



THAICID

Thai National Committee on Irrigation and Drainage

**การประชุมวิชาการ
ด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 12**

PROCEEDING

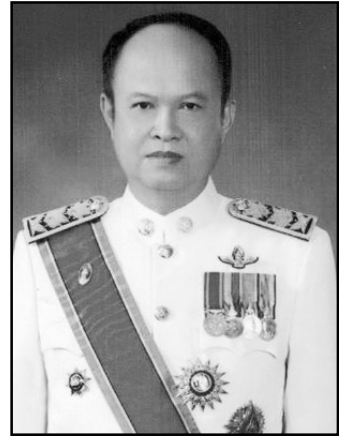
12th THAICID NATIONAL SYMPOSIUM

**31 กรกฎาคม 2562
ณ หอประชุม ชูชาติ กำภู
กรมชลประทาน ปากเกร็ด นนทบุรี**





THAICID



สารจาก

**ประธานคณะกรรมการด้านการชลประทาน
และการระบายน้ำแห่งประเทศไทย (THAICID)**

ICID หรือ International Commission on Irrigation and Drainage เป็นองค์การระหว่างประเทศที่มีวัตถุประสงค์ในการส่งเสริมการค้นคว้าพัฒนาเทคโนโลยี หรือวิจัยทางด้านที่เกี่ยวข้องกับการชลประทานและการระบายน้ำรวบรวมวิเคราะห์และแลกเปลี่ยนข่าวสารซึ่งกันและกัน ในประเทศที่เป็นสมาชิกจัดการประชุมใหญ่ทางวิชาการทั่วโลก การประชุมระดับภูมิภาค ส่งเสริมให้ คำแนะนำ ปรึกษาและความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิกและองค์การระหว่างประเทศซึ่งปัจจุบันมีประเทศสมาชิกกว่า 110 ประเทศ สำหรับประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่ร่วมจัดตั้ง โดยจัดตั้งเป็นคณะกรรมการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งประเทศไทย (Thai National Committee on Irrigation and Drainage) ถือเป็นองค์กรของรัฐที่จัดตั้งขึ้นเป็นผู้แทนประเทศไทย

การจัดการประชุมวิชาการ THAICID หรือ THAICID National Symposium เป็นหนึ่งในภารกิจหลักที่ได้ดำเนินการทุกปี ซึ่งในปัจจุบันจัดขึ้นเป็นครั้งที่ 12 เน้นให้ความสำคัญเกี่ยวกับมิติความสัมพันธ์ น้ำ พลังงาน อาหาร สรรสร้างนวัตกรรมชลประทานและการระบายน้ำในประเทศไทย ซึ่งมิติความสัมพันธ์ น้ำ พลังงาน อาหารได้ถูกกำหนดไว้ในประเด็นร่างยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ยุทธศาสตร์ที่ 6 การยกระดับกระบวนทัศน์เพื่อกำหนดอนาคตประเทศ ให้กำหนดและจัดโครงสร้าง เพื่อขับเคลื่อนประเด็นด้านการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เช่น ความเชื่อมโยงระหว่างมิติความมั่นคงด้านทรัพยากรน้ำ พลังงาน และอาหาร ศูนย์ข้อมูลขนาดใหญ่ ทิมวิเคราะห์ข้อมูล วัฒนธรรมสถาบันแบบอัจฉริยะและหน่วยงานคลังสมอง

ดังนั้น การจัดการประชุมวิชาการในครั้งนี้จึงเป็นการบริหารจัดการความรู้ในรูปแบบที่ผสมผสานอย่างเหมาะสมและสอดคล้องกัน บทความทุกบทความล้วนมีความน่าสนใจจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมประชุมทุกคนได้รับองค์ความรู้แบบสหวิทยาการจากนักวิจัย นักวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญ และนักศึกษา สมดังวัตถุประสงค์ของการจัดการประชุมวิชาการทุกประการ

(นายทองเปลว กองจันทร์)

ประธานคณะกรรมการ THAICID



THAICID

สารบัญ

บทความ	หน้า
<p>การขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำปี พ.ศ. 2561 (Driving the Promotion of Farmers' Occupation in the Bang Rakam Lowland Area in 2018) ดร.ทวีศักดิ์ ธนเดโชพล, ชำนาญ ชูเที่ยง, ดร.ธเนศร์ สมบูรณ์, อุทัยวุฒิ ชำนาญแก้ว, ดร.วิภาพ ทิมสุวรรณ</p>	1
<p>การพัฒนาระบบกสิกรรมด้วยศาสตร์พระราชาโดยใช้หลัก โคก หนอง นา โมเดล กรณีศึกษาลุ่มน้ำปราจีนบุรี (ลุ่มน้ำย่อยห้วยโสมง) และลุ่มน้ำป่าสัก (Farming System Development following the King's Philosophy: KhokNong Na Model Case Study: Prachinburi River Basin (Huay Sa-Mong sub-basin) and Pasak River Basin พงศ์พิชญ์ ยอดยิ่ง</p>	17
<p>ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา Decision Support System for Water Quality Management in Chao Phraya River Basin ดร.สุรศักดิ์ คลังสุภาวิวัฒน์</p>	33
<p>ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมาตรการการปรับตัว เพื่อการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาและท่าจีนตอนล่าง Climate change impacts and adaptation measures for water management in lower Chao Phraya and Tha Chin basins นายสนิท วงษา</p>	49
<p>การฉายภาพอนาคตพื้นที่เกษตรกรรมในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ ด้วยแบบจำลองเซลลูลาร์-ออโตมาตาและมาร์คอฟ Future Projection of Agricultural Land PhayaBunlue O&M Project by Cellular - Automata and Markov Models สกณ เปี้ยคำภา, เอกสิทธิ์ ไชลิตสกุลชัย</p>	63



สารบัญ

บทความ	หน้า
การประเมินผลของความแปรปรวนภูมิอากาศต่อศักยภาพการผลิตของข้าวนาสวน ในจังหวัดชัยนาทด้วยแบบจำลอง DSSAT-CERES Assessment of the Effect of Climate Variability on Yield Potential of Lowland Rice in Chainat Province using DSSAT-CERES เอกพันธ์ มาเลิศ, เอกสิทธิ์ ไชลิตสกุลชัย	73
การประยุกต์ใช้ระบบชลประทานสมัยใหม่ร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการผลิตข้าว Applying the modern irrigation integrating with the Internet of Things (IoT) for rice production ประดับพันธ์ เจริญการ, ทรงศักดิ์ ภัทราวุฒิชัย, ปุณยวีร์ เดชครอง, จักกริช พฤษการ	87
การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีด้วยแบบจำลอง SWAT A study Impact of Land use change on Runoff in Prachin Buri Basin by SWAT อิศเรศ กะการดี, นवलทิพย์ ฉลาดเลิศ, และอุทัยวรรณ พิวพรรณ	97
การประเมินค่าอวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 แบบเปียกสลับแห้งและแบบท่วมขัง Evaluation of Water Footprint (WF) of PathumThani 1 Rice cultivation alternate wet & dry and basin irrigation รพีพงศ์ ลภัสภักคณุตม์, พิทวัส วิชัยดิษฐ, พีรยุทธ จันทร์เพ็ญงาม , ชัยศรี สุขสาโรจน์	109
การวิเคราะห์ประสิทธิภาพชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว Analysis of Irrigation Efficiency of KRASEAW Operation and Maintenance Project ลลิตา ยืนยง, จิรวัดน์ กณะสุต, ยุทธนา ตาละลักษมณ์	122

สารบัญ

บทความ	หน้า
<p>ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำชลประทานในแปลงนาจากพฤติกรรมการใช้ปุ๋ย</p> <p>The effect of fertilizer application in the rice field with Irrigation water quality changing</p> <p>สุขลัคน์ นานะกรังสรณ์, สถาพร นาคคณิง</p>	136
<p>การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งในพื้นที่เกษตรน้ำฝนด้วยดัชนีน้ำฝนมาตรฐานในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วลุ่มน้ำป่าสัก</p> <p>Drought Analysis in the Rain-fed Agriculture Area Using the Standardized Precipitation Index (SPI) in theHuaiKoKaeo sub-basin of the PasakRiver Basin</p> <p>ดร.พัฒนา วิจิตรพงษ์สกุล</p>	150
<p>การใช้ค่าดัชนีน้ำฝนพยากรณ์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดในลุ่มน้ำยมตอนบน</p> <p>The Use of Antecedent Precipitation Index to Estimate Peak Flow in Upper Yom River Basin</p> <p>พิมพ์นารา อินทร์เรือง, วรณดี ไทยสยาม, จิรวัดณ์ กณะสุด</p>	164
<p>การศึกษาสภาพปัญหาการส่งน้ำคลองมะขามแต-กระเสี้ยวภายใต้การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ</p> <p>Water Management Problems in Makhamthao-Krasiao Canal under the Differences Amount of Irrigation Water, Pollathep Operation and Maintenance Project</p> <p>ชานนทร์ นุ่มสุข, จุติเทพ วงษ์เพ็ชร</p>	180
<p>การพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำป่าสักตอนบน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11-Data Assimilation</p> <p>Flood Forecasting in the Upper Pasak River Basin by An Application of MIKE11-Data Assimilation Model</p> <p>นิพัทธ์ ทองประไพ, วิษุวัตม์ แต่สมบัติ</p>	194



สารบัญ

บทความ	หน้า
อิทธิพลของปริมาณน้ำท่วมซ้ำซากต่อแม่น้ำลำโดมใหญ่ในสถานการณ์น้ำท่วม Influence of HuaiKhao San Tributary Discharge on the Flood Situation in Lam Dom YaiRiver องอาจ แสนอุบล, ทวีศักดิ์ วั่งไพศาล	208
การวิบัติลาดไหล่เขาแบบระนาบบริเวณฐานยันฝั่งขวา เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน จังหวัดพิษณุโลก Plane failure on right abutment slope of Kwai Noi Bamrung Dan dam, Phitsanulok ถิรวุฒิ ณ ลำปาง	223
การปรับปรุงสภาพธรณีวิทยาฐานรากที่มีความยุ่งยาก กรณีศึกษาโครงการอ่างเก็บน้ำคลองขลุง อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี วัชรพล นิตสูงเนิน, สุทธาลิณี อนุสรศิริฎการ, สุเมธ อินทร์ไชย, กัมปนาท ขวัญศิริกุล, รุจรินทร์ ฐุรารัตน์, ธวัชชัย บรรเทา	249
การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียในโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ: กรณีศึกษาลุ่มน้ำย่อยคลองกัตะนาวใหญ่ตอนล่าง จังหวัดสระแก้ว Stakeholder analysis in the public-private watershed development project: A case study of the Lower Khlong KattanaoYaiSub-Watershed, Sakaeo Province ฉวีวรรณ สุขลิ้ม, ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์	259
การลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มโดยชุมชนมีส่วนร่วม : กรณีศึกษา พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสบสาย อำเภอกำแพงแสน จังหวัดน่าน Community based Flash Floods and Mudslides Mitigation : a Case Study of Sob Sai sub-Watershed, Tha Wang Pha District, Nan Province. มนต์ชัย มโนสมุทร, สัจญญา นามิ, สุกัญญา แก้วเรือง	272

สารบัญ

บทความ	หน้า
<p>ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง</p> <p>The effect of land use changes to runoff discharge of the Lamtakhong Reservoir พรพิมล แข็งงาน, วรณดี ไทยสยาม, เปรม รังสิวณิชพงศ์</p>	286
<p>การศึกษาความแม่นยำในการคาดการณ์ปริมาณน้ำเข้าอ่างจากข้อมูลพยากรณ์ อากาศระยะสั้น กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำลำตะคอง</p> <p>Accuracy of using short-range weather forecast data for inflow prediction : A case study of Lamtakong Reservoir บุญไพศาล จิตตั้งบุญญา, อติชัย พรพรหมินทร์, ดนัยปภพ มะณี</p>	300
<p>การเปรียบเทียบต้นทุนพลังงานในการผลิตและจ่ายน้ำประปาพื้นที่การประปา ส่วนภูมิภาคเขต 1</p> <p>Energy Cost Comparison in Water Treatment and Distribution of Provincial Waterworks Authority Region I สุขุมปิติวัฒมาลัย, อติชัยพรพรหมินทร์, สุรชัย ลิปิวัฒนาการ</p>	316
<p>การบริหารจัดการ ประตูปากลำห้วยสำราญ ในการป้องกันน้ำท่วม อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ</p> <p>HuaiSamran Gate Operating Management For Flood Protection in AmphoeMuangSisaket Province นายกิตติศักดิ์ แสงพล</p>	326
<p>เสถียรภาพความมั่นคงของลาดไหล่เขาโครงการอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก</p> <p>กาญจนา กัณหะยูวะ, พิทักษ์ รักสัตย์, ปรีดานันต์ มณีวงศ์, กัมปนาท ขวัญศิริกุล, อุทัย หงส์ใจสี</p>	334



สารบัญ

บทความ	หน้า
การประเมินผลกระทบของความลาดชัน ที่มีผลต่อศักยภาพน้ำท่า ของกลุ่มน้ำยาวโดยวิธี NRCS-CN Method	344
ASSESSMENT OF THE EFFECT OF SLOPE ON RUNOFF POTENTIAL OF THE NAMYAO WATERSHED USING NRCS-CN METHOD	
ปัญญารัตน์ แก้วกล้า, กอบเกียรติ ฝ่องพุดิ, ณัฐ มาแจ้ง	

การขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำปี พ.ศ. 2561
(Driving the Promotion of Farmers' Occupation in the Bang Rakam
Lowland Area in 2018)

ดร.ทวีศักดิ์ ธนเดโชพล¹ ชำนาญ ชูเที่ยง² ดร.ธเนศร์ สมบูรณ์³ อุทัยวุฒิ ชำนาญแก้ว⁴

ดร.วิภพ ทีมสุวรรณ⁵

Dr.Thaweesak Thana-dechophol, Mr.Chamnarn Choothieng, Dr.Thanet Somboon
Mr.Uthaiwut Chamnankaew and Dr.Vipob Teamsuwan

¹รองอธิบดีฝ่ายบำรุงรักษา กรมชลประทาน tws1965@gmail.com,

²ผู้อำนวยการโครงการชลประทานพิษณุโลก กรมชลประทาน Kieng__47@Hotmail.com,

³ผู้เชี่ยวชาญด้านที่ปรึกษาอุทกวิทยา กรมชลประทาน thanet47@yahoo.com,

⁴ผู้อำนวยการส่วนแผนงาน กองแผนงาน กรมชลประทาน vut50@hotmail.com

⁵ ส่วนยุทธศาสตร์ สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน teamvipob@gmail.com,

บทคัดย่อ

จากนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ให้มีการจัดระบบการปลูกพืชฤดูฝนในพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำปี 2561 รวมเป็นพื้นที่ทั้งสิ้น 0.382 ล้านไร่ จากการดำเนินงานดังกล่าว ทำให้มีพื้นที่สำรองเพื่อใช้รับน้ำในฤดูน้ำหลากได้ถึง 550 ล้านลูกบาศก์เมตร เพื่อเป็นการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่เหนือและตอนล่างของพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำบางส่วนและเพื่อเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำที่เสียสละพื้นที่เพื่อใช้ในการรับน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงมีนโยบายในการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำการปฏิรูปการเกษตรของประเทศ ดังนั้น เพื่อให้การบูรณาการในการดำเนินการกิจกรรมส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำมีประสิทธิภาพ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงมีการแต่งตั้งคณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำผลการดำเนินการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำโดยคณะทำงานดังกล่าว ปี 2561 ได้ผลสัมฤทธิ์ กล่าวคือ 1) เกษตรกรสามารถปลูกข้าวได้ในช่วงเวลาที่มีการปรับแผนการจัดระบบปลูกพืชและเก็บเกี่ยวข้าวได้ 100% 2) สามารถใช้พื้นที่โครงการบางระกำรองรับน้ำหลาก ในช่วงวิกฤติของแม่น้ำยม เพื่อลดผลกระทบความสูญเสียจากอุทกภัยที่จะเกิดขึ้นในเขตชุมชน 3) ชะลอการระบายน้ำลดผลกระทบจากอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง 4) ประหยัดงบประมาณภาครัฐ ในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติด้านเกษตรและการป้องกันอุทกภัย 5) มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีรายได้เสริมจากการทำอาชีพประมง 6) มีการส่งเสริมอาชีพ และกิจกรรมในรูปแบบอื่นๆ เช่น การส่งเสริมการแปรรูปผลผลิตจากการประมง การทำแพปลูกพืชผักสวนครัวลอยน้ำ ฯลฯ

คำสำคัญ: ส่งเสริมอาชีพ, เกษตรกร, พื้นที่ลุ่มต่ำ, บางระกำ.



Abstract

Where as the policy of the Ministry of Agriculture and Cooperatives has indicated the establishment of a rainy season planting system in the lowland area of Bang Rakam in 2018 at the total area of 0.382 million rai, such operation has resulted in a reserve area of 550 million cubic meters of water that can alleviate flooding in the northern and lower areas of the Bang Rakam lowland area. To help farmers that sacrifice the reserve area, the Ministry of Agriculture and Cooperatives, has set a policy to promote farmers' occupation in lowland areas. Therefore, in order to effectively integrate all activities of farmers' occupational promotion in the Bang Rakam lowland areas, the Ministry of Agriculture and Cooperatives has appointed a working group on farmers' occupational in the lowland area of Bang Rakam. The results of the occupational promotion for farmers in the Bang Rakam Lowland area 2018 by this working group are achieved as follows: 1) Farmers can grow rice at the adjusted timetable so as to which 100% rice harvesting, 2) To be able to use the Bang Rakam project area to inundate the flood during the crisis of the Yom River and thus, reduce the impact of the floods that will occur in the community, 3) To retard drainage in order to reduce the impact of flooding in the lower Chao Phraya River Basin, 4) To save the government budget in helping people suffering from agricultural disasters and flood prevention measures, 5) To encourage farmers to earn extra income from fishing activities, 6) To undertake career promotion and other activities, such as processing fishery products, making rafts for floating vegetables, etc.

Keywords: Occupational promotion, Farmers, Lowland areas, Bang Rakam.

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ทุ่งบางระกำ หนึ่งในพื้นที่ลุ่มต่ำ เป็นพื้นที่รับน้ำจากแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน โดยทุกปีทุ่งบางระกำจะประสบปัญหาอุทกภัยน้ำท่วมเนื่องจากเป็นทางน้ำผ่าน ฤกษ์น้ำท่วมขังเป็นเวลานาน น้ำท่วมซ้ำซากในเขตจังหวัดสุโขทัยและพิษณุโลก ซึ่งอุทกภัยในทุ่งบางระกำส่งผลทำให้เกิดความเสียหายทั้งพื้นที่การเกษตรพืชผลทางการเกษตร ทรัพย์สินและโครงสร้างพื้นฐานเป็นจำนวนมาก

ในปี 2559 พลเอกฉัตรชัย สาริกัลยะ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ลงพื้นที่ติดตามสถานการณ์และแก้ไขปัญหาอุทกภัยในพื้นที่จังหวัดสุโขทัยและจังหวัดพิษณุโลกได้สั่งการให้กรมชลประทานและหน่วยงานในกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ บูรณาการร่วมกันในการปรับแผนการเพาะปลูกพืชนาปี ในพื้นที่ลุ่มต่ำ ให้วางแผนการส่งน้ำสำหรับการเพาะปลูกข้าวในเดือนเมษายน และให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ภายในเดือนกรกฎาคม เพื่อไม่ให้พื้นที่ดังกล่าวได้รับผลกระทบจากอุทกภัยและใช้เป็นพื้นที่แก้มลิงธรรมชาติเพื่อรองรับน้ำในฤดูน้ำหลาก กรมชลประทานจึงได้ดำเนินการจัดทำเป็น โครงการบริหารจัดการน้ำแบบชุมชนมีส่วนร่วมในทุ่งหนองน้ำบางระกำ หรือ "โครงการบางระกำโมเดล 60" โดยมีวัตถุประสงค์โครงการ สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลในการบริหารจัดการน้ำแบบชุมชนมีส่วนร่วมและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งโครงการบางระกำโมเดล 60 ประสบความสำเร็จ เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งหมด โดยไม่ได้รับความเสียหาย ชვენ้ำหลากสามารถใช้พื้นที่เป็นแก้มลิงธรรมชาติรองรับน้ำหลาก ลดความเสียหาย (กรมชลประทาน, 2562)

ในปี 2561 นายกฤษฎา บุญราช รัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และนายวิวัฒน์ ศัลยกำธร รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สั่งการให้ขยายผลโดยเพิ่มพื้นที่อีก 117,000 ไร่ รวมเป็นพื้นที่ทั้งสิ้น 382,000 ไร่ สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้มากกว่า 550 ล้าน ลบ.ม. โดยกรมชลประทานได้วางแผนการปลูกข้าวตามปฏิทินการส่งน้ำฤดูนาปี ตั้งแต่ 1 เมษายน - 31 กรกฎาคม 2561 ซึ่งในวันที่ 31 มีนาคม 2561 ทำให้มีพื้นที่สำรองเพื่อใช้รับน้ำในฤดูน้ำหลากได้ถึง 550 ล้านลูกบาศก์เมตร เพื่อเป็นการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่เหนือและตอนล่างของพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำบางส่วนและเพื่อเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำที่เสียสละพื้นที่เพื่อใช้ในการรับน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงมีนโยบายในการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ (กรมชลประทาน, 2562)

ทั้งนี้ เพื่อให้การบูรณาการในการดำเนินการกิจกรรมส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำมีประสิทธิภาพจึงมีการแต่งตั้งคณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ ในเดือนสิงหาคม 2561 โดยคณะทำงานดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อขับเคลื่อนและร่วมบูรณาการงานส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำให้เป็นไปตามแผนการดำเนินการและนโยบายของ



กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยช่วยเหลือเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำที่เสียสละพื้นที่เพื่อใช้ในการรับน้ำ ในช่วงฤดูน้ำหลาก ให้เห็นผลอย่างเป็นรูปธรรม ตามแนวนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และ นำผลการปฏิบัติงานไปประยุกต์ใช้เพื่อขยายผลในพื้นที่อื่นๆ ซึ่ง คณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำประกอบด้วย 9 กิจกรรมหลัก คณะทำงานดังกล่าว ประกอบด้วย ผู้แทนจาก 11 หน่วยงานภายในกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้แก่ ผู้แทนกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมชลประทาน กรมประมง กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมสหกรณ์ กรมการข้าว กรมพัฒนาที่ดิน กรมปศุสัตว์ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร องค์การสะพานปลา โดยมี แผนงาน 9 กิจกรรมหลัก ได้แก่ กิจกรรมที่ 1) เริ่มเก็บเกี่ยวข้าวนาปี 2) ระบายน้ำเข้าทุ่งบางระกำ 3) ทำการประมง ปล่อยปลา 4) ปลูกพืชลอยน้ำเชิงนิเวศน์ 5) เลี้ยงสัตว์ เช่น เลี้ยงเป็ด 6) ระบายน้ำ ออกจากทุ่ง 7) ฟื้นฟูสภาพน้ำ/คุณภาพดิน 8) การท่องเที่ยว 9) ปลูกพืชเศรษฐกิจหลังนา เช่น ถั่วเหลือง ฯลฯ โดยแผนกิจกรรมหลักทั้ง 9 เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2561 ถึง เดือนมกราคม 2562

ในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ผลการดำเนินการกิจกรรมส่งเสริมอาชีพเกษตรกรของคณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ 9 กิจกรรมหลักและหาโมเดลต้นแบบการขับเคลื่อนกิจกรรมการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรแบบบูรณาการ เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำที่เสียสละพื้นที่เพื่อใช้ในการรับน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก ให้เห็นผลอย่างเป็นรูปธรรม และขยายผลไปยังพื้นที่ลุ่มต่ำอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิเคราะห์ผลการดำเนินการกิจกรรมส่งเสริมอาชีพเกษตรกรของคณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ 9 กิจกรรมหลักและหาโมเดลต้นแบบการขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำที่เสียสละพื้นที่เพื่อใช้ในการรับน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก

3. วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ เป็นการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ข้อมูลหรือข้อค้นพบ ได้มาจากการศึกษาผลการดำเนินการของคณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ ขอบเขตการศึกษาอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ จ.สุโขทัยและพิษณุโลก รวมถึงมีการวิเคราะห์เอกสาร สัมภาษณ์ สันทนา จดบันทึก สังเกต และรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาในเขตพื้นที่บางระกำ ได้แก่ การบริหารจัดการน้ำในช่วงน้ำหลาก เกณฑ์ในการบริหารจัดการน้ำโครงการยม่าน การปรับปฏิทินการเพาะปลูกพืชเพื่อลดผลกระทบจากภัยน้ำท่วม การส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงปลาและอาชีพเสริมต่างๆในพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ การบูรณาการร่วมกันระหว่างหน่วยงานของคณะทำงานส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำ ช่วงเวลาส่งน้ำเข้าระบบ การควบคุมระดับน้ำในพื้นที่ลุ่มต่ำไม่ให้เกิดผลกระทบต่อคนในพื้นที่ อีกทั้ง การวิเคราะห์ผลการดำเนินการของคณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ 9 กิจกรรมหลัก ได้แก่ กิจกรรมที่ 1) เริ่มเก็บเกี่ยวข้าวนาปี 2) ระบายน้ำเข้าทุ่งบางระกำ 3) ทำการประมง ปล่อยปลา 4) ปลูกพืชลอยน้ำเชิงนิเวศน์ 5) เลี้ยงสัตว์ เช่น เลี้ยงเป็ด 6) ระบายน้ำออกจากทุ่ง 7) พื้นฟูสภาพน้ำ/คุณภาพดิน 8) การท่องเที่ยว 9) ปลูกพืชเศรษฐกิจหลังนา เช่น ถั่วเหลือง ฯลฯ และสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่บางระกำโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรตัวอย่างที่เข้าร่วมการโครงการ 180 ราย เพื่อค้นหาผลและปัจจัยแห่งความสำเร็จของโครงการขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำ บางระกำและสร้างโมเดลการขับเคลื่อนกิจกรรมส่งเสริมอาชีพเกษตรกรแบบบูรณาการอย่างยั่งยืนที่สามารถขยายผลไปในพื้นที่ลุ่มต่ำอื่นๆได้อย่างเป็นรูปธรรม

