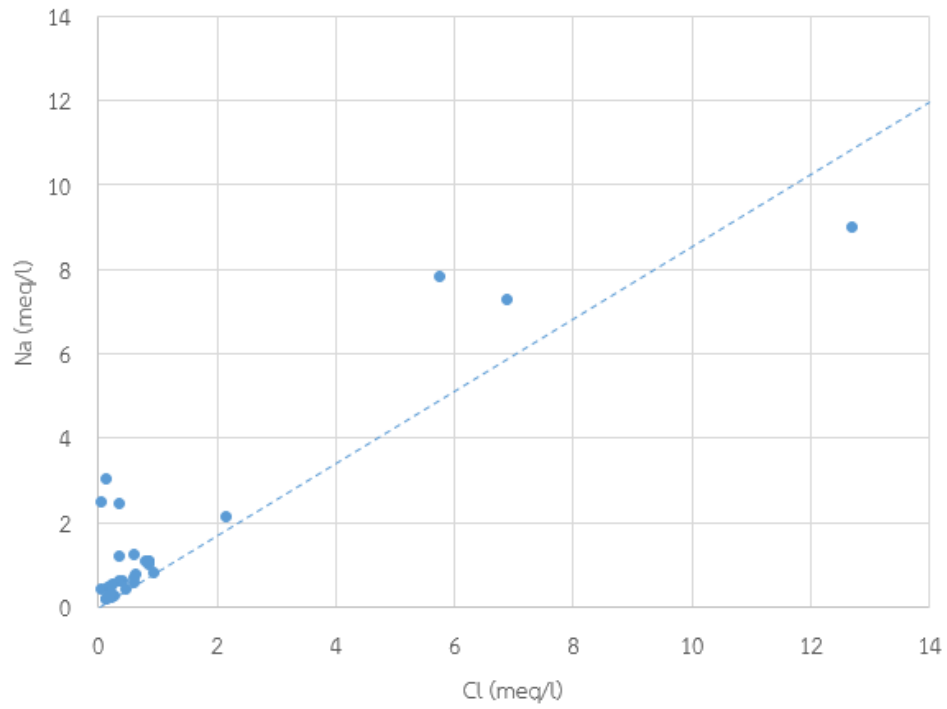


รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554

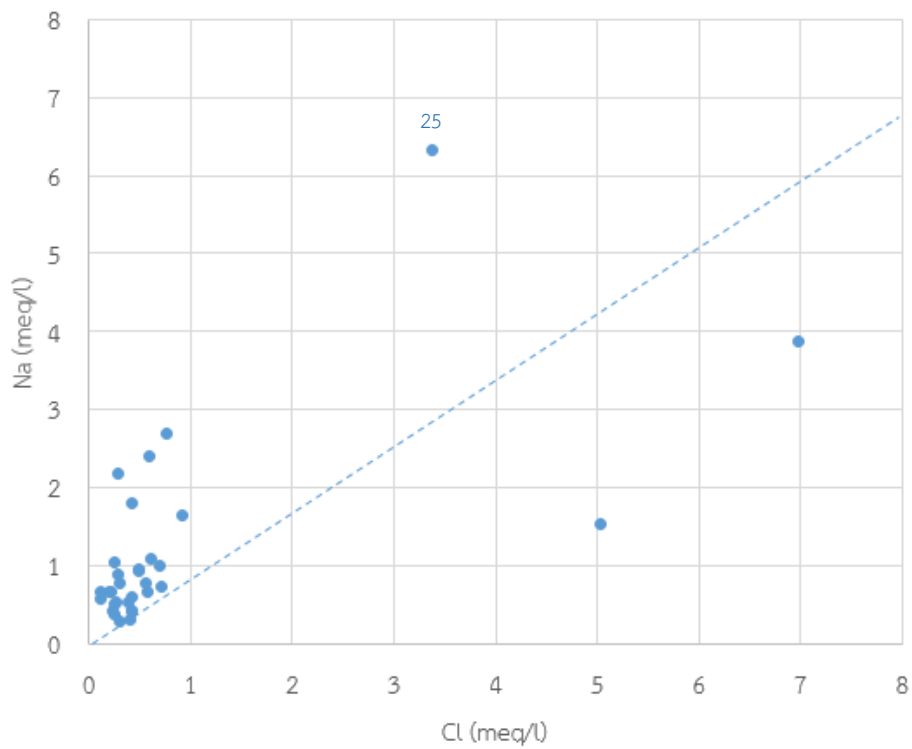
#### 4.2.2 น้ำบาดาลในเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555

ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินร่วน จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl (meq/l) พบว่าข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้นแนวโน้ม (ความชัน 0.86) แสดงว่าไอออน  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  มาจากน้ำทะเล แสดงว่าน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษาเกิดการรุกคืบจากน้ำทะเล

ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินแข็ง จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl (meq/l) ข้อมูลที่อยู่ใกล้เส้นแนวโน้ม (ความชัน 0.86) แสดงถึงน้ำไอออน  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  มาจากน้ำทะเล ส่วนจุดข้อมูลที่อยู่ห่างจากเส้นแนวโน้มเนื่องจากมีความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  สูง แต่ความเข้มข้นของ  $\text{Cl}^-$  ต่ำ เกิดจากกระบวนการฟุ้งของแร่กลุ่มซิลิเกต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gopinath และคณะ (2019) ทำให้น้ำบาดาลมีความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  สูง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ HFE-D คือน้ำบาดาลที่เป็นน้ำจืดจำนวนมากอยู่ใน Facies ของ  $\text{MixNaHCO}_3$  เพราะน้ำบาดาลมีความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  สูง  $\text{Cl}^-$  ต่ำ เช่น บ่อบาดาลที่ 25 (รูปที่ 4.12) ส่วนน้ำเค็มส่วนใหญ่จะอยู่ใน Facies ของ NaCl เพราะน้ำเค็มนี้เกิดจากกระบวนการรุกคืบของน้ำทะเล



รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555

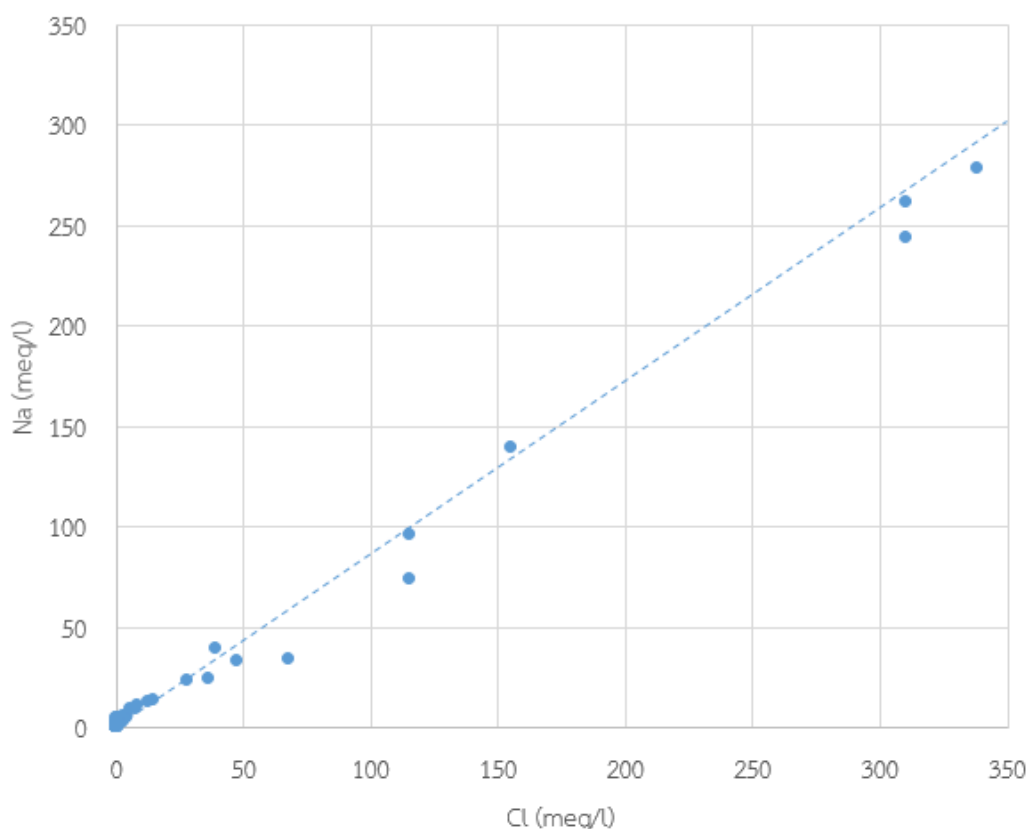


รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555

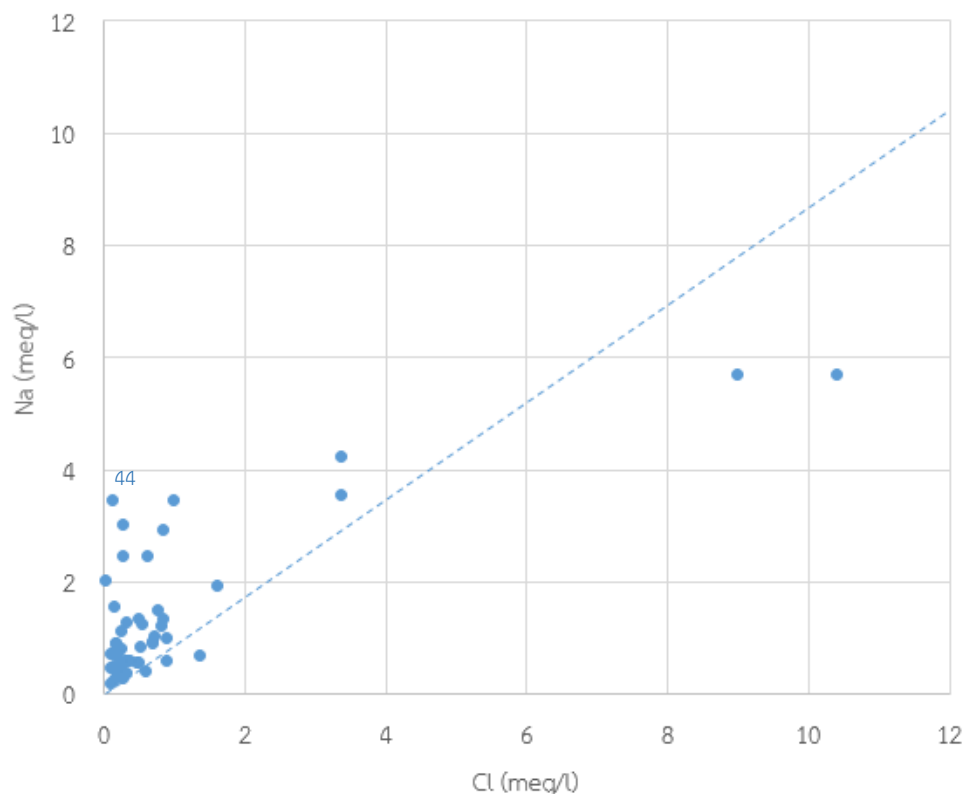
#### 4.2.3 น้ำบาดาลในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2560

ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินร่วน จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl (meq/l) ข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้นแนวโน้ม แสดงว่าไอออน  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  มาจากน้ำทะเล แสดงว่าน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เกิดการรุกค้ำจากน้ำทะเล ตรงกับเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 แต่มีบางข้อมูลที่มากกว่า 1 ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินแข็ง จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl (meq/l) แสดงว่าน้ำบาดาลบางส่วนในพื้นที่ศึกษาเกิดการรุกค้ำจากน้ำทะเล ตรงกับเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 ส่วนจุดข้อมูลที่อยู่ห่างจากเส้นแนวโน้มเนื่องจากมีความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  สูง แต่ความเข้มข้นของ  $\text{Cl}^-$  ต่ำ เกิดจากกระบวนการผุพังของแร่กลุ่มซิลิเกตสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gopinath และคณะ (2019) ทำให้น้ำบาดาลมีความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  สูง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ HFE-D คือ น้ำบาดาลที่เป็นน้ำจืดส่วนใหญ่อยู่ใน Facies ที่มี  $\text{Na}^+$  เป็นองค์ประกอบ แต่มี  $\text{Cl}^-$  เป็นองค์ประกอบน้อย และน้ำเค็มส่วนใหญ่อยู่ใน Facies ของ NaCl ซึ่งไอออนของ  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  นี้มาจากการรุกค้ำของน้ำทะเล เช่น บ่อบาดาลที่ 44 (รูปที่ 4.14) เป็นน้ำจืด อยู่ใน Facies ของ  $\text{NaHCO}_3$  มีความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  สูง  $\text{Cl}^-$  ต่ำ



รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2560

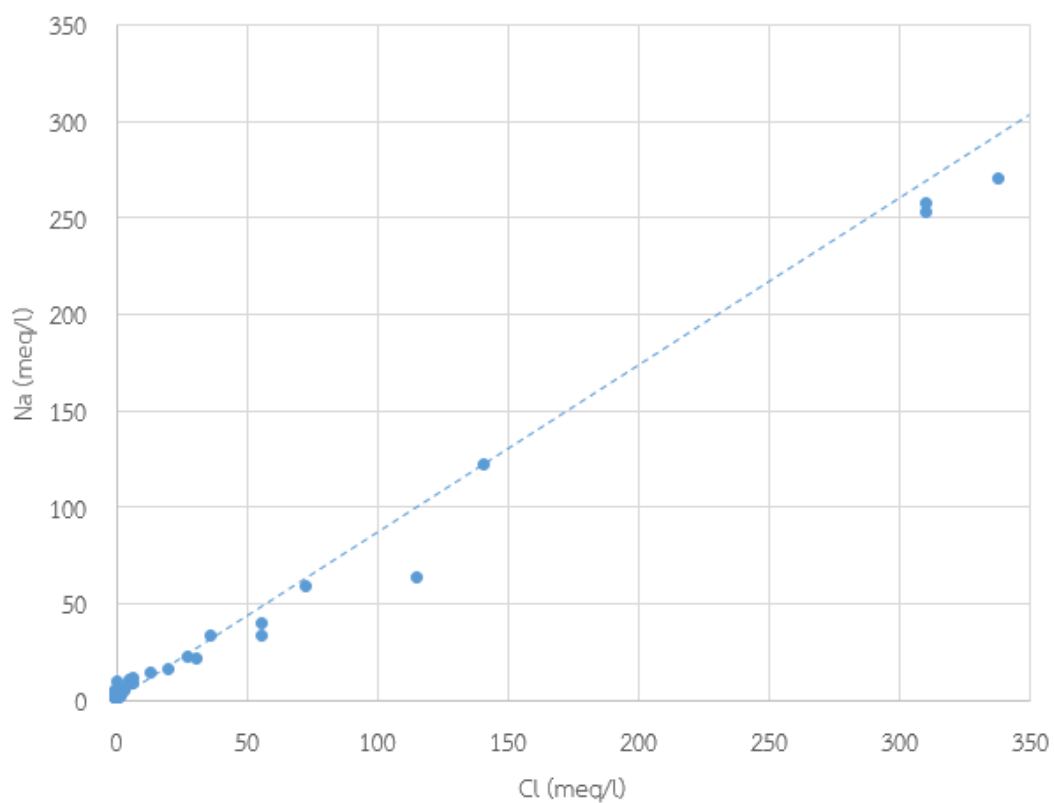


รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2560

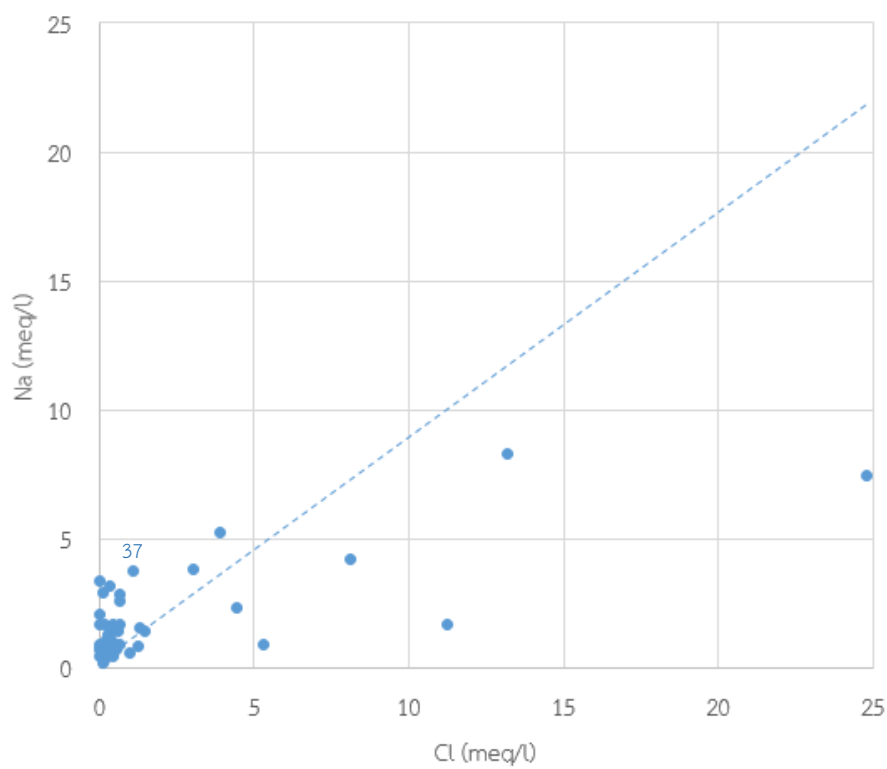
#### 4.2.3 น้ำบาดาลในเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2561

ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินร่วน จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl (meq/l) ข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้นแนวโน้ม แสดงว่าไอออน  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  มาจากน้ำทะเล แสดงว่าน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เกิดการรุกคืบจากน้ำทะเล ตรงกับเดือนมกราคม พ.ศ.2555 แต่มีบางข้อมูลที่มากกว่า 1 ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินแข็ง จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl (meq/l) แสดงว่าน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษาบางส่วนเกิดการรุกคืบจากน้ำทะเล ตรงกับเดือนมกราคม พ.ศ.2555 ส่วนจุดข้อมูลที่อยู่ห่างจากเส้นแนวโน้มเนื่องจากมีความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  สูง แต่ความเข้มข้นของ  $\text{Cl}^-$  ต่ำ เกิดจากกระบวนการผุพังของแร่กลุ่มซิลิเกตของ  $\text{Cl}^-$  ต่ำ เกิดจากกระบวนการผุพังของแร่กลุ่มซิลิเกตสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gopinath และคณะ (2019) ทำให้น้ำบาดาลมีความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  สูง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ HFE-D คือ น้ำจืดส่วนใหญ่อยู่ใน Facies ที่มี  $\text{Na}^+$  เป็นองค์ประกอบ แต่มี  $\text{Cl}^-$  เป็นองค์ประกอบน้อย เช่น บ่อบาดาลที่ 37 (รูปที่ 4.16) เป็นน้ำจืดอยู่ใน Facies ของ  $\text{NaHCO}_3$



รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2561



รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2561

### 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ $Cl/HCO_3$

นอกจากความสัมพันธ์ระหว่าง Na และ Cl แล้วในการศึกษานี้ยังได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  สามารถแบ่งความรุนแรงการปนเปื้อนในน้ำบาดาลได้ 5 ระดับ (Klassen et al., 2014) ได้แก่

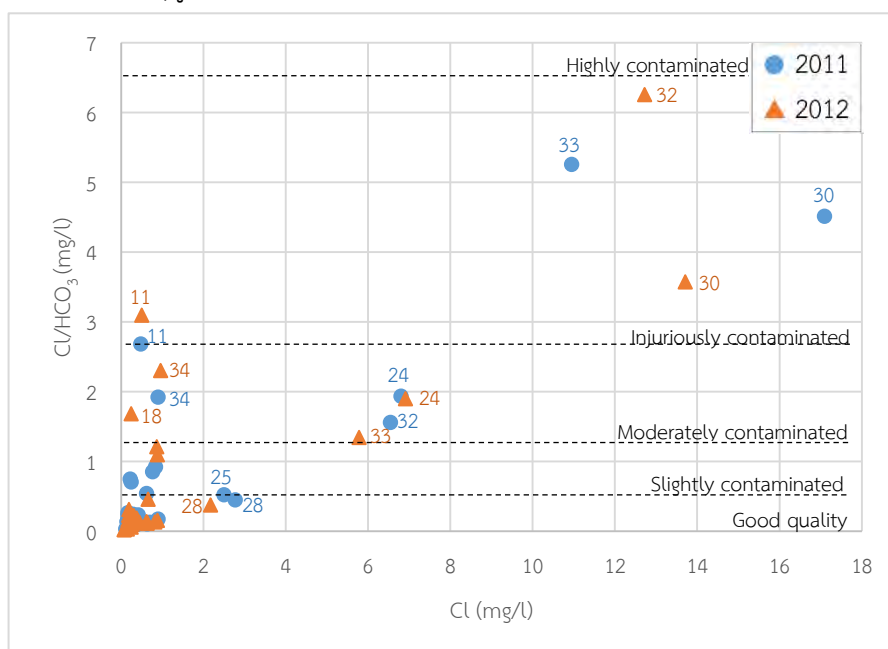
1. ไม่มีการปนเปื้อน ( $Cl/HCO_3$  น้อยกว่า 0.5)
2. ปนเปื้อนเล็กน้อย ( $Cl/HCO_3$  0.5-1.3)
3. ปนเปื้อนปานกลาง ( $Cl/HCO_3$  1.3-2.8)
4. ปนเปื้อนมาก ( $Cl/HCO_3$  2.8-6.6)
5. ปนเปื้อนมากที่สุด ( $Cl/HCO_3$  6.6-15.5.)

