

การวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ  
เพื่อสำแนกลานตะพักสำน้ำบริเวณลุ่มน้ำย

-3 ก.พ. 2526

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
สุขุมวิท 23 พระโขนง กรุงเทพฯ 11 โทร 3921575, 3915058

ปริญญานิพนธ์

ของ

ประสิทธิ์ โอสถานนท์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประธานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

เมษายน 2522

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**การวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อสภาวะภูมิประเทศแบบลานตะพักส้าน้ำ**  
**เพื่อจำแนกลานตะพักส้าน้ำบริเวณลุ่มน้ำฮู**

**บทคัดย่อ**

**ของ**

**ประสิทธิ์ โอสถานนท์**

**เล่นอดต้อมหาวิทยาสัยคัร็นครินทรวิโรฒ ประล่านมิตร**

**เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร**

**ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต**

**เมษายน 2524**

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐานของบรี เวลุ่มน้ำยี่ โดยศึกษาจากแผนที่ธรณีสัณฐานซึ่งสร้างจากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ ประกอบกับการศึกษาจากภาคสนาม พบว่าลักษณะธรณีสัณฐานของบรี เวลุ่มน้ำยี่ ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นลานตะพักลำน้ำ ซึ่งทำการค้นหาลักษณะทางธรณีสัณฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ เพื่อจำแนกลานตะพักลำน้ำบรี เวลุ่มน้ำยี่ จากการวัดลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะในแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีสัณฐาน และลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะในภาคสนามแล้วนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ หลังจากเก็บสิ่งนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ สหสัมพันธ์ถดถอย และเทคนิคการจำแนก

#### ผลการศึกษาพบว่า

1 ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำมีความสัมพันธ์กับความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ ขนาดอนุภาคของดินบน ขนาดอนุภาคของดินล่าง สีของดิน และจุดสีประของดิน

2 องค์ประกอบทางธรณีสัณฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ ได้แก่

- 2.1 องค์ประกอบเกี่ยวกับรูปทรง และลุ่มปิตัด้านวัดของลานตะพักลำน้ำ
- 2.2 องค์ประกอบเกี่ยวกับความสูงที่ฐานของลานตะพักลำน้ำ
- 2.3 องค์ประกอบเกี่ยวกับขนาดอนุภาคของ วัดบนลานตะพักลำน้ำ

3 ตัวพยากรณ์ทางธรณีสัณฐานของลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ คือ

$$ETR = 0.9296 ETS - 131.4016$$

เมื่อ  $ETR$  = ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ

$ETS$  = ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล

4 ตัวแปรทางธรณีสัณฐานตามข้อ 1 ใช้เป็นดัชนีสำหรับจำแนกลานตะพักลำน้ำ

AN ANALYSIS OF FACTOR INFLUENCING RIVER-TERRACE FEATURES  
FOR RIVER-TERRACE CLASSIFICATION IN THE CHI BASIN

AN ABSTRACT

BY

PRASIT OSATHANONTHA

Presented in partial fulfillment of requirements  
for the Master of Education degree  
at Srinakharinwirot University  
March 1981

The purpose of this study was to characterize the geomorphological features of the Chi basin. The study was done geomorphological map prepared from land settlelite images, aerial photographes and field works. It was found that the most common geomorphological features of the Chi basin are river-terrace. The further attempt was to find the factors influencing river-terrace features and to classify river-terrace on the Chi basin, based on measurable geomorphological variables in topographic maps, the geomorphological map, as well as the field works. Samples of surface materials were collected and analysed by factor analysis, regression linear and classification technique.

The result of the study were.

1. The river-terrace features were related to the hight of the top part of river-terrace from mean sea level, the hight of the base part of river-terrace from mean sea level, the relief of the top part of river-terrace from river-banks, the relief of the base part of river-terrace from river-banks, the relief of river-terrace, slopes, distances from the river, particle size of top-soil, particle size of sub-soil, soil color and mottles in the soil profile of the river-terrace.

2. The geomorphological factors influenced the river-terrace features were:

- 2.1 Morphometry and materials of the river-terrace.

- 2.2 The hight of base of the river-terrace.

- 2.3 The particle size of the river-terrace.

3. The significant predictor for the river-terrace was

$$ETR = 0.9296 ETS - 131.4016$$

when ETR = The hight of the top part of river-terrace from  
river-banks.

ETS = The hight of the top part of river-terrace from  
mean sea level.

4. The variables mentioned in item I were used as index for  
the river-terrace classification.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและกรรมการสอบ ได้พิจารณาอนุญาตให้  
ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับ เป็นส่วนหนึ่ง ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต  
ของมหา วิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

คณะกรรมการสอบ

ณัฐกมล เอี่ยมทอ ประธาน ณัฐกมล เอี่ยมทอ ประธาน

น. น. น. กรรมการ น. น. น. กรรมการ

น. น. น. กรรมการ

## ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือ และความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายอย่างดียิ่ง  
ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ เข้มหน่อ และ รองศาสตราจารย์ ดร.  
ประเสริฐ วิทยารัฐ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นทางวิชาการสำหรับการทำ  
ปริญญานิพนธ์ตลอดมา รวมทั้งการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กริ วรกริน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัมพร ศิริบุร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น้อม งามนิสัย ที่กรุณาให้คำแนะนำทางวิชาการ และให้ความช่วยเหลือด้าน  
อุปกรณ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ของ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมทรัพยากรธรณี ที่กรุณา  
อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และให้ข้อคิดเห็นทางวิชาการ และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่  
ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์  
ข้อมูล

ขอขอบพระคุณ คุณวิโรจน์ เข้มเจริญ คุณชนะชัย สืบปรุ คุณภูตน์ อินทร์พรหม  
เพื่อนนิสิตปริญญโทภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร และคุณสุรศักดิ์  
แสงอร่าม นิสิตปริญญโทปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล  
ภาคสนาม และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนช่วยเหลืออีกหลาย ๆ ท่าน รวมทั้งเพื่อน ๆ ที่ได้ช่วยเหลือ  
และให้กำลังใจตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และผู้มีพระคุณอีกหลายท่าน ที่ได้สนับสนุน  
การศึกษาของผู้วิสัยมาตลอด

ประสิทธิ์ โอภาณนท์

ส่วนหนึ่งของทุนในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับทุนอุดหนุนจากโครงการวิจัยเรื่อง  
การประเมินผลการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อหาแผนผังที่ดินฐานวิทยาทางอากาศตะวันออก  
เฉียงเหนือของประเทศไทย ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ประสิทธิ์ โอภาสานนท์

## สารบัญ

บทที่

หน้า

|   |                                                             |    |
|---|-------------------------------------------------------------|----|
| 1 | บทนำ .....                                                  | 1  |
|   | ภูมิหลัง ....                                               | 1  |
|   | ความมุ่งหมายของการศึกษา .....                               | 6  |
|   | / สัมมติฐานของการศึกษา .....                                | 6  |
|   | ความสำคัญของการศึกษา ....                                   | 7  |
|   | / ขอบเขตของการศึกษา . ....                                  | 7  |
|   | / ข้อตกลงเบื้องต้น .. .....                                 | 7  |
|   | / เกณฑ์ในการเลือกบริเวณที่ศึกษา . ....                      | 8  |
|   | นิยามศัพท์เฉพาะ . ....                                      | 8  |
| 2 | ทฤษฎี เอกสาร ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย .....                 | 11 |
|   | วิวัฒนาการของการศึกษาภูมิประเทศ . ....                      | 11 |
|   | วิธีการศึกษาภูมิประเทศ . ....                               | 12 |
|   | วิวัฒนาการของภูมิประเทศ . ..                                | 18 |
|   | ลักษณะธรณีสัณฐานของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ . ....             | 26 |
|   | งานสำรวจทางธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำชี . .... | 28 |
| 3 | วิธีดำเนินการศึกษา .....                                    | 33 |
|   | การศึกษาธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำชี . ....                       | 33 |
|   | อุปกรณ์และเครื่องมือ . ....                                 | 33 |
|   | ขั้นตอนการดำเนินงานและการสร้างแผนที่ .....                  | 34 |
|   | การอภิปรายผลการศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐาน .. .....            | 34 |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| การวิเคราะห์องค์ประกอบลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ                       | 34 |
| แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ                                                     | 34 |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล                                                          | 35 |
| การสกัดกระทำกับข้อมูล                                                        | 35 |
| สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล                                              | 36 |
| 4 ผลการศึกษา                                                                 | 37 |
| สภาพทางธรณีสัณฐานบริเวณลุ่มน้ำชี                                             | 37 |
| สภาพทั่วไป                                                                   | 37 |
| วิวัฒนาการทางธรณีสัณฐานของพื้นที่ลุ่มน้ำชี                                   | 38 |
| สภาพทางธรณีสัณฐานของพื้นที่ลุ่มน้ำชีที่ปรากฏในปัจจุบัน                       | 43 |
| การศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ | 51 |
| องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ                    | 58 |
| การพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ                                   | 62 |
| การจำแนกลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ                                     | 65 |
| 5 บทย่อ สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ                                       | 70 |
| บทย่อ                                                                        | 70 |
| สรุปผลการศึกษาค้นคว้า                                                        | 70 |
| อภิปรายผลการศึกษา                                                            | 72 |
| ข้อบกพร่องของการศึกษา                                                        | 89 |
| ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป                                                    | 89 |
| บรรณานุกรม                                                                   | 91 |
| ภาคผนวก                                                                      | 95 |

## บัญชีตาราง

| ตาราง |                                                                                                                                                                                                                         | หน้า |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1     | แสดงหน่วยดินต่าง ๆ ที่ปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยาระหว่างจังหวัดขอนแก่น . . . . .                                                                                                                                             | 32   |
| 2     | แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของลุ่มน้ำชี . . . . .                                                                                                                                                                             | 40   |
| 3     | แสดงปริมาณน้ำท่า (Runoff) แม่น้ำต่าง ๆ ในลุ่มน้ำชี . . . . .                                                                                                                                                            | 41   |
| 4     | แสดงหน่วยธรณีสัณฐานที่ปรากฏในแผนที่ธรณีสัณฐานระหว่างจังหวัดขอนแก่น . . . . .                                                                                                                                            | 49   |
| 5     | แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างลักษณะธรณีสัณฐานทั้ง 12 ลักษณะของ<br>ลานตะพักสำน้ำ . . . . .                                                                                                                      | 53   |
| 6     | แสดงน้ำหนักองค์ประกอบของลักษณะธรณีสัณฐานแต่ละลักษณะของการวิเคราะห์<br>องค์ประกอบก่อนการหมุนแกน . . . . .                                                                                                                | 56   |
| 7     | แสดงน้ำหนักองค์ประกอบของลักษณะทางธรณีสัณฐานแต่ละลักษณะของการวิเคราะห์<br>องค์ประกอบหลังการหมุนแกน . . . . .                                                                                                             | 57   |
| 8     | แสดงการจัดกลุ่มของลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญขององค์ประกอบ                                                                                                                                                 | 59   |
| 9     | แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นตัวพยากรณ์กับความสูงตอนบน<br>จากระดับแม่น้ำ (r) สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) สัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ ( $R^2$ )<br>สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ที่เปลี่ยนไป ( $R^2$ Change) . . . . . | 64   |
| 10    | แสดงลักษณะธรณีสัณฐานของลานตะพักสำน้ำในระดับต่าง ๆ . . . . .                                                                                                                                                             | 67   |
| 11    | แสดงลักษณะธรณีสัณฐานของลานตะพักสำน้ำในระดับต่าง ๆ (ค่าโดยประมาณ) .                                                                                                                                                      | 88   |
| 12    | ข้อมูลที่ได้จากการวัด การคำนวณจากแผนที่ และวัดจากภาคสนาม . . . . .                                                                                                                                                      | 96   |
| 13    | แสดงเมตริกของระยะ (Distance) ระหว่าง 2 ตำแหน่ง (Dig) . . . . .                                                                                                                                                          | 97   |
| 14    | แสดงข้อมูลตะกอนแขวนลอย . . . . .                                                                                                                                                                                        | 98   |

## บัญชีภาพประกอบ

| ภาพประกอบ                                              | หน้า |
|--------------------------------------------------------|------|
| 1 แสดงการวัดลักษณะธรณีสัณฐานของลานตะพักลำน้ำ . . . . . | 10   |
| 2 แสดงลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ . . . . .       | 21   |
| 3 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณฝน น้ำท่า ตะกอน . . . . .   | 42   |
| 4 แสดงสภาพพื้นที่แบบลานตะพักลำน้ำในปัจจุบัน . . . . .  | 46   |
| 5 แสดงการกัดกร่อนลุ่มลานตะพักลำน้ำ . . . . .           | 68   |

## บัญชีแผนที่

| แผนที่                                                | หน้า |
|-------------------------------------------------------|------|
| 1 แสดงลานตะพักสำน้ำบริเ วมลุ่มน้ำยี่ . . . . .        | 95   |
| 2 แผนที่รณณวิทยาระ วา่งศังหวัดยอนแก่น . . . . .       | 99   |
| 3 แผนที่รณณลัณฐานวิทยาระ วา่งศังหวัดยอนแก่น . . . . . | 100  |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

ลักษณะภูมิประเทศที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบันนี้ เกิดจากระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นจะมีทั้งกระบวนการทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ ทั้งสามตัวการนี้มักจะเกิดสัมพันธ์กันอยู่เสมอ สำหรับชนิดการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกนั้น สามารถแบ่งออกได้สามลักษณะใหญ่ ๆ คือ

#### 1. กระบวนการเกิดขึ้นที่ผิวโลก (Epigene หรือ Exogenous Processes)

เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเฉพาะพื้นผิวโลก เพื่อรักษาสสมดุลย์ของผิวโลกไว้ ซึ่งประกอบด้วย การปรับตัวให้สู่ระดับ (Gradation) หมายถึง กระบวนการต่าง ๆ ที่จะทำให้ผิวโลกอยู่ในระดับเดียวกัน กระบวนการปรับระดับนี้แบ่งออกได้เป็นสองแบบ คือ

1.1 กระบวนการทำลาย (Degradation) เป็นกระบวนการที่ปรับส่วนของผิวโลกให้ต่ำลง โดยมีตัวการสามชนิดใหญ่ ๆ คือ กระบวนการผุพังอยู่กับที่ (Weathering) กระบวนการเคลื่อนย้ายตามความลาดเท (Mass Wasting or Gravity Transfer) และ กระบวนการชะพังทะลาย (Erosion) กับการพัฒนาที่เกิดจากราน้ำไหล น้ำใต้ดิน กระแสคลื่น ในทะเล ลม และธารน้ำแข็ง

1.2 กระบวนการทับถม (Aggradation) เป็นกระบวนการที่ทำให้พื้นที่สูงขึ้น โดยเกิดจากการทับถมของอนุภาคต่าง ๆ ที่ถูกตัวการชะพังพัดพา และรวมถึงอิทธิพลของสิ่งมีชีวิตด้วย

2. กระบวนการที่เกิดจากภายในเปลือกโลก (Hypogene หรือ Endogenous Processes) ส่วนมากเป็นกระบวนการที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายตัวของหินหนืดและการไหลตัวของเปลือกโลก ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ

2.1 การไหวตัวของเปลือกโลก (Diastrophism) เช่น การเกิดรอยเลื่อน การโก่งงอ และการสร้างภูเขา

2.2 การเกิดภูเขาไฟ (Volcanism) ได้แก่ การปะทุของภูเขาไฟ โดยทั่วไปแล้ว ทั้งสองประเภทนี้จะเป็นกระบวนการสร้างมากกว่ากระบวนการทำลาย ซึ่งเป็นการกระทำให้พื้นที่สูงขึ้น

3. กระบวนการที่เกิดจากการกระทำนอกเปลือกโลก (Extraterrestrial Processes) เช่น การเกิดดาวตก หรืออุกกาบาตที่ตกลงมายังเปลือกโลก (เอกลิธี เอ็มมอนด์ 2516 : 99 - 100)

แต่กระบวนการที่มีอิทธิพลต่อรูปร่างของภูมิประเทศที่สำคัญน่าจะได้แก่ กระบวนการที่เกิดจากภายในเปลือกโลก และกระบวนการที่เกิดขึ้นที่ผิวโลก โดยกระบวนการภายในมักจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ลักษณะโครงสร้างของ เปลือกโลก ส่วนกระบวนการภายนอกนั้นจะมีบทบาทเฉพาะ การเปลี่ยนแปลงที่ผิวโลก อย่างไรก็ตาม ผลจากกระบวนการทั้งสองต่างมีความสำคัญต่อลักษณะทางธรณีสัณฐานที่ปรากฏในปัจจุบัน

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศ ตามแนวทฤษฎีวัฏจักรของ เดวิดส์ สรุปได้ว่า ผิวโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นซ้ำ ๆ ต่อเนื่องกันตลอด การกัดเซาะของทางน้ำมีบทบาทสำคัญมากต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ แต่ไม่สามารถกัดเซาะลงต่ำกว่าระดับฐาน (Base Level) ได้ การกัดเซาะจะเริ่มขึ้นเมื่อบริเวณใดบริเวณหนึ่งถูกยกตัวขึ้นสูง พื้นที่ส่วนต่าง ๆ จะถูกกัดเซาะให้ต่ำลงตามลำดับจากภูเขาสูงค่อยถูกปรับเป็นที่ราบ และการเปลี่ยนแปลงที่ค่อยเกิดขึ้นนี้ เราเรียกว่า วัฏจักร (Cycle of Erosion) ซึ่งสามารถแบ่งเป็นขั้นต่าง ๆ สามขั้น คือ Youth, Mature และ Oldage

Youth Stage เป็นระยะที่ทางน้ำเริ่มกัดเซาะ ทางน้ำมีรูปร่างเป็นรูปตัววี (V) ความลาดเอียง (Gradient) มักจะสูง การกัดเซาะจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านลึก แต่ทางน้ำยังฝัมน้อยสาย ดังนั้น พื้นที่เดิมส่วนใหญ่ยังไม่ถูกกัดเซาะ

Mature Stage เป็นระยะที่ทางน้ำมีความลาดเอียงต่ำลง การกัดเซาะเริ่มช้าอาจมีที่ราบน้ำท่วมถึงเกิดขึ้นแคบ ๆ มีขนาดเท่ากับขอบเขตของทางน้ำโค้งตวัด (Meander Belt) พื้นที่ในระยะนี้จะถูกกัดเซาะจนทั่วบริเวณ ทำให้เกิดภูเขาและพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ มากมาย

Oldage พื้นที่ในระยะ Mature Stage จะค่อย ๆ ต่ำลง การกัดเซาะจะเริ่มช้าลง ยิ่งขึ้นอีก ขณะที่ความลาดเอียงของพื้นที่ และของทางน้ำเริ่มน้อยลง จนถึงพื้นที่ในช่วงสุดท้ายซึ่งเข้าใกล้ระดับฐานมากที่สุด พื้นที่ในระยะสุดท้ายนี้จึงราบเรียบ เรียกว่า Peneplain แต่ก็อาจมีบางส่วนที่คงเป็นภูเขาเตี้ย ๆ อยู่ได้เนื่องจากหินแข็งเกินกว่าจะกัดเซาะได้หมด เราเรียกภูเขาเหล่านี้ว่า Manadnock ทางน้ำในระยะนี้จะกว้างมาก และจะไหลเป็นทางน้ำโค้งตวัด ซึ่งไหลทางตันข้างใดอย่างอิสระ

การเปลี่ยนจาก Youth Stage มาเป็น Oldage Stage นี้ ถูกควบคุมโดยระดับฐาน โดยแท้ ยิ่งใกล้ระดับฐานมากเท่าใด ก็ยิ่งใกล้ยุค Oldage ไปเท่านั้น หากระดับฐานเกิดการเปลี่ยนแปลง วัฏจักร (Cycle) ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นได้ก็ด้วยการยกตัว หรือการยุบตัวของแผ่นดิน การยกตัวของแผ่นดินขึ้นมีผลเท่ากับระดับฐานลดระดับลง ทางน้ำจะเริ่มสูงขึ้น Youth ใหม่ทั้ง ๆ ที่การกัดเซาะยังไม่สิ้นสุดวัฏจักร เรียกว่า การเริ่มใหม่ (Rejuvenation) ผลที่เกิดขึ้นจะสังเกตได้จากลานตะพักลำน้ำ (ทรินกัตติ ระมิงควงค์ และคนอื่น ๆ 2521 : 78 - 79) เกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ คอตตัน (Cotton) กล่าวว่า ในบางบริเวณจะพบร่องรอยของชุด ซึ่งแสดงว่าได้ผ่านกระบวนการต่าง ๆ มากมากกว่าหนึ่งวัฏจักรทางธรณีสัณฐานยังคงประกอบเป็นภูมิประเทศ แต่มีลักษณะถูกขัดขวางระหว่างวัฏจักร (Interrupt Cycle) ซึ่งลักษณะที่แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนก็คือ ลานตะพักลำน้ำ (Cotton. 1964 : 240) นอกจากนั้น กิลลูลี (Gilluly) ได้กล่าวว่า ลานตะพักลำน้ำก็คือ ส่วนที่เหลือของบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงเก่า ซึ่งในขณะที่ได้ถูกแม่น้ำเป็นตัวกระทำ โดยแม่น้ำได้กัดเซาะที่ราบน้ำท่วมถึงเดิมลงไปหลายครั้ง สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะ การยกตัวโดยการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก (Uplift by Earth Movement) การลดลงของระดับน้ำทะเล (Lowering of Sea Level) และการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ (Climatic Change) ซึ่งเป็นมูลเหตุทำให้

แม่น้ำมีความสามารถในการกัดเซาะ (Gulluly. 1968 : 240)

ประกอบกับลักษณะทางธรณีสัณฐานทางตอนใต้ของที่ราบ (สูง) โคราล ซึ่งถ้าแบ่งตามลักษณะการเกิดของพื้นที่ทั้งสองข้างของลุ่มน้ำมูล-ชี และลำน้ำลำขาวแล้วพอจะแบ่งออกได้ดังนี้

1. ที่ราบน้ำท่วมถึง (Active Flood Plain) จะพบบริเวณใกล้ ๆ ริมฝั่งของแม่น้ำซึ่งแบ่งออกเป็นสองตอน คือ ส่วนที่เป็นสันตามริมฝั่งแม่น้ำ (Natural River Levee) พื้นที่ส่วนนี้เกิดจากตะกอนที่แม่น้ำพัดพามาับลุ่มทุกปี ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ถึงค่อนข้างดี มีเนื้อดินละเอียดปานกลาง มีสภาพการระบายน้ำดี ส่วนพื้นที่ซึ่งอยู่ถัดจากสันริมฝั่งแม่น้ำจะเป็นที่ต่ำน้ำท่วมถึงจากลำน้ำ พื้นที่มีลักษณะราบเรียบ ดินมีลักษณะเนื้อละเอียด หรือเป็นดินเหนียว มีสภาพการระบายน้ำเลว
2. ลานตะพักขั้นต่ำ (Low Terrace) พื้นที่ส่วนนี้จะอยู่ถัดจากที่ราบน้ำท่วมถึงขึ้นไป ลักษณะพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทรายในดินชั้นบนมีความสามารถในการจุ่มน้ำต่ำ ส่วนดินชั้นล่างจะเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย บางแห่งจะพบว่ามีการวดลูกทรงปนอยู่
3. ลานตะพักขั้นกลาง (Middle Terrace) พบอยู่ทั่วไป มักเกิดสลับกับที่ราบขั้นต่ำ มีลักษณะลุ่ม ๆ ดอน ๆ ลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายในดินชั้นบน มีความสามารถในการจุ่มน้ำต่ำ ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย บางแห่งพบว่ามีการวดลูกทรงปนอยู่ หรือบางครั้งจะเห็นโผล่ขึ้นมาผิวดินของดินบน มีสภาพการระบายน้ำดี หรือค่อนข้างดี
4. ลานตะพักขั้นสูง (High Terrace) พื้นที่ส่วนนี้อยู่สูงขึ้นไปจากลานตะพักขั้นกลาง และพบเป็นบริเวณไม่กว้างขวางนักกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ลักษณะเป็นพื้นที่ลุ่ม ๆ ดอน ๆ ลักษณะของดินส่วนใหญ่ค่อนข้างเป็นทราย ความสามารถในการจุ่มน้ำต่ำมาก ส่วนดินชั้นล่างมักจะพรุนเก็บน้ำไม่ค่อยอยู่
5. บริเวณที่เป็นภูเขา (Mountainous Land) ส่วนใหญ่จะพบทางด้านใต้ของจังหวัดอุบลราชธานี ที่เรียกว่าเทือกเขาตงเร็ก จนกระทั่งติดต่อกับเทือกเขาเพชรบูรณ์ทางด้านตะวันตก พื้นที่ส่วนนี้ดินมักจะตื้น มีหินโผล่อยู่ทั่วไป (เฉลี่ยว แฉ่งไพร 2515 : 4 - 5)

จากการที่ค้นพบบริเวณลุ่มน้ำฮั่วใต้ วิวัฒนาการภายใต้กระบวนการทางธรณีสัณฐานมาตลอดเวลา จนกระทั่งปัจจุบันเหลือเป็นรูปทรงของภูมิประเทศที่เรียกว่าลานตะพักส่าน้ำปรากฏอยู่โดยทั่วไปทั้ง ล่องฝั่งของส่าน้ำ ถึงแม้ว่ารูปทรงของภูมิประเทศดังกล่าวในปัจจุบันจะเหลืออยู่เป็นรูปทรงที่ไม่ สมบูรณ์นัก แต่เมื่อพิจารณาโครงสร้างใหญ่ ๆ แล้วก็ยังปรากฏให้เห็นรูปทรงดั้งเดิมได้ อันจะเป็น ประโยชน์อย่างมากต่อการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

ประกอบกับการศึกษาทางด้านภูมิศาสตร์ในส่วนที่เกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ หรือลักษณะ ทางธรณีสัณฐาน ในประเทศไทยมีการศึกษากันน้อยมาก ทั้งที่การศึกษาลักษณะดังกล่าวมีประโยชน์ อย่างมากต่อการวางแผนในด้านต่าง ๆ อาทิ ด้าน อุตสาหกรรม ปศุศัตตวิทยา ธรณีสัตตวิทยา การใช้ที่ดิน ฯลฯ จากเหตุผลดังกล่าวจึงน่าจะทำการศึกษาลักษณะภูมิประเทศที่ปรากฏในบริเวณลุ่มน้ำฮั่ว โดยเฉพาะลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำซึ่งพบกระจายอยู่ค่อนข้างเป็นระเบียบ ในทาง ภูมิศาสตร์ถือว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวมีได้เกิดขึ้นโดยบังเอิญ แต่เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างมี รูปแบบ ปรากฏการณ์ดังกล่าวจึงน่าจะมีองค์ประกอบทางธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างร่วมกันอยู่ ด้วยเหตุนี้ จึงน่าจะค้นหาว่าลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำบริเวณลุ่มน้ำฮั่วนี้มีองค์ประกอบทางธรณีสัณฐาน ร่วมกันอยู่อย่างไร องค์ประกอบเหล่านั้นได้แก่อะไรบ้าง และมีตัวแปรหรือลักษณะทางธรณีสัณฐาน ไตบ้าง เป็นตัวประกอบสำคัญในแต่ละองค์ประกอบ อีกทั้งองค์ประกอบเหล่านั้นสามารถอธิบายลักษณะ ภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำได้มากน้อยเพียงใด หรืออย่างน้อยจะมีการจำแนกลานตะพักส่าน้ำใน บริเวณดังกล่าวอย่างมีกฎเกณฑ์ ละเริ่มทำการศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐานของบริเวณดังกล่าว พร้อมกับค้นหาว่าตัวแปรหรือลักษณะธรณีสัณฐานใดบ้างที่เป็นตัวประกอบที่สำคัญในแต่ละองค์ประกอบ ที่สามารถอธิบายลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำได้ หลังจากนั้นก็ทำการค้นหาตัวแปรหรือ ลักษณะธรณีสัณฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำสำหรับใช้เป็นตัวชี้ในการจำแนก ลานตะพักส่าน้ำบริเวณลุ่มน้ำฮั่วต่อไป การค้นหาคำตอบดังกล่าวจำเป็นต้องใช้เทคนิควิธีการทางสถิติ ประกอบกับการวิเคราะห์โดยใช้เหตุผลทางภูมิศาสตร์ และประกอบกับความรู้จากทฤษฎีการสำรวจภาคสนาม เป็นสำคัญ

### จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อสร้างแผนที่ธรณีสัณฐาน โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ ประกอบกับการศึกษาในภาคสนาม เพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำต่อไป
2. เพื่อค้นหาลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลาดชันพังสัณฐาน
3. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางธรณีสัณฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลาดชันพังสัณฐาน
4. เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ของลักษณะภูมิประเทศแบบลาดชันพังสัณฐาน
5. เพื่อค้นหาตัวแปรหรือลักษณะธรณีสัณฐานที่นำมาเป็นดัชนีในการจำแนกลาดชันพังสัณฐาน

### สมมติฐานของการศึกษา

1. ลักษณะภูมิประเทศแบบลาดชันพังสัณฐาน มีความสัมพันธ์กับลักษณะธรณีสัณฐานดังต่อไปนี้ คือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลาดชันพังสัณฐาน ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ ขนาดอนุภาคของดินบน ขนาดอนุภาคของดินล่าง สีของดิน จุดสีประของดิน ความหนาของชั้นดินบน
2. องค์ประกอบทางธรณีสัณฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลาดชันพังสัณฐาน น่าจะมีมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบ
3. ตัวแปร หรือลักษณะทางธรณีสัณฐานที่นำมาเป็นดัชนีในการจำแนกลาดชันพังสัณฐาน น่าจะมีมากกว่าหนึ่งตัวแปร

### ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ทำให้ทราบลักษณะทางธรณีสัณฐานของบริเวณที่ทำการศึกษา
2. ทำให้ทราบถึงลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพัก  
ลำน้ำ
3. ให้ทราบถึงองค์ประกอบ และระดับความสำคัญขององค์ประกอบทางธรณีสัณฐานที่มี  
อิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ
4. ทำให้ทราบถึงตัวแปร หรือลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นตัวแปรในการจำแนกลานตะพักลำน้ำ
5. ทำให้ทราบถึงเกณฑ์สำหรับพิจารณาลานตะพักลำน้ำในบริเวณลุ่มน้ำชีว่า ลานตะพัก  
ลำน้ำชั้นต่ำ ลานตะพักลำน้ำชั้นกลาง ลานตะพักลำน้ำชั้นสูง มีลักษณะอย่างไร

### ขอบเขตของการศึกษา

1. การศึกษาครั้งนี้จะศึกษาเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำชี ที่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศระยะกว้าง  
จังหวัดขอนแก่น มาตราส่วน 1 : 250,000 ของกรมแผนที่ทหาร
2. ลักษณะธรณีสัณฐานที่นำมาพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้มี 12 ลักษณะ ได้แก่ ความสูง  
ตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ  
ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความลาดชัน ระยะห่างจาก  
แม่น้ำ ขนาดอนุภาคของดินบน ขนาดอนุภาคของดินล่าง สีของดิน ลวดสีประของดิน ความหนาของ  
ชั้นดินบน

### ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ตัวแปร หรือลักษณะทางธรณีสัณฐานทั้ง 12 ลักษณะที่เลือกมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้  
ถือว่าเป็นอิสระต่อกัน
2. ตัวแปร หรือลักษณะธรณีสัณฐานนอกเหนือจากนี้ถือว่าไม่มีผลต่อการศึกษานี้
3. บริเวณที่ทำการศึกษา ถือว่าอยู่ภายใต้สภาพภูมิอากาศ ค่อยๆ แตกต่าง

#### 4. ข้อมูลที่ได้จากแผนที่ ภาพถ่าย และข้อมูลอื่น ๆ ถือว่าถูกต้องและเชื่อถือได้

##### เกณฑ์ในการ เลือกบริเวณที่ศึกษา

1. เป็นบริเวณที่พื้นที่ส่วนใหญ่ มีลักษณะภูมิประเทศแบบลาดชันตึกส่านน้ำ
2. เป็นบริเวณที่มีเส้นทางคมนาคมสะดวก อันจะเป็นประโยชน์ต่อการเก็บข้อมูลใน

ภาคสนาม

##### นิยามศัพท์เฉพาะ

ลาดชันตึกส่านน้ำ หมายถึง ที่ราบที่อยู่เหนือระดับส่านน้ำในปัจจุบันเป็นตึก ๆ แต่ละตึกอาจอยู่สูงกว่กันเป็นเมตร ๆ หรือหลายสิบเมตร แล้วแต่ความเร็วของการกัดกร่อนให้สึกลงไปของแม่น้ำกสับว

พื้นที่ลุ่มน้ำชี หมายถึง พื้นที่ลุ่มน้ำชีที่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ ระหว่างจังหวัดขอนแก่น มาตรฐาน 1 : 250,000 ของกรมแผนที่ทหาร

การจำแนกลาดชันตึกส่านน้ำ หมายความว่า การแบ่งลักษณะภูมิประเทศแบบลาดชันตึกส่านน้ำอย่างมีกฎเกณฑ์ออกเป็น ลาดชันตึกส่านน้ำชันต่ำ-กลาง-สูง

ความสูงตอนบนจากกระดับแม่น้ำ หมายถึง ความสูงที่วัดจากระดับแม่น้ำถึงส่วนบนของลาดชันตึกส่านน้ำนั้น

ความสูงที่ฐานจากกระดับแม่น้ำ หมายถึง ความสูงที่วัดจากระดับแม่น้ำถึงฐานของลาดชันตึกส่านน้ำนั้น

ความต่างระดับของลาดชันตึกส่านน้ำ หมายถึง ความสูงที่วัดจากฐานถึงส่วนบนของลาดชันตึกส่านน้ำนั้น

ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล หมายถึง ความสูงที่วัดจากระดับน้ำทะเลถึงส่วนบนของลาดชันตึกส่านน้ำ

ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล หมายถึง ความสูงที่วัดจากระดับน้ำทะเลถึงฐานของลานตะพักสื่อน้ำ

ความลาดชัน หมายถึง อัตราส่วนของระยะจากระดับฐานถึงจุดเปลี่ยนความลาดชัน (break of slop) ต่อระยะทางตามแนวระดับจากฐานถึงจุดเปลี่ยนความลาดชันของลานตะพักสื่อน้ำ

ระยะห่างจากแม่น้ำ หมายถึง ระยะทางระหว่างแม่น้ำกับฐานของลานตะพักสื่อน้ำ

ขนาดอนุภาคของดินบน หมายถึง ขนาดของเนื้อดินที่ระดับ 30 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นที่มีอิทธิพลของอินทรียวัตถุเข้ามาเกี่ยวข้องน้อยที่สุด

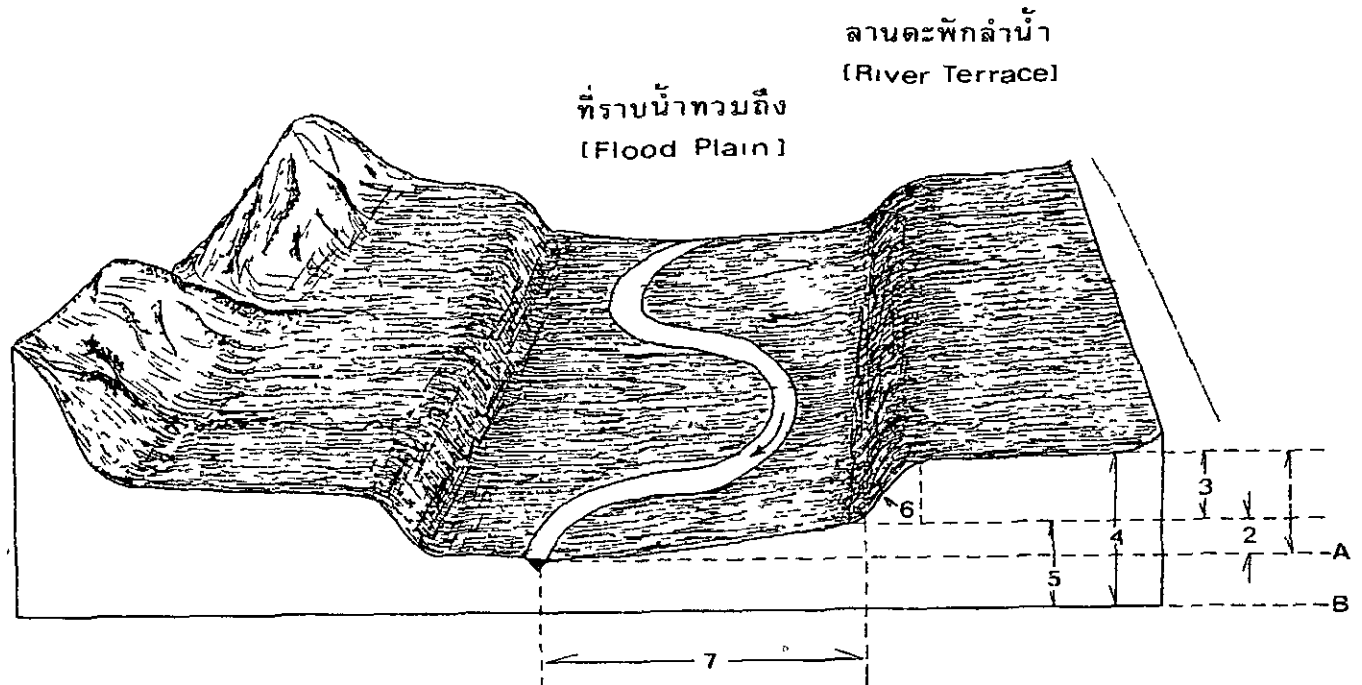
ขนาดอนุภาคของดินล่าง หมายถึง ขนาดของเนื้อดินที่อยู่ติดกับหินฐาน (100 เซนติเมตร)

สีของดิน หมายถึง สีของเนื้อดิน ซึ่งเกิดจากสารประกอบของดิน และสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อดิน

จุดสีประของดิน หมายถึง ลักษณะที่แสดงถึงสภาพการระบายน้ำของดิน

ความหนาของชั้นดินบน หมายถึง ความหนาของชั้นดินที่แสดงถึงวิวัฒนาการทางด้านข้างของดิน

