



รายงานฉบับสมบูรณ์

การบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง

Integration of Water Resources Management for Drought Mitigation

โดย ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ และคณะ

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการการบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1. ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 2. ผศ.ดร.สุภัทรา วิเศษศรี | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ผศ.ดร.ดวงฤดี โฆษิตกิตติวงศ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกสว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

ภัยแล้งเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งเกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้งและมีแนวโน้มที่รุนแรงเพิ่มขึ้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแห้งแล้งในลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยใช้ดัชนีการประเมินความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา เพื่อประเมินความรุนแรงและช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง รวมถึงทำการคาดการณ์ล่วงหน้า 6 เดือน โดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index, SPI) ดัชนีน้ำท่ามาตรฐาน (Standardized Runoff Index, SRI) และ ดัชนีรวมน้ำฝนและน้ำท่ามาตรฐาน (Combined Standardized Precipitation Index) ซึ่งพิจารณาจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณอัตราการไหลจากแบบจำลอง SWAT ที่ทำการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์แล้ว ในส่วนของผลการพยากรณ์ล่วงหน้ารายฤดูกาล 6 เดือนจะใช้ปริมาณฝนจากแบบจำลอง Climate Forecast System Version 2 ของ National Centers for Environment Prediction (NCEP) รายฤดูกาลล่วงหน้า ซึ่งได้ทำการปรับค่า Bias Correction ผลการศึกษาพบว่าการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) และ ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐาน (SRI) ในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน พบว่า ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity) ซึ่งช่วงเวลาที่มีการประสบกับภัยแล้งที่รุนแรงส่วนใหญ่อยู่ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2558 โดยในปี พ.ศ. 2557 ค่าความแห้งแล้งส่วนใหญ่อยู่ในระดับปกติเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2558 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงภัยแล้งที่รุนแรงในระดับปานกลางไปจนถึงระดับที่มีความรุนแรงสูงมากในช่วงเดือนมิถุนายน-ธันวาคมเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน สิงหาคม-ธันวาคม เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีน้ำท่ามาตรฐาน และ กรกฎาคม-ธันวาคม เมื่อทำการพิจารณาทั้งสองดัชนีร่วมกัน โดยบริเวณตอนกลางของลุ่มน้ำในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก นครสวรรค์ และ อุทัยธานี เป็นพื้นที่ที่ประสบกับภัยแล้งในระดับระดับที่สูงถึงสูงมาก รวมถึงพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่, ลำปาง และน่าน ในบริเวณตอนบนของลุ่มน้ำ

จากการพยากรณ์ล่วงหน้าราย 6 เดือนระหว่าง สิงหาคม 2563 ถึง มกราคม 2564 พบว่า เมื่อพิจารณาจากดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 และ มกราคม พ.ศ. 2564 มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุดโดยเฉพาะในพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำบริเวณจังหวัดสระบุรี นครปฐม และนนทบุรี ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับที่สูงมาก ส่วนพื้นที่อื่นๆส่วนใหญ่มีโอกาสประสบกับภัยแล้งได้ในระดับปกติถึงระดับปานกลาง ในขณะที่เมื่อพิจารณาจากดัชนีน้ำท่ามาตรฐานบริเวณพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่, ลำพูน และ ตาก มีโอกาสที่จะประสบกับภัยแล้งได้ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม พ.ศ. 2563 รวมถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 แต่จะมีความรุนแรงอยู่ในระดับปกติ จากนั้นเมื่อนำค่าปริมาณฝนซึ่งเป็นตัวแทนของดัชนีทางอุตุนิยมวิทยาและอัตราการไหลซึ่งเป็นตัวแทนทางอุทกวิทยามาประเมินร่วมกันจะพบว่าเดือนสิงหาคมกับธันวาคม พ.ศ. 2563 และ มกราคม พ.ศ. 2564 เป็นช่วงที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุด โดยที่พื้นที่ตอนกลางของลุ่มน้ำบริเวณจังหวัดกำแพงเพชร และตอนบนบริเวณจังหวัดเชียงใหม่, ลำพูน และ ลำปาง เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงมากที่สุด

Abstract

Drought is a major problem in Thailand, which occur frequently and tends to be severe. The objective of this study was to evaluate drought situation in the Chao Phraya River basin using the Meteorological and Hydrological drought assessment indices. The drought indices were analyzed using Standardized Precipitation Index (SPI), Standardized Runoff Index (SRI) and combined Standardized Rainfall and Runoff Index. Those analysis will be based on rainfall and flow discharge resulted from the SWAT model. The precipitation forecast data from the second version of the NCEP Climate Forecast System (CFSv2) was the input of SPI and SWAT model. The results of the standard rainfall index (SPI) and standard runoff index (SRI) over 3 months, 6 months, 9 months and 12 months showed the drought duration and level. The most severe drought periods were during 2014-2015. In 2015, the drought level was more severe than 2014. The SPI values showed the level was moderate to very severe drought during June to December, but SRI showed the drought period is August – December. when considering SRI and July – December when consider combined Standardized Rainfall and Runoff Index. The Upper and Middle part of Great Chaophaya Basin (Chiang Mai, Lampang and Nan, Phitsanulok, Nakhon Sawan and Uthai Thani) were severe drought area.

The result of seasonal forecast between August 2020 to January 2021 found that the high risk of drought areas is the lower part of the Grate Chaophaya river basin (Saraburi, Nakhon Pathom and Nonthaburi) during December 2020 to January 2021 when considering the SPI index. The SRI result shows thar the Upper part is at the moderate risk of drought in August and December 2020. If the combination between meteorological index and hydrological index together, August and December 2020 and January 2021 are the server drought risk in central area of the basin in the Kamphaeng Phet Province and in the Upper area, Chiang Mai, Lamphun and Lampang provinces are the most vulnerable areas.

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

- 1.1 หลักการและเหตุผล 1-1
- 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 1-2
- 1.3 เป้าหมายของโครงการวิจัย 1-2

บทที่ 2 ทบทวนงานวิชาการที่เกี่ยวข้องและพื้นที่ศึกษา

- 2.1 สภาพภูมิอากาศและศักยภาพทรัพยากรน้ำในพื้นที่ศึกษา 2-1
- 2.2 สภาพภูมิอากาศและอุทกวิทยาในพื้นที่ศึกษา 2-4
- 2.3 ปริมาณน้ำท่า 2-12

บทที่ 3 การศึกษาภัยแล้ง

- 3.1 การศึกษาภัยแล้งโดยใช้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกล 3-1
 - 3.1.1 ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normalized Differential Vegetation Index, NDVI) 3-1
- 3.2 การศึกษาภัยแล้งโดยใช้ดัชนีทางอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา 3-2
 - 3.2.1 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index: SPI) 3-2
- 3.3 การศึกษาสภาพอุทกวิทยาโดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยา SWAT 3-6
 - 3.3.1 หลักการทำงานและแนวคิดของแบบจำลอง SWAT 3-6
 - 3.3.2 ส่วนประกอบของแบบจำลอง (Model Component) 3-8
 - 3.3.3 อุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำของแบบจำลอง SWAT 3-11
 - 3.3.4 น้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff) 3-11
 - 3.3.5 การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำ (Water Routing) 3-19
 - 3.3.6 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการปรับเทียบแบบจำลอง 3-26

บทที่ 4 ผลการศึกษา

- 4.1 ผลการศึกษาภัยแล้งโดยใช้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกล 4-1
 - 4.1.1 ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normalized Differential Vegetation Index, NDVI) 4-1
 - 4.1.2 ดัชนีความแตกต่างความชื้น (Normalized Difference Water Index, NDWI) 4-3
- 4.2 ผลการศึกษาภัยแล้งโดยใช้ดัชนีทางอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา 4-5
 - 4.2.1 ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) 4-7
- 4.3 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง SWAT ในการประเมินสภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำเจ้าพระยา 4-37
- 4.4 ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐาน (SRI) 4-43
- 4.5 แผนที่ SPI-3, SRI-3, และการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI-3 กับ SRI-3 ในลุ่มน้ำ 4-55

เจ้าพระยา	
4.6 การพยากรณ์ภัยแล้งล่วงหน้าราย 6 เดือน	4-62
4.6.1 ผลการวิเคราะห์การคาดการณ์ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) ราย 6 เดือน	4-62
4.6.2 ผลการวิเคราะห์การคาดการณ์ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐาน (SRI) ราย 6 เดือน	4-78
4.7 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI และ SRI กับแผนที่ NDVI จาก GISTDA	4-109
4.8 แผนที่ SPI-3, SRI-3, และการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI-3 กับ SRI-3 ในลุ่มน้ำ เจ้าพระยา ล่วงหน้า 6 เดือน	4-111
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	5-1
 เอกสารอ้างอิง	 6-1

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.2-1 แผนที่แสดงลุ่มน้ำต่างๆในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2-1
รูปที่ 2.2-2 แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2-6
รูปที่ 2.2-3 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ชลประทานในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2-7
รูปที่ 2.2-4 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2-9
รูปที่ 2.2-5 แผนที่แสดงเส้นชั้นน้ำฝนรายปีเฉลี่ยลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2-11
รูปที่ 2.2-6 ปริมาณท่าเฉลี่ยรายเดือนในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2-12
รูปที่ 2.2-7 แผนที่แสดงเส้นชั้นน้ำท่ารายปีลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2-14
รูปที่ 3.2-1 การแปลงฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบแกมมาให้เป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบปกติมาตรฐาน	3-19
รูปที่ 3.2 2 การวิเคราะห์ลักษณะของภัยแล้ง โดย Theory of Run	3-20
รูปที่ 3.3-1 วงจรอุทกวิทยา	3-22
รูปที่ 3.3-2 แนวคิดของแบบจำลอง SWAT	3-22
รูปที่ 3.3-3 กระบวนการคำนวณหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยาในแต่ละลุ่มน้ำย่อย	3-24
รูปที่ 3.3-4 การเคลื่อนตัวของน้ำในกระบวนการทางอุทกวิทยาของแบบจำลอง SWAT	3-25
รูปที่ 3.3-5 กระบวนการการเคลื่อนตัวในลำน้ำของแบบจำลอง SWAT	3-25
รูปที่ 3.3-6 แสดงลักษณะของ hillslope segment	3-34
รูปที่ 3.3-7 แสดงขนาดหน้าตัดขวางของลำน้ำสี่เหลี่ยมคางหมู	3-35
รูปที่ 3.3-8 แสดงขนาดหน้าตัดขวางของท่งน้ำท่วม	3-35
รูปที่ 3.3-9 แสดงลักษณะปริซึมและลิ้มของความจุในช่วงของการไหล	3-37
รูปที่ 4.1-1 ผลการคำนวณค่า NDVI จากดาวเทียม LANDSAT ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	4-2
รูปที่ 4.1-2 ผลการคำนวณค่า NDWI จากดาวเทียม LANDSAT ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	4-4
รูปที่ 4.2-1 สถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 77 สถานี ในพื้นที่ศึกษา (พ.ศ.2550-2559)	4-5
รูปที่ 4.2-2 อนุกรมเวลาของข้อมูลปริมาณฝนรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ จำนวน 77 สถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2550-2559	4-6
รูปที่ 4.2-3 อนุกรมเวลาของข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ จำนวน 77 สถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2550-2559	4-6
รูปที่ 4.2 4 สถานีวัดน้ำฝนหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่	4-8
รูปที่ 4.2 5 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 327003 จังหวัดเชียงใหม่	4-9
รูปที่ 4.2-6 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 327003 จังหวัดเชียงใหม่	4-10
รูปที่ 4.2-7 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 376201 จังหวัดตาก	4-11

รูปที่ 4.2-8 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 376201 จังหวัดตาก	4-12
รูปที่ 4.2-9 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 380201 จังหวัดกำแพงเพชร	4-13
รูปที่ 4.2-10 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 380201 จังหวัดกำแพงเพชร	4-14
รูปที่ 4.2-11 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 328201 จังหวัดลำปาง	4-15
รูปที่ 4.2-12 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 328201 จังหวัดลำปาง	4-16
รูปที่ 4.2-13 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 373007 จังหวัดสุโขทัย	4-17
รูปที่ 4.2-14 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 373007 จังหวัดสุโขทัย	4-18
รูปที่ 4.2-15 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331002 จังหวัดน่าน	4-19
รูปที่ 4.2-16 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 331002 จังหวัดน่าน	4-20
รูปที่ 4.2-17 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331401 จังหวัดน่าน	4-21
รูปที่ 4.2-18 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 331401 จังหวัดน่าน	4-22
รูปที่ 4.2-19 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 410004 จังหวัดอุทัยธานี	4-23
รูปที่ 4.2-20 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 410004 จังหวัดอุทัยธานี	4-24
รูปที่ 4.2-21 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 425002 จังหวัดสุพรรณบุรี	4-25
รูปที่ 4.2-22 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 425002 จังหวัดสุพรรณบุรี	4-26
รูปที่ 4.2-23 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 379201 จังหวัดเพชรบูรณ์	4-27
รูปที่ 4.2-24 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 379201 จังหวัดเพชรบูรณ์	4-28
รูปที่ 4.2-25 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 426401 จังหวัดลพบุรี	4-29
รูปที่ 4.2-26 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 426401 จังหวัดลพบุรี	4-30
รูปที่ 4.2-27 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 400301 จังหวัดนครสวรรค์	4-31
รูปที่ 4.2-28 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 400301 จังหวัดนครสวรรค์	4-32
รูปที่ 4.2-29 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 422006 จังหวัดนนทบุรี	4-33
รูปที่ 4.2-30 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 422006 จังหวัดนนทบุรี	4-34
รูปที่ 4.2-31 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 426002 จังหวัดลพบุรี	4-35
รูปที่ 4.2-32 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 426002 จังหวัดลพบุรี	4-36
รูปที่ 4.3-1 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี P.73	4-39
รูปที่ 4.3-2 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี W.4A	4-40
รูปที่ 4.3-3 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี Y.16	4-40
รูปที่ 4.3-4 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี N.7A	4-41
รูปที่ 4.3-5 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี Ct.8	4-41
รูปที่ 4.3-6 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี C.2	4-42
รูปที่ 4.3-7 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี S.26	4-42
รูปที่ 4.4-1 สถานีวัดน้ำท่าหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่	4-44

รูปที่ 4.4-2	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.1 จังหวัดเชียงใหม่	4-45
รูปที่ 4.4-3	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.12C จังหวัดตาก	4-46
รูปที่ 4.4-4	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.15 จังหวัดกำแพงเพชร	4-46
รูปที่ 4.4-5	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.21 จังหวัดกำแพงเพชร	4-47
รูปที่ 4.4-6	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.4A จังหวัดลำปาง	4-48
รูปที่ 4.4-7	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.1C จังหวัดแพร่	4-49
รูปที่ 4.4-8	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.16 จังหวัดพิษณุโลก	4-49
รูปที่ 4.4-9	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.13A จังหวัดน่าน	4-50
รูปที่ 4.4-10	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.7A จังหวัดพิจิตร	4-51
รูปที่ 4.4-11	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.4B จังหวัดเพชรบูรณ์	4-52
รูปที่ 4.4-12	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.26 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	4-52
รูปที่ 4.4-13	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.2 จังหวัดนครสวรรค์	4-53
รูปที่ 4.4-14	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.13 จังหวัดชัยนาท	4-54
รูปที่ 4.4-15	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า K.11A จังหวัดกาญจนบุรี	4-55
รูปที่ 4.5-1	แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2557	4-56
รูปที่ 4.5-2	แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2558	4-57
รูปที่ 4.5-3	แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2557	4-58
รูปที่ 4.5-4	แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2558	4-59
รูปที่ 4.5-5	แผนที่ดัชนีรวมปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ามาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2557	4-60
รูปที่ 4.5-6	แผนที่ดัชนีรวมปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ามาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2558	4-61
รูปที่ 4.6-1	สถานีวัดน้ำฝนหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่	4-63
รูปที่ 4.6-2	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 327003 จังหวัดเชียงใหม่	4-64
รูปที่ 4.6-3	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 376201 จังหวัดตาก	4-65
รูปที่ 4.6-4	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 380201 จังหวัดกำแพงเพชร	4-66
รูปที่ 4.6-5	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 328201 จังหวัดลำปาง	4-67
รูปที่ 4.6-6	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 373007 จังหวัดสุโขทัย	4-68
รูปที่ 4.6-7	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331002 จังหวัดน่าน	4-69
รูปที่ 4.6-8	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331401 จังหวัดน่าน	4-70
รูปที่ 4.6-9	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 410004 จังหวัดอุทัยธานี	4-71
รูปที่ 4.6-10	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 425002 จังหวัดสุพรรณบุรี	4-72
รูปที่ 4.6-11	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 379201 จังหวัดเพชรบูรณ์	4-73

รูปที่ 4.6-13	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 426401 จังหวัดลพบุรี	4-74
รูปที่ 4.6-14	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 400301 จังหวัดนครสวรรค์	4-75
รูปที่ 4.6-15	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 422006 จังหวัดนนทบุรี	4-76
รูปที่ 4.6-16	ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 426002 จังหวัดลพบุรี	4-77
รูปที่ 4.6-17	สถานีวัดน้ำท่าหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่	4-79
รูปที่ 4.6-18	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.1 จังหวัดเชียงใหม่ที่ระดับควบคุม ตอนบน	4-80
รูปที่ 4.6-19	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.1 จังหวัดเชียงใหม่ที่ระดับควบคุม ตอนล่าง	4-81
รูปที่ 4.6-20	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.12C จังหวัดตากที่ระดับควบคุม ตอนบน	4-82
รูปที่ 4.6-21	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.12C จังหวัดตากที่ระดับควบคุม ตอนล่าง	4-83
รูปที่ 4.6-22	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.21 จังหวัดกำแพงเพชรที่ระดับ ควบคุมตอนบน	4-85
รูปที่ 4.6-23	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.21 จังหวัดกำแพงเพชรที่ระดับ ควบคุมตอนล่าง	4-85
รูปที่ 4.6-24	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.4A จังหวัดลำปางที่ระดับควบคุม ตอนบน	4-87
รูปที่ 4.6-25	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.4A จังหวัดลำปางที่ระดับควบคุม ตอนล่าง	4-87
รูปที่ 4.6-26	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.1C จังหวัดแพร่ที่ระดับควบคุม ตอนบน	4-89
รูปที่ 4.6-27	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.1C จังหวัดแพร่ที่ระดับควบคุม ตอนล่าง	4-89
รูปที่ 4.6-28	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.16 จังหวัดพิษณุโลกที่ระดับควบคุม ตอนบน	4-91
รูปที่ 4.6-29	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.16 จังหวัดพิษณุโลกที่ระดับควบคุม ตอนล่าง	4-91
รูปที่ 4.6-30	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.13A จังหวัดน่านที่ระดับควบคุม ตอนบน	4-93
รูปที่ 4.6-31	ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.13A จังหวัดน่านที่ระดับควบคุม ตอนล่าง	4-93

รูปที่ 4.6-32 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.7A จังหวัดพิจิตรที่ระดับควบคุมตอนบน	4-95
รูปที่ 4.6-33 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.7A จังหวัดพิจิตรที่ระดับควบคุมตอนล่าง	4-95
รูปที่ 4.6-34 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.4B จังหวัดเพชรบูรณ์ที่ระดับควบคุมตอนบน	4-97
รูปที่ 4.6-35 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.4B จังหวัดเพชรบูรณ์ที่ระดับควบคุมตอนล่าง	4-97
รูปที่ 4.6-36 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.26 จังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ระดับควบคุมตอนบน	4-99
รูปที่ 4.6-37 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.26 จังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ระดับควบคุมตอนล่าง	4-99
รูปที่ 4.6-38 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.2 จังหวัดนครสวรรค์ที่ระดับควบคุมตอนบน	4-101
รูปที่ 4.6-39 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.2 จังหวัดนครสวรรค์ที่ระดับควบคุมตอนล่าง	4-101
รูปที่ 4.6-40 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.13 จังหวัดชัยนาทที่ระดับควบคุมตอนบน	4-103
รูปที่ 4.6-41 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.13 จังหวัดชัยนาทที่ระดับควบคุมตอนล่าง	4-103
รูปที่ 4.6-42 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า K.11A จังหวัดกาญจนบุรีที่ระดับควบคุมตอนบน	4-105
รูปที่ 4.6-43 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า K.11A จังหวัดกาญจนบุรีที่ระดับควบคุมตอนล่าง	4-105
รูปที่ 4.7-1 แผนที่แสดงค่า NDVI จาก GISTDA และผลการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI และ SRI ณ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558	4-109
รูปที่ 4.7-2 แผนที่แสดงค่า NDVI จาก GISTDA และผลการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI และ SRI ณ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558	4-110
รูปที่ 4.7-3 แผนที่แสดงค่า NDVI จาก GISTDA และผลการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI และ SRI ณ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558	4-110
รูปที่ 4.8-1 แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ล่วงหน้า 6 เดือน	4-111
รูปที่ 4.8-2 แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ล่วงหน้า 6 เดือน	4-112

รูปที่ 4.8-3 แผนที่ดัชนีรวมปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ามาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ล่วงหน้า 6 เดือน 4-113

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.2-1 แสดงค่าเฉลี่ยตัวแปรภูมิอากาศในลุ่มน้ำต่างๆในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2-6
ตารางที่ 3.2-1 การกำหนดประเภทของภัยแล้งตามช่วงค่า SPI	3-20
ตารางที่ 3.3-1 สัมประสิทธิ์ความซรุขระแมนนิ่ง (n) สำหรับการไหลบนผิวดิน	3-31
ตารางที่ 3.3-2 สัมประสิทธิ์ความซรุขระแมนนิ่ง (n) สำหรับการไหลในลำน้ำ	3-32
ตารางที่ 3.3-3 ค่าประสิทธิผลการนำน้ำได้ของดิน (hydraulic conductivity) สำหรับวัสดุท้องน้ำต่าง ๆ	3-40
ตารางที่ 4.2-1 สถานีวัดน้ำฝนหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่	4-7
ตารางที่ 4.3-1 ผลการเปรียบเทียบที่สถานต่างๆในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่	4-38
ตารางที่ 4.4-1 สถานีวัดน้ำท่าหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่	4-43
ตารางที่ 4.6-1 สถานีวัดน้ำฝนหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่	4-62
ตารางที่ 4.6-2 สถานีวัดน้ำท่าหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่	4-78
ตารางที่ 4.6-2 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.1 จังหวัดเชียงใหม่ที่ระดับควบคุม	4-81
ตารางที่ 4.6-3 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.1 จังหวัดเชียงใหม่ที่ระดับควบคุมตอนล่าง	4-81
ตารางที่ 4.6 5 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.12C จังหวัดตากที่ระดับควบคุมตอนบน	4-84
ตารางที่ 4.6-4 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.12C จังหวัดตากที่ระดับควบคุมตอนล่าง	4-84
ตารางที่ 4.6-5 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.21 จังหวัดกำแพงเพชรที่ระดับควบคุมตอนบน	4-86
ตารางที่ 4.6-6 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.21 จังหวัดกำแพงเพชรที่ระดับควบคุมตอนล่าง	4-86
ตารางที่ 4.6-7 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.4A จังหวัดลำปางที่ระดับควบคุมตอนบน	4-88
ตารางที่ 4.6-8 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.4A จังหวัดลำปางที่ระดับควบคุมตอนล่าง	4-88
ตารางที่ 4.6-9 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.1C จังหวัดแพร่ที่ระดับควบคุมตอนบน	4-90
ตารางที่ 4.6-10 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.1C จังหวัดแพร่ที่ระดับควบคุมตอนล่าง	4-90

[illegible]

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ภัยแล้งเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศไทย เกิดขึ้นเนื่องจากจากหลายสาเหตุ เช่น ปริมาณฝนตกที่ไม่เพียงพอ ฝนทิ้งช่วง ลักษณะการกระจายตัวของฝนที่ไม่ทั่วถึง ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินต่ำ แหล่งกักเก็บน้ำไม่เพียงพอ ตลอดจนแหล่งน้ำที่มีอยู่ ตื้นเขิน ทำให้เกิดสภาวะการขาดแคลนน้ำ เกิดความเสียหายและเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งส่งผลกระทบต่อดำรงชีวิตของมนุษย์ รวมทั้งเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะประเทศไทยที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก พื้นที่เกษตรกรรมส่วนมากต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ปัญหาภัยแล้งในประเทศไทยเกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้งและมีแนวโน้มที่รุนแรง อีกทั้งการเพิ่มขึ้นของประชากรในปัจจุบันที่เพิ่มจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีความต้องการอาหารและทรัพยากรที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยความต้องการของประชาชนเพิ่มมากขึ้นจนเกินขีดความสามารถที่ปัจจัยพื้นฐานดังกล่าวจะรองรับได้ จึงทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ได้แก่ การบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าไม้เพื่อเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม รวมทั้งการขยายตัวทางเกษตร และอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้นตามการพัฒนาประเทศ ซึ่งแต่ละกิจกรรมมีความต้องการน้ำ ปัญหาเหล่านี้ล้วนมีส่วนในการส่งเสริมให้สภาพการขาดแคลนทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น

ความแห้งแล้งเกิดขึ้นจากการขาดน้ำเป็นเวลานานและทำให้เป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาเพิ่มเติมที่ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ดังนั้นผลกระทบของภัยแล้งจึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ ภัยแล้งจากอุทกนิยามวิทยาภัยแล้งทางการเกษตรภัยแล้งทางอุทกวิทยาและความแห้งแล้งทางเศรษฐกิจและสังคม (Wilhite และ Glantz, 1985) ดังนั้นการจำแนกประเภทของภัยแล้งอาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับมุมมองและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Mo, 2008) ผลกระทบของภัยแล้งที่มีต่อการลดลงของผลผลิตทางการเกษตรโดยตรง จากการรายงานศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย พบว่าความเสียหายจากภัยแล้งที่พบในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2532 จนถึงปี พ.ศ.2558 มีพื้นที่เกษตรเสียหาย 72,566,293 ไร่ มีมูลค่าความเสียหายถึง 18,882,990,910 บาท โดยเฉพาะในปี พ.ศ.2548 มีพื้นที่เกษตรเสียหาย 13,736,660 ไร่ คิดเป็นมูลค่าความเสียหายเป็นจำนวนทั้งสิ้น 7,565,861,139 บาท โดยความเสียหายจากภัยแล้งแต่ละปีมีมูลค่าไม่น้อยกว่า 50 ล้านบาท เมื่อรวมกับงบประมาณที่หน่วยงานราชการต่างๆ ได้ให้ความช่วยเหลือ บรรเทาความเดือดร้อนทั้งระยะสั้นและระยะยาว มูลค่าความเสียหายจึงเป็นหลายร้อยล้านบาทในแต่ละปี

ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ เกิดปัญหาภัยแล้งอยู่ครั้ง และมีแนวโน้มความถี่การเกิดซ้ำมากขึ้น ทำให้เกิดความเสียหายให้กับประเทศอย่างมากมาย แม้ว่าจะมีมาตรการหรือโครงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่เกิดขึ้น ทั้งจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ก็ยังพบปัญหาภัยแล้งเกิดขึ้นเป็นประจำ โดยที่ยังไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ในแต่ละปี ดังนั้นการศึกษาหรือการบริหารจัดการน้ำจากเขื่อน เพื่อบูรณาการในการ

ลดผลกระทบของปัญหาอุทกภัยและภัยแล้งจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น และเป็นประโยชน์อย่างมากในการวางแผนรับมือหรือป้องกันความสูญเสียและความเดือดร้อนที่จะเกิดขึ้นให้เหลือน้อยที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนาดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสมในลุ่มน้ำที่มีการบริหารจัดการน้ำจากเขื่อน
- 2) เพื่อบูรณาการในการลดความเสี่ยงของภัยแล้ง

1.3 เป้าหมายของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยมีเป้าหมายในการดำเนินงาน คือ ประเมินภัยแล้งที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำเจ้าพระยาเนื่องจากปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่นปริมาณฝน และอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำที่เป็นผลจากการบริหารจัดการน้ำในเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อเชิงวิชาการในแง่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัย กระบวนการ ความเสียหายของภัยแล้งและผลกระทบของการบริหารจัดการน้ำจากเขื่อนที่มีต่อภัยแล้ง เพื่อบรรเทาปัญหาของภัยแล้งที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตนำไปสู่การจัดการภัยแล้งที่มีประสิทธิภาพและเป็นเอกภาพในการบริหารจัดการน้ำในการลดความเสียหายด้านเศรษฐกิจจากมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งจะนำไปสู่ความมั่นคงด้านอาหารของประเทศไทย

บทที่ 2

บททวนงานวิชาการที่เกี่ยวข้องและพื้นที่ศึกษา

2.1 ภัยแล้งในประเทศไทย

ประเทศไทยประสบกับปัญหาภัยแล้งอยู่หลายครั้ง โดยภัยแล้งครั้งรุนแรงที่เกิดขึ้นในประเทศไทยคือในปี พ.ศ. 2522 พ.ศ. 2537 พ.ศ. 2542 พ.ศ. 2548 พ.ศ. 2553 พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2563 ซึ่งภัยแล้งเกิดเป็นบริเวณกว้างและจากสถานการณ์ที่ผ่านมาพื้นที่แล้งซ้ำซากเพิ่มจำนวนมากขึ้น ภัยแล้งที่เกิดขึ้นแต่ละเหตุการณ์ในช่วงปี 2522-2563 สรุปได้ดังนี้ (กรมฝนหลวงและการบินเกษตร 2562, คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 2558, สสนก. 2553, สสนก. 2557, สสนก. 2558)

พ.ศ. 2522 เป็นปีที่เกิดฝนแล้งรุนแรง โดยมีรายงานว่าเกิดภัยแล้งในช่วงครึ่งหลังของเดือนกรกฎาคม และช่วงปลายเดือนสิงหาคมต่อเนื่องถึงสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนกันยายน เนื่องจากปริมาณฝนตกลงมานี้น้อยมาก ทำให้ความเสียหายและมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยโดยเฉพาะด้านเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมรวมทั้งการผลิตไฟฟ้า นอกจากนั้นยังกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชนในประเทศเพราะขาดน้ำกิน น้ำใช้ บริเวณที่แล้งจัดนั้นมีบริเวณกว้างที่สุดคือ ภาคเหนือต่อภาคกลางทั้งหมด ทางตอนบนและด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน

พ.ศ. 2537 มีรายงานว่าเกิดภัยแล้ง ในช่วงเดือนมีนาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม และในช่วงกลางเดือนมิถุนายน เนื่องจากเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงตั้งแต่ประมาณกลางเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนกรกฎาคม นอกจากนั้นในช่วงปลายฤดูเพาะปลูก ฝนหมดเร็วกว่าปกติ โดยพื้นที่ที่ประสบภัยส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกและภาคใต้ตามลำดับ

พ.ศ. 2542 ตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2540 จนมาถึงปี พ.ศ. 2541 เกิดวิกฤตภัยแล้งที่เกิดขึ้นอย่างกว้างขวางและต่อเนื่อง ซึ่งมีสาเหตุสำคัญมาจากอิทธิพลของปรากฏการณ์เอลนีโญ ส่งผลกระทบต่อฤดูแล้งของปี 2542 ทำให้เกิดภาวะขาดแคลนน้ำอย่างกว้างขวางและรุนแรง เช่น ปริมาณน้ำเก็บกักในเขื่อนสำคัญๆ ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติถึงขั้นวิกฤติพืชผลด้านการเกษตรได้รับความเสียหาย ไฟป่าเกิดขึ้นกว้างขวางทั่วไป น้ำทะเลหนุนสูงขึ้นแทรกซึมเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยา รัฐบาลต้องออกมาตรการประหยัดการใช้น้ำ และลดพื้นที่การเพาะปลูกพืชฤดูแล้ง ประชาชนได้รับความเดือดร้อนเนื่องจากการขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภค รัฐบาลประกาศเตือนราษฎรให้จำกัดพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง และราษฎรเกิดความวิตกกังวลและเสียชีวิต

พ.ศ. 2548 ตั้งแต่ช่วงเดือนตุลาคมเป็นต้นมา ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนหลักแต่ละเขื่อนลดต่ำลงอันเป็นผลมาจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศยังมีปริมาณฝนน้อยและต่ำกว่าค่าปกติต่อเนื่องตั้งแต่เดือนตุลาคม 2547 โดยเฉพาะพื้นที่ในภาคต่าง ๆ ดังนี้ ภาคเหนือ บริเวณ จ. ลำปาง ตาก เพชรบูรณ์ กำแพงเพชร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณ จ. เลย ขอนแก่น มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ชัยภูมิ นครราชสีมา อุบลราชธานี ภาคกลาง บริเวณ จ. นครสวรรค์ ชัยนาท อุทัยธานี ลพบุรี สุพรรณบุรี สิงห์บุรี กาญจนบุรี และ กรุงเทพมหานคร ภาค

ตะวันออก บริเวณ จ.ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี และตราด ในช่วงฤดูร้อน มีฝนตกลงมาบ้างแต่มีปริมาณน้อย และตกไม่ต่อเนื่อง ทำให้ในหลายพื้นที่ของประเทศไทยมีปริมาณฝนไม่เพียงพอต่อการอุปโภค บริโภค และการเกษตรกรรม พื้นที่การเกษตรประสพภัย 66 จังหวัด แยกเป็นภาคเหนือ 17 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 19 จังหวัด ภาคกลาง 12 จังหวัด ภาคตะวันออก 8 จังหวัด ภาคใต้ 10 จังหวัด มีจำนวนหมู่บ้านที่ประสบภัยแล้งถึง 73,663 หมู่บ้าน เกษตรกรได้รับความเดือดร้อน จำนวน 1,541,712 ราย พื้นที่การเกษตรได้รับความเสียหาย 26.8 ล้านไร่ คิดเป็นมูลค่า 7,544 ล้านบาท ปริมาณผลผลิตสินค้าเกษตรสำคัญที่ออกสู่ตลาดลดลง กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้ กำหนดมาตรการเร่งด่วนให้เกษตรกรที่ต้องใช้น้ำจากลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างงดการปลูกข้าวนาปรังครั้งที่ 2 โดยเด็ดขาด ส่วนเกษตรกรที่ต้องใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ในชั้นวิกฤติ 6 อ่าง ได้แก่ เขื่อนลำตะคอง เขื่อนลำพระเพลิง เขื่อนกระเสียว เขื่อนทับเสลา เขื่อนแก่งกระจานและเขื่อนปราณบุรี ให้งดปลูกพืชฤดูแล้ง สำนักฝนหลวงและการบินเกษตรได้เพิ่มศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงทั่วประเทศจาก 9 แห่งเป็น 15 แห่ง และขอสนับสนุนเครื่องบินจากสำนักงานตำรวจแห่งชาติและเหล่าทัพ (สสนก. 2548)

พ.ศ. 2553 พบว่ามีอากาศร้อนอบอ้าวเกือบทั่วไป และอากาศร้อนจัดหลายพื้นที่ บริเวณประเทศไทยตอนบน ส่วนมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดช่วงจะสูงกว่าค่าปกติ และสูงกว่าปีที่ผ่านมา มีปริมาณฝนตกน้อยมากโดยเฉพาะตอนบนของประเทศ โดยช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน มีฝนบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ รวมทั้งผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญทำให้หลายพื้นที่ของประเทศไทยต้องประสบกับความแห้งแล้ง พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบโดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน เป็นเหตุให้ราษฎรประสบปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค รวมทั้งน้ำเพื่อการเกษตร ทำให้พื้นที่การเกษตรได้รับความเสียหายแล้วเป็นบางส่วน (สสนก. 2553)

พ.ศ. 2557 ภัยแล้งมีปัจจัยหลักจากปริมาณฝน เนื่องจากมีฝนที่ตกบริเวณพื้นที่รับน้ำของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ค่อนข้างน้อย ทำให้ปริมาณน้ำไหลลงอ่างสะสมทั้งปีของทั้งสองเขื่อนน้อยที่สุดในรอบ 10 ปี ซึ่งรวมถึงน้อยกว่าปีพ.ศ. 2548 และ 2553 ที่ประเทศไทยเกิดภัยแล้งรุนแรง ส่งผลให้ปริมาณน้ำต้นทุนปีพ.ศ. 2557 ค่อนข้างน้อย อีกทั้งช่วงต้นปี 2557 ฝนยังคงตกน้อยต่อเนื่อง ทำให้สถานการณ์น้ำในเขื่อนตกอยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ ปริมาณการไหลของน้ำในแม่น้ำหลาย เช่น ปิง ยม น่าน เจ้าพระยา มีค่าต่ำกว่าปกติ ภัยแล้งปี 2557 นับว่าเป็นภัยแล้งที่หนักที่สุดในรอบ 10 ปี

พ.ศ. 2558 เกิดภัยแล้งอย่างกว้างขวางหลายพื้นที่และส่งผลกระทบในหลายจังหวัด เนื่องจากปริมาณน้ำฝนสะสมและน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางในปีก่อนหน้าต่ำกว่าค่าปกติอย่างมาก ประกอบการภาวะฝนทิ้งช่วงในปี พ.ศ. 2558 ลักษณะของฝนที่ตกจะตกหนักกระจุกตัวเป็นหย่อมๆ ตามแนวขอบประเทศ ภาคเหนือมีปริมาณฝนน้อยกว่าค่าเฉลี่ยและน้อยกว่าทุกปีในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ทั้ง 33 แห่งทั่วประเทศ มีปริมาณน้ำกักเก็บคงเหลือทั้งสิ้น 40,009 ล้าน ลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 57% ของความจุ และเป็นน้ำใช้การได้จริงเพียง 16,596 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยา อ่างเก็บน้ำหลักทั้ง 4 อ่าง คือ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์เขื่อนแควน้อย และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์มีปริมาณน้ำกักเก็บคงเหลือรวมกัน 11,850 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 48% โดยเป็นปริมาณน้ำใช้การได้จริงเพียง 5,154 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการเพาะปลูกในช่วงฤดูแล้ง สำหรับเขื่อนภูมิพล สถานการณ์อยู่ในภาวะน้ำน้อยวิกฤต ณ วันที่ 30 เมษายน 2558 ซึ่ง

เป็นวันสิ้นสุดฤดูแล้ง มีปริมาณน้ำคงเหลือเพียง 5,241 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 39% ของความจุอ่าง และมีน้ำใช้การได้จริงเพียง 1,411 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนเขื่อนสิริกิติ์มีปริมาณน้ำเหลือ 4,794 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 50% ของความจุอ่าง มีน้ำใช้การได้จริง 1,944 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์น้ำค่อนข้างน้อย (สสนก. 2558) ภาวะภัยแล้ง ในพ.ศ. 2558 นับว่าหนักที่สุดในรอบ 15 ปี โดยเฉพาะอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในแถบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีการใช้น้ำไปเพื่อการเพาะปลูกพืชเกษตรเป็นสำคัญโดยเฉพาะข้าว ปริมาณน้ำต้นทุนที่ใช้การได้ในอ่างเก็บน้ำที่อยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับปีก่อน หรือลดลง 16.9% จากผลกระทบของปัญหาภัยแล้งดังกล่าวรัฐบาลได้ออกมาประชาสัมพันธ์เพื่อขอความร่วมมือในการใช้น้ำอุปโภคบริโภค และน้ำเพื่อการเกษตรตามที่หน่วยงานของรัฐได้มีการแจ้งเตือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการงดทำนาปรังในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำแม่กลอง รวมทั้งการรณรงค์การใช้น้ำอย่างประหยัดเพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น และกองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติได้ร่วมกับหน่วยทหารและ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เข้าให้ความช่วยเหลือเพื่อบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนตามนโยบายการแก้ไขปัญหาภัยแล้งเร่งด่วน คือ การขุดลอกคูคลอง สนับสนุนการจัดสรรน้ำดิบเพื่อการผลิตให้กับการประปาส่วนภูมิภาคและการประปาท้องถิ่นได้ตลอดฤดูแล้ง โดยขอมอบน้ำบาดาลที่เป็นน้ำดิบ และจัดรถบรรทุกแจกจ่ายน้ำในพื้นที่เพื่อสนับสนุนการสูบน้ำดิบเข้าสู่ระบบประปาหมู่บ้านและถังน้ำกลางประจำหมู่บ้าน และขอให้ประชาชนเตรียมรับมือปัญหาภัยแล้ง ด้วยการซ่อมแซมภาชนะกักเก็บน้ำเพื่อสำรองน้ำไว้ใช้และใช้น้ำอย่างประหยัด ขณะที่ศูนย์บรรเทาสาธารณภัย กองทัพอากาศ (ศบภ.ทอ.) ได้มีการจัดส่งเครื่องบินลำเลียง 1 เครื่องสนับสนุนการโปรยน้ำในอากาศ เพื่อลดปัญหาหมอกควัน ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และพื้นที่ใกล้เคียง โดยปฏิบัติการตั้งแต่วันที่ 6-31 มีนาคม 2558 (สำนักวิชาการ สำนักเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร 2558)

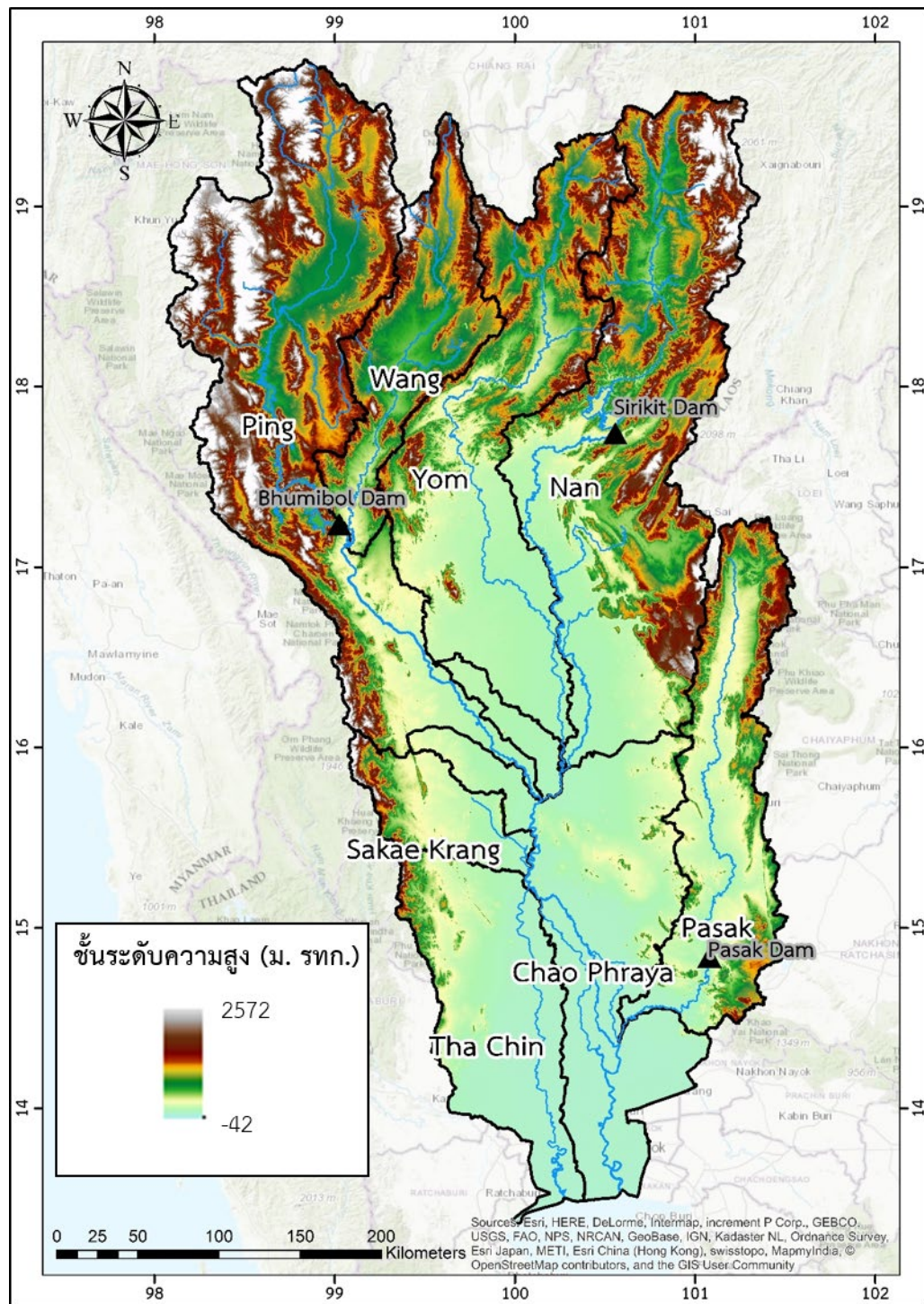
พ.ศ. 2563 ภัยแล้งเป็นผลสืบเนื่องจากปรากฏการณ์เอลนีโญในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งทำให้มีฝนตกน้อยกว่าค่าเฉลี่ยประมาณ 10% และฝนทิ้งช่วงยาวนาน 2 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม น้ำในเขื่อนมากกว่า 10 แห่ง มีปริมาณน้อยเข้าขั้นวิกฤต น้ำต้นทุนมีปริมาณต่ำ จากข้อมูล ณ วันที่ 1 พ.ย. 62 เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนอุบลรัตน์ มีปริมาณน้ำสะสมประมาณ 5,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งน้อยกว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำจริงประมาณ 2-3 เท่า น้ำในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ทั่วประเทศ มีปริมาณน้ำน้อยกว่าปีก่อนอยู่ประมาณ 12% ในปีพ.ศ. 2563 เขื่อนขนาดใหญ่ 11 แห่ง มีน้ำน้อยเข้าขั้นวิกฤต ได้แก่ เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนจุฬาภรณ์ เขื่อนป่าสักฯ เขื่อนลำพระเพลิง เขื่อนลำนางรอง เขื่อนลำแชะ เขื่อนกระเสียว เขื่อนทับเสลา เขื่อนแม่วง เขื่อนแม่มอก และเขื่อนคลองสิียด

พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับต่างๆ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ลักษณะดิน ปริมาณฝน ซึ่งมีการจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งไว้ 3 ระดับ คือ ระดับรุนแรง ระดับปานกลาง และระดับน้อย จากรายงานของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2556 ถึงเดือนเมษายน 2557 มีจังหวัดที่ได้รับผลกระทบและประกาศเขตการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติจากภัยแล้งทั้งหมด 44 จังหวัด 311 อำเภอ 1,927 ตำบล 18,355 หมู่บ้าน แบ่งเป็น ภาคเหนือ 13 จังหวัด ตะวันออกเฉียงเหนือ 10 จังหวัด ภาคกลาง 7 จังหวัด ภาคตะวันออก 7 จังหวัด และ ภาคใต้ 7 จังหวัด โดยปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดภาวะภัยแล้งคือปริมาณฝน ที่ถึงแม้ว่าปริมาณฝนสะสมทั้งประเทศในปี 2556 จะสูงกว่าค่าเฉลี่ย 14% แต่กลับพบว่ามีฝนที่ตกบริเวณพื้นที่รับน้ำของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ค่อนข้างน้อย ทำให้ปริมาณน้ำไหลลงอ่างสะสมทั้งปีของทั้งสองเขื่อนน้อยที่สุดในรอบ 10 ปี ซึ่งรวมถึงน้อยกว่าปี

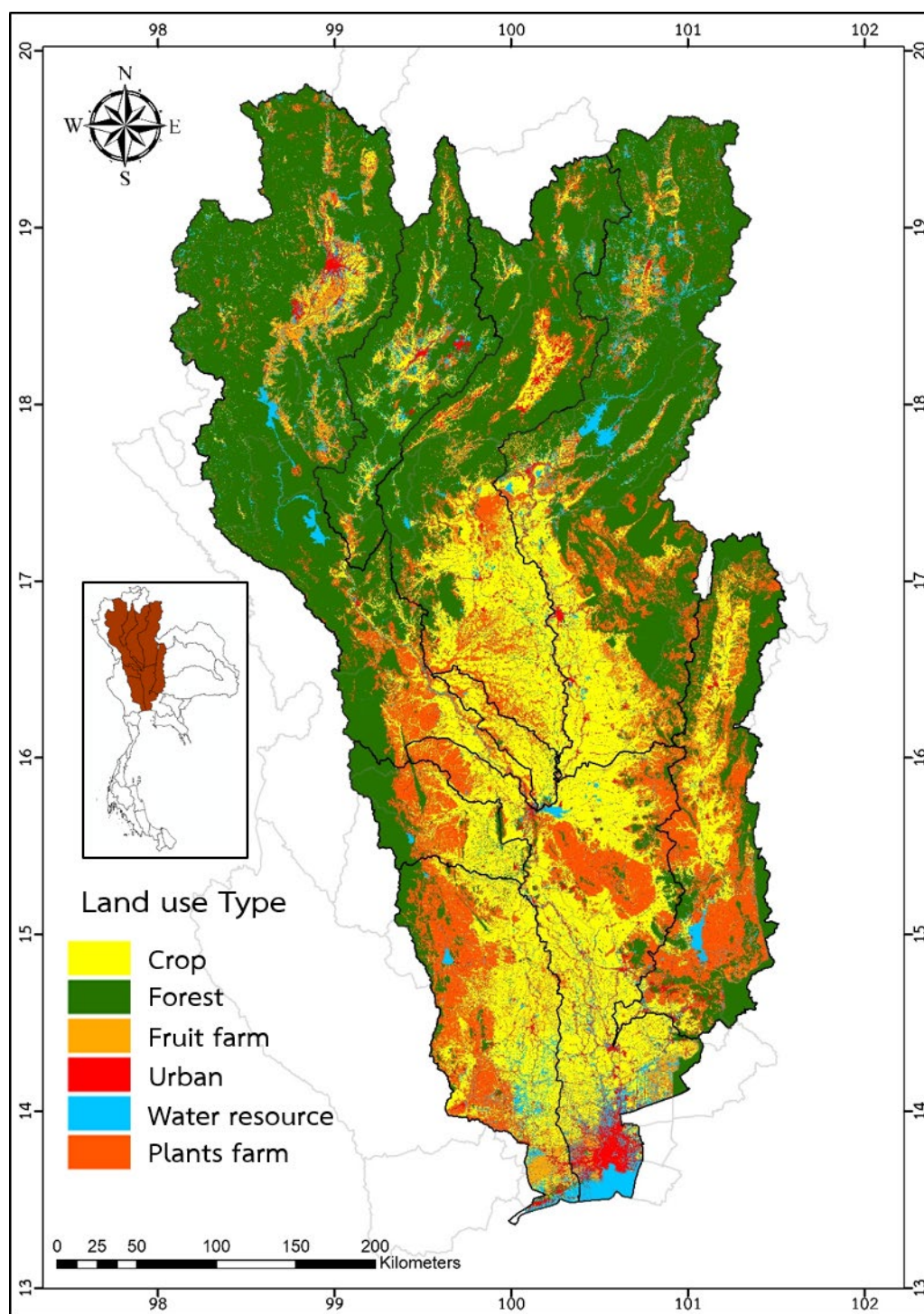
2548 และ 2553 ที่ประเทศไทยเกิดภัยแล้งรุนแรง ส่งผลให้ปริมาณน้ำต้นทุนปี 2557 ค่อนข้างน้อย อีกทั้งช่วงต้นปี 2557 ฝนยังคงตกน้อยต่อเนื่อง ทำให้สถานการณ์น้ำในเขื่อนตกอยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ ในทางตรงกันข้าม ช่วงเวลาดังกล่าว เกษตรกรกลับเพาะปลูกพืชกินจากแผนที่กรมชลประทานวางไว้ค่อนข้างมาก โดยเฉพาะลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่มีการปลูกข้าวนาปรังในเขตพื้นที่ชลประทานกินจากแผนที่ไปถึง 119% ปริมาณน้ำที่ระบายจากเขื่อนจึงถูกสูบออกจากลำน้ำเพื่อนำไปใช้ในการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเพื่อใช้ในการผลักดันน้ำเค็ม ซึ่งปี 2557 เกิดสถานการณ์น้ำเค็มรุกล้ำลำน้ำตั้งแต่ช่วงปลายเดือนมกราคม ซึ่งเป็นการรุกล้ำที่เร็วกว่าปกติมาก (ปกติน้ำเค็มจะรุกล้ำช่วงเดือนพฤษภาคมของทุกปี) รวมทั้งความเค็มเกินค่ามาตรฐานค่อนข้างมากโดยเฉพาะแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำบางปะกง ส่งผลกระทบต่อเนื่องไปถึงการใช้น้ำด้านการเกษตรรวมทั้งการผลิตน้ำประปาเพื่ออุปโภคบริโภค

2.2 สภาพภูมิอากาศและอุทกวิทยาในพื้นที่ศึกษา

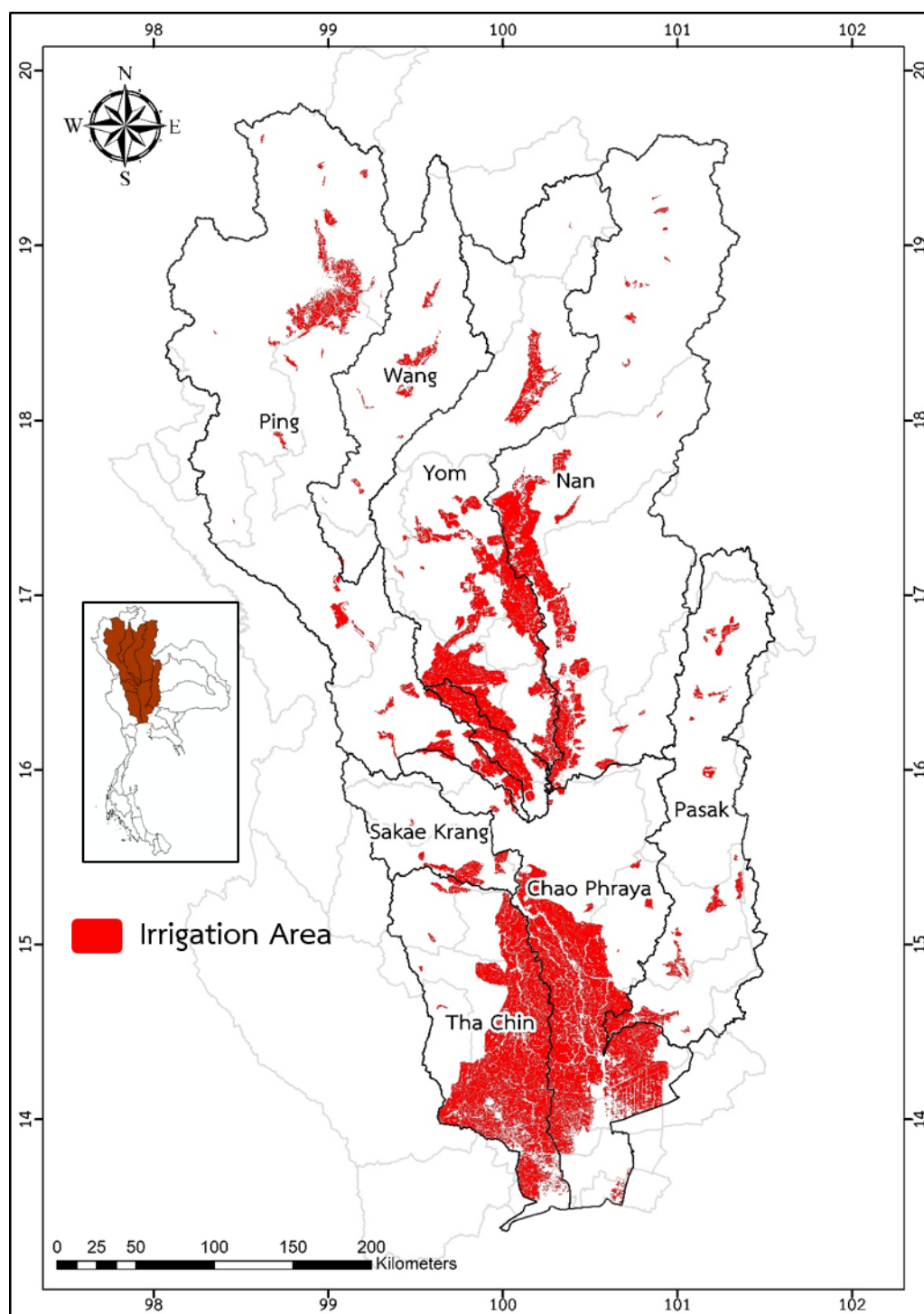
พื้นที่ของกลุ่มน้ำเจ้าพระยามีอาณาเขตครอบคลุม 8 ลุ่มน้ำหลักบริเวณภาคเหนือและภาคกลางของประเทศไทย ได้แก่ ลุ่มน้ำ ปิง วัง ยม น่าน เจ้าพระยา สะแกกรัง ป่าสักและท่าจีน มีลักษณะพื้นที่โดยทั่วไปอธิบายได้พอสังเขปดังนี้ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ ประกอบด้วย ลุ่มน้ำปิงมีพื้นที่ 34,471 ตร.กม. ลุ่มน้ำวังมีพื้นที่ 10,788 ตร.กม. ลุ่มน้ำยมมีพื้นที่ 23,995 ตร.กม. และลุ่มน้ำน่านมีพื้นที่ 34,837 ตร.กม. รวมทั้งสิ้น 104,091 ตร.กม. มีสภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูง ซึ่งมีความสลับซับซ้อนและปกคลุมด้วยป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ จึงเป็นแหล่งต้นน้ำของแม่น้ำสายสำคัญๆ ของประเทศ พื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลาง ประกอบด้วย ลุ่มน้ำเจ้าพระยามีพื้นที่ 20,441 ตร.กม. ลุ่มน้ำสะแกกรังมีพื้นที่ 4,911 ตร.กม. ลุ่มน้ำป่าสักมีพื้นที่ 15,603 ตร.กม. และลุ่มน้ำท่าจีนมีพื้นที่ 13,446 ตร.กม. รวมทั้งสิ้น 54,403 ตร.กม. ดังแสดงในรูปที่ 2.2-1 ภูมิประเทศภาคกลางตอนบนโดยทั่วไปในบริเวณนี้เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ ทิศตะวันออกเป็นภูเขาและทิวเขาจรดขอบเขตของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนสภาพภูมิประเทศภาคกลางตอนล่าง มีภูมิฐานเป็นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำและพื้นที่ลุ่มต่ำ ความอุดมสมบูรณ์ดินสูง เนื่องจากเป็นดินตะกอนปากแม่น้ำ จึงเป็นแหล่งเกษตรกรรมขนาดใหญ่ อยู่ข้างลำน้ำของประเทศ ทั้งยังเป็นที่ตั้งของเขตพื้นที่เศรษฐกิจหลักและมีปริมาณประชากรอาศัยอยู่ในพื้นที่นี้มากกว่าหนึ่งในสามของจำนวนประชากรทั้งหมด มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ ขอบเขตพื้นที่ชลประทานแสดงดังรูปที่ 2.2-2 และ 2.2-3 ตามลำดับ



รูปที่ 2.2-1 แผนที่แสดงลุ่มน้ำต่างๆในลุ่มน้ำเจ้าพระยา



รูปที่ 2.2-2 แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในกลุ่มน้ำเจ้าพระยา



รูปที่ 2.2-3 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ชลประทานในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

สภาพภูมิอากาศ

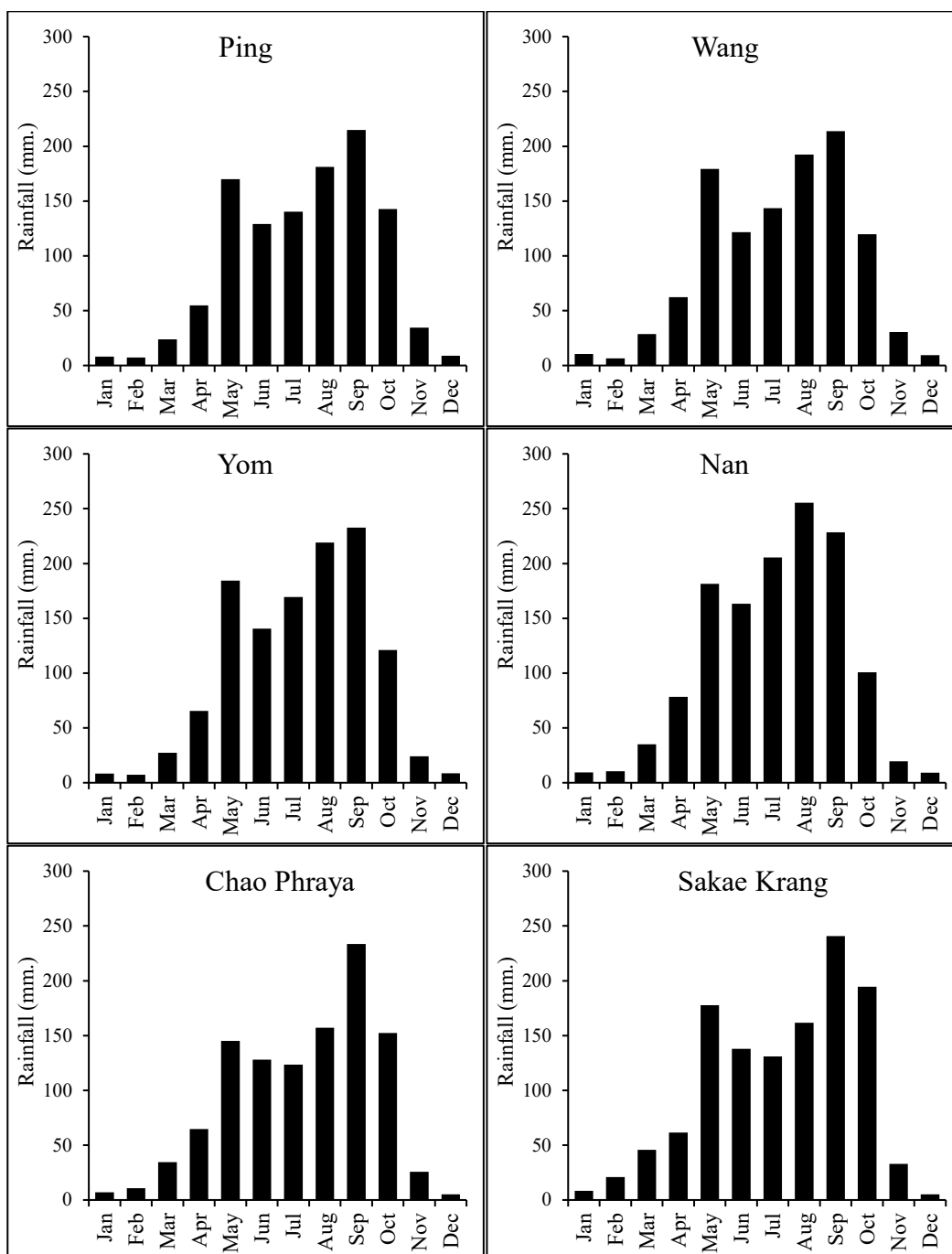
สภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยอิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิดนี้ จึงทำให้มี 3 ฤดูกาล คือ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากลมพายุจร โดยเฉพาะพายุดีเปรสชันและพายุไต้ฝุ่นซึ่งพัดมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้มีฝนตกหนักในช่วงฤดูฝน ทิศทางและช่วงเวลาของการเกิดลมมรสุมและลมพายุจรที่พัดเข้าสู่ประเทศไทย สภาพอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ซึ่งพิจารณาจากค่าเฉลี่ยตัวแปรภูมิอากาศในคาบ 30 ปี ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความครึ้มเมฆ ความเร็วลม และปริมาณการระเหย จากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง ลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำสะแกกรัง ลุ่มน้ำป่าสัก และลุ่มน้ำท่าจีน ดังแสดงในตารางที่ 2.2-1

ตารางที่ 2.2-1 แสดงค่าเฉลี่ยตัวแปรภูมิอากาศในลุ่มน้ำต่างๆในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

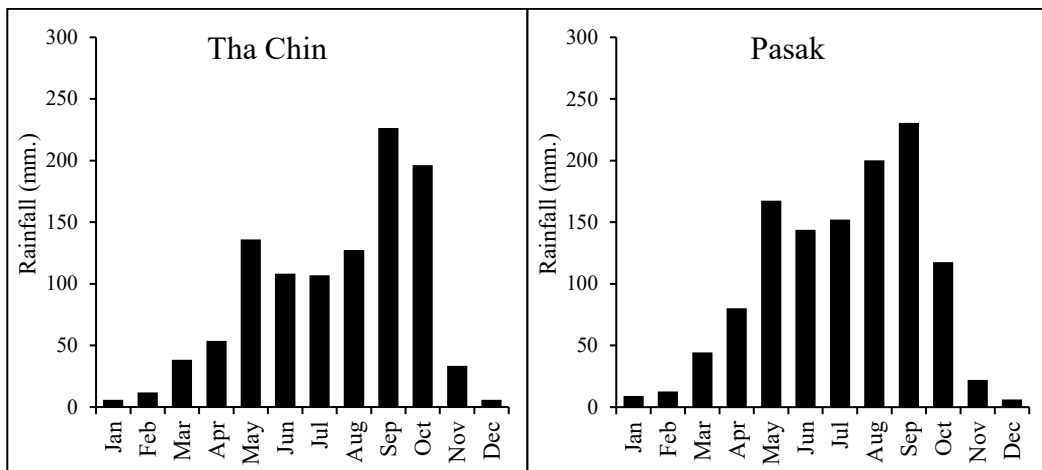
สภาพภูมิอากาศ	ปิง	วัง	ยม	น่าน	เจ้าพระยา	สะแกกรัง	ป่าสัก	ท่าจีน	เฉลี่ย
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.79	26.66	27.53	26.29	28.72	28.15	27.34	28.04	27.44
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	71.99	72.97	76.77	76.51	72.10	73.06	73.38	75.83	74.08
เมฆปกคลุม (0-10)	4.65	4.77	5.53	4.53	6.15	5.28	5.38	5.71	5.25
ความเร็วลม (มิต)	1.32	0.92	1.25	0.58	2.53	1.47	2.26	1.53	1.48
ปริมาณการระเหย (มิลลิเมตร)	1,530.3 5	1,515.1 7	1,557.3 8	1,363.4 7	1,764.11	1,859.4 0	1,690.6 8	1,716.50	1,624.63

ปริมาณน้ำฝน

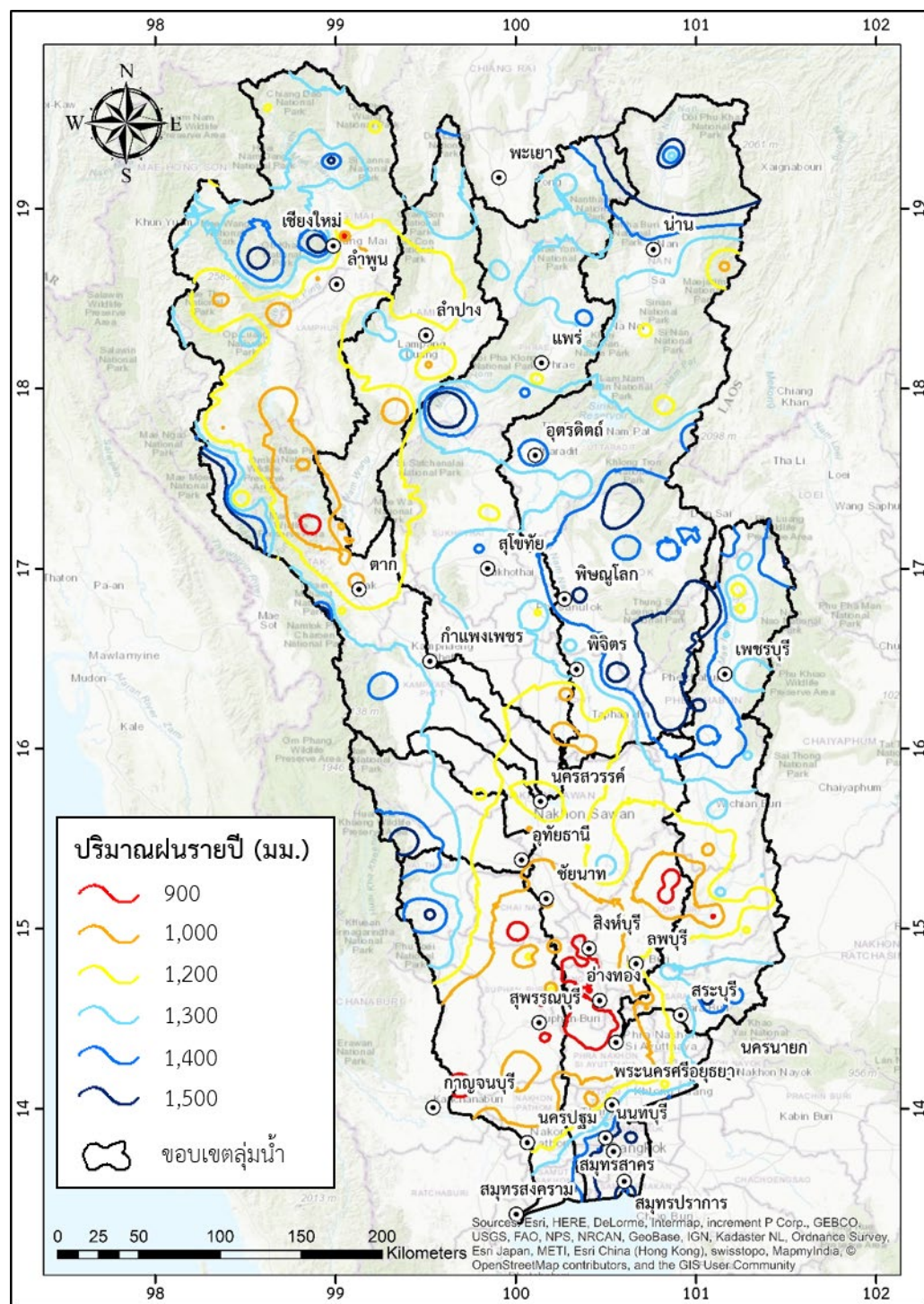
ในกลุ่มน้ำเจ้าพระยามีปริมาณฝนเฉลี่ยต่อปีอยู่ในระหว่าง 1,050-1,297 มิลลิเมตร ซึ่งมีความผันแปรตามลักษณะภูมิประเทศและตามฤดูกาลในแต่ละพื้นที่ มีฝนตกมากในช่วงเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคม พื้นที่ลุ่มน้ำน่านจะมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 1,297 มิลลิเมตรและลุ่มน้ำน้ำท่าจีนจะมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยสุด เท่ากับ 1,050 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.2-4 และ 2.2-5



รูปที่ 2.2-4 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในกลุ่มน้ำเจ้าพระยา



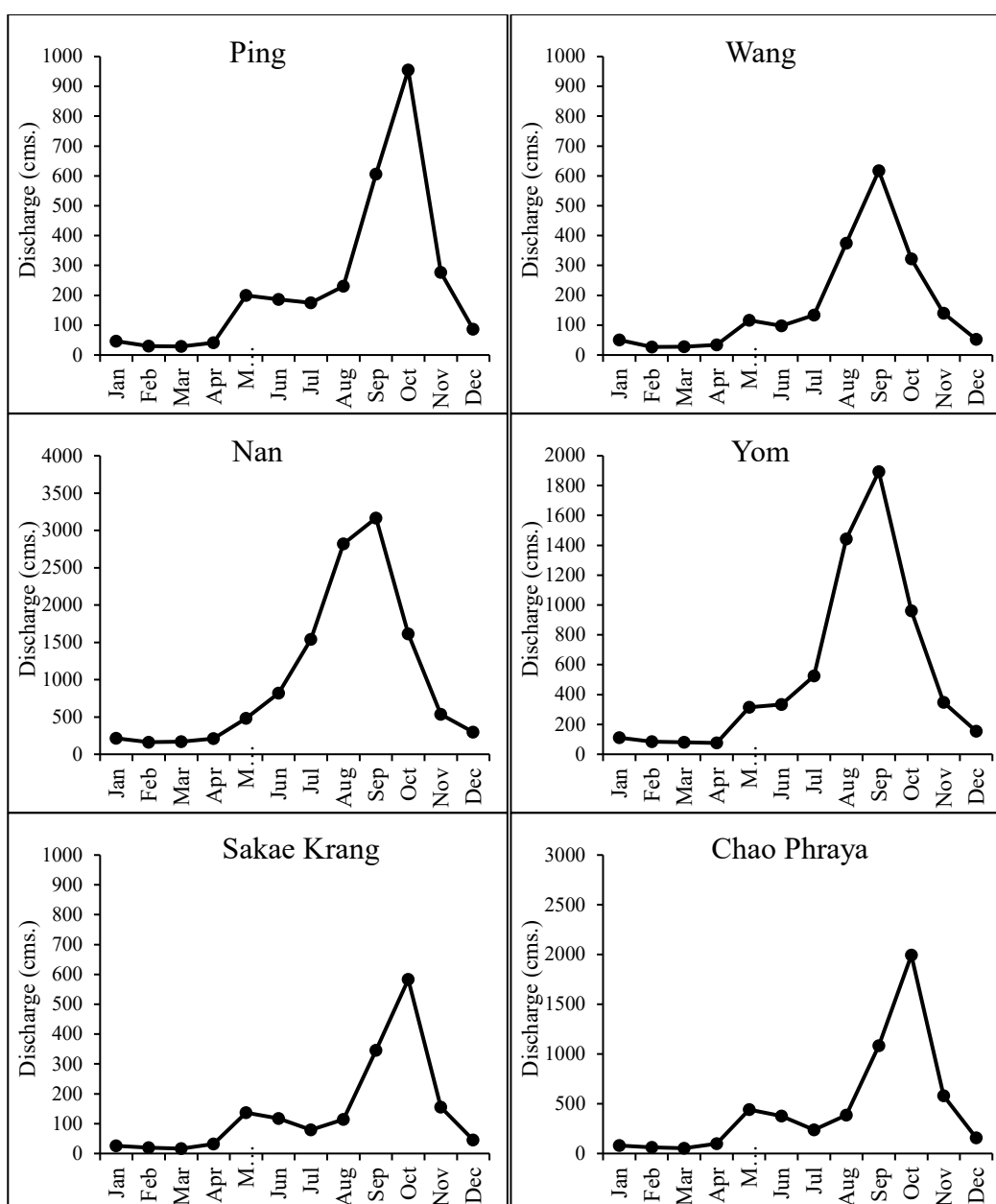
รูปที่ 2.2-4 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในกลุ่มน้ำเจ้าพระยา (ต่อ)