4. ผลการศึกษา

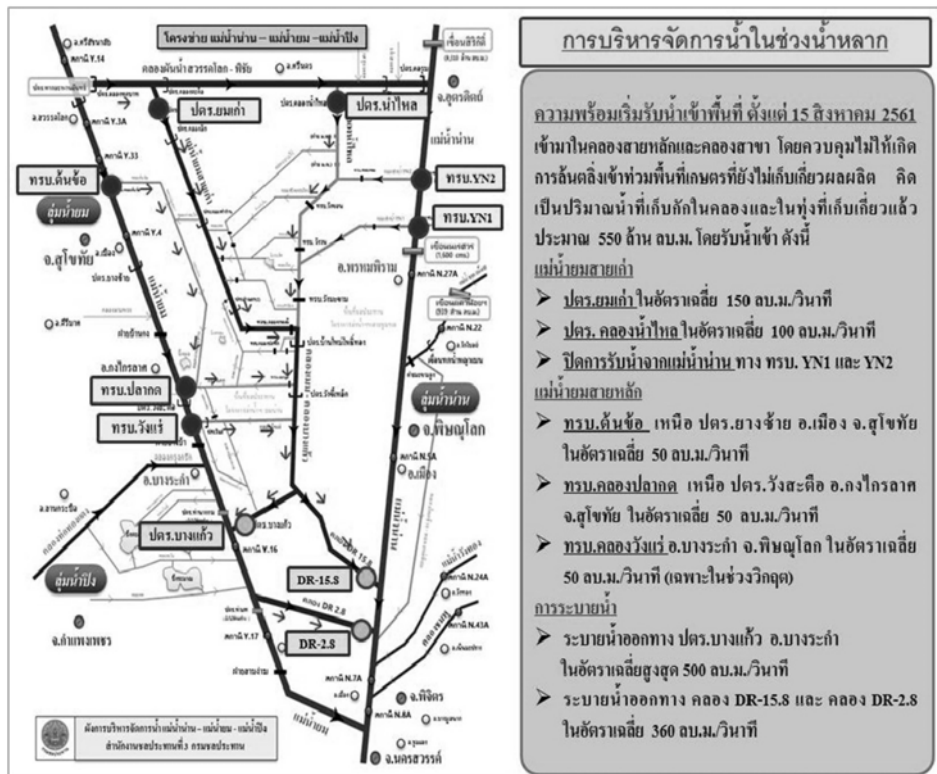
4.1 การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่โครงการบางระกำโมเดล

พื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ เป็นพื้นที่รับน้ำจากแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน เพื่อเตรียมรับสถานการณ์น้ำของลุ่มน้ำยม กรณีวิกฤต กรมชลประทานได้ดำเนินการเพิ่มการระบายน้ำในแม่น้ำยมโดยการผันลงแม่น้ำน่าน และในแม่น้ำยมสายเก่า (รูปที่ 1) โดยพร่องน้ำเหนือประตูระบายน้ำต่างๆ ในระดับที่ต่ำกว่าระดับวิกฤติ 2-3 เมตรเพื่อรองรับปริมาณน้ำที่จะผันมาจากแม่น้ำยมผ่าน ประตูระบายน้ำบ้านหาดสะพานจันทร์ อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย พร้อมติดตั้งเครื่องสูบน้ำในเขตชุมชน และเครื่องจักร รถชุดเข้าดำเนินการซ่อมแซมคันดินเชิงป้องกันในพื้นที่ที่มีความเสี่ยง ซึ่งหากเกิดกรณีวิกฤติปริมาณน้ำมากเกินกว่าความสามารถการระบายที่จะผ่านแม่น้ำยม ในเขต อ.เมือง สุโขทัย จะใช้พื้นที่ลุ่มต่ำในโครงการบางระกำโมเดลเป็นพื้นที่รองรับปริมาณน้ำหลาก เพื่อป้องกันอุทกภัยในเขตชุมชนเมืองสุโขทัย เกณฑ์ในการบริหารจัดการน้ำแสดงในรูปที่ 1 และการระบายน้ำในประตูระบายน้ำและท่อระบายน้ำในบางระกำแสดงในรูปที่ 2



ที่มา: โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษายมน่าน กรมชลประทาน, 2561

รูปที่ 1 เกณฑ์ในการบริหารจัดการน้ำ ยม-น่าน



ที่มา: โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษายมน่าน กรมชลประทาน, 2561

รูปที่ 2 การระบายน้ำในประตูระบายน้ำและท่อระบายน้ำในบางระกำ

พื้นที่เพาะปลูกในบางระกำโมเดลอยู่ในเขตสำนักงานชลประทานที่ 3 ทั้งหมด 382,000 ไร่ สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ 550 ล้านลูกบาศก์เมตร ประกอบด้วยพื้นที่ครอบคลุมในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษายมานาน 290,000 ไร่, โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนนเรศวร 52,000 ไร่ และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล 40,000 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ 2 จังหวัด 5 อำเภอ 20 ตำบล 93 หมู่บ้าน ปริมาณน้ำที่ได้รับการจัดสรรทั้งสิ้น 115 ล้านลูกบาศก์เมตร

กรมชลประทาน ได้ดำเนินการบริหารจัดการน้ำในโครงการบางระกำโมเดล 60 มาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการน้ำปี 2561 ซึ่งในปี 2560 ดำเนินการปรับปฏิทินการเพาะปลูกของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มต่ำ โดยทำการปลูกข้าวนาปี ให้เร็วขึ้น 1 เดือน เพื่อให้เกษตรกรทำการเพาะปลูกเริ่มเดือนเมษายน - กรกฎาคม ซึ่งหัวใจหลักของบางระกำโมเดล คือ ให้ชาวนาสสามารถเก็บเกี่ยวข้าวได้ก่อนน้ำจะท่วม และมีผลพลอยได้ คือ อาชีพการประมง รวมทั้งเก็บกักน้ำไว้ใช้เพาะปลูกต่อไป ซึ่งจะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งหมดไม่เกินต้นเดือน ก.ย. ก่อนที่น้ำเหนือจะมาถึง อย่างไรก็ตามการผันน้ำเข้าทุ่งบางระกำ ควรรอดูความเห็นชอบจากทุกฝ่าย (รูปที่ 3)

ทั้งนี้ เริ่มดำเนินการส่งน้ำนำน้ำเข้าคลองส่งน้ำและคลองสาขา ตั้งแต่วันที่ 15 มี.ค. 61 เพื่อเตรียมการส่งน้ำเข้าสู่ระบบกระจายน้ำเพื่อให้เกษตรกรสามารถเริ่มทำการเพาะปลูกตั้งแต่ 1 เม.ย. 61 เป็นต้นไป การวางแผนการส่งน้ำสำหรับพื้นที่ลุ่มต่ำ ได้ดำเนินการบูรณาการทุกภาคส่วนกับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงมหาดไทย กองทัพอากาศที่ 3 และกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ เพื่อกำหนดเป้าหมายการทำงาน ระยะเวลา และมอบหมายการดำเนินงานของแต่ละหน่วยงานเพื่อให้โครงการบรรลุวัตถุประสงค์ โดยมีแผนการบริหารจัดการน้ำแบ่งได้เป็น 4 ช่วงเวลา ดังนี้

1. นำน้ำเข้าแปลงนา (15 มี.ค. - 31 มี.ค. 61)

15 มี.ค. - 31 มี.ค. 61 ดำเนินการส่งน้ำเข้ามาในคลองส่งน้ำและคลองสาขา เพื่อเตรียมการส่งน้ำเข้าสู่ระบบกระจายน้ำให้เกษตรกรสามารถเริ่มทำการเพาะปลูก 1 เม.ย. 61

1 เม.ย. - 10 พ.ค. 61 ดำเนินการส่งน้ำให้กับพื้นที่ลุ่มต่ำในเขตชลประทานที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยตามเป้าหมายที่กำหนด

2. การสนับสนุนการเพาะปลูกข้าวนาปี 2561 (10 พ.ค. - 15 ส.ค. 61)

10 พ.ค. - 15 ส.ค. 61 บริหารจัดการน้ำเพื่อการเพาะปลูกข้าวนาปี 2561 และป้องกันอุทกภัยไม่ให้เกิดผลกระทบเพื่อให้การเกษตรสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ก่อนฤดูน้ำหลาก

3. การเตรียมพื้นที่ลุ่มต่ำรองรับน้ำนองโดยธรรมชาติ (15 ส.ค. - 31 ต.ค. 61)

15 ส.ค. - 31 ต.ค. 61 เตรียมพื้นที่รองรับปริมาณน้ำหลากจากอุทกภัยในลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำสาขา รวมทั้ง ปริมาณฝนตกชุกในพื้นที่ในระดับควบคุมไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการสัญจรของราษฎร สามารถรับน้ำนองโดยธรรมชาติได้สูงสุดประมาณ 550 ล้าน ลบ.ม.



4. การระบายน้ำออกจากพื้นที่ลุ่มต่ำในเขตชลประทาน (1 พ.ย. - 30 พ.ย. 61)

1 พ.ย. - 30 พ.ย. 61 ระบายน้ำออกจากพื้นที่ลุ่มต่ำในเขตชลประทาน เพื่อให้เกษตรกรเริ่มทำการเพาะปลูกข้าวฤดูนาปรัง ตามปฏิทินการเพาะปลูกของกรมชลประทาน



ที่มา: โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษายมน่าน กรมชลประทาน, 2561

รูปที่ 3 การปรับปรุงปฏิทินการเพาะปลูกข้าวในบางระกำ

4.2 ผลการดำเนินงานกิจกรรมส่งเสริมอาชีพพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ ปี 2561

การดำเนินงานส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ โดยคณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำสามารถแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ 1) ช่วงก่อนนำน้ำเข้าทุ่ง 2) ช่วงรับน้ำเข้าทุ่ง และ 3) ช่วงหลังระบายน้ำออกจากทุ่ง

ในการนี้ คณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพในพื้นที่ลุ่มต่ำได้ส่งเสริม 9 กิจกรรม กล่าวคือ 1) เริ่มเก็บเกี่ยวข้าวนาปี โดยมีโครงการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าเกษตร (ข้าว) ในวิสาหกิจชุมชน ประสานโรงสีด้านราคาข้าวให้เป็นธรรม ตรวจสอบมาตรฐานซึ่งตวงวัดสนับสนุน 2) ระบายน้ำเข้าทุ่งบางระกำ มีแนวทาง คือ ประชุมร่วมระหว่างภาคส่วนราชการ กับผู้นำท้องถิ่นและเกษตรกรในพื้นที่เพื่อชี้แจงแนวทางการรับน้ำเข้าทุ่ง 3) ทำการประมง ปล่อยปลา มีแนวทาง คือ กรมประมง มีการปล่อยปลาเดือน ก.ค. 2561 ถึง ก.ย. 2561 มีเป้าหมายจำนวน 5.7 ล้าน ตัว 10 ชนิดพันธุ์ปลาเพื่อสนับสนุน 4) ปลูกพืชลอยน้ำเชิงนิเวศน์ กรมวิชาการเกษตร สนับสนุนการปลูกพืชลอยน้ำเชิงนิเวศ ผลิตแพลูกบวบลอยน้ำสำหรับปลูกพืชผักสวนครัว เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนในช่วงฤดูน้ำหลาก ในพื้นที่นารองเริ่ม 1-30 ก.ย. 61 5) เลี้ยงสัตว์ เจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ ให้คำแนะนำการเลี้ยงตามหลักวิชาการ (การควบคุมโรค) และสนับสนุนปัจจัยการผลิต และเวชภัณฑ์ที่จำเป็นบางส่วน 6) ระบายน้ำออกจากทุ่ง โดยเจ้าหน้าที่

กรมชลประทานประชุมชี้แจงแนวทางการระบายน้ำออกจากทุ่งกับเกษตรกร 7) พื้นฟูสภาพน้ำ/คุณภาพดิน กรมพัฒนาที่ดิน พื้นฟูสภาพดิน/น้ำ 8) การท่องเที่ยว กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กรมชลประทาน กรมประมง ร่วมดำเนินการตามแผนท่องเที่ยวเชิงเกษตร และ 9) ปลูกพืชเศรษฐกิจ หลังนา กรมส่งเสริมการเกษตร ส่งเสริมการปลูกพืชหลากหลายและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 1) และกิจกรรมการส่งเสริมอาชีพจากผู้แทนกรมต่างๆ แสดงไว้ใน (รูปที่ 5)

ผลการดำเนินการ 9 กิจกรรมหลัก สามารถสรุปผลการดำเนินการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ ปี 2561 ได้ 6 ประการ ดังนี้

1. เกษตรกรสามารถปลูกข้าวได้ในช่วงเวลาที่มีการปรับแผนการจัดระบบปลูกพืชและเก็บเกี่ยวข้าวได้ 100% ซึ่งในปี 2561 พื้นที่เพาะปลูก ตามเป้าหมาย 312,600 ไร่ ไม่มีพื้นที่เสียหาย สามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด

2. สามารถใช้พื้นที่โครงการบางระกำรองรับน้ำหลาก (พื้นที่แก้มลิงตามธรรมชาติ) ในช่วงวิกฤติของแม่น้ำยม เพื่อลดผลกระทบความสูญเสียจากอุทกภัยที่จะเกิดขึ้นในเขตชุมชนและสถานที่ราชการ จังหวัดสุโขทัย ในปี 2561 เกิดพายุซินติญ (SON-TINH) และพายุเบบินคา (BEBINCA) ซึ่งโครงการบางระกำสามารถตัดยอดน้ำจากแม่น้ำยม ได้ประมาณ 200 ล้านลูกบาศก์เมตร



ตารางที่ 1 แผนงานกิจกรรมส่งเสริมอาชีพที่ล้มต่ำบางระกำ ปี 2561

ที่	กิจกรรม	ส.ค.			ก.ย.			ต.ค.			พ.ย.			ธ.ค.			ผู้ดำเนินการ	งบประมาณ	
		๑	๒	๓	๔	๑	๒	๓	๔	๑	๒	๓	๔	๑	๒	๓			๔
๑	เริ่มเก็บเกี่ยวข้าวในปี																	ชล.กสท.ว.ก.ทช	
๒	ระบายน้ำเข้าทุ่งบางระกำ																	ชล.ปค.คช	
๓	ทำการประมง ปลอยปลา																	นบ.ปศ.อุบล	
๔	ปลูกพืชลอยน้ำเชิงนิเวศน์ เช่น ผักกะเฉด																	กสท.ว.ก. สคท.	
๕	เลี้ยงสัตว์ เช่น เลี้ยงเป็ด																	ปศ. สคท.	
๖	ระบายน้ำออกจกทุ่งบางระกำ																	ชล.ปค.คช	
๗	ฟื้นฟูสภาพน้ำ/ คุณภาพดิน																	พศ.	
๘	การท่องเที่ยว																	ชล.กสท	
๙	ปลูกพืชเศรษฐกิจหลังนา เช่น ถั่วเหลือง ฯลฯ																	กสท.ว.ก. พศ.ชล	

หมายเหตุ 1. สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม

2. คำอธิบายตัวย่อ ชป. = กรมชลประทาน, กสท. = กรมส่งเสริมการเกษตร, วก = กรมวิชาการเกษตร, บม = กรมประมง, ปศ = กรมปศุสัตว์

กสท = กรมส่งเสริมสหกรณ์, พศ = กรมพัฒนาที่ดิน, กท = กรมการข้าว, สคท = สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

อสป. = องค์การสะพานปลา, ปค = ฝ่ายปกครอง, คช = ผู้นำชุมชน

3. สามารถใช้พื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำเป็นพื้นที่ทุ่งหนองน้ำ (เพิ่มพื้นที่แก้มลิงตามธรรมชาติ) เพื่อชะลอการระบายน้ำ ลดผลกระทบจากอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยชะลอการระบายน้ำเพื่อลดผลกระทบจากพายุซินติญ (SON-TINH) และพายุเบบินคา (BEBINCA)

4. ประหยัดงบประมาณภาครัฐ ในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติด้านเกษตรและการป้องกันอุทกภัยที่จะก่อให้เกิดความเสียหาย ต่อพื้นที่การเกษตร ในปี 2561 สามารถลดงบประมาณในเชิงป้องกันอุทกภัย จากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ได้ทันก่อนฤดูน้ำหลาก เพราะเกษตรกรเก็บเกี่ยวแล้วภาครัฐไม่ต้องป้องกันน้ำท่วม เช่น การสูบน้ำป้องกันน้ำท่วมพื้นที่เกษตร การใช้รถแม็คโคร เสริมแนวป้องกันน้ำท่วม หรือ กระสอบทรายป้องกันน้ำท่วม

5. ส่งเสริมให้เกษตรกรมีรายได้เสริมจากการทำอาชีพประมง ซึ่งเป็นวิถีชีวิตของเกษตรกรในพื้นที่ ในปี 2561 ปริมาณน้ำฝนมีน้อยกว่าปี 2560 ทำให้ปริมาณน้ำหลากเข้าทุ่งน้อย เกษตรกรทำการประมงได้ไม่เต็มพื้นที่ ส่งผลทำให้รายได้เฉลี่ยจากการประมงในเขตพื้นที่บางระกำ ลดลงจากปี 2560 ที่มีรายได้เฉลี่ย 450.5 บาท/คน/วัน เป็นมีรายได้เฉลี่ย 192.6 บาท/คน/วัน ในปี พ.ศ. 2561(รูปที่ 4)

6. มีการส่งเสริมอาชีพ และกิจกรรมในรูปแบบอื่นๆ เช่น การส่งเสริมการแปรรูปผลผลิตจากการประมง อาทิ ปลาสาม ทอดมันปลา ปลาร้า ปลาแดดเดียว น้ำปลาปลาสร้อย เพื่อจำหน่าย เป็นต้น การทำแพปลูกพืชผักสวนครัวลอยน้ำ การเลี้ยงสัตว์น้ำอื่นๆ กิจกรรมส่งเสริมการท่องเที่ยวในช่วงฤดูน้ำหลาก เช่น งานเทศกาล ไหว้หลวงพ่อดินทร์ กินปลา ชมหมาบางแก้ว อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก เทศกาลกินปลา อ.กงไกรลาศ จ.สุโขทัย มีการปลูกพืชเศรษฐกิจหลังนา และการให้ความรู้เรื่องการบำรุงดิน เพิ่มคุณภาพดินเพื่อเตรียมแปลงก่อนการเพาะปลูกข้าวฤดูนาปรัง เป็นต้น

เปรียบเทียบดัชนีต่าง ๆ
หลังการปล่อยพันธุ์สัตว์น้ำในพื้นที่โครงการบางระกำโมเดล

ดัชนี	หน่วยนับ	ปี 2560	ปี 2561
ผลการจับสัตว์น้ำ (CPUE)	กรัม/พื้นที่ชาย 100 ตรม./คืน	3,311.14	1,303.20
ชนิดสัตว์น้ำที่พบ	ชนิด	49	28
อัตราส่วนปลากินพืชต่อปลากินเนื้อ	-	3.46:1	2.5:1
ผลการจับสัตว์น้ำจากชาวประมง	คน/กิโลกรัม/วัน	17.67	8.1
ปริมาณผลจับสัตว์น้ำรวม ส.ค.-พ.ย.	ตัน	760	255.2
รายได้เฉลี่ย	บาท/คน/วัน	450.5	192.6

ที่มา: รายงานคณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพลุ่มต่ำบางระกำ, กรมชลประทาน, 2562

รูปที่ 4 การเปรียบเทียบรายได้จากการทำประมงของเกษตรกร
ในบางระกำโมเดล ปี 2560 และ ปี 2561

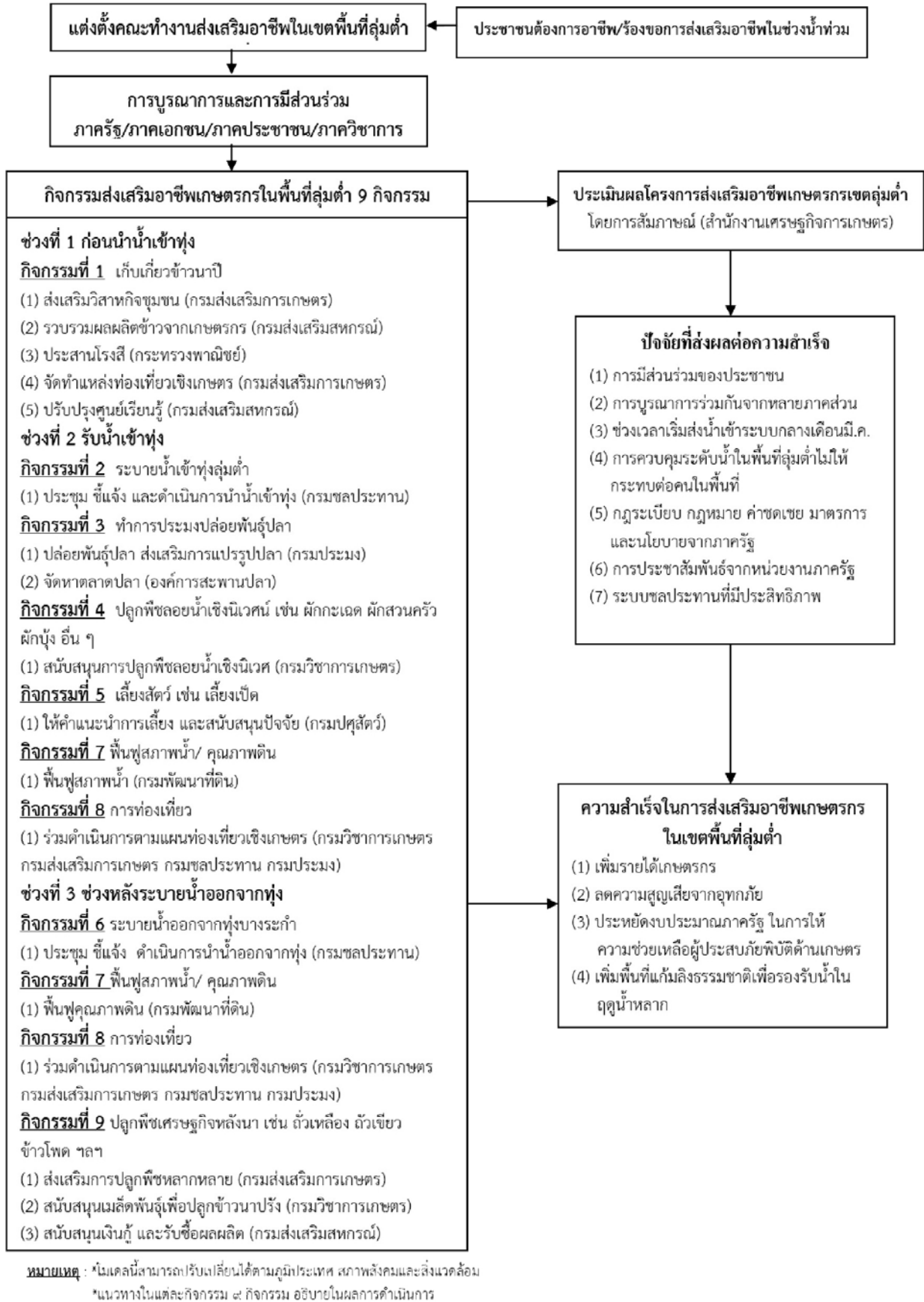


จาก รูปที่ 5 จากผลการศึกษาในข้อ 4.2 และกิจกรรมแผนงาน 9 กิจกรรมหลักของคณะทำงานฯ (ตารางที่ 1) สามารถสร้างโมเดลการขยายผลกิจกรรมการส่งเสริมอาชีพในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำจาก 9 กิจกรรมของคณะทำงานงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ 61

องค์ประกอบของโมเดลประกอบด้วย เกษตรกรที่ประสบอุทกภัย พื้นที่ลุ่มต่ำที่มีปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก คณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพ ซึ่ง จากผลการดำเนินการ 9 กิจกรรมหลักของคณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพลุ่มต่ำ สามารถนำไปสร้างโมเดลการขยายผลไปที่ลุ่มต่ำอื่นๆ โดยเริ่มจากโครงการพื้นที่ลุ่มต่ำที่เกษตรกรมีความต้องการ/ร้องขอการส่งเสริมอาชีพในช่วงน้ำหลาก ภาครัฐตั้งคณะทำงานส่งเสริมอาชีพเพื่อบูรณาการที่มีผู้แทนมาจากกรมต่างๆในกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หลังจากนั้นดำเนินการมีส่วนร่วมภาครัฐ/ภาคเอกชน/ภาคประชาชน/ภาควิชาการ ซึ่งคณะทำงานจากกรมต่างๆ ที่แต่งตั้งขึ้นมาร่วมดำเนินการกิจกรรมการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มต่ำ 9 กิจกรรมตามตารางที่ 1 หลังจากดำเนินการ 9 กิจกรรมหลัก การวิเคราะห์และการประเมินผลโครงการส่งเสริมอาชีพลุ่มต่ำโดยการสัมภาษณ์ พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของกิจกรรมการส่งเสริมอาชีพจะประกอบด้วย 7 ข้อ ดังนี้ 1) การมีส่วนร่วมของประชาชน 2) การบูรณาการร่วมกันจากหลายภาคส่วน 3) ช่วงเวลาส่งน้ำเข้าระบบกลางเดือนมีนาคม 4) การควบคุมระดับน้ำในพื้นที่ลุ่มต่ำไม่ให้เกิดกระทบต่อคนในพื้นที่ 5) กฎระเบียบ กฎหมาย ค่าชดเชย มาตรการ และนโยบายจากภาครัฐ 6) การประชาสัมพันธ์จากหน่วยงานภาครัฐ 7) ระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพ

ความสำเร็จในการขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพลุ่มต่ำบางระกำของคณะทำงานฯ มี 4 ข้อ สามารถวัดได้จาก 1) การเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในพื้นที่ลุ่มต่ำ โดยรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการประมงของเกษตรกรในพื้นที่ที่เพิ่มจากการเพาะปลูกข้าวนาปี รายได้เฉลี่ยจากการประมงในเขตพื้นที่บางระกำ ปี 2560 ที่มีรายได้เฉลี่ย 450.5 บาท/คน/วัน และมีรายได้เฉลี่ย 192.6 บาท/คน/วัน ในปี พ.ศ. 2561 2) ลดความสูญเสียจากอุทกภัย และลดผลกระทบความสูญเสียจากอุทกภัยที่เกิดขึ้นในเขตชุมชนและสถานที่ราชการ จังหวัดสุโขทัย ในปี 2561 เกิดพายุเซินติญ (SON-TINH) และพายุเบบินคา (BEBINCA) ซึ่งโครงการบางระกำสามารถตัดยอดน้ำจากแม่น้ำยม ได้ประมาณ 200 ล้านลูกบาศก์เมตร 3) ประหยัดงบประมาณในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติด้านเกษตรหลายล้านบาท เพราะเกษตรกรเก็บเกี่ยวแล้วภาครัฐไม่ต้องป้องกันน้ำท่วม เช่น การสูบน้ำป้องกันน้ำท่วมพื้นที่เกษตร การใช้รถแม็คโคร เสริมแนวป้องกันน้ำท่วม หรือ กระสอบทรายป้องกันน้ำท่วม 4) เพิ่มพื้นที่แก้มลิงธรรมชาติเพื่อรองรับน้ำในฤดูน้ำหลากสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้มากกว่า 550 ล้าน ลบ.ม.

โมเดลการขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพลุ่มต่ำบางระกำของคณะทำงานฯ จึงมีประโยชน์สูงสามารถขยายผลเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำอื่นๆ ถ้าไม่มีโมเดลการขับเคลื่อนส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มต่ำจะประสบปัญหาขาดแคลนรายได้ในช่วงน้ำท่วมซ้ำซาก ภาครัฐต้องเสียงบประมาณเพื่อฟื้นฟูเยียวยาเกษตรกร



รูปที่ 5 โมเดลขยายผลกิจกรรมการส่งเสริมอาชีพในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำ 9 กิจกรรมของบางระกำโมเดล



4.3) การประเมินผลโครงการบางระกำโมเดล

โครงการบริหารจัดการน้ำเพื่อสนับสนุนการเพาะปลูกข้าวนาปี พื้นที่ลุ่มต่ำในเขตโครงการบางระกำโมเดล ปี 2561 โดยการสัมภาษณ์เกษตรกรตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการ 180 ราย ผลการประเมิน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 85.55 ของจำนวนเกษตรกรตัวอย่าง มีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำในชุมชน และได้รับประโยชน์จากการบริหารจัดการน้ำแบบมีส่วนร่วม โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 68.33 ของจำนวนเกษตรกรตัวอย่าง มีความพึงพอใจต่อประโยชน์ที่ได้รับจากการบริหารจัดการน้ำในระดับมาก

2. เกษตรกรทุกรายไม่ได้รับความเสียหายจากอุทกภัย เนื่องจากมีระบบการบริหารจัดการที่ดีรวมทั้งปริมาณน้ำฝนในปีที่น้อยปีที่ผ่านมา โดยรายได้สุทธิเฉลี่ยจากการจำหน่ายผลผลิตเทียบกับช่วงก่อนมีโครงการ เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.77 รวมทั้งเกษตรกรร้อยละ 25.00 ของจำนวนเกษตรกรตัวอย่าง มีรายได้เฉลี่ยสุทธิของเกษตรกรในช่วงมีโครงการเพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงก่อนมีโครงการ

3. เกษตรกรร้อยละ 46.67 ของจำนวนเกษตรกรตัวอย่าง มีความพึงพอใจต่อการประชาสัมพันธ์และการสร้างการรับรู้ (การประชาสัมพันธ์) ของเจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.99 (คะแนนเต็ม 5) ซึ่งผลการประเมินอยู่ในระดับมาก

4. เกษตรกรร้อยละ 46.11 ของจำนวนเกษตรกรตัวอย่าง มีความพึงพอใจต่อการปฏิบัติทางการเพาะปลูกให้เร็วขึ้น เพื่อให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทันในช่วงฤดูน้ำหลากในระดับมาก โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 (คะแนนเต็ม 5) ซึ่งผลการประเมินอยู่ในระดับมาก

5. เกษตรกรร้อยละ 48.89 ของจำนวนเกษตรกรตัวอย่าง มีความพึงพอใจต่อปริมาณผลผลิตที่ได้รับจากการที่มีโครงการในระดับมาก โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 (คะแนนเต็ม 5)

6.สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บางระกำโมเดลเป็นการบริหารพื้นที่ลุ่มต่ำเพื่อรองรับน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก โดยการปรับปฏิทินการเพาะปลูกของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มต่ำ ให้ทำการปลูกข้าวนาปีเร็วขึ้น 1 เดือน เพื่อให้เกษตรกรทำการเพาะปลูกเริ่มเดือน เมษายน - กรกฎาคม (สัญญาและวิภพ, 2562) ซึ่งหัวใจหลักของบางระกำโมเดล คือให้ชาวนาสามารถเก็บเกี่ยวข้าวได้ก่อนน้ำจะท่วม และมีผลพลอยได้ คือ อาชีพการประมง

ผลการดำเนินการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำ 9 กิจกรรมหลัก โดยคณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพลุ่มต่ำบางระกำ ปี 2561 ได้ผลสัมฤทธิ์ กล่าวคือ 1) เกษตรกรสามารถปลูกข้าวได้ในช่วงเวลาที่มีการปรับแผนการจัดระบบปลูกพืชและเก็บเกี่ยวข้าวได้ 100% 2) สามารถใช้พื้นที่โครงการบางระกำรองรับน้ำหลาก ในช่วงวิกฤติของแม่น้ำยม เพื่อลดผลกระทบความสูญเสียจาก

อุทกภัยที่จะเกิดขึ้นในเขตชุมชน 3) ชะลอการระบายน้ำ ลดผลกระทบจากอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ตอนล่าง 4) ประหยัดงบประมาณภาครัฐ ในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติด้านเกษตรและการป้องกันอุทกภัย 5) มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีรายได้เสริมจากการทำอาชีพประมง 6) มีการส่งเสริมอาชีพ และกิจกรรมในรูปแบบอื่นๆ เช่น การส่งเสริมการแปรรูปผลผลิตจากการประมง การทำแพปลูกพืชผักสวนครัวลอยน้ำ ฯลฯ

จากผลการดำเนินการส่งเสริมอาชีพลุ่มต่ำบางระกำของคณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพลุ่มต่ำบางระกำ ปี 2561 9 กิจกรรมหลัก สามารถนำมาเขียนโมเดลต้นแบบการขับเคลื่อนกิจกรรมการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรแบบบูรณาการในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโมเดลประกอบด้วย 7 ประการ ดังนี้ 1) การมีส่วนร่วมของประชาชน 2) การบูรณาการร่วมกันจากหลายภาคส่วน 3) ช่วงเวลาส่งน้ำเข้าระบบกลางเดือนมีนาคม 4) การควบคุมระดับน้ำในพื้นที่ลุ่มต่ำไม่ให้เกิดผลกระทบต่อคนในพื้นที่ 5) กฎระเบียบ กฎหมาย ค่าชดเชย มาตรการ และนโยบายจากภาครัฐ 6) การประชาสัมพันธ์จากหน่วยงานภาครัฐ 7) ระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้ง การขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพในพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำมีความสำเร็จ 4 ประการ ได้แก่ 1) สามารถเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในพื้นที่ลุ่มต่ำ 2) ลดความสูญเสียจากอุทกภัย 3) ประหยัดงบประมาณในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติด้านเกษตร และ 4) เพิ่มพื้นที่แก้มลิงธรรมชาติเพื่อรองรับน้ำในฤดูน้ำหลาก

ข้อเสนอแนะเพื่อให้โมเดลสามารถขยายผลไปใช้ในพื้นที่ลุ่มต่ำอื่นๆอย่างเป็นรูปธรรมในโครงการอื่นๆ ควรมีหลักเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่ ประกอบด้วย 7 ประการ ดังนี้ 1) ต้องเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำน้ำท่วมประจำ 2) มีแหล่งน้ำต้นทุนเพียงพอที่จะสนับสนุนการเลื่อนเวลาการปลูกข้าวนาปี 3) ระบบชลประทานและสามารถลำเลียงน้ำผ่านระบบชลประทานที่สามารถควบคุมได้ 4) เป็นพื้นที่ปิดล้อมเก็บน้ำได้ และมีแนวเขตชัดเจน 5) มีทางระบายน้ำเข้าออกได้ 6) การเก็บกักน้ำจะต้องมีระดับควบคุมที่ไม่กระทบกับชุมชนและเส้นทางสัญจร 7) เกษตรกรและหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ให้ความร่วมมือ หากไม่ดำเนินการเลือกพื้นที่ลุ่มต่ำและปฏิบัติตาม Model นี้ จะประสบปัญหาการมีส่วนร่วมในการดำเนินการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มต่ำจะประสบปัญหาขาดแคลนรายได้ในช่วงน้ำท่วมขังซ้ำซาก ภาครัฐต้องเสียงบประมาณเพื่อฟื้นฟูเยียวยาเกษตรกร



7. บรรณานุกรม

กรมชลประทาน. คณะทำงานขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพกลุ่มต่ำบางระกำ (2562). การดำเนินการขับเคลื่อนการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในเขตพื้นที่ลุ่มต่ำบางระกำปี 2561.

สัญญา แสงพุ่มพงษ์ และ วิภพ ทิมสุวรรณ. (2561) การบริหารจัดการน้ำพื้นที่ลุ่มต่ำ ลุ่มน้ำเจ้าพระยาเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลาก กรณีศึกษา : ทุ่งป่าโมก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 11th THAICID NATIONAL SYMPOSIUM.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2562). การประเมินผลการบริหารจัดการน้ำเพื่อสนับสนุนการเพาะปลูกข้าวนาปีพื้นที่ลุ่มต่ำในเขตชลประทาน หรือโครงการบางระกำโมเดล ปี 2561.

การพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชาโดยใช้หลัก โคก หนอง นา โมเดล กรณีศึกษาลุ่มน้ำปราจีนบุรี (ลุ่มน้ำย่อยห้วยโสมง) และลุ่มน้ำป่าสัก

(Farming System Development following the King's Philosophy: KhokNong Na Model
Case Study: Prachinburi River Basin (Huay Sa-Mong sub-basin) and Pasak River Basin

พงศ์พิชญ์ ยอดยิ่ง

Mr. PONGPICH YODYING

สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กรมชลประทาน

บทคัดย่อ

การทำเกษตรกรรมที่มุ่งความยั่งยืนโดยหวังพึ่งความช่วยเหลือจากภาครัฐเพียงอย่างเดียววันนั้นเป็นไปได้ยาก การพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชา โดยใช้หลัก โคก หนอง นา โมเดล เป็นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมโดยจัดสรรพื้นที่เพื่อเก็บน้ำใน 1) โคก คือ การเก็บน้ำซับในดินบนที่สูงปกคลุมด้วยป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง 2) หนอง คือการเก็บน้ำไว้ในที่ต่ำ และ 3) นา คือการเก็บน้ำในนาโดยทำคันนาให้สูงและกว้างขึ้น การบริหารจัดการน้ำลักษณะนี้ เป็นการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ทางความคิด (Mindset) เป็นผลให้เกิดพัฒนาการในการพึ่งพาตนเองเกิดปฏิสัมพันธ์อันดีในชุมชน บ้าน วัด โรงเรียน เกิดเครือข่ายเกษตรกรรมและการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางการเกษตร ซึ่งล้วนมีส่วนช่วยให้เกิดความยั่งยืน สามารถสร้างผลิตผลเพื่อเลี้ยงครอบครัว เพิ่มขีดความสามารถในการรับมือกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป และสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (SDGs) บทความนี้นำเสนอแนวทางการพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชา โดยใช้หลัก โคก หนอง นา โมเดล จากการจัดโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ หลักสูตรการพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชา ในพื้นที่นำร่องลุ่มน้ำปราจีนบุรี (ลุ่มน้ำย่อยห้วยโสมง) และลุ่มน้ำป่าสัก โดยใช้วิธีประเมินผลการฝึกอบรมและติดตามผลการฝึกอบรมจากการ "เอามื้อเอามาแรง" การประเมินผลการฝึกอบรมพบว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้งหมดวางแผนที่จะนำความรู้จากการฝึกอบรมไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพ โครงการฝึกอบรมมีความคุ้มค่าและเป็นไปตามความคาดหวัง สำหรับการติดตามผลการฝึกอบรมพบว่า มีแนวทางการพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชาทดลองตามหลักโคก หนอง นา โมเดล 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) การขับเคลื่อนโดยเครือข่ายเกษตรกร 2) การขับเคลื่อนด้วยกลุ่มเกษตรกรโดยมีหน่วยงานรัฐสนับสนุน และ 3) การขับเคลื่อนโดยการบูรณาการของหน่วยงานภาครัฐ ทั้งนี้การขับเคลื่อนและการขยายผล การพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชา โดยใช้หลัก โคก หนอง นา โมเดล จะต้องสอดคล้องกับสภาพภูมิสังคม ดิน น้ำ และอากาศ ของแต่ละพื้นที่จึงจะสามารถนำไปสู่ความสำเร็จอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ศาสตร์พระราชา, โคก หนอง นาโมเดล, ความยั่งยืน, เอามื้อเอามาแรง, ภูมิสังคม



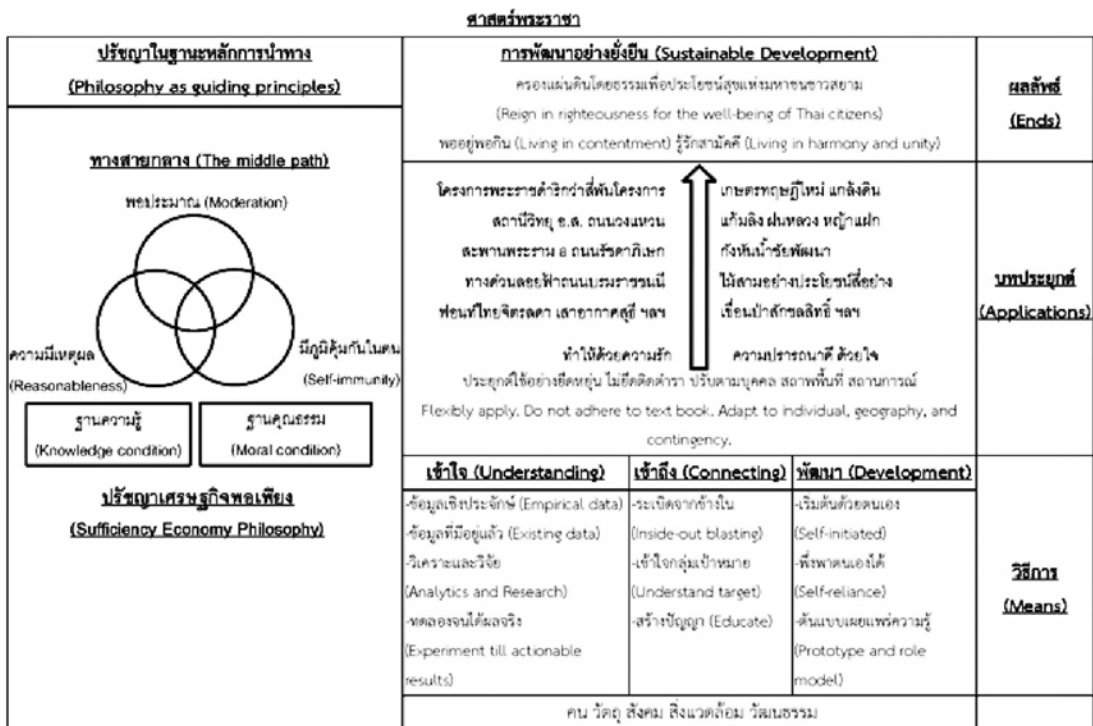
Abstract

Agricultural practices that aim at sustainability but relies solely on government support rarely achieves success. Farming system development following the King's Philosophy: KhokNong Na Model is an adaptive agricultural water management approach that allocates proportion of space for storing water in 1) Khok - a mound, which attempts to keep capillary water in the soil by covering it with three-type forests, four benefits; 2)Nong - a pond, which is a low-lying area; and 3) Na - paddy field, that is modified to have higher and wider edge in order to store more water. This water management technique is a change of mindsets that would lead to a self-reliance development, improve relationship in societies especially between household-temple-school, build agricultural network and promote agricultural knowledge exchange. All of these factors contribute to sustainable agriculture. Farmers can produce enough for their family's living, enhance adaptive capacity and resilience to climate change, and certainly support Sustainable Development Goals (SDGs). The study presents a guideline to farming system development following the King's Philosophy: KhokNong Na Model through training workshops "The King's Philosophy and Farming System Development" in pilot areas: Prachinbuririver basin (Huay Sa-Mong sub-basin) and Pasakriver basin. "Social collaboration" was used for evaluation and follow-up. The study evaluation shows that all trainees intend to adopt the principle and knowledge from workshops to their own work. Moreover, all of them indicate that the workshops were worth attending and met their expectation. The follow-up study concluded three ways to implement KhokNongNa Model, which are 1) driven by farmer network, 2) driven by farmers with government support, and 3) driven by the integration of government agencies. Most importantly, implementation and promotion of KhokNong Na Model must take into account socio-geographic, soil, water and climate condition of the area in order to achieve a real sustainable success.

Keyword: The King's Philosophy, KhokNong Na Model (Mound Pond Paddy FieldModel) Sustainable, Social collaboration, Socio -Geographic

1. บทนำ

ศาสตร์พระราชา เป็นศาสตร์ที่เกิดจากพระอัจฉริยภาพของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตรที่ได้ทรงงานเพื่อแก้ไขปัญหาความทุกข์ยากของราษฎรของพระองค์ตลอดระยะเวลาที่ทรงครองราชย์ 70 ปี ได้มีโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริถึง 4,685 โครงการ (สำนักงาน กปร., 2559) ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นพ.เกษม วัฒนชัย ได้นิยามศาสตร์พระราชาไว้ว่าศาสตร์พระราชาคือโครงการตามพระราชดำริที่มีองค์ความรู้อยู่ในปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง (Sufficiency Economy Philosophy) นี้เป็นที่ยอมรับกันอย่างมากและมีการเผยแพร่ไปทั่วโลก ดังที่ปรากฏว่า นายโคฟี อันนัน เลขาธิการสหประชาชาติ ได้ทูลเกล้าฯ ถวายรางวัลความสำเร็จสูงสุดด้านการพัฒนามนุษย์ของโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (UNDP Human Development Lifetime Achievement Award) แต่พระองค์เป็นกรณีพิเศษในปี พ.ศ.2549 เนื่องในโอกาสทรงครองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี และมีการเผยแพร่หนังสือชื่อ แนวคิดของความพอเพียง: ของขวัญจากประเทศไทยแด่โลกที่ไม่ยั่งยืน (Sufficiency Thinking; Thailand's Gift to an Unsustainable World) โดยศาสตราจารย์ ดร.แกลย์ ซี เอเวอรี่ ผู้บุกเบิกงานวิชาการด้านภาวะผู้นำแบบพอเพียง ซึ่งเป็นที่ยอมรับทั้งในเอเชีย ยุโรป อเมริกาเหนือ และออสเตรเลีย เป็นบรรณาธิการ(ประชาชาติธุรกิจ, 2562)แนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เป็นแนวปฏิบัติสำหรับชนทุกกลุ่ม ทุกชั้นทุกสัณฐานมีองค์ประกอบสำคัญ 7 ข้อ คือ พึ่งพาตนเอง พอประมาณ เติบโตอย่างยั่งยืน มีภูมิคุ้มกัน มีเหตุผล เป็นคนดี และรู้จักสามัคคี โดยหลักสำคัญทั้ง 7 ข้อนี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้(อำพล เสนาณรงค์ ,2550)



รูปที่ 1 แผนภาพศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน (ดร.อานนท์ ตักดีวีรวิชัย, 2560)



กระทรวงเกษตรและสหกรณ์เล็งเห็นคุณูปการของศาสตร์พระราชา จึงได้มีนโยบายโครงการพระราชดำริ ดินอุดม น้ำสมบูรณ์ เมื่อปี พ.ศ.2560 โดยกำหนดพื้นที่นำร่อง 3 ลุ่มน้ำ ได้แก่ลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำน่าน และลุ่มน้ำห้วยโสมงมีหลักการดำเนินงานโดยน้อมนำศาสตร์พระราชาในพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร มาบูรณาการในรูปแบบพระราชรัฐ ใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและเกษตรทฤษฎีใหม่ เน้นการอนุรักษ์ทรัพยากรดินและน้ำ เพิ่มพื้นที่ป่า และพัฒนาพื้นที่เก็บน้ำในรูปแบบ "โคก หนอง นา โมเดล" ต่อมาในการประชุมหน่วยงานในกำกับของรัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นายวิวัฒน์ ศัลยกำธร เมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2561 ณ ห้องประชุม SWOC กรมชลประทาน ได้มีการดำเนินการอย่างเป็นทางการเป็นรูปธรรมภายใต้ชื่อโครงการพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชา เพิ่มพื้นที่นำร่องเป็น 5 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำป่าสัก และลุ่มน้ำปราจีนบุรี (ลุ่มน้ำย่อยห้วยโสมง) จากนั้นจึงมีคำสั่งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ 225/2561 เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชา เพื่อทำหน้าที่ขับเคลื่อนโครงการให้สัมฤทธิ์ผลเป็นรูปธรรม และคำสั่งคณะกรรมการพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชาที่ 1/2561 เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานโครงการพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชา ลุ่มน้ำนำร่อง 5 ลุ่มน้ำ โดยมอบหมายให้กรมส่งเสริมสหกรณ์ ดำเนินงานในลุ่มน้ำปิงสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม ดำเนินงานในลุ่มน้ำยม กรมพัฒนาที่ดิน ดำเนินงานในลุ่มน้ำน่าน กรมชลประทาน ดำเนินงานในลุ่มน้ำป่าสัก และลุ่มน้ำปราจีนบุรี (ลุ่มน้ำย่อยโสมง)

กรมชลประทานจึงได้จัดโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรการออกแบบการพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชา มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ความเข้าใจในศาสตร์พระราชา สามารถออกแบบระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชาตามหลักโคก หนอง นา โมเดล ได้ กลุ่มเป้าหมายได้แก่ ข้าราชการกรมชลประทานผู้ปฏิบัติงานด้านออกแบบวิศวกรรม สถาปัตยกรรม และด้านพิจารณาโครงการ อบรมร่วมกับเกษตรกรในพื้นที่นำร่องผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรมคือผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ความเข้าใจในศาสตร์พระราชา และ "แบบแปลงเกษตรกรรม" ซึ่งออกแบบโดยใช้หลักโคก หนอง นา โมเดล ตามที่เกษตรกรได้ร่วมกับข้าราชการคิด วิเคราะห์ คำนวณ และเขียนแบบออกมา จากนั้นจึงนำแบบที่ได้ไปช่วยกันเอามื้อเอางแรง คือ ช่วยกันปรับสภาพพื้นที่แปลงเกษตรเดิมให้เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้

