



# โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

กรณีเคมีของหินท้องถิ่น หินทิ้ง และตะกอน  
ในพื้นที่เหมืองดีบุกเก่าตำบลปลีอก  
จังหวัดกาญจนบุรี

โดย

นายยอดมณัส เกิดบัว  
เลขประจำตัวนิสิต 5732746923

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

กรณีเคมีของหินท้องถิ่น หินทิ้ง และตะกอนในพื้นที่เหมืองดีบุกเก่า

ตำบลปิล็อก จังหวัดกาญจนบุรี

นายยอดมนัส เกิดบัว

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2560

GEOCHEMISTRY OF HOST-ROCKS, WASTE-ROCK AND SEDIMENTS IN  
ABANDANCED TIN MINE, PILOK SUBDISTRICT,  
KANCHANABURI PROVINCE

YODMANAS KERDBOUY

A REPORT IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT  
FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2017

วันที่ส่ง ...../...../.....  
วันที่อนุมัติ ...../...../.....

---

(อาจารย์ ดร. อภิสิตธิ์ ซาลา)  
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

# ธรณีเคมีของหินท้องที่ หินทิ้ง และตะกอนในพื้นที่เหมืองดีบุกเก่า

## ตำบลปิล็อก จังหวัดกาญจนบุรี

ผู้วิจัย: นายยอดมนัส เกิดบัว

อาจารย์ที่ปรึกษา: อาจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ซาล่า

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### บทคัดย่อ

การศึกษาธรณีเคมีของหินท้องที่ หินทิ้ง และตะกอนในพื้นที่เหมืองดีบุกเก่า ตำบลปิล็อก จังหวัดกาญจนบุรี ประกอบไปด้วยตัวอย่าง 3 ประเภท คือ หินท้องที่ หินทิ้ง และตะกอนดิน และนำไปทดลองการชะละลายด้วยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) ที่พีเอช 4 แล้วนำไปวิเคราะห์หาธาตุโลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) พบว่า ค่าความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของหินที่เลือกนำไปวิเคราะห์ทั้ง 13 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นหินท้องที่ 4 ตัวอย่าง หินทิ้ง 3 ตัวอย่าง และตะกอน 6 ตัวอย่าง จากผลการตรวจหาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP-MS ทำให้เราทราบว่า หินท้องที่พบธาตุโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐาน คือ As ของตัวอย่าง PL-01, PL-04, PL-05, PL-06 ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน หินทิ้งที่พบธาตุโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐาน คือ As ของตัวอย่าง PL-10, PL-13, PL-15 ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และ ตัวอย่าง PL-13 ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตะกอนทางน้ำพบธาตุโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐาน คือ As ของตัวอย่าง PL-08, PL-09, PL-12, PL-17, PL-18, PL-19 ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังนั้นควรเฝ้าระวังโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐานที่ได้กล่าวไว้เบื้องต้น และสามารถจัดเก็บดูแล หินท้องที่ หินทิ้ง และตะกอนตามลำดับได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามโครงการวิจัยนี้สามารถนำไปสู่การวางแผนการจัดการจัดเก็บ หินท้องที่ หินทิ้ง และตะกอน ที่สมัยก่อนได้จากการทำเหมืองและไม่มีการจัดเก็บที่ดีพอ เพื่อในอนาคตมีการวางแผนการจัดการกับปัญหาดังกล่าวที่จะตามมาอาจจะส่งผลต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบเหมืองเก่า

**GEOCHEMISTRY OF HOST-ROCKS, WASTE-ROCKS AND SEDIMENTS  
IN ABANDANCED TIN MINE, PILOK SUBDISTRICT,  
KANCHANABURI PROVINCE**

**Researcher:** Yodmanas Kerdbouy

**Advisor:** Dr. Abhisit Salam

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

**Abstract:**

The study on the geochemistry of host-rocks, waste-rocks and sediments in abundanced tin mine, Pilok Subdistrict, Kanchanaburi Province. There are three types of examples is volcanic rock, waste rock, and steam sediments. Experimental leaching with Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) method at pH 4. Analysis of heavy metals by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS), It was found that the average concentration of the selected rocks was analyzed for 13 samples, volcanic rock 4 samples waste rock 3 samples and steam sediments 6 samples. The results of the heavy metal detection with the ICP-MS, we know volcanic rock is as in samples PL-01, PL-04, PL-05 and PL-06 more than the Surface Water Quality Standards. Waste rock is as in samples PL-10, PL-13 and PL-15 more than the Surface Water Quality Standards include and sample PL-03 more than the industrial effluent standards. Steam sediments is as in samples PL-08, PL-09, PL-12, PL-17, PL-18, and PL-19 more than the Surface Water Quality Standards. Therefore, heavy metals should be monitored beyond the stated standard and volcanic rock, waste rock, and steam sediments store properly. This research project can lead to the planning of storage management volcanic rock, waste rock, and steam sediments. In the future, there are plans to deal with such problems that may affect the community and environment around the old mine.

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการวิจัยเรื่อง ธรณีเคมีของหินท้องที่ หินทิ้ง และตะกอน ในพื้นที่เหมืองดีบุกเก่า ตำบลปิล็อก จังหวัดกาญจนบุรี เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย (Senior project) ซึ่งเป็นรายวิชาของ นิสิตชั้นปีที่ 4 ที่ได้เรียนรู้ประสบการณ์เพิ่มเติมจากงานวิจัยในครั้งนี้

โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการชื่อ อาจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ซาล่า ที่คอยให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือเป็นอย่างดี ตลอดจนให้ความรู้ คำปรึกษา และการวิเคราะห์ข้อมูล จนถึงวันนำเสนอข้อมูลเป็นเล่มรายงานนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณาจารย์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชา ธรณีวิทยาทุกท่านที่ให้ความรู้ ตลอดจนให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ขอขอบพระคุณพี่ไศริศ พุ่มพวง ที่ให้คำแนะนำในการทำการชะละลายโลหะหนัก และติดต่อหาเครื่องมือวิเคราะห์โลหะหนักได้ที่หน่วย เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยมหิดล จนได้ผลวิเคราะห์ที่เสร็จสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณพี่ๆบุคลากรทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการศึกษาใช้ห้องปฏิบัติการในครั้งนี้มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ รวมถึงน้องๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจให้และคอยช่วยเหลือมาโดยตลอด

## สารบัญ

	หน้า
หัวข้อภาษาไทย	ก
หัวข้อภาษาอังกฤษ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
บทที่ 1	
1.1 ข้อความเบื้องต้น	1
1.2 นิยามปัญหา	2
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.4 สมมติฐาน	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา	2
1.6 พื้นที่ศึกษา	2
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	
2.1 ธรณีวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี	5
2.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่	13
บทที่ 3	
3.1 ศึกษางานวิจัยเก่าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	15
3.2 รวบรวมข้อมูลภาคสนาม	15
3.3 วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	18
บทที่ 4	21



บทที่ 5	
5.1 อภิปรายผลการศึกษา	27
5.2 สรุป	28
5.3 ข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	31

# บทที่ 1

## บทนำ (Introduction)

### 1.1 ข้อความเบื้องต้น

ประเทศไทยมีทรัพยากรแหล่งแร่โลหะหลายชนิด เช่น แหล่งแร่พลวง ทังสแตน และดีบุก ซึ่งในอดีตแหล่งแร่เหล่านี้ได้เคยมีการผลิตแร่และส่งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ (Changul, 2008) แต่ปัจจุบันการผลิตแร่เหล่านี้ได้ลดน้อยลง และในบางพื้นที่เหมืองได้หยุดการผลิตและปิดทำการ แต่หินทิ้งและตะกอนดินที่ได้จากการทำเหมืองถูกกองทับถมอยู่บริเวณเหมืองหลายแห่ง โดยไม่มีการดูแลอย่างถูกต้องและเป็นระบบ เมื่อเวลาผ่านไปเป็นระยะเวลาเวลานาน หินทิ้งและตะกอนดินจากการทำเหมืองเหล่านี้มีการผุพัง ซึ่งจะทำให้โลหะหนักชนิดต่าง ๆ ปนเปื้อนลงสู่ทางน้ำและอาจเป็นผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนในบริเวณใกล้เคียง (Mahawat, 1988)

พื้นที่สำรวจปลีอกตั้งอยู่ในตำบลปลีอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ในบริเวณนี้มีเหมืองเก่าอยู่ด้วยกันหลายแห่ง เช่น เหมืองช้างเผือก เหมืองปู่เมอะ เหมืองปลีอก เหมืองอีปู่ เหมืองผาแปะ เหมืองสองแขวะ เหมืองเขาไม้ เป็นต้น ซึ่งเหมืองดังกล่าวทั้งหมดนี้เรียกโดยรวมว่า หมู่เหมืองปลีอก (กรมทรัพยากรธรณี, 2548) พื้นที่ที่ใช้ศึกษาครั้งนี้คือ เหมืองปลีอก ตั้งอยู่บริเวณเขาเนินช้างศึก ซึ่งเป็นเหมืองแร่ดีบุกที่เปิดทำเหมืองตั้งแต่ พ.ศ. 2524 ถึง พ.ศ. 2549 (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2561) ปัจจุบันเป็นพื้นที่ที่มีหินทิ้งและตะกอนดินจากเหมืองเก่าทับถมกันอยู่และขาดการจัดเก็บที่ถูกต้อง พื้นที่แห่งนี้แม้เคยมีการศึกษาทางด้านธรณีวิทยาแหล่งแร่อยู่บ้างแต่ยังไม่เคยมีการศึกษาวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะความเป็นไปได้ของการก่อให้เกิดกรดของหินทิ้งที่ และปริมาณโลหะหนักจากหินทิ้งและตะกอนที่อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและคนในชุมชนที่ใกล้เหมืองเก่า ซึ่งปัจจุบันกลายเป็นที่ท่องเที่ยว

ดังนั้นโครงการนี้ต้องการศึกษาธรณีเคมีของหินทิ้งที่ หินทิ้งและตะกอนในหัวข้อที่เกี่ยวกับโอกาสการเกิดปริมาณโลหะหนักในหินทิ้งที่ หินทิ้งและตะกอน เพื่อหาทางป้องกันการปนเปื้อนของโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน

## 1.2 นิยามปัญหา

โลหะหนักที่ถูกชะละลายออกมาจากหินทองที่ หินทิ้ง และตะกอนดิน ภายใต้สภาวะความเป็นกรดค่าเดียวกัน จะส่งผลกระทบต่อสภาวะสิ่งแวดล้อมและน้ำใต้ดินในพื้นที่บริเวณเหมืองและพื้นที่โดยรอบที่แตกต่างกัน เนื่องจากโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบที่ต่างกัน

## 1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

การเกิดปริมาณโลหะหนักในหินทองที่ หินทิ้ง และตะกอนในพื้นที่เหมืองดีบุกเก่า

## 1.4 สมมติฐาน

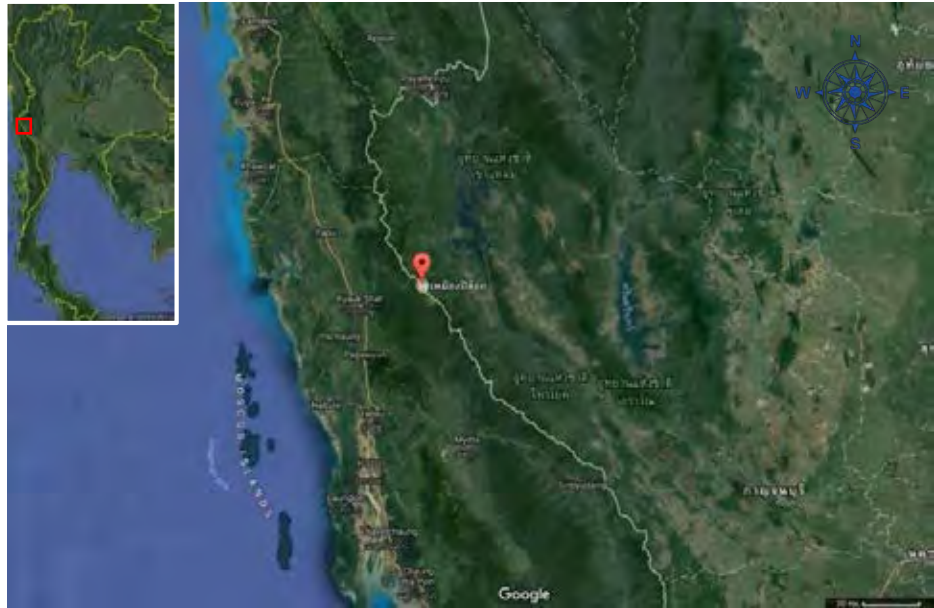
เหมืองดีบุกเก่าตำบลปิล็อก จังหวัดกาญจนบุรี ที่ปิดทำเหมืองไปนานถึง 11 ปี อาจก่อให้เกิดปริมาณโลหะหนักจากหินทองที่ หินทิ้ง และตะกอน ภายใต้สภาวะความเป็นกรดค่าเดียวกัน จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและพื้นที่บริเวณโดยรอบที่แตกต่างกัน เนื่องจากโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบที่ต่างกัน