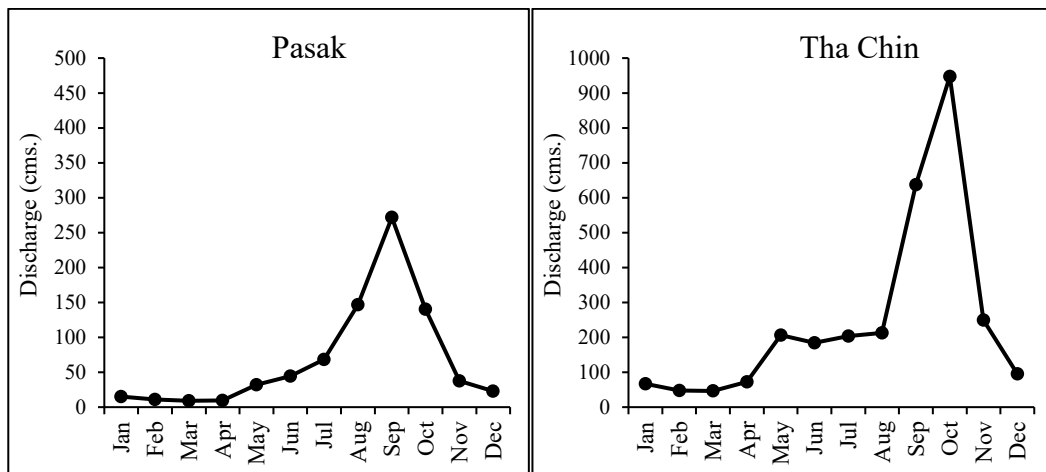
รูปที่ 2.2-5 แผนที่แสดงเส้นชั้นน้ำฝนรายปีเฉลี่ยลุ่มน้ำเจ้าพระยา

2.3 ปริมาณน้ำท่า

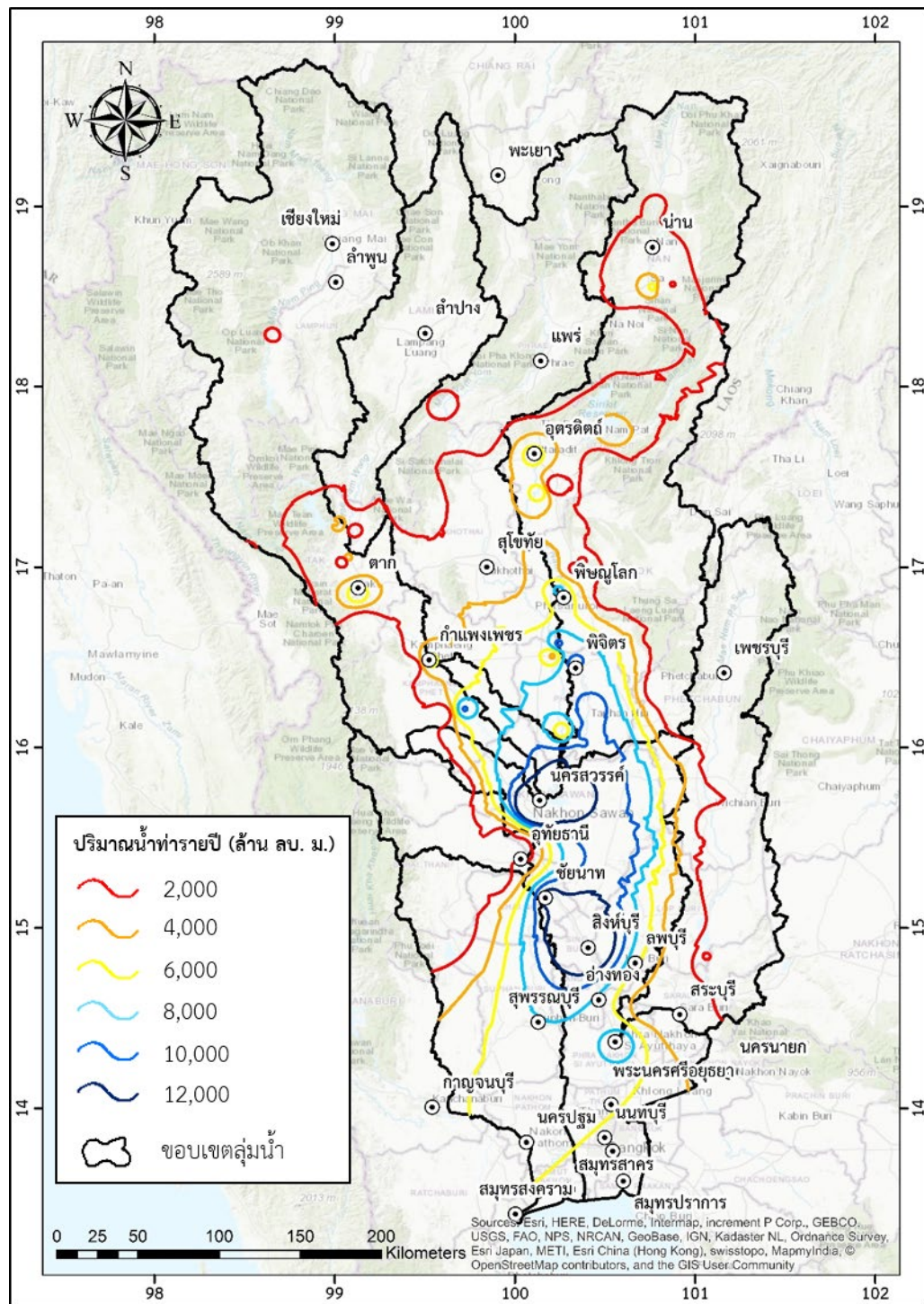
ในกลุ่มน้ำเจ้าพระยามีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยปีละ 72,355 ล้านลูกบาศก์เมตร สามารถแจกแจงเป็นรายเดือนได้ดังรูปที่ 2.2-6 เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำ (Specific Yield) จะเห็นว่า กลุ่มน้ำน่านตอนบนจะมีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำอยู่ในเกณฑ์สูง เท่ากับ 27.56 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร และกลุ่มน้ำวังมีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เท่ากับ 5.86 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.2-7



รูปที่ 2.2-6 ปริมาณท่าเฉลี่ยรายเดือนในกลุ่มน้ำเจ้าพระยา



รูปที่ 2.2-6 ปริมาณท่าเฉลี่ยรายเดือนในกลุ่มน้ำเจ้าพระยา (ต่อ)



รูปที่ 2.2-7 แผนที่แสดงเส้นชั้นน้ำท่ารายปีลุ่มน้ำเจ้าพระยา

บทที่ 3

การศึกษาภัยแล้ง

3.1 การศึกษาภัยแล้งโดยใช้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกล

การสำรวจระยะไกลได้นำมาประยุกต์ในการประเมินความแห้งแล้งส่วนมากเป็นการวิเคราะห์หาข้อมูลที่สามารถสะท้อนถึงสภาวะความแห้งแล้งได้ เช่น **ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normalized Differential Vegetation Index, NDVI)** **ดัชนีความแตกต่างความชื้น (Normalized Difference Water Index, NDWI)** **Vegetation Condition Index (VCI)** เป็นต้น เพราะสามารถแสดงลักษณะที่แตกต่างกันของพืชพรรณที่ปกคลุมในพื้นที่ ซึ่งสามารถแสดงลักษณะของพืชที่ตอบสนองต่อการขาดน้ำได้ชัดเจน

3.1.1 ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normalized Differential Vegetation Index, NDVI)

ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของการสะท้อนแสงในช่วงความยาวคลื่น 0.75-0.90 ไมโครเมตร หรือช่วงคลื่นของแสง ใกล้อินฟราเรด (Near Infrared) และค่าการสะท้อนแสงในช่วงความยาวคลื่น 0.63-0.69 ไมโครเมตร หรือช่วงคลื่น ของแสงสีแดง (Red) การวิเคราะห์ข้อมูล NDVI ทำจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร LANDSAT ค่าของ NDVI จะมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ -1 ถึง +1 บริเวณที่ค่าของ NDVI มีค่าน้อยกว่า 0 หรือมีค่าเข้าใกล้ -1 จะเป็นการแสดงถึงพื้นที่ที่เป็นน้ำ ในบริเวณที่ค่าของ NDVI มีค่าเข้าใกล้ 0 จะเป็นการแสดงถึงพื้นที่ที่มีพืชพรรณสีเขียวอ่อนหรือเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง และถ้าค่าของ NDVI มีค่าเข้าใกล้ +1 แสดงถึงพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมอยู่มาก

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (3-1)$$

โดยที่ NIR คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ และ RED คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง

3.1.2 ดัชนีความแตกต่างความชื้น (Normalized Difference Water Index, NDWI)

ดัชนีความแตกต่างความชื้น โดย Gao (1996) คำนวณค่าตามสมการที่ 3-2

$$NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)} \quad (3-2)$$

โดยที่ NIR คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ และ SWIR คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น

การตรวจวัดความชื้นในพืชพรรณด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลโดยใช้ดัชนี NDWI มีที่มาจากการศึกษาคุณสมบัติการสะท้อนของพืชสีเขียว พืชที่แห้ง และดิน และคุณสมบัติการดูดซับและกระจายคลื่นของก๊าซและละอองลอยในบรรยากาศ โดยใช้ช่องสัญญาณแคบๆ สองช่วงมีศูนย์กลางอยู่ที่ 0.86 ไมโครเมตร และ 1.24 ไมโครเมตร ทั้งสองช่วงคลื่นนี้สามารถทะลุทะลวงผ่านชั้นบรรยากาศและเรือนยอดพืชได้ในระดับเดียวกัน ต่างจากสองช่องสัญญาณที่ใช้ใน NDVI

3.2 การศึกษาภัยแล้งโดยใช้ดัชนีทางอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

3.2.1 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index: SPI)

McKee et al. (1993) ได้มีการพัฒนาวิธี SPI ขึ้นมาเพื่อนิยามและติดตามสถานะแห้งแล้ง ปัจจุบันมีหน่วยงานมากมายที่มีการใช้ดัชนีชนิดนี้อย่างแพร่หลาย เช่น Colorado Climate Center, The Western Regional Center และ National Drought Mitigation Center มีการใช้ดัชนีนี้ในการติดตามความแห้งแล้งของประเทศสหรัฐอเมริกาหรือวิเคราะห์หาสถานะที่ความชุ่มชื้นที่มีความผิดปกติในช่วงระยะเวลาที่สนใจของสถานที่ที่มีการตรวจวัดและมีการบันทึกสถิติปริมาณน้ำฝนเอาไว้ โดยซึ่งค่าดัชนีที่เป็นไปในทางลบแสดงถึงความแห้งแล้ง ส่วนค่าดัชนีที่เป็นไปในทางบวกแสดงถึงความชุ่มชื้นหรือมีฝนมากกว่าปกติ Thom (1966) พบว่า ข้อมูลมักจะอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบแกมมา (Gamma Distribution) ในการศึกษาที่ผ่านมาหลายการศึกษาทั้งในต่างประเทศและประเทศไทยพบว่า ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบแกมมาสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ดี

การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter estimation) ของฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นมีหลากหลายวิธี ได้แก่ วิธีโมเมนต์ (Method of moments) วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood method) และวิธีโมเมนต์เชิงเส้น (L-moments) โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีจำนวนของข้อมูลน้อย วิธีโมเมนต์เชิงเส้นให้ความแม่นยำมากกว่าวิธีโมเมนต์ และวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด นอกจากนี้ วิธีโมเมนต์เชิงเส้นมีความอ่อนไหวต่อค่าผิดปกติ (Outlier) และความเอนเอียง (Bias) น้อยกว่าโมเมนต์ทั่วไป (Conventional moments) อีกด้วย (J. R. M. Hosking, 1990)

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบแกมมาเป็นฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นที่มี 2 พารามิเตอร์ ดังสมการ 3-3 และ 3-4 ซึ่งสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีโมเมนต์เชิงเส้น (L-moments) ได้จากสมการ 3-5 ถึง 3-7

$$g(x) = \frac{(x)^{\alpha-1} \exp(-x/\beta)}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}, 0 \leq x < \infty \quad (3-3)$$

$$G(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x (x)^{\alpha-1} \exp(-x/\beta) dx, 0 \leq x < \infty \quad (3-4)$$

$$\lambda_1 = \alpha\beta \quad (3-5)$$

$$\lambda_2 = \pi^{-1/2} \beta \Gamma\left(\alpha + \frac{1}{2}\right) / \Gamma(\alpha) \quad (3-6)$$

$$\tau_3 = 6I_{1/3}(\alpha, 2\alpha) - 3 \quad (3-7)$$

โดย	$g(x)$	คือ	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (probability density function) แบบแกมมา
	$G(x)$	คือ	ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (cumulative distribution function) แบบแกมมา
	$\Gamma(\cdot)$	คือ	ฟังก์ชันแกมมา (gamma function)
	β	คือ	พารามิเตอร์ที่แสดงถึงขนาด (scale parameter)
	α	คือ	พารามิเตอร์ที่แสดงถึงรูปร่าง (shape parameter)
	λ_1, λ_2	คือ	โมเมนต์เชิงเส้นลำดับที่ 1 และ 2 ตามลำดับ
	τ_3	คือ	อัตราส่วนโมเมนต์เชิงเส้นลำดับที่ 3 (L-skewness)
	$I_{1/3}(\alpha, 2\alpha)$	คือ	ฟังก์ชันแกมมาไม่สมบูรณ์ (incomplete beta function)

เนื่องจากฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบแกมมาจะหาค่าไม่ได้เมื่อ $x = 0$ ซึ่งโดยปกติแล้ว ปริมาณน้ำฝนสามารถมีค่าเท่ากับ 0 ได้ ดังนั้น จึงมีการปรับฟังก์ชันการแจกแจงสะสมให้เป็นอย่างสมการ 3-8

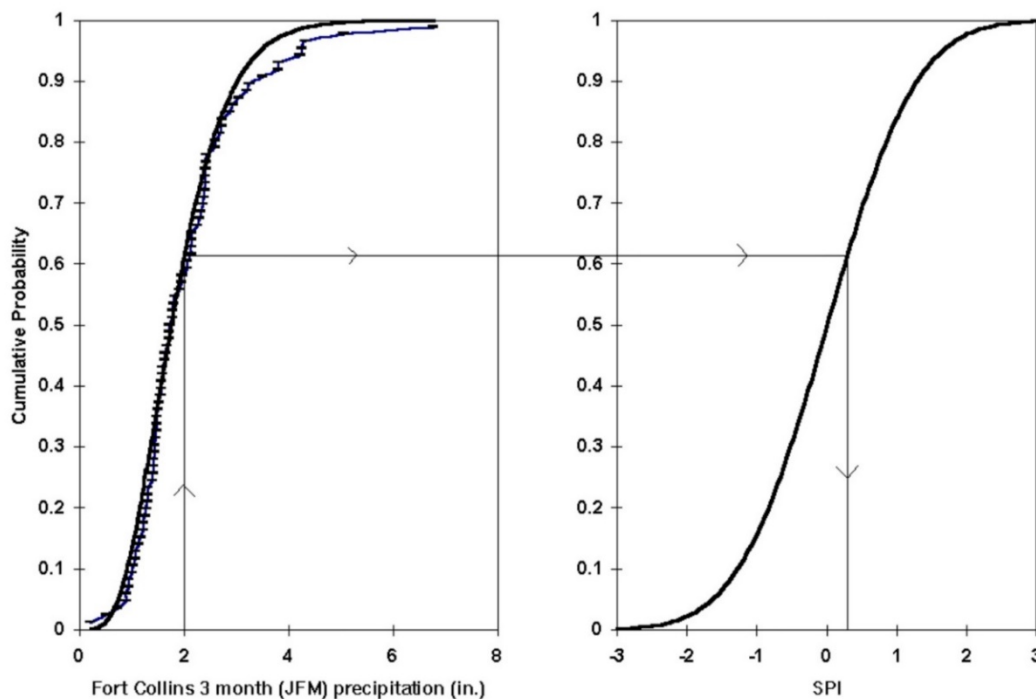
$$H(x) = q + (1 - q) G(x) \quad (3-8)$$

$$q = \frac{m}{n} \quad (3-9)$$

โดย	$H(x)$	คือ	ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบแกมมาที่ทำการปรับปรุง
	$G(x)$	คือ	ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบแกมมา
	q	คือ	ความน่าจะเป็นที่ปริมาณฝนเท่ากับ 0
	m	คือ	จำนวนช่วงเวลาที่มีปริมาณฝนเท่ากับ 0 (เช่น จำนวนเดือน)
	n	คือ	จำนวนช่วงเวลาทั้งหมด (เช่น จำนวนเดือนทั้งหมด)

เมื่อได้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบแกมมา $H(x)$ สำหรับทุกช่วงค่าฝนที่เป็นไปได้แล้ว จะทำการแปลงข้อมูลจากฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบแกมมาเป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบปกติมาตรฐาน (standardized normal distribution) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.2-1 ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI)

การแปลงฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบแกมมาให้เป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบปกติมาตรฐานนั้น เพื่อที่จะแสดงความน่าจะเป็นที่ปริมาณน้ำฝนมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยให้เห็นชัดเจนมากขึ้น โดยหากปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ค่า SPI จะเป็นลบ หากปริมาณน้ำฝนมากกว่าค่าเฉลี่ย ค่า SPI จะเป็นบวก



รูปที่ 3.2-1 การแปลงฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบแกมมาให้เป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบปกติมาตรฐาน

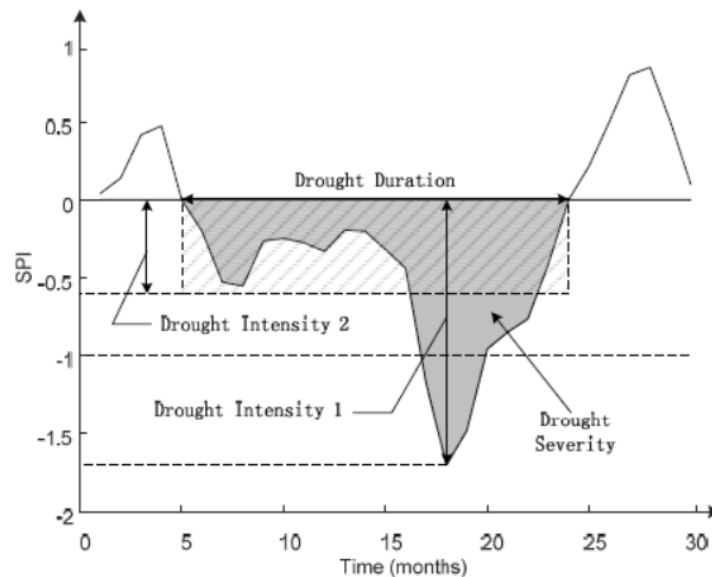
จากรูปที่ 3.2-1 แสดงตัวอย่างการแปลงข้อมูลช่วง 3 เดือน (เดือนมกราคม ถึง เดือนมีนาคม) จาก Fort Collins, Colorado โดยในรูปด้านซ้ายของรูปที่ 3.2-1 เป็นการกระจายปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วง 3 เดือน ซึ่งอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบแกมมา ส่วนรูปในด้านขวาของรูปที่ 3.2-1 เป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบปกติมาตรฐาน หากค่าปริมาณน้ำฝนสะสม 3 เดือน ในรูปด้านซ้ายมีค่าเท่ากับ 2 นิ้ว จะสามารถอ่านค่าความน่าจะเป็นสะสมจากฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบแกมมาได้เท่ากับ 0.62 และที่ความน่าจะเป็นเดียวกันนั้น หากมีการแปลงการกระจายจากแกมมาเป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบปกติมาตรฐานแล้ว จะอ่านค่า SPI ได้เท่ากับ 0.3 (Sok et al., 2019)

เมื่อคำนวณค่า SPI ได้แล้ว จะนำมาใช้ระบุประเภทภัยแล้งได้ตามช่วงค่า ดังแสดงในตารางที่ 3.2-1 และใช้ Theory of Run ประกอบการวิเคราะห์

ตารางที่ 3.2-1 การกำหนดประเภทของภัยแล้งตามช่วงค่า SPI (McKee et al., 1993)

SPI value	Drought Category
2.00 and above	Extremely wet (มีฝนอย่างมากถึงขีดสุด)
1.50 to 1.99	Severely wet (มีฝนอย่างหนัก)
1.00 to 1.49	Moderately wet (มีฝนปานกลาง)
0 to 0.99	Mild wet (มีฝนเล็กน้อย)
-0.99 to 0	Mild drought (แห้งแล้งเล็กน้อย)
-1.00 to -1.49	Moderately drought (แห้งแล้งปานกลาง)
-1.50 to -1.99	Severely drought (แห้งแล้งอย่างรุนแรง)
-2.00 and less	Extremely drought (แห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด)

การวิเคราะห์ลักษณะของภัยแล้งในด้านต่าง ๆ ได้ การวิเคราะห์ภัยแล้งโดย Theory of Run เป็นการศึกษาพารามิเตอร์ทางความแห้งแล้งโดยนิยามแต่ละพารามิเตอร์ ดังรูปที่ 3.2-2 และสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3.2-2 การวิเคราะห์ลักษณะของภัยแล้ง โดย Theory of Run (Guo et al, 2017)

- 1) ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD)
- 2) ความรุนแรงของภัยแล้ง (Drought Severity: DS) ซึ่งเป็นผลรวมของค่า SPI ในช่วงที่เกิดความแห้งแล้ง ซึ่งคำนวณได้จากสมการ 3-10

$$DS = - \sum_{i=1}^n SPI_i \quad (3-10)$$

โดยที่ n คือ จำนวนเดือนที่มีค่า SPI ต่ำกว่าค่าที่ได้มีการกำหนดไว้

- 3) ระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) โดย DI สามารถแบ่งเป็น DI1 เป็นค่า SPI ที่ต่ำที่สุดในช่วงที่เกิดความแห้งแล้ง และ DI2 ซึ่งเท่ากับ DS/DD

3.2.2 ดัชนีน้ำท่ามาตรฐาน (Standardized Runoff Index: SRI)

ดัชนีน้ำท่ามาตรฐานมีพื้นฐานการคำนวณเช่นเดียวกับดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน เพียงแต่ทำการเปลี่ยนข้อมูลน้ำเข้าเป็นปริมาณน้ำท่าแทนปริมาณน้ำฝนในระยะเวลาที่ต้องการวิเคราะห์ แนวทางการวิเคราะห์ดัชนีน้ำท่ามาตรฐานจึงเป็นไปในรูปแบบคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์ดัชนีน้ำฝนมาตรฐานได้

3.3 การศึกษาสภาพอุทกวิทยาโดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยา SWAT

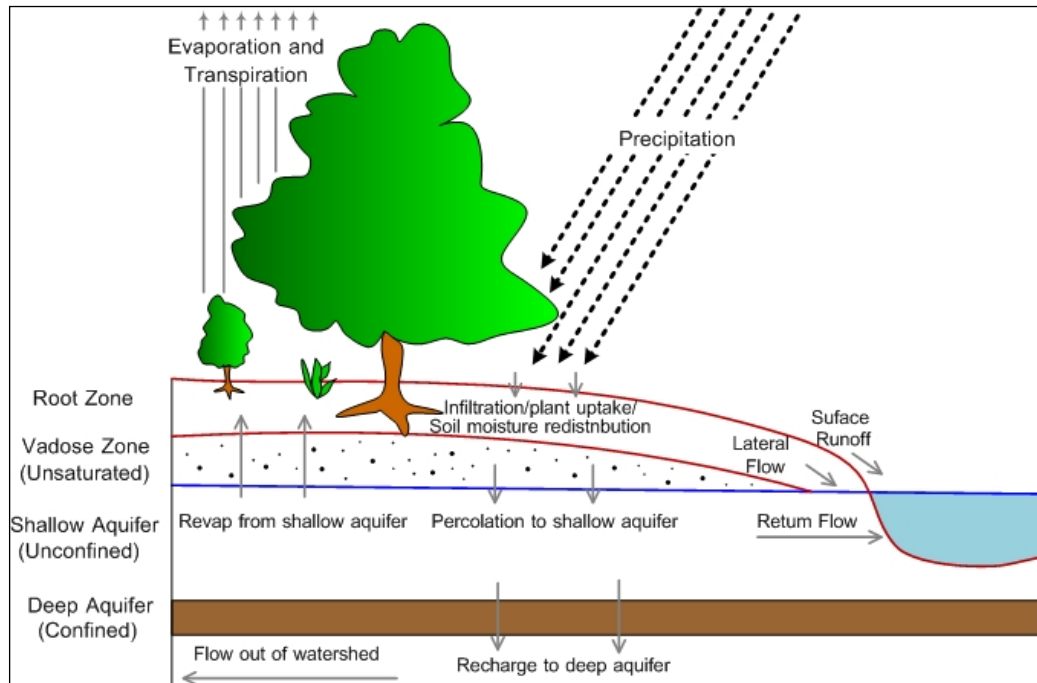
แบบจำลองอุทกวิทยา SWAT (Neitsch et al., 2011) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองกระบวนการทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Dr. Jeff Arnold ให้แก่หน่วยงาน United States Department of Agricultural Research Service (USDA-ARS) เพื่อใช้ในการศึกษาทำนายผลกระทบของการบริหารจัดการการใช้ที่ดินต่อทรัพยากรน้ำ ได้แก่ ปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอน และปริมาณสารเคมีจากเกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนซึ่งไม่มีสถานีตรวจวัด (Large ungaged river basin) โดยมีการเปลี่ยนแปลงไปของสภาพดิน การใช้ที่ดิน และการจัดการในช่วงเวลายาวนาน เป็นแบบจำลองประเภท Semi-Distributed Physically Based Model ซึ่งแบบจำลองประเภทนี้เป็นแบบจำลองที่ต้องใช้ข้อมูลทางกายภาพของกลุ่มน้ำ เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะโครงข่ายเส้นลำน้ำ ลักษณะสภาพดิน สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเงื่อนไขการบริหารจัดการต่างๆ เช่น อ่างเก็บน้ำ ฝาย เป็นต้น โดยจะทำงานร่วมกับโปรแกรม ArcGIS ในการแก้ไข ประมวลผลวิเคราะห์ และแสดงผลในรูปแบบของตาราง กราฟ และแผนที่

3.3.1 หลักการทำงานและแนวคิดของแบบจำลอง SWAT

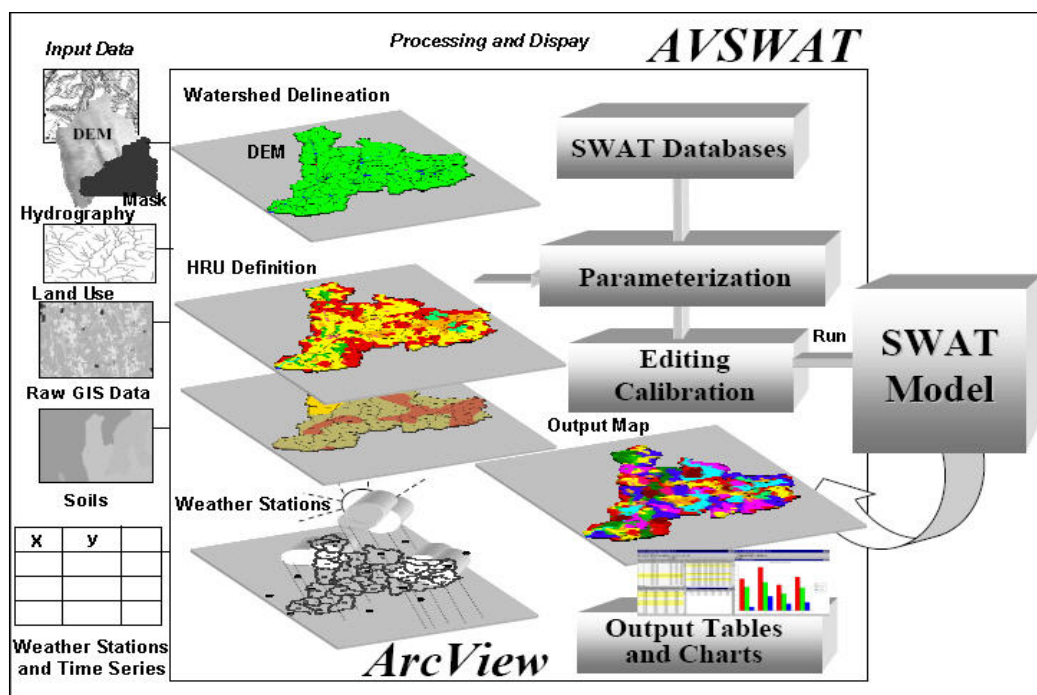
หลักการทำงานของแบบจำลอง SWAT ใช้หลักการของสมดุลน้ำในการจำลองสภาพลุ่มน้ำ โดยแบ่งการจำลองออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การจำลองลุ่มน้ำส่วนพื้นดิน (Land Phase of the Hydrological Cycle) และส่วนบนลำน้ำ (Routing Phase of the Hydrologic Cycle) โดยการวิเคราะห์ในส่วนพื้นดินจะเป็นการศึกษาวงจรอุทกวิทยาแสดงดังรูปที่ 3.3-1 เพื่อทำการประเมินปริมาณน้ำท่า การคายระเหยของน้ำ ความชื้นในดิน การไหลใต้ผิวดิน และอัตราการซึมลงในชั้นหน้าตัดดินในแต่ละวันที่มีฝนตก ส่วนการจำลองลุ่มน้ำส่วนบนลำน้ำเป็นการจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำ การตกตะกอน มลพิษทางน้ำ มีส่วนประกอบย่อย 2 ส่วน คือ ส่วนการไหลในลำน้ำ (Routing in the Main Channel or Reach) และการไหลผ่านอ่างเก็บน้ำ (Routing through the Reservoir)

แนวคิดของแบบจำลอง SWAT แสดงดังรูปที่ 3.3-2 ข้อมูลนำเข้าหลักที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองคือ ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) ซึ่งหมายถึงข้อมูลแผนที่เชิงตัวเลขที่เป็นตัวแทนของสภาพพื้นที่ทางกายภาพที่มีข้อมูลระดับความสูงกำหนดอยู่ ค่าสภาพทางกายภาพทั่วไปของพื้นที่ เช่น ภูมิอากาศ ค่า

การตอบสนองทางอุทกวิทยา ซึ่งประกอบด้วยลักษณะสภาพการใช้ที่ดิน สภาพของดิน และการบริหารจัดการน้ำ
หนอง/บึง น้ำใต้ดิน ลำน้ำสาขาหลัก และลำน้ำสาขาย่อย



รูปที่ 3.3-1 วงจรอุทกวิทยา
(ที่มา: Neitsch et al., 2011)



รูปที่ 3.3-2 แนวคิดของแบบจำลอง SWAT
(ที่มา: Neitsch et al., 2011)

3.3.2 ส่วนประกอบของแบบจำลอง (Model Component)

แบบจำลอง SWAT จะจำลองสภาพของระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำ โดยสามารถแยกออกเป็น 2 ส่วนดังต่อไปนี้

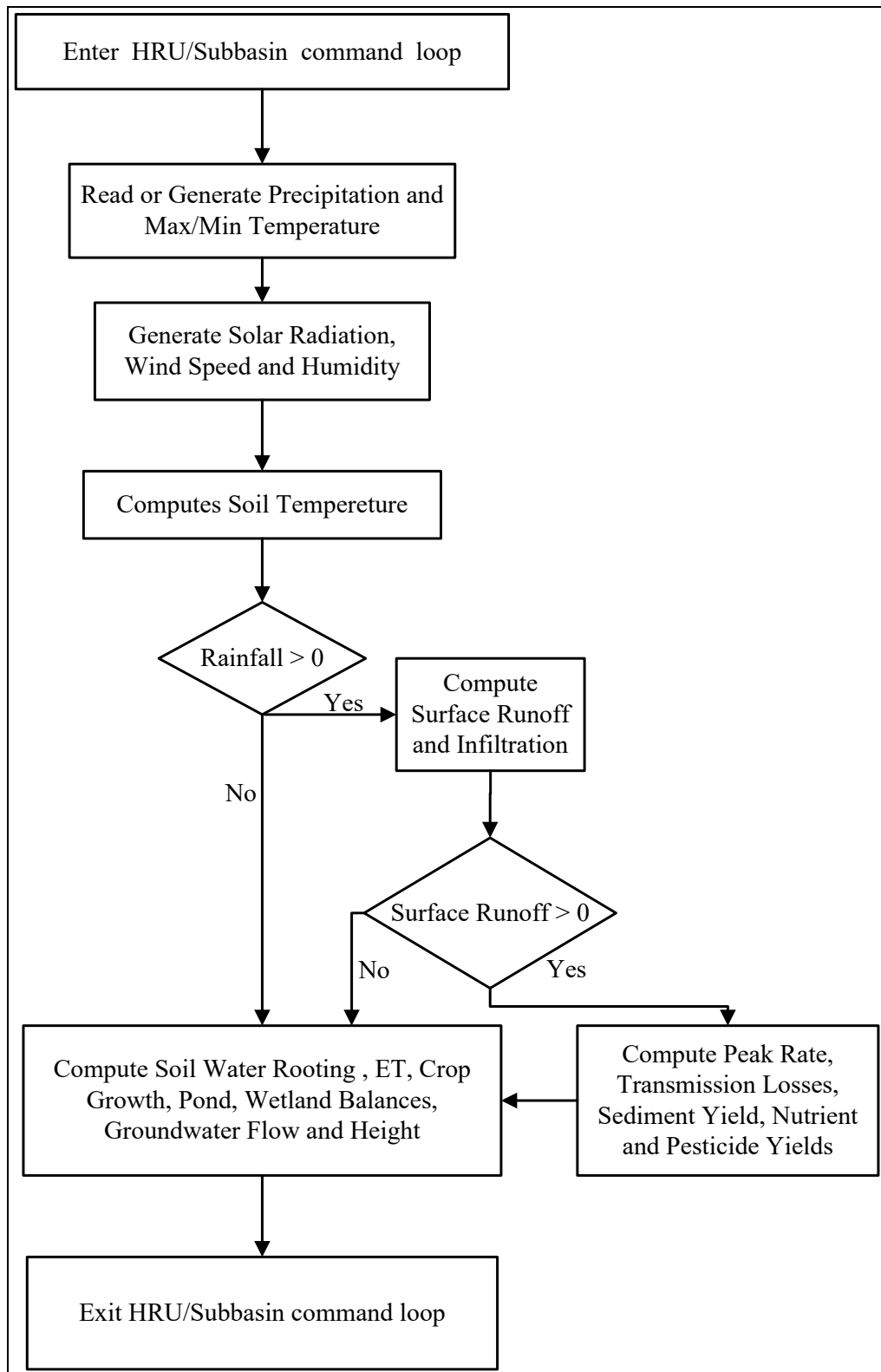
1) ส่วนบนพื้นดิน (Land Phase)

เป็นส่วนที่ควบคุมกระบวนการทางระบบอุทกวิทยาต่างๆ โดยแบ่งออกเป็นหลายส่วนคือ สภาพภูมิอากาศ ระบบอุทกวิทยา การใช้ที่ดิน/พื้นที่ปกคลุม ปริมาณตะกอน สารอาหาร การจัดการ และปริมาณมลพิษที่ลงสู่ลำน้ำสายหลักจากลุ่มน้ำ โดยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยที่แบบจำลองแบ่งจะมีความแตกต่างของปริมาณการคายระเหยสำหรับพื้นที่ที่มีสภาพการใช้ที่ดิน และสภาพดินที่ต่างกัน ปริมาณน้ำท่าที่ได้ทำนายจะแบ่งออกสำหรับแต่ละหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา และรวมปริมาณน้ำท่าทั้งหมดของพื้นที่ลุ่มน้ำ กระบวนการกำหนดค่าหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยาในส่วนบนพื้นดินแสดงดังรูปที่ 3.3-3

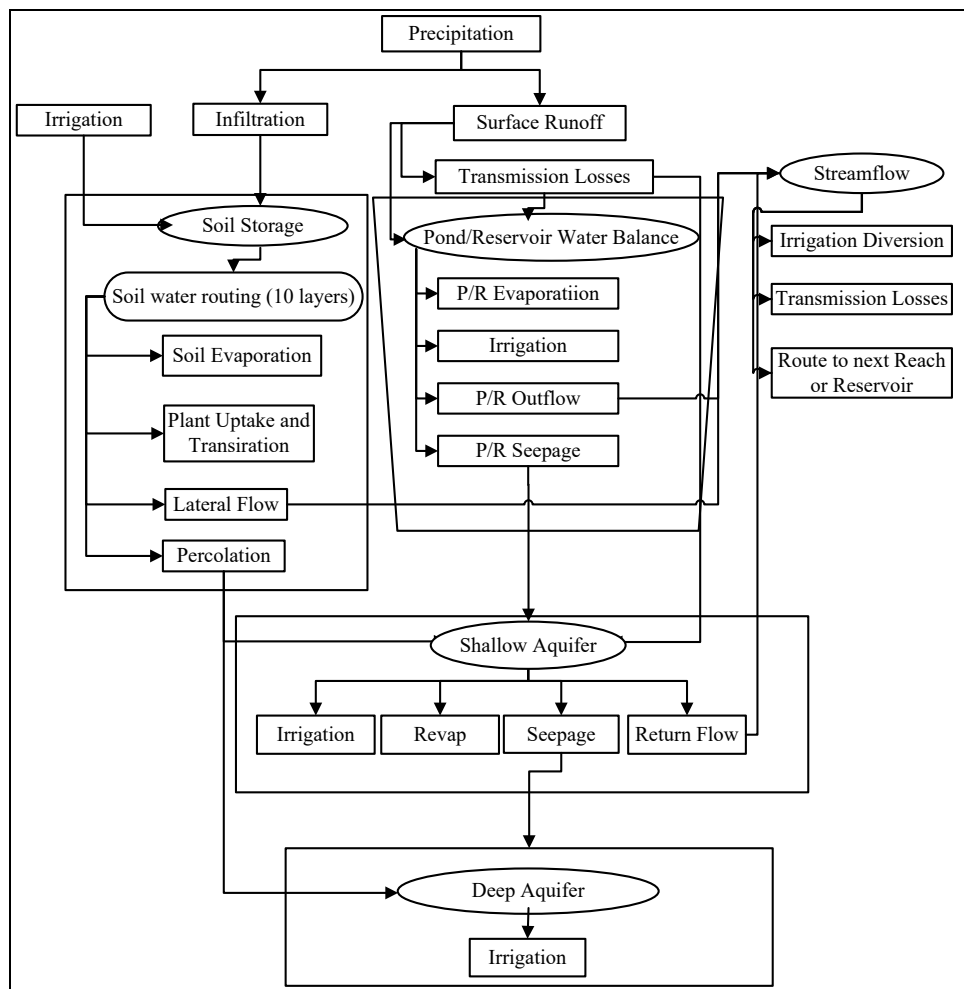
ขั้นตอนของกระบวนการทางอุทกวิทยาได้กำหนดให้ปริมาณฝนที่ตกลงมา มีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งที่ถูกกักเก็บโดยพืชที่ปกคลุมผิวดิน บางส่วนที่ตกลงสู่ผิวดินจะซึมลงสู่ชั้นดินหรือไหลออกเป็นน้ำท่าผิวดิน โดยเคลื่อนตัวไปตามทางของลำน้ำสู่ด้านท้ายน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงสู่ผิวดินบางส่วนจะถูกกัก และระเหยคืนสู่ชั้นบรรยากาศ และอีกส่วนจะไหลซึมต่อไปสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ดังแสดงในรูปที่ 3.3-4

2) ส่วนการเคลื่อนตัวของน้ำ (Routing Phase)

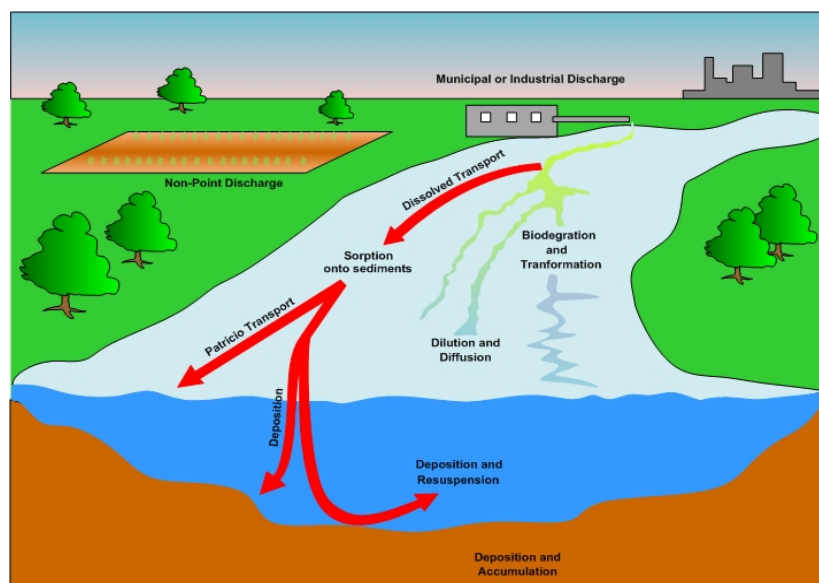
แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองที่คำนวณปริมาณน้ำ ตะกอน สารอาหาร และสารเคมีในลำน้ำสายหลัก ปริมาณการเคลื่อนตัวในโครงข่ายลำน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมไปถึงการรักษาเส้นทางการเคลื่อนตัวในลำน้ำ ลักษณะการเคลื่อนตัวของน้ำแสดงในรูปที่ 3.3-5 โดยส่วนของการเคลื่อนตัวของน้ำในแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วยการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำ (Main Channel or Reach Routing) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนของน้ำ ส่วนของตะกอน ส่วนของสารอาหาร และส่วนองค์ประกอบของสารเคมี อีกส่วนประกอบหนึ่งคือ การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Routing) ซึ่งประกอบไปด้วยสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้า/ออก ปริมาณน้ำฝนบนผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ การคายระเหย และการรั่วซึมจากด้านล่างอ่างเก็บน้ำ



รูปที่ 3.3-3 กระบวนการคำนวณหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยาในแต่ละลุ่มน้ำย่อย



รูปที่ 3.3-4 การเคลื่อนตัวของน้ำในกระบวนการทางอุทกวิทยาของแบบจำลอง SWAT



รูปที่ 3.3-5 กระบวนการการเคลื่อนตัวในลำน้ำของแบบจำลอง SWAT
(ที่มา: Neitsch et al., 2011)

3.3.3 อุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำของแบบจำลอง SWAT

ในการคำนวณส่วนของวงจรอุทกวิทยาของแบบจำลอง SWAT นั้นใช้พื้นฐานของสมดุลน้ำโดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad (3-11)$$

เมื่อ	SW_t	คือ ปริมาณน้ำในดินสุดท้าย (มม.)
	SW_0	คือ ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นในวันที่ i (มม.)
	t	คือ เวลา (วัน)
	R_{day}	คือ ปริมาณน้ำฝนในวันที่ i (มม.)
	Q_{surf}	คือ ปริมาณน้ำผิวดินในวันที่ i (มม.)
	E_a	คือ ปริมาณการคายระเหยในวันที่ i (มม.)
	w_{seep}	คือ ปริมาณน้ำไหลซึมลงชั้นใต้ดินในวันที่ i (มม.)
	Q_{gw}	คือ ปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลกลับสู่ลำน้ำในวันที่ i (มม.)

3.3.4 น้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff)

น้ำท่าผิวดินเกิดขึ้นเมื่อปริมาณน้ำที่ตกลงสู่พื้นดินมีค่ามากกว่าอัตราการซึมลงสู่ผิวดิน ซึ่งอัตราการซึมจะเริ่มลดลงเมื่อดินมีความชื้นสูงขึ้น เมื่อดินไม่สามารถรับน้ำที่ไหลซึมลงได้อีก น้ำที่ลงสู่พื้นดินจะไหลไปตามทางกลายเป็นน้ำท่าผิวดิน โดยแบบจำลอง SWAT มีการประมาณค่าน้ำท่าผิวดิน 2 วิธี คือ SCS Curve Number Procedure และ Green & Ampt Infiltration ซึ่งสามารถเลือกใช้วิธีในการคำนวณวิธีไหนขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้ใช้แบบจำลอง ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธี SCS Curve Number เนื่องจากพารามิเตอร์ของวิธี Green & Ampt Infiltration ต้องการค่าที่ละเอียดถึงรายชั่วโมง แต่ข้อมูลที่มีในการศึกษานี้มีความละเอียดของข้อมูลเป็นรายวันและรายเดือน

การคำนวณน้ำท่ามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) สมการ SCS Curve Number มีดังนี้

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.2S)^2}{(R_{day} + 0.8S)}, R_{day} > 0.2S \quad (3-12)$$

$$Q_{surf} = 0.0, R_{day} \leq 0.2S \quad (3-13)$$

เมื่อ Q_{surf}	คือ ปริมาณน้ำท่ารายวัน (มม.)
R_{day}	คือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.)
S	คือ ปริมาณเก็บกักสูงสุด (Retention Parameter) (มม.)

โดยตัวแปร S มีความสัมพันธ์กับค่า Curve Number (CN) ดังสมการต่อไปนี้

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3-14)$$

เมื่อ CN คือ ค่า Curve Number

ค่า CN เป็นฟังก์ชันของการซึมผ่านได้ในดิน การใช้ที่ดิน ปริมาณน้ำในดิน ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า CN มีดังต่อไปนี้

- คุณสมบัติทางอุทกวิทยาของกลุ่มดิน (Soil Hydrologic Group) หน่วยงาน Natural Resource Conservation Service (NRCS) ได้แบ่งคุณสมบัติของดินออกเป็น 4 กลุ่ม โดยคำนึงถึงศักยภาพน้ำท่าภายใต้เงื่อนไขของพายุฝน และสิ่งปกคลุมดิน คือ กลุ่ม A, B, C และ D หรือ 3 คู่กลุ่มดิน คือ A/D, B/D และ C/D คุณสมบัติดินแต่ละกลุ่มมีความหมายดังต่อไปนี้

กลุ่ม A ศักยภาพน้ำท่าต่ำ (low runoff potential) ดินในกลุ่มนี้มีอัตราการซึมสูง ถึงแม้ว่าดินนั้นจะเปียกชุ่มก็ตาม ส่วนมากเป็นทรายและกรวดที่มีความลึกจากผิวดินลงไปมาก มีการระบายน้ำได้ดี มีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดิน (transmission) สูง

กลุ่ม B ดินในกลุ่มนี้มีอัตราการซึมปานกลางเมื่อดินเปียกชุ่ม ส่วนใหญ่มีความลึกปานกลางถึงลึกมาก มีการระบายน้ำปานกลางถึงดี มีเนื้อดินตั้งแต่ละเอียดปานกลางจนถึงหยาบปานกลาง มีอัตราการเคลื่อนของน้ำผ่านดินปานกลาง

กลุ่ม C ดินในกลุ่มนี้มีอัตราการซึมปานกลางเมื่อดินเปียกชุ่ม ส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นดินซึ่งกีดขวางการเคลื่อนตัวของน้ำ มีเนื้อละเอียดปานกลางถึงละเอียด มีการอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดินต่ำ

กลุ่ม D (high runoff potential) ดินในกลุ่มนี้มีอัตราการซึมของน้ำลงสู่ดินต่ำมากเมื่อดินเปียกชุ่ม ส่วนมากประกอบไปด้วยดินเหนียวที่มีศักยภาพการบวมตัวสูง ระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงหรือมีชั้นดินที่มีอัตราการซึมผ่านของน้ำได้ยากอยู่ใกล้ชั้นผิวดิน มีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดินต่ำมาก ทำให้มีศักยภาพในการเกิดน้ำท่าสูง ส่วนกลุ่มคู่อุดดินให้ใช้สำหรับประกอบดินที่เปียกชุ่มซึ่งสามารถระบายน้ำได้อย่างเพียงพอ

- สิ่งปกคลุม (Cover) คือสิ่งต่าง ๆ ที่ปกคลุมดิน และป้องกันการกัดเซาะของเม็ดฝนที่ตกลงมาสู่ผิวดิน ซึ่งประกอบด้วยลักษณะการใช้ที่ดิน (land use) การรักษาน้ำดิน (land treatment) จะเกี่ยวข้องกับลักษณะ และวิธีการปลูกพืช การเตรียมแปลง โดยแบ่งออกเป็นการทำงานการเพาะปลูกเป็นแถว (straight-row) การทำการเพาะปลูกแถวค้อยตามระดับพื้นที่ (contoured) และการทำการเพาะปลูกเป็นขั้นบันได (terraced)

- สภาพอุทกวิทยา (Hydrologic Condition) โดยแบ่งออกเป็น 1. poor คือมีพืชปกคลุมดินพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 50 2. fair มีพืชปกคลุมดินพื้นที่ระหว่างร้อยละ 50-75 และ 3. good มีพืชปกคลุมดินพื้นที่มากกว่าร้อยละ 75

- การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Classification) ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภทหลัก คือ พื้นที่ป่า (forest) พื้นที่เกษตรกรรม (agriculture) พื้นที่โล่งเตียน/พื้นที่อยู่อาศัย (bar-land/residential) และ พื้นที่ที่เป็นน้ำ (water body)

- เงื่อนไขความชื้นในดินเริ่มต้นก่อนที่จะเกิดฝนตก (Antecedent Soil Moisture Condition, AMC) SCS ได้แบ่งเงื่อนไขความชื้นเริ่มต้นออกเป็น 3 กรณี คือ

AMC I จุดเหี่ยวเฉา (wilting point) เป็นลักษณะดินที่มีศักยภาพที่จะทำให้เกิดปริมาณน้ำ ไหลออกน้อย ดินเป็นดินแห้ง เหมาะสำหรับการไถหรือหว่านในพื้นที่เพาะปลูก

AMC II ความชื้นในดินเฉลี่ย (average moisture) เป็นลักษณะดินที่มีความชื้นในดินปานกลาง

AMC III (field capacity) เป็นลักษณะดินที่มีศักยภาพที่จะทำให้เกิดปริมาณการไหลออก ดินเป็นดินอืดด้วยน้ำอันเนื่องมาจากปริมาณฝนในช่วงก่อนหน้านี้

ค่า CN ที่แสดงในภาคผนวก ค เป็นค่าสำหรับกรณี AMC II เท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่า CN ให้เป็นกรณี AMC I และ AMC III ตามเงื่อนไขความชื้นดินก่อนหน้านี้ที่คำนวณได้ ดังสมการต่อไปนี้

$$CN_1 = CN_2 - \frac{20 \cdot (100 - CN_2)}{[100 - CN_2 + \exp(2.533 - 0.0636 \cdot (100 - CN_2))]} \quad (3-15)$$

$$CN_3 = CN_2 \cdot \exp[0.00673 \cdot (100 - CN_2)] \quad (3-16)$$

เมื่อ	CN_1	คือ ค่า CN ในเงื่อนไขความชื้นที่ 1 (AMC I)
	CN_2	คือ ค่า CN ในเงื่อนไขความชื้นที่ 2 (AMC II)
	CN_3	คือ ค่า CN ในเงื่อนไขความชื้นที่ 3 (AMC III)

- การปรับแก้ความลาดชัน (Slope Adjustments) ตารางค่า CN_2 ในภาคผนวก ค ได้สมมติให้ค่าความลาดชันประมาณร้อยละ 5 (Neitsch et al., 2011) ได้พัฒนาการปรับแก้ค่าความลาดชันโดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$CN_2 = \frac{(CN_3 - CN_2)}{3} \cdot [1 - 2 \cdot \exp(-13.86 \cdot slp)] + CN_2 \quad (3-17)$$

เมื่อ slp คือ ค่าเฉลี่ยความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

2) ปริมาณอัตราไหลของน้ำท่าสูงสุด (Peak Runoff Rate)

การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของแบบจำลอง SWAT ประมาณค่าจากอัตราการไหลสูงสุดสำหรับฝนแต่ละเหตุการณ์ โดยใช้ Modified Rational Method ดังสมการ

$$q_{peak} = \frac{\alpha_{tc} \cdot Q_{surf} \cdot A}{3.6 \cdot t_{conc}} \quad (3-18)$$

เมื่อ q_{peak}	คือ ปริมาณน้ำท่าสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
α_{tc}	คือ สัดส่วนของน้ำฝนรายวันที่เกิดขึ้นระหว่างเวลาของการไหลรวมตัว
Q_{surf}	คือ ปริมาณน้ำท่าผิวดิน (มม.)
A	คือ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (กม.)
t_{conc}	คือ เวลาของการไหลรวมตัวสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (ชั่วโมง)
3.6	คือ แฟคเตอร์แปลงหน่วย

- เวลาของการไหลรวมตัวของน้ำผ่านลุ่มน้ำ (Time of concentration, t_{conc}) เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านลุ่มน้ำเริ่มจากเหตุการณ์ฝนตกในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีส่วนทำให้ไหลไป ณ จุดทางออกของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยสามารถคำนวณได้จากผลรวมของเวลาการไหลบนผิวดินและเวลาการไหลในลำน้ำ มีสมการดังนี้

$$t_{conc} = t_{ov} + t_{ch} \quad (3-19)$$

เมื่อ t_{ov}	คือ เวลาของการไหลรวมตัวสำหรับการไหลบนผิวดิน (ชั่วโมง)
t_{ch}	คือ เวลาของการไหลรวมตัวสำหรับการไหลในลำน้ำ (ชั่วโมง)

ซึ่งการคำนวณค่า t_{ov} และค่า t_{ch} ได้จากสมการต่อไปนี้

เมื่อ L_{slp}	คือ ระยะความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (ม.)
-----------------	--

- L คือ ความยาวของลำน้ำจากจุดที่พิจารณาถึงจุดทางออกของพื้นที่ลุ่มน้ำ (กม.)
- n คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง โดยค่า n ที่ใช้สำหรับการไหลบนผิวดิน และการไหลในลำน้ำแสดงในตารางที่ 3.3-1 และตารางที่ 3.3-2
- slp คือ ความลาดชันเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย
- slp_{ch} คือ ความลาดชันของลำน้ำ

ตารางที่ 3.3-1 สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (n) สำหรับการไหลบนผิวดิน

(ที่มา: Neitsch et al., 2011)

Characteristics of Land Surface	Median	Range
Fallow, no residue	0.010	0.008-0.012
Conventional tillage, no residue	0.090	0.60-0.120
Conventional tillage, residue	0.190	0.160-0.220
Chisel plow, no residue	0.090	0.060-0.120
Chisel plow, residue	0.130	0.100-0.160
Fall disking, residue	0.400	0.300-0.500
No till, no residue	0.070	0.040-0.100
No till, 0.5-1 t/ha residue	0.120	0.070-0.170
No till, 2-9 t/ha residue	0.300	0.170-0.470
Rangeland, 20 cover	0.600	
Fall disking, residue	0.400	0.300-0.500
No till, no residue	0.070	0.040-0.100
Bermuda grass	0.410	0.300-0.480
Short grass prairie	0.150	0.100-0.200
Dense grass	0.240	0.170-0.300

ตารางที่ 3.3-2 สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (n) สำหรับการไหลในลำน้ำ

(ที่มา: Neitsch et al., 2011)

Characteristics of Channel	Median	Range
Excavated or dredged		
Earth, straight and uniform	0.025	0.016-0.033
Earth, winding and sluggish	0.035	0.023-0.050
Not maintained, weeds and brush	0.075	0.040-0.140
Nature streams		
Few tree, stones and brush	0.050	0.025-0.065
Heavy timber and brush	0.100	0.050-0.150

3) การคายระเหยของพืช (Evapotranspiration)

การคายระเหยของพืชเป็นการรวมกระบวนการทั้งหมดของน้ำที่ผิวโลกกลายเป็นไอน้ำ ซึ่งรวมไปถึงการระเหยจากพืช/พุ่มไม้ การคายน้ำ การกลั่นน้ำให้บริสุทธิ์ และการระเหยจากดิน อัตราการคายระเหยของพืชสูงสุด (potential evapotranspiration) ในแบบจำลอง SWAT นั้นมีวิธีการคำนวณอยู่ 3 วิธีได้แก่

- วิธี Penman – Monteith ต้องใช้ข้อมูลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม สมการคำนวณ คือ

$$\lambda E_t = \frac{\Delta \cdot (H_{net} - G) + \gamma \cdot K_1 \cdot (0.622 \cdot \lambda \cdot \rho_{air} / P) \cdot (e_z^0 - e_z) / r_a}{\Delta + \gamma \cdot (1 + r_c / r_a)} \quad (3-20)$$

- วิธี Priestley – Taylor ต้องใช้ข้อมูลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิของอากาศ สมการ คือ

$$\lambda E_0 = \alpha_{pet} \cdot \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot (H_{net} - G) \quad (3-21)$$

- วิธี Hargreaves ใช้เพียงข้อมูลอุณหภูมิอากาศเท่านั้น สมการคำนวณ คือ

$$\lambda E_0 = 0.0023 \cdot H_0 \cdot (T_{mx} - T_{mn})^{0.5} \cdot (\bar{T}_{av} + 17.8) \quad (3-22)$$

เมื่อ λ คือ ความหนาแน่นของความร้อนแฝง (เมกะจูล/กิโลกรัม)

E_t คือ อัตราการกลายเป็นไอน้ำสูงสุด (มม./วัน)

E_0 คือ ศักยภาพของการคายระเหย (มม./วัน)

K_1	คือ Dimension coefficient needed to ensure the two terms in the numerator have the same units (for u_z in m/s , 8.64×10^4)
P	คือ ความบวมชื้น Atmospheric (กิโลปาสกาล)
Δ	คือ ความลาดชันของเส้นโค้งระหว่างความดันไออิ่มตัวกับอุณหภูมิ (กิโลปาสกาล/ องศาเซลเซียส)
H_{net}	คือ พลังงานแสงอาทิตย์สุทธิ (เมกะจูล/ตร.ม. วัน)
G	คือ Heat flux density to constant pressure to the ground (เมกะจูล/ตร.ม. วัน)
T_{mx}	คือ อุณหภูมิอากาศสูงสุด (องศาเซลเซียส)
T_{mn}	คือ อุณหภูมิอากาศต่ำสุด (องศาเซลเซียส)
ρ_{air}	คือ ความหนาแน่นอากาศ (กิโลกรัม/ลบ.ม.)
c_p	คือ Specific heat at constant pressure (เมกะจูล/กิโลกรัม องศาเซลเซียส)
e_z^0	คือ ความดันไออิ่มตัวของอากาศที่ความสูง z (กิโลปาสกาล)
e_z	คือ ความดันไอของอากาศที่ความสูง z (กิโลปาสกาล)
γ	คือ Psychrometric constant (กิโลปาสกาล/องศาเซลเซียส)
r_c	คือ Plant canopy resistance (s/m)
r_a	คือ Diffusion resistance of the air layer (aerodynamic resistance) (s/m)
α_{pet}	คือ สัมประสิทธิ์ในสมการของ Priestley - Taylor

4) ความชื้นในดิน (Soil Water)

น้ำที่ไหลเข้าดินสามารถเคลื่อนตัวไปได้หลายทาง อาจจะเคลื่อนตัวออกจากดินโดยการดูดกลับของพืชหรือการระเหย หรือสามารถซึมลงไปสู่ชั้นใต้ดินและเป็นการเติมน้ำใต้ดิน สุดท้ายจะไหลออกทางด้านข้างและเข้าเสริมกับแม่น้ำ ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ เหล่านี้ ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของดิน ได้แก่ ค่า bulk density เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ของปริมาณช่องว่างในดินกับโครงสร้างของดิน ค่าการให้น้ำของดินแก่พืช (Available Water Content) และ ค่า hydraulic conductivities เป็นค่าการนำน้ำในดิน ซึ่งค่าต่าง ๆ นี้ จำเป็นในการคำนวณของแบบจำลอง SWAT ลักษณะของความชื้นในดินมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างดิน (Soil Structure) ดินประกอบไปด้วย 3 ช่วง คือ ช่วงของแข็ง ช่วงของเหลว และช่วงก๊าซ ช่วงของก๊าซประกอบไปด้วยแร่และ/หรือสารอินทรีย์ที่เป็นโครงสร้างของดิน ระหว่างอนุภาคของของแข็งจะเป็นรูของดินซึ่งเป็นช่วงของของเหลวและช่วงก๊าซ โดยความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูช่องว่าง และโครงสร้างของดินจะเรียกว่า “Soil’s bulk density” มีสมการดังนี้

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_T} \quad (3-23)$$

เมื่อ ρ_b	คือ Bulk density (เมกะกรัม/ลบ.ม.)
M_s	คือ มวลของของแข็ง (มล.)
V_T	คือ ปริมาตรรวม (ลบ.ม.)

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างองค์ประกอบของดิน ดินเหนียวประกอบด้วยสัดส่วนของรูขนาดกลาง และรูขนาดใหญ่ที่มากกว่า ในขณะที่ดินทรายประกอบด้วยรูขนาดเล็กกว่า ซึ่งปรากฏได้ชัดจากการเปรียบเทียบค่าการนำน้ำได้ของดิน (hydraulic conductivity) ของดินเหนียวและดินทราย

- การเคลื่อนตัวลงของน้ำในชั้นดิน (Percolation) การเคลื่อนตัวลงของน้ำจะคำนวณในแต่ละชั้นดิน โดยที่น้ำจะเคลื่อนตัวลงถ้าปริมาณน้ำส่วนเกินมีมากกว่าปริมาณความชื้นในชั้นดิน และชั้นดินที่อยู่ด้านบนนั้นไม่อิ่มตัว ความสามารถในการเคลื่อนตัวลงได้ในชั้นดินสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

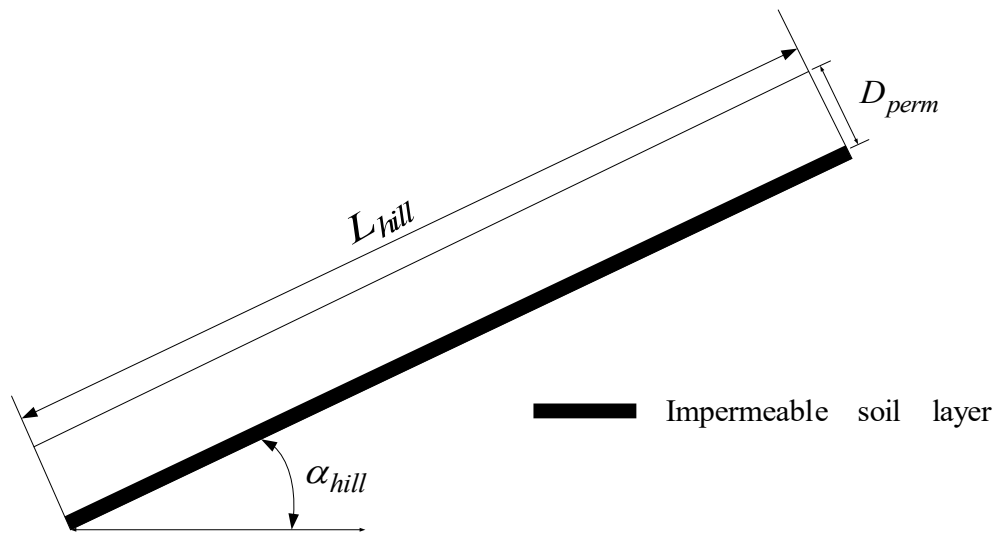
$$w_{perc,ly} = SW_{ly,excess} \cdot \left(1 - \exp \left[\frac{-\Delta t}{TT_{perc}} \right] \right) \quad (3-24)$$

เมื่อ $w_{perc,ly}$	คือ ปริมาณน้ำที่ซึมลงในแต่ละชั้นดิน ในแต่ละวัน (มม.)
$SW_{ly,excess}$	คือ ปริมาตรของการระบายน้ำได้ในชั้นดิน ในแต่ละวัน (มม.)
Δt	คือ ความยาวของช่วงเวลาที่ใช้พิจารณา (ชั่วโมง)
TT_{perc}	คือ เวลาของการเคลื่อนตัวสำหรับการเคลื่อนตัวลงในแต่ละชั้นดิน (ชั่วโมง)
ซึ่งค่า TT_{perc}	สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$TT_{perc} = \frac{SAT_{ly} - FC_{ly}}{K_{sat}} \quad (3-25)$$

เมื่อ SAT_{ly}	คือ ปริมาณน้ำในชั้นดินเมื่ออิ่มตัวสมบูรณ์ (มม.)
FC_{ly}	คือ ปริมาณน้ำของชั้นดินที่สนาม (field capacity) (มม.)
K_{sat}	คือ ค่าการนำน้ำได้อิ่มตัวสำหรับชั้นดิน (มม./ชั่วโมง)

- การไหลทางด้านข้างใต้ผิวดิน (Lateral Flow) การไหลทางด้านข้างนั้นจะอยู่ในบริเวณที่ดินมีค่าการนำน้ำของดิน (hydraulic conductivities) ในชั้นผิวดินสูง และความสามารถการซึมผ่านของน้ำที่สูงในชั้นดินตื้น ซึ่งแบบจำลอง SWAT ได้ใช้ Kinematic Storage Model สำหรับการไหลชั้นใต้ผิวดินที่พัฒนาโดย Sloan and Moore ปี ค.ศ. 1984 (Neitsch et al., 2011) ใช้สมการความต่อเนื่อง (Mass Continuity) หรือ สมดุลน้ำ (Water Balance) เป็นพื้นฐานพร้อมกับใช้ Entire Hillslope Segment ของ Soil Profile เป็น ปริมาตรควบคุม (Control Volume) ดังแสดงในรูปที่ 3.3-6 และสมการมีดังนี้



รูปที่ 3.3-6 แสดงลักษณะของ hillslope segment

$$Q_{lat} = 0.024 \cdot \left(\frac{2 \cdot SW_{ly, excess} \cdot K_{sat} \cdot slp}{\phi_d \cdot L_{hill}} \right) \quad (3-26)$$

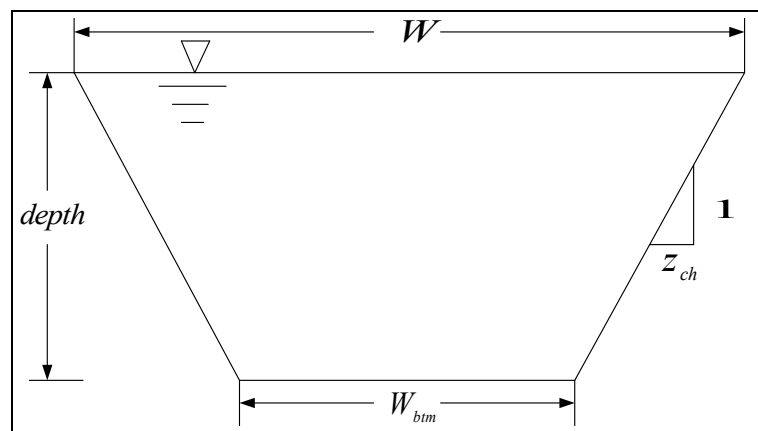
เมื่อ Q_{lat}	คือ ปริมาณการไหลด้านข้างใต้ผิวดินที่จุดออก (มม./วัน)
$SW_{ly, excess}$	คือ ปริมาณน้ำที่สามารถระบายได้ในชั้นดินอิ่มตัวของ hillslope ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (มม.)
K_{sat}	คือ ค่าการนำน้ำอิ่มตัว (มม./ชั่วโมง)
slp	คือ ความลาดชัน
ϕ_d	คือ ความพรุนในการระบายน้ำของดิน
L_{hill}	คือ Hill Slope Length (ม.)

3.3.5 การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำ (Water Routing)

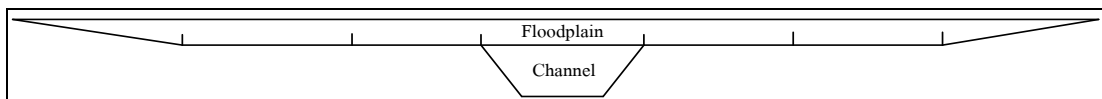
แบบจำลอง SWAT ใช้สมการ Manning ในการกำหนดอัตราไหลและความเร็วในการเคลื่อนตัวของน้ำ โดยการคำนวณเคลื่อนตัวผ่านโครงข่ายลำน้ำใช้วิธี Variable Storage Routing และวิธี Muskingum Routing ซึ่งทั้งสองวิธีเป็นการจำลองแบบ Kinematic Wave Routing

1) ลักษณะของลำน้ำ (Channel Characteristics)

แบบจำลอง SWAT สมมติให้น้ำตัดขวางของลำน้ำหรือแต่ละลำน้ำสาขาเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมคางหมู ความลาดเทด้านข้าง (Channel Side Slope) เป็น 2:1 แสดงในรูปที่ 3.3-7 สำหรับพื้นที่ทุ่งน้ำท่วม (Floodplain) แบบจำลองจะทำการสร้างขึ้นเมื่อปริมาณน้ำในทางน้ำมีความลึกมากกว่าความลึกทั้งหมด โดยจะกำหนดให้ความกว้างของทุ่งน้ำท่วมกว้างเป็น 5 เท่าของความกว้างด้านบนของทางน้ำ และความลาดเทด้านข้างเป็น 4:1 แสดงในรูปที่ 3.3-8 เนื่องจากการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำเป็นแบบช่วงเวลารายวัน (Daily Time Step) และไม่มีการคำนวณซ้ำ (Iteration) ทำให้สามารถทำการจำลองได้ในช่วงเวลาที่ยาวนานบนพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ได้



รูปที่ 3.3-7 แสดงขนาดหน้าตัดขวางของลำน้ำสี่เหลี่ยมคางหมู



รูปที่ 3.3-8 แสดงขนาดหน้าตัดขวางของทุ่งน้ำท่วม

2) อัตราไหลและความเร็วของน้ำที่เคลื่อนตัวผ่านทางน้ำ (Flow Rate and Velocity)

สมการแมนนิง (Manning) ที่ใช้สำหรับการไหลแบบสม่ำเสมอ (Uniform Flow) มีดังนี้

$$q_{ch} = \frac{A_{ch} \cdot R_{ch}^{2/3} \cdot slp_{ch}^{1/2}}{n} \quad (3-27)$$

$$v_{ch} = \frac{R_{ch}^{2/3} \cdot slp_{ch}^{1/2}}{n} \quad (3-28)$$

เมื่อ q_{ch}	คือ อัตราไหลในลำน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
A_{ch}	คือ พื้นที่หน้าตัดขวางของลำน้ำที่น้ำเคลื่อนตัวผ่าน (ตร.ม.)
R_{ch}	คือ รัศมีชลศาสตร์สำหรับระดับการไหล (ม.)
n	คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง สำหรับลุ่มน้ำย่อยหรือลำน้ำ
slp_{ch}	คือ ความลาดชันของลำน้ำ

3) การคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำด้วยวิธี Variable Storage Routing
ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากช่วงของลำน้ำหาได้จากสมการดังนี้

$$q_{out} = SC \cdot \left(q_{in,ave} + \frac{V_{stored}}{\Delta t} \right) \quad (3-29)$$

เมื่อ q_{out}	คือ ปริมาณน้ำไหลออกช่วงเวลาพิจารณา (ลบ.ม./วินาที)
$q_{in,ave}$	คือ ปริมาณน้ำไหลเข้าเฉลี่ยช่วงเวลาพิจารณา (ลบ.ม./วินาที)
V_{stored}	คือ ปริมาตรเก็บกัก (ลบ.ม.)
Δt	คือ ระยะเวลาในการพิจารณา (วินาที)
SC	คือ สัมประสิทธิ์การเก็บกัก สามารถประมาณค่าได้จากสมการดังนี้

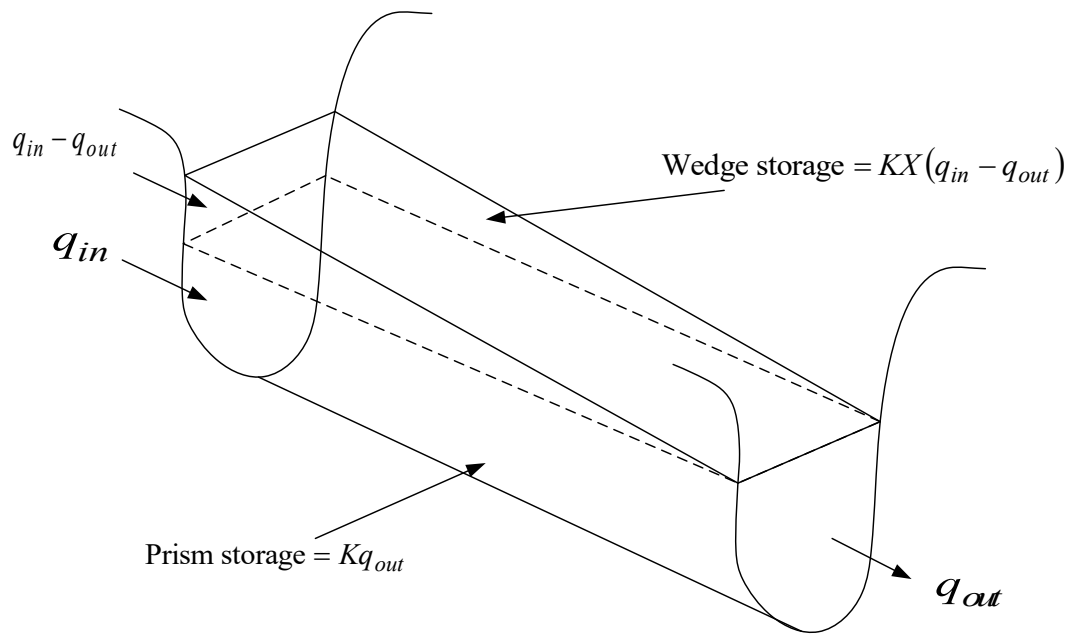
$$SC = \frac{2 \cdot \Delta t}{2 \cdot TT + \Delta t} \quad (3-30)$$

เมื่อ TT	คือ เวลาการเคลื่อนที่ (วินาที)
------------	--------------------------------

4) การคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำด้วยวิธี Muskingum Routing

วิธี Muskingum Routing จะจำลองปริมาตรเก็บกักในช่วงการไหลของน้ำเป็นเหมือนลิ้มและปริซึมของการไหลแสดงในรูปที่ 3.3-9

จากสมมติฐาน ปริมาตรของปริซึมสามารถหาได้จากฟังก์ชันของอัตราไหล โดยใช้สมการ $K \cdot q_{out}$ เมื่อ K คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรเก็บกักและปริมาณการไหล มีหน่วยเป็นเวลา ในทำนองเดียวกัน ปริมาตรของลิ้มสามารถหาได้จากสมการ $K \cdot X \cdot (q_{in} - q_{out})$ เมื่อ X คือ weighting factor เป็นตัวควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลเข้าและการไหลออก ต่อการคำนวณปริมาตรเก็บกัก สำหรับในแม่น้ำค่า X อยู่ระหว่าง 0.0 – 0.3 โดยค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียง คือ 0.2 เมื่อรวมปริมาตรของทั้ง 2 ส่วน จะได้ว่า



รูปที่ 3.3-9 แสดงลักษณะปริซึมและลิ้มของความจุในช่วงของการไหล

$$V_{stored} = K \cdot (X \cdot q_{in} + (1 - X) \cdot q_{out}) \quad (3-31)$$

เมื่อ V_{stored}	คือ ปริมาตรเก็บกัก (ลบ.ม.)
q_{in}	คือ อัตราไหลเข้า (ลบ.ม./วินาที)
q_{out}	คือ อัตราไหลออก (ลบ.ม./วินาที)

จากสมการที่ (3-31) และสมการความต่อเนื่อง จัดรูปใหม่ได้สมการดังนี้

$$q_{out,2} = C_1 \cdot q_{in,2} + C_2 \cdot q_{in,1} + C_3 \cdot q_{out,1} \quad (3-32)$$

เมื่อ $q_{in,1}$	คือ อัตราไหลเข้าที่เวลาเริ่มต้น (ลบ.ม./วินาที)
$q_{in,2}$	คือ อัตราไหลเข้าที่เวลาถัดไป (ลบ.ม./วินาที)
$q_{out,1}$	คือ อัตราไหลออกที่เวลาเริ่มต้น (ลบ.ม./วินาที)
$q_{out,2}$	คือ อัตราไหลออกที่เวลาถัดไป (ลบ.ม./วินาที)

และ

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2 \cdot K \cdot X}{2 \cdot K \cdot (1 - X) + \Delta t} \quad (3-33)$$

$$C_2 = \frac{\Delta t + 2 \cdot K \cdot X}{2 \cdot K \cdot (1 - X) + \Delta t} \quad (3-34)$$

$$C_3 = \frac{2 \cdot K \cdot (1 - X) - \Delta t}{2 \cdot K \cdot (1 - X) + \Delta t} \quad (3-35)$$

โดยที่ $C_1 + C_2 + C_3 = 1$ ถ้าทำการกระจายค่าในหน่วยของปริมาตร จะได้สมการดังนี้

$$V_{out,2} = C_1 \cdot V_{in,2} + C_2 \cdot V_{in,1} + C_3 \cdot V_{out,1} \quad (3-36)$$

5) การสูญเสียของการส่งผ่านของน้ำ (Transmission Losses)

ในระหว่างที่ลำน้ำไม่มีการรับน้ำจากน้ำใต้ดินนั้น มีความเป็นไปได้สำหรับที่น้ำสูญเสียไปตามด้านข้างและด้านท้องน้ำของลำน้ำที่ไหลผ่าน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$tloss = K_{ch} \cdot TT \cdot P_{ch} \cdot L_{ch} \quad (3-37)$$

เมื่อ	$tloss$	คือ การสูญเสียของการส่งผ่านของลำน้ำในลำน้ำ (ลบ.ม.)
	K_{ch}	คือ ประสิทธิภาพในการนำน้ำได้ของตะกอนลำน้ำ (มม./ชั่วโมง.)
	P_{ch}	คือ เส้นขอบเปียก (ม.)
	L_{ch}	คือ ความยาวของลำน้ำ (ม.)