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ



- A หมายถึงระดับแม่น้ำ
- B หมายถึงระดับน้ำทะเล
- 1 หมายถึงความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ
- 2 หมายถึงความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ
- 3 หมายถึงความต่าระดับของลานตะพักลำน้ำ
- 4 หมายถึงความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล
- 5 หมายถึงความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล
- 6 หมายถึงความลาดชัน
- 7 หมายถึงระยะห่างจากแม่น้ำ

## ทฤษฎี เอกสาร ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

### วิวัฒนาการของการศึกษาภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศที่ปรากฏให้เห็นในปัจจุบัน ได้ผ่านขั้นตอนและกระบวนการในการพัฒนา ลักษณะภูมิประเทศ อันมีผลทำให้ภูมิประเทศมีลักษณะแตกต่างกันออกไป กระบวนการที่กระทำต่อ ภูมิประเทศนั้นจะประกอบไปด้วยกระบวนการภายใน ซึ่งเกิดจากการกระทำของแรงภายในโลก และกระบวนการภายนอกซึ่งเกิดจากการกระทำของกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลก

การศึกษาเกี่ยวกับภูมิประเทศนั้นมีการศึกษากันมากในสาขาธรณีสิ่งแวดล้อมวิทยา อันเป็นวิชา ที่ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของเปลือกโลก ความสูงต่ำของพื้นที่ และสภาพภูมิประเทศทั่ว ๆ ไป โดย ศึกษาถึงกระบวนการกำเนิด และวิวัฒนาการของภูมิประเทศ (เอกลีทรี , เอ็มมอนด์ 2516 : 10) การศึกษาทางด้านธรณีสิ่งแวดล้อมวิทยานั้นได้พัฒนามาจากการทำงานของนักธรณีวิทยา และนักอุทกวิทยา ในตอนปลายศตวรรษที่ 18 ถึง ศตวรรษที่ 19 ซึ่งการศึกษาในสมัยนั้นศึกษาโดยการสังเกต และ การอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ (King. 1967 : 1) ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ อย่าง เป็นระเบียบตามระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏเป็นหลักฐานนั้นได้เริ่มในราวกลาง ศตวรรษที่ 19 ในอเมริกา และยุโรป บุคคลสำคัญในสมัยนั้น ได้แก่ โพลเวลล์ (J.W. Powell) กิลเบิร์ต (G.K. Gilbert) และ เดวิส (W.M. Davis) ในอเมริกา ส่วนในยุโรป บุคคล สำคัญ คือ เพนค์ (Walter Penck) (ครองชัย หัตถา 2522 : 11 อ้างอิงมาจาก King. 1953 : 721) ส่วนผู้มีชื่อเสียงอย่างมากทางด้านธรณีสิ่งแวดล้อมวิทยานั้น ได้แก่ เดวิส (W.M. Davis. 1850 - 1934) จนเขาได้รับสมญาว่า The Davisian School of Geomorphology หรือ American School เขารวบรวมผลงานของ โพลเวลล์ กิลเบิร์ต และ ศักดิน มาสำรวจ วิจัย และอธิบายอย่างมีเหตุผล เขาได้ตั้งสมมติฐานขึ้นหลายข้อที่สำคัญ คือ วัฏจักรทางธรณีสิ่งแวดล้อม (Geomorphic Cycle) ซึ่งแบ่งออกเป็นสามขั้นตอนใหญ่ คือ Youth, Mature และ Oldage พื้นที่แต่ละบริเวณจะมีลักษณะแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับ โครงสร้างของหิน กระบวนการทางธรณีสิ่งแวดล้อม และขั้นตอนของวิวัฒนาการ

แต่ความคิดของ เดวิส เกี่ยวกับการยกตัวของพื้นที่ได้รับการคัดค้านจาก วอลเตอร์ เพงค์ (Walter Penck) ชาวเยอรมัน โดยเดวิส เชื่อว่าพื้นที่จะเริ่มวิวัฒนาการภายหลังจากพื้นที่นั้นได้ยกตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว แล้วไปหยุดที่ระดับหนึ่ง ส่วน เพงค์ เชื่อว่า การยกตัวของพื้นที่จะกระทำไปอย่างช้า ๆ และขณะที่มีการยกตัวขึ้นนั้น วิวัฒนาการของพื้นที่ก็ดำเนินไปเรื่อย ๆ (เอกลิทธิ์ เอี่ยมหน่อ 2516 : 8)

### วิธีการศึกษาภูมิประเทศ

การศึกษาภูมิประเทศ การอธิบายภูมิภาคต่าง ๆ การศึกษาประวัติการสักร้างพื้นที่ และรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการทางเคมี กระบวนการทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อดินนั้น เกณฑ์ที่ใช้เป็นหลักในการศึกษาก็คือ การพิจารณาโครงสร้าง กระบวนการ และเวลา ซึ่งเสนอโดย เดวิส (Bloom. 1978 : 510) เดวิสได้ให้เหตุผล และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการจำแนกและการกำเนิดภูมิประเทศว่า ลักษณะโครงสร้างทั้งภายในและภายนอกเป็นพื้นฐานสำคัญในการจำแนกภูมิประเทศ ในกรณีที่ไม่มีกระบวนการใด ๆ มากระทำต่อพื้นผิว โครงสร้างภายในจะเป็นปัจจัยควบคุมลักษณะภูมิประเทศ แต่ไม่มีพื้นผิวส่วนใดที่ไม่ได้รับการกระทำจากกระบวนการต่าง ๆ ฉะนั้นกระบวนการปรับระดับจึงเป็นตัวการหนึ่ง แต่กระบวนการทั้งหลายไม่สามารถกระทำให้สำเร็จในพื้นที่หนึ่งใด ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทำลายและการเสริมสร้างต้องอาศัยช่วงระยะหนึ่งคือ เวลาจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$L = f (SPT)$$

เมื่อ  $L$  = ลักษณะภูมิประเทศ (Landform)

$S$  = โครงสร้างหิน (Structure)

$P$  = กระบวนการกระทำ (Processes)

$T$  = เวลา (Time)

(ประสิทธิ์ อุไรรัตน์ 2520 : 15 อ้างอิงมาจาก Davis. 1909 : 481)

ส่วน พิทตี้ (Pitty) กล่าวว่า วิธีการขั้นพื้นฐานในการอธิบายทางด้านธรณีสัณฐานนั้น มีอยู่ด้วยกันสามประการ คือ

1 การสังเกต คำแนกและอธิบายตามธรรมชาติ ซึ่งการศึกษาธรณีสัณฐานในเยอรมันนั้น เน้นการสังเกต และแสดงรายละเอียดต่าง ๆ เพื่ออธิบายถึงรูปแบบของความต่างระดับ ซึ่งเป็นลักษณะการศึกษาของ วอน ริลธโฮเฟ่น (Von Richthofen)

2 ลักษณะภูมิประเทศที่มีลักษณะสมมาตร (Symmetry) และมีลักษณะเฉพาะอาจต้องมีการจำแนกศึกษาเป็นประเภท ๆ ไป

3. การอธิบายเกี่ยวกับการกำเนิด อาจไม่มีข้อมูลปรากฏให้เห็น บางครั้งอาจต้องอาศัยการตีความเข้าช่วย เช่น Peneplain

ทั้งการอธิบาย การบรรยาย และการตีความการกำเนิดภูมิประเทศ ล้วนเป็นวิธีที่ใช้ในการศึกษาลักษณะภูมิประเทศทั้งสิ้น (Pitty. 1973 : 1 - 2) นวลศิริ วงษ์ทางสวัสดิ์ ได้กล่าวว่า วิธีการศึกษาวิจัยทางด้านธรณีสัณฐานวิทยานั้นมีหลายวิธี ทั้งนี้แล้วแต่ เรื่องที่จะศึกษาวิจัย ซึ่งอาจจะใช้วิธี ปริมาณวิเคราะห์ วิธีการตรวจวัด สังเกต ติดตามกระบวนการในท้องที่ ทดลองในห้องปฏิบัติการ หรือการใช้แผนที่ และภาพถ่ายทางอากาศ ประกอบกับการศึกษาในท้องที่ (นวลศิริ วงษ์สวัสดิ์ 2522 : 2)

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1945 เป็นต้นมา ได้มีการเปลี่ยนแปลงการสังเกต การบันทึกลักษณะภูมิประเทศด้วยความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดเวลาในการอธิบายลักษณะภูมิประเทศ โดยมาศึกษาจากแผนที่แทน ซึ่งวิธีการนี้ทำให้ลดจำนวนการสังเกตภูมิประเทศจริงลงได้มาก และทำให้การอธิบายลักษณะภูมิประเทศเป็นไปได้ง่ายขึ้น (Pitty. 1973 : 2) ซึ่ง ทูลเติ้ล (Tuttle) ได้กล่าวว่าวิธีการศึกษาทางธรณีสัณฐานวิทยานั้น วิธีที่นิยมกันก็คือ การศึกษาโดยใช้แผนที่ภูมิประเทศ และภาพถ่ายทางอากาศ ประกอบกับการศึกษาในท้องที่ ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับภูมิประเทศ นักธรณีวิทยาหรือนักธรณีภูมิประเทศ จำเป็นต้องมีเครื่องมือพื้นฐานซึ่ง อาจจะเป็นแผนที่ภูมิประเทศ หรือภาพถ่ายทางอากาศแล้วแต่กรณี สำหรับแผนที่ภูมิประเทศนั้นจะมีความจำเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการแปลความทางธรณีวิทยาในภูมิประเทศ อาจจะทำให้ทราบลักษณะการวางตัวของชั้นหิน โครงสร้าง กระบวนการ

ทางธรณีวิทยาของภูมิภาคอันนำไปสู่การทราบถึงเหตุการณ์ หรือประวัติทางธรณีวิทยาของภูมิภาคต่าง ๆ ได้ (Tuttle. 1971 : 5 - 7) ส่วน ซาคร์เซวส์กา (Zakrzewska) กล่าวว่า เป็นการยากที่จะวิเคราะห์ภูมิภาคหลาย ๆ ชนิด แต่ถ้ามีข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศในแผนที่ภูมิประเทศจะสามารถเห็นลักษณะที่แตกต่างกันของภูมิภาคได้ อันจะเป็นการช่วยให้การวิเคราะห์และอธิบายภูมิประเทศได้ดีขึ้น นอกจากนั้นแผนที่ภูมิประเทศยังสามารถวิเคราะห์โดยใช้ตัวเลขต่าง ๆ ได้จากเส้นชั้นความสูง จากข้อมูลอันนี้จะทำให้ทราบถึงความลาดชัน ความต่างระดับ ลักษณะของเนินหิน ความไม่สม่ำเสมอ และรูปแบบต่าง ๆ นอกจากนั้นยังสามารถสร้างภาพตัดขวางได้ ซึ่งการวิเคราะห์จากแผนที่ภูมิประเทศอาจช่วยในการตีความการกำเนิดของพื้นที่ได้ (Zakrzewska. 1974 : 20 - 21)

ต่อมาการศึกษาธรณีสัณฐานวิทยา ได้มีการใช้แผนที่ธรณีสัณฐานในการศึกษาโดยเฉพาะเนื่องจากแผนที่ธรณีสัณฐานจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของพื้นที่ได้ดีกว่า โดยแผนที่ธรณีสัณฐานตามระบบที่สหพันธรัฐนิคมศาสตร์นานาชาติ (IGU) ได้กำหนดไว้ จะช่วยบอกให้ทราบถึงสภาพพื้นที่ วัตถุประสงค์ของการทางธรณีวิทยา และการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา (อภิลิทธิ์ เขียมหน่อ 2522 : 4) และ คิง (King) ยังอธิบายต่อไปว่า แผนที่ธรณีสัณฐานนั้นทำขึ้นเพื่อแสดงสภาพพื้นที่ ซึ่งมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ลักษณะธรณีสัณฐานได้ดีกว่าการใช้เส้นชั้นความสูงแต่เพียงอย่างเดียว โดยแผนที่ธรณีสัณฐานจะมีการจำแนกชนิดของลักษณะธรณีสัณฐาน โดยแสดงถึงการกระจายของลักษณะทางธรณีสัณฐาน ซึ่งสามารถแสดงได้โดยใช้สัญลักษณ์อันจะทำให้การวิเคราะห์ภูมิภาคเป็นไปอย่างมีกฎเกณฑ์ (King. 1967 : 56)

แผนที่ธรณีสัณฐานนั้นมีใช้กันมากในยุโรป โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายลักษณะทางธรณีสัณฐานบุคคลสำคัญที่ใช้วิธีการนี้ คือ ซาวิเกียร์ (R.A.G. Saviegar) ซึ่งเขาได้ให้กฎเกณฑ์ว่า จะทำให้ทราบถึง อายุ การกำเนิด และลักษณะการพังทลายของภูมิภาคได้ จากแผนที่ธรณีสัณฐาน (Pity. 1973 : 8 - 9) ส่วน เดเม็กซ์ (Demex) ได้กล่าวว่า แผนที่ธรณีสัณฐานเป็นการแสดงถึงความแตกต่าง การกระจาย และความสัมพันธ์ของลักษณะทางธรณีสัณฐานในเขตต่าง ๆ นอกจากนั้นยังทำให้ทราบถึงลักษณะโครงสร้าง และวิวัฒนาการของพื้นโลก ซึ่งประโยชน์ของแผนที่ธรณีสัณฐานนั้น

มิใช่จะมีเฉพาะทางด้านธรณีสัณฐานวิทยาเท่านั้น แต่ยังเป็นประโยชน์สำหรับวิทยาศาสตร์ธรรมชาติหลายสาขา อาทิ ธรณีวิทยา อากาศวิทยา อุทกวิทยา ปฐพีวิทยา ฯลฯ นอกจากนี้ แผนที่ธรณีสัณฐานจะให้ข้อมูลที่มีคุณค่าต่อการวิเคราะห์ธรณีโครงสร้าง และทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก (Demex. 1972 : 121)

การศึกษาทางด้านธรณีสัณฐานวิทยานั้น นักธรณีสัณฐานเริ่มทำการศึกษาจากการสำรวจขั้นต้นหรือออกภาคสนามเพื่อทำแผนที่สำหรับการสำรวจในขั้นต่อไป และวิธีการที่นักธรณีสัณฐานใช้ในการศึกษาภูมิประเทศนั้น จะมีตั้งแต่การเดินเท้า การวัดภาพภูมิประเทศ การสังเกตด้วยสายตา สำหรับบริเวณใหญ่ ๆ วิธีการที่ยอมรับกันในหมู่นักธรณีสัณฐานก็คือ การใช้รถยนต์สำรวจ แต่ต่อมาได้มีภาพถ่ายจากดาวเทียม จึงทำให้นักธรณีสัณฐานนำมาใช้ในการศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐาน (Pitty. 1973 : 29) สำหรับภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐานของพื้นโลกนั้น ได้จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของโลก (Earth Resources Techonology Satellite หรือ ERTS ซึ่งต่อมาได้เปลี่ยนมาใช้ Land Resources Satellite หรือ LANDSAT) ดาวเทียมชนิดนี้ส่งขึ้นไปเพื่อบันทึกภาพพื้นผิว และทรัพยากรธรรมชาติของโลก เพื่อนำมาศึกษาวิจัย วิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลง ผลกระทบและสิ่งที่เป็นจริง เพื่อใช้ประโยชน์ในการวางแผนพัฒนาประเทศ (สัณติย์ วัชรกิตติ 2522 : 2)

สำหรับการนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม มาศึกษาวิจัยทางด้านธรณีสัณฐานวิทยา และธรณีวิทยาภูมิประเทศนั้น มาซาฮิโกะ โอฮา (Masahiko Oya) ได้ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมทำแผนที่ธรณีสัณฐาน ประกอบกับการศึกษาจากภาคสนาม เพื่อศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐานของพื้นที่ลุ่มน้ำ ยมนา ในบังกลาเทศ ซึ่งสามารถจำแนกลักษณะทางธรณีสัณฐานได้ดังนี้

- 1 บริเวณภูเขาที่มีความลาดชันสูง (Steep Slope on the Mountain)
- 2 ที่ราบลาดมีความลาดชันต่ำ (Piedmont Gentle Slope)
3. ลานตะพักขั้นสูง (Upper Terrace)
4. ลานตะพักขั้นต่ำ (Lower Terrace)
- 5 ที่ราบหุบเขา (Valley Plain)

6. เนินตะกอนรูปพัดที่มีความลาดชันต่ำ (Alluvial Fan with Gentle Slope)
7. คันดินธรรมชาติ (Natural Levee)
8. ดินดอนลุ่มเหลี่ยมสูง (Upper Delta)
9. ที่ลุ่มคันดิน (Backswamp)
10. ดินดอนลุ่มเหลี่ยมที่น้ำขึ้นถึง (Delta Influenced by Tide)
11. รูปแบบต่าง ๆ ของแม่น้ำ (Forms River Course)

(Oya. 1977 : 104)

ส่วน พงศ์พันธ์ ปิยะพงศ์ ได้ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมทำแผนที่ ธรณีสัณฐานเพื่อศึกษา ลักษณะทางธรณีสัณฐาน บริเวณที่ราบภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ภาพถ่ายจาก ดาวเทียม มาตราส่วน 1 : 250,000 ขาว-ดำ และภาพสีผสมมาตราเดียวกันเป็นแผนที่พื้นฐาน (Base Map) ประกอบกับการออกสำรวจภาคสนาม และวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยวิเคราะห์ ลักษณะต่อไปนี้

1. ชนิดของภูมิประเทศอย่างกว้าง
2. การบรรยายลักษณะรูปร่างพื้นที่
3. การวัดทรวดทรงของพื้นที่
4. เวลาทางธรณีวิทยา
5. ลักษณะการเกิดของพื้นที่
6. ลักษณะของดิน

จากการศึกษาพบว่า ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่ เป็นภูมิประเทศแบบผสม (Compound Landform) และภูมิประเทศแบบซับซ้อน (Complex Landform) ได้ค้นพบลักษณะภูมิประเทศ หลายแห่งที่ยังไม่เคยค้นพบมาก่อน ดังนี้

1. บริเวณเนินตะกอนรูปพัด (Alluvial Fan) ในบริเวณจังหวัดลพบุรี สระบุรี นครนายก
2. ที่ราบแบบคาร์สต์ (Karst Corrosion Plain) บริเวณจังหวัดสระบุรี และ

อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

3. ที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plain) ของแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งเป็นที่ราบเกิดจาก  
วัสดุน้ำพา (Alluvial Plain)

4. ที่ราบสูง (Plateau) ในบริเวณหุบเขากุ่มโคราช

5. เขาที่เกิดจากการเลื่อนเป็นบล็อก (Fault Block Mountain) บริเวณเพชรบูรณ์

6. ลานตะพักชายฝั่งทะเล (Marine Terrace) บริเวณจังหวัดชลบุรี

7. ผาชัน (Escarpment) บริเวณขอบของที่ราบสูง

8. ที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมชายฝั่ง (Deltaic Coast Plain) บริเวณที่ราบ

ภาคกลางตอนใต้

9. คาร์สต์ (Karst) แบบต่าง ๆ เช่น คาร์สต์รูปกรวย (Conical Karst)

คาร์สต์ในที่สูง (Tower Karst) และคาร์สต์ที่ซับซ้อนในจังหวัดสระบุรี และลพบุรี

10. ที่ราบเชิงเขา (Pediplain) บริเวณจังหวัดลพบุรี

11. พื้นที่เกิดราบบริเวณชายฝั่ง (Coast Peneplain) บริเวณจังหวัดชลบุรี ระยอง

12. สารทับถม (Fluvial Deposit) แบบต่าง ๆ บริเวณแม่น้ำสำคัญหลายสาย เช่น  
แม่น้ำเจ้าพระยา บางปะกง (พงศ์พิสน์ ปิยะพงศ์ 2521 : 2 - 4)

สำหรับการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมศึกษาทางด้านธรณีวิทยา โครงสร้าง ประสงค์ ยังผู้คณะ  
ได้ทำการศึกษาสภาพทางธรณีวิทยา โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม ประกอบกับภาพถ่ายทางอากาศ และ  
การสำรวจภาคพื้นดิน บริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ ขัยภูมิ ขอนแก่น จากการศึกษาบริเวณดังกล่าวสามารถ  
แบ่งลักษณะโครงสร้างของพื้นที่ออกได้เป็นสองส่วน คือ ทางด้านตะวันออกมีลักษณะเป็นที่ราบสูงค่อย ๆ  
ลาดต่ำลง และมีการเคลื่อนไหวภายใต้อิทธิพลเล็กน้อย (Slightly Tectonic) ส่วนทางด้าน  
ตะวันตกลักษณะโครงสร้างมีการเคลื่อนไหวภายใต้อิทธิพลรุนแรง (Strong Tectonic) มีความ  
ลาดชันมาก มีแนววางตัวไปทางเหนือ-ใต้ มีรูปแบบเป็นชั้นหินโค้งรูปประทุนลูกฟูก (Anticlinorium)  
รอยเลื่อน (Fault) ขนาดใหญ่มองเห็นได้ชัดเจน ซึ่งไม่เคยปรากฏในแผนที่มาก่อนมีลักษณะเหมือน  
รอยคดโค้งของหินทางด้านตะวันออก ส่วนลักษณะโครงสร้างมีความซับซ้อนเพียงใด ขึ้นอยู่กับช่วงเวลา

การเคลื่อนไหวภายในผิวโลก (Tectonic Movement) รวมทั้งการเกิดหินอัคนีแทรกซอน (Igneous Intrusion) นอกจากนั้นยังสามารถสังเกตเห็นรอยเลื่อนเป็นทางยาวหลายกิโลเมตร ซึ่งเกิดจากแรงกดดันเหนือพื้นเปลือกโลก และปรากฏในเนื้อหินบนเปลือกโลก (ประยงค์ อังสุวัฒนะ 2521 : 12)

### วิวัฒนาการของภูมิประเทศ

การเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นช้า ๆ ต่อเนื่องกันตลอด ตัวการที่นับว่ามีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมากก็คือ ทางน้ำ ซึ่งบลูม (Bloom) กล่าวว่า การทำงานขึ้นพื้นฐานของระบบแม่น้ำก็คือ การพัดพาอนุภาคต่าง ๆ จากที่สูง ถ้าพลังงานมีศักยภาพ ก็จะมีการเคลื่อนย้ายอนุภาค โดยแม่น้ำจะกัดเซาะพื้นผิวให้ลดระดับลง เมื่อกัดหุบเขาต่าง ๆ จนเป็นพื้นราบก็จะมีการสะสมตัวของตะกอนในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง อันเป็นสาเหตุของการเพิ่มระดับ โดยยังอยู่สูงกว่าระดับฐาน เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศหรือแรงภายใน จะมีอิทธิพลอย่างมาก ต่อรูปร่างของภูมิประเทศ (Bloom, 1978 : 247) เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศ ลองเวลล์ (Longwell) กล่าวว่า การกัดเซาะของลำน้ำช่วงแรกจะกัดเซาะเป็นร่องลึก แต่ตัวการที่ทำให้ลำน้ำกว้างออกก็คือ กระบวนการชะล้างเป็นแผ่น และการไหลของมวลดินหน้า สักขณะเช่นนี้จะทำให้เกิดความสมดุลระยะหว่างตัวลำน้ำกับร่องน้ำ นอกจากการกัดเซาะในทางลึก แล้วลำน้ำยังกัดเซาะให้ภูมิประเทศต่ำลง ลองเวลล์ ได้ยกตัวอย่างการศึกษาในสหรัฐอเมริกา จากการคำนวณตะกอนแขวนลอย และละลายไปกับน้ำพบว่า ลำน้ำได้ทำให้ภูมิประเทศต่ำลงโดยเฉลี่ยหกเซนติเมตรต่อหนึ่งพันปี (2.4 นิ้วต่อพันปี) หรือหนึ่งเซนติเมตรต่อ 166 ปี อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนเฉลี่ยของการชะล้างและการพังทลายย่อมแตกต่างกันไปตามชนิดของหิน ความสูง สภาพพื้นที่ และสภาพภูมิอากาศ (Longwell, 1969 : 222) นอกจากนั้น กิลลีย์ (Gilluly) กล่าวว่า ภูมิประเทศก็คือ ผลที่เกิดจากความเกี่ยวเนื่องกันระหว่างกระบวนการเพิ่มระดับ และกระบวนการลดระดับ อาทิ การเคลื่อนไหวของเปลือกโลก และการยกตัวขึ้นเกิดจากภูเขาไฟ ผลต่อมาจะทำให้เกิดการกัดเซาะเพื่อจะลดระดับลงสู่ระดับน้ำทะเล โดยความลาดชันของเนินเขา

(Hillslope) จะค่อยเปลี่ยนรูปร่างให้มีความลาดชันลดลง (Downslope) ซึ่งสามารถจะพบร่องรอยจากการกระทำของทางน้ำได้ การที่ความลาดชันของเนินเขาเปลี่ยนไปมากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความแตกต่างของหิน ดิน พืชพรรณ ภูมิอากาศ และขั้นตอน การพัฒนาของลำน้ำ แต่อย่างไรก็ตามบางบริเวณที่มีลักษณะหิน โครงสร้างและภูมิอากาศเหมือนกัน ลักษณะมุมของความลาดชันอาจลดลงไม่เหมือนกัน ซึ่งจากการศึกษาของ The Soil Conservation Service of U.S.

Department of Agriculture เกี่ยวกับอิทธิพลของพืชพรรณที่มีต่อการพังทลายของดินพบว่า การพังทลายของดินและการไหลของน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อความลาดชันเพิ่มขึ้น โดยจะมีการพังทลายเพิ่มขึ้นเมื่อมุมของความลาดชันตั้งแต่ 12 องศาขึ้นไป (Gilluly, 1968 : 223) จากผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของภูมิประเทศของเดวิส (W.M. Davis) ซึ่งเชื่อว่า การเปลี่ยนแปลงจะเริ่มขึ้นเมื่อมีสภาวะเริ่มแรก (Initial Condition) ภายหลังจากการยกตัวที่สมบูรณ์แล้ว ลักษณะการกำเนิดภูมิประเทศจากการกระทำของกระบวนการต่าง ๆ มีลำดับการเปลี่ยนแปลงจาก Youth Stage, Mature Stage และ Oldage Stage โดยพิจารณาจากลักษณะภูมิประเทศที่ปรากฏ ถ้าไม่มีเหตุการณ์ใดอุบัติขึ้นขัดขวาง วิศวกรแห่งการสึกกร่อน การกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงภูมิประเทศจะสิ้นสุดลง เมื่อพื้นที่ปรับปรุงระดับได้สมบูรณ์ถึงระดับฐานจะปรากฏเห็นที่ราบในอุดมคติ (Peneplain) ซึ่งเป็นลักษณะภูมิประเทศที่เข้าถึงสภาวะสมดุลย์ (ประสิทธิ์ ศุภรัตน์ 2520 . 14 - 15 อ้างอิงมาจาก Davis, 1909 : 481) สำหรับขั้นตอนวิวัฒนาการของภูมิประเทศนั้น ทริสกีต์ ริงคิงค์ และคนอื่น ๆ ได้กล่าวว่า

Youth Stage เป็นระยะแรกที่ทางน้ำเริ่มกัดเซาะทางน้ำมีรูปร่างเป็นรูปตัววี (V) ความลาดเอียงมักจะสูง การกัดเซาะจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางลึก แต่ทางน้ำยังมีน้อยลำย ดังนั้น พื้นที่เดิมส่วนใหญ่จึงยังไม่ถูกกัดเซาะ

Maturity Stage เป็นระยะที่ทางน้ำมีความลาดเอียงต่ำลง การกัดเซาะเริ่มช้าลงมีที่ราบน้ำท่วมถึงเกิดขึ้นแคบ ๆ มีขนาดเท่ากับขอบเขตของทางน้ำโค้งตวัด พื้นที่ในระยะนี้จะถูกกัดเซาะจนทั่วบริเวณ ทำให้เกิดภูเขาและพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ มากมาย

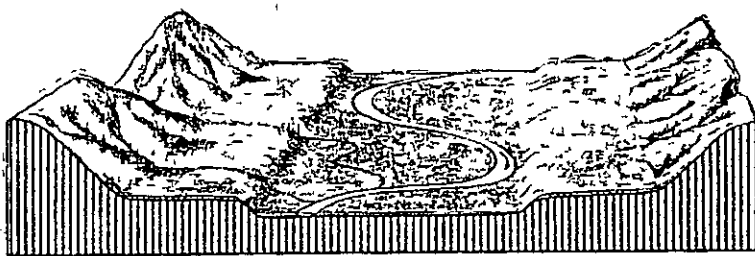
Oldage Stage พื้นที่ในระยะ Maturity Stage จะค่อย ๆ ต่ำลง การกัดเซาะ

จะต่ำลงยิ่งขึ้นอีก ขณะที่ความลาดเอียงของพื้นที่และทางน้ำเริ่มน้อยลง จนถึงพื้นที่ในช่วงสุดท้าย ซึ่งเข้าใกล้ระดับฐานมากที่สุด พื้นที่ในระยะสุดท้ายนี้จึงราบเรียบ เรียกว่า Penepplain แต่ก็อาจมีบางส่วนที่คงเป็นภูเขาเตี้ย ๆ อยู่ได้ เนื่องจากหินแข็งเกินกว่าจะกัดเซาะได้หมด เราเรียกภูเขาเหล่านี้ว่า Monadnock ทางน้ำในระยะนี้จะกว้างมาก และจะไหลในลักษณะทางน้ำโค้งตวัด และไหลทางด้านข้างได้อย่างอิสระ

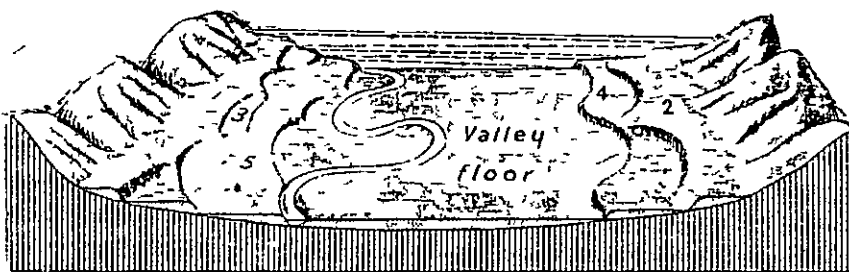
ทางน้ำที่เปลี่ยนจาก Youth Stage มาเป็น Oldage Stage นี้ถูกควบคุมโดยระดับฐาน โดยทั้งใกล้ระดับฐานมากเท่าใด ก็ยิ่งใกล้ชั้น Oldage ไปเท่านั้น หากระดับฐานเกิดการเปลี่ยนแปลง วัฏจักรก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นได้โดยการยกตัว หรือการยุบตัวของแผ่นดิน การยกตัวของแผ่นดินขึ้นมีผลเท่ากับระดับฐานลดระดับ ทางน้ำจะเริ่มเป็น Youth Stage ใหม่ หากแผ่นดินทรุดตัวลงมีผลเท่ากับระดับฐานสูงขึ้น ทางน้ำจะเป็น Oldage ซึ่งการเปลี่ยนแปลงกษัยกรกลับมาเป็น Youth Stage ใหม่ ๆ ทั้ง ๆ ที่การกัดเซาะยังไม่สิ้นสุดวัฏจักรเราเรียกว่าการเริ่มใหม่ ผลที่เกิดขึ้นจะสังเกตได้จากลานตะพักสำน้ำ (เทริคัลติ ระมิงควัคส์ และคนอื่น ๆ 2521 : 79) เกี่ยวกับร่องรอยของภูมิประเทศที่ปรากฏในลักษณะของ ลานตะพักสำน้ำ ฮอร์รอกส์ (Horrocks) ได้กล่าวว่า ลานตะพักสำน้ำ คือ ผลที่เกิดจากการเริ่มใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นการยกตัวขึ้นของแผ่นดิน ทำให้เกิดการกัดเซาะในทางลึก และทำให้เกิดการ เคลื่อนย้ายอนุภาคบางส่วนของที่ราบน้ำท่วมถึงเดิมออกไป ดังนั้น ส่วนที่เหลือของที่ราบน้ำท่วมถึง หลังจากถูกกัดเซาะลงไปแล้ว จึงมีลักษณะเป็นลานตะพักสำน้ำ นอกจากนั้นลานตะพักสำน้ำอาจจะเกิดขึ้นโดยตัวการอื่น ๆ นอกจากการเริ่มใหม่ของสำน้ำซึ่งจะพบได้จากร่องรอยของลานตะพักสำน้ำ ทั้งสองข้างมีลักษณะไม่เท่ากัน ซึ่งลักษณะของลานตะพักสำน้ำแบบนี้อาจเกิดจากแม่น้ำโค้งตวัดเหวี่ยงตัว บนที่ราบน้ำท่วมถึงทำให้สำน้ำมีการเคลื่อนย้าย (Horrocks, 1964 : 88 - 89) ส่วน อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ กล่าวว่า ลานตะพักสำน้ำก็คือ พื้นที่ที่ตัดจากส่วนของที่ราบลุ่มออกไปเป็นลาน ตะพัก ที่ต่อเนื่องกันเป็นชั้น ๆ โดยจะสูงมากเมื่อใกล้ไปทางหุบเขา ลักษณะการต่อเนื่องของ ลานตะพักสำน้ำนี้เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของแม่น้ำในอดีต กล่าวคือ ในระยะเริ่มต้นของการเกิด ลานตะพักสำน้ำนั้น แม่น้ำจะพัดพาเอาตะกอนเป็นจำนวนมากมาทับถมกันตามหุบเขา หุบเขาอาจจะ

เกิดจากการกัดเซาะของแม่น้ำ หรือเป็นส่วนที่เป็นโครงสร้างทางธรณีวิทยาเดิมก็ได้ การทับถมของตะกอนเป็นจำนวนมาก และทับถมกันหนาทำให้แม่น้ำมีความเร็วลดลง การทับถมจะทวีเพิ่มมากขึ้นต่อมาเกิดการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา อาทิ ระดับน้ำทะเลลดต่ำลง หรือแผ่นดินยกตัวสูงขึ้น ผลที่เกิดขึ้นก็คือแม่น้ำจะไหลเร็วมากขึ้น อิทธิพลของการกัดเซาะตามความลึกจะรุนแรงตามไปด้วย บริเวณล่องช้างที่น้ำผ่านสิ่งถูกกัดเซาะเป็นแนว การกัดเซาะนี้จะเกิดช่วงเวลาหนึ่งจนอิทธิพลของแม่น้ำลดน้อยลง ในที่สุดก็จะมี การทับถมเกิดขึ้นบนบริเวณที่มีการกัดเซาะนั้น กระบวนการเช่นนี้จะเกิดขึ้นซ้ำ ๆ อีก ทำให้เกิดลานตะพักสำหรับระดับต่าง ๆ ขึ้นขึ้นที่สูงที่สุด จะเป็นชุดที่มีอายุมากที่สุด และส่วนที่อยู่ติดกับที่ราบลุ่มแม่น้ำจะมีอายุน้อยที่สุด

ลานตะพักสำหรับน้ำที่เกิดจากการทับถมและการกัดกร่อนสลับกันไปนี้ ล่องฝั่งของแม่น้ำจะมีลักษณะเป็นลานตะพักสำหรับน้ำที่มีความสูงเท่ากัน เราเรียกลานตะพักสำหรับน้ำแบบนี้ว่าลานตะพักคู่ (Paired Terrace) แต่ถ้าเป็นลานตะพักซึ่งเกิดจากการกัดกร่อนหรือการเหวี่ยงตัวตามแนวนอนของแม่น้ำแล้ว ความสูงทั้งสองข้างของลานตะพักสำหรับน้ำจะไม่เท่ากัน เราเรียกลานตะพักสำหรับน้ำแบบนี้ว่า ลานตะพักไม่คู่ (Unpaired Terrace) หรือบางครั้งแม่น้ำจะกัดเซาะลงไปบนหินแข็ง จนบางส่วนเป็นที่ราบ หลังจากนั้นสิ่งมีตะกอนไปทับถมบนที่ราบของหินแข็งนั้น แต่การทับถมเป็นชั้นบาง ๆ ลานตะพักแบบนี้ เราเรียกว่า สตราท (Strath Terrace) (อภิลิทธิ์ เข้มหม่น 2516 : 155)



ลานตะพักคู่ (Paired Terrace)



ลานตะพักไม่คู่ (Unpaired Terrace)

นอกจากนี้ ทอร์นเบอร์ (Thornbury) กล่าวว่า ลานตะพักส่าน้ำก็คือ ผลจากการกัดเซาะเป็นช่วง ๆ ไปตามส่าน้ำ และแสดงให้เห็นถึงช่วงของการเริ่มใหม่ของแม่น้ำซึ่งเขาได้อ้างการจำแนกลานตะพักส่าน้ำของ คอตตัน (Cotton) ซึ่งแนะนำว่าลานตะพักส่าน้ำอาจจำแนกออกได้เป็นแบบเป็นวัฏจักร (Cyclic Terrace) และแบบไม่เป็นวัฏจักร (Noncyclic Terrace)

ลานตะพักส่าน้ำแบบเป็นวัฏจักรจะแสดงให้เห็นได้จากพื้นของหุบเขาถูกกระทำเป็นช่วง ๆ เมื่อหุบเขาหยุดกัดในทางลึก การกัดเซาะทางด้านข้างจะเป็นตัวการที่สำคัญ โดยความสูงของลานตะพักส่าน้ำจะอยู่สูงกว่าที่ราบน้ำท่วมถึงปัจจุบันเป็นชั้น ๆ ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าการกัดเซาะในทางลึกลงไปอีก จะกระทำหลังจากการเริ่มใหม่ของแม่น้ำ ดังนั้น จึงสามารถพิจารณาลักษณะของลานตะพักส่าน้ำแบบเป็นวัฏจักร ได้จากส่วนที่เหลือทั้งสองข้างของหุบเขา ซึ่งจะมีลักษณะเป็นลานตะพักแบบคู่

