



**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**  
**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมป่าไม้)

**ปริญญา**

การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมป่าไม้

อนุรักษ์วิทยา

**สาขา**

**ภาควิชา**

**เรื่อง** การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อการศึกษาปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา  
ต่อปริมาณน้ำท่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

Application of SWAT Model for Studying El Nino and La Nina Phenomena  
toward Streamflow in Lam Chi Subwatershed

**นามผู้วิจัย** นางสาวพัชเรศร์ ชัคัตตริย์กุล

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมนิมิตร พุกงาม, วท.ค. )

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม**

( อาจารย์สุภัทรา ถึกสถิตย์, วท.ค. )

**รักษาราชการแทน  
หัวหน้าภาควิชา**

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัชชัย ตันตสิรินทร์, วท.ม. )

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว**

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

วันที่ \_\_\_\_\_ เดือน \_\_\_\_\_ พ.ศ. \_\_\_\_\_

**ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อการศึกษาปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา  
ต่อปริมาณน้ำท่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

Application of SWAT Model for Studying El Nino and La Nina Phenomena  
toward Streamflow in Lam Chi Subwatershed

โดย

นางสาวพัชเรศร์ ชัคัตตริย์กุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมป่าไม้)

พ.ศ. 2557

พัชเรศร์ ชัคัตตริยกุล 2557: การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อการศึกษา  
ปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญาต่อปริมาณน้ำท่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมป่าไม้) สาขาวิชา  
การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมป่าไม้ ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมนิมิตร พุกงาม, วท.ด. 83 หน้า

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อศึกษาปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญาต่อ  
ปริมาณน้ำท่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา  
ระหว่างปี พ.ศ. 2527 ถึง ปี พ.ศ. 2555 และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกรมชลประทานในการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีญ้อมีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย อุณหภูมิอากาศ  
สูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ยสูงกว่าในปีปกติ 0.78-1.35 % และมีปริมาณน้ำฝนลดลง  
3.00 % ของปริมาณน้ำฝนในปีปกติ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญามีค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย  
และอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำกว่าปีปกติ 1.03-1.35 % แต่อุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ยไม่มีการ  
เปลี่ยนแปลง และมีค่าปริมาณน้ำฝนรายปีเพิ่มขึ้น 7.23 % ของปริมาณน้ำฝนในปีปกติ การประเมิน  
ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี โดยใช้แบบจำลอง SWAT พบว่า มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุดในปี  
ปี พ.ศ. 2543 และน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2541 ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ มีปริมาณน้ำท่ารายปีน้อย  
กว่าปริมาณน้ำท่าของปีปกติ เท่ากับ 137.67 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 9.82 % ของปริมาณน้ำท่าใน  
ปีปกติ ในขณะที่ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมากกว่าปริมาณน้ำท่าในปีปกติ  
เท่ากับ 31.47 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 2.25 % ของปริมาณน้ำท่าในปีปกติ เมื่อทดสอบความ  
แตกต่างของข้อมูล พบว่า ปริมาณน้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปรากฏการณ์ลานีญา  
กับปีปกติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % การจำลอง  
สถานการณ์น้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง พบว่า มีปริมาณน้ำท่ารายปีลดลงจาก  
ปริมาณน้ำท่าปีปกติ 220.17 ล้านลูกบาศก์เมตร (18.02 %) และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรงมี  
ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นจากปริมาณน้ำท่าปีปกติ 341.17 ล้านลูกบาศก์เมตร (27.93 %) และการ  
คาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในช่วงปี พ.ศ. 2558-2577 พบว่า ปีที่มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุด คือ ปี พ.ศ.  
2561 และปีที่มีปริมาณน้ำทำน้อยที่สุด คือ ปี พ.ศ. 2563

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Patchares Chacuttrikul 2014: Application of SWAT Model for Studying El Nino and La Nina Phenomena toward Streamflow in Lam Chi Subwatershed. Master of Science (Watershed and Forest Environmental Management), Major Field: Watershed and Forest Environmental Management, Department of Conservation. Thesis Advisor: Assistant Professor Somnimirt Pukngam, Ph.D. 83 pages.

This research aimed to investigate El Nino and La Nina phenomena toward streamflow in Lam Chi subwatershed using SWAT model. The climatic data from the Thai Meteorological Department (TMD) during the year 1984 to 2012 were used as input data for streamflow evaluation and streamflow data from Royal Irrigation Department were used for model calibration.

The research results indicated that all mean air temperatures (mean air temperature, mean minimum and mean maximum air temperature) in El Nino years were higher than normal years by 0.78-1.35 % and rainfall was 3.00 % below normal. In La Nina years, mean maximum air temperature and mean air temperature were lower than normal years by 1.03-1.35 % while mean minimum air temperature was not remarkably different compared with normal years and rainfall was 7.23 % above normal. For estimation of streamflow using SWAT model showed the largest amount of streamflow in the year 2000 and the smallest value in 1998. In particular, streamflow in El Nino years were less than normal years by 137.67 MCM (9.82 %) while in La Nina years were above normal by 31.47 MCM (2.25 %). However, differences in streamflow between El Nino and La Nina years were not statistically significant in confidence level at 95%. For streamflow scenario, it decreased 220.17 MCM (18.02 %) in extreme El Nino year and increased 341.17 MCM (27.93 %) in extreme La Nina year. The streamflow forecast during 2015-2034, the lowest value was found in 2018 and the highest value was showed in 2020.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาในการให้คำแนะนำ ตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนิมิตร พุกงาม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร.สุภัทรา ถิกสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อ.วินัส ต่วนเครือ ดร.วิสุทธิพันธุ์ มหาอาษา ที่คอยให้คำปรึกษาตั้งแต่ข้าพเจ้าเริ่มทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ดร.พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุกุล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และ ศ.ดร.นิพนธ์ ตั้งธรรม ประธานการสอบ ที่กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน และกรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลปริมาณน้ำท่า ข้อมูลสภาพอากาศ และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอบแต่ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่งของข้าพเจ้า รวมทั้งครู อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน และให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า

พัชเรศร์ ชกัตตริยกุล  
กรกฎาคม 2557

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	35
อุปกรณ์	35
วิธีการ	36
ผลและวิจารณ์	50
สรุปและข้อเสนอแนะ	74
สรุป	74
ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	77
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	83

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สถิติข้อมูลอากาศลุ่มน้ำลำชี	29
2	รายละเอียดกลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี	31
3	การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี	33
4	สถิติการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา	39
5	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและ SWAT Code	41
6	สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงลุ่มน้ำสาขาลำชี	43
7	อุณหภูมิอากาศของลุ่มน้ำสาขาลำชี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2527-2555	51
8	อุณหภูมิอากาศรายเดือนแยกตามปรากฏการณ์เอลนีโญ ปรากฏการณ์ลานีญา และปีปกติ ของลุ่มน้ำสาขาลำชี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2527-2555	52
9	ผลการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลอุณหภูมิอากาศ	54
10	ปริมาณน้ำฝนรายปีของลุ่มน้ำสาขาลำชี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2527-2555	55
11	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนแยกตามปรากฏการณ์ ของลุ่มน้ำสาขาลำชี	56
12	ผลการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลปริมาณน้ำฝน	58
13	ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีตรวจวัด ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ก่อนการปรับเทียบแบบจำลอง SWAT และ % Over Estimation	59
14	พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อปริมาณน้ำท่า	61
15	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง SWAT	61
16	ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT แบบรายปี	68
17	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของลุ่มน้ำสาขาลำชี จากแบบจำลอง SWAT ระหว่าง ปี พ.ศ. 2527-2555	69
18	ผลการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลปริมาณน้ำท่า	70
19	ปริมาณน้ำท่าจากการจำลองสถานการณ์ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง	72
20	การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตของลุ่มน้ำสาขาลำชี ในช่วง ปี พ.ศ. 2558-2577	73

## สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สภาวะปกติและสภาวะเอลนีโญ	5
2	สภาวะปกติและสภาวะลานีญา	10
3	สภาพภูมิประเทศลุ่มน้ำสาขาลำชี	28
4	กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี	32
5	การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี	34
6	ขั้นตอนการศึกษา	36
7	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดอากาศโดยรอบพื้นที่และในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี	38
8	แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข	40
9	ข้อมูลเส้นลำน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี	42
10	สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี	44
11	การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี	46
12	การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี	47
13	แนวโน้มความผันแปรของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในปีเอลนีโญ ปีลานีญา และ ปีปกติ	53
14	แนวโน้มความผันแปรของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ของปีที่เกิด ปรากฏการณ์เอลนีโญ ปีลานีญา และปีปกติ ระหว่างปี พ.ศ. 2527-2555	57
15	การเปรียบเทียบอัตราการไหลจากการตรวจวัด กับอัตราการไหลจาก แบบจำลอง SWAT ก่อนการปรับเทียบแบบจำลอง	60
16	ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านหลุมดินและจากแบบจำลอง SWAT	62
17	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านหลุมดินและจาก แบบจำลอง SWAT	62
18	ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านลำชีและจากแบบจำลอง SWAT	63
19	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านลำชีและจาก แบบจำลอง SWAT	63
20	ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านกุดเชียงหมูนและจากแบบจำลอง SWAT	64

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากสถานีบ้านกุดเชียงหมุ่นและจาก แบบจำลอง SWAT	64
22	ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านพันร่อและจากแบบจำลอง SWAT	65
23	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านพันร่อและจาก แบบจำลอง SWAT	65
24	ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านบุเจ๊กและจากแบบจำลอง SWAT	66
25	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านบุเจ๊กและจาก แบบจำลอง SWAT	66
26	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ปีที่เกิด ปรากฏการณ์ลานีญา และปีปกติ	69
27	แนวโน้มปริมาณน้ำท่าในอนาคต	73

# การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อการศึกษาปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา ต่อปริมาณน้ำท่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

## Application of SWAT Model for Studying El Nino and La Nina Phenomena toward Streamflow in Lam Chi Subwatershed

### คำนำ

ปัจจุบันสภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดจากปัจจัยทางธรรมชาติและจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญาถือเป็นปัจจัยทางธรรมชาติอย่างหนึ่งที่ส่งผลให้สภาพภูมิอากาศของโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อประเทศไทยได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา ส่งผลให้อุณหภูมิ และการตกของฝนในประเทศไทยเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ ทำให้ปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่า ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชาชน ทั้งการอุปโภค บริโภค และการประกอบอาชีพ ได้รับผลกระทบตามไปด้วย พื้นที่ที่ทำการศึกษานี้คือ พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี เป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำมูล ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นับเป็นพื้นที่หนึ่งที่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง และน้ำท่วมในฤดูฝน อันเนื่องมาจากปัจจัยต่าง ๆ ปรากฏการณ์เอลนีโญและปรากฏการณ์ลานีญาก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อสภาพปัญหาดังกล่าว การศึกษานี้จึงนำแบบจำลอง SWAT ซึ่งเป็นแบบจำลองอุทกวิทยาระดับลุ่มน้ำ ที่มีความสามารถในการจำลองแบบที่ซับซ้อน ทั้งทางด้านอุทกวิทยา สารปราบศัตรูพืช (Pesticide) วงจรสารอาหาร (Nutrient Cycling) และการกัดเซาะและการเคลื่อนย้ายตะกอน (Erosion and Sediment Transport) อีกทั้งยังเป็นแบบจำลองที่จำลองลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ และเป็นแบบจำลองที่เป็นสาธารณสมบัติ มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญาต่อปริมาณน้ำท่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี รวมทั้งศึกษาความผันแปรของอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนในปีเอลนีโญ (El Nino Year) และในปีลานีญา (La Nina Year) ในลุ่มน้ำสาขาลำชี ประเมินปริมาณน้ำท่าในปีเอลนีโญ ปีลานีญา และปีปกติ (Normal Year) โดยใช้แบบจำลอง SWAT อีกทั้งยังทำการจำลองสถานการณ์น้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญารุนแรงและคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคต เพื่อนำไปใช้วางแผนการจัดการน้ำให้เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำ และความต้องการของประชาชนในพื้นที่ และเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความผันแปรของสภาพภูมิอากาศในปีเอลนีโญ และลานีญา
2. เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าในปีเอลนีโญ ลานีญา และปีปกติ ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี โดยใช้แบบจำลอง SWAT
3. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา กับปีปกติ
4. เพื่อจำลองสถานการณ์น้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

## การตรวจเอกสาร

### 1. ปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Nino) และลานีญา (La Nina)

#### 1.1 ปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Nino)

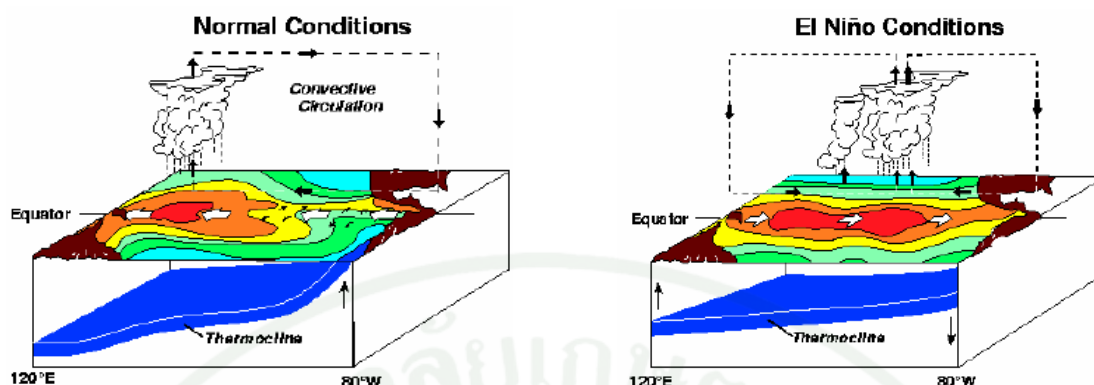
มันทนา และนงศ์นาค (2545) กล่าวว่า เอลนีโญมีความหมายแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มบุคคล ในภาษาสเปน คำว่าเอลนีโญ (El Nino) หมายถึง เด็กชาย เล็ก ๆ แต่หากเขียนนำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ เอลนีโญ (El Nino) หมายถึง ทารกพระเยซูคริสต์ สำหรับชาวเปรูจะมีความหมายเพิ่มเติมคือ กระแสน้ำอุ่นที่ไหลเลียบชายฝั่งเปรูลงไปทางใต้ทุก ๆ 2-3 ปี หรือกว่านั้น และได้ตั้งชื่อกระแสน้ำอุ่นนี้ว่าเอลนีโญ ก่อนเริ่มศตวรรษที่ 20 โดยเริ่มรู้จักและสังเกตเห็นครั้งแรกประมาณปี ค.ศ. 1892 การที่ตั้งชื่อว่า เอลนีโญ เนื่องจากมีน้ำอุ่นปรากฏอยู่ตามชายฝั่งเปรูเป็นฤดู ๆ โดยเริ่มประมาณช่วงคริสต์มาส (ช่วงฤดูร้อนของ ซีกโลกใต้ ซึ่งตรงกับช่วงฤดูหนาวของซีกโลกเหนือ) น้ำอุ่นนี้ไหลเข้าแทนที่น้ำเย็นที่อยู่ตามชายฝั่งเปรูนานประมาณ 2-3 เดือน (โดยปกติแล้วตามชายฝั่งเปรูมีน้ำเย็นปรากฏอยู่ ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการไหลขึ้นของน้ำเย็นจากใต้ มหาสมุทรขึ้นมายังผิวน้ำ ซึ่งทำให้น้ำเย็นอันอุดมไปด้วยธาตุอาหารไหลขึ้นมายังผิวน้ำ) บางครั้งน้ำอุ่นที่ปรากฏเป็นระยะ ๆ ตามชายฝั่งประเทศเปรูและเอกวาดอร์ อาจคงอยู่นานเกินกว่า 2-3 เดือน ซึ่งบางครั้งอาจยาวนานข้ามปีถัดไป ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาชายฝั่งซึ่งเกี่ยวข้องกับปลา นกที่กินปลาเป็นอาหาร และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประมงและเกษตรกรรม ฝนที่ตกหนักเนื่องจากเอลนีโญทางเอกวาดอร์ใต้ และเปรูเหนือ บางครั้งทำให้เกิดความเสียหายในหลาย ๆ เมือง

ประมาณกลาง ค.ศ. 1970 มีคำจำกัดความเกี่ยวกับเอลนีโญมากมาย และประมาณปลาย ค.ศ. 1990 หลายสิบคำจำกัดความของเอลนีโญตั้งแต่ง่าย ๆ จนถึงซับซ้อนปรากฏอยู่ในบทความและหนังสือด้านวิทยาศาสตร์ทั่วไป ดังตัวอย่างของคำจำกัดความเอลนีโญคือ ช่วง 12-18 เดือนที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลทางครึ่งซีกด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนอุ่นกว่าปกติ เป็นต้น เอลนีโญที่มีขนาดปานกลางหรือรุนแรงจะเกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอ เฉลี่ยประมาณ 5-6 ปีต่อครั้ง แม้ว่าที่ผ่านมามีเอลนีโญมีความหมายมากมาย แต่ความหมายอันเป็นที่รับรู้และเข้าใจกันโดยทั่วไปในปัจจุบันคือ การอุ่นขึ้นอย่างผิดปกติของน้ำทะเลบริเวณตอนกลางและตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อน ซึ่งเกิดจากการอ่อนกำลังลงของลมสินค้า (Trade Wind) คำจำกัดความของเอลนีโญแม้มีมากมายแต่ลักษณะบางอย่างซึ่งเป็นลักษณะปกติของเอลนีโญที่ปรากฏให้เห็น คือ (1) การอุ่นขึ้นผิดปกติของผิวน้ำทะเล (2) กระแสน้ำอุ่นที่ไหลลงทางใต้ตามชายฝั่งประเทศเปรู

(3) เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่สูงขึ้นทางด้านตะวันออก และตอนกลางของแปซิฟิกเขตร้อน  
 สูตร (4) ปรากฏตามชายฝั่งประเทศเอกวาดอร์ และเปรูเหนือ (บางครั้งถึงประเทศชิลี) (5) เชื่อมโยง  
 กับการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล (6) เกิดร่วมกับการอ่อนกำลังลงของลม  
 ลมสินค้าที่พัดไปทางทิศตะวันตกบริเวณแปซิฟิกเขตร้อนสูตร (7) เวียนเกิดขึ้นแต่ช่วงเวลาไม่สม่ำเสมอ  
 และ (8) เกิดแต่ละครั้งนาน 12-18 เดือน

### 1.1.1 การเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Nino)

สภาวะปกติหรือในสภาวะที่ไม่ได้เกิดเอลนีโญ ลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ที่  
 พัดปกคลุมเหนือมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนในซีกโลกใต้ จะพัดพาน้ำอุ่นจากทางตะวันออก  
 มหาสมุทรไปสะสมอยู่ทางตะวันตก (ด้านเอเชีย ออสเตรเลียและอินโดนีเซีย) บริเวณตะวันตกของ  
 มหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนจึงมีอุณหภูมิสูง ซึ่งมีผลต่อบรรยากาศเหนือบริเวณดังกล่าว โดยทำให้มี  
 การกลั่นตัวเป็นเมฆและฝนมากขึ้น ส่วนทางแปซิฟิกตะวันออก (ประเทศเอกวาดอร์ ชิลีและเปรู) จะ  
 มีการไหลขึ้นของน้ำเย็นระดับล่างไปสู่ผิวน้ำ (Upwelling) ทำให้อุณหภูมิมิวน้ำต่ำ และส่งผลให้  
 บริเวณแปซิฟิกตะวันออกเกิดความแห้งแล้ง (กนกพร และนิพนธ์, 2543) แต่เมื่อลมสินค้าตะวันออก  
 มีกำลังอ่อนกว่าปกติ ลมที่พัดปกคลุมบริเวณด้านตะวันออกของปาปัวนิวกินี (ปาปัวนิวกินี คือ เกาะ  
 ที่ตั้งอยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตรทางแปซิฟิกตะวันตกเหนือทวีปออสเตรเลีย) จะเปลี่ยนทิศทางจาก  
 ตะวันออกเป็นตะวันตก ทำให้เกิดคลื่นใต้ผิวน้ำพัดพาเอามวลน้ำอุ่นที่สะสมอยู่บริเวณแปซิฟิก  
 ตะวันตกไปแทนที่น้ำเย็นทางแปซิฟิกตะวันออก เมื่อมวลน้ำอุ่นได้ถูกพัดพาไปถึงแปซิฟิก  
 ตะวันออก (บริเวณชายฝั่งประเทศเอกวาดอร์) แล้วรวมเข้ากับผิวน้ำ ทำให้ผิวน้ำน้ำทะเลบริเวณนี้  
 อุ่นขึ้นกว่าปกติ และน้ำอุ่นนี้ค่อย ๆ แผ่ขยายพื้นที่ไปทางตะวันตกถึงตอนกลางของมหาสมุทร ส่งผล  
 ให้บริเวณที่มีการก่อตัวของเมฆและฝนซึ่งปกติอยู่ทางตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก เปลี่ยนแปลง  
 ไปอยู่ที่บริเวณตอนกลางและตะวันออก (ภาพที่ 1) บริเวณดังกล่าวจึงมีฝนตกมากกว่าปกติ ในขณะที่  
 ที่แปซิฟิกตะวันตกซึ่งเคยมีฝนมากกว่ากลับมีฝนน้อยและเกิดความแห้งแล้ง (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)



ภาพที่ 1 สภาวะปกติ และสภาวะเอลนีโญ

ที่มา: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (1997a)

การเกิดเอลนีโญส่วนมากน้ำที่อุ่นผิดปกติจะปรากฏครั้งแรกบริเวณชายฝั่งประเทศเอกวาดอร์และเปรูในเดือนกุมภาพันธ์หรือมีนาคม แต่เอลนีโญที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งอาจแตกต่างกันไปจากรูปแบบปกติดังกล่าวนี้ได้ ไม่จำเป็นว่าต้องเกิดเช่นนี้เสมอไป ดังตัวอย่างเช่น เอลนีโญปี พ.ศ. 2525-2526 อุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งอเมริกาใต้ เริ่มอุ่นขึ้นช้ากว่ารูปแบบปกติหลายเดือน (Glantz *et al.*, 1987)

### 1.1.2 การตรวจจับเอลนีโญ

จากเอลนีโญขนาดรุนแรงในปี พ.ศ. 2525-2526 ทำให้เกิดแผนความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่อติดตาม ตรวจวัด และวิจัยปรากฏการณ์เอลนีโญขึ้น คือ แผนงานมหาสมุทรเขตร้อนและบรรยากาศโลก (Tropical Ocean and Global Atmosphere; TOGA) ซึ่งได้ดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2528-2537 ภายใต้แผนงานการวิจัยภูมิอากาศโลก จากการศึกษา และวิจัยของ TOGA พบว่า ปรากฏการณ์เอลนีโญในมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนตรวจจับได้จากหลายวิธี รวมถึงจากดาวเทียม ที่ขึ้นอยู่กับที่ การวิเคราะห์ระดับน้ำทะเล เป็นต้น ระบบการตรวจวัดเพื่อการวิจัยนี้ ปัจจุบันได้เข้าสู่ระบบการตรวจวัดภูมิอากาศทางภาคปฏิบัติแล้ว โดยข้อมูลจากระบบการตรวจวัดภูมิอากาศนี้ได้ใช้ป้อนเข้าไปในแบบจำลองระหว่างบรรยากาศและมหาสมุทรของโลกเพื่อทำการคาดหมายเอลนีโญ ส่วนแบบจำลองอื่น ๆ ได้ใช้ในการวิจัยเพื่อให้เข้าใจถึงเอลนีโญได้ดีและมากยิ่งขึ้น สำหรับการคาดหมายนั้นมักใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่ทำ

การคาดหมายการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ เช่น ศูนย์พยากรณ์ภูมิอากาศ ประเทศสหรัฐอเมริกา และหน่วยงานอุตุนิยมวิทยา ประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น

### 1.1.3 ขนาดของเอลนีโญ

ดัชนีชี้วัดขนาดของเอลนีโญที่สำคัญและชัดเจนที่สุดดัชนีหนึ่ง คือ อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นทางตะวันออกหรือตอนกลางของแปซิฟิกเขตศูนย์สูตร อุณหภูมิยิ่งสูงกว่าปกติมากเท่าไร ปรากฏการณ์ยิ่งรุนแรงมากเท่านั้น นักวิทยาศาสตร์ได้แบ่งขนาดของเอลนีโญ ออกเป็น อ่อนมาก อ่อน ปานกลาง รุนแรง หรือรุนแรงมาก จากการศึกษาของ Quinn *et al.* (1978) พบว่า “ปรากฏการณ์ยังมีความรุนแรงมากเท่าไร ปริมาณความเสียหาย การถูกทำลาย และมูลค่าความเสียหายยิ่งสูงมากเท่านั้น” และปานทิพย์ (2554) ได้กำหนดขนาดความรุนแรงของเอลนีโญ โดยใช้ดัชนีชี้วัดที่สำคัญและชัดเจนที่สุด 2 ดัชนี คือ (1) ผลต่างของระดับอุณหภูมิผิวน้ำทะเลฝั่งตะวันออกเปรียบเทียบกับฝั่งตะวันตก หรือใช้ค่าผลต่างจากความกดอากาศ โดยใช้ค่าที่ตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศดาร์วิน (Darwin) ประเทศออสเตรเลีย เปรียบเทียบกับสถานีตรวจอากาศตาสิตี ประเทศตาสิตี (Tahiti) เมื่อเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญค่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลฝั่งตะวันออก (สถานีตรวจอากาศตาสิตี) จะสูงกว่าฝั่งตะวันตก (สถานีตรวจอากาศดาร์วิน) การเพิ่มสูงขึ้นของระดับอุณหภูมิผิวน้ำทะเลทางตะวันออกหรือตอนกลางเขตศูนย์สูตรของมหาสมุทรแปซิฟิก ถ้าระดับอุณหภูมิยิ่งเพิ่มสูงกว่าระดับปกติมากเท่าไร ปรากฏการณ์ยิ่งรุนแรงมากขึ้น ปริมาณความเสียหายและมูลค่าความเสียหายยิ่งสูงมากตามไปด้วย (2) ผลต่างของความกดอากาศ 2 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจอากาศตาสิตีกับสถานีตรวจอากาศดาร์วิน ในภาวะปกติฝั่งด้านตะวันตกจะมีภาวะความกดอากาศต่ำกว่าฝั่งตะวันออก เมื่อเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญค่าความกดอากาศที่เมืองดาร์วิน จะมีค่ามากกว่าที่ตาสิตี หรือค่าติดลบ ถ้าระดับความกดอากาศยิ่งต่างจากระดับปกติหรือมีค่าติดลบมากเท่าไร ปรากฏการณ์ยิ่งรุนแรงมากขึ้น ขนาดของเอลนีโญกำหนดระดับความรุนแรงเป็น 5 ระดับ ได้แก่ อ่อนมาก อ่อน ปานกลาง รุนแรง และรุนแรงมาก อย่างไรก็ตาม ระดับความรุนแรงที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมหาสมุทรกับผลกระทบที่เกิดขึ้นบนพื้นทวีป มี 3 ระดับ ดังนี้