ภายหลังจากการฝึกอบรม ได้มีการติดตามผลการเอามื้อเอางแรงของเกษตรกรที่ผ่านการฝึกอบรมพบว่าแต่ละพื้นที่มีลักษณะการดำเนินงานในการช่วยกันเอามื้อเอางแรงแตกต่างกัน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เป็นแนวทางในการดำเนินงานพัฒนาระบบชลประทานด้วยศาสตร์พระราชาโดยใช้หลักโคก หนอง นา ให้สอดคล้องกับสภาพภูมิสังคมสำหรับการขยายผลได้ในอนาคต

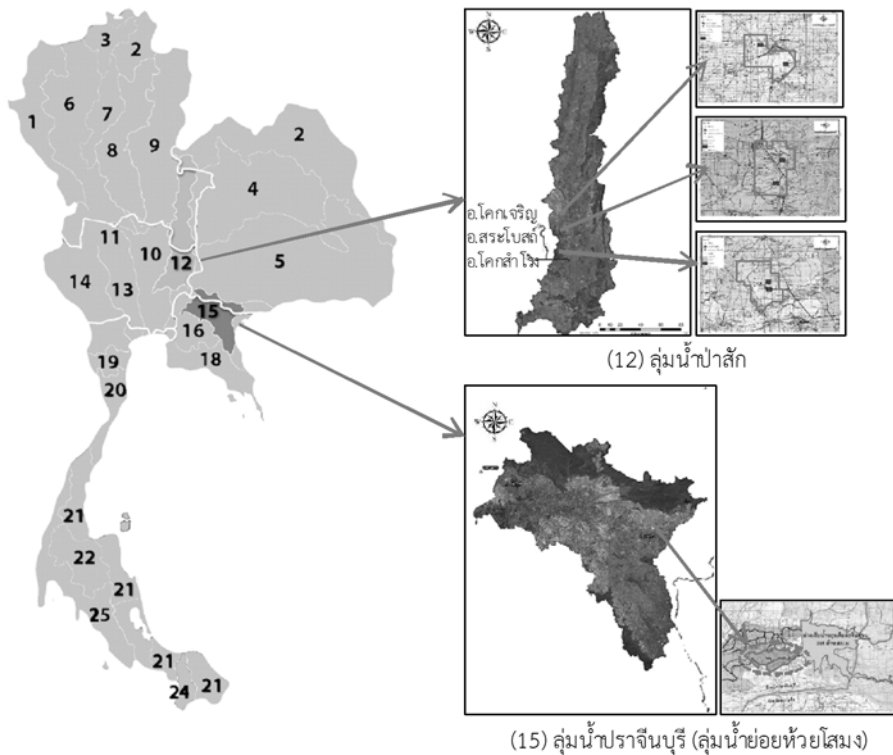
2. เนื้อหา

2.1 การคัดเลือกพื้นที่นาร่อง

การคัดเลือกพื้นที่นาร่องในกลุ่มน้ำป่าสัก และกลุ่มน้ำปราจีนบุรี (กลุ่มน้ำย่อยห้วยโสมง)มีรายละเอียดสังเขป ดังนี้

2.1.1 กลุ่มน้ำป่าสักมีลักษณะเรียวยาวคล้ายขนนก วางตัวตามแนวทิศเหนือ-ทิศใต้ ตอนบนของกลุ่มน้ำมีเทือกเขาเพชรบูรณ์ล้อมรอบ ทิศเหนือติดกับกลุ่มน้ำโขง ทิศใต้ติดกับกลุ่มน้ำเจ้าพระยาและกลุ่มน้ำบางปะกง ทิศตะวันออกติดกับกลุ่มน้ำชีและกลุ่มน้ำมูล และทิศตะวันตกติดกับกลุ่มน้ำน่านและกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ปริมาณน้ำฝนทั้งปีเฉลี่ย 1,213.2 มิลลิเมตร พื้นที่รับน้ำทั้งหมด 16,292 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 2,897.3 ล้านลูกบาศก์เมตรสภาพปัญหา ด้านอุทกภัย ฝนตกหนักในพื้นที่กลุ่มน้ำพื้นที่ป่าต้นน้ำถูกทำลาย ขาดแคลนแหล่งเก็บน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่ตอนบน ประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำไม่เพียงพอ มีการก่อสร้างสิ่งกีดขวางทางน้ำและเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน ด้านภัยแล้ง ไม่มีแหล่งน้ำต้นทุนอย่างเพียงพอ การพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ทำได้ยาก อยู่ในเขตอนุรักษ์ ลำน้ำสาขา มีน้ำไหลเฉพาะฤดูฝนเพราะพื้นที่ลาดชัน กำหนดพื้นที่นาร่องใน อำเภอโคกเจริญ อำเภอสระโบสถ์ อำเภอโคกสำโรง เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่อยู่ด้านเหนือน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาป่าสักชลสิทธิ์ และกรมชลประทานได้ดำเนินการก่อสร้างระบบสูบน้ำด้วยไฟฟ้าแล้วเสร็จ ประโยชน์จากการคัดเลือกสามารถเพิ่มพื้นที่กักเก็บน้ำในแปลงของเกษตรกร

2.1.2 กลุ่มน้ำปราจีนบุรีวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก ทิศเหนือติดกับกลุ่มน้ำมูล ทิศใต้และทิศตะวันตกติดกับกลุ่มน้ำบางปะกง ทิศตะวันออกติดกับกลุ่มน้ำโตนเลสาป ปริมาณน้ำฝนทั้งปีเฉลี่ย 1,584.2 มิลลิเมตร พื้นที่รับน้ำทั้งหมด 10,481 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 5,164.0 ล้าน ลูกบาศก์เมตรสภาพปัญหา ด้านอุทกภัย พื้นที่กลุ่มน้ำตอนบนเกิดจากฝนตกหนักและน้ำป่าไหลหลากจากต้นน้ำ ลำน้ำสายหลักระบายน้ำได้ไม่ทัน บริเวณแม่น้ำปราจีนบุรีสายหลัก ตั้งแต่จุดบรรจบแม่น้ำพระปรองและแม่น้ำหุมนานลงไปจนถึงจุดบรรจบแม่น้ำนครนายกเป็นพื้นที่ราบลุ่ม แม่น้ำสายหลักต้นเขินมีความสามารถในการระบายน้ำได้น้อยและเกิดน้ำเอ่อท้นจากแม่น้ำบางปะกง ด้านภัยแล้ง เกิดจากภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน ทำให้พื้นที่การเกษตรนอกเขตชลประทานเกิดความแห้งแล้ง ขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค การเกษตร รวมถึงการใช้น้ำในกิจกรรมอื่นๆ พื้นที่นาร่อง พิจารณากลุ่มน้ำย่อยห้วยโสมงซึ่งมีโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานฤปดินทรจินดา ตำบลแก่งดินสอ อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี มีความจุอ่าง 295 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ปัจจุบันอยู่ระหว่างดำเนินการก่อสร้างระบบส่งน้ำ และมีแผนงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและส่งเสริมการเกษตรตามผลการศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ประโยชน์จากการคัดเลือก สามารถเพิ่มน้ำต้นทุนเพื่อการทำเกษตรกรรมในพื้นที่อพยพที่ได้รับผลกระทบจากการสร้างเขื่อน



รูปที่ 2 พื้นที่ศึกษา

2.2 การฝึกอบรม

กรมชลประทาน จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ หลักสูตรการออกแบบการพัฒนาระบบกลีกรวมด้วย ศาสตร์พระราชา จำนวน 2 ครั้ง ได้แก่

1) รุ่นที่ 1 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี (ลุ่มน้ำย่อยห้วยโสมง) จัดที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานฤปดินทรจินดา จังหวัดปราจีนบุรี เมื่อวันที่ 6 - 8 เมษายน 2561 จำนวน 3 วัน จำนวนผู้เข้ารับการอบรมตามที่ขออนุมัติโครงการ 90 คน

2) รุ่นที่ 2 ลุ่มน้ำป่าสัก จัดที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี เมื่อวันที่ 18 - 20 มิถุนายน 2561 จำนวน 3 วัน จำนวนผู้เข้ารับการอบรมตามที่ขออนุมัติโครงการ 60 คน

รูปแบบการอบรม เป็นการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ แบ่งเป็น 2 ภาค ได้แก่ ภาคทฤษฎี เรียนรู้เกี่ยวกับ ศาสตร์พระราชาด้านต่าง ๆ ได้แก่ หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เกษตรทฤษฎีใหม่ ป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง การปลูกพืช 5 ระดับ การคำนวณพื้นที่เก็บน้ำตามหลัก โคก หนอง นา โมเดล หัวคันทองคำ รวมถึงการวิเคราะห์ปัญหาและการนำศาสตร์พระราชามาประยุกต์ใช้ ภาคปฏิบัติ ฝึกปฏิบัติการปรับพื้นที่การเกษตรตามแบบแนวทางทฤษฎีใหม่ กิจกรรมเอามื้อสามัคคีจัดการพื้นที่ เกษตรกรรม และเสวนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ปัญหาการเกษตรในช่วงค่ำ



รูปที่ 3 เรียนภาคทฤษฎี วิทยาการ ผศ.พิเชฐ โสวิทยสกุล คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(ภาพซ้าย รุ่นที่ 1 ภาพขวา รุ่นที่ 2)



รูปที่ 4 เรียนภาคทฤษฎี วิทยาการ รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นายวิวัฒน์ ศัลยกำธร (ภาพซ้าย รุ่นที่ 1 ภาพขวา รุ่นที่ 2)



รูปที่ 5 ฝึกภาคปฏิบัติ (ภาพซ้าย รุ่นที่ 1 ภาพขวา รุ่นที่ 2)



รูปที่ 6 ออกแบบแปลงกลีกรวมโดยใช้หลัก โคก หนอง นา โมเดล (ภาพซ้าย รุ่นที่ 1 ภาพขวา รุ่นที่ 2)



รูปที่ 7 นำเสนอผลงานออกแบบแปลงกลีกรวมโดยใช้หลัก โคก หนอง นา โมเดล (ภาพถ่าย รุ่นที่ 1 ภาพขวา รุ่นที่ 2)



รูปที่ 8 รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นายวิวัฒน์ ศัลยกำธร ให้ข้อคิดเห็นต่อผลงานออกแบบ (ภาพถ่าย รุ่นที่ 1 ภาพขวา รุ่นที่ 2)

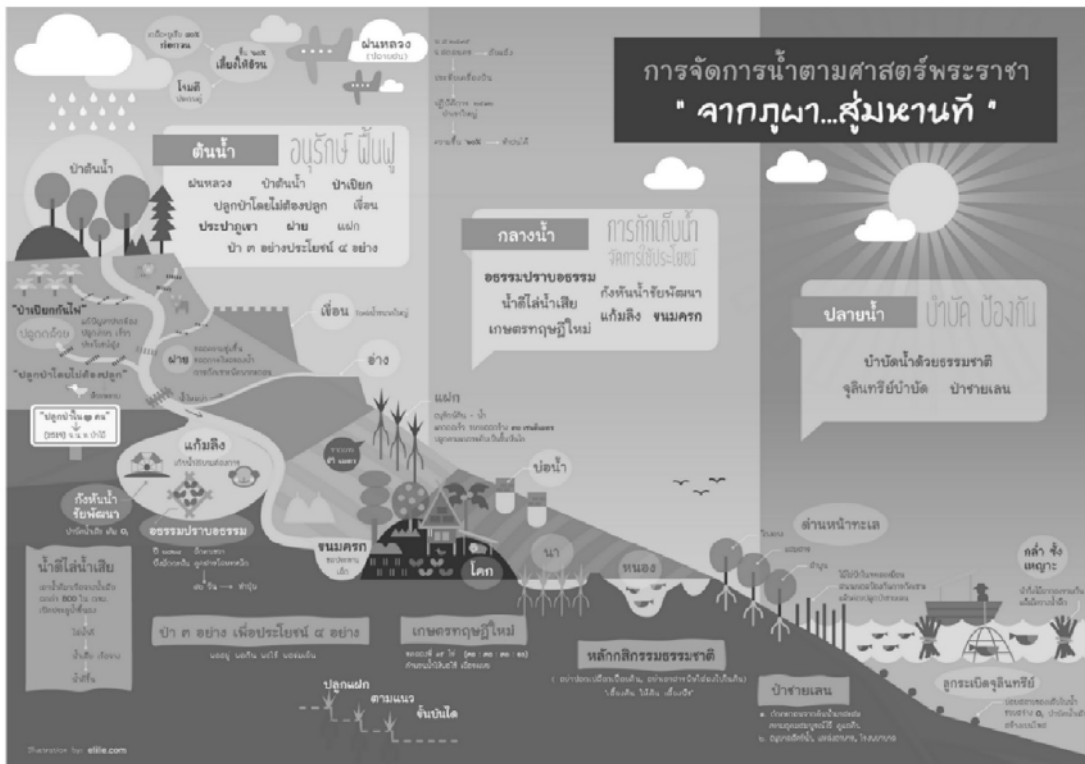


รูปที่ 9 รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นายวิวัฒน์ ศัลยกำธร ตรวจสอบแปลงฝึกปฏิบัติ (ภาพถ่าย รุ่นที่ 1 ภาพขวา รุ่นที่ 2)

2.3 โคก หนอง นา โมเดล

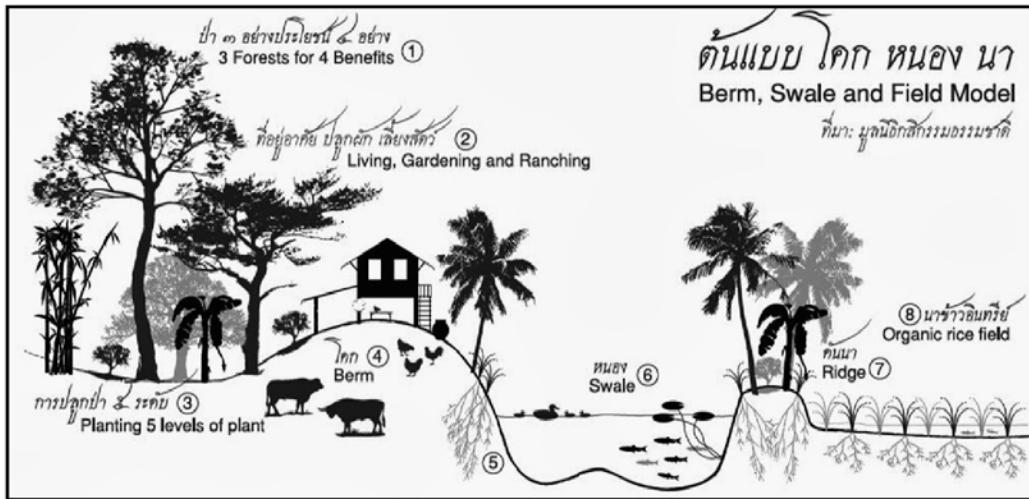
แนวคิดของ โคก หนอง นา โมเดล เป็นการจัดการพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่กึ่งกลางน้ำ (รูปที่ 10) โดยผสมผสานเกษตรทฤษฎีใหม่กับภูมิปัญญาพื้นบ้าน แล้วแปลงสู่คำภาษาไทยที่ชาวบ้านเข้าใจได้ง่าย คือ "โคก หนอง นา" (รูปที่ 11) การคำนวณพื้นที่เก็บน้ำตามหลัก โคก หนอง นา โมเดล มีเป้าหมายเก็บน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ให้ได้ 100% โดยพิจารณาจากขนาดของพื้นที่และปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ จากนั้นจึงทำการจัดสรรพื้นที่ตามหลักทฤษฎีใหม่ แล้วคำนวณพื้นที่เก็บน้ำ ดังนี้

- 1) โคน สามารถนำดินที่ขุดทำหนองน้ำมาทำโคก บนโคกปลูกป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง สามารถเก็บน้ำไว้ได้ดินจากป่าบนโคกได้ประมาณ 50% ของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาเมื่อมีป่าสมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับชนิดของดินตำแหน่งของโคกควรอยู่ทางทิศตะวันตกเพื่อช่วยบังแสงแดดยามบ่าย
- 2) หนอง สามารถเก็บน้ำได้ประมาณ 70% การขุดหนองควรให้คดโค้งตามสภาพพื้นที่และขุดท้องคลองให้ต่างระดับสำหรับเก็บน้ำให้พอใช้และเลี้ยงปลา อาศัยหลักว่า 1 ปี มีวันฝนตก 60 วัน และมีวันที่ฝนไม่ตก 300 วัน น้ำระเหยวันละ 1 เซนติเมตร ดังนั้น น้ำจะระเหยปีละ 3 เมตร หนองที่ขุดจึงต้องมีความลึกมากกว่า 3 เมตร เพื่อให้มีน้ำพอใช้ยามฝนทิ้งช่วง ทั้งขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีและความถี่ของฝนที่ตกในพื้นที่ การวางตำแหน่งของหนองควรอยู่ทางทิศที่ลมร้อนพัดผ่านเพื่อให้อุณหภูมิเย็นเข้าบ้านทำให้เย็นสบาย
- 3) นา สามารถเก็บน้ำได้ประมาณ 80% โดยยกหัวคันนาให้สูง ปันคันนาให้กว้าง เก็บน้ำเท่าความสูงของคันนา
- 4) คลองไส้ไก่ ขุดคลองไส้ไก่ให้คดเคี้ยวไปทั่วพื้นที่ เพื่อเป็นทางน้ำบนดินเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับพื้นที่ ขุดบ่อพักเป็นระยะเพื่อดักน้ำให้กระจายทั่วพื้นที่

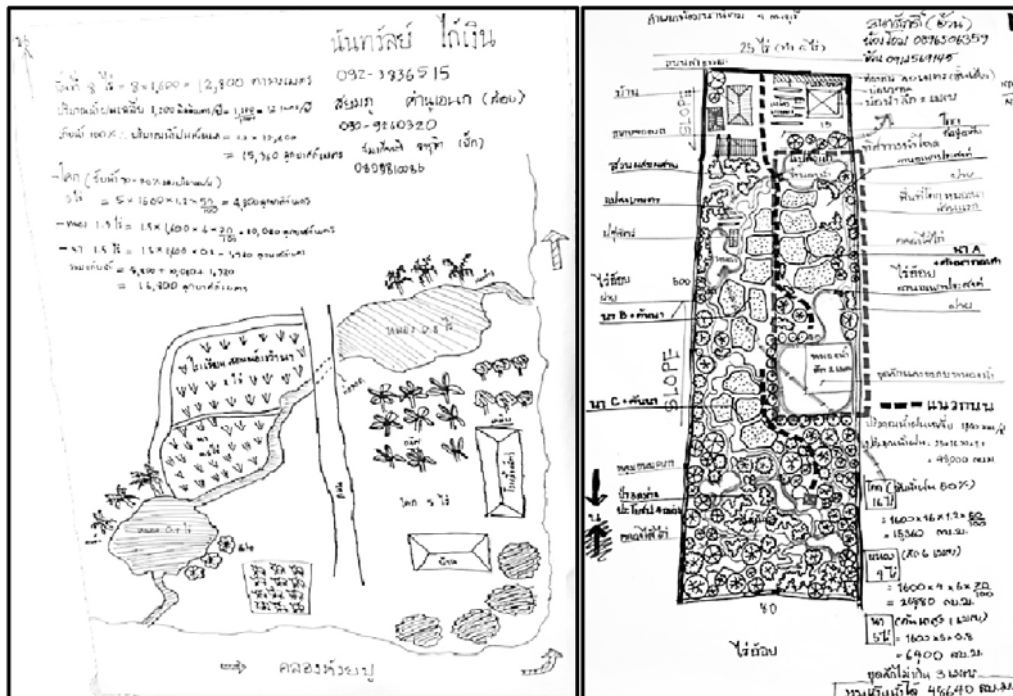


รูปที่ 10 การจัดการน้ำตามศาสตร์พระราช "จากภูผา สู่มหานคร"

(มูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติ, 2562)



รูปที่ 11 ดันแบบ โคก หนอง นา โมเดล (มูลนิธิสิกรรรมธรรมชาติ, 2562)



รูปที่ 12 ตัวอย่างแบบแปลนเกษตรกรรมซึ่งออกแบบโดยใช้หลักโคก หนอง นา โมเดล

2.4 การประเมินผลโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

สามารถสรุปในภาพรวมได้ ดังนี้ รุ่นที่ 1 กลุ่มน้ำปราจีนบุรี (กลุ่มน้ำย่อยห้วยโสมง) จัดที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาถนนดินทรจินดา จังหวัดปราจีนบุรี ระหว่างวันที่ 6 - 8 เมษายน 2561 ขออนุมัติผู้เข้ารับการอบรม 90 คน มีผู้ลงทะเบียนเข้ารับการอบรม 101 คน เป็นเกษตรกร 40 คน ข้าราชการ 61 คน คิดเป็นร้อยละ 122.22 มากกว่าเป้าหมายตามที่ได้รับอนุมัติ รุ่นที่ 2 กลุ่มน้ำป่าสัก จัดที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี เมื่อวันที่ 18 - 20 มิถุนายน 2561 ขออนุมัติผู้เข้ารับการอบรม 60 คน มีผู้ลงทะเบียนเข้ารับการอบรม 90 คน เป็นเกษตรกร 60 คน ข้าราชการ 30 คน คิดเป็นร้อยละ 150 มากกว่าเป้าหมายตามที่ได้รับอนุมัติ

ในส่วนของผลการประเมิน พบว่า การอบรมทั้งสองครั้งได้ผลในทิศทางเดียวกัน คือ จากการสังเกตพฤติกรรมพบว่า ร้อยละ 80 ของผู้เข้ารับการอบรม ตั้งใจเรียนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมากจากการสัมภาษณ์พบว่า เกษตรกรร้อยละ 100 มีแผนจะนำ "แบบแปลงเกษตรกรรม" ที่ได้จากการฝึกอบรมไปพัฒนาพื้นที่ของตนเอง และข้าราชการร้อยละ 100 ตั้งใจจะประยุกต์ใช้ศาสตร์พระราชำในการทำงานจากแบบสอบถามพบว่า ความเหมาะสมของกระบวนการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ และความเหมาะสมของการจัดโครงการในภาพรวม อยู่ในระดับค่อนข้างมาก สุดท้าย ผู้เข้ารับการอบรมส่วนใหญ่เห็นว่าการเข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งนี้มีความคุ้มค่าและเป็นไปตามที่ความคาดหวัง

2.5 การติดตามผลภายหลังการฝึกอบรม

ภายหลังการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ได้มีการลงพื้นที่เพื่อติดตามผลการเอามื้อเอาแรงของผู้ผ่านการฝึกอบรมโดยใช้แบบแปลงเกษตรกรรมซึ่งออกแบบโดยใช้หลัก โคก หนอง นา โมเดลไปพัฒนาพื้นที่ของตน พบว่า ในแต่ละพื้นที่ มีรูปแบบการขับเคลื่อนการพัฒนาระบบกสิกรรมด้วยศาสตร์พระราชำแตกต่างกัน โดยสามารถจำแนกได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

1) ขับเคลื่อนโดยเครือข่ายเกษตรกรจากการจัดโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่ผ่านมา กรมชลประทาน ได้เชิญวิทยากรจากเครือข่ายของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติมาเป็นวิทยากรสนามเพื่อ "พาทำ" ในการฝึกภาคสนาม กลุ่มน้ำปราจีนบุรี (กลุ่มน้ำย่อยห้วยโสมง) เชิญวิทยากรจากศูนย์เศรษฐกิจพอเพียงมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ กลุ่มน้ำป่าสัก เชิญวิทยากรจากเครือข่ายกิจกรรมธรรมชาติคืนป่าสัก วิทยากรทุกท่านมีความสามารถสูงในการถ่ายทอดความรู้ทักษะ และประสบการณ์ด้านการเกษตรทั้งยังมีระเบียบวินัย สะท้อนวัฒนธรรมอันมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวขององค์กรคือมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติที่นายวิวัฒน์ ศัลยกำธร เป็นผู้ก่อตั้งได้เป็นอย่างดีวิทยากรทุกท่านล้วนผ่านการฝึกอบรมในโครงการคืนชีวิตให้แผ่นดิน ซึ่งเป็นโครงการที่รณรงค์ให้เกษตรกร ลด ละ เลิก การใช้เคมีทางการเกษตร และส่งเสริมให้ทำการเกษตรแบบยั่งยืนสามารถพึ่งพาตนเองได้ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและทฤษฎีใหม่ ทำให้ผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมได้เรียนรู้การทำเกษตรกรรมตามแบบอย่างของเครือข่ายของมูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติ และตั้งกลุ่มย่อยภายใต้เครือข่ายเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เห็นได้จากผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมรุ่นที่ 2 ณ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรีที่มีความสัมพันธ์อย่างเหนียวแน่นจริงใจ มีการให้และแบ่งปันกันมากกว่าเป็นการพาณิชย์ มีการฝึกอบรมเป็นระยะ และมีการช่วยกันเอามื้อเอาแรงอย่างต่อเนื่อง ถือว่าเป็นองค์กรที่มีความเข้มแข็ง หากหน่วยงานรัฐให้การสนับสนุนในโอกาสต่าง ๆ อย่างถูกต้องเหมาะสมจะสามารถช่วยให้เกิดความยั่งยืนในระดับมหภาคได้ นับว่าเป็นรูปแบบที่สามารถขับเคลื่อนและขยายผลได้ดีที่สุด เนื่องจากอาศัยพลังของเครือข่ายเป็นตัวส่งเสริมและผลักดัน