## 1.5 ขอบเขตการศึกษา

วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่ถูกชะละลายออกมาจากหินทองที่ หินทิ้ง และตะกอนดิน จากพื้นที่เหมืองเก่า ตำบลปิล็อก จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 20 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างหินทองที่ 8 ตัวอย่าง หินทิ้ง 6 ตัวอย่าง และตะกอนทางน้ำ 6 ตัวอย่าง โดยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP): SW-846 EPA Method 1312 (U.S. EPA, 1994) และวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) ยี่ห้อ Agilent Technologies รุ่น 7500 series และนำผลไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

## 1.6 พื้นที่ศึกษา

เหมืองแร่ดีบุกเก่าที่เป็นพื้นที่ศึกษาชื่อว่า เหมืองแร่ปิล็อก ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันตกของประเทศไทย อยู่ใกล้กับชายแดนพม่า ในตำบลปิล็อก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (รูปที่ 1.1) ซึ่งเดินทางไปโดยใช้รถยนต์ของภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมีระยะทางในการเดินทางสำรวจพื้นที่ประมาณ 1 กิโลเมตร



รูปที่ 1.1 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งจุดศึกษา (google earth, 2018)



รูปที่ 1.2 ลักษณะพื้นที่ทางน้ำ



รูปที่ 1.3 ลักษณะพื้นที่ที่มีหินทิ้ง

## 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

### ก. ด้านความรู้และประสบการณ์

1. ได้ประสบการณ์และความรู้การทำภาคปฏิบัติการทางเคมีในห้องปฏิบัติการได้อย่างถูกต้อง
2. ได้ประสบการณ์การฝึกใช้เครื่องมือต่างๆที่เกี่ยวข้อง

ข. ความรู้ ความเข้าใจที่นำไปสู่การแก้ปัญหาของสังคมหรือสภาพแวดล้อม

1. ทราบปริมาณโลหะหนักในหินท้องถิ่น หินทิ้ง และตะกอนร่องน้ำ มีปริมาณมากน้อยเพียงใด

2. ในกรณีที่มีปริมาณโลหะหนักมาก ที่มาจากการฝังของหินทิ้งในพื้นที่ สามารถนำ

ข้อมูลไปแจ้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้เข้ามาแก้ไขปัญหาหินทิ้งที่ก่อให้เกิดโลหะหนัก

และส่งผลกระทบต่อชุมชน

## บทที่ 2

### ธรณีวิทยา (Geology)

#### 2.1 ธรณีวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี

พื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี ส่วนใหญ่ 75 % มีลักษณะภูมิประเทศทางด้านทิศเหนือเป็นภูเขาสูงยาวลงมาทางด้านทิศตะวันตกกลางมาจนถึงบริเวณตอนกลางของจังหวัด ซึ่งประกอบไปด้วยหินแข็งที่มีอายุมากกว่า 570-1.6 ล้านปี ส่วนอีก 25 % ของพื้นที่เป็นพื้นที่ราบทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัด ได้แก่ ที่ราบเชิงเขา และพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ซึ่งประกอบด้วยชั้นตะกอนที่มีอายุ 1.6-0.01 ล้านปี

หินที่พบในจังหวัดกาญจนบุรีประกอบไปด้วย หินตะกอน หินแปร และหินอัคนี อีกทั้งยังพบตะกอนที่หลากหลาย ส่วนโครงสร้างทางธรณีวิทยาจะประกอบไปด้วย แนวรอยเลื่อน รอยแตก และรอยคดโค้งในชั้นหิน (รูปที่ 2.1)

##### 2.1.1 หินแปรยุคพรีแคมเบรียน (PE)

ประกอบด้วยหินแปรชนิดต่างๆ ได้แก่ หินไนส์เนื้อดอก หินไมกาชีสต์สีเทา หินควอตซ์ ไมกาชีสต์สีเทาจาง และสีน้ำตาลแกมเหลือง หินควอร์ตไซต์สีน้ำตาลแกมเหลือง หินแคลก์-ซิลิเกตสีเทาแกมเขียว และหินอ่อน สีเทาจาง หินยุคนี้มีอายุมากกว่า 570 ล้านปี พบกระจายตัวอยู่ในเขตอำเภอเมือง แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขา เขาโดด และเนินเขา เช่น เขาชนไก่ เขาพนมยอ และเขานมนาง

##### 2.1.2 หินแปรและหินตะกอนยุคแคมเบรียน (E)

ประกอบด้วยหินแปร และหินตะกอนชนิดต่างๆ ได้แก่ หินควอร์ตไซต์ หินทรายเนื้อควอตซ์ หินดินดาน หินแคลก์-ซิลิเกต และหินอ่อน หินยุคนี้มีอายุประมาณ 570-505 ล้านปี ส่วนใหญ่พบกระจายตัวอยู่ในเขตอำเภอทองผาภูมิ และอำเภอศรีสวัสดิ์ ต่อเนื่องลงมาจนถึงตอนเหนือของอำเภอเมือง แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขา เช่น เขาองทิ อำเภอทองผาภูมิ และ เขาหัวดี อำเภอศรีสวัสดิ์

### 2.1.3 หินแปรยุคออร์โดวิเซียนถึงแคมเบรียน (EO)

ประกอบด้วยหินแปรชนิดต่างๆ ได้แก่ หินแคลก์-ซิลิเกต หินอ่อน หินควอร์ตไซต์ หินควอตซ์ ซีสต์หินไมกาซีสต์ และหินฟิลไลต์ หินยุคนี้มีอายุประมาณ 570-438 ล้านปี พบทางตอนใต้ของอำเภอศรีสวัสดิ์ ต่อเนื่องลงมาจนถึงทางตอนเหนือของอำเภอเมือง อำเภอท่าม่วง และอำเภอท่ามะกา แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขา และเขาโดด เช่น เขาพิง อำเภอท่าม่วง เขาแดง และเขาพระ อำเภอท่ามะกา

### 2.1.4 หินตะกอนยุคออร์โดวิเซียน (O)

ประกอบด้วยหินตะกอนชนิดต่างๆ ได้แก่ หินปูน หินปูนเนื้อดิน หินปูนเนื้อทราย และเนื้อทราย แป้งสีเทา และสีเขียวแกมน้ำเงิน หินดินดานเนื้อปูน หินทรายเนื้อปูน และหินโคลนเนื้อปูนสีเทา พบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ทะเลจำพวกเซฟาโลพอดได้แก่ แอมโมนิตหรือหอยวงช้าง และสัตว์ทะเลจำพวก ไครนอยด์สเต็มหรือปลับปลิงทะเลเนื่องจากมีรูปร่างคล้ายต้นไม้ หินยุคนี้มีอายุประมาณ 505-438 ล้านปี พบมากในเขตอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ อำเภอศรีสวัสดิ์ อำเภอหนองปรือ อำเภอบ่อพลอย อำเภอเมือง และพบบ้างในเขตอำเภอไทรโยค อำเภอด่านมะขามเตี้ย อำเภอเลาขวัญ อำเภอห้วยกระเจา และอำเภอท่าม่วง แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขา เขาโดด และเนินเขา เช่น เขาไร่อุ อำเภอสังขละบุรี เขาช่างไต้ อำเภอทองผาภูมิ และเขาถ้ำขี้ค้างคาว อำเภอหนองปรือ

### 2.1.5 หินตะกอนและหินแปรยุคทีไวเนียนถึงไซลูเรียน (SD)

ประกอบด้วยหินตะกอน และหินแปรชนิดต่างๆ ของหมวดหินบ่อพลอย ได้แก่ หินทรายเนื้อควอตซ์ หินทรายเนื้อดินสีน้ำตาล และเทา หินดินดาน และหินทรายแป้ง บางแห่งถูกแปรสภาพเป็นหินควอร์ตไซต์ หินฟิลไลต์ และหินชนวน พบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ทะเลพวกเทนตะคิวไลต์ หินยุคนี้มีอายุประมาณ 438-360 ล้านปี พบกระจายตัวในเขตอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ อำเภอศรีสวัสดิ์ อำเภอเลาขวัญ อำเภอหนองปรือ อำเภอบ่อพลอย อำเภอห้วยกระเจา อำเภอพนมทวน อำเภอไทรโยค อำเภอด่านมะขามเตี้ย อำเภอเมือง อำเภอท่าม่วง และอำเภอท่ามะกา แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขา เขาโดด และเนินเขา เช่น เขาใหญ่ และเขาตอง อำเภอเมือง เขาพ่อปู่ อำเภอเลาขวัญ และเขาเขียว อำเภอบ่อพลอย

### 2.1.6 หินตะกอนและหินแปรยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงไซลูเรียน (SDC และ SDCm)

ประกอบด้วยหินตะกอนและหินแปรชนิดต่างๆ ได้แก่ หินดินดาน และหินทรายแป้งสีน้ำตาลแกมเหลือง สีเทาแกมเขียว หินปูนสีเทา หินดินดานเนื้อฟิลไลต์ หินดินดานเนื้อไมกา หินทรายเนื้อไมกา หินชนวน และหินควอร์ตไซต์ พบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ทะเลจำพวกหอยวงช้าง และโคโนดอนต์ หินยุคนี้มีอายุประมาณ 438-286 ล้านปี พบในเขตอำเภอสังขละบุรี อำเภทองผาภูมิ อำเภศรีสวัสดิ์ อำเภหนองปรือ อำเภบ่อพลอย และอำเภไทรโยค แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นทั้งเทือกเขา เขาโดด และเนินเขา ตัวอย่างเช่น เขามูลี และเขาน้ำดอกไม้ อำเภหนองปรือ

### 2.1.7 หินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอรัส (C)

ประกอบด้วยหินตะกอนชนิดต่างๆ ได้แก่ หินทราย หินดินดานสีเทา สีเทาแกมเขียว หินทรายแป้ง หินโคลน หินดินดานกึ่งหินชนวน และหินปูน พบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ทะเลจำพวกไทรโลไบต์ หินยุคนี้มีอายุประมาณ 360-286 ล้านปี มีลักษณะภูมิประเทศเป็นทั้งเทือกเขา และเนินเขา พบกระจายตัวในเขตอำเภอสังขละบุรี เช่น เขาทิวาคอง และอำเภทองผาภูมิ เช่น เนินที่อยู่ทางด้านทิศเหนือสุดของเขาน้ำโจน

### 2.1.8 หินตะกอนยุคเพอร์เมียนถึงคาร์บอนิเฟอรัส (CPkp และ CPkc)

ประกอบด้วยหินตะกอนชนิดต่างๆ ของหมวดหินเขาพระ (CPkp) และหมวดหินเขาเจ้า (CPkc) มีอายุประมาณ 360-245 ล้านปี โดยหมวดหินเขาพระมีอายุแก่กว่าวางตัวอยู่ด้านล่าง ประกอบด้วยหินทรายเกรย์แวก และหินดินดานสีเทาแกมเขียวถึงเทาปานกลาง หินทรายอาร์โคสสีชาวจึงน้ำตาลแกมเหลือง หมวดหินเขาเจ้าวางตัวอยู่บนหมวดหินเขาพระประกอบด้วย หินทรายอาร์โคสสีชาวจึงน้ำตาลแกมเหลือง หินโคลนสีขาว และเทา หมวดหินนี้ พบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ทะเลจำพวกหอยตะเกียง ไครนอยด์สเต็ม และไบรโอซัวร์รูปร่างคล้ายตาข่ายหรือร่างแห หมวดหินเขาพระมีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขา ปกคลุมพื้นที่ทางด้านตะวันตกของจังหวัดกาญจนบุรีตั้งแต่เขาปะหนองโทคี อำเภอสังขละบุรี ต่อเนื่องลงมาถึงเขาสำเภา อำเภอด่านมะขามเตี้ย สำหรับหมวดหินเขาเจ้ามีลักษณะภูมิประเทศเป็นเขาโดด และเนินเขา พบเป็นหย่อมๆ ในเขตอำเภเมือง เช่น เขาโป่งกฐิน และอำเภท่าม่วง เช่น เขาดินสอ และเขานางพิม