#### 4.3.1 ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินร่วนในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ.2554 และเดือนมกราคม พ.ศ.2555

น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลชั้นหินร่วนปี พ.ศ.2554 ส่วนใหญ่ไม่เกิดการปนเปื้อนจากน้ำทะเล เป็นน้ำจืด 25 บ่อ ปนเปื้อนเล็กน้อยจำนวน 3 บ่อ ปนเปื้อนปานกลางจำนวน 4 บ่อ และปนเปื้อนมากจำนวน 2 บ่อ

น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลชั้นหินร่วนปี พ.ศ.2555 ส่วนใหญ่ไม่เกิดการปนเปื้อนจากน้ำทะเล เป็นน้ำจืด 26 บ่อ ปนเปื้อนเล็กน้อยจำนวน 2 บ่อ ปนเปื้อนปานกลางจำนวน 4 บ่อ และปนเปื้อนมากจำนวน 3 บ่อ

ชั้นน้ำหินร่วนในปี พ.ศ.2555 มีการปนเปื้อนน้ำเค็มมากกว่าปี พ.ศ.2554 เล็กน้อย ซึ่งสัมพันธ์กับ HFE-D จะเห็นได้ว่าใน HFE-D น้ำบาดาลในปี พ.ศ.2555 เป็นน้ำเค็มมากกว่าปี พ.ศ.2554 เนื่องจากปี พ.ศ.2554 เป็นฤดูฝน มีการเติมน้ำจากน้ำฝนในพื้นที่ จึงมีแรงดันจากน้ำช่วยผลักดันน้ำทะเล ทำให้น้ำทะเลรุกเข้ามาได้ยากกว่าปี พ.ศ.2555 ที่เป็นฤดูแล้ง



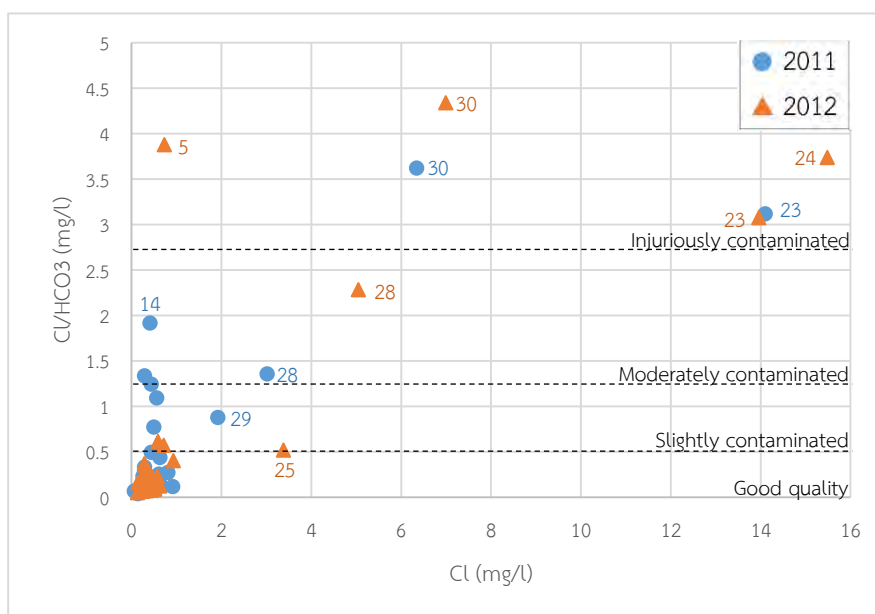
รูปที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในปี พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2555

#### 4.3.2 ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินแข็งในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ.2554 และเดือนมกราคม พ.ศ.2555

น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลชั้นหินแข็งปี พ.ศ.2554 ส่วนใหญ่ไม่เกิดการปนเปื้อนจากน้ำทะเล เป็นน้ำจืด 25 บ่อ ปนเปื้อนเล็กน้อยจำนวน 4 บ่อ ปนเปื้อนปานกลางจำนวน 3 บ่อ และปนเปื้อนมากจำนวน 2 บ่อ

น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลชั้นหินแข็งปี พ.ศ.2555 ส่วนใหญ่ไม่เกิดการปนเปื้อนจากน้ำทะเล เป็นน้ำจืด 27 บ่อ ปนเปื้อนเล็กน้อยจำนวน 3 บ่อ ปนเปื้อนปานกลางจำนวน 1 บ่อ และปนเปื้อนมากจำนวน 4 บ่อ (เพิ่มเติมขึ้นมาจาก พ.ศ.2554 จำนวน 2 บ่อ คือบ่อบาดาลที่ 5 และ 24 )

ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในปี พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2555 มีจำนวนบ่อบาดาลที่ปนเปื้อนเท่ากัน แต่บ่อบาดาลปี พ.ศ.2555 ที่มีการปนเปื้อนจะมีระดับการปนเปื้อนที่รุนแรงกว่าปี พ.ศ.2554



รูปที่ 4.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในปี พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2555

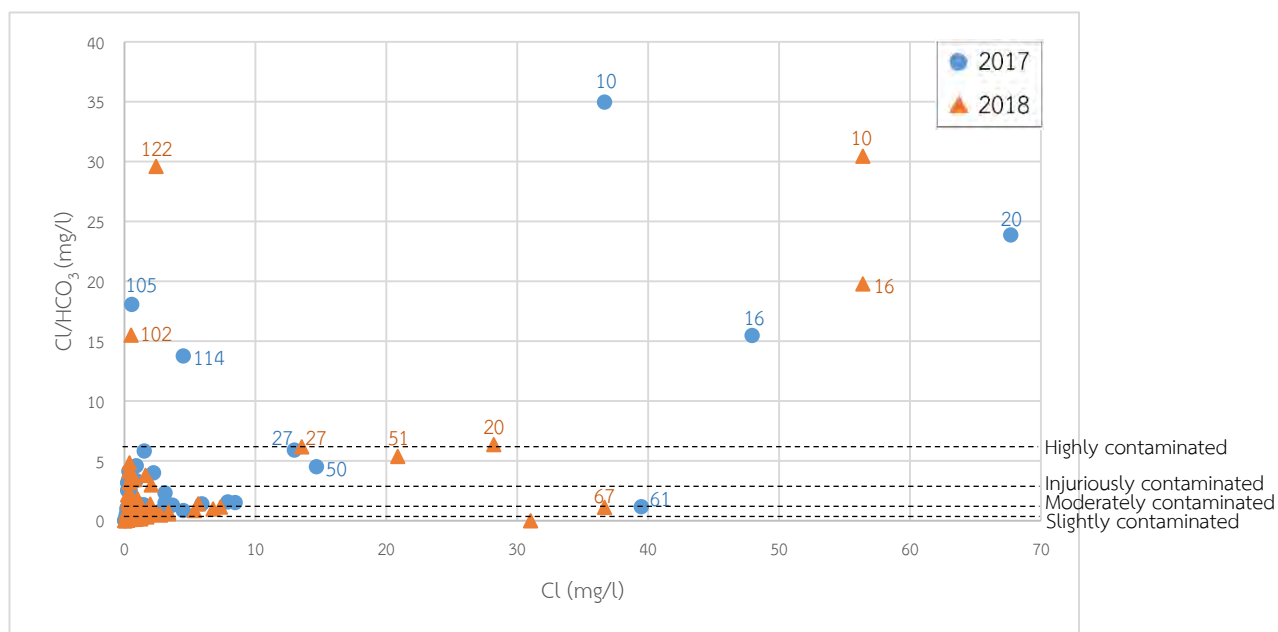
#### 4.3.3 ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินร่วนในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ.2560 และเดือนมกราคม พ.ศ.2561

น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลชั้นหินร่วนปี พ.ศ.2560 ส่วนใหญ่ไม่เกิดการปนเปื้อนจากน้ำทะเล เป็นน้ำจืด 51 บ่อ ปนเปื้อนเล็กน้อยจำนวน 35 บ่อ ปนเปื้อนปานกลางจำนวน 12 บ่อ ปนเปื้อนมาก 12 บ่อ และปนเปื้อนมากที่สุดจำนวน 11 บ่อ

น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลชั้นหินร่วนปี พ.ศ.2561 ส่วนใหญ่ไม่เกิดการปนเปื้อนจากน้ำทะเล เป็นน้ำจืด 69 บ่อ ปนเปื้อนเล็กน้อยจำนวน 28 บ่อ ปนเปื้อนปานกลางจำนวน 14 บ่อ ปนเปื้อนมากจำนวน 12 บ่อ และปนเปื้อนมากที่สุดจำนวน 9 บ่อ

ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในปี พ.ศ.2560 และ พ.ศ.2561 มีจำนวนบ่อบาดาลที่ปนเปื้อนและระดับความรุนแรงของการปนเปื้อนใกล้เคียงกัน แต่มากกว่าชั้นน้ำหินร่วนในปี พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2555 ประมาณ 25%





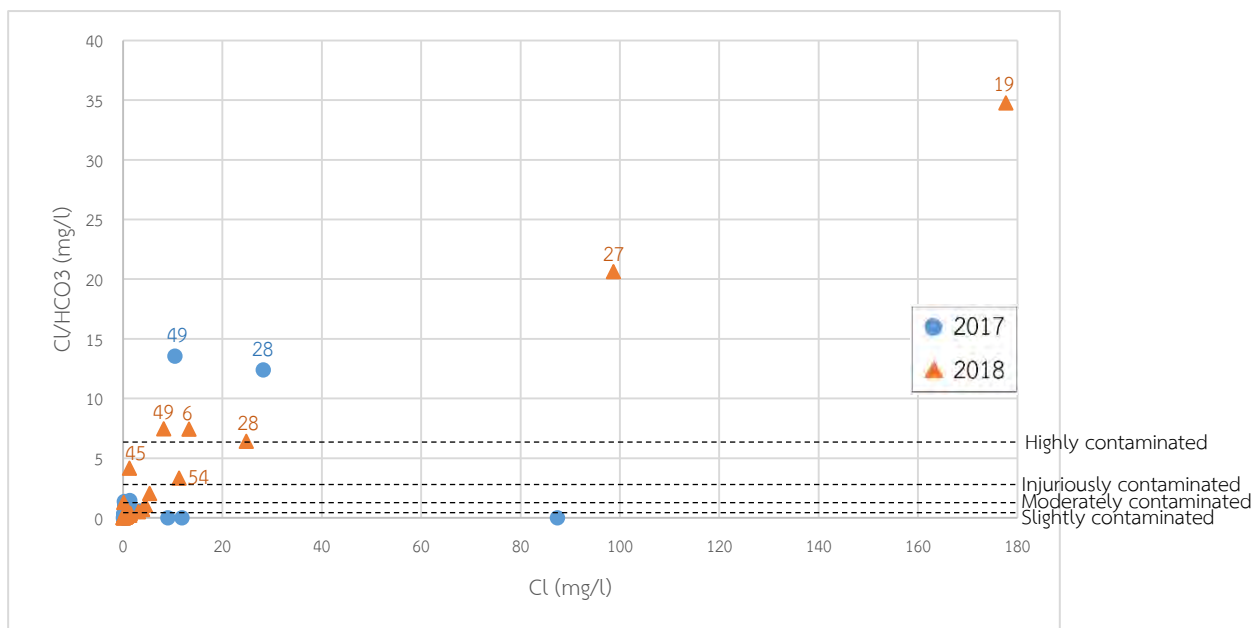
รูปที่ 4.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ Cl/HCO<sub>3</sub> ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในปี พ.ศ.2560 และ พ.ศ.2561

#### 4.3.4 ชั้นน้ำบาดาลชั้นหินแข็งในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ.2560 และเดือนมกราคม พ.ศ.2561

น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลชั้นหินแข็งปี พ.ศ.2560 ส่วนใหญ่ไม่เกิดการปนเปื้อนจากน้ำทะเล เป็นน้ำจืด 47 บ่อ ปนเปื้อนเล็กน้อยจำนวน 6 บ่อ และปนเปื้อนมากที่สุดจำนวน 3 บ่อ

น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลชั้นหินแข็งปี พ.ศ.2561 ส่วนใหญ่ไม่เกิดการปนเปื้อนจากน้ำทะเล เป็นน้ำจืด 43 บ่อ ปนเปื้อนเล็กน้อยจำนวน 5 บ่อ น้ำปนเปื้อนมากจำนวน 3 บ่อ และปนเปื้อนมากที่สุดจำนวน 5 บ่อ

ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในปี พ.ศ.2560 และ พ.ศ.2561 มีจำนวนบ่อบาดาลที่ปนเปื้อนใกล้เคียงกัน แต่ปี พ.ศ.2561 มีระดับความรุนแรงของการปนเปื้อนมากกว่าปี พ.ศ.2560 และชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในสองปีนี้มีจำนวนบ่อบาดาลที่ปนเปื้อนและความรุนแรงการปนเปื้อนน้อยกว่าชั้นน้ำบาดาลหินร่วนปี พ.ศ.2560 และ พ.ศ.2561 ประมาณ 37-50 % เนื่องจากชั้นน้ำบาดาลหินแข็งอยู่ระดับลึกกว่าและมีแรงดันจากน้ำบาดาลเพื่อผลักดันน้ำทะเลมากกว่าชั้นน้ำบาดาลหินร่วน จึงทำให้มีจำนวนบ่อที่ปนเปื้อนและความรุนแรงการปนเปื้อนน้อยกว่า



รูปที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในปี พ.ศ.2560 และ พ.ศ.2561

#### 4.4 Base exchange indices (BEX)

ค่า BEX สามารถบอกประเภทของน้ำบาดาลได้ว่าเป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็ม ค่า BEX ที่ได้มีค่าเป็นบวก แสดงว่าเป็นน้ำจืด ค่า BEX เป็นลบแสดงว่าเป็นน้ำเค็ม และค่า BEX เป็น 0 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Klassen et al., 2014)

ตารางที่ 4.5 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554 โดยเลือกมา 10 ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของ HFE-D  $Cl/HCO_3$  และ BEX ได้ชัดเจน

No.	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	BEX
1	0.75	1.45	0.12	0.54	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	1.75
3	0.2	0.51	0.12	0.25	Intrus.	MixCa	MixHCO <sub>3</sub>	i <sub>1</sub>	0.56
4	0.66	0.76	0.1	0.32	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	1.18
6	0.43	1.99	0.03	0.69	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	1.7
7	0.34	1.1	0.22	0.62	Fresh.	MixCa	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	0.99
8	0.09	0.71	0.23	0.14	Fresh.	Na	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	0.88
9	0.04	0.21	0.19	0.16	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	0.26
15	0.05	0.22	0.01	0.29	Intrus.	Ca	HCO <sub>3</sub>	i <sub>1</sub>	-0.04
16	0.03	3.05	0.04	0.17	Fresh.	Na	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	2.94
30	35.7	0.18	3.18	223	Intrus.	Ca	Cl	i <sub>2</sub>	-200

ค่า BEX ที่คำนวณได้เทียบกับ Phase Facies และ Substages ของน้ำบาดาลที่ได้จาก HFE-D พบว่า น้ำบาดาลที่เป็นน้ำจืดจะได้ค่า BEX เป็นบวก น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำเค็มจะได้ค่า BEX เป็นลบ และมีน้ำจืด น้ำเค็ม ในบางบ่อบาดาลที่มีค่า BEX ใกล้เคียงกับ 0 เนื่องจากน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงของไอออนน้อยมาก และค่า BEX นี้ยังสัมพันธ์กับกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ Cl/HCO<sub>3</sub> ด้วย โดยบ่อบาดาลที่มีค่า BEX ติดลบหรือเป็นน้ำเค็ม จะมีการปนเปื้อนน้ำเค็มเล็กน้อยถึงมากในกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ Cl/HCO<sub>3</sub>

ตารางที่ 4.6 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554 โดยเลือกมา 10 ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของ HFE-D Cl/HCO<sub>3</sub> และ BEX ได้ชัดเจน

No.	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	BEX
1	1.29	1.78	0.15	0.6	Fresh.	MixCa	HCO3	f <sub>4</sub>	2.581
2	0.58	5.04	0.12	0.3	Fresh.	Na	HCO3	f <sub>4</sub>	5.42
3	0.09	0.27	0.09	0.26	Intrus.	Ca	HCO3	i <sub>1</sub>	0.164
23	4.34	7.37	0.13	14.1	Intrus.	MixNa	Cl	i <sub>4</sub>	-3.27
25	13.2	58.4	1	86.9	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-20.6
26	0.21	0.65	0.16	0.25	Fresh.	MixCa	HCO3	f <sub>4</sub>	0.756
27	0.23	0.82	0.12	0.39	Fresh.	Ca	HCO3	f <sub>4</sub>	0.746
30	1.13	5.21	0.34	6.35	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-0.12
31	41.4	166	1.89	249	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-57.7
32	0.21	0.67	0.1	0.29	Fresh.	MixCa	HCO3	f <sub>4</sub>	0.668

จากเกณฑ์ที่ได้กล่าวไว้พบว่า น้ำบาดาลที่เป็นน้ำจืดจะได้ค่า BEX เป็นบวก น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำเค็มจะได้ค่า BEX เป็นลบ และมีน้ำจืด น้ำเค็ม ในบางบ่อบาดาลที่มีค่า BEX ใกล้เคียงกับ 0 เนื่องจากน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงของไอออนน้อยมาก และค่า BEX นี้ยังสัมพันธ์กับกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ Cl/HCO<sub>3</sub> ด้วย โดยจากตารางที่ 4.6 น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มมีค่า BEX เท่ากับ -3.27 คือบ่อบาดาล No.23 ซึ่งจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ Cl/HCO<sub>3</sub> บ่อบาดาลนี้มีค่า Cl/HCO<sub>3</sub> เท่ากับ 14.10 ปนเปื้อนน้ำเค็มในระดับที่รุนแรง

ตารางที่ 4.7 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555 โดยเลือกมา 10 ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของ HFE-D  $Cl/HCO_3$  และ BEX ได้ชัดเจน

No.	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	BEX
1	0.86	1.21	0.12	0.62	Fresh.	MixCa	HCO3	f <sub>4</sub>	1.53
15	0.07	0.22	0	0.31	Intrus.	Ca	HCO3	i <sub>1</sub>	-0.04
23	1.38	0.55	0.09	0.63	Fresh.	MixCa	HCO3	f <sub>4</sub>	1.35
24	1.18	7.24	1.25	6.91	Fresh.	Na	Cl	f <sub>1</sub>	2.26
25	9.97	44.8	0.99	94.4	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-45
26	0.23	1.15	0.15	0.38	Fresh.	Ca	HCO3	f <sub>4</sub>	1.12
27	0.32	1.05	0.38	0.88	Fresh.	Na	MixCl	f <sub>1</sub>	0.8
28	0.83	2.1	0.28	2.17	Fresh.	MixCa	HCO3	f <sub>4</sub>	0.88
33	0.42	7.8	0.21	5.78	Fresh.	Na	Cl	f <sub>1</sub>	2.23
34	0.18	0.79	0.07	0.96	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	0.02

จากเกณฑ์ที่ได้กล่าวไว้พบว่า มีน้ำจืด น้ำเค็ม ในบางบ่อบาดาลที่มีค่า BEX ใกล้เคียงกับ 0 เนื่องจากน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงของไอออนน้อยมาก และค่า BEX นี้ยังสัมพันธ์กับกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  ด้วย โดยบ่อบาดาลที่มีค่า BEX ติดลบหรือเป็นน้ำเค็ม จะมีการปนเปื้อนน้ำเค็มในกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$

ตารางที่ 4.8 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555 โดยเลือกมา 10 ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของ HFE-D  $Cl/HCO_3$  และ BEX ได้ชัดเจน

No.	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	BEX
2	0.07	0.4	0.08	0.26	Fresh.	Ca	HCO3	f <sub>4</sub>	0.28
3	0.07	0.27	0.1	0.32	Intrus.	Ca	HCO3	i <sub>1</sub>	0.1
8	0.59	1.07	0.06	0.63	Fresh.	Ca	HCO3	f <sub>4</sub>	1.04
23	2.43	8.08	0.14	14	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-4.31
24	2.78	5.69	0.46	15.5	Intrus.	Ca	Cl	i <sub>3</sub>	-7.67
25	2.06	6.3	0.48	3.38	Fresh.	MixNa	HCO3	f <sub>4</sub>	5.21
26	0.21	1.02	0.19	0.28	Fresh.	Na	HCO3	f <sub>4</sub>	1.12
27	0.2	0.51	0.09	0.4	Fresh.	Ca	HCO3	f <sub>4</sub>	0.36
30	0.9	1.52	0.75	5.05	Intrus.	MixNa	Cl	i <sub>4</sub>	-2.24
31	33.1	135	1.28	261	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-110

จากเกณฑ์ที่ได้กล่าวไว้พบว่า น้ำบาดาลที่เป็นน้ำจืดจะได้ค่า BEX เป็นบวก น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำเค็มจะได้ค่า BEX เป็นลบ และมีน้ำจืด น้ำเค็ม ในบางบ่อบาดาลที่มีค่า BEX ใกล้เคียงกับ 0 เนื่องจากน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงของไอออนน้อยมาก BEX นี้ยังสัมพันธ์กับกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  ด้วย โดยจากตารางที่ 4.8 น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มมีค่า BEX เท่ากับ -4.31 และ -7.67 คือบ่อบาดาล No.23 และ 24 ตามลำดับ ซึ่งจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  บ่อบาดาลนี้มีค่า  $Cl/HCO_3$  เท่ากับ 3.08 และ 3.73 ปนเปื้อนน้ำเค็มในระดับที่รุนแรง

ตารางที่ 4.9 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2560 โดยเลือกมา 10 ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของ HFE-D  $Cl/HCO_3$  และ BEX ได้ชัดเจน

No.	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	BEX
8	0.8	1.57	0.17	1.18	Fresh.	MixCa	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	1.27
9	42	73.9	1.74	116	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-6.3
10	9.05	23.9	0.92	36.7	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-5.4
11	0.47	0.96	0.05	0.31	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	1.15
12	2.47	0.65	1.13	0.62	Fresh.	MixCa	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	3.58
17	6.75	32.6	0.72	48	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-11
18	0.12	0.35	0.07	0.2	Intrus.	Ca	HCO <sub>3</sub>	i <sub>1</sub>	0.32
19	1.23	4.18	0.28	1.75	Fresh.	Na	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	3.82
20	16.5	33.5	1	67.7	Intrus.	MixNa	Cl	i <sub>4</sub>	-22
21	23	95.7	2.35	116	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-2.8

จากเกณฑ์ที่ได้กล่าวไว้พบว่า น้ำบาดาลที่เป็นน้ำจืดจะได้ค่า BEX เป็นบวก น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำเค็มจะได้ค่า BEX เป็นลบ และมีน้ำจืด น้ำเค็ม ในบางบ่อบาดาลที่มีค่า BEX ใกล้เคียงกับ 0 เนื่องจากน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงของไอออนน้อยมาก และค่า BEX นี้ยังสัมพันธ์กับกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  ด้วย โดยจากตารางที่ 4.9 น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มมีค่า BEX เท่ากับ -5.4 คือบ่อบาดาล No.10 ซึ่งจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  บ่อบาดาลนี้มีค่า  $Cl/HCO_3$  เท่ากับ 34.96 ปนเปื้อนน้ำเค็มในระดับที่รุนแรงมากที่สุด

ตารางที่ 4.10 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2560 โดยเลือกมา 10 ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของ HFE-D  $Cl/HCO_3$  และ BEX ได้ชัดเจน

No.	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	BEX
5	0.99	1.91	0.36	1.64	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	1.51
6	1.32	5.65	0.46	9.03	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-2.2
7	2.22	0.96	0.1	0.9	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	2.31
13	0.46	0.22	0.11	0.17	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	0.61
21	0.21	0.57	0.08	0.34	Intrus.	Ca	HCO <sub>3</sub>	i <sub>1</sub>	0.49
27	13.2	60.9	0.79	87.4	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-19
28	4.44	7.39	0.56	28.2	Intrus.	Ca	Cl	i <sub>3</sub>	-18
29	0.64	0.74	0.15	0.19	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	1.33
49	1.65	5.65	0.41	10.4	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-3.5
50	0.81	0.57	0.12	0.39	Fresh.	MixCa	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	1.07

จากเกณฑ์ที่ได้กล่าวไว้พบว่า น้ำบาดาลที่เป็นน้ำจืดจะได้ค่า BEX เป็นบวก น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำเค็มจะได้ค่า BEX เป็นลบ และมีน้ำจืด น้ำเค็ม ในบางบ่อบาดาลที่มีค่า BEX ใกล้เคียงกับ 0 เนื่องจากน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงของไอออนน้อยมาก และค่า BEX นี้ยังสัมพันธ์กับกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  ด้วย โดยจากตารางที่ 4.10 น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มมีค่า BEX เท่ากับ -17.83 คือบ่อบาดาล No.28 ซึ่งจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  บ่อบาดาลนี้มีค่า  $Cl/HCO_3$  เท่ากับ 12.38 ปนเป็นน้ำเค็มในระดับรุนแรงที่สุด

ตารางที่ 4.11 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2561 โดยเลือกมา 10 ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของ HFE-D  $Cl/HCO_3$  และ BEX ได้ชัดเจน

No.	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	BEX
2	0.27	0.74	0.13	0.31	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	0.81
5	0.16	2.31	0.212	2.482	Intrus.	Ca	HCO <sub>3</sub>	i <sub>1</sub>	0.02
10	10.7	39.1	1.125	56.41	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-9.5
11	0.57	1.13	0.064	0.09	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	1.67
16	9.05	33.1	0.614	56.41	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-18
17	71.6	270	3.581	338.5	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-18
19	1.65	3	0.307	0.903	Fresh.	Na	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	3.99
21	15.6	58.3	1.586	73.34	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-3.1
22	64.2	257	4.604	310.3	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-7.1
23	0.36	1.44	0.084	0.169	Fresh.	Na	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	1.7