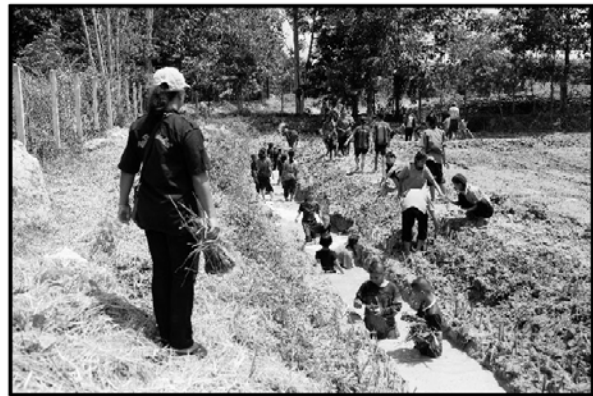
รูปที่ 13 การเอามือเอาร่างของเครือข่ายกิจกรรมธรรมชาติ คีนป่าสัก

2) ขับเคลื่อนด้วยกลุ่มเกษตรกรโดยมีหน่วยงานรัฐสนับสนุนมีลักษณะคล้ายคลึงกับแบบแรก แต่เกิดจากเกษตรกรกลุ่มเล็ก ๆ รวมตัวกันขึ้นมาเอง หรืออาจเกิดจากการที่หน่วยงานรัฐในพื้นที่ช่วยสนับสนุนให้เกิดการรวมกลุ่มของเกษตรกรขึ้นมา กลุ่มเกษตรกรเหล่านี้จะรู้จักคุ้นเคยกันดี อาจเป็นระดับหมู่บ้านหรือตำบล การที่หน่วยงานรัฐในพื้นที่เข้ามามีส่วนช่วยในการให้ความรู้ ส่งเสริม สนับสนุน รับฟังปัญหา และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน จะทำให้กลุ่มเกษตรกรมีความเข้มแข็งมาก ช่วยเหลือเกื้อกูลกันดีมาก มีความรู้สึกระหว่างสมาชิกในกลุ่มและหน่วยงานรัฐเสมือนญาติพี่น้องทำให้สามารถขับเคลื่อนการเอามือเอาร่างภายในกลุ่มได้ดี ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือกลุ่มเกษตรกร ตำบลทุ่งมหาเจริญ อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้วที่มีโครงการชลประทานสระแก้วสนับสนุนสำหรับด้านการขยายผลนั้น ต้องอาศัยระยะเวลา คือต้องพัฒนาพื้นที่ไประยะหนึ่งก่อน หรือต้องให้ผลของการพัฒนาพื้นที่ปรากฏก่อน ชาวบ้านข้างเคียงจึงจะสนใจที่จะทำตามและร่วมกลุ่มในอนาคต โอกาสที่จะเกิดการขยายผลเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ระดับจังหวัดหรือภูมิภาคมีน้อย แต่จะเป็นลักษณะกระจายในพื้นที่รับผิดชอบของหน่วยงานรัฐที่มีความกระตือรือร้นในการจัดตั้งและส่งเสริมกลุ่มเกษตรกร ทั้งนี้ กลุ่มเกษตรกรนี้สามารถยกระดับเข้าสู่กลุ่มเครือข่ายเกษตรกรได้ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรของเครือข่ายเกษตรกรในพื้นที่



รูปที่ 13 การเอามือเอาแรง ตำบลทุ่งมหาเจริญ อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว

3) ขับเคลื่อนโดยการบูรณาการของหน่วยงานภาครัฐมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้ในพื้นที่ที่ยังไม่มีกลุ่มเกษตรกร หรือกลุ่มเกษตรกรยังไม่มี ความเข้มแข็ง เน้นการปูพื้นฐาน การดำเนินการต้องมีพื้นที่ให้หน่วยงานต่าง ๆ จัดแสดงข้อมูลส่งเสริมความรู้ทางด้านวิชาการ นวัตกรรม และผลิตภัณฑ์อันเป็นประโยชน์ทางด้านเกษตรจะสามารถจูงใจให้เกษตรกรสนใจและเข้าร่วมกิจกรรมการเอามือเอาแรง ซึ่งจะได้ประโยชน์ทั้งการได้ช่วยกันเอามือเอาแรง และได้รับความรู้หรือได้ปรึกษาปัญหาทางการเกษตรด้านต่าง ๆ กับหน่วยงานที่มาร่วมบูรณาการกันได้ ดังตัวอย่างที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานฤปดินทรจินดาได้บูรณาการกับหน่วยงานภายใต้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ในจังหวัดปราจีนบุรี โดยมุ่งเน้นให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับศาสตร์พระราชและการฝึกเอามือเอาแรงการขับเคลื่อนลักษณะนี้ต้องมีความต่อเนื่องอาศัยเวลา คอยติดตามผลอยู่เสมอ รวมทั้งกระตุ้นเกษตรกรให้ตระหนักถึงความสำคัญและประโยชน์ของศาสตร์พระราชจนเกิดการ "ระเบิดจากข้างใน" เกษตรกรจึงจะสามารถรวมกลุ่มกันได้อย่างเข้มแข็งและสามารถขับเคลื่อนระบบกลไกกรมด้วยศาสตร์พระราชไปได้ด้วยตนเอง



รูปที่ 14 การเอามือเอาร่างโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานฤปดินทรจินดา จ.ปราจีนบุรี

3. สรุปผล (สรุปผล และข้อเสนอแนะ)

จากการจัดโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ หลักสูตรการพัฒนาระบบกลไกกรมด้วยศาสตร์พระราชชา จำนวน 2 รุ่น และติดตามผลหลังการฝึกอบรม พบว่า การทำการเกษตรโดยใช้ศาสตร์พระราชเป็นการปรับเปลี่ยนกระบวนการทางความคิด (Mindset) จากวิถีเกษตรเชิงพาณิชย์มาเป็นวิถีเกษตรตามแนวทางของเศรษฐกิจพอเพียง การเรียนรู้และฝึกปฏิบัติช่วยให้เกิดพัฒนาการในการพึ่งพาตนเอง การช่วยกันเอามือเอาร่างส่งผลให้เกิดปฏิสัมพันธ์อันดีในชุมชน บ้าน วัด โรงเรียน เกิดเครือข่ายเกษตรกรรมและการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางการเกษตร มีแนวทางในการขับเคลื่อน 3 รูปแบบ คือ 1) การขับเคลื่อนโดยเครือข่ายเกษตรกร ซึ่งมีพร้อมทั้งองค์ความรู้และแนวทางปฏิบัติ มีศักยภาพในการขยายผลระดับมหภาคได้ 2) การขับเคลื่อนด้วยกลุ่มเกษตรกรโดยมีหน่วยงานรัฐสนับสนุน เป็นการพัฒนาในระดับพื้นที่ หน่วยงานของรัฐต้องมีความกระตือรือร้นที่จะสนับสนุน ส่งเสริมและผลักดันกลุ่มเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง และ 3) การขับเคลื่อนโดยการบูรณาการของหน่วยงานภาครัฐ เป็นการสร้างแรงจูงใจให้เกษตรกรได้เข้ามาเรียนรู้และลองทำ เป็นการสร้างจิตสำนึกและกระตุ้นให้ระเบิดจากข้างในให้เข้าสู่กระแสแนวทางแห่งศาสตร์พระราชต่อไป

4. ข้อเสนอแนะ

การพัฒนากระบวนการด้วยศาสตร์พระราชาโดยใช้หลัก โคนง นา โมเดล นั้น สิ่งที่สำคัญที่สุดคือต้องมีความเหมาะสมสอดคล้องกับสภาพภูมิสังคม ชนิดของดิน ปริมาณน้ำ และสภาพอากาศ หากปัจจัยดังกล่าวมีความเหมาะสมพอดีแล้ว จะทำให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน สามารถสร้างผลผลิตเพื่อเลี้ยงครอบครัว เพิ่มขีดความสามารถในการรับมือกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป สนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (SDGs) ได้ อันจะเป็นการพึ่งพาตนเองได้อย่างพอเพียงโดยแท้จริง

5. บรรณานุกรม

พิเชษฐ โสวิทย์สกุล. (2561). เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ หลักสูตรการพัฒนากระบวนการด้วยศาสตร์พระราชา. กรมชลประทาน

อาจารย์ยักษ์ ดร.วิวัฒน์ ศัลยกำธร ผู้นำขบวนตามรอยธรรมราชา. หนังสือที่ระลึกงานประกาศและมอบรางวัล ชูเกียรติ อุทกะพันธุ์ ครั้งที่ 14 ประจำปี พ.ศ. 2560. กรุงเทพฯ: บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน)

ศูนย์กิจกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง. (2559). กลไกธรรมชาติการแปลงปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสู่การปฏิบัติแบบคนจน.มูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติ.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ตะวันออก.

สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กรมชลประทาน. (2561). รายงานสรุปผลการอบรมเชิงปฏิบัติการ หลักสูตรการพัฒนากระบวนการด้วยศาสตร์พระราชา. กรมชลประทาน

รายงานการประชุมคณะทำงานรัฐมนตรีช่วยว่าการเกษตรและสหกรณ์ (นายวิวัฒน์ ศัลยกำธร) ครั้งที่ 2/2560 วันที่ 20 ธันวาคม 2560 ณ ห้องประชุม 134 ชั้น 3 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

อำพล เสนาณรงค์. (2550). องคมนตรีของคนไทยช่วยกันเผยแพร่เศรษฐกิจพอเพียง. ค้นเมื่อ 20 เมษายน 2562.จาก <http://www.rdpb.go.th/th/Sufficiency>

ดร.อานนท์ ศักดิ์วีระชัย. (2560). เข้าใจ เข้าถึง พัฒนา : วิธีการแห่งศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. ค้นเมื่อ 20 เมษายน 2562.จาก <http://as.nida.ac.th>

ศาสตร์พระราชาและการพัฒนาอย่างยั่งยืน. ประชาชาติธุรกิจ. ค้นเมื่อ 20 เมษายน 2562. จาก <https://www.prachachat.net/csr-hr/news-270078>

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) ค้นเมื่อ 20 เมษายน 2562.จาก <http://www.rdpb.go.th/th>



มูลนิธิกิจกรรมธรรมชาติ. ค้นเมื่อ 20 เมษายน 2562. จาก<http://www.agrinature.or.th/>

ศูนย์ปฏิบัติการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อแก้ไขปัญหาประเทศ (Integrated Technology Operation KMITL)https://www.facebook.com/pg/Integrated-Technology-Operation-KMITL-1086692911342135/posts/?ref=page__internal

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

Decision Support System for Water Quality Management

in Chao Phraya River Basin

ดร.สุรศักดิ์ คลังสุภาวิพัฒน์

Dr. Surasak Klungsupavipat

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ 19/1 ถนนเพชรเกษม เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

surasakk@sau.ac.th

บทคัดย่อ

การบริหารจัดการปัญหาด้านคุณภาพน้ำเกิดจากปัจจัยทางด้านมลพิษที่ระบายลงสู่แม่น้ำ ในแต่ละช่วงของฤดูกาลตามสภาพการไหลของน้ำและคุณภาพน้ำ มีขอบเขตพื้นที่โครงการครอบคลุมตั้งแต่ สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา C.2 จังหวัดนครสวรรค์ ไปจนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีน การคาดการณ์มีการคำนวณย้อนหลังไปในอดีต 7 วัน และคาดการณ์ไปในอนาคต 7 วัน ผลที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำจากสถานีอัตโนมัติที่มีในลุ่มน้ำเจ้าพระยา และจัดทำรายงานคุณภาพน้ำประจำวันเสนอต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง หากระบบทำการตรวจสอบพบผลการคำนวณและการตรวจวัดมีความขัดแย้งกัน ระบบจะทำการแจ้งให้ผู้รับผิดชอบทราบ เพื่อทำการตรวจสอบปริมาณมลพิษลงสู่แม่น้ำ ว่ามีปริมาณที่ผิดไปจากค่าปกติหรือไม่ เช่น กรณีเรื่อน้ำตาลส้มที่จังหวัดอ่างทองในปี 2550 เพื่อที่จะใช้ในการกำหนดมาตรการแก้ไขปัญหาคต่อไป งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบคาดการณ์คุณภาพน้ำเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการตัดสินใจ มีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วนหลัก คือ ระบบคาดการณ์สภาพการไหล ระบบคาดการณ์ปริมาณมลพิษลงสู่แม่น้ำ และการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ โดยทั้ง 3 ส่วนทำงานในลักษณะต่อเนื่องกันตลอดเวลาแบบออนไลน์ ทำให้งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูล ระบบการคาดการณ์คุณภาพน้ำล่วงหน้า ระบบปฏิบัติงานอัตโนมัติ และระบบการสร้างรายงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนที่ กราฟ ตาราง การสรุปรายงาน เพื่อใช้ประกอบในการตัดสินใจ ระบบยังสามารถจำลองสถานการณ์สมมติในเหตุการณ์ต่าง ๆ แบบออฟไลน์ เพื่อการบริหารจัดการตามเงื่อนไขหรือเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นได้

คำสำคัญ : ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ แบบจำลองคุณภาพน้ำ ลุ่มน้ำเจ้าพระยา การบริหารจัดการเหตุการณ์สมมติ



ABSTRACT

In the management of water quality problems caused by pollution factors that drain into the river in each season, according to the water flow conditions and water quality which has a comprehensive project area ranging from C.2 water measurement station at Nakhon Sawan province to the mouth of the Chao Phraya River and The Chin River. The forecast will start from the past 7 days and predict the future 7 days in advance. The results will be compared with the results of the existing water quality measurement from the automatic stations in the Chao Phraya Basin and prepare daily water quality reports for those involved sections. If the calculation results and measurements are in conflict, the system will notify the responsible person for checking the amount of pollution into the river whether there is a quantity that is wrong from the normal value or not, for example, the case of sunken sugar barge in the Chao Phraya River in Ang Thong province in 2007 in order to use in determining the next solution. This research has developed a water quality forecasting system to be part of the decision. There are 3 main components: the flow condition forecasting system, pollution forecasting system into the river, and forecasting changes in water quality of all 3 parts working in a continuous online manner. Then, this research has developed a data storage system advance water quality forecasting system with an automatic operation and reporting systems in various forms such as maps, graphs, summary tables for use in decision making. The system can also simulate scenarios in offline assumption events for management, according to established conditions or criteria.

Key Words : Decision Support System, Hydrodynamic Model, Water Quality Model, Chao Phraya River Basin, Operation Scenario

1. บทนำ

การจัดทำระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในครั้งนี้ สืบเนื่องมาจากเหตุการณ์อุทกภัยในปี พ.ศ. 2554 รัฐบาลเห็นความสำคัญของการมีข้อมูลและระบบสารสนเทศที่พร้อมเพื่อการตัดสินใจในการรับมือกับภัยพิบัติและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ โดยสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) หรือ สสนก. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการพัฒนาระบบคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ ภายใต้แผนงานระยะเร่งด่วนด้าน "พัฒนากล้องข้อมูล ระบบพยากรณ์ และ เตือนภัย" โดยรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านทรัพยากรน้ำและภูมิอากาศ ให้อยู่ภายใต้ระบบฐานข้อมูลเดียวกัน เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งในด้านการบริหารจัดการน้ำ ควบคุมสถานการณ์ การแจ้งเตือนภัย และลดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนได้อย่างทัน่วงที

กรมควบคุมมลพิษ มีบทบาทและภารกิจในการบังคับใช้มาตรการต่างๆ ตามกฎหมาย เพื่อประโยชน์ในการควบคุม ป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากภาวะมลพิษให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแม่น้ำลำคลองที่กำหนด โดยปัญหามลพิษและความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำต่างๆ ของประเทศ กำลังเข้าสู่ภาวะวิกฤติที่จะต้องเร่งแก้ไขเพื่อลดการระบายนพิษลงสู่แหล่งน้ำจนส่งผลกระทบต่อกิจกรรมต่างๆ ที่จะต้องใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ โดยการกำหนดแผนงานหรือมาตรการในการควบคุมการระบายนพิษ และป้องกันสภาวะเน่าเสียอย่างเฉียบพลันของแหล่งน้ำ จำเป็นต้องมีการศึกษาเชื่อมโยงอย่างเป็นระบบโดยในสภาวะปกติ นั้น ต้องมีการศึกษาเพื่อประเมินความสามารถในการรองรับมลพิษของแหล่งน้ำ เพื่อควบคุมการระบายนพิษให้อยู่ในศักยภาพที่แหล่งน้ำสามารถฟอกตัวได้โดยธรรมชาติและคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และในสภาวะวิกฤติที่เกิดการระบายนพิษอย่างฉับพลัน เพื่อใช้ในการบริหารจัดการลดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและระบบนิเวศแหล่งน้ำ โดยการเชื่อมโยงข้อมูลที่เกี่ยวข้องเข้าสู่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะสามารถคาดการณ์คุณภาพน้ำได้ทั้งจากมาตรการบริหารจัดการคุณภาพน้ำในปัจจุบัน การทำนายผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และเตือนภัยคุณภาพน้ำในสภาวะวิกฤติได้ เพื่อให้มีการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ทันต่อสถานการณ์ในการจัดการคุณภาพน้ำ

ศูนย์แบบจำลองเพื่อการจัดการคุณภาพน้ำ สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษร่วมกับมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ได้ดำเนินการพัฒนาจัดทำระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ซึ่งเชื่อมโยงเครือข่ายการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างบูรณาการทั้งด้านปริมาณและคุณภาพน้ำ ให้สามารถบริหารจัดการลดมลพิษในแหล่งน้ำและฟื้นฟูแหล่งน้ำให้มีคุณภาพน้ำที่ดีได้ ภายใต้โครงการจัดทำระบบคาดการณ์คุณภาพน้ำและเตือนภัยวิกฤตคุณภาพน้ำสำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำท่าจีน



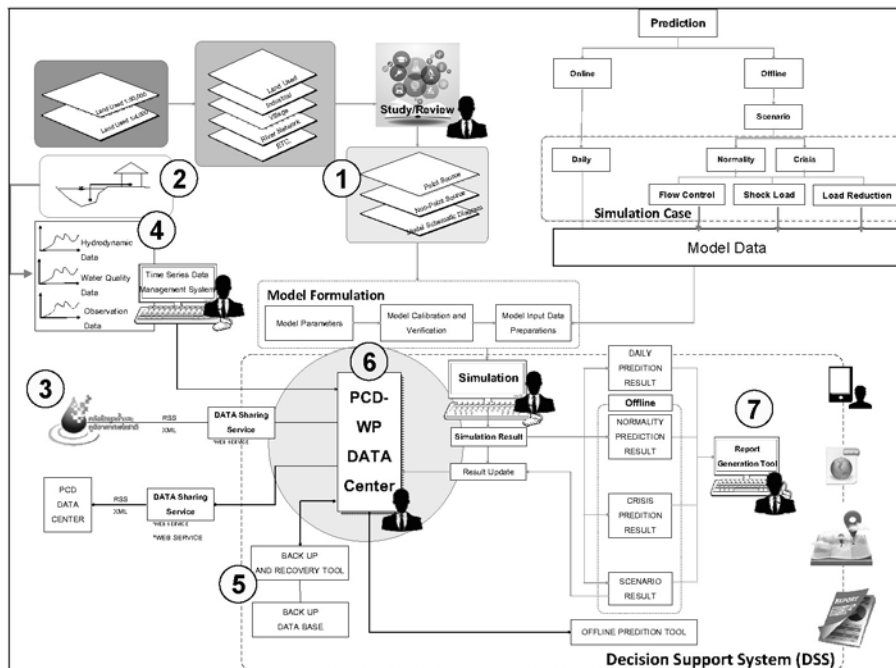
2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาระบบคาดการณ์และเตือนภัยวิกฤตคุณภาพน้ำ สำหรับสนับสนุนการตัดสินใจในการเตรียมการป้องกันและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ

2.2 เพื่อพัฒนาระบบเชื่อมโยงองค์ประกอบของข้อมูลส่วนต่าง ๆ สนับสนุนการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ การจัดทำรายงานผลในรูปแบบต่าง ๆ

3. องค์ประกอบของโครงการ

องค์ประกอบของโครงการในแต่ละส่วนถูกเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อพัฒนาไปสู่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจของโครงการฯ ดังแสดงในรูปที่ 3-1 โดยมีรายละเอียดแต่ละลำดับตัวเลขดังนี้



รูปที่ 3-1 ผังการเชื่อมโยงองค์ประกอบข้อมูลต่าง ๆ เพื่อการพัฒนาาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

1) การแบ่งและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณมลพิษในลุ่มน้ำสาขา เป็นการศึกษาข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ด้านพื้นที่รับน้ำ และปริมาณความสกปรกจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อคำนวณค่าความสกปรกที่ระบายลงสู่แม่น้ำสายหลัก

2) การติดตั้งหัววัดค่าความสกปรก (BOD/COD Probe) 7 สถานี เป็นการติดตั้งเครื่องมือวัดค่าความสกปรกในแม่น้ำสายหลัก เพื่อใช้ในการเตือนภัยและใช้เป็นข้อมูลสอบเทียบแบบจำลองและการคาดการณ์แนวโน้มในอนาคต

3) การสร้างระบบรับส่งข้อมูลจากคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ เป็นการสร้างเครื่องมือในการรับข้อมูลผลการจำลองสภาพการไหลในลุ่มน้ำเจ้าพระยาและท่าจีน จากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) เพื่อนำมาสังเคราะห์ใช้งานต่อยอดในแบบจำลองคุณภาพน้ำ

4) สร้างระบบรับส่งข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำ เป็นการสร้างเครื่องมือ และช่องทางในการรับค่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ เพื่อนำมาสอบเทียบและคาดการณ์ ด้วยแบบจำลองคุณภาพน้ำ

5) ติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) จัดทำระบบจัดเก็บและเรียกใช้ฐานข้อมูล เป็นการสร้างเครื่องมือ และช่องทางในการรับส่งข้อมูลที่ได้จากทุกส่วน รวมถึงผลการจำลองคุณภาพน้ำ เพื่อประยุกต์ใช้ในวิเคราะห์แนวทางการบรรเทาผลกระทบ

6) สร้างระบบการจัดเตรียมข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ เป็นการสร้างเครื่องมือในการจัดเตรียมรูปแบบข้อมูล เพื่อการจำลองคุณภาพน้ำรายวันแบบอัตโนมัติและในกรณีวิกฤตด้านคุณภาพน้ำ

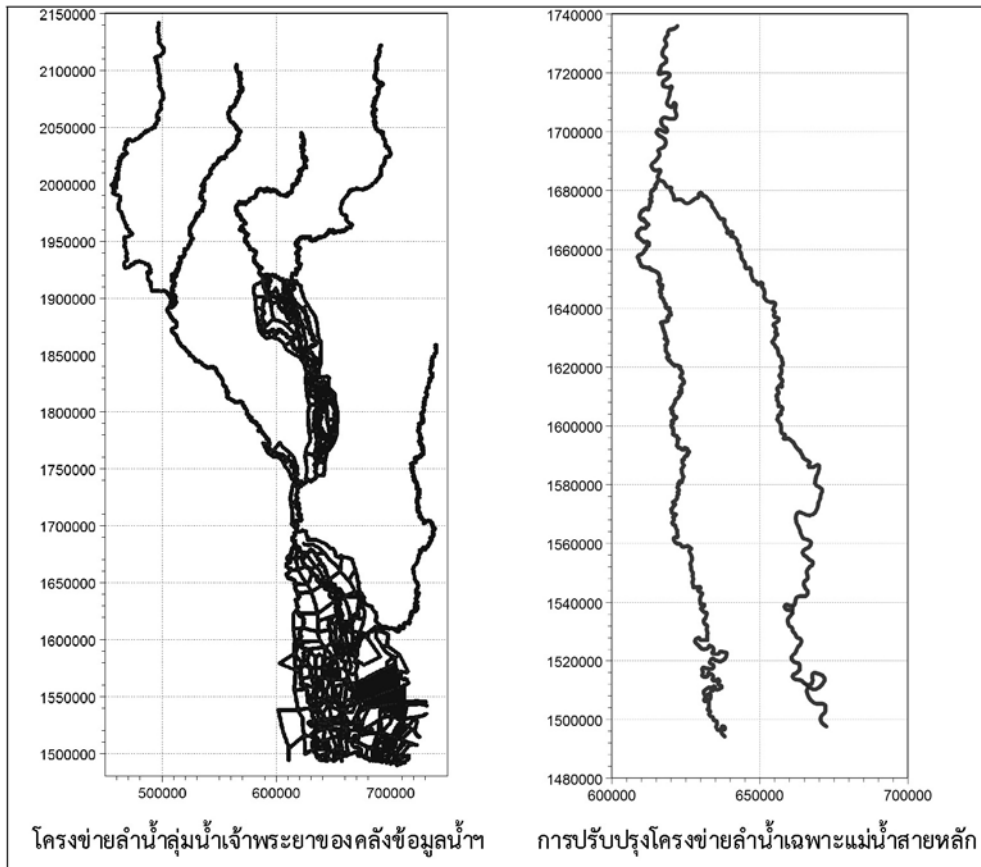
7) สร้างระบบการสังเคราะห์ข้อมูล เพื่อการจัดทำรายงานผลการคาดการณ์ เป็นการสร้างเครื่องมือ (WebPage) เพื่อจัดทำรายงานผลการคาดการณ์ประจำวัน และในกรณีวิกฤตคุณภาพน้ำ