### 2.1.9 หินตะกอนยุคเพอร์เมียน (P1 และ P2)

ประกอบด้วยหินตะกอนชนิดต่างๆ ของกลุ่มหินราชบุรี ได้แก่ หินดินดาน และหินทรายสีเทาถึงสีเทาแกมเขียวสลับด้วยหินดินดานปนทรายสีเทาเข้มถึงสีดำ (P1) หินปูนสีเทาถึงสีเทาเข้ม หินปูนเนื้อโดโลไมต์ พบหินทราย และหินดินดานบ้าง มีซากดึกดำบรรพ์สัตว์ทะเลจำพวกฟิวซิลินิดหรือคดข้าวสาร หอยตะเกียง ปะการัง แอมโมไนต์ และไครนอยด์สเต็ม (P2) หินยุคนี้มีอายุประมาณ 286-245 ล้านปี พบเป็นแนวต่อเนื่องตั้งแต่ตอนเหนือของอำเภอสังขละบุรี ผ่านอำเภอทองผาภูมิ อำเภอศรีสวัสดิ์ อำเภอไทรโยค อำเภอเมือง อำเภอด่านมะขามเตี้ย อำเภอท่าม่วง และอำเภอท่ามะกา แสดงลักษณะภูมิประเทศ เป็นทั้งเทือกเขา เขาโดด และเนินเขา ตัวอย่างเช่น เขาบ้านถ้ำ อำเภอท่าม่วง และเขาท่าขนุน อำเภอทองผาภูมิ

### 2.1.10 หินตะกอนยุคไทรแอสซิก (TRss และ TRdol)

ประกอบด้วยหินตะกอนชนิดต่างๆ ได้แก่ หินทราย และหินโคลนสีเทาดำถึงสีน้ำตาล หินปูนกรวดมนสีเทาแกมน้ำตาล (TRss) หินปูนเนื้อโดโลไมต์สีเทาอ่อนถึงสีเทาแกมชมพู สลับกับหินปูน และหินปูนกรวดมน (TRss) พบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ทะเลจำพวกหอยกาบคู่หรือหอยสองฝา และหอยตะเกียง หินยุคนี้มีอายุประมาณ 245-210 ล้านปี พบในเขตอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ อำเภอศรีสวัสดิ์ และอำเภอหนองปรือ แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นทั้งเทือกเขา เขาโดด และเนินเขา เช่น เขาโรง อำเภอหนองปรือ และเขาไร่ยองตะ อำเภอสังขละบุรี

### 2.1.11 หินตะกอนยุคจูแรสซิก (J1 และ J2)

ประกอบด้วยหินตะกอนชนิดต่างๆ และหินแปร ได้แก่ หินปูนเนื้อโดโลไมต์ สีเทาแกมน้ำตาลถึงสีเทา (J1) และหินปูนกรวดมน เม็ดกรวดประกอบด้วย หินปูน หินทราย หินควอร์ตไซต์ หินดินดาน หินกรวดมน (J2) หินยุคนี้มีอายุประมาณ 210-140 ล้านปี พบในเขตอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ และอำเภอไทรโยค แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นทั้งเทือกเขา เขาโดด และเนินเขา ตัวอย่างเช่น เขาเสาหงส์ อำเภอทองผาภูมิ

### 2.1.12 หินตะกอนยุคครีเทเชียสถึงจูแรสซิก (JK)

ประกอบด้วยหินตะกอนชนิดต่างๆ ได้แก่ หินทรายอาร์โคสสีขาวยิ่งน้ำตาลแกมแดง สลับด้วย หินโคลนสีขาวยิ่งเทาจาง หินทรายกรวดมน และหินปูนกรวดมน หินยุคนี้มีอายุประมาณ 210-66.4 ล้านปี พบกระจายตัวเป็นแนวยาวตั้งแต่อำเภอไทรโยคผ่านอำเภอเมือง อำเภอด่านมะขามเตี้ย อำเภอท่าม่วง และอำเภอท่ามะกา แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็น เขาโดด และเนินเขา ตัวอย่างเช่น เขาสามพระยา อำเภอเมือง เขาภูทอง อำเภอด่านมะขามเตี้ย และเขารธรรมอุทยาน อำเภอท่าม่วง

### 2.1.13 หินตะกอนยุคเทอร์เชียรี (T)

ประกอบด้วยหินตะกอนจับตัวกึ่งแข็ง ได้แก่ หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน สีเทาอ่อนถึงสีเทาแกมเขียว หินปูนกรวดมนน้ำจืด หินปูนเนื้อมาร์ล และชั้นกรวดปิดทับด้านบน หินยุคนี้มีอายุประมาณ 66.4-1.6 ล้านปี พบซากดึกดำบรรพ์ของหอยน้ำจืด พวงหอยขม หินยุคนี้กระจายตัวในเขตอำเภอศรีสวัสดิ์ และอำเภอทองผาภูมิ แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขา ตัวอย่างเช่น เนินเขาต้านตะวันตกของอ่างเก็บน้ำศรีนครินทร์ และเนินเขาต้านตะวันตกของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ์

### 2.1.14 ตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Qc Qt Qa Qff Qfc และ Qfl)

ประกอบด้วยตะกอนชนิดต่างๆ ที่มีอายุประมาณ 1.6-0.01 ล้านปี สามารถแบ่งย่อยตามชนิดและสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวได้เป็น 6 หน่วยตะกอน ได้แก่

1) ตะกอนเศษหินเชิงเขา และตะกอนฝังอยู่กับที่ (Qc) ประกอบด้วยตะกอนเศษหินควอร์ตไซต์ เศษหินทราย เศษหินทรายแป้ง เศษหินแกรนิต ตะกอนทราย ตะกอนทรายแป้ง ดินลูกรัง และดินเทอราโรซ่า แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบแผ่กระจายบริเวณเชิงเขา หรือขอบแอ่งสะสมตะกอน พบในเขตอำเภอหนองปรือ อำเภอเลาขวัญ อำเภอบ่อพลอย อำเภอห้วยกระเจา อำเภอไทรโยค อำเภอเมือง อำเภอพนมทวน อำเภอด่านมะขามเตี้ย อำเภอท่าม่วง และอำเภอท่ามะกา

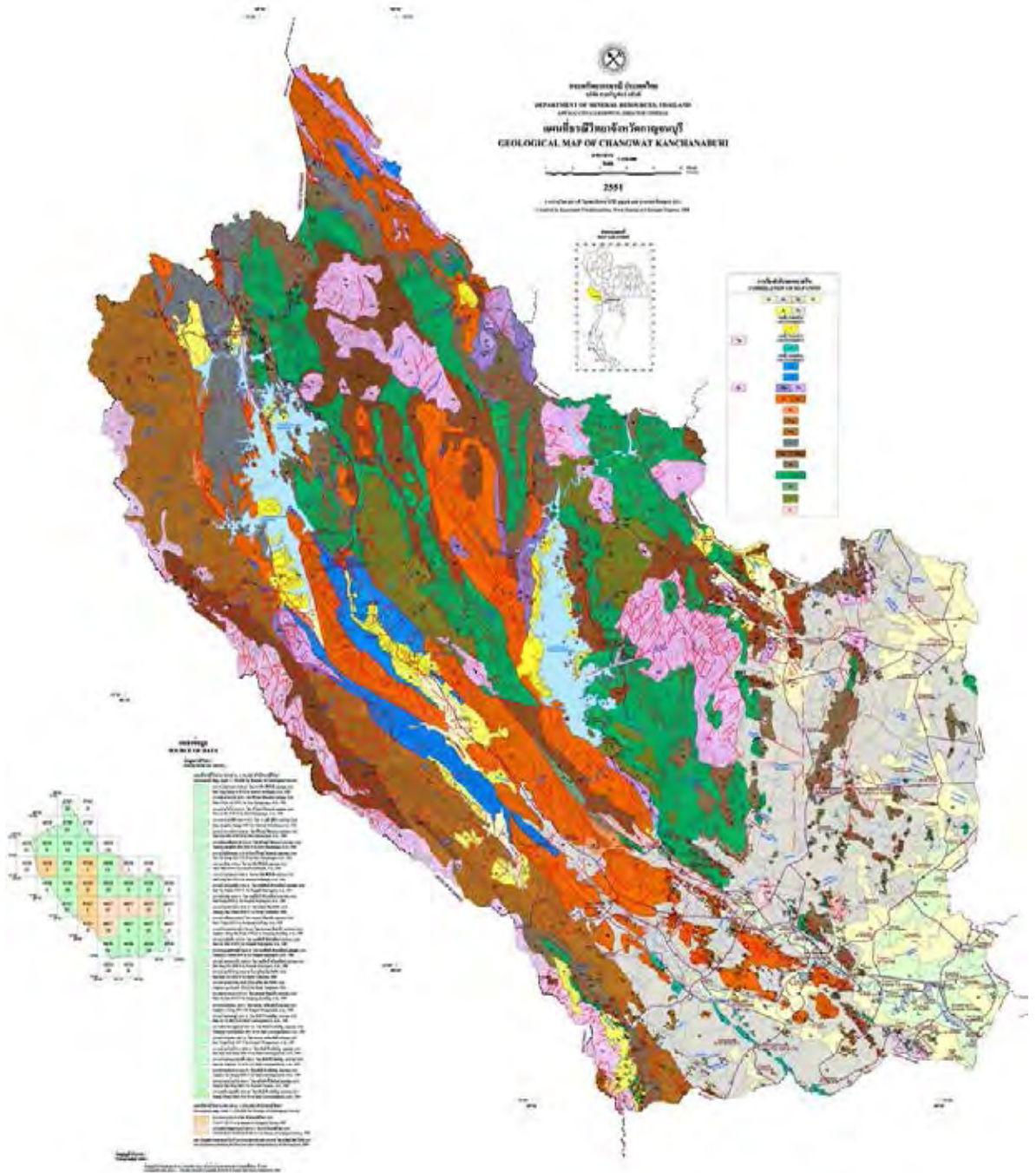
2) ตะกอนตะพัก (Qt) ประกอบด้วยตะกอนกรวด และทราย แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบชั้นบันไดตามแนวลำน้ำที่มีการกัดเซาะในแนวตั้งมาก มักพบใกล้พื้นที่ต้นน้ำในเขตอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ อำเภอไทรโยค อำเภอศรีสวัสดิ์ อำเภอหนองปรือ อำเภอเมือง และอำเภอด่านมะขามเตี้ย

3) ตะกอนน้ำพา (Qa) ประกอบด้วยตะกอนกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ตะกอนแต่ละขนาดมีการสะสมตัวปะปนกันไม่ค่อยเป็นระบบ และชั้นตะกอนไม่หนามาก แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบต่ำน้ำท่วมถึงตามแนวลำน้ำ พบในเขตอำเภอไทรโยค อำเภอหนองปรือ อำเภอบ่อพลอย อำเภอเลาขวัญ อำเภอห้วยกระเจา อำเภอเมือง อำเภอพนมทวน อำเภอด่านมะขามเตี้ย อำเภอท่าม่วง และอำเภอท่ามะกา

4) ตะกอนที่ราบลุ่มแม่น้ำ (Qff) ประกอบด้วยตะกอน กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบต่ำน้ำท่วมถึงตามแนวลำน้ำ ตะกอนแต่ละชนิดมีการคัดขนาดค่อนข้างดี สะสมตัวแยกชั้นกันอย่างเป็นระบบ และชั้นตะกอนหนามากกว่าแบบตะกอนน้ำพา (Qa) พบในเขตอำเภอเมือง อำเภอท่าม่วง อำเภอท่ามะกา อำเภอพนมทวน และอำเภอหนองปรือ