จากเกณฑ์ที่ได้กล่าวไว้พบว่า น้ำบาดาลที่เป็นน้ำจืดจะได้ค่า BEX เป็นบวก น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำเค็มจะได้ค่า BEX เป็นลบ และมีน้ำจืด น้ำเค็ม ในบางบ่อบาดาลที่มีค่า BEX ใกล้เคียงกับ 0 เนื่องจากน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงของไอออนน้อยมาก และค่า BEX นี้ยังสัมพันธ์กับกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  ด้วย โดยจากตารางที่ 4.11 น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มมีค่า BEX เท่ากับ -9.48 คือบ่อบาดาล No.10 ซึ่งจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  บ่อบาดาลนี้มีค่า  $Cl/HCO_3$  เท่ากับ 30.46 ปนเปื้อนน้ำเค็มในระดับรุนแรงที่สุด

ตารางที่ 4.12 ค่า BEX ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2561 โดยเลือกมา 10 ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของ HFE-D  $Cl/HCO_3$  และ BEX ได้ชัดเจน

No.	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	BEX
4	0.18	0.65	0.13	0.09	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	0.86
15	0.46	0.83	0.25	5.36	Intrus.	MixCa	Cl	i <sub>3</sub>	-4.21
19	53.5	139	1.99	178	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-4.26
25	0.35	2.57	0.28	0.73	Fresh.	MixNa	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	2.42
26	0.61	1.39	0.24	0.65	Fresh.	MixCa	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	1.55
27	23	65.2	0.87	98.7	Intrus.	Na	Cl	i <sub>4</sub>	-16.6
28	4.2	7.39	6.14	24.8	Intrus.	Ca	Cl	i <sub>3</sub>	-8.87
29	1.56	0.7	0.16	0.19	Fresh.	MixCa	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	2.22
54	2.39	1.61	0.12	11.3	Intrus.	Ca	Cl	i <sub>3</sub>	-7.98
55	1.65	5.22	0.54	3.95	Fresh.	Na	HCO <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	3.17

จากเกณฑ์ที่ได้กล่าวไว้พบว่า น้ำบาดาลที่เป็นน้ำจืดจะได้ค่า BEX เป็นบวก น้ำบาดาลที่มีความเป็นน้ำเค็มจะได้ค่า BEX เป็นลบ และมีน้ำจืด น้ำเค็ม ในบางบ่อบาดาลที่มีค่า BEX ใกล้เคียงกับ เนื่องจากน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงของไอออนน้อยมาก และค่า BEX นี้ยังสัมพันธ์กับกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  ด้วย โดยจากตารางที่ 4.11 น้ำบาดาลที่เป็นน้ำเค็มมีค่า BEX เท่ากับ -4.26 -16.63 และ -8.87 ได้แก่ บ่อบาดาล No.19 27 และ 28 ตามลำดับ ซึ่งจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cl และ  $Cl/HCO_3$  บ่อบาดาลที่ 19 และ 27 มีค่า  $Cl/HCO_3$  เท่ากับ 34.75 และ 20.62 ซึ่งแสดงว่าน้ำบาดาลปนเปื้อนน้ำเค็มในระดับรุนแรงที่สุด บ่อบาดาลที่ 28 มีค่า  $Cl/HCO_3$  เท่ากับ 6.42 ปนเปื้อนน้ำเค็มในระดับรุนแรง

จากความสัมพันธ์ของ  $Cl/HCO_3$  และ BEX พบว่าทั้งสองความสัมพันธ์นี้ตรงกันกว่า 80% กล่าวได้ว่าเป็นตัวบ่งชี้สามารถอธิบายการปนเปื้อนของน้ำบาดาลได้ดี เหมาะสมที่จะใช้ทั้งสองความสัมพันธ์นี้ร่วมกับความสัมพันธ์อื่นๆ เช่น HFE-D ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Klassen และคณะ (2014)

## 4.5 แผนที่แสดงการรุกคืบของน้ำทะเล

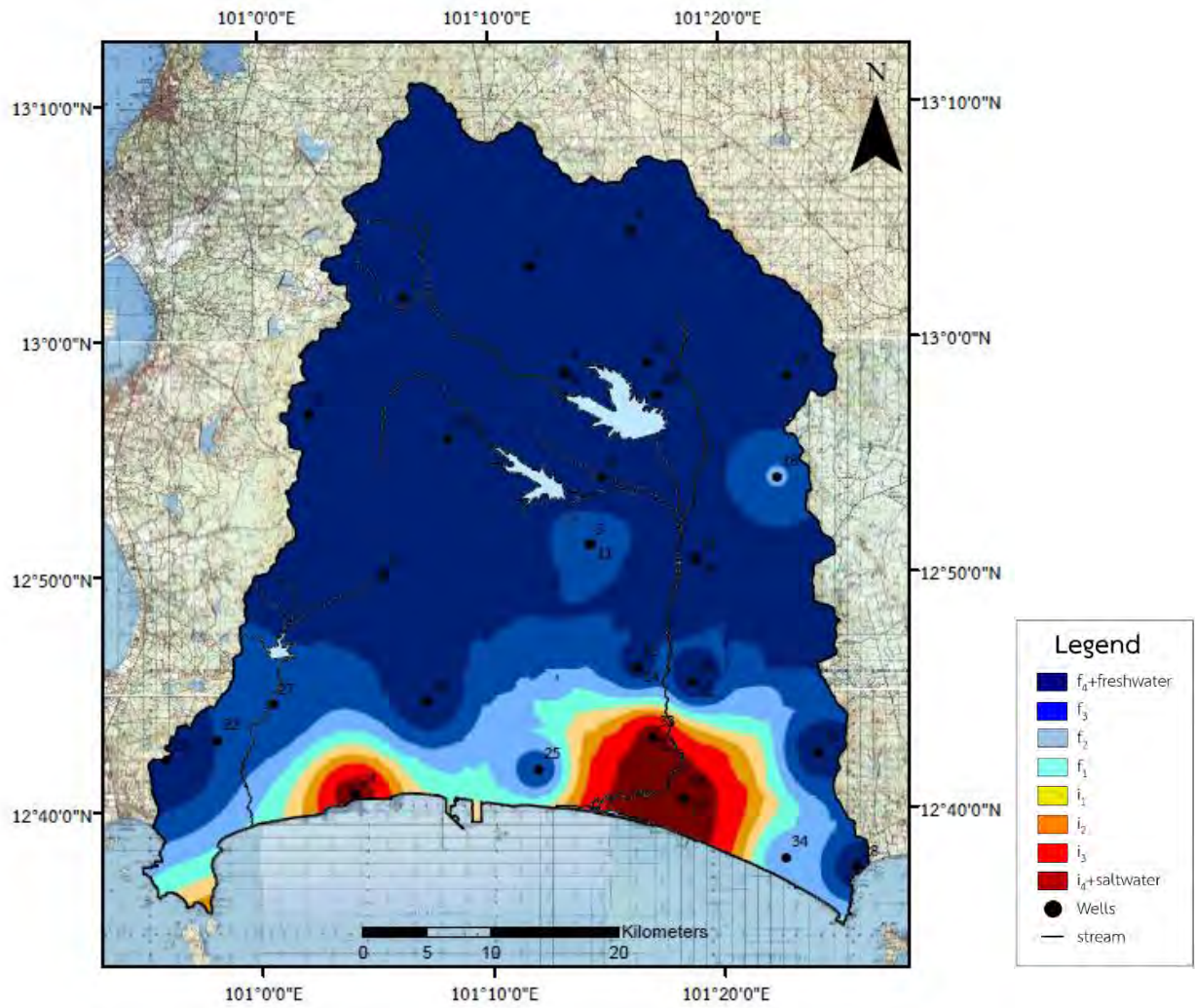
เมื่อจัดทำแผนภาพ HFE-D และสร้างความสัมพันธ์ต่างๆ เพื่อตรวจสอบข้อมูลน้ำบาดาลแต่ละบ่อแล้ว ได้จัดทำแผนที่แสดงการรุกคืบของน้ำทะเล เพื่อประเมินความเสี่ยงในพื้นที่ศึกษาของชั้นน้ำบาดาลหินร่วนและหินแข็ง ในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554 เดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555 เดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2560 และเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2561 พิจารณาระยะทางการรุกคืบของน้ำทะเลจาก Substages ของน้ำบาดาล ได้แก่  $i_1$   $i_2$   $i_3$  และ  $i_4$

### 4.5.1 ชั้นน้ำบาดาลเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554

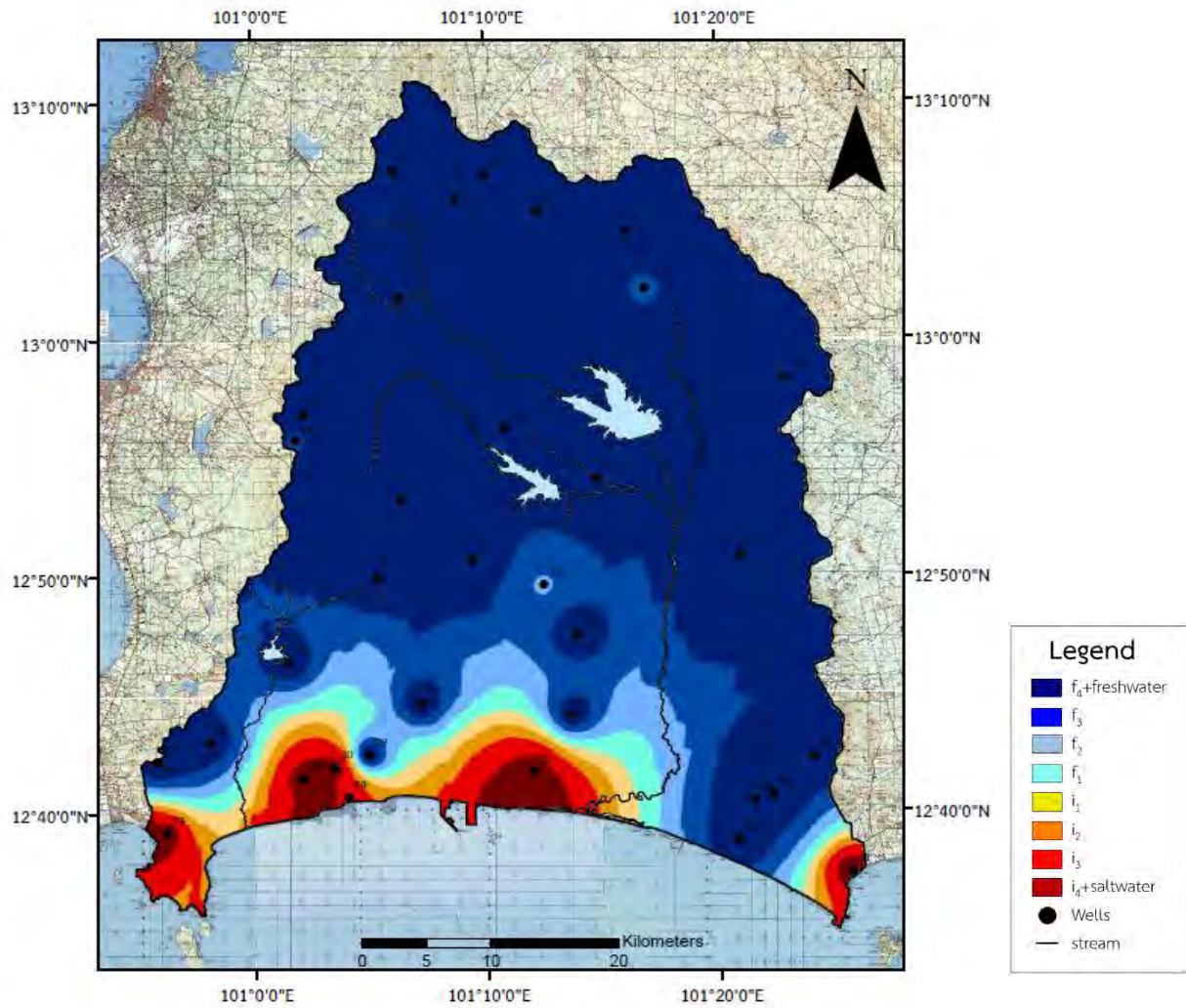
ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน น้ำบาดาลในพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งน้ำบาดาลระยองเป็นน้ำจืด ตั้งแต่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ จนถึงด้านใต้ของพื้นที่ บริเวณด้านใต้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามา สังเกตได้จากเส้นแสดงระดับความเค็มในรูปที่ 4.21 บริเวณที่เป็นสีแดง ส้ม เหลือง แสดงถึงการรุกคืบของน้ำทะเล โดยบริเวณด้านตะวันตกที่เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเป็นพื้นที่ชุมชน คือพื้นที่ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามาในพื้นที่ศึกษาประมาณ 4.5 กิโลเมตร และบริเวณด้านตะวันออกที่เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเป็นพื้นที่ชุมชนเช่นกัน คือพื้นที่ตำบลตาขัน อำเภอบ้านค่าย ตำบลปากน้ำ ตำบลท่าประดู่ ตำบลน้ำคอก ตำบลเนินพระ ตำบลทับมา ตำบลนาตาขวัญ ตำบลบ้านแลง และตำบลตะพง อำเภอเมืองระยอง เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามาในพื้นที่ศึกษาประมาณ 9.1 กิโลเมตร ซึ่งต่างจากผลการศึกษาของอัฐพงศ์ สงนุ้ย (2561) ที่มีการรุกคืบของน้ำทะเลบริเวณจากตำบลตาขัน อำเภอบ้านค่าย ไปยังตำบลเชิงเนิน อำเภอเมืองระยอง ระยะทางการรุกคืบของน้ำทะเลประมาณ 1.3 กิโลเมตร ในบางพื้นที่ที่อยู่ใกล้ชายฝั่งไม่พบการรุกคืบของน้ำทะเลอาจเกิดจากน้ำบาดาลบริเวณชายฝั่งนี้ค่อยๆ เปลี่ยนไปเป็นน้ำจืดเมื่อได้รับปริมาณน้ำมากขึ้นในฤดูฝน

ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง น้ำบาดาลในพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งน้ำบาดาลระยองเป็นน้ำจืด ตั้งแต่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ จนถึงด้านใต้ของพื้นที่ บริเวณด้านใต้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามา สังเกตได้จากเส้นแสดงระดับความเค็มในรูปที่ 4.22 ขอบแอ่งด้านใต้ทางด้านตะวันตกบริเวณตำบลสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (บ่อบาดาลที่ 23) เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามาในพื้นที่ศึกษาประมาณ 4.2 กิโลเมตร ขอบแอ่งด้านใต้ทางด้านตะวันออกบริเวณตำบลเพ อำเภอเมืองระยอง (บ่อบาดาลที่ 31) เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามาในพื้นที่ศึกษาประมาณ 3.2 กิโลเมตร ซึ่งสองตำแหน่งเดียวกันนี้ในชั้นน้ำหินร่วนไม่เกิดการรุกคืบของน้ำทะเล เนื่องจากไม่มีข้อมูลบ่อบาดาลสองตำแหน่งนี้ในชั้นน้ำหินร่วน และอีกสองบริเวณที่เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเป็นพื้นที่ชุมชน เป็นตำแหน่งเดียวกับชั้นน้ำบาดาลหินร่วนที่เกิดการรุกคืบของทะเลด้วย ได้แก่บริเวณตำบลพลา และตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง โดยมีการรุกคืบของน้ำทะเลประมาณ 7.4 และบริเวณตำบลมาบตาพุด ตำบลเนินพระ ตำบลปากน้ำ ตำบลเชิงเนิน ตำบลทับมา อำเภอเมืองระยอง มีการรุกคืบของน้ำทะเลประมาณ 7.6 กิโลเมตร ซึ่งต่างจากผลการศึกษาของอัฐพงศ์ สงนุ้ย (2561) ที่มีการรุกคืบของน้ำทะเลบริเวณตำบลเนินพระ ตำบลทับมา ตำบลเชิงเนิน ตำบลตะพง ตำบลปากน้ำ ตำบลท่าประดู่ และตำบลน้ำคอก อำเภอเมืองระยอง ระยะทางการรุกคืบของน้ำทะเลประมาณ 4.8 กิโลเมตร





รูปที่ 4.21 แผนที่แสดงการรุกรานของน้ำทะเลและตำแหน่งบ่อน้ำบาดาล ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนแอ่งน้ำบาดาล  
ระยองในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554

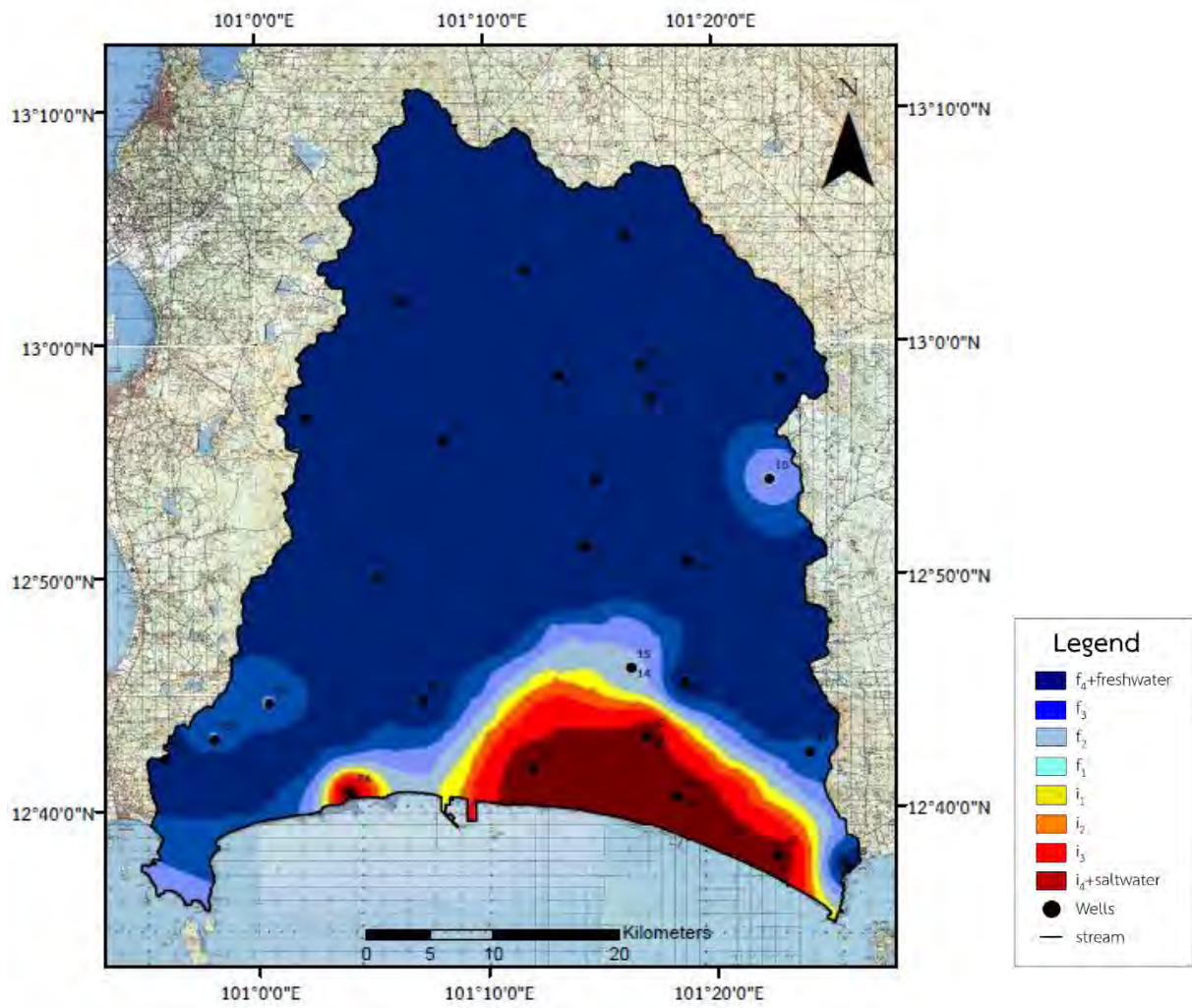


รูปที่ 4.22 แผนที่แสดงการรูก้ำของน้ำทะเลและตำแหน่งบ่อบาดาล ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งแ่งน้ำบาดาล  
ระยองในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554

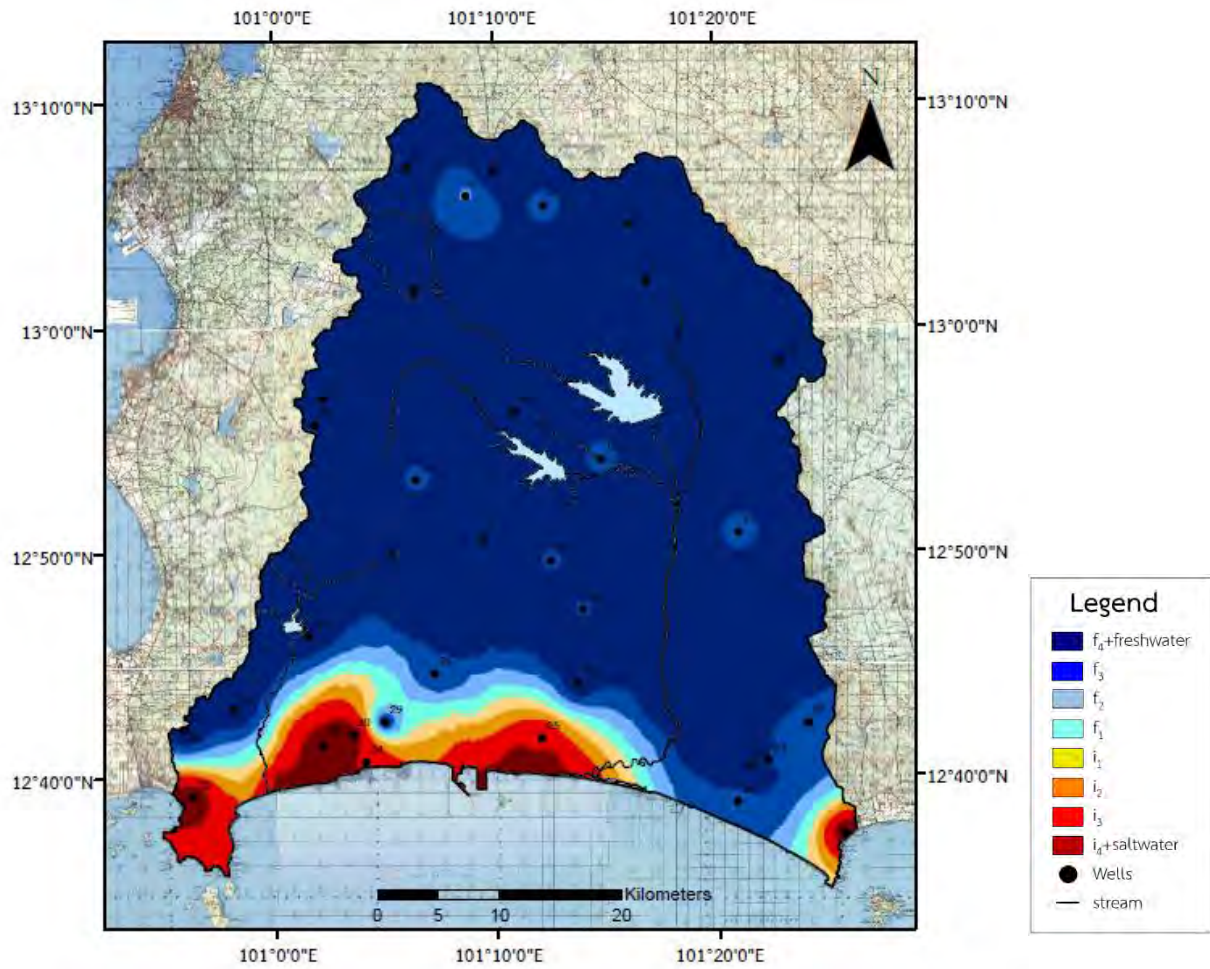
#### 4.5.2 ชั้นน้ำบาดาลเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555

ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน น้ำบาดาลในพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งน้ำบาดาลระยองเป็นน้ำจืด ตั้งแต่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ จนถึงด้านใต้ของพื้นที่ บริเวณด้านใต้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามา 2 บริเวณ สังเกตได้จากเส้นแสดงระดับความเค็มในรูปที่ 4.23 บริเวณแรกที่มีการรุกคืบของน้ำทะเลคือตำบลพลา และตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง เป็นระยะทางประมาณ 2.3 กิโลเมตร และอีกบริเวณคือตำบลหนองตะพาน และตำบลตาขัน อำเภอบ้านค่าย ตำบลมาตาพุด ตำบลเนินพระ ตำบลทับมา ตำบลเชิงเนิน ตำบลตะพง ตำบลปากน้ำ ตำบลท่าประดู่ และตำบลน้ำคอก อำเภอเมืองระยอง เป็นระยะทางประมาณ 11 กิโลเมตร ซึ่งรุกคืบเข้ามาลึกกว่าในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ.2554 ในชั้นน้ำเดียวกัน และบ่อบาดาลที่ 34 มีการรุกคืบของน้ำทะเลในปี นี้ เนื่องจากเป็นฤดูแล้ง เพราะว่ามีปริมาณฝนน้อยกว่าในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 ซึ่งเป็นฤดูฝน ทำให้น้ำทะเลรุกคืบเข้ามาได้มากขึ้น

ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง น้ำบาดาลในพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งน้ำบาดาลระยองเป็นน้ำจืด ตั้งแต่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ จนถึงด้านใต้ของพื้นที่ บริเวณด้านใต้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามา ในรูปที่ 4.24 บริเวณขอบแอ่งด้านใต้ทางด้านตะวันตกบริเวณตำบลแสมสาร และตำบลสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (บ่อบาดาลที่ 23) เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลประมาณ 5.0 กิโลเมตร บริเวณขอบแอ่งด้านใต้ทางด้านตะวันออกบริเวณตำบลเพ อำเภอเมืองระยอง (บ่อบาดาลที่ 23) เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลประมาณ 3.3 และอีกสองบริเวณที่เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเป็นพื้นที่ชุมชน ได้แก่ ตำบลพลา และตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง น้ำทะเลรุกคืบเข้ามาประมาณ 7.6 กิโลเมตร และตำบลมาตาพุด ตำบลเนินพระ ตำบลปากน้ำ ตำบลทับมา ตำบลท่าประดู่ อำเภอเมืองระยอง น้ำทะเลรุกคืบเข้ามาประมาณ 6.6 กิโลเมตร ซึ่งน้ำทะเลรุกคืบเข้าไปน้อยกว่าชั้นน้ำบาดาลหินร่วน และรุกคืบใกล้เคียงกับชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในปี พ.ศ.2554



รูปที่ 4.23 แผนที่แสดงการรุกล้ำของน้ำทะเลและตำแหน่งบ่อน้ำบาดาล ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนแอ่งน้ำบาดาล  
ระยองในเดือนมกราคม พ.ศ.2555

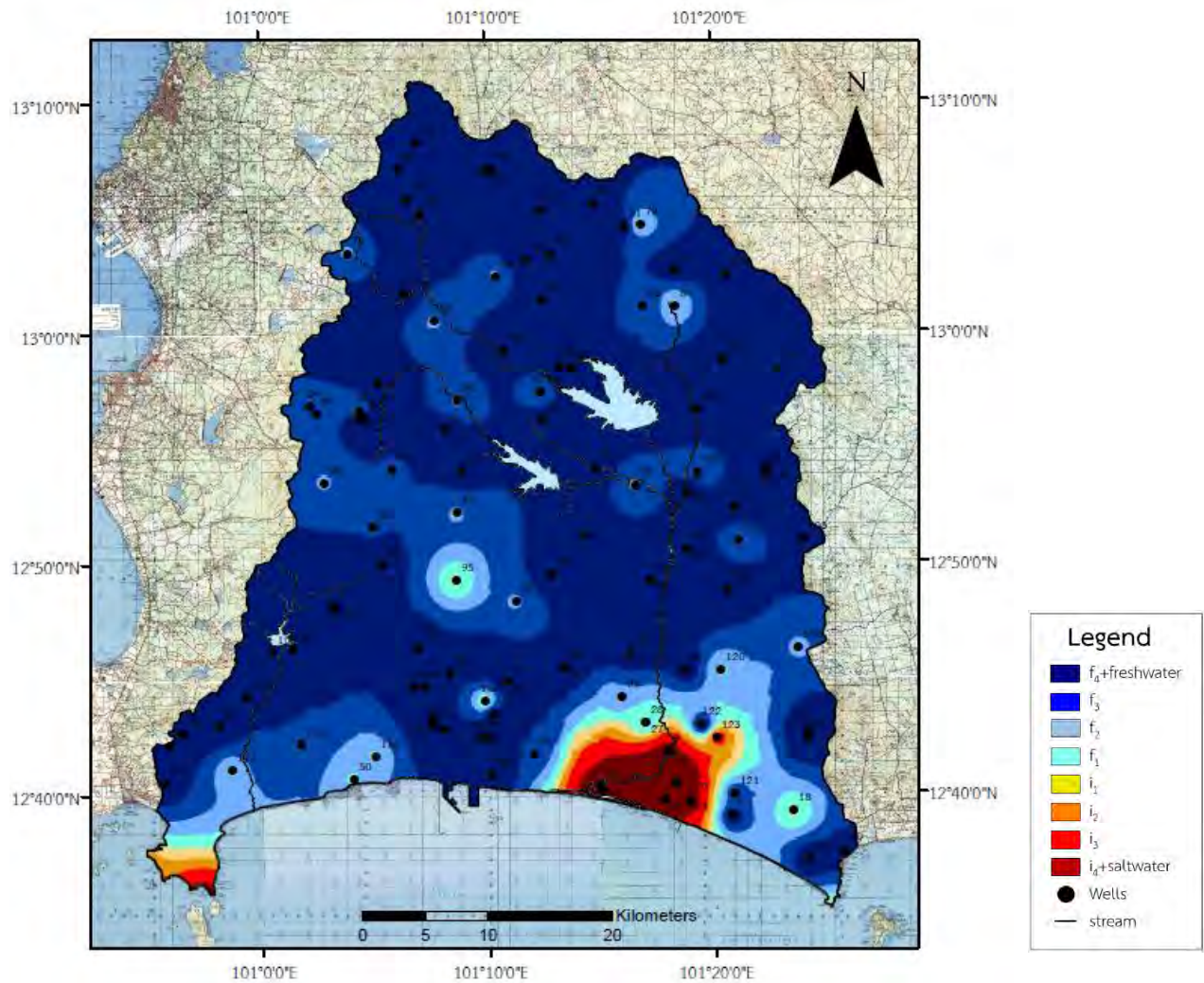


รูปที่ 4.24 แผนที่แสดงการรุกรานของน้ำทะเลและตำแหน่งบ่อน้ำบาดาล ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งแอ่งน้ำบาดาล  
ระยองในเดือนมกราคม พ.ศ.2555

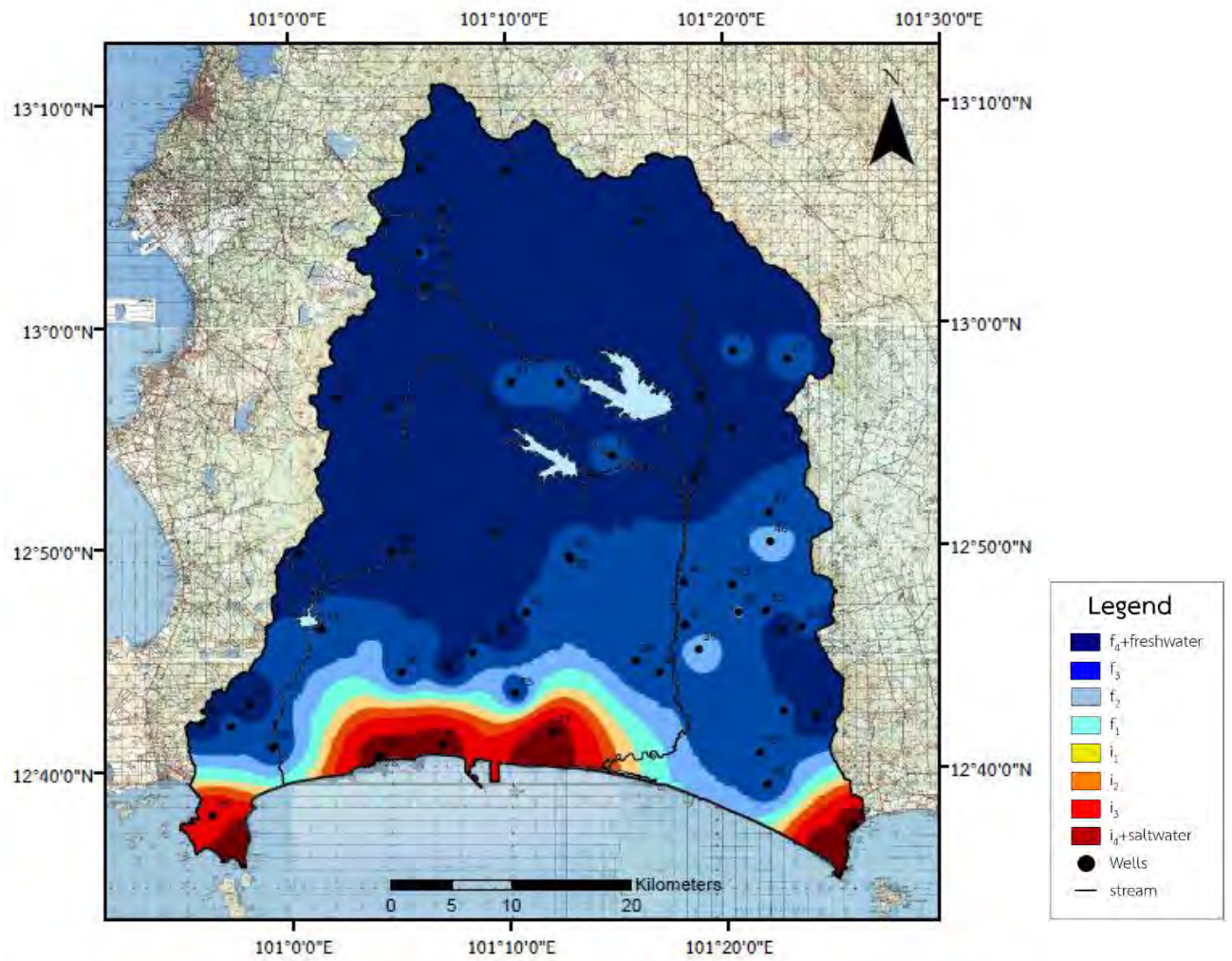
#### 4.5.3 ชั้นน้ำบาดาลเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2560

ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน น้ำบาดาลในพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งน้ำบาดาลระยองเป็นน้ำจืด ตั้งแต่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ จนถึงด้านใต้ของพื้นที่ บริเวณด้านใต้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามา ในรูปที่ 4.25 บริเวณที่เป็นสีแดงเกิดการรุกคืบของน้ำทะเลบริเวณตำบลตาขัน อำเภอบ้านค่าย ตำบลเนินพระ ตำบลปากน้ำ ตำบลทับมา ตำบลท่าประดู่ ตำบลน้ำคอก ตำบลนาตาขวัญ ตำบลบ้านแลง และตำบลตะพง อำเภอเมืองระยอง ระยะทางประมาณ 8.9 กิโลเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554 ซึ่งเป็นฤดูฝนเหมือนกัน แต่บริเวณตอนกลางส่วนล่างของแอ่งน้ำบาดาลระยองมีบางพื้นที่ที่น้ำมีความเค็ม (บ่อบาดาลที่ 95) เป็นพื้นที่ชุมชนตำบลนิคมพัฒนา อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง น้ำบาดาลอยู่ใน Facies ของ  $MixCaMixHCO_3$  ซึ่งน้ำค่อนข้างเปลี่ยนเป็นน้ำเค็มเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยสังเกตจาก  $Na/Cl$  ของน้ำบาดาล พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.19 ซึ่งมากกว่า 1 และบริเวณตำบลพลลา ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง (บ่อบาดาลที่ 50) ไม่เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลในปีนี้ เนื่องจาก พ.ศ.2560 เป็นฤดูฝน และปีนี้มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,829 ซึ่งมากกว่าปี พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2555 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2560) ทำให้มีปริมาณน้ำฝนเติมลงในน้ำบาดาลทำให้น้ำบาดาลบริเวณที่ติดกับชายฝั่งเป็นน้ำจืด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amiri และคณะ (2015) โดยน้ำอยู่ใน Facies ของ  $NaCl$  และอยู่ใน Substages ของ  $f_1$  เมื่อน้ำได้รับปริมาณน้ำฝนมากขึ้น ทำให้น้ำบาดาลบริเวณชายฝั่งนี้ค่อยๆเปลี่ยนไปเป็นน้ำจืด

ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง น้ำบาดาลในพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งน้ำบาดาลระยองเป็นน้ำจืด ตั้งแต่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ จนถึงด้านใต้ของพื้นที่ บริเวณด้านใต้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเล ในรูปที่ 4.26 เมื่อสังเกตบริเวณด้านใต้ของพื้นที่ทางด้านซ้าย กลาง และขวา เกิดการรุกคืบของน้ำทะเล ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ โดยด้านตะวันตก ซึ่งเป็นพื้นที่ชุมชน ตำบลแสมสาร และตำบลสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (บ่อบาดาลที่ 54) น้ำทะเลรุกคืบเข้ามาประมาณ 6.0 กิโลเมตร บริเวณตำบลพลลา ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง และตำบลห้วยโป่ง ตำบลมาบตาพุด ตำบลเนินพระ ตำบลทับมา อำเภอเมืองระยอง น้ำทะเลรุกคืบเข้ามาประมาณ 5.5 กิโลเมตร และด้านตะวันตก ซึ่งตั้งอยู่ตำบลเพ อำเภอเมืองระยอง (บ่อบาดาลที่ 19) น้ำทะเลรุกคืบเข้ามาประมาณ 5.1 กิโลเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับชั้นน้ำบาดาลหินแข็งนี้กับชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ.2554 ซึ่งเป็นฤดูฝนเหมือนกัน พบว่าบริเวณขอบแอ่งด้านตะวันออกและตะวันตกในปีนี้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลมากกว่า แต่บริเวณอำเภอบ้านฉาง และอำเภอเมืองระยองเกิดการรุกคืบของน้ำทะเลน้อยกว่า และขอบแอ่งด้านตะวันออกและตะวันตกของพื้นที่เป็นน้ำเค็มซึ่งต่างจากชั้นน้ำบาดาลหินร่วน เนื่องจากไม่มีข้อมูลบ่อบาดาลตำแหน่งนี้ในชั้นน้ำหินร่วน



รูปที่ 4.25 แผนที่แสดงการรุกค้ำของน้ำทะเลและตำแหน่งบ่อบาดาล ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนแอ่งน้ำบาดาล  
ระยองในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2560



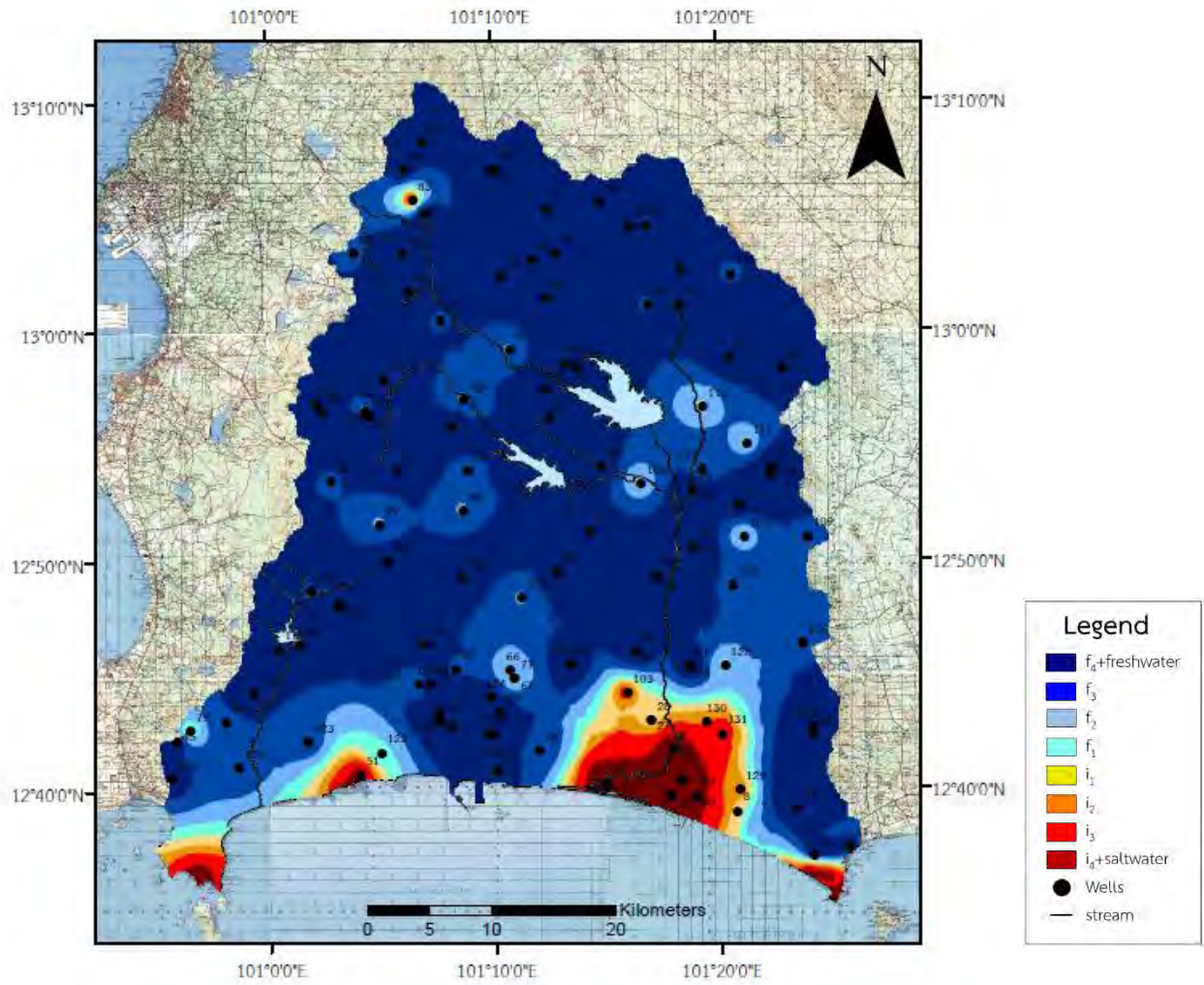
รูปที่ 4.26 แผนที่แสดงการรุกถ้ำของน้ำทะเลและตำแหน่งบ่อน้ำบาดาล ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งแ่งน้ำบาดาล  
ระยองในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2560



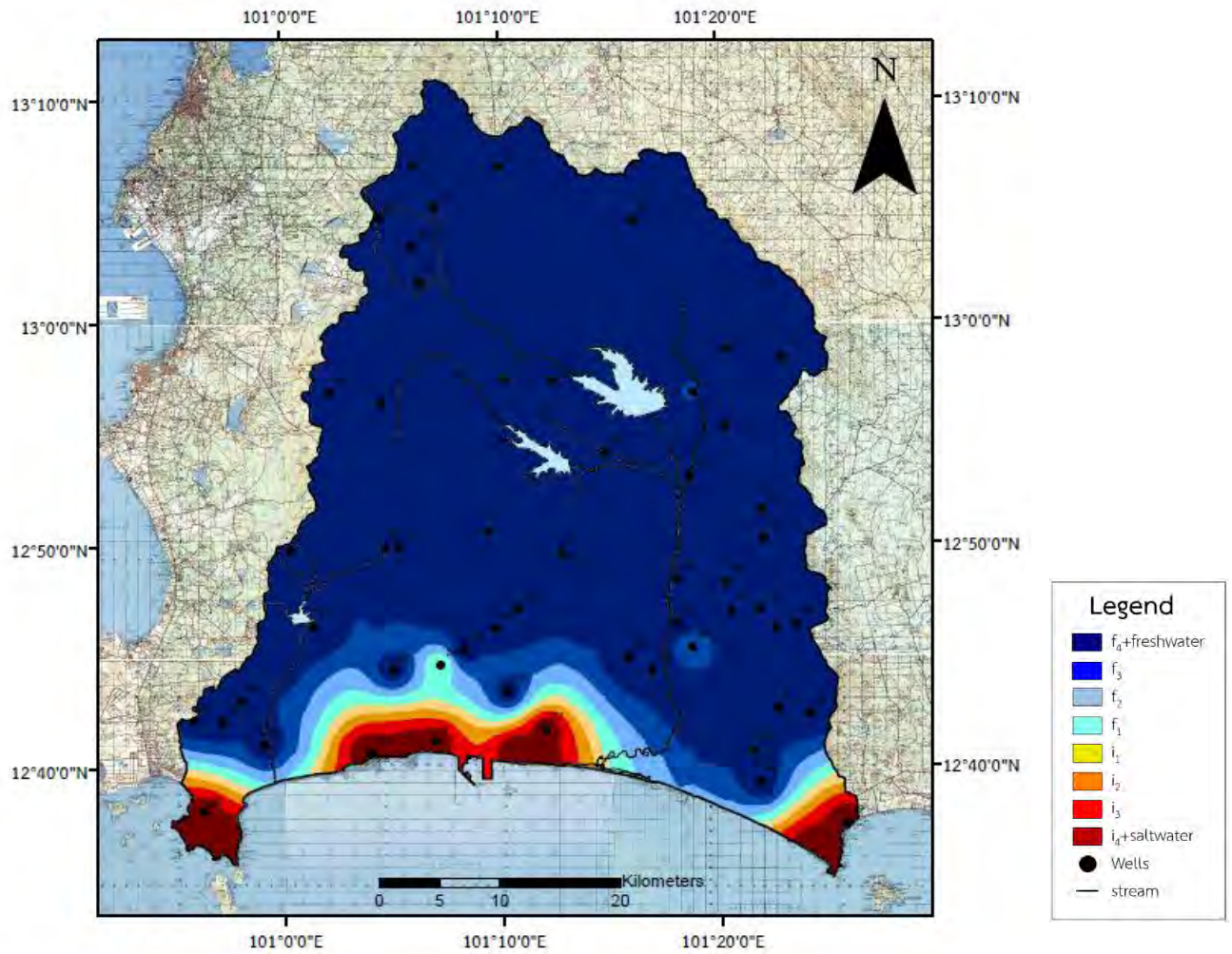
#### 4.5.4 ชั้นน้ำบาดาลเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2561

ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน น้ำบาดาลในพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งน้ำบาดาลระยองเป็นน้ำจืด ตั้งแต่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ จนถึงด้านใต้ของพื้นที่ บริเวณด้านใต้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามา ในรูปที่ 4.27 บริเวณที่ ตำบลพลา และตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามาประมาณ 3.0 กิโลเมตร บริเวณตำบลเนินพระ ตำบลปากน้ำ ตำบลท่าประดู่ ตำบลเชิงเนิน ตำบลนาตาขวัญ ตำบลบ้านแรง ตำบลตะพง ตำบลน้ำคอก อำเภอเมืองระยอง และตำบลหนองตะพาน ตำบลตาขัน อำเภอบ้านค่าย เกิดการรุกคืบของน้ำทะเล 9.4 กิโลเมตร น้ำเค็มรุกคืบเข้ามามากกว่าชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ.2560 บริเวณบ่อบาดาลที่ 83 ตั้งอยู่ตำบลหนองขาม อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี น้ำอยู่ใน Facies ของ  $\text{NaHCO}_3$  ซึ่งน้ำค่อยๆ เปลี่ยนเป็นน้ำเค็มเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยสังเกตจาก  $\text{Na/Cl}$  ของน้ำบาดาล พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.01 ซึ่งมากกว่า 1 และจาก  $\text{Cl/HCO}_3$  มีค่า 1.82 แสดงว่ามีการปนเปื้อนระดับปานกลาง

ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง น้ำบาดาลในพื้นที่ส่วนใหญ่ของแอ่งน้ำบาดาลระยองเป็นน้ำจืด ตั้งแต่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ จนถึงด้านใต้ของพื้นที่ บริเวณด้านใต้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามา ในรูปที่ 4.28 บริเวณที่ บริเวณขอบแอ่งด้านตะวันตก ตำบลแสมสาร และตำบลสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (บ่อบาดาลที่ 54) น้ำทะเลรุกคืบเข้ามาประมาณ 6.2 กิโลเมตร บริเวณตำบลพลา ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง และตำบลห้วยโป่ง ตำบลมาบตาพุด ตำบลเนินพระ ตำบลทับมา อำเภอเมืองระยอง น้ำทะเลรุกคืบเข้ามาประมาณ 5.5 กิโลเมตร และขอบแอ่งด้านตะวันออก (บ่อบาดาลที่ 19) น้ำทะเลรุกคืบเข้ามาประมาณ 5.9 กิโลเมตร ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในปีนี้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลมากกว่าชั้นน้ำบาดาลหินแข็งในเดือนมกราคม พ.ศ.2560 เล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับชั้นน้ำบาดาลหินแข็งนี้กับชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555 ซึ่งเป็นฤดูแล้งเหมือนกัน พบว่าบริเวณขอบแอ่งทั้งด้านตะวันออกและตะวันตกในปีนี้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลมากกว่า เนื่องจากอัตราการสูบน้ำเฉลี่ยเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2560 มากกว่าเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2555



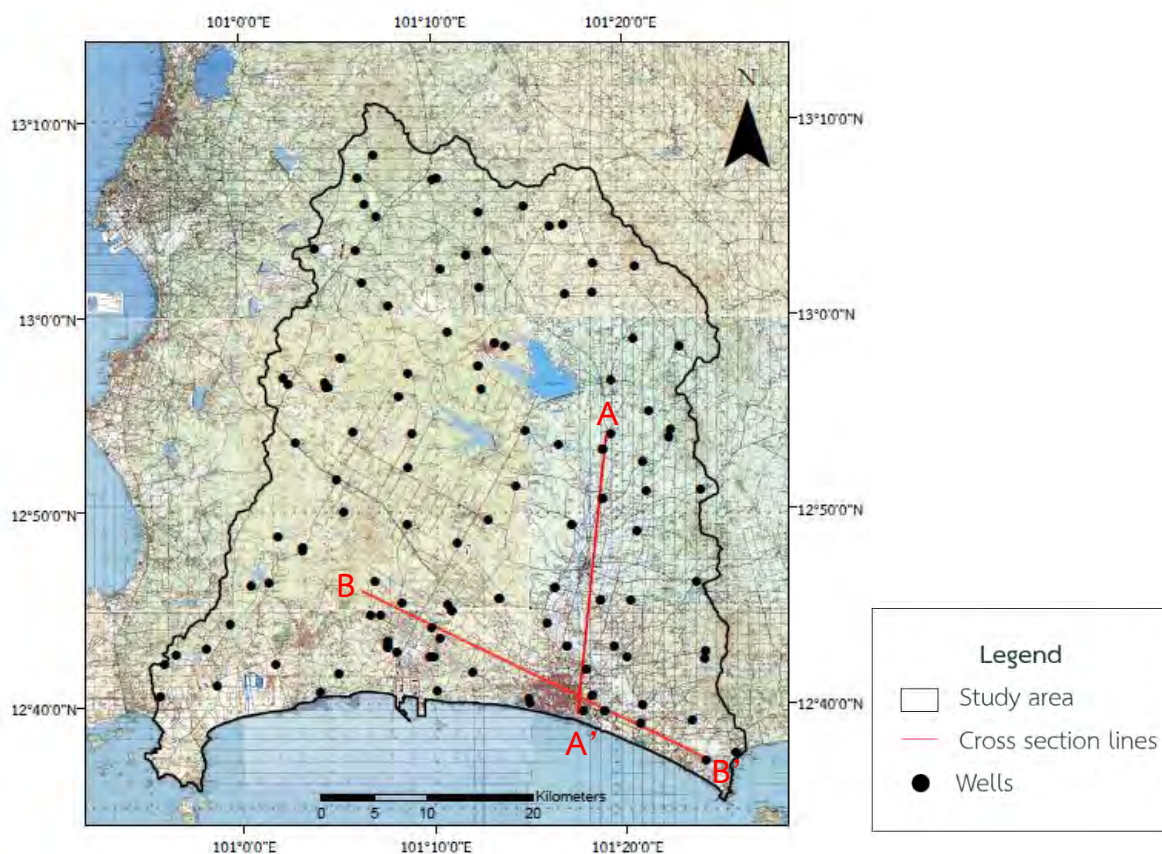
รูปที่ 4.27 แผนที่แสดงการรุกรานของน้ำทะเลและตำแหน่งบ่อน้ำบาดาล ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนแ่งน้ำบาดาล  
ระยองในเดือนมกราคม พ.ศ.2561



รูปที่ 4.28 แผนที่แสดงการรูก้ำของน้ำทะเลและตำแหน่งบ่อบาดาล ชั้นน้ำบาดาลหินแข็งแ่งน้ำบาดาล  
ระยองในเดือนมกราคม พ.ศ.2561

#### 4.6 ภาพตัดขวางเพื่อแสดงลักษณะอุทกธรณีวิทยาและ Substages ของน้ำบาดาล

ภาพตัดขวางแสดงลักษณะหน่วยหินและลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลระยอง โดยใช้โปรแกรม ArcMap และแสดงข้อมูล Substages ของน้ำบาดาลเพื่อสังเกตลักษณะของน้ำบาดาล และระดับความรุนแรงการปนเปื้อนน้ำเค็มของน้ำบาดาล

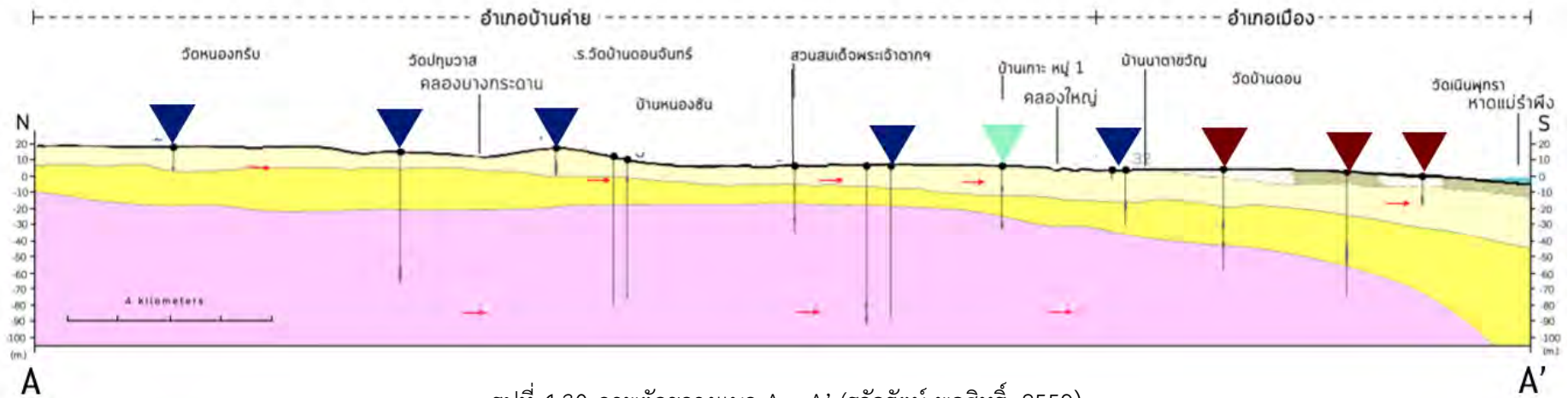


รูปที่ 4.29 แนวตัดขวางและตำแหน่งบ่อบาดาล

กำหนดหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

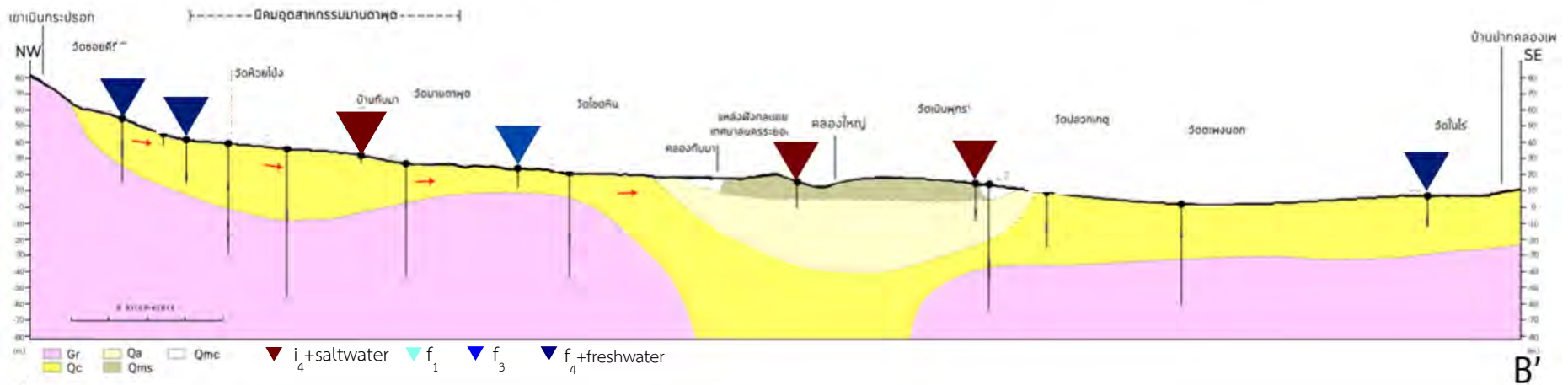
- 1.Qc คือ ตะกอนหินเชิงเขาและตะกอนผุอยู่กับที่ ประกอบด้วยชั้นกรวดและทรายเม็ดหยาบที่มีดินเหนียวปน
- 2.Qa คือ ตะกอนน้ำพา ประกอบด้วย ตะกอนพวกกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว
- 3.Qmc คือ ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ประกอบด้วยชั้นดินเหนียวสลับทรายแป้งและทรายละเอียด
- 4.Qms คือ ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลคลื่น ประกอบด้วยชั้นทรายร่วน เม็ดทรายมีรูปร่างมน
- 5.Gr คือ หน่วยหินแกรนิต ประกอบด้วยหินแกรนิตและหินไนส์ซิกแกรนิต ยุคไทรแอสซิก (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)

แอ่งน้ำบาดาลย่อยคลองใหญ่



รูปที่ 4.30 ภาพตัดขวางแนว A - A' (ชวัลรัตน์ พลสิทธิ์, 2559)

แอ่งน้ำบาดาลย่อยบ้านดาง แอ่งน้ำบาดาลย่อยคลองใหญ่



รูปที่ 4.31 ภาพตัดขวางแนว B - B' (ชวัลรัตน์ พลสิทธิ์, 2559)

ภาพตัดขวางแนว A-A' เป็นภาพตัดขวางในแนวเหนือ-ใต้ ของแอ่งน้ำบาดาลระยอง ครอบคลุมอำเภอ บ้านค่ายและอำเภอเมืองระยอง พบว่าน้ำบาดาลบริเวณอำเภอบ้านค่ายอยู่ใน Substages ของ  $f_4$  เป็นน้ำจืด ไม่มีการปนเปื้อนจากน้ำทะเล ส่วนบริเวณตำบลท่าประดู่ ตำบลเชิงเนิน อำเภอเมืองระยอง ซึ่งอยู่ด้านใต้ของพื้นที่ ศึกษา ติดกับอ่าวไทย เป็นบริเวณที่มีการปนเปื้อนน้ำเค็ม และน้ำบาดาลอยู่ใน Substages ของ  $i_4$  แสดงว่า บริเวณนี้มีการปนเปื้อนของน้ำเค็มรุนแรง

ภาพตัดขวางแนว B-B' เป็นภาพตัดขวางในแนวตะวันออก-ตะวันตก ของแอ่งน้ำบาดาลระยอง ครอบคลุมอำเภอบ้านฉางและอำเภอเมืองระยอง พบว่าน้ำบาดาลบริเวณตำบลพลา ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง และตำบลมาบตาพุด ตำบลทับมา ตำบลเนินพระ ตำบลท่าประดู่ ตำบลเชิงเนิน อำเภอเมืองระยอง มีการปนเปื้อนน้ำเค็ม โดยน้ำบาดาลอยู่ใน Substages ของ  $i_4$  มีการปนเปื้อนของน้ำเค็มในระดับรุนแรง

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลหินร่วนและหินแข็งในแอ่งน้ำบาดาลระยองปี พ.ศ.2554 – 2555 และ พ.ศ.2560 – 2561 เป็นน้ำจืดใน Facies ของ  $\text{CaHCO}_3$  มากที่สุด คิดเป็น 26.23% ของชั้นน้ำบาดาลทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมีความเป็นน้ำจืด แต่บริเวณด้านใต้ของแอ่งน้ำบาดาลระยองเกิดการรุกคืบของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาลหินร่วนและหินแข็ง แต่ละชั้นน้ำและแต่ละปีมีความรุนแรงของการรุกคืบของน้ำทะเลต่างกันไป โดยส่วนใหญ่ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนเกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้ามาเป็นระยะทางที่ไกลกว่าในชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง เนื่องจากชั้นน้ำบาดาลหินแข็งมีแรงดันที่ช่วยผลักดันน้ำทะเลมากกว่าเนื่องจากเป็นชั้นน้ำภายใต้แรงดัน ทำให้ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนทำให้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลได้ง่ายกว่า โดยเฉพาะบริเวณที่ติดกับชายฝั่ง

ตารางที่ 5.1 ระยะทางการรุกคืบของน้ำทะเลของชั้นน้ำบาดาลในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา	ชั้นน้ำบาดาล	ระยะทางการรุกคืบของน้ำทะเล (กม.)
สิงหาคม 2554	ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน	4.5-9.1
	ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง	3.2-7.6
มกราคม 2555	ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน	11.0
	ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง	3.3-7.6
สิงหาคม 2560	ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน	8.9
	ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง	5.1-6.0
มกราคม 2561	ชั้นน้ำบาดาลหินร่วน	3.0-9.4
	ชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง	5.5-6.2

ชั้นน้ำบาดาลเดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2560 มีระยะทางและความรุนแรงการรุกคืบของน้ำทะเลใกล้เคียงกัน ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนของทั้งสองปีมีระยะทางการรุกคืบของน้ำทะเลมากกว่าชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง ซึ่งเหมือนกันกับชั้นน้ำบาดาลเดือนมกราคม พ.ศ.2555 และ พ.ศ.2561 น้ำบาดาลชั้นหินร่วนเกิดการรุกคืบของน้ำทะเลมากกว่าชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง แต่เมื่อพิจารณาชั้นน้ำบาดาลปี พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2560 ซึ่งเป็นฤดูฝน และชั้นน้ำบาดาลปี พ.ศ.2555 และ พ.ศ.2561 ซึ่งเป็นฤดูแล้งพบว่า ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนปี พ.ศ.2555 เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเป็นระยะทางที่มากกว่าและมีความรุนแรงของระดับความเค็มมากกว่าปี พ.ศ.2554 ส่วนชั้นน้ำบาดาลหินแข็งเกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเป็นระยะทางที่ใกล้เคียงกัน แต่ปี พ.ศ.2555 มีความรุนแรงของระดับความเค็มมากกว่าปี พ.ศ.2554 เล็กน้อย ซึ่งเช่นเดียวกันกับปี พ.ศ.2560 และ พ.ศ.2561 แสดงว่าฤดูกาลส่งผลต่อการเกิดการรุกคืบของน้ำทะเลโดยเฉพาะชั้นน้ำบาดาลหินร่วน โดยฤดูแล้งมีแนวโน้มที่จะเกิดการรุกคืบของน้ำทะเลมากกว่าฤดูฝน

ชั้นน้ำบาดาลหินร่วนในปี พ.ศ.2560 และ พ.ศ.2561 บริเวณกลางแอ่งน้ำบาดาลระยองบางบริเวณพบ การปนเปื้อนน้ำเค็มที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งสังเกตจากค่า Na/Cl แต่ไม่พบการปนเปื้อนน้ำเค็มบริเวณ กลางแอ่งน้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1.ควรมีจำนวนบ่อสังเกตการณ์เพิ่มมากขึ้น เพื่อความแม่นยำในการวิเคราะห์ และควรบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง ทุกๆปี เพื่อจะได้เห็นแนวโน้มการรุกราน้ำทะเลและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น
- 2.ควรใช้เครื่องมือทั้ง 3 ชนิดด้วยกันเพื่อประเมินการรุกราน้ำทะเล ได้แก่ HFE-D  $Cl/HCO_3$  และ BEX เพื่อ ความแม่นยำ



## บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2555. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยา และทรัพยากรธรณีจังหวัดระยอง.
- กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัด. บทสรุปแผนพัฒนาจังหวัดระยอง พ.ศ.2561–2564. [ออนไลน์]. 2561. แหล่งที่มา: <http://123.242.173.8/v2/images/2561-2564> [27 ตุลาคม 2562]
- ทวีศักดิ์ รมิงค์วงศ์. น้ำบาดาล Groundwater. [ออนไลน์]. 2546. แหล่งที่มา: <https://www.yumpu.com/en/document/read/52280106> [18 มีนาคม 2563].
- ธวัชรัตน์ พลสิทธิ์. 2559. ลักษณะเฉพาะการปนเปื้อนของสารหนูในแอ่งน้ำบาดาลระยอง. โครงการการเรียนการสอนเพื่อ เสริมประสบการณ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปรัชญา เทพนรงค์ และกิตติเทพ เฟื่องขจร. 2555. รายงานการวิจัยเรื่องการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีป้องกันการรุกรานของน้ำทะเลในชั้นน้ำบาดาลด้วยแบบจำลองทางกายภาพ. นครราชสีมา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). สถานการณ์น้ำประเทศไทยปีพุทธศักราช 2560. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.thaiwater.net/v3/docs/watersituation2017.pdf> [28 พฤษภาคม 2563].
- สิตาวีร์ ธีรวิรุฬห์. น้ำบาดาล (groundwater): แหล่งน้ำสำรอง. [ออนไลน์]. 2558. แหล่งที่มา: [https://library2.parliament.go.th/ejournal/content\\_af/2558/oct2558-3](https://library2.parliament.go.th/ejournal/content_af/2558/oct2558-3) [27 ตุลาคม 2562]
- อัฐพงศ์ สงนุ้ย. 2561. การจำลองการรุกรานของน้ำทะเลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Abu-alnaeema M.F., Yusoff I., Fatt T., Alias Y., Raksmeay M., 2018. Assessment of groundwater salinity and quality in Gaza coastal aquifer, Gaza Strip, Palestine: An integrated statistical, geostatistical and hydrogeochemical approaches study. *Environment*, 972-989.
- Amiri V., Nakhaei M., Lak R., Kholghi M., 2015. Assessment of seasonal groundwater quality and potential saltwater intrusion: a study case in Urmia coastal aquifer (NW Iran) using the groundwater quality index (GQI) and hydrochemical facies evolution diagram (HFE-D). 30 (5), 1473-1484.
- Beck K., Bandoim L., 2020. How to Calculate a Milliequivalent. [Online]. Source: <https://sciencing.com/calculate-milliequivalent-5009675.html> [30 March 2020]
- Forcada E., 2010. Dynamic of sea water interface using hydrochemical facies evolution diagram. *Ground Water* 48 (2), 212–216.
- Giménez-Forcada E., 2014. Space/time development of seawater intrusion: a study case in Vinaroz coastal plain (Eastern Spain) using HFE-Diagram, and spatial distribution of hydrochemical facies. *Journal of Hydrology* 517, 617–627.

- Gopinath S., Srinivasamoorthy K., Prakash R., Saravanan K., Karunanidhi D. 2019. Hydrogeochemistry of Groundwater From Tamil Nadu and Pondicherry Coastal Aquifers, South India: Implication for Chemical Characteristics and Sea Water Intrusion. *GIS and Geostatistical Techniques for Groundwater Science*, 237-249
- Gopinath S., Srinivasamoorthy, K., Saravana, K., Prakash, R., Suma, C.S., Faizal Khan, A., Senthilnatha, D., Sarma, V.S., Devi, P., 2015. Hydrogeochemical characteristics of coastal groundwater in Nagapattinam and Karaikal aquifers implications for saline intrusion and agricultural suitability. *J. Coast. Sci.* 2 (2), 1–11 ISSN: 2348–6740.
- Gualbert H.P., 2001. Improving fresh groundwater supply-problems and solutions. *Ocean & Coastal Management*. 44, 429–449.
- Hodgkinson J., 2008. Sedimentary Evolution, Hydrogeology and Geochemistry of a Back-barrier Sand Island: Toorbul, Southeast Queensland. Degree of Doctor of Philosophy. Queensland. Brickbeck University of London.
- Kelly B., 2015. Salt Water Intrusion in South Florida. *Environment*. [Online]. Source: <https://www.uncommonthought.com/mtblog/archives/2015/09/18/water-into-salt-salt-water-intrusion-in-south-florida.php> [12 November 2019]
- Kersting A., 2018. Dating of groundwater and ocean samples with noble gas radioisotopes sample preparation and field applications, Degree of Doctor of Natural Sciences. Warstein. Ruperto-Carola University of Heidelberg, Germany.
- Klassen J., Allen D.M., Kirste D., 2014, Chemical Indicators of Saltwater Intrusion for the Gulf Islands, British Columbia. Department of Earth Sciences. Simon Fraser University
- Mccobb T.D., Leblanc D.R., 2002, Detection of Fresh Ground Water and a Contaminant Plume beneath Red Brook Harbor, Cape Cod, Massachusetts, 2000. 2, 4166.
- Mondal N.C., Singh V.P., Singh V.S., Saxena V.K., 2010, Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry. *Journal of Hydrology*. 388, 100–111.
- National, Groundwater Association: Groundwater facts. 2015.
- Purnama S., Marfai M.A., 2012. Saline water intrusion toward groundwater: Issues and its control. *Journal of Natural Resources and Development*. 2, 25-32.
- Reilly T.E., Goodman A.S., 1985. Quantitative analysis of saltwater-freshwater relationships in groundwater system – A historical perspective. *Journal of Hydrology*, 80, 125-160.
- Saxena V.K., Singh, V.S., Mondal, N.C., Jain, S.C., 2003. Use of chemical parameters to delineation fresh groundwater resources in Potharlanka Island, India. *Environ. Geol.* 44 (5), 516–521.