ในการสูญเสียน้ำจากลำน้ำหลักสมมติให้น้ำสูญเสียเข้าแหล่งเก็บกักกริมตลิ่งหรือชั้นดินลึก และค่า K_{ch} สำหรับวัตถุของดินโคลนที่น้ำพัดพามาในค่าต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 3.3-3

ตารางที่ 3.3-3 ค่าประสิทธิผลการนำน้ำได้ของดิน (hydraulic conductivity) สำหรับวัสดุท้องน้ำต่าง ๆ
(ที่มา: Neitsch et al., 2011)

Bed material group	Bed material characteristics	Hydraulic conductivity (mm/hr)
1 Very high loss rate	Very clean gravel and sand D50 > 2 mm	> 127
2 High loss rate	Clean sand and gravel, field conditions	51 - 127
3 Moderately high loss rate	Sand and gravel mixture with low silt - clay content	25 - 76
4 Moderate loss rate	Sand and gravel mixture with high silt - clay content	6 - 25
5 Insignificant to low loss rate	Consolidated bed material; High silt - clay content	0.025 - 2.5

6) การสูญเสียของการระเหย (Evaporation Losses)

การระเหยสำหรับน้ำในลำน้ำสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$E_{ch} = coef_{ev} \cdot E_o \cdot L_{ch} \cdot W \cdot fr_{\Delta t} \quad (3-38)$$

เมื่อ E_{ch}	คือ การระเหยของน้ำจากลำน้ำ ในวันที่ i (ลบ.ม.)
$coef_{ev}$	คือ สัมประสิทธิ์การระเหย
E_o	คือ ศักยภาพของการระเหย (มม.)
W	คือ ความกว้างผิวน้ำในลำน้ำ (ม.)
$fr_{\Delta t}$	คือ สัดส่วนของช่วงเวลาที่ใช้พิจารณาที่น้ำกำลังไหลในลำน้ำ
L_{ch}	คือ ความยาวลำน้ำ (ม.)

7) แหล่งเก็บกักน้ำของริมตลิ่ง (Bank Storage)

ปริมาณของน้ำที่ไหลเข้าแหล่งเก็บกักน้ำของริมตลิ่งในแต่ละวันสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$bnk_{in} = tloss \cdot (1 - fr_{rms}) \quad (3-39)$$

เมื่อ bnk_{in}	คือ ปริมาณที่ไหลเข้าแหล่งเก็บกักริมตลิ่ง (ลบ.ม.)
------------------	--

$tloss$	คือ การสูญเสียของการส่งผ่านของน้ำในลำน้ำ (ลบ.ม.)
f_{turns}	คือ สัดส่วนของการสูญเสียการส่งผ่านน้ำที่แบ่งไปสู่ชั้นน้ำใต้ดินลึก

แหล่งเก็บกักน้ำริมตลิ่งมีส่วนทำให้การไหลของน้ำในลำน้ำหลักหรือลำน้ำสาขาไหลเข้าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ปริมาตรของน้ำที่ไหลเข้าในลำน้ำสาขาจากแหล่งเก็บกักน้ำริมตลิ่งสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$V_{bnk} = bnk \div (1 - \exp[-\alpha_{bnk}]) \quad (3-40)$$

เมื่อ V_{bnk}	คือ ปริมาตรน้ำที่เติมในลำน้ำไปสู่การไหลกลับของแหล่งเก็บกักน้ำริมตลิ่ง (ลบ.ม.)
bnk	คือ ปริมาตรน้ำทั้งหมดในแหล่งเก็บกักริมตลิ่ง (ลบ.ม.)
α_{bnk}	คือ การไหลริมตลิ่งที่ถดถอยคงที่หรือตามสัดส่วนคงที่

8) สมดุลของน้ำในลำน้ำ (Channel Water Balance)

ปริมาณน้ำในลำน้ำที่จุดสุดท้ายของช่วงเวลาสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$V_{stored,2} = V_{stored,1} + V_{in} - V_{out} - tloss - E_{ch} + div + V_{bnk} \quad (3-41)$$

เมื่อ $V_{stored,2}$	คือ ปริมาตรน้ำในลำน้ำที่เวลาถัดไป (ลบ.ม.)
$V_{stored,1}$	คือ ปริมาตรน้ำในลำน้ำที่เวลาเริ่มต้น (ลบ.ม.)
V_{in}	คือ ปริมาตรน้ำไหลเข้าลำน้ำที่เวลาพิจารณา (ลบ.ม.)
V_{out}	คือ ปริมาตรน้ำไหลออกจากลำน้ำที่เวลาพิจารณา (ลบ.ม.)
$tloss$	คือ ปริมาตรน้ำที่สูญเสียจากลำน้ำไปตามท้องน้ำ (ลบ.ม.)
E_{ch}	คือ การระเหยจากลำน้ำในแต่ละวัน (ลบ.ม.)
div	คือ ปริมาตรน้ำที่เติมหรือเคลื่อนตัวออกจากลำน้ำ สำหรับวันที่เปียงเบนผ่านไป (ลบ.ม.)
V_{bnk}	คือ ปริมาตรน้ำที่เติมในลำน้ำไปตามทางการไหลจากแหล่งเก็บกักริมตลิ่ง (ลบ.ม.)

3.3.6 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการปรับเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลอง SWAT เพื่อลดความคลาดเคลื่อนให้น้อยที่สุด และให้ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสม และเกิดความถูกต้องในการคำนวณปริมาณน้ำท่าเทียบกับข้อมูลจากการตรวจวัดจริง ฟังก์ชันทางสถิติที่นำมาใช้วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการศึกษานี้ คือ

$$1) \text{ Nash and Sutcliffe Efficiency } (NSE) \quad (\text{Nash and Sutcliffe, 1970})$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{avg})^2} \quad (3-42)$$

เมื่อ	NSE	คือ Nash and Sutcliffe Efficiency
	O_i	คือ ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงที่เวลาใด ๆ (ลบ.ม./วินาที)
	S_i	คือ ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่เวลาใด ๆ (ลบ.ม./วินาที)
	O_{avg}	คือ ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงเฉลี่ยในช่วงการคำนวณ (ลบ.ม./วินาที)

2) Coefficient of determination (R^2)

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{avg})(S_i - S_{avg})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{avg})^2 \sum_{i=1}^n (S_i - S_{avg})^2}} \right)^2 \quad (3-43)$$

เมื่อ	R^2	คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
	O_i	คือ ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงที่เวลาใด ๆ (ลบ.ม./วินาที)
	S_i	คือ ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่เวลาใด ๆ (ลบ.ม./วินาที)
	O_{avg}	คือ ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงเฉลี่ยในช่วงการคำนวณ (ลบ.ม./วินาที)
	S_{avg}	คือ ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองเฉลี่ยในช่วงการคำนวณ (ลบ.ม./วินาที)

โดยที่ค่า NSE และ R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงถึงข้อมูลที่คำนวณได้มีความถูกต้องสมบูรณ์และสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตรวจวัดจริง แต่ถ้าค่าทั้ง 2 มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าข้อมูลที่ได้ไม่มีความถูกต้อง และมีความสัมพันธ์กับข้อมูลตรวจวัดจริงน้อยมาก

บทที่ 4

ผลการศึกษา

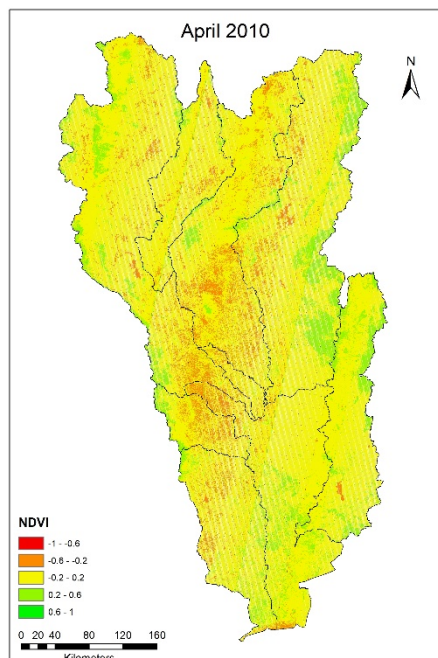
4.1 ผลการศึกษากายแล้งโดยใช้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกล

ผลการศึกษาแล้งโดยใช้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกลซึ่งได้คำนวณค่า ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) และดัชนีความแตกต่างความชื้น (NDWI) ได้ดังนี้

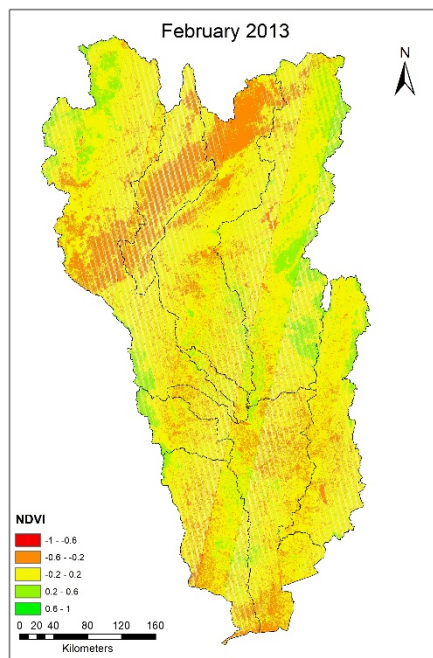
4.1.1 ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normalized Differential Vegetation Index, NDVI)

การศึกษาได้นำภาพจากดาวเทียม LANDSAT ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของการสะท้อนแสงที่ช่วงความถี่ใกล้อินฟราเรด (Near Infrared) และค่าการสะท้อนแสงของแสงสีแดง (Red) การวิเคราะห์ข้อมูล NDVI จะแสดงให้เห็นพืชพรรณได้จากปฏิกิริยาธรรมชาติของพืชหรือต้นไม้ที่มีต่อคลื่นแสงหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์ ทำให้ดาวเทียมสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆบนผิวโลกได้ ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่และความยาวคลื่นแตกต่างกันตกกระทบลงบนใบไม้ คลอโรฟิลล์ในใบไม้จะคอยดูดซับคลื่นแสงที่ตามองเห็น โดยเฉพาะช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงินและแสงสีแดง เพื่อกระบวนการสังเคราะห์แสงผลิตเป็นอาหารหล่อเลี้ยงให้แก่ต้นพืช ส่วนคลื่นอินฟราเรดจะถูกส่วนประกอบอื่นๆภายในโครงสร้างเซลล์ของใบไม้สะท้อนออกมา ในสัดส่วนที่ค่อนข้างสูงมาก พืชต่างชนิดกัน มีองค์ประกอบเซลล์ต่างกัน ก็สะท้อนคลื่นในสัดส่วนที่ต่างกัน ส่วนพืชชนิดเดียวกัน แต่มีอายุหรือความสมบูรณ์ที่ต่างกัน ก็สะท้อนคลื่นในสัดส่วนที่ต่างกันด้วยเช่นกัน ซึ่งค่า NDVI ที่คำนวณได้จะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 แบ่งเป็น บริเวณพืชที่สมบูรณ์ ค่า NDVI ที่คำนวณได้จะมีค่าใกล้เคียง 1 คือยังมีค่าใกล้เคียง 1 เท่าไรพืชจึงมีความสมบูรณ์สูง ส่วนบริเวณพืชไม่สมบูรณ์หรือบริเวณที่เกิดความแห้งแล้ง ค่า NDVI ที่คำนวณได้จะมีค่าใกล้เคียง -1 หมายถึงพื้นที่ที่แห้งแล้งมาก พืชทิ้งใบ หรือเป็นพื้นที่ที่ไม่มีต้นไม้ออกจากผลการศึกษาที่แสดงดังรูปที่ 4.1-1 พบว่า ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2553 พื้นที่ลุ่มน้ำส่วนมีค่า NDVI ระหว่าง -0.2 ถึง 0.2 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง โดยพื้นที่ตอนกลางของกลุ่มน้ำบริเวณท้ายน้ำของกลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำยม มีค่าความแห้งแล้งอยู่ในระดับสูง (NDVI = -0.2 ถึง -0.6) ต่อมาในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 พื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่ยังคงมีค่าความแห้งแล้งอยู่ในระดับปานกลาง แต่ในพื้นที่ตอนบนของกลุ่มน้ำแสดงให้เห็นถึงความแห้งแล้งในระดับสูง ขณะที่ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2558 พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้แสดงให้เห็นถึงความชุ่มชื้นที่มากขึ้นโดยพื้นที่ตอนกลางและตอนบนส่วนใหญ่มีค่า NDVI ระหว่าง 0.2 ถึง 0.6 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของพืชพันธุ์ในระดับสูง แต่ในพื้นที่ท้ายน้ำแสดงให้เห็นถึงความแห้งแล้งในระดับปานกลางถึงระดับสูง จากนั้นในเดือนกุมภาพันธ์ปี

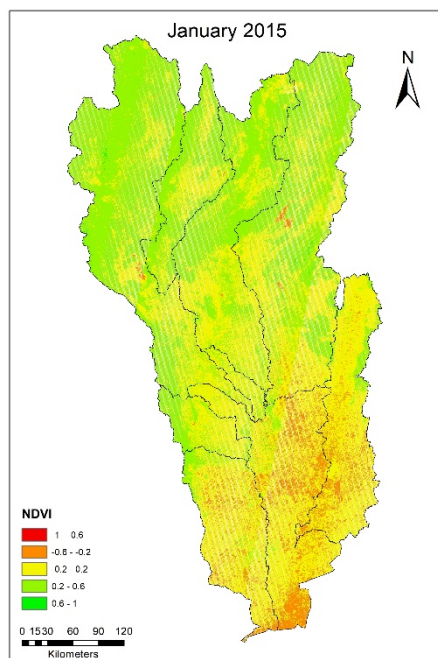
เดียวกันค่าความแห้งแล้งของพื้นที่ตอนบนของกลุ่มน้ำได้เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่บริเวณตอนล่างลดลงมาอยู่ในระดับปานกลาง



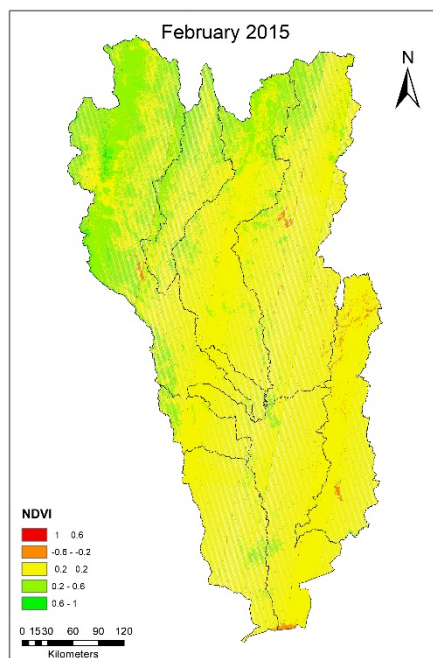
(ก) เมษายน 2553



(ข) กุมภาพันธ์ 2556



(ค) มกราคม 2558



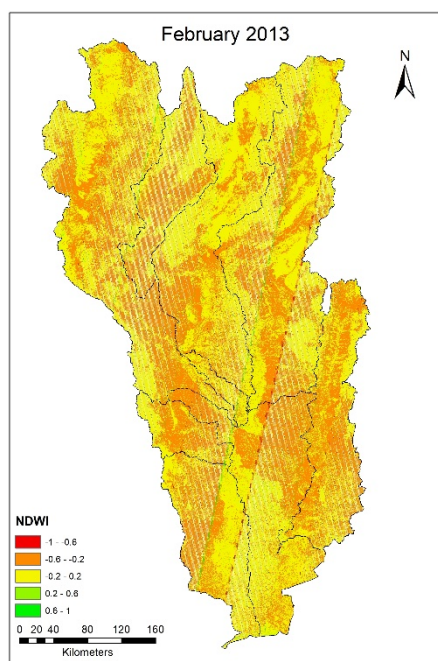
(ง) กุมภาพันธ์ 2558

รูปที่ 4.1-1 ผลการคำนวณค่า NDVI จากดาวเทียม LANDSAT ในกลุ่มน้ำเจ้าพระยา

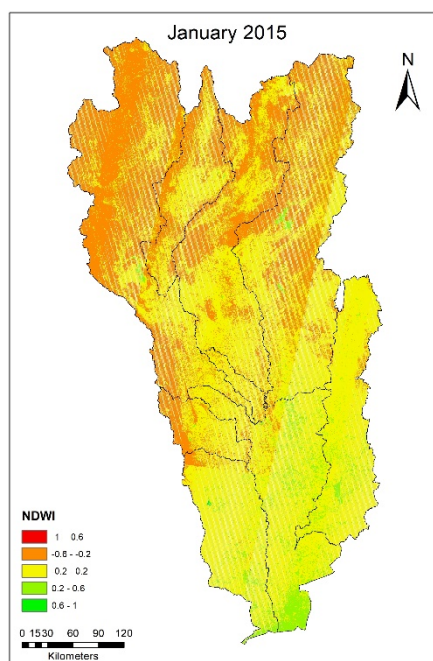
4.1.2 ดัชนีความแตกต่างความชื้น (Normalized Difference Water Index, NDWI)

การตรวจวัดความชื้นในพืชพรรณด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลโดยใช้ดัชนี NDWI มีที่มาจากการศึกษาคุณสมบัติการสะท้อนของพืชสีเขียว พืชที่แห้ง และดิน และคุณสมบัติการดูดซับและกระจายคลื่นของก๊าซและละอองลอยในบรรยากาศ โดยใช้ช่องสัญญาณแคบๆ สองช่วงมีศูนย์กลางอยู่ที่ 0.86 ไมโครเมตร และ 1.24 ไมโครเมตร ทั้งสองช่วงคลื่นนี้สามารถทะลุทะลวงผ่านชั้นบรรยากาศและเรือนยอดพืชได้ในระดับเดียวกัน ต่างจากสองช่องสัญญาณที่ใช้ใน NDVI

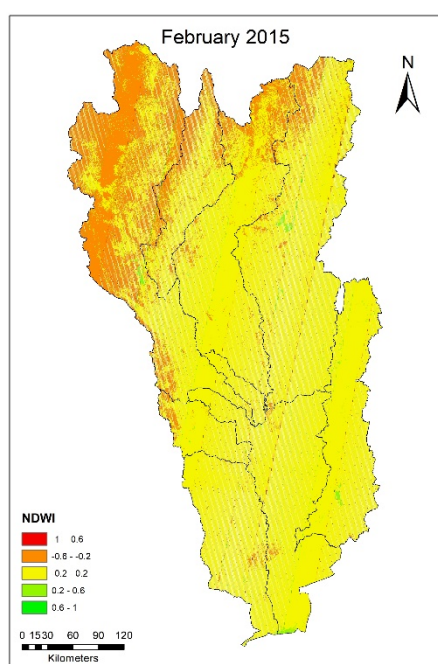
การตรวจวัดระดับความชื้นในดินจากการสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์ในสัดส่วนที่ต่างกันของแต่ละช่วงคลื่น หรือที่เรียกว่า Normalized Difference Water Index (NDWI) ก็คือว่า หากมีปริมาณน้ำในดินจะทำให้รังสีในช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น (SWIR) ถูกดูดซับมาก ส่งผลให้มีการสะท้อนรังสีออกมาน้อยลง ทำให้ค่าดัชนี NDWI ที่คำนวณได้ มีค่าสูงขึ้นตามด้วยเป็นอีกวิธีการหนึ่ง ในการตรวจวัดหาพื้นที่ภัยแล้ง จากรูปที่ 4.1-2 แสดงให้เห็นว่าฤดูแล้งในปีพ.ศ.2556 สถานการณ์ภัยแล้งค่อนข้างรุนแรงทั่วทั้งลุ่มน้ำเจ้าพระยา เมื่อเทียบกับฤดูแล้งในปีพ.ศ.2558 ที่มีความรุนแรงเฉพาะตอนบนของลุ่มน้ำเจ้าพระยา



(a) กุมภาพันธ์ 2556



(b) มกราคม 2558

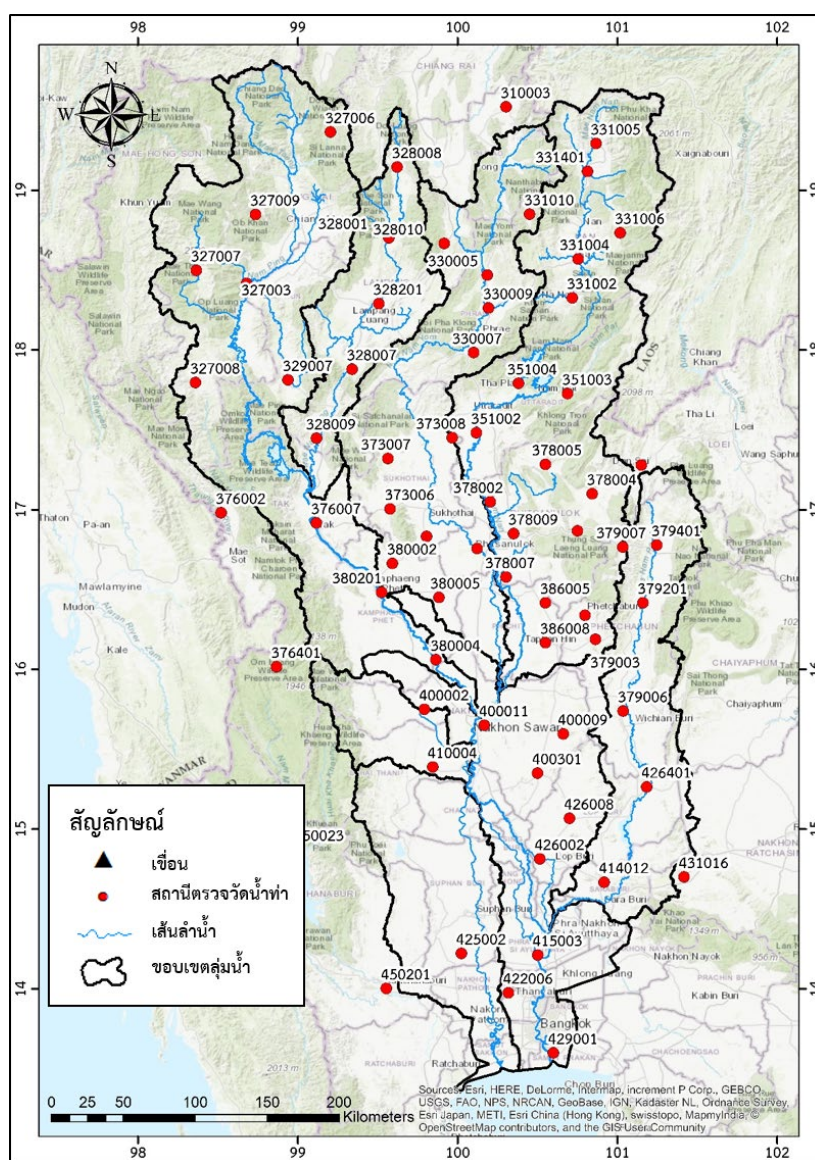


(c) กุมภาพันธ์ 2558

รูปที่ 4.1-2 ผลการคำนวณค่า NDWI จากดาวเทียม LANDSAT ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

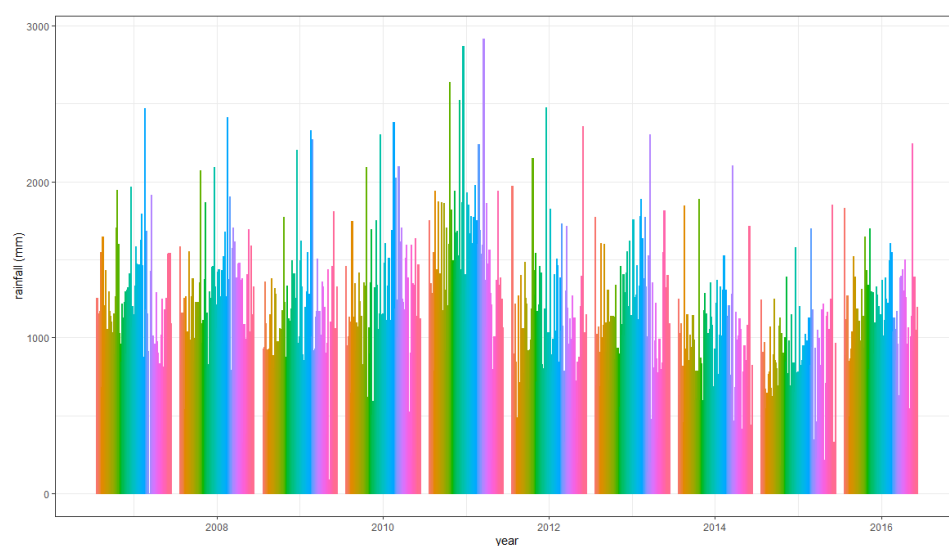
4.2 ผลการศึกษากายแล้งโดยใช้ดัชนีทางอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่จากกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 77 สถานี โดยมีข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ.2550-2559 ดังแสดงในรูปที่ 4.2-1 ส่วนการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาของข้อมูลน้ำฝนรายเดือนพบว่า ปริมาณฝนรายเดือนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 515.4 มม. และต่ำสุดเท่ากับ 0 มม. ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 96.7 มม. และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 84.1 มม. ดังแสดงใน รูปที่ 4.2-2

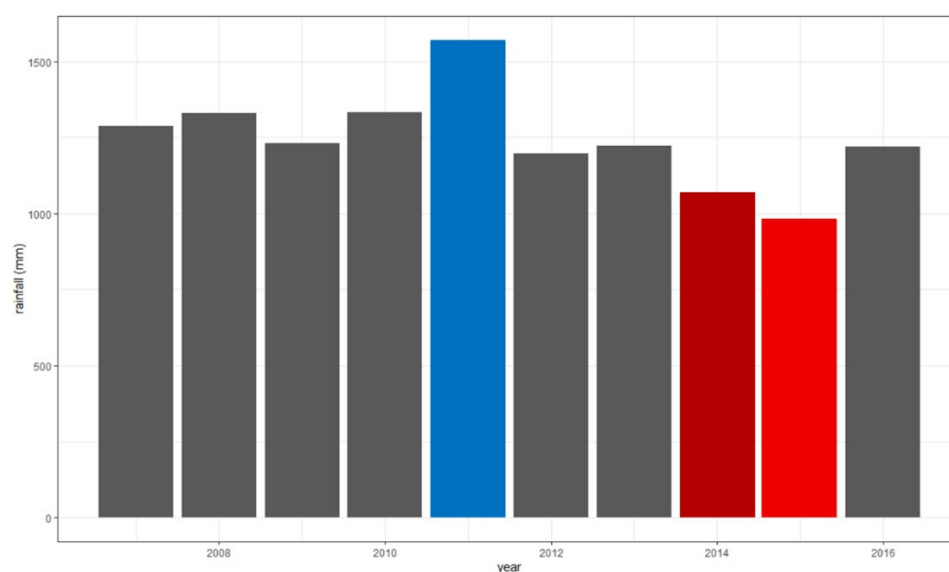


รูปที่ 4.2-1 สถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 77 สถานี ในพื้นที่ศึกษา (พ.ศ.2550-2559)

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาของข้อมูลน้ำฝนรายปี พบว่า ปริมาณฝนรายปีมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2,917.6 มม. และต่ำสุดเท่ากับ 0 มม. ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,160.0 มม. และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 301.5 มม. ดังแสดงในรูปที่ 4.2-2 ซึ่งจะเห็นว่าค่าฝนแต่ละปีมีความผันแปร โดยปีที่มีปริมาณฝนมากคือปี พ.ศ.2554 ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,570.7 มม. และปีที่มีปริมาณฝนน้อยซึ่งบ่งบอกถึงความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งได้แก่ ปี พ.ศ.2557 และ 2558 โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,065.2 และ 981.0 มม. ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.2-3



รูปที่ 4.2-2 อนุกรมเวลาของข้อมูลปริมาณฝนรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ จำนวน 77 สถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2550-2559



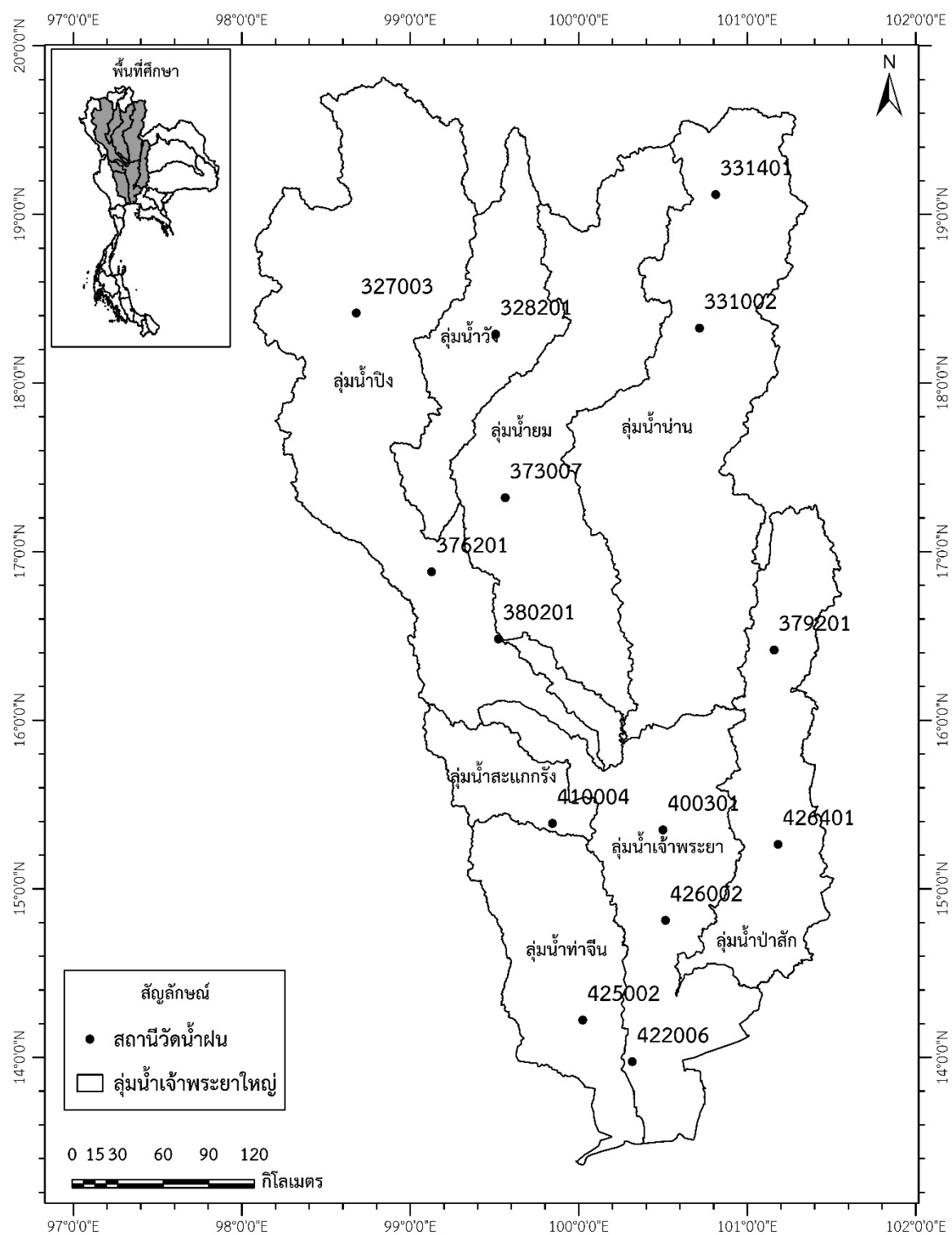
รูปที่ 4.2-3 อนุกรมเวลาของข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ จำนวน 77 สถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2550-2559

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI)

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) ในพื้นที่ศึกษา จำนวน 77 สถานี โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2559 จำนวน 10 ปี แบ่งการคำนวณออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ SPI 3, SPI 6, SPI 9 และ SPI 12 ได้ทำการวิเคราะห์ทั้ง 77 สถานี แต่การนำเสนอจะเลือกสถานีหลักในแต่ละลุ่มน้ำมาเป็นตัวแทนในการแสดงผล โดยสถานีหลักที่เลือกมานี้เป็นสถานีตัวแทนที่อยู่บริเวณตอนบนและตอนล่างของกลุ่มน้ำที่พบปัญหาภัยแล้ง และเป็นสถานีที่มีคุณภาพข้อมูลดี ดังนั้นโดยส่วนใหญ่แล้ว ตัวแทนสถานีที่เลือกมานี้จะเป็นสถานีตรวจอากาศหรือสถานีที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ของหน่วยงานราชการ ผลการวิเคราะห์สถานีหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ จำนวน 14 สถานี แสดงดังรูปที่ และตารางที่ 4.2 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.2-1 สถานีวัดน้ำฝนหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

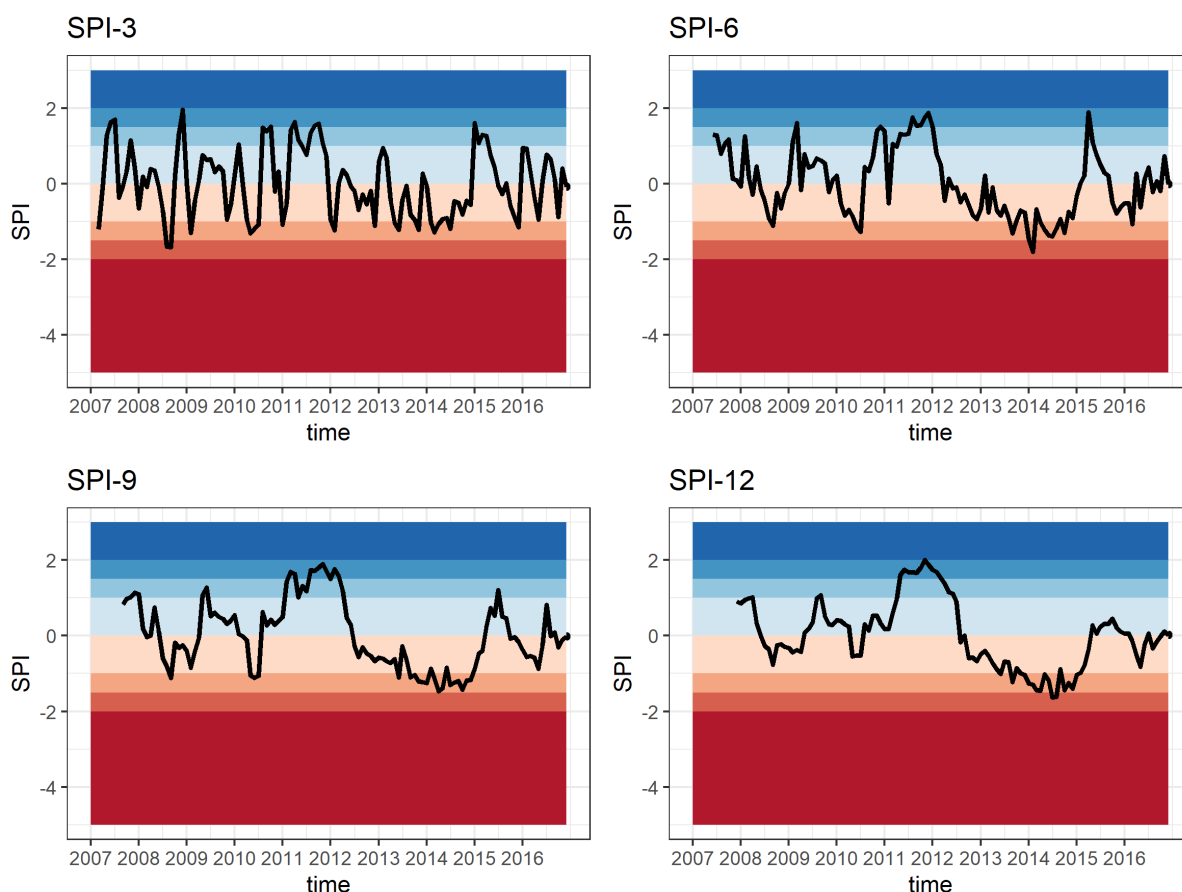
ลำดับ	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	ลุ่มน้ำ
1	327003	จอมทอง	เชียงใหม่	ปิง
2	376201	สตอ.ตาก	ตาก	ปิง
3	380201	สตอ.กำแพงเพชร	กำแพงเพชร	ปิง
4	328201	สตอ.ลำปาง	ลำปาง	วัง
5	373007	ทุ่งเสลี่ยม	สุโขทัย	ยม
6	331002	น่าน้อย	น่าน	น่าน
7	331401	สอท.ท่าวังผา	น่าน	น่าน
8	410004	หนองฉาง	อุทัยธานี	สะแกกรัง
9	425002	สนง.เกษตร อ.สองพี่น้อง	สุพรรณบุรี	ท่าจีน
10	379201	สตอ.เพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	ป่าสัก
11	426401	สอท.บัวชุม	ลพบุรี	ป่าสัก
12	400301	สภ.ตากฟ้า	นครสวรรค์	เจ้าพระยา
13	422006	ไทรน้อย	นนทบุรี	เจ้าพระยา
14	426002	ท่าวัง	ลพบุรี	เจ้าพระยา



รูปที่ 4.2-4 สถานีวัดน้ำฝนหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

ลุ่มน้ำปิง

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 327003 ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2- โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 3 เดือน (กุมภาพันธ์-เมษายน), 5 เดือน (เมษายน-สิงหาคม), 6 เดือน (กรกฎาคม-ธันวาคม) และ 9 เดือน (ธันวาคม พ.ศ.2556-สิงหาคม พ.ศ.2557) ตามลำดับ ซึ่งช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่กล่าวข้างต้นเกิดขึ้นในปี พ.ศ.2557 สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -1.67 (กันยายน พ.ศ.2551), -1.80 (กุมภาพันธ์ พ.ศ.2557), -1.47 (เมษายน พ.ศ. 2557) และ -1.63 (กรกฎาคม พ.ศ.2557) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought)

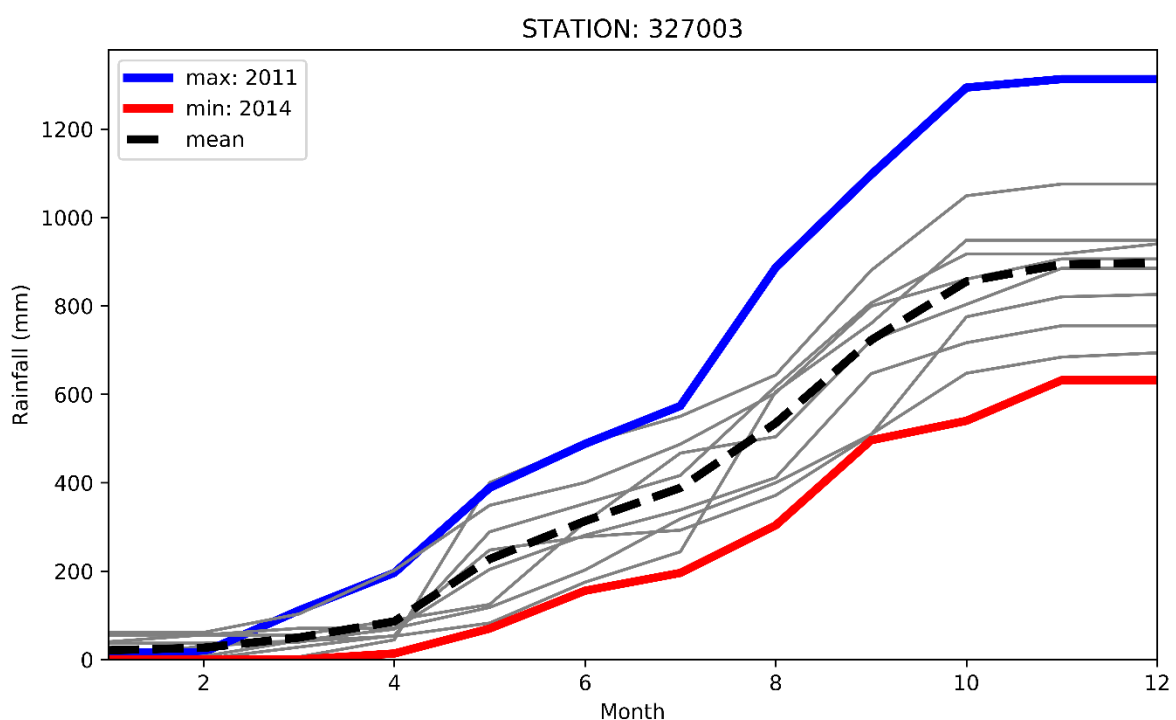


รูปที่ 4.2-5 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 327003 จังหวัดเชียงใหม่

จากการวิเคราะห์ จะเห็นว่า ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้งของดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน มีระยะเวลาที่เกิดใกล้เคียงกัน โดยเมื่อช่วงเวลาของดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานเพิ่มขึ้น

ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้งจะมีความยาวนานมากยิ่งขึ้นด้วย เนื่องจากการคำนวณ SPI ในช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้น ต้องใช้ปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงที่ยาวนานมากขึ้น ซึ่งหากในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าทุกปีที่ผ่านมาคำนวณ จะทำให้ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้งมีแนวโน้มที่จะเกิดนานขึ้น

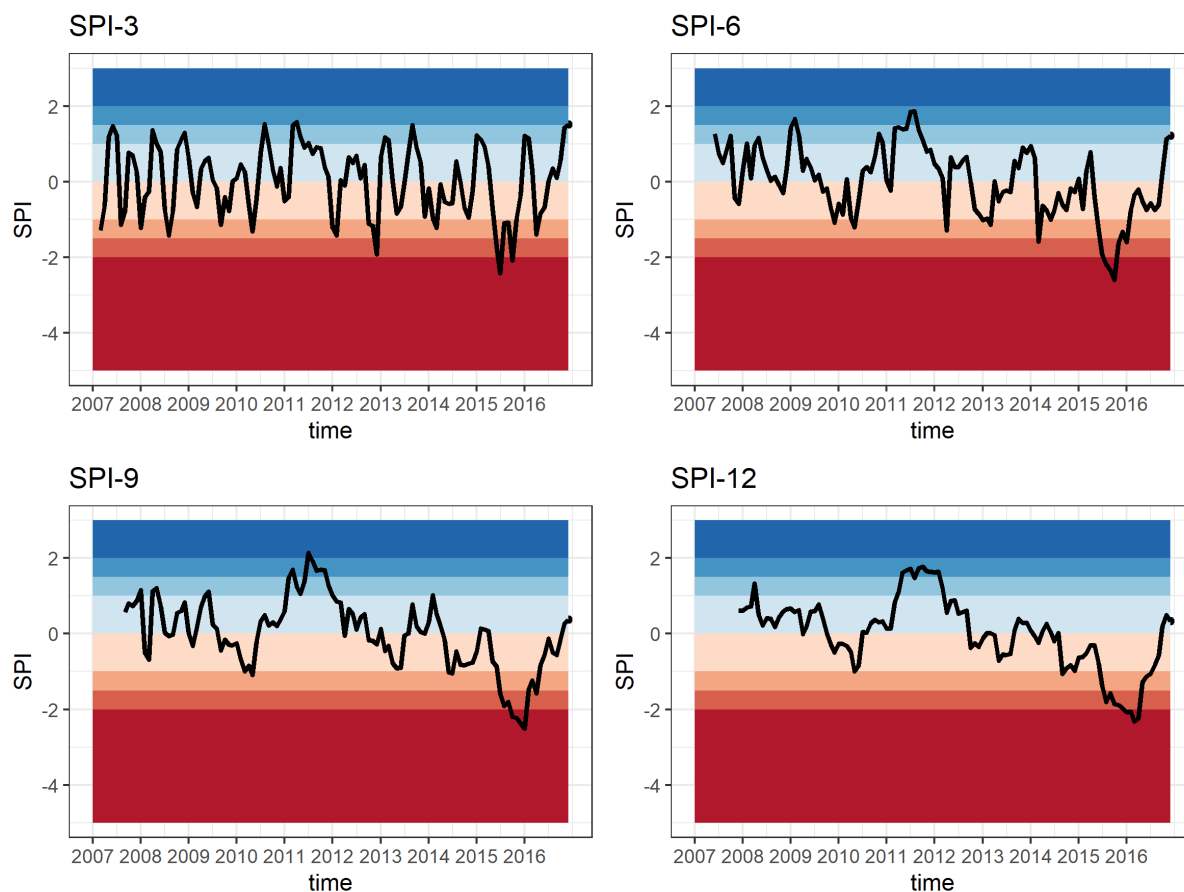
จากรูปที่ 4.2-6 จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 632.0 มม. (พ.ศ.2557) สูงสุดเท่ากับ 1,313.1 มม. (พ.ศ.2554) และเฉลี่ยเท่ากับ 897.6 มม. ซึ่งมีความสอดคล้องกับช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ จะเห็นว่า ในปี พ.ศ.2557 ความชันของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน มีค่าน้อยกว่า ความชันของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงเวลาหลังมากกว่าช่วงแรก



รูปที่ 4.2-6 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 327003 จังหวัดเชียงใหม่

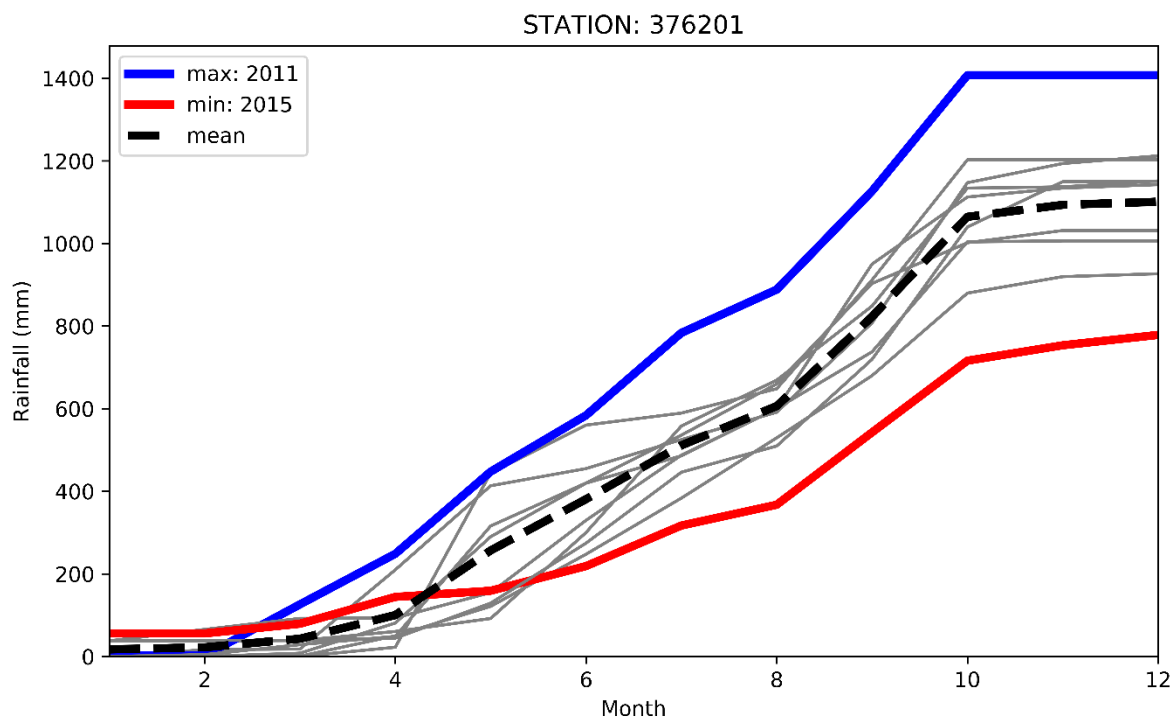
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 376201 ในจังหวัดตาก พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2-7 โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 5 เดือน (มิถุนายน-ตุลาคม พ.ศ.2558), 8 เดือน (มิถุนายน พ.ศ.2558-มกราคม พ.ศ.2559), 10 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ.2558-เมษายน พ.ศ.2559) และ 13 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ. 2558-กรกฎาคม พ.ศ.2559) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.42 (กรกฎาคม พ.ศ.2558), -2.59 (ตุลาคม พ.ศ.2558), -2.51 (มกราคม พ.ศ.2559)

และ -2.32 (มีนาคม พ.ศ.2559) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought)



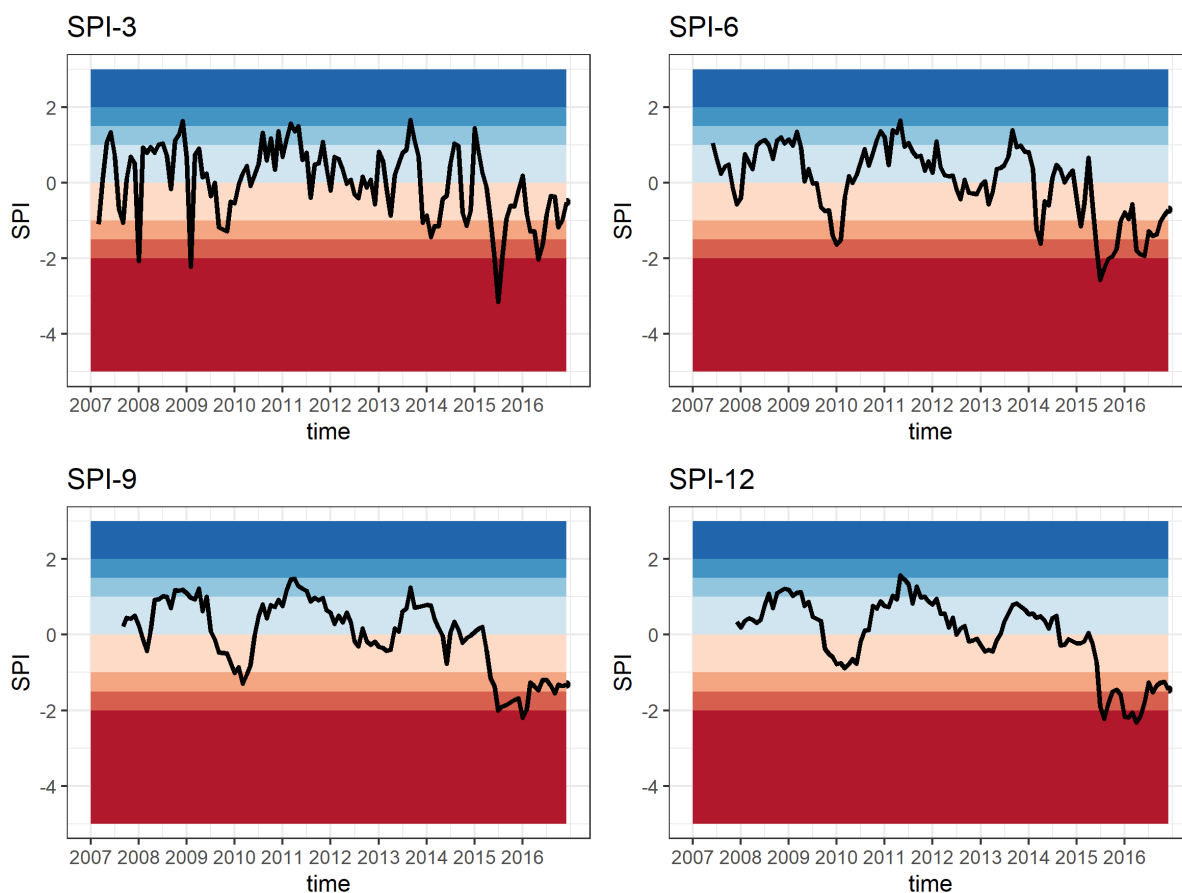
รูปที่ 4.2-7 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 376201 จังหวัดตาก

จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 778.6 มม. (พ.ศ.2558) สูงสุดเท่ากับ 1,407.5 มม. (พ.ศ. 2554) และเฉลี่ยเท่ากับ 1,101.0 มม. ซึ่งมีความสอดคล้องกับช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2558 นอกจากนี้ จะเห็นว่า ความชันของปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) ในปี พ.ศ.2558 มีค่าน้อยกว่า ความชันของปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปริมาณฝนที่ตกในแต่ละเดือนของ ปี พ.ศ.2558 มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด



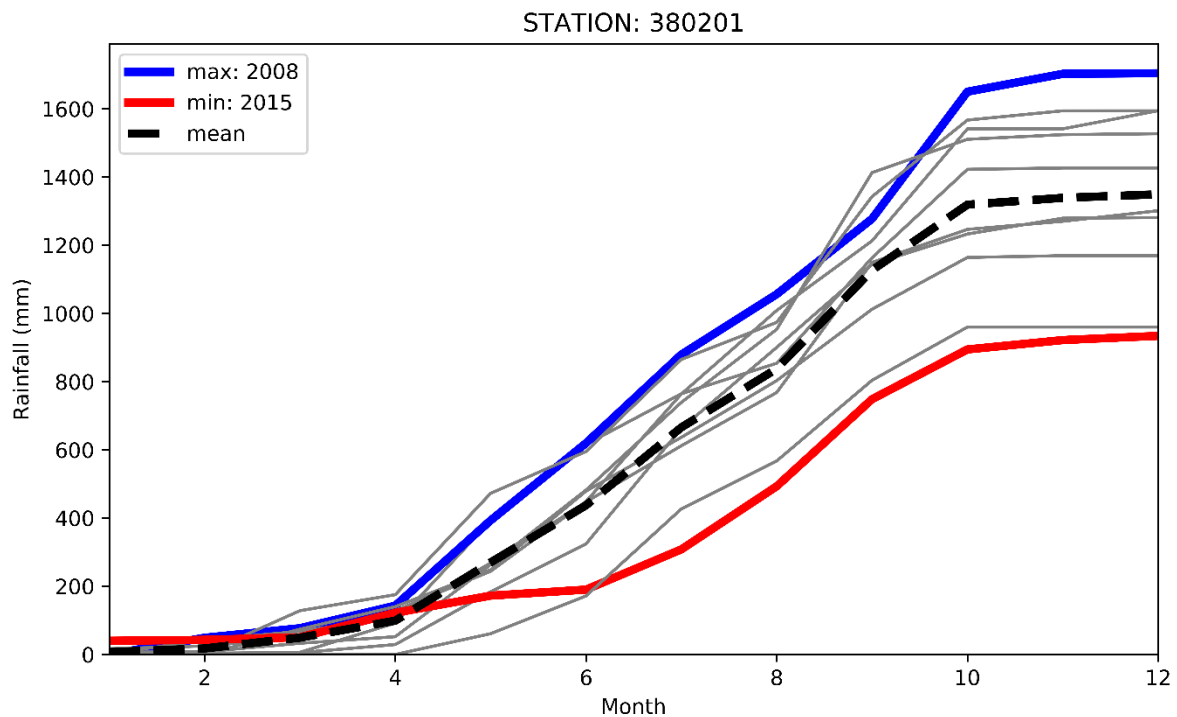
รูปที่ 4.2-8 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 376201 จังหวัดตาก

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 380201 ในจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2- โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 3 เดือน (มิถุนายน-สิงหาคม พ.ศ.2558), 7 เดือน (มิถุนายน-ธันวาคม พ.ศ.2558), 20 เดือน (พฤษภาคม พ.ศ.2558 -ธันวาคม พ.ศ.2559) และ 18 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ.2558 -ธันวาคม พ.ศ.2559) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -3.14 (กรกฎาคม พ.ศ.2558), -2.56 (กรกฎาคม พ.ศ.2558), -2.20 (มกราคม พ.ศ.2559) และ -2.32 (เมษายน พ.ศ.2559) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought)



รูปที่ 4.2-9 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 380201 จังหวัดกำแพงเพชร

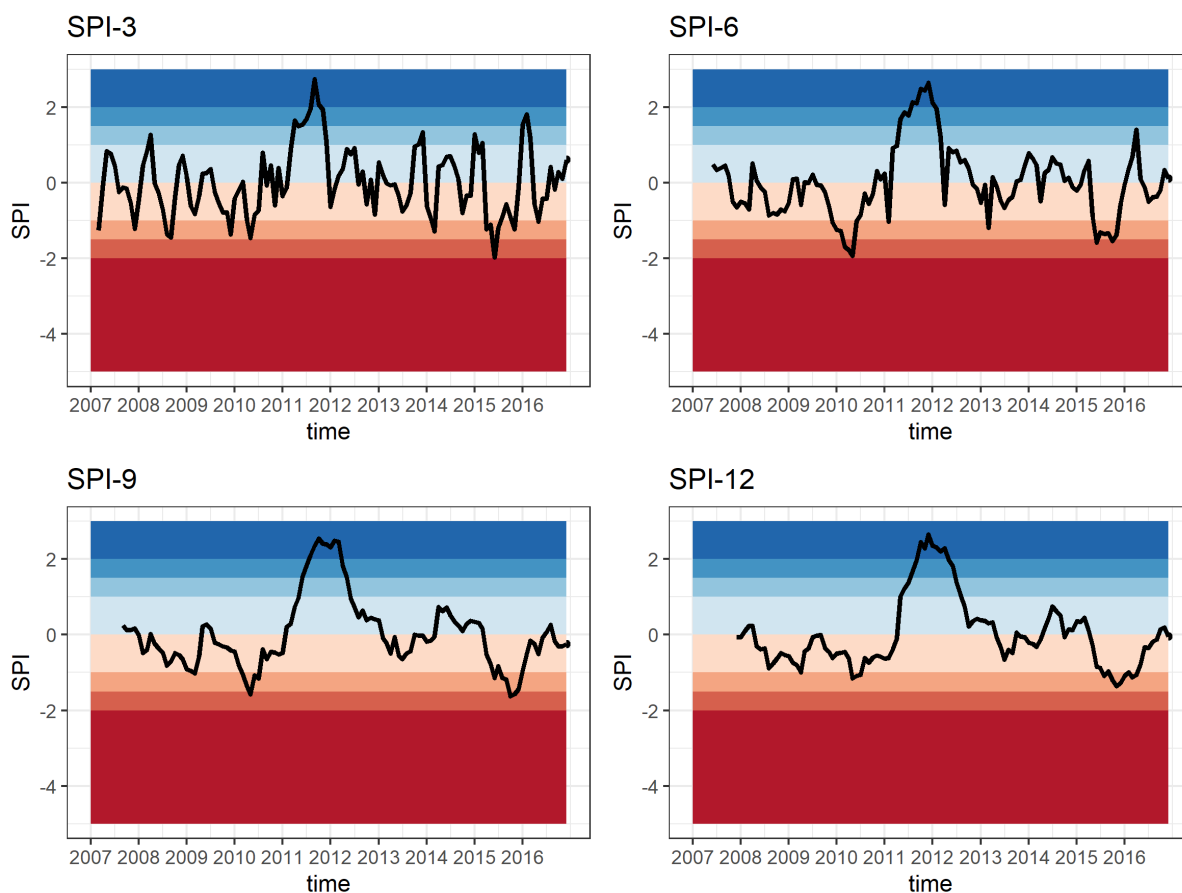
จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 934.2 มม. (พ.ศ.2558) รองลงมาเท่ากับ 960.0 มม. (พ.ศ.2559) สูงสุดเท่ากับ 1,704.4 มม. (พ.ศ.2551) และเฉลี่ยเท่ากับ 1,349.2 มม. ซึ่งมีความสอดคล้องกับช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2558 และ 2559 นอกจากนี้ จะเห็นว่า ในปี พ.ศ.2558 ความชื้นของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน มีค่าน้อยกว่า ความชื้นของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายนมาก ซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงเวลานั้นๆ น้อยกว่าค่าเฉลี่ยอย่างมาก



รูปที่ 4.2-10 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 380201 จังหวัดกำแพงเพชร

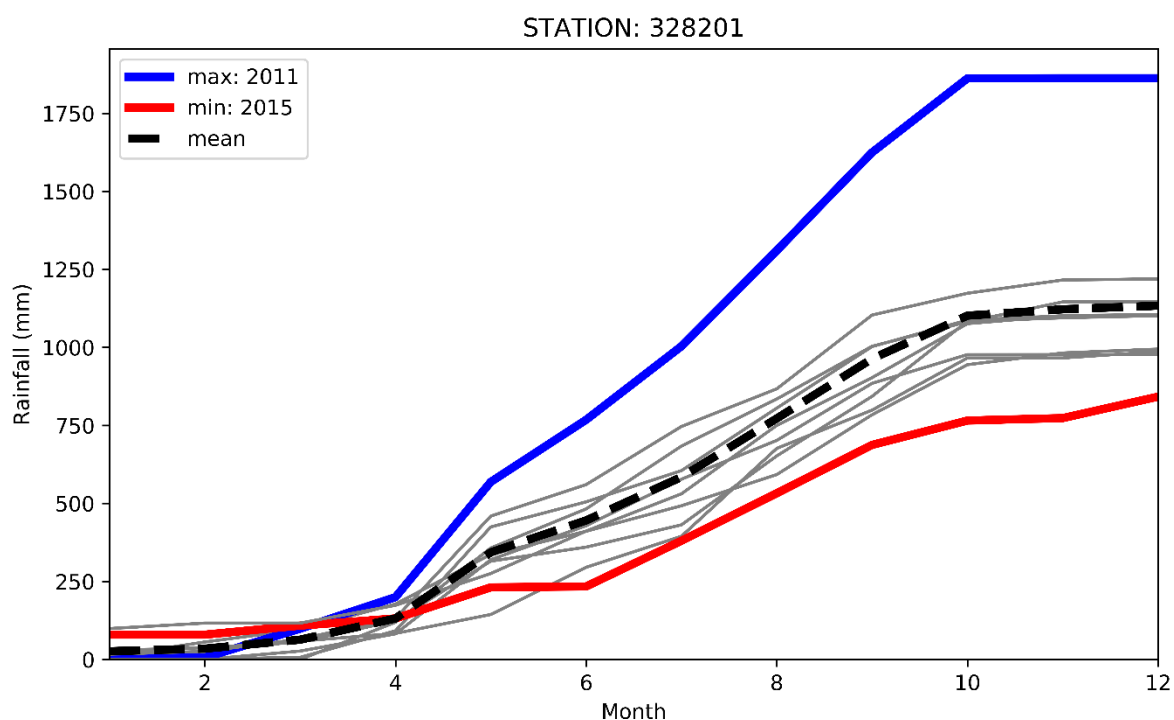
ลุ่มน้ำวัง

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 328201 ในจังหวัดลำปาง พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 4 เดือน (เมษายน-กรกฎาคม พ.ศ.2558), 7 เดือน (ธันวาคม พ.ศ.2552-พฤษภาคม พ.ศ.2553), 5 เดือน (สิงหาคม-ธันวาคม พ.ศ.2558) และ 4 เดือน (ตุลาคม พ.ศ.2558-มกราคม พ.ศ.2559) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -1.98 (มิถุนายน พ.ศ.2558), -1.93 (พฤษภาคม พ.ศ.2553), -1.63 (ตุลาคม พ.ศ.2558) และ -1.36 (พฤศจิกายน พ.ศ.2558) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought)



รูปที่ 4.2-11 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 328201 จังหวัดลำปาง

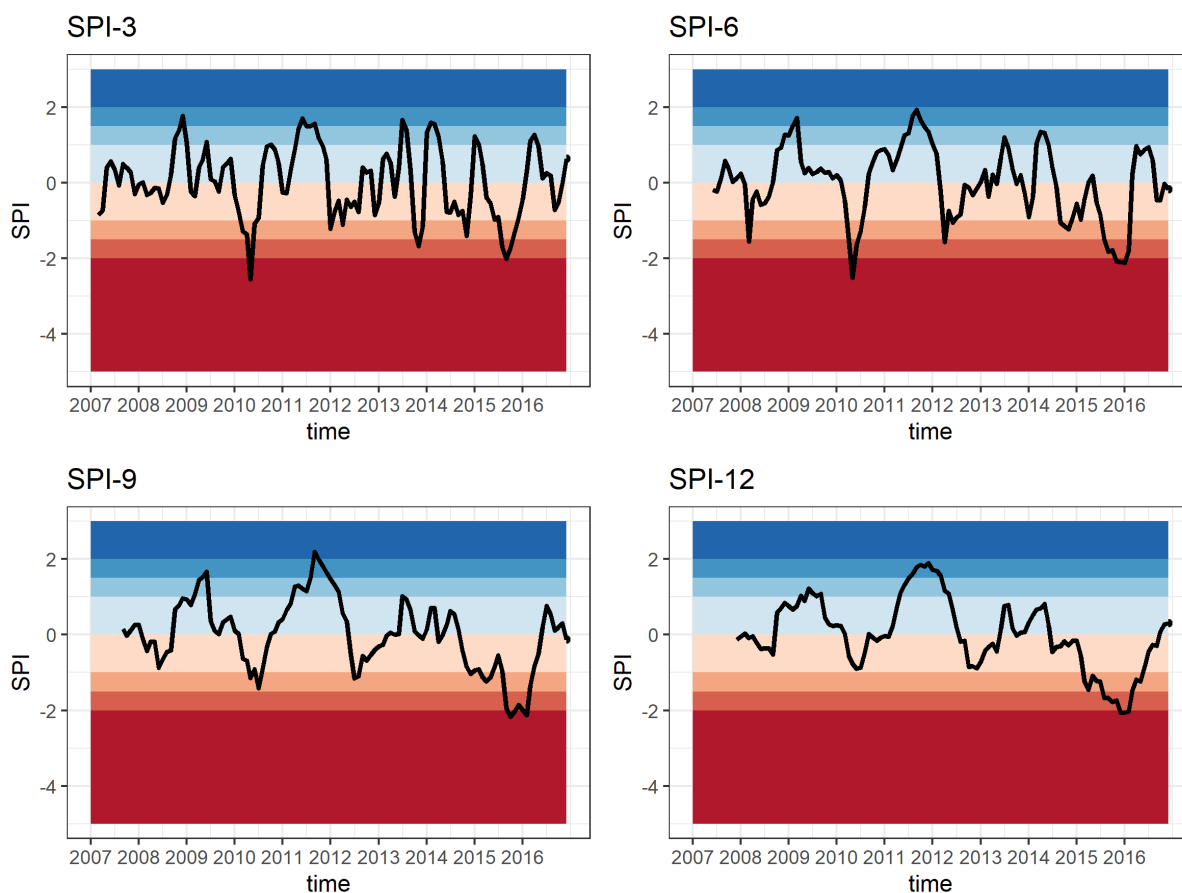
จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 842.1 มม. (พ.ศ.2558) รองลงมาเท่ากับ 977.0 และ 986.4 มม. (พ.ศ.2552 และ 2553 ตามลำดับ) สูงสุดเท่ากับ 1,862.5 มม. (พ.ศ.2554) และเฉลี่ยเท่ากับ 1,133.6 มม. ซึ่งมีความสอดคล้องกับช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่เกิดขึ้น ซึ่งมี 2 ช่วง คือ ปี พ.ศ.2552-2553 และ 2558 นอกจากนี้ จะเห็นว่า ในปี พ.ศ.2558 ความชื้นของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน มีค่าน้อยกว่า ความชื้นของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงเวลาหลังมากกว่าช่วงแรก



รูปที่ 4.2-12 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 328201 จังหวัดลำปาง

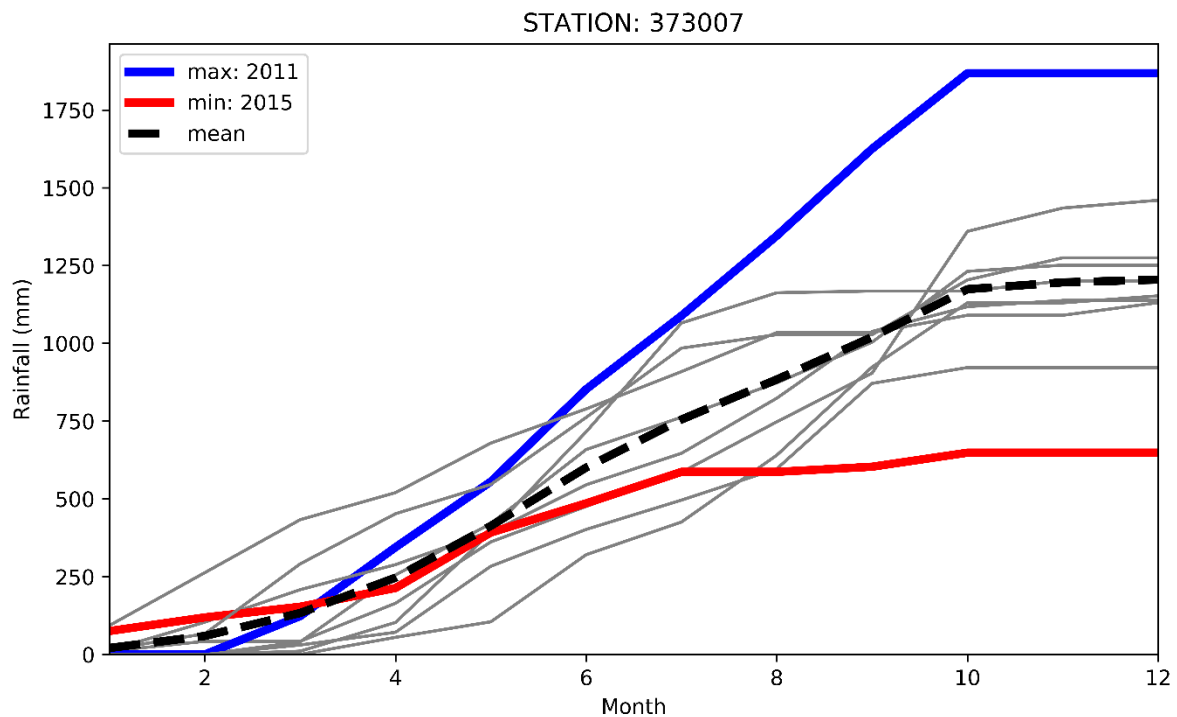
ลุ่มน้ำยม

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 373007 ในจังหวัดสุโขทัย พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 4 เดือน (มีนาคม-มิถุนายน พ.ศ.2553), 4 เดือน (เมษายน-กรกฎาคม พ.ศ. 2553), 7 เดือน (กันยายน พ.ศ.2558-มีนาคม พ.ศ.2559) และ 15 เดือน (มีนาคม พ.ศ.2558-พฤษภาคม พ.ศ. 2559) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.56 (พฤษภาคม พ.ศ.2553), -2.51 (พฤษภาคม พ.ศ.2553), -2.17 (ตุลาคม พ.ศ.2558) และ -2.06 (ธันวาคม พ.ศ.2558) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought)