ส่วนลานตะพักส่าน้ำแบบไม่เป็นวัฏจักรนี้ มีลักษณะเป็นลานตะพักแบบไม่คู่ ซึ่งแสดงว่าการกัดเซาะในทางลึกจะกระทำไปพร้อม ๆ กับการกัดเซาะทางด้านข้างภายใต้ขอบเขตของทางน้ำไว้คงตัว ซึ่งบางครั้งจะกัดเซาะไปทางด้านซ้ายหรือบางครั้งก็กัดเซาะในด้านตรงข้าม ทำให้ระดับความสูงแตกต่างกัน ซึ่งลานตะพักแบบไม่เป็นวัฏจักร เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงการยกตัวอย่างช้า ๆ ของแผ่นดินหรือการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ อันมีผลทำให้แม่น้ำมีระดับสูงขึ้น (Thornbury. 1969 : 156 - 157)

เกี่ยวกับการศึกษาลานตะพักส่าน้ำนั้น ลีโอโพลด์ (Leopold) กล่าวว่า การศึกษาลานตะพักส่าน้ำนั้น จะต้องหาหลักฐานระหว่างช่วงที่ส่าน้ำนั้นตัดพื้นผิวหรือการสร้างที่ราบน้ำท่วมถึง อันอาจพบได้ตามหุบเขาซึ่งเมื่อส่าน้ำตัดพื้นผิวให้ต่ำลงจะปรากฏลักษณะของลานตะพักส่าน้ำ การกัดลงในทางลึกหรือการเหี่ยวย่นทางด้านข้างย่อมตัดพื้นผิวเริ่มแรกลง และการกั้นการอาจทำให้ลานตะพักส่าน้ำเหลืออยู่เป็นหย่อม ๆ และบางครั้งอาจปรากฏมีลักษณะที่เหมือนกันได้คือ ความสูงทั้งสองข้างของลานตะพักส่าน้ำ ในกรณีที่เป็นลานตะพักคู่ ส่วนบริเวณที่ลานตะพักส่าน้ำเหลืออยู่มีลักษณะโดดเดี่ยวไม่เสมอกัน อาจเป็นลานตะพักแบบไม่คู่ และความสูงอาจไม่เสมอกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการกั้นการ หรืออาจเกิดจากการทับถมของดินตาดเซิงเขา (Colluvial) (Leopold. 1964 : 465)

ส่วน จอห์นสัน (Johnson) ได้กล่าวว่า ลานตะพักสำน้ำเป็นทิวทัศน์ของภูมิประเทศที่แสดงถึง บริเวณที่เคยเป็นที่ราบน้ำท่วมถึงเก่า และเขาได้เสนอวิธีการศึกษาลานตะพักสำน้ำโดยให้พิจารณา ความลาดชัน สิ่งปรากฏบริเวณขอบของหุบเขา และการศึกษาเกี่ยวกับพื้นหุบเขา เพราะการศึกษา แต่เพียงความสูงของลานตะพักสำน้ำแต่เพียงอย่างเดียวโดยปราศจากการศึกษาโครงสร้างนั้น จอห์นสัน กล่าวว่า เป็นความล้มเหลวของการศึกษา ความสัมพันธ์ของลานตะพักสำน้ำ (Johnson. 1945 : 492 - 493)

นอกจากนั้น ทอร์นเบอร์รี่ (Thornbury) ได้แนะนำเกี่ยวกับการศึกษาความสัมพันธ์ของ ลานตะพักสำน้ำว่า ควรพิจารณาบรรพชีวิน (Fossils) ระดับการกัดเซาะของส่วนต่าง ๆ (Degree of Dissection) การผุพังของส่วนที่เป็นหินมน (Decomposition of Boulder) เนื้อหินของวัสดุในลานตะพักสำน้ำ (Lithology of the Terrace Material) และความลึก ของการผุพังอยู่กับที่ของวัสดุในลานตะพักสำน้ำ (Depth of Weathering of Terrace Material) แต่อาจใช้ไม่ได้ในกรณีที่ยังเวลาในการสร้างลานตะพักสำน้ำนั้นสั้น นอกจากนี้อาจพิจารณาถึง ความสูง (Elevation) ในกรณีที่มีขนาดใหญ่ (Thornbury. 1969 : 159 - 160) พร้อมกัน นั้น ลีโอโพลด์ (Leopold) ได้แนะนำวิธีการหาความสัมพันธ์ของลานตะพักสำน้ำโดยให้พิจารณาตาม แนวยาวของสำน้ำ โดยหาความสัมพันธ์ของความสูง การวางตัวของชั้นหินระหว่างลานตะพักสำน้ำ ความแตกต่างเกี่ยวกับขนาด ชนิดของวัสดุ และโครงสร้างของตะกอน บรรพชีวินของสัตว์ และพืช การวางตัวของดิน ลักษณะร่องรอยของบริเวณที่เคยปกคลุมด้วยน้ำแข็ง (Leopold. 1964 . 467)

การศึกษาเกี่ยวกับลานตะพักสำน้ำ บอร์น และ ริทเตอร์ (Born and Riter) ศึกษา แม่น้ำตรัคคี (Truckee River) ใน Nevada โดยบันทึกการค่อย ๆ ลดลงสู่ระดับฐานของแม่น้ำ ในยว่ง 44 ปี โดยเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1910 ซึ่งจากการศึกษาพบว่า แม่น้ำมีการพัฒนาโดยการ กัดเซาะเป็นลานตะพักสำน้ำขั้นเล็ก ๆ หกขั้น ซึ่งลดระดับลงระหว่าง 3 เมตร ถึง 11 เมตร ซึ่ง อยู่สูงกว่าระดับสำน้ำปัจจุบัน ประกอบกับระดับฐานในปัจจุบัน ก็คือทะเลสาบปิรามิด (Pyramid) มี ระดับต่ำกว่าสำน้ำถึง 24 เมตร ซึ่งเป็นเพราะอิทธิพลของแรงภายใน ฉะนั้นจึงแสดงให้เห็นได้ว่า

บริเวณดังกล่าวยังมีโอกาสเคลื่อนย้ายลงสู่ระดับฐานอีก (Garner. 1974 : 419 - 420)

ส่วน มงเฮาส์ (Monkhouses) ซึ่งศึกษาสถานตะพักสำน้ำบริเวณลุ่มน้ำเทมส์ โดยศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ทั้ง London Basin และ Oxford Clay Vale พบว่ารูปแบบของสถานตะพักสำน้ำมีขั้นตอนของการเริ่มใหม่ผ่านมาหลายครั้ง บริเวณ Hanborough Terrace คือ ส่วนที่สูงที่สุดมีความสูงประมาณ 30 เมตร เหนือระดับลุ่มน้ำปัจจุบัน ส่วน Wolvercote Terrace ก่อนที่จะถูกกัดเซาะนั้นถูกทับถมไปด้วยกรวด หลังจากการกัดเซาะใหม่แล้วพบว่ามีความสูง 20 เมตร จากระดับลุ่มน้ำในปัจจุบัน และจากการเริ่มใหม่ทำให้แม่น้ำเทมส์ กัดลงลึกอีก 9 เมตร (Monkhouses. 1975 : 161 - 163) และ ดักลาส (Douglas) กล่าวว่า การศึกษาเกี่ยวกับสถานตะพักสำน้ำจะพิจารณา ลักษณะรูปร่างพร้อมกับพิจารณาทั้งด้านเนื้อ ดิน รูปทรงของอนุภาคและเนื้อของวัตถุที่ทับถมบนสถานตะพักสำน้ำ รวมทั้งการพัฒนารูปแบบพื้นผิว และสิ่งอื่น ๆ ที่จะช่วยให้ทราบลักษณะของสถานตะพักสำน้ำได้ อาทิ บรรพชีวินของสัตว์จำพวกหอย และหินซึ่งเขาได้ยกตัวอย่างการศึกษาของ ไรย์นาล และ นันน์ (Raynal and Nann. 1968) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการในยุค Quaternary ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของสเปน ซึ่งมีการทดสอบเกี่ยวกับโครงสร้างของตะกอน (Sedimentary Structure) ลักษณะการผุพังอยู่กับที่ (Weathering Characteristic) รูปทรงของก้อนกรวดและทราย ลักษณะของดินเหนียว และลักษณะของตะกอนที่ทับถมในบริเวณเขตติดต่อกับหินปูน จากการศึกษพบว่า ลักษณะของดินบนสถานตะพักสำน้ำที่เหลืออยู่ มีลักษณะเด่นที่สุดโดยดินบนสถานตะพักสำน้ำที่เหลืออยู่ 5 แห่งตาม Macleay River ในรัฐ New South Wales แสดงให้เห็นว่ามีการพัฒนาเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยส่วนที่เก่าจะมีขนาดแตกต่างกันมาก และการพัฒนาของดินเหนียวจะมีมากในเขตที่เป็นตะกอน ส่วนการผุพังอยู่กับที่ก็เพิ่มขึ้นตามอายุเช่นกัน (Douglas. 1977 : 178) นอกจากนี้ ลีโอโพลด์ (Leopold) กล่าวว่า โดยทั่วไปแล้วการศึกษารหัสพื้นฐานวิทยาจะเกี่ยวข้องกับวิชาที่ว่าด้วยการเรียงตัวของชั้นหิน (Stratigraphic Geology) ซึ่งลักษณะของสถานตะพักสำน้ำก็มีลักษณะอย่างเดียวกันคือ มีการวางตัวของอนุภาคในแนวนอน ลักษณะดังกล่าวอาจจะใช้เป็นกุญแจที่สำคัญในการศึกษาได้ไม่เฉพาะแต่บรรพชีวิน ซึ่งการวางตัวของดินที่ปรากฏก็มีคุณค่าเช่นกัน ในการศึกษารายละเอียดต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างมีกฎเกณฑ์ นอกจากนี้ เขายังได้กล่าว

ต่อไปอีกว่า การที่พื้นผิวเกิดการผุพังอยู่กับที่ตัวการที่สำคัญก็คือ ภูมิอากาศซึ่งมีผลทำให้เกิดการพัฒนาขึ้น โดยจะพิจารณาได้จากหน้าตัดของดิน (Soil Profile) ลักษณะดังกล่าวจะสะท้อนให้เห็นถึง วัสดุต้นกำเนิด (Parent Material) สภาพภูมิอากาศ (Climate) และเวลา (Time) (Leopold, 1964 : 468 - 469) เกี่ยวกับวัตถุบนสถานะพักสัณฐานจากการศึกษาของวอล์กเกอร์ (Walker, 1962) ซึ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดินบนสถานะพักสัณฐานในระดับต่าง ๆ ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

| <u>Terrace</u> | <u>MSL (ft)</u> | <u>Soils</u>        | <u>Age</u><br>(Year B.P.) |
|----------------|-----------------|---------------------|---------------------------|
| K <sub>0</sub> | + 5 to 6        | less developed      | 0 - 120                   |
| K <sub>1</sub> | + 5 to 10       | ↓                   | 390 ± 60                  |
| K <sub>2</sub> | + 8 to 10       |                     | 3,740 ± 100               |
| K <sub>3</sub> | +20to 25        | Very well Developed | 29,000 ± 800              |

ลักษณะดินที่แสดงออกอย่างชัดเจน คือ การสร้างชั้นดิน การสะสมตัวของดินเหนียวในดินล่าง (เอกลีทรี เอี่ยมหน่อ 2523 : 148)

เกี่ยวกับพื้นที่แบบต่าง ๆ ที่มีต่อวิวัฒนาการของดินนั้น คิริชัย กิตยารักษ์ กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของเปลือกโลก ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความลาดชัน ความสูงต่ำของพื้นที่ ซึ่งภูมิประเทศที่เห็นนั้น เป็นสิ่งที่มีความซับซ้อนและมีความแตกต่างกันไป และภูมิประเทศก็มีบทบาทอย่างมากต่อการกำเนิดดิน และชนิดของดิน ถึงแม้ว่าดินจะมีกำเนิดมาจากวัตถุต้นกำเนิดอย่างเดียวกัน แต่ถ้าความลาดชันแตกต่างกันดินที่ได้ก็จะแตกต่างกัน (คิริชัย กิตยารักษ์ 2515 : 28) และเอกลีทรี เอี่ยมหน่อ ยังกล่าวต่อไปอีกว่า ความสูงต่ำของภูมิประเทศมีอิทธิพลต่อกระบวนการสร้างดินมาก ดินที่เกิดบนที่มีความลาดชันสูง การชะล้าง และการเป่าพังทะลุของดินจะรุนแรง ทำให้ดินมีวิวัฒนาการด้านข้างน้อย และเนื้อหยาบ เนื่องจากพวกอนุภาคเล็กละเอียดถูกชะล้างออกไปหมด ส่วนดินที่เกิดบนที่ราบลุ่ม การชะล้างของดินมีเพียงเล็กน้อยทำให้การสร้างชั้นของดินไปได้ดี (เอกลีทรี เอี่ยมหน่อ 2516 : 121) และจากการศึกษาของ มอสส์ (Moss) ซึ่งศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพพื้นที่และลักษณะของดินใน SW. Nigeria พบว่าชั้นดินมีความสัมพันธ์กับการ

ผันแปรของความลาดเทมาก โดยดินบนที่ลาดเทแบบ Waxing จะเป็นดินเก่าที่เกิดบนศิลาแลงหรือ ดิน Ferrallitic ที่ไม่มีจุดประ เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย ดินบน Free Face จะเป็น Plinthite และมีดินที่ถูกพัดพามาอยู่ข้างล่าง ดินบนที่ลาดเทแบบ Talus จะเป็นดินเนื้อหยาบของ ศิลาแลง มีแนวบาง ๆ ของดิน Ferrallitic เช่นเดียวกับข้างบนและค่อย ๆ เข้าสู່หน่วยของ พื้นด้านล่างลงไป คือ Pediment ซึ่งมีดิน Non-mottled Ferrallitic อย่างกว้างขวาง (Moss. 1965 : 192 - 209) จากการที่ภูมิประเทศต่างกันทำให้ดินมีลักษณะต่าง ๆ กันนั้น สำเหตุ สำคัญประการหนึ่งก็คือ สภาพการระบายน้ำของดินต่างกัน ซึ่ง ศิริชัย กิตยารักษ์ กล่าวว่า การ ระบายน้ำของดินหมายถึงความสามารถของ ดินที่จะให้น้ำซึมจากดินผ่านดินล่างได้ดี แลเพียงใด ซึ่ง เราจะพิจารณาได้จากปริมาณจุดสีประของดินสำหรับปัจจัยที่ควบคุมการระบายน้ำของดินที่สำคัญมี สี่ลักษณะด้วยกัน คือ

1. สภาพพื้นที่ในแถบที่มีความลาดเทสูง น้ำจะไหลซึมผ่านชั้นของ ดินน้อยส่วนใหญจะ เป็นไปในแบบไหลบ่า (Run off) แต่ถ้าเป็นแอ่ง หรือที่ต่ำ น้ำย่อมจะมีโอกาสซึมลงไปในดินได้มาก
2. ระดับน้ำใต้ดิน ถ้าระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้น หรืออยู่ใกล้ผิวดินน้ำจะซึมผ่านไปได้ลำบาก ทำให้มีโอกาไหลบ่ามากขึ้น
3. สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน เช่น เนื้อดิน ชนิดของรูพรุนในดิน โครงสร้างของดิน ตลอดจนชั้นของดิน ดินที่มีเนื้อหยาบมีช่องว่างหรือรูพรุนน้อยแต่มีขนาดใหญ่ จะมีการระบายน้ำดีกว่า ดินที่มีเนื้อละเอียดมีช่องว่างขนาดเล็กมาก หน้าตัดของดินถ้ามีชั้นดินดาน จะทำให้ดินมีการระบาย น้ำเลวไปด้วย
4. รอยแตกระแหงของดิน จะช่วยให้น้ำไหลซึมผ่านดินได้ดี และรวดเร็วมากยิ่งขึ้น (ศิริชัย กิตยารักษ์ 2515 : 30 - 31)

#### ลักษณะธรณีสัณฐานของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลักษณะภูมิประเทศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือถ้ามองอย่างกว้าง ๆ แล้วจะมีลักษณะ คล้าย ๆ กระทะหงาย กล่าวคือบริเวณขอบหรือรอบ ๆ ของภาคเป็นภูเขาตั้งขึ้นเป็นมุมเฉียงเกือบ

จะตั้งฉากกับที่ราบลุ่มภายนอก ภูเขาเหล่านี้ขึ้นดินหรือพื้นดินจะค่อยเอียงตกลงไปสู่ใจกลางของที่ราบ มีเทือกเขาภูพานปรากฏอยู่ เทือกเขาภูพานนี้มีลักษณะโค้ง โดยมีแนวประมาณทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ไปยังตะวันออกเฉียงใต้ การปรากฏตัวของเทือกเขาภูพานทำให้ที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถูกแบ่งออกเป็นแอ่งขนาดใหญ่สองแอ่งคือ แอ่งที่อยู่ตอนเหนือของภาคเรียกว่า แอ่งลกลนคร (Sakon Basin) ซึ่งมีใจกลางอยู่จังหวัดลกลนคร ประกอบไปด้วยเนื้อที่ของจังหวัด ลกลนคร นครพนม อุดรธานี และหนองคาย ส่วนแอ่งที่อยู่ทางตอนใต้ของภาคเรียกว่า แอ่งโคราช (Korat Basin) ซึ่งมีใจกลางอยู่จังหวัดมหาสารคาม ร้อยเอ็ด และตอนเหนือของจังหวัดนครราชสีมา แต่โดยรวมเนื้อที่ของจังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ นครราชสีมา อุบลราชธานี ร้อยเอ็ด ยะโสธร มหาสารคาม ชัยภูมิ ขอนแก่น และกาฬสินธุ์ บริเวณศูนย์กลางของทั้งสองแอ่งนี้มีความสูงจากระดับ น้ำทะเลโดยเฉลี่ยประมาณ 150 เมตร

สำหรับลักษณะธรณีสัณฐานพื้นผิวของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเกิดขึ้นเนื่องจากปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา อันเป็นเหตุให้เกิดภูเขาในพื้นที่ภูมิภาคนี้นานมาแล้ว และไม่มีปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ที่จะกระทบกระเทือนต่อสภาพการกำเนิดของภูเขาเหล่านี้มากนัก เหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในปัจจุบันจึงเป็นกระบวนการทำลาย คือ เป็นกระบวนการที่ชะล้างทำลายหินที่อยู่เดิมให้ยุบพังไป การทำลายเช่นนี้เป็นบ่อเกิดของแม่น้ำลำธาร ที่ไหลจากขอบของที่ราบสูงลงสู่ใจกลางของที่ราบ แล้วไหลลงสู่แม่น้ำโขงเพื่อออกทะเลจีนต่อไป กระบวนการชะล้างทำลายหินจึงเป็นผลทำให้ภูเขา ถูกกัดกร่อนค่อยแบนราบและต่ำลงประการหนึ่ง จากกระบวนการปรับระดับของผิวโลก โดยกระบวนการกัดกร่อนดินและกระบวนการเสริมสร้างผิวโลกโดยการตกตะกอนจากแม่น้ำลำธารสำคัญ เช่น แม่น้ำโขง และแม่น้ำลำธารที่สำคัญซึ่งได้แก่แม่น้ำมูล ชี ฯลฯ นี้เองมีผลทำให้ที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีผิวค่อย ๆ ราบเรียบลงและมีความลาดเทน้อย และทำให้แนวทางของแม่น้ำเริ่มคดเคี้ยว (Meander) มากขึ้น และยังทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ที่เกิดจากตะกอนที่แม่น้ำลำธารพัดพามาทับถมกันนานแล้ว ถูกกัดกร่อนจากกระบวนการชะล้างโดยการเหวี่ยงตัวของแม่น้ำแล้วเข้าอีก โดยอิทธิพลของแม่น้ำลำธารในปัจจุบันจึงทำให้เกิดพื้นที่ระดับต่าง ๆ กัน ที่เรียกว่าลานตะพักลำน้ำ ลักษณะทางธรณีสัณฐานของภาคนี้พอจะแบ่งออกได้ตามความสูงต่ำของพื้นที่และความเก่าใหม่ของตะกอนที่น้ำพัดพามาทับถม และ

ผลตกค้างจากการกัดกร่อนของดินดังต่อไปนี้

1. ที่ราบน้ำท่วมถึงจะพบเป็นบริเวณกว้างบ้าง แคบบ้างตามสองฝั่งของแม่น้ำใหญ่ ๆ ลักษณะธรณีสัณฐานพื้นผิวส่วนนี้จะสังเกตเห็นง่าย คือ มีหนองบึงเกิดขึ้น ถ้าสังเกตให้ดีจะแบ่งออกเป็นสองตอน พื้นี่ส่วนที่ติดกับแม่น้ำจะแคบ ๆ เกิดขึ้นจากการตกตะกอนของแม่น้ำ เราเรียกพื้นที่ส่วนนี้ว่าคันดินธรรมชาติริมฝั่งแม่น้ำและส่วนที่ถัดจากคันดินธรรมชาติออกไปจะค่อย ๆ ลาดลงจนเป็นส่วนที่ต่ำที่สุดของพื้นที่ ในฤดูฝนน้ำจะยังเร็วมีหนองบึงเกิดขึ้น เรียกพื้นที่ส่วนนี้ว่าที่ราบลุ่มน้ำยัง พื้นี่ที่ราบลุ่มน้ำท่วมเหล่านี้จะเกิดจากการทับถมของตะกอนส่วนน้ำที่ถูกพัดพามาทับถมทุก ๆ ปี หรือที่เรียกว่าตะกอนใหม่
2. ลานตะพักน้ำขั้นต่ำ พื้นี่ส่วนนี้จะอยู่ถัดจากพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงขึ้นไป ซึ่งเกิดจากตะกอนที่แม่น้ำพัดพามาทับถมเป็นเวลานานแล้ว มีลักษณะพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ
3. ลานตะพักน้ำขั้นกลาง มีสภาพพื้นที่แบบลูกคลื่นลอนลาด และสูงกว่าพื้นที่ลานตะพักน้ำขั้นต่ำ
4. ลานตะพักน้ำขั้นสูง จะอยู่จากลานตะพักน้ำขั้นกลาง พื้นี่ส่วนนี้ก็เกิดจากตะกอนที่แม่น้ำพัดพามาทับถมเป็นเวลานานแล้ว มีสภาพพื้นที่แบบลูกคลื่นลอนชัน
5. พื้นที่ที่เป็นภูเขา ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยดินมีดินปกคลุมเป็นชั้นบาง ๆ ดินที่พบได้แก่ ดินทราย ดินกรวดมน ดินดินดาน โดบเฉพาะที่เอือกเขาพนมดงรัก เอือกเขาสันทาแพง เอือกเขาเพชรบูรณ์ และเอือกเขาภูพาน นอกจากนี้ทางทิศใต้ของภาคยังมีดินฮัศมีเกิดขึ้นเป็นหย่อม ๆ พื้นที่ที่เป็นภูเขานี้ ส่วนใหญ่ยังคงสภาพเป็นป่าอยู่ (กรมพัฒนาที่ดิน ม.ป.ป. : 20 - 22)

งานสำรวจทางธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำ

สภาพทางธรณีวิทยาโดยทั่วไปของภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้น ลาโมโรซี่ ได้ให้ข้อคิดเห็นว่า ดินพื้นฐานบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหินยุค เพอร์เมียนหรือก่อนเพอร์เมียน ดินเหล่านี้ได้สักร่อนพังทะลายอย่างมาก จากกระบวนการต่าง ๆ จนทำให้ภูมิประเทศเกือบราบเรียบ ในยุคไทรแอสสิก ตะกอนของดินทรายเริ่มทับถมลงบนชั้นดินดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ส่วนนี้ค่อย ๆ จมตัวลงจนน้ำทะเล

เข้าถึง ในตอนปลายยุคไทรแอสสิกได้มีการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวโลกอีกครั้งหนึ่ง ด้วยการยกตัวของ เทือกเขาภูพาน ผลการยกตัวครั้งนี้ทำให้เกิดแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร ทำให้ตะกอนดินทราย ดิน ดินดานปนทราย อิมซึ่ม และเกลือ ของยุคจูแรสสิกทับถมลงบนแอ่งทั้งสอง ดังที่ปรากฏเป็นหลักฐาน ในปัจจุบัน (Lamoreaux. 1959 : 12 - 15)

ส่วนการสำรวจทางธรณีวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำชี (พิจารณาแผนที่ธรณีวิทยา ระวังจังหวัด ขอนแก่น) นเรศ สัตยรักษ์ กล่าวว่า ก่อนที่หินชุดโคราชจะสะสมตัวนั้น แผ่นดินมีการเปลี่ยนแปลง มากมาย หลังจากนั้นหินชุดโคราชจะเริ่มสะสมตัวโดยมีแอ่งของการสะสมตัวแตกต่างกันออกไป เช่น ในบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ หินหน่วยห้วยหินลาด ซึ่งเป็นหน่วยหินที่มีอายุมากที่สุดของหินชุดโคราชจะ สะสมตัวในทะเลสาบ ส่วนทางตะวันออกของภูดอกตูม น่าจะเป็นการสะสมตัวบนพื้นดิน โดยตลอด ลักษณะของหินหน่วยห้วยหินลาดนั้นช่วงล่างจะเป็นหินกรวดมน (Conglomerate) ซึ่งมี ก้อนกรวดส่วนใหญ่เป็นหินปูนมีโคลนผสม สลับอยู่กับหินกรวดมน ส่วนช่วงล่างของหน่วยหินประกอบด้วย ดินทราย ดินดินดานปนทราย และดินทรายแป้ง สีน้ำตาลแกมเหลือง เทก ดินทราย ลักษณะเป็น Subgraywacke อายุของหน่วยหินนี้จัดอยู่ในยุค Upper Triassic

หลังจากหินหน่วยห้วยหินลาดสะสมตัว แอ่งทั้งหมดจะยกตัวสูงจากระดับน้ำทะเล เกิดการ สะสมตัวของหินสีแดงของหินชุดโคราช โดยเริ่มจากหินหน่วยน้ำพองซึ่งประกอบด้วย ดินทราย ดินทรายแป้ง ดินดินดาน และหินกรวดมน ลักษณะเด่นของหน่วยน้ำพองก็คือ มีความคงทนต่อการผุพัง ทำลายสูง มักพบเป็นผาชันหรือเนินสูงชันมา โดยเฉพาะช่วงกลาง ๆ ของลำดับชั้นหิน ซึ่งประกอบ ไปด้วยหินกรวดมนและดินทรายเม็ดหยาบสลับกัน หินหน่วยนี้อยู่ในยุค Upper Triassic เช่นกัน

หน่วยหินถัดขึ้นมาคือหน่วยหินภูกระดึง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นหินดินดานสีน้ำตาลแกมแดง น้ำตาลอมม่วง หินชนิดอื่นได้แก่ ดินทราย ดินทรายแป้ง หินเกือบทั้งหมดมีไมก และหินปูนกับ หินกรวดมน เล็กน้อย ซึ่งหินหน่วยนี้จัดอยู่ในยุค Lower Jurassic

ถัดขึ้นมาเป็นหินหน่วยพระวิหาร ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเด่นกว่าหินหน่วยอื่นมาก คือลักษณะ เป็นหน้าผาสูง ซึ่งถ้าสำรวจอย่างละเอียดจะพบว่า เป็นหน้าผาหลาย ๆ ชั้นประกอบกันขึ้นมา โดยเป็น ชั้นของดินทราย (Massive Sandstone) ตั้งแต่ 4 - 6 ชั้น ที่น่าสนใจคือ ที่ภูเขาเรียงด้านตะวันตก

ที่บันโคกลุง ลำ่งลุดของหินหน่วยพระวิหารเป็นหินทรายสีเทาเหลือง เม็ดขนาดกลาง Cross-bedded จะพบหินมน (Boulder) ของหินทราย Cross-bedded ผังตัวอยู่ในหินทรายดังกล่าว มีขนาดประมาณ 30 - 40 เซนติเมตร ลักษณะโดยทั่วไปมีหินดินดานสีน้ำตาลแกมแดง หรือเทา เขียวแทรกสลับเล็กน้อย หินทรายชั้นบาง ๆ มักจะมีก้อนกรวด แต่แตกต่างจากก้อนกรวดของหินทรายในหินหน่วยภูพาน คือมีขนาดเม็ดเล็กกว่า (ประมาณ 5 มิลลิเมตร) เป็นเม็ดของ ควอร์ตซ์ (Quartz) และหินแข็งเช่นเดียวกัน แต่จะเรียงตัวกันตามแนว Bedding Plane หรือตาม Cross-Bedding ผิดกับของหน่วยหินภูพาน ซึ่งเม็ดใหญ่กว่า และกระจายไปทั่ว หินหน่วยนี้จัดอยู่ในยุค Lower-Middle Jurassic

หินที่มีสีแดงมากกว่าซึ่งอยู่ระหว่างหน้าผาของหินหน่วยพระวิหาร และเนินของหินหน่วยภูพาน ก็คือ หินหน่วยเสาหัว หินหน่วยนี้บางครั้งก็ไม่สามารถแยกออกจากหินหน่วยข้างบนและข้างล่างได้ เนื่องจากมีหินปกคลุมมาก และบางแห่งก็มี Lateral Facies Change บริเวณที่สามารถหา ลำดับของหน่วยหินนี้ได้ดีพอสมควร คือ ตามถนนสายอุดรถึงหนองบัวลำภู กับในบริเวณภูเก็ก และ ภูเวียง หินส่วนใหญ่ได้แก่ หินทรายสีเทา และเท้าน้ำตาล Lime Nodule Conglomerate พบมากกว่าหินหน่วยอื่น ๆ ประมาณลำดับชั้นกลางของหน่วยหินเป็นหินทรายสีน้ำตาลหรือขาวขุ่น มี วัตถุพวกคาร์บอนเนตกระจายระเจ็ดกระจายทั่วไปมองเห็นเป็นจุด ๆ สีดำหรือน้ำตาล พบ ไม่กลายเป็นหิน มากมาย นอกจากนี้ยังพบทองแดงพวกมาลาไคท์ อะซุไรท์ ตามรอยแยก รอยแตก และตามแนวชั้นหิน หินหน่วยนี้จัดอยู่ในยุค Middle-Upper Jurassic

หินหน่วยภูพานซึ่งวางตัวอยู่บนหินหน่วยเสาหัว ลักษณะพิเศษคือมี ก้อนกรวดของหินทรายและ หินกรวดมน โดยชั้นที่มีก้อนกรวดน้อยเนื้อหินมักจะมีสีชมพู ส่วนชั้นที่มีก้อนกรวดมากเนื้อหินมักจะเม็ดหยาบ ข้น และมีสีขาว อายุของหินหน่วยนี้จาก บรรพชีวิน ที่เชื่อมหน้าผา ก่อนหน้านี้เรียกบริเวณนี้เป็นหินหน่วย โดกกรวด แต่จากการตรวจสอบปรากฏว่า เป็นหินหน่วยภูพาน หินหน่วยนี้จัดอยู่ในยุค Lower-Middle Cretaceous

หินหน่วยโดกกรวดและมหาสารคาม จากการสำรวจไม่สามารถแบ่งออกจากกันได้ และถ้าจะให้ถูกต้องควรจะอาศัยข้อมูลจากการเจาะสำรวจ แต่อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งหินสองหน่วย

ออกจากกัน โดยใต้ตั้งแต่ชั้นเกลือดินล่างสุดชั้นมา เป็นหน่วยหินมหาสารคาม (Unnamed Formation) ต่ำกว่านั้นลงไปจนถึงหินหน่วยภูพานให้เป็นดินหน่วยโคกกรวด ซึ่งหินหน่วยโคกกรวดนั้นจัดอยู่ในยุค Upper Cretaceous และหินหน่วยมหาสารคามจัดอยู่ในยุค Lower Tertiary

พื้นที่ในยุค Quaternary ของบริเวณดังกล่าวมีลานตะพักส่าน้ำอยู่สามชั้น คือ ลานตะพักส่าน้ำชั้นสูง ซึ่งมีอายุมากที่สุด มีลักษณะเป็นเนินสูงชันมา เช่น บริเวณมหาวิทยาลัยขอนแก่น ลานตะพักส่าน้ำชั้นกลางมีลักษณะเป็นเนินเล็ก ๆ ลานตะพักส่าน้ำชั้นต่ำนั้นปัจจุบันได้กลายเป็นทุ่งนาไปหลายส่วน (เนเรศ สัตยรักษ์ 2520 : 60 - 62) สภาพของชุดที่อยู่ในยุค Quaternary นอกจากจะพบในลักษณะของลานตะพักส่าน้ำแล้ว ยังพบในลักษณะของ Alluvial Deposit ซึ่งจากรายงานของกรมพัฒนาที่ดินพบว่าบริเวณที่เป็น Alluvial Deposit จะอยู่ใกล้ ๆ กับส่าน้ำ และห้วยต่าง ๆ ซึ่งเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง สภาพพื้นที่ราบเรียบเป็นดินลึก มีลักษณะเนื้อดินไม่แน่นอน ทั้งนี้เพราะน้ำพัดพาเอาตะกอนมาทับถมทุก ๆ ปี บางแห่งจะพบว่ามีลักษณะเป็นทราย โดยเฉพาะสันริมแม่น้ำ และบางแห่งจะพบว่า เป็นดินเหนียวจัดอยู่ในที่ลุ่ม ไม่สามารถจะแยกออกจากกันได้ เพราะเกิดสลับซับซ้อนมาก (พัฒนาที่ดิน 2520 : 18)

จากเอกสารอ้างอิงและผลการวิจัยที่กล่าวอ้างมาทั้งหมด จะเห็นได้ว่า ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำน่าจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปร หรือลักษณะธรณีสัณฐานในหลาย ๆ ลักษณะ จากปรากฏการณ์ความสัมพันธ์ของลักษณะธรณีสัณฐานต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำนี้ถึงแม้ในแต่ละบริเวณจะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป แล้วแต่สภาพภูมิอากาศ รวมทั้งลักษณะของโครงสร้าง กระบวนการทางธรณีสัณฐานและขั้นตอนของวิวัฒนาการก็ตาม แต่จากเอกสารอ้างอิงและผลการวิจัยที่กล่าวอ้างมาทั้งหมดน่าจะ เป็นแนวทางต่อการศึกษา เกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำบริเวณลุ่มน้ำชี เป็นอย่างมาก

ตาราง 1 ตารางแสดงหน่วยดินต่าง ๆ ที่ปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยาระวางจังหวัดขอนแก่น

| ชุดดิน                            | หน่วยดิน         | ยุค                        | พื้นที่ (กม <sup>2</sup> ) | ร้อยละ |
|-----------------------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|--------|
|                                   | Alluvial Deposit | Quaternary                 | 1,765.00                   | 9.95   |
|                                   | Terrace Gravel   |                            | 626.25                     | 3.53   |
| ดินชุดโคราช                       | มหาสารคาม        | Lower Tertiary             | 5,657.50                   | 31.90  |
|                                   | โคกกรวด          | Upper Cretaceous           | 2,027.50                   | 11.43  |
|                                   | ภูพาน            | Lower-Middle Jurassic      | 465.63                     | 2.63   |
|                                   | เลาชั่ว          | Middle-Upper Jurassic      | 1,163.13                   | 6.56   |
|                                   | พระวิหาร         | Lower-Middle Jurassic      | 1,235.00                   | 6.96   |
|                                   | ภูกระดึง         | Lower Jurassic             | 3,166.25                   | 17.85  |
|                                   | น้ำพอง           | Upper-Triassic             | 819.375                    | 4.62   |
|                                   | ห้วยดินลาด       | Upper Triassic             | 89.75                      | .56    |
| ดินที่ไล่ลมตัว<br>ก่อนดินชุดโคราช | ผานกเค้า         | Lower-Middle Permian       | 105.00                     | .59    |
|                                   | ห้วยลุ่ม         | Upper Carboniferous        | 44.38                      | .25    |
|                                   | ดอกลู่           | Lower-Middle Carboniferous | 96.88                      | .55    |
|                                   |                  |                            |                            |        |
| แหล่งน้ำ                          |                  |                            | 468.38                     | 2.62   |
| รวม                               |                  |                            | 17,735                     | 100.00 |

ที่มา : แผนที่ธรณีวิทยาระวางจังหวัดขอนแก่น มาตรฐาน 1 : 250,000  
จากกรมทรัพยากรธรณี

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้แบ่งขั้นตอนของการศึกษาดังนี้

1. การศึกษาสภาพทรัพย์สินพื้นฐานทั่วไป ของพื้นที่ลุ่มน้ำชีโดยใช้แผนที่ธรณีสัณฐานซึ่งสร้างจาก ภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ ประกอบกับการศึกษาในภาคสนาม

2. ประกอบกับลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่ของพื้นที่ลุ่มน้ำชี มีลักษณะเป็นลานตะพักส่าน้ำ ผู้ศึกษาจึงทำการศึกษา ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำโดยทำการวิเคราะห์ห้องค้ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำ เพื่อจำแนกลานตะพักส่าน้ำบริเวณลุ่มน้ำชี

1. การสร้างแผนที่ธรณีสัณฐานโดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ และการศึกษาจากภาคสนาม เพื่อเป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับศึกษา ลักษณะทาง ธรณีสัณฐานของพื้นที่ลุ่มน้ำชี ซึ่งมีขั้นตอนสำหรับการศึกษาดังนี้

##### 1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.1.1 ภาพถ่ายดาวเทียม Band 7 ภาพประเทศไทย หมายเลข 4-4, 4-5, 3-4, 3-5 มาตรฐาน 1 : 250,000, 1 : 500,000 และ 1 : 1,000,000 จากกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม

1.1.2 ภาพถ่ายทางอากาศ มาตรฐาน 1 : 15,000 จากกรมแผนที่ทหาร

1.1.3 แผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1 : 250,000 ระวางสังหวัดขอนแก่น จากกรมแผนที่ทหาร

1.1.4 แผนที่ธรณีสัณฐาน มาตรฐาน 1 : 250,000 ระวางสังหวัดขอนแก่น จากกรมทรัพยากรธรณี

1.1.5 แผนที่ดิน มาตรฐาน 1 : 100,000 ซึ่งครอบคลุมแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1 : 250,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน

1.1.6 รายงานการสำรวจดิน ของบริเวณที่ทำการศึกษา จากกรมแผนที่ดิน

1.1 7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลภาพ และเครื่องมืออื่น ๆ

1.2 ขั้นตอนในการดำเนินงานและการสร้างแผนที่

1.2.1 การวิเคราะห์และการแปลความหมายจากภาพ

1.2.2 การประกอบทำแผนที่ต้นร่าง

1.2.3 การตรวจสอบจากภูมิประเทศจริง

1.2.4 การทำแผนที่ขึ้นสมบูรณ์

1.3 การอธิบายผลการศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐาน โดยใช้แผนที่ธรณีสัณฐานเป็นพื้นฐาน ประกอบกับการศึกษาในภูมิประเทศ

2. การศึกษาลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ เพื่อจำแนกลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำชี มีวิธีดำเนินการศึกษาดังนี้

2 1 แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ

2.1.1 แผนที่ธรณีสัณฐาน มาตราส่วน 1 : 250,000 ระวางจังหวัดขอนแก่น

2 1 2 แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 250,000 ระวางจังหวัดขอนแก่น

จากกรมแผนที่ทหาร

2.1 3 แผนที่ภูมิประเทศ ชุด L.7017 มาตราส่วน 1 : 50,000 จากกรมแผนที่ทหาร  
ระวาง 5441 I, 5441 II, 5441 III, 5441 IV, 5442 I, 5442 II, 5442 III,  
5442 IV, 5541 I, 5541 II, 5541 III, 5541 IV, 5542 I, 5542 II, 5542 III,  
5542 IV, 5641 I, 5641 II, 5641 III, 5641 IV, 5642 I, 5642 II, 5642 III,  
5642 IV

2.1.4 การสำรวจ และเก็บข้อมูลจากภาคสนาม

2 1 5 เอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆ

## 2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 กำหนดตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะธรณีสัณฐานต่าง ๆ ของลานตะพักลำน้ำ ลงในแผนที่ธรณีสัณฐาน หลังจากนั้นนำแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 และ 1 : 250,000 มากำหนดตำแหน่งให้ตรงกับแผนที่ธรณีสัณฐานอันจะเป็นประโยชน์ต่อการเก็บข้อมูลในแผนที่และในภาคสนามต่อไป (สำหรับขอบเขตของลานตะพักลำน้ำที่ทำการศึกษาได้แสดงไว้ในภาคผนวก 1)

2.2.2 วัดและคำนวณลักษณะธรณีสัณฐานต่อไปนี้ จากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 คือ ความสูงตอนบนจากกระแสน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากกระแสน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากกระแสน้ำ ความสูงที่ฐานจากกระแสน้ำ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความลาดชัน

2.2.3 วัดระยะห่างจากแม่น้ำของลานตะพักลำน้ำ จากแผนที่ธรณีสัณฐาน

2.2.4 วัดและเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้จากภาคสนาม คือ สีของดิน จุดสีประของดิน ความหนาของชั้นดินบน

2.2.5 เก็บตัวอย่างดินจากภาคสนาม เพื่อวิเคราะห์หาขนาดอนุภาคของดิน โดยวิธี Hydrometer ในห้องปฏิบัติการ

## 2.3 การจัดการกับข้อมูล

2.3.1 ตรวจสอบ ค่าแจก และรวบรวมข้อมูลเป็นหมวดหมู่ตามลำดับที่ต่องการศึกษา

2.3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบด้วยการนำข้อมูลทั้ง 12 ลักษณะมาประมวลด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรม Factor Analysis ตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

2.3.2.1 คำนวณเมตริกสหสัมพันธ์ (Correlation Matrix) ของลักษณะธรณีสัณฐานทั้ง 12 ลักษณะ โดยวิธี Pearson Product Moment

2.3.2.2 คำนวณเมตริกองค์ประกอบ (Factor Matrix) ด้วยการสกัดองค์ประกอบ (Factor Extraction) แบบ Principle Factor Solution

2.3.2.3 หมุนแกนองค์ประกอบ (Rotation Factor) แบบ Orthogonal Rotation ตามวิธี Varimax

2 3.3 นำข้อมูลทางธรณีสัณฐานทั้ง 12 ลักษณะ มาประมวลอีกครั้งหนึ่ง โดยคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation Coefficient) และสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) แบบ Stepwise Multiple Regression ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ

2.3.4 นำตัวแปร หรือลักษณะทางธรณีสัณฐาน ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ มาเป็นดัชนีในการจำแนกลานตะพักสำน้ำ โดยใช้วิธีการจำแนกของ จอห์นสตัน (Johnston) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2 3.4.1 สร้างตารางเมตริกโดยใช้ข้อมูลที่เป็นระยะ (Distance) ซึ่งการหาระยะระหว่าง 2 ตำแหน่ง ในการศึกษาหลายตัวแปร เป็นเกณฑ์ในการจำแนก หาได้จากสูตร

$$D_{ij} = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2}$$

เมื่อ  $D_{ij}$  = ระยะระหว่างสองตำแหน่ง คือ  $i$  และ  $j$  ส่วนข้อความในวงเล็บ จากสมการ คือ ระยะระหว่างสองตำแหน่ง ( $i$  และ  $j$ ) ของตัวแปรต่าง ๆ จาก 1 ..  $n$

2 3 4.2 นำค่าที่น้อยที่สุดจากตารางเมตริกไปทำการจัดกลุ่มโดยการเชื่อมโยงประสาน (Linkage) ต่อไป

2 4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2 4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) โดยหา Correlation Matrix ตามวิธี Pearson Product Moment การสกัดองค์ประกอบ (Factor Extraction) แบบ Principle Factor Solution และทำการหมุนแกนแบบ Varimax Rotation ตามวิธีของ Kaiser (อุทุมพร ทองอุไทย 2520)

2.4.2 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยวิธี Stepwise Multiple Regression ตามวิธี Doolittle

2 4 3 การสกัดกลุ่ม หรือการจำแนก (Classification) ตามวิธีของ จอห์นสตัน (Johnston. 1976)

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

#### 1 สภาพทางธรณีสัณฐานบริเวณลุ่มน้ำชี

##### 1.1 สภาพทั่วไป

สภาพพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำชีได้ผ่านขั้นตอนการพัฒนามาตลอดระยะเวลาจนกระทั่งปัจจุบันปรากฏเป็นหลักฐานหรือร่องรอยที่เหลือจากการพัฒนา ผลจากการศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐาน จากแผนที่ธรณีสัณฐาน ที่สร้างจากภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ และการศึกษาจากภาคสนาม สามารถได้ดังนี้

1 1.1 สภาพที่เป็นภูเขา ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือจากการที่กระบวนการต่าง ๆ ทำลายไปนั้น สามารถแบ่งตามสภาพของพื้นที่ได้ดังนี้

1.1 1.1 พื้นที่ส่วนที่เหลือจากการถูกทำลาย (Fragments of Surface Destruction-Intact)

1.1.1.2 ส่วนที่เหลือมีโครงสร้างเป็นด้านลาดเท (Fragments of Structural Surface Dip Slope)

1.1.1.3 ส่วนที่เหลือเป็นด้านผาชัน (Escarpment)

1.1.2 บริเวณที่เหลือเป็นเนินเขา (Hard Rock Residual Hill)

1.1.3 ส่วนที่เหลือเป็นที่ลาดเชิงเขา (Fragments of Pediment Fashioned by Erosion and Denudation-Active)

1 1.4 บริเวณที่เป็นลานตะพักลำน้ำ (River Terrace) ซึ่งแบ่งได้สามระดับ คือ

1 1.4.1 ลานตะพักลำน้ำขั้นต่ำ

1.1.4.2 ลานตะพักลำน้ำขั้นกลาง

1.1 4.3 ลานตะพักลำน้ำขั้นสูง

1.1.5 ที่ราบซึ่งเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนใหม่ (Plain Formed by Proluvial Accumulation)

1.1.6 ที่ราบซึ่งเกิดจากอิทธิพลของแม่น้ำ (River-Built Plain)

1.1.7 แหล่งน้ำ (Water)

## 1.2 วิวัฒนาการทางธรณีสัณฐานของพื้นที่ลุ่มน้ำยี่

ก่อนที่หินชุดโคราชจะสะสมตัวนั้น แผ่นดินบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงหลายครั้ง โดยเฉพาะบริเวณที่มีหินเก่าสะสมตัว จะถูกยกตัวเป็นแผ่นดินเกือบทั้งหมด หลังจากนั้นหินชุดโคราชจะเริ่มสะสมตัว เริ่มจากหินหน่วยห้วยดินลาด ซึ่งเป็นหน่วยหินที่มีอายุมากที่สุด หลังจากนั้นจะมีการสะสมตัวของหินหน่วยน้ำพอง หินหน่วยภูกระดึง หินหน่วยพระวิหาร หินหน่วยเล้าข้าว หินหน่วยภูพาน หินหน่วยโคกกรวด และหินหน่วยมหาสารคาม ตามลำดับ สำหรับการสะสมตัวของหน่วยหินต่าง ๆ ในชุดหินโคราชนั้น ได้ข้อมูลจาก ฟิลิธรี ธีรฉิลก ว่าจะเริ่มมีการสะสมตัวตั้งแต่ปลายยุค Triassic ถึงปลายยุค Cretaceous หลังจากนั้นพื้นที่บริเวณนี้จะมีการยกตัวของแผ่นดินสูงขึ้น เป็นที่ราบกว้างใหญ่ ในลักษณะของที่ราบสูง ที่เรียกว่าที่ราบสูงโคราช ประมาณปลายยุค Tertiary (ฟิลิธรี ธีรฉิลก ม.ป.ป. . 8) การยกตัวของพื้นที่บริเวณนี้จะมีความลาดเทเล็กน้อย จากทิศตะวันตกสู่ทิศตะวันออก และในขณะที่มีการยกตัวนั้นได้เกิดแรงอัดทำให้หินมีลักษณะเป็นรอยคดโค้ง (Fold) อย่างมากมาย จากหลักฐานที่ตรวจสอบได้ในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาจากภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ธรณีวิทยา และการตรวจสอบจากภาคสนามในบางท้องที่พบว่าพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำยี่ปรากฏเห็นรอยคดโค้งของหินหลายแห่ง แนวแกนของรอยคดโค้งวางตัวในทิศทางต่างกัน ลักษณะดังกล่าวจะพบมากทางด้านตะวันตกของแผนที่ธรณีวิทยาระวังสังหวาตอนบน แสดงว่าแรงที่มากระทำให้เกิดรอยคดโค้งนั้นมาจากหลายทิศทางหรืออาจจะเกิดขึ้นซ้ำซ้อนกันหลายครั้งก็ได้

ผลการยกตัวของที่ราบสูงโคราช ซึ่งทำให้เกิดความลาดเทเล็กน้อย จากทิศตะวันตกสู่ทิศตะวันออกนั้นขอบทางด้านตะวันตก ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกของพื้นที่ลุ่มน้ำยี่ในขณะที่มีการยกตัวของแผ่นดินขึ้นนั้น จะถูกแรงอัดทำให้หินมีลักษณะเป็นรอยคดโค้ง โดยส่วนที่อยู่ด้านนอกของรอยคดโค้ง

จะมีแรงดึงทำให้หินแตกแยกออกจากกัน หินที่มีการโก่งงอจึงมีการแตกแยกมากในส่วนที่เป็นรอยคดโค้งรูปประทุน จากลักษณะดังกล่าวทำให้พื้นที่ซึ่งเกิดรอยคดโค้งถูกกั้นการออกไปได้ง่าย จึงมีผลทำให้ลักษณะทางธรณีลักษณะฐานทางด้านตะวันตกของพื้นที่ลุ่มน้ำชี เหลืออยู่เฉพาะส่วนที่เป็นรอยคดโค้งรูปประทุนหงาย อาทิ ส่วนที่เป็น ภูเวียง ภูแก้ว กับแขนของรอยคดโค้งรูปประทุน ซึ่งมีแนวยาวจากตอนเหนือของเขื่อนจุฬาภรณ์ลงมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ จากสาเหตุที่สภาพพื้นที่ทางด้านตะวันตกของพื้นที่ลุ่มน้ำชีถูกกั้นการออกไปมากนี้เอง ทำให้มีการขนย้ายอนุภาคต่าง ๆ มาทับถมทางด้านตะวันออก ซึ่งมีระดับต่ำกว่ากลายเป็นพื้นที่ราบ ซึ่งถูกตะกอนทับถม ดังนั้นลำน้ำจึงพัฒนาเป็นทางน้ำโค้งตวัด อันมีผลทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ซึ่งเกิดจากแม่น้ำสาธารพัดพาตะกอนมาทับถมถูกกัดกร่อนจากการเหวี่ยงตัวของแม่น้ำแล้วซ้ำอีกทำให้เกิดพื้นที่ในระดับต่าง ๆ กันในลักษณะของลานตะพักลำน้ำ

จากการสำรวจพื้นที่ทางด้านตะวันตก และทางด้านตะวันออกของลุ่มน้ำชีพบว่า ทางด้านตะวันตกซึ่งเป็นส่วนที่ถูกกั้นการจะมีความหนาของชั้นดินบางกว่าทางด้านตะวันออก ซึ่งเป็นส่วนที่เกิดจากการทับถมของอนุภาคต่าง ๆ จากการขุดเจาะตามเส้นทางลำย อ.แก้งคล้อ - อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ ซึ่งอยู่ทางตะวันตกของพื้นที่พบว่ามีความหนาของชั้นดินเพียง 1 เมตร เท่านั้น และในระดับลึกลงไปจะพบชั้นของหินฐานซึ่งเป็นชั้นของหินชุดภูกระดึง ส่วนทางด้านตะวันออกของพื้นที่ลุ่มน้ำชีจากการสำรวจจะมีความลึกมากกว่าทางตะวันตกโดยเฉพาะบริเวณ อ.โกสัมพีนชัย จ.มหาสารคาม ช่วงที่แม่น้ำชีไหลผ่านพบว่าเมื่อถึงฤดูแล้งระดับน้ำในแม่น้ำชีลดลงจะพบหินฐานของบริเวณนั้น ซึ่งเป็นหินชุดมหาสารคาม มีระดับลึกกว่าระดับพื้นผิวดินมากกว่า 5 เมตร นอกจากนั้นจากการสำรวจพื้นที่อื่น ๆ ของลุ่มน้ำชียังพบ กรวดท้องน้ำ ไม่กลายเป็นดิน อาทิ บริเวณบ้านหนองสูงอีตวง อ.น้ำพอง จ. ขอนแก่น และตามเส้นทางลำย กิ่ง อ.พระยืน - อ.มัญจาคีรี อันเป็นการยืนยันให้เห็นว่าบริเวณดังกล่าวซึ่งอยู่ทางตะวันออกได้รับอิทธิพลจากการพัดพาตะกอน และวัตถุอื่น ๆ มาทับถมอย่างแน่นหนา

จากสาเหตุที่พื้นที่ถูกกั้นการลู่ทางด้านตะวันตกของพื้นที่ลุ่มน้ำชีนี้เอง ทำให้หน่วยดินต่าง ๆ ในชุดโคราชซึ่งมีการสะสมตัวในระยะแรก ๆ โผล่ให้เห็นทางด้านตะวันตก เช่น ดินหน่วยห้วยหินลาด ดินหน่วยน้ำพอง ดินหน่วยภูกระดึง ส่วนทางด้านตะวันออกจะพบดินหน่วยที่มีการสะสมตัวในระยะหลัง ๆ ปรากฏอยู่ เช่น ดินหน่วยโคกกรวด ดินหน่วยมหาสารคาม และพื้นที่ซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนในระยะหลัง ๆ

และในสภาพการณ์ปัจจุบันสภาพพื้นที่ดังกล่าวก็ยังมีกัยการเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะ กัยการที่ผ่านมายังกระทำต่อพื้นที่ซึ่งไม่สิ้นสุดวัฏจักร จึงเป็นมูลเหตุให้พื้นที่ดังกล่าวเกิดกัยการอยู่ ตลอดเวลา ซึ่งมูลเหตุของกัยการนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายประการ แต่ที่สำคัญก็คือ การไหลบ่าของน้ำ ซึ่งเกิดจากฝนที่ตกลงมา และจากการพิจารณาลักษณะฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำนี้จะพบว่า เป็นผลมาจาก ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เข่นเดียวกับบริเวณอื่น ๆ ของประเทศ ซึ่งจะเริ่มตกในราวปลายเดือน พฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม และจะตกชุกมากในเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคม ประกอบกับระยะนี้มักเกิดพายุไต้ฝุ่น หรือพายุโซนร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้ หรือมหาสมุทรแปซิฟิก แล้วเคลื่อนตัวเข้าฝั่ง เวียดนาม ซึ่งจะมีอิทธิพลต่ออากาศตะวันออกเฉียงเหนือของไทยด้วย แม้ส่วนใหญ่ จะอ่อนกำลังลงก็ตามแต่ก็กลายเป็นพายุดีเปรสชั่น ทำให้ฝนตกแผ่เป็นบริเวณกว้าง และตกติดต่อกัน เป็นเวลานาน ดังนั้นพายุดีเปรสชั่นจึงมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำนี้เป็นอย่างมาก

ตาราง 2 แสดงปริมาณน้ำฝนของลุ่มน้ำยี่

| ปริมาณฝน<br>(ม.ม.) | มค.  | กพ.   | มีค.  | เมย   | พค.    | มิย.   | กค.    | สค     | กย     |
|--------------------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ชัยภูมิ            | 3.98 | 19.99 | 50.78 | 85.24 | 166.48 | 141.54 | 86.33  | 144.87 | 309.58 |
| ขอนแก่น            | 8.64 | 17.74 | 34.61 | 91.41 | 172.72 | 172.19 | 159.32 | 196.36 | 274.29 |
| มหาสารคาม          | 6.05 | 16.19 | 17.19 | 70.91 | 207.13 | 181.26 | 195.74 | 199.18 | 296.27 |

| ปริมาณฝน<br>(ม.ม.) | ตค.    | พย.   | ธค.  | เฉลี่ยตลอดปี |
|--------------------|--------|-------|------|--------------|
| ชัยภูมิ            | 119.69 | 30.48 | 3.63 | 1,162.58     |
| ขอนแก่น            | 94.68  | 14.80 | 2.75 | 1,239.51     |
| มหาสารคาม          | 66.00  | 7.68  | 3.15 | 1,265.13     |

ที่มา : กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา สัปดาห์ พ.ศ. 2500 - 2521

จากลักษณะดังกล่าวทำให้การไหลบ่าของน้ำมีมากในช่วงที่มีฝนชุก ลักษณะการไหลบ่าของน้ำจะไหลจาก บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำลงสู่ทางน้ำต่าง ๆ ในลักษณะของน้ำท่า (Runoff) ซึ่งการไหลบ่าของน้ำดังกล่าวจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อการชลประทานของพื้นที่ และจากการพิจารณาปริมาณน้ำที่ไหลบ่าลงสู่ทางน้ำต่าง ๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำชี จะพบว่าในหนึ่งปีจะมีปริมาณน้ำท่า โดยเฉลี่ย ดังสรุปไว้ในตาราง 3 ดังนี้

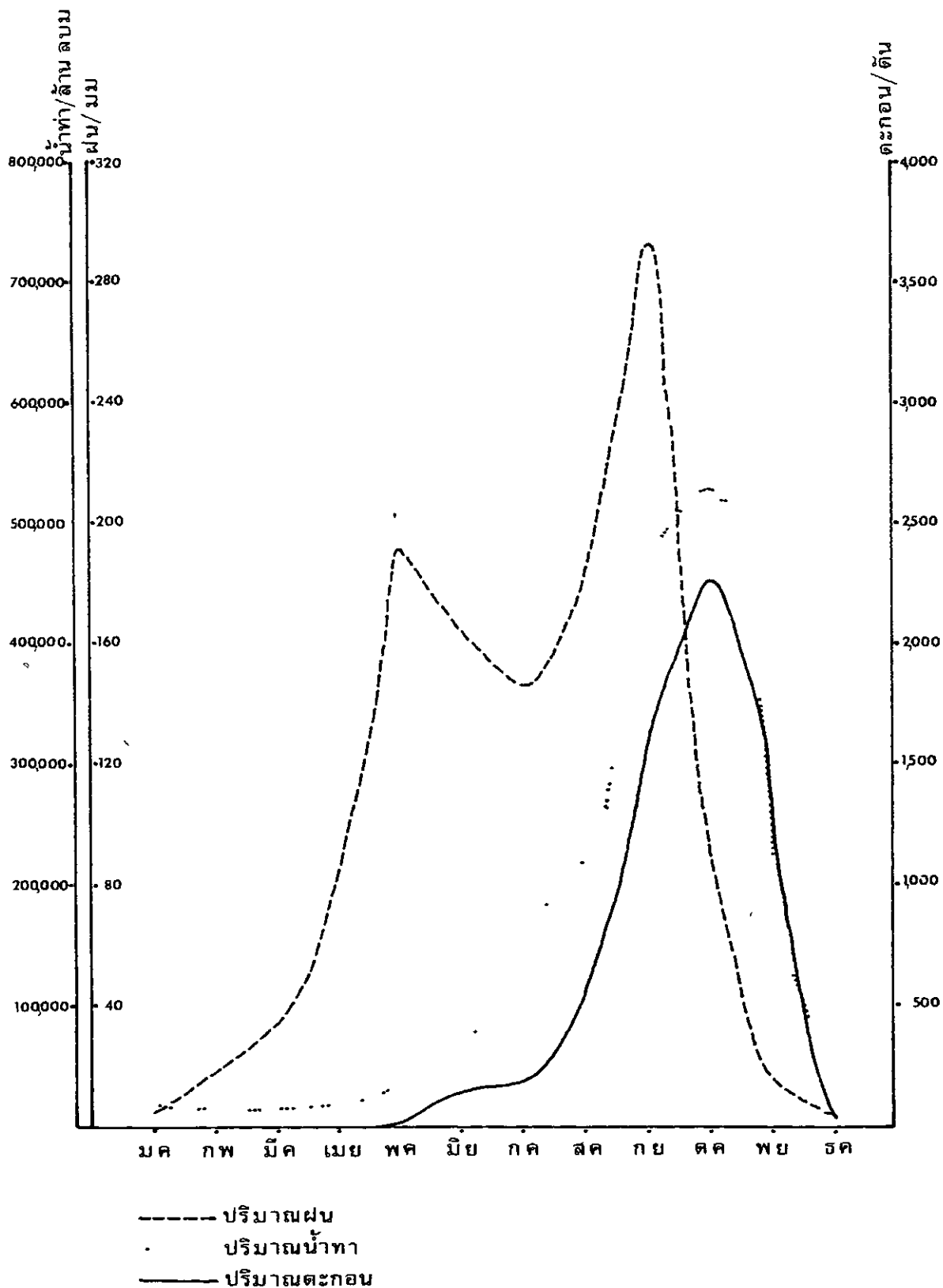
ตาราง 3 แสดงปริมาณน้ำท่า (Runoff) แม่น้ำต่าง ๆ ในกลุ่มน้ำชี

| แม่น้ำ | สถานีวัด                 | ปริมาณน้ำท่าล้านลูกบาศก์เมตร/ปี |
|--------|--------------------------|---------------------------------|
| ชี     | อ.เมือง จ.ยโสธร          | 8,733.27                        |
| ชี     | อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม | 4,124.80                        |
| ชี     | อ.เมือง จ.ขอนแก่น        | 2,307.50                        |
| น้ำพอง | อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น       | 1,477.89                        |
| ลาบาว  | อ.สหัสขันธ์ จ.กาฬสินธุ์  | 1,338.58                        |

ที่มา : กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน สถิติเฉลี่ยระหว่างปี 2500 - 2522

จากการไหลบ่าของน้ำดังกล่าวมีผลต่อการชลประทานของพื้นที่เป็นอย่างมาก โดยการไหลบ่าของน้ำจะพัดพาอนุภาคต่าง ๆ ลงสู่แม่น้ำสาธารในรูปของตะกอนแขวนลอย และเมื่อพิจารณาถึงตะกอนแขวนลอย ซึ่งเกิดจากการพังทลาย โดยการไหลบ่าของน้ำบริเวณลุ่มน้ำชี ซึ่งทำการวัดที่ อ.เมือง จ.ยโสธร ซึ่งเป็นสถานีวัดก่อนที่แม่น้ำชีจะไหลลงสู่แม่น้ำมูลพบว่า มีปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยในหนึ่งปี ประมาณ 251.78 ตัน/หนึ่งตารางกิโลเมตร หรือ 0.025 กรัม/ตารางเซนติเมตร และจากการคำนวณตะกอนแขวนลอยพบว่า น้ำมีอิทธิพลทำให้ภูมิประเทศต่ำลงโดยเฉลี่ยประมาณ 0.02 ม.ม.ต่อปี หรือ 2 ม.ม.ต่อ 100 ปี ยังไม่รวมอนุภาคทราย และอนุภาคที่น้ำไม่สามารถพัดพาไปได้

ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฝน น้ำท่า และ ตะกอน



จากอิทธิพลของภูมิอากาศโดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน ซึ่งมีผลต่อการไหลบ่าของน้ำบนพื้นที่  
ลุ่มน้ำชี จะมีอิทธิพลอย่างมากต่อการขยับขยายของพื้นที่

### 1.3 สภาพทางธรณีสัณฐานของพื้นที่ลุ่มน้ำชีที่ปรากฏในปัจจุบัน

จากการศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐานของบริเวณลุ่มน้ำชี โดยใช้แผนที่ธรณีสัณฐานซึ่งสร้างจาก  
ภาพถ่ายดาวเทียม ประกอบกับการศึกษาในภาคสนามโดยใช้สัญลักษณ์ของสหพันธ์ภูมิศาสตร์นานาชาติ  
(IGU) นั้น พอจะจำแนกหน่วยทางธรณีสัณฐานได้ดังนี้

1 3.1 สภาพที่เป็นภูเขา ส่วนใหญ่จะอยู่ทางตะวันตกของพื้นที่ ลักษณะของภูเขา  
ที่เหลืออยู่ในบริเวณดังกล่าว ส่วนใหญ่จะเป็นชั้นหินโคลงรูปประทุนหงาย อาทิส่วนที่เหลือเป็น ภูเขา  
ภูเก็ก ภูเขียว รวมทั้งส่วนที่เป็นแขนของชั้นหินโคลงรูปประทุน เช่น บริเวณที่เป็นเทือกเขาจาก  
ตอนเหนือของเขื่อนอุบลรัตน์ลงมาทางตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณตอนเหนือของจังหวัดชัยภูมิ ซึ่ง  
สภาพพื้นที่ซึ่งเป็นภูเขานี้พอจะจำแนกออกเป็นหน่วยทางธรณีสัณฐานย่อย ๆ ได้ดังนี้

1.3.1.1 พื้นที่ส่วนที่เหลือจากการถูกทำลาย (Fragments of Surface of  
Destruction-Intact) ได้แก่ บริเวณตอนบนของภูเขียว ภูศรี ภูสะแก พื้นที่ดังกล่าวจะเป็น  
ส่วนของชั้นหินโคลงรูปประทุนหงายเก่า มีพื้นผิวค่อนข้างราบเรียบมีความลาดชันน้อยกว่า 2 องศา  
ส่วนใหญ่จะเป็นหินทราย ลักษณะดินของพื้นที่หน่วยนี้จะเป็นพวก Red-Yellow Podzolic Soil  
ดินบนเป็นพวกดินร่วนปนทราย ถึงดินร่วนสีน้ำตาลปนทราย ดินชั้นล่างเป็นดินร่วนปนทราย ถึงดินเหนียว  
ปนทรายสีแดงหรือสีเหลือง ดินดังกล่าวมีการระบายน้ำดี โดยมีปฏิกิริยาทางเคมีของดิน (pH) อยู่  
ระหว่าง 4.5 - 5.5 พื้นที่บริเวณดังกล่าวในปัจจุบันยังถูกกระบวนกรลดระดับเนื่องจากขุดการ  
อยู่ตลอดเวลา

1 3 1.2 ส่วนที่เหลือมีโครงสร้างเป็นด้านลาดเท (Fragments of Structural  
Surface Dip Slope) จะพบทางตะวันตกของพื้นที่ แนวแรกจากตอนเหนือของเขื่อนอุบลรัตน์ ลงมา  
ทางตะวันตกเฉียงใต้พื้นที่ส่วนนี้จะเป็นแขนของชั้นหินโคลงรูปประทุน นอกจากนั้นจะพบในบริเวณด้านใน  
ของภูเขียว ภูเก็ก ซึ่งเป็นส่วนของชั้นหินโคลงรูปประทุนหงาย ลักษณะของพื้นที่นี้มีความลาดชัน

ประมาณ 10 - 20 องศา ดินฐานส่วนใหญ่เป็นหินทราย ลักษณะของดินที่ปกคลุมบริเวณดังกล่าว มีลักษณะเช่นเดียวกับพื้นที่ส่วนที่เหลือจากการถูกทำลาย สำหรับกระบวนการที่กระทำต่อพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นกษัยการ

1.3.1.3 ส่วนที่เป็นต้นผาชัน (Escarpmnts) คือ ส่วนที่อยู่ติดกับด้านลาดเท แต่อยู่ในทิศทางตรงข้าม พื้นที่ในส่วนนี้มีความลาดชันประมาณ 20 - 30 องศา วัตถุพื้นฐานเป็นหินทราย ลักษณะของดินที่ปกคลุมบริเวณดังกล่าวจะเป็นพวก Lithosols ซึ่งเกิดจากการผุพังของหินต้นกำเนิดดินในส่วนนี้ จะพบชั้นหินดินดานมาก คือเพียงประมาณ 35 ซม. และมีอายุน้อย กระบวนการที่กระทำต่อพื้นที่ดังกล่าว คือ กษัยการ

สภาพพื้นที่ซึ่งเหลือเป็นภูเขาส่วนใหญ่ จะเป็นหินทรายหน่วยพระวิหาร หิยพรรณธรรมชาติส่วนใหญ่ยังคงเป็นป่าไม้มากกว่าหน่วยอื่น ๆ

1.3.2 บริเวณที่เหลือเป็นเนินเขา (Hard Rock Residual Hill) ส่วนที่เหลือเป็นเนินเขาบริเวณลุ่มน้ำชีนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภท คือ

1.3.2.1 บริเวณที่เหลือเป็นเนินเขาหินทราย มีความสูงไม่มากนัก ความลาดชันประมาณ 5 - 30 องศา อาทิ ภูหิน ซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของอำเภอ มัญจาคีรี เขาล้วนกว้าง อยู่ทางตอนเหนือของอำเภอ น้ำพอง รวมทั้งเนินเขาภายในภูเวียง ภูเก็ก ลักษณะดินที่ปกคลุมเป็นพวก Red Yellow Podzolic Soil เช่นเดียวกับพื้นที่ส่วนที่เหลือจากการถูกทำลาย และกระบวนการที่กระทำต่อพื้นที่หน่วยนี้ คือ กษัยการ

1.3.2.2 บริเวณที่เหลือเป็นเนินเขาหินปูน เป็นเนินเขาที่มีความลาดชันค่อนข้างสูง มีความลาดชันประมาณ 20 - 40 องศา เนินเขาดังกล่าวจะพบทางตะวั่นตกละเอียดเหนือของแผนที่ธรณีสัณฐานระหว่างจังหวัดขอนแก่น อาทิ ภูลาดหญ้า ภูผักเน่า ดินที่ปกคลุมเป็นพวก Rendzinas/ Red Brown Earths เป็นดินดิน วัตถุต้นกำเนิดเป็นพวกแคลเซียมคาร์บอเนต และปูนมาร์ล ดินบนมีสีดำ ดินชั้นล่างจะเป็นดินเหนียวผสมปูน และมีดินปูนปริมาณมากขึ้นตามความลึกของชั้นดิน ส่วนใหญ่จะพบดินปูนล้วน ๆ ภายในความลึกประมาณ 40 ซม. มีค่า pH 7.0 - 8.0 กระบวนการที่กระทำต่อพื้นที่ส่วนนี้จะเป็นกษัยการเช่นกัน

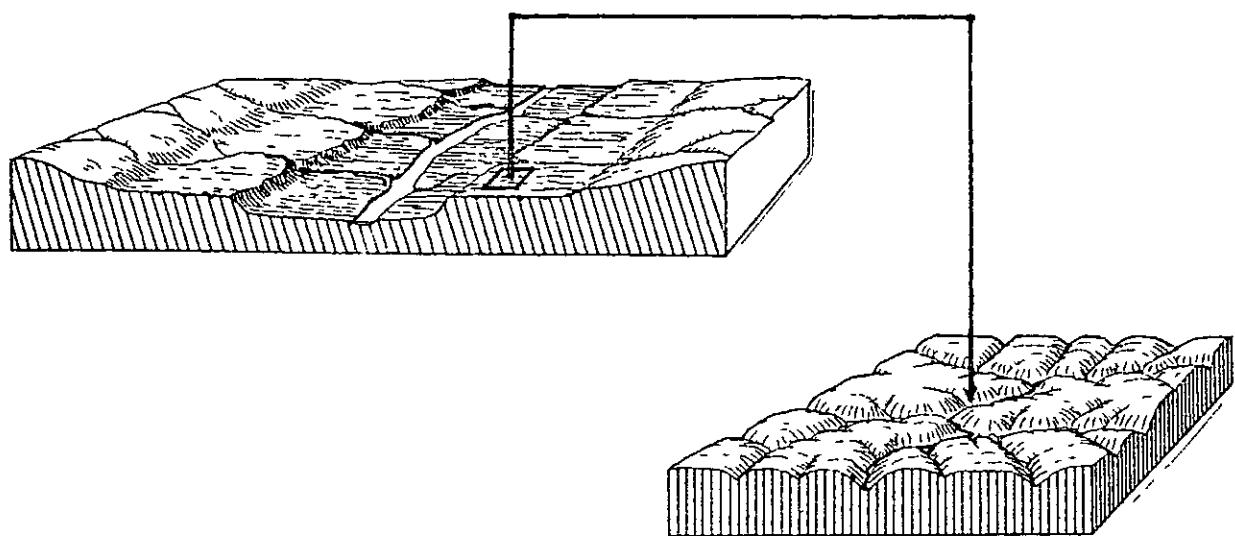
สำหรับพืชพรรณของบริเวณที่เหลือเป็นเนินเขา ส่วนใหญ่เป็นป่าที่ถูกทำลายเป็น  
ส่วนมาก

1 3.3 ส่วนที่เหลือเป็นที่ลาดเชิงเขา (Fragments of Pediment Fashioned by Erosion and Denudation-Active) พื้นที่หน่วยนี้ส่วนใหญ่จะพบทางตะวันตก และตอนเหนือของแผนที่ธรณีสัณฐานระหว่างจังหวัดขอนแก่น จะพบอยู่โดยทั่วไปใกล้กับภูเขา สภาพพื้นที่ซึ่งเป็นลาดเชิงเขา มีความลาดชันน้อยกว่า 10 องศา ดินฐานที่พบมีทั้งที่เป็นดินทราย ดินปนดินดาน ลักษณะที่พบจะเป็นบริเวณที่มีชั้นดินบาง บางบริเวณจะมีหินเดิมโผล่อยู่ อาทิ ปรากฏหินหน่วยน้ำพองตามเส้นทางเข้าอำเภอภูเวียง ลักษณะดินที่ปกคลุมมีสีน้ำตาลเข้ม สีเข้มของน้ำตาลปนเทา สีเข้มของน้ำตาลปนแดง สีน้ำตาลเข้มมาก เนื้อดินจะเป็นดินร่วนปนทรายมากกว่าดินทราย ปนดินร่วนจนถึงดินร่วนปนดินเหนียว มีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.0 - 7.0 กระบวนการที่กระทำต่อพื้นที่หน่วยนี้ มีทั้ง กัดกร่อน และการทับถม สำหรับลักษณะของพืชพรรณของพื้นที่หน่วยนี้ส่วนใหญ่เป็นป่าที่ถูกทำลาย ประชาชนจึงใช้พื้นที่ในการปลูกพืชไร่

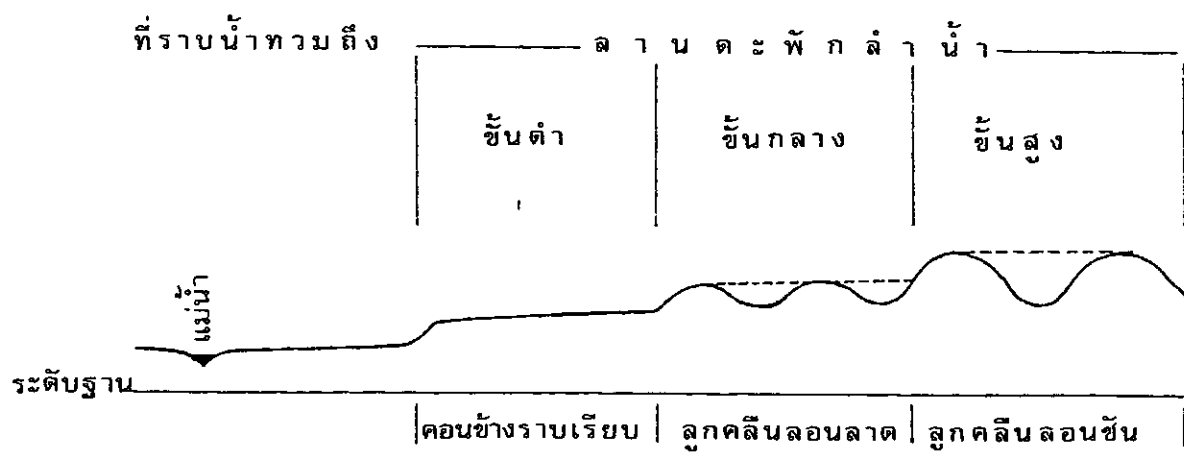
1.3.4 บริเวณที่เป็นลานตะพักลำน้ำ (River Terrace) ผลจากพื้นที่ส่วนใหญ่ถูกยกตัวขึ้นตั้งแต่ตอนปลายยุค Tertiary จากนั้นไม่มีเหตุการณ์ใหม่ ๆ มากระทบกระทั่งจนพื้นที่ส่วนนี้ระกนกเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในปัจจุบันจึงเป็นไปในทางกระบวนการทำลาย โดยพื้นที่เป็นภูเขาจะถูกกัดกร่อนให้ต่ำลง และมีการนำเอาตะกอนไปสะสมในที่ราบลุ่ม ผลจากกระบวนการปรับระดับของผิวโลกนี้เองมีผลทำให้พื้นที่บริเวณนี้ราบเรียบ และมีความลาดเทน้อยลง แนวทางของแม่น้ำเริ่มคดเคี้ยวมากขึ้น และยังทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ซึ่งเกิดจากตะกอนที่แม่น้ำสาธารพัดพามาทับถมถูกกัดกร่อนจากกระบวนการชะล้าง โดยการเหวี่ยงตัวของแม่น้ำ เกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีก ทำให้เกิดพื้นที่ระดับต่าง ๆ กัน ที่เรียกว่าลานตะพักลำน้ำ

สำหรับลักษณะของลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำชีที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบันมีลักษณะ เป็นส่วนที่เหลือของลานตะพักลำน้ำ (Terrace Remnant) กล่าวคือ มีบางส่วนถูกกัดกร่อนออกไป (พิจารณาจากภาพ 4ก และ 4ข) ทั้งนี้เพราะเมื่อเกิดเป็นลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำในระดับต่าง ๆ กัน เป็นลานตะพักลำน้ำขั้นต่ำ ลานตะพักลำน้ำขั้นกลาง และลานตะพักลำน้ำขั้นสูงจะอยู่สูง

ภาพที่ 4 แสดงสภาพพื้นที่ของลานตะพักลำน้บริเวณลุ่มน้ำชีในปัจจุบัน



4 ก แสดงสภาพพื้นที่ของลานตะพักลำน้



4 ข แสดงด้านข้างของลานตะพักลำน้

จากระดับฐานของการพังทลายแตกต่างกันจาก ต่ำ ถึง สูง ตามลำดับ สภาพพื้นที่ดังกล่าวเมื่อผ่านมาระยะหนึ่ง กษัยการจะกระทำต่อพื้นที่นี้ซึ่งจะมีความรุนแรงแตกต่างกัน โดยส่วนที่มีความสูงจากระดับฐานมาก ก็จะเกิดกษัยการมาก ส่วนที่อยู่ต่ำกว่ากษัยการก็จะน้อยลงตามลำดับ ทำให้ลานตะพักลำน้ำระดับต่าง ๆ ของลุ่มน้ำชีในปัจจุบันจึงเหลืออยู่ในลักษณะของส่วนที่เหลือของลานตะพักลำน้ำ กล่าวคือจะมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด (Undulating) และลูกคลื่นลอนชัน (Rolling) โดยบริเวณที่เป็นลานตะพักลำน้ำชั้นสูงซึ่งมีกษัยการสูง จะมีสภาพพื้นที่แบบลูกคลื่นลอนชัน ลานตะพักลำน้ำชั้นกลาง จะมีสภาพพื้นที่แบบลูกคลื่นลอนลาด ส่วนบริเวณที่เป็นลานตะพักลำน้ำชั้นต่ำ ซึ่งอยู่ใกล้กับระดับฐานมาก ดังนั้น กษัยการจะกระทำต่อสภาพพื้นที่ระดับนั้นน้อยกว่า จึงทำให้ลานตะพักลำน้ำชั้นต่ำ มีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ

ลักษณะของลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำชีส่วนใหญ่ที่ปรากฏบริเวณตอนกลาง และบริเวณตะวันออกของแผนที่ธรณีสัณฐานระหว่างจังหวัดขอนแก่น สามารถแบ่งออกได้สามระดับ คือ

1 3.4.1 ลานตะพักลำน้ำชั้นต่ำ จะพบตามแนวร่องน้ำของแม่น้ำชี โดยอยู่ถัดจากส่วนที่เป็นที่ราบน้ำท่วมถึงขึ้นไป ลักษณะของลานตะพักลำน้ำชั้นต่ำมีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ ความลาดชันต่ำกว่า 2 องศา วัดจุดที่มากับถมส่วนใหญ่มีกำเนิดมาจากหินทราย ลักษณะของดินจะมีสีน้ำตาลเข้มถึงน้ำตาล หรือเทาอ่อนถึงเทา ส่วนอนุภาคของดินจะเป็นพวก ดินร่วนปนทราย และมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.0 - 6.0 พื้นที่หน่วยนี้ส่วนใหญ่จะถูกกระบวนการสร้างตัวของแม่น้ำ (River-Built) และกษัยการเป็นตัวกระทำ พื้นที่ส่วนนี้ใช้ในการทำนาเป็นส่วนใหญ่

1 3 4.2 ลานตะพักลำน้ำชั้นกลาง จะอยู่ถัดจากลานตะพักลำน้ำชั้นต่ำขึ้นไป ทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 2 - 8 องศา วัดจุดต้นกำเนิดของพื้นที่หน่วยนี้เป็นพวกหินทราย ดินที่ปกคลุมมีสีน้ำตาลเข้มมาก หรือน้ำตาลเข้มถึงน้ำตาลมากกว่าสีเทาปนน้ำตาลอ่อน นอกจากนั้นจะมีสีน้ำตาลขี้ด หรือสีเหลืองปนน้ำตาลอ่อน อนุภาคของดินเป็นพวกดินทรายปนดินร่วน หรือดินทราย จนกระทั่งถึงดินร่วนปนทราย ลักษณะพื้นที่หน่วยนี้มีสภาพการระบายน้ำดีมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5 - 7.0 กระบวนการที่กระทำต่อพื้นที่นี้จะถูกกระบวนการสร้างตัวของแม่น้ำ และกษัยการเป็นตัวกระทำ ปัจจุบันพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการปลูกพืชไร่

1.3.4.3 ลานตะพักน้ำขึ้นสูง ของบริเวณลุ่มน้ำชีจะพบทางตอนเหนือของแม่น้ำ มีลักษณะเป็นแนวยาวจากอำเภอป่าพองผ่านตอนใต้ของอำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น และผ่านตอนใต้ของ กิ่ง อ. ห้วยเม็ก จนกระทั่งถึงตอนใต้ของเขื่อนลำปาว จ. กาฬสินธุ์ นอกจากนั้นยังพบที่บริเวณมหาวิทยาลัยขอนแก่น และตอนเหนือของอำเภอัญญาศิริ จ. ขอนแก่น ลักษณะของพื้นที่จะเป็นแบบลูกคลื่นลอนชัน ความลาดชันประมาณ 2 - 10 องศา วัสดุต้นกำเนิดจะเป็นหินทราย ดินจะมีสีเข้มของน้ำตาลปนแดง มากกว่าแดง เนื้อดินจะเป็นดินทรายปนดินร่วนจนถึงดินร่วนปนทรายมากกว่าดินร่วนเหนียวปนทรายลักษณะการระบายน้ำดี มีค่า pH ของดินอยู่ระหว่าง 5.5 - 6.0 กระบวนการที่กระทำต่อพื้นที่นี้จะเป็นกักน้ำ และกระบวนการสร้างตัวของแม่น้ำ นอกจากนั้นส่วนที่เป็นลานตะพักน้ำขึ้นสูงบางบริเวณจะพบก้นกรวดท้องน้ำซึ่งเกิดจากอิทธิพลของแม่น้ำพัดพามาทับถม อาทิ บริเวณบ้านหนองสูงเขี้ยว อ. น้ำพอง จ. ขอนแก่น และบริเวณตอนเหนือของอำเภอัญญาศิริตามเส้นทางสาย กิ่ง อ. พะนิง-ัญญาศิริ ส่วนพืชพรรณในบริเวณดังกล่าวยังเป็นป่าไม้อยู่

1.3.5 ที่ราบซึ่งเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนใหม่ (Plain Formed by Proluvial Accumulation) พื้นที่หน่วยนี้เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนซึ่งถูกชะล้างมาจากที่สูง สำหรับบริเวณที่ศึกษาจะพบทางตอนเหนือของแผนที่ธรณีสัณฐานพื้นที่หน่วยนี้จะเกิดจากการสะสมตัวของตะกอน ซึ่งถูกชะล้างมาจาก ภูผากู่ ดงมูล สภาพพื้นที่หน่วยนี้จะอยู่ทางตอนเหนือของอำเภอป่าพอง อำเภอกระนวน จ. ขอนแก่น และ กิ่ง อ. ห้วยเม็ก จ. กาฬสินธุ์ มีความลาดชันต่ำกว่า 5 องศา ตะกอนที่สะสมส่วนใหญ่จะเป็นตะกอนของหินทรายดินที่ปกคลุมมีสีน้ำตาลเข้ม หรือสีเข้มของน้ำตาลปนเทา ลักษณะของเนื้อดินจะเป็นดินร่วนปนทราย มากกว่าดินร่วนถึงดินร่วนเหนียวปนทราย ค่า pH ของดินอยู่ระหว่าง 5.0 - 7.0 กระบวนการที่กระทำต่อพื้นที่หน่วยนี้จะเป็นกระบวนการทับถม

1.3.6 ที่ราบซึ่งเกิดจากอิทธิพลของแม่น้ำ (River-Built Plain) สภาพพื้นที่หน่วยนี้แบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนที่อยู่ทางตะวันออก ซึ่งอยู่บริเวณ 2 ฝ่ายของแม่น้ำชี รวมทั้งแม่น้ำลำขา สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะราบเรียบ บางบริเวณมีลักษณะเป็นที่ราบน้ำท่วมถึง นอกจากนั้นสภาพพื้นที่ส่วนนี้ยังปรากฏทะเลสาบรูปแอก (Oxbow-Lake) อย่างมากมาย อีกส่วนหนึ่งคือส่วนที่อยู่

ทางตะวันตกซึ่งเป็นตอนต้นของแม่น้ำอิทธิพลของแม่น้ำยังไม่สามารถทำให้พื้นที่ส่วนนี้ราบเรียบเท่าที่ควร จึงพบว่ามีลักษณะเป็นเนินสูงขึ้นมา ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าลำน้ำยังกระทำต่อพื้นที่นี้ยังไม่จบเรียบมากนัก และจากการขุดเจาะบริเวณเส้นทางสาย อ.แก้งคล้อ อ.ภูเขียว จะพบว่าลักษณะของดินฐาน คือ ดินชุดภูกระดึง จะอยู่ลึกเพียงประมาณ 1 เมตร เท่านั้น

ลักษณะธรณีสัณฐานหน่วยนี้ส่วนใหญ่มีลักษณะราบเรียบ มีความลาดชันต่ำกว่า 1 องศา พื้นที่หน่วยนี้ส่วนใหญ่จะเกิดจากการทับถมของตะกอนที่ลำน้ำพัดพามา ลักษณะของดินที่ปกคลุมจะมีสีน้ำตาลเข้มถึงน้ำตาล มากกว่าน้ำตาลแดง นอกจากนั้นจะพบว่ามีสีเข้มของน้ำตาลปนเหลือง หรือน้ำตาลแก่ หรือสีเข้มของน้ำตาลปนแดง หรือน้ำตาลปนเทา ส่วนขนาดอนุภาคของดินจะเป็นพวก ดินเหนียวปนซิลต์ หรือดินเหนียว ค่า pH ของดินอยู่ระหว่าง 5.0 - 5.5 ส่วนกระบวนการที่กระทำต่อพื้นที่หน่วยนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการทับถม และกระบวนการสร้างตัวของแม่น้ำ การไถ่ที่ดินของพื้นที่หน่วยนี้จะใช้ในการทำนา

1.3.7 แหล่งน้ำ (Water) ในบริเวณลุ่มน้ำชีมีทั้งแหล่งน้ำขนาดใหญ่และเล็ก รวมทั้งลำน้ำต่าง ๆ โดยแหล่งน้ำขนาดใหญ่ถูกสร้างขึ้นโดยมนุษย์ อาทิ เขื่อนจุฬาภรณ์ เขื่อนสำโรง และอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ ส่วนแหล่งน้ำขนาดเล็กส่วนใหญ่ จะเป็นทะเลสาบรูปแอก หรือ ฤๅน ซึ่งเกิดจากการที่ส่วนโค้งของแม่น้ำที่เหวี่ยงตัวออกไป ถูกตัดออกจากร่องน้ำในปัจจุบันซึ่งแหล่งน้ำขนาดเล็กนี้จะกระจายอยู่ 2 แห่งของแม่น้ำ

ตาราง 4 แสดงหน่วยทางธรณีสัณฐานที่ปรากฏในแผนที่ธรณีสัณฐานระหว่างจังหวัดขอนแก่น

| หน่วยทางธรณีสัณฐาน                                                                                            | บริเวณที่ปรากฏ<br>ในแผนที่ | พื้นที่/ก.ม. <sup>2</sup> | ร้อยละ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------|
| 1) สภาพพื้นที่เป็นภูเขา<br>- พื้นที่ส่วนที่เหลือจากการถูกทำลาย<br>(Fragment of Surface Destruction<br>Intact) | ตะวันตก                    | 161.25                    | .91    |

ตาราง 4 (ต่อ)

| หน่วยทางธรณีสัณฐาน                                                                                       | บริเวณที่ปรากฏ<br>ในแผนที่ | พื้นที่/ก.ม. <sup>2</sup> | ร้อยละ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------|
| - ส่วนที่เหลือมีโครงสร้างเป็นด้านลาดเท<br>(Fragment of Structural Surface<br>Dip Slope)                  | ตะวันตก                    | 669.38                    | 3.94   |
| - ส่วนที่เป็นด้านผาชัน (Escarpment)                                                                      | ตะวันตก                    | 245.00                    | 1.38   |
| 2) บริเวณที่เหลือเป็นเนินเขา<br>(Hard Rock Residual Hill)                                                | ตะวันตก                    | 198.75                    | 1.07   |
| 3) ส่วนที่เหลือเป็นที่ลาดเชิงเขา<br>(Fragment of Pediment Fashioned by<br>Erosion and Denudation-Active) | ตะวันตก                    | 2,415.67                  | 13.62  |
| 4) บริเวณที่เป็นลานตะพักน้ำ<br>(River Terrace)                                                           |                            |                           |        |
| - ลานตะพักน้ำขั้นต่ำ                                                                                     | ตอนกลางและ<br>ตะวันออก     | 3,446.88                  | 19.44  |
| - ลานตะพักน้ำขั้นกลาง                                                                                    | ตอนกลางและ<br>ตะวันออก     | 2,194.38                  | 12.37  |
| - ลานตะพักน้ำขั้นสูง                                                                                     | ตอนกลางและ<br>ตะวันออก     | 706.25                    | 3.98   |
| 5) ที่ราบซึ่งเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนใหม่<br>(Plain Form by Proluvial<br>Accumulation)                  | ตอนเหนือ                   | 2,390.00                  | 13.48  |

ตาราง 4 (ต่อ)

| หน่วยทางธรณีสัณฐาน                                         | บริเวณที่ปรากฏ<br>ในแผนที่               | พื้นที่/ก.ม. <sup>2</sup> | ร้อยละ |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|--------|
| 6) ที่ราบที่เกิดจากอิทธิพลของแม่น้ำ<br>(River-Built Plain) | ล่องฝั่งลุ่มน้ำ                          | 4,813.13                  | 27.14  |
| 7) แหล่งน้ำ (Water)                                        | กระจายทั่วไป<br>โดยเฉพาะ<br>2 ฝั่งแม่น้ำ | 464.38                    | 2.62   |
| รวม                                                        |                                          | 17,735                    | 100.00 |

ที่มา . แผนที่ธรณีสัณฐานวิทยา ราชวาสจังหวัดขอนแก่น

## 2. ศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ

ลักษณะภูมิประเทศบริเวณลุ่มน้ำชีนี้ หลังจากถูกยกตัวขึ้นเมื่อประมาณปลายยุค Tertiary แล้ว ไม่มีเหตุการณ์ใหม่ ๆ ที่จะมากระทบกระทั่งเนื้อที่ส่วนนี้มากนัก เหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในปัจจุบันจึงเป็นไปในทางกระบวนการทำลาย โดยส่วนที่เป็นที่สูงทางตะวันตกจะถูกกัดกร่อนให้ต่ำลง และมีการพัฒนาเอาตะกอนไปสะสมในที่ต่ำทางตะวันออกจากกระบวนการปรับระดับ (Gradation) ของผิวโลก โดยการกัดกร่อนดิน (Degradation) และกระบวนการเสริมสร้าง โดยการทับถมของตะกอน (Aggradation) นี้เองมีผลทำให้พื้นที่บริเวณด้านตะวันออกของลุ่มน้ำชีมีความลาดเทน้อยลงอันมีผลทำให้แนวทางของแม่น้ำเริ่มคดเคี้ยว (Meander) มากขึ้น และยังทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ซึ่งเกิดจากตะกอนที่แม่น้ำลำธารพัฒนามาทับถม ถูกกัดกร่อนจากกระบวนการชะล้าง โดยการเหวี่ยงตัวของแม่น้ำเกิดขุ่นขาวแล้วขาวอีก ทำให้เกิดพื้นที่ระดับต่าง ๆ ที่เรียกว่าลานตะพักลำน้ำ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางธรณีสัณฐานที่ปรากฏบนพื้นผิวโลกนั้นต่างมีแบบแผนในการเปลี่ยนแปลง

ลักษณะของลานตะพักลำน้ำของบริเวณลุ่มน้ำชีก็เช่นกัน น่าจะมีแบบแผนความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบกับลักษณะธรณีสัณฐานที่ประกอบขึ้น

ประกอบกับการศึกษาทางด้านธรณีสัณฐานวิทยานั้น เป็นการศึกษาถึงสัณฐานของเปลือกโลก ความสูงต่ำของพื้นที่ สภาพภูมิประเทศทั่ว ๆ ไป และวัตถุที่ปรากฏบนภูมิประเทศนั้น ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงนำผลข้อมูลของลักษณะธรณีสัณฐานต่าง ๆ ที่ได้จากการวัดในแผนที่ การวัดจากภาคสนาม และนำข้อมูลบางประเภทมาทดสอบในห้องปฏิบัติการของลานตะพักลำน้ำ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สัมพันธ์ภายในระหว่างลักษณะธรณีสัณฐานทั้ง 12 ลักษณะ อันประกอบด้วย

ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ ขนาดอนุภาคของดินบน ขนาดอนุภาคของดินล่าง สีของดิน จุดสีประของดิน ความหนาขึ้นดินบน เพื่อดูพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะธรณีสัณฐานแต่ละลักษณะจากนั้นจึงนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในดังกล่าวมาสังเกตความแปรปรวน สำหรับลักษณะธรณีสัณฐานแต่ละลักษณะให้ได้มากที่สุดที่มีค่าความแปรปรวนสูงที่สุด

เพื่อความสะดวกในการอธิบาย และการเสนอตาราง จึงใช้สัญลักษณ์แทนลักษณะธรณีสัณฐานดังนี้

|     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| ETS | คือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล   |
| EBS | คือ ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล  |
| ERT | คือ ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ    |
| EBR | คือ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ   |
| RRT | คือ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ |
| SRT | คือ ความลาดชัน                    |
| LRT | คือ ระยะห่างจากแม่น้ำ             |
| PTT | คือ ขนาดอนุภาคของดินบน            |
| PTL | คือ ขนาดของอนุภาคของดินล่าง       |

ตาราง 5 ตารางแสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างลักษณะธรรมาภิบาลทั้ง 12 ลักษณะของสถานประกอบการ

| ตัวแปร | ETS     | EBS     | ETR     | EBR     | RRT     | SRT     | LRT     | PTT     | PTL     | SCT     | MST     | HST     |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ETS    | 1.0000  | 0.7823  | 0.9899  | 0.7057  | 0.9448  | 0.5203  | 0.4128  | 0.0124  | -0.1080 | 0.5586  | -0.4522 | -0.2135 |
| EBS    | 0.7823  | 1.0000  | 0.7330  | 0.9077  | 0.5391  | 0.4560  | 0.2139  | -0.0223 | -0.1952 | 0.3451  | -0.3185 | -0.0453 |
| ETR    | 0.9899  | 0.7330  | 1.0000  | 0.7091  | 0.9582  | 0.5355  | 0.4859  | 0.0466  | -0.0856 | 0.5866  | -0.4512 | -0.2356 |
| EBR    | 0.7057  | 0.9077  | 0.7091  | 1.0000  | 0.4868  | 0.5248  | 0.4004  | 0.0395  | -0.1578 | 0.4031  | -0.2851 | -0.0711 |
| RRT    | 0.9448  | 0.5391  | 0.9582  | 0.4868  | 1.0000  | 0.4747  | 0.4528  | 0.0246  | -0.0461 | 0.5935  | -0.4505 | -0.2514 |
| SRT    | 0.5203  | 0.4560  | 0.5355  | 0.5248  | 0.4747  | 1.0000  | 0.2962  | 0.0905  | 0.0520  | 0.4193  | -0.5444 | -0.0052 |
| LRT    | 0.4128  | 0.2139  | 0.4859  | 0.4004  | 0.4528  | 0.2962  | 1.0000  | 0.0916  | -0.1272 | 0.4215  | -0.1346 | 0.0280  |
| PTT    | 0.0124  | -0.0223 | 0.0466  | 0.0395  | 0.0246  | 0.0905  | 0.0916  | 1.0000  | 0.7006  | 0.0510  | -0.3110 | 0.2858  |
| PTL    | -0.1080 | -0.1952 | -0.0856 | -0.1578 | -0.0461 | 0.0520  | -0.1272 | 0.7006  | 1.0000  | -0.0825 | -0.1199 | 0.2734  |
| SCT    | 0.5586  | 0.3451  | 0.5866  | 0.4031  | 0.5935  | 0.4193  | 0.4215  | 0.0510  | -0.0825 | 1.0000  | -0.2745 | -0.0708 |
| MST    | -0.4522 | -0.3185 | -0.4512 | -0.2851 | -0.4505 | -0.5444 | -0.1346 | -0.3110 | -0.1199 | -0.2745 | 1.0000  | -0.1314 |
| HST    | -0.2135 | -0.0453 | -0.2356 | -0.0711 | -0.2574 | -0.0052 | -0.0280 | 0.2858  | 0.2734  | -0.0708 | -0.1314 | 1.0000  |

\*\*\* สัมพันธ์สำคัญที่ .01

\* สัมพันธ์สำคัญที่ .05

SCT คือ สียองดิน

MST คือ จุดสียประของดิน

HST คือ ความหนาขึ้นดินบน

ผลการวิเคราะห์ลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 5 พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ภายในระหว่างลักษณะธรณีสัณฐานทั้ง

12 ลักษณะ มีค่าสหสัมพันธ์กันทั้งทางบวกและทางลบ โดยมีค่าตั้งแต่ 0.0052 - 0.9899 ลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะมีความสัมพันธ์กันสูง ซึ่งถ้าลักษณะธรณีสัณฐานเหล่านี้มีการพัฒนาจะส่งผลถึงกันและในทางตรงข้ามลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์ต่ำ แสดงให้เห็นถึงความเป็นอิสระจากกันในการพัฒนา และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะธรณีสัณฐานแต่ละลักษณะกับลักษณะธรณีสัณฐานอื่น ๆ พบว่า ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักสำน้ำ ความลาดชันมีความสัมพันธ์กับลักษณะธรณีสัณฐานอื่นมากที่สุดถึง 8 ลักษณะ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ สียองดิน ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล มีความสัมพันธ์กับลักษณะธรณีสัณฐานอื่น ๆ 7 ลักษณะ ระยะห่างจากแม่น้ำ จุดสียประของดินมีความสัมพันธ์กับลักษณะธรณีสัณฐานอื่น 6 ลักษณะ หนาตอภูผาของดินบนและหนาตอภูผาของดินล่าง มีความสัมพันธ์กับลักษณะธรณีสัณฐานอื่น 2 และ 1 ลักษณะตามลำดับ ส่วนความหนาขึ้นดินบนนั้นมีความสัมพันธ์กับลักษณะธรณีสัณฐานอื่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ

จากการวิเคราะห์ดังกล่าวพบว่า ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักสำน้ำ ความลาดชัน ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ สียองดิน ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ระยะห่างจากแม่น้ำ จุดสียประของดิน ล้วนแต่มีความสัมพันธ์กับลักษณะธรณีสัณฐานอื่นถึง 6 ลักษณะขึ้นไป ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มในการมีบทบาทร่วมกันระหว่างลักษณะธรณีสัณฐานแต่ละลักษณะกับลักษณะธรณีสัณฐานอื่น ๆ ในการอธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อาทิ ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ กับความลาดชัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กันทางบวกนั่นคือ ถ้าความสูงตอนบนของลานตะพักสำน้ำจากสำน้ำสูงขึ้น ความลาดชันก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย หรือความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ กับจุดสียประของดินซึ่งมีความสัมพันธ์กันทางลบ นั่นคือ ความสูงตอนบนของลานตะพักสำน้ำจาก

ระดับแม่น้ำเพิ่มขึ้น จุดสัประของดินบนลานตะพักลำน้ำนั้นจะลดลง เป็นการแสดงให้เห็นว่า เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นสภาพการระบายน้ำของดินจะดี เป็นต้น

ส่วนค่าของความหนาขึ้นดินบนมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับลักษณะธรณีสัณฐานอื่น ๆ อย่างไม่มีนัยสำคัญทั้ง 11 ลักษณะ และเป็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับขนาดอนุภาคของดินบน และขนาดอนุภาคของดินล่าง มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำกับลักษณะธรณีสัณฐานอื่นถึง 9 และ 10 ลักษณะตามลำดับ แสดงว่าลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะ อาทิ ความหนาขึ้นดินบน หรือแม้กระทั่งขนาดอนุภาคของดินบน และขนาดอนุภาคของดินล่าง อาจจะไม่เป็นตัวประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำร่วมกับลักษณะธรณีสัณฐานอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามในขั้นตอนนี้เรายังไม่สามารถประเมินบทบาทที่แท้จริงของลักษณะธรณีสัณฐานแต่ละลักษณะที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำได้ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์องค์ประกอบอีกครั้งหนึ่งตามแบบ Principle Factor Solution

จากการหาค่าน้ำหนักองค์ประกอบของลักษณะธรณีสัณฐานแต่ละลักษณะซึ่งปรากฏผลตามตาราง 6 เมื่อพิจารณาทุกองค์ประกอบจะเห็นว่า ไม่มีองค์ประกอบใดที่เป็นบวก หรือเป็นลบทั้งหมด รวมทั้งมีค่าน้ำหนักตัวประกอบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกองค์ประกอบ และเมื่อพิจารณาถึงความหนาขึ้นดินบนพบว่า มีน้ำหนักขององค์ประกอบร่วมกับลักษณะธรณีสัณฐานอื่นอย่างไม่มีนัยสำคัญทุกองค์ประกอบ ส่วนลักษณะธรณีสัณฐานอื่นทั้ง 11 ลักษณะนั้นมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบร่วมกับลักษณะธรณีสัณฐานอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 11 ลักษณะรวมทั้งขนาดอนุภาคของดินบน และขนาดอนุภาคของดินล่างด้วย ฉะนั้นอาจเป็นไปได้ว่า ความหนาขึ้นดินบนอาจจะไม่เป็นองค์ประกอบทางธรณีสัณฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำร่วมกับลักษณะธรณีสัณฐานอื่น ๆ นั้นเป็นความจริง และเมื่อพิจารณาถึงค่า Communality ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงค่าความร่วมกันของลักษณะธรณีสัณฐานต่าง ๆ จะพบว่าค่า Communality ของความหนาขึ้นดินบน มีค่าต่ำมาก กล่าวคือ มีน้ำหนักเพียง 0.3359 และเมื่อพิจารณาถึงค่า Communality ของขนาดอนุภาคของดินบน และขนาดอนุภาคของดินล่าง ยิ่งสงสัยว่าจะไม่เป็นตัวประกอบร่วมขององค์ประกอบทางธรณีสัณฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ พบว่ามีค่า Communality ถึง 0.4917 และ

ตาราง 6 แสดงน้ำหนักองค์ประกอบของลักษณะธรรมีสี่ฐานแต่ละลักษณะของการวิเคราะห์  
องค์ประกอบก่อนการหมุนแกน

| ลักษณะธรรมีสี่ฐาน | องค์ประกอบ |           |          | Communality |
|-------------------|------------|-----------|----------|-------------|
|                   | I          | II        | III      |             |
| ETS               | 0.9682*    | - 0.1081  | - 0.0380 | 0.9989      |
| EBS               | 0.8085*    | 0.5091*   | - 0.1164 | 0.9911      |
| ETR               | 0.9825*    | - 0.1686  | - 0.0096 | 0.9984      |
| EBR               | 0.8084*    | 0.4934*   | - 0.0660 | 0.9801      |
| RRT               | 0.8988*    | - 0.4327* | 0.0108   | 0.9968      |
| SRT               | 0.6015*    | 0.0636    | 0.1708   | 0.5184      |
| LTR               | 0.4616*    | - 0.1146  | 0.0076   | 0.5619      |
| PTT               | 0.0537     | 0.0481    | 0.8452*  | 0.6751      |
| PTL               | - 0.1174   | - 0.0377  | 0.7751*  | 0.6243      |
| SCT               | 0.5925*    | - 0.1726  | 0.0284   | 0.4917      |
| MST               | - 0.4755*  | 0.0131    | - 0.3425 | 0.4995      |
| HST               | - 0.1554   | 0.2155    | 0.3652   | 0.3359      |

\*มีนัยสำคัญที่ .01

0.4995 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่ปรากฏในตาราง 6 นั้น เป็นค่าน้ำหนักที่ยังไม่ได้หมุนแกน จึงไม่ชัดเจนในการแปลผล จึงใช้วิธีการหมุนแกนแบบ Orthogonal Rotation ตามวิธี Varimax ของ Kaiser ซึ่งผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงน้ำหนักองค์ประกอบของลักษณะทางธรณีสัณฐานแต่ละลักษณะของการวิเคราะห์  
องค์ประกอบหลังการหมุนแกน

| ลักษณะธรณีสัณฐาน       | องค์ประกอบ |          |          |
|------------------------|------------|----------|----------|
|                        | I          | II       | III      |
| ETS                    | 0.8626*    | 0.4441*  | - 0.0993 |
| EBS                    | 0.3879     | 0.8769*  | - 0.0844 |
| ETR                    | 0.9098*    | 0.3995   | - 0.0801 |
| EBS                    | 0.3984     | 0.8569*  | - 0.0365 |
| RRT                    | 0.9845*    | 0.1317   | - 0.0922 |
| SRT                    | 0.4878*    | 0.3675   | 0.1487   |
| LRT                    | 0.4480*    | 0.1570   | - 0.0306 |
| PTT                    | 0.1166     | - 0.0055 | 0.8402*  |
| PTL                    | 0.0117     | 0.1644   | 0.7673*  |
| SCT                    | 0.5909*    | 0.1786   | - 0.0242 |
| MST                    | - 0.4436*  | - 0.2194 | - 0.3140 |
| HST                    | - 0.2035   | 0.0618   | 0.3984   |
| Percentage of Variance | 45.0       | 16.9     | 8.8      |

\*มีนัยสำคัญที่ .01

เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบหลังการหมุนแกน (Factor Rotation) จะพบว่า แต่ละองค์ประกอบมีลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์ทั้งทางบวก และทางลบประกอบกันอยู่ และมีน้ำหนักองค์ประกอบในระดับต่างกัน แต่ไม่มีองค์ประกอบใดเป็นบวกและเป็นลบทั้งหมด และยังพบว่าความหนา

ชั้นดินบน ภายหลังจากการหมุนแกนแล้วก็ยังมีค่าน้ำหนักโมเมนต์สำคัญทางสถิติ แสดงว่าความหนาชั้นดินบน ไม่ได้เป็นองค์ประกอบร่วมที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำ ดังนั้น จึงมีลักษณะธรณีสัณฐานเพียง 11 ลักษณะเท่านั้นที่เป็นองค์ประกอบทางธรณีสัณฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำ

จากผลการวิเคราะห์จึงไม่เป็นไปตามสมมติฐานในข้อที่ 1 ที่ว่าลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำ มีความสัมพันธ์กับลักษณะทางธรณีสัณฐานดังต่อไปนี้ คือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักส่าน้ำ ความลาดชันระยะห่างจากแม่น้ำ ขนาดอนุภาคของดินบน ขนาดอนุภาคของดินล่าง สีของดิน จุดสีประของดิน ความหนาชั้นดินบน

### 3 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ในตอน 2 ทำให้ทราบว่าองค์ประกอบทางธรณีสัณฐานซึ่งเป็นกลุ่มของลักษณะธรณีสัณฐานต่าง ๆ นั้นมีมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบซึ่งสรุปไว้ในตาราง 8 จากการวิเคราะห์พบว่าลักษณะธรณีสัณฐานทุกลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำนั้น ไม่ได้เป็นองค์ประกอบร่วมกันทุกลักษณะ และเมื่อพิจารณาน้ำหนักตัวประกอบของลักษณะธรณีสัณฐานแต่ละลักษณะในแต่ละองค์ประกอบก็ปรากฏผลเช่นเดียวกันคือ องค์ประกอบทั้งสามองค์ประกอบนั้น ไม่มีองค์ประกอบใดมีน้ำหนักตัวประกอบสูงอย่างมีนัยสำคัญทุกองค์ประกอบ และค่าน้ำหนักตัวประกอบมีทั้งเป็นบวกและลบ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ที่มีทั้งทางบวกและทางลบ ระหว่างลักษณะธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบ

องค์ประกอบที่ 1 เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักตัวประกอบพบว่า มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.0117 ถึง 0.9845 ลักษณะธรณีสัณฐานที่สำคัญของ องค์ประกอบนี้ เมื่อพิจารณาจากน้ำหนักตัวประกอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติมีเจ็ดลักษณะ ได้แก่

ความต่างระดับของลานตะพักส่าน้ำ    น้ำหนักตัวประกอบ    0.9845

ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ    น้ำหนักตัวประกอบ    0.9089

ตาราง 8 แสดงการวัดกลุ่มของลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญขององค์ประกอบ

| ลักษณะธรณีสัณฐาน              | องค์ประกอบ |    |     |
|-------------------------------|------------|----|-----|
|                               | I          | II | III |
| ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ   | -          | *  | -   |
| ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล  | -          | *  | -   |
| ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล   | *          | *  | -   |
| ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ    | *          | -  | -   |
| ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ | *          | -  | -   |
| ความลาดชัน                    | *          | -  | -   |
| ระยะห่างจากแม่น้ำ             | *          | -  | -   |
| สียงดิน                       | *          | -  | -   |
| จุดสัประของดิน                | *          | -  | -   |
| ขนาดอนุภาคของดินบน            | -          | -  | *   |
| ขนาดอนุภาคของดินล่าง          | -          | -  | *   |
| ความหนาแน่นดินบน              | -          | -  | -   |

\*มีนัยสำคัญทางสถิติ

|                              |                  |         |
|------------------------------|------------------|---------|
| ความสูง ตอนบนจากระดับน้ำทะเล | น้ำหนักตัวประกอบ | 0.8626  |
| สียงดิน                      | น้ำหนักตัวประกอบ | 0.5909  |
| ความลาดชัน                   | น้ำหนักตัวประกอบ | 0.4878  |
| ระยะห่างจากแม่น้ำ            | น้ำหนักตัวประกอบ | 0.4480  |
| จุดสัประของดิน               | น้ำหนักตัวประกอบ | -0.4436 |

เมื่อพิจารณาสัณฐานธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญในองค์ประกอบที่หนึ่งพบว่า ส่วนใหญ่ มุ่งอธิบายด้านรูปทรง ตำแหน่งที่ตั้ง และสมบัติของ วัตถุบนลานตะพักลำน้ำ โดยความต่างระดับของ ลานตะพักลำน้ำ ซึ่งเปรียบเสมือนความหนาของลานตะพักลำน้ำ ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความลาดชันอันเป็นส่วนที่เป็น Scarp ของลานตะพักลำน้ำจะมุ่ง อธิบายในด้านรูปทรง ระยะห่างจากแม่น้ำ มุ่งอธิบายเกี่ยวกับที่ตั้ง ส่วนสียของดิน จุดสียประของดิน มุ่งอธิบายถึงสมบัติของ วัตถุบนลานตะพักลำน้ำ ดังนั้นองค์ประกอบนี้จะให้ชื่อว่า "องค์ประกอบ เกี่ยวกับรูปทรงและสมบัติด้านวัตถุของลานตะพักลำน้ำ"

องค์ประกอบที่สอง เมื่อพิจารณาน้ำหนักตัวประกอบพบว่ามีสียอยู่ระหว่าง 0.0055 ถึง 0.8769 สัณฐานธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญขององค์ประกอบนี้ พิจารณาได้จากน้ำหนัก ตัวประกอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติมีสามลักษณะ ได้แก่

|                              |                  |        |
|------------------------------|------------------|--------|
| ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล | น้ำหนักตัวประกอบ | 0.8769 |
| ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ  | น้ำหนักตัวประกอบ | 0.8569 |
| ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล  | น้ำหนักตัวประกอบ | 0.4441 |

เมื่อพิจารณาสัณฐานธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญในองค์ประกอบที่สองจะพบว่า ส่วนใหญ่มุ่งอธิบายเกี่ยวกับความสูงที่ฐานของลานตะพักลำน้ำ กับระดับฐานของการพังทลาย ทั้ง Local Base Level ซึ่งหมายถึงระดับแม่น้ำ และ Base Level ซึ่งหมายถึงระดับน้ำทะเล ซึ่งสัณฐานธรณีสัณฐานดังกล่าวได้แก่ ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ นอกจากนั้นก็มีความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล และเมื่อพิจารณาโครงสร้างขององค์ประกอบนี้แล้ว น่าจะให้ชื่อว่า "องค์ประกอบเกี่ยวกับความสูงที่ฐานของลานตะพักลำน้ำ"

องค์ประกอบที่สาม เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักตัวประกอบพบว่ามีสียอยู่ระหว่าง 0.0242 ถึง 0.8402 สัณฐานธรณีสัณฐานซึ่งเป็นโครงสร้างที่สำคัญขององค์ประกอบนี้พิจารณาได้จากน้ำหนัก ตัวประกอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีสองลักษณะ คือ

|                      |                  |        |
|----------------------|------------------|--------|
| ขนาดอนุภาคของดินบน   | น้ำหนักตัวประกอบ | 0.8402 |
| ขนาดอนุภาคของดินล่าง | น้ำหนักตัวประกอบ | 0.7673 |

เมื่อพิจารณาสักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญขององค์ประกอบที่สาม จะพบว่า ส่วนใหญ่มีอธิบายถึงขนาดของวัตถุบนลานตะพักลำน้ำ อันเป็นการแสดงถึงวิวัฒนาการของวัตถุในระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะธรณีสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับขนาดของวัตถุดังกล่าวได้แก่ ขนาดอนุภาคของดินบน และขนาดอนุภาคของดินล่าง และเมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างขององค์ประกอบนี้แล้วน่าจะให้ชื่อว่า "องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับขนาดอนุภาคของวัตถุบนลานตะพักลำน้ำ"