4. การจำลองสถานการณ์คุณภาพน้ำด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

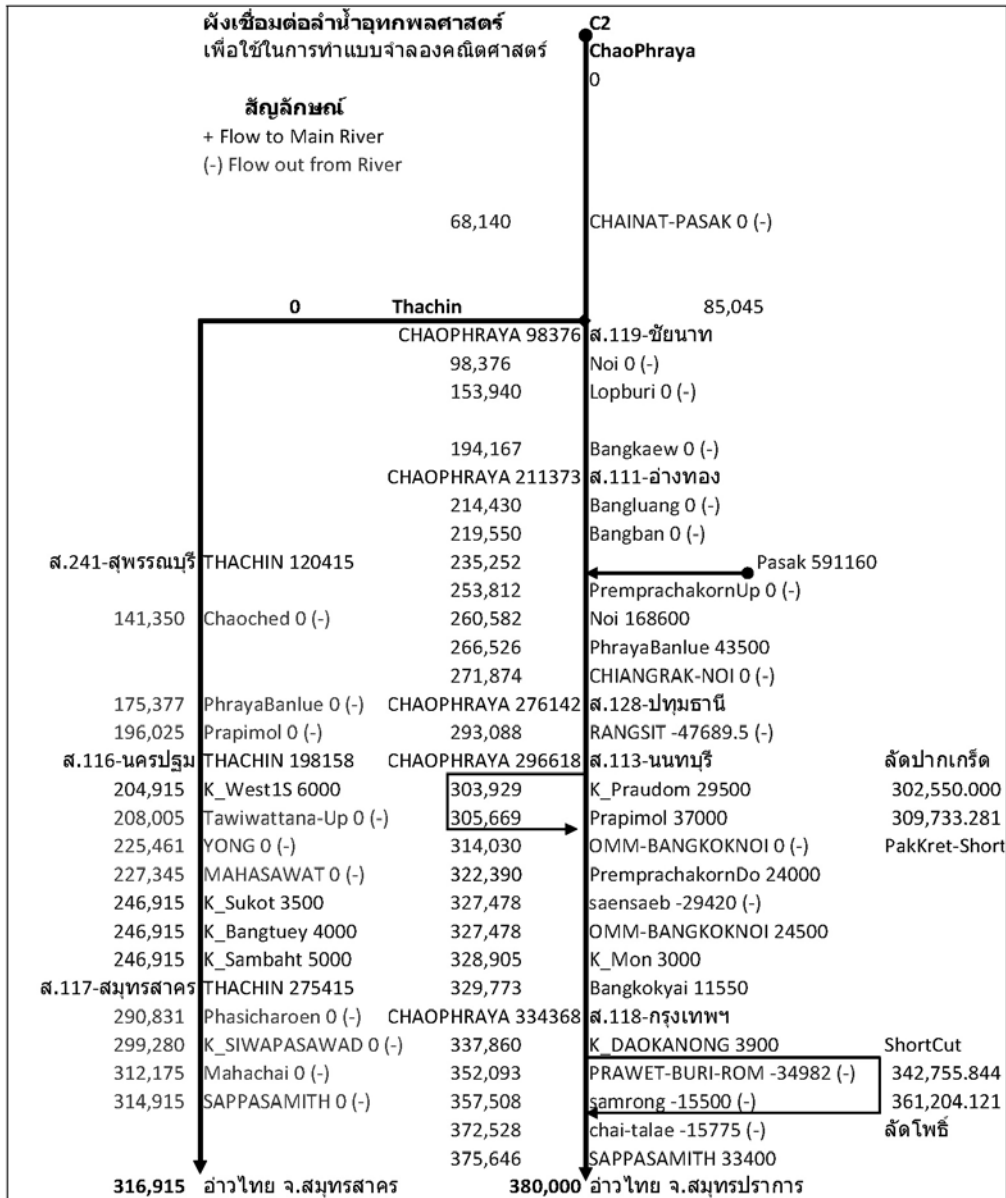
การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MikeHydroRiver ที่ได้รับการพัฒนาต่อยอดจากแบบจำลองสภาพการไหล Mike11 เดิม โดยเป็นระบบโครงข่ายทางระบายน้ำที่พัฒนาขึ้นโดย DHI (Danish Hydraulic Institute) ประเทศเดนมาร์ก โดยเป็นแบบจำลองที่สามารถวิเคราะห์ด้านปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำได้ ซึ่งทาง สสนก. ก็ได้ใช้เป็นแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์สภาพการไหลในลุ่มน้ำเจ้าพระยาและท่าจีน

4.1 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ โดยการนำผลการจำลองมาทำการปรับปรุงระบบการเชื่อมต่อทางน้ำทั้งหมดให้อยู่ในขอบเขตเฉพาะแม่น้ำสายหลัก แม่น้ำเจ้าพระยาใช้ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำท่า C.2 ของกรมชลประทานเป็นขอบเขตด้านบน เชื่อมต่อการระบายด้านข้างที่ได้รับทั้งหมดเป็นอัตราการไหลเข้าสู่แม่น้ำสายหลัก และควบคุมการระบายน้ำผ่านอาคารที่เขื่อนเจ้าพระยา เชื่อมต่อกับแม่น้ำท่าจีน และขอบเขตด้านล่างที่อ่าวไทย ดังแสดงในรูปที่ 4.1-1 และผังการเชื่อมต่อตั้งแสดงในรูปที่ 4.1-2



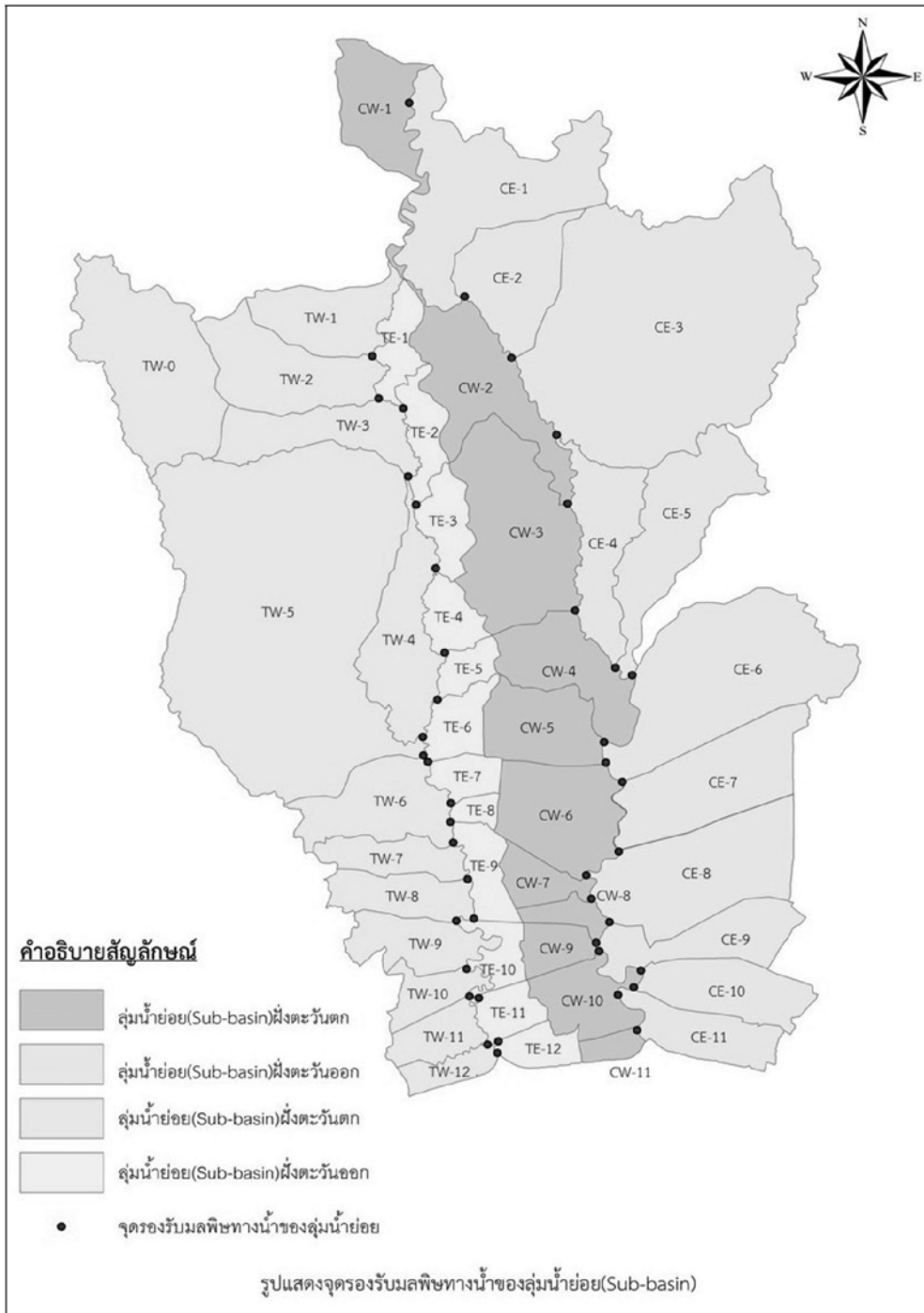
รูปที่ 4.1-1 การปรับปรุงโครงข่ายลำน้ำเพื่อใช้ในโครงการ



รูปที่ 4.1-2 ฝั้งการเชื่อมต่อระบบระบายน้ำของแม่น้ำสายหลักกับปริมาณน้ำสายรอง (Sideflow)

4.2 แบบจำลองคุณภาพน้ำ

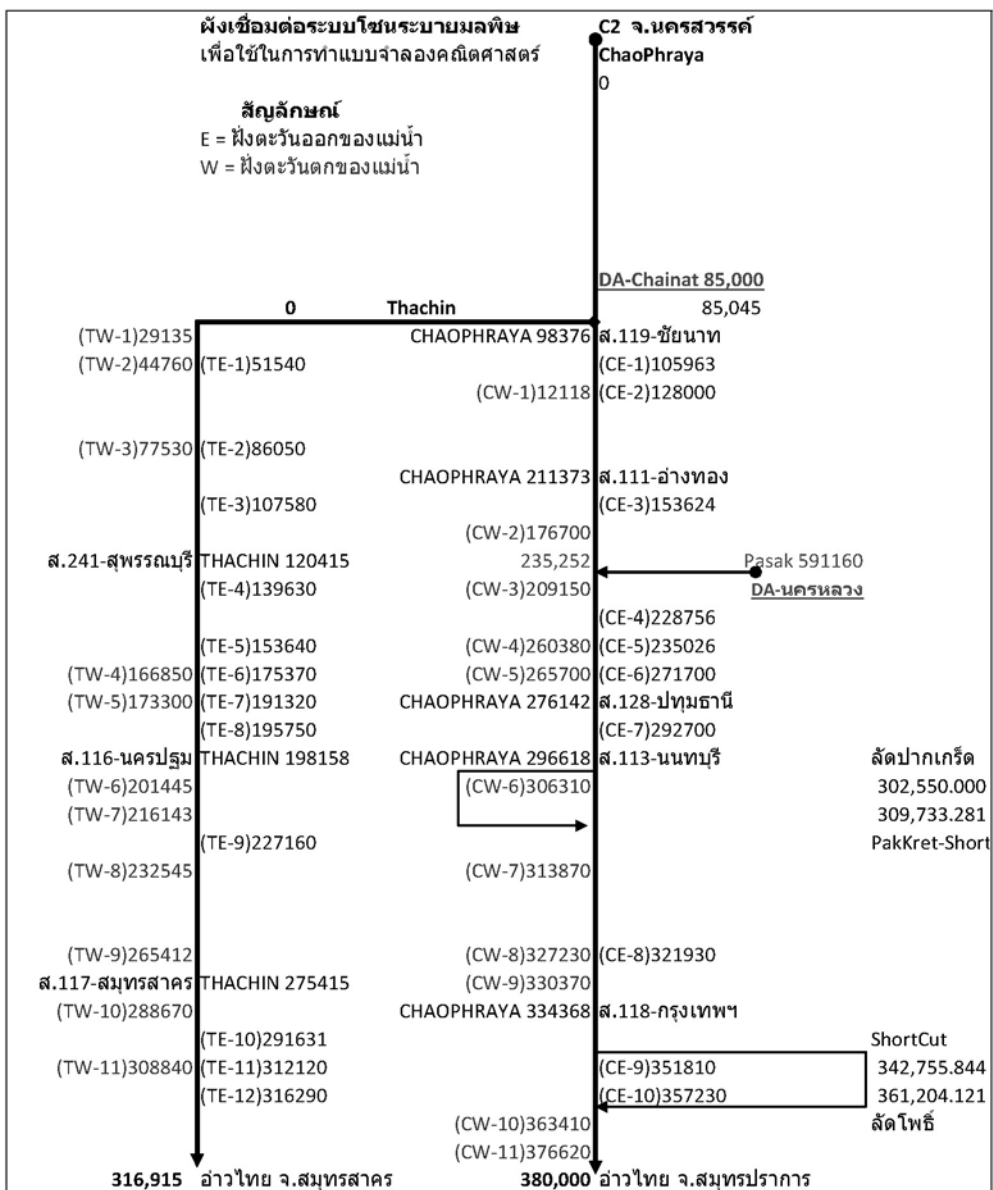
แบบจำลองคุณภาพน้ำที่มีความซับซ้อนมาก โดยต้องมีการศึกษาแหล่งที่มาของค่าความสกปรกของพื้นที่ใน 2 รูปแบบ คือ แหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดที่แน่นอน (Point Source) และแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน (Non-Point Source) การวิเคราะห์โดยการแบ่งโซนตามลักษณะทางกายภาพของพื้นที่และกำหนดชื่อตามฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออก ดังแสดงในรูปที่ 4.2-1 โดยมีคลองหรือแม่น้ำสายรองเป็นตัวนำพาความสกปรกสู่แม่น้ำสายหลัก (เจ้าพระยาและท่าจีน) การเชื่อมต่อของกลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ เข้ากับแม่น้ำสายหลักในแบบจำลองตามผังโครงข่ายน้ำและแสดงตำแหน่งระยะทางที่เชื่อมต่อ ดังแสดงในรูปที่ 4.2-2



รูปที่ 4.2-1 แสดงจุดรองรับมลพิษทางน้ำของกลุ่มน้ำย่อย (Sub-basin)

แบบจำลองคุณภาพน้ำ จะเป็นการคำนวณต่อยอดจากชลศาสตร์ ทั้งนี้ประกอบไปด้วยปรากฏการณ์การพาการแพร่ของสารไปกับน้ำ (Advection & Dispersion, AD module) และปฏิกริยาระหว่างกันของสารต่าง ๆ ในน้ำ (Water quality & Ecological system, ECO LAB module) ในการพัฒนาแบบจำลองคุณภาพน้ำ จำเป็นต้องสร้างข้อมูลขอบเขตที่อธิบายคุณภาพน้ำในทุกตำแหน่งของข้อมูลขอบเขต เพื่อให้ปริมาณสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำที่คำนวณไหลเข้าสู่ลำน้ำในปริมาณที่

ถูกต้องตรงกับความเป็นจริงในธรรมชาติ โดยมีขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลนำเข้า เพื่อให้ได้ผลคำนวณคุณภาพน้ำที่มีพารามิเตอร์ประกอบด้วย DO, BOD, Temperature, Salinity โดยในแบบจำลอง MIKE11 EcoLab จะมี Template ให้เลือกใช้คือ WQLevel1 ซึ่งจะมีพารามิเตอร์สำหรับการคำนวณประกอบด้วย DO, BOD และ Temperature เท่านั้น ดังนั้นในส่วน Salinity เป็นค่า Forcing parameter ซึ่งไม่ได้คำนวณใน Template นี้ แต่เป็นการป้อนข้อมูลค่า Salinity เข้าไปแทน ดังนั้น จึงต้องปรับปรุง EcoLab Template จาก WQLevel1 เป็น WQLevel1&Sali ซึ่งได้ทำการแก้ไขใน Template ให้รวมการคำนวณ Salinity ด้วยการพาการแพร่เข้าไปด้วย ทำให้แบบจำลองที่ได้สามารถคำนวณพารามิเตอร์ DO, BOD, Temperature และ Salinity ได้

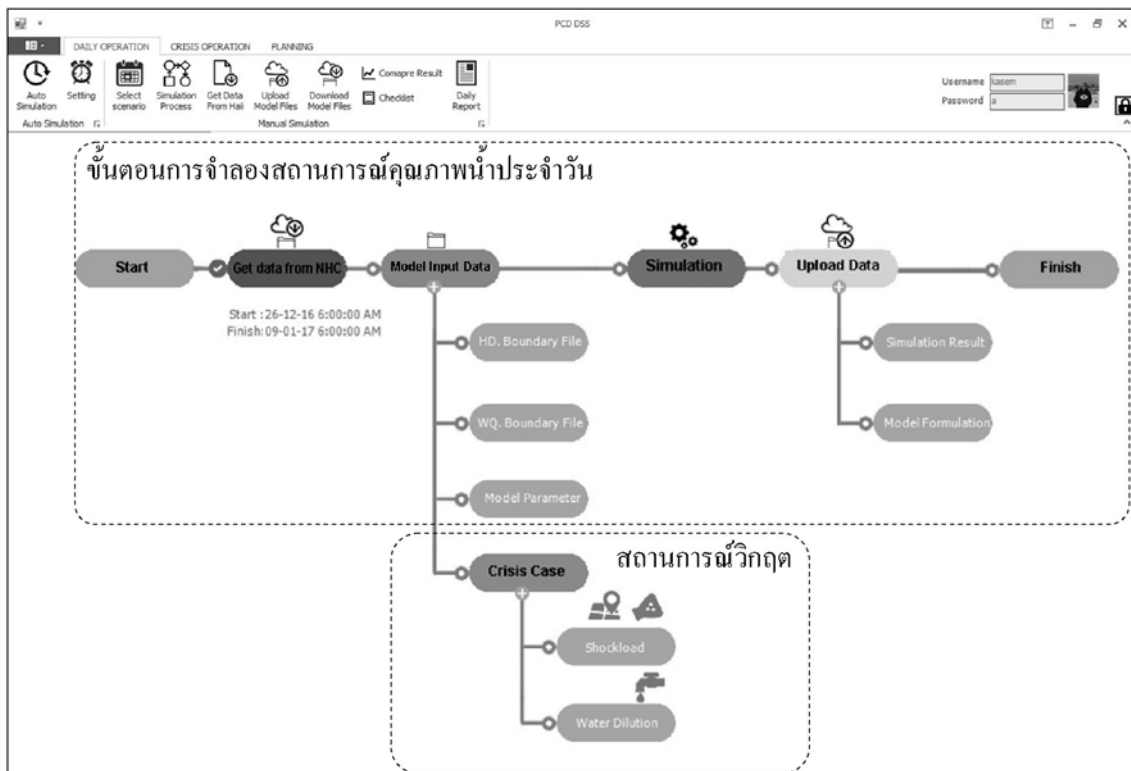


รูปที่ 4.2-2 ผังการเชื่อมต่อการระบายมลพิษในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเข้ากับแม่น้ำสายหลัก



5. การจักระบบคาดการณ์และเตือนภัยวิกฤตคุณภาพน้ำ

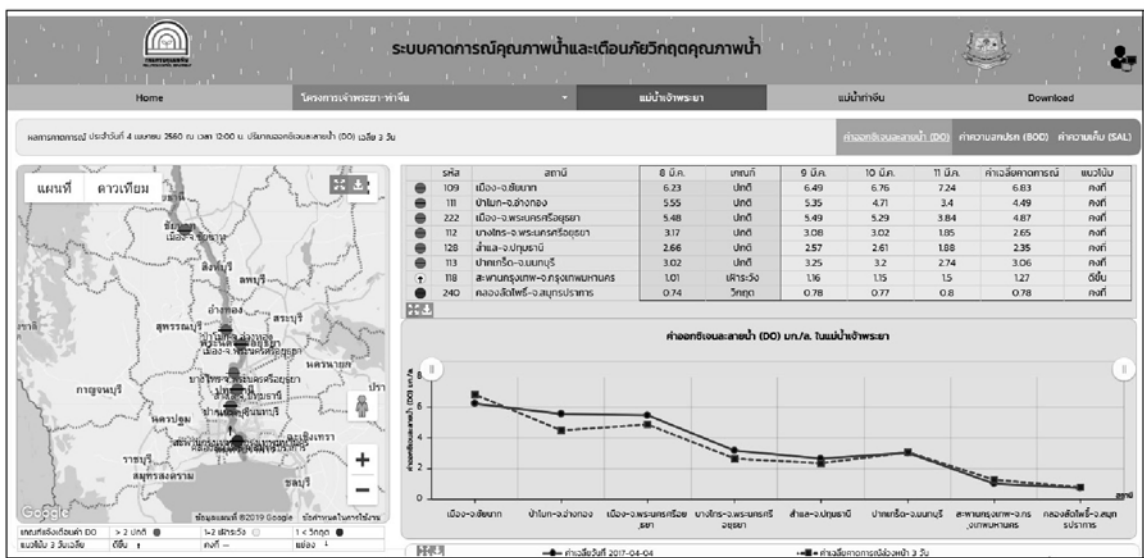
ระบบคาดการณ์ คือ การคาดการณ์แนวโน้มในอนาคตโดยการเรียนรู้ข้อมูลจากในอดีตในโครงการฯ ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองย้อนหลังไป 7 วัน เพื่อทำนายอนาคตไปข้างหน้า 7 วัน กระทำต่อเนื่องทุก ๆ วัน เรียกว่า ระบบคาดการณ์รายวัน อีกลักษณะหนึ่งเมื่อเกิดสถานการณ์วิกฤต เช่น เรือน้ำตาลล่ม ก็สามารถนำระบบคาดการณ์รายวันที่เก็บบันทึกไว้มาทำการปรับปรุงในส่วนแหล่งกำเนิดและปริมาณมลพิษที่แพร่กระจายได้ อีกทั้งยังสามารถจำลองหาแนวทางการผันน้ำจากแหล่งน้ำที่มีในระบบมาทำการเจือจางและคัดเลือกเหตุการณ์สมมติที่เหมาะสมในการนำเสนอผู้บริหารได้ต่อไป เรียกว่าระบบคาดการณ์ในสถานการณ์วิกฤต ส่วนการเตือนภัยวิกฤตคุณภาพน้ำนั้น อาศัยเกณฑ์ระดับควบคุมคุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์มาเป็นเครื่องมือในการชี้วัดว่าสถานการณ์น้ำนั้นอยู่ในเกณฑ์คุณภาพ เช่น ปกติ ฝ้าระวัง หรือวิกฤต และใช้ข้อมูลในปัจจุบันเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยข้อมูลในอนาคตเพื่อสังเกตแนวโน้ม เช่น ดีขึ้น คงที่ หรือแย่ลง โดยระบบทั้งหมดถูกเชื่อมโยงผ่านระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่โครงการจัดสร้างขึ้นเพื่อให้ใช้งานได้สะดวกรวดเร็วและการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นระเบียบ เรียกว่า (Simulation Board) ดังแสดงในรูปที่ 5-1



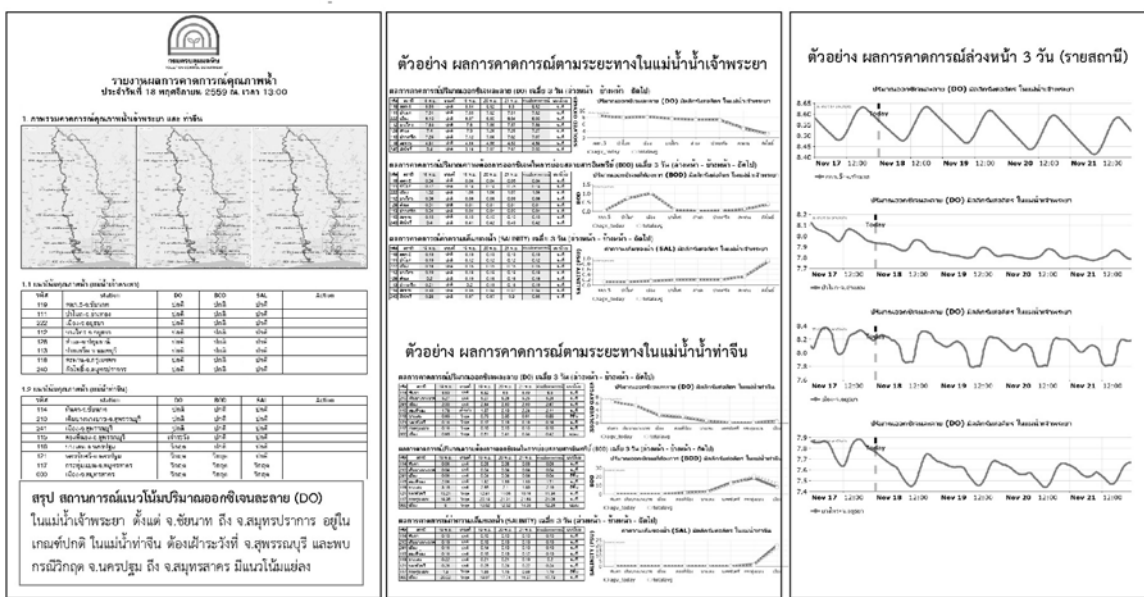
รูปที่ 5-1 เครื่องมือในการจัดเตรียมรูปแบบข้อมูลเพื่อการจำลองคุณภาพน้ำรายวันแบบอัตโนมัติและในกรณีวิกฤต