Singh VS, Sarwade DV, Mondal NC, Nanadakumar MV, Singh B., 2009. Evaluation of groundwater resources in a tiny Andrott Island, Union Territory of Lakshadweep, India, *Environ. Monit. Assess.* 158 (1–4), 145–154.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 ข้อมูลบ่อบาดาลชั้นน้ำหินร่วน เดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 (ความเข้มข้นของไอออนหน่วย meq/l)

Ref.	X	Y	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	VALUE	Na/Cl	Cl/HCO <sub>3</sub>	BEX
1	728320	1441365	2.34	0.75	1.45	0.12	4.33	0	0.54	0.02	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	1.75	0.12	1.75
2	738191	1443916	14.7	0.8	1.29	0.16	5.82	0.168	0.63	0	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.33	0.11	1.57
3	746082	1446617	0.82	0.2	0.51	0.12	0.35	0.024	0.25	0.09	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	6	1.35	0.71	0.56
4	726669	1419538	2.53	0.66	0.76	0.1	2.44	0.246	0.32	0.03	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.57	0.13	1.18
5	742918	1422002	3.96	0.3	1.25	0.34	5.77	0	0.65	0.05	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.24	0.11	1.19
6	743828	1427310	3.3	0.43	1.99	0.03	5.28	0	0.69	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	1.86	0.13	1.7
7	720928	1432186	1.37	0.34	1.1	0.22	1.14	0.362	0.62	0.09	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.15	0.54	0.99
8	740945	1435498	0.49	0.09	0.71	0.23	1.06	0	0.14	0.07	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	3.18	0.14	0.88
9	740947	1435498	0.67	0.04	0.21	0.19	0.72	0	0.16	0.05	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	0.84	0.23	0.26
10	731800	1430392	2.78	0.45	1.13	0.28	3.82	0.57	0.41	0.04	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.76	0.11	1.42
11	742999	1422022	0.33	0.13	0.55	0.24	0.18	0.054	0.48	0.41	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	0.74	2.68	0.4
12	750981	1411238	1.54	0.29	0.4	0.05	2.97	0.053	0.15	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.75	0.05	0.58
13	750983	1411238	0.38	0.02	0.2	0.03	0.63	0.011	0.17	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	0.76	0.27	0.07
14	746649	1412420	0.99	0.03	2.51	0.05	3.26	0.023	0.11	0	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	14.3	0.03	2.47
15	746651	1412420	0.84	0.05	0.22	0.01	1.19	0.004	0.29	0	Intrus.	Ca	HCO3	i1	1	0.48	0.24	-0.04
16	751170	1420895	0.25	0.03	3.05	0.04	4.54	0.016	0.17	0	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	11.6	0.04	2.94
17	751172	1420895	0.43	0.02	0.18	0.07	0.73	0.013	0.18	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	0.65	0.25	0.08

18	757561	1427346	0.11	0.01	0.32	0.06	0.29	0.102	0.22	0.12	Fresh.	Na	MixHCO3	f4	3	0.94	0.75	0.16
19	758377	1435300	0.52	0.06	0.2	0.11	1.05	0.01	0.15	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	0.86	0.14	0.21
20	748118	1433695	2.02	0.16	0.15	0.19	3.72	0.1	0.14	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.69	0.04	0.35
21	747392	1436324	2.07	0.12	0.22	0.2	3.49	0.007	0.36	0.03	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.4	0.1	0.16
22	713723	1406653	0.93	0.14	0.78	0.08	0.89	0.35	0.76	0.07	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	6	0.66	0.86	0.17
23	709734	1405099	1.37	0.73	0.39	0.05	1.75	0.262	0.41	0.09	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	0.61	0.23	0.73
24	724487	1402445	2.95	1.17	4.82	1.24	3.51	1.087	6.8	0.03	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.46	1.94	-0.05
25	738887	1404416	4.05	1.77	4.27	0.43	4.77	2.29	2.5	0	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	1.11	0.52	3.79
26	730158	1409758	1.77	0.16	0.59	0.13	1.98	0.029	0.26	0.02	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.45	0.13	0.59
27	718055	1409523	0.44	0.25	1.01	0.34	0.9	0.689	0.84	0.02	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	0.78	0.92	0.7
28	763791	1396797	4.83	1.38	3.53	0.42	6.18	1.52	2.77	0.01	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	0.83	0.45	2.36
29	750206	1402185	15.5	35.7	0.18	3.18	7.54	24.07	223	0.03	Intrus.	Mg	Cl	i2	9	0	29.6	-200
30	750208	1402185	2.53	1.65	17.4	0.39	3.79	1.072	17.1	0	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.66	4.51	1.08
31	760814	1405741	3.57	1.09	1.18	0.19	5.15	0.346	0.89	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	0.86	0.17	1.5
32	747820	1406957	1.63	0.59	8.3	0.29	4.2	0.579	6.54	0	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.82	1.56	2.16
33	747822	1406957	2.62	2.15	12.1	0.5	2.08	1.62	10.9	0	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.71	5.26	2.98
34	758278	1397525	0.75	0.22	1.21	0.11	0.47	0	0.89	0	Intrus.	Na	Cl	i4	8	0.88	1.92	0.59

ตารางที่ 2 ข้อมูลบ่อบาดาลชั้นน้ำหินแข็ง เดือนสิงหาคม พ.ศ.2554 (ความเข้มข้นของไอออนหน่วย meq/l)

Ref.	X	Y	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	VALUE	Na/Cl	Cl/HCO <sub>3</sub>	BEX
1	728381	1441259	2.95	1.29	1.78	0.154	5.47	0.19	0.604	0	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	1	1.914	0.1103	2.581
2	734969	1450948	4.1	0.58	5.04	0.123	1.17	0.06	0.296	0.12	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	11.03	0.2524	5.42
3	727893	1451134	1.26	0.09	0.27	0.087	1.85	0.16	0.264	0	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.671	0.1427	0.164
4	739091	1448069	0.6	0.24	0.42	0.171	0.65	0.88	0.496	0.06	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	6	0.544	0.7688	0.295
5	732689	1448956	0.38	0.23	0.79	0.182	1.11	0.14	0.553	1.3	Fresh.	Na	MixHCO3	f4	3	0.923	0.4961	0.608
6	746080	1446614	1.69	0.45	0.67	0.126	3.85	0.05	0.138	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	3.159	0.036	1.098
7	747496	1442090	0.35	0.17	0.34	0.12	0.22	0.16	0.291	0.24	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	3	0.748	1.3328	0.317
8	726667	1419538	3.47	0.85	1.69	0.079	4.33	0.24	0.629	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.747	0.1454	1.947
9	734139	1420843	0.89	0.3	0.96	0.232	0.51	1.06	0.561	0.01	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	2	1.113	1.0907	0.89
10	743826	1427310	0.96	0.49	3.6	0.242	3.61	0.16	0.214	0.17	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	10.9	0.0594	4.101
11	720926	1432186	3.87	1.04	1.45	0.185	6.18	0.03	0.46	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.043	0.0744	2.178
12	719797	1412851	2.4	0.39	1.32	0.285	3.56	0	0.415	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	2.069	0.1166	1.557
13	742334	1415087	1.79	0.06	0.5	0.036	2.56	0.05	0.403	0.03	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.803	0.1578	0.167
14	739692	1419001	0.25	0.08	0.75	0.221	0.22	0.06	0.415	0.19	Fresh.	Na	MixCl	f3	4	1.171	1.9166	0.609
15	728641	1425583	0.5	0.16	0.51	0.156	0.9	0.02	0.44	0.42	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	0.749	0.4908	0.353
16	720317	1430143	0.3	0.16	0.61	0.109	0.35	0.07	0.44	0.86	Fresh.	Na	MixCl	f3	3	0.905	1.243	0.416
17	736658	1431183	0.71	0.44	0.43	0.111	4.52	0.16	0.262	0	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.06	0.0579	0.7
18	758375	1435300	1.08	0.3	0.84	0.138	2.79	0.13	0.126	0	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	4.316	0.0452	1.139
19	755093	1421353	0.39	0.12	0.5	0.049	0.96	0.01	0.063	0	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	5.197	0.0653	0.606
20	713721	1406653	1.04	0.24	0.37	0.027	2.77	0.21	0.231	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.051	0.0833	0.389

21	709732	1405099	2.05	0.63	0.52	0.056	2.43	0.33	0.612	0.04	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.547	0.2523	0.548
22	709535	1405084	2.38	3.19	0.49	0.073	8.1	0.16	0.92	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.348	0.1136	2.774
23	710311	1399559	3.44	4.34	7.37	0.13	4.52	0.54	14.1	0	Intrus.	MixNa	Cl	i4	9	0.339	3.1178	-3.272
24	724485	1402445	16.2	2.74	4.58	0.45	2.75	0.26	20.45	0	Intrus.	Ca	Cl	i3	9	0.145	7.427	-14.15
25	738885	1404416	26.8	13.2	58.4	0.997	3.72	18	86.88	0	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.436	23.351	-20.56
26	730156	1409758	0.86	0.21	0.65	0.161	1.11	0.01	0.252	0.01	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.676	0.2267	0.756
27	741955	1408943	1.61	0.23	0.82	0.115	2.49	0.05	0.389	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.361	0.1562	0.746
28	720966	1403872	2.11	1	2.02	0.838	2.23	0.08	3.018	0.1	Intrus.	MixNa	Cl	i4	8	0.435	1.354	0.624
29	726081	1405719	1.36	0.88	2.33	0.435	2.2	0.07	1.921	0	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	0.785	0.8746	1.583
30	723406	1404701	1.99	1.13	5.21	0.34	1.75	0.02	6.346	0	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.532	3.6189	-0.123
31	763789	1396797	44.1	41.4	166	1.888	4.8	42.4	249.3	0.03	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.432	51.906	-57.66
32	760812	1405741	0.77	0.21	0.67	0.096	0.89	0.08	0.291	0.065	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.492	0.3283	0.668
33	757573	1402680	0.19	0	3.11	0.096	3	0.06	0.807	0	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.504	0.269	2.347
34	755042	1399272	0.22	0.05	2.75	0.07	1.45	0	0.629	0.004	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.833	0.4351	2.198
35	756134	1402326	1.25	0.31	1.04	0.122	2.46	0.04	0.239	0	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	0.097	1.2106	1.562

ตารางที่ 3 ข้อมูลบ่อบาดาลชั้นน้ำหินร่วน เดือนมกราคม พ.ศ.2555 (ความเข้มข้นของไอออนหน่วย meq/l)

Ref.	X	Y	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	VALUE	Na/Cl	Cl/HCO <sub>3</sub>	BEX
1	728320	1441365	1.9	0.858	1.214	0.12	4.51	0.3	0.62	0	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.27	0.14	1.53
2	738191	1443916	3.05	0.503	0.646	0.09	5.44	0.19	0.63	0	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.67	0.12	0.56
3	746082	1446617	0.75	0.189	0.476	0.11	1.74	0	0.25	0.13	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.23	0.14	0.51
4	726669	1419538	2.11	0.499	0.581	0.07	3.41	0.39	0.45	0.03	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.85	0.13	0.68
5	742918	1422002	2.31	0.197	0.967	0.2	5.62	0.23	0.88	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.71	0.16	0.42
6	743828	1427310	2.84	0.309	1.044	0.02	6.15	0.11	0.82	0.02	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.83	0.13	0.49
7	720928	1432186	0.89	0.245	0.728	0.14	1.43	0.53	0.65	0.22	Intrus.	MixCa	HCO3	i1	6	0.72	0.46	0.41
8	740945	1435498	0.31	0.086	0.42	0.15	0.79	0.11	0.18	0.11	Fresh.	Na	HCO3	f1	2	1.49	0.23	0.46
9	740947	1435498	0.49	0.064	0.173	0.12	1.09	0.1	0.25	0.18	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.44	0.23	0.08
10	731800	1430392	1.89	0.27	0.59	0.18	2.21	0.73	0.38	0.04	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.01	0.17	0.63
11	742999	1422022	0.28	0.171	0.383	0.21	0.16	0.06	0.5	0.53	Fresh.	Na	MixCl	f1	4	0.5	3.1	0.24
12	750981	1411238	1.53	0.3	0.387	0.05	2.85	0.01	0.07	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.63	0.02	0.66
13	750983	1411238	0.35	0.034	0.181	0.03	0.6	0	0.19	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	0.62	0.31	0.04
14	746649	1412420	0.28	0.026	2.468	0.04	3.41	0.01	0.08	0	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	19.6	0.02	2.45
15	746651	1412420	0.94	0.068	0.221	0	1.37	0	0.31	0.09	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.47	0.23	-0.04
16	751170	1420895	0.74	0.078	0.147	0.07	1.25	0	0.16	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.58	0.13	0.12
17	751172	1420895	0.23	0.04	3.005	0.04	4.46	0	0.15	0	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	12.9	0.03	2.92
18	757561	1427346	0.05	0.01	0.254	0.05	0.15	0.08	0.25	0.04	Fresh.	Na	MixCl	f1	4	0.67	1.68	0.05
19	758377	1435300	0.48	0.068	0.146	0.1	1.01	0	0.16	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.58	0.16	0.14
20	748118	1433695	2.4	0.219	0.197	0.24	3.85	0.08	0.24	0.01	Intrus.	Ca	HCO3	i1	1	0.53	0.06	0.4



21	747392	1436324	1.9	0.304	0.487	0.11	2.56	0.16	0.26	0.06	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.19	0.1	0.61
22	713723	1406653	0.47	0.346	1.034	0.03	0.72	0.76	0.87	0	Fresh.	Na	MixCl	f1	1	0.77	1.21	0.48
23	709734	1405099	1.94	1.382	0.551	0.09	4.82	0.19	0.63	0.02	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	0.57	0.13	1.35
24	724487	1402445	3.26	1.179	7.238	1.25	3.64	1.04	6.91	0.01	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.68	1.9	2.26
25	738887	1404416	20.1	9.965	44.8	0.99	3.88	18	94.4	0	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.31	24.3	-45.4
26	730158	1409758	1.83	0.228	1.149	0.15	2.02	0.23	0.38	0.03	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	1.97	0.19	1.12
27	718055	1409523	0.5	0.32	1.05	0.38	0.8	0.76	0.88	0.01	Fresh.	Na	MixCl	f1	4	0.77	1.1	0.8
28	763791	1396797	2.98	0.832	2.098	0.28	5.79	1.23	2.17	0.05	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	0.63	0.38	0.88
29	750206	1402185	9.81	22.46	108.2	1.72	7.69	29.5	371	0.04	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.19	48.3	-266
30	750208	1402185	2.53	1.583	11.58	0.44	3.84	1.06	13.7	0	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.55	3.57	-1.08
31	760814	1405741	1.88	0.765	2.402	0.13	2.34	0.42	0.39	0	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	4	0.17	2.88
32	747820	1406957	1.82	1.665	8.983	0.39	2.03	1.53	12.7	0.01	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.46	6.26	-2.59
33	747822	1406957	1.13	0.42	7.795	0.21	4.29	0.74	5.78	0	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.87	1.35	2.23
34	758278	1397525	0.64	0.183	0.793	0.07	0.42	0	0.96	0	Intrus.	Na	Cl	i4	11	0.53	2.3	0.02

ตารางที่ 4 ข้อมูลบ่อบาดาลชั้นน้ำหินแข็ง เดือนมกราคม พ.ศ.2555 (ความเข้มข้นของไอออนหน่วย meq/l)

Ref.	X	Y	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	VALUE	Na/Cl	CV/HCO <sub>3</sub>	REX
1	728381	1441259	1.89	0.51	0.91	0.08	2.87	0.12	0.52	0.03	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.14	0.18	0.95
2	734969	1450948	0.64	0.07	0.4	0.08	1.11	0.08	0.26	0.21	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.01	0.23	0.28
3	727893	1451134	1.31	0.07	0.27	0.1	1.85	0.13	0.32	0	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.56	0.17	0.1
4	739091	1448069	0.79	0.29	0.71	0.2	0.19	1.65	0.73	0	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	0.63	3.88	0.42
5	732689	1448956	0.48	0.27	0.98	0.22	1.26	0.05	0.72	0.81	Fresh.	Na	MixHCO3	f4	3	0.89	0.57	0.71
6	746080	1446614	1.6	0.43	0.65	0.12	3.82	0	0.24	0.02	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.76	0.06	0.95
7	747496	1442090	1.9	0.3	0.49	0.11	2.56	0.16	0.26	0.06	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.19	0.1	0.61
8	726667	1419538	2.6	0.59	1.07	0.06	5.11	0.37	0.63	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.1	0.12	1.04
9	734139	1420843	2.34	0.55	1.77	0.18	3.36	0.46	0.44	0	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	2.61	0.13	2.03
10	743826	1427310	0.65	0.34	2.16	0.16	3.79	0.31	0.3	0.26	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	4.65	0.08	2.34
11	720926	1432186	2.97	0.71	0.93	0.12	6.06	0.18	0.52	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.17	0.09	1.21
12	719797	1412851	2.09	0.44	0.58	0.19	4.43	0.02	0.45	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.84	0.1	0.73
13	742334	1415087	1.56	0.08	0.28	0.02	2.98	0	0.41	0.01	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.44	0.14	-0.06
14	739692	1419001	0.45	0.12	0.57	0.14	0.88	0.06	0.14	0.13	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.65	0.16	0.68
15	728641	1425583	0.58	0.17	0.63	0.18	0.96	0.02	0.59	0.24	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	0.7	0.61	0.36
16	720317	1430143	1.46	0.7	0.76	0.17	2.52	0.36	0.58	0.23	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	1	0.86	0.23	1.01
17	736658	1431183	2.3	0.61	0.76	0.16	4.52	0.15	0.32	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.56	0.07	1.19
18	758375	1435300	1.05	0.31	0.64	0.11	2.79	0.14	0.13	0.01	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	3.13	0.05	0.91
19	755093	1421353	0.21	0.1	0.5	0.05	0.77	0	0.28	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.15	0.37	0.34
20	713721	1406653	1.46	0.38	0.36	0.03	2.79	0.21	0.28	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.83	0.1	0.47

21	709732	1405099	0.87	0.82	0.4	0.05	1.87	0.46	0.44	0.22	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	0.59	0.24	0.8
22	709535	1405084	2.84	1.9	0.41	0.05	5.8	0.22	0.45	0.07	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.59	0.08	1.88
23	710311	1399559	3.62	2.43	8.08	0.14	4.54	0.48	14	0.02	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.38	3.08	-4.31
24	724485	1402445	15.1	2.78	5.69	0.46	4.15	0.51	15.5	0	Intrus.	Ca	Cl	i3	9	0.24	3.73	-7.67
25	738885	1404416	4.99	2.06	6.3	0.48	6.57	2.42	3.38	0	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.21	0.52	5.21
26	730156	1409758	0.74	0.21	1.02	0.19	1.14	0.16	0.28	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.39	0.24	1.12
27	741955	1408943	1.31	0.2	0.51	0.09	2.61	0	0.4	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.81	0.15	0.36
28	720966	1403872	1.77	0.9	1.52	0.75	2.21	0.08	5.05	0.05	Intrus.	MixNa	Cl	i4	9	0.19	2.28	-2.24
29	726081	1405719	1.08	0.67	1.63	0.33	2.33	0.02	0.93	0	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.14	0.4	1.63
30	723406	1404701	1.6	0.99	3.86	0.29	1.61	0.03	7	0	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.36	4.34	-2.36
31	763789	1396797	34.8	33.1	135	1.28	4.9	37.1	261	0.02	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.33	53.2	-110
32	760812	1405741	0.64	0.19	0.87	0.09	0.88	0.26	0.31	0.12	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.83	0.35	0.81
33	757573	1402680	0.54	0.23	2.68	0.07	2.92	0.08	0.77	0	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.25	0.26	2.15
34	755042	1399272	0.09	0.07	2.38	0.04	1.47	0	0.62	0.03	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.49	0.42	1.82
35	756134	1402326	0.98	0.23	0.64	0.08	2.34	0	0.21	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	1.97	0.09	0.73

ตารางที่ 5 ข้อมูลบ่อบาดาลชั้นน้ำหินร่วน เดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 (ความเข้มข้นของไอออนหน่วย meq/l)

Ref.	X	Y	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	VALUE	Na/Cl	Cl/HCO <sub>3</sub>	REX
1	750184	1443181	0.8	1.15	1.22	0.07	2.2	0.25	0.68	0.03	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.8	0.31	1.72
2	722801	1416242	1	0.16	0.83	0.12	1.57	0.06	0.34	0.19	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	2.44	0.22	0.75
3	739401	1447868	2.99	1.23	2.78	0.16	5.16	1.06	1.27	0.03	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	2.19	0.25	2.82
4	757559	1427343	1.1	0.99	1.48	0.12	3.15	0.04	0.51	0.03	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	2.91	0.16	2.04
5	742943	1422008	2.2	1.48	3.61	0.15	6.83	0.35	0.62	0.1	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	5.82	0.09	4.57
6	731818	1430386	2.84	1.81	1.7	0.21	4.92	0.44	1.3	0.08	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.31	0.26	2.33
7	754944	1424282	2.5	1.15	0.61	0.14	3.03	0.42	0.79	0.21	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.77	0.26	1.05
8	754761	1399577	2	0.8	1.57	0.17	3.47	0.02	1.18	0.01	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.32	0.34	1.27
9	749614	1404654	24	42	73.9	1.74	3.26	11.2	116	0.03	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.64	35.5	-6.27
10	749612	1404653	4.19	9.05	23.9	0.92	1.05	3.33	36.7	0.04	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.65	35	-5.4
11	760949	1396103	2.15	0.47	0.96	0.05	3.36	0.12	0.31	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.08	0.09	1.15
12	738191	1443917	3.79	2.47	0.65	1.13	6.69	1	0.62	0.07	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.05	0.09	3.58
13	729604	1412944	1.95	0.26	4.35	0.11	5.74	0.73	0.73	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	5.93	0.13	3.93
14	751168	1420902	0.8	0.16	4.18	0.18	5.16	0.12	0.14	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	3	30.8	0.03	4.37
15	751168	1420899	0.9	0.18	0.3	0.12	1.16	0.04	0.19	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.59	0.16	0.4
16	750203	1402182	12	6.75	32.6	0.72	3.1	1.46	48	0.01	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.68	15.5	-11.3
17	750202	1402184	30.9	63.4	244	3.32	3.56	31.2	310	0.01	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.79	87.2	-22.2
18	759651	1399953	2.59	0.12	0.35	0.07	2.75	0.23	0.2	0.08	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.71	0.07	0.32
19	751376	1400772	2.1	1.23	4.18	0.28	5.77	0.04	1.75	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.39	0.3	3.82
20	751376	1400774	19	16.5	33.5	1	2.84	2.71	67.7	0.01	Intrus.	MixNa	Cl	i4	9	0.49	23.9	-21.6

21	749352	1400811	12	23	95.7	2.35	6.33	14.2	116	0.01	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.83	18.3	-2.83
22	749356	1400811	25	68.3	278	5.12	3.25	31.2	338	0.01	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.82	104	-10.9
23	748274	1418358	0.21	0.23	0.57	0.08	0.34	0.04	0.25	0.53	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	2.28	0.72	0.61
24	748274	1418360	0.16	0.13	1.57	0.1	1.7	0.08	0.23	0.09	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	6.94	0.13	1.56
25	751190	1425456	0.8	0.74	0.78	0.09	1.74	0.02	0.51	0.03	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	3	1.54	0.29	1.07
26	751189	1425455	0.9	0.51	3.44	0.08	5.23	0.02	0.04	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	81.2	0.01	3.99
27	747816	1406960	2.1	2.88	12.6	0.43	2.2	1.25	13	0.01	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.97	5.91	2.03
28	747818	1406959	1.1	1.56	9.13	0.23	4.2	0.85	5.92	0.01	Fresh.	Na	Cl	f1	5	1.54	1.41	4.58
29	741424	1411400	2.59	0.78	1	0.19	2.72	0.87	0.79	0.01	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.27	0.29	1.13
30	729715	1447572	1.2	0.99	0.57	0.26	1.72	0.83	0.59	0.03	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	0.95	0.34	1.17
31	728380	1441257	1.6	0.79	1.3	0.08	3.13	0.1	0.39	0.05	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	3.3	0.13	1.76
32	734973	1450953	1.45	0.49	0.52	0.18	1.87	0.02	0.34	0.26	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.54	0.18	0.83
33	727888	1451133	3.44	0.67	1.09	0.11	4.21	0.27	0.48	0.05	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.27	0.11	1.36
34	720930	1432189	1.3	0.47	1.22	0.15	1.05	0.98	0.62	0.48	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	1.96	0.59	1.17
35	719651	1412817	0.55	0.22	0.83	0.26	1.15	0.02	0.65	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.27	0.57	0.61
36	713722	1406657	0.9	1.23	0.3	0.03	1.84	0.19	0.39	0.03	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.77	0.22	1.14
37	758371	1435296	0.19	0.49	0.3	0.12	0.89	0.02	0.1	0.03	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	3	0.11	0.8
38	740952	1435501	1.2	0.04	0.17	0.17	1.41	0.04	0.2	0.01	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.86	0.14	0.17
39	743827	1427310	0.41	0.49	0.35	0.03	0.48	0.02	0.34	0.55	Intrus.	MixMg	MixHCO3	i1	7	1.03	0.71	0.5
40	763789	1396795	2.89	0.26	4.05	0.36	5.88	1.42	1.04	0.09	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	3.88	0.18	3.54
41	726667	1419540	2.59	1.56	1.7	0.12	3.33	0.94	0.82	0.16	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	2.07	0.25	2.5
42	760809	1405744	1.6	0.52	0.3	0.14	2.23	0.12	0.16	0.02	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.93	0.07	0.8
43	740344	1418822	1.3	1.07	0.61	0.12	1.69	0.29	0.62	0.23	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	0.98	0.37	1.14