1) ขนาดปานกลาง อุณหภูมิผิวน้ำทะเลโดยทั่วไปบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเขตซีกโลกใต้ในช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วงสูงกว่าปกติประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส หรือปริมาณน้ำฝนสูงกว่าปกติ มีน้ำท่วมตามบริเวณชายฝั่งทวีปอเมริกาใต้ ความเสียหายที่เกิดขึ้นยังถือว่าอยู่ในระดับต่ำ

2) ขนาดรุนแรง อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเขตซีกโลกใต้ในช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วงสูงกว่าประมาณ 3-5 องศาเซลเซียส และคงระดับต่อไปอีกเป็นเวลาหลายเดือน หรือปริมาณน้ำฝนสูงกว่าปกติมาก มีน้ำท่วมตามบริเวณชายฝั่งอเมริกาใต้ เกิดความเสียหายต่อพืชผลทางการเกษตร

3) ขนาดรุนแรงมาก อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเขตซีกโลกใต้ในช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วงสูงกว่าปกติมากกว่า 7 องศาเซลเซียส และมีหลายเดือนที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่า 7 องศาเซลเซียส หรือมีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าปกติมาก มีน้ำท่วมและเกิดความเสียหายอย่างหนักในประเทศแถบชายฝั่งในทวีปอเมริกาใต้ ได้แก่เปรู ชิลี อาร์เจนตินา เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่นำมาใช้กำหนดขนาดของเอลนีโญ ซึ่งรวมถึงตำแหน่งของแอ่งน้ำอุ่น (Warm Pool) ในมหาสมุทรแปซิฟิกเขตศูนย์สูตร บริเวณพื้นผิวมหาสมุทรซึ่งปกคลุมด้วยแอ่งน้ำอุ่นที่ผิดปกติ หรือความลึก (ปริมาตร) ของแอ่งน้ำอุ่นนั้น ยิ่งแอ่งน้ำอุ่นมีอาณาบริเวณกว้างและมีปริมาตรมากปรากฏการณ์ยิ่งมีความรุนแรง เพราะมีความร้อนมหาศาลซึ่งมีผลต่อบรรยากาศเหนือบริเวณนั้น ในกรณีที่เอลนีโญมีกำลังอ่อนบริเวณน้ำอุ่นมักจำกัดวงแคบอยู่เพียงแถบชายฝั่งตะวันตกของอเมริกาใต้ แต่กรณีเอลนีโญขนาดรุนแรงบริเวณที่มีน้ำอุ่นผิดปกติจะแผ่กว้างปกคลุมทั่วทั้งตอนกลางและตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเขตศูนย์สูตร

#### 1.1.4 ผลกระทบของเอลนีโญ

การที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ทำให้การก่อตัวของเมฆและฝนเหนือแอนตาร์กติกและบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ลดลง และยับยั้งไปทางตะวันออก ทำให้บริเวณตอนกลางและตะวันออกของแปซิฟิกเขตศูนย์สูตร รวมทั้งประเทศเปรูและเอกวาดอร์มีปริมาณน้ำฝนมากกว่าค่าเฉลี่ย (Rasmusson and Carpenter, 1982) ขณะที่มีความแห้งแล้งเกิดขึ้นที่นิวกินี และอินโดนีเซีย (Quinn *et al.*, 1978) อีกทั้งบริเวณเขตร้อนของออสเตรเลีย (พื้นที่ทางตอนเหนือ) มักจะเริ่มฤดูฝนล่าช้า (Nicholls, 1987) นอกจากนี้ที่บริเวณเขตร้อนแล้วเอลนีโญยังมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับความผิดปกติของภูมิอากาศในพื้นที่ซึ่งอยู่ห่างไกลด้วย เช่น ความแห้งแล้งทางตอนใต้ของแอฟริกา จากการศึกษาเอลนีโญที่เคยเกิดขึ้นในอดีต นักวิทยาศาสตร์พบว่า ในฤดูหนาว และฤดูร้อนของซีกโลกเหนือ (ระหว่างเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ และเดือนมิถุนายน-สิงหาคม) รูปแบบของฝนและอุณหภูมิหลายพื้นที่ผิดปกติ เช่น ในฤดูหนาวบริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของแอฟริกาและ

ตอนเหนือของประเทศบราซิลแห้งแล้งผิดปกติ ขณะที่ทางตะวันตกของแคนาดา อลาสก้า และตอนบนสุดของอเมริกามีอุณหภูมิสูงผิดปกติ ส่วนบางพื้นที่บริเวณกึ่งเขตร้อนของอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ (บราซิลตอนใต้ถึงตอนกลางของอาร์เจนตินา) มีฝนมากผิดปกติ นอกจากเอลนีโญจะมีผลกระทบต่อรูปแบบของฝนและอุณหภูมิแล้ว ยังมีอิทธิพลต่อการเกิดและการเคลื่อนตัวของพายุหมุนเขตร้อนอีกด้วย โดยปรากฏการณ์เอลนีโญ ไม่เอื้ออำนวยต่อการก่อตัวและการพัฒนาของพายุหมุนเขตร้อนในมหาสมุทรแอตแลนติก (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551) ทำให้พายุหมุนเขตร้อนในบริเวณดังกล่าวนี้ลดลง ในขณะที่บริเวณด้านตะวันตกของประเทศเม็กซิโกและสหรัฐอเมริกา มีพายุพัดผ่านมากขึ้น ส่วนพายุหมุนเขตร้อนในมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตกที่มีการก่อตัวทางด้านตะวันออกของประเทศฟิลิปปินส์ มักมีเส้นทางเดินของพายุขึ้นไปทางเหนือมากกว่าที่จะเคลื่อนตัวมาทางตะวันตกผ่านประเทศฟิลิปปินส์ลงสู่ทะเลจีนใต้ (ปานทิพย์, 2554)

### 1.1.5 ผลกระทบของเอลนีโญต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในประเทศไทย

การศึกษาสภาวะฝนและอุณหภูมิของประเทศไทยในปีเอลนีโญของมันทนาและนงศ์นาค (2545) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ค่า Composite Percentile ของปริมาณน้ำฝน และ Composite Standardized ของอุณหภูมิในปีเอลนีโญ จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิตายเดือนพบว่า ในปีเอลนีโญปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยส่วนใหญ่ต่ำกว่าปกติ โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนและต้นฤดูฝน และพบว่าเอลนีโญขนาดปานกลางถึงรุนแรงมีผลกระทบทำให้ปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าปกติมากขึ้น สำหรับอุณหภูมิ ปรากฏว่าสูงกว่าปกติทุกฤดูในปีเอลนีโญ โดยเฉพาะช่วงฤดูร้อนและต้นฤดูฝน และสูงกว่าปกติมากขึ้นในกรณีที่เอลนีโญมีขนาดปานกลางถึงรุนแรง อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่า ในช่วงกลางและปลายฤดูฝน ไม่สามารถหาข้อสรุปเกี่ยวกับสภาวะฝนในปีเอลนีโญได้ชัดเจน นั่นคือ ปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยมีโอกาสเป็นไปได้ทั้งสูงกว่าปกติและต่ำกว่าปกติ หรืออาจกล่าวได้ว่า ช่วงกลางและปลายฤดูฝนเป็นระยะที่เอลนีโญมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยไม่ชัดเจน จากผลการศึกษาพอสรุปได้กว้าง ๆ ว่าหากเกิดเอลนีโญ ปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยมีแนวโน้มต่ำกว่าปกติ โดยเฉพาะฤดูร้อนและต้นฤดูฝน ในขณะที่อุณหภูมิของอากาศจะสูงกว่าปกติ เฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เอลนีโญมีขนาดรุนแรง ผลกระทบดังกล่าวจะชัดเจนมากขึ้น

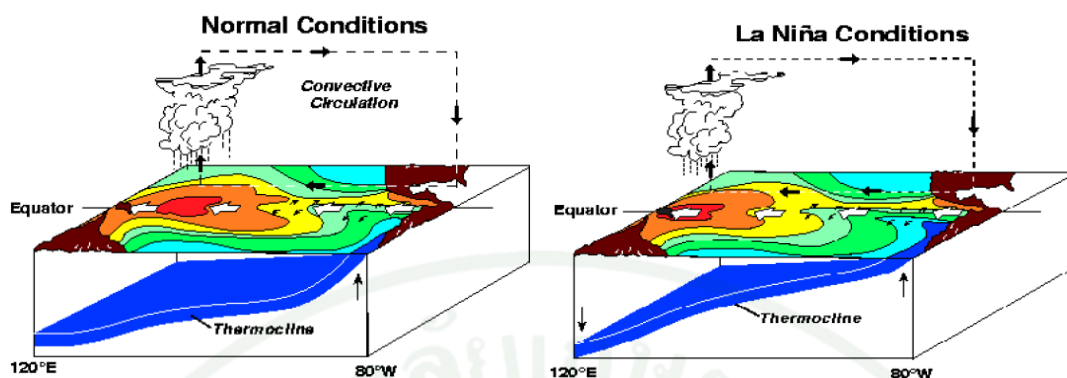
## 1.2 ปรากฏการณ์ลานีญา (La Nina)

ลานีญา มีชื่อเรียกต่าง ๆ กันหลายชื่อ เช่น น้องของเอลนีโญ สภาวะตรงข้ามเอลนีโญ (Anti-El Nino หรือ The Opposite of El Nino) สภาวะที่ไม่ใช่เอลนีโญ (Non El Nino) และฤดูกาลที่

อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเย็น (Season with Cold SSTs) เป็นต้น (Glantz, 2001) แต่ทั้งหมดไม่ว่าชื่อใด จะมีความหมายเดียวกันคือ ปรากฏการณ์ที่กลับกันกับเอลนีโญ กล่าวคือ อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณ ตอนกลางและตะวันออกของแปซิฟิกเขตร้อนมีค่าต่ำกว่าปกติเนื่องจากลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ที่พัดอยู่เป็นประจำในแปซิฟิกเขตร้อนทางซีกโลกใต้ (ละติจูด 0-30 องศาใต้) มีกำลังแรงมากกว่าปกติจึงพัดพาผิวน้ำทะเลจากแปซิฟิกเขตร้อนตะวันออก (บริเวณชายฝั่งเอกวาดอร์ เปรูและชิลีตอนเหนือ) ไปสะสมอยู่ทางแปซิฟิกเขตร้อนตะวันตก (บริเวณชายฝั่งอินโดนีเซียและออสเตรเลีย) มากยิ่งขึ้น ทำให้ทางแปซิฟิกเขตร้อนตะวันตกซึ่งเดิมมีอุณหภูมิผิวน้ำทะเลและระดับน้ำทะเลสูงกว่าทางตะวันออกอยู่แล้วยังมีอุณหภูมิและระดับน้ำทะเลสูงขึ้นไปอีก มีผลทำให้ทางแปซิฟิกเขตร้อนตะวันตกมีปริมาณน้ำฝนตกมากขึ้น ขณะที่ทางแปซิฟิกเขตร้อนตะวันออกมีความแห้งแล้งมากขึ้นเช่นกัน ปรากฏการณ์ลานีญาเกิดขึ้นได้ทุก 2 - 3 ปี และปกติจะเกิดขึ้นนานประมาณ 9 -12 เดือน แต่บางครั้งอาจปรากฏอยู่ได้นานถึง 2 ปี

### 1.2.1 การเกิดลานีญา

สภาวะปกติลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมเหนือมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนหรือแปซิฟิกเขตร้อนจะพัดพาน้ำอุ่นจากทางตะวันออกของมหาสมุทรไปสะสมอยู่ทางตะวันตก บริเวณด้านตะวันตกของมหาสมุทร แปซิฟิกเขตร้อนจึงมีอุณหภูมิสูง และเรียกว่าแอ่งน้ำอุ่น (Warm Pool) ซึ่งมีผลต่อบรรยากาศเหนือบริเวณดังกล่าว โดยทำให้อากาศมีการลอยตัวขึ้นรวมตัวเป็นเมฆและกลั่นตัวเป็นฝน ส่วนทางแปซิฟิกตะวันออกหรือบริเวณชายฝั่งประเทศเอกวาดอร์และเปรูจะมีกระบวนการไหลขึ้นของน้ำเย็นระดับล่างไปสู่ผิวน้ำ (Upwelling) ทำให้อุณหภูมิผิวน้ำต่ำกว่าทางแปซิฟิกตะวันตก และส่งผลให้บริเวณดังกล่าวนี้มีฝนน้อยกว่า สถานการณ์เช่นนี้เป็นลักษณะปกติเราจึงเรียกว่า สภาวะปกติ แต่มีบ่อยครั้งที่สถานการณ์เช่นนี้ถูกมองว่าเป็นได้ทั้งสภาวะปกติ และลานีญา (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 สภาวะปกติ และสภาวะลานีญา

ที่มา: NOAA (1997b)

เมื่อพิจารณารูปแบบของสภาวะลานีญา จะเห็นได้ว่าปรากฏการณ์ลานีญามีความแตกต่างจากสภาวะปกติ (Glantz, 2001) นั่นคือ ลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมเหนือมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อน มีกำลังแรงมากกว่าปกติและพัดพาผิวน้ำทะเลที่อุ่นจากตะวันออกไปสะสมอยู่ทางตะวันตกมากยิ่งขึ้น ทำให้บริเวณแปซิฟิกตะวันตก รวมทั้งบริเวณตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ของเอเชีย ซึ่งเดิมมีอุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงกว่าทางตะวันออกอยู่แล้วยังมีอุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงขึ้นไปอีก อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่สูงขึ้นส่งผลให้อากาศเหนือบริเวณดังกล่าวมีการลอยตัวขึ้น รวมตัวเป็นเมฆและกลั่นตัวเป็นฝน ส่วนแปซิฟิกตะวันออกนอกฝั่งประเทศเปรูและเอกวาดอร์นั้น การไหลขึ้นของน้ำเย็นระดับล่างไปสู่ผิวน้ำจะเป็นไปอย่างต่อเนื่องและรุนแรง อุณหภูมิที่ผิวน้ำทะเลจึงลดลงต่ำกว่าปกติ เช่น ลานีญาที่เกิดขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2531 - 2532 อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณดังกล่าวต่ำกว่าปกติประมาณ 4 องศาเซลเซียส (กรมอุตุฯ, 2546)

### 1.2.2 ผลกระทบของปรากฏการณ์ลานีญา

ผลกระทบจากปรากฏการณ์ลานีญาในแต่ละพื้นที่ของโลกจะไม่เหมือนกันซึ่งขึ้นอยู่กับการตอบสนองต่อปรากฏการณ์ของแต่ละพื้นที่ บางแห่งฝนมาก บางแห่งฝนน้อย หรือบางแห่งอาจมีอุณหภูมิสูงขึ้นแต่บางแห่งมีอุณหภูมิลดลง แต่ประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และออสเตรเลียจะมีฝนโดยเฉลี่ยมากขึ้น 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ (%) ซึ่งอาจมีอุทกภัยเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ที่พัดอยู่เป็นประจำในแปซิฟิกเขตร้อนทางซีกโลกใต้ (ละติจูด 0-30 องศาใต้) มีกำลังแรงกว่าปกติ จึงพัดพาผิวน้ำทะเลที่อุ่นจากแปซิฟิกเขตร้อนตะวันออก

(บริเวณชายฝั่งเอกวาดอร์ เปรู และชิลีตอนเหนือ) ไปสะสมอยู่ทางแปซิฟิกเขตร้อนตะวันตก (บริเวณชายฝั่งอินโดนีเซียและออสเตรเลีย) มากยิ่งขึ้น จึงทำให้ทางแปซิฟิกเขตร้อนตะวันตก ซึ่งแต่เดิมมีอุณหภูมิผิวน้ำทะเลและระดับน้ำทะเลสูงกว่าทางแปซิฟิกเขตร้อนตะวันออกอยู่แล้ว กลับยังมีอุณหภูมิผิวน้ำทะเลและระดับน้ำทะเลสูงกว่าทางแปซิฟิกเขตร้อนตะวันออกมากขึ้นไปอีก ซึ่งมีผลทำให้ทางแปซิฟิกเขตร้อนตะวันตกมีปริมาณน้ำฝนตกมากขึ้น ขณะที่ทางแปซิฟิกเขตร้อนตะวันออกมีความแห้งแล้งมากขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้พื้นที่ในบริเวณเขตร้อนได้รับผลกระทบแล้ว ลานีญายังมีอิทธิพลกับพื้นที่อื่นซึ่งอยู่ห่างไกลออกไปด้วย โดยพบว่าแอฟริกาใต้มีแนวโน้มที่ฝนตกมากกว่าปกติและมีความเสี่ยงต่ออุทกภัยมากขึ้น ขณะที่บริเวณตะวันออกของแอฟริกา และตอนใต้ของอเมริกาใต้มีฝนน้อยและเสี่ยงต่อการเกิดความแห้งแล้ง

ผลกระทบของลานีญาต่อรูปแบบของอุณหภูมิ พบว่า ในช่วงเกิดลานีญา อุณหภูมิผิวน้ำในบริเวณเขตร้อน โดยเฉลี่ยลดลงและมีแนวโน้มต่ำกว่าปกติ ในช่วงฤดูหนาวของซีกโลกเหนือทางตะวันตกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก บริเวณประเทศญี่ปุ่นและเกาหลี มีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ ขณะที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของมหาสมุทรรวมถึงพื้นที่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของออสเตรเลียมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ ส่วนทางตอนเหนือของสหรัฐอเมริกา ต่อเนื่องถึงตอนใต้ของแคนาดามีอากาศหนาวเย็นกว่าปกติ และยังพบว่าลานีญามีผลกระทบต่อพายุหมุนเขตร้อนในมหาสมุทรแอตแลนติกและอ่าวเม็กซิโก โดยลานีญาทำให้มีจำนวนพายุเพิ่มขึ้น ประเทศสหรัฐอเมริกาและหมู่เกาะแคริบเบียนจึงมีโอกาสประสบกับพายุเฮอริเคนมากขึ้น

### 1.2.3 ผลกระทบของลานีญาต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในประเทศไทย

จากการศึกษาสภาวะฝนและอุณหภูมิของประเทศไทยในปีลานีญา ของมันทนา และสุดาพร (2542) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ค่า Composite Percentile ของปริมาณน้ำฝน และ Composite Standardized ของอุณหภูมิในปีลานีญา จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิมรายเดือน พบว่า ในปีลานีญาปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยส่วนใหญ่สูงกว่าปกติ โดยเฉพาะช่วงฤดูร้อนและ ต้นฤดูฝน เป็นระยะที่ลานีญามีผลกระทบต่อสภาวะฝนของประเทศไทยชัดเจนกว่าช่วงอื่น และพบว่าในช่วงกลาง และปลายฤดูฝนลานีญามีผลกระทบต่อสภาวะฝนของประเทศไทยไม่ชัดเจน สำหรับอุณหภูมิปรากฏว่าลานีญามีผลกระทบต่ออุณหภูมิในประเทศไทยชัดเจนกว่าฝน โดยทุกภาคของประเทศไทยมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติทุกฤดู และพบว่าลานีญาที่มีขนาดปานกลางถึงรุนแรงส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยสูงกว่าปกติมากขึ้น ขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่าปกติมากขึ้น

## 2. น้ำท่า

### 2.1 นิยามและความหมาย

น้ำท่า หรือ น้ำในลำธาร เป็นน้ำที่ไหลในลำธาร ที่เกิดขึ้นจากน้ำฝนที่ตกลงมาจาก พากฟ้า (วิชา, 2535) ซึ่งนิวัติ (2547) กล่าวว่า น้ำท่าเป็นปริมาณน้ำที่ไหลในลำธารหรือในลำน้ำ ตลอดเวลาและเป็นไปในลักษณะของการไหลอย่างสม่ำเสมอ ปริมาณน้ำที่ไหลในลำน้ำหรือใน ลำธารนั้น ตามธรรมชาติแล้วขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มน้ำ กลุ่มน้ำขนาดใหญ่จะมีน้ำไหลเป็นจำนวน มาก และมักมีขนาดของลำน้ำใหญ่ ซึ่งลำน้ำเหล่านั้นจะพัฒนาตัวเองให้มีความจุพอเพียงกับน้ำ ในกลุ่มน้ำ โดยทั่วไปแล้วไม่ว่ากลุ่มน้ำมีขนาดเท่าไรจะมีลำน้ำหลักอยู่เพียงหนึ่งเสมอ ซึ่งน้ำท่านี้ ไหลมารวมกันในลำน้ำและไหลออกสู่ทะเลและมหาสมุทรต่อไป

### 2.2 กระบวนการไหลของน้ำในลำน้ำ

เกษม (2551) กล่าวว่า น้ำในลำน้ำเกิดขึ้นได้จาก “Runoff Process” กล่าวคือ เมื่อฝนตก ลงสู่พื้นผิวโลก ซึ่งเรียกว่า “Gross Rainfall” ต้นไม้ อาคารบ้านเรือนและสิ่งปกคลุมดินจะรองรับไว้ ด้วยกระบวนการ “Interception Process” คือ กิ่ง ใบ ดอก ผลและส่วนอื่นๆ จะซับน้ำเอาไว้ชั้นหนึ่ง ก่อน หลังจากเปียกชุ่มแล้ว น้ำเหล่านี้จะไหลลงมาตามลำต้นของต้นไม้ เรียกว่า “Stemflow” ส่วนที่ เหลือจะหยดลงสู่พื้นดินในลักษณะของการหยด (Dripping) เรียกว่า “Throughfall” อย่างไรก็ตาม อาจมี Gross Rainfall บางส่วนที่ตกลงสู่ดินโดยตรงก็อาจเรียกว่า “Throughfall” ได้เช่นกัน ทั้งน้ำฝน ที่เป็น Throughfall และ Stemflow ซึ่งเป็นน้ำที่ไหลลงสู่ดิน โดยตรงนี้รวมกันเรียกว่า “Net Rainfall” มีข้อสังเกตว่า Net Rainfall นั้นมิใช่เป็นน้ำที่ซึมลงสู่ดินทั้งหมด แต่อาจมีบางส่วนระเหยสู่ บรรยากาศบ้าง แต่นับว่าเป็นส่วนน้อยจึงมักไม่นิยมคิดกัน และบางส่วนถูกกิ่ง ใบ ดอกและผลที่ เรียกว่า “Litter” ที่ผิวหน้าดินดูดซับเอาไว้ชั้นหนึ่งก่อน เมื่อ Net Rainfall ถึงผิวหน้าดินแล้ว น้ำจะ ซึมผ่านผิวดินด้วยกระบวนการ Infiltration ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้าดินมี รูพรุนขนาดใหญ่และแห้งแต่ถ้ามีรูพรุนขนาดเล็กน้ำจะซึมผ่านผิวดินช้า เมื่อน้ำซึมผ่าน ผิวดินแล้วจะมีกระบวนการซึมผ่านของน้ำตอนใต้ผิวดิน เรียกว่า กระบวนการ Percolation น้ำจากกระบวนการนี้อาจถูกเก็บไว้ในดินหรือซึมลงสู่ดินหรือบริเวณที่เก็บน้ำใต้ดินหรืออาจค่อย ๆ ซึมผ่านดินไหลลงสู่ลำธารอีกต่อหนึ่งได้

น้ำในลำน้ำหรือ Streamflow ที่เกิดจากดินมี Infiltration ซ้ำกว่าอัตราการตกของน้ำฝน ทำให้น้ำเอ่อผิวหน้าดินชั่วคราว เรียกว่า “Depression Storage” เมื่อมีปริมาณมากพอจะไหลไปตาม ผิวหน้าดินเรียกว่า “Surface Flow” หรือ “Overland Flow” แล้วจึงลงสู่ลำธารหรือลำน้ำเป็น “Stream Flow” แต่ลำน้ำนี้อาจเป็นน้ำที่ซึมจากดินทางด้านข้าง (Lateral Movement) ก็อาจเป็นได้ ซึ่งมักพบเสมอว่าท้องที่บางแห่ง เช่น ป่าดิบเขตรวมชาติไม่ปรากฏว่ามี Surface Runoff แต่มีน้ำไหลในลำธารตลอดปี ทั้งนี้เป็นเพราะว่าน้ำซึมจากดินในลุ่มน้ำในลักษณะ Lateral Flow นั้นเอง

ลำธารที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปีทั้ง ๆ ที่ฝนไม่ตก โดยเฉพาะอย่างยิ่งฤดูแล้งนั้น เกิดขึ้นได้ เพราะน้ำจะซึมออกจากดินอย่างค่อย ๆ เป็นค่อย ๆ ไป กล่าวคือ เมื่อเม็ดดินอุ้มน้ำจนอิ่มตัวแล้ว ส่วนที่เป็น Gravitational Water จะซึมลงสู่ที่ต่ำ กระบวนการเช่นนี้จะมีการทดแทนกันเสมอ เพราะน้ำไหลในลำธารนั้นจะมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำในลำธารและในดิน เนื่องจากน้ำในลำธารมีแรงที่ไหลมากกว่า จึงดึงน้ำจากดินออกมาได้ และเกิดแรงดึงดูดของน้ำภายในดินเอง ซึ่งอาจด้วย Capillary Force หรือ Gravitational Force ก็ได้ ทำให้น้ำมีให้แก่ลำธารตลอดเวลา

Hewlett and Nutter (1969) ได้แบ่งชนิดของลำธารออกเป็น 3 ประเภท คือ (1) ลำธารที่มีน้ำไหลตลอดปี (Perennial Stream) เป็นลำธารที่มีน้ำไหลตลอดปีโดยในฤดูแล้งระดับน้ำใต้ดิน อยู่สูงกว่าท้องลำธาร ทำให้มีการปลดปล่อยน้ำลำธารตลอดปี (2) ลำธารที่มีน้ำไหลไม่ตลอดปีหรือมีน้ำไหลเฉพาะในช่วงฤดูฝน (Intermittent Stream) ลำธารประเภทนี้จะมีน้ำไหลเฉพาะในช่วงฤดูฝน ส่วนในช่วงฤดูแล้งจะไม่มีน้ำไหลในลำธาร ระดับน้ำใต้ดินจะอยู่สูงกว่าท้องลำธารในช่วงฤดูฝน และต่ำกว่าท้องลำธารในช่วงฤดูแล้ง (3) ลำธารที่มีน้ำไหลบางขณะ (Ephemeral Stream) น้ำในลำธารมีเฉพาะในช่วงหลังฝนตกใหม่ ๆ เท่านั้น เป็นลำธารที่มีน้ำไหลมาจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน เท่านั้น จะไม่ได้รับน้ำจากน้ำใต้ดินเลย เพราะระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าระดับท้องลำธาร

### 2.3 ส่วนประกอบของน้ำในลำธาร

วิชา (2535) ได้แบ่งส่วนประกอบของน้ำทำตามกระบวนการที่น้ำแพร่กระจายลงสู่ลำธารออกเป็น 4 กระบวนการ ได้แก่

2.3.1 น้ำไหลบ่าหน้าดิน (Surface Runoff) เกิดจากที่ฝนตกหนักจนกระทั่งน้ำฝนที่ตกลงมาไม่สามารถซึมผ่านผิวดินได้ทัน ประกอบกับสภาพพื้นที่ที่มีความลาดเอียง ทำให้น้ำส่วนนี้ ไหลลงสู่ลำธารในลักษณะการไหลของน้ำไหลบ่าหน้าดินลงสู่ลำธาร ปริมาณน้ำส่วนนี้เป็นส่วนที่

มีมากที่สุด ปริมาณน้ำที่ไหลทั้งหมดในลำธาร ทั้งนี้เนื่องจากเป็นปริมาณน้ำที่มีความสัมพันธ์กับ ปริมาณน้ำฝนโดยตรงมากที่สุด ในบรรดาน้ำทั้งหมดในลำธาร