5.1 ระบบคาดการณ์รายวัน

ระบบคาดการณ์รายวันหรือมีลักษณะเป็นแบบออนไลน์ โดยการจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกวันต่อเนื่อง เมื่อตั้งเวลาให้ดำเนินการแบบอัตโนมัติ ขั้นตอนที่ 1 ระบบก็จะทำการดาวน์โหลดข้อมูลผลการจำลองมาจาก สสนก. ขั้นตอนที่ 2 เป็นการจัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อนำเข้าสู่แบบจำลองคุณภาพน้ำ ขั้นตอนที่ 3 เป็นการคำนวณ ขั้นตอนที่ 4 การนำแฟ้มข้อมูลรายวันที่ทำการวิเคราะห์ และผลการจำลองมาทำการจัดเก็บในฐานข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการสร้างรายงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กราฟและตารางข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต (webpage) ดังแสดงในรูปที่ 5.1-1 หรือเอกสารรายงานประจำวัน (pdf) ดังแสดงในรูปที่ 5.1-2



รูปที่ 5.1-1 การแสดงผลผ่านระบบเวปเพจ



รูปที่ 5.1-2 การแสดงผลในรูปแบบของรายงาน



การดำเนินงานในขณะนี้จะดำเนินการทุกวัน โดยมีขั้นตอนหลักทั้งสิ้น 12 ขั้นตอน

ลำดับ	กิจกรรม	จำนวน File	เวลาที่ใช้ โดยประมาณ (นาที)
1	Download ผลการคำนวณสภาพทางชลศาสตร์จาก คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศ	1	5 – 10
2	แยก Result File ที่ได้เพื่อมาสร้างเงื่อนไขขอบเขตของการ จำกัสภาพชลศาสตร์ของโครงการ	24	1 – 2
3	การสร้างข้อมูล Boundary Condition ของแบบจำลอง คุณภาพน้ำ	64	2 – 10
4	การสร้างข้อมูลเพื่อการสอบเทียบ (Observation Data)		3 – 5
5	การ Update Simulation Period	4	1
6	การ Simulation	2	3 – 20
7	การสร้างข้อมูล Time Series Data ของผลการคำนวณ	2	1 – 2
8	การ Upload File ข้อมูล	1	2 – 5
9	การจัดเก็บแฟ้มข้อมูลในการดำเนินการตามเงื่อนไข Model Formulation	1	2 – 5
10	การ Update Hotstart File	2	1
11	การจัดเตรียมข้อมูลสำหรับสร้างรายงาน	32	1 – 5
12	การสร้างรายงาน	1	1
รวมเวลาโดยประมาณ			20 60

การดำเนินงานทั้ง 12 ขั้นตอน จะดำเนินการโดยโปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจ โดยจะ ดำเนินการตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึง 10 ในฝั่งของเครื่องลูกข่าย (Client) และดำเนินการขั้นที่ 11 และ 12 ในฝั่งเครื่องแม่ข่าย (Server) โดยใช้เวลาอย่างน้อย 20 นาทีต่อ 1 กรณี

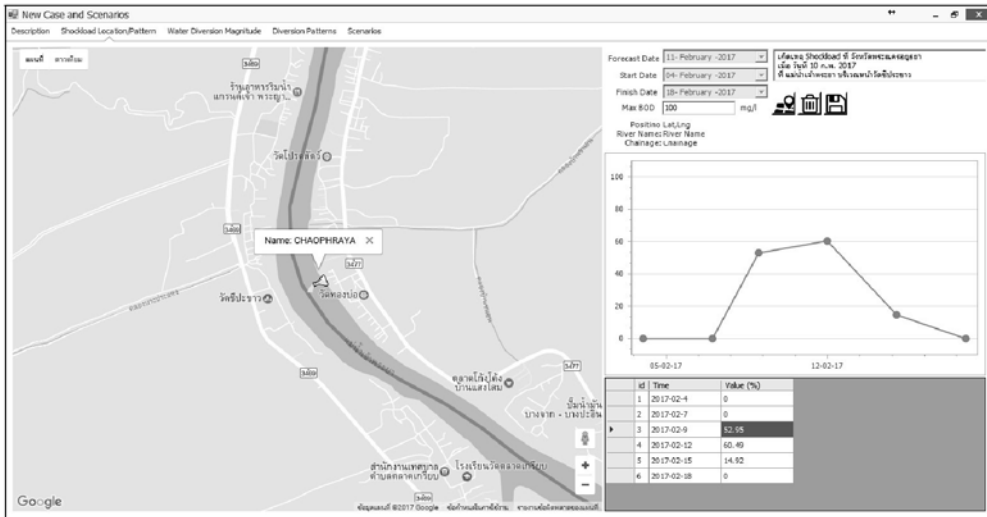
5.2 ระบบคาดการณ์ในสถานการณ์วิกฤต

ระบบคาดการณ์ในสถานการณ์วิกฤตสามารถดำเนินการได้โดยเลือกใช้แบบจำลองที่จัดเก็บไว้ รายวันมาทำการประยุกต์เพิ่มเติมในส่วนของสถานการณ์วิกฤตที่เกิดขึ้น เช่น กรณีเรือน้ำตาลล่ม โดย ผู้วิเคราะห์ระบบจะทำการกำหนดตำแหน่งที่เกิดเหตุบนแผนที่ ร่วมกับความเข้มข้นของของเสียในรูปแบบ บีโอดี ดังแสดงในรูปที่ 5.2-1 และกำหนดอัตราการระบายน้ำจากแหล่งเก็บกัก ดังแสดงในรูปที่ 5.2-2

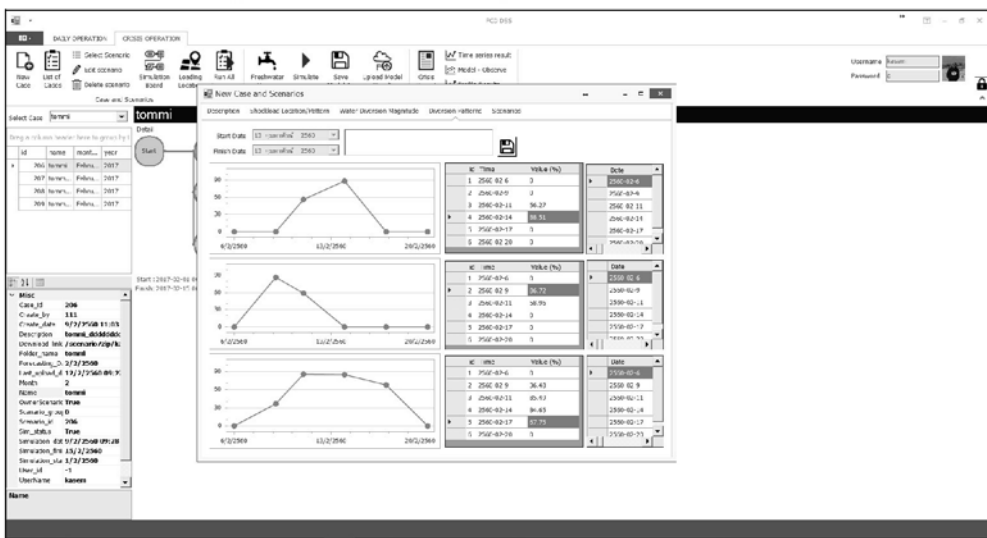
เช่น เชื้อนเจ้าพระยา เชื้อนป่าสัก หรือต้นแม่น้ำท่าจีน โดยการกำหนดเป็นช่วง เช่น 20 - 100 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะเท่ากับ 5 ช่วง (Steps) เพื่อให้แบบจำลองสามารถกำหนดรูปแบบการจำลองได้ 6 รูปแบบ ได้แก่

- กรณีเกิดเหตุการณ์ แต่ยังมีได้ดำเนินการใด ๆ (รูปแบบที่ 1 เพื่อใช้เปรียบเทียบกับรูปแบบอื่น ๆ)
- กรณีเกิดเหตุการณ์และได้มีการระบายน้ำ รูปแบบที่ 1 ถึง รูปแบบที่ 5

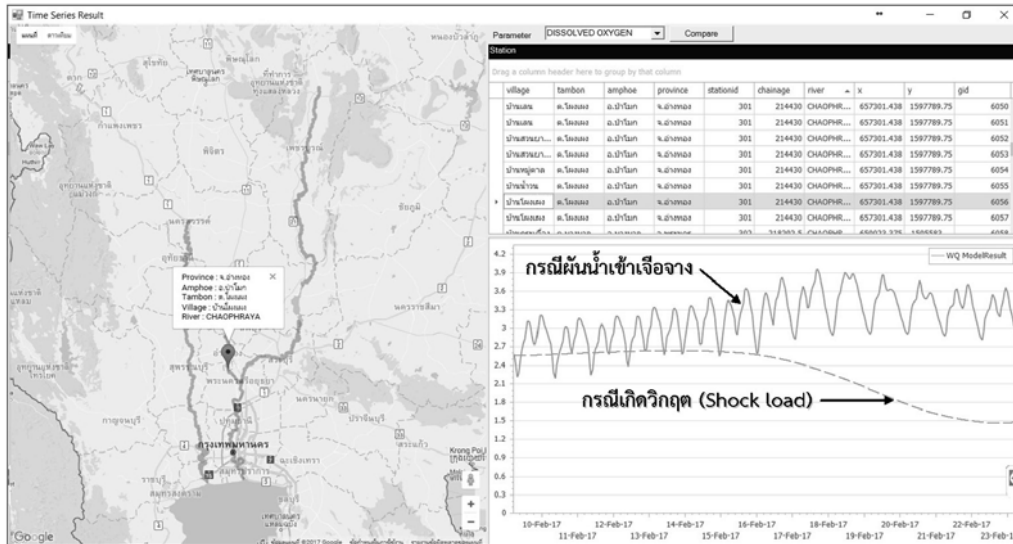
ภายหลังจากการประมวลผลการคำนวณ ระบบการจัดทำรายงานและการเสนอผลการคาดการณ์ในรูปแบบต่างๆ เช่น กราฟความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลผลการคำนวณและข้อมูลตรวจวัด แสดงแผนที่แสดงผลการตรวจสอบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำต่าง ๆ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 5.2-3



รูปที่ 5.2-1 การกำหนดรูปแบบการระบายมลพิษ



รูปที่ 5.2-2 การกำหนดรูปแบบการระบายระบายน้ำจากแหล่งเก็บกัก



รูปที่ 5.2-3 การแสดงผลเปรียบเทียบกรณีเกิดเหตุการณ์วิกฤตและการผันน้ำมาเจือจาง

การดำเนินการในช่วงสถานการณ์วิกฤตจะเริ่มต้นหลังจากที่ทราบว่ามีสถานการณ์วิกฤตและทราบข้อมูลจุดที่เกิดมลพิษฉับพลัน (Shockload) และปริมาณมลพิษฉับพลันที่ไหลลงสู่ลำน้ำ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในช่วงสถานการณ์วิกฤตจะเตรียมเครื่องมือสำหรับกำหนดสถานการณ์ไว้สำหรับกำหนดซึ่งเรียกว่า กรณี หรือ Case ภายใน Case จะประกอบด้วย Scenarios พื้นฐาน (หรือหากไม่ดำเนินการใด ๆ) Scenario การแก้ปัญหาอีกเท่ากับจำนวนรูปแบบการแก้ปัญหา ซึ่ง Scenarios ทั้งหมดจะถูกคำนวณด้วยแบบจำลองและนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ได้ดำเนินการใด ๆ และจัดทำรายงานเพื่อให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจสามารถเลือกรูปแบบการตัดสินใจที่เหมาะสมได้ ขั้นตอนการดำเนินการในส่วนนี้ มีดังนี้

ลำดับ	กิจกรรม	จำนวน File	เวลาที่ใช้โดยประมาณ (นาที)
1	รับทราบสถานการณ์วิกฤต		60
2	การประสานงานเจ้าหน้าที่ในพื้นที่เกิดเหตุเพื่อประเมินสถานการณ์		6 ชั่วโมง
3	สร้าง Case (New Case)		2 - 5
4	เลือก Model Formulation สถานการณ์ปกติ (Today)	1	1 - 2
5	กำหนดจุดเกิดสถานการณ์และกำหนดรูปแบบการระบายมลพิษ	2	1 - 2
6	กำหนดรูปแบบการระบายน้ำเพื่อเจือจางมลพิษ	3	1 - 2

ลำดับ	กิจกรรม	จำนวน File	เวลาที่ใช้ โดยประมาณ (นาที)	
7	การ Simulation	2	3 - 20	
8	การสร้างข้อมูล Time Series Data ของผลการคำนวณ	2	1 - 2	
9	การจัดเก็บแฟ้มข้อมูลในการดำเนินการตามเงื่อนไข Model Formulation	1	3 - 5	
10	การจัดเตรียมข้อมูลสำหรับสร้างรายงาน	32	3 - 5	
11	การสร้างรายงาน	1	1	
รวมเวลาโดยประมาณ (ลำดับที่ 3-11)			15	30

การดำเนินการในการวิเคราะห์สถานการณ์วิกฤตและแนวทางการแก้ปัญหาจะทำทั้งสิ้นเท่ากับจำนวนรูปแบบการแก้ปัญหา + 1 (กรณีไม่ดำเนินการใด ๆ) โดยรายงานจะสามารถแสดงผลได้หลังจากทำการวิเคราะห์กรณีไม่ดำเนินการใด ๆ และ Scenario แก้ปัญหาแรกได้ถูกวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว เพราะการจัดทำรายงานของส่วนนี้จะเป็นการเปรียบเทียบผลของกรณีไม่ดำเนินการใด ๆ กับกรณีที่แก้ปัญหาด้วยทางเลือกการระบายน้ำรูปแบบต่าง ๆ โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาทีต่อกรณี

6. สรุปผล

จากผลการดำเนินงานพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา เพื่อให้ตอบสนองต่อผู้มีอำนาจการตัดสินใจระบบจะต้องมีความสะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนหลัก คือ ระบบคาดการณ์สภาพการไหล ระบบคาดการณ์ปริมาณมลพิษลงสู่แม่น้ำ และการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ โดยทั้ง 3 ส่วนทำงานในลักษณะต่อเนื่องกันตลอดเวลาแบบออนไลน์ ทำให้งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลระบบการคาดการณ์คุณภาพน้ำล่วงหน้า ระบบปฏิบัติงานอัตโนมัติ และระบบการสร้างรายงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนที่ กราฟ ตาราง การสรุปรายงาน เพื่อใช้ประกอบในการตัดสินใจ ระบบยังสามารถจำลองสถานการณ์สมมติในเหตุการณ์ต่าง ๆ แบบออฟไลน์ เพื่อการบริหารจัดการตามเงื่อนไขหรือเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นได้ อีกทั้งยังสามารถเข้าใช้ระบบจากเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในสถานที่ต่าง ๆ หรือในที่ที่เกิดเหตุเพื่อจำลองสถานการณ์ได้



8. บรรณานุกรม

- [1] กรมควบคุมมลพิษ. (2560). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำระบบคาดการณ์คุณภาพน้ำและเตือนภัยวิกฤตคุณภาพน้ำสำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำท่าจีน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์.
- [2] คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ. <http://www.nhc.in.th> : 28 มีนา

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมาตรการการปรับตัว
 เพื่อการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาและท่าจีนตอนล่าง
 Climate change impacts and adaptation measures for water management
 in lower Chao Phraya and Tha Chin basins

สนิท วงษา

Sanit Wongs

ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

sanit.won@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ได้ตรวจสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการรุกตัวของความเค็มสำหรับการจัดการน้ำในแอ่งน้ำเจ้าพระยาและท่าจีนตอนล่างพื้นที่ศึกษาครอบคลุมจากเขื่อนเจ้าพระยา จังหวัดชัยนาทและประตูระบายน้ำโพธิ์พระยาจังหวัดสุพรรณบุรีจนถึงปากแม่น้ำที่อ่าวไทยสำหรับแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีนตามลำดับผลการปรับเทียบระหว่างแบบจำลองกับข้อมูลตรวจวัดจริงได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R²) อยู่ในช่วง 0.70-0.99 สำหรับระดับน้ำและ 0.73-0.86 สำหรับความเค็มสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์จำลอง RCP2.6 และ 8.5 จากรายงานของ IPCC จำลองระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นมีค่า 0.76 และ 1.06 เมตร (ในปี 2100) ตามลำดับผลการศึกษาพบว่าค่าความเค็มเพิ่มขึ้นที่สถานีสูบน้ำสำแลเท่ากับ 0.63-0.67 กรัม/ลิตรค่าเกินมาตรฐาน 0.25 กรัม/ลิตรมีปลายลุ่มความเค็มอยู่ที่ตำบลเกาะเรียนจังหวัดพระนครศรีอยุธยาในแม่น้ำเจ้าพระยาและมีค่าเกินมาตรฐาน 2.0 กรัม/ลิตรมีปลายลุ่มความเค็มอยู่ที่อำเภอสามพรานจังหวัดนครปฐมในแม่น้ำท่าจีน ผลจากการจำลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะมีผลกระทบที่ชัดเจนมากขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของน้ำทะเล ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการทรัพยากรน้ำดิบเพื่อการประปาและการเกษตรในลุ่มน้ำเจ้าพระยาและท่าจีนตอนล่างได้

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, การรุกตัวของน้ำเค็ม, การจัดการน้ำ, ซอฟต์แวร์MIKE11



ABSTRACT

We investigated the effects of climate change on salinity intrusion for water management in lower Chao Phraya and Tha Chin basins. The study covered the area from Chao Phraya Dam, Chai Nat Province and Pho Phraya Regulator, SuphanBuri Province and to the river estuary at the Gulf of Thailand for Chao Phraya and Tha Chin rivers, respectively. The results of comparison between models and observation data revealed order of forecasting error (R2) in the range of 0.70-0.99 for water level and 0.73-0.86 for salinity. For model application, the RCP2.6 and 8.5 scenario from IPCC report were simulated, sea water level rising in were 0.76 and 1.06 m (in the year of 2100), respectively. Results indicated an increase salinity at Samlae pumping station were 0.63-0.67 g/l, the value of 0.25 g/l exceeding standard and the pointed tip of salinity was at Ko rain sub-district, Ayutthaya Province in Chao Phraya river, and the value of 2.0 g/l exceeding standard and the pointed tip of salinity was at Sam Phrandistrict, Nakhon Pathom Province in Tha Chin river. We could also observe from the simulation that the climate change would have more conspicuous effects in rising up sea water. Results obtained from this study will give guideline in raw water resources management for water supply and agricultural in lower Chao Phraya and Tha Chin basins.

KEY WORDS : climate change, salinity intrusion, water management, MIKE11 software

1. บทนำ :

ลุ่มเจ้าพระยาและท่าจีนนับว่าลุ่มน้ำเป็นลุ่มน้ำที่มีปากแม่น้ำเชื่อมติดกับทะเลอ่าวไทยตอนบน ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบนิเวศน์ปากแม่น้ำ การเกษตรกรรม อุปโภค-บริโภค อุตสาหกรรม ประมง และอื่นๆ ซึ่งความอุดมสมบูรณ์ของลุ่มน้ำทั้งสองเป็นตัวแปรสำคัญที่หล่อเลี้ยงพื้นที่ทางการเกษตรตลอดสองฝั่งลุ่มน้ำ และเศรษฐกิจของประเทศ แต่ปัจจุบันประสบปัญหาการรุกตัวของความเค็มโดยเฉพาะบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำทั้งสองก่อนไหลลงสู่อ่าวไทย รวมถึงการขาดแคลนน้ำจืดในการเกษตรกรรมเพื่อการอุปโภค-บริโภค และอื่นๆ ซึ่งฤดูแล้งสถานการณ์การรุกตัวของน้ำเค็มจะทวีความรุนแรงมาก ความเค็มจะลดลงตามระยะทางที่ห่างจากปากแม่น้ำ อีกทั้งในบางปีปริมาณน้ำจืดต้นทุนในแม่น้ำมีปริมาณน้อยเกินกว่าจะช่วยผลักดันน้ำทะเลและรักษาระบบนิเวศน์ได้

สภาวะโลกร้อน เป็นสภาวะที่อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลายหลอมรวมกับน้ำทะเลในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งน้ำทะเลวมตัวส่งผลให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ประจวบกับอิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง ในขณะที่เดียวกันกรณีฤดูแล้งมีปริมาณน้ำฝนน้อย โดยที่สถานการณ์การรุกร้าของ

น้ำเค็มจะรุนแรงมาก เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำต่ำ อีกทั้งปริมาณแหล่งน้ำต้นทุนที่เป็นน้ำจืดด้านเหนือน้ำมีน้อยไม่สามารถจัดสรรปล่อยลงมาผลักดันความเค็มและรักษาระบบนิเวศน์ท้ายน้ำได้อย่างเพียงพอ อีกทั้งในบริเวณภาคกลางมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่มเป็นส่วนใหญ่จึงมีพื้นที่ทางการเกษตร ทำนา ทำสวนตลอดสองฝั่งแม่น้ำ พื้นที่ชายฝั่งทะเลบางแห่งถูกกัดเซาะ รวมทั้งมีการบุกรุกน้ำเค็มจืดรุกคืบเข้าไปในพื้นที่ทวีป อีกทั้งยังมีรุกคืบเข้าไปในระบบแม่น้ำ บางส่วนซึมลึกลงไปในพื้นที่ดินส่งผลกระทบต่อการใช้น้ำเพื่อการเกษตรและการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคในระยะยาว

มีการศึกษาของ สุนารี (2558, 5-6) เรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อนที่มีต่อสภาพทางชลศาสตร์และความเค็มบริเวณอ่าวไทยเพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่มีต่อความเค็มและคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลอง โดยใช้แบบจำลอง MIKE11. ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจาก IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของความขรุขระเท่ากับ 0.025-0.030 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายมวลสารเท่ากับ 500-1000ตร.ม./วินาที โดยมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.06-4.40ม. ค่า R2 กับ IA อยู่ในช่วง 0.71-0.99 กับ 0.87-0.99 ตามลำดับ จากนั้นวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลต่อความเค็มที่มีผลต่อศักยภาพการเจริญเติบโตของพืช พบว่าระดับน้ำในแม่น้ำสูงสุดที่ 19-22.5 km จากปากแม่น้ำ และส่งผลให้ความเค็มเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 22-23กม. ในปีพ.ศ.2592 และ 2642 ตามลำดับ ในปีพ.ศ. 2592 ผลการรุกตัวของความเค็มส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชผัก เช่น ข้าว ข้าวโพด พริก ส้ม ลิ้นจี่

Wongsa (2018, 8) ศึกษาการควบคุมการรุกล้ำของความเค็มในปากแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงฤดูแล้งด้วยการระบายน้ำลงท้ายเขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนป่าสัก และผันน้ำข้ามลุ่มจากแม่กลองมาเพื่อผลักดันความเค็มที่สถานีสูบน้ำสำแล จ.ปทุมธานี ไม่ให้เกินค่ามาตรฐาน 0.2 กรัม/ลิตรพบว่าจะต้องควบคุมอัตราการไหลที่บางโทรให้มากกว่า 80-100 ลบ.ม./วินาที

ได้มีการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) แบบ Back Propagation ในการพยากรณ์ระดับความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา ศึกษาโดยรวบรวมข้อมูลความเค็มรายวันที่สะพานกรุงเทพฯ และสะพานพุทธฯ ข้อมูลน้ำขึ้นสูงสุดรายวันที่ป้อมพระจุลจอมเกล้า ข้อมูลอัตราการไหลของเขื่อนเจ้าพระยาในช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม รวมระยะเวลา 7 ปี (2535-2543) โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ คือ ข้อมูลน้ำขึ้นและน้ำลง ข้อมูลอัตราการไหล และข้อมูลความเค็มตัวแปรตาม คือ ข้อมูลระดับความเค็มล่วงหน้า พบว่าสามารถประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์การผันแปรของความเค็มได้ล่วงหน้า 1-2 วัน (สุวัฒน์ และปกรณ, 2547, 8)

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ศึกษาพฤติกรรมทางชลศาสตร์และการคาดการณ์ผลกระทบของการรุกล้ำของความเค็มทั้ง 2 ลุ่มน้ำ การศึกษานี้เลือกใช้โปรแกรม MIKE11 ซึ่งพัฒนาโดย Danish Hydraulic Institute (DHI) ผลการศึกษาสามารถใช้ประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากค่า