รูปที่ 4.2-13 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 373007 จังหวัดสุโขทัย

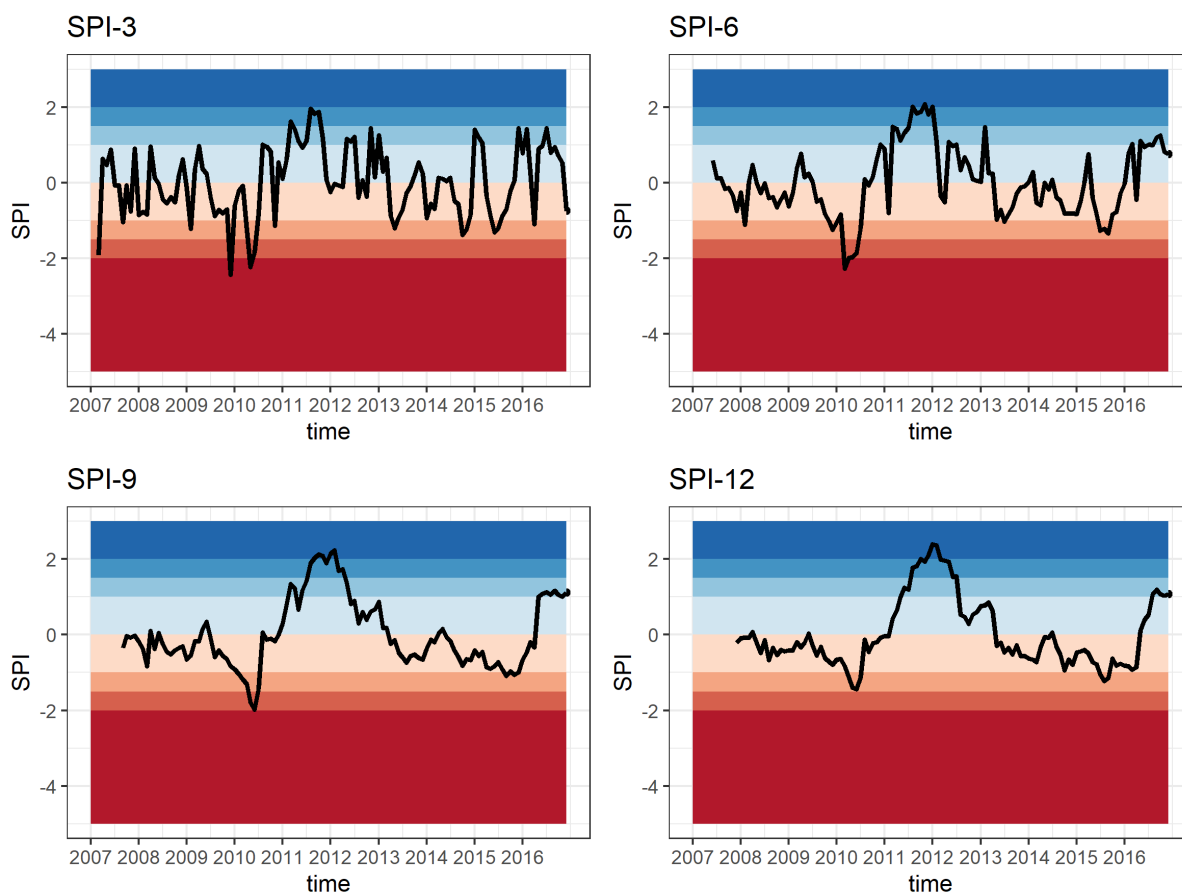
จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 648.5 มม. (พ.ศ.2558) สูงสุดเท่ากับ 1,868.4 มม. (พ.ศ. 2554) และเฉลี่ยเท่ากับ 1,204.8 มม. ซึ่งมีความสอดคล้องกับช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่เกิดขึ้น ซึ่งมี 2 ช่วง คือ ปี พ.ศ.2553 (ปริมาณฝนสะสมเท่ากับ 1,152.6 มม. ซึ่งน้อยกว่าปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ย) และ 2558 นอกจากนี้ จะเห็นว่า ในปี พ.ศ.2558 ความชันของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม มีค่าน้อยกว่า ความชันของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคมอย่างมาก กล่าวคือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณน้อยมากอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากความชันมีค่าใกล้เคียง 0



รูปที่ 4.2-14 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 373007 จังหวัดสุโขทัย

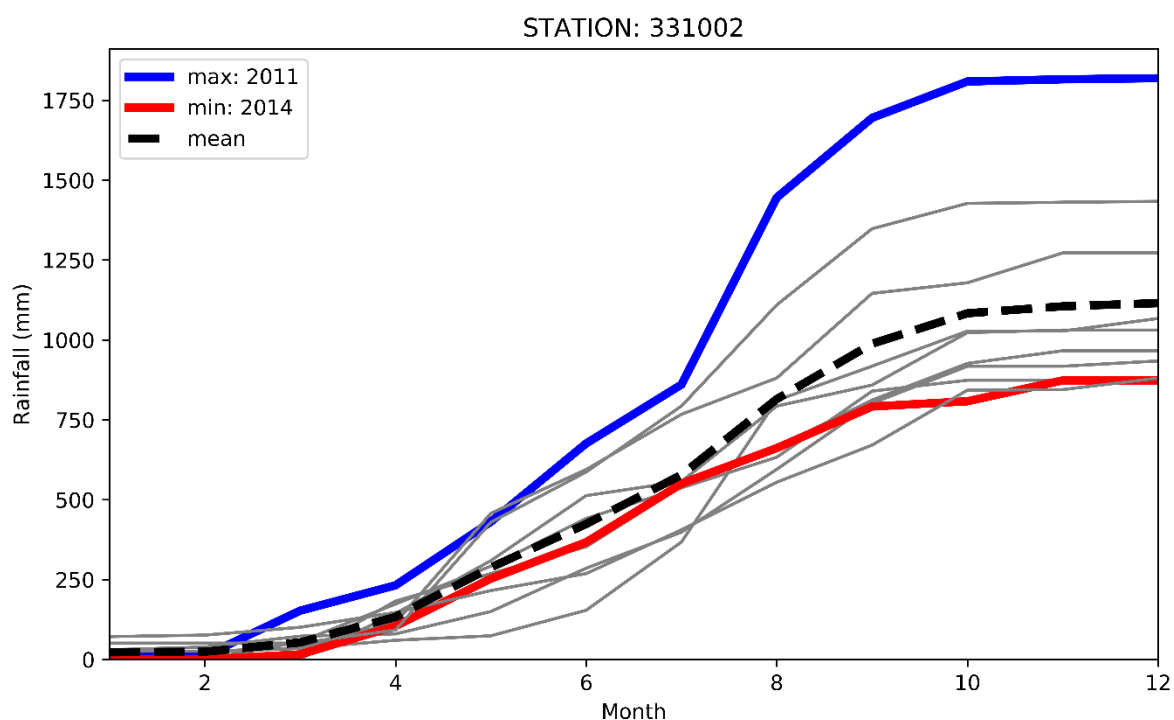
ลุ่มน้ำน่าน

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331002 ในจังหวัดน่าน พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 3 เดือน (เมษายน-มิถุนายน พ.ศ.2553), 5 เดือน (มีนาคม-กรกฎาคม พ.ศ. 2553), 5 เดือน (มีนาคม-กรกฎาคม พ.ศ.2553) และ 4 เดือน (เมษายน-กรกฎาคม พ.ศ.2553) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.44 (ธันวาคม พ.ศ. 2552), -2.27 (มีนาคม พ.ศ.2553), -1.98 (มิถุนายน พ.ศ.2553) และ -1.44 (มิถุนายน พ.ศ.2553) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought)



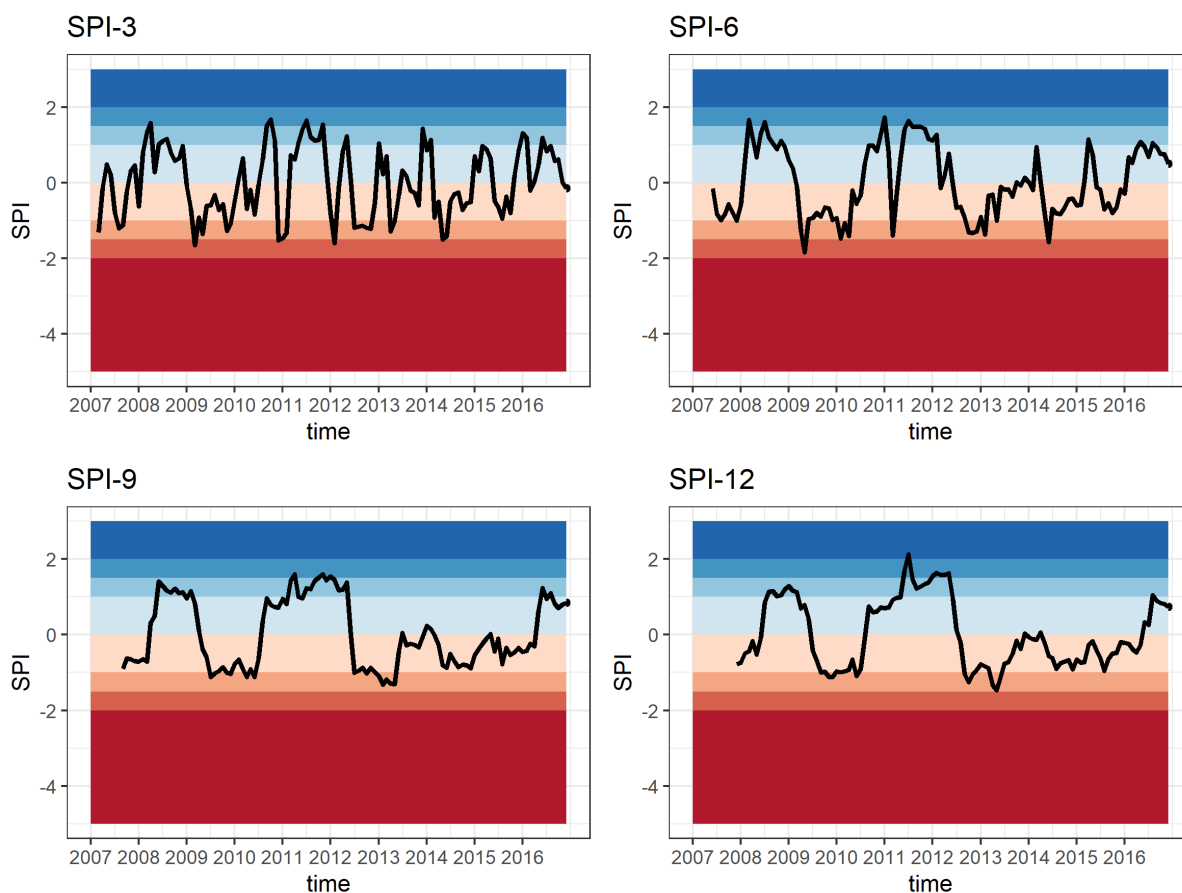
รูปที่ 4.2-15 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331002 จังหวัดน่าน

จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 873.4 มม. (พ.ศ.2557) สูงสุดเท่ากับ 1,819.2 มม. (พ.ศ. 2554) และเฉลี่ยเท่ากับ 1,115.2 มม. ซึ่งช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุด เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2553 ซึ่งมีปริมาณฝนสะสมเท่ากับ 1,067.2 มม. ซึ่งน้อยกว่าปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ย) เนื่องจากปริมาณน้ำฝนตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ.2553 มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยเป็นอย่างมาก จึงทำให้ ค่าดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานระบุช่วงที่มีการเกิดความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดในช่วงเวลานี้ ถึงแม้ว่าปริมาณ น้ำฝนสะสมรายปีของ พ.ศ.2553 จะมีค่ามากกว่า พ.ศ.2558 ก็ตาม นอกจากนี้ จะเห็นว่า ในปี พ.ศ.2558 ความชื้นของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน มีค่าน้อยกว่า ความชื้นของปริมาณน้ำฝนสะสม ช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายนอย่างมาก กล่าวคือ ถึงแม้ว่าปริมาณฝนสะสมในช่วงเดือนมกราคม-กรกฎาคม จะ ใกล้เคียงค่าเฉลี่ยรายปี แต่ปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงหลังของปีมีปริมาณน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด โดย ปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายนที่น้อยกว่าปกติทำให้ปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีของปี พ.ศ.2558 มี ค่าต่ำที่สุด



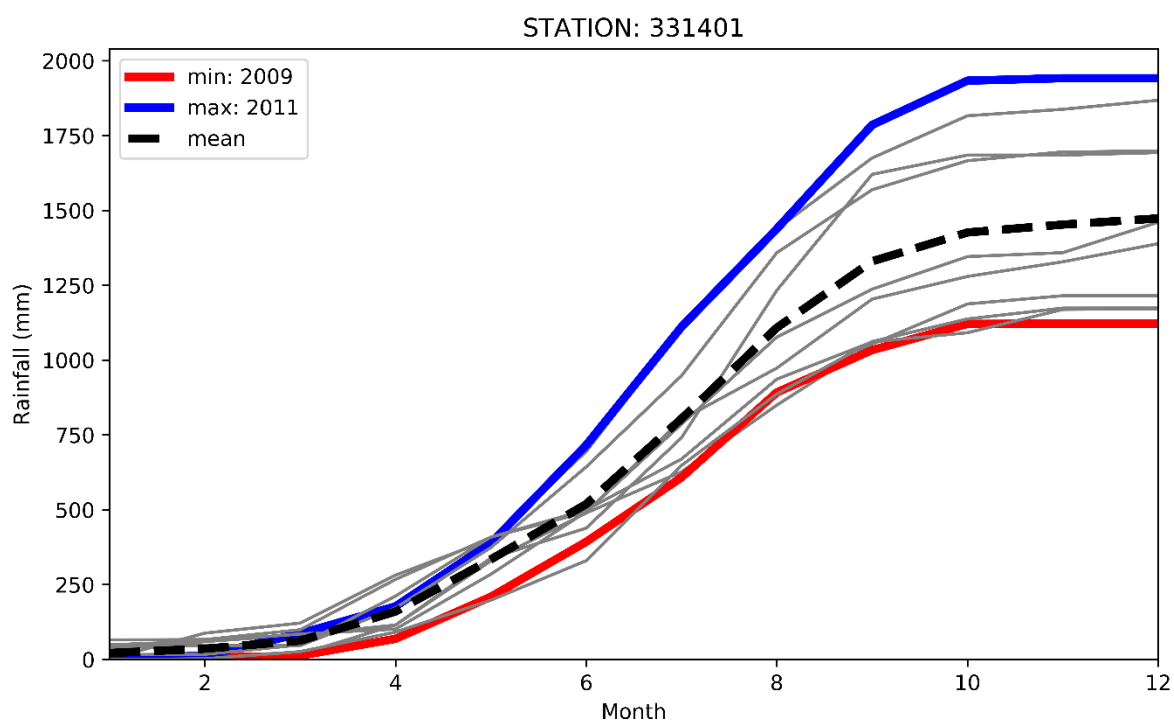
รูปที่ 4.2-16 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 331002 จังหวัดน่าน

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331401 ในจังหวัดน่าน พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 5 เดือน (กรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2555), 2 เดือน (เมษายน-พฤษภาคม พ.ศ.2552), 5 เดือน (มกราคม-พฤษภาคม พ.ศ.2556) และ 3 เดือน (เมษายน-มิถุนายน พ.ศ.2556) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -1.64 (มีนาคม พ.ศ. 2552), -1.83 (พฤษภาคม พ.ศ.2552), -1.31 (กุมภาพันธ์ พ.ศ.2556) และ -1.46 (พฤษภาคม พ.ศ.2556) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งปานกลาง (Moderately drought) และความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought)



รูปที่ 4.2-17 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331401 จังหวัดน่าน

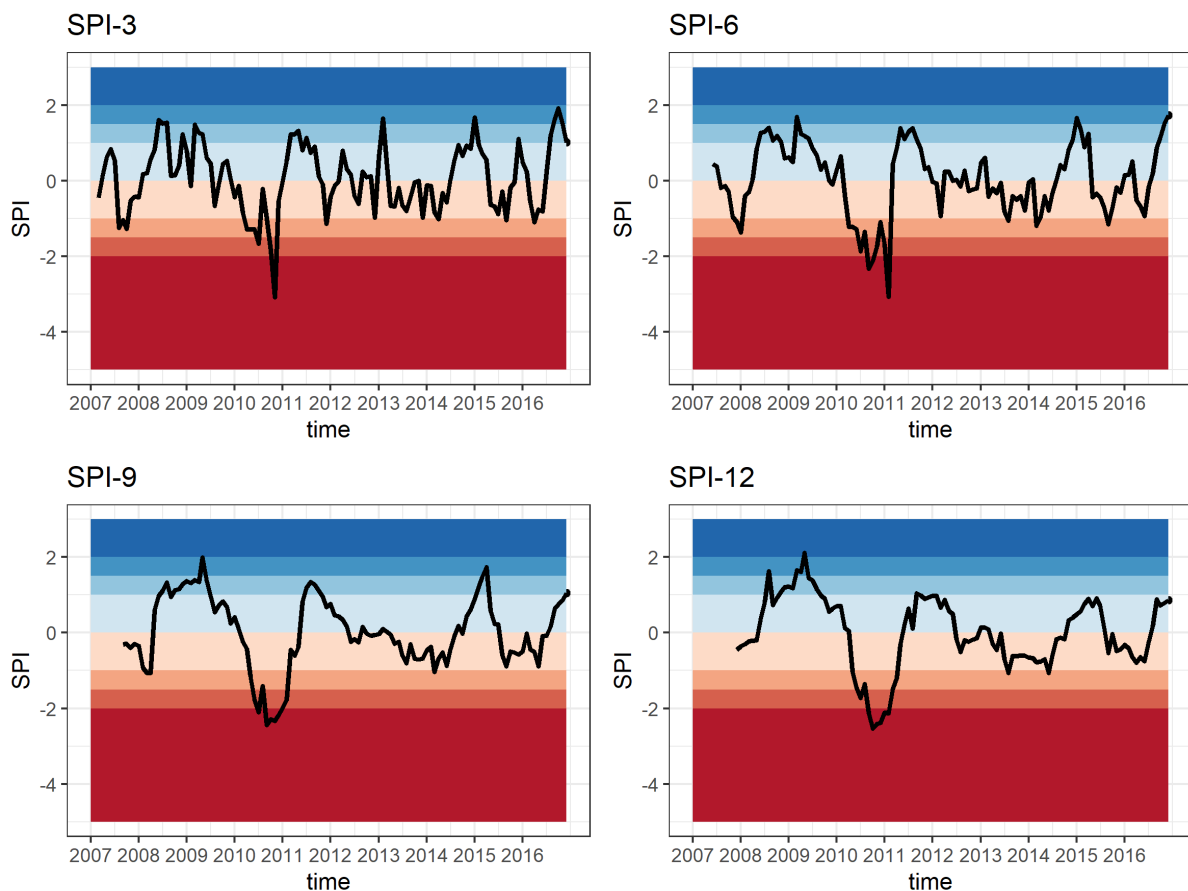
จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 1,121.6 มม. (พ.ศ.2552) สูงสุดเท่ากับ 1,941.7 มม. (พ.ศ.2554) และเฉลี่ยเท่ากับ 1,473.3 มม. ซึ่งช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุด เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2552 2555 และ 2557 ซึ่งมีปริมาณฝนสะสมเท่ากับ 1,121.6 1,172.0 และ 1,173.9 มม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ย) นอกจากนี้ ในปี พ.ศ.2552 จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนสะสมมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่ช่วงแรกของปี โดยเฉพาะในเดือนมกราคม-เมษายน และในช่วงเดือนกันยายน จะเห็นว่า ความชื้นของปริมาณน้ำฝนสะสมในปี พ.ศ.2552 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาก กล่าวคือ ปริมาณน้ำฝนในเดือนกันยายนเป็นช่วงที่ควรมีปริมาณน้ำฝนสูง แต่ในปี พ.ศ.2552 มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าปกติมาก โดยเมื่อรวมปริมาณน้ำฝนทั้งปี ทำให้ปริมาณน้ำฝนรายปีของปี พ.ศ.2552 มีค่าต่ำที่สุด



รูปที่ 4.2-18 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 331401 จังหวัดน่าน

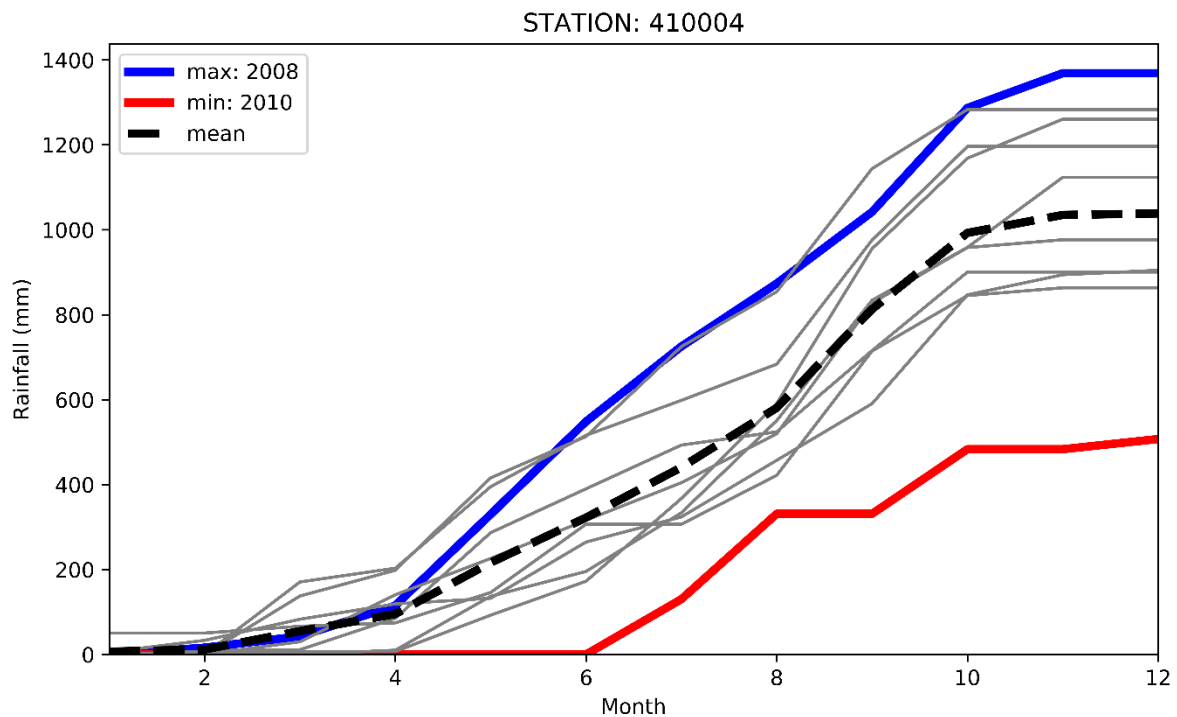
ลุ่มน้ำสะแกกรัง

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 410004 ในจังหวัดอุทัยธานี พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 4 เดือน (เมษายน-กรกฎาคม พ.ศ.2553), 11 เดือน (เมษายน พ.ศ.2553-กุมภาพันธ์ พ.ศ.2554), 10 เดือน (พฤษภาคม พ.ศ.2553-กุมภาพันธ์ พ.ศ.2554) และ 12 เดือน (พฤษภาคม พ.ศ.2553-เมษายน พ.ศ.2554) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -3.08 (พฤศจิกายน พ.ศ.2553), -3.07 (กุมภาพันธ์ พ.ศ.2554), -2.44 (กันยายน พ.ศ.2553) และ -2.54 (ตุลาคม พ.ศ.2553) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมาก ถึงขีดสุด (Extremely drought)



รูปที่ 4.2-19 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 410004 จังหวัดอุทัยธานี

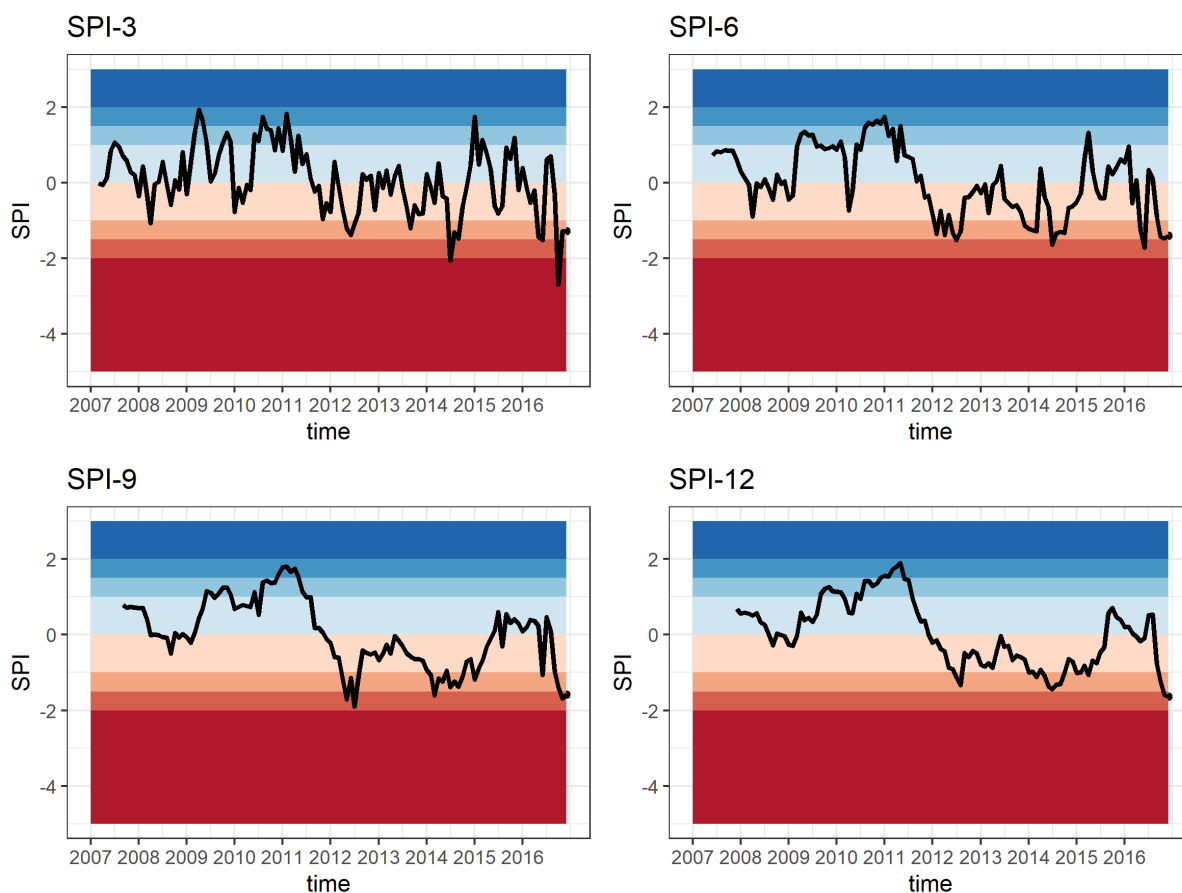
จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 507.3 มม. (พ.ศ.2553) สูงสุดเท่ากับ 1,368.7 มม. (พ.ศ. 2551) และเฉลี่ยเท่ากับ 1,038.4 มม. ซึ่งช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุด เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2553 ซึ่งมีความสอดคล้องกับช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2553 นอกจากนี้ จะเห็นว่า ในปี พ.ศ.2553 ความชื้นของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนมกราคม-มิถุนายน และกันยายน มีค่าใกล้เคียง 0 ซึ่งน้อยกว่าความชื้นของปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยช่วงเดือนมกราคม-พฤษภาคม และกันยายนเป็นอย่างมาก ซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงเวลาที่มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยมาก กล่าวคือ แทบ จะไม่มีฝนตกในช่วงเวลาดังกล่าว



รูปที่ 4.2-20 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 410004 จังหวัดอุทัยธานี

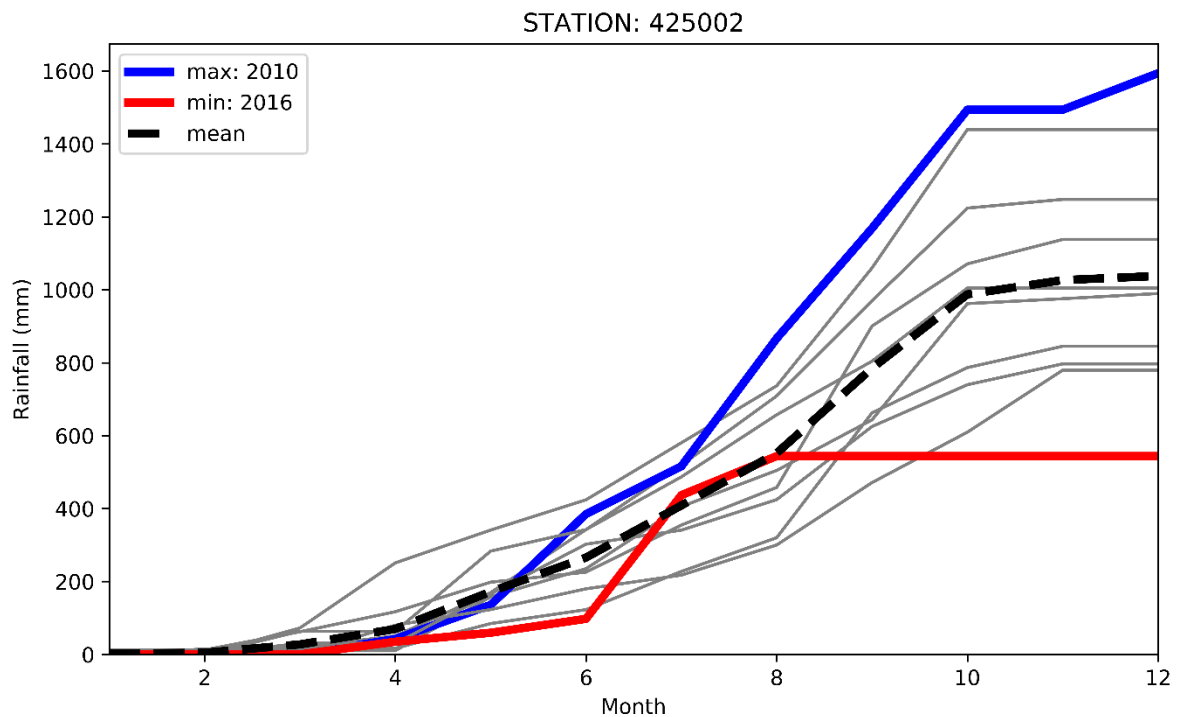
ลุ่มน้ำท่าจีน

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 425002 ในจังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 3 เดือน (ตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ.2559), 4 เดือน (มิถุนายน-ตุลาคม พ.ศ.2557), 5 เดือน (เมษายน-สิงหาคม พ.ศ.2555) และ 6 เดือน (พฤษภาคม-ตุลาคม พ.ศ.2557) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.68 (ตุลาคม พ.ศ.2559), -1.72 (มิถุนายน พ.ศ.2559), -1.89 (กรกฎาคม พ.ศ.2555) และ -1.65 (พฤศจิกายน พ.ศ.2559) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought)



รูปที่ 4.2-21 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 425002 จังหวัดสุพรรณบุรี

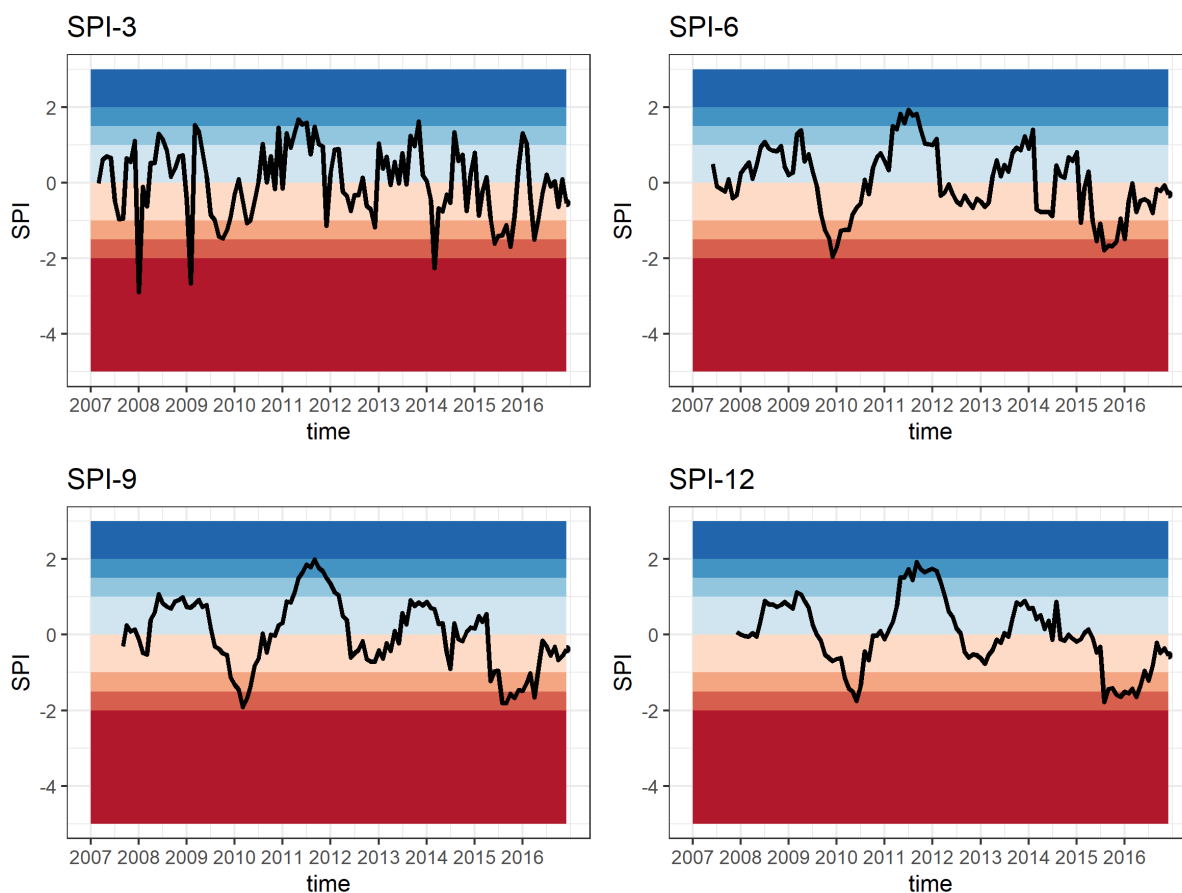
จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 543.9 มม. (พ.ศ.2559) สูงสุดเท่ากับ 1,594.0 มม. (พ.ศ. 2553) และเฉลี่ยเท่ากับ 1,038.0 มม. ซึ่งช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุด เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2555, 2557 และ 2559 ซึ่งปริมาณน้ำฝนรายปีของปี พ.ศ.2555 และ 2557 มีค่าเท่ากับ 845.2 และ 779.7 มม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย นอกจากนี้ จะเห็นว่า ในปี พ.ศ.2559 ความชันของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนกรกฎาคม มีค่าสูงมาก กล่าวคือ ปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนกรกฎาคมมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคมของปี พ.ศ. 2559 คิดเป็นร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำฝนทั้งปี ซึ่งหมายความว่า แทบจะไม่มีฝนตกในเดือนอื่นๆ ของปี พ.ศ. 2559 ซึ่งทำให้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่มีความรุนแรงที่สุดในช่วง 3 เดือน 6 เดือน และ 12 เดือน ปรากฏในปี พ.ศ.2559 เนื่องจากปริมาณน้ำฝนสะสมของช่วงเวลาที่พิจารณามีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาก



รูปที่ 4.2-22 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 425002 จังหวัดสุพรรณบุรี

ลุ่มน้ำป่าสัก

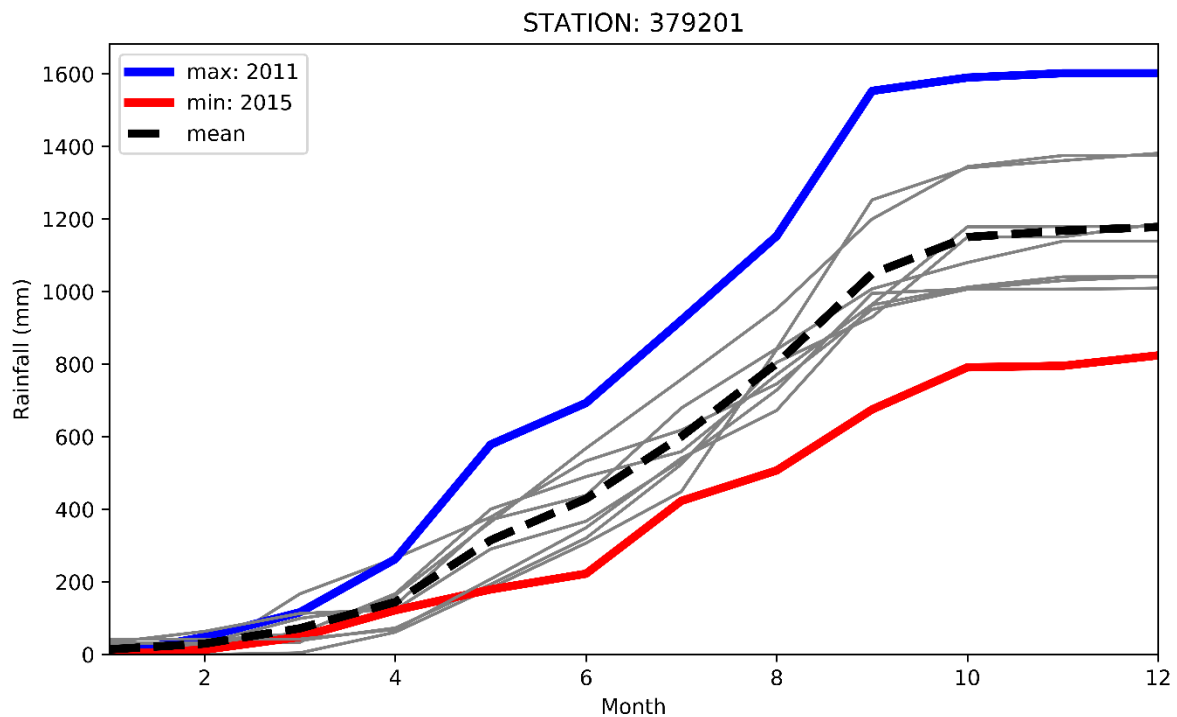
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 379201 ในจังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 5 เดือน (มิถุนายน-ตุลาคม พ.ศ.2558), 7 เดือน (ตุลาคม พ.ศ.2552-เมษายน พ.ศ.2553), 9 เดือน (สิงหาคม พ.ศ.2558-เมษายน พ.ศ.2559) และ 10 เดือน (สิงหาคม พ.ศ.2558-พฤษภาคม พ.ศ.2559) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.90 (มกราคม พ.ศ.2551), -1.96 (ธันวาคม พ.ศ.2552), -1.91 (มีนาคม พ.ศ.2553) และ -1.77 (สิงหาคม พ.ศ.2558) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought)



รูปที่ 4.2-23 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 379201 จังหวัดเพชรบูรณ์

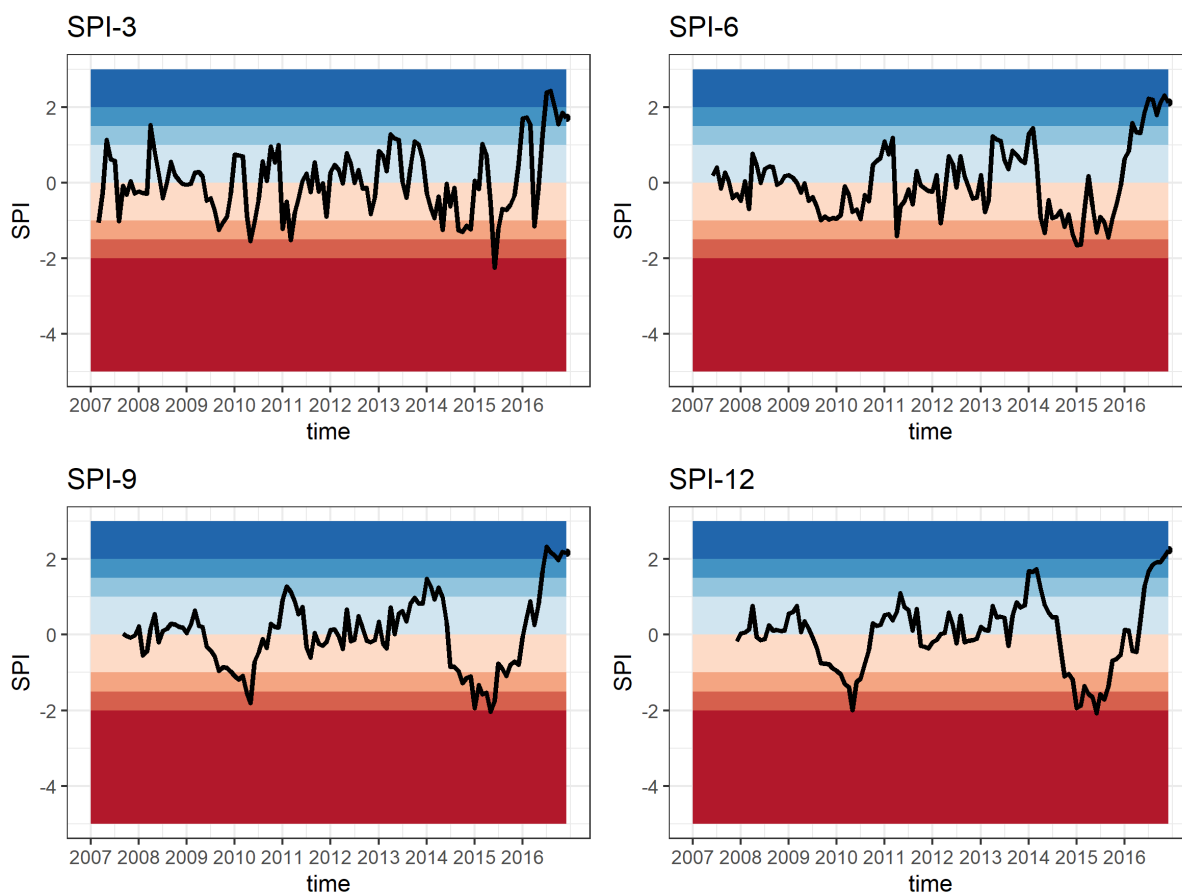
จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 824.2 มม. (พ.ศ.2558) สูงสุดเท่ากับ 1,602.1 มม. (พ.ศ. 2554) และเฉลี่ยเท่ากับ 1,178.2 มม. ซึ่งช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุด เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2551, 2552 และ 2558 ซึ่งปริมาณน้ำฝนรายปีของปี พ.ศ.2551 และ 2552 มีค่าเท่ากับ 1,375.2 และ 1,009.5 มม. ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำฝนรายปีของปี พ.ศ.2552 มีค่าต่ำกว่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย แต่ปริมาณน้ำฝนรายปีของปี พ.ศ.2551 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย อย่างไรก็ตาม สำหรับดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานในช่วงเวลา 3 เดือนที่มีความรุนแรงที่สุด เกิดขึ้นในเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2551 เนื่องจากปริมาณน้ำฝนในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2550-มกราคม พ.ศ.2551 มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยเป็นอย่างมาก จึงทำให้ค่าดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานมีค่าต่ำ ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำฝนรายปี พ.ศ.2550 มีค่าเท่ากับ 1,179.6 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณน้ำฝนรายปีค่าเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,178.2 มม.

นอกจากนี้ จะเห็นว่า ในปี พ.ศ.2558 ความชันของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายน มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย กล่าวคือ ปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายนมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งทำให้ปริมาณน้ำฝนรายปีของปี พ.ศ.2558 มีค่าต่ำที่สุด



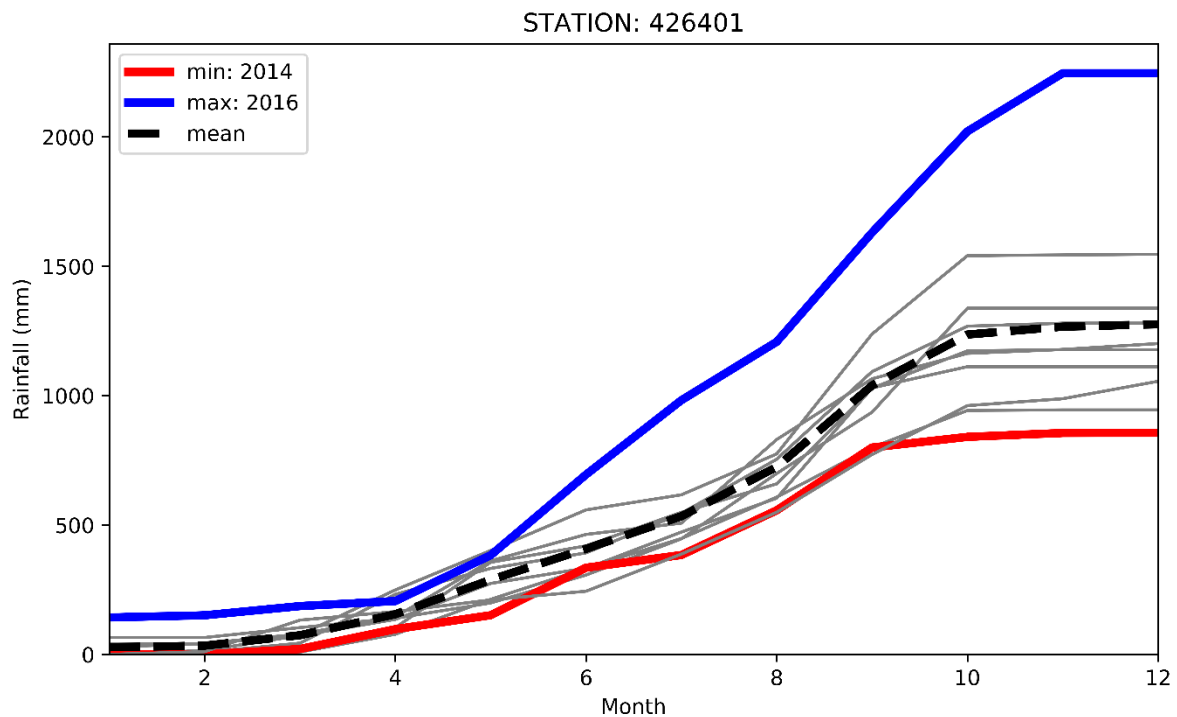
รูปที่ 4.2-24 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 379201 จังหวัดเพชรบูรณ์

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 426401 ในจังหวัดลพบุรี พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 4 เดือน (กันยายน-ธันวาคม พ.ศ.2557), 3 เดือน (ธันวาคม พ.ศ.2557-กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558), 9 เดือน (ตุลาคม พ.ศ.2557-พฤษภาคม พ.ศ.2558) และ 12 เดือน (ตุลาคม พ.ศ. 2557-กันยายน พ.ศ.2558) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.25 (มิถุนายน พ.ศ.2558), -1.65 (มกราคม พ.ศ.2558), -2.03 (พฤษภาคม พ.ศ.2558) และ -2.08 (มิถุนายน พ.ศ.2558) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought)



รูปที่ 4.2-25 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 426401 จังหวัดลพบุรี

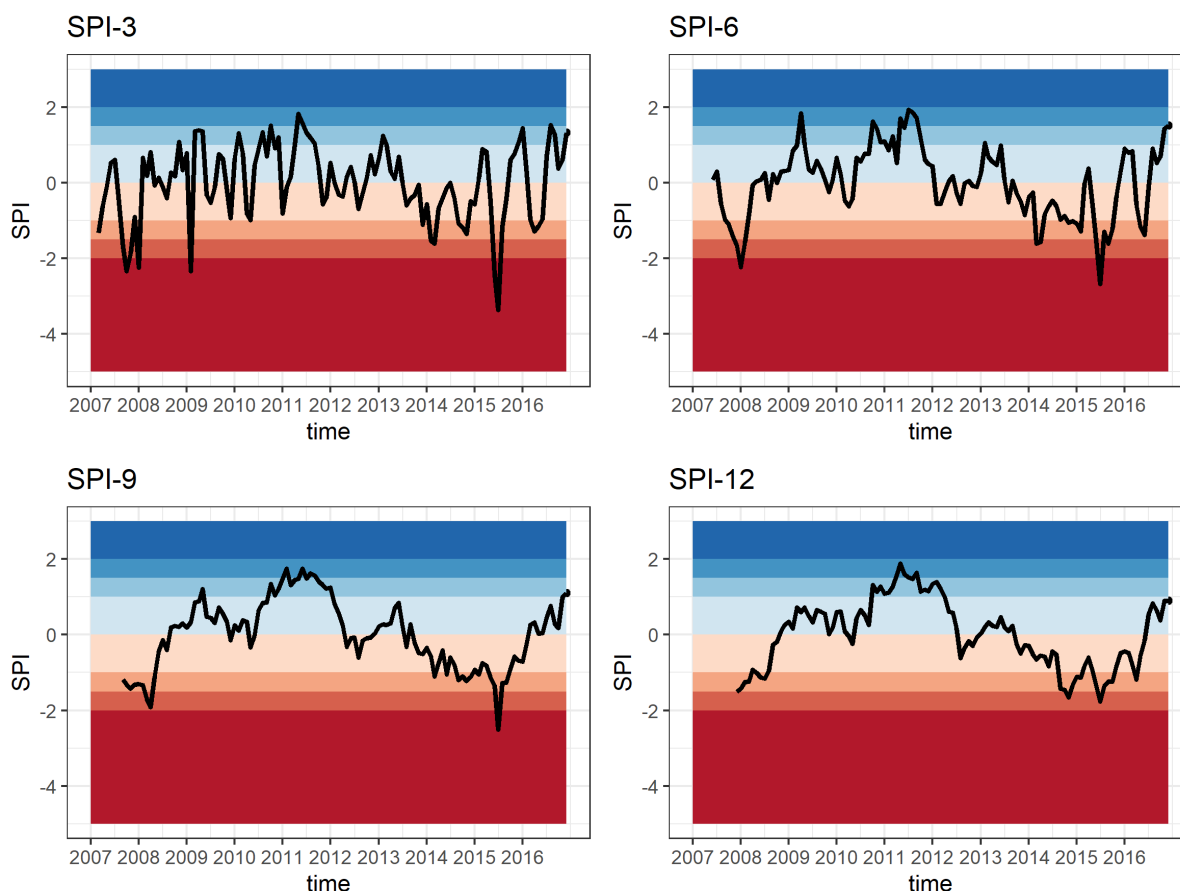
จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 856.4 มม. (พ.ศ.2557) สูงสุดเท่ากับ 2,246.1 มม. (พ.ศ. 2559) และเฉลี่ยเท่ากับ 1,275.9 มม. ซึ่งช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุด เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2557-2558 โดยปริมาณน้ำฝนรายปีของปี พ.ศ.2558 มีค่าเท่ากับ 1,055.6 มม. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย อย่างไรก็ตาม สำหรับดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานในช่วงเวลา 3 เดือนที่มีความรุนแรงที่สุด เกิดขึ้นในเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ.2558 เนื่องจากปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายน-มิถุนายน พ.ศ. 2558 มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยเป็นอย่างมาก จึงทำให้ค่าดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานมีค่าต่ำ ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำฝนรายปี พ.ศ.2558 จะมีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำฝนรายปีของปี พ.ศ.2557



รูปที่ 4.2-26 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 426401 จังหวัดลพบุรี

ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

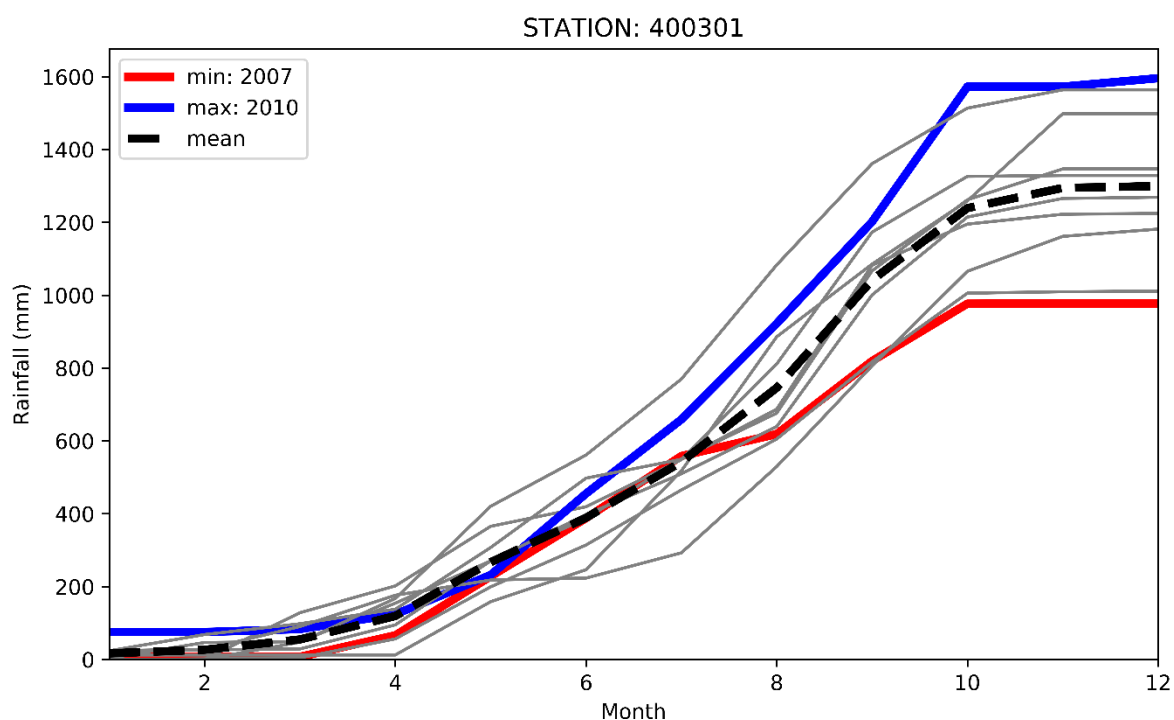
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 400301 ในจังหวัดนครสวรรค์ พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 3 เดือน (มิถุนายน-สิงหาคม พ.ศ.2558), 5 เดือน (มิถุนายน-ตุลาคม พ.ศ.2558), 9 เดือน (กันยายน พ.ศ.2550-พฤษภาคม พ.ศ.2551) และ 6 เดือน (กันยายน พ.ศ.2557-กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -3.37 (กรกฎาคม พ.ศ.2558), -2.68 (กรกฎาคม พ.ศ.2558), -2.51 (กรกฎาคม พ.ศ. 2558) และ -1.77 (กรกฎาคม พ.ศ.2558) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought)



รูปที่ 4.2-27 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 400301 จังหวัดนครสวรรค์

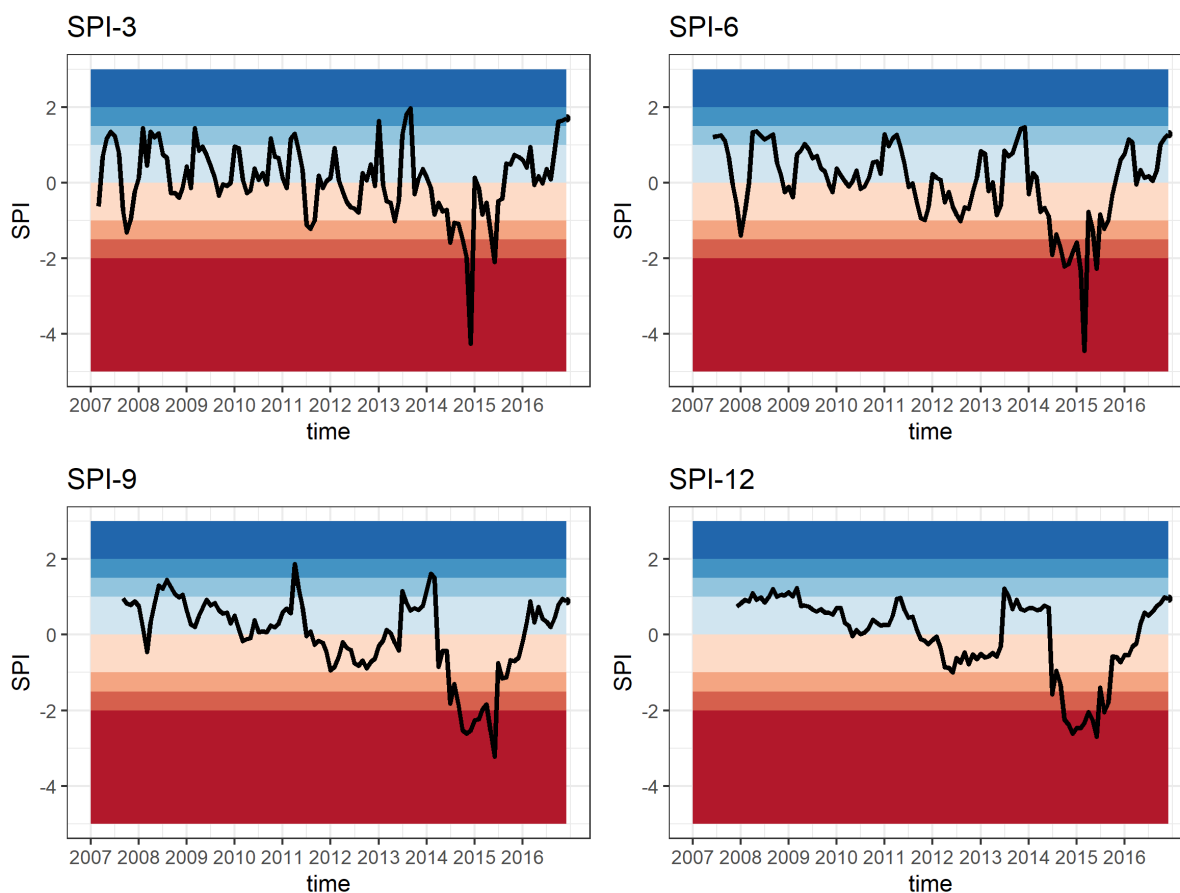
จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 977.2 มม. (พ.ศ.2550) สูงสุดเท่ากับ 1,595.8 มม. (พ.ศ. 2553) และเฉลี่ยเท่ากับ 1,299.7 มม. ซึ่งช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุด เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2550 และ 2557-2558 ซึ่งปริมาณน้ำฝนรายปีของปี พ.ศ.2557 และ 2558 มีค่าเท่ากับ 1,010.9 และ 1,181.5 มม. ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำฝนรายปีของทั้งสองปีมีค่าต่ำกว่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย อย่างไรก็ตาม สำหรับดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานในช่วงเวลา 3 เดือนที่มีความรุนแรงที่สุด เกิดขึ้นในเดือน กรกฎาคม ปี พ.ศ.2558 ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำฝนรายปี พ.ศ.2558 จะไม่ได้มีค่าต่ำที่สุด แต่ปริมาณฝนในเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม มีค่าต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอย่างมาก จึงทำให้ค่าดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน 3 เดือนมีค่าต่ำที่สุด

นอกจากนี้ จะเห็นว่า ในปี พ.ศ.2550 ความชันของปริมาณน้ำฝนสะสมช่วงเดือนมกราคม-กรกฎาคม มีค่าใกล้เคียงค่าเฉลี่ย แต่ปริมาณน้ำฝนในเดือนสิงหาคม (60.2 มม.) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในเดือนสิงหาคมมาก (203.7 มม.) จึงทำให้ปริมาณน้ำฝนรายปีมีค่าต่ำกว่าปกติ



รูปที่ 4.2-28 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 400301 จังหวัดนครสวรรค์

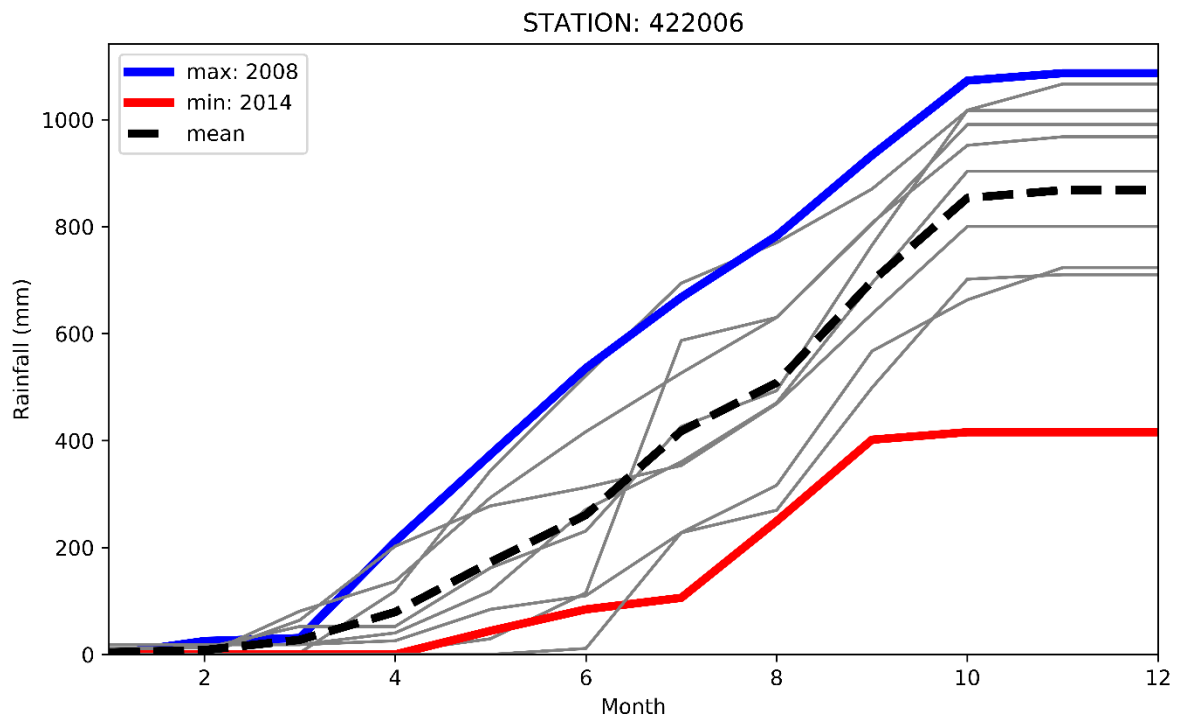
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 422006 ในจังหวัดนนทบุรี พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 6 เดือน (กรกฎาคม-ธันวาคม พ.ศ.2557), 9 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ.2557-มีนาคม พ.ศ.2558), 12 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ.2557-มิถุนายน พ.ศ.2558) และ 13 เดือน (กันยายน พ.ศ. 2557-กันยายน พ.ศ.2558) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -4.26 (ธันวาคม พ.ศ.2557), -4.45 (มีนาคม พ.ศ.2558), -3.22 (มิถุนายน พ.ศ.2558) และ -2.69 (มิถุนายน พ.ศ.2558) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought)



รูปที่ 4.2-29 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 422006 จังหวัดนนทบุรี

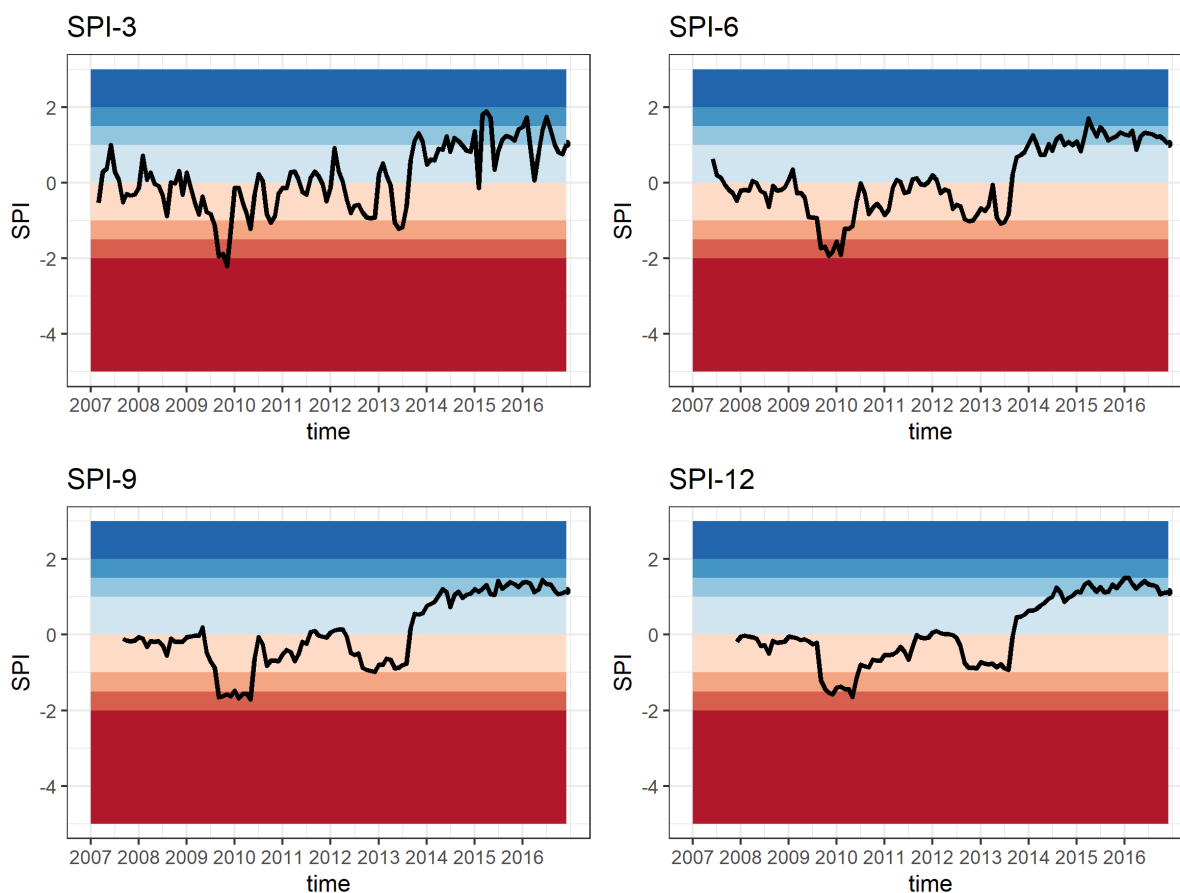
จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 415.6 มม. (พ.ศ.2557) สูงสุดเท่ากับ 1,086.8 มม. (พ.ศ. 2551) และเฉลี่ยเท่ากับ 868.2 มม. ซึ่งช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดเกิดขึ้น ในปี พ.ศ.2557-2558 ซึ่งปริมาณน้ำฝนรายปีของปี พ.ศ.2558 มีค่าเท่ากับ 710.1 มม. ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณ ฝนรายปีเฉลี่ย อย่างไรก็ตาม สำหรับดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานในช่วงเวลา 3 เดือนที่มีความรุนแรงที่สุด เกิดขึ้นในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2557 เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเดือนตุลาคม-ธันวาคมมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยอย่างมาก โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนเดือนตุลาคม พ.ศ.2557 มีค่าเท่ากับ 14.1 มม. ซึ่งต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย เดือนตุลาคมอย่างเห็นได้ชัด (155.61 มม.) จึงทำให้ค่าดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานในช่วงเวลา 3 เดือนมีค่าต่ำสุดในช่วงเวลานี้

นอกจากนี้ จะเห็นว่า ในปี พ.ศ.2550 ความชื้นของปริมาณน้ำฝนช่วงเดือนกรกฎาคม (21.6 มม.) มีค่าน้อยกว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกรกฎาคมมาก (156.8 มม.) จึงทำให้ปริมาณน้ำฝนรายปีมีค่าต่ำกว่าปกติ



รูปที่ 4.2-30 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 422006 จังหวัดนนทบุรี

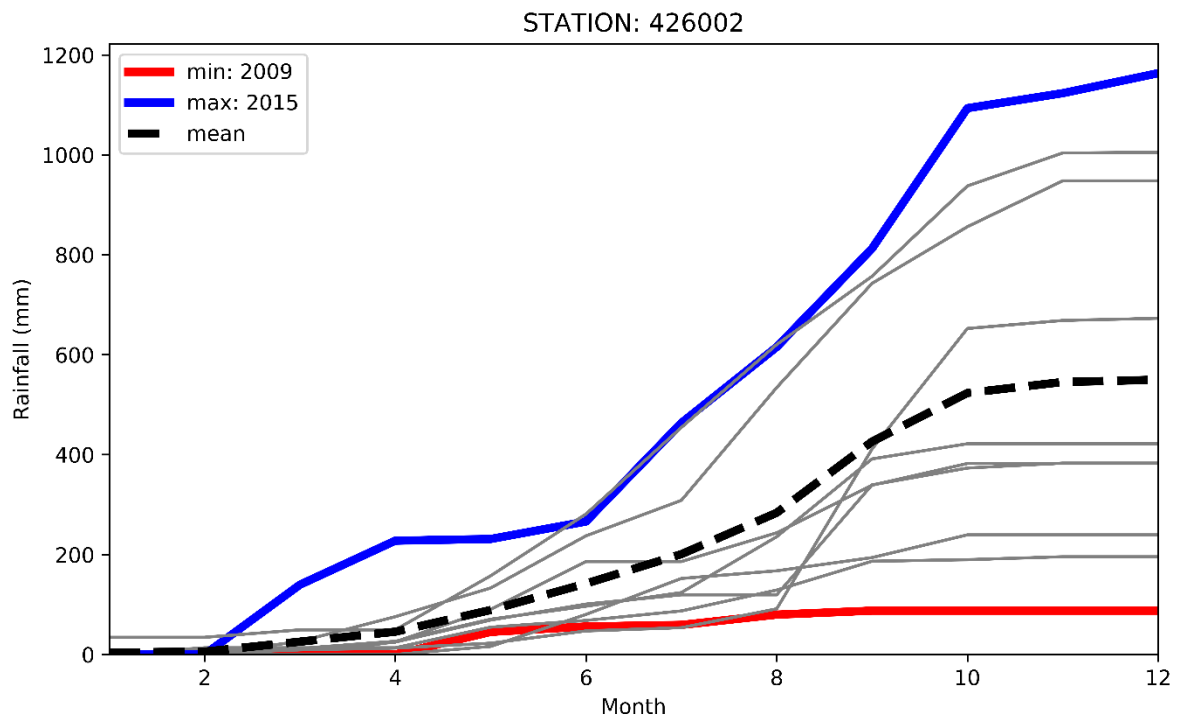
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 426002 ในจังหวัดลพบุรี พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 5 เดือน (สิงหาคม-ธันวาคม พ.ศ.2552), 9 เดือน (กันยายน พ.ศ.2552-พฤษภาคม พ.ศ.2553), 9 เดือน (กันยายน พ.ศ.2552-พฤษภาคม พ.ศ.2553) และ 10 เดือน (กันยายน พ.ศ. 2552-มิถุนายน พ.ศ.2553) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.20 (พฤศจิกายน พ.ศ.2552), -1.93 (พฤศจิกายน พ.ศ.2552), -1.71 (พฤษภาคม พ.ศ. 2553) และ -1.64 (พฤษภาคม พ.ศ.2553) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought)



รูปที่ 4.2-31 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 426002 จังหวัดลพบุรี

จากรูปที่ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีต่ำสุดเท่ากับ 87.6 มม. (พ.ศ.2552) สูงสุดเท่ากับ 1,163.4 มม. (พ.ศ. 2558) และเฉลี่ยเท่ากับ 549.9 มม. ซึ่งช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง และระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดเกิดขึ้นในปี พ.ศ.2552-2553 ซึ่งปริมาณน้ำฝนรายปีของปี พ.ศ.2553 มีค่าเท่ากับ 239.4 มม. ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย อย่างไรก็ตาม สำหรับดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานในช่วงเวลา 3 เดือนที่มีความรุนแรงที่สุดเกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ.2552 เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเดือนกันยายน-พฤศจิกายนมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยอย่างมาก โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนเดือนกันยายน และตุลาคม พ.ศ.2552 มีค่าเท่ากับ 7.9 และ 0 มม. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกันยายน และตุลาคมอย่างเห็นได้ชัด (189.8 และ 155.6 มม.) จึงทำให้ค่าดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานในช่วงเวลา 3 เดือนมีค่าต่ำสุดในช่วงเวลานี้

นอกจากนี้ จะเห็นว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในเดือนกรกฎาคม กันยายน และตุลาคม (156.8 189.8 และ 155.6 มม. ตามลำดับ) มีความชื้นที่สูง กล่าวคือ ปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลานี้ของทุกๆปี มีค่าสูงกว่าเดือนอื่นๆ ซึ่งในปี พ.ศ.2552 ความชื้นของปริมาณน้ำฝนช่วงเดือนกรกฎาคม กันยายน และตุลาคม มีค่าใกล้เคียง 0 กล่าวคือ ปริมาณน้ำฝนในเดือนดังกล่าวมีค่าน้อยมาก (3.2 7.9 และ 0.0 มม. ตามลำดับ) จึงทำให้ปริมาณน้ำฝนรายปีมีค่าต่ำกว่าปกติอย่างมาก



รูปที่ 4.2-32 ปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝน 426002 จังหวัดลพบุรี

จากการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน พบว่า ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้งของดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน มีระยะเวลาที่เกิดใกล้เคียงกัน โดยเมื่อช่วงเวลาของดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานเพิ่มขึ้น ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้งจะมีความยาวนานมากยิ่งขึ้นด้วย เนื่องจากการคำนวณ SPI ในช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้นต้องใช้ปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงเวลาที่ยาวนานมากขึ้น ซึ่งหากในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าทุกปีที่น่ามาคำนวณ จะทำให้ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้งมีแนวโน้มที่จะเกิดนานขึ้น สำหรับสถานีน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2559 จำนวน 10 ปี จะเห็นว่า ช่วงที่เกิดความแห้งแล้งรุนแรง จะเกิดขึ้นในปี พ.ศ.2552-2553 และปี พ.ศ.2557-2558 ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณฝนในช่วงที่พิจารณาต่ำ

4.3 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง SWAT ในการประเมินสภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2550 – 2559 ที่สถานีตรวจวัดน้ำท่าของกรมชลประทานจำนวนทั้งสิ้น 34 สถานี แสดงดัง

ตารางที่ 4.3- และ

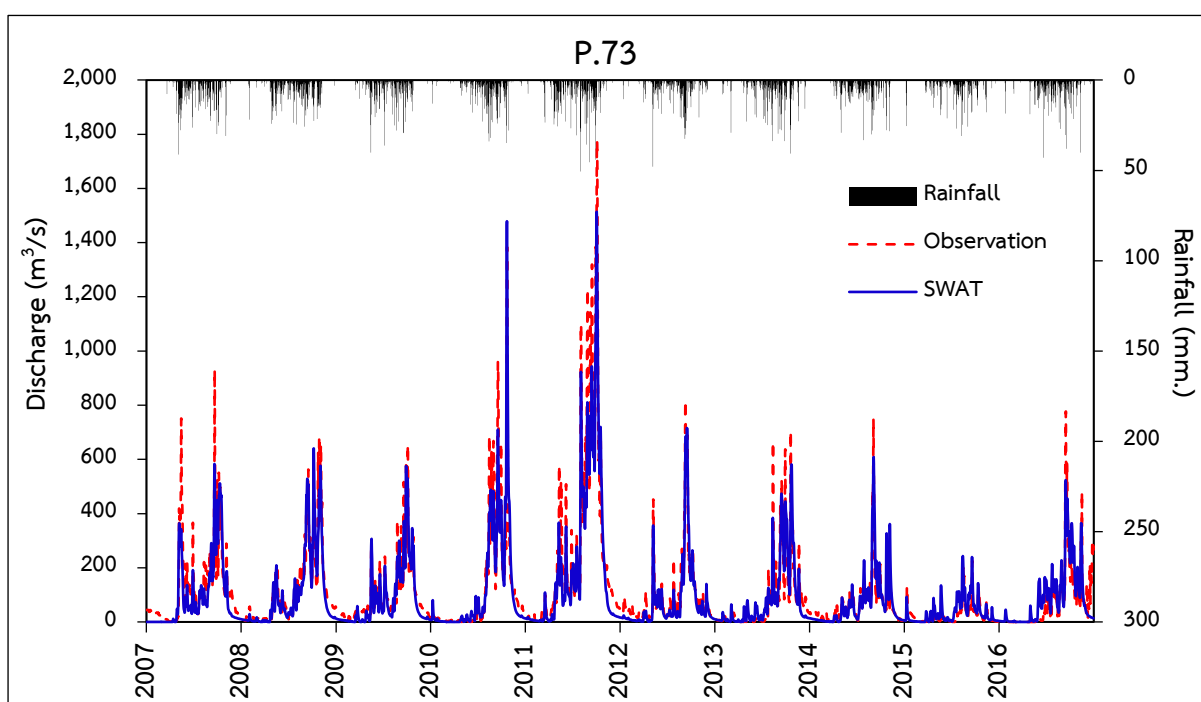
โดยพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนซึ่งประกอบด้วยลุ่มน้ำ ปิง วัง ยม และ น่าน มีจำนวน 27 สถานี พบว่า โดยส่วนใหญ่มีค่า NSE และ R^2 สูงกว่า 0.75 และ 0.80 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและดีมาก ถึงแม้ว่าบางสถานีจะมีค่า NSE และ R^2 ต่ำกว่า 0.75 แต่ยังคงมีค่าสูงกว่า 0.6 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และเกือบทั้งหมดเป็นสถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำซึ่งมีค่าอัตราการไหลต่ำและค่อนข้างผันผวน ในขณะที่ผลการเปรียบเทียบที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง จำนวนทั้งสิ้น 7 สถานี ที่อยู่ในขอบเขตของลุ่มแม่น้ำสะแกกรัง เจ้าพระยา และ ป่าสัก พบว่า ค่า NSE และ R^2 ของลุ่มน้ำเจ้าพระยาและป่าสักอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ส่วนลุ่มแม่น้ำสะแกกรังนั้นมีค่าต่ำกว่า 0.75 แต่ยังคงสูงกว่า 0.6 เนื่องจากเป็นสถานีที่มีการติดตั้งอยู่ในพื้นที่บริเวณท้ายน้ำใกล้กับปากแม่น้ำจึงอาจได้รับผลกระทบมาจากการหนุนของน้ำทะเลจากทะเลบริเวณอ่าวไทย ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบของแต่ละลุ่มน้ำย่อยแสดงดังรูปที่ 4.3-1 ถึง รูปที่ 4.3-

ตารางที่ 4.3-1 ผลการเปรียบเทียบที่สถานีต่างๆในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

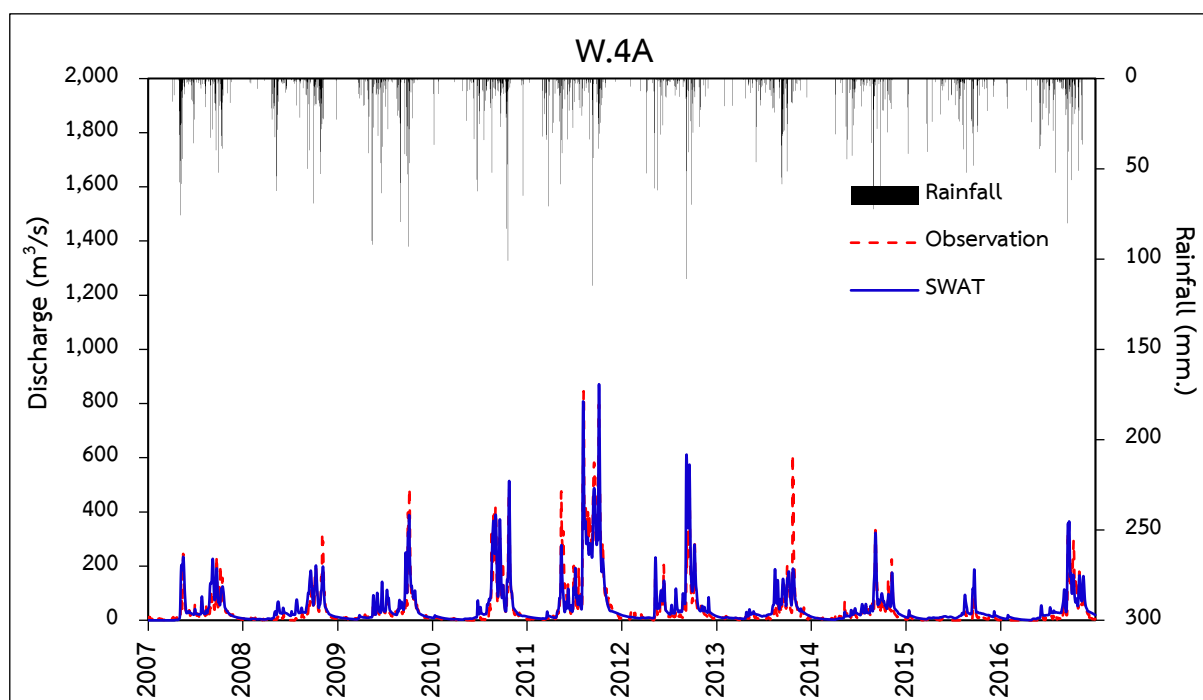
Basin	Station	Index		
		<i>NSE</i>	R^2	<i>RMSE</i>
Ping	P.4A	0.600	0.603	11.560
	P.67	0.695	0.708	25.184
	P.1	0.714	0.743	27.581
	P.73	0.874	0.876	61.478
	Inflow Bhumibol Dam	0.861	0.865	105.487
	Outflow Bhumibol Dam	0.904	0.911	49.345
	P.12C	0.843	0.848	72.069
	P.2A	0.842	0.849	82.693
	P.7A	0.834	0.852	97.817
	P.15	0.785	0.826	146.970
	P.17	0.779	0.824	130.884
Wang	W.21	0.603	0.610	19.148
	W.3A	0.784	0.787	39.480
	W.23	0.788	0.801	38.175
	W.4A	0.821	0.837	36.115
Yom	Y.20	0.657	0.662	49.975
	Y.1C	0.780	0.781	58.466
	Y.6	0.750	0.754	89.116
	Y.16	0.853	0.880	81.017
	Y.5	0.858	0.880	115.078
Nan	N.13A	0.752	0.753	171.185
	Inflow Sirikit Dam	0.771	0.808	123.774
	Outflow Sirikit Dam	0.830	0.887	52.983
	N.60	0.845	0.925	75.164
	N.7A	0.870	0.873	94.367
	N.8A	0.844	0.862	115.109
	N.67	0.612	0.826	205.157

ตารางที่ 4.3-1 ผลการเปรียบเทียบที่สถานีต่างๆในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

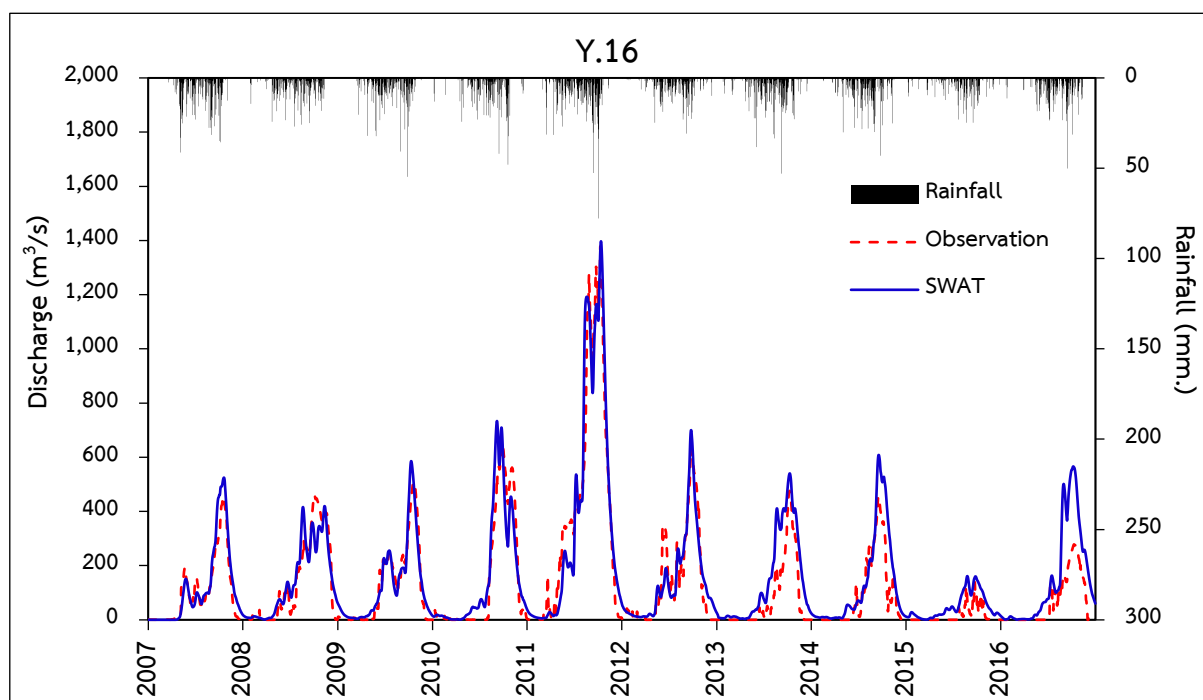
Basin	Station	Index		
		<i>NSE</i>	<i>R-square</i>	<i>RMSE</i>
Sakae Krang	Ct.8	0.630	0.691	32.154
Chao Phraya	C.2	0.868	0.872	248.024
	C.13	0.811	0.817	296.757
	C.3	0.749	0.778	330.362
Pa Sak	Inflow Pa Sak Dam	0.803	0.810	72.853
	Outflow Pa Sak Dam	0.958	0.971	26.481
	S.26	0.810	0.817	64.015



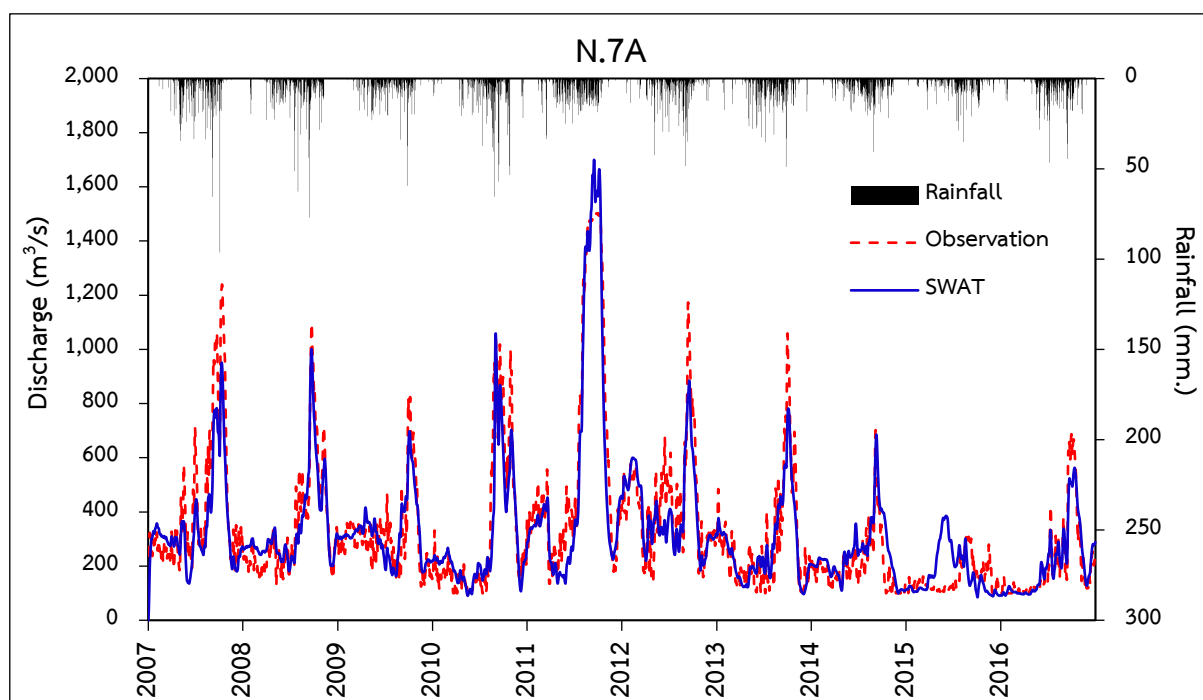
รูปที่ 4.3-1 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี P.73



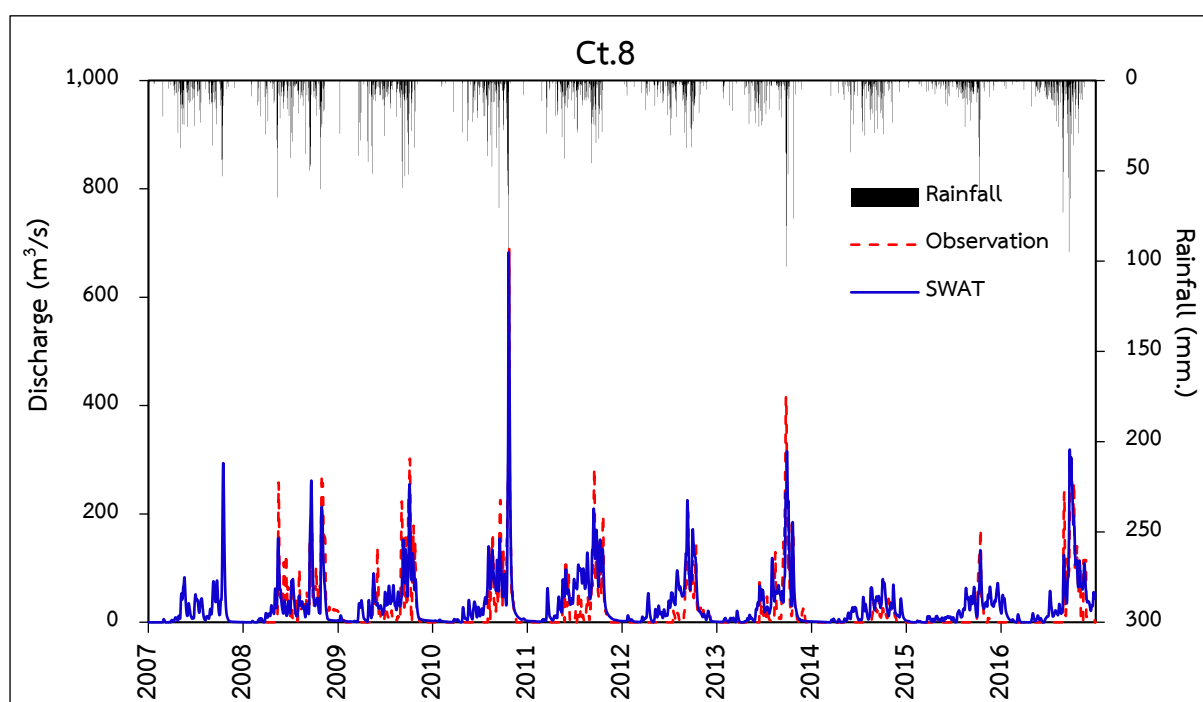
รูปที่ 4.3-2 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี W.4A



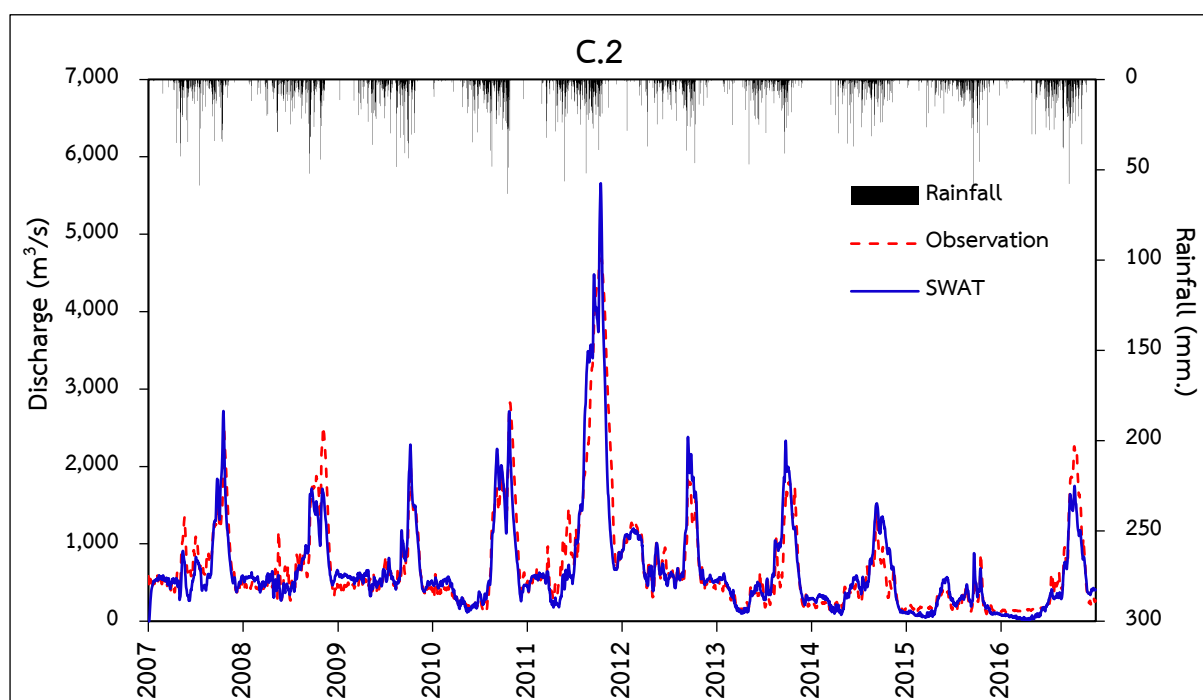
รูปที่ 4.3-3 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี Y.16



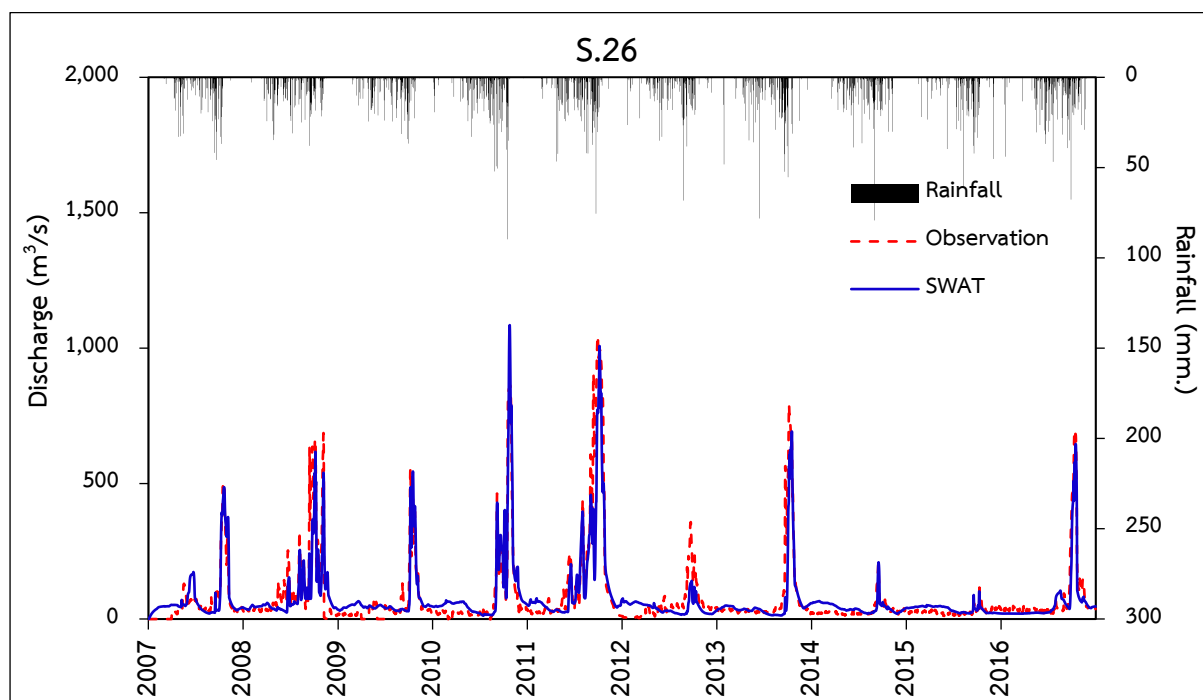
รูปที่ 4.3-4 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี N.7A



รูปที่ 4.3-5 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี Ct.8



รูปที่ 4.3-6 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี C.2



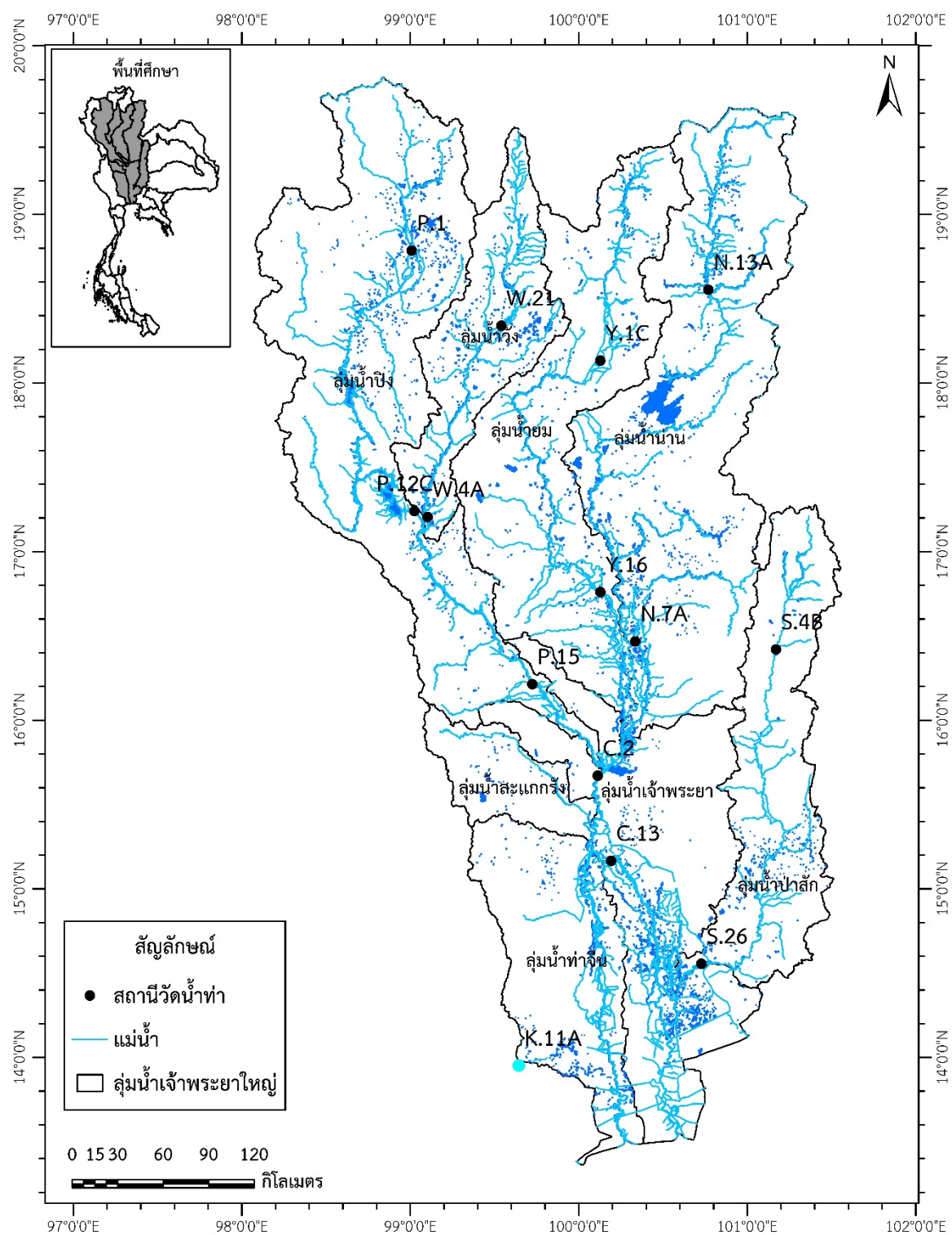
รูปที่ 4.3-7 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลตรวจวัดที่สถานี S.26

4.4 ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐาน (SRI)

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐาน (SRI) ในพื้นที่ศึกษา จำนวน 27 สถานี โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2559 จำนวน 10 ปี แบ่งการคำนวณออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12 ในการวิเคราะห์จะวิเคราะห์ทั้ง 27 สถานี และแสดงผลการวิเคราะห์สำหรับ 14 สถานีหลักที่อยู่ในลำน้ำสายหลัก บริเวณตอนบนและตอนล่างของกลุ่มน้ำ หรือเป็นสถานีที่พบปัญหาภัยแล้ง สถานีหลักที่ใช้วิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 4.4-1 และ ตารางที่ 4.4- 1 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.4-1 สถานีวัดน้ำท่าหลักในพื้นที่กลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

ลำดับ	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	ลุ่มน้ำ
1	P.1	สะพานนารัฐ	เชียงใหม่	ปิง
2	P.12C	บ้านย่านรี	ตาก	ปิง
3	P.15	คลองขลุง	กำแพงเพชร	ปิง
4	W.21	บ้านท่าเตื่อ	ลำปาง	วัง
5	W.4A	บ้านวังหมั่น	ตาก	วัง
6	Y.1C	บ้านน้ำโค้ง	แพร่	ยม
7	Y.16	บ้านบางระกำ	พิษณุโลก	ยม
8	N.13A	บ้านบุญนาค	น่าน	น่าน
9	N.7A	บ้านราชช้างขวัญ	พิจิตร	น่าน
10	S.4B	ในเมือง	เพชรบูรณ์	ป่าสัก
11	S.26	ท้ายเขื่อนพระรามหก	พระนครศรีอยุธยา	ป่าสัก
12	C.2	ค่ายจิรประวัติ	นครสวรรค์	เจ้าพระยา
13	C.13	เขื่อนเจ้าพระยา	ชัยนาท	เจ้าพระยา
14	K.11A	บ้านวังขนาย	กาญจนบุรี	แม่กลอง

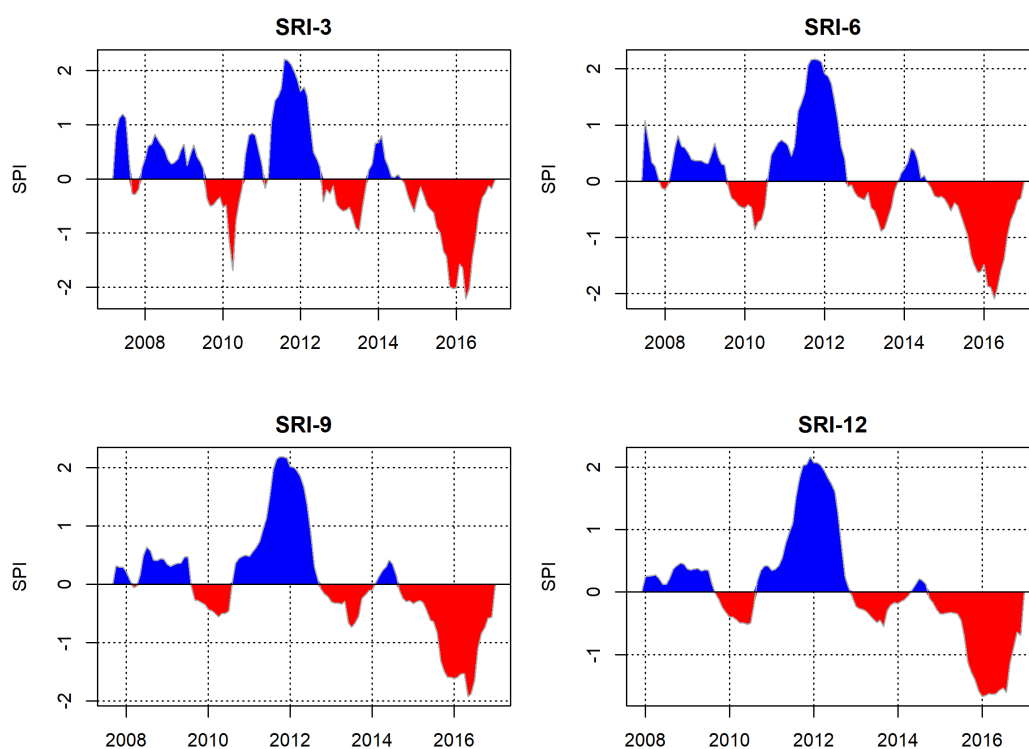


รูปที่ 4.4-1 สถานีวัดน้ำท่าหลักในพื้นที่กลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

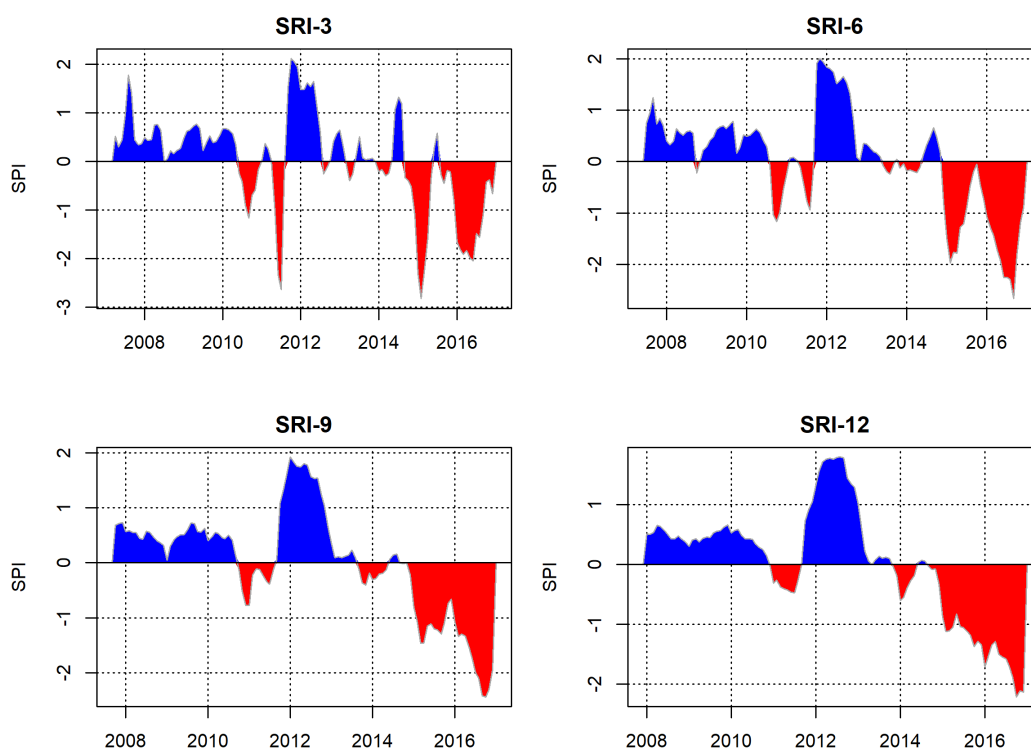
ดัชนีน้ำท่ามาตรฐานมีพื้นฐานการคำนวณเช่นเดียวกับดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน เพียงแต่ทำการเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าเป็นปริมาณน้ำท่าแทนปริมาณน้ำฝนในระยะเวลาที่ต้องการวิเคราะห์ แนวทางการวิเคราะห์ดัชนีน้ำท่ามาตรฐานจึงเป็นไปในรูปแบบคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์ดัชนีน้ำฝนมาตรฐานได้

ลุ่มน้ำปิง

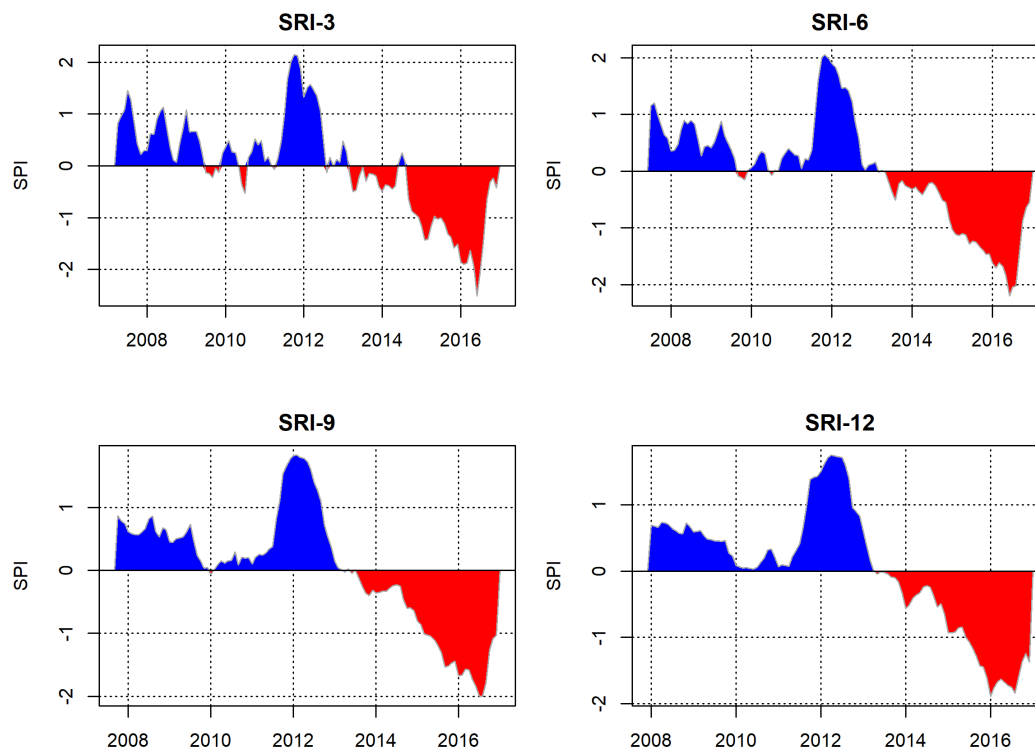
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่สถานี P.1 ในจังหวัดเชียงใหม่, P.12C ในจังหวัดตากและ P.15 ในจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4-2 ถึง 4.4-4 โดยช่วงเวลาที่มีการเกิดภัยแล้งยาวนานและมีความรุนแรงอยู่ในระดับสูง (Severely drought) คือช่วงปี 2015-2016



รูปที่ 4.4-2 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.1 จังหวัดเชียงใหม่



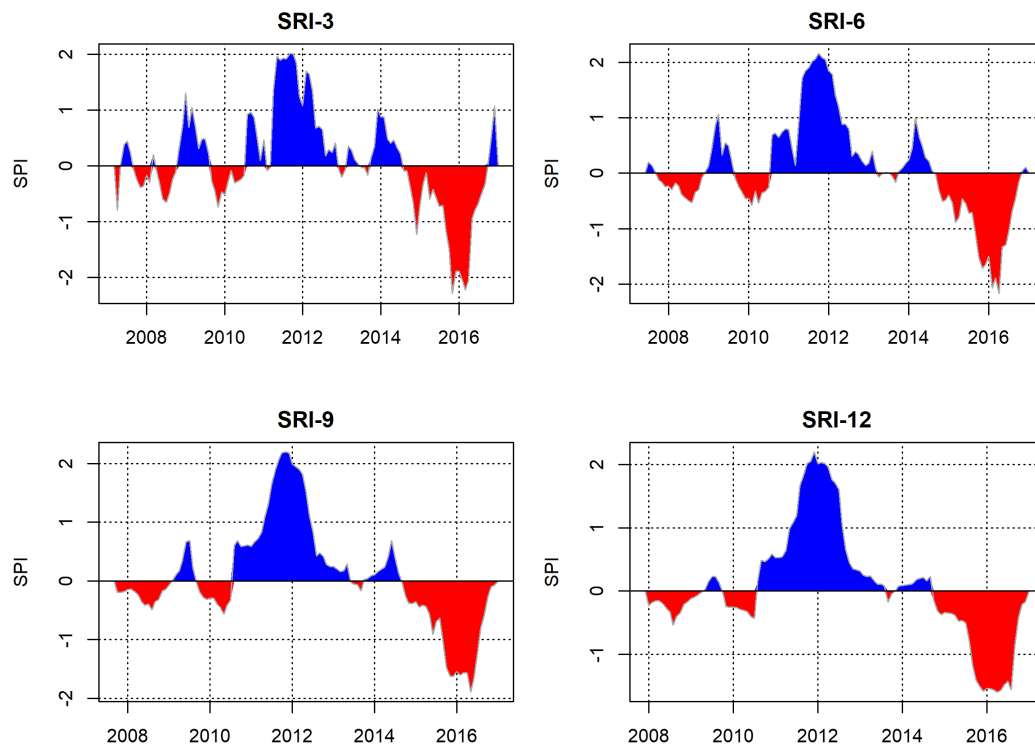
รูปที่ 4.4-3 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.12C จังหวัดตาก



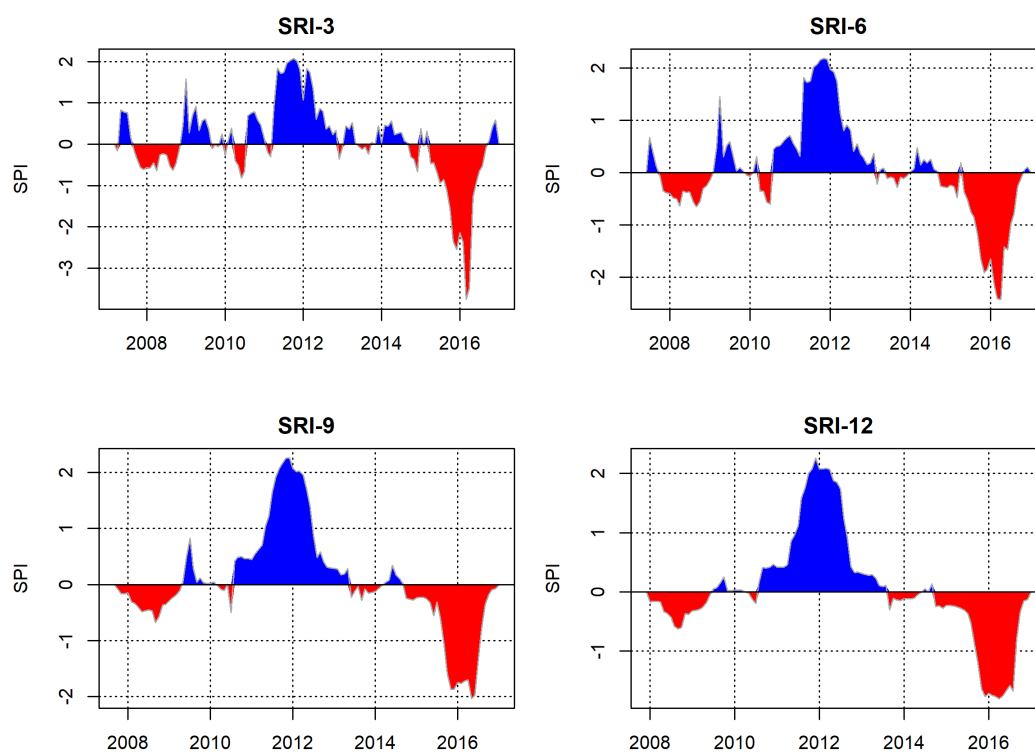
รูปที่ 4.4-4 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.15 จังหวัดกำแพงเพชร

ลุ่มน้ำวัง

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่สถานี W.21 ในจังหวัดกำแพงเพชรและ W.4A ในจังหวัดลำปาง พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4-5 และ 4.4-6 โดยช่วงเวลาที่มีการเกิดภัยแล้งยาวนานและมีความรุนแรงอยู่ในระดับสูง (Severely drought) คือช่วงปี 2015-2016



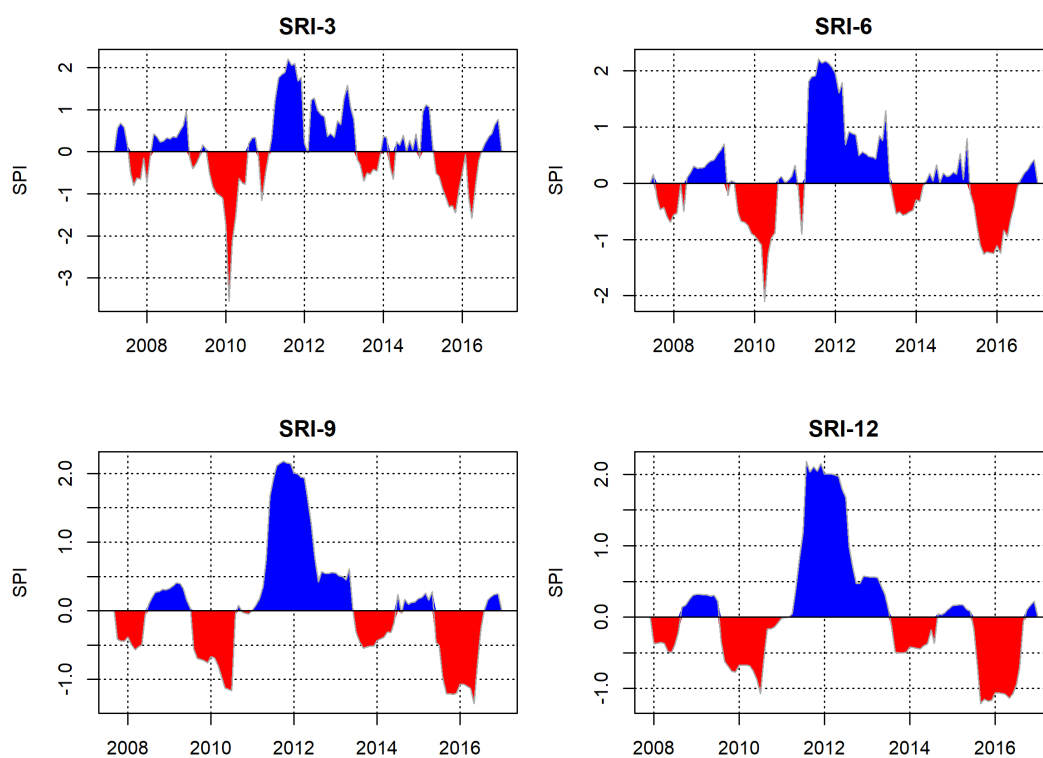
รูปที่ 4.4-5 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.21 จังหวัดกำแพงเพชร



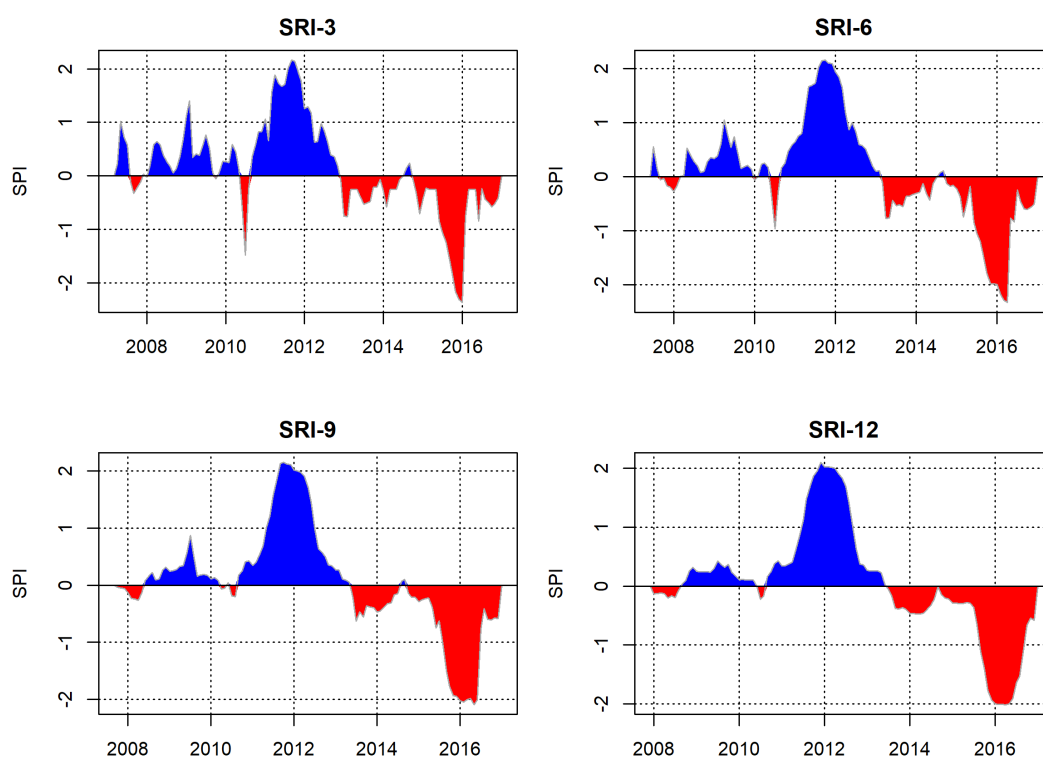
รูปที่ 4.4-6 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.4A จังหวัดลำปาง

ลุ่มน้ำยม

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่สถานี Y.1C ในจังหวัดแพร่และ Y.16 ในจังหวัดพิษณุโลก พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4-7 และ 4.4-8 โดยช่วงเวลาที่มีการเกิดภัยแล้งยาวนานและมีความรุนแรงอยู่ในระดับสูง (Severely drought) ของสถานี Y.1C คือช่วงปี 2009-2010 และ 2015-2016 ขณะที่ในสถานี Y.16 ช่วงเวลาที่มีการเกิดภัยแล้งยาวนานและมีความรุนแรงอยู่ในระดับสูง (Severely drought) คือช่วงปี 2015-2016



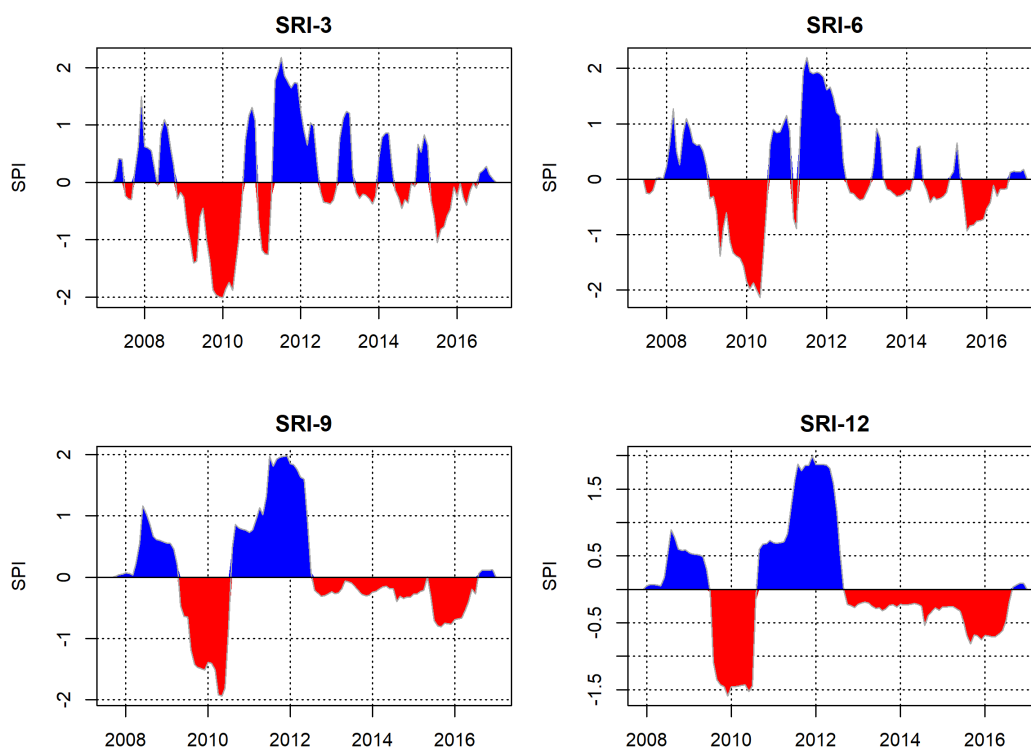
รูปที่ 4.4-7 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.1C จังหวัดแพร่



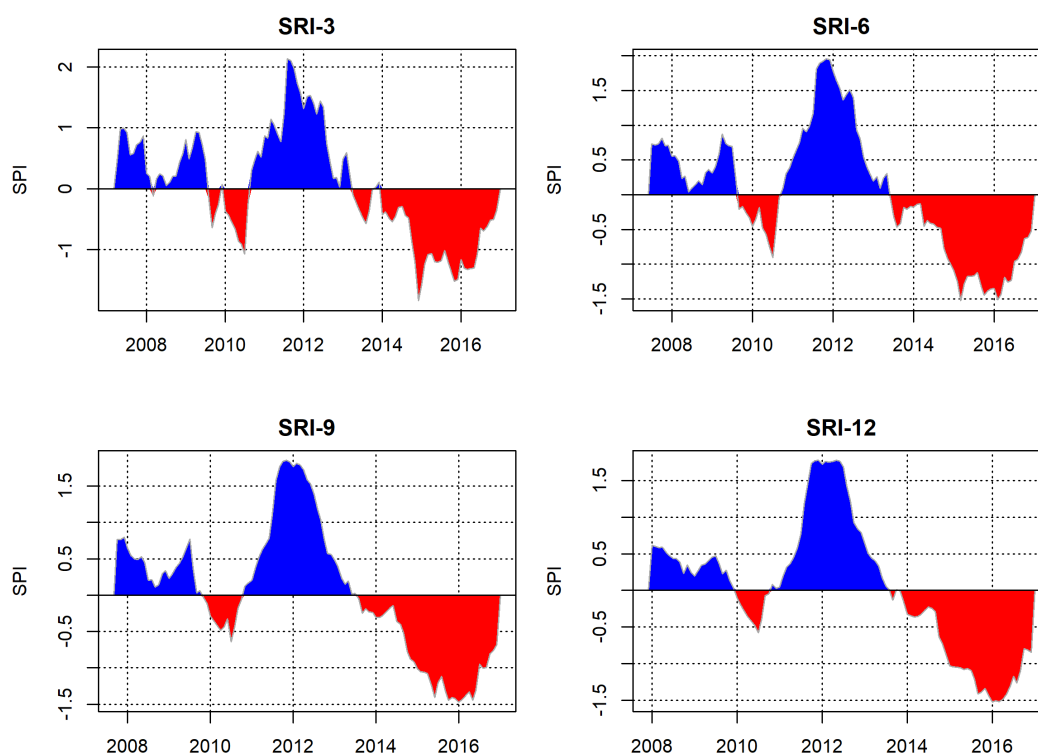
รูปที่ 4.4-8 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.16 จังหวัดพิษณุโลก

ลุ่มน้ำน่าน

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่สถานี N.13A ในจังหวัดน่านและ N.7A ในจังหวัดพิจิตร พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4-9 และ 4.4-10 โดยช่วงเวลาที่มีการเกิดภัยแล้งยาวนานและมีความรุนแรงอยู่ในระดับปานกลาง (Moderately drought) ของสถานี N.13A คือช่วงปี 2009-2010 ขณะที่ในสถานี N.7A ช่วงเวลาที่มีการเกิดภัยแล้งยาวนานและมีความรุนแรงอยู่ในระดับปานกลาง (Moderately drought) คือช่วงปี 2015-2016



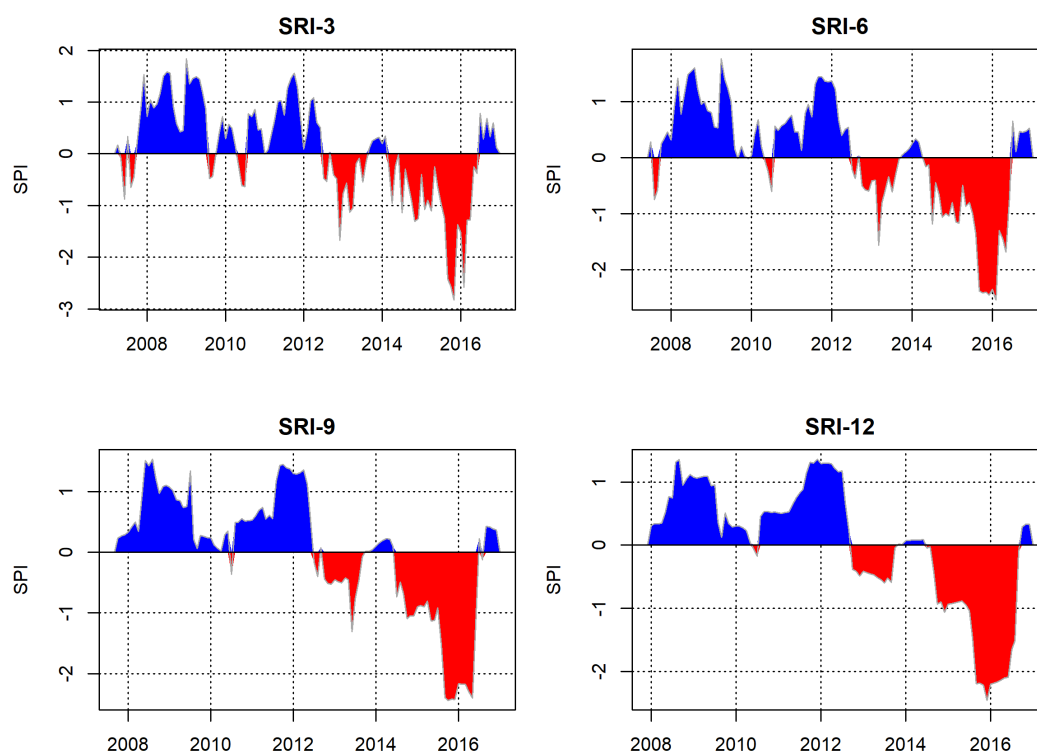
รูปที่ 4.4-9 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.13A จังหวัดน่าน



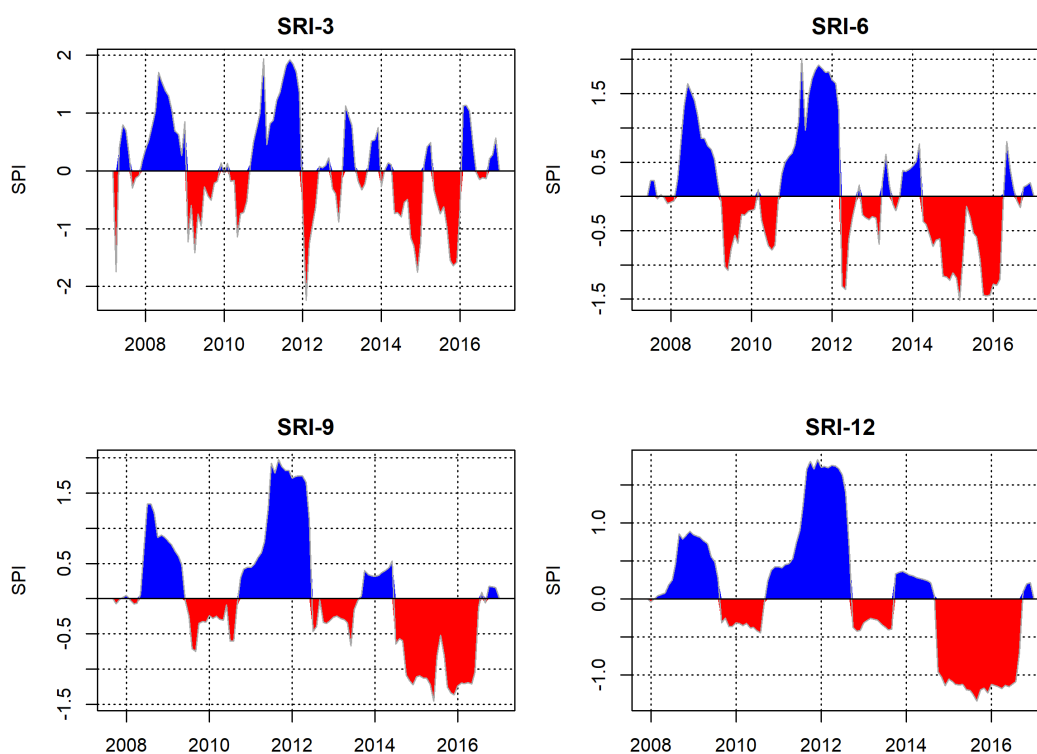
รูปที่ 4.4-10 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.7A จังหวัดพิจิตร

ลุ่มน้ำป่าสัก

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่สถานี S.4B ในจังหวัดเพชรบูรณ์และ S.26 ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4-11 และ 4.4-12 โดยช่วงเวลาที่มีการเกิดภัยแล้งยาวนานและมีความรุนแรงอยู่ในระดับสูง (Severely drought) ของสถานี S.4B คือช่วงปี 2015-2016 ในขณะที่ ณ ช่วงเวลาเดียวกันความรุนแรงของภัยแล้งที่สถานี S.26 อยู่ในระดับปานกลาง (Moderately drought)



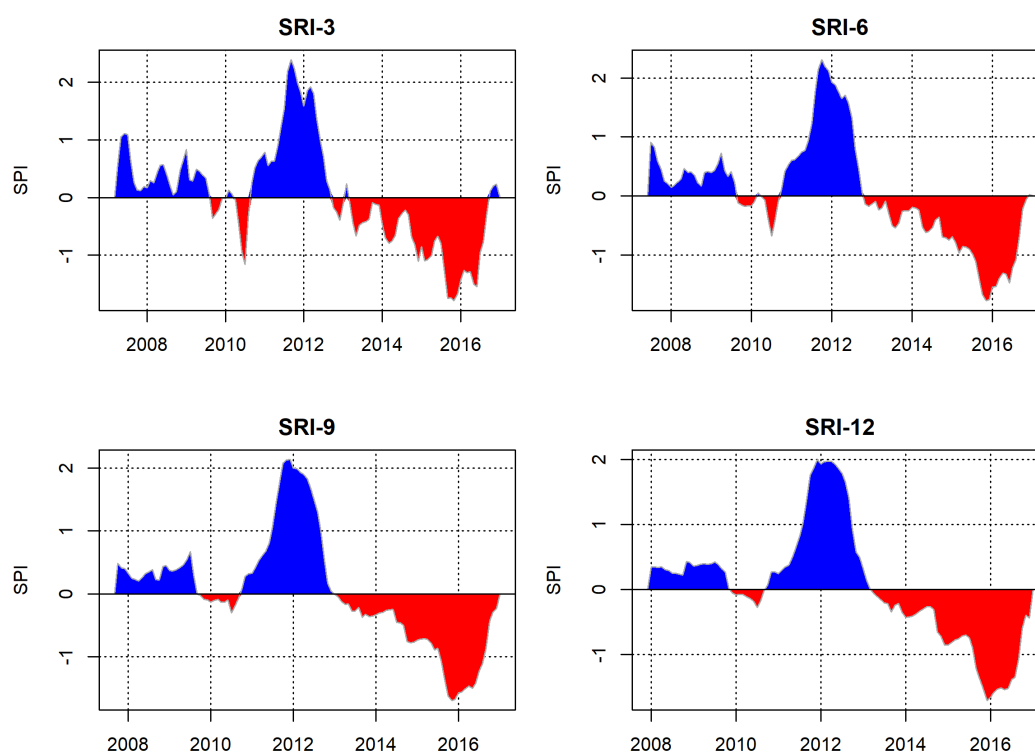
รูปที่ 4.4-11 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.4B จังหวัดเพชรบูรณ์



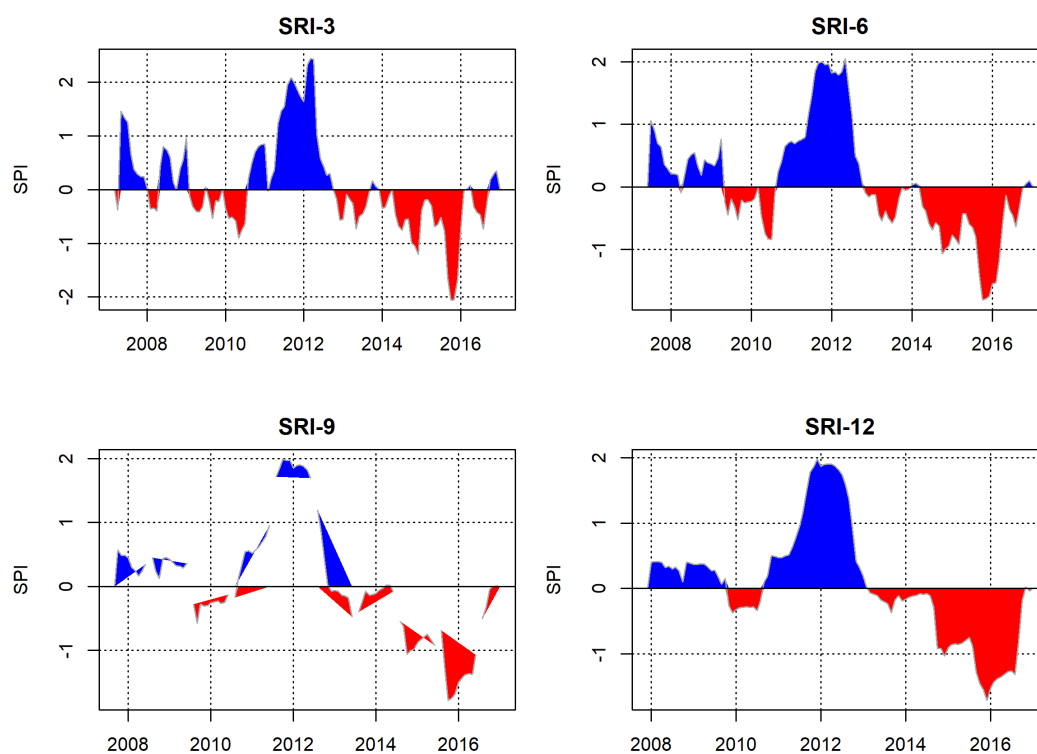
รูปที่ 4.4-12 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.26 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่สถานี C.2 ในจังหวัดนครสวรรค์และ C.13 ในจังหวัดชัยนาท พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4-13 และ 4.4-14 โดยทั้งสถานี C.2 และ C.13 มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้งที่มีความรุนแรงอยู่ในระดับปานกลาง (Moderately drought) ในช่วงปี 2015-2016



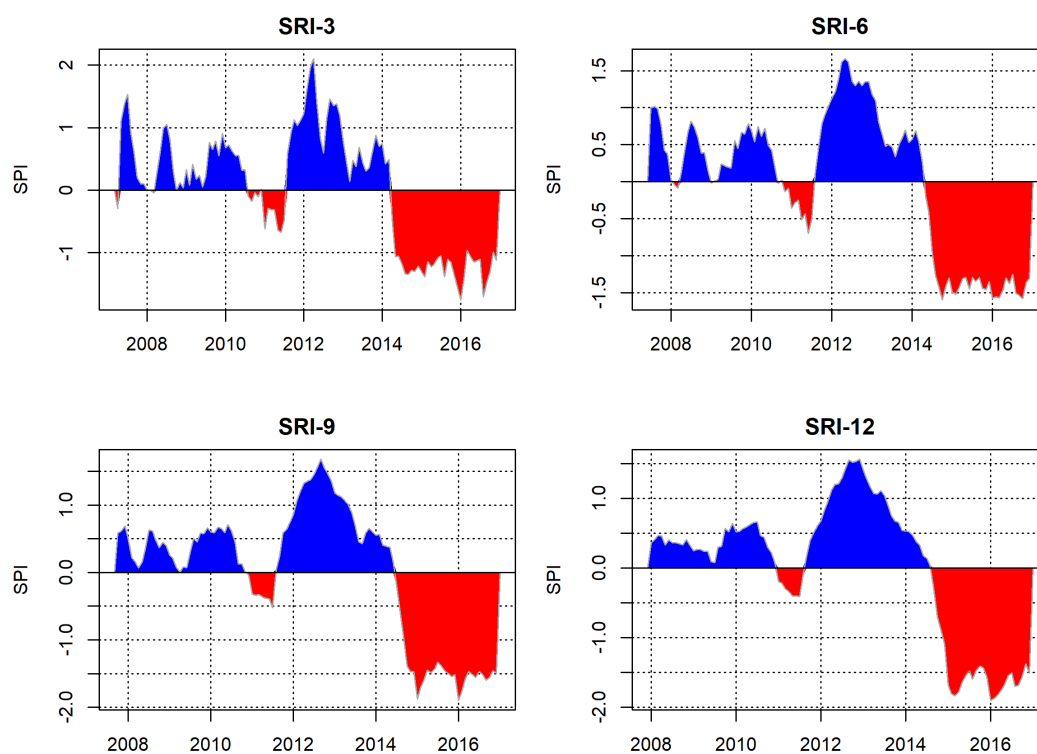
รูปที่ 4.4-13 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.2 จังหวัดนครสวรรค์



รูปที่ 4.4-14 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.13 จังหวัดชัยนาท

ลุ่มน้ำแม่กลอง

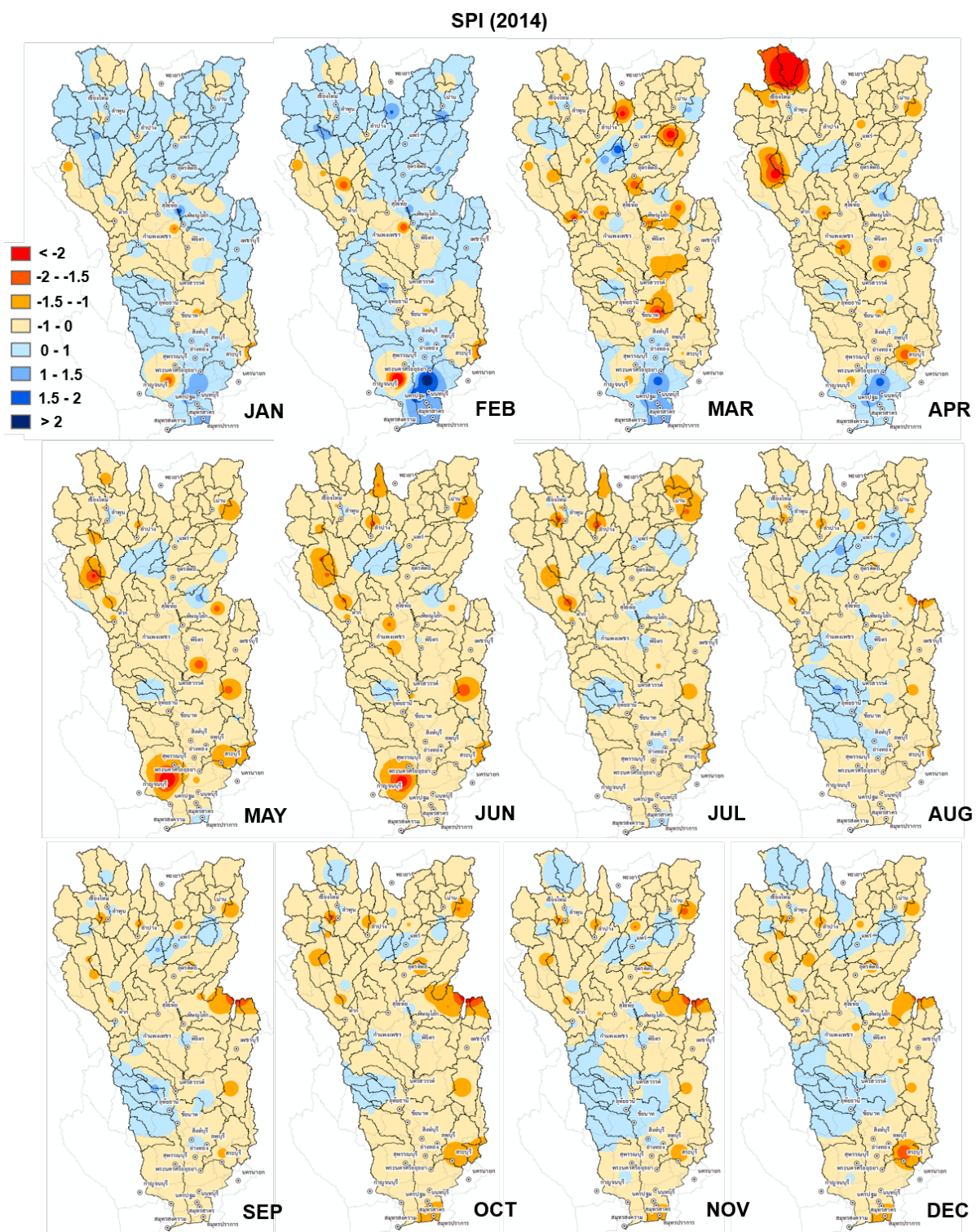
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่สถานี K.11A ในจังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4-15 โดย มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้งที่มีความรุนแรงอยู่ในระดับปานกลาง (Moderately drought) ในช่วงปี 2014-2016



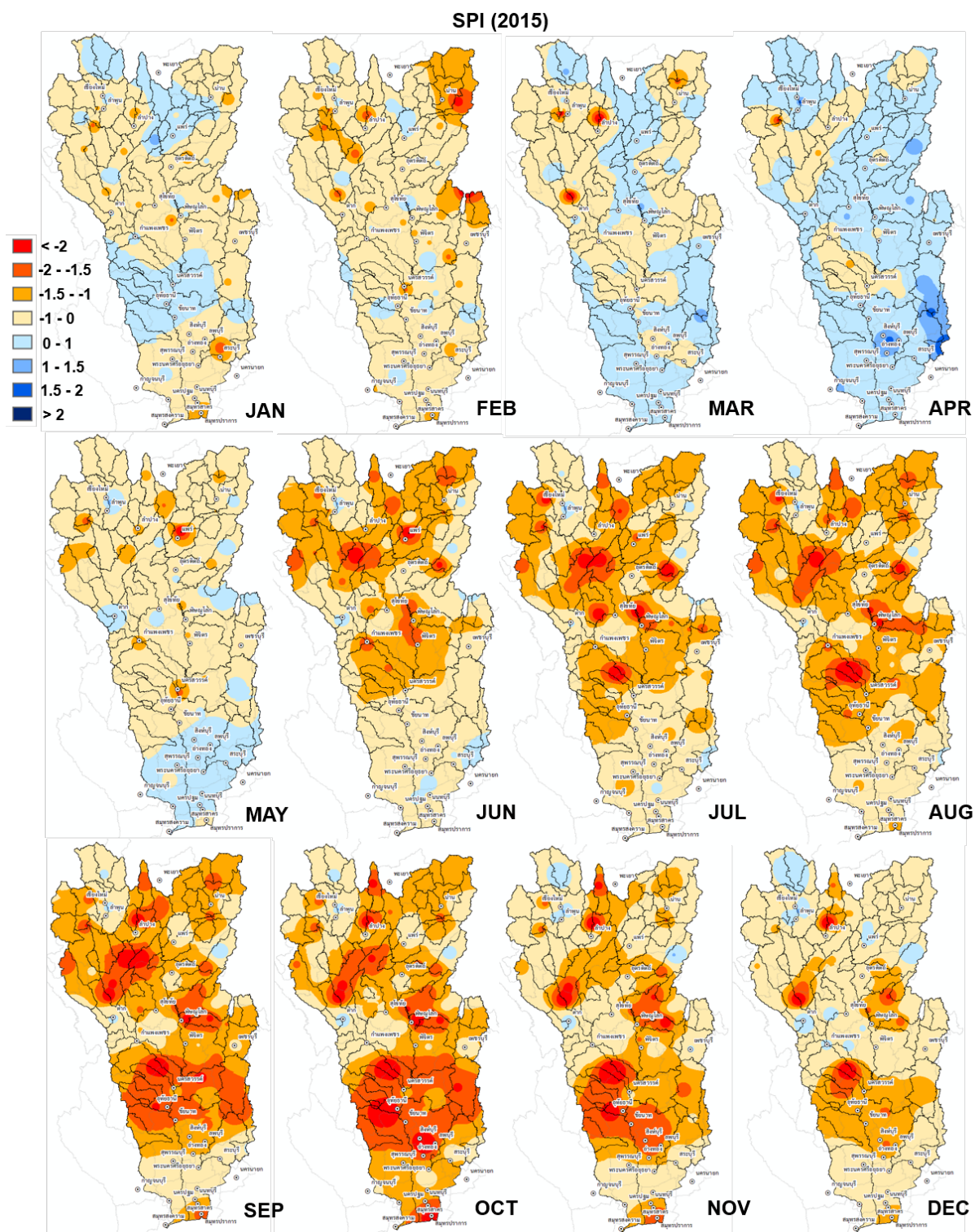
รูปที่ 4.4-15 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า K.11A จังหวัดกาญจนบุรี

4.5 แผนที่ SPI-3, SRI-3, และการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI-3 กับ SRI-3 ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

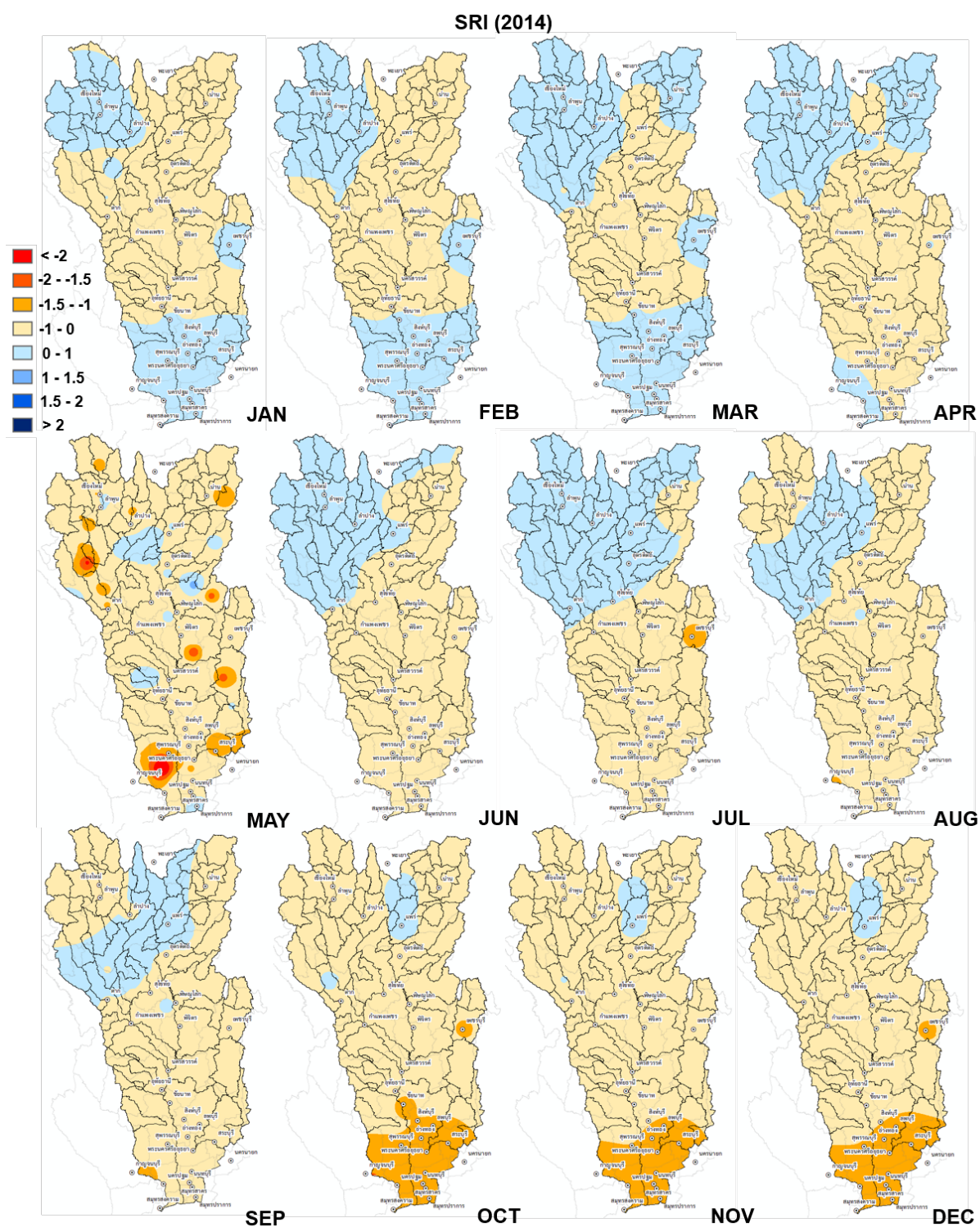
จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน, ดัชนีน้ำท่ามาตรฐาน และการวิเคราะห์ร่วมกันของทั้งสองดัชนีในเชิงพื้นที่ ซึ่งดังแสดงในรูปที่ 4.5-1 ถึง 4.5-6 พบว่าความแห้งแล้งในปี พ.ศ. 2557 (ค.ศ. 2014) ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปกติ ในขณะที่ในปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015) แสดงให้เห็นถึงการเกิดภัยแล้งที่รุนแรงตั้งแต่ระดับปานกลางไปจนถึงระดับสูงมากในช่วงเดือนมิถุนายน-ธันวาคม เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน ในช่วงเดือนสิงหาคม-ธันวาคม เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีน้ำท่ามาตรฐาน และ ในช่วงเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม เมื่อทำการพิจารณาจากทั้งสองดัชนีร่วมกัน โดยพื้นที่บริเวณตอนกลางของลุ่มน้ำที่จังหวัดพิษณุโลก นครสวรรค์ และ อุทัยธานี ถือเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการประสบกับภัยแล้งในระดับระดับที่สูงถึงสูงมาก รวมถึงจังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง และน่าน ในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำ



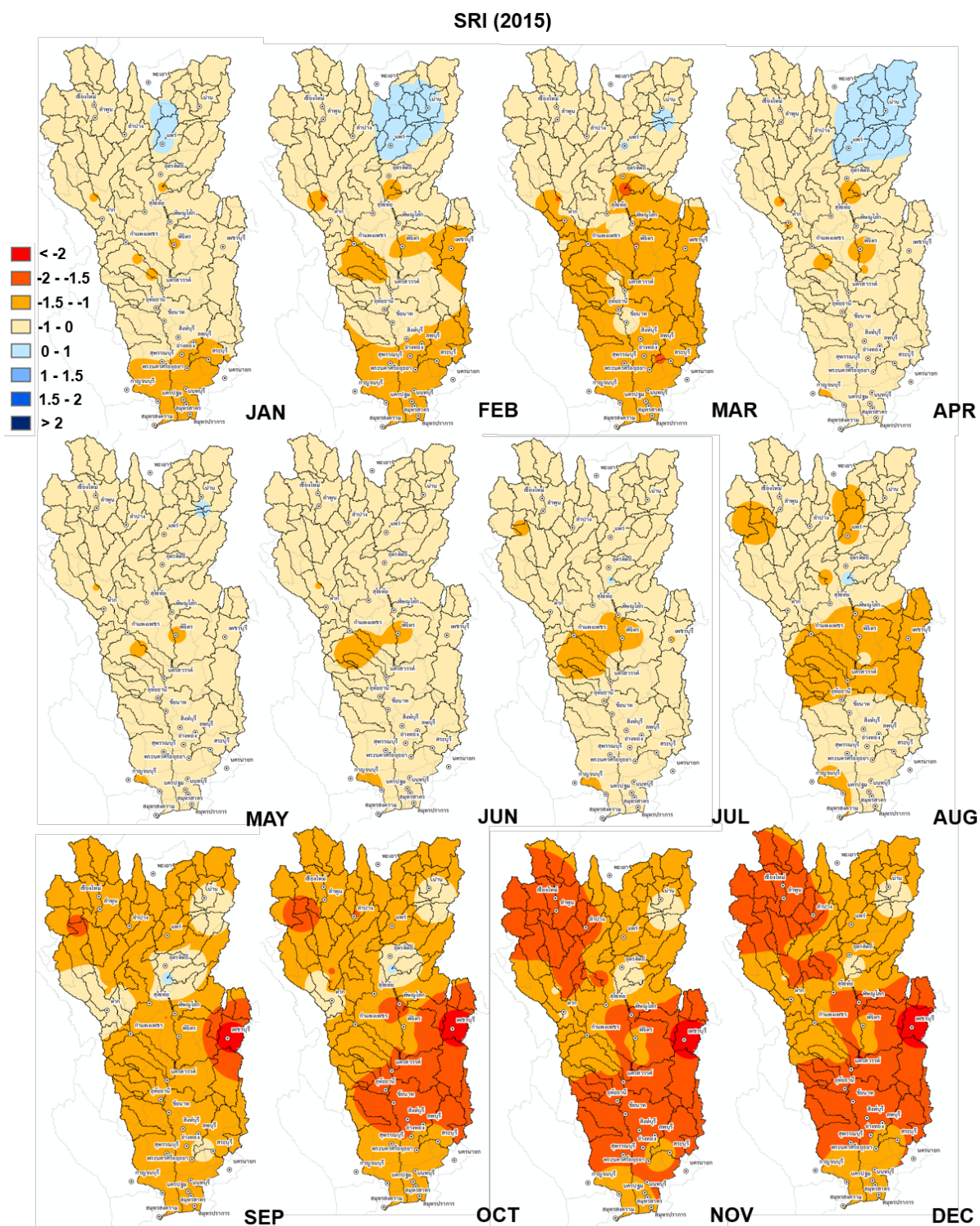
รูปที่ 4.5-1 แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2557



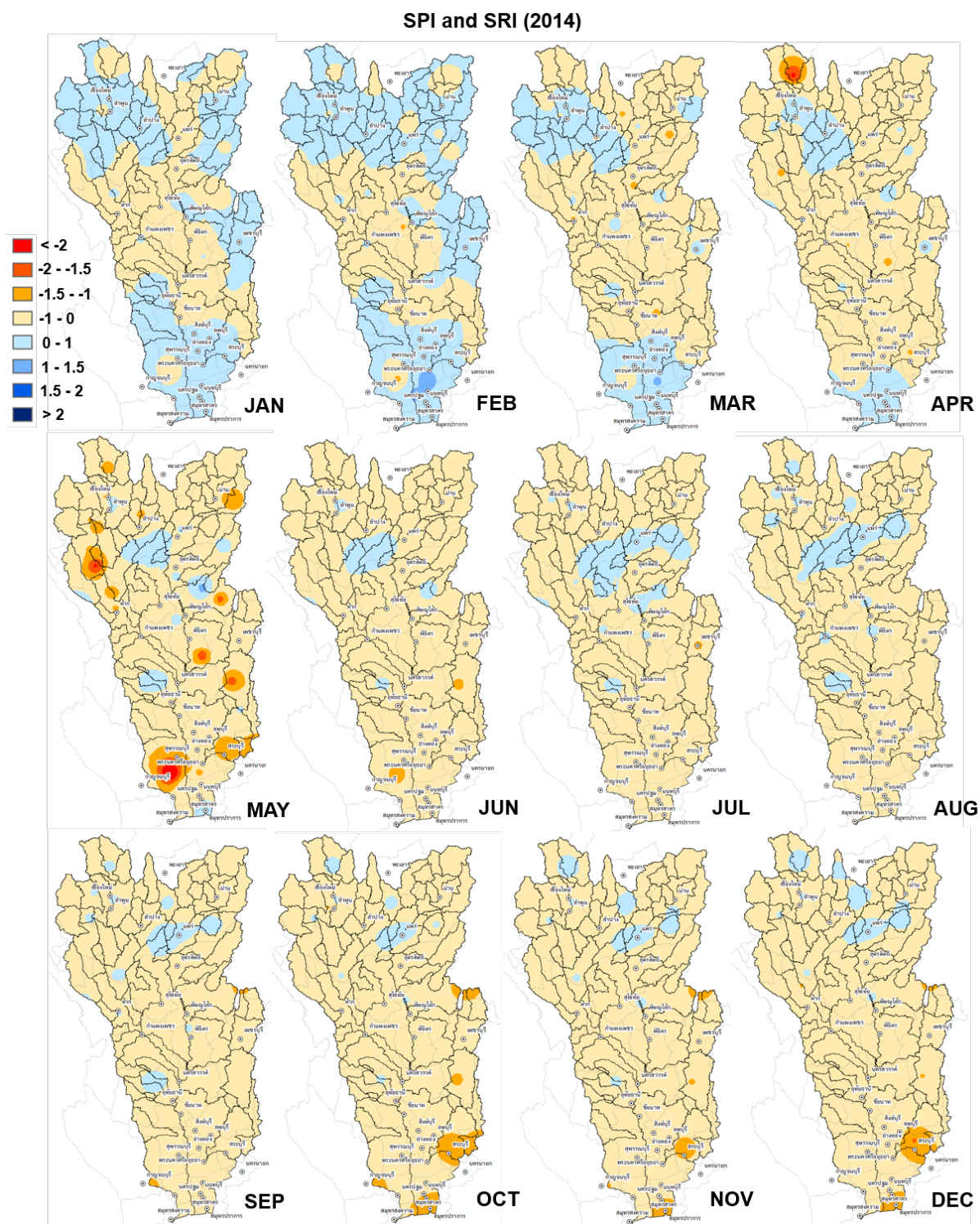
รูปที่ 4.5-2 แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2558



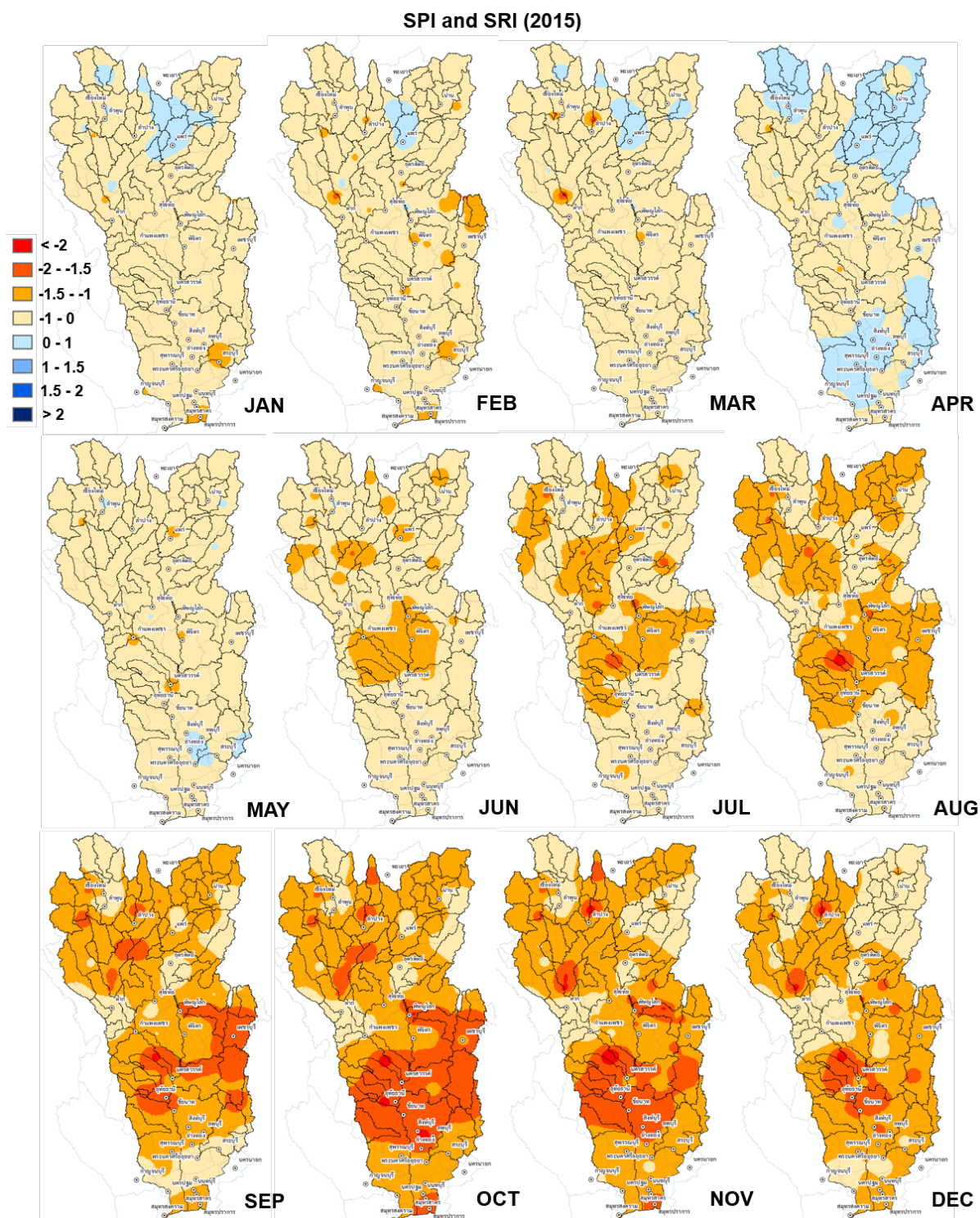
รูปที่ 4.5-3 แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2557



รูปที่ 4.5-4 แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2558



รูปที่ 4.5-5 แผนที่ดัชนีรวมปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ามาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2557



รูปที่ 4.5-6 แผนที่ดัชนีรวมปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ามาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2558

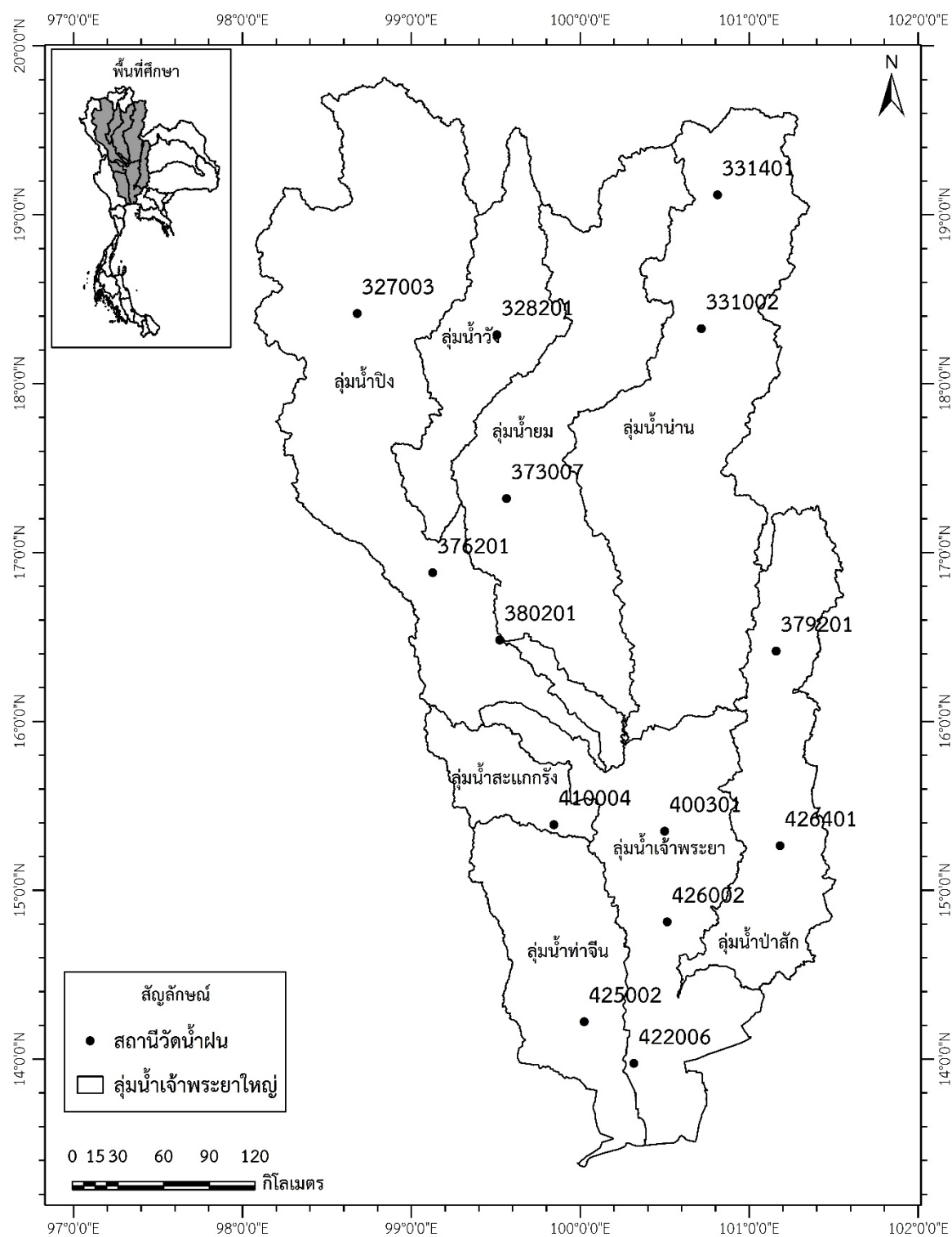
4.6 การพยากรณ์ภัยแล้งล่วงหน้าราย 6 เดือน

4.6.1 ผลการวิเคราะห์การคาดการณ์ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) ราย 6 เดือน

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) ในพื้นที่ศึกษา จำนวน 77 สถานี โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2555 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2564 จำนวน 9 ปี สามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ SPI 3, SPI 6, SPI 9 และ SPI 12 ในการวิเคราะห์จะวิเคราะห์ทั้ง 77 สถานี แต่การนำเสนอจะเลือกสถานีหลักในแต่ละลุ่มน้ำมาเป็นตัวแทนในการแสดงผล โดยสถานีหลักที่เลือกมานี้เป็นสถานีตัวแทนที่อยู่บริเวณตอนบนและตอนล่างของกลุ่มน้ำที่พบปัญหาภัยแล้ง และเป็นสถานีที่มีคุณภาพข้อมูลดี ดังนั้นโดยส่วนใหญ่แล้ว ตัวแทนสถานีที่เลือกมานี้จะเป็นสถานีตรวจอากาศหรือสถานีที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ของหน่วยงานราชการ ผลการวิเคราะห์สถานีหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ จำนวน 14 สถานี แสดงดังรูปที่ และตารางที่ 4.2 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.6-1 สถานีวัดน้ำฝนหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

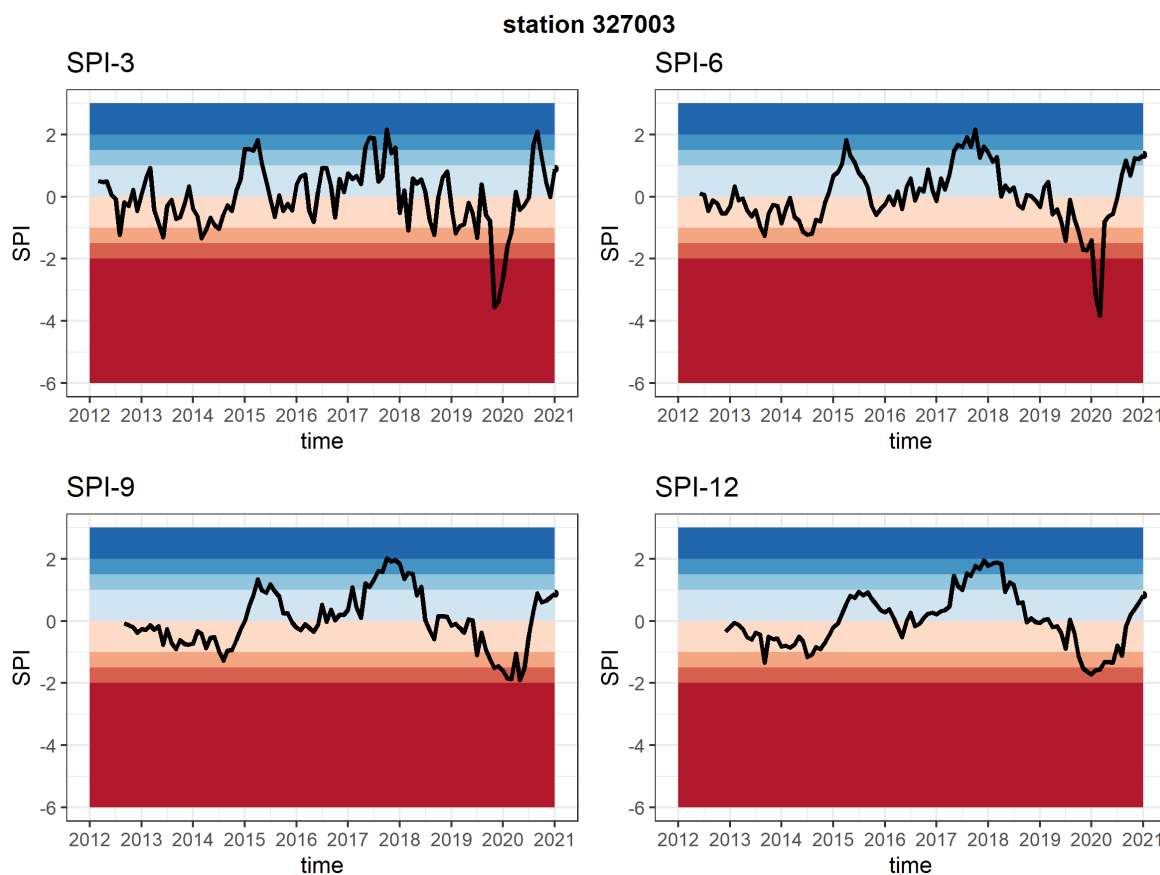
ลำดับ	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	ลุ่มน้ำ
1	327003	จอมทอง	เชียงใหม่	ปิง
2	376201	สตอ.ตาก	ตาก	ปิง
3	380201	สตอ.กำแพงเพชร	กำแพงเพชร	ปิง
4	328201	สตอ.ลำปาง	ลำปาง	วัง
5	373007	ทุ่งเสลี่ยม	สุโขทัย	ยม
6	331002	น่าน้อย	น่าน	น่าน
7	331401	สอท.ท่าวังผา	น่าน	น่าน
8	410004	หนองฉาง	อุทัยธานี	สะแกกรัง
9	425002	สนง.เกษตร อ.สองพี่น้อง	สุพรรณบุรี	ท่าจีน
10	379201	สตอ.เพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	ป่าสัก
11	426401	สอท.บัวชุม	ลพบุรี	ป่าสัก
12	400301	สภช.ตากฟ้า	นครสวรรค์	เจ้าพระยา
13	422006	ไทรน้อย	นนทบุรี	เจ้าพระยา
14	426002	ท่าวัง	ลพบุรี	เจ้าพระยา



รูปที่ 4.6-1 สถานีวัดน้ำฝนหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

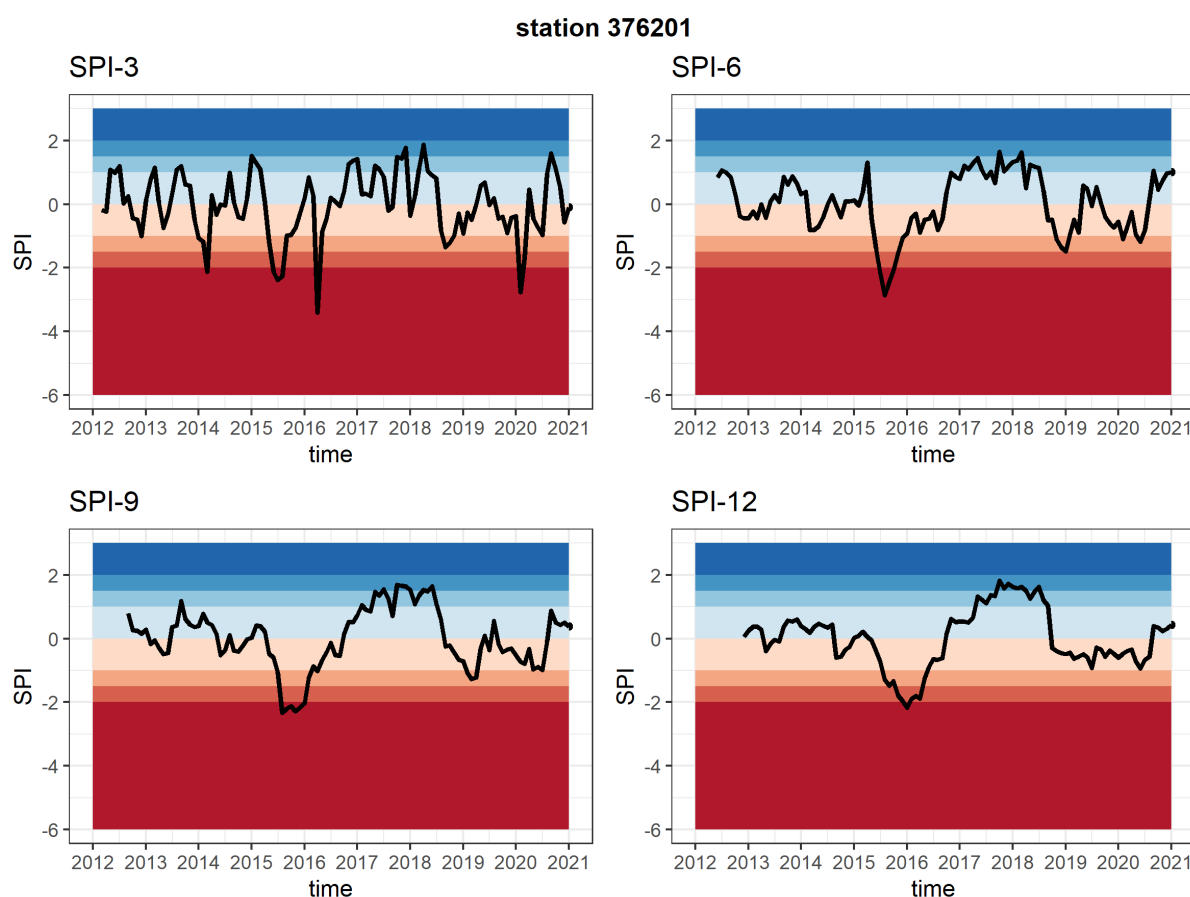
ลุ่มน้ำปิง

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 327003 ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 7 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562- มีนาคม พ.ศ.2563), 10 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562- มิถุนายน พ.ศ.2563), 10 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562- มิถุนายน พ.ศ.2563) และ 15 เดือน (กันยายน พ.ศ.2556- พฤศจิกายน พ.ศ.2557) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -3.55 (พฤศจิกายน พ.ศ.2562), -3.81 (มีนาคม พ.ศ.2563), -1.90 (พฤษภาคม พ.ศ.2563) และ -1.71 (มกราคม พ.ศ. 2563) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought) และแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -0.01 (ธันวาคม พ.ศ.2563), 0.68 (ตุลาคม พ.ศ.2563), 0.31 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ -1.11 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มในการเกิดภัยแล้งในช่วงดังกล่าวค่อนข้างต่ำมาก



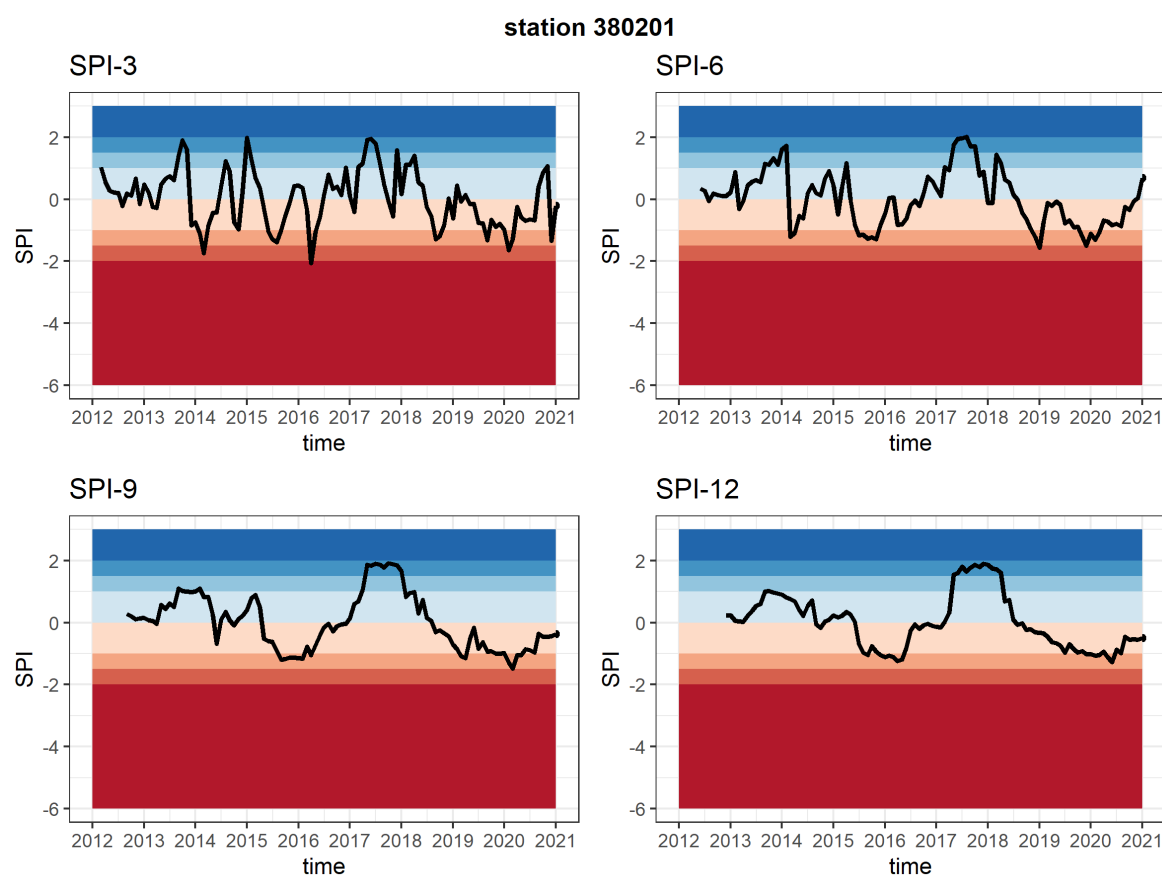
รูปที่ 4.6-2 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 327003 จังหวัดเชียงใหม่

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 376201 ในจังหวัดตาก พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2-7 โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 7 เดือน (พฤษภาคม-ธันวาคม พ.ศ.2558), 8 เดือน (มิถุนายน พ.ศ.2558-มกราคม พ.ศ. 2559), 12 เดือน (มิถุนายน พ.ศ.2558-พฤษภาคม พ.ศ.2559) และ 15 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ.2558-กันยายน พ.ศ.2559) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -3.41 (เมษายน พ.ศ.2559), -2.86 (สิงหาคม พ.ศ.2558), -2.33 (สิงหาคม พ.ศ.2558) และ -2.17 (มกราคม พ.ศ. 2559) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -0.56 (ธันวาคม พ.ศ.2563), 0.17 (สิงหาคม พ.ศ.2563), -0.10 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ -0.56 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มในการเกิดภัยแล้งในช่วงดังกล่าวค่อนข้างต่ำ



รูปที่ 4.6-3 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 376201 จังหวัดตาก

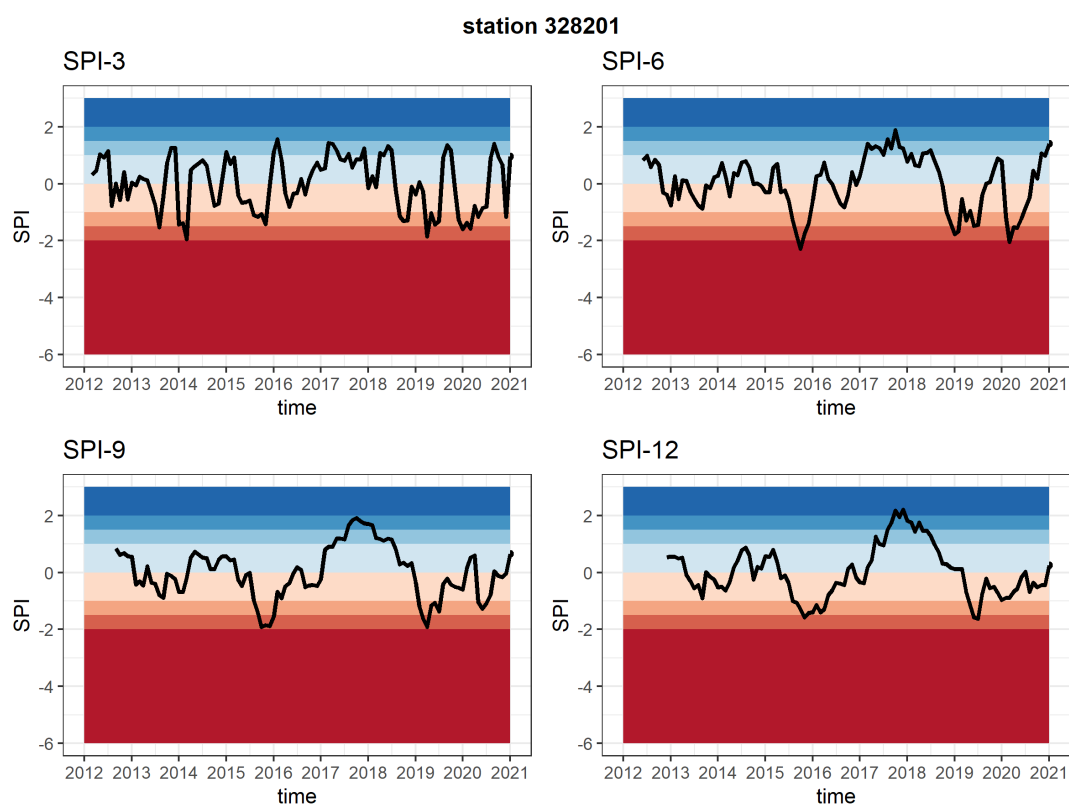
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 380201 ในจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2- โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 9 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ.2562-มีนาคม พ.ศ.2563), 14 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ.2562-สิงหาคม พ.ศ.2563), 14 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ.2562-สิงหาคม พ.ศ.2563) และ 17 เดือน (เมษายน พ.ศ.2562-สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.05 (เมษายน พ.ศ.2559), -1.57 (มกราคม พ.ศ.2562), -1.47 (มีนาคม พ.ศ.2563) และ -1.27 (มิถุนายน พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งปานกลาง (Moderately drought) จนถึงอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -1.33 (ธันวาคม พ.ศ.2563), -0.87 (สิงหาคม พ.ศ.2563), -0.96 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ -0.98 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild drought) ถึงแห้งแล้งปานกลาง (Moderately drought)



รูปที่ 4.6-4 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 380201 จังหวัดกำแพงเพชร

ลุ่มน้ำวัง

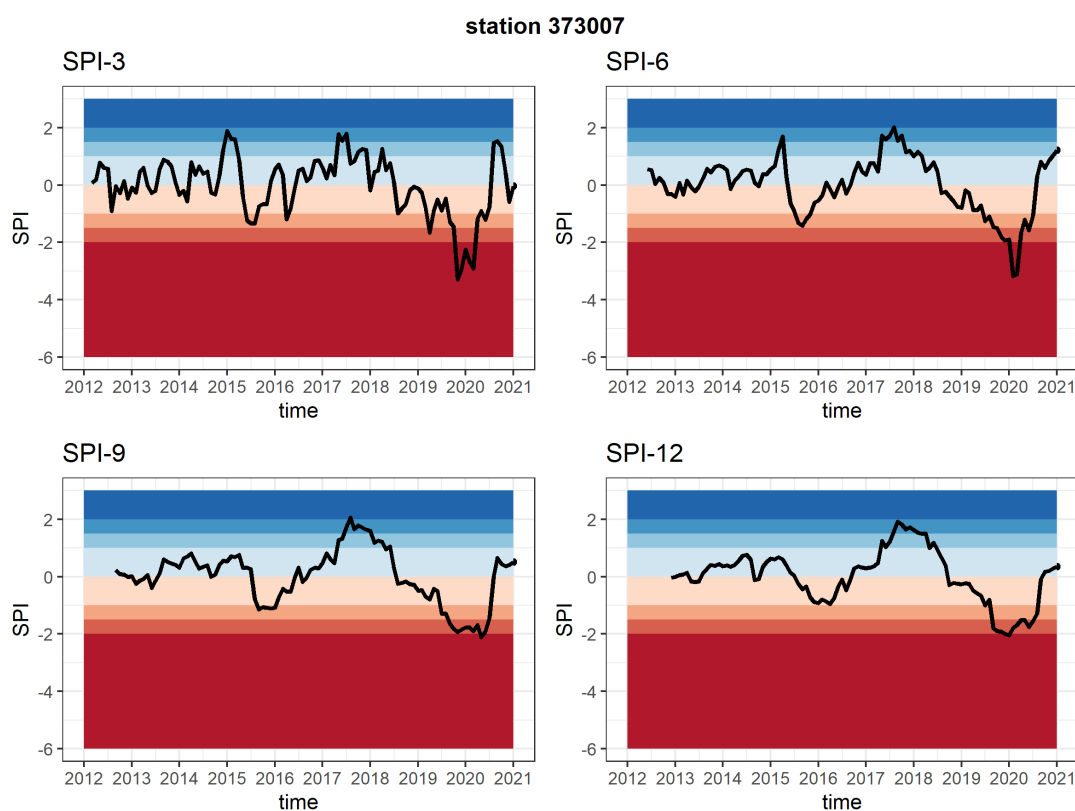
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 328201 ในจังหวัดลำปาง พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 8 เดือน (ธันวาคม พ.ศ.2562- กรกฎาคม พ.ศ.2563), 9 เดือน (พฤศจิกายน พ.ศ.2561- กรกฎาคม พ.ศ.2562), 8 เดือน (สิงหาคม พ.ศ.2558-มีนาคม พ.ศ.2559) และ 11 เดือน (สิงหาคม พ.ศ.2558-มิถุนายน พ.ศ.2559) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -1.94 (มีนาคม พ.ศ.2557), -2.28 (ตุลาคม พ.ศ.2558), -1.92 (ตุลาคม พ.ศ.2558) และ -1.63 (กรกฎาคม พ.ศ.2562) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought) จนถึงแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -1.16 (ธันวาคม พ.ศ.2563), -0.48 (สิงหาคม พ.ศ.2563), -0.78 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ -0.67 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild drought) ถึงแห้งแล้งปานกลาง (Moderately drought)



รูปที่ 4.6-5 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 328201 จังหวัดลำปาง

ลุ่มน้ำยม

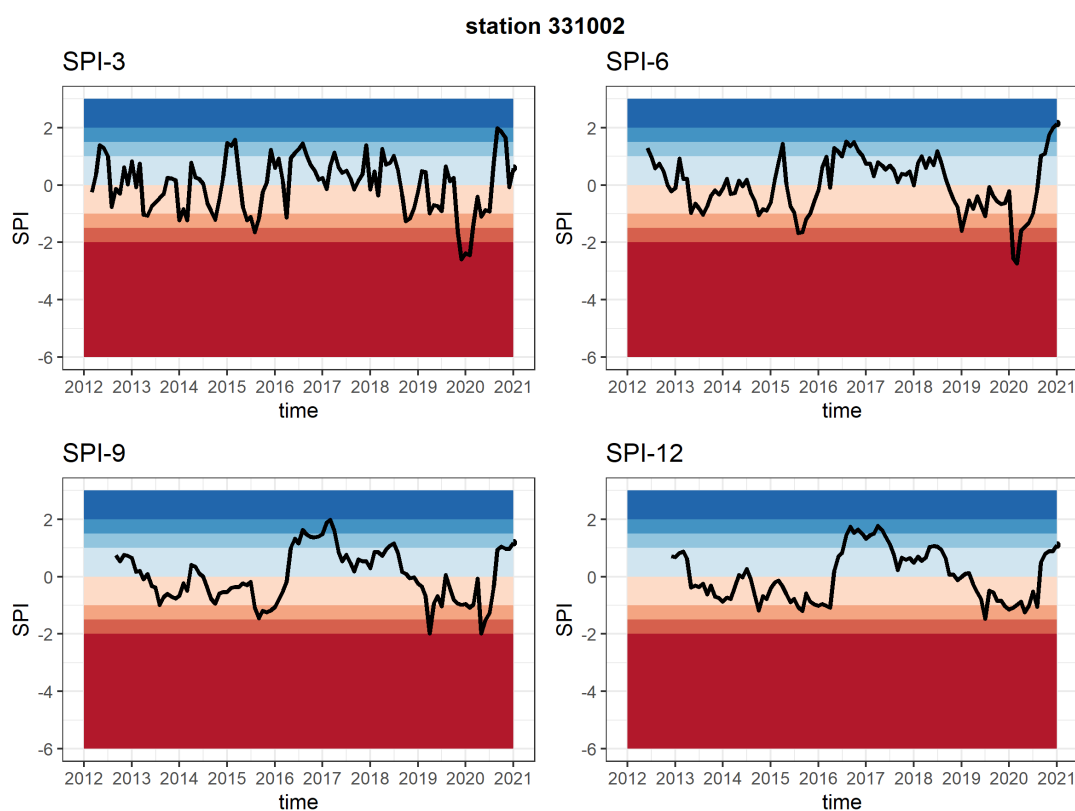
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 373007 ในจังหวัดสุโขทัย พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 11 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-กรกฎาคม พ.ศ.2563), 16 เดือน (เมษายน พ.ศ.2562-กรกฎาคม พ.ศ.2563), 13 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ.2562-กรกฎาคม พ.ศ.2563) และ 16 เดือน (พฤษภาคม พ.ศ. 2562-สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -3.28 (พฤศจิกายน พ.ศ.2562), -3.18 (กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563), -2.10 (พฤษภาคม พ.ศ.2563) และ -2.04 (มกราคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -0.59 (ธันวาคม พ.ศ.2563), 0.31 (สิงหาคม พ.ศ.2563), -0.01 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ -1.29 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild drought) ถึงแห้งแล้งปานกลาง (Moderately drought)



รูปที่ 4.6-6 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 373007 จังหวัดสุโขทัย

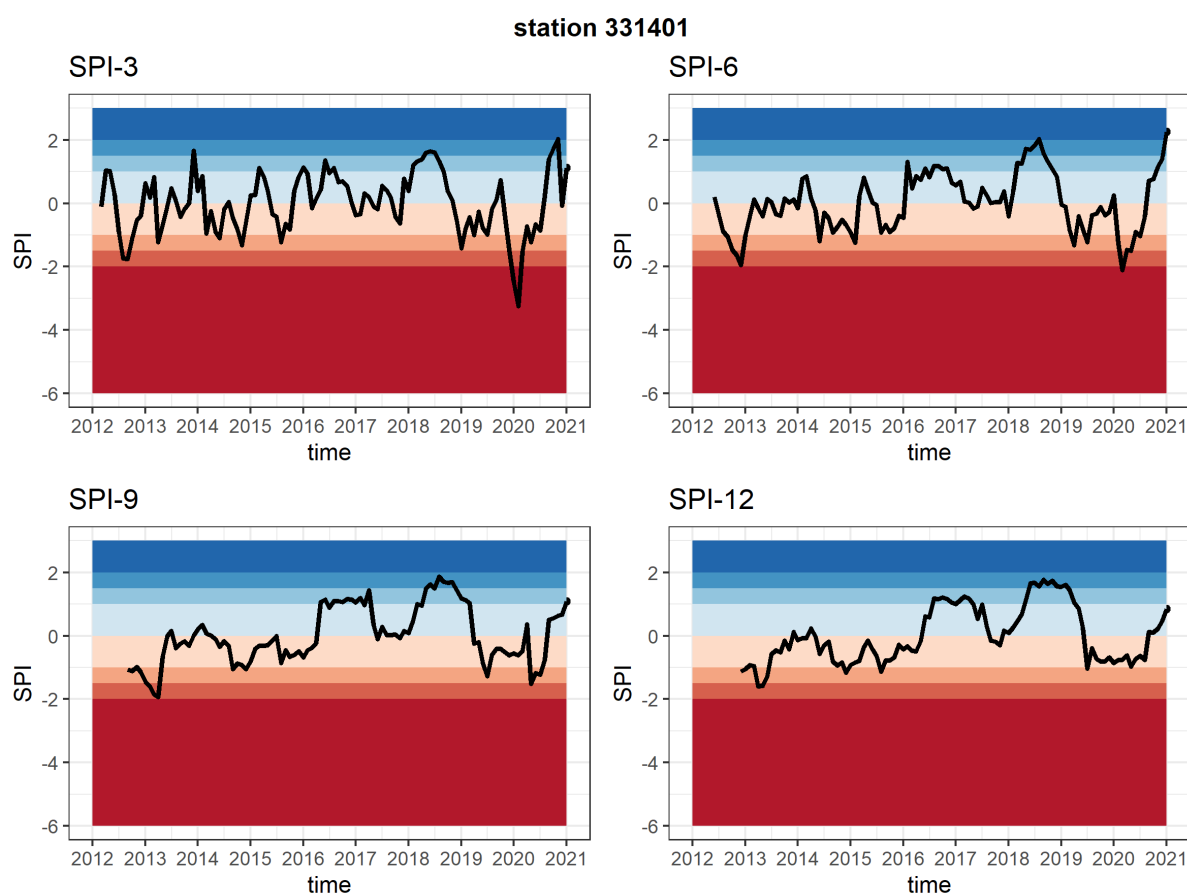
ลุ่มน้ำน่าน

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331002 ในจังหวัดน่าน พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 5 เดือน (พฤศจิกายน พ.ศ.2562-มีนาคม พ.ศ.2563), 7 เดือน (มิถุนายน-ธันวาคม พ.ศ.2558), 7 เดือน (สิงหาคม พ.ศ.2558-กุมภาพันธ์ พ.ศ.2559) และ 12 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.59 (ธันวาคม พ.ศ.2562), -2.73 (มีนาคม พ.ศ.2563), -1.97 (พฤษภาคม พ.ศ.2563) และ -1.46 (กรกฎาคม พ.ศ.2562) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งปานกลาง (Moderately drought) จนถึงอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -0.08 (ธันวาคม พ.ศ.2563), -0.17 (สิงหาคม พ.ศ.2563), -0.37 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ -1.05 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild drought) ถึงแห้งแล้งปานกลาง (Moderately drought)



รูปที่ 4.6-7 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331002 จังหวัดน่าน

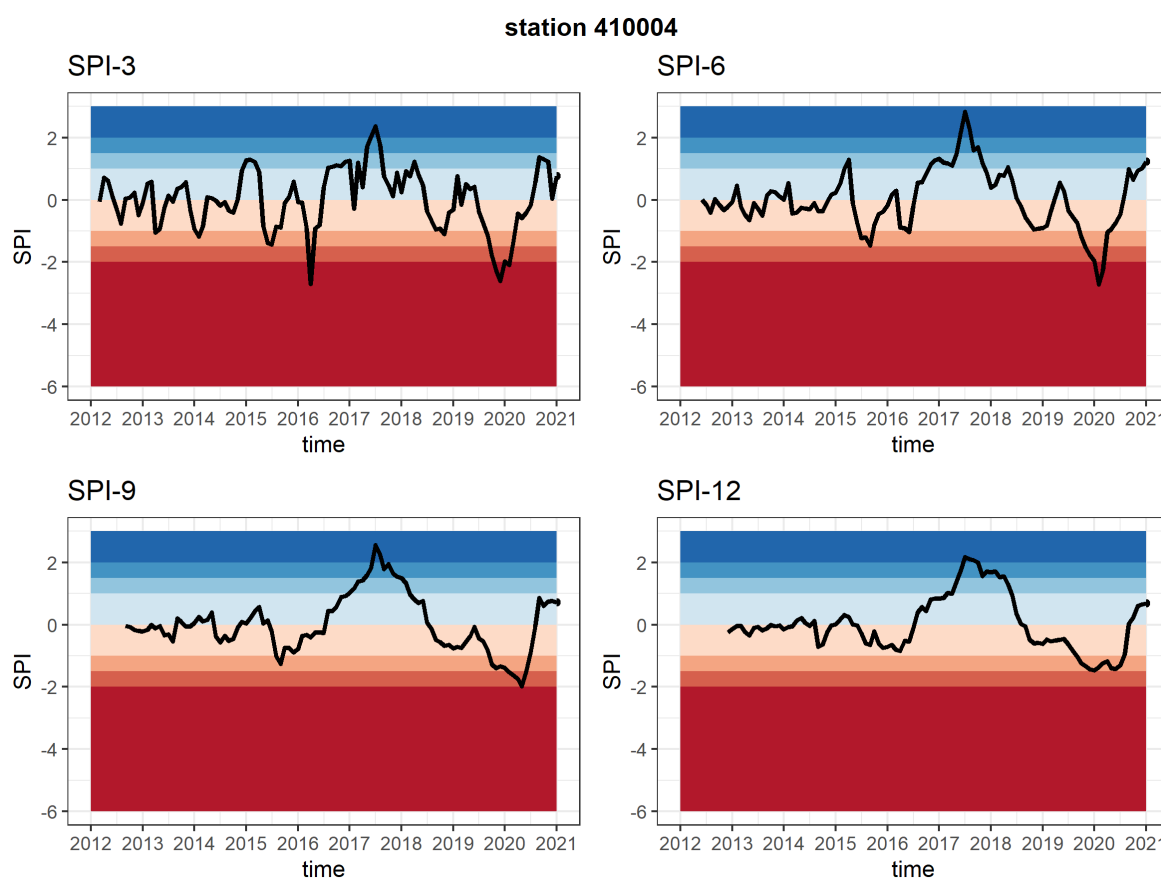
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331401 ในจังหวัดน่าน พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 8 เดือน (ธันวาคม พ.ศ.2562-กรกฎาคม พ.ศ.2563), 6 เดือน (กุมภาพันธ์-กรกฎาคม พ.ศ. 2563), 9 เดือน (กันยายน พ.ศ.2555-พฤษภาคม พ.ศ.2563) และ 12 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -3.24 (กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563), -2.11 (มีนาคม พ.ศ.2563), -1.93 (เมษายน พ.ศ.2563) และ -1.59 (เมษายน พ.ศ. 2563) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought) จนถึงแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -0.07 (ธันวาคม พ.ศ.2563), -0.42 (สิงหาคม พ.ศ.2563), -0.76 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ -0.76 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild drought)



รูปที่ 4.6-8 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 331401 จังหวัดน่าน

ลุ่มน้ำสะแกกรัง

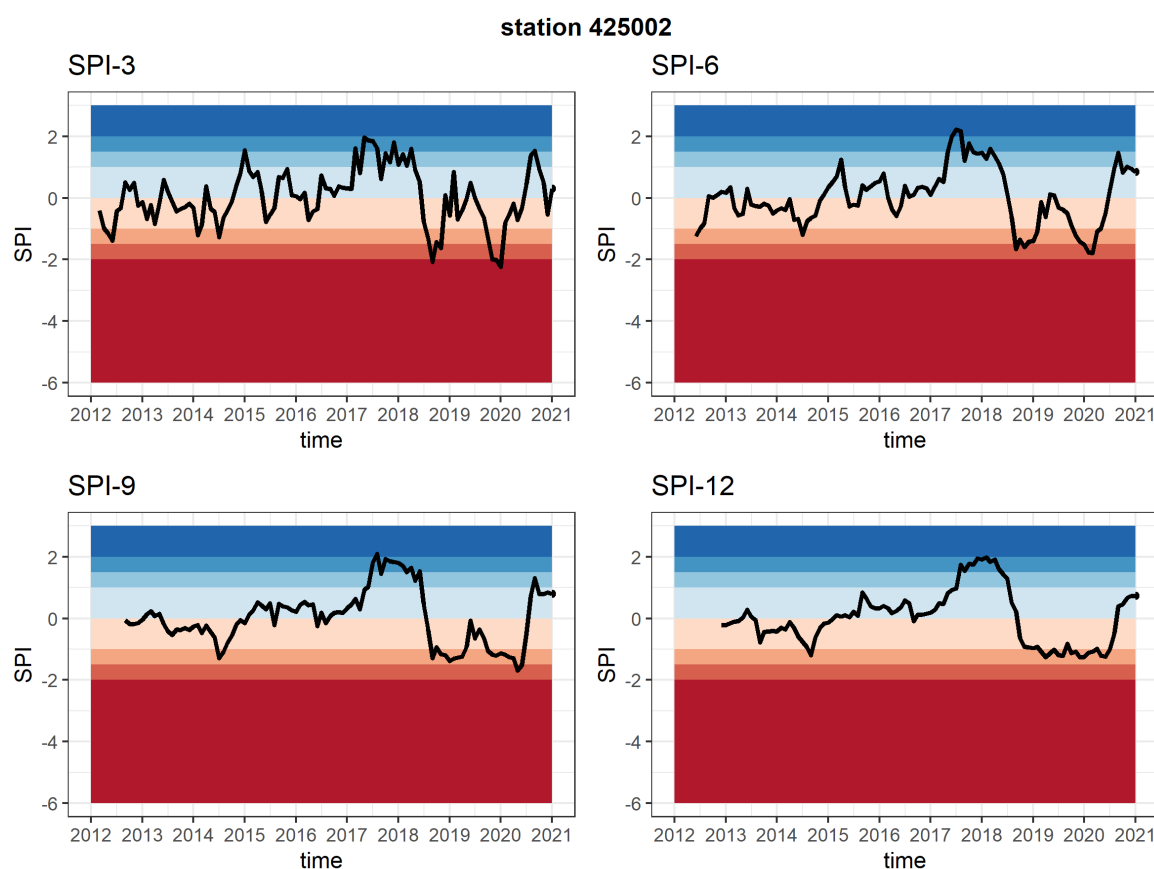
จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 410004 ในจังหวัดอุทัยธานี พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 8 เดือน (สิงหาคม พ.ศ.2562-มีนาคม พ.ศ.2563), 11 เดือน (สิงหาคม พ.ศ.2562-มิถุนายน พ.ศ.2563), 12 เดือน (สิงหาคม พ.ศ.2562-กรกฎาคม พ.ศ.2563) และ 14 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ.2562-สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.70 (เมษายน พ.ศ.2559), -2.72 (กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563), -1.98 (พฤษภาคม พ.ศ.2563) และ -1.47 (มกราคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 0.03 (ธันวาคม พ.ศ.2563), 0.21 (สิงหาคม พ.ศ.2563), -0.06 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ -0.96 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild drought)



รูปที่ 4.6-9 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 410004 จังหวัดอุทัยธานี

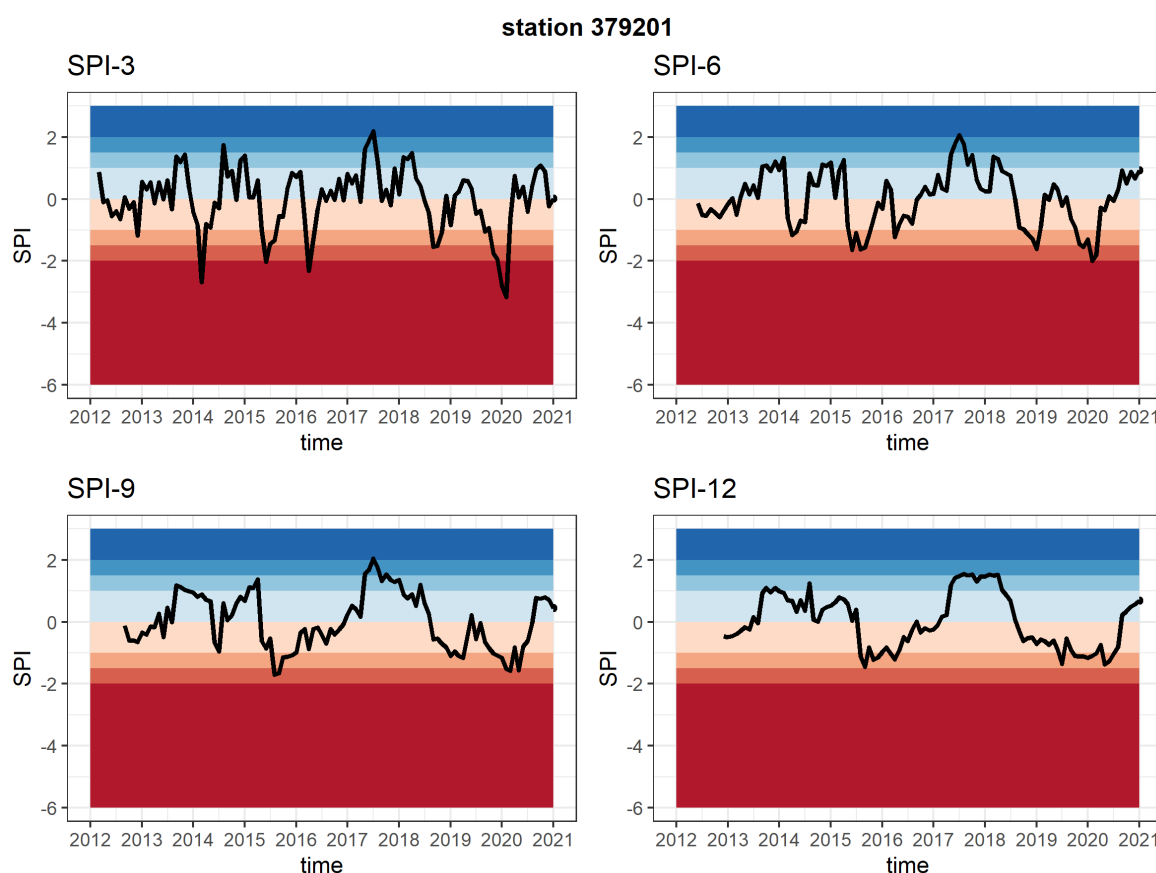
ลุ่มน้ำท่าจีน

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 425002 ในจังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 7 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-มีนาคม พ.ศ.2563), 10 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-มิถุนายน พ.ศ.2563), 10 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-มิถุนายน พ.ศ.2563) และ 22 เดือน (ตุลาคม พ.ศ.2561-กรกฎาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.24 (มกราคม พ.ศ.2563), -1.79 (มีนาคม พ.ศ.2563), -1.68 (พฤษภาคม พ.ศ.2563) และ -1.25 (เมษายน, ธันวาคม พ.ศ.2562 และมกราคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -0.54 (ธันวาคม พ.ศ.2563), 0.83 (ตุลาคม พ.ศ.2563), 0.74 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ -0.48 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild drought)



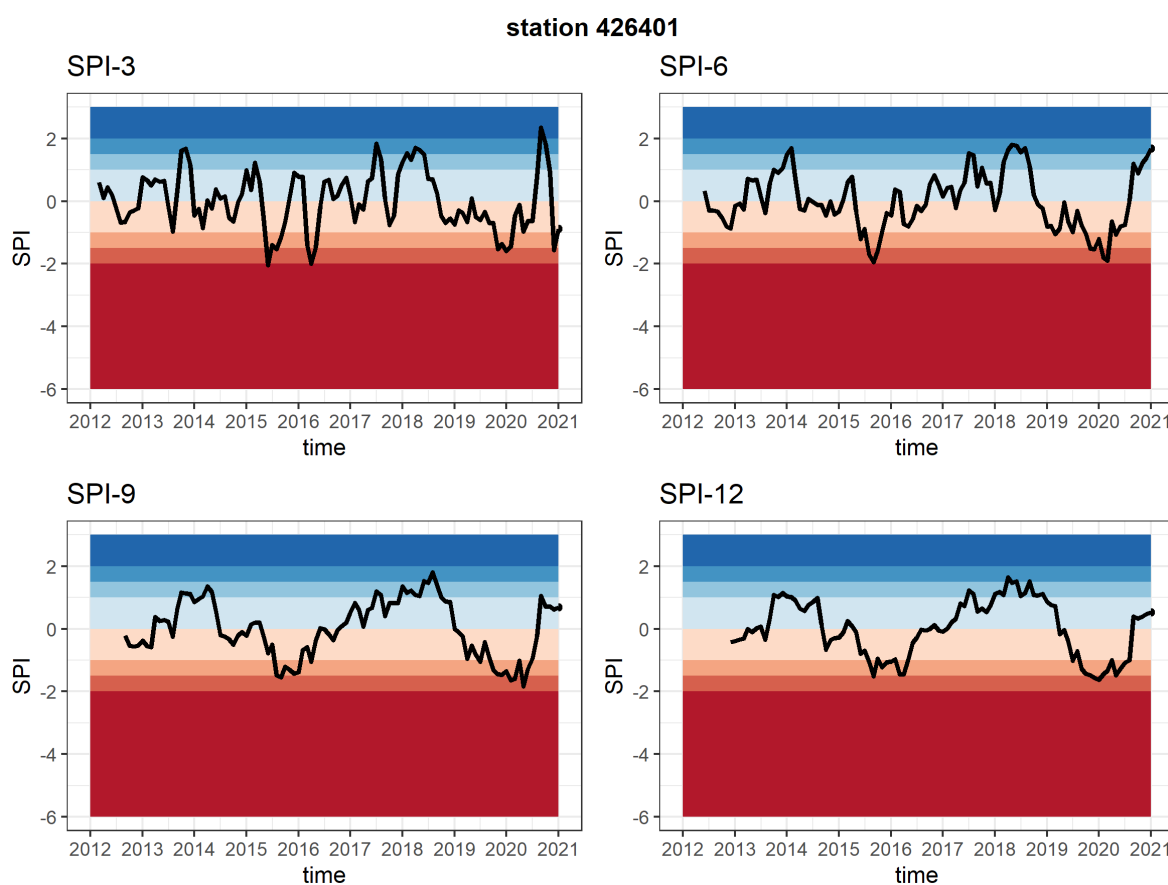
ลุ่มน้ำป่าสัก

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 379201 ในจังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 7 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-มีนาคม พ.ศ.2563), 7 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-มีนาคม พ.ศ.2563), 11 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-กรกฎาคม พ.ศ.2563) และ 23 เดือน (ตุลาคม พ.ศ.2561-สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -3.16 (กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563), -1.99 (กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563), -1.71 (สิงหาคม พ.ศ.2558) และ -1.45 (กันยายน พ.ศ.2558) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -0.23 (ธันวาคม พ.ศ.2563), 0.29 (ตุลาคม พ.ศ.2563), -0.06 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ -0.81 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild drought)



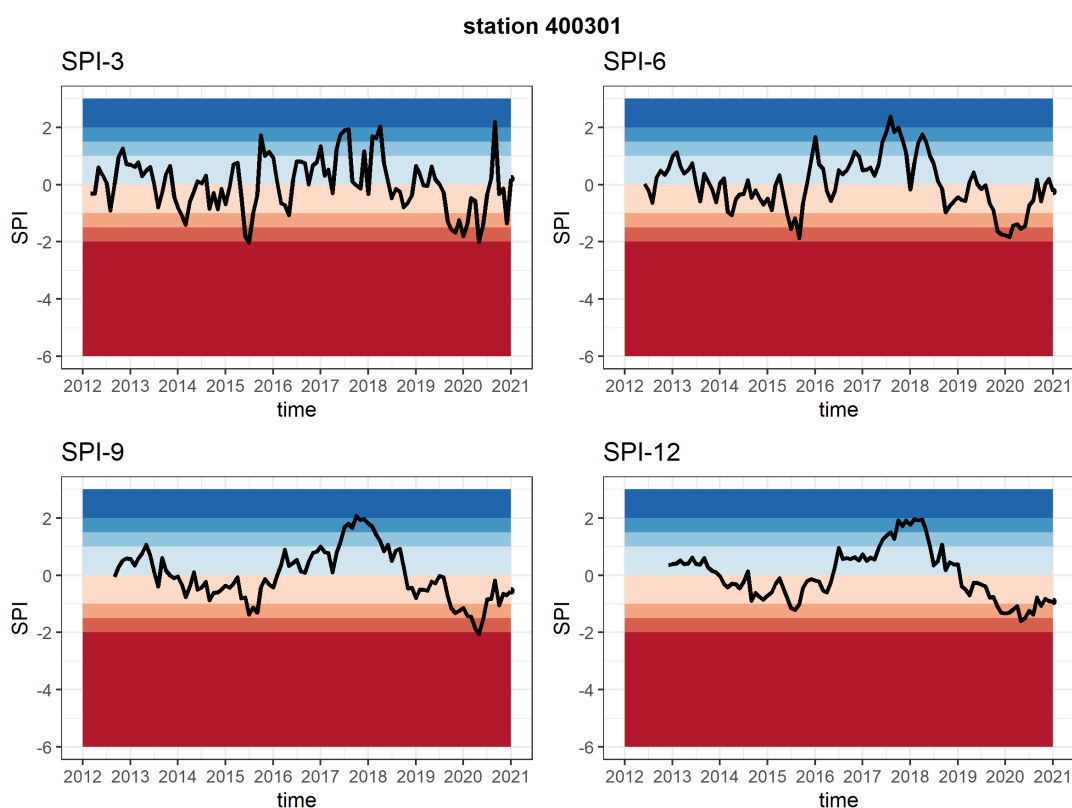
รูปที่ 4.6-11 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 379201 จังหวัดเพชรบูรณ์

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 426401 ในจังหวัดลพบุรี พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 6 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563), 11 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-กรกฎาคม พ.ศ.2563), 11 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-กรกฎาคม พ.ศ.2563) และ 14 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ. 2562-สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.04 (มิถุนายน พ.ศ.2558), -1.95 (กันยายน พ.ศ.2558), -1.83 (พฤษภาคม พ.ศ.2563) และ -1.63 (มกราคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -1.57 (ธันวาคม พ.ศ.2563), 0.01 (ตุลาคม พ.ศ.2563), -0.24 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ -1.00 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild drought) จนถึงปานกลาง (Moderately drought) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2563-มกราคม พ.ศ.2564



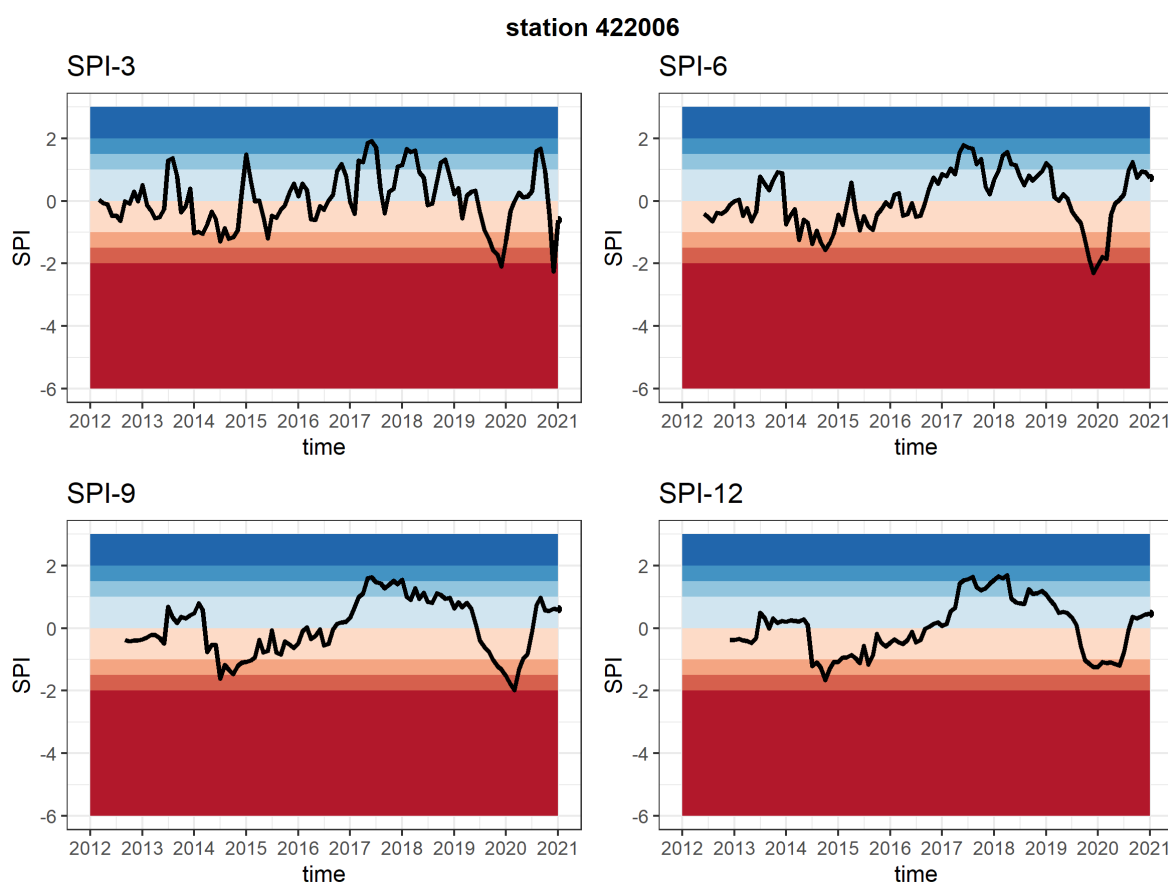
ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 400301 ในจังหวัดนครสวรรค์ พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 6 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563), 12 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-สิงหาคม พ.ศ.2563), 12 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-สิงหาคม พ.ศ.2563) และ 17 เดือน (กันยายน พ.ศ.2562-มกราคม พ.ศ.2564) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.03 (กรกฎาคม พ.ศ.2558), -1.86 (กันยายน พ.ศ.2558), -2.06 (พฤษภาคม พ.ศ. 2563) และ -1.59 (พฤษภาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -1.36 (ธันวาคม พ.ศ.2563), -0.58 (ตุลาคม พ.ศ.2563), -1.04 (ตุลาคม พ.ศ.2563) และ -1.37 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild drought) จนถึงปานกลาง (Moderately drought)



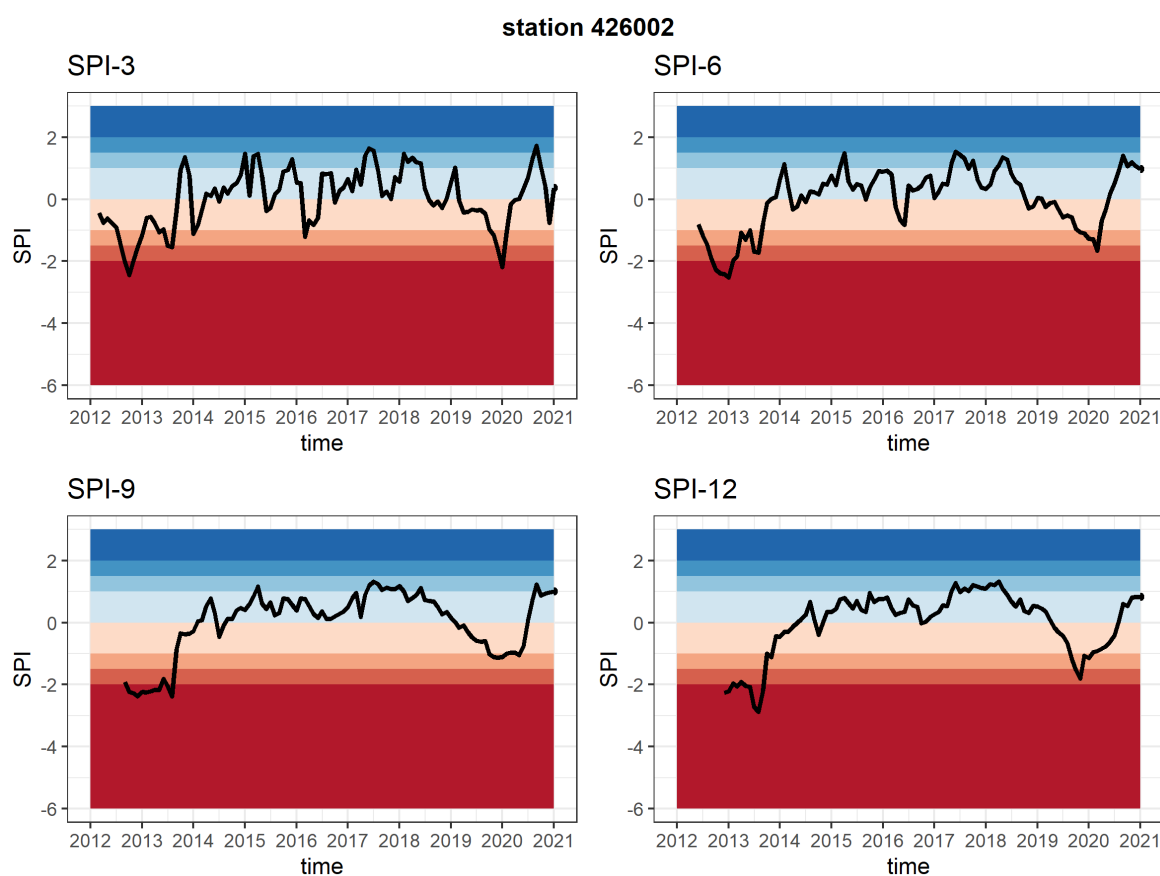
รูปที่ 4.6-14 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 400301 จังหวัดนครสวรรค์

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 422006 ในจังหวัดนนทบุรี พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 6 เดือน (มิถุนายน-พฤศจิกายน พ.ศ.2557), 9 เดือน (เมษายน-ธันวาคม พ.ศ.2557), 12 เดือน (เมษายน พ.ศ.2557-มีนาคม พ.ศ.2558) และ 15 เดือน (กรกฎาคม พ.ศ.2557-กันยายน พ.ศ.2558) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.24 (ธันวาคม พ.ศ. 2563), -2.30 (ธันวาคม พ.ศ.2562), -1.98 (มีนาคม พ.ศ.2563) และ -1.66 (ตุลาคม พ.ศ.2557) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought) จนถึงอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.24 (ธันวาคม พ.ศ.2563), 0.74 (มกราคม พ.ศ.2564), 0.56 (พฤศจิกายน พ.ศ.2563) และ -0.05 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด (Extremely drought) ในเดือนธันวาคม พ.ศ.2563 แต่แนวโน้มที่จะเกิดภัยแล้งในช่วงเดือนอื่นๆ ค่อนข้างต่ำมาก



รูปที่ 4.6-15 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 422006 จังหวัดนนทบุรี

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 426002 ในจังหวัดลพบุรี พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานที่คำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12) มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ โดยสำหรับช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ 17 เดือน (เมษายน พ.ศ.2555-สิงหาคม พ.ศ.2556), 16 เดือน (มิถุนายน พ.ศ.2555-กันยายน พ.ศ.2556), 13 เดือน (กันยายน พ.ศ.2555-กันยายน พ.ศ.2556) และ 12 เดือน (ธันวาคม พ.ศ.2555-พฤศจิกายน พ.ศ.2556) ตามลำดับ สำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -2.44 (ตุลาคม พ.ศ.2555), -2.52 (มกราคม พ.ศ.2556), -2.38 (ธันวาคม พ.ศ.2555) และ -2.88 (สิงหาคม พ.ศ.2556) ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีความแห้งแล้งอย่างรุนแรง (Severely drought) โดยสำหรับระดับของภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในช่วงการคาดการณ์ราย 6 เดือนของ SPI-3, SPI-6, SPI-9 และ SPI-12 มีค่าเท่ากับ -0.77 (ธันวาคม พ.ศ.2563), 0.95 (สิงหาคม พ.ศ.2563), 0.74 (สิงหาคม พ.ศ.2563) และ 0.08 (สิงหาคม พ.ศ.2563) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่า แนวโน้มระดับของภัยแล้งอยู่ในช่วงแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild drought) ในเดือนธันวาคม พ.ศ.2563 แต่แนวโน้มที่จะเกิดภัยแล้งในช่วงเดือนอื่นๆ ค่อนข้างต่ำมาก



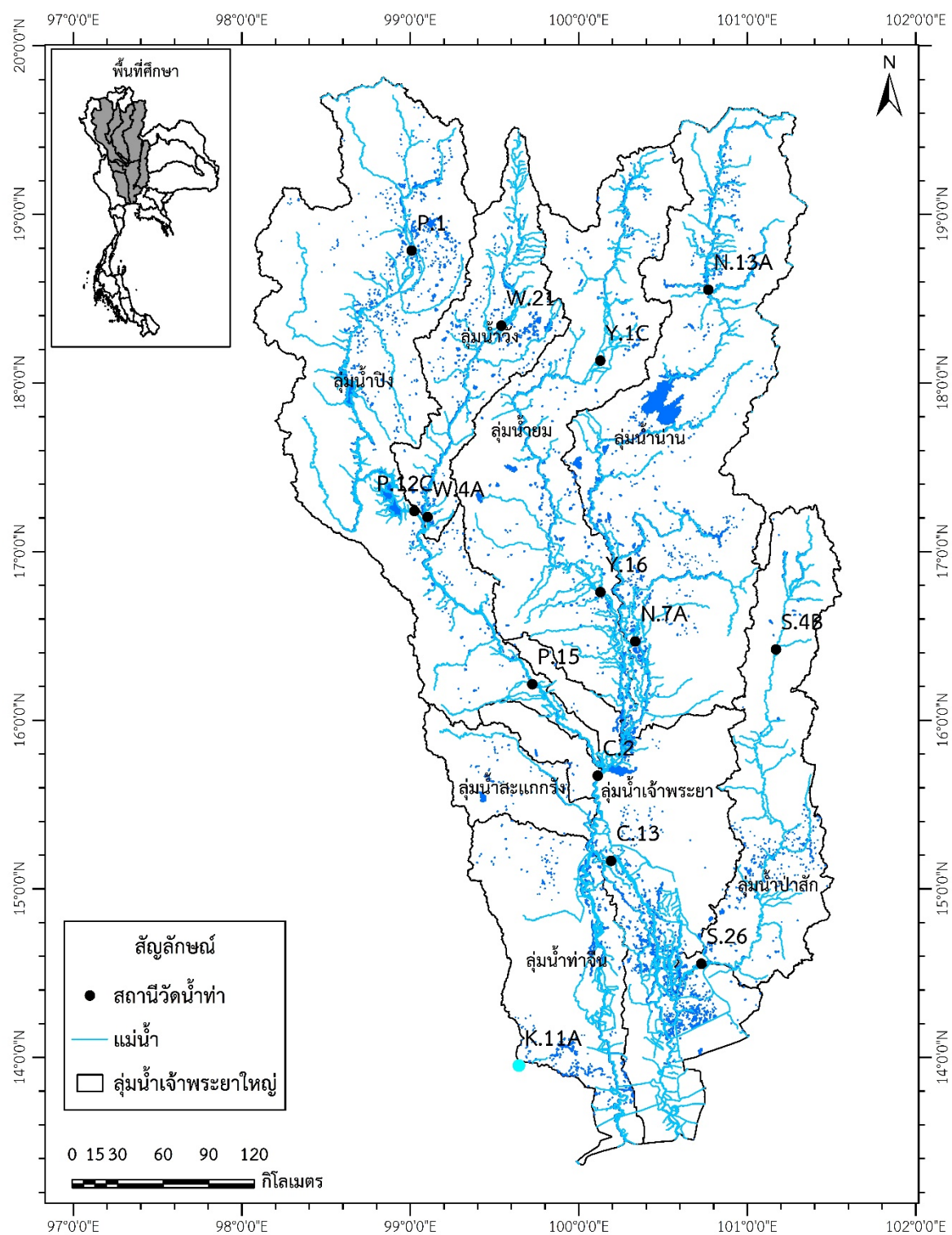
รูปที่ 4.6-16 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝน 426002 จังหวัดลพบุรี

4.6.2 ผลการวิเคราะห์การคาดการณ์ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐาน (SRI) ราย 6 เดือน

ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐาน (SRI) ในส่วนนี้ เป็นการวิเคราะห์สำหรับอนาคต โดยข้อมูลน้ำท่าที่นำมาใช้คำนวณดัชนีน้ำท่ามาตรฐานนี้ได้จากการนำข้อมูลฝนสังเกตการณ์ตั้งแต่มกราคม พ.ศ. 2555-กรกฎาคม พ.ศ. 2563 และข้อมูลฝนพยากรณ์ตั้งแต่สิงหาคม พ.ศ. 2563-ธันวาคม พ.ศ. 2564 รวมจำนวน 10 ปี นำเข้าแบบจำลองเพื่อพยากรณ์น้ำท่าและการปล่อยน้ำสำหรับอนาคต การคำนวณดัชนีน้ำท่ามาตรฐานแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีการปล่อยน้ำจากเขื่อนโดยใช้ระดับควบคุมตอนบน (URC) และระดับควบคุมตอนล่าง (LRC) และคำนวณที่ 4 ช่วงเวลา ได้แก่ SRI 3, SRI 6, SRI 9 และ SRI 12 ในการวิเคราะห์จะวิเคราะห์ทั้ง 27 สถานี และแสดงผลการวิเคราะห์สำหรับ 14 สถานีหลักที่อยู่ในลำน้ำสายหลักบริเวณตอนบนและตอนล่างของกลุ่มน้ำ หรือเป็นสถานีที่พบปัญหาภัยแล้ง สถานีหลักที่ใช้วิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 4.6-17 และตารางที่ 4.6-2 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.6-2 สถานีวัดน้ำท่าหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

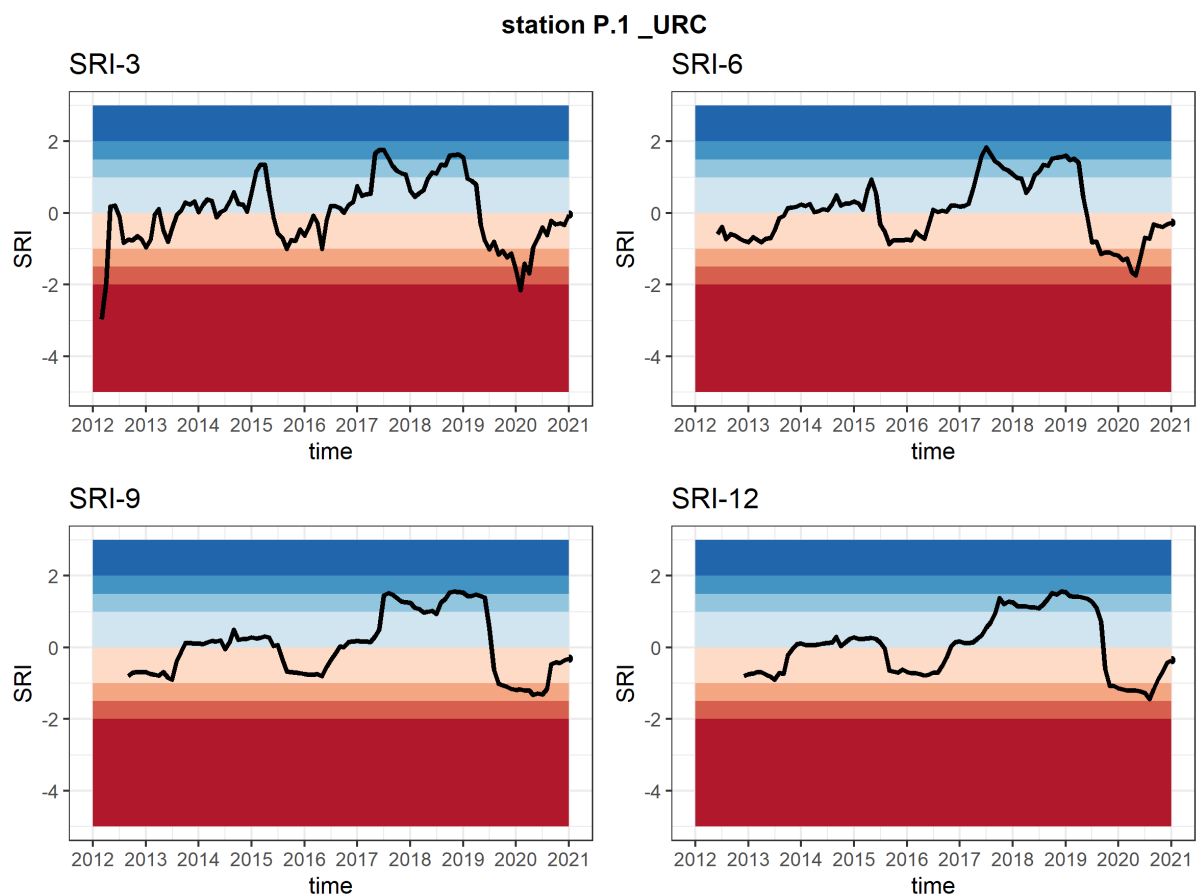
ลำดับ	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	ลุ่มน้ำ
1	P.1	สะพานนวรัฐ	เชียงใหม่	ปิง
2	P.12C	บ้านย่านรี	ตาก	ปิง
3	P.15	คลองขลุง	กำแพงเพชร	ปิง
4	W.21	บ้านท่าเตื่อ	ลำปาง	วัง
5	W.4A	บ้านวังหมัน	ตาก	วัง
6	Y.1C	บ้านน้ำโค้ง	แพร่	ยม
7	Y.16	บ้านบางระกำ	พิษณุโลก	ยม
8	N.13A	บ้านบุญนาค	น่าน	น่าน
9	N.7A	บ้านราชช้างขวัญ	พิจิตร	น่าน
10	S.4B	ในเมือง	เพชรบูรณ์	ป่าสัก
11	S.26	ท้ายเขื่อนพระรามหก	พระนครศรีอยุธยา	ป่าสัก
12	C.2	ค่ายจิรประวัติ	นครสวรรค์	เจ้าพระยา
13	C.13	เขื่อนเจ้าพระยา	ชัยนาท	เจ้าพระยา
14	K.11A	บ้านวังขนาย	กาญจนบุรี	แม่กลอง

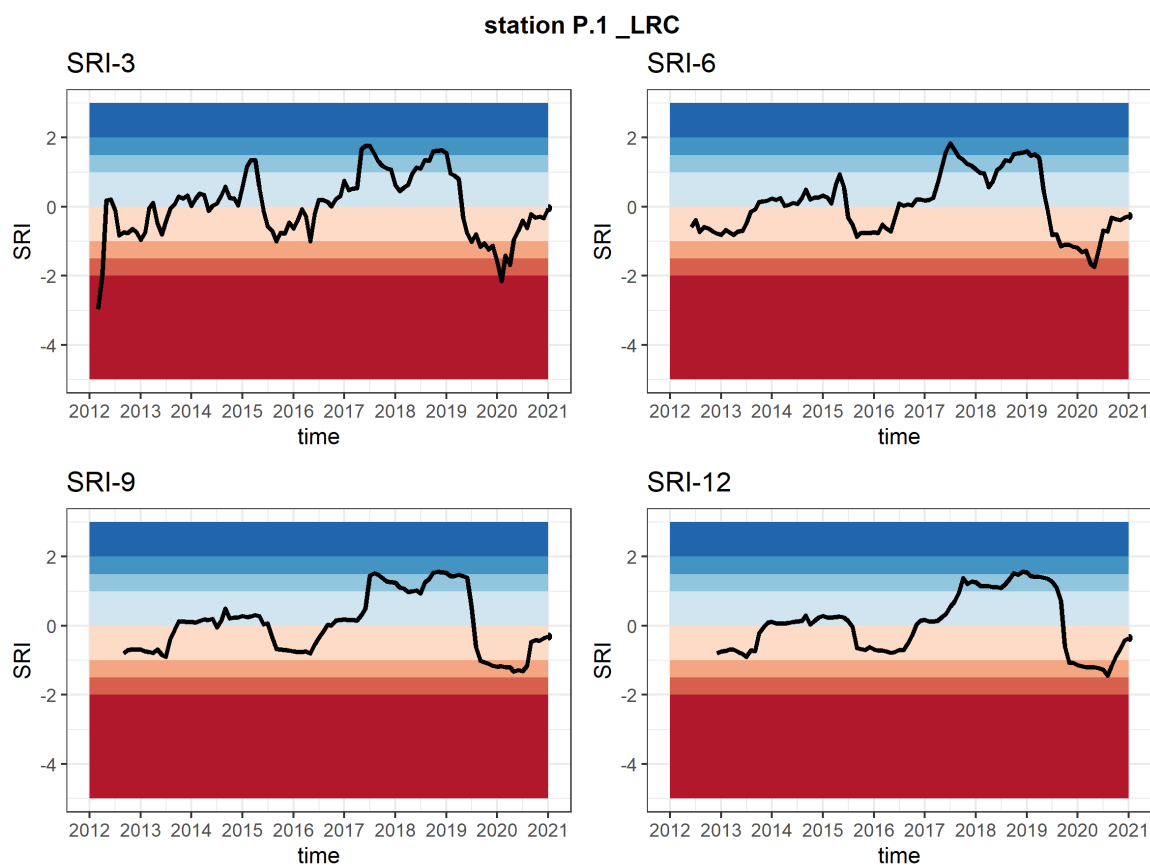


รูปที่ 4.6-17 สถานีวัดน้ำท่าหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

ลุ่มน้ำปิง

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.1 ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงหรือเท่ากันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานในแต่ละช่วงเวลา ที่วิเคราะห์มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.16-18 ถึงรูปที่ 4.16-19 และตารางที่ 4.6-3 ถึงตารางที่ 4.6-4





รูปที่ 4.6-19 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.1 จังหวัดเชียงใหม่ที่ระดับควบคุมตอนล่าง

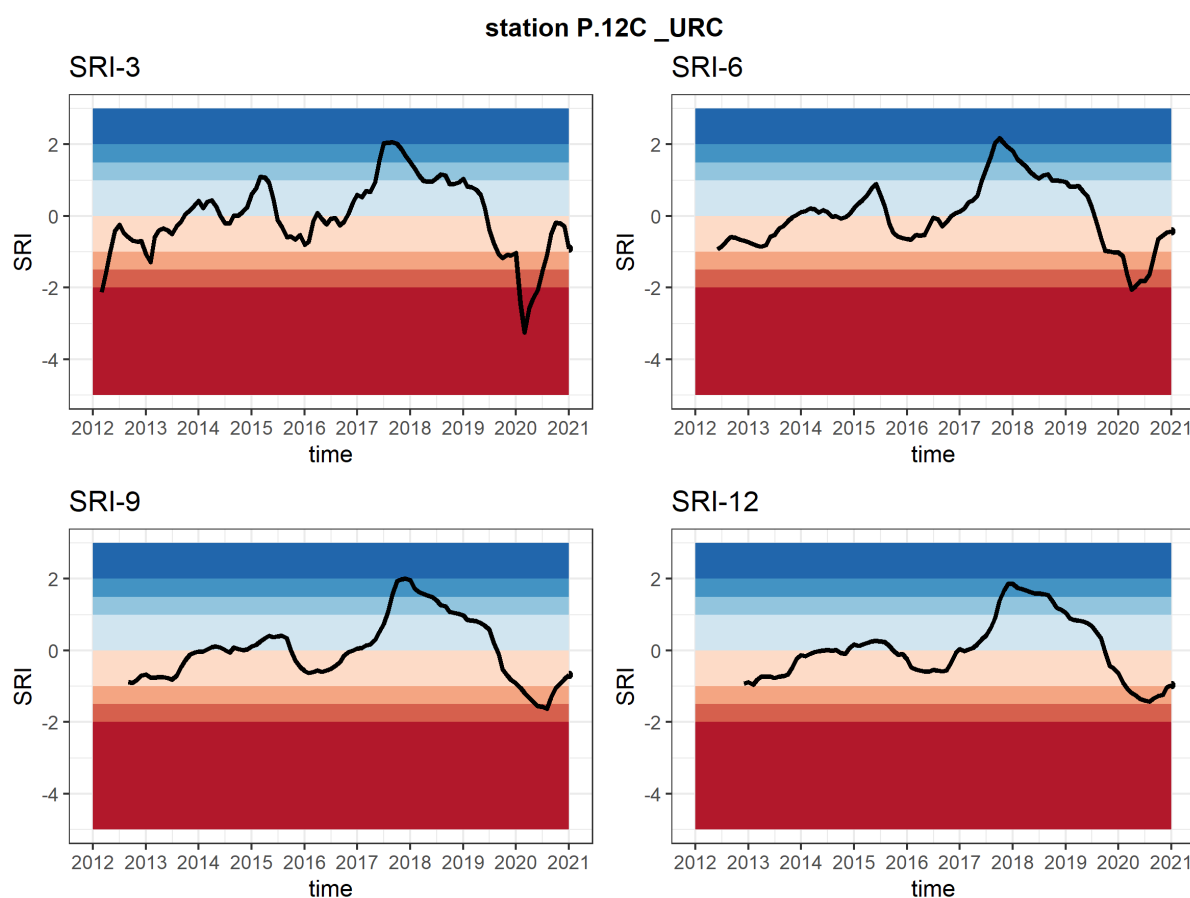
ตารางที่ 4.6-3 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.1 จังหวัดเชียงใหม่ที่ระดับควบคุมตอนบน

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	พ.ค. 2562-ม.ค. 2564 (21 เดือน)	มี.ค. 2555 (-2.96)
SRI-6	มิ.ย. 2562-ม.ค. 2564 (20 เดือน)	พ.ค. 2563 (-1.74)
SRI-9	ส.ค. 2562-ม.ค. 2564 (18 เดือน)	พ.ค. 2563 (-1.33)
SRI-12	ต.ค. 2562-ม.ค. 2564 (16 เดือน)	ส.ค. 2563 (-1.43)

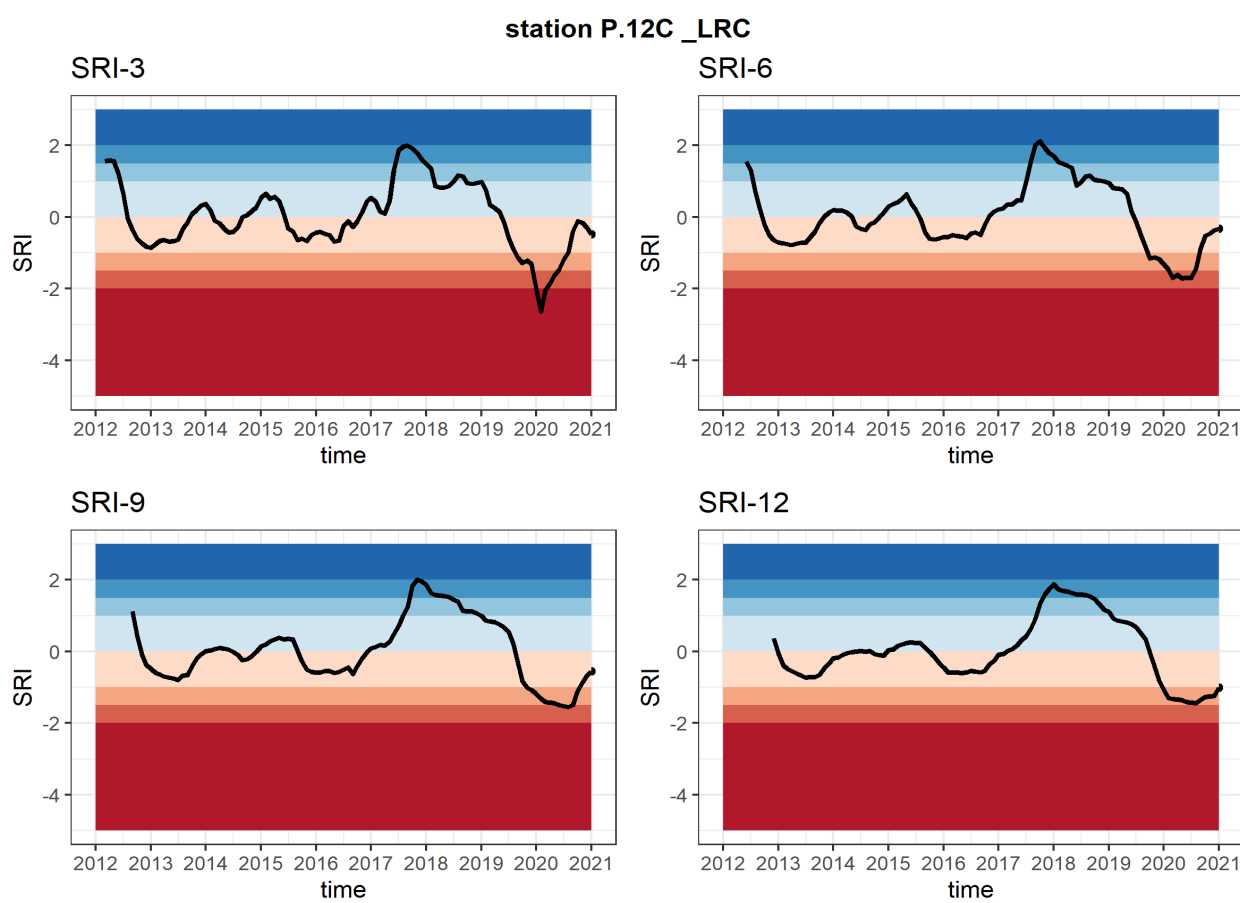
ตารางที่ 4.6-4 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.1 จังหวัดเชียงใหม่ที่ระดับควบคุมตอนล่าง

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	พ.ค. 2562-ม.ค. 2564 (21 เดือน)	มี.ค. 2555 (-2.96)
SRI-6	มิ.ย. 2562-ม.ค. 2564 (20 เดือน)	พ.ค. 2563 (-1.74)
SRI-9	ส.ค. 2562-ม.ค. 2564 (18 เดือน)	พ.ค. 2563 (-1.33)
SRI-12	ต.ค. 2562-ม.ค. 2564 (16 เดือน)	ส.ค. 2563 (-1.43)

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.12C จังหวัดตาก พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2560-2564 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC ค่อนข้างมีความแตกต่างที่สังเกตเห็นได้ ดังแสดงในรูปแบบที่ -รูปที่ ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) สรุปได้ดังตารางที่ 4.6-5-ตารางที่ 4.6-6



รูปที่ 4.6-20 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.12C จังหวัดตากที่ระดับควบคุมตอนบน



รูปที่ 4.6-21 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.12C จังหวัดตากที่ระดับควบคุมตอนล่าง

ตารางที่ 4.6-5 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.12C จังหวัดตากที่ระดับควบคุมตอนบน

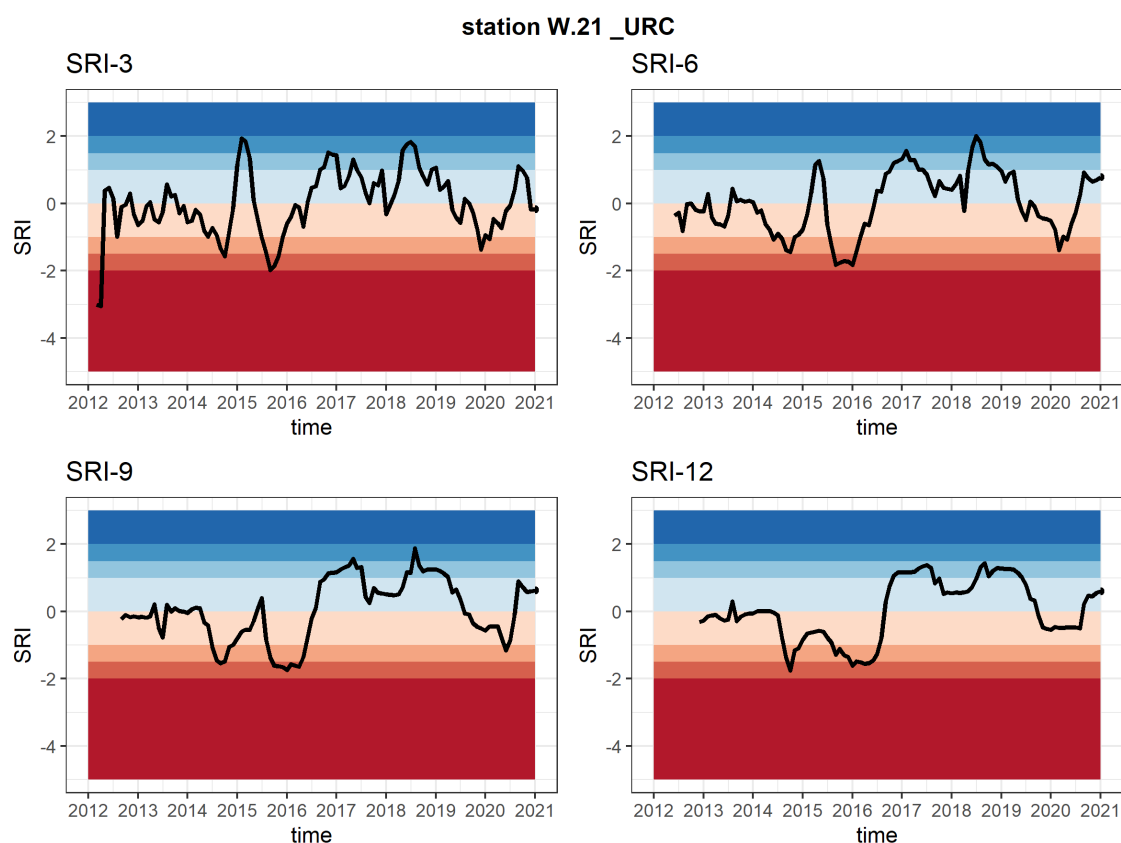
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	มี.ค. 2555-ก.ย. 2556 (19 เดือน) ก.ค. 2562-ม.ค. 2564 (19 เดือน)	มี.ค. 2563 (-3.24)
SRI-6	มิ.ย. 2555-พ.ย. 2556 (18 เดือน) ส.ค. 2562-ม.ค. 2564 (18 เดือน)	เม.ย. 2563 (-2.04)
SRI-9	ก.ย. 2555-ก.พ. 2557 (18 เดือน)	ส.ค. 2563 (-1.62)
SRI-12	ธ.ค. 2555-มิ.ย. 2557 (19 เดือน)	ส.ค. 2563 (-1.43)

ตารางที่ 4.6-6 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า P.12C จังหวัดตากที่ระดับควบคุมตอนล่าง

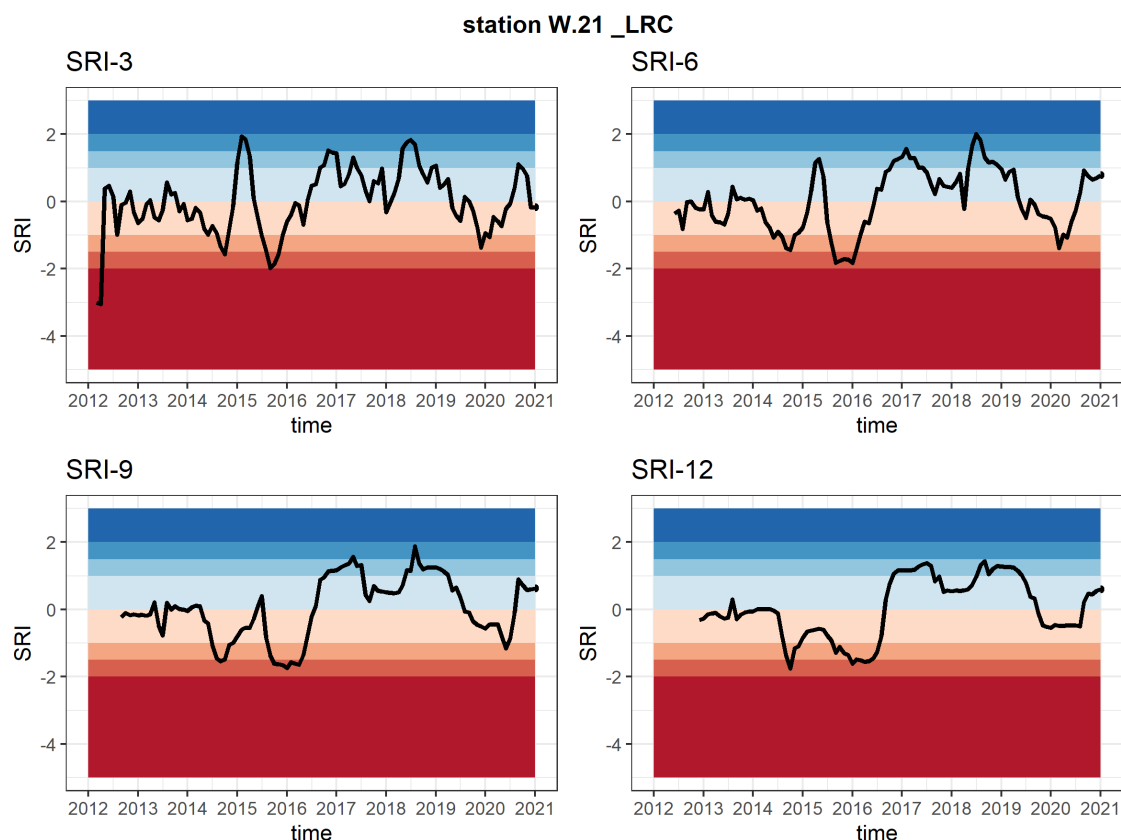
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	มี.ค. 2555-ก.ย. 2556 (20 เดือน)	ก.พ. 2563 (-2.63)
SRI-6	ก.ค. 2562-ม.ค. 2564 (19 เดือน)	พ.ค. 2563 (-1.71)
SRI-9	ก.ย. 2562-ม.ค. 2564 (17 เดือน)	ส.ค. 2563 (-1.56)
SRI-12	ม.ค. 2556-มิ.ย. 2557 (18 เดือน)	ส.ค. 2563 (-1.44)

ลุ่มน้ำวัง

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.21 จังหวัดกำแพงเพชร พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงหรือเท่ากันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานในแต่ละช่วงเวลา ที่วิเคราะห์มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6-22 ถึง รูปที่ 4.6-23 และ ตารางที่ 4.6-7 ถึง ตารางที่ 4.6-8



รูปที่ 4.6-22 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.21 จังหวัดกำแพงเพชรที่ระดับความคุ้มครองบน



รูปที่ 4.6-23 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.21 จังหวัดกำแพงเพชรที่ระดับความคุ้มครองตอนล่าง

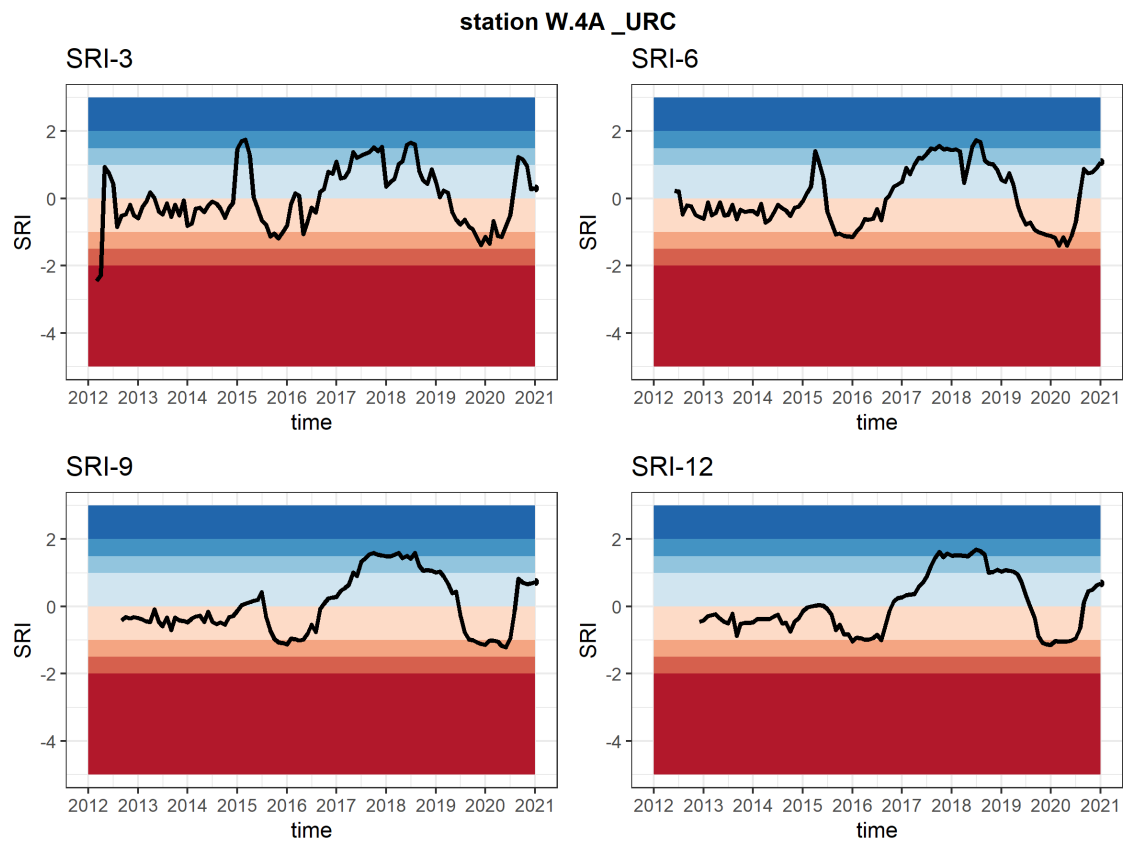
ตารางที่ 4.6-7 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.21 จังหวัดกำแพงเพชรที่ระดับความคุ้มครองตอนบน

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	พ.ย. 2556-ธ.ค. 2557 (14 เดือน)	เม.ย. 2555 (-3.04)
SRI-6	ก.พ. 2557-ก.พ. 2558 (13 เดือน)	ม.ค. 2559 (-1.82)
SRI-9	พ.ค. 2557-พ.ค. 2558 (13 เดือน)	ม.ค. 2559 (-1.74)
	ส.ค. 2562-ส.ค. 2563 (13 เดือน)	
SRI-12	มิ.ย. 2557-ส.ค. 2559 (27 เดือน)	ต.ค. 2557 (-1.75)

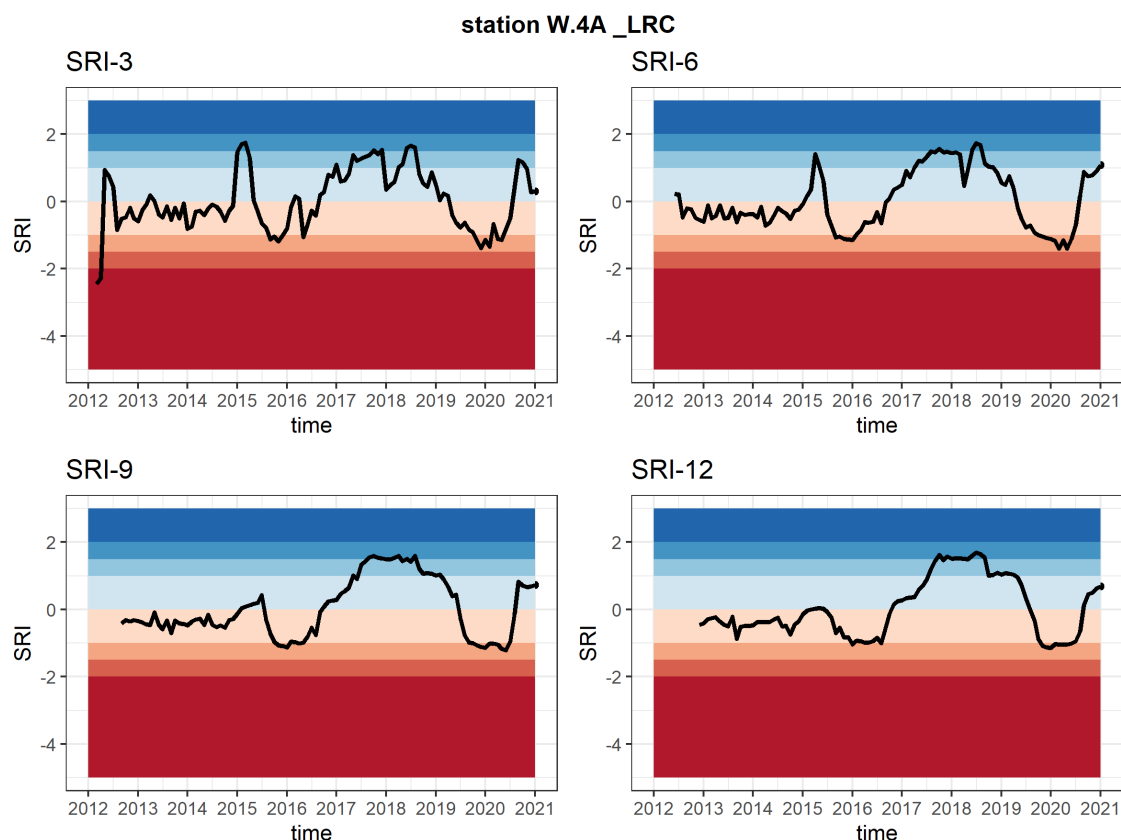
ตารางที่ 4.6-8 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.21 จังหวัดกำแพงเพชรที่ระดับความคุ้มครองตอนล่าง

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	พ.ย. 2556-ธ.ค. 2557 (14 เดือน)	เม.ย. 2555 (-3.04)
SRI-6	ก.พ. 2557-ก.พ. 2558 (13 เดือน)	ม.ค. 2559 (-1.82)
SRI-9	พ.ค. 2557-พ.ค. 2558 (13 เดือน)	ม.ค. 2559 (-1.74)
	ส.ค. 2562-ส.ค. 2563 (13 เดือน)	
SRI-12	มิ.ย. 2557-ส.ค. 2559 (27 เดือน)	ต.ค. 2557 (-1.75)

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.4A จังหวัดลำปาง พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงหรือเท่ากันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานในแต่ละช่วงเวลาที่มีระยะเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6-24 ถึง รูปที่ 4.6-25 และ ตารางที่ 4.6-9 ถึงตารางที่ 4.6-10



รูปที่ 4.6-24 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.4A จังหวัดลำปางที่ระดับควบคุมตอนบน



รูปที่ 4.6-25 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.4A จังหวัดลำปางที่ระดับควบคุมตอนล่าง
ตารางที่ 4.6-9 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.4A จังหวัดลำปางที่ระดับควบคุมตอนบน

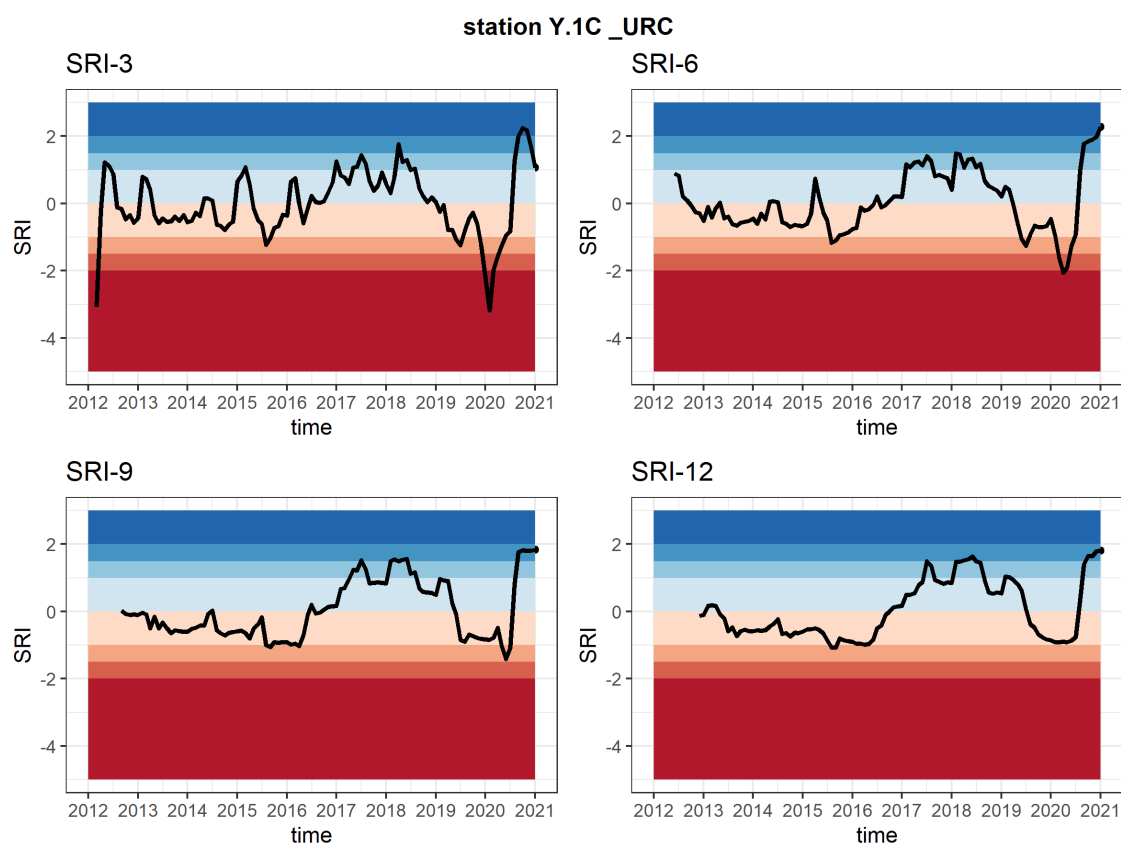
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	มิ.ย. 2556-ธ.ค. 2557 (19 เดือน)	มี.ค. 2555 (-2.45)
SRI-6	ส.ค. 2555-ม.ค. 2558 (30 เดือน)	พ.ค. 2563 (-1.39)
SRI-9	ก.ย. 2555-ม.ค. 2558 (29 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.21)
SRI-12	ธ.ค. 2555-ก.พ. 2558 (27 เดือน)	ม.ค. 2563 (-1.14)

ตารางที่ 4.6-10 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า W.4A จังหวัดลำปางที่ระดับควบคุมตอนล่าง

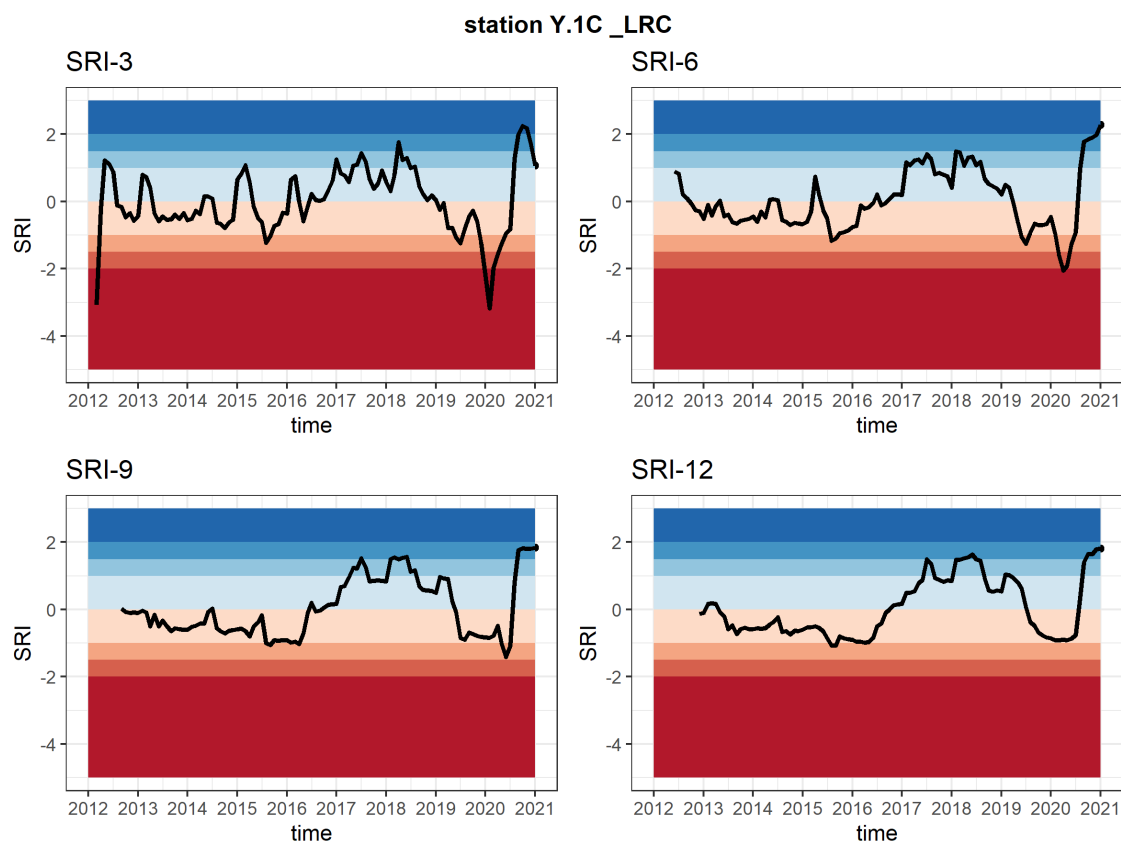
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	มิ.ย. 2556-ธ.ค. 2557 (19 เดือน)	มี.ค. 2555 (-2.45)
SRI-6	ส.ค. 2555-ม.ค. 2558 (30 เดือน)	พ.ค. 2563 (-1.39)
SRI-9	ก.ย. 2555-ม.ค. 2558 (29 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.21)
SRI-12	ธ.ค. 2555-ก.พ. 2558 (27 เดือน)	ม.ค. 2563 (-1.14)

ลุ่มน้ำยม

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.1C จังหวัดแพร่ พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงหรือเท่ากันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานในแต่ละช่วงเวลาที่วิเคราะห์มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6-26 ถึง รูปที่ 4.6-27 และ ตารางที่ 4.6-11-ตารางที่ 4.6-10



รูปที่ 4.6-26 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.1C จังหวัดแพร่ที่ระดับควบคุมตอนบน



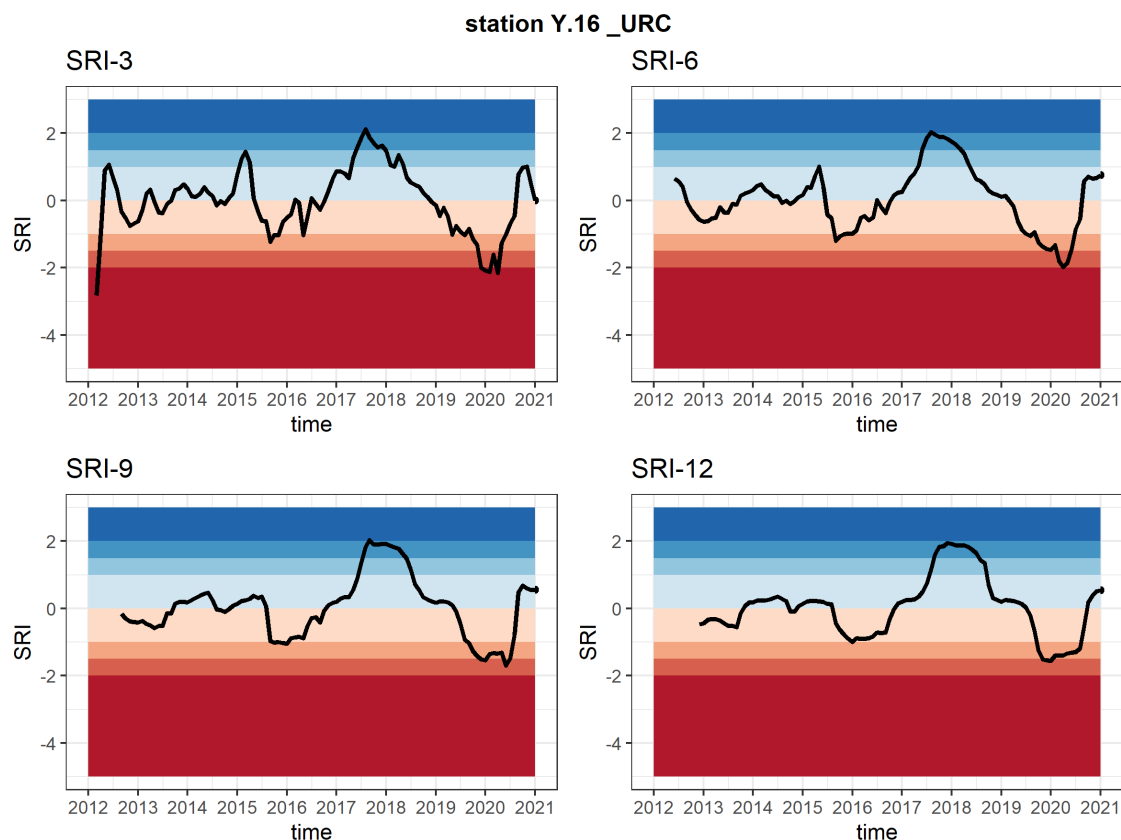
รูปที่ 4.6-27 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.1C จังหวัดแพร่ที่ระดับควบคุมตอนล่าง
 ตารางที่ 4.6-11 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.1C จังหวัดแพร่ที่ระดับควบคุมตอนบน

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	ก.พ. 2562-ก.ค. 2563 (18 เดือน)	ก.พ. 2563 (-3.17)
SRI-6	เม.ย. 2562-ก.ค. 2563 (16 เดือน)	เม.ย. 2563 (-2.06)
SRI-9	ส.ค. 2557-มิ.ย 2559 (23 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.41)
SRI-12	พ.ค. 2556-ก.ย. 2559 (41 เดือน)	ก.ย. 2558 (-1.07)

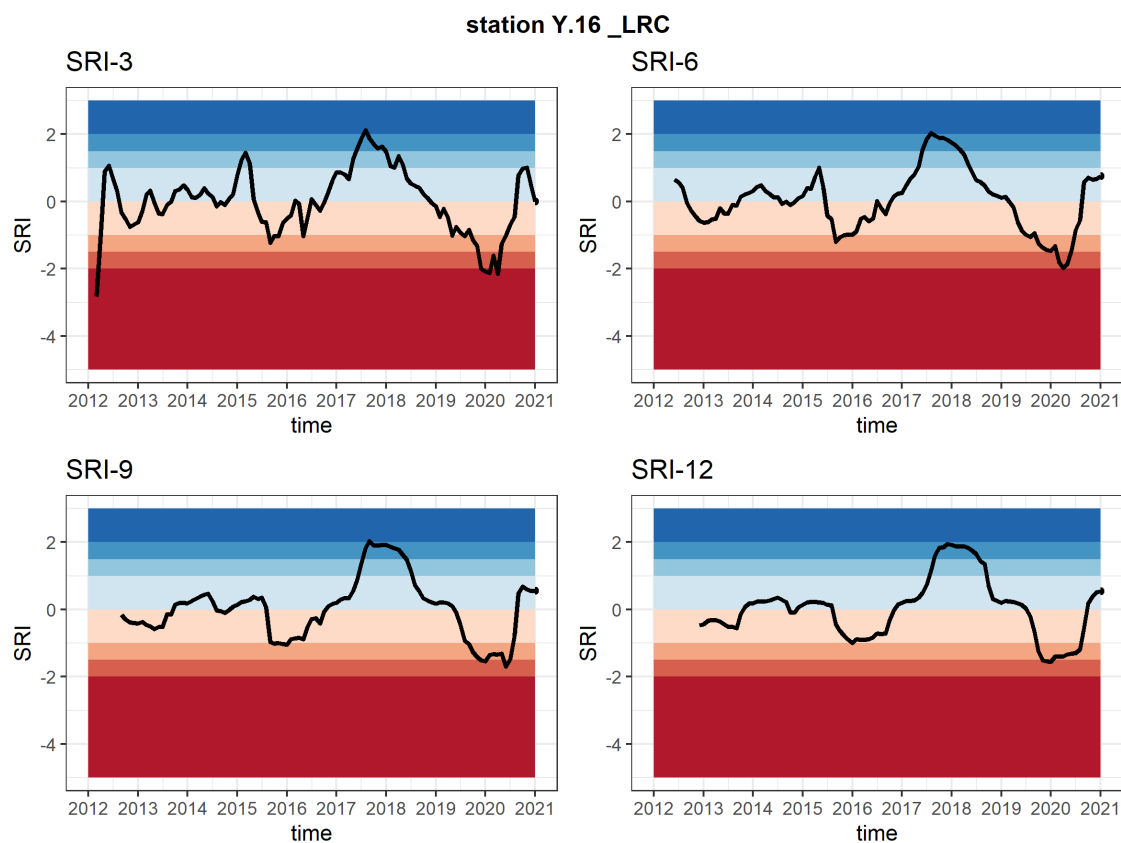
ตารางที่ 4.6-12 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.1C จังหวัดแพร่ที่ระดับควบคุมตอนล่าง

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	ก.พ. 2562-ก.ค. 2563 (18 เดือน)	ก.พ. 2563 (-3.17)
SRI-6	เม.ย. 2562-ก.ค. 2563 (16 เดือน)	เม.ย. 2563 (-2.06)
SRI-9	ส.ค. 2557-มิ.ย 2559 (23 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.41)
SRI-12	พ.ค. 2556-ก.ย. 2559 (41 เดือน)	ก.ย. 2558 (-1.07)

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.16 จังหวัดพิษณุโลก พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงหรือเท่ากันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานในแต่ละช่วงเวลาที่มีระยะเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6-28 ถึง รูปที่ 4.6-29 และ ตารางที่ 4.6-13-ตารางที่ 4.6-14



รูปที่ 4.6-28 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.16 จังหวัดพิษณุโลกที่ระดับควบคุมตอนบน



รูปที่ 4.6-29 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.16 จังหวัดพิษณุโลกที่ระดับควบคุมตอนล่าง
ตารางที่ 4.6-13 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.16 จังหวัดพิษณุโลกที่ระดับควบคุมตอนบน

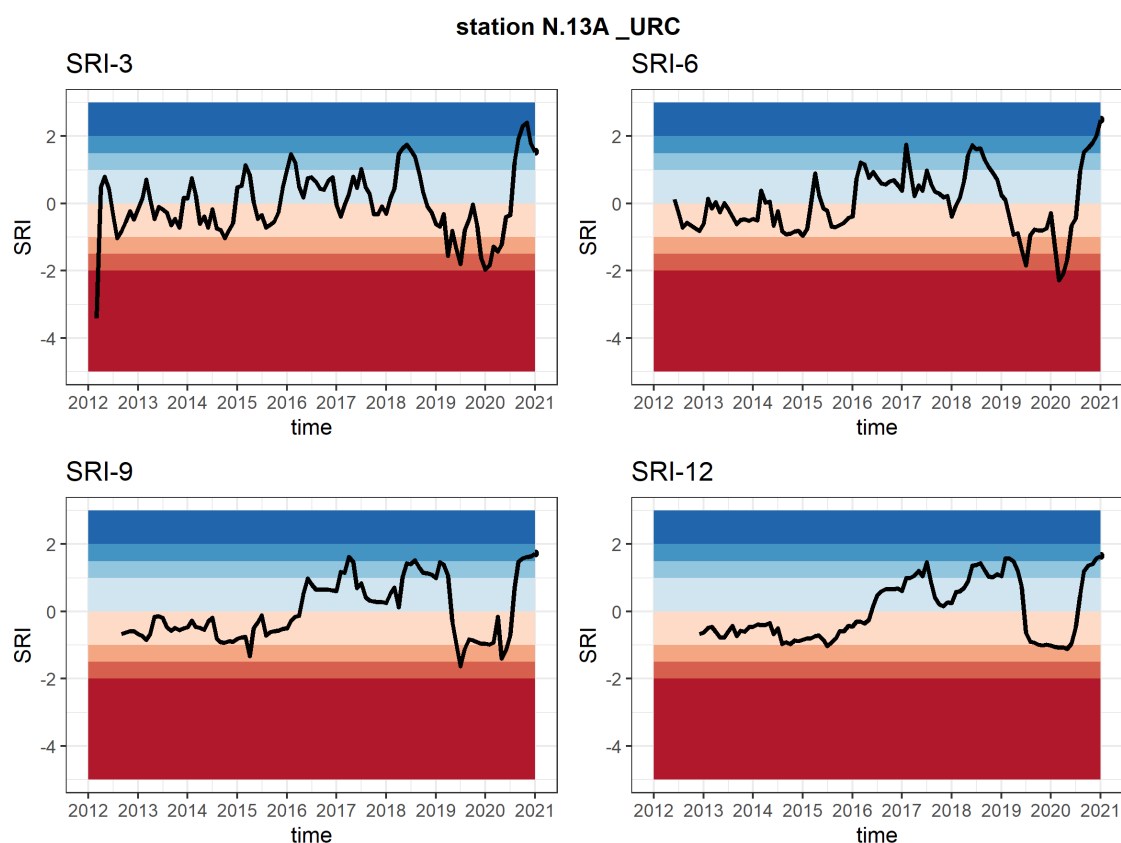
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	ธ.ค. 2561-ส.ค. 2563 (21 เดือน)	มี.ค. 2555 (-2.82)
SRI-6	มี.ค. 2562-ส.ค. 2563 (18 เดือน)	เม.ย. 2563 (-1.98)
SRI-9	มิ.ย. 2562-ส.ค. 2563 (15 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.70)
SRI-12	ก.ย. 2558-พ.ย. 2559 (15 เดือน)	ม.ค. 2563 (-1.55)

ตารางที่ 4.6-14 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า Y.16 จังหวัดพิษณุโลกที่ระดับควบคุมตอนล่าง

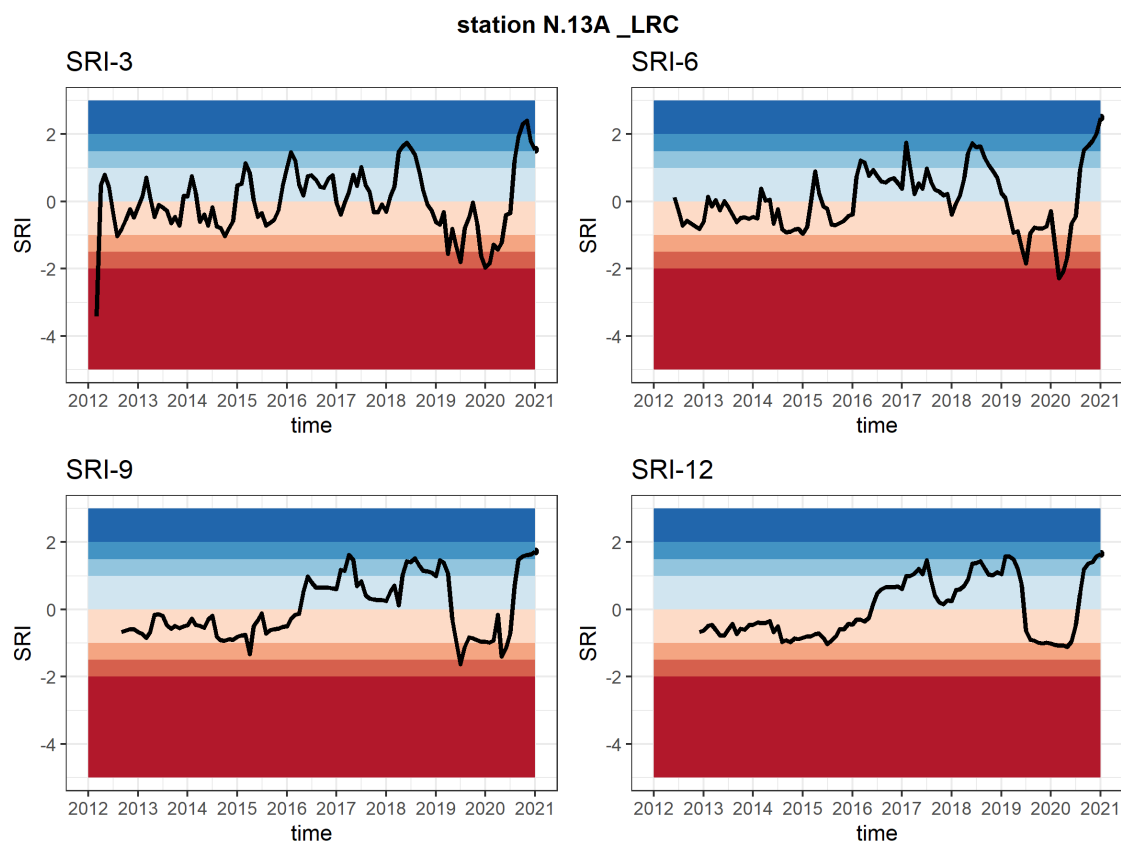
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	ธ.ค. 2561-ส.ค. 2563 (21 เดือน)	มี.ค. 2555 (-2.82)
SRI-6	มี.ค. 2562-ส.ค. 2563 (18 เดือน)	เม.ย. 2563 (-1.98)
SRI-9	มิ.ย. 2562-ส.ค. 2563 (15 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.70)
SRI-12	ก.ย. 2558-พ.ย. 2559 (15 เดือน)	ม.ค. 2563 (-1.55)

ลุ่มน้ำน่าน

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.13A จังหวัดน่าน พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงหรือเท่ากันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานในแต่ละช่วงเวลา ที่วิเคราะห์มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6-30 ถึง รูปที่ 4.6-31 และตารางที่ 4.6-15-ตารางที่ 4.6-16



รูปที่ 4.6-30 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.13A จังหวัดน่านที่ระดับความคมตอนบน



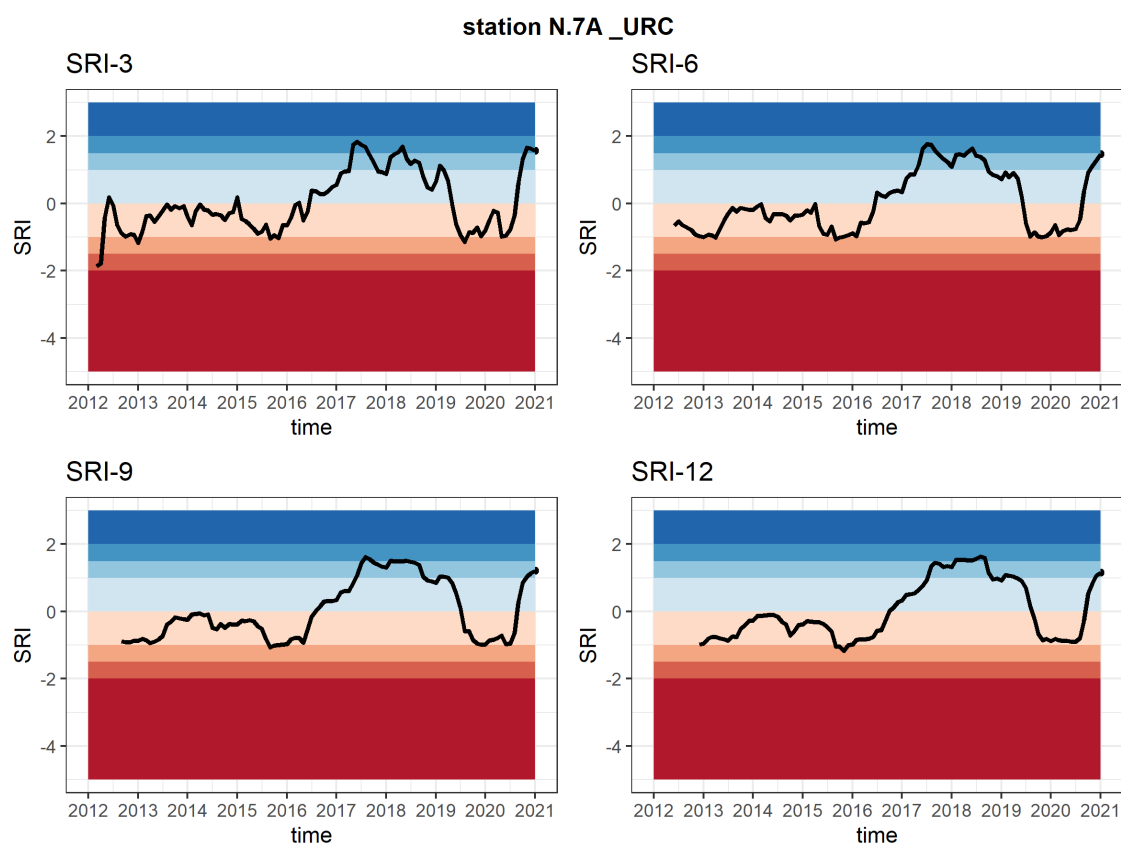
รูปที่ 4.6-31 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.13A จังหวัดน่านที่ระดับควบคุมตอนล่าง
ตารางที่ 4.6-15 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.13A จังหวัดน่านที่ระดับควบคุมตอนบน

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	พ.ย. 2561-ก.ค. 2563 (21 เดือน)	มี.ค. 2555 (-3.42)
SRI-6	มี.ค. 2562-ก.ค. 2563 (17 เดือน)	มี.ค. 2563 (-2.28)
SRI-9	ก.ย. 2555-เม.ย 2559 (44 เดือน)	ก.ค. 2562 (-1.63)
SRI-12	ธ.ค. 2555-พ.ค. 2559 (42 เดือน)	พ.ค. 2563 (-1.12)

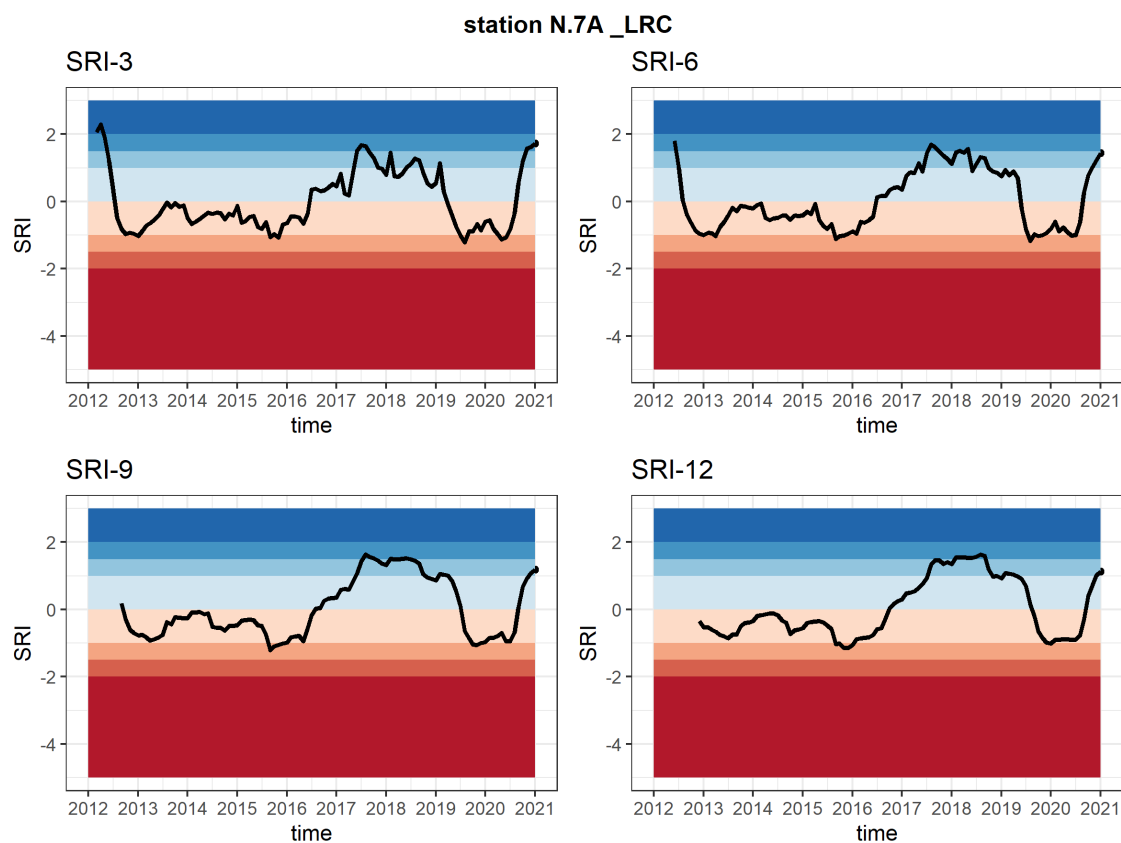
ตารางที่ 4.6-16 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.13A จังหวัดน่านที่ระดับควบคุมตอนล่าง

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	พ.ย. 2561-ก.ค. 2563 (21 เดือน)	มี.ค. 2555 (-3.42)
SRI-6	มี.ค. 2562-ก.ค. 2563 (17 เดือน)	มี.ค. 2563 (-2.28)
SRI-9	ก.ย. 2555-เม.ย 2559 (44 เดือน)	ก.ค. 2562 (-1.63)
SRI-12	ธ.ค. 2555-พ.ค. 2559 (42 เดือน)	พ.ค. 2563 (-1.12)

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.7A จังหวัดพิจิตร พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2564 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC ค่อนข้างมีความแตกต่างที่สังเกตเห็นได้ ดังแสดงในรูปแบบที่ -รูปที่ ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) สรุปได้ดังตารางที่ 4.6-17-ตารางที่ 4.6-18



รูปที่ 4.6-32 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.7A จังหวัดพิจิตรที่ระดับความคมตอนบน



รูปที่ 4.6-33 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.7A จังหวัดพิจิตรที่ระดับควบคุมตอนล่าง
ตารางที่ 4.6-17 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.7A จังหวัดพิจิตรที่ระดับควบคุมตอนบน

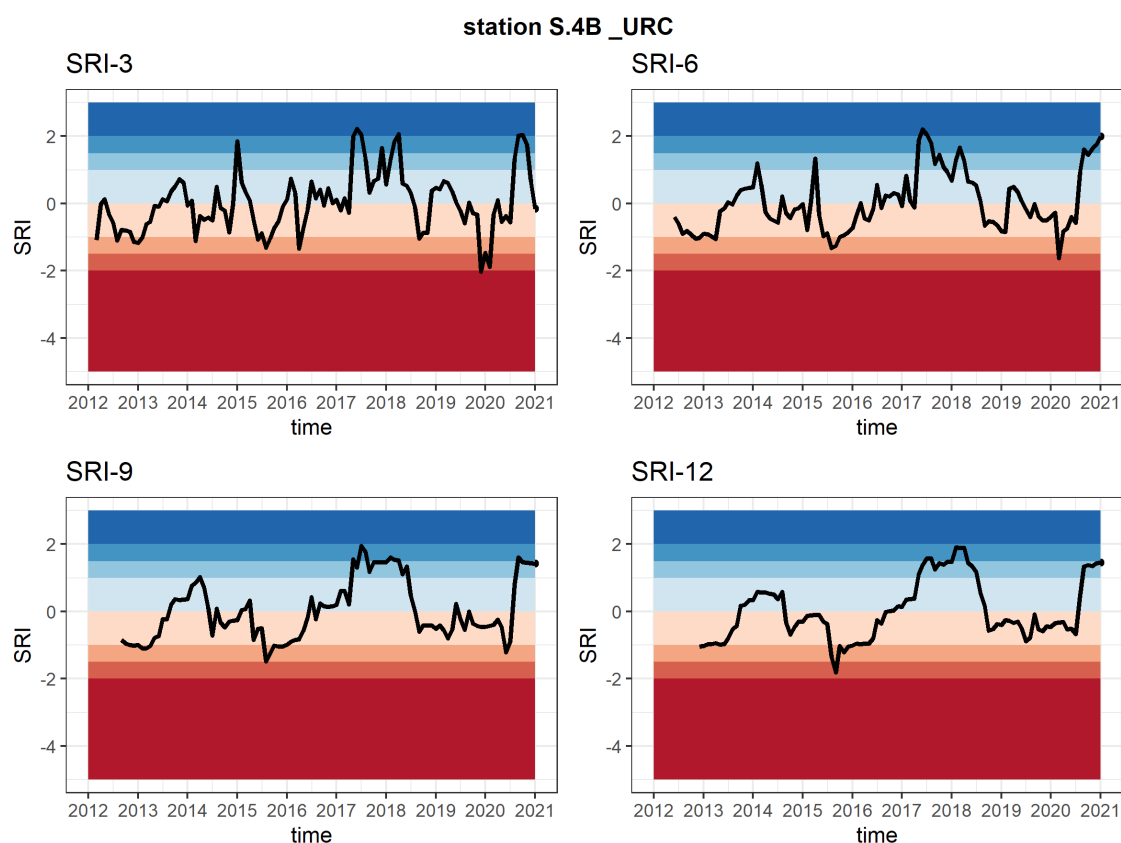
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	ก.ค. 2555-ธ.ค. 2557 (30 เดือน)	มี.ค. 2555 (-1.87)
SRI-6	มิ.ย. 2555-มิ.ย. 2559 (49 เดือน)	ก.ย. 2558 (-1.07)
SRI-9	ก.ย. 2555-ก.ค. 2559 (47 เดือน)	ก.ย. 2558 (-1.07)
SRI-12	ธ.ค. 2555-ก.ย. 2559 (46 เดือน)	พ.ย. 2558 (-1.17)

ตารางที่ 4.6-18 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า N.7A จังหวัดพิจิตรที่ระดับควบคุมตอนล่าง

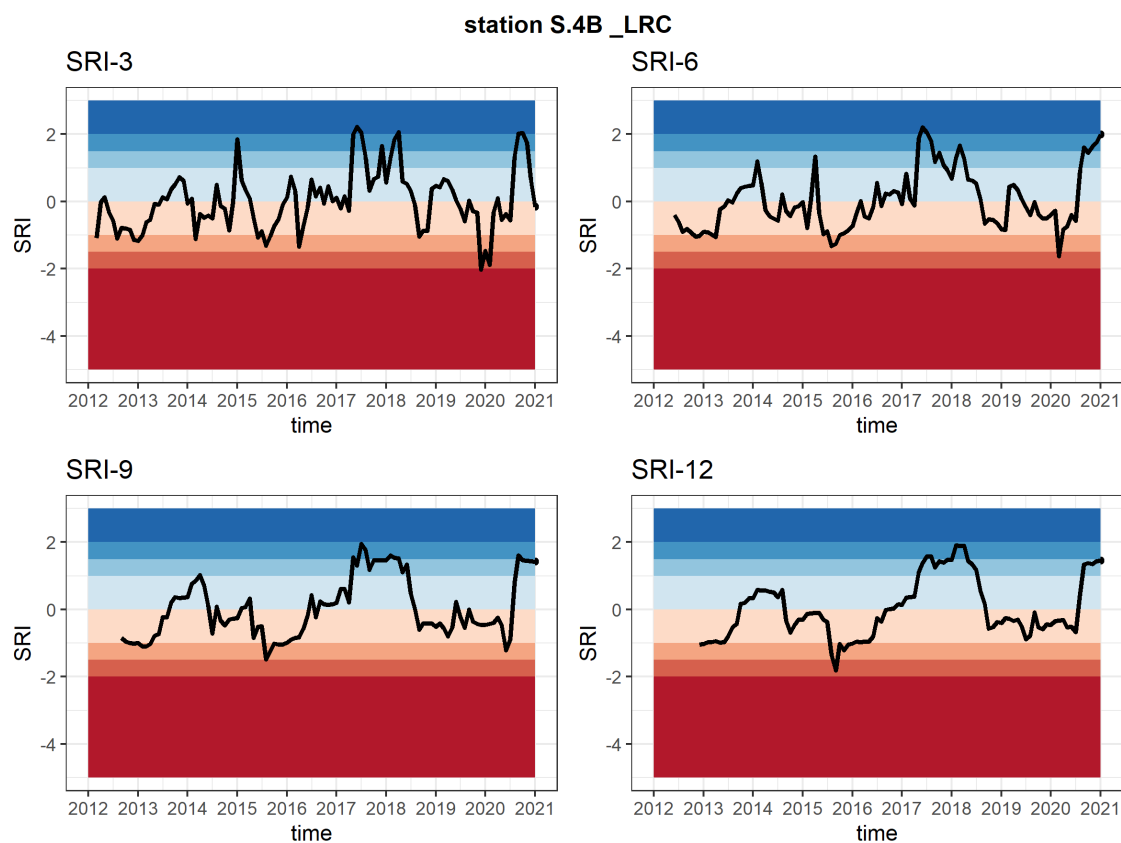
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	ส.ค. 2555-มิ.ย. 2559 (47 เดือน)	ส.ค. 2562 (-1.21)
SRI-6	ก.ย. 2555-มิ.ย. 2559 (46 เดือน)	ส.ค. 2562 (-1.16)
SRI-9	ต.ค. 2555-ก.ค. 2559 (46 เดือน)	ก.ย. 2558 (-1.22)
SRI-12	ธ.ค. 2555-ก.ย. 2559 (46 เดือน)	ธ.ค. 2558 (-1.14)

ลุ่มน้ำป่าสัก

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.4B จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงหรือเท่ากันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานในแต่ละช่วงเวลา ที่วิเคราะห์มีช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6-34 ถึง รูปที่ 4.6-35 และตารางที่ 4.6-19-ตารางที่ 4.6-20



รูปที่ 4.6-34 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.4B จังหวัดเพชรบูรณ์ที่ระดับควบคุมตอนบน



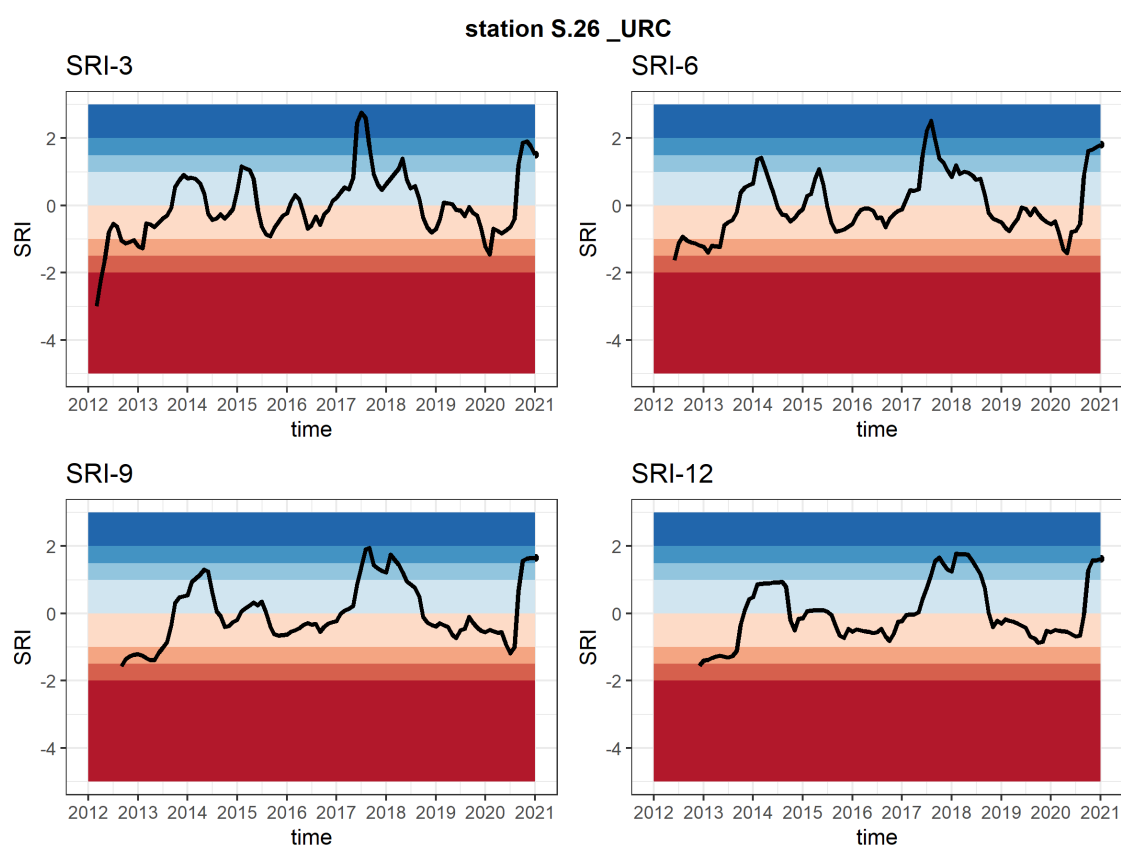
รูปที่ 4.6-35 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.4B จังหวัดเพชรบูรณ์ที่ระดับควบคุมตอนล่าง
 ตารางที่ 4.6-19 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.4B จังหวัดเพชรบูรณ์ที่ระดับควบคุมตอนบน

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	มิ.ย. 2555-มิ.ย. 2556 (13 เดือน)	ธ.ค. 2562 (-2.02)
SRI-6	มิ.ย. 2555-มิ.ย. 2556 (13 เดือน) ก.ค. 2562-ก.ค. 2563 (13 เดือน)	มี.ค. 2563 (-1.63)
SRI-9	พ.ค. 2558-มิ.ย 2559 (14 เดือน)	ส.ค. 2558 (-1.48)
SRI-12	ก.ย. 2557-ก.ย. 2559 (25 เดือน)	ก.ย. 2558 (-1.81)

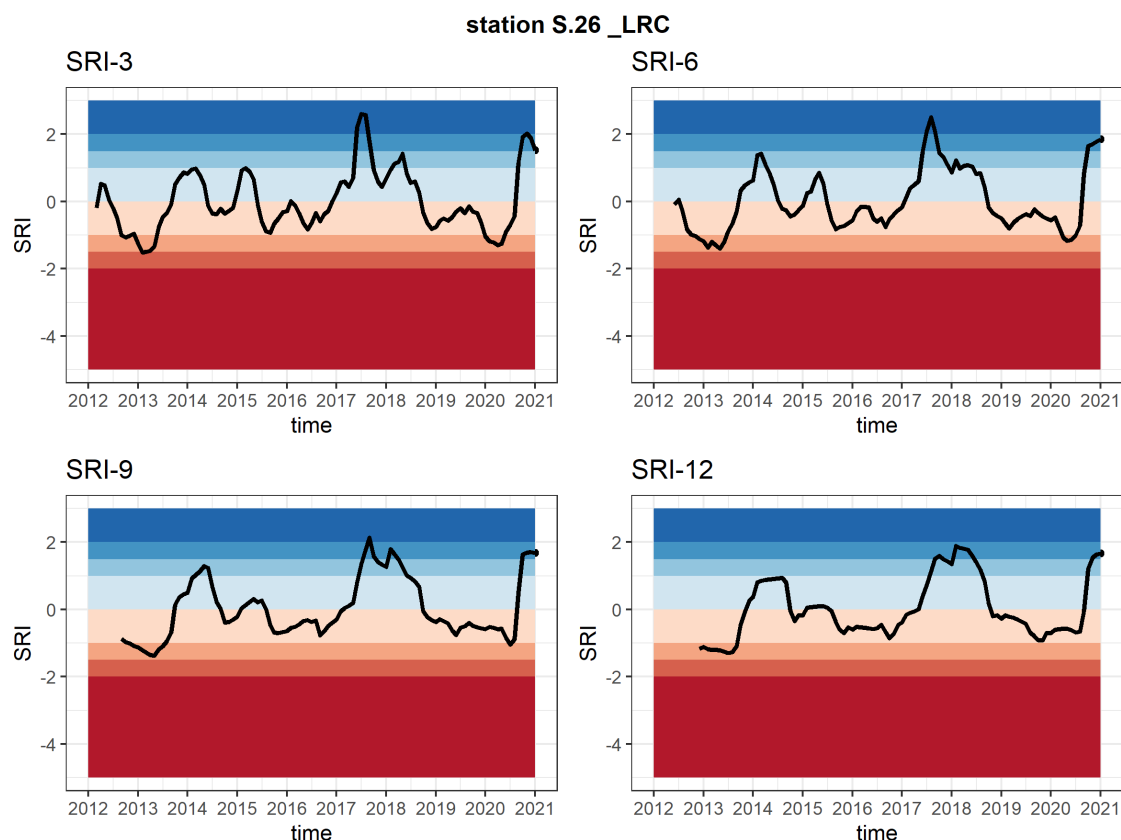
ตารางที่ 4.6-20 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.4B จังหวัดเพชรบูรณ์ที่ระดับควบคุมตอนล่าง

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	มิ.ย. 2555-มิ.ย. 2556 (13 เดือน)	ธ.ค. 2562 (-2.02)
SRI-6	มิ.ย. 2555-มิ.ย. 2556 (13 เดือน) ก.ค. 2562-ก.ค. 2563 (13 เดือน)	มี.ค. 2563 (-1.63)
SRI-9	พ.ค. 2558-มิ.ย 2559 (14 เดือน)	ส.ค. 2558 (-1.48)
SRI-12	ก.ย. 2557-ก.ย. 2559 (25 เดือน)	ก.ย. 2558 (-1.81)

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.26 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2564 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC ค่อนข้างมีความแตกต่างที่สังเกตเห็นได้ ดังแสดงในรูปที่ -รูปที่ ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) สรุปได้ดังตารางที่ 4.6-21-ตารางที่ 4.6-22



รูปที่ 4.6-36 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.26 จังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ระดับควบคุมตอนบน



รูปที่ 4.6-37 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.26 จังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ระดับควบคุมตอนล่าง
ตารางที่ 4.6-21 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.26 จังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ระดับควบคุมตอนบน

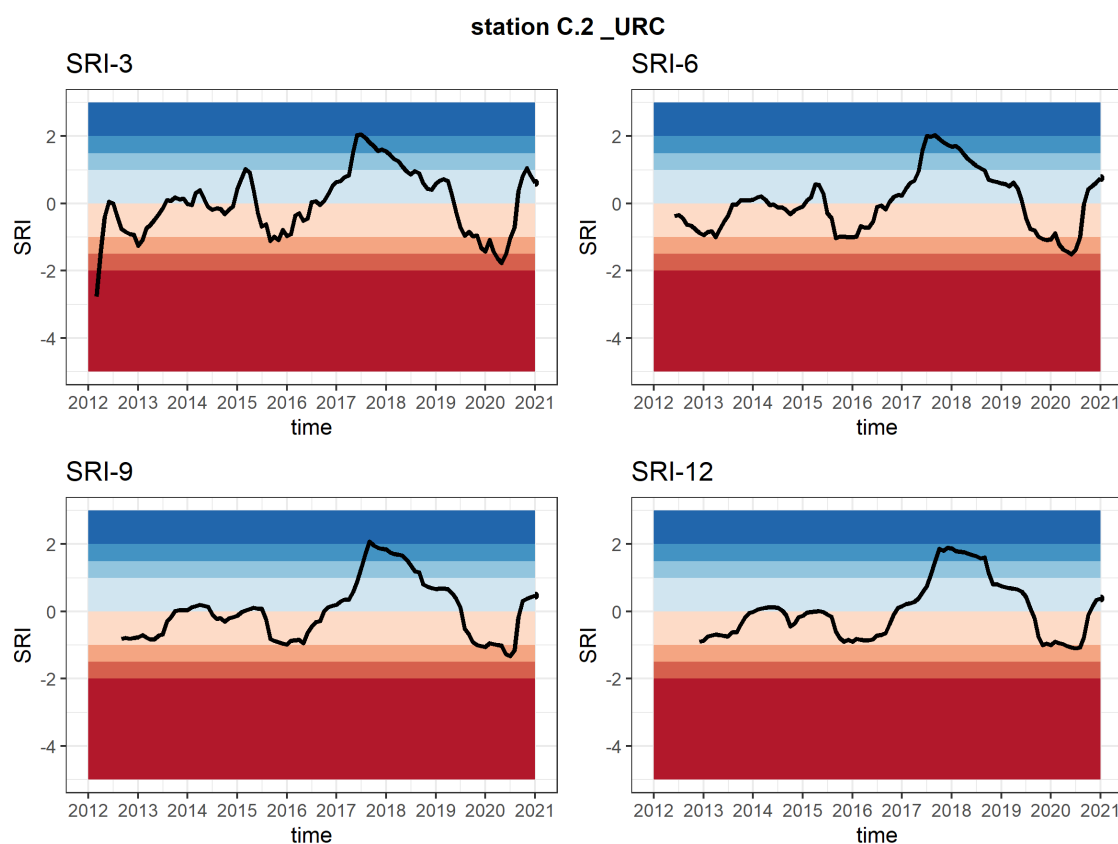
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	มี.ค. 2555-ก.ย. 2556 (19 เดือน)	มี.ค. 2555 (-2.99)
SRI-6	ต.ค. 2561-ส.ค. 2563 (23 เดือน)	มิ.ย. 2555 (-1.62)
SRI-9	ต.ค. 2561-ส.ค. 2563 (23 เดือน)	ก.ย. 2555 (-1.56)
SRI-12	พ.ย. 2561-ก.ย. 2563 (23 เดือน)	ธ.ค. 2555 (-1.56)

ตารางที่ 4.6-22 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า S.26 จังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ระดับควบคุมตอนล่าง

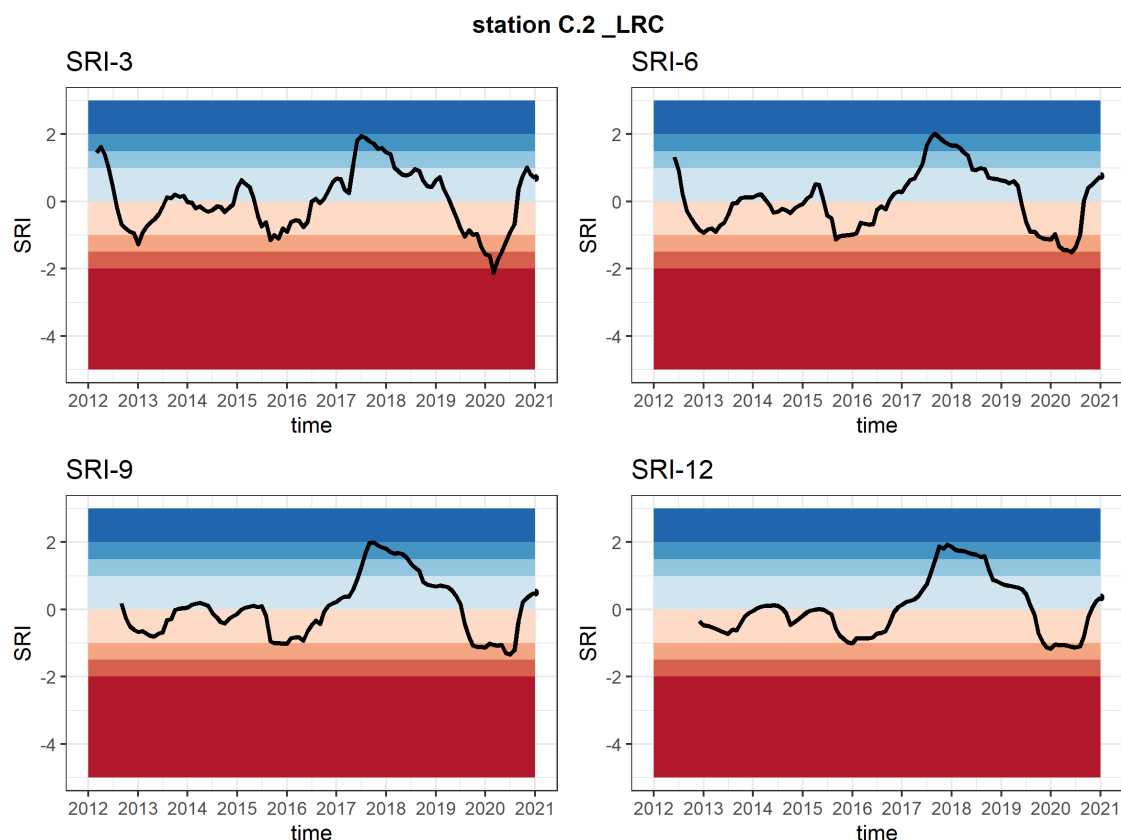
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	มี.ค. 2555-ก.ย. 2556 (19 เดือน)	ก.พ. 2556 (-2.99)
SRI-6	ต.ค. 2561-ส.ค. 2563 (23 เดือน)	พ.ค. 2556 (-1.62)
SRI-9	ต.ค. 2561-ส.ค. 2563 (23 เดือน)	พ.ค. 2556 (-1.56)
SRI-12	พ.ย. 2561-ก.ย. 2563 (23 เดือน)	ก.ค. 2556 (-1.56)

ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.2 จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2564 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC ค่อนข้างมีความแตกต่างที่สังเกตเห็นได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.6-38 ถึง รูปที่ 4.6-39 ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) สรุปได้ดังตารางที่ 4.6-23 ตารางที่ 4.6-24



รูปที่ 4.6-38 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.2 จังหวัดนครสวรรค์ที่ระดับควบคุมตอนบน



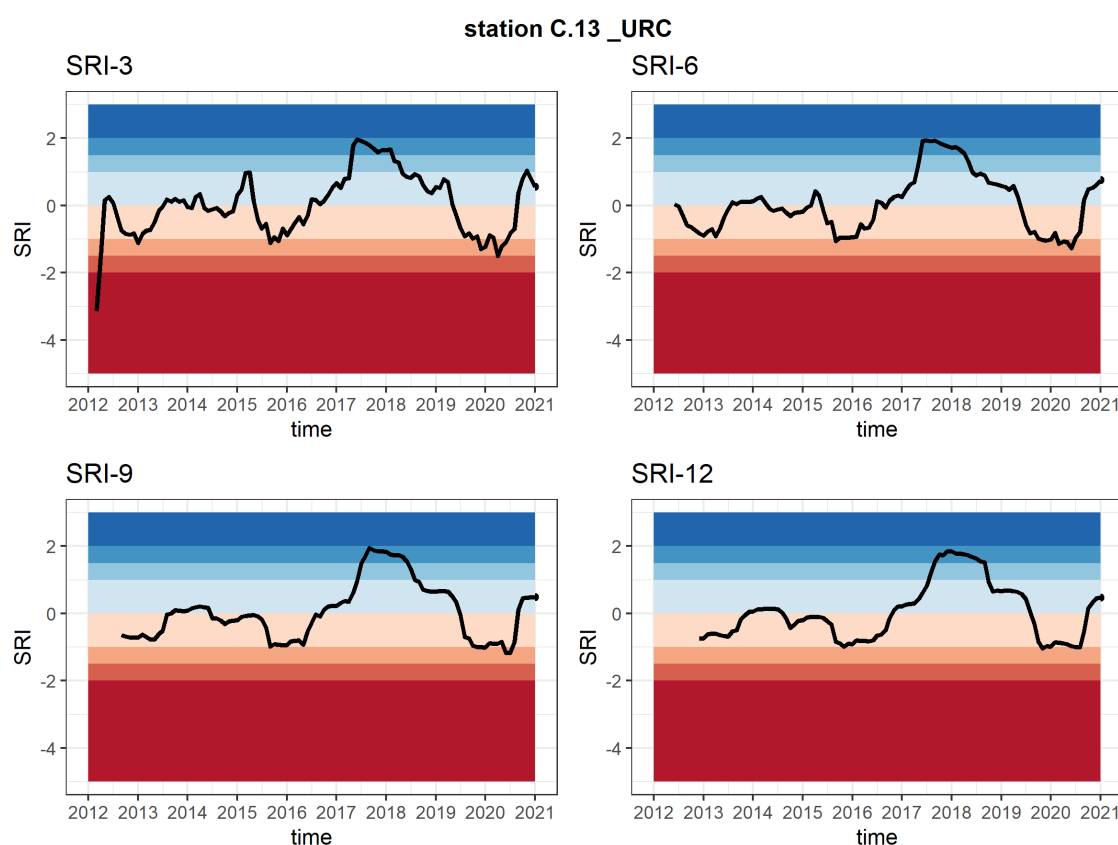
รูปที่ 4.6-39 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.2 จังหวัดนครสวรรค์ที่ระดับควบคุมตอนล่าง
 ตารางที่ 4.6-23 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.2 จังหวัดนครสวรรค์ที่ระดับควบคุมตอนบน

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	มิ.ย. 2562-ส.ค. 2563 (15 เดือน)	มี.ค. 2555 (-2.78)
SRI-6	มิ.ย. 2555-ก.ย. 2556 (16 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.50)
SRI-9	ส.ค. 2558-ต.ค. 2559 (15 เดือน)	ก.ค. 2563 (-1.32)
SRI-12	มิ.ย. 2558-พ.ย. 2559 (18 เดือน)	ก.ค. 2563 (-1.09)

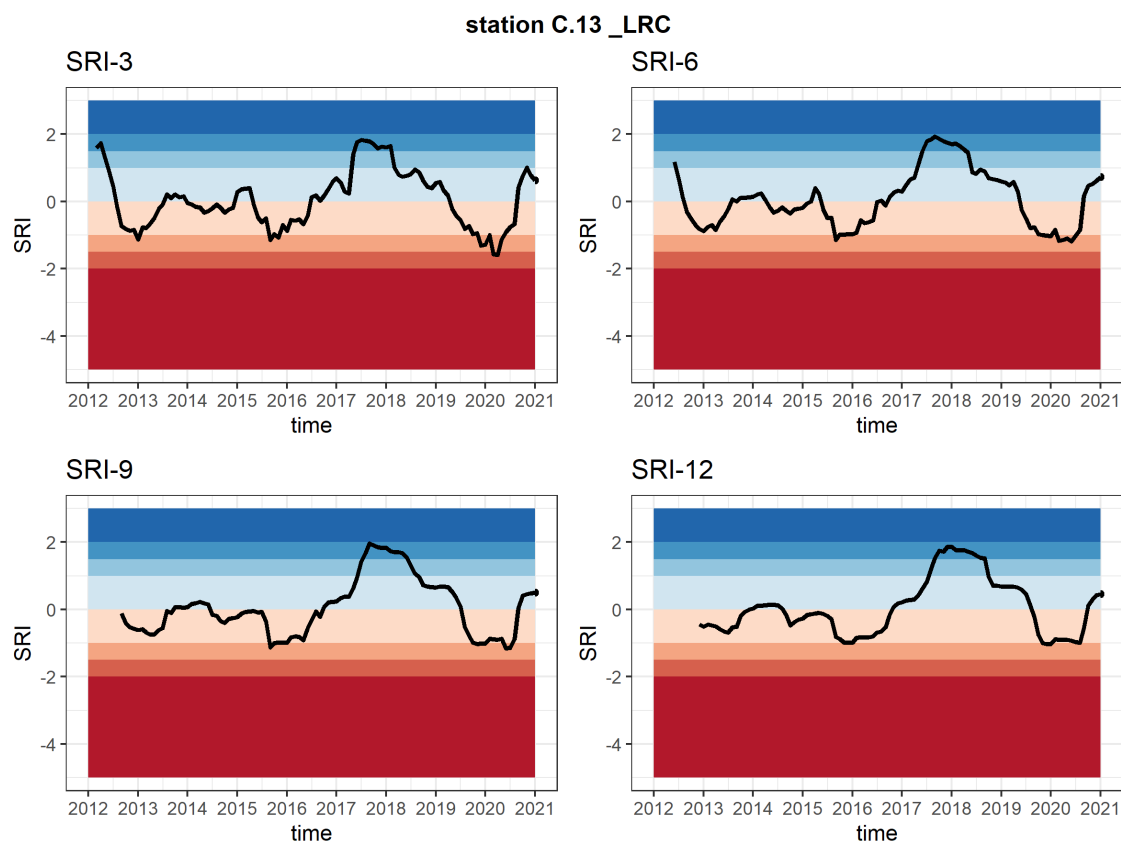
ตารางที่ 4.6-24 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.2 จังหวัดนครสวรรค์ที่ระดับควบคุมตอนล่าง

SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	พ.ค. 2562-ส.ค. 2563 (16 เดือน)	มี.ค. 2555 (-2.11)
SRI-6	ก.ค. 2558-ก.ย. 2559 (15 เดือน) มิ.ย. 2562-ส.ค. 2563 (15 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.51)
SRI-9	ส.ค. 2558-ต.ค. 2559 (15 เดือน)	ก.ค. 2563 (-1.34)
SRI-12	มิ.ย. 2558-พ.ย. 2559 (18 เดือน)	ก.ค. 2563 (-1.16)

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.13 จังหวัดชัยนาท พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2560-2564 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC ค่อนข้างมีความแตกต่างที่สังเกตเห็นได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.6-40 ถึง รูปที่ 4.6-41 ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) สรุปได้ดังตารางที่ 4.6-25-ตารางที่ 4.6-26



รูปที่ 4.6-40 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.13 จังหวัดชัยนาทที่ระดับควบคุมตอนบน



รูปที่ 4.6-41 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.13 จังหวัดชัยนาทที่ระดับควบคุมตอนล่าง
ตารางที่ 4.6-25 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.13 จังหวัดชัยนาทที่ระดับควบคุมตอนบน

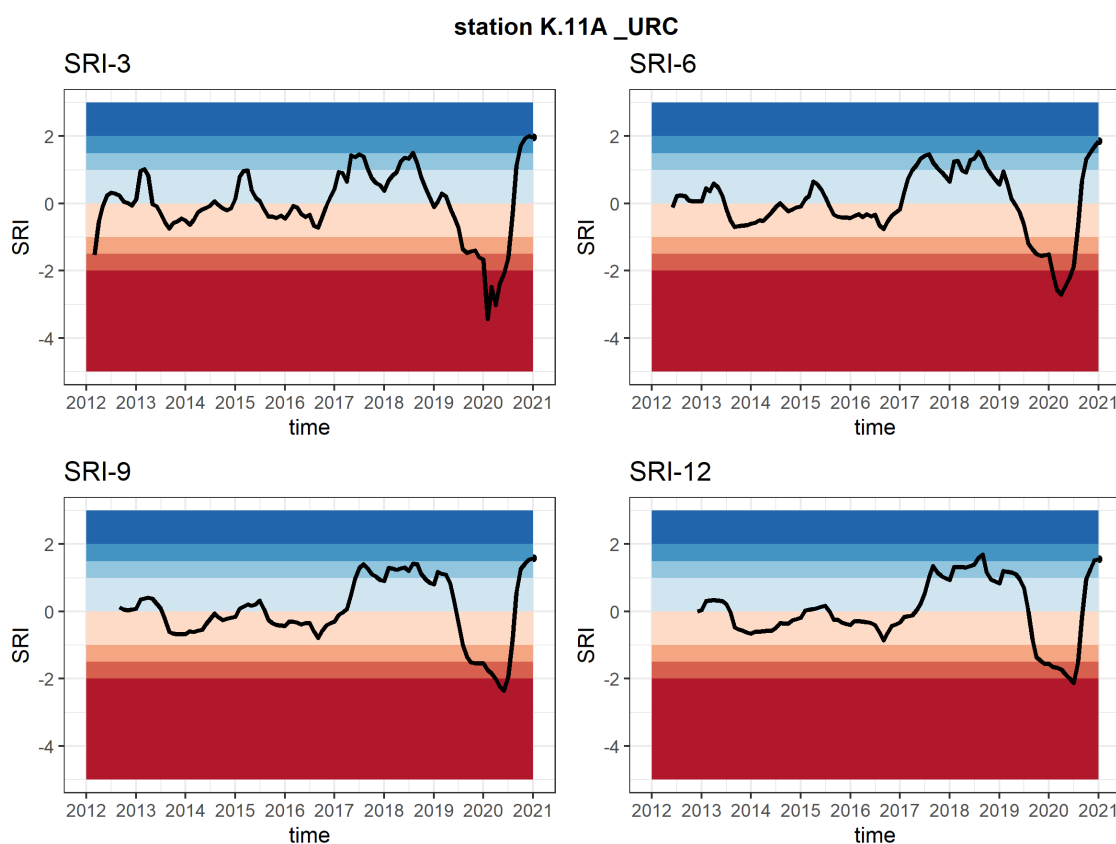
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	มิ.ย. 2562-ส.ค. 2563 (15 เดือน)	มี.ค. 2555 (-3.13)
SRI-6	มิ.ย. 2562-ส.ค. 2563 (15 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.26)
SRI-9	ก.ค. 2557-ก.ย. 2559 (27 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.17)
SRI-12	ก.ย. 2557-ต.ค. 2559 (26 เดือน)	พ.ย. 2562 (-1.05)

ตารางที่ 4.6-26 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า C.13 จังหวัดชัยนาทที่ระดับควบคุมตอนล่าง

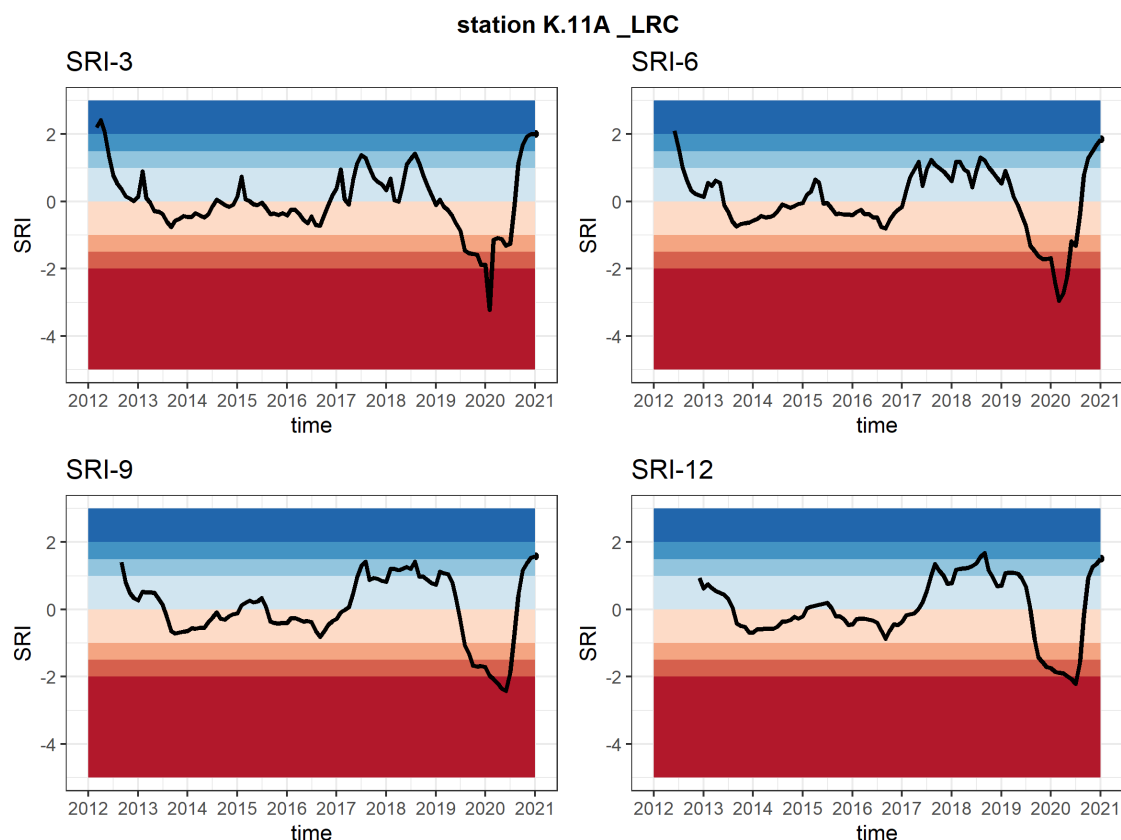
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	พ.ค. 2562-ส.ค. 2563 (16 เดือน)	เม.ย. 2563 (-1.58)
SRI-6	มิ.ย. 2562-ส.ค. 2563 (15 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.18)
SRI-9	ก.ค. 2557-ก.ย. 2559 (27 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-1.16)
SRI-12	ก.ย. 2557-ต.ค. 2559 (26 เดือน)	ม.ค. 2563 (-1.03)

ลุ่มน้ำแม่กลอง

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า K.11A จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2564 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC มีรูปแบบและช่วงค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน (SRI-3, SRI-6, SRI-9 และ SRI-12) แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ผลการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานกรณี URC และ LRC ค่อนข้างมีความแตกต่างที่สังเกตเห็นได้ ดังแสดงในรูปที่ รูปที่ 4.6-42 ถึง รูปที่ 4.6-43 ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) สรุปได้ดังตารางที่ 4.6-27-ตารางที่ 4.6-28



รูปที่ 4.6-42 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า K.11A จังหวัดกาญจนบุรีที่ระดับควบคุมตอนบน



รูปที่ 4.6-43 ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า K.11A จังหวัดกาญจนบุรีที่ระดับควบคุมตอนล่าง
ตารางที่ 4.6-27 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า K.11A จังหวัดกาญจนบุรีที่ระดับควบคุมตอนบน

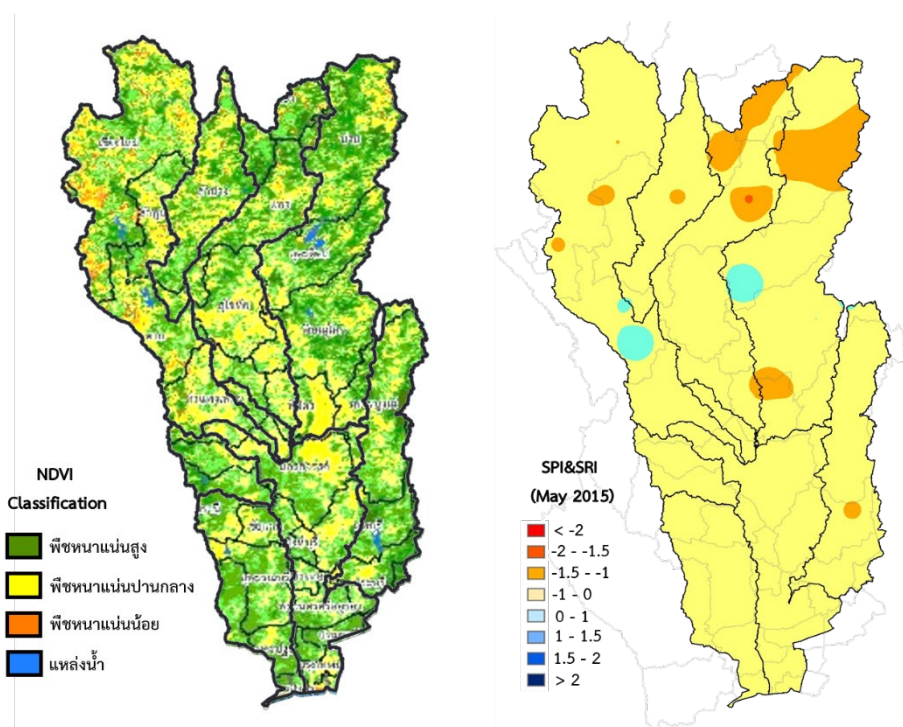
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	ส.ค. 2558-พ.ย. 2559 (16 เดือน)	ก.พ. 2563 (-3.43)
	พ.ค. 2562-ส.ค. 2563 (16 เดือน)	
SRI-6	ส.ค. 2558-ม.ค. 2560 (18 เดือน)	เม.ย. 2563 (-2.70)
SRI-9	ก.ย. 2558-มี.ค. 2560 (19 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-2.35)
SRI-12	ก.ย. 2558-เม.ย. 2560 (20 เดือน)	ก.ค. 2563 (-2.12)

ตารางที่ 4.6-28 สรุปลักษณะของดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่า K.11A จังหวัดกาญจนบุรีที่ระดับควบคุมตอนล่าง

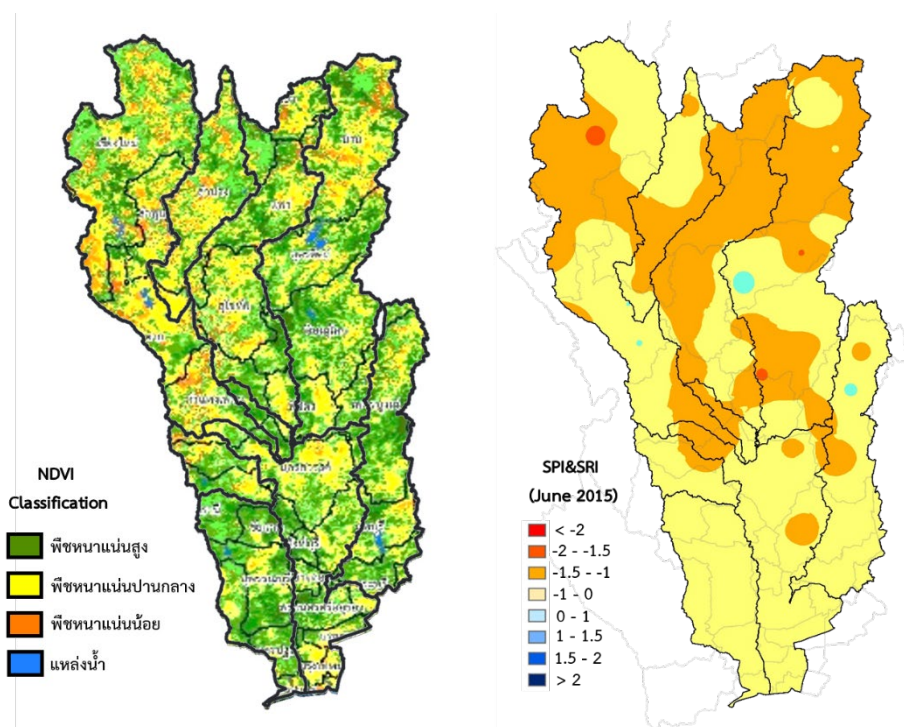
SRI	ช่วงเวลาการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานที่สุด	เดือนที่มีค่าดัชนีปริมาณน้ำท่าต่ำที่สุด
SRI-3	พ.ค. 2558-พ.ย. 2559 (19 เดือน)	ก.พ. 2563 (-3.21)
SRI-6	มิ.ย. 2556-ม.ค. 2558 (18 เดือน)	มี.ค. 2563 (-2.94)
	มิ.ย. 2558-ม.ค. 2560 (18 เดือน)	
SRI-9	ก.ย. 2558-มี.ค. 2560 (19 เดือน)	มิ.ย. 2563 (-2.43)
SRI-12	ก.ย. 2558-เม.ย. 2560 (20 เดือน)	ก.ค. 2563 (-2.21)

4.7 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI และ SRI กับแผนที่ NDVI จาก GISTDA

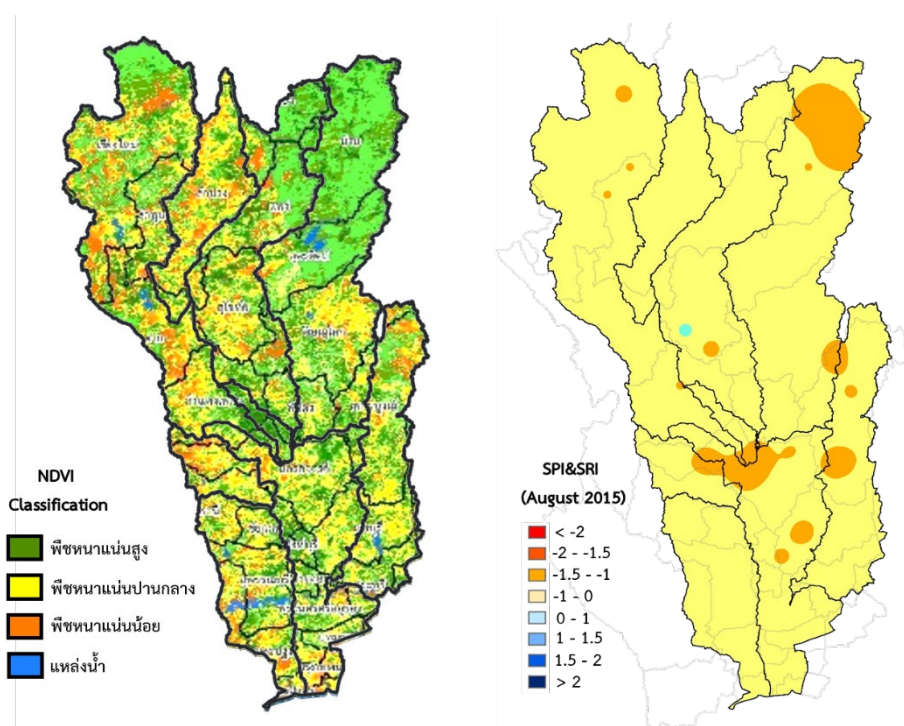
จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI และ SRI กับแผนที่แสดงค่า NDVI จาก สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ GISTDA พบว่าในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน และ สิงหาคม พ.ศ. 2558 มีพื้นที่ที่มีการระบุโดยภาพถ่ายดาวเทียมว่ามีความหนาแน่นของพืชพรรณในระดับปานกลางและระดับน้อยจาก GISTDA มีความสอดคล้องกับหลายพื้นที่ที่มีผลการประเมินค่า SPI และ SRI ร่วมกันในเชิงพื้นที่ซึ่งมีค่าติดลบซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแห้งแล้งโดยเฉพาะบริเวณลุ่มน้ำปิง วัง และเจ้าพระยาตอนล่าง



รูปที่ 4.7-1 แผนที่แสดงค่า NDVI จาก GISTDA และผลการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI และ SRI
ณ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558



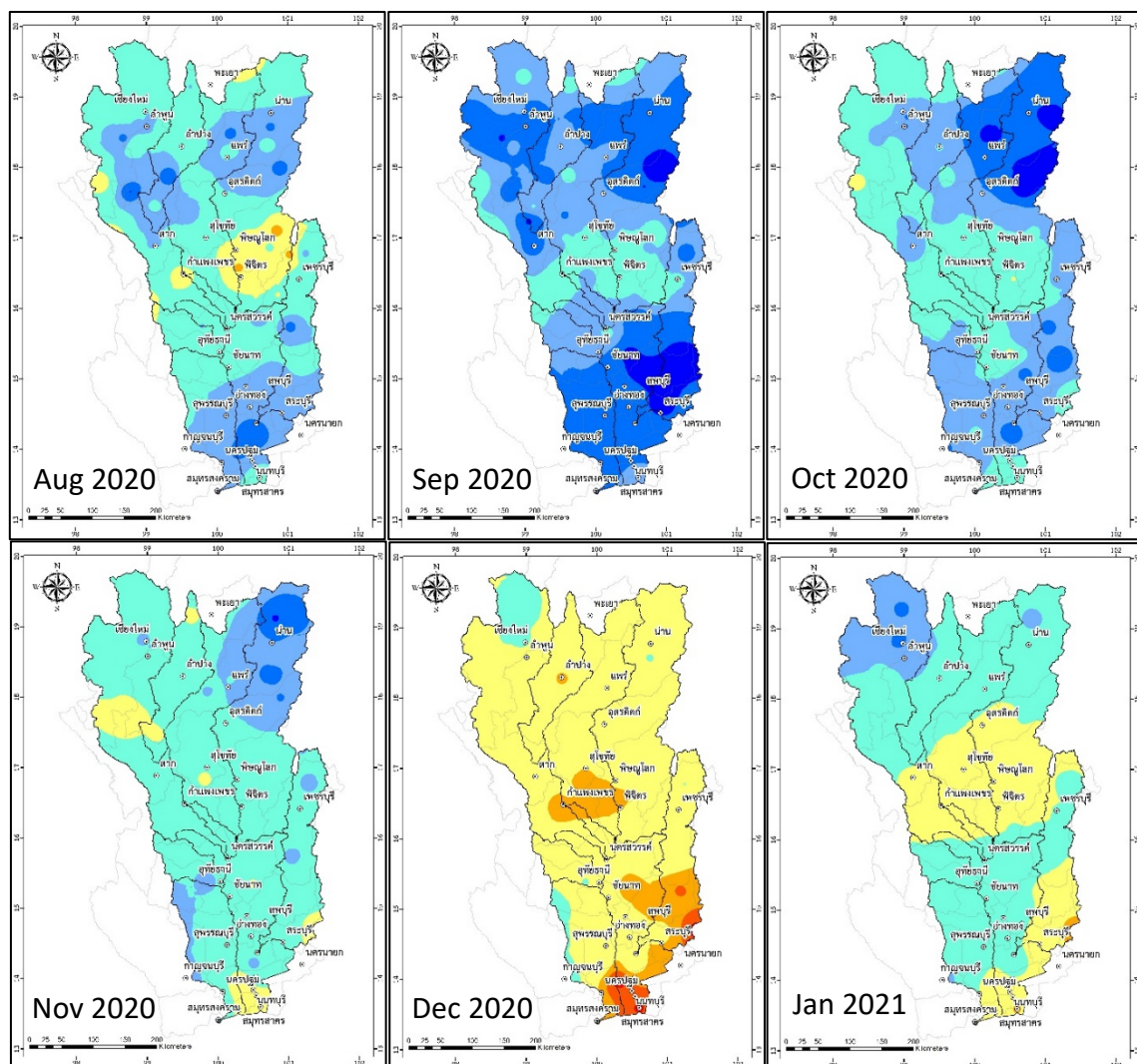
รูปที่ 4.7-2 แผนที่แสดงค่า NDVI จาก GISTDA และผลการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI และ SRI
ณ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558



รูปที่ 4.7-3 แผนที่แสดงค่า NDVI จาก GISTDA และผลการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI และ SRI
ณ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558

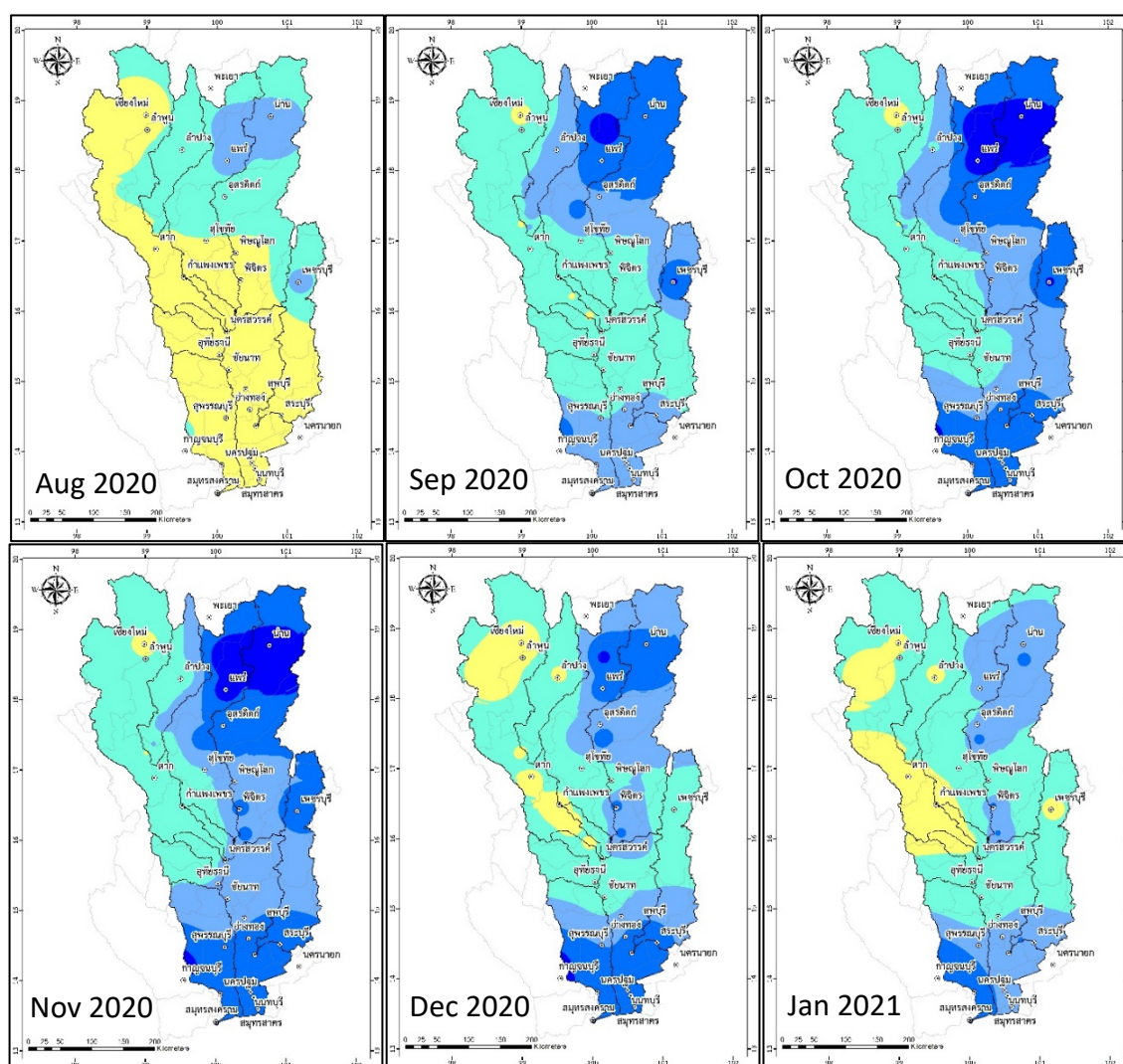
4.8 แผนที่ SPI-3, SRI-3, และการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่าง SPI-3 กับ SRI-3 ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ล่วงหน้า 6 เดือน

การศึกษานี้ได้นำผลพยากรณ์ล่วงหน้ารายฤดูกาล 6 เดือนจากแบบจำลอง Climate Forecast System Version 2 จาก National Centers for Environment Prediction (NCEP) และได้ทำการปรับค่า Bias Correction เพื่อใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT ในอนาคตล่วงหน้า 6 เดือน จากนั้นจึงนำผลการพยากรณ์ฝนล่วงหน้า 6 เดือนมาทำการวิเคราะห์ค่า SPI ในสถานี่ฝนต่างๆ จึงนำมาสร้างแผนที่ SPI-3 ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้ดังแสดงในรูปที่ 4.8-1 โดยที่ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 และ มกราคม พ.ศ. 2564 มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุดโดยเฉพาะในพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำบริเวณจังหวัดสระบุรี นครปฐม และนนทบุรี ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับที่สูงมาก ขณะที่พื้นที่อื่นๆส่วนใหญ่มีโอกาสประสบกับภัยแล้งได้ในระดับปกติถึงระดับปานกลาง



รูปที่ 4.8-1 แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของลุ่มน้ำเจ้าพระยา ล่วงหน้า 6 เดือน

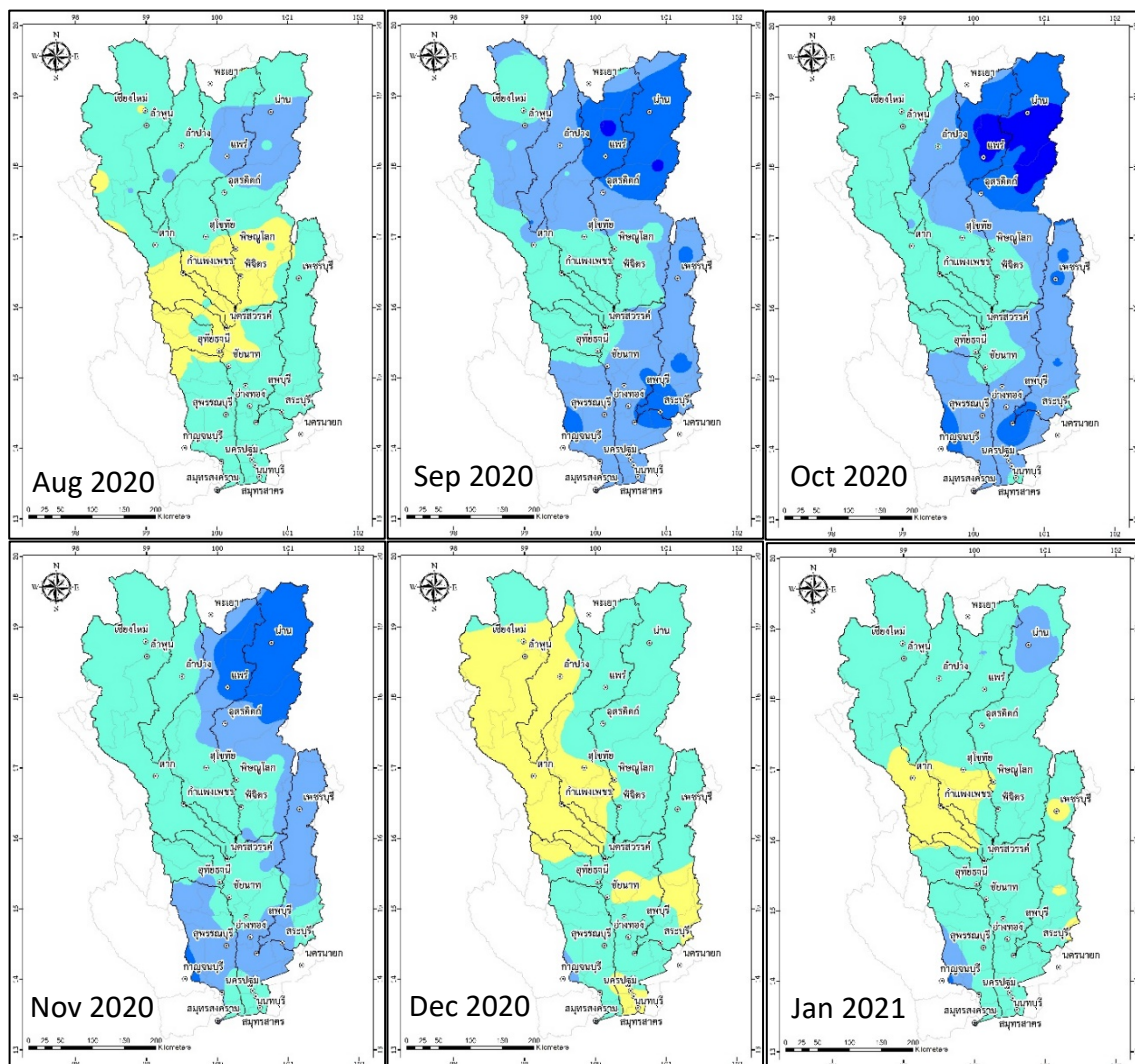
จากนั้นได้นำผลการประเมินอัตราการไหลในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มาวิเคราะห์ค่า SRI-3 ในสถานีน้ำท่าต่างๆ และนำมาสร้างแผนที่ SRI-3 ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ดังแสดงในรูปที่ 4.8-2 ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่าในเดือนสิงหาคม ธันวาคม พ.ศ. 2563 และ มกราคม พ.ศ. 2564 พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยามีโอกาสที่จะประสบกับภัยแล้งได้ถึงแม้ว่าจะมีความรุนแรงอยู่ในระดับปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่, ลำพูน และ ตาก



รูปที่ 4.8-2 แผนที่ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของลุ่มน้ำเจ้าพระยา ล่วงหน้า 6 เดือน

การบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาจะมีตัวแปรที่มีผลต่อการบริหารจัดการน้ำคือปริมาณฝนและการบริหารจัดการน้ำจากเขื่อนขนาดใหญ่ เช่น เขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ จึงได้นำค่าปริมาณฝนซึ่งเป็นตัวแทนของดัชนีทางอุตุนิยมวิทยาและอัตราการไหลซึ่งเป็นตัวแทนทางอุทกวิทยามาประเมินร่วมกันได้ดังแสดงในรูปที่ 4.8-3 โดยได้พิสูจน์ให้เห็นว่าเดือน เดือนสิงหาคม ธันวาคม พ.ศ. 2563 และ มกราคม พ.ศ. 2564 ถือเป็นช่วงที่มีความ

เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุด แต่คาดว่าจะมีความรุนแรงอยู่ในระดับปกติ โดยที่พื้นที่ตอนกลางของกลุ่มน้ำบริเวณ จังหวัดกำแพงเพชร และตอนบนบริเวณจังหวัดเชียงใหม่, ลำพูน และ ลำปาง เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงมากที่สุด



รูปที่ 4.8-3 แผนที่ดัชนีรวมปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ามาตรฐานของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ล่วงหน้า 6 เดือน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาภัยแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยใช้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกล ซึ่งได้คำนวณค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) และดัชนีความแตกต่างความชื้น (NDWI) พบว่า ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2553 พื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่มีความแห้งแล้งอยู่ในระดับปานกลาง โดยพื้นที่ตอนกลางบริเวณท้ายน้ำของลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำยมมีความแห้งแล้งอยู่ในระดับสูง ขณะที่ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 พื้นที่ลุ่มน้ำโดยรวมยังคงมีความแห้งแล้งอยู่ในระดับปานกลาง แต่ในบริเวณพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำได้แสดงให้เห็นถึงความแห้งแล้งที่อยู่ในระดับสูง ส่วนในเดือนมกราคม พ.ศ. 2558 พื้นที่ตอนกลางและตอนบนของลุ่มน้ำส่วนใหญ่มีการบ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของพืชพันธุ์ในระดับสูง แต่พื้นที่ท้ายน้ำมีความแห้งแล้งอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูง ถัดมาในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 ความแห้งแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนได้เพิ่มสูงขึ้นสวนทางกับพื้นที่บริเวณตอนล่างซึ่งมีการลดลงมาอยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่ดัชนีความแตกต่างความชื้น (Normalized Difference Water Index, NDWI) จะพบว่า ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดมีค่าความแห้งแล้งอยู่ในระดับสูงเป็นส่วนมาก แต่ต่อมาในเดือนมกราคม พ.ศ. 2558 พื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนเกือบทั้งหมดมีค่าความแห้งแล้งในระดับสูง แตกต่างจากพื้นที่ตอนล่างซึ่งอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ จากนั้นถัดมาในเดือนกุมภาพันธ์ มีเพียงลุ่มน้ำปิงที่ค่าความแห้งแล้งยังคงอยู่ในระดับสูง ในขณะที่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยอื่นๆนั้นปรับตัวอยู่ในระดับปานกลางเป็นส่วนใหญ่

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาภัยแล้งโดยใช้ดัชนีทางอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาได้แก่ ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) และ ดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐาน (SRI) พบว่า ช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง (Drought Duration: DD) และระดับของภัยแล้ง (Drought Intensity: DI) ที่รุนแรงที่สุดจากการคำนวณในช่วงเวลา 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือนนั้นมีความแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามช่วงเวลาที่มีการประสบกับภัยแล้งที่รุนแรงส่วนใหญ่อยู่ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2558 โดยเมื่อพิจารณาในเชิงพื้นที่จะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2557 ค่าความแห้งแล้งส่วนใหญ่อยู่ในระดับปกติ เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2558 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงภัยแล้งที่รุนแรงในระดับปานกลางไปจนถึงระดับที่มีความรุนแรงสูงมากในช่วงเดือนมิถุนายน-ธันวาคมเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน, สิงหาคม-ธันวาคม เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีน้ำท่ามาตรฐาน และ กรกฎาคม-ธันวาคม เมื่อทำการพิจารณาทั้งสองดัชนีร่วมกัน โดยบริเวณตอนกลางของลุ่มน้ำในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก นครสวรรค์ และ อุทัยธานีเป็นพื้นที่ที่ประสบกับภัยแล้งในระดับระดับที่สูงถึงสูงมาก รวมถึงพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่, ลำปาง และน่าน ในบริเวณตอนบนของลุ่มน้ำ

ผลการพยากรณ์ภัยแล้งล่วงหน้าราย 6 เดือนโดยการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานจากข้อมูลฝนพยากรณ์ตั้งแต่สิงหาคม พ.ศ. 2563 ถึง มกราคม พ.ศ. 2564 และดัชนีน้ำท่ามาตรฐานซึ่งได้มีการนำข้อมูลฝนสังเกตการณ์ตั้งแต่มกราคม พ.ศ. 2555 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2563 และข้อมูลฝนพยากรณ์ตั้งแต่สิงหาคม พ.ศ. 2563 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2564 รวมจำนวน 10 ปี มาใช้ในการจำลองเพื่อพยากรณ์น้ำท่าและการปล่อยน้ำสำหรับอนาคต แบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีการปล่อยน้ำจากเขื่อนโดยใช้ระดับควบคุมตอนบน (URC) และระดับควบคุม

ตอนล่าง (LRC) ผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาจากดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 และ มกราคม พ.ศ. 2564 มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุดโดยเฉพาะในพื้นที่ตอนล่างของกลุ่มน้ำบริเวณจังหวัดสระบุรี นครปฐม และนนทบุรี ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับที่สูงมาก ส่วนพื้นที่อื่นๆส่วนใหญ่มีโอกาสประสบกับภัยแล้งได้ในระดับปกติถึงระดับปานกลาง ในขณะที่เมื่อพิจารณาจากดัชนีน้ำท่ามาตรฐานบริเวณพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และ ตาก มีโอกาสที่จะประสบกับภัยแล้งได้ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม พ.ศ. 2563 รวมถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 แต่จะมีความรุนแรงอยู่ในระดับปกติ จากนั้นเมื่อนำค่าปริมาณฝนซึ่งเป็นตัวแทนของดัชนีทางอุตุนิยมวิทยาและอัตราการไหลซึ่งเป็นตัวแทนทางอุทกวิทยามาประเมินร่วมกันจะพบว่าเดือนสิงหาคมกับธันวาคม พ.ศ. 2563 และ มกราคม พ.ศ. 2564 เป็นช่วงที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุด แต่คาดว่าจะมีความรุนแรงอยู่ในระดับปกติ โดยที่พื้นที่ตอนกลางของกลุ่มน้ำบริเวณจังหวัดกำแพงเพชร และตอนบนบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และ ลำปาง เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงมากที่สุด

จากการศึกษานี้ได้นำแบบจำลองทางอุทกวิทยาเพื่อมาประเมินภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยารวมกับภัยแล้งเชิงอุทกวิทยาในการประเมินภัยแล้งในกลุ่มน้ำเจ้าพระยาเนื่องจากปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา เช่นปริมาณฝนและอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำที่เป็นผลจากการบริหารจัดการน้ำในเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ในการบริหารจัดการน้ำจากเขื่อนที่มีต่อภัยแล้ง เพื่อบรรเทาปัญหาของภัยแล้งที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตนำไปสู่การจัดการภัยแล้งที่มีประสิทธิภาพและเป็นเอกภาพในการบริหารจัดการน้ำ

เอกสารอ้างอิง

- Dai, A. (2010) Drought under global warming: a review, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(1), 45-65.
- Mo, K. C., and M.Chelliah, (2006) The modified Palmer Drought Severity Index based on the NCEP North American Regional Reanalysis. *J. Appl. Meteor. Climatol*, 45, 1362–1375
- Homdee, T., Pongput, K. and Kanae, S (2006) A comparative performance analysis of three standardized climatic drought indices in the Chi River basin, Thailand, *Agriculture and Natural Resources*, 50(3), 211-219.
- Keyantash, J. and Dracup, J. A. (2002). The quantification of drought: An evaluation of drought indices. *Bull. Amer. Meteor. Soc*, 83, 1167–1180.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology*. (pp 179-184). Anaheim, California: American Meteorological Society.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. (1995). Drought Monitoring with Multiple Time Scales. *Proceeding of the Ninth Conference on Applied Climatology*. American Meteorological Society: Boston.
- Mishra, A.K., and Singh, V.P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*. 391: 2002-2016.
- Nalbantis, I., & Tsakiris, G. (2009). Assessment of hydrological drought revisited. *Water resources management*, 23(5), 881-897.
- Wilhite, D.A. and Glantz, M.H. (1985) Understanding the Drought Phenomenon. The Role of Definitions. *Water International*, 10, 111-120.
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2558). แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://elibrary.trf.or.th>
- คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (2558). แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ปี 2558-2569.
- ทงศักดิ์ อะโน และคณะ (2556). การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่. *วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ปีที่ 6 ฉบับที่ 2*: 13-21.

นุชนารถ ศรีวงศ์ตานนท์ (2557). การกำหนดดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย. รายงานการกำหนดทิศทางของนโยบายและแผนหลักการบริหารจัดการน้ำระดับประเทศและการวิจัยเพื่อลดผลกระทบจากภัยพิบัติ, สำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร

พัฒนา วิจิตรพงษ์สกุล และคณะ (2559). การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังด้วยดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน และดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ปีที่ 24 ฉบับที่ 3: 123-135.

ศศิธร เพียนเลิศ และคณะ (2561). การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา บริเวณลุ่มน้ำสาขาเชิญ. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา) ปีที่ 18 ฉบับที่ 3: 67-83.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) (องค์การมหาชน) (2557). บันทึกเหตุการณ์ภัยแล้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaiwater.net>.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) (องค์การมหาชน) (2558). บันทึกเหตุการณ์ภัยแล้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaiwater.net>.

อภันตริ ยุทธพันธ์ (2551). ดรรชนีความชื้นที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ เลขที่ 551. 586.02.2551 กรมอุตุนิยมวิทยา

อภิรัฐ ปิ่นทอง และบัญชา ขวัญยืน (2557). การติดตามความแห้งแล้งด้วยดัชนีความแห้งแล้งรวม. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปีที่ 15 ฉบับที่ 2: 132-156.