จากการจัดกลุ่มลักษณะธรณีสัณฐานทั้งสามองค์ประกอบจะสังเกตได้ว่า รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบต่าง ๆ เป็นไปในรูปการจัดกลุ่มที่มีคุณลักษณะทางธรรมชาติที่คล้ายคลึงกัน หรือพวกเดียวกัน ซึ่งลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำทุกลักษณะ ต่างได้รับเลือกเข้าร่วมกลุ่มตัวแปรดังกล่าว ยกเว้นความหนาขึ้นดินบน ซึ่งเป็นลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะ อาทิ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ได้รับเลือกเป็นโครงสร้างองค์ประกอบถึงสององค์ประกอบ คือ ในองค์ประกอบที่ 1 และองค์ประกอบที่ 2 ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะลักษณะธรณีสัณฐานดังกล่าวมีความสำคัญหรือบทบาทในทั้งสององค์ประกอบจนไม่อาจละเลยองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งได้ แต่จากการพิจารณาน้ำหนักของตัวประกอบแล้วพบว่าลักษณะธรณีสัณฐานนี้ มีน้ำหนักในองค์ประกอบที่ 1 ถึง 0.8626 ส่วนน้ำหนักในองค์ประกอบที่สองมี 0.4441 จากน้ำหนักตัวประกอบดังกล่าวจะอนุมานได้ว่า ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเลน่าจะมีบทบาทในการอธิบายในองค์ประกอบที่หนึ่งมากกว่า

และเมื่อพิจารณาทั้งสามองค์ประกอบจะพบว่า องค์ประกอบเกี่ยวกับรูปร่างและสมบัติด้านวัตถุของลานตะพักลำน้ำ มีความเป็นองค์ประกอบสูงที่สุด ซึ่งหมายความว่า การจัดกลุ่มลักษณะธรณีสัณฐานตามองค์ประกอบนี้ สามารถอธิบายลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำได้มากที่สุด ส่วนองค์ประกอบที่มีค่ารองลงมาคือ องค์ประกอบเกี่ยวกับความสูงที่ฐานของลานตะพักลำน้ำ และองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับขนาดอนุภาคของวัตถุบนลานตะพักลำน้ำตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบทั้งสาม ซึ่งมีค่าความแปรปรวนร้อยละ 45.0 16.9 8.8 ตามลำดับ หมายความว่าองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับรูปร่างและสมบัติด้านวัตถุของลานตะพักลำน้ำ

สามารถอธิบายลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำได้ร้อยละ 45.0 องค์ประกอบเกี่ยวกับความสูงที่ฐานของลานตะพักลำน้ำ และองค์ประกอบเกี่ยวกับขนาดอนุภาคของวัสดุบนลานตะพักลำน้ำ สามารถอธิบายลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำได้ร้อยละ 16.9 และ 8.8 ตามลำดับ

ฉะนั้นผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบดังกล่าว จะมีเหตุผลเพียงพอที่จะยอมรับสมมติฐานในข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ว่า "องค์ประกอบทางธรณีฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ น่าจะมีมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบ"

#### 4 การสร้างสมการพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ

การสร้างสมการพยากรณ์ในครั้งนี้เพื่อต้องการทราบถึงลักษณะธรณีฐานที่ดีในการอธิบายลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ และมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงที่สุด ดังนั้น เพื่อคัดเลือกลักษณะธรณีฐานจำนวนหนึ่งที่สามารถพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงใช้เทคนิคการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis) แบบ Stepwise Multiple Regression เพื่อคัดเลือกลักษณะธรณีฐานที่เป็นตัวพยากรณ์ที่ดีที่สุดว่าจะส่งผลต่อตัวเกณฑ์ได้ดีเพียงไร เพื่อใช้ในการสร้างสมการถดถอยสหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Regression Equation) ในรูปคะแนนดิบ ด้วยการเลือกเอาความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำเป็นเกณฑ์ ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ลักษณะธรณีฐานทุกลักษณะ ได้รับคัดเลือกเข้าสู่สมการถดถอย ตามลำดับก่อนหลังดังนี้ คือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ระยะห่างจากแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ขนาดอนุภาคของดินบน ความหนาแน่นดินบน ความลาดชัน ลีของดิน ขนาดอนุภาคของดินล่าง จุดสีประของดิน

ผลจากการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างลักษณะธรณีฐานทั้ง 11 ลักษณะ ซึ่งเป็นตัวพยากรณ์ กับความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ซึ่งเป็นตัวเกณฑ์ โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงสูง จึงนำค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์มาสร้างเป็นสมการถดถอยพหุคูณในรูปคะแนนดิบได้ดังนี้

$y =$

$$\begin{aligned} \text{ETR} = & 0.7007 \text{ ETS} + 0.0006 \text{ LRT} + 0.3189 \text{ RRT} + 0.7516 \text{ EBR} \\ & + 0.5028 \text{ EBS} + 0.5779 \text{ PTT} - 0.0756 \text{ HST} - 0.0026 \text{ SRT} \\ & - 0.1860 \text{ SCT} - 0.1794 \text{ PTL} + 0.0075 \text{ MST} - 30.3960 \end{aligned}$$

โดยสมการนี้ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของสมการมาตรฐานของการพยากรณ์  $\pm 1.5355$  เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ พหุคูณจะพบว่า การใช้ลักษณะธรณีสัณฐานหลาย ๆ ลักษณะร่วมกันอธิบายลักษณะภูมิประเทศแบบ ลานตะพักส่าน้ำ ซึ่ง ณ ที่นี้ใช้ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำเป็นตัวเกณฑ์จะได้ค่าสหสัมพันธ์สูงกว่า การใช้ลักษณะธรณีสัณฐานใดลักษณะหนึ่งเป็นตัวพยากรณ์เพียงลักษณะเดียว แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ที่เปลี่ยนไป ( $R^2$  Change) จะพบว่าลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะที่ได้รับการคัดเลือกเข้าสู่สมการถดถอยในอันดับหลัง ๆ จะมีผลต่อการพยากรณ์น้อยมาก พิจารณาได้ใน ตาราง 9 พบว่า การใช้ลักษณะธรณีสัณฐานที่มีลักษณะดังกล่าวร่วมในสมการพยากรณ์ชุดนี้ไม่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์แต่อย่างใด ดังนั้นในการสร้างสมการพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำ จึงอาจตัดลักษณะธรณีสัณฐานดังกล่าวออกได้ แต่ทั้งนี้ต้องอยู่ในขอบเขตที่ไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ลดลง

ผลจากการศึกษาสัมประสิทธิ์การพยากรณ์พบว่า เมื่อลดตัวพยากรณ์ จุดสัประของดิน ขนาดอนุภาคของดินล่าง สีของดิน ความลาดชัน ความหนาขึ้นดินบน ขนาดอนุภาคของดินบน ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักส่าน้ำ ระยะห่างจากแม่น้ำ ลงทีละตัวตามลำดับไม่ทำให้สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ลดลงจากเดิม ซึ่งแสดงว่า ลักษณะธรณีสัณฐานเหล่านี้ แม้ว่าจะมีอิทธิพลต่อความสูงตอนบนก็จริง แต่เมื่อนำมาร่วมกันพยากรณ์ ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำของลานตะพักส่าน้ำจะไม่เพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์มากนัก พิจารณาได้จากตาราง 9 ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าลักษณะธรณีสัณฐานที่มีส่วนในการพยากรณ์ ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำของลานตะพักส่าน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพก็คือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ส่วนลักษณะธรณีสัณฐานอื่น จะมีผลต่อการพยากรณ์ได้น้อยมาก ดังนั้นจึงนำค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ และค่าคงที่ของสมการพยากรณ์มาสร้างเป็นสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ ซึ่งจะได้สมการถดถอยพหุคูณดังนี้  $\text{ERT} = 0.9296 \text{ ETS} - 131.4016$

ตาราง 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นตัวพยากรณ์กับความสูงดอนบนจากระดับแม่น้ำ (r) สหสัมพันธ์อันดับ (R) สัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ ( $R^2$ ) สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ที่เปลี่ยนไป ( $R^2$  Change)

| ตัวพยากรณ์ | r      | R     | $R^2$ | $R^2$ Change |
|------------|--------|-------|-------|--------------|
| ETS        | .9899  | .9899 | .9799 | .9979        |
| LRT        | .4859  | .9935 | .9871 | .0072        |
| RRT        | .9582  | .9950 | .9899 | .0029        |
| EBR        | .7091  | .9985 | .9970 | .0071        |
| EBS        | .7330  | .9989 | .9979 | .0009        |
| PTT        | .0466  | .9990 | .9982 | .0002        |
| HST        | -.2356 | .9991 | .9983 | .0001        |
| SRT        | .5356  | .9991 | .9983 | .0000        |
| SCT        | .5866  | .9991 | .9984 | .0000        |
| PTL        | -.0857 | .9992 | .9984 | .0000        |
| MST        | -.4512 | .9992 | .9984 | .0000        |

โดยสมการชุดนี้มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์  $\pm 4.4792$  ซึ่งหมายความว่าถ้าทราบความสูงดอนบนของลานตะพักสื่อน้ำจากระดับน้ำทะเลจะสามารถพยากรณ์ความสูงดอนบนของลานตะพักสื่อน้ำจากระดับแม่น้ำได้ โดยมีความผิดพลาดอยู่ในขอบเขต  $\pm 4.4792$

## 5. การจำแนกลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ

จุดมุ่งหมายของการศึกษาวิชาการด้านต่าง ๆ เหตุผลที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ จะต้องมีความเข้าใจและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ การศึกษาทางด้านภูมิศาสตร์ก็เช่นกัน นักภูมิศาสตร์ควรจะอธิบายลักษณะต่าง ๆ ทางภูมิศาสตร์ อาทิ ลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ พืชพรรณ ฯลฯ อย่างเป็นระบบ วิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจ และอธิบายลักษณะต่าง ๆ ในทางภูมิศาสตร์ได้ดีก็คือ จะต้องสามารถจำแนกลักษณะต่าง ๆ เหล่านั้นได้ ในการศึกษาลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำก็เช่นกัน จะต้องสามารถจำแนกลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำได้ว่า ลานตะพักลำน้ำขั้นต่ำ ลานตะพักลำน้ำขั้นกลาง ลานตะพักลำน้ำขั้นสูง มีลักษณะอย่างไร ดังนั้นผู้ศึกษาจึงค้นหาข้อนี้ที่มีความสัมพันธ์ต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำมา เป็นเกณฑ์ในการจำแนก โดยใช้วิธีการของจอห์นสตัน (Johnston)

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางธรณีสัณฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำชี ในตอนที่สองพบว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำนั้นมีอยู่ด้วยกันสามองค์ประกอบ คือ

1. องค์ประกอบเกี่ยวกับรูปทรงและลุ่มปิตินันต์ของลานตะพักลำน้ำ
2. องค์ประกอบเกี่ยวกับความสูงที่ฐานของลานตะพักลำน้ำ
3. องค์ประกอบเกี่ยวกับขนาดอนุภาคของวัตถุบนลานตะพักลำน้ำ

จากการศึกษาพบว่า ตัวแปรหรือลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นตัวประกอบของทั้ง สามองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำนั้นมีอยู่ด้วยกัน 11 ลักษณะดังต่อไปนี้ คือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ ขนาดอนุภาคของดินบน อนุภาคของน้ำแข็ง หิน จุดสีประของหิน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำลักษณะธรณีสัณฐานเหล่านี้ มาเป็นข้อใช้ในการจำแนกลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำชีต่อไป

จากการนำค่าของตัวแปรต่าง ๆ มาคำนวณตามวิธีการของจอห์นสตัน และนำผลจากการคำนวณไปสร้างตารางเมตริก เพื่อจะนำค่าน้อยที่สุดของตารางเมตริก (ค่าน้อยที่สุดจากตาราง

เมตริก จะเป็นการแสดงถึงความใกล้เคียงกัน หรือเป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด) ไปทำการ Linkage สำหรับจุดกลุ่มต่อไป ซึ่งตาราง เมตริกที่ได้จากการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก (ตาราง 13)

เมื่อทราบผลจากการคำนวณในตาราง 13 แล้ว ผู้ศึกษาได้หาคำน้อยที่สุดจากตาราง เมตริก ของตำแหน่งต่าง ๆ มาทำการ Linkage สำหรับจัดกลุ่มลุ่มกลุ่ม ซึ่งปรากฏผล ดังแผนภูมิแสดงการ Linkage

ผลจากการ Linkage สามารถจำแนกกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้ศึกษา ได้เก็บตัวอย่างจากลานตะพัก ลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำยี่ โดยมิได้คำนึงว่าจุดกลุ่มตัวอย่างนั้นจะเป็นลานตะพักลำน้ำยี่ใด หลังจากการ จำแนกแล้วสรุปผลได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบไปด้วยกลุ่มตัวอย่างในตำแหน่งที่ 1, 13, 14, 17, 25, 26, 29, 30

กลุ่มที่ 2 ประกอบไปด้วยกลุ่มตัวอย่างในตำแหน่งที่ 2, 4, 20, 21, 23, 31

กลุ่มที่ 3 ประกอบไปด้วยกลุ่มตัวอย่างในตำแหน่งที่ 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 18, 19, 22, 24, 27, 28, 32, 33

หลังจากนั้น ผู้ศึกษาได้นำกลุ่มตัวอย่างของตำแหน่งต่าง ๆ ทั้งสามกลุ่มไปพิจารณาจาก ตะกอนดิน ซึ่งจะบอกได้ว่า สัณฐานธรณีสัณฐานต่าง ๆ ที่ใช้เป็นดัชนีในการจำแนกของแต่ละตำแหน่ง มีค่าเท่าใด ผลจากการศึกษาจะพิจารณาได้จาก ตาราง 10

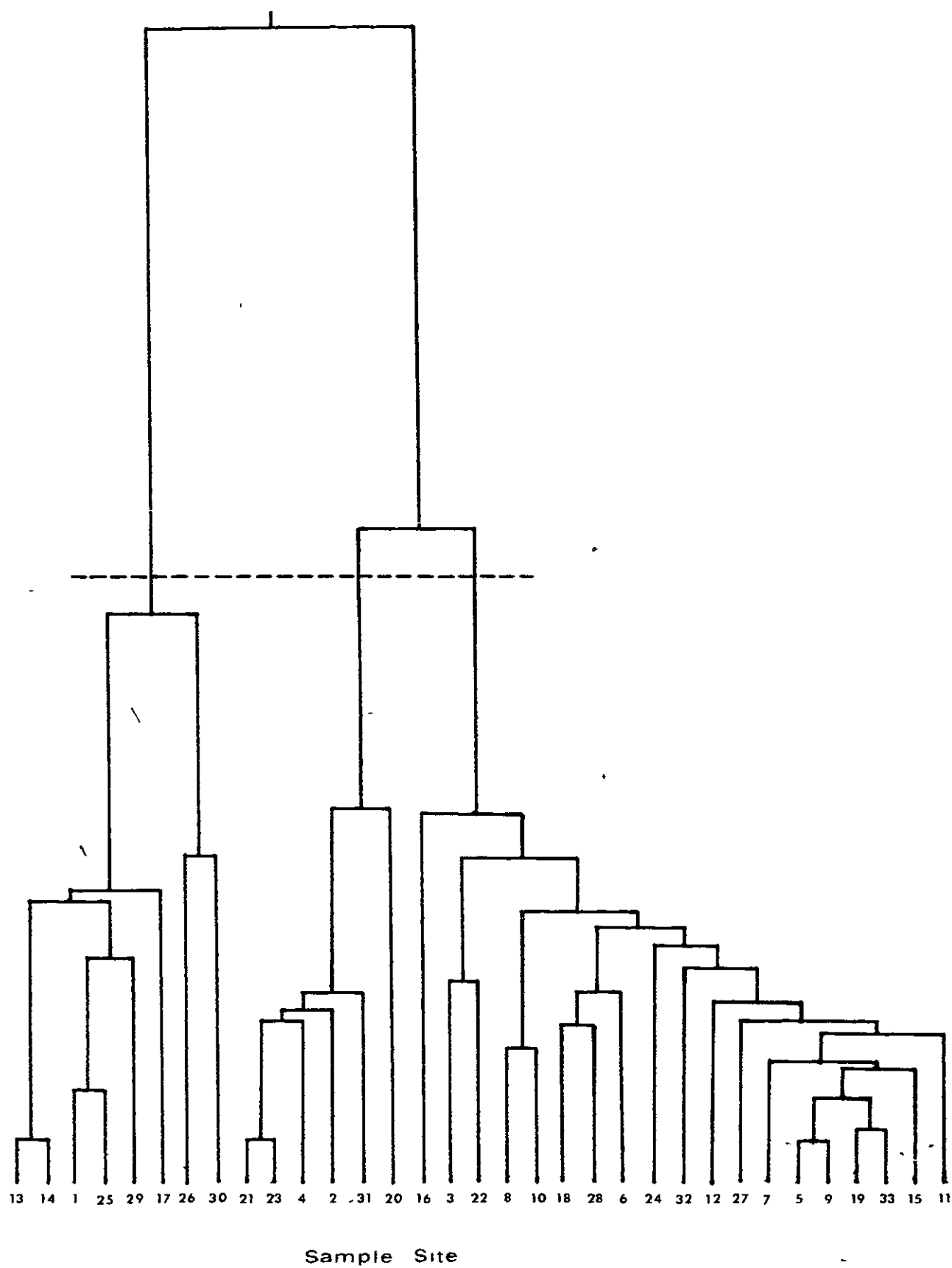
ตาราง 10 แสดง สัณฐานธรณีสัณฐานของลานตะพักลำน้ำในระดับต่าง ๆ

| สัณฐานธรณีสัณฐาน                | I         | II        | III       | หน่วย |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| ความสูงตอนบนจาก<br>ระดับน้ำทะเล | 224 - 269 | 189 - 220 | 150 - 194 | เมตร  |

ตาราง 10 (ต่อ)

| ลักษณะธรณีสัณฐาน                   | I                                            | II                                     | III                                 | หน่วย |
|------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|-------|
| ความสูงที่ฐานจาก<br>ระดับน้ำทะเล   | 160 - 180                                    | 160 - 180                              | 140 - 170                           | เมตร  |
| ความสูงตอนบนจาก<br>ระดับแม่น้ำ     | 80 - 119                                     | 49 - 60                                | 10 - 54                             | เมตร  |
| ความสูงที่ฐานจาก<br>ระดับแม่น้ำ    | 15 - 40                                      | 10 - 30                                | 1 - 30                              | เมตร  |
| ความต่างระดับ<br>ของลานตะพักสัณน้ำ | 48 - 89                                      | 19 - 40                                | 3 - 34                              | เมตร  |
| ความลาดชัน                         | 0.5 - 2.08                                   | 0.17 - 3.27                            | 0.04 - 1.62                         | องศา  |
| ระยะห่างจากแม่น้ำ                  | 1.5 - 27.5                                   | 1.25 - 17.5                            | 1.0 - 15.75                         | ก.ม   |
| ขนาดของอนุภาค<br>ของดินบน          | ดินร่วนเหนียวปนทราย<br>จนถึงดินทราย          | ดินร่วนปนทราย<br>จนถึงดินทราย          | ดินร่วนเหนียวปนทราย<br>จนถึงดินทราย | -     |
| ขนาดอนุภาค<br>ของดินล่าง           | ดินร่วนเหนียวปนทราย<br>จนถึงดินทรายปนดินร่วน | ดินร่วนปนทรายจนถึง<br>ดินทรายปนดินร่วน | ดินร่วนเหนียวปนทราย<br>จนถึงดินทราย | -     |
| สีของดิน<br>(ค่า Hue)              | 7.5YR - 10R                                  | 5YR - 10R                              | 10YR - 5YR                          | -     |
| จุดสีประของดิน                     | 0 - 1                                        | 0 - 1                                  | 0 - 40                              | %     |

ภาพที่ 5 แผนภูมิแสดงการจัดกลุ่มลานตะพักลำน้ำ



เมื่อพิจารณาน้ำหนักคะแนนของ ลักษณะธรณีสัณฐานในทุกลักษณะแล้วจะพบว่า

กลุ่มที่ 1 น้ำ จะเป็นลักษณะของลานตะพักส่าน้ำชั้นสูง

กลุ่มที่ 2 น้ำ จะเป็นลักษณะของลานตะพักส่าน้ำชั้นกลาง

กลุ่มที่ 3 น้ำ จะเป็นลักษณะของลานตะพักส่าน้ำชั้นต่ำ

เมื่อพิจารณาจากผลของการจำแนกในตาราง 10 จะพบว่า การจำแนกลานตะพักส่าน้ำ ในครั้งนี้ให้ผลได้ไม่เต็มที่เท่าที่ควร อาทิ การบอกทิศค่าคะแนนของลักษณะธรณีสัณฐานต่าง ๆ ในแต่ละกลุ่ม บางลักษณะค่าจะไม่ต่อเนื่อง อาทิ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเลมีลักษณะดังนี้

ลานตะพักส่าน้ำชั้นต่ำ มีความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเลประมาณ 150 - 194 เมตร

ลานตะพักส่าน้ำชั้นกลาง มีความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเลประมาณ 189 - 220 เมตร

ลานตะพักส่าน้ำชั้นสูง มีความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเลประมาณ 224 - 269 เมตร

ถ้าพิจารณาดูจะพบว่า ทิศของความเสี่ยงระหว่างลานตะพักส่าน้ำชั้นกลาง และลานตะพักส่าน้ำชั้นสูงขาดการต่อเนื่อง กล่าวคือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเลของลานตะพักส่าน้ำชั้นกลางไปสุดที่ 220 เมตร แต่จุดเริ่มต้นของลานตะพักส่าน้ำชั้นสูง เริ่มที่ระดับ 224 เมตร จากลักษณะดังกล่าวจะก่อให้เกิดปัญหา เมื่อมีผู้นำไปใช้ทำให้ยากแก่การตีความว่าจะเป็ลานตะพักส่าน้ำระดับใด เพราะลักษณะของลานตะพักส่าน้ำบริเวณลุ่มน้ำชี มิได้มีลักษณะเป็นรูปทรงของภูมิประเทศที่สมบูรณ์ แต่สภาพปัจจุบันจะปรากฏเป็นพื้นที่เหลือของลานตะพักส่าน้ำ ซึ่งสภาพปัจจุบันลักษณะของลานตะพักส่าน้ำบริเวณลุ่มน้ำชีมีบางส่วนถูกกักขังการออกไปมากทำให้สภาพพื้นที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด หรือลูกคลื่นลอนชันเสียเป็นส่วนใหญ่ ดังกล่าวแล้วในบทที่ 4 ตอนที่ 1 มาแล้ว

จากลักษณะการขาดการต่อเนื่องดังกล่าว นอกจากความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเลแล้วยังพบในส่วนที่เป็นลักษณะธรณีสัณฐานอื่น ๆ อีก ซึ่งข้อผิดพลาดนี้น่าจะเกิดจากกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ มีขนาดเล็กเกินไป คือมีเพียง 33 ตำแหน่งเท่านั้น และเมื่อจำแนกออกเป็นสามระดับแล้วแต่ละระดับมีตำแหน่งที่เป็นตัวแทนขนาดเล็กเกินไป จึงทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการจำแนกลักษณะของลานตะพักส่าน้ำก็สามารถบอกลักษณะต่าง ๆ ของลานตะพักส่าน้ำแต่ละชั้นได้อย่างมีกฎเกณฑ์พอสมควร

บทย่อ สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

บทย่อ

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐานของบรีเวลดุ่มน้ำชี โดยอาศัยแผนที่ธรณีสัณฐานวิทยา ซึ่งสร้างจากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ ประกอบกับการศึกษาจากภาคสนาม พบว่าลักษณะทางธรณีสัณฐานของบรีเวลดุ่มน้ำชีส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นลานตะพักลำน้ำซึ่งทำการค้นหาลักษณะธรณีสัณฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำโดยการวัดลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะจากแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีสัณฐาน และลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะจากการเก็บตัวอย่างในภาคสนามมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ และการวิเคราะห์ถดถอย เพื่อหาลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นองค์ประกอบร่วมที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ แล้วจึงทำการจำแนกลานตะพักลำน้ำบรีเวลดุ่มน้ำชีต่อไป นอกจากนั้นยังหาลักษณะธรณีสัณฐานที่สามารถพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศ แบบลานตะพักลำน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการศึกษาพบว่า

1. การศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐานของบรีเวลดุ่มน้ำชี ซึ่งศึกษาจากแผนที่ธรณีสัณฐานที่สร้างจากภาพถ่ายจากดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ และการศึกษาจากภาคสนาม จำแนกได้ดังนี้

1.1 สภาพที่เป็นภูเขา ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือจากถูกกระบวนการต่าง ๆ ทำลาย ซึ่งสามารถแบ่งตามสภาพของพื้นที่ได้ดังนี้

1 1.1 พื้นที่ส่วนที่เหลือจากการถูกทำลาย (Fragments of Surface Destruction-Intact)

1.1.2 ส่วนที่เหลือมีโครงสร้างเป็นคันลาดเท (Fragments of Structural Surface Dip Slope)

### 1.1.3 ส่วนที่เหลือเป็นชันผาชัน (Escarpment)

### 1.2 บริเวณที่เหลือเป็นเนินเขา (Hard Rock Residual Hill)

### 1.3 ส่วนที่เหลือเป็นที่ลาดเชิงเขา (Fragments of Pediment Fashioned by Erosion and Denudation-Active)

### 1.4 บริเวณที่เป็นลานตะพักลำน้ำ (River Terrace) ซึ่งมีสามระดับ คือ

#### 1.4.1 ลานตะพักลำน้ำขั้นต่ำ

#### 1.4.2 ลานตะพักลำน้ำขั้นกลาง

#### 1.4.3 ลานตะพักลำน้ำขั้นสูง

### 1.5 ที่ราบซึ่งเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนใหม่ (Plain Formed by Proluvial Accumulation)

### 1.6 ที่ราบซึ่งเกิดจากอิทธิพลของแม่น้ำ (River-Built Plain)

### 1.7 แหล่งน้ำ (Water)

การศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำดังกล่าว ได้อภิปรายผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

2. ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำมีความสัมพันธ์กับลักษณะธรณีสัณฐานดังต่อไปนี้ ในทางบวก คือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ ขนาดอนุภาคของดินบน ขนาดอนุภาคของดินล่าง สีของดิน และมีความสัมพันธ์ในทางลบกับจุดสีประของดิน

### 3. องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ ได้แก่

3.1 องค์ประกอบเกี่ยวกับรูปทรง และสมบัติด้านวัตถุของลานตะพักลำน้ำ ลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญคือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ สีของดิน จุดสีประของดิน

3.2 องค์ประกอบเกี่ยวกับความสูงที่ฐานของลานตะพักลำน้ำ ลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็น

โครงสร้างที่สำคัญ คือ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล

3 องค์ประกอบเกี่ยวกับขนาดอนุภาคของ วัสดุบนลานตะพักลำน้ำลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญคือ ขนาดอนุภาคของดินบน และขนาดอนุภาคของดินล่าง

#### 4 การพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ

ลักษณะธรณีสัณฐานที่สามารถพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพได้แก่ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล (ETS) โดยมีความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ (ETR) เป็นตัวเกณฑ์ซึ่งสามารถสร้างเป็นสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$ETR = 0.9296 ETS - 131.4016$$

5 ลักษณะธรณีสัณฐานที่นำมา เป็นดัชนีในการจำแนกลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ ประกอบด้วย ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ ขนาดอนุภาคของดินบน ขนาดอนุภาคของดินล่าง สีของดิน จุดลี้ประของดิน

#### อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำยี่ปรางกว่า ผลจากการศึกษาตัวแปรด้านธรณีสัณฐานต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ พบว่าลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะมีความสัมพันธ์ภายในระหว่างกันค่อนข้างสูง โดยเฉพาะลักษณะธรณีสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับความสูงในรูปแบบต่าง ๆ อันได้แก่ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ และความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ซึ่งแสดงถึงความหนาของลานตะพักลำน้ำ ลักษณะธรณีสัณฐานต่าง ๆ เหล่านี้มีความเป็นอิสระต่อกันอย่างไม่มีแท้จริงระหว่างตัวแปร ทั้งนี้เพราะลักษณะธรณีสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับความสูงดังกล่าว เป็นการ วัดจากจุดกำเนิดเดียวกัน หรือจุดอ้างอิงที่มีลักษณะเกี่ยวข้องกัน นั่นคือ ระดับน้ำทะเล ทำให้ตัวแปรดังกล่าวขาดความเป็นอิสระต่อกัน อาทิ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล

น้ำทะเล จะเป็นความสูงที่วัดจากระดับน้ำทะเลถึงพื้นผิวส่วนบนของลานตะพักสำน้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ก็เป็นความสูงที่วัดจากระดับน้ำทะเลถึงฐานของลานตะพักสำน้ำ รวมทั้งความต่างระดับของลานตะพักสำน้ำ ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงถึงความหนาของลานตะพักสำน้ำก็วัดจากฐานถึงพื้นผิวส่วนบนของลานตะพักสำน้ำ จากลักษณะดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ตัวแปรทั้งสามมีความเกี่ยวข้องกันอย่างมาก ทั้งนี้เพราะค่าความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล และความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล เป็นค่าความสูงที่วัดจากระดับน้ำทะเล ถึงพื้นผิวตอนบน และฐานของลานตะพักสำน้ำตามลำดับ และจะเกี่ยวข้องกับค่าของความต่างระดับของลานตะพักสำน้ำ เพราะเป็นค่าที่วัดจากฐานถึงพื้นผิวตอนบนของลานตะพักสำน้ำ นอกจากนั้นค่าความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ และค่าของความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ก็มีลักษณะอย่างเดียวกัน กล่าวคือ เป็นค่าที่วัดจากระดับแม่น้ำ ถึงพื้นผิวตอนบน และฐานของลานตะพักสำน้ำ และที่สำคัญคือ ความสูงของระดับแม่น้ำก็วัด หรืออ้างอิงจากระดับน้ำทะเลเช่นกัน

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ลักษณะความสัมพันธ์ฐานทั้งห้าลักษณะ มีความเกี่ยวข้องกันเป็นอย่างมาก จากการพิจารณาค่าความสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรดังกล่าว (จากตาราง 5) พบว่ามีความสัมพันธ์กันสูง ทั้งนี้เพราะตัวแปรดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกัน ทำให้ขาดความเป็นอิสระต่อกันระหว่างตัวแปรที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่าตัวแปรด้านความสัมพันธ์ฐานทั้งห้าลักษณะดังกล่าว เป็นตัวแปรที่เกือบจะเป็นชนิดเดียวกัน คือเป็นตัวแปรที่เกี่ยวกับการกำหนดความสูง ซึ่งเป็นการวัดในทางตั้งทั้งสิ้น ผิดกันแต่ว่าจะวัดในลักษณะใดเท่านั้น และที่สำคัญ คือ การวัดตัวแปรที่เกี่ยวกับความสูงทั้งห้าลักษณะดังกล่าว จะมีความเกี่ยวข้องกับจุดกำเนิดเดียวกัน นั่นคือ ระดับน้ำทะเลทั้งสิ้น จากมูลเหตุดังกล่าวจึงทำให้เกิดความสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรดังกล่าวสูงกว่าตัวแปรในลักษณะอื่น ๆ ดังนั้นในการศึกษาตัวแปรทางด้านความสัมพันธ์ฐานของลานตะพักสำน้ำ จึงสามารถเลือกใช้ตัวแปรเกี่ยวกับความสูงเพียงลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ก็น่าจะเป็นการเพียงพอ เพราะการใช้ตัวแปรในหลาย ๆ ลักษณะดังกล่าว ผลที่ได้จะทำให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

สาเหตุที่ใช้ตัวแปรเกี่ยวกับความสูงในหลาย ๆ ลักษณะมาศึกษาในครั้งนี้เป็นเพราะว่า ผู้ศึกษาได้มองตัวแปรต่าง ๆ ที่จะเป็นตัวชี้สำหรับการจำแนกลานตะพักสำน้ำมากเกินไป โดยขาดการพิจารณาตัวแปรทางด้านความสัมพันธ์ฐานที่แท้จริงของ ลานตะพักสำน้ำ จึงเป็นมูลเหตุทำให้ลักษณะ

ธรณีสัณฐานบางลักษณะ เกิดการซ้ำซ้อนกัน จากกรณีดังกล่าวทำให้การกำหนดความสูงของลานตะพัก  
สำน้ำ สามารถใช้ลักษณะใดลักษณะหนึ่งเป็นตัวกำหนดก็ได้ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้ว ค่าความสูงตอนบน  
จากระดับน้ำทะเล จะเป็นค่าที่มีความสะดวกในการปฏิบัติมากที่สุด เพราะสามารถอ่านค่าจาก  
แผนที่ภูมิประเทศได้ทันที และจากการที่ตัวแปรทางธรณีสัณฐานที่นำมาวิเคราะห์บางตัวแปร โดยเฉพาะ  
ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความสูงทั้งห้าลักษณะดังกล่าว มีความเกี่ยวพันกัน ทำให้ตัวแปรดังกล่าวขาดความเป็น  
อิสระต่อกัน โดยสมมติทำให้เกิดความสัมพันธ์ภายในระหว่างกันสูงจากลักษณะดังกล่าวทำให้ผลการ  
วิเคราะห์องค์ประกอบและการวิเคราะห์ถดถอยไม่ชัดเจนเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์  
ถดถอยพหุคูณนั้น ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์ภายในระหว่างกันสูง บางครั้งอาจให้ผลที่ไม่น่าเชื่อถือ เพราะ  
กลุ่มตัวแปรที่ได้รับคัดเลือกนั้นอาจไม่ใช่กลุ่มที่ดีที่ลดตามหลัก และเหตุผลที่ควรจะเป็น อันอาจทำให้  
การศึกษาครั้งนี้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้

แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะ  
ภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ เพื่อจำแนกลานตะพักสำน้ำบริเวณลุ่มน้ำชีพอจะนำมาอภิปรายได้  
ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ
2. การศึกษาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ
3. การพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ
4. การจำแนกลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ

## 1 การศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ

ผลการศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ  
พบว่า ลักษณะธรณีสัณฐาน 12 ลักษณะที่นำมาใช้เป็นตัวแปรในการศึกษานั้นมีเพียง 11 ลักษณะที่มี  
ความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักสำน้ำ คือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล  
ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ  
ความต่างระดับของลานตะพักสำน้ำ ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ ขนาดอนุภาคของดินบน

ขนาดอนุภาคของดินล่าง สีของดิน จุดลึบประของดิน และเมื่อพิจารณาค่า Commuallity หรือค่าความร่วมกันของตัวแปรก็พบว่า ลักษณะธรณีสัณฐานทั้ง 11 ลักษณะมีส่วนร่วมในการอธิบายลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำค่อนข้างสูง สำหรับลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติได้แก่ ความหนาชั้นดินบน ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า Commuallity หรือค่าความร่วมกันของ ลักษณะธรณีสัณฐานดังกล่าว ก็พบว่ามีค่าเพียง 0.3359 แสดงว่าความหนาชั้นดินบนมีส่วนร่วมกับลักษณะธรณีสัณฐานอื่น ๆ ในการอธิบายลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำได้น้อยมาก

ส่วน เหตุที่ความหนาชั้นดินบนมีส่วนร่วมกับลักษณะธรณีสัณฐานอื่น ๆ น้อยมาก ในการอธิบายลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำ อาจ เป็นเพราะว่าลักษณะของ ลานตะพักส่าน้ำที่ปรากฏบริเวณลุ่มน้ำชีในปัจจุบัน ซึ่งปรากฏอยู่ในลักษณะของส่วนที่เหลือของลานตะพักส่าน้ำ (Terrace Remuant) กล่าวคือสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็น ลูกคลื่นลอนลาด และลูกคลื่นลอนชัน โดยตามปกติแล้วสภาพพื้นที่ซึ่งมีความลาดชันจะมีการชะล้าง และการเข้าปะทะทะลายของดินรุนแรงทำให้ดินมีวิวัฒนาการด้านข้างน้อย อันมีผลทำให้บริเวณที่มีความลาดชันสูงมีความหนาของชั้นดินบนบางกว่าบริเวณที่มีความลาดชันต่ำ แต่เนื่องจากสภาพพื้นที่ของลานตะพักส่าน้ำบริเวณลุ่มน้ำชี โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นลานตะพักส่าน้ำชั้นสูง ส่วนใหญ่ยังปกคลุมไปด้วยป่าไม้เป็นส่วนมาก ทั้งที่มีความลาดชันสูง จึงเป็นผลเหตุทำให้อัตราการพังทะลายของดินน้อยลง ทำให้ดินมีวิวัฒนาการด้านข้างได้มากขึ้น ซึ่งจากการพิจารณาค่าความหนาชั้นดินบนในบริเวณที่มีความลาดเทสูง แต่มีป่าไม้ปกคลุมบางครั้งจะมีความหนาของชั้นดินบนมากกว่าบริเวณที่มีความลาดชันต่ำเสียอีก จากมูลเหตุอันนี้ทำให้ความหนาชั้นดินบน ซึ่งเป็นลักษณะธรณีสัณฐานหนึ่งที่น่าสนใจ เป็นตัวแปรในการศึกษาครั้งนี้มีส่วนร่วมกับลักษณะธรณีสัณฐานอื่นในการอธิบายลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำได้น้อยมาก

สำหรับรูปแบบความสัมพันธ์ และบทบาทของลักษณะธรณีสัณฐานแต่ละลักษณะที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำนั้น จะได้พิจารณารายละเอียดในตอนต่อไป

## 2. การศึกษาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำทำให้ทราบว่า ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำชีได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบทางธรณีสัณฐานอย่างน้อยที่สุดสามองค์ประกอบด้วยกัน คือ

2.1 องค์ประกอบเกี่ยวกับรูปทรงและสัมพัติด้านวัตถุของลานตะพักลำน้ำ

2.2 องค์ประกอบเกี่ยวกับความสูงที่ฐานของลานตะพักลำน้ำ

2.3 องค์ประกอบเกี่ยวกับขนาดอนุภาคของวัตถุบนลานตะพักลำน้ำ

องค์ประกอบทั้งสามที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งนี้ มีระดับความสำคัญต่างกัน และมีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำต่างกัน ดังจะได้พิจารณาในแต่ละองค์ประกอบตามลำดับดังนี้