5) ตะกอนร่องน้ำ (Qfc) ประกอบด้วยทรายร่องน้ำ สันดอนทราย และมีตะกอนคันดินธรรมชาติปะปนบ้าง พบในแม่น้ำ และริมฝั่งแม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำแควน้อย ในเขตอำเภออำเภอเมือง และอำเภอท่าม่วง

6) ตะกอนคันดินธรรมชาติ (Qfl) ประกอบด้วยทรายแป้ง และทรายแป้งปนดินเหนียว เนื้อร่วนชั้นทรายปนกรวด และรากพืช พบริมฝั่งแม่น้ำแม่กลอง ในเขตอำเภอท่ามะกา



รูปที่ 2.1 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี (DMR, 2551)

คำอธิบาย  
EXPLANATION

ประเภทหินชั้นและหินแปร SEDIMENT, SEDIMENTARY AND METAMORPHIC ROCKS	ชื่อหน่วย/กลุ่มหิน FORMATION/GROUP	ยุค PERIOD	อายุ (ล้านปี) AGE (my)
 ชั้นตะกอนชั้นบางที่มี ชั้นทรายและโคลน (สลับกัน) เป็นชั้นๆ มีชั้นทรายปนทรายและโคลน Mixed layer deposits : silt and clay silt, loam to shaly, with layer of gravelly sand and mud.			
 ชั้นตะกอนหยาบ : ตะกอนทรายปนทรายและโคลน Coarse deposits : mixture of silt and sand, sand silt, and gravelly silt.			
 ชั้นตะกอนเหนียว : ทรายปนทรายและโคลน Fossiliferous deposits : gravel, sand, silt and clay.			
 ชั้นตะกอนทราย : ทรายปนทรายและโคลน Alluvial deposits : gravel, sand, silt and clay.			
 ชั้นตะกอนกรวด : ทรายปนทรายและโคลน Tertiary deposits : gravel and sand.			
 ชั้นตะกอนหินกรวดและหินทรายปนทรายและโคลน (สลับกัน) มีชั้นหินกรวดและหินทรายปนทรายและโคลน Caliche and caliche deposits : calc. fragments of quartzite, sandstone, shales, granite and sand silt; breccia and calc. cemented silt.			
 หินปูนสีเทาปนเทา หินปูน หินทรายสีเทาปนเทา หินทรายขาวปนเทา หินทรายขาวปนเทา หินปูนปนทราย Sandstone, shales, sandstone, light gray to granular gray, unconsolidated, indurated/bedded from water conglomerate limestone sandy limestone and gravelly sand to upper part.			
 หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย Ardak sandstone, reddish brown, fine to medium-grained, moderate sorted, except for coarse, massive, thin bedded and laminated; lamellated with mudstone, shales to light gray mudstone conglomerate and limestone conglomerate.	ครีตเชียส/จูราซซิก CRETACEOUS to JURASSIC		66-4-210
 หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย Limestone conglomerate, with shales of limestone, sandstone, quartzite, shale and some conglomerate, massive to subbedded, cross-bedded, sandstone massive.	จูราซซิก JURASSIC		140-210
 หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย Dolomite limestone, light brownish-gray to gray, thin-bedded to massive, horizontally, locally concretionary, and sandstone fragment.			
 หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย Dolomite limestone, light gray to shaly gray, massive limestone lamellated and conglomerate limestone in lower part.			
 หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย Sandstone and sandstone, dark gray to brown, well-bedded, with bands of the breccia (shales, sandstone) and lamellated limestone conglomerate, brecciated gray, at the lower part.	ไทรแอสซิก TRIASSIC		210-243
 หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย Limestone, gray, bedded to massive, with shales or siliceous nodules dolomite limestone, with bands of fossiliferous, beachrocks, corals, sandstone and shales, minor sandstone and shale.	เพอร์เมียน/สเทฟท์ PERMIAN to Steffert Gr.		249-286
 หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย Dolomite limestone, white to light gray and limestone, gray, bedded.			
 หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย Silt and sandstone, gray to granular gray, interbedded with sandy shale, dark gray to black.			
 หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย Ardak sandstone, white to light yellowish brown, very fine to medium-grained, moderate to well sorted, massive and lamellated; sandstone, white, medium gray, very fine to impure, well sorted, thin bedded and lamellated, unconsolidated, with bands of lamellated, coarse sand and siltstone.	คาร์บอนิเฟอรัส Khan Chon Fla.		
 หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย Oolitic, granular gray to medium gray, very fine to medium-grained, coarse sorted, except for coarse shaly shale, granular gray to medium gray, shaly and lamellated shaly sandstone, white to light yellowish brown, very fine to medium-grained, moderate to well sorted, unconsolidated to sand.	คาร์บอนิเฟอรัส Khan Fla. Fla.		345-360
 หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย Sandstone, shale, gray, granular gray, shaly sandstone, shaly shale, and limestone, with bands of Thabtab.	คาร์บอนิเฟอรัส CARBONIFEROUS		286-300
 หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย Shale and shales, yellowish brown, granular gray; lower limestone, gray, with fossil of subbedded sandstone.	เพอร์เมียน/ซิลูเรียน PERMIAN to SILURIAN		230-318
 หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย Pebbly shale, tabular shale, tabular sandstone, shaly shale, granular gray to shaly gray, thin to medium bedded, locally spotted shaly and shaly, shaly gray quartzite, limestone, white to shaly brown, very bedded, and sandstone layers.			
 หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย Oolitic, granular gray to medium gray, very fine to medium-grained, coarse sorted, except for coarse shaly shale, granular gray to medium gray, shaly and lamellated shaly sandstone, white to light yellowish brown, very fine to medium-grained, moderate to well sorted, unconsolidated to sand.	คาร์บอนิเฟอรัส De Pich Fla.		360-374
 หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย Limestone, argillaceous limestone, sandy and shaly limestone, gray, bluish green, and pale gray with bands of argillaceous and oolitic zones.	ออร์โดวิเซียน ORDOVICIAN		438-503
 หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย Caliche shale, tabular sandstone; tabular sandstone, gray, and pale gray with fossils.			
 หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย Calc-siltstone, thin bedded shaly siltstone; limestone, shaly sandstone, massive shaly limestone, shaly limestone, granular gray, bedded, massive, white and pale gray, unconsolidated and thin-bedded; quartzite, yellowish brown, impure, quartz siltstone, yellowish brown; silty shale, and pebbly, medium gray, fine-grained.	ออร์โดวิเซียน/แคมเบรียน ORDOVICIAN to CAMBRIAN		438-570
 หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย หินทรายปนทราย Minor quartzite, quartzite sandstone, shale and quartzite with argillaceous bands interbedded with shale and mudstone.	แคมเบรียน CAMBRIAN		505-570
 หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย หินปูนปนทราย Gneiss, porphyroblastic mica schist, gray quartz-silt shale, pale gray, yellowish brown; quartzite, yellowish brown; mica-siltstone, granular gray; marble, pale gray, bedded and thin-bedded.	พรีแคมเบรียน PRECAMBRIAN		2500-1370
<b>หินอัคนี IGNEOUS ROCKS</b>		ยุค PERIOD	
 หินแกรนิต หินแกรนิต หินแกรนิต หินแกรนิต หินแกรนิต หินแกรนิต Granite, light color, medium to coarse-grained, mostly granular texture and sparse fossils, heavy metamorphism.	ครีตเชียส CRETA CEON		66-4-140
 หินบะซอลต์ หินบะซอลต์ หินบะซอลต์ หินบะซอลต์ หินบะซอลต์ หินบะซอลต์ Basaltic gneiss, coarse-grained to porphyritic texture, porphyritic and quartz veins.	ไทรแอสซิก TRIASSIC		210-243

รูปที่ 2.1 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี (ต่อ) (DMR, 2551)

### 2.1.15 หินอัคนี

หินอัคนีที่พบในจังหวัดกาญจนบุรีเป็นหินอัคนีแทรกซอนประกอบด้วย หินแกรนิตยุคไทรแอสซิก (TRgr) และหินแกรนิตยุคครีเทเชียส (Kgr) โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### หินแกรนิตยุคไทรแอสซิก (TRgr)

หินแกรนิตยุคไทรแอสซิกโผล่ให้เห็นทางด้านเหนือตอนกลาง และด้านตะวันออกของพื้นที่ประกอบด้วยหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อหยาบถึงเนื้อดอก พบสายแร่เพกมาไทต์ และแร่ควอตซ์ หินแกรนิตยุคนี้มีอายุประมาณ 245-210 ล้านปี แทรกดันตัวขึ้นมาผ่านหินตะกอน และหินแปรที่อยู่ด้านบนซึ่งมีอายุแก่กว่า พบในเขตอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ อำเภอศรีสวัสดิ์ อำเภอบ่อพลอย และอำเภอเลาขวัญ แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขา เขาโดด และที่ราบหินโผล่ ตัวอย่างเช่น เขาอ่างหิน อำเภอศรีสวัสดิ์ พื้นที่ราบทางทิศเหนือของเขาช่องกลิ้ง อำเภอเลาขวัญ

#### หินแกรนิตยุคครีเทเชียส (Kgr)

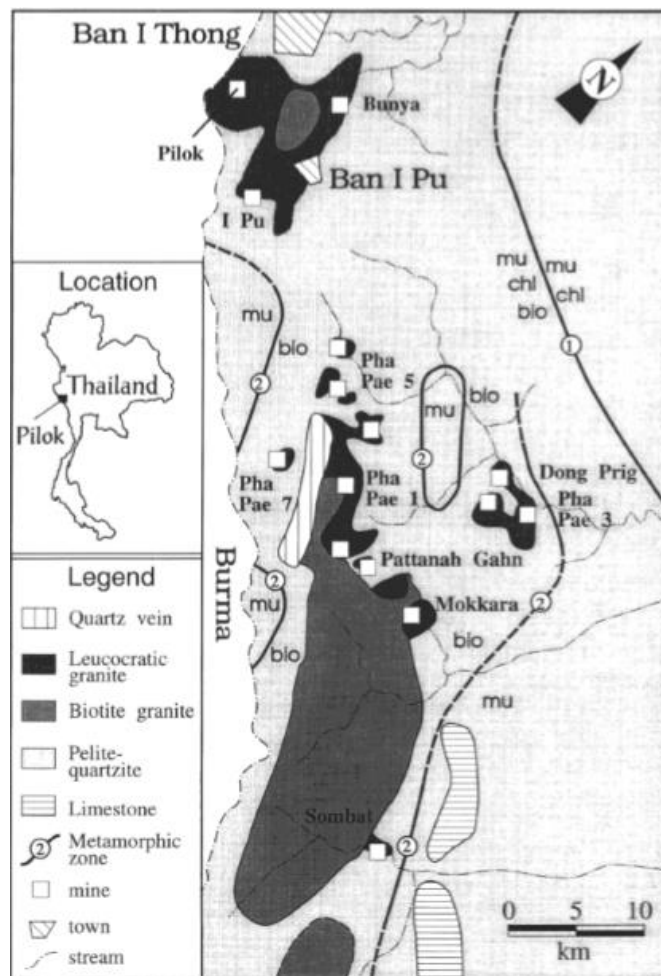
หินแกรนิตยุคครีเทเชียสวางตัวเป็นแนวยาวต่อเนื่องอยู่ทางด้านตะวันตกของพื้นที่ประกอบด้วยหินแกรนิตสีจางเนื้อปานกลางถึงหยาบ และหินแอพลิตแกรนิตเนื้อละเอียดถึงปานกลาง หินยุคนี้มีอายุประมาณ 140-66.4 ล้านปี แทรกดันตัวขึ้นมาผ่านหินตะกอน และหินแปรที่อยู่ด้านบนซึ่งมีอายุแก่กว่า พบเป็นเทือกเขาเกือบตลอดแนวพรมแดนของประเทศไทยและพม่า ในเขตอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ อำเภอศรีสวัสดิ์ อำเภอไทรโยคอำเภอเมือง อำเภอด่านมะขามเตี้ย บางส่วนโผล่ให้เห็นเป็นเขาโดดอยู่ในเขตอำเภอดำม่วง และอำเภอดำมะคา เช่น ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของเขาพังตรุ และเขาลูกช้าง