2.3.2 น้ำซึมผ่านชั้นดินด้านข้าง (Lateral Flow) เกิดจากน้ำฝนที่ซึมผ่านผิวดินลงไปแต่ ขณะที่ซึมผ่านชั้นดินต่าง ๆ ซึ่งมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านชั้นดินต่าง ๆ มีค่าน้อยกว่าการ ซึมผ่านชั้นดิน ประกอบกับพื้นที่ที่มีความลาดเอียง ทำให้น้ำส่วนนี้ไหลไปตามความลาดเอียงลงสู่ ลำธาร ปริมาณน้ำส่วนนี้มีปริมาณค่อนข้างน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน

2.3.3 น้ำใต้ดิน (Ground Water) เกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาแล้วซึมลงไปในดินไปถึงระดับ น้ำใต้ดิน แล้วรวมกับน้ำใต้ดินซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญที่ปลดปล่อยน้ำออกสู่ลำธารอย่างช้า ๆ ตลอดเวลา น้ำส่วนนี้เป็นน้ำที่มีคุณภาพดีทั้งทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพ น้ำที่พบโดยทั่วไป จะใสสะอาดสามารถนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ โดยการบำบัดน้ำอย่างง่าย ๆ เท่านั้น

2.3.4 ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาบนผิวของน้ำในลำธารโดยตรง (Direct Channel Rainfall) ปริมาณน้ำฝนที่ตกในลักษณะนี้มีผลมากในลักษณะที่เป็นลำธารหรือแม่น้ำขนาดใหญ่ที่มี พื้นที่ผิวน้ำสัมผัสกับท้องฟ้าโดยตรง น้ำฝนส่วนนี้ทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นทันทีที่ฝนตกลงไปรวม กับน้ำไหลในลำธาร น้ำส่วนนี้มีคุณภาพเหมือนน้ำใต้ดินแต่อาจมีส่วนผสมของสิ่งสกปรกได้ง่ายใน เขตพื้นที่อุตสาหกรรมหรือชุมชนที่ทำให้เกิดเป็นฝนกรด ของสารพวกซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ ไตรออกไซด์ เป็นต้น

## 2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของน้ำท่า

เกษม (2551) ได้แบ่งปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของน้ำท่าไว้ 2 ประการใหญ่ ๆ คือ ประการแรก ได้แก่ ลักษณะภูมิอากาศ อันประกอบด้วย ชนิดของฝน ความหนักเบาของฝน ระยะเวลาที่ฝนตก ซึ่งมีผลต่อการไหลของน้ำไหลบ่าหน้าดิน การกระจายของฝน รวมถึงปริมาณ น้ำฝนที่ตกในวันก่อน ๆ และการระเหยของน้ำในลุ่มน้ำ คือ ถ้ามีการระเหยน้ำมาแล้วการไหลของน้ำ ในลำธารจะน้อย และในทำนองเดียวกันกระบวนการคายระเหยก็มีผลดังกล่าวเช่นกัน ประการที่ สอง คือ ลักษณะภูมิประเทศ อันได้แก่ ขนาดพื้นที่ รูปร่าง ความลาดชัน ด้านลาดชัน และระบบหรือ แบบของลำธาร โดยลำธารจะมีน้ำไหลมากหรือน้อยหลังจากฝนตกขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ รูปร่าง ความสูง และด้านลาดชันของกลุ่มน้ำด้วย ส่วนการเกิดน้ำไหลในลำธารจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ความลาดชัน และระบบระบายน้ำ นอกจากนี้ วิษา (2535) ได้แบ่งปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของน้ำท่า

ไว้ 3 ประการ โดยเพิ่มปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินให้ถูกต้องตามสมรรถนะของดินเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ดังนั้น จึงสามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและการไหลของน้ำทำได้ดังนี้

#### 2.4.1 ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิอากาศ (Meteorological Factors)

สุวัฒน์ และคณะ (2545) กล่าวว่า ลักษณะอากาศที่มีผลต่อการไหลของน้ำในลำธารที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ การระเหย ความเร็วลม และรังสีดวงอาทิตย์ โดยปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการไหลของน้ำในลำธารมากที่สุด ปริมาณน้ำในลำธารจะมากขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน ความหนักเบาของฝน ความยาวนานฝนที่ตก การกระจายในการตกของน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่ตกบนผิวน้ำโดยตรง โดยฝนที่ตกมีปริมาณมาก ความหนักเบาที่สูงมีช่วงสั้น ทำให้เกิดการไหลของน้ำในลำธารมากขึ้น ดังที่ Chow (1964) กล่าวว่าไว้ว่า น้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพล ต่อน้ำในลำธารทั้งในด้าน ปริมาณ การขึ้นลง และระดับน้ำสูงสุด โดยปริมาณน้ำฝนที่ตกเกิน 20 มิลลิเมตรจะมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำในลำธารอย่างเด่นชัด ส่วน Wisler and Brater (1959) อธิบายว่า ปริมาณน้ำในลำธารผันแปร โดยตรงกับปริมาณน้ำฝน ซึ่งสอดคล้องกับที่บุญช่วย (2536) ศึกษาพบว่า น้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในลำธารมากที่สุด โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นบวก สำหรับปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะอากาศอื่น ๆ จะมีผลต่อปริมาณน้ำในลำธารในการมีส่วนช่วยทำให้เกิดการระเหยน้ำขึ้นสู่ฟ้าได้บ้าง แต่เป็นเพียงช่วยลดความรุนแรงของน้ำในลำธาร

#### 2.4.2 ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ (Topographic Factors)

ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำรวมถึงสภาพพื้นผิวดินของโลก มีความแตกต่างกันไปตามสภาพท้องที่ ลักษณะภูมิประเทศที่มีผลต่อการไหลของน้ำในลำธาร ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่และลำธาร ทิศทางการไหลของน้ำในลำธาร ความสูงจากระดับน้ำทะเล ชนิดของดิน ชนิดของลำธารและขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (วิชา, 2535)

1) ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเกษม (2515) กล่าวว่า ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำมีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางปริมาตร และนิพนธ์ (2525) ได้กล่าวเสริมว่าปัจจัยที่มีผลต่อการให้น้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำคือ ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ๆ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอันดับที่สองรองจากปริมาณน้ำฝน Hewlet and Nutter (1969) กล่าวว่า ขนาด ความลาดชัน และ

รูปร่างมีผลต่อปริมาณการไหลในลำธาร ปริมาณน้ำในลำน้ำจะเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำที่เพิ่มขึ้น ถ้าพื้นที่ขนาดใหญ่ฐานของกราฟน้ำท่าจะกว้างและยอดไม่สูงหรือไม่ลดลงอย่างรวดเร็ว (นิพนธ์, 2525) พื้นที่ขนาดใหญ่ยังมีแนวโน้มให้น้ำในลำธารอย่างสม่ำเสมอมากกว่าพื้นที่ขนาดเล็ก (Wisler and Brater, 1959)

2) ความลาดชัน ความลาดชันของกลุ่มน้ำเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งส่งผลกระทบต่อ การซึมผ่านผิวดิน การไหลของน้ำผิวดิน ความชื้นในดินและการไหลของน้ำสู่ลำธาร (Wisler and Brater, 1959) กล่าวคือ ถ้าความลาดชันของพื้นที่มาก ทำให้การเกิดน้ำท่าเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว มากกว่า เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ความลาดชันของกลุ่มน้ำ สัมพันธ์กับเวลาในการเกิดน้ำท่า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเกิดอัตราการไหลสูงสุดของ น้ำท่าอีกด้วย (จารุวรรณ, 2550) อีกทั้งสุวรรณ และคณะ (2545) ยังกล่าวเพิ่มเติมอีกว่า กลุ่มน้ำที่มี ความลาดชันค่อนข้างสูง จะทำให้น้ำในลำธารไหลเร็ว มีโอกาสไหลซึมลงดินได้น้อย ทำให้เกิดเป็น น้ำไหลบ่าหน้าดิน ไหลลงลำธารอย่างรวดเร็วได้มากขึ้นส่วนพื้นที่สูงมักมีฝนตกมากกว่าที่ต่ำ จึง ส่งผลให้มีปริมาณน้ำมาก

3) ชนิดดิน ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำมีความสามารถในการกักเก็บน้ำ และให้น้ำ ซึมผ่านผิวดินต่างกัน ตามสมบัติของดินแต่ละชนิดจะมีผลต่อปริมาณน้ำในลำธาร โดยดินที่มี ความสามารถในการเก็บน้ำไว้ในดินค่อนข้างสูง ย่อมทำให้มีการระบายน้ำสู่ลำธารอย่างช้า ๆ ตลอดเวลาและค่อนข้างสม่ำเสมอ ส่วนดินเนื้อหยาบจะให้น้ำซึมลงดินได้เร็วแต่ไม่สามารถเก็บน้ำ ไว้ในดินได้นาน ทำให้ดินมีโอกาสปลดปล่อยน้ำสู่ลำธารได้รวดเร็ว ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ ในช่วงฤดูแล้ง (สมชาย และคณะ, 2547) อวิรุทธ์ (2538) กล่าวว่า ชนิดดินมีผลต่อการไหลของน้ำใน ลำน้ำซึ่งดินเปรียบเสมือนฟองน้ำที่คอยซึมซับน้ำเอาไว้แม้ว่าน้ำจะหมุนเวียนอยู่ในวัฏจักรตลอดเวลา ก็ตามแต่ก็มีส่วนหนึ่งที่ยังคงถูกเก็บไว้ในดินเพื่อเป็นประโยชน์ต่อพืชและอีกส่วนหนึ่งจะระบาย ออกสู่ลำธารอย่างช้า ๆ เนื้อดินที่หยาบหรือละเอียดจะระบายน้ำได้แตกต่างกัน คือ ดินทราย 70 % ขึ้นไปโดยน้ำหนัก จะมีการระบายน้ำที่ดีมาก ดินร่วนจะให้การระบายน้ำที่ปานกลาง ถ้าเป็น ดินเหนียวมากกว่า 40 % ขึ้นไปโดยน้ำหนัก การระบายน้ำไม่ดี

### 2.4.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

โดยลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำธาร ซึ่ง Colman (1953) กล่าวว่า พืชพรรณที่ปกคลุมดินมีบทบาทต่อปริมาณน้ำในลำธาร การใช้ประโยชน์

ที่ดินเพื่อเป็นที่ยู่ออาศัย การเกษตร อุตสาหกรรม สิ่งก่อสร้างและถนน มีผลทำให้สิ่งปกคลุมดินเปลี่ยนแปลงจากสภาพเดิม ส่งผลต่อปริมาณและการไหลของน้ำในลำธาร เพราะป่าจะช่วยลดการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน และช่วยให้การซึมของน้ำลงสู่พื้นดินเพิ่มขึ้น ทำให้มีการไหลของน้ำในลำธารอย่างสม่ำเสมอ (Baver, 1965) นอกจากนี้ Herbert (1960) พบว่า ปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ลำธารขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นความสูงของพรรณไม้และชั้นอินทรีย์วัตถุเหนือผิวดิน สิ่งเหล่านี้ทำให้ลักษณะการไหลของน้ำในลำธารเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

### 3. แบบจำลองอุทกวิทยา Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่สามารถใช้ติดต่อกับข้อมูลระบบ GIS ได้ โดยแบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองประเภทจำลองแบบต่อเนื่องตามเวลา และเป็นแบบจำลองอุทกวิทยาระดับลุ่มน้ำ ซึ่งมีความสามารถในการจำลองแบบที่ซับซ้อน ทั้งทางด้านอุทกวิทยา สารปราบศัตรูพืช (Pesticide) วงจรสารอาหาร (Nutrient Cycling) และการกัดเซาะและการเคลื่อนย้ายตะกอน (Erosion and Sediment Transport) อีกทั้งยังเป็นแบบจำลองที่จำลองลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ เป็นการกระจายพารามิเตอร์ตามสภาพทางกายภาพของพื้นที่จริง และเป็นแบบจำลองที่เป็นสาธารณสิทธิ์ ในการศึกษาครั้งนี้จึงนำแบบจำลอง SWAT มาใช้ในการประเมินผลของปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญาต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

#### 3.1 นิยามและความหมาย

Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยา ซึ่งสามารถใช้ติดต่อกับข้อมูลระบบ GIS ได้โดย SWAT เป็น Model ประเภท Continuous-Time Basin-Scale Hydrologic Model (ดวงฤทัย, 2555) ซึ่งแบบจำลอง SWAT ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการทำนายผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อทรัพยากรน้ำ ได้แก่ น้ำท่า ตะกอน และสารเคมีจากการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่และซับซ้อนที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพดิน การใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการ ซึ่งสามารถจำลองกระบวนการทางกายภาพต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำ (ธีรวัฒน์, 2554) แบบจำลอง SWAT เป็น Public Domain Model ซึ่งทำขึ้นโดย Agricultural Research Service ที่ Grassland Soil and Water Research Laboratory สหรัฐอเมริกา (กิตติพงษ์, 2546)

แบบจำลอง SWAT อาศัยข้อมูลเชิงกายภาพ โดยมีส่วนประกอบหลัก ๆ ได้แก่ ข้อมูลด้านภูมิอากาศ ด้านอุทกวิทยา ด้านอุณหภูมิตามปีดิน ด้านการเจริญเติบโตของพืช ด้านธาตุอาหารพืช ด้านสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ด้านแบคทีเรียและโรคพืช และด้านการจัดการที่ดิน ในการประมาณค่าดัชนีที่บ่งชี้ความสมบูรณ์ของกลุ่มน้ำ โดยแบ่งพื้นที่กลุ่มน้ำเป็นพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่คล้ายคลึงกัน และภายในพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยก็จะถูกแบ่งเป็นหน่วยจัดการอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units; HRUs) ซึ่งเป็นการซ้อนทับของชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดการที่ดิน และสมบัติดิน ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน (Gassman *et al.*, 2007)

### 3.2 ส่วนประกอบของแบบจำลอง (Model Component)

Arnold *et al.* (1995) กล่าวถึงแบบจำลอง SWAT ว่าประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

- 1) ส่วนพื้นดิน หรือ ส่วนพื้นที่กลุ่มน้ำย่อย (Land Phase or Subbasin Component) เป็นส่วนของควบคุมพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยของแบบจำลอง SWAT สามารถแบ่งออกเป็น 8 ส่วน คือ อุทกวิทยา (Hydrology) สภาพอากาศ (Weather Conditions) การตกตะกอน (Sedimentation) อุณหภูมิดิน (Soil Temperature) การเติบโตของพืช (Crop Growth) สารอาหาร (Nutrients) ยาฆ่าแมลง (Pesticides) และการจัดการทางการเกษตร (Agricultural Management)
- 2) ส่วนการเคลื่อนตัวของน้ำ (Routing Component) เป็นส่วนของการเคลื่อนตัวของน้ำ ในแบบจำลอง SWAT ประกอบไปด้วย การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำ (Channel Routing) และการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) โดยที่การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำ ประกอบไปด้วย การเคลื่อนตัวของน้ำท่วมผ่านทางน้ำ การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านแหล่งกักน้ำ (Impoundment Routing) การเคลื่อนตัวของตะกอนในทางน้ำ (Channel Sediment Routing) และการเคลื่อนตัวของสารอาหารและยาฆ่าแมลงผ่านทางน้ำ สำหรับการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำ ประกอบไปด้วย สมดุลของน้ำของอ่างเก็บน้ำและการเคลื่อนตัวผ่านอ่างเก็บน้ำ การเคลื่อนตัวของตะกอนผ่านอ่างเก็บน้ำ และการเคลื่อนตัวของสารอาหารและยาฆ่าแมลง

### 3.3 การจำลองแบบทางด้านอุทกวิทยา

Arnold *et al.* (1995) กล่าวถึงการจำลองแบบทางด้านอุทกวิทยาของพื้นที่กลุ่มน้ำย่อย มีพื้นฐานอยู่บนสมการสมดุลของน้ำดังสมการ

$$SW_t = SW + \sum (R_i - Q_i - Et_i - P_i - QR_i) \quad (1)$$

เมื่อ	SW	คือ	Soil Water Content ที่ความดัน 15 บรรยากาศ
	t	คือ	เวลาที่มีหน่วยเป็นวัน
	R	คือ	ค่าของฝนรายวัน (Daily Precipitation)
	Q	คือ	ค่าของน้ำท่ารายวัน (Daily Runoff)
	ET	คือ	ค่าของการคายระเหยของน้ำรายวัน (Daily Evapotranspiration)
	P	คือ	ค่าของการไหลซึมลงดิน (Daily Percolation)
	QR	คือ	ค่าของ Return Flow รายวัน

### 3.3.1 น้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff)

การคำนวณปริมาณของน้ำท่าผิวดิน สามารถคำนวณได้ 2 วิธี คือ Soil Conservation Service (SCS) Curve Number Procedure และวิธี Green and Ampt Infiltration (Neitsch *et al.*, 2005) แต่วิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยในการทำนายน้ำท่าผิวดิน คือ SCS Curve Number โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนรายวัน ซึ่งในการใช้วิธีนี้ข้อมูลของค่าน้ำฝนรายวันเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญสำหรับวิธี SCS สำหรับที่มีการวัดปริมาณน้ำฝนหลาย ๆ ตำแหน่ง โดยข้อมูลที่มีช่วงการเก็บข้อมูลฝนที่มีค่าน้อยกว่า 1 วัน จะไม่มีผลต่อแบบจำลอง แต่มีผลต่อความละเอียดถูกต้องต่อการคำนวณน้ำท่า สำหรับการปริมาณอัตราการไหลสูงสุด ใช้วิธี Modified Rational Formula

น้ำท่าผิวดินจะทำการทำนายจากค่าฝนรายวัน โดยการใช้สมการ SCS ดังสมการ

$$Q = \frac{(R-0.2s^2)}{R + 0.8s}, R > 0.2s \quad (2)$$

$$Q = 0.0, R \leq 0.2s \quad (3)$$

เมื่อ	Q	คือ	ค่าของน้ำท่ารายวัน (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
	R	คือ	ค่าของฝนรายวัน (มิลลิเมตร)

s คือ Retention Parameter

โดยตัวแปร s มีความสัมพันธ์กับค่า Curve Number (CN) ซึ่งค่า CN เป็นค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของการหาค่าน้ำท่าด้วยวิธี SCS Curve Number ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณหาค่า Surface Runoff ซึ่งค่า CN ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบนชนิดดินต่าง ๆ โดยพบว่าถ้าค่า CN มีค่ามากศักยภาพน้ำท่าจะมีค่าสูงตามไปด้วย ซึ่งสามารถหาค่า s ได้ดังสมการ

$$s = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (4)$$

เมื่อ CN คือ ค่า Curve Number

กิตติพงษ์ (2546) พบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า CN มีดังนี้

1) สมบัติทางอุทกวิทยาของดิน (Soil Hydrological Property) แบ่งกลุ่มดินออกเป็น 4 กลุ่มคือ A, B, C และ D โดยแต่ละกลุ่มดินขึ้นอยู่กับอัตราการซึมน้ำของดินสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

(1) ดินกลุ่ม A มีอัตราการซึมสูง และอัตราการไหลผิวดินต่ำ ส่วนใหญ่เป็นดินประเภทดินทราย (Sandy Soils) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว ( $K_{sat}$ ) มากกว่า 0.76 เซนติเมตรต่อชั่วโมง

(2) ดินกลุ่ม B มีอัตราการซึมนปานกลาง เป็นดินที่ระบายน้ำได้ดี ส่วนใหญ่เป็นดินประเภทดินร่วน (Loamy Soils) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว ( $K_{sat}$ ) อยู่ระหว่าง 0.38-0.76 เซนติเมตรต่อชั่วโมง

(3) ดินกลุ่ม C มีอัตราการซึมต่ำ จะประกอบด้วยชั้นดินอย่างน้อย 1 ชั้นที่ขัดขวางการระบายน้ำ ส่วนใหญ่เป็นดินประเภทดินเหนียวปนทราย (Sandy Clay) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว ( $K_{sat}$ ) อยู่ระหว่าง 0.13-0.38 เซนติเมตรต่อชั่วโมง

(4) ดินกลุ่ม D มีอัตราการซึมต่ำมาก เป็นดินที่มีศักยภาพทำให้เกิดน้ำท่าผิวดินสูง ส่วนใหญ่เป็นดินประเภทดินเหนียว (Clay) โดยมีสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว ( $K_{sat}$ ) ต่ำกว่า 0.13 เซนติเมตรต่อชั่วโมง

2) สิ่งปกคลุม (Cover) คือ สิ่งต่างๆ ที่ปกคลุมดิน และ ป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนที่ตกลงมาสู่ดิน ประกอบด้วย ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) การรักษาหน้าดิน (Land Treatment) เกี่ยวข้องกับลักษณะและวิธีการปลูกพืช การเตรียมแปลง โดยแบ่งออกเป็น การทำการเพาะปลูกเป็นแถว (Straight-Row) การทำการเพาะปลูกเป็นแถวตามระดับพื้นที่ (Contouring) และการทำการเพาะปลูกเป็นขั้นบันได (Terracing)

3) สภาพอุทกวิทยา (Hydrologic Condition) โดยแบ่งออกเป็นสภาพเลว (Poor) มีพืชคลุมดินพื้นที่น้อยกว่า 50 % สภาพปานกลาง (Fair) มีพืชคลุมดินพื้นที่ระหว่าง 50-75 % และสภาพดี (Good) มีพืชคลุมดินพื้นที่มากกว่า 75 %

4) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Classification) ประกอบด้วย พื้นที่ป่า (Forest) พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) พื้นที่โล่งเตียน และ พื้นที่อยู่อาศัย (Bare-Land & Residential) และพื้นที่ที่เป็นน้ำ (Water Body)

5) เงื่อนไขความชื้นในดินเริ่มต้น (Antecedent Moisture Content; AMC) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในดิน โดยพิจารณาปริมาณน้ำฝนสะสมทั้งหมดที่ตกก่อนหน้าพายุฝนที่พิจารณา 5 วัน รวมทั้งพิจารณาช่วงฤดูการเพาะปลูกด้วย โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณีคือ แห้งหรือความชื้นต่ำ (Wilting Point) ปกติหรือความชื้นเฉลี่ย และเปียกหรือความชื้นสูง (Field Capacity) โดยต้องมีการปรับค่า CN ก่อน โดยคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$CN I = \frac{CN II}{(2.281 - 0.0128 CN II)} \quad (5)$$

$$CN III = \frac{CN II}{(0.427 - 0.00573 CN II)} \quad (6)$$

เมื่อ CN I คือ ค่า Curve Number เมื่อค่าความชื้นในดินเริ่มต้นอยู่ในสถานะแห้ง

CN II คือ ค่า Curve Number เมื่อค่าความชื้นในดินเริ่มต้นอยู่ในสภาวะปกติ

CN III คือ ค่า Curve Number เมื่อค่าความชื้นในดินเริ่มต้นอยู่ในสภาวะเปียก

3.3.2 การคายระเหยน้ำของพืช (Evapotranspiration) สำหรับในแบบจำลองได้มีทางเลือกในการประมาณค่าการคายระเหยของพืช 3 วิธี

1) วิธี Penman – Monteith ต้องการข้อมูล การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์

2) วิธี Priestley – Taylor ต้องการข้อมูล การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และอุณหภูมิของอากาศ

3) วิธี Hargreaves and Samani ต้องการข้อมูลอุณหภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว

### 3.4 การเคลื่อนตัวของน้ำด้วยวิธีทางอุทกวิทยา (Hydrologic Flow Routing)

แบบจำลอง SWAT ใช้การเคลื่อนตัวของน้ำด้วยวิธีทางอุทกวิทยา (Hydrologic Flow Routing) โดยคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำเป็นช่วงเวลารายวัน (Daily Time Step) และไม่มีIteration ทำให้สามารถทำการจำลองแบบได้ในช่วงเวลาที่ยาวนานบนพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ได้ โดยสามารถลดข้อมูลที่เป็นรายละเอียดของหน้าตัดทางขวางของทางน้ำ โดยสมมติให้ขนาดของทางน้ำสายหลักมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ความลาดเททางข้าง (Channel Side Slope) เป็น 2:1 สำหรับพื้นที่ทุ่งน้ำท่วม (Flood Plain) แบบจำลองจะทำการสร้างขึ้นเมื่อปริมาณน้ำในทางน้ำมีความลึกมากกว่าความลึกทั้งหมด กำหนดให้ความกว้างของทุ่งน้ำท่วมกว้างเป็น 5 เท่าของความกว้างด้านบนของทางน้ำ และความลาดเททางข้างเป็น 4:1 ข้อมูลนำเข้าของทางน้ำประกอบด้วย ความยาวของช่วงของทางน้ำ ความลาดชันทางน้ำ ความลึกทางน้ำ ความกว้างทางน้ำด้านบน ความลาดเทของทุ่งน้ำท่วม ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง (Manning's  $n$ ) ของทางน้ำและทุ่งน้ำท่วมโดย SWAT/GIS สามารถทำการเตรียมข้อมูลนำเข้าพื้นฐานอย่าง เช่น ความยาวลำน้ำ ความลาดเทท้องน้ำ เป็นต้น

### 3.5 การเปรียบเทียบแบบจำลอง

โอพาร์ (2548) กล่าวว่า การเปรียบเทียบแบบจำลองเป็นการพิจารณาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ให้เกิดความถูกต้องในการคำนวณปริมาณน้ำท่าเทียบกับข้อมูลจากการวัดจริง พิจารณาความถูกต้องโดยอาศัยค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีต่าง ๆ มีวัตถุประสงค์ หรือหลักการของการเปรียบเทียบ คือ การลดความคลาดเคลื่อน (Error) ให้เหลือน้อยที่สุด และการประมาณค่าพารามิเตอร์ให้มีค่าสมเหตุสมผลกับคุณลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบเป็นการแสดงถึงค่าประมาณจากการเฉลี่ยต่อพื้นที่ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ข้อมูลที่ใช้สำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ เช่น อัตราการไหล ระดับน้ำผิวดิน ระดับน้ำใต้ดิน ค่าความเข้มข้นของตะกอน ค่าความเข้มข้นของสารเคมี เป็นต้น

นิพนธ์ (2549) กล่าวว่า การสอบเทียบหรือการปรับเทียบ (Calibration) คือ การทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลสารสนเทศที่มีการตรวจวัดไว้แล้ว ทั้งส่วนที่เป็นข้อมูลสารสนเทศนำเข้า (Input Information) และข้อมูลสารสนเทศที่เป็นผลลัพธ์ (Output Information) เพื่อเป็นการปรับ (Adjust) หรือประมาณค่าปัจจัยในกรณีที่ยังไม่มีข้อมูลปรากฏ ส่วนการทดสอบเพื่อความมั่นใจ (Validation) เป็นการเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ตรวจวัดจากระบบสิ่งแวดล้อมจริง เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองที่ได้สอบเทียบไปแล้ว สามารถประเมินผลในทุกกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรและสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดีมากขึ้นน้อยเพียงไร

ธีรวัฒน์ (2554) กล่าวว่า วิธีการที่ควรใช้วัดความถูกต้องของการสอบเทียบ และความถูกต้องของแบบจำลองนั้น ประกอบด้วย

1) ใช้การสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง กับการตรวจวัดจริง (Graphical Comparisons) โดยมี 3 วิธี คือ

(1) พล็อตกราฟเปลี่ยนแปลงตามเวลาของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับค่าตรวจวัดจริงของพารามิเตอร์เดียวกันในเวลาเดียวกัน