### 2.1 องค์ประกอบเกี่ยวกับรูปทรง และสัมพัติด้านวัตถุของลานตะพักลำน้ำ

ลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญขององค์ประกอบนี้ได้แก่ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล สียงัดดิน ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ จุดสัประของดินโดยมีน้ำหนักตัวประกอบ 0.9848, 0.9089, 0.8626, 0.5909, 0.4878, 0.4480, -0.4436 ตามลำดับ โดยเฉพาะลักษณะธรณีสัณฐานเกี่ยวกับความสูงในรูปแบบต่าง ๆ อันได้แก่ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล จะเป็นตัวประกอบที่มีน้ำหนักสูงกว่าตัวประกอบอื่น ๆ อย่างเด่นชัด ทั้งนี้เพราะลักษณะธรณีสัณฐานดังกล่าว มีความเกี่ยวพันกัน ทำให้ขาดความเป็นอิสระระหว่างตัวแปร หรืออาจเกิดจากความซ้ำซ้อนกันของลักษณะธรณีสัณฐานดังกล่าวดังได้อภิปรายไว้ในตอนต้น แต่เมื่อพิจารณาบทบาทของลักษณะธรณีสัณฐานดังกล่าว จะเห็นได้ว่า ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ซึ่งถือเป็นความหนาของลานตะพักลำน้ำ ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ซึ่งแสดงถึงความสูงของพื้นผิวดั้งเดิม หรือที่ราบน้ำท่วมถึงเดิม กับระดับฐานท้องถื่น และระดับฐาน ตามลำดับ ความลาดชัน ซึ่งแสดงถึงส่วนที่เป็น Scarp ของลานตะพักลำน้ำ อันเป็น

ส่วนที่เหลือจากการกัดเซาะโดยการเหวี่ยงตัวของแม่น้ำ ลักษณะธรณีสัณฐานเหล่านี้ส่วนใหญ่มุ่งอธิบายถึงรูปทรง หรือสัณฐานของลานตะพักลำน้ำซึ่งเกิดจากการกัดเซาะของแม่น้ำ อันมีมูลเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับฐานของการพังทลาย

สาเหตุของการเกิดลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำในบริเวณลุ่มน้ำชี ก็เนื่องมาจากพื้นที่บริเวณดังกล่าว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของที่ราบลุ่มโคราช บริเวณดังกล่าวขณะมีการยกตัว จะมีความลาดเทเล็กน้อยจากทิศตะวันตกสู่ทิศตะวันออก สภาพพื้นที่ดังกล่าวจึงเกิดกระบวนการปรับระดับพื้นผิวขึ้น โดยเกิดกักขังการทางด้านตะวันตกและเกิดการทับถมทางด้านตะวันออก จากการเสริมสร้างโดยการทับถมของตะกอนนี้เองมีผลทำให้สภาพพื้นที่ทางด้านตะวันออกราบเรียบและมีความลาดเทน้อยลง ประกอบกับระดับฐานท้องถื่นซึ่งหมายถึงระดับของแม่น้ำโขง อยู่ใกล้กับระดับพื้นแผ่นดิน จึงทำให้การกัดเซาะทางด้านลึกของลำน้ำลดลง เปลี่ยนเป็นความโค้งโดยการเหวี่ยงตัวเพื่อปรับระดับสมดุลของการระบายน้ำ เป็นผลให้การกัดเซาะพังทลายด้านข้างมีมากขึ้น ทำให้พื้นที่ซึ่งเหลือจากการถูกอิทธิพลของการกัดเซาะโดยการเหวี่ยงตัวของแม่น้ำมีระดับแตกต่างจากพื้นที่ซึ่งถูกกัดเซาะภายในขอบเขตของทางน้ำโค้งวัดทำให้เกิดรูปทรงของพื้นที่แบบลานตะพักลำน้ำ ประกอบกับระดับฐานท้องถื่นคือ ระดับของแม่น้ำโขงเป็นระดับฐานชั่วคราว มีการเปลี่ยนแปลงระดับอยู่ตลอดเวลา เพื่อลดระดับลงสู่ระดับฐานที่แท้จริง จึงส่งผลให้การกัดเซาะภายในลุ่มน้ำชีมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

จากลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ ลองเวลล์ (Longwell) ซึ่งได้กล่าวเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลำน้ำว่า ลำน้ำจะปรับร่องน้ำจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง หรือจากสภาพหนึ่งไปเป็นอีกสภาพหนึ่งตามกาลเวลา นั่นคือ ความลาดชันท้องน้ำ (Gradient) ขนาดและรูปร่างร่องน้ำ (Dimension) จะปรับตัวต่อเนื่องตามการผันแปรของปริมาณน้ำไหลออก การเพิ่มความเร็ว และปริมาณน้ำ จะเพิ่มตะกอนขนย้ายขัดข่วน ครูดท้องน้ำ ทั้งกระบวนการพังทลายและการทับถม ทำให้ลำน้ำปรับระดับอยู่ตลอดเวลา และยังปรับการขนย้ายพัดพาตะกอน จนกระทั่งร่องน้ำถึงระดับฐานของการพังทลาย ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิประเทศโดยตรง (Longwell. 1956 : 72 - 77)

จากการพิจารณาเกี่ยวกับความสูงตลอมบนของลานตะพักส่าน้ำในชั้นสับที่สูงสุดมีความสูงประมาณ 250 เมตร จากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานประมาณ 170 เมตร จากระดับน้ำทะเล ความสูงตลอมบนของลานตะพักส่าน้ำในชั้นสับต่ำสุด มีความสูงประมาณ 160 เมตร จากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานประมาณ 150 เมตร จากระดับน้ำทะเล จากลักษณะดังกล่าวจะเห็นได้ว่าความสูงที่ฐานของลานตะพักส่าน้ำแต่ละระดับจะอยู่ห่างจากระดับฐานท้องถิ่นต่างกัน โดยระดับฐานท้องถิ่นซึ่งหมายถึงระดับของแม่น้ำโขง บริเวณอำเภอโขงเจียม จ.อุบลราชธานี จะอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 100 เมตร จากลักษณะดังกล่าวจะเห็นว่าจะเป็นเครื่องยืนยันได้ว่าระดับฐานท้องถิ่นมีการเปลี่ยนแปลงเป็นช่วง ๆ

การพัฒนาของพื้นที่โดยมีส่าน้ำเป็นตัวการที่ทำให้เกิดรูปทรงของภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำ แต่จะมีความหนาหรือความต่างระดับมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับระยะห่างจากระดับฐานของการพังทลาย ถ้าพื้นที่นั้นอยู่สูงจากระดับฐานของการพังทลายมาก ลานตะพักส่าน้ำที่เกิดขึ้นก็จะมี ความหนามาก หรือมีความต่างระดับมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากปัจจัยดังกล่าวแล้ว เวลาก็เป็น อีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาลานตะพักส่าน้ำ กรณีที่ช่วงเวลานั้นมีระยะยาวพอก็จะทำให้เกิดการกัดเซาะกระทำไปจนกระทั่งเข้าไปใกล้ระดับฐานมากที่สุด เวลา นอกจากจะมีผลต่อความหนาของ ลานตะพักส่าน้ำแล้ว ถ้าช่วงเวลามีระยะนานพอ เมื่อเข้าไปใกล้ระดับฐานส่าน้ำจะปรับระดับสมดุลย์ ของการระบายน้ำ มีการเพิ่มความคดโค้งโดยการเหวี่ยงตัวและมีการกัดเซาะทางด้านข้างมากขึ้น อันจะทำให้ขอบเขตทางน้ำโค้งตวัดกว้างมากขึ้น มีผลทำให้ระยะห่างระหว่างส่าน้ำกับลานตะพักส่าน้ำ ในปัจจุบันมีมากขึ้นตามไปด้วย เกี่ยวกับการพัฒนาความกว้างของขอบเขตทางน้ำโค้งตวัด หรือ ระยะห่างของลานตะพักส่าน้ำกับตัวส่าน้ำดังกล่าว จะสอดคล้องกับแนวคิดของคูแวน ซึ่งได้กล่าวถึง การกัดเซาะพังทลายด้านข้างของหุบเขาว่า เนื่องจากการขยับตัวของลุ่มน้ำโดยมีน้ำเป็นตัวการ กัดเซาะพังทลายทำให้พื้นที่ด้านข้างหุบเขาถูกทำลายถอยร่นไปเรื่อย ๆ บางแห่งส่าน้ำเริ่มกัดเซาะ พื้นที่ลาดเอียง และมีการกัดเซาะที่ต้นน้ำทำให้บริเวณด้านข้างของหุบเขาถูกทำลายลึกเข้าไปทุกขณะ โดยปกติแล้วการกระทำของส่าน้ำจะทำให้ฝั่งด้านข้างของหุบเขาพังทลายถอยร่นโดยรอบ ลุ่มน้ำ ทุกแห่งต่างมีโอกาสดันยอยขอบเขตออกไป แต่ในขณะเดียวกัน ส่าน้ำอาจดันขึ้น และล้นที่เป็นเนินเขา

และภูเขาอาจถูกทำลายต่ำลง (Kuenen. 1955 : 288 - 289) ซึ่งแนวคิดดังกล่าวมีลักษณะใกล้เคียงกับการกระทำของส่าน้ำที่ทำให้เกิดลานตะพักส่าน้ำ

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ลักษณะธรณีสัณฐานที่แสดงถึงรูปทรงของลานตะพักส่าน้ำมีผลมาจากการกระทำของกระบวนการต่าง ๆ ดังที่ ลิทซ์ ลูทริพพ์ ได้กล่าวว่า การที่ธารน้ำมีการปราบพื้นที่ให้ต่ำลงซ้ำแล้วซ้ำอีก เนื่องจากระดับฐานมีการต่ำลง หรือบริเวณที่ธารน้ำไหลผ่านนั้นถูกยกตัวให้สูงขึ้นจากเดิมบ่อยครั้ง เมื่อเกิดการสะสมตัวของตะกอนแต่ละครั้ง และมีการเริ่มใหม่ตามมา จะทำให้เกิดลานตะพักส่าน้ำขึ้นเสมอ ลานตะพักส่าน้ำแต่ละระดับนี้จะแสดงถึงระดับฐานใหม่ ในขณะที่ ลานตะพักส่าน้ำเก่าที่สุดเป็นอันที่ เกิดครั้งแรกจะมีระดับสูงที่สุด (ลิทซ์ ลูทริพพ์ 2509 : 116 - 117)

ลักษณะธรณีสัณฐานในองค์ประกอบนี้ นอกจากมุ่งอธิบายในด้านรูปทรงแล้ว ยังมีลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะอธิบายถึงคุณสมบัติของ วัตถุบนลานตะพักส่าน้ำอีกด้วย ลักษณะธรณีสัณฐานดังกล่าว ได้แก่ จุดสีประของดิน และสีของดิน โดยจุดสีประของดินนั้นมุ่งอธิบายในด้านสภาพการระบายน้ำของดินบนลานตะพักส่าน้ำนั้น กล่าวคือ ดินบนลานตะพักส่าน้ำซึ่งเกิดในระยะแรก ๆ จะมีระดับสูง ทำให้สภาพการระบายน้ำดี จุดสีประของดินจะน้อย ส่วนดินบนลานตะพักส่าน้ำซึ่งเกิดในระยะหลัง ๆ ซึ่งใหม่กว่า และมีระดับต่ำกว่า และอยู่ใกล้กับระดับฐานมากกว่า ทำให้การระบายน้ำของดินไม่ดี จึงพบจุดสีประของดินมากกว่าลานตะพักส่าน้ำที่เกิดในระยะแรก ๆ

การอธิบายสภาพพื้นที่ของลานตะพักส่าน้ำ นอกจากจะพิจารณาสภาพการระบายน้ำของดินแล้ว สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การพิจารณาสีของดินปกติแล้วสิ่งที่มีผลกระทบต่อสีของดินที่สำคัญก็คือ ธาตุเหล็กที่มีอยู่ในดิน ซึ่งจะทำให้ดินเปลี่ยนสีไปเมื่อความชื้นและการถ่ายเทอากาศในดินแตกต่างกัน ถ้าดินมีความชื้นค่อนข้างต่ำ และมีการถ่ายเทอากาศดี ธาตุเหล็กที่มีอยู่ในดินจะอยู่ในรูปของ Ferric Oxide จะให้ดินสีแดง แต่ในบริเวณที่ดินมีความชื้นค่อนข้างสูง และมีการถ่ายเทอากาศในดินไม่ดี จะทำให้ดินขาดออกซิเจนที่จะทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็ก อันจะมีผลให้ดินมีสีเทา เป็นต้น ประกอบกับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำมีระดับ หรือความสูงต่ำของพื้นที่แตกต่างกันแล้วแต่ระยะเวลาของการเกิด โดยลานตะพักส่าน้ำที่เกิดในระยะแรกจะมีความสูงกว่าลานตะพักส่าน้ำที่เกิดในระยะหลัง ๆ

จากความสูงต่ำของพื้นที่ซึ่งแตกต่างกันนี้ จะทำให้ความชื้นและการถ่ายเทอากาศในดินแตกต่างกัน จากลักษณะดังกล่าวจะมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงของสัณฐานดินตะกอนน้ำเป็นอย่างมาก โดยส่วนที่เป็นดินตะกอนน้ำชั้นสูง ซึ่งมีความชื้นต่ำ และมีการถ่ายเทอากาศของดินดี จะให้ดินมีสีค่อนข้างแดง ส่วนบริเวณที่เป็นดินตะกอนน้ำชั้นต่ำซึ่งมีความชื้นในดินสูงกว่า และการถ่ายเทอากาศไม่ดี ทำให้ขาดออกซิเจนที่จะทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็ก ดินที่ได้จึงมีสีคล้ำเป็นต้น จากลักษณะดังกล่าวจะสอดคล้องกับสีกล่าวของ อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ ที่ว่า ในบริเวณที่มีการถ่ายเทอากาศดี กระบวนการออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งจะเกิดขึ้นทั้งใน หิน แร่ และดิน โดยมีออกซิเจนเป็นตัวการสำคัญ ส่วนบริเวณที่อิ่มตัวด้วยน้ำกระบวนการรีดักชัน (Reduction) จะเกิดขึ้น เพราะออกซิเจนมีน้อยสำหรับธาตุสิ่งสิ่งเสียอิเล็กตรอนไปจากตัวของมัน เช่น เหล็กแปรสภาพไปเป็น เฟอรัส ซึ่งจะถูกโยกย้ายไปจากแหล่งที่มีการรูดังอยู่กับที่ไ้ ในกรณีที่ไม่ถูกเคลื่อนย้ายออกไปจากหน้าตัดดิน เหล็กในรูปเฟอรัส จะเปลี่ยนไปเป็นซิลิเกต หรือสารประกอบอื่น ลักษณะเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อสีของดิน (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ 2522 : 75 - 76) จากกระบวนการดังกล่าวจะมีผลต่อสีของดินบนดินตะกอนน้ำเป็นอย่างมาก กล่าวคือ บริเวณที่เป็นดินตะกอนน้ำชั้นสูง ซึ่งมีการถ่ายเทอากาศดี น้ำไม่แอ้งขัง กระบวนการออกซิเดชันจะเป็นกระบวนการที่สำคัญที่จะกระทำต่อสภาพพื้นที่นี้ กล่าวคือ ออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็ก ซึ่งมีอยู่ในดินทำให้ดินบนดินตะกอนน้ำชั้นสูงมีสีค่อนข้างแดงหรือแดง ส่วนบริเวณที่เป็นดินตะกอนน้ำชั้นต่ำ ซึ่งน้ำมีอิทธิพลถึงทำให้กระบวนการรีดักชันกระทำต่อพื้นที่นี้ ดังนั้นสภาพพื้นที่ของดินตะกอนน้ำชั้นต่ำ ดินจะมีสีคล้ำเป็นต้น

## 2.2 องค์ประกอบเกี่ยวกับความสูงที่ฐานของดินตะกอนน้ำ

ลักษณะธรณีสัณฐานซึ่งเป็นโครงสร้างที่สำคัญขององค์ประกอบนี้ได้แก่ ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ โดยมีหน้าหนักตัวประกอบ 0.8769 และ 0.8569 ตามลำดับ ลักษณะธรณีสัณฐานทั้งสองดังกล่าวเป็นลักษณะที่แสดงถึงการกำหนดความสูงที่ฐานของดินตะกอนน้ำ ซึ่งเป็นการวัดจากระดับน้ำทะเล และระดับแม่น้ำ แต่เนื่องจากการกำหนดความสูงดังกล่าวมีลักษณะซ้ำซ้อนกัน กล่าวคือ การวัดความสูงที่ฐานของดินตะกอนน้ำไม่ว่าจะวัดจากระดับน้ำทะเล หรือ

วัดจากระดับแม่น้ำ ก็มีลักษณะอย่างเดียวกัน เพราะความสูงของระดับแม่น้ำ ก็วัดระดับน้ำทะเลเป็นจุดกำเนิดเช่นกัน ดังนั้น ลักษณะธรณีสัณฐานทั้งสองจึงอาจใช้ลักษณะใดลักษณะหนึ่งเป็นเกณฑ์ได้ ส่วนลักษณะธรณีสัณฐานซึ่งเป็นโครงสร้างในองค์ประกอบนี้ที่มีความสำคัญรองลงมาได้แก่ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ซึ่งมีน้ำหนักรวมประกอบ 0 4441 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญในองค์ประกอบนี้แล้วพบว่า ลักษณะธรณีสัณฐานดังกล่าวจะอธิบายถึงความสูงที่ฐานของลานตะพักส่าน้ำ ซึ่งเป็นระดับของที่ราบน้ำท่วมถึงเดิมของแต่ละระดับ ความสูงที่ฐานของลานตะพักส่าน้ำจะเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงการเข้าใกล้ระดับฐานของการพังทลายในช่วงนั้น ๆ ซึ่งการกระทำของส่าน้ำในอดีตได้เกิดเข้าโดยการเหวี่ยงตัว จนเข้าใกล้ระดับฐานดังกล่าวเป็นช่วง ๆ ทั้งนี้แล้วแต่การเปลี่ยนแปลงระดับฐาน โดยละลุ่มน้ำฮิมมีระดับฐานท้องถิ่นควบคุมอยู่ ซึ่งระดับฐานดังกล่าวเป็นระดับฐานชั่วคราว ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงระดับอยู่ตลอดเวลาจนกระทั่งเข้าใกล้ระดับฐานที่แท้จริงมากที่สุด จากลักษณะดังกล่าวทำให้ความสูงที่ฐานของลานตะพักส่าน้ำเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย กล่าวคือ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับฐานของการพังทลายก็จะทำให้เกิดการสร้างลานตะพักส่าน้ำลดลงมาเป็นชั้น ๆ ตามลำดับ แล้วแต่การเปลี่ยนแปลงระดับฐานจากเหตุผลดังกล่าวสอดคล้องกับคำกล่าวของ กิลลูลี (Guilluly) ซึ่งเสนอไว้ว่า การกัดเซาะพื้นที่ทำให้เกิดลานตะพักส่าน้ำนั้น แม่น้ำจะกัดเซาะที่ราบน้ำท่วมถึงเดิมลงไปหลายครั้ง สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะ การยกตัวโดยการไหวตัวของเปลือกโลก การลดลงของระดับน้ำทะเล และการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ซึ่งเป็นมูลเหตุให้แม่น้ำมีความสามารถในการกัดเซาะ (Guilluly, 1968 : 240) การกัดเซาะของแม่น้ำนั้นจะกระทำจนกระทั่งถึงระดับฐานของการพังทลาย ในขณะที่นั้น และในการพิจารณาว่า ในขณะนั้นหรือช่วงนั้น ๆ มีการเปลี่ยนแปลงระดับฐานมากน้อยเพียงใด ให้พิจารณาได้จากความสูงจากระดับแม่น้ำที่กัดเซาะพื้นพื้นนั้น (Steers, 1939 : 234)

จากการเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศโดยมีส่าน้ำเป็นตัวการที่ทำให้เกิดลานตะพักส่าน้ำขึ้นในบริเวณลุ่มน้ำฮิมมีดังกล่าว การพัฒนาจะเกิดขึ้นเรื่อยไป ถ้าระดับของพื้นที่กับระดับฐานมีความแตกต่างกันมาก และแม้ว่าระดับของพื้นที่กับบริเวณลุ่มน้ำฮิมมีในปัจจุบันจะอยู่สูงจากระดับฐาน ซึ่งหมายถึงระดับน้ำทะเลประมาณ 150 เมตรก็ตาม แต่เนื่องจากลุ่มน้ำฮิมมีระดับฐานท้องถิ่น คือระดับแม่น้ำโขง

ควบคุมอยู่อีกทีหนึ่ง ทำให้วิวัฒนาการ ของภูมิประเทศบริเวณดังกล่าวจึงเป็นไปอย่างช้า ๆ ประกอบกับระดับฐานท้องถื่น หรือระดับแม่น้ำโขงช่วงที่แม่น้ำมูลบรรจบบริเวณอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ในปัจจุบันอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลถึง 100 เมตร แต่เนื่องจากระยะทางจากบริเวณดังกล่าวถึงปากแม่น้ำโขง ซึ่งเป็นระดับน้ำทะเลห่างกันประมาณ 800 กิโลเมตร ถ้าพิจารณาถึงอัตราส่วนของความลาดชันแล้ว พบว่ามีความลาดชันน้อยมาก จากมูลเหตุดังกล่าวจึงทำให้การพัฒนาของลำน้ำในปัจจุบัน เป็นไปอย่างช้า ๆ นอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงระดับฐาน ซึ่งหมายถึงระดับน้ำทะเล จึงจะมีผลทำให้การพัฒนาของพื้นที่ดังกล่าวเป็นไปอย่างรวดเร็ว

## 2.3 องค์ประกอบเกี่ยวกับขนาดอนุภาคของ วัตถุบนลานตะพักลำน้ำ

ลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญขององค์ประกอบนี้ได้แก่ ขนาดอนุภาคของดินบน ซึ่งเป็นขนาดอนุภาคของเนื้อดินในระดับพื้นผิว และขนาดอนุภาคของดินล่าง อันเป็นขนาดอนุภาคของดินที่มาสละสลัก่อน โดยมีน้ำหนักตัวประกอบ 0.8402 และ 0.7673 ตามลำดับ โดยขนาดอนุภาคของดินบน และขนาดอนุภาคของดินล่างที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ คือ ขนาดอนุภาคของดินที่ระดับ 30 ซม. และ 100 ซม. ตามลำดับ จากลักษณะธรณีสัณฐานดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ร่องอธิบายถึงขนาดอนุภาคของวัตถุบนลานตะพักลำน้ำเป็นสำคัญ โดยขนาดอนุภาคของวัตถุทั้งสองระดับจะมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อขนาดอนุภาคของวัตถุระดับหนึ่งเพิ่มขึ้น ขนาดอนุภาคของวัตถุอีกระดับหนึ่งก็จะผันแปรตาม และจากการพิจารณาจากข้อมูลเกี่ยวกับขนาดอนุภาคของดินทั้งสองระดับจะพบว่า ขนาดอนุภาคของดินบนลานตะพักลำน้ำทั้งสองระดับมีขนาดไม่แตกต่างกันมากนัก หรือมีขนาดใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวัตถุต้นกำเนิดของดินดังกล่าวมีลักษณะอย่างเดียวกัน คือ เป็นหินทราย ซึ่งลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำบริเวณดังกล่าว แม่น้ำได้พัดพาเอาตะกอนและทรายมาทับถม ซึ่งลักษณะของทรายนั้นส่วนใหญ่จะเป็นทรายที่เป็นแร่ ควอร์ตซ์ ซึ่งเป็นแร่ที่ทนต่อการผุพังสลายตัวอย่างมาก จากลักษณะดังกล่าวจึงทำให้ขนาดอนุภาคของดินทั้งสองระดับมีขนาดไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อพิจารณาถึงขนาดอนุภาคของดินบนลานตะพักลำน้ำของบริเวณลุ่มน้ำชี ในระดับความสูงต่าง ๆ กัน อาทิ ดินบนลานตะพักลำน้ำชั้นสูง - กลาง - ต่ำ จะพบว่าขนาดอนุภาคของดินบนลานตะพักลำน้ำชั้นสูง และ

ลานตะพักส่าน้ำขึ้นกลางจะมีขนาดโตกว่า ขนาดอนุภาคของดินบนลานตะพักส่าน้ำขึ้นต่ำ ซึ่งลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ ไรย์นาล และ นันน์ (Raynal and Nann) ซึ่งเขาได้ศึกษา ดินบนลานตะพักส่าน้ำที่เหลือนอยู่ท่าแห่งตามแม่น้ำแมคเลย์ (Macleay River) ในรัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย พบว่าดินจะมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นตามอายุ ส่วนที่เก่ากว่าจะมีขนาดแตกต่างกันมาก และการพัฒนาของดินเหนียวจะมีมากในเขตที่เป็นตะกอน (Dauglas. 1977 : 178) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะความสูงต่ำของภูมิประเทศมีอิทธิพลต่อกระบวนการสร้างดิน เนื่องจากดินที่เกิดบนที่มีความลาดเทสูง การชะล้างและการเป่าพังทะลายของดินจะรุนแรง ทำให้ดินมีวิวัฒนาการด้านข้างน้อย และเนื้อหยาบ เนื่องจากพวกอนุภาคเล็กละเอียดถูกชะล้างออกไปหมด โดยไปทับถมในที่ต่ำกว่า

### 3 การพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำ

ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำบริเวณลุ่มน้ำชี เป็นสภาพพื้นที่เหลือจากการถูกกัดกร่อนโดยการเหวี่ยงตัวของแม่น้ำในอดีตเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับฐานเพื่อจะปรับระดับลงสู่ระดับฐานของการพังทะลาย ทำให้เกิดรูปทรงของภูมิประเทศที่เรียกว่าลานตะพักส่าน้ำดังปรากฏในปัจจุบัน ซึ่งในการอธิบายหรือการพยากรณ์ผลจากปรากฏการณ์ดังกล่าวให้ถูกต้องมากที่สุดควรจะมีการศึกษารายละเอียดของข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นทั้งหมด แล้วนำมาวิเคราะห์และประเมินผลด้วยวิธีการที่เหมาะสม แต่ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถรวบรวมข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นทุกแง่ทุกมุมได้ จึงพิจารณาข้อเท็จจริงในเพียงบางส่วนเท่านั้น การพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำในครั้งนี้ ได้เลือกเอาลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะที่ได้ทดสอบแล้วว่ามีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักส่าน้ำมาเป็นตัวพยากรณ์

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เทคนิควิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis) แบบ Stepwise Multiple Regression เพื่อคัดเลือกลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นตัวพยากรณ์ที่ดีที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกเอา ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำเป็นตัวเกณฑ์ และจากการศึกษาพบว่า ลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ( $r = 0.9899$ ) ความต่างระดับของลานตะพักส่าน้ำ ( $r = 0.9582$ )

ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ( $r = 0.7330$ ) ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ( $r = 0.7091$ ) เมื่อพิจารณาถึง ค่าความสัมพันธ์ของลักษณะธรณีสัณฐานดังกล่าว จะพบว่าตัวแปรหรือลักษณะธรณีสัณฐาน ที่เกี่ยวกับความสูงในรูปแบบต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ภายในระหว่างกันสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตัวแปร ที่เกี่ยวกับความสูงดังกล่าวขาดความเป็นอิสระจากกัน หรืออาจเป็นเพราะความซ้ำซ้อนกันระหว่าง ตัวแปรก็ได้ ดังได้อธิบายไว้ในตอนต้น

นอกจากลักษณะธรณีสัณฐานเกี่ยวกับความสูงแล้วยังมีลักษณะธรณีสัณฐานอื่น ๆ ที่สามารถ อธิบายความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำได้ในอันดับรองลงมา คือ สียองดิน ( $r = 0.5866$ ) ความลาดชัน ( $r = 0.5356$ ) ระยะห่างจากแม่น้ำ ( $r = 0.4859$ ) และจุดสีประของดิน ( $r = -0.4512$ ) ลักษณะดังกล่าวหมายความว่า เมื่อสียองดิน ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ความสูงตอนบนจากระดับ แม่น้ำก็จะมีระดับสูงขึ้น ส่วนจุดสีประของดินซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงถึงสภาพการระบายน้ำของดิน มีความสัมพันธ์ในทางลบกับความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ หมายความว่า เมื่อดินมีจุดสีประน้อย ซึ่งแสดงว่าดินมีสภาพการระบายน้ำดี ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำของลานตะพักลำน้ำจะอยู่สูง และในทางกลับกัน เมื่อดินมีจุดสีประมาก แสดงว่าดินมีสภาพการระบายน้ำเลว ความสูงตอนบนจาก ระดับแม่น้ำจะอยู่ต่ำ เป็นต้น

ส่วนการคัดเลือกลักษณะธรณีสัณฐานที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความสูงตอนบนจาก ระดับแม่น้ำ พบว่าความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเลเป็นตัวพยากรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด โดยมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ 0.9799 หรือมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ ร้อยละ 97.99 ส่วนลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นตัวพยากรณ์ในอันดับรองลงมา เช่น ระยะห่างจากแม่น้ำ มีประสิทธิภาพ ในการพยากรณ์เพียงร้อยละ 0.72 เท่านั้น ส่วนตัวพยากรณ์อื่น ๆ จะมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ ต่ำลงไปตามลำดับ ฉะนั้น จะเห็นได้ว่าลักษณะธรณีสัณฐานที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ต่ำ จะมีบทบาทน้อยมากในการพยากรณ์ สรุปแล้ว ลักษณะธรณีสัณฐานที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความสูง ตอนบนจากระดับแม่น้ำ ซึ่งมีเพียงลักษณะเดียว คือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล จากลักษณะ ดังกล่าว เมื่อเราทราบความสูงตอนบนของลานตะพักลำน้ำจากระดับน้ำทะเล เราสามารถจะทราบ ความสูงตอนบนของลานตะพักลำน้ำจากระดับแม่น้ำได้

แต่เนื่องจากลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะ โดยเฉพาะลักษณะธรณีสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับความสูงขาดความเป็นอิสระต่อกันระหว่างตัวแปร อันอาจทำให้การพยากรณ์ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำครั้งนี้ เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ หรือทำให้การพยากรณ์ไม่เป็นไปตามหลักการและเหตุผลที่ควรจะเป็น โดยเฉพาะสมการพยากรณ์ที่ได้พบว่า ลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นตัวพยากรณ์ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ คือ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ซึ่งเป็นตัวแปรเกี่ยวกับความสูงด้วยกัน

#### 4 การจำแนกลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำยี่

การศึกษาและการอธิบายลักษณะภูมิประเทศอย่าง เป็นระบบนั้นผู้ศึกษาจะต้องสามารถจำแนกลักษณะต่าง ๆ ของภูมิประเทศนั้น ๆ ได้ การศึกษาลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำก็เช่นกัน จะต้องสามารถอธิบายให้ได้ว่า ลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำยี่ ซึ่งมีสามระดับ คือ ชั้นสูง ชั้นกลาง ชั้นต่ำนั้น มีลักษณะอย่างไร ดังนั้นจึงใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบลักษณะธรณีสัณฐานที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบลานตะพักลำน้ำ เพื่อค้นหาดัชนีสำหรับจำแนกลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำยี่ โดยใช้วิธีการจำแนกของ Johnston ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ลักษณะธรณีสัณฐานที่นำมาใช้เป็นดัชนีสำหรับจำแนกลานตะพักลำน้ำนั้น ประกอบด้วย ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ ความลาดชันหรือส่วนที่เป็นด้านขึ้นของลานตะพักลำน้ำ ระยะห่างจากแม่น้ำ ขนาดอนุภาคของดินบน ขนาดอนุภาคของดินล่าง สีของดิน จุดสัประของดิน แต่เนื่องจากลักษณะธรณีสัณฐานบางลักษณะ โดยเฉพาะลักษณะธรณีสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับความสูง อันได้แก่ ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ ความต่างระดับของลานตะพักลำน้ำ มีลักษณะเกี่ยวพันกันอย่างใกล้ชิด ทำให้ขาดความเป็นอิสระระหว่างตัวแปร กล่าวคือ ลักษณะธรณีสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับความสูงต่าง ๆ มีลักษณะซ้ำซ้อนกัน จะเห็นในทางปฏิบัติเราอาจเลือกลักษณะธรณีสัณฐานใดลักษณะหนึ่งในการกำหนดความสูงของลานตะพักลำน้ำที่มีความสะดวกในการศึกษาได้ โดยไม่ต้องใช้การบอกค่าในทุกลักษณะ

แต่อย่างไรก็ตาม จากการจำแนกลานตะพักลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำยี่ปรากฏผลดังนี้

#### 4.1 ลานตะพักส่วน้ำชั้นสูง จะมี

|                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล    | ประมาณ 224 - 269 เมตร  |
| ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล   | ประมาณ 160 - 180 เมตร  |
| ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ     | ประมาณ 80 - 119 เมตร   |
| ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ    | ประมาณ 15 - 40 เมตร    |
| ความต่างระดับของลานตะพักส่วน้ำ | ประมาณ 48 - 89 เมตร    |
| ความลาดชัน                     | ประมาณ 0.5 - 2.08 องศา |
| ระยะห่างจากแม่น้ำ              | ประมาณ 1.5 - 27.5 ก.ม. |

ขนาดอนุภาคของดินบน อยู่ระหว่าง ดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินทราย

ขนาดอนุภาคของดินล่าง อยู่ระหว่าง ดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินทราย

สียงดิน มีค่า Hue อยู่ระหว่าง 7.5YR - 10R

จุดสีประของดิน ประมาณ 0 - 1 เปอร์เซ็นต์

#### 4.2 ลานตะพักส่วน้ำชั้นกลาง จะมี

|                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล    | ประมาณ 189 - 220 เมตร   |
| ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล   | ประมาณ 160 - 180 เมตร   |
| ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ     | ประมาณ 49 - 60 เมตร     |
| ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ    | ประมาณ 10 - 30 เมตร     |
| ความต่างระดับของลานตะพักส่วน้ำ | ประมาณ 19 - 40 เมตร     |
| ความลาดชัน                     | ประมาณ 0.71 - 3.27 องศา |
| ระยะห่างจากแม่น้ำ              | ประมาณ 1.25 - 17.5 ก.ม. |

ขนาดอนุภาคของดินบน อยู่ระหว่าง ดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินทราย

ขนาดอนุภาคของดินล่าง อยู่ระหว่าง ดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินทรายปนดินร่วน

สียงดิน มีค่า Hue อยู่ระหว่าง 5YR - 10R

จุดสีประของดิน อยู่ระหว่าง 0 - 1 เปอร์เซ็นต์

#### 4.3 ลานตะพักส่าน้ำขึ้นต่ำ จะมี

|                                                                |                         |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------|
| ความสูงตอนบนจากระดับน้ำทะเล                                    | ประมาณ 150 - 194 เมตร   |
| ความสูงที่ฐานจากระดับน้ำทะเล                                   | ประมาณ 140 - 170 เมตร   |
| ความสูงตอนบนจากระดับแม่น้ำ                                     | ประมาณ 10 - 54 เมตร     |
| ความสูงที่ฐานจากระดับแม่น้ำ                                    | ประมาณ 1 - 30 เมตร      |
| ความต่างระดับของลานตะพักส่าน้ำ                                 | ประมาณ 3 - 34 เมตร      |
| ความลาดชัน                                                     | ประมาณ 0.04 - 1.62 องศา |
| ระยะห่างจากแม่น้ำ                                              | ประมาณ 10 - 1575 ม.     |
| ขนาดอนุภาคของดินบน อยู่ระหว่าง ดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินทราย   |                         |
| ขนาดอนุภาคของดินล่าง อยู่ระหว่าง ดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินทราย |                         |
| สีของดิน มีค่า Hue อยู่ระหว่าง 10YR - 5YR                      |                         |
| ลูตสีประของดิน อยู่ระหว่าง 0 - 40 เปอร์เซ็นต์                  |                         |

จากการสำรวจแลกลานตะพักส่าน้ำดังกล่าว ปรากฏว่าให้ผลได้ไม่ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้เพราะกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีขนาดเล็กเกินไป ทำให้ค่าที่บอกถึงลักษณะต่าง ๆ อาทิ ความสูง ความลาดชัน ฯลฯ ขาดการต่อเนื่องดังได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 อันจะทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้ ในกรณีที่ผู้นำไปใช้ ทั้งนี้เพราะลักษณะของลานตะพักส่าน้ำของบริเวณลุ่มน้ำนี้จะเหลืออยู่ในลักษณะของ Terrace Remnant ซึ่งมีรูปทรงที่ไม่สมบูรณ์ เพื่อเป็นเครื่องช่วยในการตีความ ผู้ศึกษาจึงเสนอค่าโดยประมาณดังตาราง 11 ในกรณีที่ค่าโดยขาดการต่อเนื่อง ผู้ศึกษาได้ใช้ค่าเฉลี่ย เพื่อความสะดวกแก่การนำไปใช้ในโอกาสต่อไป แต่อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น

ตาราง 11 แสดงลักษณะธรณีสัณฐานของลานตะพักลำน้ำในระดับต่าง ๆ (ค่าโดยประมาณ)

| ลักษณะธรณีสัณฐาน                                  | ลานตะพักลำน้ำขั้นต่ำ                 | ลานตะพักลำน้ำขั้นกลาง                  | ลานตะพักลำน้ำขั้นสูง                          | หน่วย           |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|
| ความสูงตอนบนจาก<br>ระดับน้ำทะเล                   | 150 - 194                            | 189 - 222                              | 222 - 269                                     | เมตร            |
| ความสูงที่ฐานจาก<br>ระดับน้ำทะเล                  | 140 - 170                            | 160 - 180                              | 160 - 180                                     | เมตร            |
| ความสูงตอนบน<br>จากระดับแม่น้ำ                    | 10 - 54                              | 49 - 70                                | 70 - 119                                      | เมตร            |
| ความสูงที่ฐาน<br>จากระดับแม่น้ำ                   | 1 - 30                               | 10 - 30                                | 15 - 40                                       | เมตร            |
| ความต่างระดับ<br>ของลานตะพักลำน้ำ                 | 3 - 34                               | 19 - 44                                | 44 - 89                                       | เมตร            |
| ความลาดชัน                                        | 0.04 - 1.62                          | 0.71 - 3.27                            | 0.5 - 5.0                                     | องศา            |
| ระยะห่างจากแม่น้ำ                                 | 1.0 - 15.75                          | 1.25 - 17.5                            | 1.5 - 27.5                                    | ก.ม             |
| ขนาดอนุภาคของ<br>ดินบน                            | ดินร่วนเหนียวปนทราย<br>จนถึง ดินทราย | ดินร่วนปนทรายจนถึง<br>ดินทราย          | ดินร่วนเหนียวปนทราย<br>จนถึง ดินทราย          | -               |
| ขนาดอนุภาคของ<br>ดินล่าง                          | ดินร่วนเหนียวปนทราย<br>จนถึง ดินทราย | ดินร่วนปนทรายจนถึง<br>ดินทรายปนดินร่วน | ดินร่วนเหนียวปนทราย<br>จนถึง ดินทรายปนดินร่วน | -               |
| สีของดิน<br>(ค่า Hue)                             | 10YR - 5YR                           | 5YR - 10R                              | 7.5YR - 10R                                   |                 |
| จุดสีประของดิน<br>(แสดงสภาพการ<br>ระบายน้ำของดิน) | 0 - 40<br>(เลว)                      | 0 - 1<br>(ดี)                          | 0 - 1<br>(ดี)                                 | เปอร์<br>เซ็นต์ |

\*ค่าโดยประมาณ

## ข้อบกพร่องของการศึกษา

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีขนาดเล็กเกินไป ทำให้ค่าที่ได้ไม่แตกต่างที่ควร

2. ลักษณะของข้อมูล

2.1 ข้อมูลที่วัดจากแผนที่ ส่วนใหญ่เป็นค่าเฉลี่ย ซึ่งอาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

2.2 ข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม ไม่สามารถเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดได้

เนื่องจากสภาพพื้นที่บางส่วนไม่มีเส้นทางเข้าถึง และบริเวณบางบริเวณมีปัญหาด้าน ผ.ก.ค.