## 2.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่

จากการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่เบื้องต้นพบว่า แหล่งแร่ดีบุกบริเวณหมู่เหมืองจะเป็นแบบปฐมภูมิที่มีสายควอตซ์ที่ให้แร่ดีบุก โดยสายควอตซ์ที่ให้แร่ดีบุกส่วนใหญ่มักจะวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และพบมากบริเวณส่วนยอดสุดของหย่อมหินแกรนิต ใกล้กับเขตสัมผัสกับหินท้องที่ การสะสมบริเวณนี้เกิดในสองพื้นที่หลัก ได้แก่ บริเวณบ้านอีต่องและบ้านอีปู่ และบริเวณตอนใต้ของผาแป (รูปที่ 2-3) (Charusiri, 1989) กล่าวว่าได้ใช้วิธี หาอายุแบบ  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  ได้อายุ 72 ล้านปีก่อน บนแร่ไบโอไทต์จากหินแกรนิต 8 กิโลเมตรทางตะวันตกเฉียงเหนือของเหมืองปิล็อค และ 74.4 ล้านปีก่อน จากแร่มีสโคไวต์ใน สายแร่วูลแฟรมและควอตซ์ โดยมีแร่ดีบุกชนิดแคสสิเทอไรต์ (Cassiterite) เพียงชนิดเดียวและ แร่วูลแฟรมไมท์ (Wolframite) เป็นแร่ต้นกำเนิดของแร่ทั้งสแตนในบริเวณปิล็อคและผาแป (มีแร่รองคือ



ซีสไลต์ (Scheelite) ในจำนวนมากของแร่ดีบุกและทังสแตนถูกเป็นที่อยู่ของ Leucocratic แกรนิต และมีความเกี่ยวข้องกับรอยต่อระหว่าง Leucocratic แกรนิต และ หินตะกอนกึ่งแปรสภาพ (รูปที่ 2-3)(Lermann et al., 1982 และ Mahawat, 1998) ได้คำนวณผลผลิตสำรองอยู่ที่ประมาณ  $5 * 10^4$  เมตรต่อตันของดีบุก แต่ไม่มีรายงานของทังสแตน อย่างไรก็ตาม (Charusiri, 1989) คาดการณ์ไว้ว่าการกระจายตัวของสายแร่เหมืองปิล็อค คือ 65 เปอร์เซ็นต์ของวูลแฟรม 33 เปอร์เซ็นต์ของแคสซิเทอไรต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ของซีสไลต์ (Linnen, 1995)



รูปที่ 2-3 แผนที่ธรณีวิทยาพื้นที่บริเวณเหมืองปิล็อค แสดงลักษณะและพื้นที่การสะสมตัว โดยเส้นที่ 1 กล่าวถึงขอบเขตของคลอไรต์ และมัสโคไวต์ ของการแปรสภาพบริเวณไพศาล เส้นที่ 2 กล่าวถึง เส้นแบ่งระหว่าง โปโอไทต์และมัสโคไวต์ รอยต่อระหว่างการแปรสภาพแบบไพศาล และการแปรสภาพแบบสัมผัส (Linnen, 1995)

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

#### 3.1 ศึกษางานวิจัยเก่าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

รวบรวมและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา หรือพื้นที่ใกล้เคียง เช่น ธรณีวิทยาในพื้นที่ อำเภอนาทอง ภูมิวิธีการสำรวจแหล่งแร่ วิธีการออกภาคสนาม วิธีการเก็บข้อมูลจากภาคสนาม วิธีการเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ และวิธีการวิเคราะห์ทางธรณีเคมี

#### 3.2 รวบรวมข้อมูลภาคสนาม

เก็บตัวอย่างหินท้องที่ หินทิ้ง และตะกอนดินตามร่องน้ำ เพื่อทดสอบการชะละลายโลหะหนัก และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่ควอตซ์จากตัวอย่างหิน ได้แก่

##### 1) หินท้องที่ (Volcanic rock)

เราจะเก็บหินเดิมที่อยู่ตามพื้นและตามผนังในถ้ำ (รูปที่ 3.1) โดยเปิดหน้าดิน ลึกลงไปประมาณ 30 cm จากนั้นค่อยทำการเก็บตัวอย่างของหินท้องที่ จำนวน 8 ตัวอย่าง

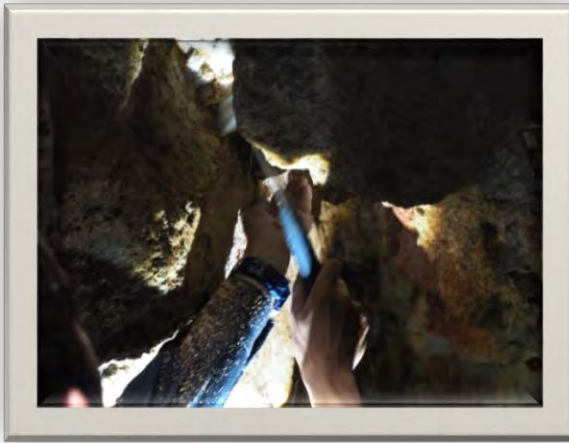
##### 2) หินทิ้ง (Waste rocks)

เราจะเก็บตัวอย่างของหินทิ้งที่ได้จากการขุดอุโมงค์ทำเหมืองและกองทิ้งไว้อยู่หลายตำแหน่ง (รูปที่ 3.2) โดยเราจะเปิดหน้าดินลึกลงไปไม่มาก 5-10 cm ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ เนื่องจากหินดังกล่าวได้มีการขุดออกมาเป็นหินดั้งเดิมแล้ว จึงไม่ต้องเปิดหน้าดินลึกลงไปมากเหมือนกับหินท้องที่ จำนวน 6 ตัวอย่าง

##### 3) ตะกอนทางน้ำ (Steam sediments)

เราจะเก็บตัวอย่างตะกอนทางน้ำ (รูปที่ 3.3) โดยเราจะดูทางน้ำที่มีเส้นทางไหลมาจากเหมืองลงมาสู่ด้านล่าง ซึ่งเราจะไม่เปิดหน้าดิน เพราะโลหะหนักที่ไหลมากับน้ำจะตกจมลง ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเปิดหน้าดินตอนเก็บตัวอย่าง จำนวน 6 ตัวอย่าง





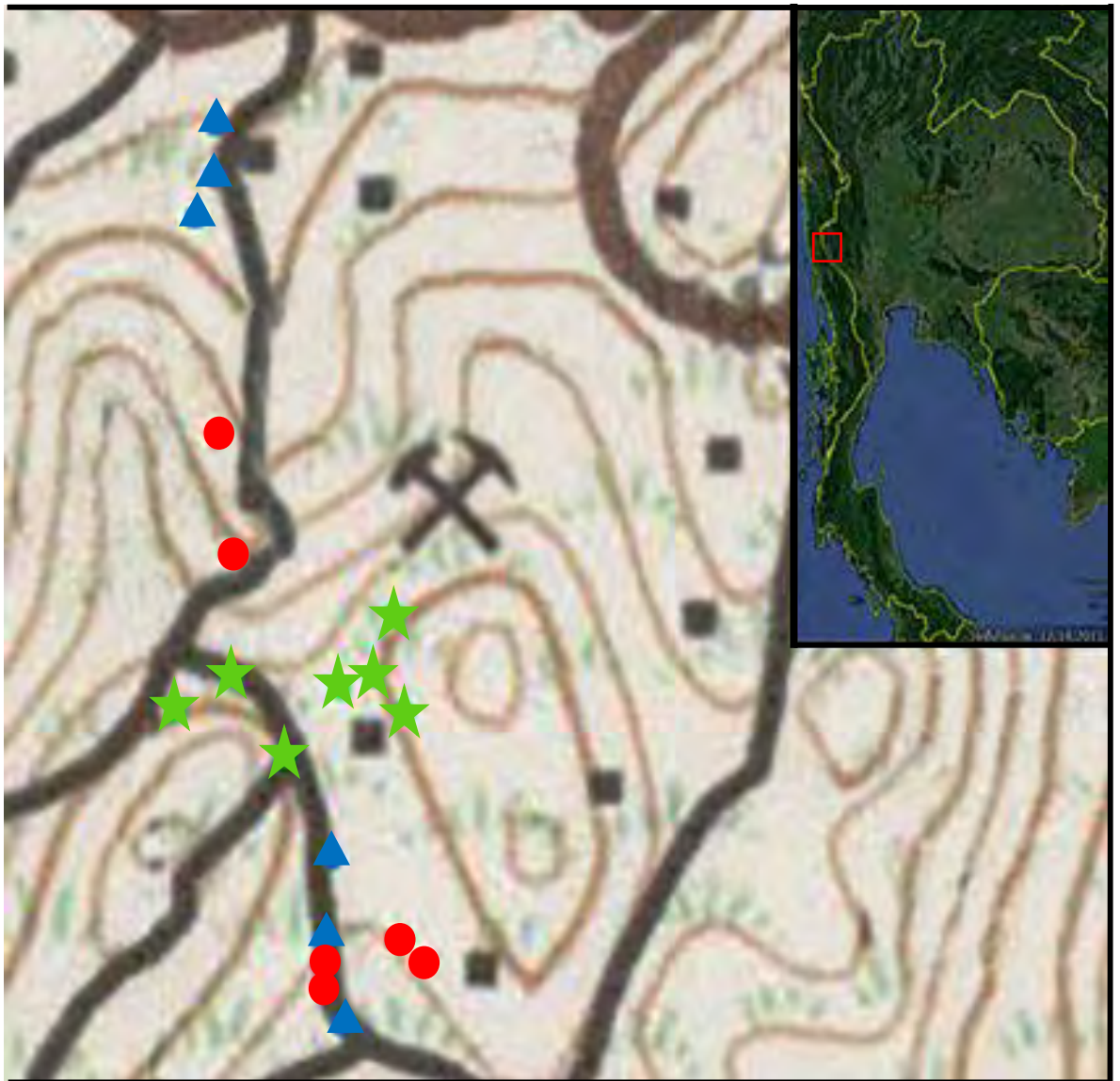
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างดินห้องที่



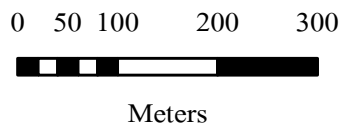
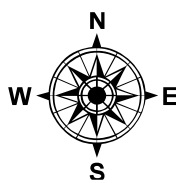
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างดินทิ้ง









รูปที่ 3.3 ตัวอย่างตะกอนร่องน้ำ



(ระวาง 4638 II ลำดับชุด L7018, กรมแผนที่ทหาร, 2549)



- |   |                   |   |             |
|---|-------------------|---|-------------|
|  | พื้นที่ศึกษาปิด   |  | หินทองที่   |
|  | เหมืองเก่า        |  | หินทิ้ง     |
|  | อาคารสิ่งก่อสร้าง |  | ตะกอนทางน้ำ |

รูปที่ 3.4 แผนที่ภูมิประเทศแสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง

### 3.3 วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

เตรียมตัวอย่างที่เก็บมาจากการไปออกภาคสนามทั้งหมด 20 ตัวอย่างนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดการทำงานดังต่อไปนี้

- นำตัวอย่างหินท้องที่ หินทิ้ง และตะกอนดิน ไปอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ  $70^{\circ}\text{C}$  เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง
- นำตัวอย่างที่อบเสร็จแล้วนำมาแบ่งเป็น 4 ส่วน แล้วนำส่วนที่ตรงข้ามกันปริมาณ 10 กรัม เพื่อนำไปบดด้วยเครื่องบดละเอียด แล้วนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างก่อนนำเข้าเตาอบ



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างนำเข้าเตาอบ

เตรียมนำตัวอย่างที่บดแล้วทั้งหมด 20 ตัวอย่าง นำมาทำให้อยู่ในรูปสารละลายด้วยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) โดยขั้นตอนวิธี SPLP มีดังนี้

### การเตรียมน้ำสกัด

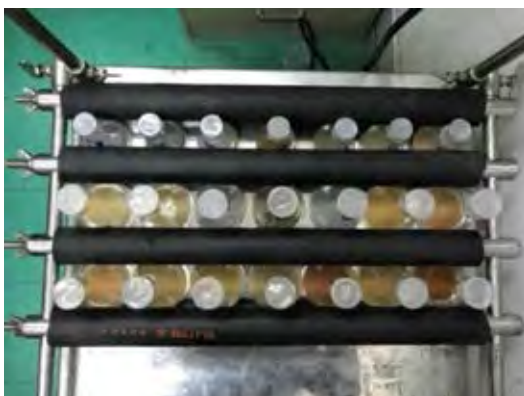
จากสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 98 % ผสมกับกรดไนตริกเข้มข้น 69-70% ที่อัตราส่วน 6 ต่อ 4 โดยน้ำหนักแล้วปรับพีเอชด้วยน้ำกลั่นให้ได้เท่ากับ 4 เพื่อจำลองสถานการณ์เลวร้ายที่สุดที่คาดว่า จะเกิดการชะละลายออกมาของโลหะหนัก (กรดซัลฟิวริกผสมกับกรดไนตริกเป็นสารชะละลายเพื่อจำลองเลียนแบบสภาวะน้ำฝนเป็นกรด เนื่องจากในเมืองแร่จะมีหินที่มีส่วนประกอบของแร่ซัลไฟด์ เมื่อสัมผัสกับน้ำฝนทำให้น้ำฝนมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น)

### การทดสอบการชะละลาย

นำตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมมา 1 กรัม เติมน้ำสกัดในอัตราส่วนตัวอย่างต่อน้ำสกัด เท่ากับ 1 ต่อ 20 (รูปที่ 3.7) แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ที่มีอัตราการหมุน 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 18 ชั่วโมง (รูปที่ 3.8) แล้วนำสารละลายที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 และบรรจุใส่ขวดเก็บตัวอย่าง (รูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.7 การนำตัวอย่างมาทำให้อยู่ในรูปสารละลายด้วยกรดไนตริกผสมกับกรดซัลฟิวริก



รูปที่ 3.8 ภาพตัวอย่างในเครื่องเขย่า



รูปที่ 3.9 ภาพแสดงตัวอย่างลงในขวดเก็บตัวอย่าง



นำตัวอย่างที่เก็บใส่ขวดไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) (รูปที่ 3.10) เพื่อหาปริมาณโลหะหนักในแต่ละตัวอย่าง ธาตุที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb)



รูปที่ 3.10 เครื่องมือการวิเคราะห์ตัวอย่าง ICP-MS

ในที่นี้เราจะแบ่งชนิดของตัวอย่างที่นำไปตรวจวัดด้วยกัน 3 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ หินท้องที่ จำนวน 4 ตัวอย่าง หินทิ้ง จำนวน 3 ตัวอย่าง และหินตะกอน จำนวน 6 ตัวอย่าง

- หลังจากนั้นนำผลความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม กับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

pH	Concentration of heavy metals (mg/l)								
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
*Industrial Effluent Standards	0.25	5	1	2	5	0.25	0.03	0.005	0.2
**Surface Water Quality Standards Class 3	0.05	1	0.1	0.1	1	0.01	0.005	0.002	0.05

รูปที่ 3.11 ตารางแสดงค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

## บทที่ 4

### ผลการศึกษาและการตีความข้อมูล

เมื่อนำตัวอย่างที่ผ่านการชะละลายด้วยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 4 แล้วไปวิเคราะห์ตรวจหาธาตุโลหะหนักทั้ง 9 ธาตุ ได้แก่ Cr, Ni, Cu, Zn, As, Hg, Cd, Pb, และ Mn ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) พบว่า ค่าความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของหินที่เลือกนำไปวิเคราะห์ทั้ง 13 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นหินท้องที่ 4 ตัวอย่าง หินทิ้ง 3 ตัวอย่าง และตะกอน 6 ตัวอย่าง จากผลการตรวจหาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP-MS (ตารางที่ 4.1) ทำให้เราทราบว่า

หินท้องที่ ธาตุ Cr มีปริมาณอยู่ในช่วง 2-30  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 4 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 11.43438

ธาตุ Ni มีปริมาณอยู่ในช่วง 10-29  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 4 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 22.45375

ธาตุ Cu มีปริมาณอยู่ในช่วง 3-10  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 4 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 6.7606

ธาตุ Zn มีปริมาณอยู่ในช่วง 133-351  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 4 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 221.362

ธาตุ As มีปริมาณอยู่ในช่วง 20-124  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 4 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 50.87575

ธาตุ Hg มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-1  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 4 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 0.60595

ธาตุ Cd มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-2  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 4 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 0.87485

ธาตุ Pb มีปริมาณอยู่ในช่วง 2-7  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 4 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 3.6802

ธาตุ Mn มีปริมาณอยู่ในช่วง 2-8  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 4 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 4.5

หินทิ้ง ธาตุ Cr มีปริมาณอยู่ในช่วง 2-5  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 3.301233

ธาตุ Ni มีปริมาณอยู่ในช่วง 10-21  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 13.88467

ธาตุ Cu มีปริมาณอยู่ในช่วง 3-4  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 3.2904

ธาตุ Zn มีปริมาณอยู่ในช่วง 81-203  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 142.8

ธาตุ As มีปริมาณอยู่ในช่วง 27-405  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 167.167

ธาตุ Hg มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-1  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 0.47767

ธาตุ Cd มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-1  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 0.485067

ธาตุ Pb มีปริมาณอยู่ในช่วง 2-3  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 2.4492

ธาตุ Mn มีปริมาณอยู่ในช่วง 5-10  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 7

ตะกอน ธาตุ Cr มีปริมาณอยู่ในช่วง 1-7  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 3.7272  
 ธาตุ Ni มีปริมาณอยู่ในช่วง 6-81  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 22.08145  
 ธาตุ Cu มีปริมาณอยู่ในช่วง 1-9  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 4.285467  
 ธาตุ Zn มีปริมาณอยู่ในช่วง 58-769  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 28.7412  
 ธาตุ As มีปริมาณอยู่ในช่วง 14-61  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 32.21083  
 ธาตุ Hg มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-1  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 0.478367  
 ธาตุ Cd มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-2  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 0.523183  
 ธาตุ Pb มีปริมาณอยู่ในช่วง 1-9  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 3.53285  
 ธาตุ Mn มีปริมาณอยู่ในช่วง 1-11  $\mu\text{g/l}$  โดยเฉลี่ยทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีค่าเท่ากับ 6.166667

จากรูปที่ 4.1a กราฟตัวอย่างหินท้องที่จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างหมายเลข PL-01, PL-04, PL-05, และ PL-06 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนว่าตัวอย่างดังกล่าวทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน โดยเฉพาะตัวอย่างหมายเลข PL-01 ที่เกินค่ามาตรฐานมากกว่าตัวอื่น รองลงมาเป็น PL-06, PL-04, และ PL-05 ตามลำดับ

รูปที่ 4.1b กราฟตัวอย่างหินที่จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างหมายเลข PL-10, PL-13, และ PL-15 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนว่าตัวอย่างหมายเลข PL-13 ที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่มีค่ามากกว่าตัวอื่น รองลงมาเป็น PL-15, และ PL-10 ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามลำดับ

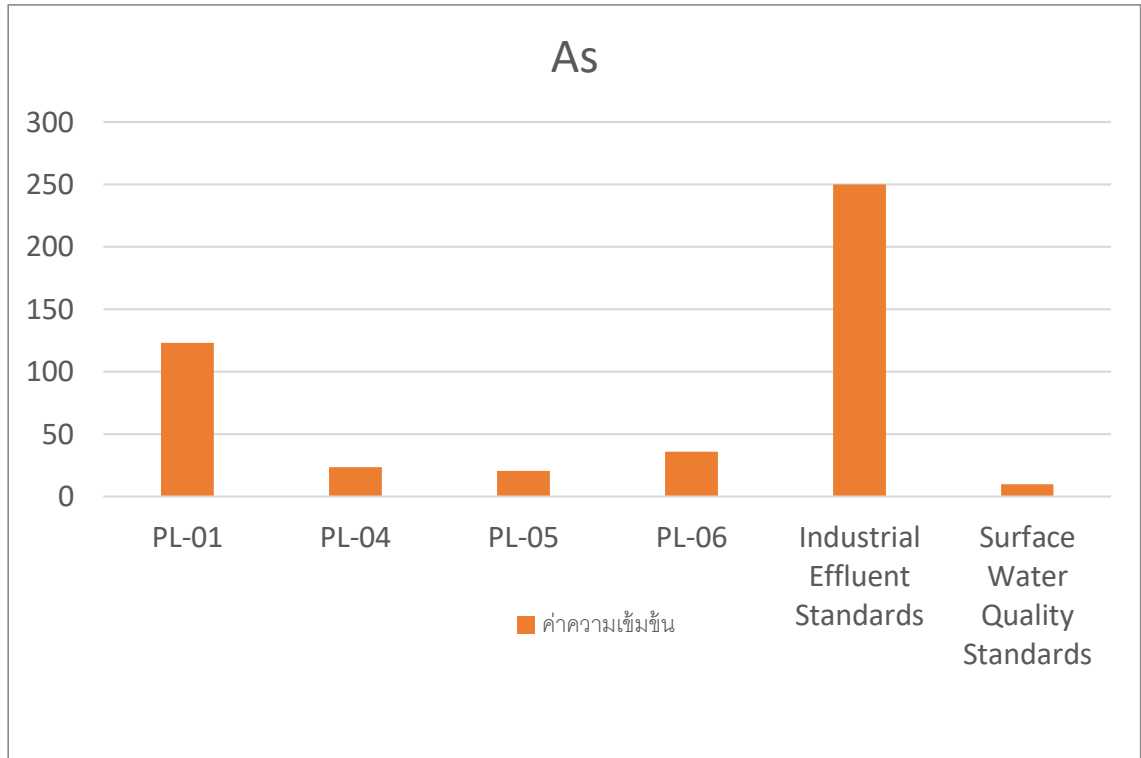
รูปที่ 4.1c กราฟตัวอย่างตะกอนจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างหมายเลข PL-08, PL-09, PL-12, PL-17, PL-18 และ PL-19 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนว่าตัวอย่างดังกล่าวทั้ง 6 ตัวอย่าง มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน โดยเฉพาะตัวอย่างหมายเลข PL-08 ที่เกินค่ามาตรฐานมากกว่าตัวอื่น รองลงมาเป็น PL-12, PL-09, PL-17, PL-19 และ PL-18 ตามลำดับ

(กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ของแต่ละธาตุสามารถดูได้ในภาคผนวก)

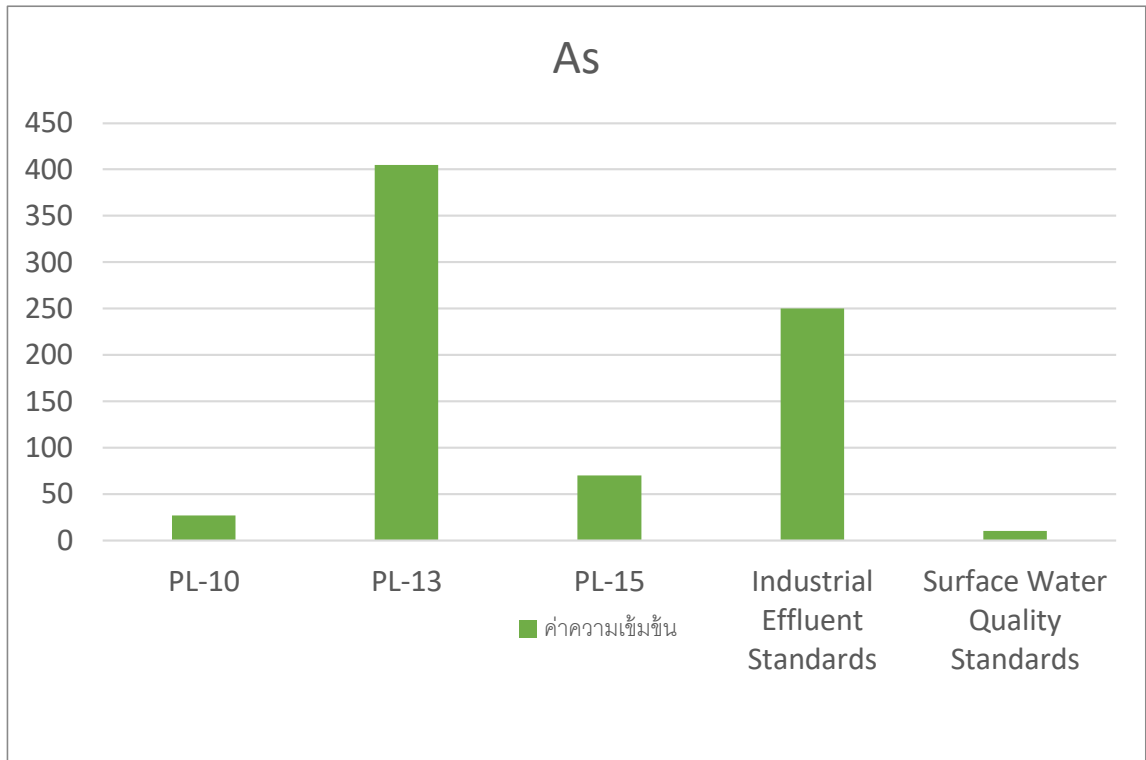
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ตัวอย่าง		ความเข้มข้นของโลหะหนัก ( $\mu\text{g/l}$ )								
		Cr	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Cd	Pb	Mn
หิน ท้องที่	PL-01	2.6725	28.499	6.0753	172.37	123.34	0.8080	0.4288	2.7029	5.0
	PL-04	5.2474	10.768	3.7689	133.50	23.473	0.6166	0.7093	2.7678	3.0
	PL-05	29.388	28.273	7.2561	228.60	20.654	0.4677	0.5548	2.4156	2.0
	PL-06	8.4296	22.275	9.9421	350.98	36.036	0.5315	1.8065	6.8345	8.0
หินทิ้ง	PL-10	2.5990	10.054	3.2966	81.89	27.019	0.5741	0.5092	2.3599	5.0
	PL-13	3.3044	11.270	3.48	143.71	404.69	0.5741	0.3091	2.2434	10.0
	PL-15	4.0003	20.330	3.0946	202.80	69.792	0.2551	0.6369	2.7443	6.0
ตะกอน	PL-08	6.5353	80.645	5.5031	291.62	60.973	0.4465	1.0622	4.1448	10.0
	PL-09	4.2236	10.257	3.8435	274.18	32.36	0.6166	0.5726	2.5472	11.0
	PL-12	1.4445	6.1628	1.6093	58.447	49.103	0.5315	0.2671	1.2266	7.0
	PL-17	2.7233	11.655	3.4924	164.90	21.661	0.4039	0.3019	1.5961	5.0
	PL-18	3.0658	14.971	8.1544	768.25	14.319	0.5528	0.5271	8.5413	3.0
	PL-19	4.3707	8.7979	3.1101	139.05	14.849	0.3189	0.4082	3.1411	1.0
ค่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำทิ้ง โรงงาน อุตสาหกรรม		250	1000	2000	5000	250	5	30	200	5000
ค่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำใน แหล่งน้ำผิวดิน		50	100	100	1000	10	2	5	50	1000

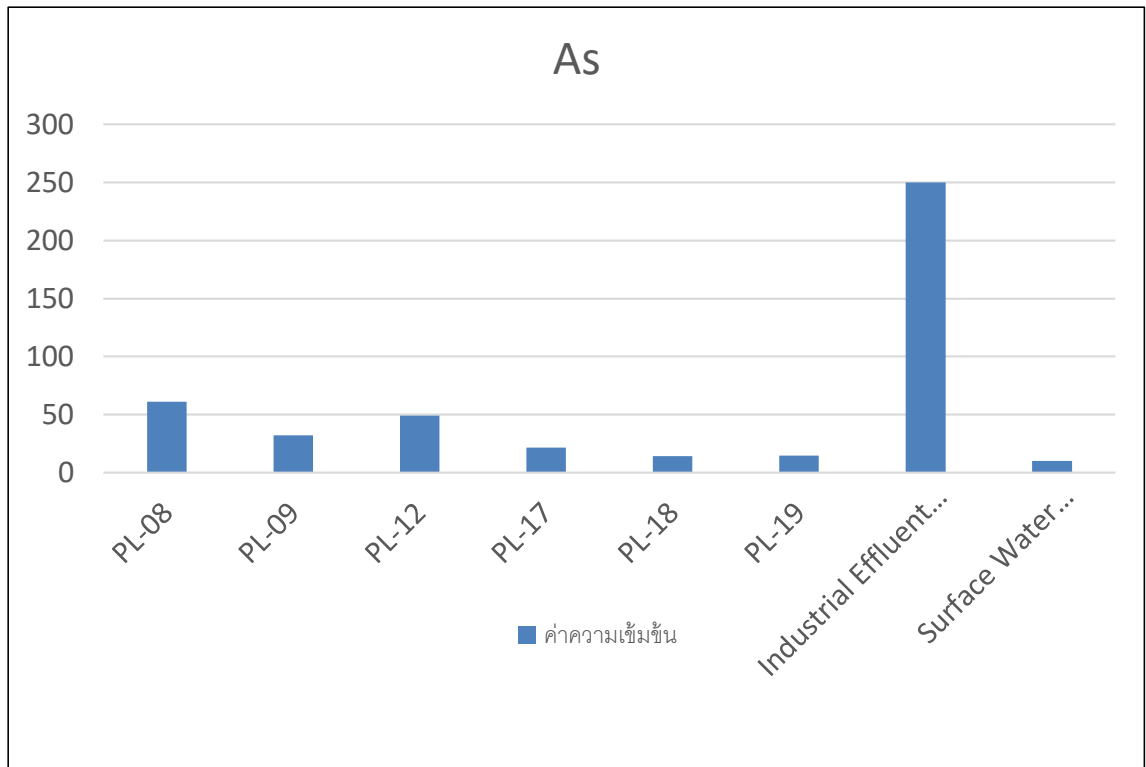




รูปที่ 4.1a กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของพื้นที่



รูปที่ 4.1b กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของหินทิ้ง



รูปที่ 4.1c กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของตะกอน

## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผล

#### 5.1 อภิปรายผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์การชะละลายโลหะหนักด้วยวิธี Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) ที่พีเอช 4 (เพื่อจำลองสถานการณ์เลวร้ายที่สุดที่คาดว่าจะเกิดการชะละลายออกมาของโลหะหนัก) จากตัวอย่างหินทองที่ จำนวน 4 ตัวอย่าง หินทิ้ง จำนวน 3 ตัวอย่าง และตะกอน จำนวน 6 ตัวอย่าง แล้วนำไปตรวจหาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) ทำให้เราทราบว่า โลหะหนักที่มีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่

หินทองที่พบธาตุโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐาน คือ As ของตัวอย่าง PL-01, PL-04, PL-05, PL-06 ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

หินทิ้งที่พบธาตุโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐาน คือ As ของตัวอย่าง PL-10, PL-13, PL-15 ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และ ตัวอย่าง PL-13 ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ตะกอนทางน้ำพบธาตุโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐาน คือ As ของตัวอย่าง PL-08, PL-09, PL-12, PL-17, PL-18, PL-19 ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ซึ่งถ้าสารชะละลายมีพีเอชต่ำกว่า 4 ก็จะทำให้ความสามารถในการชะละลายมากขึ้น เนื่องจากความสามารถในการชะละลายของโลหะหนักจะมากขึ้น เมื่อพีเอชลดลง (Jang et al., 2002; Van der Sloot and Van Zomeren, 2012) และเนื่องจากหินแต่ละก้อนมีปริมาณโลหะหนักไม่เท่ากัน แม้จะเป็นหินชนิดเดียวกัน เกิดในบริเวณเดียวกัน จึงทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูงในแต่ละธาตุ

โดยน้ำเหมืองเป็นกรดนี้ นอกจากน้ำและอากาศแล้ว สภาวะนี้จะถูกเร่งให้เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วด้วยกิจกรรมของจุลชีพต่างๆ รวมถึงสามารถเกิดขึ้นได้อย่างยาวนานแม้ว่าจะมีการปิดเหมืองไปแล้วหลายสิบปีก็ตาม (Kimura et al., 2011) แต่อย่างไรก็ตาม โอกาสในการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด ยังสามารถคาดการณ์ และวางแผนในการช่วยลดผลกระทบได้ตั้งแต่ระยะสำรวจ ก่อนการทำเหมือง โดยทำการประเมินจากปริมาณของแร่ในกลุ่มซัลไฟด์ที่จะถูกขุดขึ้นมา และมีการปิดทับกองหินที่มีแร่ซัลไฟด์ เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยากับน้ำและอากาศ (Kuyucak, 1999)

ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้นำมาพิจารณาการชะละลายการเกิดกรดที่พีเอช 4 จึงทำให้เกิดธาตุ As ออกมาเกินกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน เมื่อทำให้เกิดความเป็นกรดสูง ยิ่งจะทำให้ธาตุแต่ละตัวหลุดออกมาได้ง่ายและอาจจะได้ปริมาณธาตุที่เกินกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังนั้นในสภาวะแวดล้อมจริงในพื้นที่สำรวจ ค่าการชะละลายโลหะหนักอาจจะมีค่าพีเอชที่สูงกว่า 4 จึงไม่สามารถที่จะชะละลายโลหะหนักออกมาส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเขตชุมชนก็เป็นได้

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า แหล่งแร่ดีบุกและทังสแตนให้ปริมาณโลหะหนักในปริมาณที่ต่ำ ซึ่งไม่น่าจะก่อให้เกิดมลภาวะสิ่งแวดล้อม และแตกต่างจากแหล่งแร่ชนิดอื่นๆ ที่มีกำเนิดแบบอื่นๆ เช่น แหล่งแร่แบบน้ำแร่อุณหภูมิต่ำ (epithermal deposit) และสการ์น (skarn deposit) เป็นต้น เนื่องจากแหล่งแร่เหล่านี้มักจะมีปริมาณแร่ซัลไฟด์ (sulfides) สูง ซึ่งแร่ซัลไฟด์เหล่านี้โดยเฉพาะไพไรต์มีโอกาสที่จะทำให้เกิดกรดในดินที่ขุดตามปริมาณแร่ซัลไฟด์ในดินทิ้ง นอกจากนั้นแร่ซัลไฟด์เหล่านี้ อาจจะมีโลหะหนักอยู่ในตัวของมันเองด้วย

## 5.2 สรุป

การทดสอบการชะละลายโลหะหนักจากตัวอย่างหินทิ้งที่ หินทิ้ง และตะกอนดิน เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่าโลหะหนักที่ต่ำกว่ามาตรฐานทุกชนิดตัวอย่าง ได้แก่ โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) สังกะสี (Zn) ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และทองแดง (Cu) ยกเว้น สารหนู (As) ในหินทิ้งที่ หินทิ้ง และตะกอนที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และหินทิ้ง ตัวอย่าง

PL-13 ที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ดังนั้นโลหะหนักที่ควรเฝ้าระวังมากที่สุดคือ สารหนู (As) จากข้อมูลผลการชะละลายสารหนูในแต่ละตัวอย่าง สามารถจัดลำดับความสำคัญของการจัดเก็บได้ดังนี้ อันดับแรกสุดคือ หินทิ้ง ตามด้วย หินทิ้งที่ และตะกอน ตามลำดับ แต่

อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะหนักที่พบในเหมืองแร่ดีบุกถือว่าน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งแร่อื่นๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เช่น เหมืองอึปู้ เหมืองสมศักดิ์ เหมืองผาแป และเหมืองอื่นๆ ที่ยังไม่มีการศึกษาตรวจหาปริมาณโลหะหนัก โดยโครงการวิจัยนี้นำไปสู่การวางแผนเฝ้าระวังโลหะหนักและป้องกันผลกระทบต่อในอนาคตได้

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 ควรมีการศึกษาต่อว่าการกระจายตัวของสารหนูมีวงกว้างขนาดไหน และควรตรวจหาปริมาณโลหะหนักในบริเวณเหมืองใกล้เคียงด้วย เช่น เหมืองสมศักดิ์ เหมืองผาแป เหมืองอีปู่ ฯลฯ ตลอดจนหาวิธีแนวทางป้องกันผลกระทบที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนรอบข้าง

5.2 ควรมีการศึกษาทดสอบการชะละลายโลหะหนักด้วยค่าพีเอชที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

5.3 ควรเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมอื่นเพื่อนำมาตรวจวัด เช่น ตัวอย่างน้ำ เป็นต้น เพื่อที่จะได้มีผลปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างมาเปรียบเทียบได้หลากหลาย

## เอกสารอ้างอิง

Changul, C., 2008. Heavy metals acid generation potentials of solid mining wastes from Akara gold mine, Phicit Province, p. 1-135.