(2) ใช้กราฟเส้นทแยงมุมสี่เหลี่ยมจัตุรัส 45 องศา ตัดสินความสอดคล้องระหว่างค่าตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง

(3) ใช้กราฟค่าการแจกแจงความถี่สะสมของค่าตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองตามอนุกรมเวลาที่กำหนดเป็นตัวเปรียบเทียบ

2) ใช้วิธีการทดสอบทางสถิติ ซึ่งอาจดำเนินการได้ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น

(1) หาความคลาดเคลื่อนทางสถิติ เช่น หาค่าสัมประสิทธิ์ความผันผวน (Coefficient of Variance; CV) หาค่าดัชนีการลดความคลาดเคลื่อนของค่าประมาณ (Reduced Error Estimate; REE) หรือหาค่าโมเมนต์ที่สอง (Second Moment;  $M^2$ )

(2) การสอบเทียบแบบจำลองด้วยเทคนิคความเหมาะสมที่สุด เช่น การหาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of Determination;  $R^2$ )

(3) ทดสอบด้วยค่าความแตกต่างของค่าการแจกแจงความถี่สะสม

#### 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Arnold *et al.* (1999) ใช้ระบบ GIS (Arc View) และ แบบจำลอง SWAT ในการจำลองปริมาณน้ำท่า และสารอาหารในน้ำ (Nutrient) ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า สามารถทำการจำลองปริมาณน้ำท่าได้ดี สำหรับระบบการติดต่อผู้ใช้ (Interface) ที่เป็น GIS จะทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำอย่างอัตโนมัติ และทำการดึงข้อมูลจากแผนที่ได้ และยังสามารถใช้ระบบฐานข้อมูลมาช่วยในส่วนของคุณสมบัติในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ๆ โดยการแสดงผลข้อมูลแสดงอยู่ในรูปของกราฟของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

กิตติพงษ์ (2546) ศึกษาการประเมินสัมพันธภาพลุ่มน้ำย่อยของประเทศไทยด้วยข้อมูลระบบภูมิสารสนเทศ และแบบจำลองสาธารณสิทธิ์ SWAT/GIS บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้นตอนบนอำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 1,500 ตารางกิโลเมตร โดยแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 7 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และ 10 หน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา มีสถานีวัดน้ำท่าเพื่อใช้ในการสอบเทียบ 2 สถานี คือ สถานีวัดน้ำบ้านหลวง (P64) และสถานีวัดน้ำป่าคา (PN-8) โดยทำการศึกษาโครงสร้างของแบบจำลอง SWAT/GIS และพัฒนาโปรแกรม Data Analysis ขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการสอบเทียบ โดยแยก Base Flow จากปริมาณน้ำท่าโดยวิธี HYSEP พบว่าผลการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง แสดงความแตกต่างสัมพัทธ์ระหว่างข้อมูลจาก

แบบจำลองกับข้อมูลจากสถานีวัดน้ำบ้านหลวง (P64) ได้ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.5795 และสถานีวัดน้ำป่าคา (PN-8) ได้ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.5361

จางง (2548) ได้ศึกษาข้อมูลทางด้านอุตุนิยมิวิทยาจากข้อมูล 54 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 ซึ่งเป็นปีแรกที่มีมีการตรวจวัดข้อมูลจนถึงปี พ.ศ. 2547 พบว่า อุณหภูมิของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย เป็นที่น่าสังเกตว่าปี พ.ศ. 2541 ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญขนาดรุนแรง ประเทศไทยมีอากาศร้อนอบอ้าวและอุณหภูมิสูงกว่าปกติมาก โดยเฉพาะอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยสูงกว่าปกติเกินกว่า 1 องศาเซลเซียส ส่วนปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่ฝนตกมีแนวโน้มลดลง ปีที่มีฝนต่ำกว่าปกติส่วนใหญ่สอดคล้องกับปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง ซึ่งได้แก่ ปี พ.ศ. 2500-2502, 2515-2526, 2533-2536 และ 2540-2541 และปีที่มีน้ำฝนสูงกว่าปกติส่วนใหญ่สอดคล้องกับปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง คือ ปี พ.ศ. 2497-2498, 2517-2519, 2531-2532 และ 2542-2543

โอพาร์ (2548) ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยใช้แบบจำลอง SWAT ซึ่งใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2520 2537 และ 2544 เป็นตัวแทนการเปลี่ยนแปลง และสามารถจำแนกหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ของแบบจำลอง ในแต่ละช่วงเวลา และได้นำข้อมูลน้ำท่าที่ตรวจวัดรายเดือนต่อเนื่องประมาณ 5-10 ปี ของแต่ละช่วงการเปลี่ยนแปลงมาใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง ผลที่ได้รับจากแบบจำลอง SWAT โครงข่ายลำน้ำที่จำลองขึ้นมีสภาพใกล้เคียงกับสภาพลำน้ำจริง และปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้ใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัดในขนาดที่ยอมรับได้

Yaning *et al.* (2007) ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ Tarim ทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีน โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานทางอุทกวิทยา อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนจาก 50 ปีที่ผ่านมา ผลการศึกษา พบว่า ในรอบ 50 ปีที่ผ่านมา มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 5 % หรือเพิ่มสูงขึ้นเกือบ 1 องศาเซลเซียส และยังมีปริมาณน้ำฝนเพิ่มมากขึ้น โดยมีนัยสำคัญในช่วงปี ค.ศ. 1980-1990 และ 1990-2000 และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีก็มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น 6.8 มิลลิเมตรต่อทศวรรษ จากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนทำให้ปริมาณน้ำท่าจากต้นน้ำแม่น้ำ Tarim เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา จากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่า การศึกษานี้อาจนำมาประกอบกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้

เทวินทร์ (2552) ศึกษาการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ทา จังหวัดลำพูน โดยใช้แบบจำลอง SWAT ประเมินปริมาณน้ำท่า (Water Yield) พบว่า ปริมาณน้ำท่าผันแปรตามปริมาณน้ำฝนตก โดยมีปริมาณน้ำท่าสูงขึ้นในช่วงฤดูฝน คือ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-เดือนตุลาคม และเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนพบว่า เดือนกันยายนมีปริมาณน้ำท่ามากที่สุดคือ 65 ล้านลูกบาศก์เมตร และน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ คือ 2 ล้านลูกบาศก์เมตร หลังจากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำ จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลจากสถานีอุทกวิทยาโดยใช้ค่าทางสถิติในการเปรียบเทียบพบว่า ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.72 และค่า E เท่ากับ 0.72 ซึ่งเป็นระดับที่มีความน่าเชื่อถือและความถูกต้องที่ยอมรับได้

Sanjay *et al.* (2010) ศึกษาการจำลองน้ำท่าและผลผลิตตะกอนสำหรับลุ่มน้ำ Himalayan โดยใช้แบบจำลอง SWAT พื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณ Suni to Kasol ซึ่งเป็นลุ่มน้ำตอนกลางของแม่น้ำ Satluj ที่อยู่ในเขต Western Himalayan ผลของการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ค่า  $R^2$  พบว่า ค่า  $R^2$  ในช่วงการปรับเทียบแบบจำลองของน้ำท่ารายวันและรายเดือน มีค่า 0.53 และ 0.90 ส่วนในช่วงการทดสอบแบบจำลองของน้ำท่ารายวันและรายเดือน มีค่า 0.33 และ 0.66 ตามลำดับ สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองของผลผลิตตะกอนรายวันและรายเดือน มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.33 และ 0.38 ตามลำดับ ส่วนในช่วงการทดสอบแบบจำลองของผลผลิตตะกอนรายวันและรายเดือน มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.26 และ 0.47 ตามลำดับ

จตุพร (2555) ศึกษาผลของปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา ต่อปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แตง เขียว และคลองยัน เพื่อศึกษาความผันแปร วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และทดสอบความแตกต่างของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศ และปริมาณน้ำท่าในปีปกติ ปีเอลนีโญ และปีลานีญา ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แตง เขียว และคลองยัน โดยใช้สถิติทดสอบที (t-Test) ในการทดสอบความแตกต่างของกลุ่มข้อมูลแบบสองทาง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงรายปี ช่วงน้ำหลาก และช่วงน้ำแล้ง พบว่า ปรากฏการณ์เอลนีโญไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศในทุกลุ่มน้ำ ขณะที่ปรากฏการณ์ลานีญามีผลกระทบต่อปริมาณน้ำฝนช่วงน้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองยันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพื้นที่อื่น ปริมาณน้ำฝนไม่มีความแตกต่างจากปีปกติ และปรากฏการณ์ลานีญาไม่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิอากาศในทุกลุ่มน้ำ การเปรียบเทียบอิทธิพลของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาต่อค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่า พบว่า ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกลุ่มน้ำ

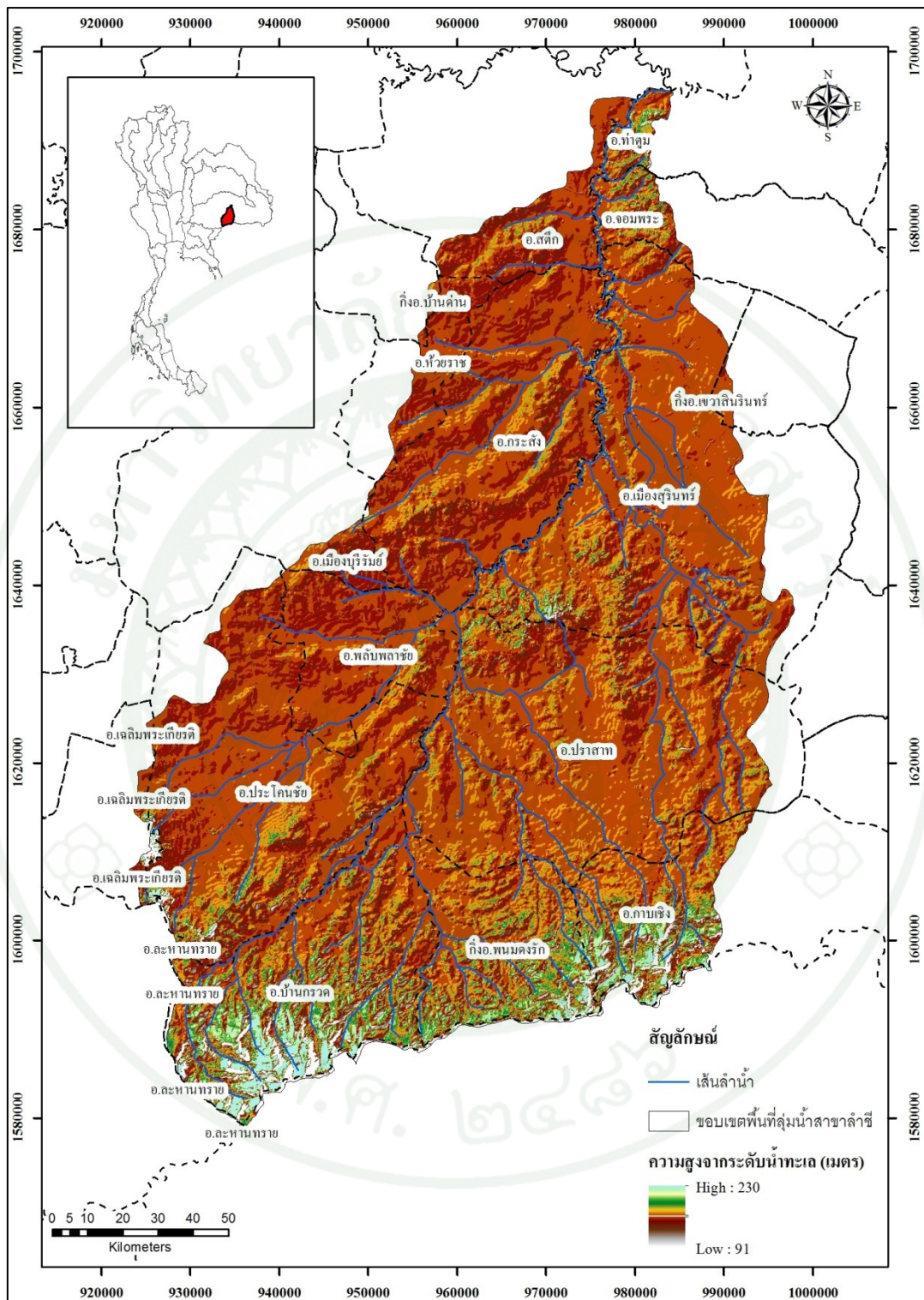
## 5. ลักษณะพื้นที่ศึกษา

### 5.1 ที่ตั้งและขอบเขต

ลุ่มน้ำสาขาลำชีเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำมูล ครอบคลุมพื้นที่ของจังหวัดบุรีรัมย์ ได้แก่ พื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์ สตึก กระสัง ห้วยราช ประโคนชัย พลับพลาชัย เฉลิมพระเกียรติ บ้านกรวด ละหานทราย และกิ่งอำเภอบ้านด่าน พื้นที่จังหวัดสุรินทร์ ได้แก่ อำเภอเมืองสุรินทร์ ท่าตูม จอมพระ ปราสาท กาบเชิง กิ่งอำเภอเขวาสินรินทร์ และกิ่งอำเภอพนมดงรัก มีพื้นที่ลุ่มน้ำ ประมาณ 5,061.17 ตารางกิโลเมตร โดยมีพื้นที่อยู่ในจังหวัดบุรีรัมย์ 2,628.93 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 51.94 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และมีพื้นที่อยู่ในจังหวัดสุรินทร์ 2,432.24 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 48.06 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำสาขาลำชีตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14 องศา 14 ลิปดาเหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ 15 องศา 18 ลิปดาเหนือ และอยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 102 องศา 55 ลิปดาตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 103 องศา 37 ลิปดาตะวันออก ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำมูลส่วนที่ 2 ทิศใต้ติดกับราชอาณาจักรกัมพูชา ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำสาขาลุ่มน้ำห้วยทับทัน ทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำห้วยตาคง และลำปะเทีย

### 5.2 สภาพภูมิประเทศ

ลุ่มน้ำสาขาลำชีมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาบริเวณอำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ไหลผ่านอำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ อำเภอเมืองจังหวัดสุรินทร์ และบรรจบแม่น้ำมูลบริเวณเหนือลำน้ำอำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์เล็กน้อย มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 91-230 เมตร และมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 5,061.17 ตารางกิโลเมตร (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 สภาพภูมิประเทศลุ่มน้ำสาขาลำชี

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมแผนที่ทหาร (2552)

### 5.3 ลักษณะอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา

#### 5.3.1 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา

ลุ่มน้ำสาขาลำซี้มีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1,405.79 มิลลิเมตรต่อปี โดยเป็นปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) 1,229.50 มิลลิเมตร (คิดเป็น 87.46 % ของปริมาณน้ำฝนทั้งปี) ปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) 176.29 มิลลิเมตร (คิดเป็น 12.54 % ของปริมาณน้ำฝนทั้งปี) จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสามารถสรุปสถิติข้อมูลที่สำคัญได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถิติข้อมูลอากาศลุ่มน้ำสาขาลำซี้

ตัวแปรภูมิอากาศ	หน่วย	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	27.0
ความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	73.0
ปริมาณการระเหยจากผิวดิน	มิลลิเมตร	1,793.3
เมฆปกคลุม	0-10	5.7
ความเร็วลม	มโนต	2.2

ที่มา: กรมชลประทาน (2555)

สภาพภูมิอากาศลุ่มน้ำสาขาลำซี้ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดฤดูกาล 3 ฤดู ฤดูฝนเริ่มจากกลางเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก พฤษภาคม-มิถุนายน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงที่ 2 เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม ฤดูหนาวเริ่มจากเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ลักษณะอากาศแห้งและหนาวเย็น และฤดูร้อนเริ่มจากเดือนมีนาคม - กลางเดือนพฤษภาคม

### 5.3.2 ลักษณะทางอุทกวิทยา

ลุ่มน้ำสาขาลำชีมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติเฉลี่ยรายปีประมาณปีละ 882.69 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูฝน 769.61 ล้านลูกบาศก์เมตร (คิดเป็น 87.19 %) ปริมาณน้ำท่าฤดูแล้ง 113.07 ล้านลูกบาศก์เมตร (คิดเป็น 12.81 %) โดยเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด คือ เดือนตุลาคม เท่ากับ 289.69 ล้านลูกบาศก์เมตร และเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าต่ำสุด คือ เดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 1.56 ล้านลูกบาศก์เมตร

### 5.4 ข้อมูลด้านธรณีวิทยา

สภาพธรณีวิทยาของกลุ่มน้ำชีประกอบด้วย กลุ่มหินชุด โคราช ตั้งแต่หน่วยหิน พระวิหาร ซึ่งเป็นชั้นที่อยู่ลึกที่สุดและเก่าแก่ที่สุดเรียงลำดับขึ้นมาเป็นหน่วยหินเสาขัว หน่วยหิน กูพาน หน่วยหิน โลกกรวด จนถึงหน่วยหินมหาสารคาม ซึ่งเป็นชั้นที่อยู่บนสุดและใหม่ที่สุด หินชุด โคราชเป็นหินตะกอนสีน้ำตาลแกมแดงเกิดสะสมตัวกันบนแผ่นดิน

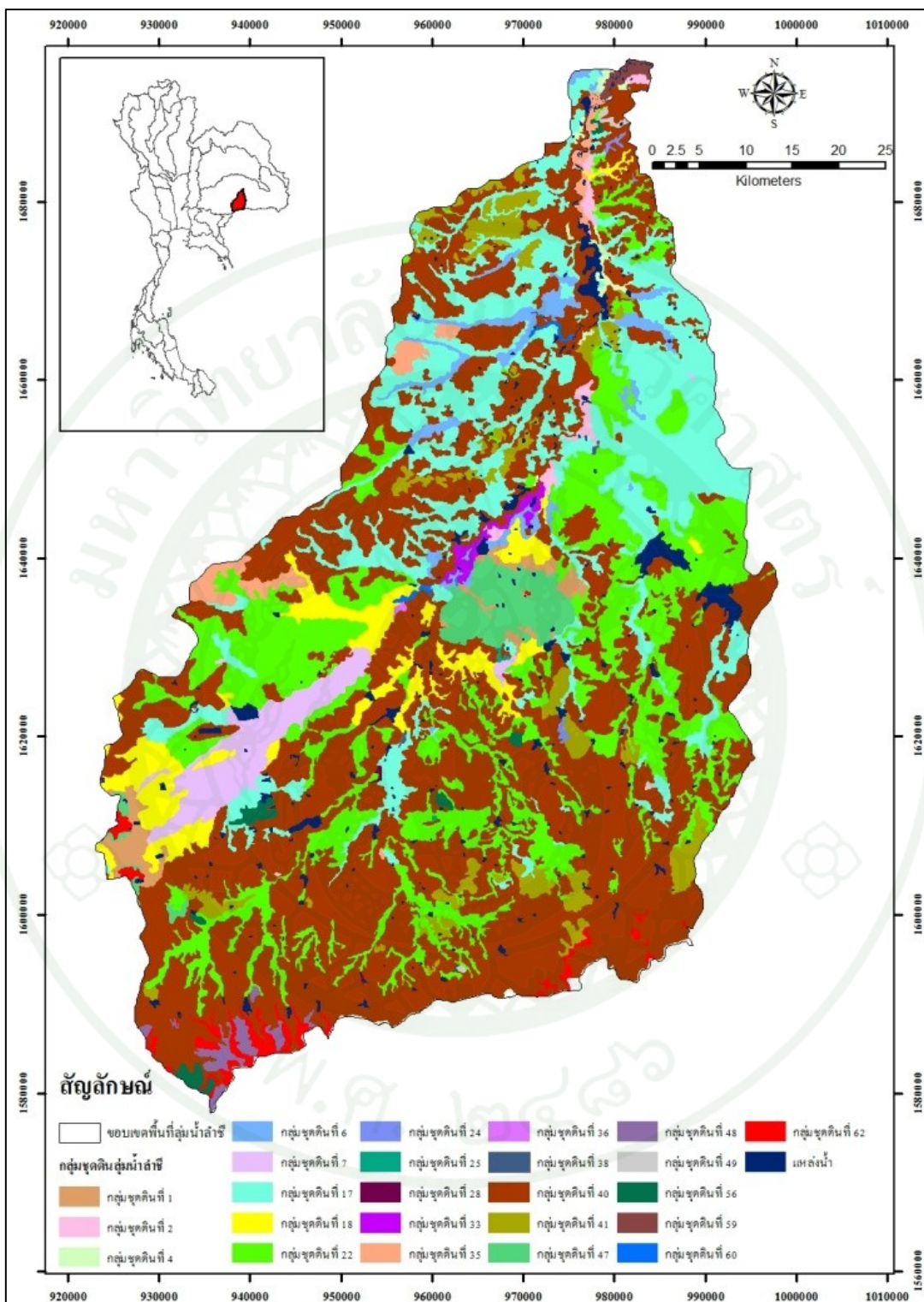
### 5.5 ข้อมูลด้านปฐพีวิทยา

จากการศึกษาข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี พบว่า กลุ่มชุดดินที่มีมากที่สุด คือ กลุ่มชุดดินที่ 40 มีลักษณะดิน คือ ดินเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี เนื้อดินเป็นพวกดิน ร่วนหยาบ สีดินเป็นสีน้ำตาล เหลือง หรือแดง อาจพบจุดประสีต่าง ๆ ในชั้นดินล่าง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ pH ระหว่าง 4.5-5.5 เหมาะกับการเพาะปลูกมันสำปะหลัง อ้อย ข้าว โปด เป็นต้น มีพื้นที่ 1,405,969.89 ไร่ คิดเป็น 44.45 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมาคือ กลุ่มชุดดินที่ 22 มีพื้นที่ 555,273.19 ไร่ คิดเป็น 17.55 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 4

ตารางที่ 2 รายละเอียดกลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

ชุดดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่ (ไร่)	% ของพื้นที่
กลุ่มชุดดินที่ 1	54.21	33,884.02	1.07
กลุ่มชุดดินที่ 2	26.21	16,378.64	0.52
กลุ่มชุดดินที่ 4	16.29	10,180.00	0.32
กลุ่มชุดดินที่ 6	86.28	53,922.21	1.70
กลุ่มชุดดินที่ 7	125.50	78,435.95	2.48
กลุ่มชุดดินที่ 17	759.59	474,740.99	15.01
กลุ่มชุดดินที่ 18	194.54	121,588.74	3.84
กลุ่มชุดดินที่ 22	888.44	555,273.19	17.55
กลุ่มชุดดินที่ 24	7.18	4,489.10	0.14
กลุ่มชุดดินที่ 25	4.95	3,096.31	0.10
กลุ่มชุดดินที่ 28	4.45	2,782.87	0.09
กลุ่มชุดดินที่ 33	21.00	13,125.96	0.41
กลุ่มชุดดินที่ 35	57.80	36,127.85	1.14
กลุ่มชุดดินที่ 36	4.49	2,804.95	0.09
กลุ่มชุดดินที่ 38	4.68	2,923.36	0.09
กลุ่มชุดดินที่ 40	2,249.55	1,405,969.89	44.45
กลุ่มชุดดินที่ 41	183.27	114,545.99	3.62
กลุ่มชุดดินที่ 47	109.34	68,334.73	2.16
กลุ่มชุดดินที่ 48	28.36	17,722.04	0.56
กลุ่มชุดดินที่ 49	7.84	4,902.21	0.15
กลุ่มชุดดินที่ 56	26.20	16,375.04	0.52
กลุ่มชุดดินที่ 59	11.99	7,496.08	0.24
กลุ่มชุดดินที่ 60	8.44	5,272.13	0.17
กลุ่มชุดดินที่ 62	54.44	34,024.55	1.08
แหล่งน้ำ	126.14	78,834.44	2.49
รวม	2,246.44	1,404,025.83	100.00

ที่มา: คัดแปลงมาจากกรมพัฒนาที่ดิน (2548)



ภาพที่ 4 กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำลำชี

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมพัฒนาที่ดิน (2548)

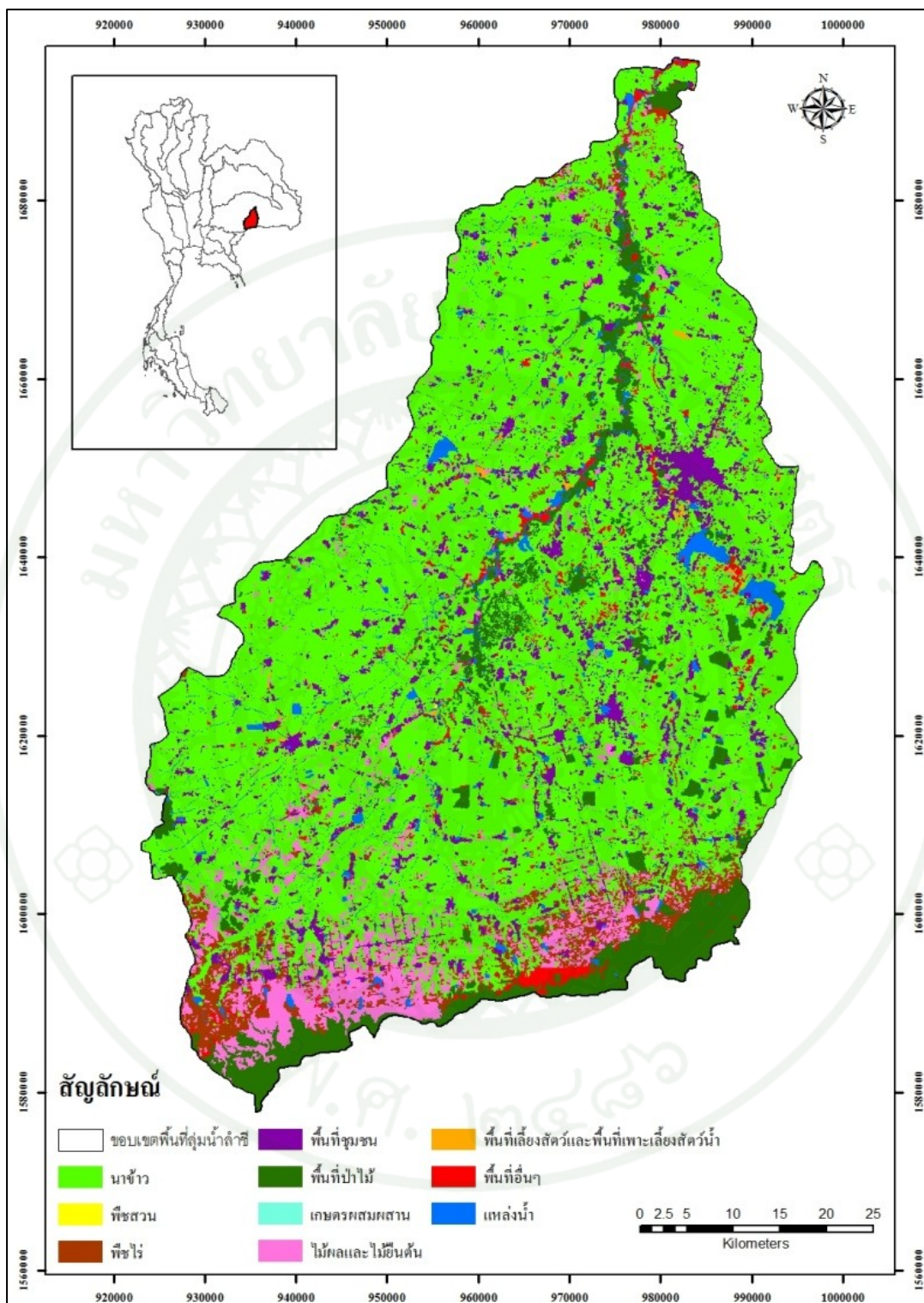
### 5.6 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำสาขาลำชี พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ เป็นพื้นที่นาข้าว 2,124,374.93 ไร่ คิดเป็น 67.16 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมา คือ พื้นที่ชุมชน มีพื้นที่ 257,610.49 ไร่ คิดเป็น 8.14 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 5