44	709723	1405106	0.95	0.81	0.39	0.05	1.25	0.21	0.45	0.24	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	0.87	0.36	0.77
45	730159	1409753	1.35	0.23	0.96	0.16	2.52	0.02	0.28	0.01	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	3.39	0.11	1.05
46	746648	1412422	0.43	0.55	0.17	0.18	0.69	0.02	0.31	0.15	Fresh.	MixMg	HCO3	f4	2	0.56	0.45	0.57
47	735762	1407562	2.15	0.17	1.04	0.15	2.41	0.25	1.04	0.01	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1	0.43	0.25
48	732199	1410973	1.95	0.7	1.61	0.46	3.38	0.04	1.86	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	0.86	0.55	0.77
49	738883	1404419	3.59	2.3	4.35	0.41	2.84	4.58	3.67	0.01	Fresh.	MixNa	MixSO4	f3	3	1.19	1.29	3.13
50	724480	1402447	2.94	1.48	13.5	2.12	3.26	2.71	14.7	0.01	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.92	4.5	1.37
51	746081	1446616	1.15	0.44	0.57	0.2	1.66	0.29	0.34	0.16	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	1	1.67	0.2	0.85
52	750981	1411237	0.37	0.27	0.17	0.04	0.44	0.02	0.25	0.01	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	0.7	0.56	0.22
53	725004	1431310	0.48	0.36	0.74	0.22	1.23	0.02	0.31	0.1	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.38	0.25	0.99
54	724841	1431812	0.06	0.53	2.09	0.21	0.56	0.1	2.23	0.94	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.94	4	0.45
55	724985	1431313	2.05	0.99	2.83	0.36	3.62	0.15	2.65	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.07	0.73	1.33
56	744296	1401560	12	37.9	139	15.3	37.4	22.9	155	0.01	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.9	4.15	26.2
57	744186	1401890	25	56.8	261	6.39	0.84	27.1	310	0.01	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.84	371	-8.32
58	730832	1407274	1.15	0.43	1	0.18	1.93	0.37	0.62	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.61	0.32	0.95
59	730820	1406814	0.47	0.4	1.04	0.26	1.13	0.1	1.16	0.01	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	0.9	1.02	0.46
60	731736	1406344	3.19	1.73	5.65	0.38	5.33	1.87	4.51	0.01	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	1.25	0.85	2.93
61	736865	1410247	1.3	4.53	39.1	18.2	33.8	0.27	39.5	0.01	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.99	1.17	19.5
62	734837	1405800	0.03	0.12	0.35	0.08	0.15	0.06	0.42	0.06	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.82	2.87	0.09
63	735552	1402735	2.4	1.81	4.78	0.49	0	7.29	3.1	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.54	###	3.76
64	725232	1431350	1	0.35	0.65	0.13	1.98	0.06	0.04	0.01	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	15.4	0.02	1.08
65	730867	1439025	1.15	1.81	1.7	0.38	0.26	0.46	1.52	2.26	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	4	1.11	5.81	2.26
66	733112	1426972	0.7	1.56	0.39	0.02	0.72	0.17	0.9	0.87	Intrus.	Mg	MixCl	i2	8	0.43	1.25	1

67	739384	1433361	0.21	0.28	0.3	0.21	0.25	0.02	0.37	0.32	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	0.83	1.49	0.4
68	734837	1405800	1.2	0.42	0.91	0.33	2.15	0.02	0.56	0.31	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.62	0.26	1.06
69	730832	1407274	1.1	0.7	1.39	0.21	2.62	0.02	0.59	0.07	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	2.35	0.23	1.67
70	730847	1406799	0.4	0.72	1.13	0.2	1.41	0.02	0.85	0.07	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.34	0.6	1.15
71	736865	1410247	0.08	4.28	23.5	0.51	0.18	0.1	28.2	0.08	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.83	156	-1.95
72	739384	1433361	0.39	0.2	0.17	0.19	0.26	0.02	0.31	0.23	Intrus.	MixCa	MixCl	i2	7	0.56	1.18	0.23
73	710833	1406028	5.49	2.3	0.7	0.06	7.33	0.33	0.79	0	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.88	0.11	2.21
74	735429	1451088	1.35	0.67	0.57	0.22	1.8	0.42	0.68	0.15	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	0.84	0.38	0.73
75	729412	1453299	0.42	0.39	0.35	0.07	0.52	0.29	0.15	0.14	Fresh.	MixCa	MixHCO3	f4	2	2.37	0.28	0.65
76	723906	1444429	0.55	0.82	0.52	0.36	0.64	0.02	0.76	0.9	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	4	0.69	1.19	0.89
77	728625	1448701	2.25	0.23	0.7	0.23	1.23	0.71	0.9	0.92	Intrus.	Ca	MixHCO3	i1	7	0.77	0.73	0.19
78	735787	1442546	0.6	0.78	0.39	0.31	0.36	0.02	0.39	1.29	Fresh.	MixMg	MixCl	f3	4	0.99	1.1	1.06
79	747392	1446763	5.99	1.23	8.7	0.38	5.05	1.46	7.9	0.68	Fresh.	Na	Cl	f1	5	1.1	1.56	1.85
80	743648	1448514	1.35	0.99	0.35	0.14	1.15	0.48	0.68	0.63	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	7	0.51	0.59	0.75
81	739476	1440769	0.85	0.37	0.83	0.16	1.59	0.12	0.65	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.27	0.41	0.66
82	740134	1444360	2.3	0.91	2.04	0.41	1.13	1.46	1.49	2.1	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	2	1.37	1.32	1.76
83	747556	1440295	0.7	0.51	1	0.17	0.67	0.35	0.79	0.76	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	3	1.27	1.18	0.83
84	739660	1431179	0.65	0.25	0.17	0.08	0.41	0.02	0.39	0.44	Intrus.	Ca	MixHCO3	i1	7	0.44	0.96	0.08
85	741908	1435343	0.25	0.37	0.17	0.06	0.25	0.02	0.23	0.42	Intrus.	MixMg	MixHCO3	i1	8	0.77	0.92	0.36
86	736435	1436634	0.48	0.29	0.22	0.21	0.28	0.19	0.56	0.24	Intrus.	MixCa	MixCl	i2	8	0.39	2.02	0.11
87	750132	1440297	0.38	0.02	0.7	0.17	0.2	0.06	0.9	0.21	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.77	4.59	-0.08
88	726362	1434134	0.7	0.17	0.22	0.12	0.97	0.02	0.37	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.59	0.38	0.11
89	721415	1431614	0.5	0.21	0.52	0.31	0.18	0.17	0.45	0.77	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	1.16	2.5	0.55

90	722091	1426075	0.95	0.32	1.35	0.33	0.82	0.37	1.13	0.95	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	1.2	1.38	0.79
91	727526	1427096	0.9	0.91	0.57	0.31	1.08	0.29	0.73	0.63	Fresh.	MixMg	MixHCO3	f4	3	0.77	0.68	0.99
92	732723	1423717	0.29	0.22	0.22	0.18	0.1	0.02	0.25	0.65	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	4	0.88	2.52	0.35
93	726004	1422589	0.3	0.56	0.22	0.51	0.34	0.02	0.25	0.94	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	0.88	0.72	1.02
94	741369	1411344	0.5	0.3	0.39	0.15	0.46	0.42	0.39	0	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	0.99	0.86	0.42
95	732665	1418338	1.25	0.45	0.74	0.22	1.1	0.56	0.62	0.61	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	6	1.19	0.57	0.75
96	737465	1416690	0.45	0.26	0.61	0.16	0	0.02	0.87	0.44	Intrus.	Na	Cl	i4	9	0.7	###	0.09
97	745922	1409057	0.16	0.19	0.26	0.05	0.08	0.02	0.26	0.29	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	4	1.01	3.17	0.22
98	732745	1432675	0.28	0.31	0.3	0.14	0.3	0.02	0.42	0.4	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	4	0.72	1.43	0.31
99	747005	1425942	0.17	0.1	0.17	0.1	0.2	0.02	0.2	0	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	0.86	1.03	0.15
100	760027	1413053	1.2	0.72	2.09	0.09	1.74	0.6	1.75	0.04	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	1.19	1.01	1.03
101	755296	1421604	0.25	0.07	0.3	0.07	0.1	0.02	0.34	0.07	Intrus.	Na	Cl	i4	9	0.9	3.44	0.07
102	754414	1417770	0.21	0.34	0.35	0.05	0.44	0.02	0.39	0.03	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	2	0.88	0.89	0.31
103	760433	1421691	0.41	0.12	0.17	0.17	0.33	0.04	0.21	0.26	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	7	0.81	0.65	0.23
104	757454	1426642	0.21	0.21	0.22	0.09	0.28	0.02	0.15	0.24	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	1.48	0.53	0.36
105	751937	1427023	0.8	0.37	1	0.11	0.03	0.06	0.59	0.02	Intrus.	MixNa	Cl	i4	10	1.69	18.1	0.85
106	751962	1432083	0.49	0.6	0	0.24	0.38	0.19	1.27	0.19	Intrus.	MixMg	Cl	i4	10	0	3.37	-0.52
107	754018	1435999	2.35	0.6	1.04	0.09	3.65	0.02	0.71	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.48	0.19	0.98
108	754185	1442785	0.46	0.44	0.48	0.07	0.62	0.46	0.34	0	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	2	1.41	0.54	0.63
109	717941	1412548	1.55	0.34	0.17	0.12	1.75	0.02	0.2	0.26	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.86	0.12	0.41
110	715939	1408941	5.99	0.62	1.04	0.02	6.54	0.87	0.82	0	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.28	0.13	0.81
111	709342	1402118	9.98	2.39	2.7	0.46	5.38	7.7	3.1	0.05	Intrus.	Ca	MixSO4	i1	7	0.87	0.58	2.22
112	714723	1403092	2.99	1.48	10.9	0.41	5.61	1.52	8.46	0.32	Fresh.	Na	Cl	f1	5	1.29	1.51	3.7



113	722787	1415930	0.6	0.3	0.39	0.12	0.66	0.67	0.19	0.02	Intrus.	MixCa	MixSO4	i1	7	2.04	0.29	0.61
114	726198	1404250	0.43	0.61	4.26	0.36	0.33	1.33	4.51	0.04	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.94	13.8	0.39
115	720274	1405118	0.75	0.78	0.96	0.16	0.92	0.94	0.87	0.01	Fresh.	MixNa	MixSO4	f3	3	1.09	0.95	0.97
116	734981	1408683	3.89	0.38	0.57	0.14	4.31	0.56	0.42	0	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.34	0.1	0.63
117	735188	1405814	1.95	0.59	2.31	0.41	2.2	1	1.52	0.76	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	1.51	0.69	1.67
118	735188	1405814	3.09	1.15	5.22	0.74	1.34	2.71	3.1	3.87	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	1.68	2.31	3.79
119	729209	1409750	2.59	0.78	2.44	0.46	1.77	1.67	1.66	1	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	1.46	0.94	1.89
120	753823	1411246	0.02	0.05	0.35	0.05	0.08	0.06	0.34	0	Fresh.	Na	Cl	f1	5	1.03	4.13	0.08
121	754980	1401292	0.75	0.61	0.35	0.36	0.52	0.85	0.45	0.02	Fresh.	MixCa	MixSO4	f4	3	0.77	0.86	0.83
122	752258	1406816	1.1	0.4	1.17	0.16	1.54	0.1	1.16	0.03	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.02	0.75	0.49
123	753510	1405819	0.35	0.22	0.26	0.09	0.31	0.12	0.34	0.03	Intrus.	MixNa	MixCl	i3	8	0.77	1.09	0.21
124	760911	1406372	0.5	0.22	0.3	0.13	0.49	0.37	0.11	0.16	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	7	2.7	0.23	0.53

ตารางที่ 6 ข้อมูลบ่อบาดาลชั้นน้ำหินแข็ง เดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 (ความเข้มข้นของไอออนหน่วย meq/l)

Ref.	X	Y	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	VALUE	Na/Cl	Cl/HCO <sub>3</sub>	REX
1	757944	1412917	4.99	0.77	0.83	0.04	6.23	0.23	0.54	0.03	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.54	0.09	1.06
2	753738	1429579	4.39	1.32	0.57	0.1	5.11	0.94	0.9	0.04	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.63	0.18	1.01
3	734140	1420840	2	1.4	0.39	0.17	2.2	0.33	0.62	0.35	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.63	0.16	1.29
4	758175	1406173	0.8	0.44	0.7	0.12	1.9	0.04	0.12	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	5.61	0.07	1.13
5	751060	1432308	3.69	0.99	1.91	0.36	4.49	0.04	1.64	0.35	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.17	0.36	1.51
6	729742	1403372	3.24	1.32	5.65	0.46	1.79	0.06	9.03	0.01	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.63	0.01	-2.2
7	717761	1419147	3.59	2.22	0.96	0.1	5.8	0.15	0.9	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.06	0.16	2.31
8	725215	1431361	3.59	0.81	0.78	0.12	4.39	0.6	0.26	0.01	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	3.02	0.06	1.43
9	753895	1435974	0.9	0.36	1.48	0.08	1.75	0.15	0.79	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.87	0.01	1.07
10	729603	1447630	3.09	0.91	0.87	0.19	4.57	0.04	0.71	0.04	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.23	0.15	1.21
11	728319	1441366	3.54	0.91	1.3	0.13	4.59	0.58	0.87	0.32	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.49	0.19	1.4
12	734973	1450951	2.1	0.63	0.74	0.1	3.06	0.23	0.24	0.03	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.12	0.01	1.21
13	727890	1451132	1.35	0.46	0.22	0.11	1.72	0.12	0.17	0.04	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.29	0.1	0.61
14	720929	1432187	4.44	1.07	1.3	0.15	5.95	0.44	0.51	0.02	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.57	0.09	1.98
15	719651	1412817	1.35	0.29	0.87	0.28	2.56	0.02	0.19	0.01	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	4.54	0.01	1.23
16	713724	1406657	2.25	1.07	0.57	0.03	3.44	0.25	0.34	0.03	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.67	0.1	1.31
17	758371	1435296	1.8	0.91	1.09	0.15	3.44	0.12	0.26	0.04	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	4.19	0.08	1.86
18	743830	1427310	0.55	1.73	2.44	0.17	4.1	0.21	0.28	0.09	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	8.64	0.02	4.03
19	763787	1396794	48.4	90.5	261	2.05	5.41	58.3	310	0.07	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.84	57.4	21.1
20	726666	1419538	3.39	1.07	1.17	0.09	4.52	0.42	0.85	0.24	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.39	0.19	1.43

21	760811	1405743	2	0.21	0.57	0.08	2.49	0.04	0.34	0.01	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.67	0.01	0.49
22	740342	1418822	0.4	0.58	0.52	0.14	0.8	0.15	0.48	0.08	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.09	0.6	0.73
23	709724	1405104	3.09	2.06	0.52	0.08	4.82	0.4	0.51	0.19	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.03	0.11	2.12
24	730159	1409751	2.45	0.19	0.43	0.14	3	0.04	0.25	0.01	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.75	0	0.5
25	735764	1407563	1.2	0.19	2.91	0.22	3.1	0.77	0.87	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	3.33	0.28	2.38
26	732199	1410971	2.2	0.44	1.22	0.23	3.64	0.04	0.56	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	2.16	0.16	1.28
27	738881	1404420	27.9	13.2	60.9	0.79	4.36	17.1	87.4	0.01	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.7	0	-19
28	724480	1402450	19	4.44	7.39	0.56	2.28	0.27	28.2	0.01	Intrus.	Ca	Cl	i3	9	0.26	12.4	-18
29	746079	1446615	1.6	0.64	0.74	0.15	2.97	0.1	0.19	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.86	0.06	1.33
30	727783	1444259	2.35	0.5	2.44	0.13	4.26	0.17	0.65	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	3.75	0	2.38
31	735408	1433530	0.13	0.11	0.43	0.17	0.72	0.04	0.17	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.57	0.23	0.53
32	725058	1446682	2.35	0.59	1.26	0.16	3.97	0.12	0.34	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.73	0.09	1.65
33	756627	1414456	1.05	0.16	0.65	0.06	1.85	0.02	0.16	0.02	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	4.13	0.01	0.71
34	734739	1412675	1	0.18	0.43	0.09	1.46	0.06	0.17	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.57	0.12	0.52
35	736681	1414388	1.2	0.37	1.52	0.14	3.08	0.02	0.18	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	8.43	0.06	1.84
36	725542	1419453	0.75	0.34	0.43	0.12	0.89	0.4	0.17	0.31	Intrus.	MixCa	HCO3	i1	6	2.57	0.35	0.71
37	747773	1409375	0.17	0.33	3.44	0.16	2.93	0.27	1.02	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	3.38	0.35	2.84
38	745773	1410382	0.8	0.39	2	0.21	3.02	0.02	0.05	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	44.3	0.01	2.56
39	751004	1411222	0	0.15	0.17	0.03	0.11	0.04	0.12	0.01	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	1.4	0.13	0.21
40	759597	1413065	0.55	0.39	0.43	0.09	1.16	0.12	0.11	0.03	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	3.86	0.1	0.79
41	749846	1413222	0.55	0.78	1	0.2	1.69	0.27	0.73	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.36	0.43	1.2
42	754288	1414304	0.2	0.91	0.91	0.05	0.95	0.23	0.71	0.03	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	1.3	0.03	1.11
43	753793	1416568	0.44	0.34	0.43	0.14	1.23	0.04	0.14	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	3.21	0.11	0.77

44	749780	1416856	0.22	0.19	3	0.06	3.2	0.1	0.28	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	10.6	0.09	2.95
45	740217	1419010	0.36	0.82	0.65	0.26	0.25	0.02	1.38	0.35	Intrus.	MixNa	Cl	i4	9	0.47	1.44	0.25
46	756953	1420265	0.23	0.25	0.35	0.13	0.31	0.04	0.34	0.32	Fresh.	MixNa	MixCl	f3	4	1.03	1.09	0.36
47	756860	1422673	0.47	0.19	0.39	0.13	0.75	0.21	0.2	0.08	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.93	0.27	0.49
48	750674	1425474	0	0.35	0.26	0.04	0.11	0.02	0.28	0.16	Intrus.	Mg	MixCl	i2	7	0.93	1.38	0.35
49	724326	1402445	4.04	1.65	5.65	0.41	0.77	0.4	10.4	0.01	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.54	13.5	-3.5
50	726277	1409352	0.44	0.81	0.57	0.12	1.15	0.02	0.39	0.19	Fresh.	MixMg	HCO3	f4	2	1.43	0.34	1.07
51	739472	1433359	1.5	0.41	3.44	0.12	4.74	0.04	0.15	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	23.4	0	3.81
52	756754	1399987	0.21	0.6	0.57	0.18	1.16	0.02	0.26	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	2.18	0.22	1.06
53	756120	1402657	1.1	0.44	0.87	0.11	2.28	0.02	0.19	0.01	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	4.54	0.08	1.22
54	710532	1397447	12	2.8	1.48	0.09	3.49	1	11.8	0.01	Intrus.	Ca	Cl	i3	9	0.12	0	-8.3
55	715580	1403053	2.1	2.22	4.22	0.49	6.06	0.23	3.38	0.03	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.25	0.56	3.3
56	712101	1404895	3.44	3.46	3.52	0.05	6.36	1.25	3.38	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.04	0.53	3.4

ตารางที่ 7 ข้อมูลบ่อบาดาลชั้นน้ำหินร่วน เดือนมกราคม พ.ศ.2561 (ความเข้มข้นของไอออนหน่วย meq/l)

Ref.	X	Y	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	VALUE	Na/Cl	Cl/HCO <sub>3</sub>	REX
1	750184	1443181	0.95	0.47	1.22	0.08	2.23	0.12	0.51	0.01	Fresh.	MixNa	HCO <sub>3</sub>	f4	2	2.4	0.23	1.22
2	722801	1416242	1.95	0.27	0.74	0.13	2.49	0.02	0.31	0.23	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f4	1	2.38	0.12	0.81
3	739401	1447868	3.74	0.99	2.87	0.18	5.9	1.35	0.87	0.02	Fresh.	MixCa	HCO <sub>3</sub>	f4	1	3.28	0.15	3.1
4	757559	1427343	1.8	0.6	1.26	0.13	3.43	0.04	0.25	0.01	Fresh.	MixCa	HCO <sub>3</sub>	f4	2	5.08	0.07	1.72
5	742943	1422008	3.49	0.16	2.31	0.21	4	0.06	2.48	0.09	Intrus.	Ca	HCO <sub>3</sub>	i1	6	0.93	0.62	0.02
6	731818	1430386	3.24	1.81	2	0.25	6.16	0.06	0.79	0.03	Fresh.	MixCa	HCO <sub>3</sub>	f4	2	2.53	0.13	3.22
7	754944	1424282	3.79	0.4	1.04	0.12	4.26	0.42	1.13	0.09	Intrus.	Ca	HCO <sub>3</sub>	i1	6	0.93	0.26	0.36
8	754761	1399577	2.1	0.74	1.48	0.21	3.39	0.35	1.1	0.07	Fresh.	MixCa	HCO <sub>3</sub>	f4	2	1.34	0.32	1.25
9	749614	1404654	27.9	21.4	62.6	1.64	1.59	8.12	116	0.07	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.54	72.7	-38
10	749612	1404653	9.48	10.7	39.1	1.13	1.85	7.7	56.4	0.07	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.69	30.5	-9.5
11	760949	1396103	2.64	0.57	1.13	0.06	4.18	0.17	0.09	0.07	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f4	1	12.5	0.02	1.67
12	738191	1443917	3.79	0.99	1.04	0.2	5.16	0.17	0.48	0.01	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f4	1	2.18	0.09	1.72
13	729604	1412944	2	0.32	4.35	0.09	5.67	0.75	0.79	0.02	Fresh.	Na	HCO <sub>3</sub>	f4	2	5.51	0.14	3.91
14	751168	1420902	0.55	0.46	3.83	0.11	4.92	0.04	0.17	0.01	Fresh.	Na	HCO <sub>3</sub>	f4	2	22.6	0.03	4.21
15	751168	1420899	2.2	0.44	0.22	0.1	2.54	0.02	0.12	0.01	Fresh.	Ca	HCO <sub>3</sub>	f4	1	1.75	0.05	0.63
16	750203	1402182	13.5	9.05	33.1	0.61	2.85	1.33	56.4	0.07	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.59	19.8	-18
17	750202	1402184	24	71.6	270	3.58	2.26	32.9	338	0.07	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.8	150	-18
18	759651	1399953	2.1	0.18	0.35	0.07	2.03	0.44	0.31	0.11	Intrus.	Ca	HCO <sub>3</sub>	i1	6	1.12	0.15	0.27
19	751376	1400772	1.6	1.65	3	0.31	5.67	0.12	0.9	0.07	Fresh.	Na	HCO <sub>3</sub>	f4	2	3.33	0.16	3.99
20	751376	1400774	8.98	6.58	21.3	0.56	4.44	0.9	28.2	0.07	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.76	6.35	-1.8

21	749352	1400811	6.99	15.6	58.3	1.59	5.26	8.74	73.3	0.07	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.79	13.9	-3.1
22	749356	1400811	24	64.2	257	4.6	4.8	32.1	310	0.07	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.83	64.6	-7.1
23	748274	1418358	0.3	0.36	1.44	0.08	1.75	0.29	0.17	0.02	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	8.48	0.1	1.7
24	748274	1418360	0.14	0.46	0.61	0.07	0.57	0.02	0.19	0.42	Fresh.	Na	MixHCO3	f4	3	3.18	0.33	0.94
25	751190	1425456	0.7	0.43	0.74	0.09	1.52	0.06	0.45	0.06	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.64	0.3	0.77
26	751189	1425455	1.05	0.29	3.65	0.08	5.39	0.06	0.09	0.02	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	40.5	0.02	3.92
27	747816	1406960	2.1	2.14	13	0.46	2.2	1.23	13.5	0.07	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.96	6.16	1.14
28	747818	1406959	1	0.99	9.57	0.23	4.02	0.94	5.64	0.07	Fresh.	Na	Cl	f1	5	1.7	1.4	4.74
29	741424	1411400	2.79	0.53	1.22	0.21	2.92	0.94	0.9	0.01	Intrus.	Ca	HCO3	i1	1	1.35	0.31	1
30	726404	1434137	2.05	0.68	1.65	0.14	4.29	0.04	0.23	0.02	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	7.33	0.05	2.23
31	729715	1447572	1.7	0.25	0.57	0.25	1.39	0.23	0.54	0.05	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.06	0.38	0.49
32	728380	1441257	2.2	0.82	1.26	0.1	3.87	0.02	0.51	0.016	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.48	0.13	1.64
33	734973	1450953	3.09	0.27	0.48	0.22	3.7	0.02	0.25	0.274	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.93	0.07	0.7
34	727888	1451133	3.59	0.41	1.35	0.1	4.87	0.31	0.2	0.015	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	6.64	0.04	1.64
35	720930	1432189	1.4	1.73	0.91	0.16	1.2	0.62	0.76	0.597	Intrus.	MixMg	MixHCO3	i1	7	1.2	0.64	1.99
36	719651	1412817	0.8	0.34	0.91	0.28	1.82	0.02	0.56	0.019	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.62	0.31	0.93
37	713722	1406657	1.25	0.99	2.44	0.06	2.08	2.02	0.24	0.016	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	10.3	0.11	3.23
38	758371	1435296	0.6	0.46	0.22	0.15	1.2	0.04	0.05	0.015	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	4.82	0.04	0.78
39	740952	1435501	1.05	0.3	0.26	0.18	1.46	0.02	0.15	0.018	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.78	0.1	0.58
40	743827	1427310	4.29	0.15	0.52	0.05	4.82	0.02	0.24	0.403	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	2.2	0.05	0.47
41	763789	1396795	4.79	1.32	4.35	0.41	5.83	1.62	3.38	0.074	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.29	0.58	2.45
42	726667	1419540	3.79	0.99	1.78	0.09	5.18	0.4	0.79	0.015	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.26	0.15	2.01
43	760809	1405744	1.6	0.68	0.52	0.16	2.1	0.65	0.04	0.074	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	12.3	0.02	1.32

44	740344	1418822	2.4	0.44	0.78	0.13	2.88	0.04	0.45	0.274	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.73	0.16	0.87
45	709723	1405106	2.74	2.3	0.74	0.06	4.56	0.27	0.56	0.226	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.31	0.12	2.5
46	730159	1409753	1.3	0.63	0.7	0.15	2.33	0.02	0.25	0.018	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	2.8	0.11	1.22
47	746648	1412422	0.6	0.26	0.26	0.02	0.84	0.02	0.28	0.113	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.93	0.34	0.24
48	735762	1407562	1.8	0.54	1.22	0.15	2.41	0.17	1.1	0.024	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.11	0.46	0.74
49	732199	1410973	2	0.72	1.7	0.43	2.67	0.27	2.12	3.064	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	0.8	0.79	0.58
50	738883	1404419	5.49	2.39	7.44	0.46	6.34	3.75	5.36	0.194	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	1.39	0.84	4.54
51	724480	1402447	5.49	3.95	15.2	0.2	3.9	2.66	20.9	0.045	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.73	5.35	-3
52	746081	1446616	1.9	0.77	0.7	0.23	2.97	0.12	1.33	0.121	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.52	0.45	0.27
53	750981	1411237	0.45	0.21	1.44	0.06	0.67	0.02	0.17	0.019	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	8.48	0.25	1.52
54	727783	1444257	0.55	0.35	8.7	0.2	9.11	0.4	1.24	0.037	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	7.01	0.14	7.93
55	740954	1435502	1.5	0.49	0.74	0.24	2.88	0.02	0.07	0.016	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	10.9	0.02	1.39
56	746652	1412425	0.7	0.08	2.96	0.07	3.77	0.02	0.1	0.019	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	29.1	0.03	3
57	750981	1411238	0.43	0.2	3.91	0.13	4.33	0.02	0.15	0.015	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	26.7	0.03	4.08
58	725004	1431310	0.48	0.36	0.74	0.22	1.23	0.02	0.31	0.097	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.38	0.25	0.99
59	724841	1431812	0.75	0.67	1.87	0.22	0.69	0.02	2.06	0.645	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.91	2.99	0.56
60	724985	1431313	1.7	0.82	1.78	0.25	3.47	0.02	1.07	0.081	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.66	0.31	1.71
61	744296	1401560	11	36.2	122	12.5	93.4	19.7	141	3.871	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.86	1.51	19.4
62	744186	1401890	15	115	252	6.14	28.2	31.1	310	2.742	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.81	11	41.2
63	730832	1407274	1.2	0.51	0.78	0.15	2.13	0.02	0.56	0.021	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.39	0.26	0.84
64	730820	1406814	0.38	0.6	0.91	0.23	1.2	0.02	1.07	0.021	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	0.85	0.9	0.6
65	731736	1406344	3.04	1.15	4.26	0.38	4.75	3.33	3.38	0.039	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	1.26	0.71	2.17
66	736504	1410897	0	0.36	0.78	0.04	0.33	0.02	0.59	0.21	Fresh.	Na	Cl	f1	5	1.32	1.81	0.55

67	736865	1410247	0.8	4.85	32.2	15.6	32.8	3.81	36.7	0.016	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.88	1.12	13.4
68	734837	1405800	0.11	0.31	0.35	0.06	0.21	0.08	0.31	0.152	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	4	1.12	1.46	0.39
69	735552	1402735	1.25	0.99	3.57	0.41	0	4.16	2.76	0.026	Fresh.	Na	SO4	f4	2	1.29	###	2
70	725232	1431350	1.3	0.56	0.65	0.13	2.11	0.02	0.21	0.024	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	3.04	0.1	1.11
71	730867	1439025	1	0.99	1.65	0.33	0.43	0.56	1.61	1.452	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	3	1.03	3.77	1.25
72	733112	1426972	0.9	0.36	1.04	0.21	0.69	0.08	0.79	0.887	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	3	1.32	1.15	0.77
73	739384	1433361	0.23	0.2	0.26	0.2	0.54	0.02	0.26	0.177	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.01	0.48	0.38
74	734837	1405800	0.9	0.52	1.13	0.31	1.82	0.02	0.62	0.158	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.82	0.34	1.29
75	730832	1407274	1.2	0.67	1.22	0.18	2.52	0.02	0.59	0.015	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	2.06	0.23	1.43
76	730847	1406799	0.4	0.58	1.13	0.19	1.52	0.02	0.82	0.019	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.38	0.54	1.03
77	736865	1410247	0.24	1.07	20.9	0.46	0	0.1	31	0.015	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.67	###	-11
78	739384	1433361	1.05	0.39	0.52	0.21	0.95	0.54	0.56	0.452	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	7	0.93	0.59	0.52
79	710833	1406028	4.39	0.51	0.83	0.07	4.26	0.35	0.68	0.323	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.22	0.16	0.69
80	735429	1451088	0.95	0.44	0.48	0.22	1	0.71	0.34	0.323	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	7	1.41	0.34	0.78
81	729412	1453299	0.48	0.26	0.43	0.07	0.74	0.33	0.28	0.037	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.54	0.38	0.45
82	723906	1444429	0.6	0.64	0.57	0.28	0.69	0.02	0.56	0.79	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	1	0.82	0.88
83	728625	1448701	1.3	0.12	0.74	0.21	0.56	0.67	1.02	0.387	Intrus.	Ca	MixCl	i2	8	0.73	1.82	-0
84	735787	1442546	2.94	0.68	4.35	0.59	5.46	1.5	1.72	0.371	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.53	0.32	3.78
85	747392	1446763	0.6	1.23	0.43	0.36	0.21	0.02	0.45	2.097	Fresh.	MixMg	MixCl	f3	3	0.96	2.12	1.54
86	743648	1448514	1.75	1.32	0.3	0.12	1.93	0.33	0.45	0.597	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.67	0.23	1.26
87	739476	1440769	1.6	0.91	0.96	0.15	2.23	0.27	0.82	0.087	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.17	0.37	1.14
88	740134	1444360	1.75	0.54	1.09	0.28	1.23	0.65	0.96	1.387	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	8	1.13	0.78	0.88
89	747556	1440295	1.2	0.28	1.3	0.14	1.23	0.33	0.96	0.564	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	1.36	0.78	0.7



90	739660	1431179	0.4	0.2	0.17	0.06	0.25	0.02	0.14	0.387	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	8	1.29	0.55	0.28
91	741908	1435343	1.05	0.13	0.35	0.09	1.44	0.02	0.18	0.258	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.93	0.13	0.38
92	736435	1436634	0.4	0.19	0.3	0.18	0.36	0.17	0.48	0.155	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	4	0.64	1.33	0.16
93	750132	1440297	0.38	0.38	0.57	0.18	0.23	0.02	0.79	0.419	Intrus.	MixNa	Cl	i4	9	0.72	3.44	0.28
94	726362	1434134	0.8	0.04	0.3	0.12	0.92	0.02	0.34	0.015	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	0.9	0.37	0.1
95	721415	1431614	0.8	0.08	0.43	0.21	0.48	0.15	0.34	0.548	Intrus.	Ca	MixHCO3	i1	8	1.29	0.71	0.37
96	722091	1426075	1.3	0.2	1.52	0.24	1.21	0.4	0.85	1.355	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	1.8	0.7	1.05
97	727526	1427096	0.8	0.59	0.35	0.26	0.62	0.29	0.39	0.452	Intrus.	MixCa	MixHCO3	i1	7	0.88	0.63	0.77
98	732723	1423717	0.36	0.43	0.26	0.19	0.11	0.02	0.37	0.694	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	4	0.71	3.2	0.49
99	726004	1422589	0.4	0.29	0.22	0.61	0.11	0.02	0.25	1.339	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	0.88	2.16	0.85
100	741369	1411344	0.65	0.18	0.39	0.12	0.9	0.29	0.31	0.015	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.26	0.34	0.36
101	732665	1418338	0.6	0.12	0.3	0.28	0.87	0.02	0.28	0.194	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.08	0.32	0.4
102	737465	1416690	0.16	0.2	0.39	0.12	0.03	0.02	0.51	0.468	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	0.77	15.5	0.16
103	745922	1409057	0.23	0.44	0.17	0.05	0.08	0.06	0.34	0.258	Intrus.	MixMg	MixCl	i2	8	0.51	4.13	0.3
104	732745	1432675	0.16	0.27	0.17	0.2	0.16	0.02	0.28	0.419	Fresh.	MixNa	MixCl	f2	4	0.62	1.72	0.35
105	747005	1425942	0.22	0.02	0.17	0.1	0.21	0.02	0.34	0.015	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.51	1.59	-0.1
106	760027	1413053	1.35	0.53	1.48	0.1	1.82	0.56	1.24	0.061	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	1.19	0.68	0.77
107	755296	1421604	0.02	0.15	0.22	0.04	0.11	0.02	0.37	0.015	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.59	3.2	0.01
108	754414	1417770	0.15	0.22	0.52	0.06	0.48	0.06	0.45	0.015	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	1.16	0.95	0.32
109	760433	1421691	0.8	0.3	0.61	0.2	0.66	0.33	0.54	0.516	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	1.14	0.82	0.53
110	757454	1426642	0.48	0.16	0.39	0.11	0.74	0.1	0.23	0.052	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.73	0.31	0.42
111	755547	1429135	0.24	0.12	0.26	0.03	0.23	0.02	0.34	0.061	Intrus.	MixNa	Cl	i4	9	0.77	1.48	0.05
112	751937	1427023	0.33	0.15	0.39	0.16	0.26	0.02	0.51	0.242	Fresh.	Na	MixCl	f1	4	0.77	1.94	0.16

113	751962	1432083	0.14	0.02	0.48	0.15	0.15	0.15	0.56	0.048	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.85	3.82	0.04
114	754018	1435999	2.4	0.49	1.04	0.13	3.97	0.06	0.51	0.015	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.06	0.13	1.11
115	754185	1442785	0.55	0.46	0.57	0.07	0.69	0.4	0.56	0.015	Fresh.	MixNa	MixHCO3	f3	3	1	0.82	0.49
116	720451	1417220	0.16	0.15	0.22	0.24	0.25	0.02	0.18	0.306	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	1.2	0.73	0.41
117	717941	1412548	1.25	0.05	0.74	0.13	1.2	0.02	0.28	0.274	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	2.62	0.24	0.62
118	715939	1408941	2.55	1.89	0.65	0.01	4.7	0.62	0.08	0.015	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	1	8.26	0.02	2.47
119	709342	1402118	17	10.7	7.83	0.28	6.39	20	7.33	0.042	Fresh.	MixCa	SO4	f4	2	1.07	1.15	10.9
120	714723	1403092	2.99	0.29	10.4	0.36	6.87	1.29	6.77	0.194	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	1.54	0.99	3.83
121	722787	1415930	0.85	0.23	0.43	0.14	0.67	0.35	0.26	0.306	Intrus.	Ca	MixHCO3	i1	7	1.68	0.39	0.52
122	726198	1404250	0.36	0.11	3.31	0.2	0.08	1.71	2.43	0.015	Fresh.	Na	Cl	f1	5	1.36	29.6	1.02
123	720274	1405118	0.9	0.45	1.09	0.16	0.77	1.02	0.82	0.015	Fresh.	MixNa	MixSO4	f3	3	1.33	1.06	0.82
124	734981	1408683	1.6	0.72	1.04	0.19	2.11	0.81	0.79	0.021	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	1.32	0.37	1.11
125	735188	1405814	1.25	0.6	2.44	0.49	2.1	1.29	1.52	0.355	Fresh.	Na	MixHCO3	f3	3	1.6	0.73	1.89
126	735188	1405814	2.4	0.62	2.57	0.51	1.44	1.62	1.97	1.613	Fresh.	Na	MixCl	f2	3	1.3	1.37	1.58
127	729209	1409750	1.8	0.28	1.7	0.41	1.07	1.35	1.16	1.274	Fresh.	Na	MixSO4	f3	4	1.47	1.09	1.15
128	753823	1411246	0.08	0.05	0.26	0.03	0.08	0.02	0.39	0.015	Fresh.	Na	Cl	f1	5	0.66	4.82	-0.1
129	754980	1401292	0.9	0.66	0.22	0.43	0.44	0.83	0.65	0.077	Intrus.	MixCa	MixSO4	i1	7	0.34	1.47	0.62
130	752258	1406816	1.85	0.81	1	0.2	2.08	0.15	1.55	0.084	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	0.64	0.75	0.35
131	753510	1405819	0.41	0.24	0.17	0.09	0.15	0.12	0.54	0.029	Intrus.	MixCa	Cl	i3	8	0.32	3.63	-0.1
132	760911	1406372	0.9	0.36	0.3	0.11	1	0.42	0.18	0.106	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.69	0.18	0.59

ตารางที่ 8 ข้อมูลบ่อบาดาลชั้นน้ำหินแข็ง เดือนมกราคม พ.ศ.2561 (ความเข้มข้นของไอออนหน่วย meq/l)

Ref.	X	Y	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Phase	Facies		Substages	VALUE	Na/Cl	Cl/HCO <sub>3</sub>	REX
1	757944	1412917	4.74	0.71	1	0.05	6.54	0.25	0.42	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.36	0.06	1.31
2	753738	1429579	4.54	0.49	0.78	0.1	5.08	0.92	0.21	0.01	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	3.65	0.04	1.15
3	734140	1420840	3.79	0.22	0.43	0.17	3.75	0.42	0.48	0.18	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.91	0.13	0.31
4	758175	1406173	1.1	0.18	0.65	0.13	2.1	0.02	0.09	0.07	Fresh.	Ca	HCO3	f4	2	7.23	0.04	0.86
5	751060	1432308	3.74	0.61	1.35	0.36	3.97	0.02	1.52	0.39	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.89	0.38	0.68
6	729742	1403372	3.69	1.97	8.26	0.51	1.79	0.25	13.3	0.02	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.62	7.42	-3.5
7	717761	1419147	4.29	2.55	2.26	0.13	4.28	0.12	4.51	0.07	Intrus.	MixCa	Cl	i3	9	0.5	1.06	0.11
8	725215	1431361	3.34	0.51	0.74	0.14	4.23	0.44	0.21	0.03	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.45	0.05	1.16
9	753895	1435974	1.65	0.76	1.65	0.09	3.31	0.04	0.73	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	2.25	0.22	1.72
10	729603	1447630	4.09	1.65	0.83	0.21	5.69	0.04	0.48	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.72	0.08	2.17
11	728319	1441366	4.94	2.3	1.48	0.18	6.15	0.87	1.35	0.04	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.09	0.22	2.52
12	734973	1450951	2.45	0.65	0.7	0.11	3.29	0.17	0.24	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.94	0.07	1.2
13	727890	1451132	1.6	0.16	0.26	0.12	1.82	0.17	0.23	0.01	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	1.16	0.12	0.29
14	720929	1432187	3.84	-0.16	1.61	0.17	4.75	0.27	0.51	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.17	0.11	1.4
15	719651	1412817	1.2	0.46	0.83	0.25	2.64	0.02	5.36	0.01	Intrus.	MixCa	Cl	i3	10	0.15	2.03	-4.2
16	713724	1406657	2.5	0.79	0.83	0.07	3	0.21	0.24	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.49	0.08	1.44
17	758371	1435296	1.4	0.51	0.74	0.14	2.82	0.1	0.07	0.02	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	10.9	0.02	1.32
18	743830	1427310	0.75	0.91	2.87	0.18	4.16	0.1	0.16	0.1	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	18.2	0.04	3.79
19	763787	1396794	54.9	53.5	139	1.99	5.11	43.7	178	0.07	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.78	34.8	-4.3
20	726666	1419538	4.34	0.91	1.39	0.08	6.05	0.25	0.48	0.02	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.9	0.08	1.87

21	760811	1405743	1.35	0.12	1.04	0.08	1.85	0.15	0.28	0.07	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.7	0.15	0.95
22	740342	1418822	3.19	0.49	1.22	0.09	4.36	0.1	0.34	0.15	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.6	0.08	1.43
23	709724	1405104	3.39	2.55	0.7	0.1	5.34	0.42	0.59	0.26	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.17	0.11	2.71
24	730159	1409751	2.64	0.36	0.52	0.15	3.38	0.02	1.04	0.02	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	0.5	0.31	-0.1
25	735764	1407563	2.69	0.35	2.57	0.28	4.97	0.27	0.73	0.02	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	3.5	0.15	2.42
26	732199	1410971	1.85	0.61	1.39	0.24	3.46	0.02	0.65	0.03	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	2.15	0.19	1.55
27	738881	1404420	30.9	23	65.2	0.87	4.79	14.4	98.7	0.27	Intrus.	Na	Cl	i4	10	0.66	20.6	-17
28	724480	1402450	21	4.2	7.39	6.14	3.87	0.12	24.8	0.03	Intrus.	Ca	Cl	i3	10	0.3	6.42	-8.9
29	746079	1446615	2.1	1.56	0.7	0.16	3.29	0.1	0.19	0.04	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	3.63	0.06	2.22
30	727783	1444259	1.85	0.09	2.78	0.13	4.65	0.85	0.73	0.04	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	3.8	0.16	2.22
31	735408	1433530	0.17	0.29	0.57	0.19	0.92	0.02	0.2	0.05	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	2.78	0.22	0.83
32	725058	1446682	2	0.78	0.57	0.15	2.46	0.46	0.34	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	1.67	0.14	1.13
33	756627	1414456	0.95	0.32	0.39	0.07	1.66	0.02	0.16	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.48	0.1	0.61
34	734739	1412675	0.8	0	0.52	0.1	1.05	0.02	0.14	0.07	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.86	0.13	0.48
35	736681	1414388	1.35	0.25	1.65	0.17	3	0.02	0.06	0.07	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	29.3	0.02	2.01
36	725542	1419453	2.1	0.21	0.87	0.12	2.47	0.81	0.07	0.07	Intrus.	Ca	HCO3	i1	6	12.9	0.03	1.13
37	747773	1409375	0.36	0.1	3.74	0.21	2.56	0.5	1.13	0.07	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	3.32	0.44	2.84
38	745773	1410382	0.95	0.63	2	0.2	3.38	0.02	0.04	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	47.3	0.01	2.79
39	751004	1411222	0.03	0.03	0.17	0.03	0.11	0.02	0.15	0.01	Fresh.	Na	MixCl	f2	4	1.19	1.28	0.08
40	759597	1413065	0.6	0.35	0.48	0.11	1.52	0.04	0.11	0.01	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	4.24	0.07	0.82
41	749846	1413222	0.5	1.15	0.87	0.22	1.66	0.19	0.73	0.01	Fresh.	MixMg	HCO3	f4	2	1.19	0.44	1.46
42	754288	1414304	0.34	0.35	0.91	0.06	0.89	0.25	0.51	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.8	0.57	0.78
43	753793	1416568	0.47	0.27	0.43	0.15	1.26	0.02	0.08	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	5.51	0.06	0.78

44	749780	1416856	0.41	0.29	3.13	0.08	3.29	0.02	0.37	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	8.54	0.11	3.11
45	740217	1419010	0.6	0.38	0.78	0.28	0.31	0.06	1.3	0.34	Intrus.	Na	Cl	i4	9	0.6	4.17	0.05
46	756953	1420265	2.05	0.63	0.74	0.12	3.15	0.17	0.25	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	2.98	0.08	1.22
47	756860	1422673	0.6	0.12	0.48	0.12	1.05	0.04	0.11	0.01	Fresh.	MixCa	HCO3	f4	2	4.24	0.11	0.59
48	750674	1425474	0.6	0.1	1.61	0.08	2.18	0.02	0.21	0.06	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	7.51	0.1	1.56
49	724326	1402445	4.39	0.67	4.18	0.38	1.1	0.56	8.18	0.01	Intrus.	MixNa	Cl	i4	10	0.51	7.45	-3.5
50	726277	1409352	0.65	0.07	0.65	0.12	1.02	0.1	0.45	0.02	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.45	0.44	0.35
51	739472	1433359	2	0.07	3.31	0.13	4.93	0.04	0.06	0.01	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	58.6	0.01	3.44
52	756754	1399987	0.35	0.49	0.57	0.18	1.2	0.02	0.26	0.01	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	2.18	0.22	0.96
53	756120	1402657	1.35	0.43	0.78	0.12	2.47	0.04	0.2	0.01	Fresh.	Ca	HCO3	f4	1	3.86	0.08	1.11
54	710532	1397447	11.5	2.39	1.61	0.12	3.39	0.87	11.3	0.07	Intrus.	Ca	Cl	i3	10	0.14	3.33	-8
55	715580	1403053	2.3	1.65	5.22	0.54	5.54	0.06	3.95	0.07	Fresh.	Na	HCO3	f4	2	1.32	0.71	3.17
56	712101	1404895	2.99	3.46	3.78	0.07	6	1	3.1	0.07	Fresh.	MixNa	HCO3	f4	2	1.22	0.52	3.99