Mahawat, C., 1988. The Geological Characteristics of the Pilok Sn-W-Mo Deposits, West Thailand. In C.S. Hutchison (ed.), Geology of Tin Deposits in Asia and the Pacific, Springer, p. 696-709.

Jang Y, Townsend T, Ward M, Bitton G (2002) Leaching of arsenic, chromium, and copper in a contaminated soil at a wood preserving site. Bull Environ Contam Toxicol 69:808–816.

Panas-ampol, C., 2015. LEACHING OF HEAVY METAL FROM ROCK AND SEDIMENTS FROM KHAO PHANOM PHA GOLD MINE, AMPHOE WANG SAI PHUN, CHANGWAT PHICHIT.

กรมทรัพยากรธรณี, 2554, เอกสารประกอบการประชุมระดมความคิดเห็นครั้งที่ 2, การสำรวจและประเมิน

ศักยภาพทรัพยากรชั้นรายละเอียด แร่ดีบุก จังหวัดกาญจนบุรี, หน้า 1-5

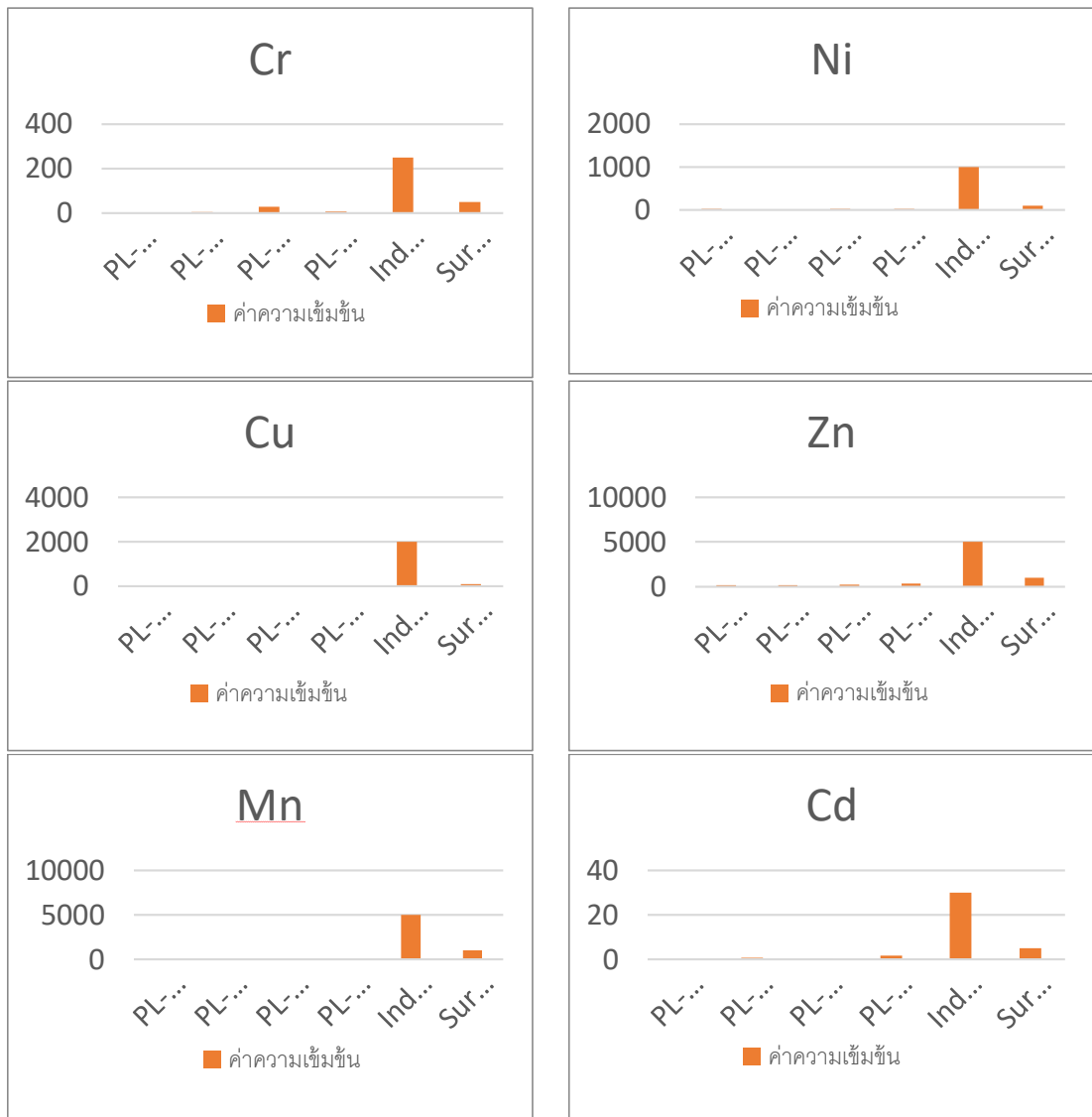
กรมควบคุมมลพิษ. มาตรฐานคุณภาพน้ำ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water.html) [1 ตุลาคม 2558]

กรมแผนที่ทหาร, 2549.

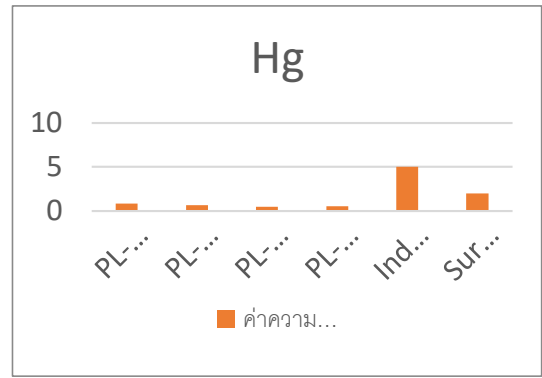
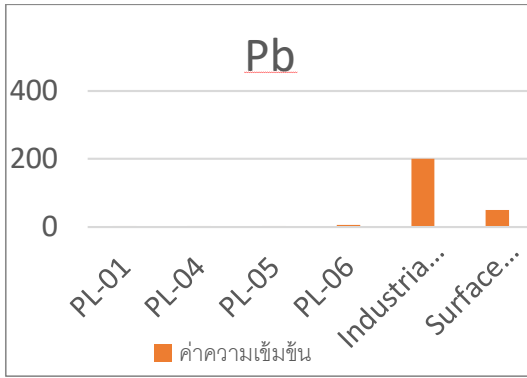
## ภาคผนวก

กราฟแสดงผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำ  
ที่โรงงานอุตสาหกรรม และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

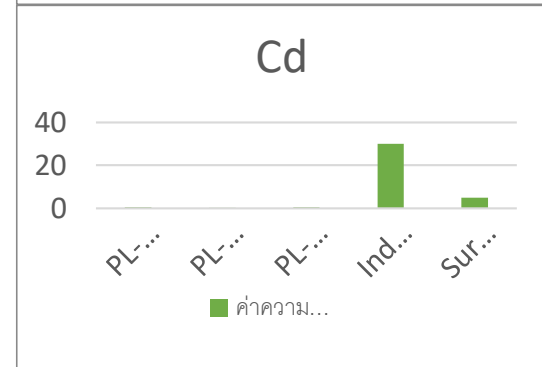
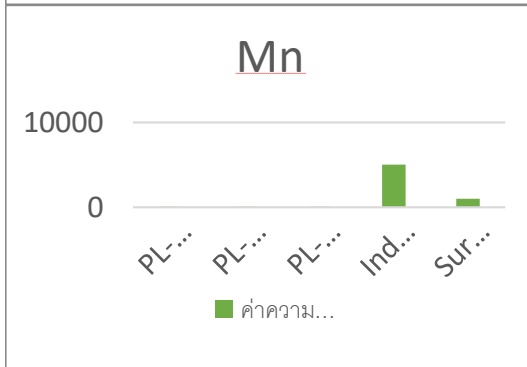
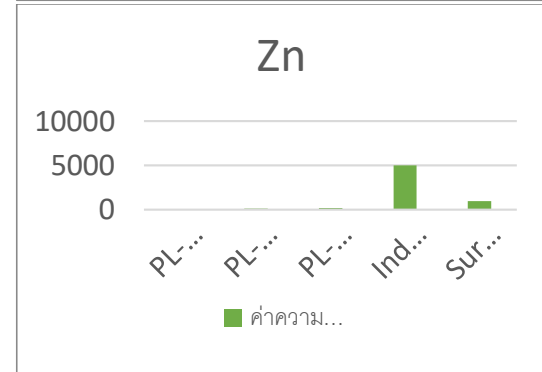
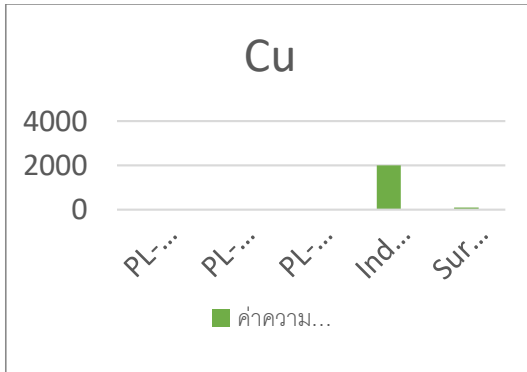
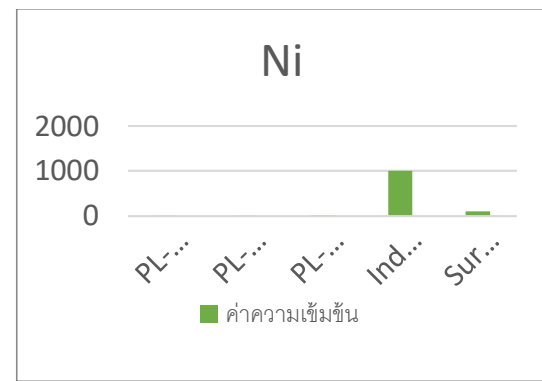
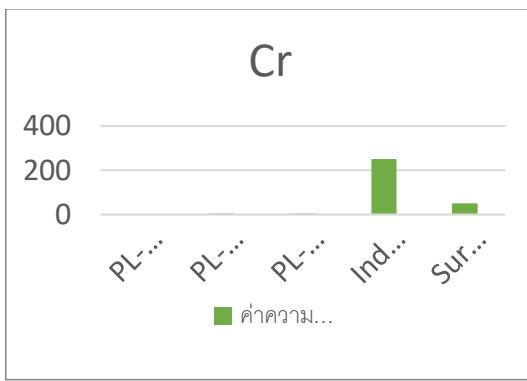
### หินทองที่

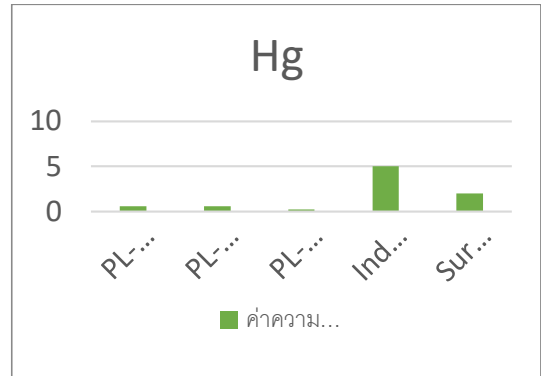
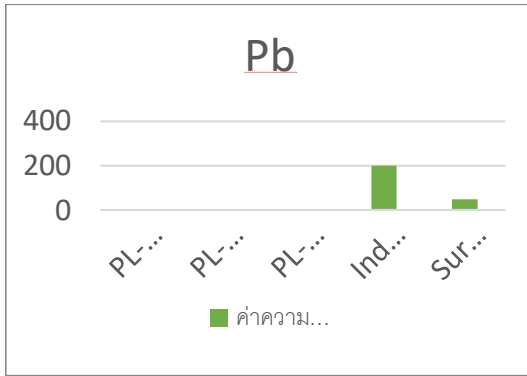






### หินทิ้ง





### ตะกอนทางน้ำ