ตารางที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่		% ของพื้นที่
	ตารางกิโลเมตร	ไร่	
นาข้าว	3,399.00	2,124,374.93	67.16
พื้นที่ป่าไม้	394.44	246,522.36	7.79
ไม้ผลและไม้ยืนต้น	308.95	193,092.03	6.10
พืชสวน	10.00	6,247.89	0.20
พืชไร่	219.39	137,118.01	4.33
พื้นที่เลี้ยงสัตว์และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	21.15	13,221.74	0.42
เกษตรผสมผสาน	10.11	6,320.90	0.20
พื้นที่ชุมชน	412.18	257,610.49	8.14
แหล่งน้ำ	178.19	111,369.00	3.52
พื้นที่อื่น ๆ	107.77	67,353.90	2.13
รวม	5,061.17	3,163,231.25	100.00

ที่มา: คัดแปลงมาจากกรมพัฒนาที่ดิน (2551)



ภาพที่ 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมพัฒนาที่ดิน (2551)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS)
2. โปรแกรมแบบจำลอง Arc Soil and Water Assessment Tool (ArcSWAT) version 2012
3. โปรแกรม Microsoft Office
4. เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์
5. ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่
  - 5.1 แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) มาตรฐาน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ระบาย 5537I, 5538II, 5637I, 5637III, 5637IV, 5638I, 5638II, 5638III, 5638IV, 5639I, 5639II, 5639III, 5737IV, 5738III, 5738IV, 5739III และ 5739IV
  - 5.2 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Map) ปี พ.ศ. 2551 ของกรมพัฒนาที่ดิน
  - 5.3 แผนที่ชุดดิน (Soil Group Map) ปี พ.ศ. 2548 ของกรมพัฒนาที่ดิน
  - 5.4 แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model; DEM)
  - 5.5 ข้อมูลสภาพอากาศ เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม การระเหยน้ำ เป็นต้น ระหว่างปี พ.ศ. 2527-2555
  - 5.6 ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ของกรมชลประทาน
  - 5.7 ข้อมูลสถิติการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Nino) และลานีญา (La Nina)

## วิธีการ

การศึกษาในครั้งนี้มีวิธีการและขั้นตอนในการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 6 และมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้



ภาพที่ 6 วิธีการและขั้นตอนในการศึกษา

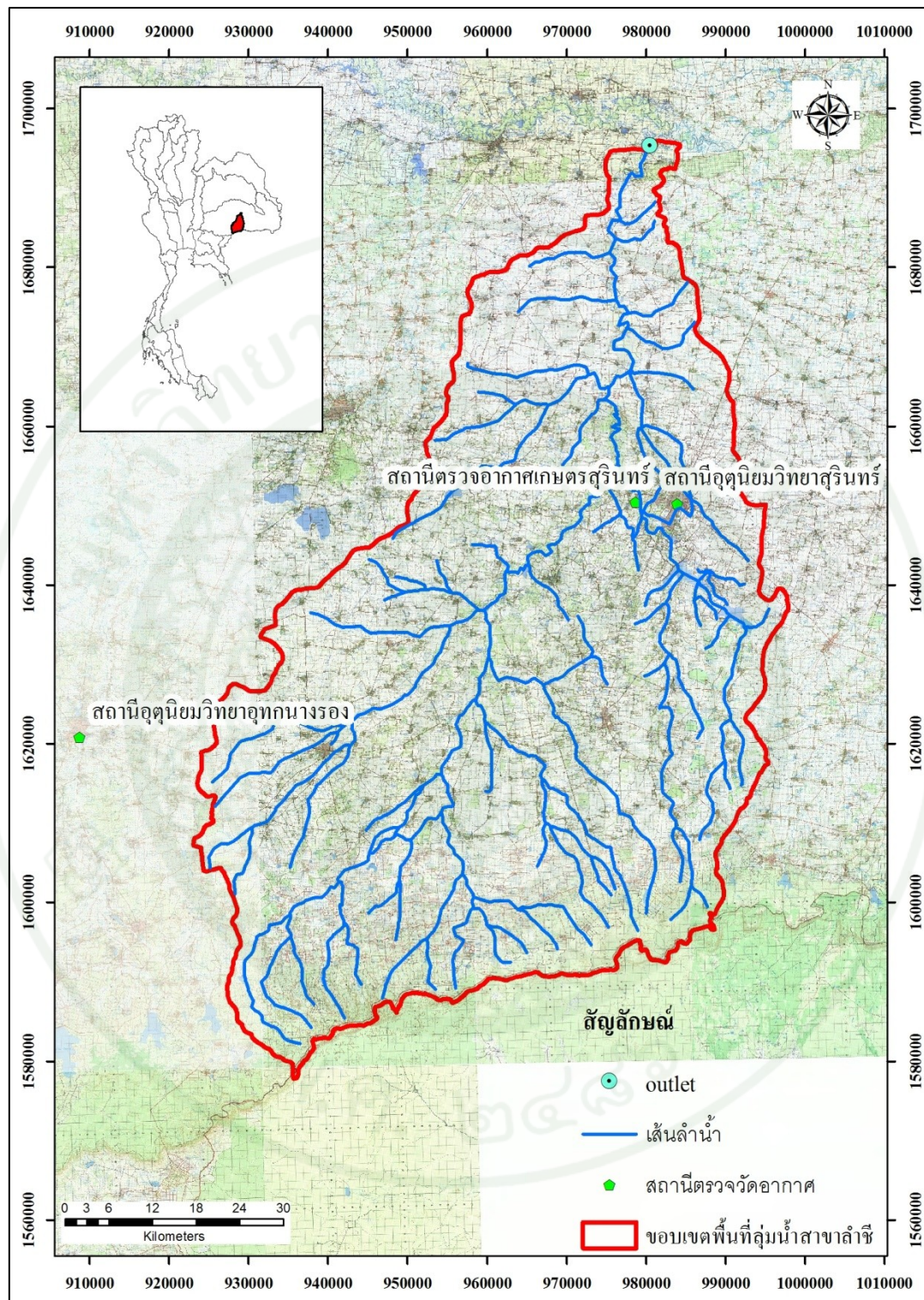
## 1. การรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล

1.1 การเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาความผันแปรของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในปี เอลนีโญ (El Nino) และปีลานีญา (La Nina)

เตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527-2555 ของแต่ละ สถานี โดยแบ่งออกเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา และปีปกติ (ปีที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปรากฏการณ์ลานีญา) ตามสถิติการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปรากฏการณ์ลานีญา จากข้อมูลดัชนี ONI (Oceanic Nino Index) เป็นดัชนีบ่งชี้การเกิด ปรากฏการณ์เอลนีโญ และปรากฏการณ์ลานีญา ซึ่งคำนวณจากค่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (SST) ที่ เปลี่ยนไปจากอุณหภูมิผิวน้ำทะเลปกติ ของ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2013)

โดยค่า ONI จะคำนวณจากพื้นที่บริเวณที่เรียกว่า Nino 3.4 region ซึ่งจะครอบคลุม พื้นที่บริเวณละติจูดที่ 5S-5N และลองจิจูดที่ 120W-170W ทาง NOAA (2013) ให้คำจำกัดความไว้ ว่าถ้าค่า ONI มีค่าเป็นบวกตั้งแต่ +0.5 °C ขึ้นไปจะถือว่าเป็นช่วงของปรากฏการณ์เอลนีโญ แต่ถ้าค่า ONI มีค่าเป็นลบตั้งแต่ -0.5 °C ลงมาถือว่าเป็นช่วงของปรากฏการณ์ลานีญา และถ้าค่าดัชนีนี้มีค่า อยู่ในช่วงบวกหรือลบ 0.5-0.9 ถือว่าเป็นค่าที่มีกำลังอ่อน ถ้ามีค่าอยู่ในช่วงบวกหรือลบ 1.0-1.4 ถือว่ามีกำลังปานกลาง และถ้ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 จะถือว่าเป็นปรากฏการณ์เอลนีโญ หรือ ปรากฏการณ์ลานีญาที่เกิดขึ้นในช่วงปีนั้น ๆ มีกำลังแรง

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิอากาศ จะใช้ข้อมูลรายวัน/รายเดือนของ สถานีตรวจวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมทั้งสิ้น 3 สถานี คือ สถานีอุตุนิยมวิทยาสุรินทร์ สถานีตรวจอากาศ เกษตรสุรินทร์ และสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกนางรอง ตำแหน่งสถานีแสดงในภาพที่ 7 ทั้งนี้การ จำแนกข้อมูลอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนตามสถิติการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และ ปรากฏการณ์ลานีญา แสดงดังตารางที่ 4



ภาพที่ 7 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดอากาศโดยรอบพื้นที่และในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

ที่มา: คัดแปลงมาจากกรมอุตุนิยมวิทยา (2556)

ตารางที่ 4 สถิติการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา จากข้อมูลดัชนี ONI ของ NOAA

ปีเอลนีโญ (EL Nino) (พ.ศ.)	ปีลานีญา (LA Nina) (พ.ศ.)
2526	2518
2530	2519
2533	2531
2534	2532
2535	2541**
2536	2542
2540	2543
2541*	2544
2545	2551
2549	2553**
2552	2554
2553*	

หมายเหตุ: \* เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน

\*\* เกิดปรากฏการณ์ลานีญาในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม

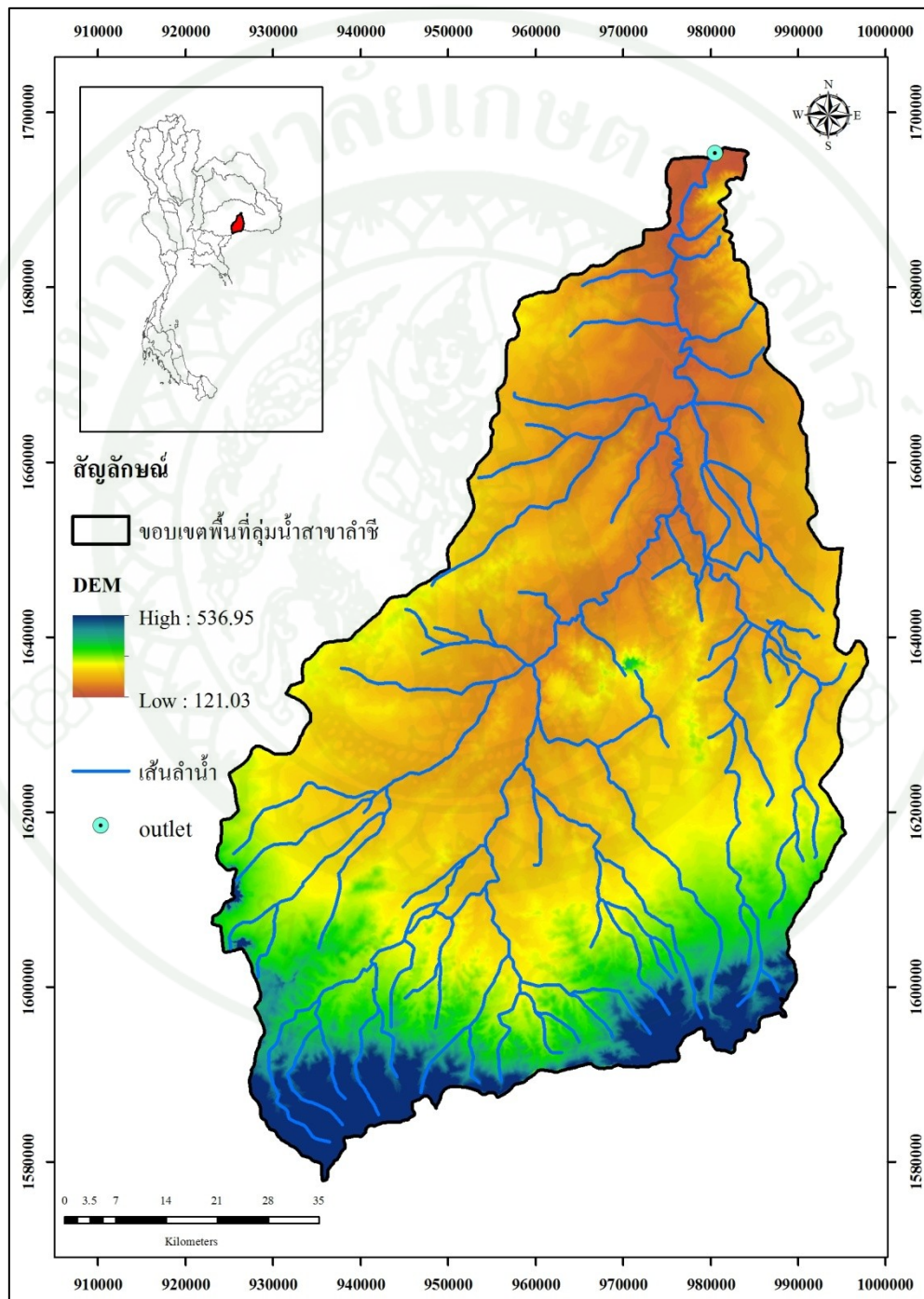
ที่มา: NOAA (2013)

## 1.2 เตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในแบบจำลอง SWAT

### 1.2.1 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง SWAT เพื่อศึกษาปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำสาขาลำชี

1) ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model; DEM) หมายถึง แบบจำลองพื้นที่ผิวของสภาพภูมิประเทศ ได้รับการพัฒนาโดย The United States Geological Survey (USGS) เป็นฐานข้อมูลที่บอกถึงลักษณะภูมิประเทศ แสดงความสูง ต่ำ ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และสามารถใช้ในการบอกรายละเอียด ของเส้นแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำได้

การเตรียมข้อมูล DEM ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดเตรียมข้อมูล โดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูง (Contour) ซึ่งได้มาจากการ Digitize จากแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) ในรูปแบบ Shape File ของกรมแผนที่ทหาร นำมาสร้างเป็นแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) โดยใช้คำสั่ง Topo to Raster (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข ของลุ่มน้ำสาขาลำชี

2) ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Map) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม หรือภาพถ่ายทางอากาศ โดยการรวบรวมข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน และได้จัดทำเป็นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในปีต่าง ๆ เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2551 เป็นต้น

การเตรียมข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยทำการแบ่งกลุ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็นประเภทต่าง ๆ และทำการสร้างตารางข้อมูล (Attributed Data) เพื่อกำหนด SWAT Code ของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ให้ตรงกับประเภทการใช้ที่ดินตามฐานข้อมูลในแบบจำลอง SWAT โดยกลุ่มน้ำสาขาลำชีได้ถูกกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 10 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินตาม SWAT Code ของกลุ่มน้ำสาขาลำชี

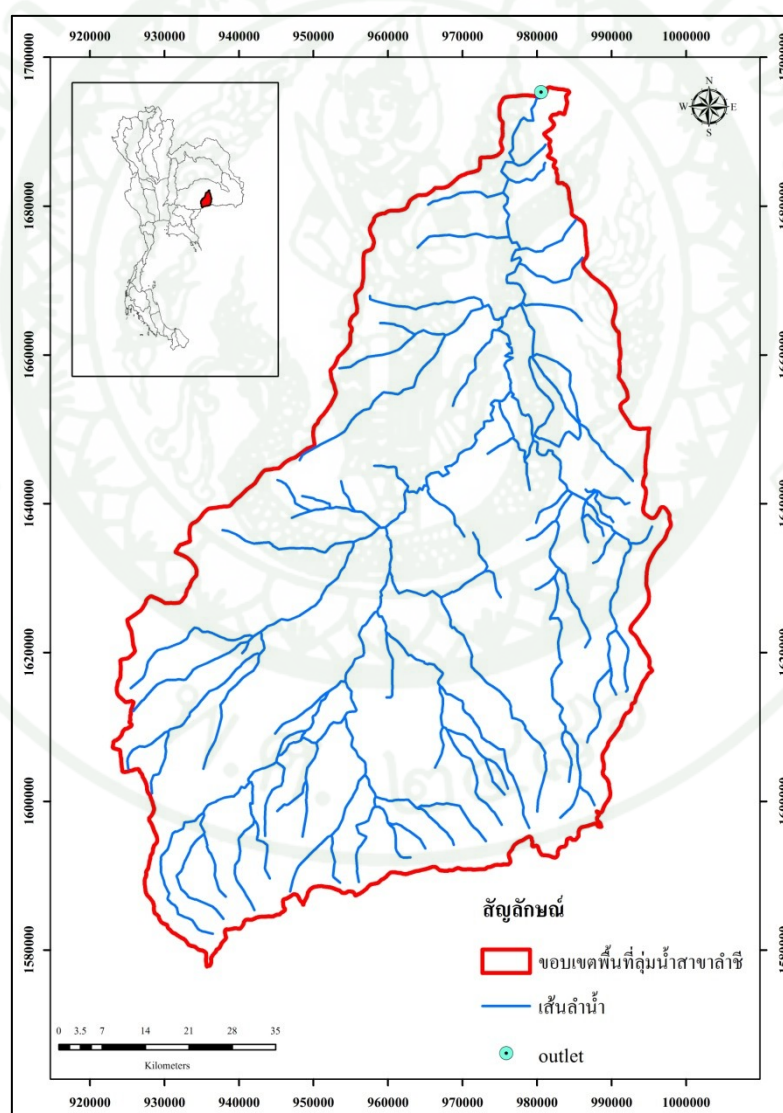
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	SWAT Code	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	SWAT Code
พื้นที่ชุมชน	URBN	เกษตรผสมผสาน	AGRL
พืชไร่ผสม	FCRP	แหล่งน้ำ	WATR
ไม้ผล	ORCD	ป่าผลัดใบ	FRSD
ยางพารา	RUBR	ไม้ยืนต้นผสม	PRNL
ทุ่งหญ้า	PAST	นาข้าว	RICE

3) ข้อมูลแผนที่ดิน (Soil Map) การรวบรวมข้อมูลในประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรม DLD ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษา Visual Basic บนระบบปฏิบัติการ Window ซึ่งได้จัดทำชุดของข้อมูลดินโดยชุดดินในประเทศไทยออกเป็น 62 กลุ่มดิน ซึ่งสามารถ Download ข้อมูลดิน (Soil Group) โปรแกรม DLD และ คำอธิบายชุดดิน ได้จากเว็บไซต์ของกรมพัฒนาที่ดิน นอกจากนี้ยังสามารถทำการ Digitize แผนที่ดินได้ หากรายละเอียดของข้อมูลในพื้นที่ทำการศึกษาไม่เพียงพอซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้จากรายงานการสำรวจดินของแต่ละจังหวัดของกรมพัฒนาที่ดิน

การเตรียมข้อมูลแผนที่ดิน โดยการใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กำหนดตามกลุ่มชุดดิน (Soil Groups) ของกรมพัฒนาที่ดิน 62 กลุ่มชุดดิน ทำการสร้าง

ตารางข้อมูล เพื่อกำหนด Soil ID ของแต่ละชุดดิน พบว่า ในลุ่มน้ำสาขาลำซิมิชุดดินทั้งสิ้น 24 กลุ่มชุดดิน

4) ข้อมูลเส้นลำน้ำ (Stream Line Data) สามารถสร้างจากแผนที่ DEM ทำการลากเส้น (Delineation) แนวลำน้ำโดยการใช้ Spatial Analysis Tool ของโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทั่วไป แต่ถ้าขนาดความละเอียดถูกต้องของแผนที่ DEM มีค่าความผิดพลาดสูง จะทำให้การลากเส้นแนวลำน้ำคลาดเคลื่อนจากแนวสภาพลำน้ำจริงได้ ดังนั้น เมื่อทำการลากเส้นแนวลำน้ำแล้ว หากแนวลำน้ำต่างจากความเป็นจริงมาก ต้องมีการเปรียบเทียบแนวลำน้ำจริงจากการ Digitize เพื่อเพิ่มความละเอียดถูกต้องของข้อมูลให้มากยิ่งขึ้น (ภาพที่ 9)



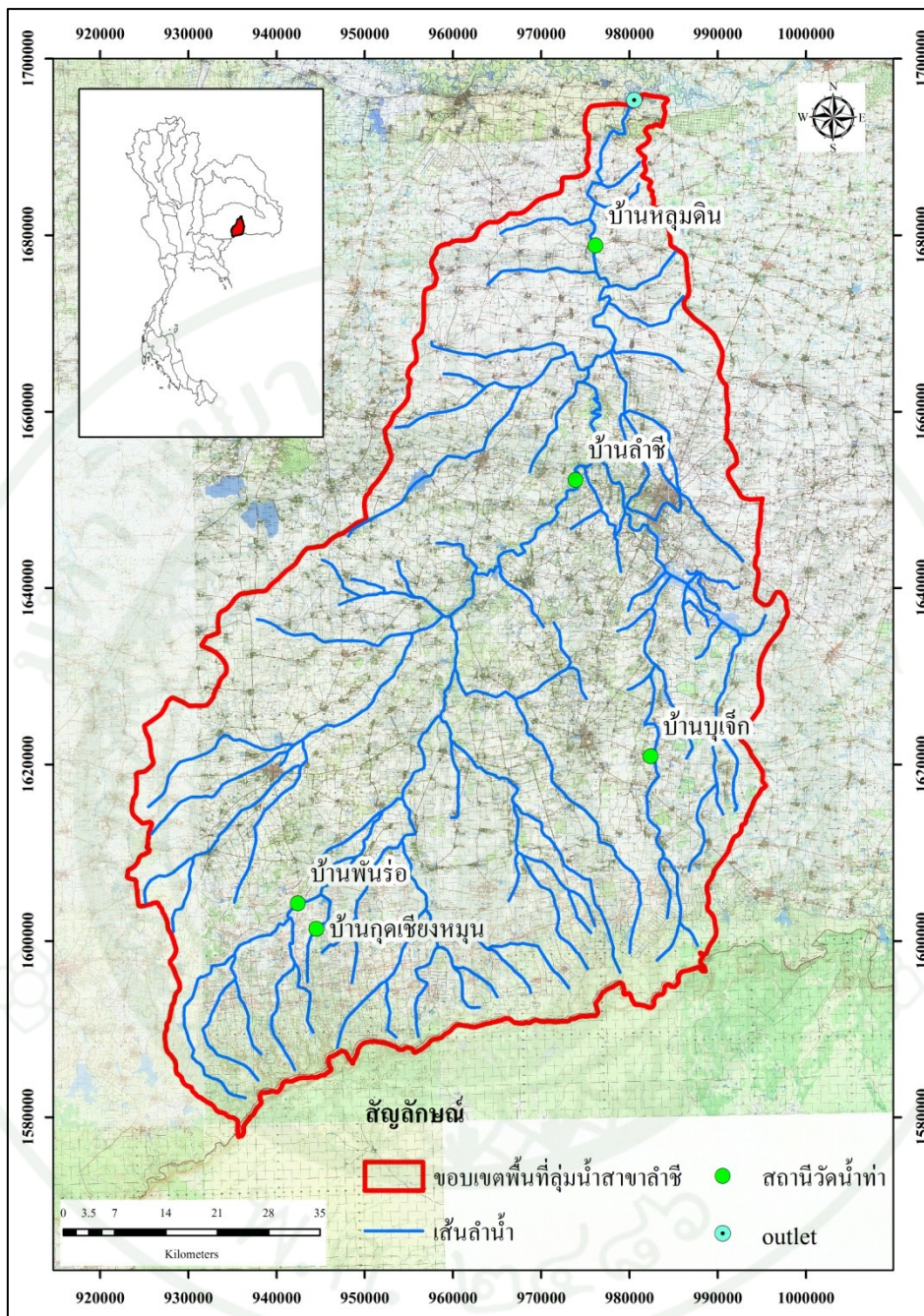
ภาพที่ 9 เส้นลำน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำซิมิ

5) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (Climatic Data) ประกอบไปด้วย ข้อมูลฝนรายวัน อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน รวมทั้งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และ ความเร็วลม ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี จากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527-2555

1.2.2 ข้อมูลสำหรับปรับเทียบ (Calibrating Data) พารามิเตอร์ในแบบจำลอง ข้อมูล ปริมาณน้ำท่าที่ใช้ในแบบจำลอง SWAT เป็นข้อมูลแบบรายวัน จากกรมชลประทาน ซึ่งต้องนำ ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT เพื่อปรับแก้พารามิเตอร์ให้เหมาะสม สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ทั้งสิ้น 5 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 6 และภาพที่ 10

ตารางที่ 6 สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงลุ่มน้ำสาขาลำชี

ลำดับที่	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	พิกัด	
			X	Y
1	M.153	บ้านกุดเชียงหมน	944532	1601330
2	M.93	บ้านพันร่อ	942427	1604220
3	M.100	บ้านบุเจ๊ก	982405	1620900
4	M.26	บ้านลำชี	973905	1652220
5	M.159	บ้านหลุมดิน	976176	1678800



ภาพที่ 10 สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

การศึกษาในครั้งนี้ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องช่วยในการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในแบบจำลอง SWAT สำหรับการเตรียมฐานข้อมูลก่อนการจำลองแบบ มีความจำเป็นต้องจัดรูปแบบพื้นฐานข้อมูลที่อยู่ในรูปของภาพ (Graphic) และ ข้อมูลอรรถาธิบาย (Attribute) ให้อยู่ในรูปแบบที่แบบจำลอง SWAT ต้องการ โดยแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน แผนที่

ชุดดิน แผนที่เส้นลำน้ำ ให้อยู่ในรูปแบบของ Shape File ข้อมูลปริมาณน้ำท่าและข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศ เป็นต้น ให้อยู่ในรูปแบบของตารางข้อมูล

## 2. ศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนในปีเอลนีโญ และในปีลานีญา

2.1 จำแนกปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา และปีปกติ ตามสถิติการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปรากฏการณ์ลานีญา จากข้อมูลดัชนี ONI

2.2 หาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายเดือน อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดรายเดือน โดยแบ่งตามปีเอลนีโญ ปีลานีญา และปีปกติที่กำหนดไว้

2.3 ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนรายเดือน อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดของปีเอลนีโญ ปีลานีญา และปีปกติ