โดยเฉพาะตอนเหนือของ อำเภอกระนวน

3. ตัวแปรทางธรณีสัณฐานที่นำมาศึกษาครั้งนี้ มีเฉพาะตัวแปรทางด้านรูปทรง และลักษณะ บางประการของ วัตถุบนลานตะพักลำน้ำเท่านั้น โดยยังขาดตัวแปรในอีกหลาย ๆ ด้าน อาทิ อายุของ พื้นที่ ฯลฯ ซึ่งอาจทำให้การวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงได้

4. ตัวแปรทางธรณีสัณฐานที่นำมาวิเคราะห์นั้น บางตัวแปรมีความสัมพันธ์ภายในระหว่างกันค่อนข้างสูง สิ่งทำให้ผลการวิเคราะห์หาค่าประกอบและการวิเคราะห์หาค่าถดถอยไม่ชัดเจนเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์หาค่าถดถอยพหุคูณนั้น ถ้าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันสูง บางครั้งอาจให้ผลที่ไม่น่าเชื่อถือ เพราะกลุ่มตัวแปรอิสระที่ได้รับคัดเลือกนั้นอาจไม่ใช่กลุ่มที่ดีที่สุดตามหลักและเหตุผลที่ควรจะเป็น

## ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ควรมีการศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐานในบริเวณต่าง ๆ ของประเทศไทย โดยใช้เทคนิคทางด้านแผนที่ โดยเฉพาะแผนที่ธรณีสัณฐานวิทยา อันจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการทางด้าน จุลภูมิวิทยา ปฐพีวิทยา ธรณีวิทยา ภูมิศาสตร์ ต่อไป

2. ควรมีการศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานแบบต่าง ๆ อาทิ Alluvial Fan, Delta, Flood Plain, Marine Terrace ฯลฯ ของประเทศไทย ว่ามีลักษณะและวิวัฒนาการมาอย่างไร อันจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการศึกษาด้านภูมิศาสตร์ และการวางแผนพัฒนาประเทศ

3. ในการศึกษา ลานตะพักลำน้ำ ควรทำการศึกษาบริเวณอื่น ๆ อาทิ ลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำมูล หรือบริเวณที่มีโครงสร้างทางธรณีวิทยา แตกต่างกัน และเปรียบเทียบกับลุ่มน้ำซึ่งคาดว่าจะมีองค์ประกอบที่ส่งผลเหมือนกันหรือไม่

4. ในการศึกษาต่อไป ควรมีการเก็บข้อมูลให้ได้ทุกแง่มุม เพื่อให้ได้ความเป็นจริงมากที่สุด และควรสำรวจจากภาคสนามให้มากที่สุด

บรรณาการ

บรรณานุกรม

- ครองชัย หัตถา การวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศแบบแควสตั๊ บริเวณ  
ขอบด้านตะวันตกเฉียงใต้ของแอ่งโคราช ปรินญาณิพนธ์ กค.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ประสานมิตร 2522, 111 หน้า ฮัดสำเนา
- เจสสิกร แฉงไพโร "สภาพของดินและปัญหาการใช้ที่ดินในเขตลุ่มน้ำมูล-ชี และลำน้ำลำปาว"  
พัฒนาที่ดิน 82 : 3 - 22 กุมภาพันธ์ 2515
- ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์ และคนอื่น ๆ ธรณีวิทยาสำหรับวิศวกรรม ภาควิชาธรณีวิทยา มหาวิทยาลัย  
เชียงใหม่ 2522, 210 หน้า
- นเรศ สัตยรักษ์ "การสำรวจธรณีวิทยาของจังหวัดอุดร-ขอนแก่น" เอกสารการประชุมทาง  
ธรณีวิทยาและเหมืองแร่ 2520 192 หน้า
- นวลศิริ วงศ์ทางสวัสดิ์ "การวิจัยภูมิสารสนเทศ" เอกสารประกอบการบรรยายการวิจัยภูมิศาสตร์  
ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2522, 6 หน้า
- ประสิทธิ์ คุณะรัตน์ ปริมาณวิเคราะห์องค์ประกอบทางธรณีวิทยาที่มีอิทธิพลต่อการเกิดทะเลสาบ  
รูปแอ่งในลุ่มน้ำชี ปรินญาณิพนธ์ กค.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2520,  
104 หน้า ฮัดสำเนา
- ประยงค์ อังสุวัฒน์ "การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมทางด้านธรณีวิทยา" จุลสารดาวเทียม  
2 . 12 มกราคม 2521
- พิสิทธิ์ ธีรติลภ ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของประเทศไทย ม.ป.ป., 10 หน้า
- พงศ์พัฒน์ ชัยะพงศ์ "การใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมทำแผนที่ธรณีวิทยาลุ่มน้ำบริเวณที่ราบภาคกลาง  
และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อการสำรวจที่ดิน" เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการเกษตร  
และวิทยา ครั้งที่ 16 กุมภาพันธ์ 2521, 5 หน้า
- พัฒนาที่ดิน, กรม ดินในประเทศไทย ม.ป.ป., 29 หน้า
- ศิริชัย กิตยารักษ์ "การศึกษาลักษณะและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการกำเนิดดิน" พัฒนาที่ดิน  
89 . 27 - 28 ตุลาคม 2515

ศิริชัย กิตยารักษ์ และคนอื่น ๆ รายงานการสำรวจดินจังหวัดสุรินทร์ กรมพัฒนาที่ดิน 2520, 113 หน้า

สถิตย์ วัชรกิตติ "การถ่ายภาพด้วยดาวเทียม" เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมเกี่ยวกับ Remote Sensing 2 - 17 สิงหาคม 2522, 10 หน้า

สิทธิ์ สุทธิพงศ์ การแปลความหมายทางธรณีวิทยาจากภาพถ่ายทางอากาศ กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี 2509, 188 หน้า

อภิลักษณ์ เอี่ยมหน่อ การกำเนิดและการจำแนกดิน 2522, 419 หน้า

\_\_\_\_\_ โครงการวิจัยการประเมินผลการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อทำแผนที่ธรณีสัณฐานวิทยาทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย 2522, 4 หน้า

\_\_\_\_\_ ธรณีวิทยา ไทยวัฒนาพานิช 2516, 278 หน้า

อุทุมพร ทองอุไทย การวิเคราะห์หัตถ์ประกอบ 2520, 278 หน้า

Bloom, Arthur L. Geomorphology. New Jersey, Prentice-Hall, 1978. 510 p.

Cotton, C.A. Geomorphology : An Introduction to Study of Landform. Wellington, Whitcomb and Tombs Ltd., 1964. 505 p.

Deme, Jaromir. "Introductional Geomorphological Maps of Europe on 1 : 250,000," Sbornik Ceskoslovenske Spoleenosti Zemepisne. 72 : 121 - 127, Roenik, 1972.

Douglas, Ian. Humic Landform. The Australian University Press, 1977. 288 p.

Garner, H.F. The Origin of Landscape : a Synthesis of Geomorphology. Oxford University Press, 1974. 734 p.

Gilluly, James and others. Principle of Geology. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1969. 687 p.

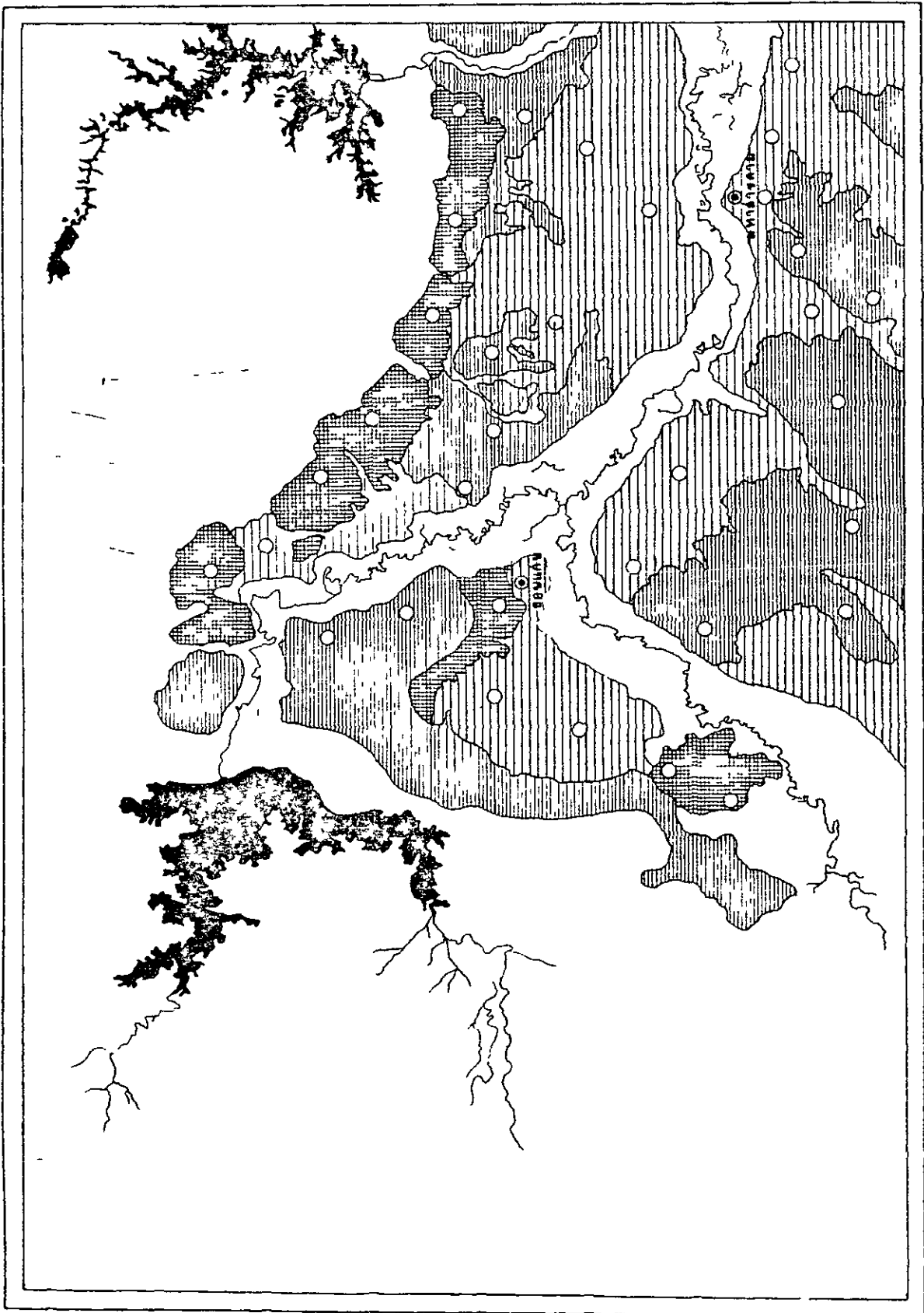
Horrocks, Norman K. Physical Geography and Climatology. London, Longman Green and Co., 1964. 370 p.

Johnson, Douglas. "Terrace Correlation and its Pitfall," Geographical Review. XXXV : 492 - 493, July, 1954.

Johnston, R.J. Concept and Techniques in Modern Geography. 6 : 41, Geo. Abstracts Ltd., 1976.

- King, Cucgline A.M. Techniques in Geomorphology. Edward Arnold Ltd., 1976. 342 p.
- Kuenen, P.H. Realms of Water. New York, John Wiley and Son Inc., 1955. 327 p.
- Lamoreaux, P.E. and Jumchet. "Reconnaissance of the Geology and Ground Water of Khorat Plateau, Thailand," U.S. Geological Survel Water-Supply Paper 1429. p. 12 - 15, 1959.
- Leopold, Luna B. Fluvial Processes in Geomorphology. New Delhi, Eurasin Publishing House Ltd., 1964. 522 p.
- Longwell, Chester R. "Running Water," Introduction to Physical Geology. New York, John Wiley and Son Inc., 1965. 115 - 132 p.
- Longwell, Chester R. and others. Introduction to Physical Geology. New York, John Wiley and Son Inc., 1969. 685 p.
- Monkhowses, F.J. Principle of Physical Geography. Hodder and Stoughton, 1975. 570 p.
- Moss, R.P. "Slope Development and Soil Morphology in a part of S.W. Nigeria," Journal of Soil Science. 16(2) : 192 - 209, 1965. .
- Oya, Masahiko "Applied Geomorphology Study of the Selection of the Propose Bridge-Site Along the Jumuna River in Bangladesh," National Geography. XII : 103 - 113, December, 1977.
- Pitty, Alistair. Introduction to Geomorphology. Fletecher and Son, Ltd., 1973. 526 p.
- Steers, J.A. The Unstable Earth. Melhuen, 1939. 345 p.
- Thornbury, William D. Principle of Geomorphology. New York, John Wiley and Son Inc., 1969. 163 p.
- Tuttle, Sherwood D. Landform and Lanscape. WMC Brown Company Publishers, 1971. 163 p.
- Zakrezewska, Barbara. "Landform Analysis from Topographic Map," Journal of Geography. 73 : 7 - 21, December, 1974.

ภาพผนวก



ตาราง 12 ข้อมูลที่ได้จากการวัดและคำนวณจากแผนที่ และวัดจากภาคสนาม

|       | ETS  | EBS  | ETR  | EBR  | RRT  | SRT  | LRT   | PTT   | PTL   | SCT   | MST         | HST        |
|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------------|------------|
| 1     | 232  | 175  | 82   | 15   | 57   | 0.50 | 7.50  | 12    | 10    | 5     | 0           | 14         |
| 2     | 205  | 180  | 55   | 30   | 25   | 0.71 | 17.5  | 12    | 11    | 5     | 1           | 27         |
| 3     | 194  | 160  | 54   | 20   | 34   | 1.14 | 5.25  | 11    | 10    | 5     | 0           | 24         |
| 4     | 189  | 170  | 49   | 30   | 19   | 1.04 | 8.75  | 12    | 11    | 5     | 0           | 15         |
| 5     | 160  | 150  | 20   | 10   | 10   | 0.38 | 2.25  | 10    | 10    | 4     | 5           | 10         |
| 6     | 170  | 150  | 30   | 10   | 20   | 1.15 | 5.00  | 12    | 11    | 4     | 0           | 21         |
| 7     | 153  | 144  | 13   | 4    | 9    | 0.12 | 2.50  | 11    | 11    | 5     | 0           | 10         |
| 8     | 150  | 140  | 11   | 1    | 10   | 0.22 | 6.75  | 9     | 9     | 4     | 40          | 10         |
| 9     | 160  | 150  | 21   | 11   | 10   | 0.52 | 4.00  | 12    | 10    | 4     | 7           | 17         |
| 10    | 150  | 147  | 10   | 7    | 4    | 0.11 | 3.25  | 10    | 10    | 4     | 40          | 15         |
| 11    | 150  | 145  | 10   | 5    | 5    | 0.14 | 2.75  | 10    | 10    | 5     | 10          | 14         |
| 12    | 161  | 145  | 21   | 5    | 16   | 1.27 | 15.75 | 11    | 11    | 3     | 0           | 17         |
| 13    | 225  | 160  | 85   | 20   | 65   | 1.50 | 25.25 | 11    | 10    | 8     | 0           | 17         |
| 14    | 224  | 160  | 84   | 20   | 64   | 1.83 | 27.50 | 10    | 10    | 7     | 1           | 15         |
| 15    | 156  | 150  | 16   | 10   | 6    | 1.14 | 3.00  | 11    | 10    | 5     | 3           | 16         |
| 16    | 193  | 170  | 52   | 30   | 22   | 0.13 | 15.25 | 11    | 11    | 5     | 40          | 10         |
| 17    | 228  | 180  | 88   | 40   | 48   | 2.08 | 26.50 | 10    | 6     | 7     | 0           | 11         |
| 18    | 172  | 160  | 32   | 20   | 12   | 1.27 | 3.75  | 11    | 11    | 5     | 7           | 18         |
| 19    | 162  | 150  | 17   | 5    | 12   | 0.38 | 2.75  | 11    | 10    | 4     | 7           | 17         |
| 20    | 220  | 160  | 50   | 10   | 40   | 1.27 | 4.00  | 10    | 10    | 7     | 0           | 19         |
| 21    | 200  | 180  | 50   | 30   | 20   | 1.20 | 4.25  | 11    | 11    | 5     | 0           | 14         |
| 22    | 190  | 160  | 40   | 10   | 30   | 1.62 | 2.50  | 12    | 12    | 5     | 0           | 16         |
| 23    | 200  | 180  | 50   | 30   | 20   | 3.27 | 1.25  | 10    | 10    | 5     | 0           | 14         |
| 24    | 180  | 170  | 30   | 20   | 10   | 0.42 | 4.00  | 9     | 9     | 4     | 30          | 20         |
| 25    | 230  | 170  | 80   | 20   | 60   | 0.83 | 5.25  | 12    | 11    | 5     | 0           | 13         |
| 26    | 256  | 170  | 106  | 20   | 76   | 1.11 | 11.75 | 11    | 10    | 5     | 0           | 10         |
| 27    | 160  | 155  | 10   | 5    | 5    | 0.28 | 1.00  | 6     | 6     | 4     | 20          | 16         |
| 28    | 180  | 170  | 30   | 20   | 10   | 0.35 | 5.50  | 11    | 6     | 5     | 7           | 14         |
| 29    | 240  | 180  | 90   | 30   | 60   | 1.00 | 9.75  | 6     | 6     | 4     | 0           | 8          |
| 30    | 269  | 180  | 119  | 30   | 89   | 1.38 | 1.25  | 10    | 10    | 7     | 0           | 10         |
| 31    | 210  | 180  | 60   | 30   | 30   | 0.86 | 2.75  | 10    | 10    | 5     | 0           | 20         |
| 32    | 171  | 160  | 21   | 10   | 11   | 0.28 | 2.75  | 10    | 10    | 5     | 20          | 6          |
| 33    | 161  | 150  | 15   | 5    | 10   | 0.04 | 3.00  | 10    | 10    | 5     | 10          | 19         |
| หน่วย | เมตร | เมตร | เมตร | เมตร | เมตร | องศา | ก.ม.  | คะแนน | คะแนน | คะแนน | เปอร์เซ็นต์ | เซ็นติเมตร |

ตาราง 13 แสดง เขตการปกครองระยะ (Distance) ระหว่าง 2 สถานี (DLJ)

| DLJ | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21     | 22     | 23     | 24     | 25     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30     | 31     | 32     | 33     |      |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 1   | 1      | 53.24  | 54.89  | 56.07  | 109.28 | 92.62  | 120.06 | 130.41 | 108.70 | 131.51 | 125.45 | 107.38 | 26.55  | 27.98  | 115.82 | 5.08   | 34.28  | 81.87  | 109.31 | 41.62  | 60.86  | 87.36  | 60.97  | 92.68  | 8.55   | 39.77  | 118.60 | 87.96  | 21.10  | 63.76  | 44.33  | 101.16 | 112.83 |      |
| 2   | 53.24  | 1      | -29.26 | -22.48 | -70.92 | 59.44  | 83.21  | 96.32  | 69.91  | 94.25  | 87.20  | 71.02  | 58.99  | 57.78  | 76.15  | 42.60  | 48.67  | 50.13  | 72.21  | 38.37  | 15.93  | 38.76  | 18.75  | 52.08  | 53.16  | 69.66  | 79.97  | 43.37  | 67.83  | 112.11 | 17.28  | 62.38  | 75.31  |      |
| 3   | 54.89  | 29.26  | 1      | 22.11  | 55.90  | 38.43  | 67.15  | 82.04  | 55.27  | 82.33  | 72.60  | 55.49  | 57.43  | 56.63  | 62.34  | 45.32  | 51.53  | 38.78  | 57.09  | 28.98  | 27.39  | 18.46  | 27.83  | 48.54  | 52.44  | 91.93  | 68.15  | 38.91  | 68.19  | 115.76 | 28.55  | 51.13  | 60.71  |      |
| 4   | 56.07  | 22.48  | 22.11  | 1      | 51.35  | 39.27  | 62.91  | 80.04  | 50.44  | 77.81  | 68.04  | 53.79  | 72.10  | 71.00  | 56.49  | 40.88  | 66.61  | 30.03  | 53.98  | 44.04  | 15.63  | 27.27  | 17.01  | 38.50  | 66.60  | 105.35 | 62.69  | 26.63  | 78.27  | 127.95 | 38.71  | 45.97  | 56.94  |      |
| 5   | 109.28 | 70.92  | 55.90  | 51.35  | 1      | 17.95  | 34.11  | 40.12  | 3.62   | 38.84  | 17.36  | 17.32  | 110.71 | 109.45 | 7.42   | 86.25  | 114.63 | 22.41  | 6.87   | 74.46  | 62.71  | 42.84  | 62.73  | 40.37  | 107.83 | 186.92 | 20.82  | 32.13  | 123.34 | 171.08 | 76.33  | 21.20  | 8.78   |      |
| 6   | 92.62  | 59.44  | 39.43  | 36.27  | 17.95  | 1      | 28.01  | 50.03  | 17.59  | 50.60  | 33.93  | 18.91  | 93.35  | 89.89  | 24.41  | 57.66  | 98.36  | 17.34  | 18.83  | 58.53  | 51.05  | 26.69  | 51.27  | 38.71  | 90.58  | 129.84 | 34.30  | 27.43  | 107.19 | 150.35 | 82.57  | 24.47  | 22.92  |      |
| 7   | 120.06 | 83.21  | 67.15  | 63.91  | 14.11  | 28.01  | 1      | 40.02  | 16.01  | 40.93  | 11.75  | 19.28  | 120.58 | 119.41 | 10.50  | 79.53  | 126.40 | 32.79  | 19.93  | 84.41  | 75.33  | 75.40  | 75.40  | 75.40  | 75.40  | 75.40  | 75.40  | 75.40  | 75.40  | 75.40  | 75.40  | 75.40  | 75.40  |      |
| 8   | 130.41 | 96.32  | 82.04  | 80.04  | 40.12  | 50.03  | 40.82  | 1      | 42.27  | 12.22  | 31.40  | 17.95  | 17.32  | 109.79 | 108.99 | 8.80   | 64.09  | 113.4  | 21.30  | 7.91   | 74.24  | 62.08  | 42.70  | 62.22  | 38.74  | 106.84 | 25.20  | 20.90  | 31.31  | 122.74 | 170.48 | 75.75  | 19.96  | 9.33 |
| 9   | 108.70 | 69.91  | 55.27  | 50.41  | 3.62   | 17.59  | 15.01  | 42.27  | 1      | 37.76  | 17.95  | 17.32  | 109.79 | 108.99 | 8.80   | 64.09  | 113.4  | 21.30  | 7.91   | 74.24  | 62.08  | 42.70  | 62.22  | 38.74  | 106.84 | 25.20  | 20.90  | 31.31  | 122.74 | 170.48 | 75.75  | 19.96  | 9.33   |      |
| 10  | 131.51 | 94.25  | 82.33  | 77.41  | 38.64  | 50.60  | 40.93  | 12.22  | 37.76  | 1      | 30.22  | 16.77  | 132.45 | 130.92 | 38.36  | 71.37  | 133.1  | 149.81 | 37.11  | 93.31  | 87.35  | 70.84  | 87.30  | 46.38  | 129.84 | 167.78 | 24.67  | 56.24  | 145.06 | 193.52 | 100.24 | 34.72  | 32.99  |      |
| 11  | 125.45 | 87.20  | 72.60  | 68.04  | 17.36  | 33.93  | 11.75  | 31.40  | 17.95  | 30.22  | 1      | 25.52  | 126.19 | 124.65 | 13.19  | 78.26  | 131.00 | 78.47  | 16.68  | 89.93  | 79.25  | 59.04  | 79.29  | 50.78  | 123.64 | 162.87 | 18.33  | 47.00  | 139.84 | 187.25 | 93.14  | 30.79  | 13.23  |      |
| 12  | 107.38 | 71.02  | 58.99  | 52.79  | 17.52  | 18.91  | 19.28  | 44.69  | 17.22  | 46.77  | 25.25  | 1      | 105.82 | 104.32 | 19.71  | 69.47  | 112.44 | 30.28  | 16.93  | 73.05  | 66.15  | 42.91  | 66.79  | 48.82  | 105.62 | 143.99 | 31.93  | 39.04  | 122.23 | 169.44 | 78.45  | 31.93  | 19.50  |      |
| 13  | 26.55  | 58.99  | 57.43  | 72.10  | 110.71 | 93.36  | 120.58 | 129.86 | 109.79 | 132.45 | 126.19 | 105.82 | 1      | 3.34   | 117.15 | 77.11  | 33.57  | 54.63  | 108.65 | 49.28  | 59.52  | 71.51  | 70.51  | 70.76  | 24.36  | 42.67  | 121.47 | 82.99  | 32.89  | 88.89  | 55.67  | 104.66 | 114.46 |      |
| 14  | 27.98  | 57.78  | 56.83  | 71.00  | 109.45 | 89.89  | 119.41 | 128.27 | 109.49 | 130.92 | 124.65 | 104.32 | 3.34   | 1      | 115.87 | 75.84  | 33.23  | 93.40  | 109.68 | 49.01  | 68.71  | 70.65  | 69.78  | 96.34  | 26.06  | 44.85  | 120.07 | 91.74  | 34.25  | 71.17  | 55.24  | 103.31 | 112.21 |      |
| 15  | 115.82 | 76.15  | 62.34  | 56.49  | 7.42   | 24.41  | 10.50  | 40.59  | 8.80   | 38.36  | 13.19  | 117.15 | 115.87 | 1      | 71.90  | 120.50 | 27.70  | 10.75  | 80.60  | 57.82  | 49.22  | 67.85  | 44.99  | 114.04 | 153.58 | 20.94  | 36.43  | 129.79 | 177.73 | 82.09  | 25.80  | 10.45  |        |      |
| 16  | 75.08  | 42.60  | 45.32  | 40.88  | 66.25  | 87.66  | 79.53  | 73.56  | 64.09  | 71.37  | 78.26  | 69.47  | 77.11  | 75.48  | 71.90  | 1      | 72.39  | 48.19  | 67.06  | 57.89  | 43.52  | 49.79  | 44.50  | 33.28  | 73.98  | 107.90 | 67.68  | 45.62  | 83.51  | 129.67 | 48.07  | 50.80  | 67.93  |      |
| 17  | 34.28  | 48.67  | 61.33  | 66.61  | 114.63 | 88.08  | 126.40 | 136.37 | 113.54 | 133.21 | 131.00 | 112.44 | 33.57  | 33.26  | 120.50 | 72.34  | 1      | 94.71  | 128.05 | 58.27  | 60.36  | 77.44  | 61.45  | 95.12  | 34.88  | 51.34  | 124.47 | 90.09  | 28.57  | 71.25  | 46.07  | 106.78 | 119.19 |      |
| 18  | 91.87  | 50.13  | 38.78  | 30.03  | 22.41  | 17.34  | 32.79  | 52.90  | 21.30  | 49.81  | 38.47  | 30.28  | 94.63  | 93.40  | 27.70  | 48.19  | 94.71  | 1      | 25.58  | 59.77  | 41.49  | 28.40  | 41.03  | 26.66  | 90.14  | 129.78 | 33.99  | 14.17  | 104.53 | 153.21 | 05.72  | 19.87  | 27.84  |      |
| 19  | 109.31 | 72.21  | 57.09  | 53.99  | 6.87   | 18.83  | 18.93  | 37.55  | 7.91   | 37.11  | 16.68  | 16.93  | 108.65 | 107.68 | 10.75  | 67.08  | 116.03 | 25.56  | 1      | 73.69  | 64.62  | 42.65  | 64.68  | 40.71  | 107.81 | 147.00 | 19.44  | 33.86  | 124.02 | 171.40 | 77.80  | 19.85  | 4.81   |      |
| 20  | 61.62  | 38.37  | 28.98  | 44.04  | 74.46  | 58.53  | 84.44  | 87.10  | 74.24  | 93.31  | 89.93  | 73.05  | 49.28  | 49.01  | 80.60  | 57.89  | 58.27  | 57.77  | 73.89  | 1      | 40.14  | 33.45  | 36.34  | 63.39  | 40.20  | 77.45  | 83.26  | 36.37  | 57.28  | 101.84 | 33.32  | 87.04  | 77.21  |      |
| 21  | 60.88  | 15.93  | 27.39  | 15.63  | 62.71  | 51.05  | 75.32  | 90.43  | 62.08  | 87.25  | 79.25  | 66.15  | 89.52  | 68.71  | 67.82  | 43.52  | 60.36  | 41.49  | 64.62  | 40.14  | 1      | 33.25  | 3.91   | 44.83  | 60.02  | 98.31  | 71.68  | 34.50  | 69.06  | 119.60 | 17.45  | 54.48  | 67.49  |      |
| 22  | 67.36  | 38.76  | 18.46  | 27.27  | 42.84  | 26.69  | 53.24  | 70.43  | 42.70  | 70.84  | 59.04  | 42.91  | 71.51  | 70.85  | 49.22  | 49.79  | 77.44  | 29.40  | 42.65  | 33.25  | 1      | 33.35  | 44.97  | 63.84  | 105.45 | 54.39  | 39.94  | 82.63  | 129.54 | 40.11  | 38.44  | 46.48  |        |      |
| 23  | 60.97  | 18.75  | 27.85  | 17.01  | 62.73  | 51.27  | 75.40  | 90.56  | 62.22  | 87.30  | 79.29  | 66.78  | 70.51  | 69.78  | 87.86  | 44.50  | 61.45  | 41.63  | 84.68  | 36.34  | 3.81   | 33.35  | 1      | 44.93  | 60.22  | 98.60  | 71.53  | 34.53  | 70.07  | 119.56 | 17.76  | 54.54  | 67.55  |      |
| 24  | 92.68  | 52.08  | 49.54  | 39.50  | 40.37  | 38.71  | 53.50  | 51.27  | 38.74  | 46.36  | 50.79  | 48.82  | 97.76  | 96.34  | 44.97  | 33.28  | 93.12  | 26.86  | 40.71  | 63.39  | 44.83  | 44.97  | 44.93  | 1      | 91.73  | 129.90 | 37.44  | 22.35  | 104.17 | 152.35 | 57.49  | 21.82  | 40.67  |      |
| 25  | 8.55   | 53.16  | 52.44  | 66.60  | 107.43 | 90.58  | 118.14 | 128.60 | 106.84 | 129.86 | 123.64 | 105.62 | 24.36  | 26.06  | 114.04 | 73.98  | 34.68  | 90.14  | 107.81 | 40.20  | 80.02  | 55.84  | 60.22  | 91.73  | 1      | 40.63  | 117.28 | 87.04  | 21.98  | 84.14  | 47.72  | 99.87  | 111.18 |      |
| 26  | 30.77  | 89.66  | 91.95  | 105.25 | 146.92 | 129.84 | 157.37 | 146.86 | 146.25 | 167.79 | 162.87 | 143.99 | 42.67  | 44.85  | 153.58 | 107.80 | 51.34  | 129.78 | 167.00 | 77.45  | 98.31  | 105.45 | 98.60  | 129.90 | 40.63  | 1      | 156.46 | 126.54 | 31.84  | 28.77  | 81.43  | 139.13 | 150.52 |      |
| 27  | 118.60 | 79.97  | 68.15  | 62.69  | 20.82  | 34.30  | 25.48  | 48.60  | 20.90  | 24.67  | 18.33  | 31.05  | 121.47 | 120.07 | 20.94  | 67.88  | 124.47 | 33.99  | 18.44  | 83.26  | 71.68  | 54.33  | 71.53  | 37.44  | 117.28 | 156.46 | 1      | 38.60  | 132.48 | 180.33 | 85.51  | 10.08  | 14.56  |      |
| 28  | 87.96  | 43.37  | 38.91  | 26.63  | 32.13  | 27.48  | 45.10  | 80.22  | 31.31  | 56.24  | 47.00  | 39.04  | 92.99  | 91.74  | 36.43  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  | 45.62  |      |
| 29  | 21.10  | 61.83  | 69.19  | 76.27  | 123.34 | 107.19 | 134.82 | 144.60 | 127.74 | 145.06 | 139.04 | 122.23 | 32.81  | 34.25  | 129.79 | 83.51  | 76.57  | 104.53 | 124.02 | 57.28  | 69.86  | 82.62  | 70.07  | 104.17 | 21.96  | 31.86  | 129.48 | 99.96  | 1      | 51.42  | 52.74  | 114.92 | 174.07 |      |
| 30  | 63.70  | 112.11 | 115.76 | 127.95 | 171.08 | 134.35 | 181.88 | 190.15 | 170.48 | 191.92 | 187.25 | 169.44 | 68.81  | 71.17  | 177.73 | 120.07 | 71.25  | 153.21 | 171.40 | 101.84 | 119.60 | 129.54 | 114.56 | 152.35 | 84.14  | 28.77  | 100.33 | 149.59 | 51.42  | 1      | 102.25 | 167.81 | 174.07 |      |
| 31  | 44.43  | 17.38  | 28.55  | 28.71  | 70.33  | 62.57  | 88.73  | 107.28 | 75.78  | 100.74 | 93.14  | 78.45  | 53.07  | 55.74  | 83.09  | 48.07  | 40.72  | 55.72  | 77.00  | 33.32  | 17.45  | 40.11  | 17.70  | 57.49  | 43.72  | 81.43  | 65.31  | 49.74  | 52.74  | 107.25 | 1      | 87.93  | 80.93  |      |
| 32  | 101.16 | 02.88  | 61.53  | 45.97  | 21.20  | 24.47  | 32.95  | 37.97  | 10.96  | 34.72  | 30.74  | 31.03  | 104.66 | 103.31 | 25.80  | 50.80  | 100.70 | 19.87  | 19.65  | 07.04  | 34.84  | 30.84  | 34.84  | 21.82  | 90.77  | 139.13 | 15.08  | 23.59  | 114.92 | 107.81 | 07.85  | 1      | 20.44  |      |
| 33  | 112.83 | 75.31  | 60.71  | 56.94  | 8.70   | 21.92  | 13.90  | 33.90  | 9.33   | 37.93  | 13.23  | 19.50  | 14.46  | 112.21 | 10.45  | 07.43  | 116.27 | 34.81  | 77.71  | 07.49  | 40.48  | 07.45  | 40.07  | 11.18  | 140.82 | 15.58  | 35.61  | 127.31 | 174.47 | 00.93  | 20.44  | 1      |        |      |

ตาราง 14 ข้อมูลสถานะกองทุนรวมโดย สภาวิชาชีพ บลักร, แร่น้ำ, หน่วย ต้น, ต้นน้ำ 47,391 ตารางกิโลเมตร

| เดือน<br>ปี | มค    | กพ. | มีค. | เมย. | พค     | มิย.   | กค      | สค.     | กย.     | ตค      | พย      | ธค     | รวม       |
|-------------|-------|-----|------|------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|-----------|
| 2500        | 226   | 119 | 0    | 760  | 223    | 9,425  | 10,942  | 39,615  | 167,760 | 270,580 | 127,801 | 2,512  | 629,963   |
| 2501        | 217   | 42  | 0    | 0    | 36     | 467    | 25,581  | 47,593  | 367,770 | 336,240 | 114,121 | 523    | 892,590   |
| 2502        | 217   | 70  | 98   | 64   | 1,151  | 9,321  | 44,821  | 113,832 | 320,878 | 410,780 | 181,263 | 964    | 1,083,459 |
| 2503        | 347   | 196 | 105  | 0    | 2,899  | 27,892 | 42,572  | 147,553 | 285,385 | 290,525 | 150,713 | 4,389  | 952,476   |
| 2504        | 418   | 196 | 217  | 105  | 5,068  | 46,906 | 74,488  | 58,710  | 454,170 | 589,720 | 198,021 | 6,722  | 1,434,714 |
| 2505        | 923   | 279 | 230  | 210  | 10,416 | 46,401 | 130,050 | 200,675 | 349,405 | 794,000 | 299,643 | 9,077  | 1,841,309 |
| 2506        | 1,592 | 353 | 222  | 229  | 596    | 12,534 | 30,090  | 260,680 | 299,065 | 299,065 | 327,145 | 39,227 | 1,270,758 |
| 2507        | 1,896 | 486 | 300  | 245  | 11,056 | 67,623 | 28,876  | 332,792 | 268,319 | 687,060 | 437,915 | 40,296 | 1,576,864 |

ที่มา . กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน