

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์

สภาพอุทกธรณีวิทยาของแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณศูนย์พัฒนา
โครงการหลวงแม่แฮ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

ผู้เขียน

นายเอกจำเริญ จันทร์ดี

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ธรณีวิทยา)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พองสวาท สุวคนธ์ สิงหราชราพันธ์	ประธานกรรมการ
ดร. พิชณ วังศ์พรชัย	กรรมการ

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินสภาพอุทกธรณีวิทยาและศักยภาพน้ำใต้ดิน บริเวณพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ โดยมุ่งศึกษาในด้านสภาพทางธรณีวิทยา สภาพทางอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลอุทกวิทยา อุทกธรณีเคมี การกำเนิดของน้ำใต้ดิน และศักยภาพของการเพิ่มเติมน้ำใต้ดิน พื้นที่ศึกษารอบคลุมพื้นที่ 12 ตารางกิโลเมตร มีลักษณะเป็นหุบที่มีภูเขาสูงล้อมรอบ มีความสูงอยู่ในช่วง 1,200 – 1,300 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ตะกอนน้ำพาในหุบเขาพบจำกัดอยู่ในตอนกลางและทางตอนตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา โดยครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ส่วนใหญ่ถูกปกคลุมด้วยหินแกรนิตและพบหินแปรในบางบริเวณ ตะกอนเศษหินเชิงเขาพบเกิดอยู่บริเวณพื้นที่หุบเขา หินแกรนิตมีลักษณะเนื้อหินแตกต่างกันไปและมีการผุพังสูง บางบริเวณมีสายแร่ของหินแอฟไลต์แทรกอยู่ หินแปรประกอบด้วยหินอ่อน หินแคลก์-ซิลิเกต และหินชีสต์ กระจายตัวทางตอนกลางและตอนล่างของพื้นที่ศึกษา ตะกอนเศษหินเชิงเขาครอบคลุมบริเวณพื้นที่ราบตามทางน้ำสายหลัก หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาแบ่งออกเป็น 3 หน่วย ประกอบด้วย หน่วยตะกอนร่วน หน่วยหินอัคนี และหน่วยหินแปร มีหินแกรนิตผุเป็นชั้นหินอุ้มน้ำหลัก ในพื้นที่ศึกษาไม่มีบ่อน้ำบาดาล น้ำพุเป็นแหล่งจ่ายน้ำใต้ดินตามธรรมชาติ

หน่วยหินภายใต้ผิวดิน จำแนกได้เป็น 3 หน่วยหิน ได้แก่ หน่วยตะกอนร่วน หน่วยหินแกรนิตผุ และหน่วยหินแกรนิตสด จากข้อมูลค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ พบว่า ความหนาของหน่วยตะกอนร่วนและหน่วยหินแกรนิตผุ อยู่ในช่วงระหว่าง 0.4 – 10.8 เมตร และ 14.5 – 54.4

เมตร ตามลำดับ และมีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ประมาณ 20.7 – 305.9 โอห์ม-เมตร และ 50.3 – 558.2 โอห์ม-เมตร ตามลำดับ ขณะที่ข้อมูลทางคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห พบว่า ความหนาของหน่วยตะกอนร่วนและหน่วยหินแกรนิตผุ ประมาณ 1.23 – 7.37 เมตร และ 6.65 – 11.91 เมตร ตามลำดับ มีหินแกรนิตสดเป็นหินรองรับ

ผลการวิเคราะห์เฟชีส์อุทกเคมี บ่งชี้ว่าตัวอย่างน้ำพุธรรมชาติเป็นแบบ แคลเซียม-ไบคาร์บอเนต เฟชีส์ คุณภาพของตัวอย่างน้ำเหมาะสมสำหรับอุปโภคบริโภคและพบว่าอยู่ในเกณฑ์ของน้ำแร่ธรรมชาติ การพิจารณาโดยใช้ค่าอัตราการดูดคิด โซเดียม พบว่าเหมาะสมที่จะนำไปใช้ทางด้านการเกษตรกรรม

การกำเนิดของน้ำใต้ดิน วิเคราะห์โดยคุณลักษณะทางไอโซโทปของ ตัวอย่างน้ำ 5 ตัวอย่าง ที่เก็บในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2546 ซึ่งวิเคราะห์ไอโซโทปที่เสถียรของไฮโดรเจนและออกซิเจน ความคล้ายคลึงกันระหว่างส่วนประกอบไอโซโทปของตัวอย่างน้ำพุธรรมชาติ และน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาสามารถสรุปได้ว่า น้ำใต้ดินเกิดจากการซึมลงไปของน้ำฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่ศึกษา

การประเมินการเพิ่มเติมน้ำใต้ดิน ทำโดยใช้วิธีการประเมินจากสภาพอุทกวิทยา โดยประมาณ และการประยุกต์วิธีการทดสอบค่าความซึมได้กับข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ วิธีการประเมินจากสภาพอุทกวิทยา พบว่าศักยภาพของการเพิ่มเติมน้ำใต้ดินมีประมาณ 6.18×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือ 516.9 มิลลิเมตรต่อปีครอบคลุมพื้นที่ศึกษา คิดเป็น 38.13 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี การประยุกต์วิธีการทดสอบค่าความซึมได้กับข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าศักยภาพของการเพิ่มเติมน้ำใต้ดิน มีประมาณ 1,922,116 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือ 160.18 มิลลิเมตรต่อปีครอบคลุมพื้นที่ศึกษา คิดเป็น 11.82 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี ซึ่งพบว่าวิธีการที่สองมีความน่าเชื่อถือในการประเมินศักยภาพการเพิ่มเติมน้ำใต้ดินมากที่สุด

Thesis Title	Hydrogeology of the Groundwater Resource at the Mae Hae Royal Project Development Center, Mae Chaem District, Chiang Mai Province	
Author	Mr. Eakjumroen Jundee	
Degree	Master of Science (Geology)	
Thesis Advisory:	Assist. Prof. Dr. Fongsaward S. Singharajwarapan	Chairperson
	Dr. Pisanu Wongpornchai	Member

ABSTRACT

This study assesses hydrogeology and groundwater potentials in the area of the Mae Hae Royal Project Development Center. The study focuses on geologic setting, hydrogeologic setting, hydrological information, hydrochemistry, origin of groundwater, and potential of groundwater recharge. The study area covers 12-square kilometer and is characterized by a valley surrounded by high mountains ranging in elevation up to 1,200 to 1,300 meters above mean sea level. Valley floodplains are restricted to the central and southeastern part and cover about 40 percent of the study area. The study area is underlain largely by granite and locally by metamorphic rocks. Colluvium occurs mainly in the valley area. The granite varies in texture and is highly weathered. It is locally intruded by aplite veins. The metamorphic rocks include marble, calc-silicate rock, and schist and occur in the central and lower parts of the study area. Colluvium covers flat areas along the major streams. The hydrogeologic units are classified into three units: an unconsolidated unit, an igneous unit, and a metamorphic unit. Weathered granite is the major aquifer. This is no groundwater well in the area. Springs are the only groundwater discharge.

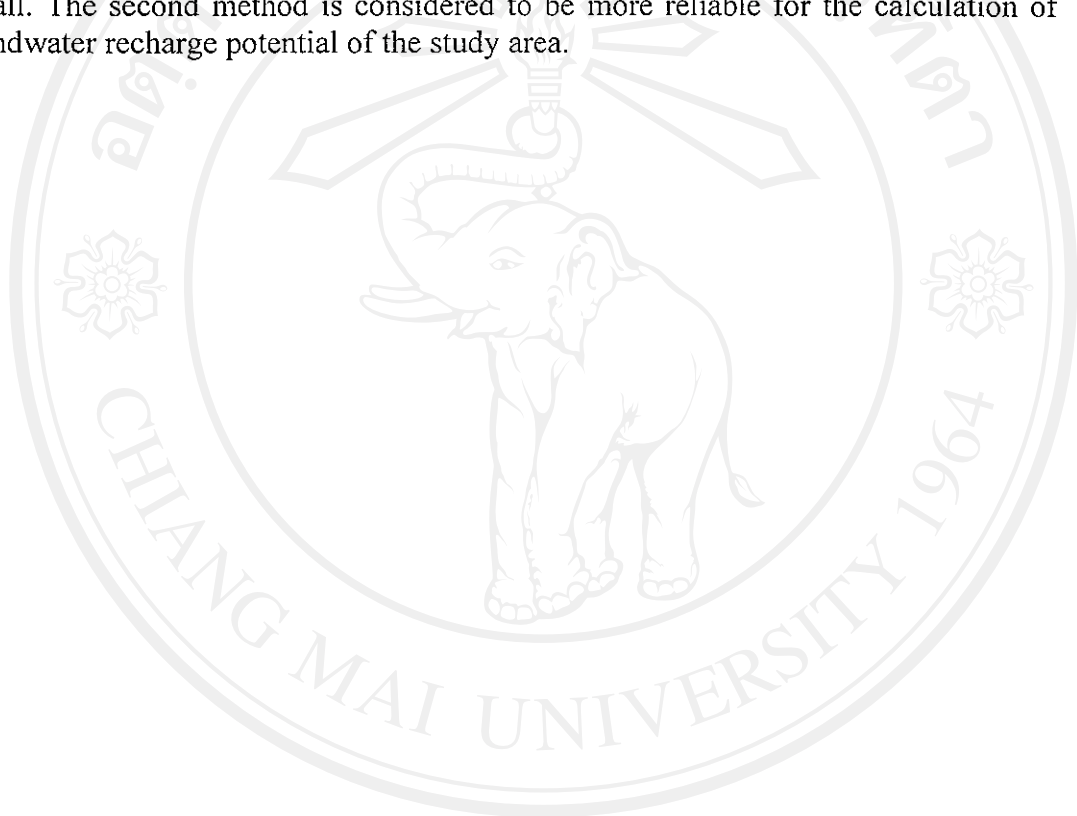
Three lithologic units were delineated through subsurface investigation; unconsolidated sediments, weathered granite, and fresh granite. Resistivity data suggest that the thickness of the unconsolidated sediments and weathered granite is 0.4 to 10.8 meters and 14.5 to 54.4 meters, respectively, and that their resistivity values are 20.7 to 305.9 ohm-meters and 50.3 to 558.2 ohm-meters, respectively. In contrast, seismic refraction data suggest that the thickness of unconsolidated sediments and weathered granite are 1.23 to 7.37 meters and 6.65 to 11.91 meters, respectively. Fresh granite is the basement.

Hydrochemical facies analyses indicate that spring water samples have a calcium-bicarbonate facies. On a quality basis, the spring water is suitable for domestic purposes and qualifies as a natural mineral water. The sodium adsorption ratio indicates that the spring water is suitable for irrigation.

The origin of groundwater was evaluated on the basis of isotopic characteristics. Five water samples collected in March 2003 were analyzed for the stable isotopes ^2H and ^{18}O . The similarity in isotopic composition between the spring

water samples and the local precipitation indicates that all of the groundwater is recharged by water derived from local precipitation.

An estimate of groundwater recharge was calculated by the hydrologic budget method and by a combination of geographic information system database and permeability testing. The hydrologic budget method indicates that the potential groundwater recharge is approximately 6,180,000 cubic meters per year, or 517.4 millimeters per year over the study area. This is 38.16 percent of the annual rainfall. The combination of geographic information system database and permeability testing indicated that the potential groundwater recharge is 1,922,116 cubic meters per year, or 160.18 millimeters per year over the study area. This is 11.82 percent of annual rainfall. The second method is considered to be more reliable for the calculation of groundwater recharge potential of the study area.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

TABLE OF CONTENTS

	Page
ACKNOWLEDGEMENTS	iii
บทคัดย่อ	iv
ABSTRACT	vii
LIST OF TABLES	ix
LIST OF ILLUSTRATIONS	x
CHAPTER 1 INTRODUCTION	1
1.1 Location of the study area	1
1.2 Purpose and Scope	3
1.3 Previous investigations	3
1.4 Physiography, geomorphology, and drainage system	4
1.5 Geologic and hydrogeologic setting	4
CHAPTER 2 RESISTIVITY AND SEISMIC REFRACTION SURVEYS	10
2.1 Resistivity Survey	10
2.2 Seismic Refraction Survey	21
2.3 Integrated Interpretation	35
CHAPTER 3 HYDROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND ORIGIN OF GROUNDWATER	36
3.1 Water chemistry	36
3.2 Hydrochemical facies	41
3.3 Relation of water quality to use	45
3.4 Origin of groundwater	50
CHAPTER 4 GROUNDWATER RECHARGE AND POTENTIAL	59
4.1 Hydrologic budget method.	59
4.2 Combination of GIS database and permeability test	66
CHAPTER 5 DISCUSSION AND CONCLUSION	78
REFERENCES	81
APPENDICES	83
Appendix A Resistivity data	84
Appendix B Seismic refraction data	92
Appendix C Water quality data	106
Appendix D Climatological data	111
VITA	114

TABLES

Table	Page
Table 2.1 Resistivities of some common rocks and other materials.	11
Table 2.2 Resistivity survey locations.	17
Table 2.3 Interpretation of resistivity survey.	19
Table 2.4 Velocity of earth materials.	22
Table 2.5 Seismic refraction survey locations.	31
Table 2.6 Seismic refraction data interpretation.	34
Table 2.6 Integrated interpretations between resistivity and seismic refraction Exploration.	33
Table 3.1 Water samples.	38
Table 3.2 Water analysis methods.	38
Table 3.3 Concentration ranges of water chemical constituents.	39
Table 3.4 Hydrochemical facies of water samples.	43
Table 3.5 Industrial drinking water standard of Thailand.	46
Table 3.6 Assessment of water samples for domestic use.	47
Table 3.7 Sodium absorption ratio of water samples.	49
Table 3.8 Chemical concentration limits of Codex Standard for Natural Mineral Waters.	51
Table 3.9 Examples of chemical concentrations of bands of natural mineral water in world markets.	52
Table 3.10 Standard of chemical concentrations of natural mineral water of Thailand.	53
Table 3.11 Comparison of spring water with the standard of natural mineral water from the Ministry of Public Health, Thailand.	54
Table 3.12 Stable oxygen and hydrogen isotopic composition of spring water, stream water, and rain water samples.	57
Table 4.1 Latitude and month correction factor.	62
Table 4.2 PET calculation by Thornthwaite equation for the study area (period 1998 - 2000).	63
Table 4.3 Average spring flow in the study area.	64
Table 4.4 Average monthly rainfall, evapotranspiration, soil moisture deficit, and effective rainfall (period 1998 - 2000).	66
Table 4.5 Permeability test field data.	71
Table 4.6 Soil Conservation Service infiltration rate of hydrologic soil groups.	73
Table 4.7 Soil Conservation Service classification of hydrologic soil in the study area.	73
Table 4.8 Relationship between slope gradient, overland flow, and infiltration.	72

ILLUSTRATIONS

Figure	Page
Figure 1.1 Location map of the study area.	2
Figure 1.2 Physiography.	5
Figure 1.3 Drainage system.	6
Figure 1.4 Geologic map.	7
Figure 1.5 Hydrogeologic map.	9
Figure 2.1 The electrical field between two electrodes for resistivity surveys.	13
Figure 2.2 Electrode arrays in common use.	13
Figure 2.3 Resistivity surveys locations.	15
Figure 2.4 Schlumberger field survey electrode array.	16
Figure 2.5 Electrical resistivity field surveys.	18
Figure 2.6 Resistivity modeling example.	18
Figure 2.7 Seismic refraction principle.	23
Figure 2.8 Two-layer case model with horizontal interfaces.	24
Figure 2.9 Two-layer case with non-planar interfaces.	27
Figure 2.10 Seismic refraction surveys locations.	28
Figure 2.11 Seismic refraction field surveys.	29
Figure 2.12 Refracted wave seismogram.	32
Figure 2.13 Travel time curve.	32
Figure 3.1 Water sampling locations.	37
Figure 3.2 Chemical concentration of water samples.	40
Figure 3.3 Hydrochemical facies classification.	42
Figure 3.4 Hydrochemical facies distribution map.	44
Figure 3.5 Water sample locations for isotopic analyses.	56
Figure 3.6 Isotopic diagram of water samples in the study area.	57
Figure 3.7 Schematic diagram of the spring occurrence.	58
Figure 4.1 Monthly effective rainfall.	61
Figure 4.2 Spring water locations.	65
Figure 4.3 Permeability test location.	68
Figure 4.4 Field permeability test method.	69
Figure 4.5 Permeability test in the field.	70
Figure 4.6 Hydrologic soil groups.	74
Figure 4.7 Slope map.	75
Figure 4.8 Potential recharge map.	77

CHAPTER 1

INTRODUCTION

The purpose of hydrogeological studies is to study the surface water and subsurface water resources. Moreover, understanding these phenomena is important for planning the future management and development of a potential water resource for drinking water, agriculture, and other beneficial uses.

The Mae Hae Royal Project Development Center is located in Mae Chaem District, Chiang Mai Province. Most residents of the district are hill tribes and they earn a living by growing vegetables and fruits and by raising domestic animals. Almost all of their agricultural activity depends upon rainwater and water from creeks and reservoirs. At present, most of the people have not developed the use of subsurface water.

In the Mae Hae area, some water originates from cool natural springs. The Mae Hae Royal Project Development Center was interested in these cool natural springs as a source of bottled mineral water. They cooperated with the Department of Geological Sciences, Chiang Mai University, in order to obtain more information about these natural springs by studying the hydrogeology of the Mae Hae area.

This report contains five chapters. The first chapter includes an introduction of the study, physiography of the study area, including location, geomorphology, drainage system, geologic setting, and hydrogeologic setting. The second chapter explains the geophysical survey methods that were used for a subsurface study. The third chapter describes the hydrogeochemical characteristics of water in the study area, including water quality, hydrochemical facies, suitability of water for domestic use and irrigation, and comparison of spring water quality to marketable mineral water. The fourth chapter is an assessment of groundwater potential and reserves using hydrological information and permeability test methods for assessing groundwater recharge. The fifth chapter is a discussion and conclusion of this study.

1.1 Location of the study area

The study area is a part of the Mae Hae Royal Project Development Center and is located in Mae Chaem District, Chiang Mai Province, in northern Thailand. It covers about 12 square kilometers and is located between latitudes 18° 45' north and 18° 50' north and longitudes 98° 30' east and 98° 45' east (Figure 1.1).

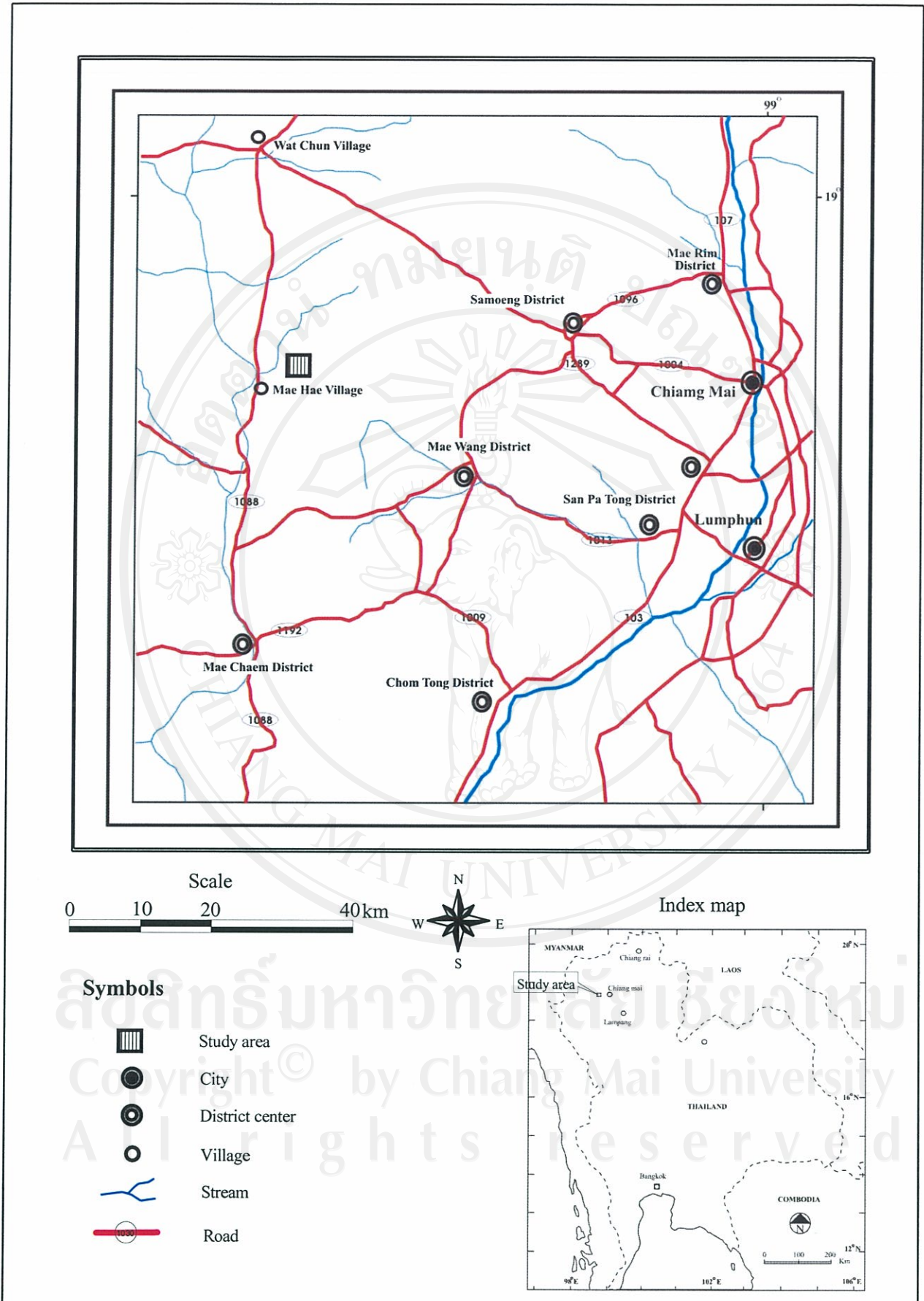


Figure 1.1 Location map of the study area.

1.2 Purpose and Scope

The purpose of the study was to study the hydrogeology of a selected area within the Mae Hae Royal Project Development Center and to assess the groundwater potential, in terms of both quantity and quality, of the groundwater resource in the selected area.

The study area covers 12 square kilometers and the study focused on the geologic setting, hydrogeologic setting, hydrological information, recharge pattern, groundwater potential, and groundwater reserves.

The geologic setting concerns lithology, stratigraphy, structure, geomorphology, and drainage systems. These data were derived from field surveys and are illustrated by geologic maps.

The hydrogeologic setting is based on the geologic setting. It classifies the types, characteristics, and distribution of aquifers and illustrates these data on hydrogeologic maps. Geophysical resistivity and refraction surveys were run in the study area to determine type, thickness, and depth of aquifers.

The hydrological information was used to study the quantity and quality of both groundwater and surface water. The quantity of groundwater recharge was calculated from permeability tests in the field, along with meteorological data concerning rainfall and evapotranspiration. Water quality was considered in terms of chemical and physical characteristics. Chemical analysis of water included determining the concentration of inorganic constituents and pH. Temperature, color, and turbidity were evaluated by physical analyses.

The geographic information system was used to simplify data management, analysis, and display. Arcview 3.1[®] software was used for data processing and presentation.

1.3 Previous investigations

Baum and others (1982) mapped the geology of the Chiang Mai area. The study area included consolidated rocks and unconsolidated sediments. The consolidated rocks consist of Precambrian gneiss, Silurian-Devonian sandstone, limestone, shale, and chert, and Triassic granite. Unconsolidated sediments are mostly alluvial Quaternary deposits.

Land Development Department (1996) mapped the soil group of the Chiang Mai area. The study area is covered by two soil groups, soil group no.59 and 62. The soil group no.59 consist of alluvial sediments and mostly impermeable. The soil group no.62 compose of rock fracment with varying texture and cover about 35 % of the slope area.

Phiancharoen and others (1982) mapped the hydrogeology of northern Thailand. Precambrian and Cretaceous granitic aquifers occur in the study area. These aquifers produce small quantities of groundwater from joint systems or weathered zones. Flow rates are about 10 gallons per minute, although yields of up to 30 gallons per minute have been obtained.

There is no detailed hydrogeological study in this area.

1.4 Physiography, geomorphology, and drainage system

About 60 percent of the 12-square kilometer study area is high mountains that have elevations in the range 1,200 to 1,300 meters above mean sea level (Figure 1.2). About 80 percent of these mountains have been cleared of forest cover and is used for agriculture. Major crops include lettuce, onions, turnips, and Chinese pears. The trend of mountain ridges is mainly north-northwest and the elevation of high peaks is up to 1,300 meters above mean sea level. The slope of the mountain sides facing north and east is steeper than western and southern facing slopes. Flood plains are restricted to the central and southeastern parts of the study area and cover about 40 percent of the study area. They are formed by accumulation of colluvial sediments derived by erosion and weathering from the surrounding mountains. The elevation of flood plains varies from 1,180 to 1,200 meters above mean sea level. Most of the land along the flood plains of major streams is used for growing rice, lettuce, and soybeans.

The drainage system of the study area forms a dendritic pattern (Figure 1.3). The valleys in area were formed by erosion from streams that flow through the central part of the area, such as Huai Mae Hae, Huai Hoi, and Huai Khamin Nai. These three are the major streams and they are perennial. The flow direction of Huai Mae Hae, Huai Hoi, and Huai Khamin Nai is from south toward northwest, east toward west, and north toward south, respectively. The small streams that flow from the mountain ranges around the area are both intermittent and perennial. During the dry season, base flow is from springs and seeps.

1.5 Geologic and hydrogeologic setting

1.5.1 Geologic setting

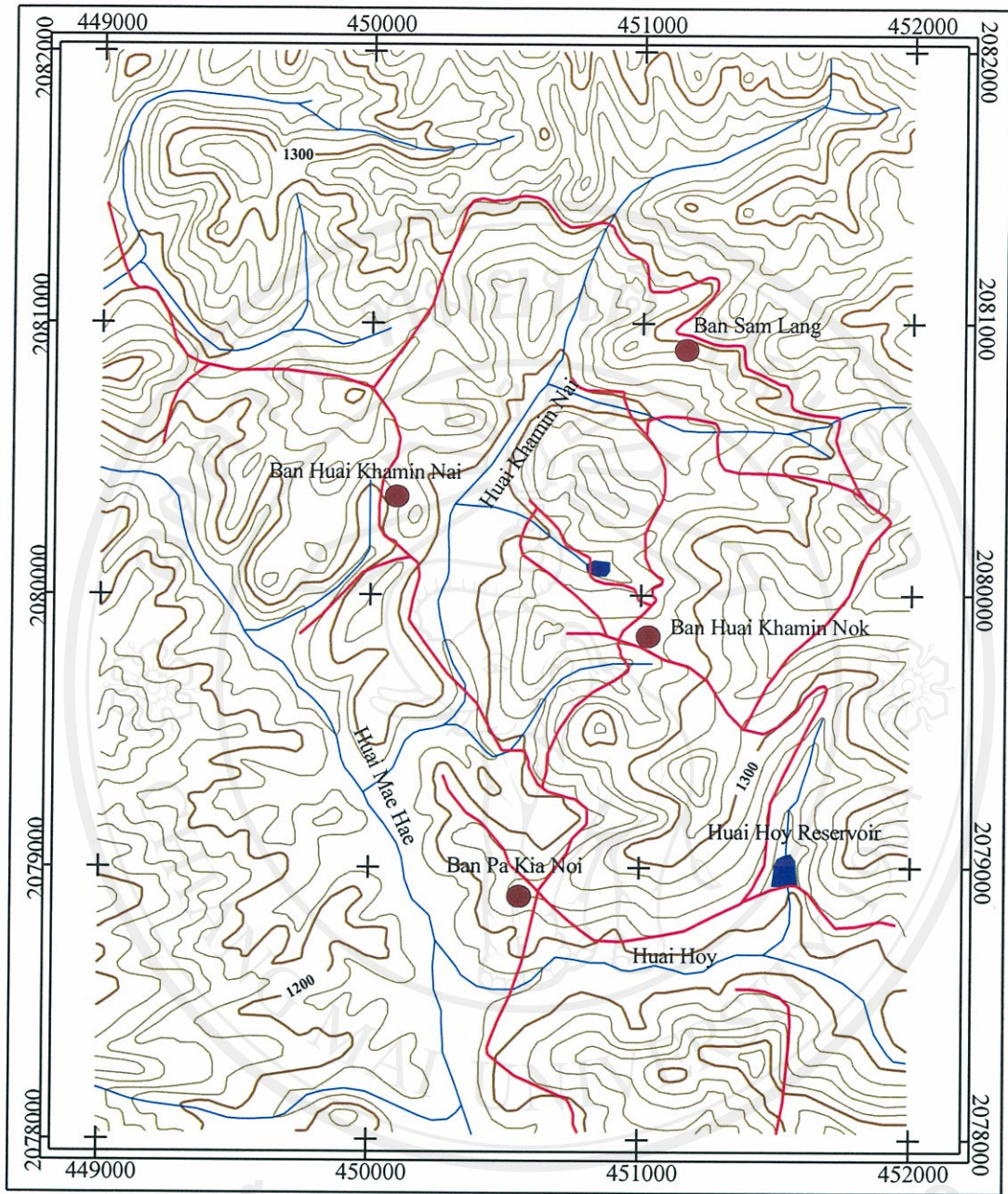
The study area is an intermontane valley that is underlain by both consolidated rocks and unconsolidated sediments. Consolidated rocks included plutonic rocks and metamorphic rocks, though most of the area is underlain by igneous rocks. The unconsolidated sediments occur in the central part of area, along the major streams (Figure 1.4).

The plutonic rocks in the study area include granite, which occurs in most of the area and which has aplite veins. From the geologic map of the Chiang Mai area (Baum and others, 1982), this granite is of Triassic age. The metamorphic rocks are Silurian-Devonian in age and include marble, calc-silicate, and schist. The unconsolidated sediments include clay, silt, sand, and gravel and are alluvial Quaternary deposits.

The granite has various textures: porphyritic, non-porphyritic, and foliated. The porphyritic granite is composed of potassium feldspar phenocrysts, quartz, muscovite, and biotite. The intrusive aplite veins commonly have sulfide minerals. The dominant texture of most granite results from the orientation of mica minerals. Most of this granite is highly weathered.

The metamorphic rocks occur in small areas in the central and lower parts of the study area. Marble, calc-silicate, and schist are the dominant rocks and they occur in the same area.

Marble and calc-silicate rocks occur in the southeast part of the study area. These rocks are white and grayish-blue, respectively. The composition is chiefly calcite with minor amounts of quartz, diopside, and epidote.



Symbols

- Village
- Road
- 1300 Contour line
- Reservoir
- Stream

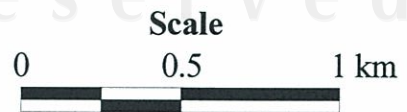
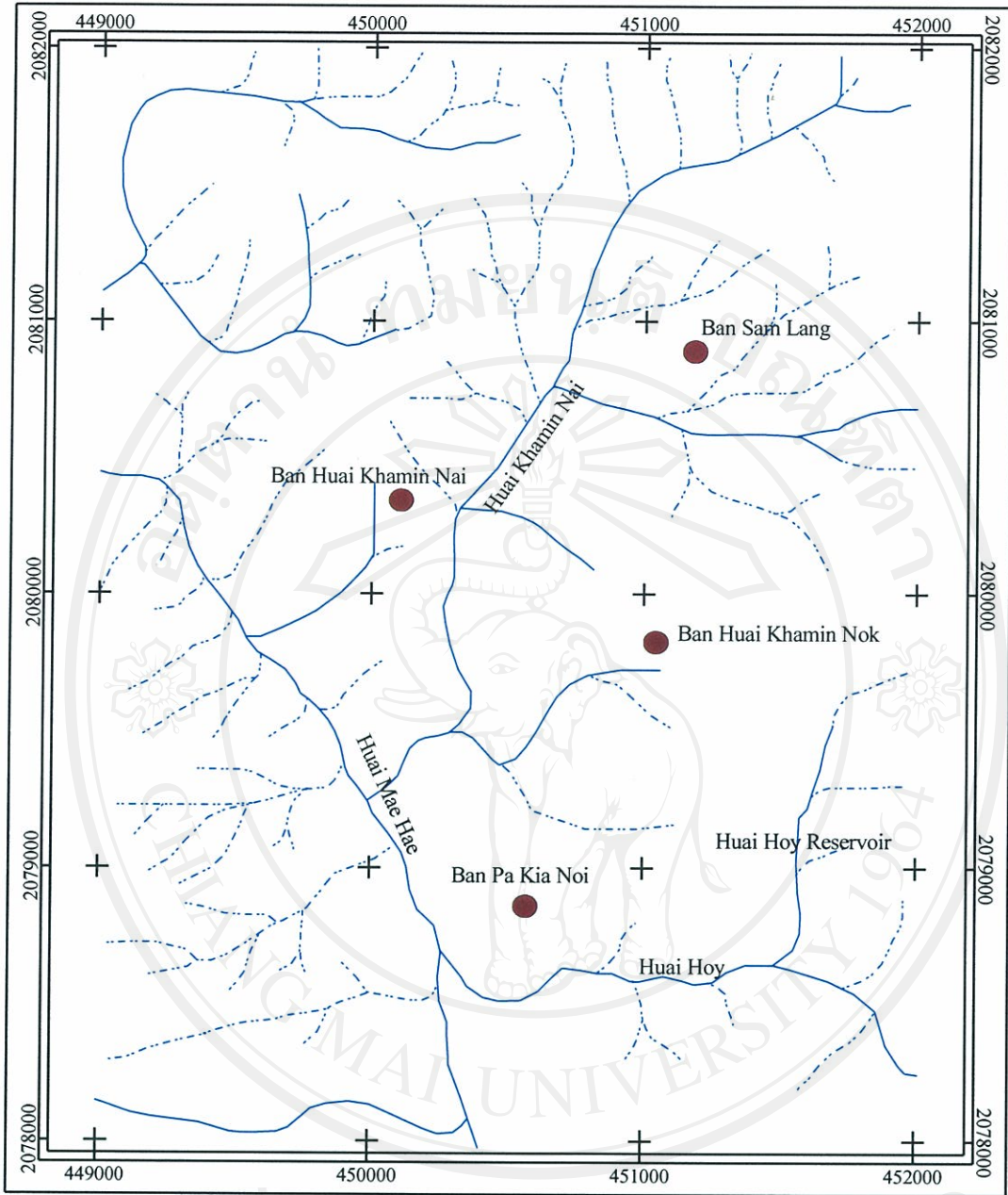


Figure 1.2 Physiography (modified from Royal Thai Survey Department, 1996).



Symbols

- Village
- - - Intermittent stream
- Perennial stream



Scale

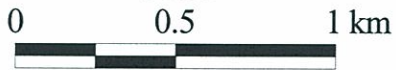


Figure 1.3 Drainage system.

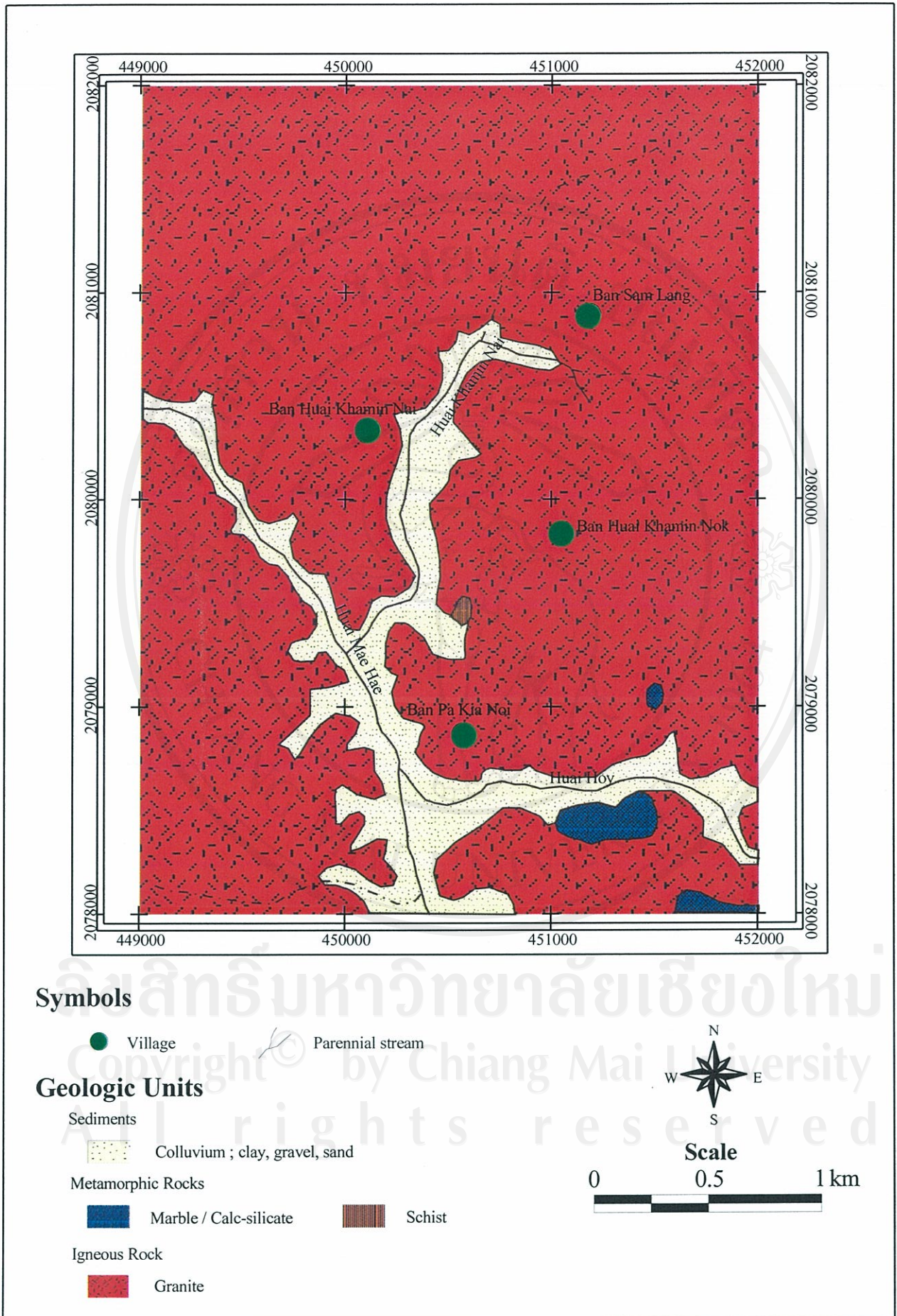


Figure 1.4 Geologic map.