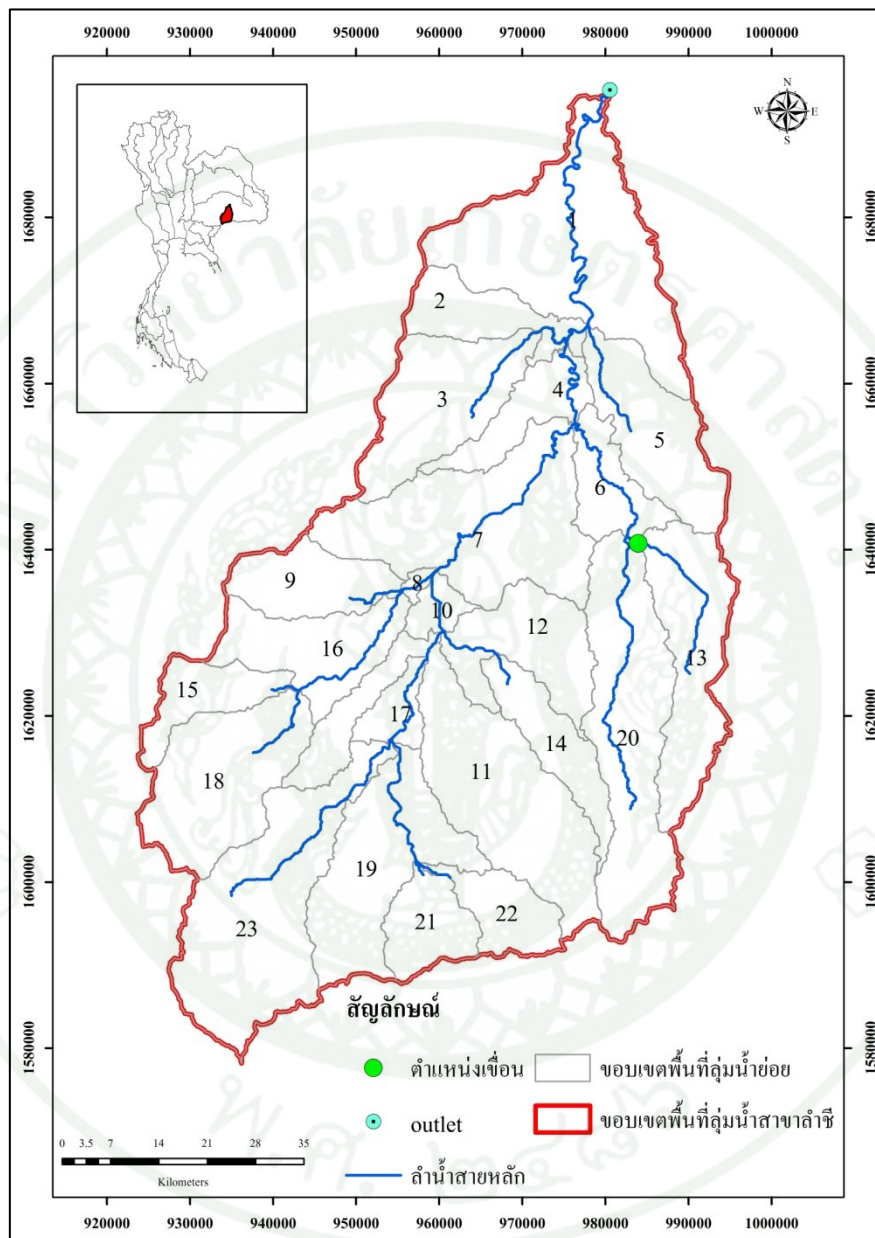
2.4 ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศ ของปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา กับปีปกติ โดยใช้สถิติทดสอบที (t-Test) ซึ่งมีสมมติฐานในการทดสอบ คือ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิอากาศของปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญามีค่าแตกต่างไปจากปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิอากาศของปีปกติ

## 3. ประเมินปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี โดยใช้แบบจำลอง SWAT

แบบจำลอง SWAT อาศัยข้อมูลเชิงกายภาพ ในการประมาณค่าดัชนีที่บ่งชี้ความสมบูรณ์ของลุ่มน้ำ โดยแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยก็จะถูกแบ่ง เป็นหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units; HRUs) ซึ่งเป็นการซ้อนทับของชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะดิน และความลาดชัน (Gassman *et al.*, 2007) การประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก (กิตติพงษ์, 2546) ดังนี้

3.1 ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Watershed Delineation) เป็นการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยการนำข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข ขอบเขตพื้นที่ศึกษา (Watershed Boundary) เส้นลำน้ำ จุดน้ำไหลออก (Outlet) และตำแหน่งของเขื่อน เพื่อทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำ

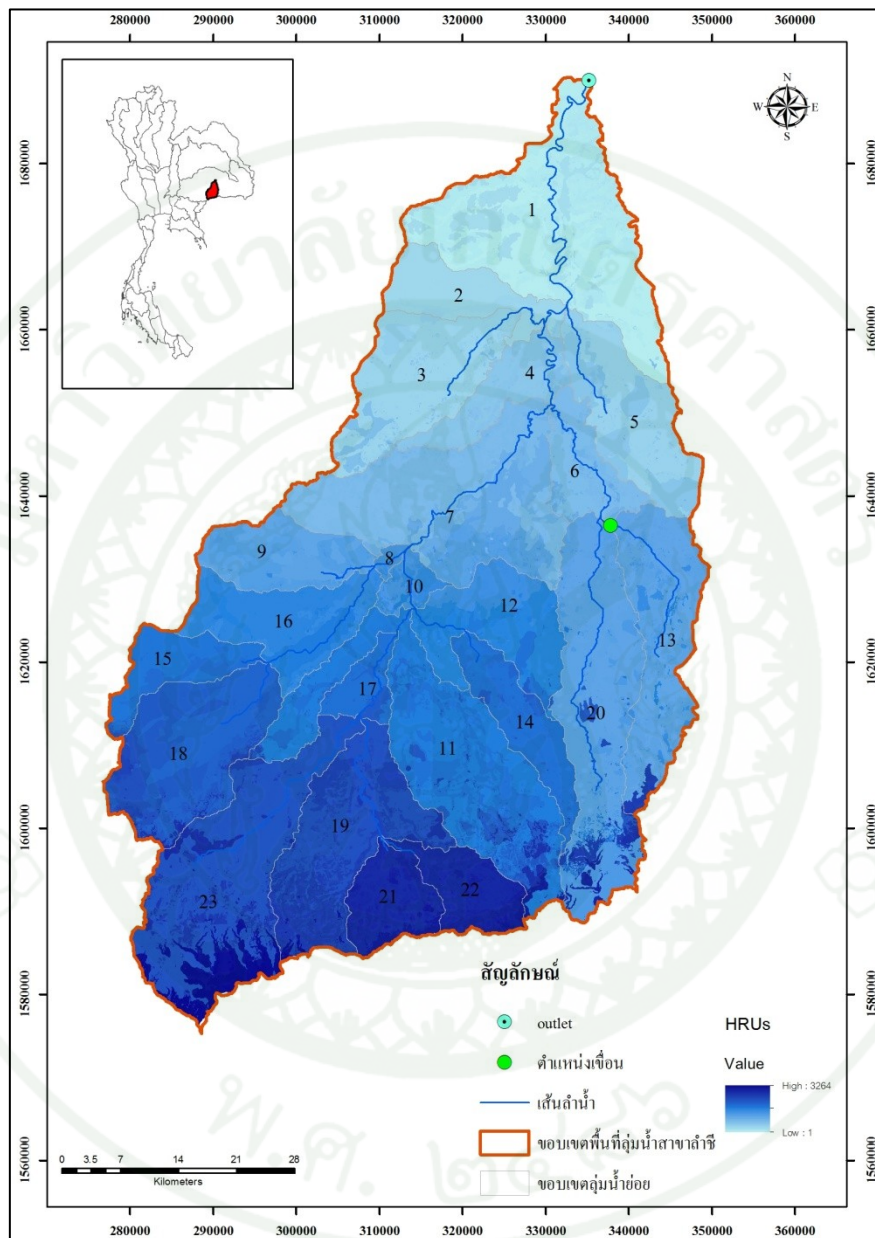
สาขาลำชี สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี มีเขื่อนจำนวน 1 เขื่อน ตั้งอยู่บริเวณลุ่มน้ำย่อยที่ 13 และสามารถแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยได้ทั้งหมด 23 ลุ่มน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

3.2 ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) โดยนำเข้าข้อมูลลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและแผนที่จุดดินในรูปแบบของกริดไฟล์ (Grid File) และกำหนดระดับความลาดชันของพื้นที่ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้กำหนดความลาดชันของพื้นที่ออกเป็น 5 ระดับ

คือ 0-1 %, 1-3 %, 3-10 %, 10-20 % และ >20 % เพื่อกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี

3.3 ขั้นตอนที่ 3 การตั้งค่าและคำนวณข้อมูล (SWAT Setup and Run) ทำการกำหนดช่วงเวลาในการคำนวณ โดยทำการใส่ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดอากาศ และข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวัน ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศต่ำสุด อุณหภูมิอากาศสูงสุด

และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการประมวลผลผลลัพธ์ออกมา สำหรับการศึกษานี้ทำการกำหนดช่วงเวลาในการคำนวณตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2527 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2555 เป็นจำนวนทั้งสิ้น 29 ปี

3.4 การแสดงผลลัพธ์ (Visualize) เมื่อแบบจำลองทำการคำนวณข้อมูลเสร็จสิ้นตามขั้นตอน แบบจำลองจะแสดงผลลัพธ์อยู่ในรูปของแผนภูมิ ตาราง และแผนที่

3.5 การเปรียบเทียบแบบจำลอง SWAT ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง SWAT สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ (1) การเปรียบเทียบการเคลื่อนย้ายตะกอนในลำน้ำ (2) การเปรียบเทียบค่ามลพิษที่ไม่รู้แหล่งที่มาและคุณภาพน้ำในลำน้ำ (3) การเปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางอุทกวิทยา และ (4) การเปรียบเทียบในส่วนของ การชะล้างพังทลายของดินและการเกิดตะกอน สำหรับการศึกษานี้ทำการปรับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางอุทกวิทยา เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเท่านั้น ซึ่งเป็นการนำปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีอุทกวิทยา โดยในการศึกษานี้ทำการปรับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดิน ดิน หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา และการจัดการที่ดิน โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of Determination;  $R^2$ ) และ Nash-Sutcliffe Efficiency Coefficient ( $E_{ns}$ ) เป็นเกณฑ์วัดความถูกต้องของค่าที่ได้จากการจำลอง (Simulated) กับค่าที่ได้จากการตรวจวัด (Observed) (ธีรวัฒน์, 2554) โดยมีสมการดังนี้

$$R^2 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right]^2 \quad (7)$$

$$E_{ns} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (8)$$

เมื่อ	$O_i$	=	ปริมาณการไหลที่ได้จากการตรวจวัด (Observed)
	$P_i$	=	ปริมาณการไหลที่ได้จากการจำลอง (Simulated)
	$\bar{O}$	=	ค่าเฉลี่ยของปริมาณการไหลที่ได้จากการตรวจวัด
	$\bar{P}$	=	ค่าเฉลี่ยของปริมาณการไหลที่ได้จากการจำลอง

สำหรับค่า  $R^2$  และค่า  $E_{ns}$  ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า กลุ่มข้อมูลทั้งสองเข้ากันได้ดี เมื่อค่าเข้าใกล้ 0 กลุ่มข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อย

#### 4. เปรียบเทียบปริมาณน้ำทำในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา กับปีปกติ

นำปริมาณน้ำทำที่ได้จากแบบจำลอง โดยแบ่งตามปีเอลนีโญ ปีลานีญา และปีปกติ มาเปรียบเทียบกัน โดยใช้สถิติทดสอบที (t-Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในการทดสอบความแตกต่างของปริมาณน้ำทำในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา กับปีปกติ

#### 5. การจำลองสถานการณ์น้ำทำ

5.1 จำลองสถานการณ์น้ำทำในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง นำปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดของปีปกติ โดยเลือกปีปกติมา 1 ปี มาจำลองสถานการณ์น้ำทำในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง โดยในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง ทำการลดปริมาณน้ำฝน และเพิ่มอุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดจากอุณหภูมิของปีปกติ และในปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง ทำการเพิ่มปริมาณน้ำฝน และลดอุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดจากอุณหภูมิของปีปกติ ทั้งนี้ จำนวนเปอร์เซ็นต์ที่นำมาเพิ่ม/ลดปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมินั้น ได้มาจากการศึกษาการผันแปรของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิของปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา

5.2 การคาดการณ์ปริมาณน้ำทำในอนาคตของกลุ่มน้ำสาขาลำชี โดยใช้แบบจำลอง SWAT ทำได้โดยนำข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ที่ได้มาจากแบบจำลอง General Circulation Model (GCM) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลก (Climate Model) ซึ่งมีการคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2577 มาใช้ในการประเมินน้ำทำของกลุ่มน้ำสาขาลำชี

## ผลและวิจารณ์

### 1. ความผันแปรของสภาพอากาศในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา

#### 1.1 ความผันแปรของอุณหภูมิอากาศในปีเอลนีโญ และปีลานีญา

จากการศึกษาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย อุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ยและต่ำสุดเฉลี่ยรายปี ระหว่างปี พ.ศ. 2527-2555 พบว่า อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำสาขาลำชี เท่ากับ 27.5 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 28.6 องศาเซลเซียส ในปี พ.ศ. 2541 ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายปีต่ำสุดเท่ากับ 26.6 องศาเซลเซียส ในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา และกลุ่มน้ำสาขาลำชีมีอุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย ทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 32.9 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 22.3 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 7)

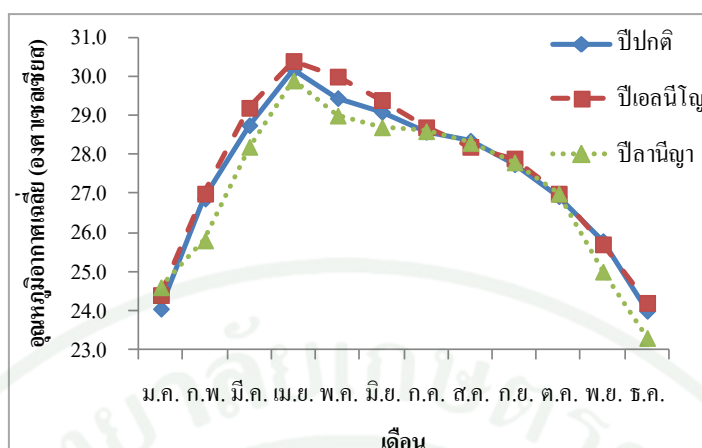
เมื่อแบ่งข้อมูลอุณหภูมิอากาศแยกตามปีปกติ ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา พบว่า ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนส่วนใหญ่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในปีปกติ โดยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ในช่วง 24.2-30.4 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนเมษายน และต่ำสุดในเดือนธันวาคม ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ส่วนใหญ่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในปีปกติ โดยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ในช่วง 23.3-29.9 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนเมษายน และต่ำสุดในเดือนธันวาคม (ตารางที่ 8) จากการศึกษารายปี พบว่า ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ มีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย อุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย และต่ำสุดเฉลี่ย เท่ากับ 27.7, 33.2 และ 22.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าอุณหภูมิอากาศในปีปกติอยู่ 0.2, 0.3 และ 0.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หรือประมาณ 0.78-1.35 % ของอุณหภูมิในปีปกติ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา มีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย อุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย และต่ำสุดเฉลี่ย เท่ากับ 27.2, 32.5 และ 22.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย และอุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ยต่ำกว่าปีปกติอยู่ 0.3 และ 0.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หรือประมาณ 1.03-1.35 % ของอุณหภูมิในปีปกติ แต่ค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 13)

ตารางที่ 7 อุณหภูมิอากาศของกลุ่มน้ำสาขาลำชี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2527-2555

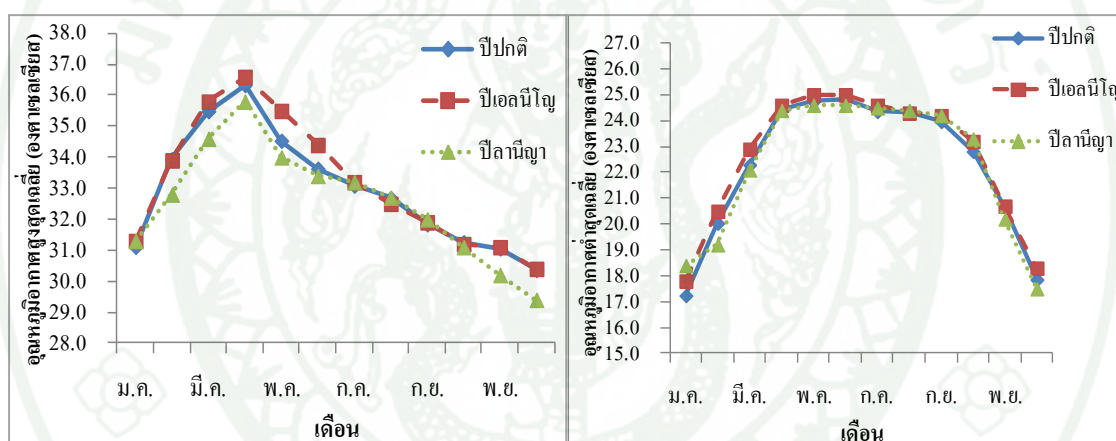
ปี พ.ศ.	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)			ปี พ.ศ.	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)		
	อุณหภูมิต่ำสุด		อุณหภูมิสูงสุด		อุณหภูมิต่ำสุด		อุณหภูมิสูงสุด
	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย		เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย
2527	27.0	32.6	21.4	2542	27.1	32.1	22.2
2528	27.2	32.7	21.8	2543	27.3	32.5	22.2
2529	27.3	32.9	21.7	2544	27.6	32.7	22.5
2530	27.8	33.4	22.3	2545	27.9	33.1	22.7
2531	27.3	32.6	22.0	2546	27.8	33.1	22.5
2532	27.5	33.0	22.0	2547	27.7	33.2	22.2
2533	27.6	32.8	22.4	2548	28.1	33.4	22.8
2534	27.7	33.0	22.5	2549	27.4	33.2	22.8
2535	27.5	32.8	22.2	2550	27.3	33.1	22.8
2536	27.3	32.8	21.9	2551	26.6	32.3	22.3
2537	27.6	33.0	22.3	2552	27.1	32.9	22.7
2538	27.5	32.7	22.3	2553	28.0	33.8	23.6
2539	27.1	32.1	22.1	2554	26.6	32.2	22.2
2540	27.6	33.0	22.3	2555	27.8	33.5	23.4
2541	28.6	34.0	23.2	เฉลี่ย	27.5	32.9	22.3

ตารางที่ 8 อุณหภูมิอากาศรายเดือนแยกตามปรากฏการณ์เอลนีโญ ปรากฏการณ์ลานีญา และปีปกติ  
ของลุ่มน้ำสาขาลำชี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2527-2555

เดือน	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)								
	ปีปกติ			ปีเอลนีโญ			ปีลานีญา		
	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย
ม.ค.	24.0	31.1	17.2	24.4	31.3	17.8	24.6	31.3	18.4
ก.พ.	26.9	33.9	20.0	27.0	33.9	20.5	25.8	32.8	19.2
มี.ค.	28.8	35.5	22.3	29.2	35.8	22.9	28.2	34.6	22.1
เม.ย.	30.2	36.3	24.4	30.4	36.6	24.6	29.9	35.8	24.4
พ.ค.	29.4	34.5	24.7	30.0	35.5	25.0	29.0	34.0	24.6
มิ.ย.	29.1	33.6	24.8	29.4	34.4	25.0	28.7	33.4	24.6
ก.ค.	28.6	33.1	24.4	28.7	33.2	24.6	28.6	33.2	24.5
ส.ค.	28.4	32.7	24.3	28.2	32.5	24.3	28.3	32.7	24.4
ก.ย.	27.8	31.8	24.0	27.9	31.9	24.2	27.8	32.0	24.2
ต.ค.	26.9	31.3	22.8	27.0	31.2	23.2	27.0	31.1	23.3
พ.ย.	25.8	31.1	20.7	25.7	31.1	20.7	25.0	30.2	20.2
ธ.ค.	24.0	30.4	17.9	24.2	30.4	18.3	23.3	29.4	17.5
รายปี	27.5	32.9	22.3	27.7	33.2	22.6	27.2	32.5	22.3



(ก) อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย



(ข) อุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย

(ค) อุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ย

ภาพที่ 13 แนวโน้มความผันแปรของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในปีเอลนีโญ และปีลานีญา

สรุปได้ว่า ความผันแปรของอุณหภูมิอากาศของกลุ่มน้ำสาขาลำชีในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของกลุ่มน้ำสาขาลำชีมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าปกติ โดยมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณ 0.78-1.35 % ของอุณหภูมิในปีปกติ และในปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของกลุ่มน้ำสาขาลำชีมีแนวโน้มต่ำกว่าปกติ โดยมีอุณหภูมิลดลงประมาณ 1.03-1.35 % ของอุณหภูมิในปีปกติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของมัทนา และสุดาพร (2542) ที่กล่าวว่า ในปีลานีญาอุณหภูมิของประเทศไทยส่วนใหญ่ต่ำกว่าปกติ และลานีญาที่มีขนาดปานกลางถึงรุนแรงจะส่งผลให้อุณหภูมิของประเทศไทยต่ำกว่าปกติมากขึ้น อีกทั้งมัทนา และนงคณาถ (2545)

ยังกล่าวเพิ่มเติมอีกว่า ในปีเอลนีโญอุณหภูมิของประเทศไทยส่วนใหญ่สูงกว่าปกติ และสูงกว่าปกติมากขึ้นในกรณีที่เอลนีโญมีขนาดปานกลางถึงรุนแรง

## 1.2 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ ของปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา กับปีปกติ

การเปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย อุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน ในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญากับปีปกติ โดยใช้สถิติทดสอบที (t-Test) ในการทดสอบความแตกต่างของข้อมูล พบว่า อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย อุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ยของปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา และปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ กับข้อมูลปีปกติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 9 ทั้งนี้ เนื่องจากในการศึกษาโดยใช้สถิติวิเคราะห์ความต่างนั้น สถิติจะวิเคราะห์จากแนวโน้มของข้อมูล เมื่อข้อมูลทั้งสองชุดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ผลการทดสอบทางสถิติของข้อมูลทั้งสองชุดจะไม่มี ความแตกต่างกัน ดังนั้น อุณหภูมิอากาศในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญาจึงมีค่าไม่แตกต่างจากอุณหภูมิอากาศในปีปกติในทางสถิติ แต่ในความเป็นจริงนั้นเมื่ออุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปแม้เพียงเล็กน้อย ซึ่งส่งผลถึงการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบางชนิดได้ เช่น เมื่อมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิอากาศ ทำให้ส่งผลต่อการคายน้ำของพืช การบานของดอกไม้ การอพยพย้ายถิ่นของสัตว์ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มหรือลดลงมากก็ยิ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตมากยิ่งขึ้น ซึ่งความผันแปรของอุณหภูมิอากาศนั้นขึ้นอยู่กับ การได้รับแสงแดดจากดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน และความยาวนานในการได้รับแสงของแต่ละพื้นที่ด้วย

ตารางที่ 9 การทดสอบความแตกต่างของข้อมูลอุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศ	ค่านัยสำคัญทางสถิติ (t-Value)	
	ปีปกติกับปีเอลนีโญ	ปีปกติกับปีลานีญา
เฉลี่ย	0.83 <sup>ns</sup>	0.72 <sup>ns</sup>
สูงสุดเฉลี่ย	0.60 <sup>ns</sup>	0.53 <sup>ns</sup>
ต่ำสุดเฉลี่ย	0.79 <sup>ns</sup>	0.99 <sup>ns</sup>

หมายเหตุ: <sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

### 1.3 ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนในปีเอลนีโญ และปีลานีญา

จากการศึกษาปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ. 2527-2555 พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยของกลุ่มน้ำสาขาลำชีเท่ากับ 1,364.85 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณน้ำฝนรายปีสูงสุด เท่ากับ 1,752.90 มิลลิเมตร ในปี พ.ศ. 2543 ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา และมีปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุด เท่ากับ 994.67 มิลลิเมตร ในปี พ.ศ. 2535 ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ปริมาณน้ำฝนรายปีของกลุ่มน้ำสาขาลำชี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2527-2555

ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ปรากฏการณ์**	ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ปรากฏการณ์**
2527	1,168.13	ปีปกติ	2542	1,515.13	ปีลานีญา
2528	1,347.13	ปีปกติ	2543	1,752.90	ปีลานีญา
2529	1,386.77	ปีปกติ	2544	1,260.70	ปีลานีญา
2530	1,101.43	ปีเอลนีโญ	2545	1,665.37	ปีเอลนีโญ
2531	1,299.12	ปีลานีญา	2546	1,421.80	ปีปกติ
2532	1,135.03	ปีลานีญา	2547	1,438.93	ปีปกติ
2533	1,444.57	ปีเอลนีโญ	2548	1,310.57	ปีปกติ
2534	1,225.80	ปีเอลนีโญ	2549	1,507.60	ปีเอลนีโญ
2535	994.67	ปีเอลนีโญ	2550	1,450.13	ปีปกติ
2536	1,059.13	ปีเอลนีโญ	2551	1,518.93	ปีลานีญา
2537	1,283.53	ปีปกติ	2552	1,612.03	ปีเอลนีโญ
2538	1,340.70	ปีปกติ	2553	1,330.67	*
2539	1,658.40	ปีปกติ	2554	1,661.43	ปีลานีญา
2540	1,387.80	ปีเอลนีโญ	2555	1,122.90	ปีปกติ
2541	1,179.27	*	เฉลี่ย	1,364.85	

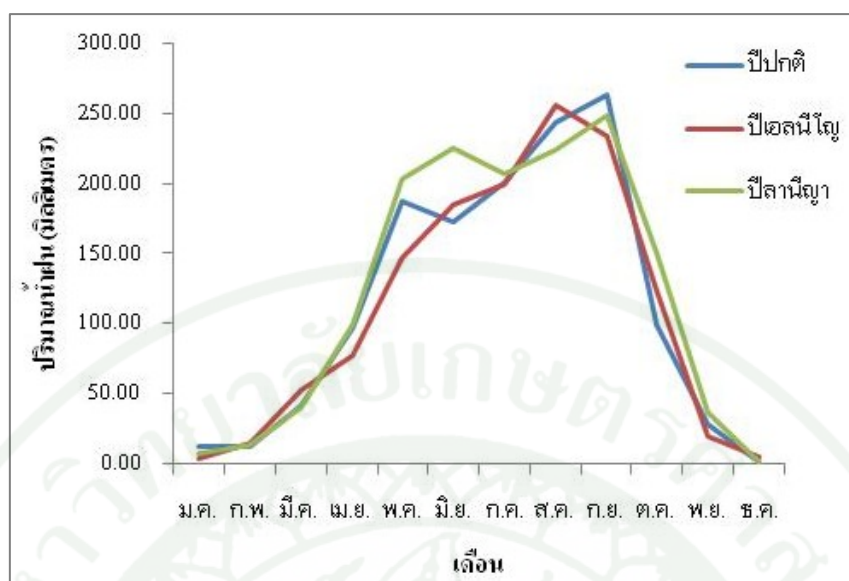
หมายเหตุ: \* เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน และเกิดปรากฏการณ์ลานีญาในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม

\*\* ข้อมูลจากสถิติการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาของ NOAA (2013)

ความผันแปรของปริมาณน้ำฝน เมื่อแบ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนออกเป็นปีปกติ ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา พบว่า ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ มีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,316.44 มิลลิเมตร เดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด คือ เดือนสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 256.12 มิลลิเมตร และเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด คือ เดือนมกราคม มีค่าเท่ากับ 4.00 มิลลิเมตร ส่วนในปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา มีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,455.36 มิลลิเมตร เดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด คือ เดือนกันยายน มีค่าเท่ากับ 248.27 มิลลิเมตร และเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด คือ เดือนธันวาคม มีค่าเท่ากับ 1.47 มิลลิเมตร (ตารางที่ 11 และภาพที่ 14) และจากการศึกษาปริมาณน้ำฝนรายปี พบว่า ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ มีปริมาณน้ำฝนลดลงจากปีปกติ 40.74 มิลลิเมตร หรือประมาณ 3.00 % ของปริมาณน้ำฝนในปีปกติ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา มีค่าปริมาณน้ำฝนรายปีเพิ่มขึ้นจากปีปกติ 98.18 มิลลิเมตร หรือประมาณ 7.23 % ของปริมาณน้ำฝนในปีปกติ

ตารางที่ 11 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนแยกตามปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ลานีญา และปีปกติของกลุ่มน้ำสาขาลำชี

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)		
	ปีปกติ	ปีเอลนีโญ	ปีลานีญา
ม.ค.	11.79	4.00	6.94
ก.พ.	12.71	14.61	13.01
มี.ค.	41.23	52.55	39.98
เม.ย.	96.45	76.94	99.42
พ.ค.	187.22	147.21	203.63
มิ.ย.	172.48	184.83	224.89
ก.ค.	201.00	199.83	207.11
ส.ค.	243.02	256.12	224.04
ก.ย.	263.47	233.22	248.27
ต.ค.	99.42	123.63	150.26
พ.ย.	27.66	18.99	36.34
ธ.ค.	0.74	4.50	1.47
รายปี	1,357.18	1,316.44	1,455.36



ภาพที่ 14 แนวโน้มความผันแปรของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ของปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปีลานีญา ระหว่างปี พ.ศ. 2527-2555

สรุปได้ว่า ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนของกลุ่มน้ำสาขาลำชี ในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ มีแนวโน้มลดลง และปริมาณน้ำฝนของกลุ่มน้ำสาขาลำชีในปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของมันทนา และสุดาพร (2542) ที่กล่าวว่า ในปีลานีญาปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยส่วนใหญ่สูงกว่าปกติ และลานีญาที่มีขนาดปานกลางถึงรุนแรงส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยสูงกว่าปกติมากขึ้น อีกทั้งมันทนา และนงศ์นาค (2545) ยังกล่าวเพิ่มเติมอีกว่า ในปีเอลนีโญปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยส่วนใหญ่ต่ำกว่าปกติ และต่ำกว่าปกติมากขึ้นในกรณีที่เอลนีโญมีขนาดปานกลางถึงรุนแรง

#### 1.4 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝน ของปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา กับปีปกติ

เปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำฝนในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญากับปีปกติ โดยใช้สถิติทดสอบที (t-Test) ในการทดสอบความแตกต่างของข้อมูล พบว่า ปริมาณน้ำฝนในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา กับปีปกติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 12

## ตารางที่ 12 การทดสอบความแตกต่างของข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ค่านัยสำคัญทางสถิติ (t-Value)	
ปริมาณน้ำฝนปีปกติกับปีเอลนีโญ	ปริมาณน้ำฝนปีปกติกับปีลานีญา
0.93 <sup>ns</sup>	0.85 <sup>ns</sup>

หมายเหตุ: <sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การศึกษาโดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแตกต่างนั้น สถิติจะวิเคราะห์จากแนวโน้มของข้อมูล เมื่อข้อมูลทั้งสองชุดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ผลการทดสอบทางสถิติของข้อมูลทั้งสองชุดนั้นจะไม่มี ความแตกต่างกัน ดังนั้น ปริมาณน้ำฝนในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญาจึงมีค่าไม่แตกต่างจากปริมาณน้ำฝนในปีปกติในทางสถิติ แต่ในความเป็นจริงนั้นเมื่อปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงไปแม้เพียงเล็กน้อย ส่งผลถึงปริมาณน้ำท่า และการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบางชนิดได้ เช่น เมื่อปริมาณปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นหรือลดลงส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามไปด้วย ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมหรือภัยแล้งได้ หากปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงไปจากปกติมากขึ้น

## 2. การประเมินน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี โดยใช้แบบจำลอง SWAT

### 2.1 ผลการประเมินปริมาณน้ำท่า ก่อนทำการปรับเทียบแบบจำลอง SWAT

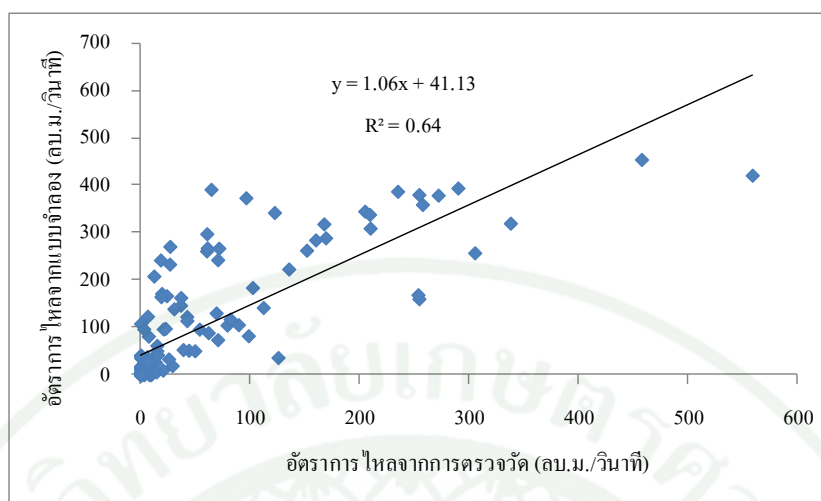
การประเมินปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT นั้น แบบจำลอง SWAT จะทำการประเมินปริมาณน้ำท่า และแสดงผลลัพธ์ออกมา โดยแบ่งเป็นปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำย่อยสุดท้ายก่อนที่น้ำจะไหลออกสู่ลุ่มน้ำอื่น จะเป็นปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำนั้น ๆ ทั้งลุ่มน้ำ สำหรับลุ่มน้ำสาขาลำชีมีลุ่มน้ำย่อยที่ 1 เป็นลุ่มน้ำย่อยสุดท้ายของลุ่มน้ำสาขาลำชี ดังนั้น ปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำนี้ จึงเป็นปริมาณน้ำท่าสรุปของทั้งลุ่มน้ำ ผลการประเมินน้ำท่าก่อนการปรับเทียบแบบจำลอง เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่า บริเวณที่ใกล้กับจุดน้ำไหลออก (Outlet) ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชีมากที่สุด คือ สถานีบ้านหลุมดิน ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2544- 2554 พบว่า ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มีค่ามากกว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีตรวจวัด (Over Estimation) เท่ากับ 52.14-659.20 % กล่าวคือ ถ้าวัดปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดได้ 100 ล้านลูกบาศก์เมตร จะได้ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง

เท่ากับ 152.14-6592.00 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT และ % Over Estimation ของแต่ละปี แสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีตรวจวัด ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ก่อนการเปรียบเทียบแบบจำลอง SWAT และ % Over Estimation

ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด	ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT	% Over Estimation
2544	942.47	2,044.35	116.91
2545	2,347.04	3,723.01	58.63
2546	611.82	3,314.73	441.79
2547	1,604.12	3,420.20	113.21
2548	354.06	2,687.99	659.20
2549	1,450.01	3,645.94	151.44
2550	1,175.43	3,460.28	194.38
2551	2,523.65	3,839.37	52.14
2552	1,799.00	4,369.67	142.89
2553	1,151.77	2,844.51	146.97
2554	2,557.60	4,139.91	61.87

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเข้ากันได้ของข้อมูล จากการเปรียบเทียบอัตราการไหลรายเดือนจากการตรวจวัดปริมาณน้ำท่าบริเวณจุด Outlet ของลุ่มน้ำสาขาลำชี กับอัตราการไหลรายเดือนจากแบบจำลอง SWAT โดยใช้ค่า  $R^2$  และ  $E_{ns}$  ในการวิเคราะห์ พบว่า มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.64 (ภาพที่ 15) และมีค่า  $E_{ns}$  เท่ากับ 0.14 โดยถ้าค่า  $R^2$  และค่า  $E_{ns}$  มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า กลุ่มข้อมูลทั้งสองเข้ากันได้ดี แต่ถ้าค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ากลุ่มข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อย



ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบอัตราการผลิตจากการตรวจวัด กับอัตราการผลิตจากแบบจำลอง SWAT ก่อนการปรับเทียบแบบจำลอง

## 2.2 การปรับเทียบแบบจำลอง SWAT

การปรับเทียบแบบจำลอง SWAT ต้องทำการหาพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อปริมาณน้ำท่าก่อน จากนั้นทำการปรับเทียบค่าของพารามิเตอร์นั้น เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยจากการศึกษาพบว่าพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อปริมาณน้ำท่ามากที่สุด คือ ค่าการระเหยจากผิวดิน

### 2.2.1 พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อปริมาณน้ำท่า

พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อปริมาณน้ำท่า แบ่งออกเป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดิน คือ ค่าปัจจัยการไหลพื้นฐาน (ALPHA\_BF) และปริมาณน้ำใต้ดินที่น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดการไหลของน้ำใต้ดินระดับต้นไปสู่แหล่งน้ำ (GWQMN) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ คือ ค่า Curve Number (CN2) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับดิน คือ ความลึกของดิน (SOL\_Z) และปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ (SOL\_AWC) และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา คือ ค่าการระเหยจากผิวดิน (ESCO) รายละเอียดแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อปริมาณน้ำท่า

พารามิเตอร์	คำอธิบาย	ชนิดไฟล์	ค่า	ค่า
			น้อยที่สุด	มากที่สุด
CN2	ค่า Curve Number (%)	.mgt	-10	10
ALPHA_BF	ค่าปัจจัยของการไหลพื้นฐาน (day)	.gw	0.02	0.8
GWQMN	ปริมาณน้ำใต้ดินที่น้อยที่สุด (mm.)	.gw	0	500
ESCO	ค่าการระเหยจากผิวดิน	.hru	0.7	1
CANMX	ค่าการกักเก็บน้ำสูงสุดบนผิวดิน (mm.)	.hru	0	15
SOL_Z	ความลึกของดิน (mm.)	.sol	0	3,500
SOL_AWC	ค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ (%)	.sol	0	1

### 2.2.2 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง SWAT

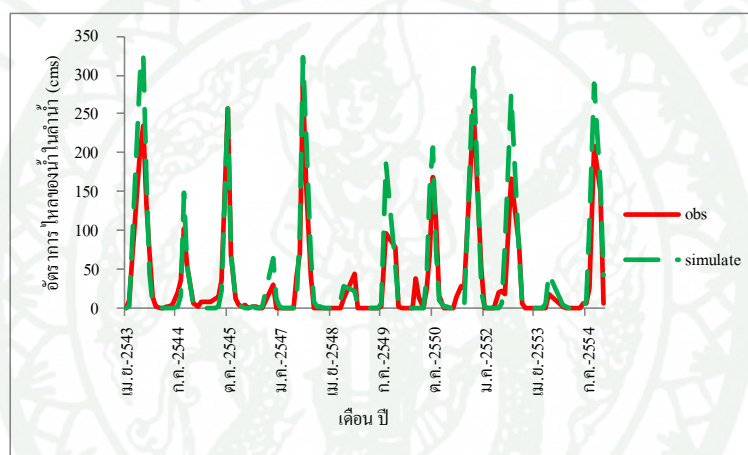
การเปรียบเทียบพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT เป็นการนำปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีตรวจวัด โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of Determination;  $R^2$ ) และ Nash-Sutcliffe Efficiency Coefficient ( $E_{ns}$ ) เป็นเกณฑ์กำหนดระดับความถูกต้อง ทำการปรับพารามิเตอร์ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า เพื่อให้ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีความสมเหตุสมผลมากขึ้น และนำปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีตรวจวัดทั้งสิ้น 5 สถานี ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 15 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง SWAT

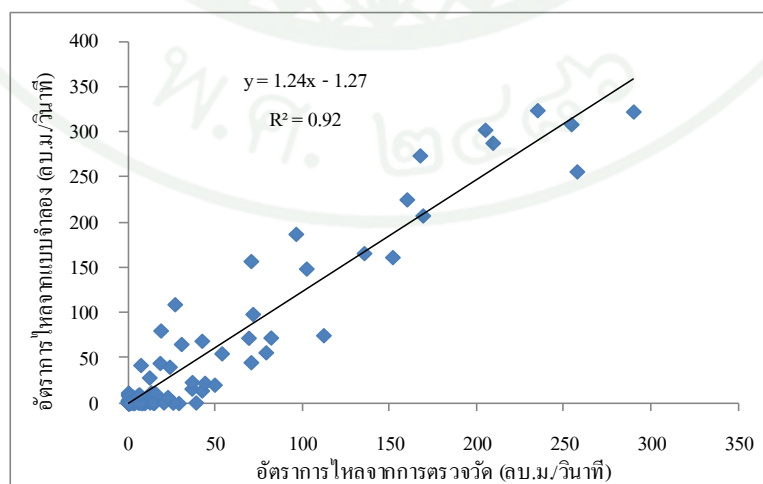
สถิติ	สถานีตรวจวัดน้ำท่า				
	บ้านหลุมดิน	บ้านลำชี	บ้านกุดเชียงหมน	บ้านพันร่อ	บ้านบุเจ็ก
$R^2$	0.92	0.90	0.85	0.96	0.89
SEE	22.42	11.25	1.06	0.74	0.32
$E_{ns}$	0.80	0.87	0.78	0.93	0.86

### 1) การเปรียบเทียบแบบจำลองโดยข้อมูลจากสถานีบ้านหลุมดิน

การเปรียบเทียบแบบจำลองจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT บริเวณลุ่มน้ำย่อยที่ 1 กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านหลุมดิน ซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ใกล้จุด Outlet ของลุ่มน้ำสาขาลำชีมมากที่สุด มีช่วงของข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบตั้งแต่เดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2543 ถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2554 ผลการเปรียบเทียบพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.92 ค่า Standard Error of Estimate (SEE) เท่ากับ 22.42 และมีค่า Nash-Sutcliffe Efficiency Coefficient ( $E_{ns}$ ) เท่ากับ 0.80 (ตารางที่ 15) โดยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดแสดงในภาพที่ 16 และภาพที่ 17



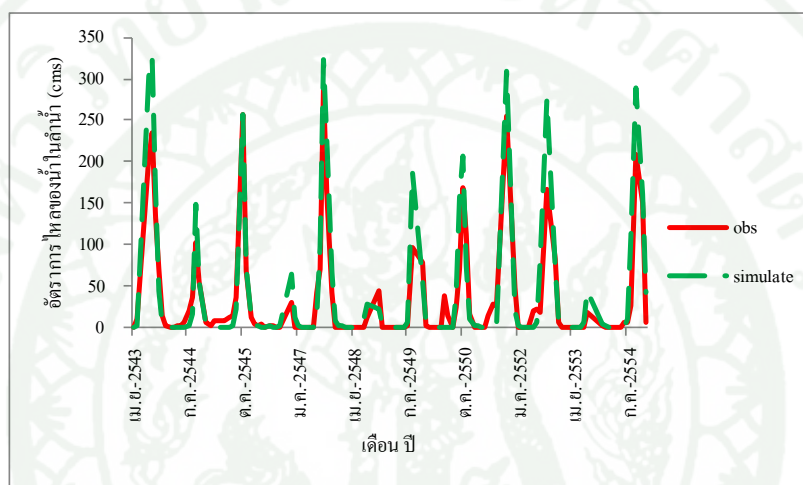
ภาพที่ 16 ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านหลุมดินและจากแบบจำลอง SWAT



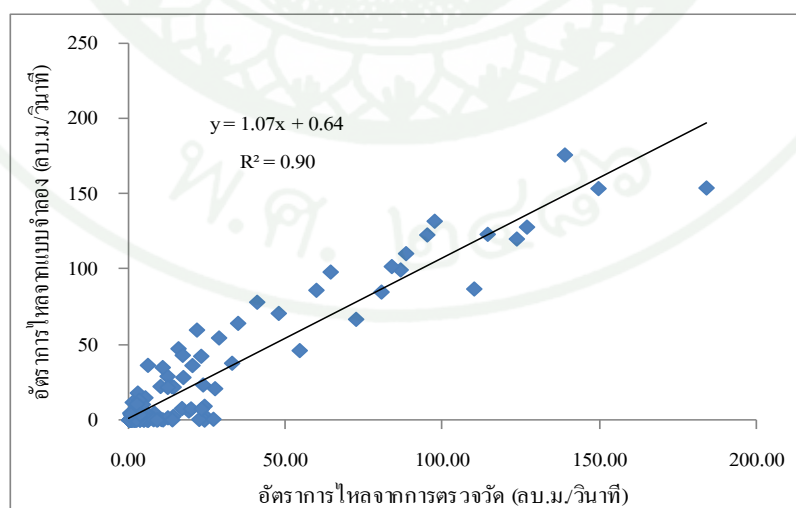
ภาพที่ 17 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านหลุมดินและจากแบบจำลอง SWAT

## 2) การเปรียบเทียบแบบจำลองโดยข้อมูลจากสถานีบ้านลำชี

การเปรียบเทียบแบบจำลองจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านลำชี มีช่วงของข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบตั้งแต่เดือน มกราคม ปี พ.ศ. 2537 ถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2552 ผลการเปรียบเทียบพบว่า  $R^2$  เท่ากับ 0.90 ค่า SEE เท่ากับ 11.25 และมีค่า  $E_{ns}$  เท่ากับ 0.87 (ตารางที่ 15) โดยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดแสดงในภาพที่ 18 และภาพที่ 19



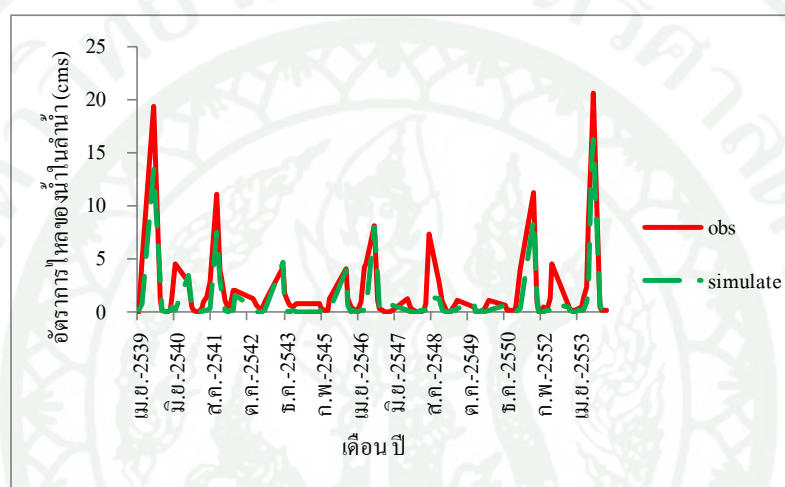
ภาพที่ 18 ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านลำชีและจากแบบจำลอง SWAT



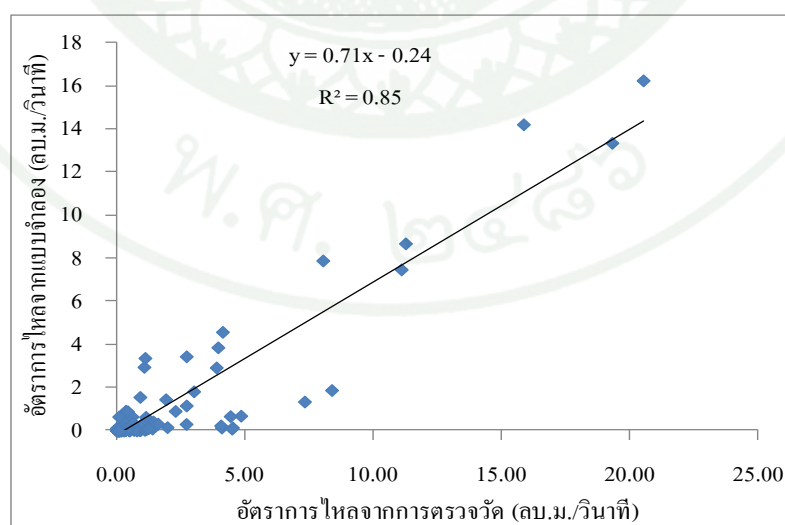
ภาพที่ 19 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านลำชีและจากแบบจำลอง SWAT

### 3) การเปรียบเทียบแบบจำลองโดยข้อมูลจากสถานีบ้านกุดเชียงหมูน

การเปรียบเทียบแบบจำลองจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านกุดเชียงหมูน มีช่วงของข้อมูลที่น่ามาเปรียบเทียบตั้งแต่เดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2539 ถึงเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554 ผลการเปรียบเทียบพบว่า  $R^2$  เท่ากับ 0.85 ค่า SEE เท่ากับ 1.06 และมีค่า  $E_{ns}$  เท่ากับ 0.78 (ตารางที่ 15) โดยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดแสดงในภาพที่ 20 และภาพที่ 21



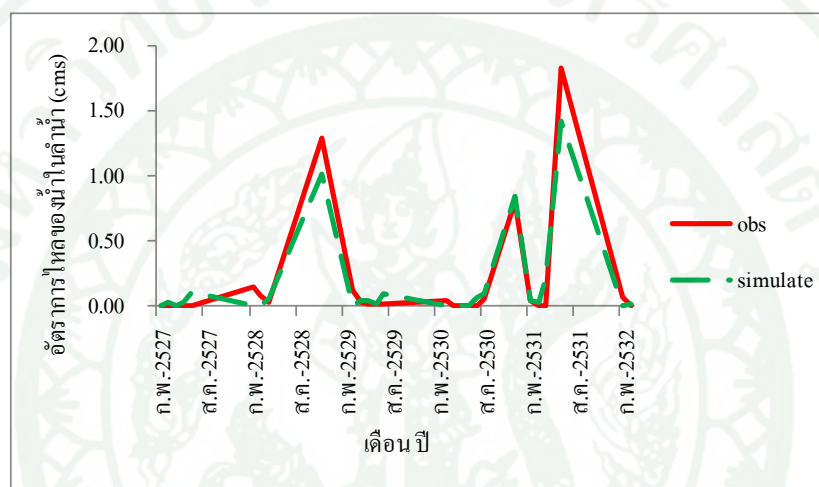
ภาพที่ 20 ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านกุดเชียงหมูนและจากแบบจำลอง SWAT



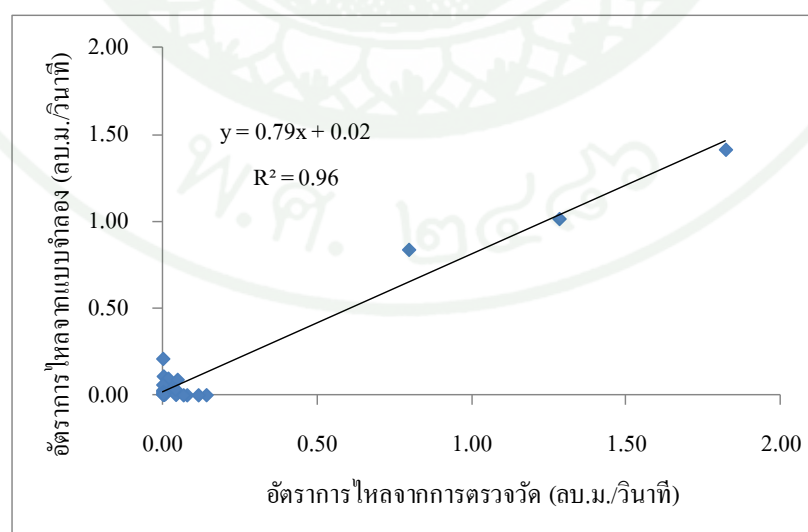
ภาพที่ 21 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากสถานีบ้านกุดเชียงหมูนและจากแบบจำลอง SWAT

#### 4) การเปรียบเทียบแบบจำลองโดยข้อมูลจากสถานีบ้านพันร่อ

การเปรียบเทียบแบบจำลองจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านพันร่อ มีช่วงของข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2527 ถึงเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2532 ผลการเปรียบเทียบพบว่า  $R^2$  เท่ากับ 0.96 ค่า SEE เท่ากับ 0.74 และมีค่า  $E_{ns}$  เท่ากับ 0.93 (ตารางที่ 15) โดยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดแสดงในภาพที่ 22 และภาพที่ 23



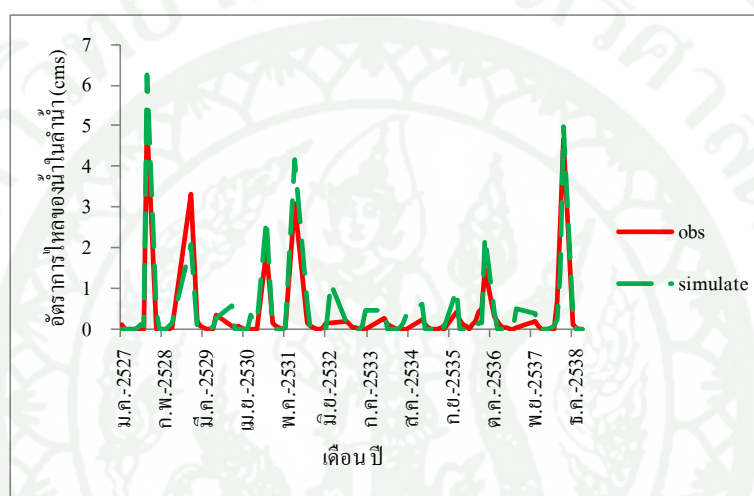
ภาพที่ 22 ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านพันร่อและจากแบบจำลอง SWAT



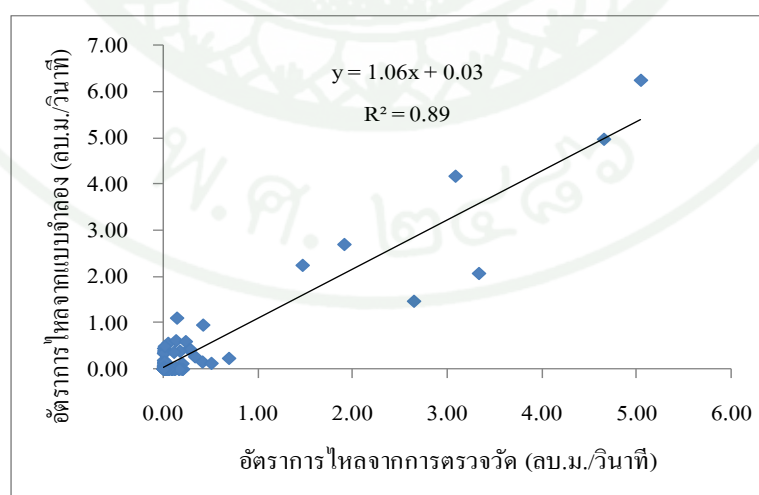
ภาพที่ 23 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านพันร่อและจากแบบจำลอง SWAT

### 5) การเปรียบเทียบแบบจำลองโดยข้อมูลจากสถานีบ้านบุเจ๊ก

การเปรียบเทียบแบบจำลองจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านบุเจ๊ก มีช่วงของข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบตั้งแต่เดือน มกราคม ปี พ.ศ. 2527 ถึงเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2539 ผลการเปรียบเทียบพบว่า  $R^2$  เท่ากับ 0.89 ค่า SEE เท่ากับ 0.32 และมีค่า  $E_{ns}$  เท่ากับ 0.86 (ตารางที่ 15) โดยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดแสดงในภาพที่ 24 และภาพที่ 25



ภาพที่ 24 ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านบุเจ๊กและจากแบบจำลอง SWAT



ภาพที่ 25 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีบ้านบุเจ๊กและจากแบบจำลอง SWAT

## 2.3 ผลการประเมินปริมาณน้ำท่า หลังทำการปรับเทียบแบบจำลอง SWAT

### 2.3.1 การประเมินปริมาณน้ำท่ารายปี แบ่งตามปีเอลนีโญ ปีลานีญาและปีปกติ จากแบบจำลอง SWAT

จากแบบจำลอง SWAT พบว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยของกลุ่มน้ำสาขาลำชี ระหว่างปี พ.ศ.2527-2555 เท่ากับ 1,404.04 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยปีที่มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุด เป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา คือ ปี พ.ศ. 2543 เท่ากับ 2,916.72 ล้านลูกบาศก์เมตร (MCM) รองลงมาคือ ปี พ.ศ. 2554 เท่ากับ 2,747.55 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญาเช่นกัน และปีที่มีปริมาณน้ำท้าน้อยที่สุด เป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน และเกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรงในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม คือ ปี พ.ศ. 2541 เท่ากับ 260.35 ล้านลูกบาศก์เมตร รองลงมา คือ ปี พ.ศ. 2536 เท่ากับ 379.07 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองแสดงในตารางที่ 16

### 2.3.2 การประเมินปริมาณน้ำท่ารายเดือน ในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา และปีปกติ จากแบบจำลอง SWAT

จากข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ได้จากแบบจำลอง พบว่า ในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ เดือนที่มีปริมาณน้ำท้าน้อยที่สุด คือ เดือนเมษายน เท่ากับ 0.08 ล้านลูกบาศก์เมตร และเดือนที่มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 450.27 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณน้ำท่ารายปีน้อยกว่าปริมาณน้ำท่าของปีปกติ เท่ากับ 137.67 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 9.82 % ของปริมาณน้ำท่าในปีปกติ ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา เดือนที่มีปริมาณน้ำท้าน้อยที่สุด คือ เดือนมีนาคม เท่ากับ 0.03 ล้านลูกบาศก์เมตร และเดือนที่มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 494.89 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมากกว่าปริมาณน้ำท่าในปีปกติ เท่ากับ 31.47 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 2.25 % ของปริมาณน้ำท่าในปีปกติ โดยปริมาณน้ำท่ารายเดือนแสดงในตารางที่ 17 และภาพที่ 26

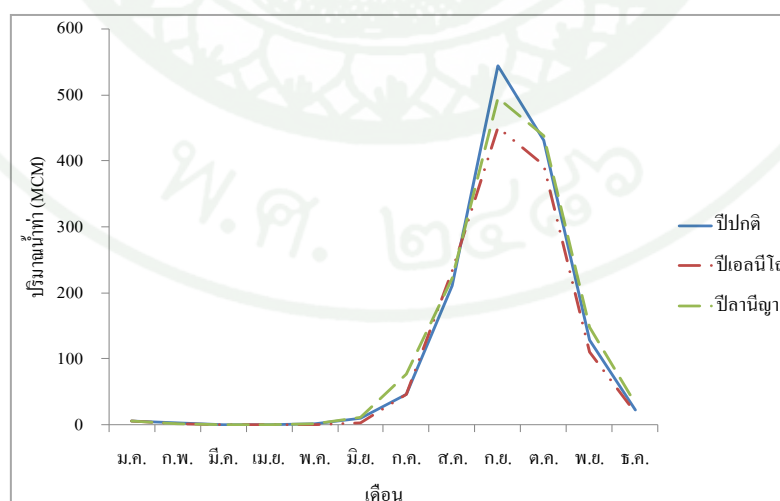
ตารางที่ 16 ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT แบบรายปี

ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำ (ล้านลูกบาศก์เมตร)	ปรากฏการณ์	ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำ (ล้านลูกบาศก์เมตร)	ปรากฏการณ์
2527	898.13	ปีปกติ	2542	1,343.93	ปีลานีญา
2528	1,148.69	ปีปกติ	2543	2,916.72	ปีลานีญา
2529	1,875.20	ปีปกติ	2544	804.69	ปีลานีญา
2530	581.70	ปีเอลนีโญ	2545	2,081.57	ปีเอลนีโญ
2531	774.45	ปีลานีญา	2546	1,515.58	ปีปกติ
2532	862.07	ปีลานีญา	2547	2,288.75	ปีปกติ
2533	1,664.36	ปีเอลนีโญ	2548	1,221.54	ปีปกติ
2534	1,353.12	ปีเอลนีโญ	2549	1,917.65	ปีเอลนีโญ
2535	382.34	ปีเอลนีโญ	2550	1,494.50	ปีปกติ
2536	379.07	ปีเอลนีโญ	2551	1,948.41	ปีลานีญา
2537	1,310.10	ปีปกติ	2552	2,424.20	ปีเอลนีโญ
2538	1,095.18	ปีปกติ	2553	1,238.87	*
2539	1,833.00	ปีปกติ	2554	2,747.55	ปีลานีญา
2540	1,619.28	ปีเอลนีโญ	2555	736.18	ปีปกติ
2541	260.35	*	เฉลี่ย	1,404.04	

หมายเหตุ: \* เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน และเกิดปรากฏการณ์  
ลานีญาในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม

ตารางที่ 17 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของกลุ่มน้ำสาขาลำชี จากแบบจำลอง SWAT ระหว่างปี  
พ.ศ. 2527-2555

เดือน	ปริมาณน้ำท่า (MCM)		
	ปีปกติ	ปีเอลนีโญ	ปีลานีญา
ม.ค.	5.92	5.76	5.52
ก.พ.	2.29	1.59	1.51
มี.ค.	0.11	0.16	0.03
เม.ย.	0.00	0.08	0.08
พ.ค.	1.77	0.34	1.71
มิ.ย.	10.07	2.91	11.31
ก.ค.	46.14	46.60	77.15
ส.ค.	210.84	233.62	222.50
ก.ย.	543.86	450.27	494.89
ต.ค.	430.74	393.97	438.08
พ.ย.	127.99	111.00	148.38
ธ.ค.	21.80	17.56	31.85
รายปี	1,401.53	1,263.86	1,433.00



ภาพที่ 26 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา  
และปีปกติ

## 2.4 เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา กับปีปกติ

เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญากับปีปกติ โดยใช้สถิติทดสอบที (t-Test) ในการทดสอบความแตกต่างของข้อมูล พบว่าปริมาณน้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา กับปีปกติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 18 ทั้งนี้ เนื่องจากปริมาณน้ำท่าขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศ และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละพื้นที่ด้วย ซึ่งสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของภูมิอากาศแบบมรสุม ดังนั้น ฤดูกาลต่าง ๆ จึงมีความเกี่ยวข้องกับลมมรสุมไปด้วย ประกอบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชีเป็นพื้นที่นาข้าว จึงมีการกักน้ำไว้เพื่อใช้ในการเพาะปลูกข้าว อีกทั้งลักษณะดินส่วนใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชีเป็นดินร่วน และดินร่วนปนทราย ทำให้มีการระบายน้ำดี เมื่อหมดฤดูฝนปริมาณน้ำท่าจึงลดลงอย่างรวดเร็ว ปริมาณน้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาจึงไม่แตกต่างจากปีปกติ

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ค่านัยสำคัญทางสถิติ (t-Value)	
ปริมาณน้ำท่าปีปกติกับปีเอลนีโญ	ปริมาณน้ำท่าปีปกติกับปีลานีญา
0.87 <sup>ns</sup>	0.97 <sup>ns</sup>

## 3. การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า

การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า ในการศึกษานี้ทำการจำลองสถานการณ์ (Scenario) เป็น 2 สถานการณ์ คือ การจำลองสถานการณ์น้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง และการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคต ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2577 เป็นเวลาทั้งสิ้น 20 ปี

### 3.1 การจำลองสถานการณ์น้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง

จากข้อมูลดัชนี ONI ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้การเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปรากฏการณ์ลานีญา ของ NOAA ให้คำจำกัดความไว้ว่าถ้าค่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเปลี่ยนแปลงไปจากปกติมากกว่าหรือเท่ากับบวกหรือลบ 1.5 องศาเซลเซียส จะถือว่าเป็นปรากฏการณ์เอลนีโญ หรือปรากฏการณ์ลานีญาที่เกิดขึ้นในช่วงปีนั้น ๆ มีกำลังแรง แต่เนื่องจากการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญาไม่มีการคาดการณ์ล่วงหน้า ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงได้นำข้อมูลจากการศึกษาความผันแปรของอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนมาใช้ในการจำลองสถานการณ์น้ำท่า

ค่าปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดของปีปกติ ทำการเลือกปีปกติมา 1 ปี ในกรณีนี้เลือกปี พ.ศ. 2538 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจำลองสถานการณ์ ทำการจำลองสถานการณ์น้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาความผันแปรของอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝน ซึ่งพบว่า อุณหภูมิอากาศในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง อยู่ในช่วง 0.78-1.35 % และปริมาณน้ำฝนในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง อยู่ในช่วง 3.00-7.23 % จึงทำการลดปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันลง 5 % จากปริมาณน้ำฝนของปีปกติ และเพิ่มอุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดในแต่ละวันขึ้น 1.5 % จากอุณหภูมิของปีปกติ จำลองสถานการณ์น้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง โดยเพิ่มปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันขึ้น 5 % จากปริมาณน้ำของปีปกติ และลดอุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดในแต่ละวันลง 1.5 % จากอุณหภูมิของปีปกติ

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์น้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง มีปริมาณน้ำท่ารายปีเท่ากับ 1,001.37 ล้านลูกบาศก์เมตร ลดลงจากปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปีปกติ 220.17 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 18.02 % ของปริมาณน้ำท่าปีปกติ และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์น้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง มีปริมาณน้ำท่ารายปีเท่ากับ 1,562.71 ล้านลูกบาศก์เมตร เพิ่มขึ้นจากปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปีปกติ 341.17 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 27.93 % ของปริมาณน้ำท่าปีปกติ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 ปริมาณน้ำท่าจากการจำลองสถานการณ์ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง และ ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง

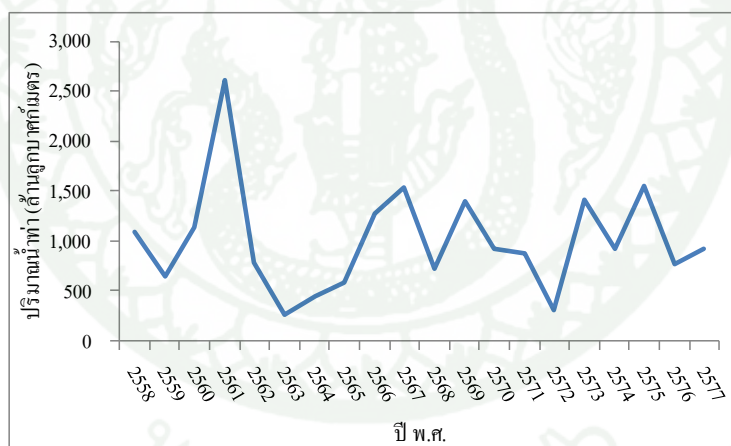
เดือน	ปริมาณน้ำท่า (ล้านลูกบาศก์เมตร)		
	ปีปกติ	ปีเอลนีโญ	ปีลานีญา
ม.ค.	4.23	2.75	4.09
ก.พ.	0.00	0.00	0.00
มี.ค.	0.00	0.00	0.00
เม.ย.	0.00	0.00	0.00
พ.ค.	0.00	0.00	0.00
มิ.ย.	0.00	0.00	0.00
ก.ค.	36.86	36.35	67.40
ส.ค.	117.45	85.09	287.15
ก.ย.	689.44	579.43	780.62
ต.ค.	293.70	241.76	333.85
พ.ย.	68.78	48.64	78.77
ธ.ค.	11.06	7.35	10.83
รวม	1,221.54	1,001.37	1,562.71

### 3.2 การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตของกลุ่มน้ำสาขาลำชี

การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตของกลุ่มน้ำสาขาลำชี โดยใช้แบบจำลอง SWAT ทำได้โดยนำข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ที่ได้มาจากแบบจำลอง General Circulation Model (GCM) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าแบบจำลอง ภูมิอากาศโลก (Climate Model) ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2577 รวมทั้งสิ้น 20 ปี มาใช้ในการประเมิน น้ำท่าของกลุ่มน้ำสาขาลำชี พบว่า ปีที่มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุด คือ ปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณน้ำท่า 2,611.56 ล้านลูกบาศก์เมตร และปีที่มีปริมาณน้ำท้าน้อยที่สุด คือ ปี พ.ศ. 2563 มีปริมาณน้ำท่า 261.24 ล้านลูกบาศก์เมตร รายละเอียดแสดงในตารางที่ 20 และภาพที่ 27

ตารางที่ 20 การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตของกลุ่มน้ำสาขาลำชี ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2577

ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำ (ล้านลูกบาศก์เมตร)	ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำ (ล้านลูกบาศก์เมตร)
2558	1,093.84	2568	723.67
2559	638.35	2569	1,391.18
2560	1,132.25	2570	923.49
2561	2,611.56	2571	877.88
2562	782.61	2572	302.67
2563	261.24	2573	1,417.49
2564	441.59	2574	927.87
2565	591.09	2575	1,545.91
2566	1,281.03	2576	766.19
2567	1,543.96	2577	916.37



ภาพที่ 27 แนวโน้มปริมาณน้ำท่าในอนาคต

จากภาพที่ 27 จะเห็นได้ว่า แนวโน้มปริมาณน้ำท่าในอนาคตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2577 ในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณน้ำท่าลดลง และเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ถึงปี พ.ศ. 2561 เป็นปีที่มีปริมาณสูงสุด ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมได้ ควรมีมาตรการป้องกัน เช่น การขุดลอกคูคลอง ปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อให้ดินสามารถเก็บน้ำได้มากขึ้น เป็นต้น จากนั้นปริมาณน้ำท่าลดลงจนถึงปี พ.ศ. 2563 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณน้ำท่าต่ำสุด ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาภัยแล้งได้ ควรมีการวางแผนการใช้น้ำที่ดินให้เหมาะสม กักเก็บน้ำในฤดูฝน หรือไว้ใช้ในฤดูแล้ง เป็นต้น

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

ความผันแปรของอุณหภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝนในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญมีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย อุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ยมากกว่าในปีปกติ 0.78-1.35 % และมีปริมาณน้ำฝนลดลง 3.00 % ของปริมาณน้ำฝนในปีปกติ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญามีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย และอุณหภูมิอากาศสูงสุดต่ำกว่าปีปกติ 1.03-1.35 % แต่ค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยไม่มีการเปลี่ยนแปลง และมีค่าปริมาณน้ำฝนรายปีเพิ่มขึ้น 7.23 % ของปริมาณน้ำฝนในปีปกติ ดังนั้น สามารถสรุปความผันแปรของอุณหภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝนของกลุ่มน้ำสาขาลำชีได้ว่า ในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของกลุ่มน้ำสาขาลำชีมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มลดลงจากปกติ และในปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของกลุ่มน้ำสาขาลำชีมีแนวโน้มลดลง และปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปกติ แต่ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญากับปีปกติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แม้จากการทดสอบทางสถิติพบว่า ข้อมูลปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา ไม่มีความแตกต่างจากข้อมูลในปีปกติ แต่ในความเป็นจริงเมื่ออุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงไปแม้เพียงเล็กน้อย ส่งผลต่อปริมาณน้ำฝน และการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต และอาจก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ขึ้นได้

การประเมินปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT พบว่า ในส่วนของปริมาณน้ำท่ารายปีนั้น ปีที่มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุด ซึ่งเป็นปี พ.ศ. 2543 เป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา มีค่าเท่ากับ 2,916.72 ล้านลูกบาศก์เมตร และปีที่มีปริมาณน้ำท่าน้อยที่สุด คือ ปี พ.ศ. 2541 เป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน และเกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรงในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม มีค่าเท่ากับ 260.35 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนปริมาณน้ำท่ารายเดือน พบว่า ในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ มีเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าน้อยที่สุด คือ เดือนเมษายน และมากที่สุดในเดือนกันยายน และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา มีเดือนที่มีปริมาณน้ำท่าน้อยที่สุด คือ เดือนมีนาคม และมากที่สุดในเดือนกันยายน

การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา พบว่า ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ มีปริมาณน้ำท่ารายปีน้อยกว่าปริมาณน้ำท่าของปีปกติ เท่ากับ 137.67 ล้าน

ลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 9.82 % ของปริมาณน้ำทำในปีปกติ ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา มีปริมาณน้ำทำรายปีมากกว่าปริมาณน้ำทำในปีปกติ เท่ากับ 31.47 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 2.25 % ของปริมาณน้ำทำในปีปกติ เมื่อทดสอบความแตกต่างของข้อมูล โดยใช้สถิติทดสอบที (t-Test) พบว่าปริมาณน้ำทำในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปรากฏการณ์ลานีญา กับปีปกติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การจำลองสถานการณ์น้ำทำในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และปรากฏการณ์ลานีญา รุนแรง พบว่า ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง มีปริมาณน้ำทำรายปีลดลงจากปริมาณน้ำทำปีปกติ และปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง ปริมาณน้ำทำรายปีเพิ่มขึ้นจากปริมาณน้ำทำของปีปกติ และการคาดการณ์ปริมาณน้ำทำในช่วง 20 ปี คือใน พ.ศ. 2558-2577 พบว่า ปีที่มีปริมาณน้ำทำมากที่สุด คือ ปี พ.ศ. 2561 เท่ากับ 2,611.56 ล้านลูกบาศก์เมตร และปีที่มีปริมาณน้ำทำน้อยที่สุด คือ ปี พ.ศ. 2563 เท่ากับ 261.24 ล้านลูกบาศก์เมตร

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า แบบจำลอง SWAT สามารถใช้ในการประเมินปริมาณน้ำทำในอนาคต และสามารถใช้ในการจำลองสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำให้เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลำชี และความต้องการของประชาชนในพื้นที่ และเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1.1 การใช้แบบจำลอง SWAT ในการประเมินปริมาณน้ำทำ ต้องใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวันเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมิน ควรมีการกระจายของสถานีตรวจวัดที่ครอบคลุมทั่วพื้นที่ และต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อน เนื่องจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศของประเทศหลายสถานีขาดความต่อเนื่อง ไม่สามารถนำมาใช้ในแบบจำลองได้ และเพื่อให้สามารถประเมินผลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

1.2 การศึกษาความผันแปรของอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนในการศึกษาครั้งนี้ ได้สรุปเปอร์เซ็นต์ความผันแปรเป็นรายปีทำให้ไม่เห็นแนวโน้มที่ชัดเจน จึงควรศึกษาเปอร์เซ็นต์ความผันแปรแบบรายเดือน เพื่อจะได้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

1.3 การเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญาในบางปีจะไม่เกิดทั้งปี แต่เกิดเป็นช่วงเดือน จึงควรทำการศึกษาโดยแบ่งการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญาออกเป็นแบบรายเดือน เพื่อให้การศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญามีความถูกต้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

## 2. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง SWAT สามารถใช้ในการประเมิน ปริมาณน้ำท่าในอนาคต และสามารถใช้ในการจำลองสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ ดังนั้นผลที่ได้จาก แบบจำลองจึงสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมกับพื้นที่ และ ปริมาณน้ำท่า รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการป้องกันน้ำท่วมหรือภัยแล้ง การปรับปรุง บำรุงดินและวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำให้เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำ และความต้องการของ ประชาชนในพื้นที่ได้อีกด้วย

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กนกพร บุญบุญ และ นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2543. ผลกระทบของปรากฏการณ์ ENSO ต่อปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำชี, น.116-124. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กรมชลประทาน. 2555. **ลุ่มน้ำมูล**. ข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ. แหล่งที่มา:  
<http://kromchol.rid.go.th/lproject/2010/index.php/-25-/106-05->, กันยายน 9, 2556.
- กรมแผนที่ทหาร. 2552. **แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000**.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **แผนที่ชุดดินปี พ.ศ. 2548**.
- \_\_\_\_\_. 2551. **แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดสุรินทร์ ปี พ.ศ. 2551**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2546. **ลานีญา**. ความรู้อุตุนิยมวิทยา. แหล่งที่มา:  
<http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=18>, กุมภาพันธ์ 28, 2556.
- \_\_\_\_\_. 2551. **เอลนีโญ**. ภูมิอากาศน่ารู้. แหล่งที่มา:  
<http://www.tmd.go.th/NCCT/article/ElNino.pdf>, กุมภาพันธ์ 28, 2556.
- \_\_\_\_\_. 2556. **สถานีอุตุนิยมวิทยา สถานีวัดปริมาณน้ำฝน ข้อมูลอุณหภูมิกาศ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และสถิติการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา**. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.
- เกษม จันทร์แก้ว. 2515. **อุทกวิทยาลุ่มน้ำ**. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_. 2551. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กิตติพงษ์ ธนาศิริยะกุล. 2546. การประเมินสัมพันธภาพลำน้ำย่อยของประเทศไทยด้วยข้อมูลระบบภูมิสารสนเทศ และแบบจำลองสารสนเทศ SWAT/GIS: กรณีศึกษา พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้นตอนบน อ. อมก๋อย จ. เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จตุพร ผดุงกาญจน์. 2555. ผลของปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา ต่อปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศ และปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แตง เชียง และคลองยัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุวรรณ สาครมณีรัตน์. 2550. การศึกษาการจำลองน้ำฝนถึงน้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของลุ่มน้ำเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จ่านง แก้วชฎา. 2548. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลกระทบ. ฝ่ายวิชาการภูมิอากาศ กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

ดวงฤทัย มงคลเคหา. 2555. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินศักยภาพการให้น้ำท่าของเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เทวินทร์ แก้วเมืองมูล. 2552. การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ทา จังหวัดลำพูน โดยใช้แบบจำลอง SWAT. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธีรวัฒน์ สุวรรณเลิศเจริญ. 2554. การประยุกต์แบบจำลอง SWAT ในการประเมินปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอย จากพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก: กรณีศึกษา ลุ่มน้ำย่อยแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ โชติบาล. 2525. อิทธิพลของลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำและการทำลายป่าไม้ต่อปริมาณน้ำในลำธาร ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2549. การจำลองแบบการจัดการลุ่มน้ำและระบบสิ่งแวดล้อม. ศูนย์วิจัยป่าไม้  
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิติ เรื่องพานิช. 2547. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญช่วย ชุณหกิจ. 2536. อิทธิพลของลักษณะทางภูมิกายภาพของลุ่มน้ำและการทำลายป่า  
ต่อลักษณะการไหลของน้ำในลำธารในลุ่มน้ำมูล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปานทิพย์ อัดนวนิช. 2554. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

มันทนา พุกกะวัน และนงกัณาด อุประสิทธิ์วงศ์. 2545. รูปแบบของฝนและอุณหภูมิในประเทศไทย  
ในปีเอนโซ่ และความสัมพันธ์กับดัชนีความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ และ  
อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อน. กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยี  
สารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_ และสุดาพร นิ่มมา. 2542. ผลกระทบของลานีญาที่มีต่อฝนและอุณหภูมิของประเทศไทย.  
กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม, กรุงเทพฯ.

วิชา นิยม. 2535. อุทกวิทยาป่าไม้. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมชาย อ่อนอาษา, อاطر บุญเสนอ, และชลดา อ่อนอาษา. 2547. ศักยภาพการให้น้ำในลำธาร  
ของพื้นที่ต้นน้ำบริเวณลุ่มน้ำเข็ก อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์. สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ  
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,  
กรุงเทพฯ.

- สุวัฒน์ จันธิวงศ์, วารินทร์ จิระสุขทวีกุล และ พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชติกุล. 2545. **ศักยภาพการให้ปริมาณน้ำในลำธารของกลุ่มน้ำป่าดิบชื้น บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา จังหวัดสงขลา**. ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- อวิรุทธ์ สุขสมอรรถ. 2538. **การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า ในลุ่มน้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGGS)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โอฬาร เวศอุไร. 2548. **ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Arnold, J.G., R. Srinivansan, K.W. King and R.H. Griggs. 1995. **SWAT – Soil and Water Assessment Tool: Draft Users Manual**. Temple, Texas.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, R.S. Muttiah and P.M. Allen. 1999. Continental Scale Simulation of the Hydrologic Balance. **Journal of The American Water Resources Association** 35(5): 1037-1051.
- Baver, L.D. 1965. **Soil Physics**. 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley and Sons. Inc., New York.
- Chow, V. T. 1964. **Handbook of Applied Hydrology**. McGraw-Hill Book Company. Inc., New York.
- Colman, E.A. 1953. **Vegetation and Watershed Management**. The Ronald Press, New York.
- Gassman, P.W., M.R. Reyes, C.H. Green, and J.G. Arnold. 2007. The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future research directions. **American Society of Agricultural and Biological Engineers** 50(4): 1211-1250.

- Glantz, M.H. 2001. **Currents of Change: Impacts of El Niño and La Niña on Climate and Society**. 2<sup>nd</sup> edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- \_\_\_\_\_, Katz R. and M. Krenz. 1987. **The Societal Impacts Associated with the 1982-1983 Worldwide Climate Anomalies**. National Center for Atmospheric Research, Colorado, U.S.A.
- Herbert, C.R. 1960. **Effects of forest on runoff. Proceeding Cooperative Watershed Management Short Course**. Corvallis, Oregon, U.S.A.
- Hewlet, J.D. and W.L. Nutter. 1969. **An Outline of Forest Hydrology**. University of Georgia Press, Athen.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 1997a. **What is an El Nino**. Available Source: [http://www.pmel.noaa.gov/tao/el\\_nino/el\\_nino\\_story.html](http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/el_nino_story.html), September 17, 2013.
- \_\_\_\_\_. 1997b. **What is La Nina**. Available Source: [http://www.pmel.noaa.gov/tao/el\\_nino/la\\_nina\\_story.html](http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/la_nina_story.html), September 17, 2013.
- \_\_\_\_\_. 2013. **Historical El Nino/ La Nina episodes (1950-present)**. Available Source: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml), November 4, 2013.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, R. Srinivasan and J.R. Williams. 2005. **Soil and Water Assessment Tool Input/Output File Documentation (version 2005)**. Available Source: <http://swatmodel.tamu.edu/media/1291/SWAT2005io.pdf>, February 27, 2013.
- Nicholls, N. 1987. The El Niño /Southern Oscillation Phenomenon. **Climate Crisis, The Societal Impacts Associated with the 1982-83 Worldwide Climate Anomalies**, UNEP and NCAR.

Quinn, W.H., D. O. Zopf, K. S. Short, T.W Richard and K. Yang. 1978. **Historical Trends and Statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian Droughts**. Fishery Bull, Indonesia.

Rasmusson, E.M. and T.H. Carpenter. 1982. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the southern oscillation/El Niño. **Monthly Weather Review** 10(11): 354–384.

Sanjay, K.J., Jaivir, T. and S. Vishal. 2010. Simulation of runoff and sediment yield for a Himalayan watershed using SWAT model. **Water Resource and Protection** 2: 267-281.

Wisler, C.O. and E.F. Brater. 1959. **Hydrology**. 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley & Sons Inc., New York.

Yaning, C., X. Changchun, H. Xingming, L. Weihong, C. Yapeng, Z. Chenggang and Y. Zhaoxia. 2007. Effects of climate change on water resources in Tarim river basin, northwest China. **Journal of Environmental Sciences** 19: 488-493.

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวพัชเรศร์ ชัตตตรียกุล
เกิดวันที่	27 พฤษภาคม 2531
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรปราการ
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-