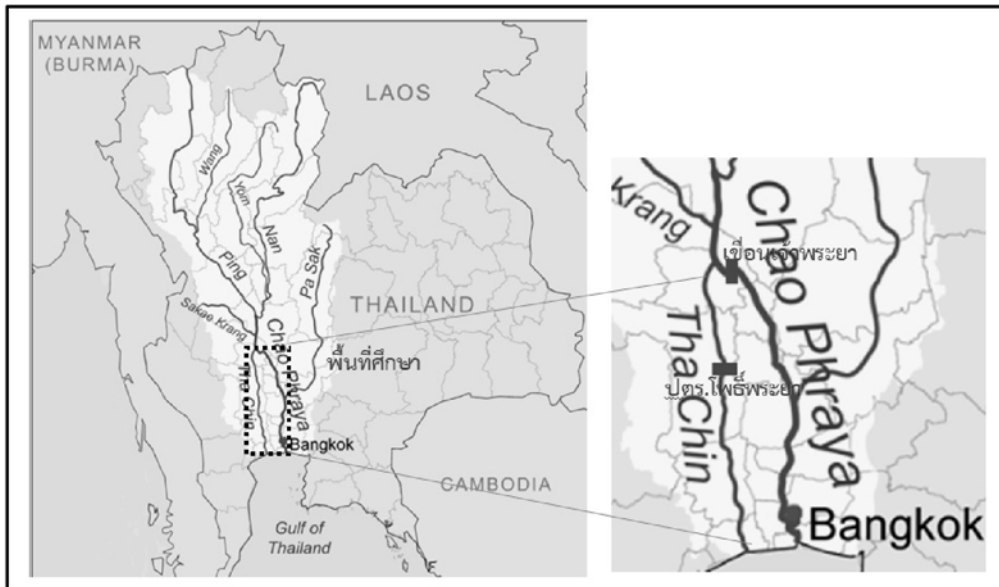


ความเค็มที่เกิดขึ้น สำหรับเป็นแนวทางในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านการจัดการทรัพยากรน้ำและการเกษตรบริเวณปากแม่น้ำทั้งสองลุ่มน้ำในอ่าวไทยต่อไป

2. วิธีการศึกษา

2.1 ขอบเขตและพื้นที่ศึกษา

การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ โดยใช้แบบจำลอง MIKE11 สำหรับแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยาสถานีวัดน้ำ C.13 อ.สรรพยา จ.ชัยนาท ถึงป้อมพระจุลฯ จ.สมุทรปราการ ในส่วนการไหลเข้าด้านข้างนำมาเป็นขอบเขตเงื่อนไขด้านเหนือน้ำของลำน้ำสาขา ได้แก่ แม่น้ำน้อยใช้ข้อมูลอัตราการไหลที่ปตร.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา และแม่น้ำป่าสักใช้ที่สถานีวัดน้ำ S.26 ท้ายเขื่อนพระรามหก อ.ท่าเรือ จ.พระนครศรีอยุธยา แม่น้ำท่าจีนตั้งแต่ปตร.โพธิ์พระยา อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี ถึงปากแม่น้ำท่าจีน จ.สมุทรสาคร มีอัตราการไหลเข้าด้านข้างแม่น้ำนครนายกที่ปตร.บางเม่า อ.องครักษ์ จ.นครนายก ส่วนขอบเขตด้านท้ายน้ำของทั้งสองแม่น้ำคือทะเลที่อ่าวไทย ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 สำหรับปริมาณน้ำฝนจะไม่ถูกนำมาพิจารณาด้วยเนื่องจากงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะในช่วงฤดูแล้งเท่านั้น



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน

2.2 แบบจำลอง MIKE11

งานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม MIKE11 จำนวน 2 โมดูล คือ แบบจำลองทางชลศาสตร์กับการพัดพาและแพร่กระจาย ซึ่งประกอบด้วยสมการพื้นฐานเขียนได้ดังสมการ (1) - (3) คือ (DHI, 1995, 1)

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{M^2 AR^{3/2}} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + qC_2 \quad (3)$$

เมื่อ Q คืออัตราการไหล, A คือพื้นที่หน้าตัดของการไหล, q คืออัตราไหลเข้า-ออกด้านข้าง, h คือความลึกของน้ำ, α คือค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้โมเมนตัม, M คือค่าสัมประสิทธิ์ของ Stickler ($1/n$), n คือค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง, g คืออัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, C คือความเข้มข้น (มวล/ปริมาตร), D คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย, K คือ สัมประสิทธิ์การย่อยสลาย, C_2 คือ Source/Sink Concentration, X คือระยะทาง และ t คือเวลา

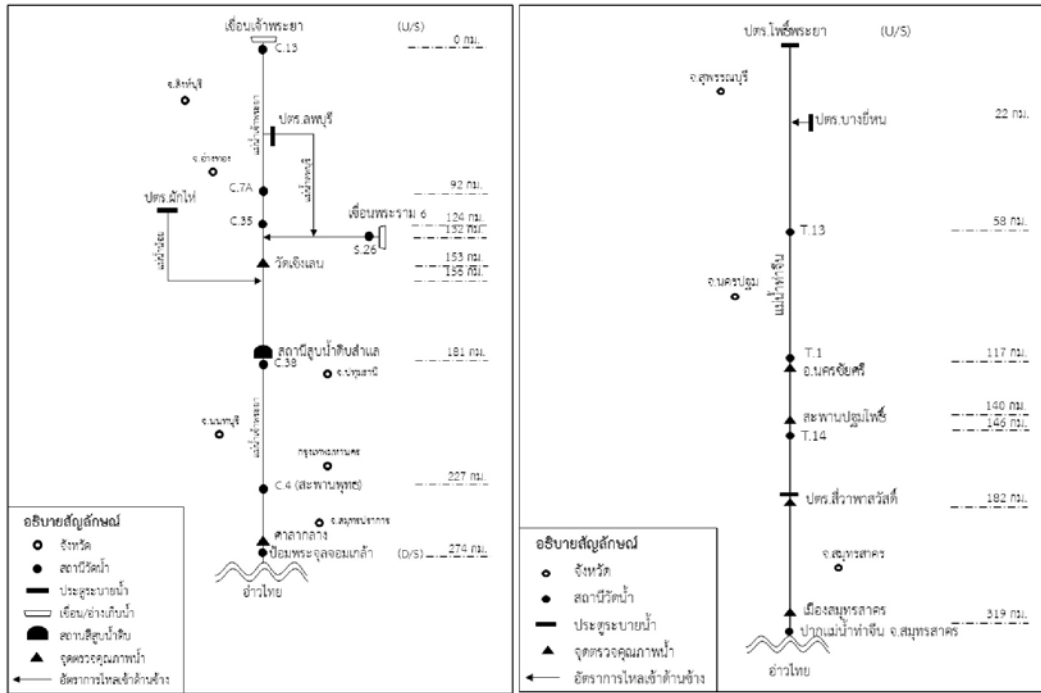
จากนั้นจึงทำการจัดสร้างผังจำลองโครงข่ายแม่น้ำ (รูปที่ 2) และก่อนนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ได้ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองเพื่อยืนยันค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่จะให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ตัวแปรทางสถิติที่ใช้เป็นดัชนีในการตรวจสอบประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์; R^2 ค่าดัชนีการยอมรับ; IA และค่าความคลาดเคลื่อน; RSME แสดงในสมการ (4)-(6) ตามลำดับ

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n ((O_i - \bar{O}_{ave})(P_i - \bar{P}_{ave}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_{ave})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}_{ave})^2}} \right)^2 \quad (4)$$

$$IA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{P}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|O_i - \bar{O}_{ave}| + |P_i - \bar{P}_{ave}|)} \quad (5)$$

$$RSME = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n} \right)^2 \quad (6)$$

เมื่อ O คือ ค่าที่ได้จากการตรวจวัด, P คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง, ตัวห้อย ave คือ ค่าเฉลี่ย, i คือ ลำดับข้อมูล และ n คือ จำนวนข้อมูล



รูปที่ 2 พังจำลองโครงข่ายแม่ น้ำ(a) แม่ น้ำเจ้าพระยาและ (b) แม่ น้ำท่าจีน

3. ผลการศึกษา

การไหลในบริเวณปากแม่น้ำทั้งสองได้รับอิทธิพลจากการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย สำหรับการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งกับการแพร่กระจายที่เหมาะสมของแบบจำลองทั้งสองโมเดลนั้นจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อให้ได้แบบจำลองที่น่าเชื่อถือที่สุดที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในกรณีศึกษาต่าง ๆ ต่อไป โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อมูลที่น่าสนใจคือต้องเลือกช่วงเวลาที่มีการจัดเก็บข้อมูลสมบูรณ์ทั้งค่าชลศาสตร์การไหลต่าง ๆ ของน้ำกับค่าความเค็ม ในการเปรียบเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ของแม่น้ำเจ้าพระยาได้ใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2553 กับการตรวจสอบใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2555 ส่วนแม่น้ำท่าจีนได้ใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2553 และตรวจสอบใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2556

3.1 การปรับแก้และตรวจพิสูจน์แบบจำลองทางชลศาสตร์

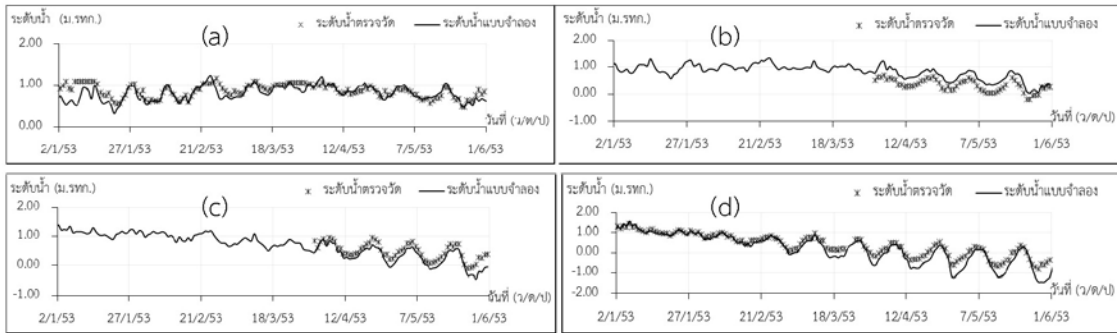
ได้ทำการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งของแม่น้ำทั้งสองแห่งออกเป็นหลายช่วง โดยพิจารณาจากลักษณะรูปสัณฐานแม่น้ำ ความคดเคี้ยว ความลาดชันของท้องน้ำ และอื่น ๆ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 1-2 และรูปที่ 3-4 พบว่าค่าความระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม มีค่าใกล้เคียงจนเกือบจะทับเป็นเส้นเดียวกันกับผลการคำนวณ พบว่าค่าความระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนามมีแนวโน้มโดยรวมต่ำกว่าค่าผลการคำนวณโดยแบบจำลอง ในขั้นตอนปรับแก้แบบจำลองได้ค่า R^2 กับ IA อยู่ระหว่าง 0.76-0.99 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีจนถึงดีมาก แม่น้ำท่าจีนได้ค่าต่ำที่สุดประมาณ 0.53 และได้ค่า RSME อยู่ระหว่าง 0.11-0.46 ม. ส่วนของแม่น้ำเจ้าพระยามีค่าสูงสุด 0.54 ม.

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์ความขรุขระการปรับเทียบแบบและตรวจสอบจำลองทางชลศาสตร์
แม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน

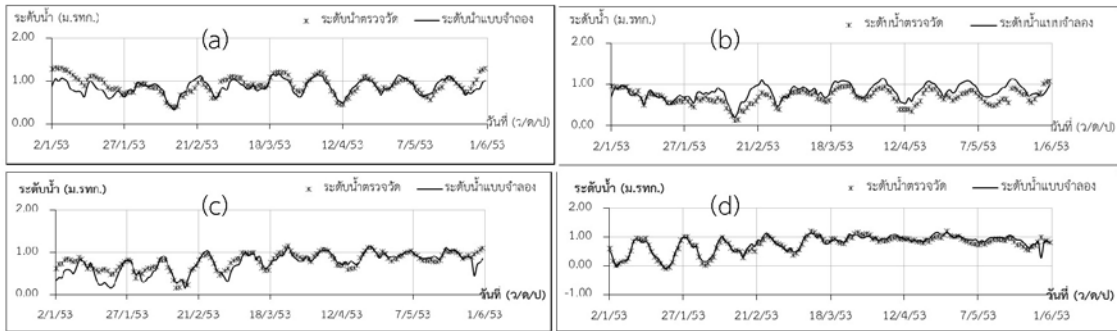
แม่น้ำ	ช่วงพิจารณา	ช่วงระยะทาง (กม.)	สัมประสิทธิ์ความขรุขระ
แม่น้ำเจ้าพระยา	C.13 – C.7A	0 - 92	0.026
	C.7A – C.35	92 - 124	0.028
	C.35 – C.38	124 - 181	0.030
	C.38 – C.4	181 - 226	0.040
	C.4 – ป้อมพระจุลฯ	226 - 274	0.040
แม่น้ำลพบุรี	แม่น้ำลพบุรี – แม่น้ำป่าสัก	0 - 47	0.028
แม่น้ำป่าสัก	S.26 – แม่น้ำเจ้าพระยา	0 - 93	0.025
แม่น้ำท่าจีน	ปตร.โพธิ์พระยา – T.13	0 - 58	0.040
	T.13 – T.1	58 - 117	0.045
	T.1 – T.14	117 - 146	0.030
	T.14 – ปตร.กระทุ่มแบน	146 - 162	0.030
	ปตร.กระทุ่มแบน - สี่วาฬสวัสดิ์	162 - 182	0.030
	ปตร.สี่วาฬสวัสดิ์ - ปากแม่ท่าจีน	182 - 200	0.033

ตารางที่ 2 ค่าตัวแปรทางสถิติจากการปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองทางชลศาสตร์
แม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน

ปีพ.ศ.	2553			เจ้าพระยา -2555, ท่าจีน-2556		
	R ²	IA	RMSE(ม.)	R ²	IA	RMSE(ม.)
สถานีวัดน้ำ C.7A	0.99	0.98	0.324	0.99	0.97	0.305
สถานีวัดน้ำ C.35	0.96	0.95	0.538	0.94	0.94	0.458
สถานีวัดน้ำ C.38	0.76	0.77	0.307	0.70	0.70	0.391
สถานีวัดน้ำ C.4	0.89	0.86	0.360	0.98	0.93	0.395
สถานีวัดน้ำ T.13	0.78	0.85	0.140	0.85	0.88	0.107
ปตร.พระพิมล	0.77	0.78	0.172	0.59	0.76	0.139
สถานีวัดน้ำ T.1	0.93	0.90	0.133	0.53	0.80	0.135
สถานีวัดน้ำ T.14	0.95	0.97	0.098	0.69	0.77	0.229
ปตร.กระทุ่มแบน	0.79	0.87	0.203	0.67	0.85	0.189
ปตร.สี่วาฬสวัสดิ์	0.69	0.86	0.241	0.79	0.89	0.206

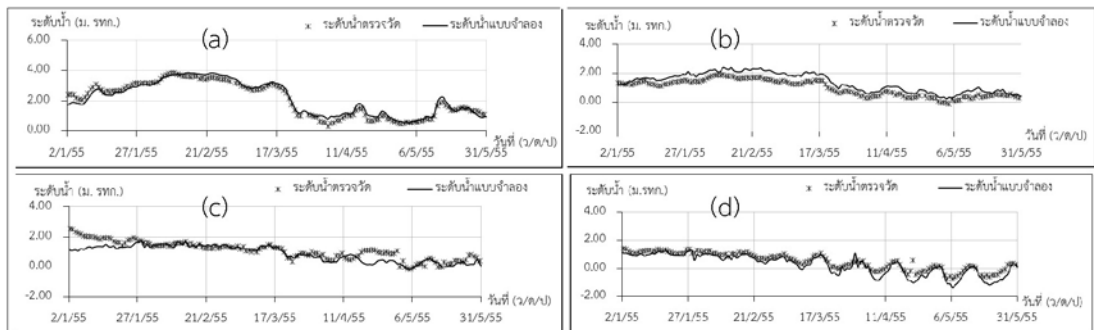


(ก) สถานีวัดน้ำ (a)C.7A, (b)C.35, (c)C.38และ(d)C.4 ของแม่น้ำเจ้าพระยา

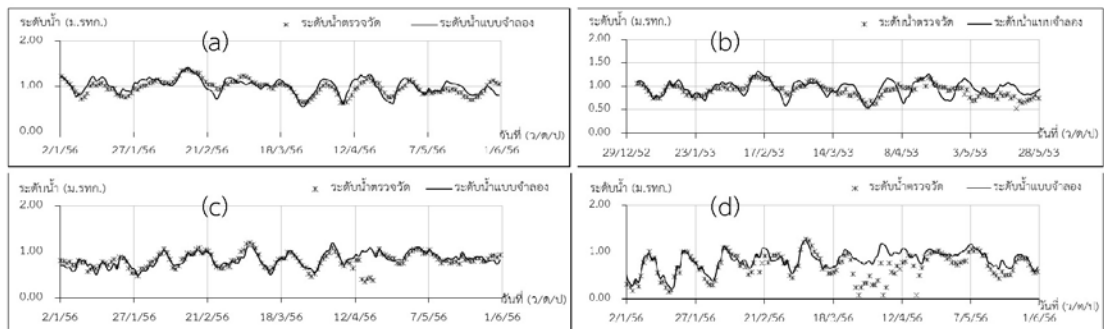


(ข) สถานีวัดน้ำ (a)T.13, (b)ปตร.พระพิมล, (c)T.1 และ(d)T.14 ของแม่น้ำท่าจีน

รูปที่ 3 ผลการปรับแก้แบบจำลองทางชลศาสตร์ของแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน



(ก) สถานีวัดน้ำ (a)C.7A, (b)C.35, (c)C.38 และ (d)C.4ของแม่น้ำเจ้าพระยา



(ข) สถานีวัดน้ำ (a)T.13, (b)ปตร.พระพิมล, (c)T.1 และ (d)T.14 ของแม่น้ำท่าจีน

รูปที่ 4 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองทางชลศาสตร์ของแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน

3.2 การปรับแก้และตรวจพิสูจน์แบบจำลองการแพร่กระจาย

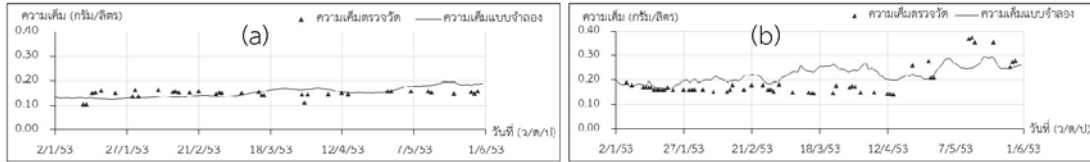
ได้ทำการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของแม่น้ำทั้งสอง สรุปผลได้ดังตารางที่ 3-4 และรูปที่ 4-5 พบว่าค่าความเค็มที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนาม มีค่าใกล้เคียงกับผลการคำนวณโดยแบบจำลอง ได้ค่า R^2 กับ IA อยู่ระหว่าง 0.55-0.98 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้จนถึงดีมาก และได้ค่า RSME อยู่ระหว่าง 0.107-2.871กรัม/ลิตร

ตารางที่ 3 ค่าที่ใช้ปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองการพัดพาและแพร่กระจายแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน

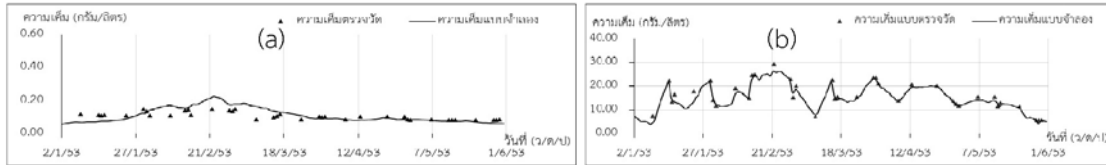
แม่น้ำ	ช่วงพิจารณา	ช่วงระยะทาง (กม.)	Dispersion Factor (ตร.ม./วินาที)	Exponent	Min. Disp. Factor	Max. Disp. Factor
แม่น้ำเจ้าพระยา	C.13 - วัดเชิงเลน	0-170	1600	0.1	1000	1600
	วัดเชิงเลน-สถานีสำแล	170-181	1200	1.0	1000	1200
	สถานีสำแล - C.4	124-226	800	0.8	250	800
	C.4 - ป้อมพระจุลฑา	226-274	1200	1.0	600	1200
แม่น้ำท่าจีน	อ.นครชัยศรี	0-117	2,000	0.2	1500	2,000
	สะพานปฐมโพธิ์แก้ว	117-140	800	0.2	500	800
	ปตร.สีวาฬาสวัสดิ์	140-182	100	0.8	100	100
	ปากแม่น้ำ	182-200	100	0.8	100	100

ตารางที่ 4 ค่าตัวแปรทางสถิติจากการปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองการพัดพาและแพร่กระจายของแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน

ปีพ.ศ.	2553			2555		
	R^2	IA	RMSE(กรัม/ลิตร)	R^2	IA	RMSE(กรัม/ลิตร)
จุดตรวจสอบ						
สถานีวัดเชิงเลน	0.73	0.76	0.026	0.85	0.57	0.017
สถานีสูบน้ำดิบสำแล	0.76	0.82	0.048	0.86	0.73	0.024
อ.นครชัยศรี	0.67	0.74	0.030	0.61	0.69	0.023
สะพานปฐมโพธิ์แก้ว	0.58	0.55	0.066	0.51	0.52	0.021
ปตร.สีวาฬาสวัสดิ์	0.62	0.74	2.354	0.59	0.71	2.629
เมืองสมุทรสาคร	0.97	0.98	1.580	0.97	0.95	2.871

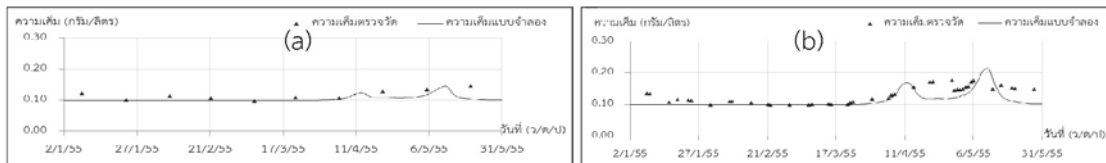


(ก)สถานีวัดคุณภาพน้ำ (a) วัดเชิงเลนและ (b) สถานีสูบน้ำดิบสำแล ของแม่น้ำเจ้าพระยา

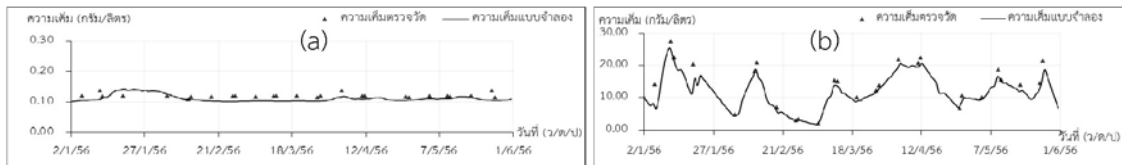


(ข)สถานีวัดคุณภาพน้ำ(a) อ.นครชัยศรี และ (b) อ.เมืองสมุทรสาครของแม่น้ำท่าจีน

รูปที่ 4 ผลการปรับแก้แบบจำลองการแพร่กระจายของแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน



(ก)สถานีวัดคุณภาพน้ำ(a) วัดเชิงเลนและ (b) สถานีสูบน้ำดิบสำแล ของแม่น้ำเจ้าพระยา



(ข)สถานีวัดคุณภาพน้ำ(a) อ.นครชัยศรี และ(b) อ.เมืองสมุทรสาครของแม่น้ำท่าจีน

รูปที่ 5 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองการแพร่กระจายของแม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน

3.3 การประยุกต์ใช้คาดการณ์การรุกตัวของน้ำเค็ม

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ข้อมูลจากรายงานฉบับล่าสุดของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) : Fifth Assessment Report(AR5) ที่เรียกว่าการใช้ภาพฉายก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่ โดยได้ถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลในการคาดการณ์ผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและความเค็ม ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกในอนาคต (RCP: Representative Concentration Pathways) ในงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกมาเพื่อประกอบการวิเคราะห์มี 2 สถานการณ์ คือ RCP2.6 และ RCP8.5 ได้เลือกปีที่ทำการคำนวณผลกระทบเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในปี พ.ศ.2563 และ พ.ศ.2643 หรืออีก 10 และ 90 ปีในอนาคต เพื่อดูผลกระทบในระยะสั้นกับระยะยาวตามลำดับ ได้นำไปใช้เป็น ข้อมูลการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลขอบเขตด้านท้ายน้ำของแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 5 และใน รูปที่ 5 ซึ่งพบว่าค่าความเค็มเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ

ตารางที่ 5 ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลและค่าความเค็มของแม่น้ำเจ้าพระยา และท่าจีน

ข้อมูล	ปี พ.ศ.			
	2553	2563	2643	
	Calibrate	RCP2.6, 8.5	RCP2.6	RCP8.5
ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นตาม IPCC (ซม.)	36	44	71	118
ระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (ซม.)	69	78	124	150
ค่าความเค็มเฉลี่ยแม่น้ำเจ้าพระยา (กรัม/ลิตร)	0.22	0.23	0.25	0.51
ค่าความเค็มสูงสุดแม่น้ำเจ้าพระยา (กรัม/ลิตร)	0.29	0.30	0.33	0.67
ระยะทางจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ความเค็มสูงเกินมาตรฐานการผลิตน้ำประปา (กม.)	132	134	137	139
ระดับน้ำแม่น้ำท่าจีนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (ซม.)	116	120	156	186
ค่าความเค็มเฉลี่ยแม่น้ำท่าจีน (กรัม/ลิตร)	0.93	0.96	1.44	2.22
ค่าความเค็มสูงสุดแม่น้ำท่าจีน (กรัม/ลิตร)	0.29	0.30	0.33	0.67
ระยะทางจากปากแม่น้ำท่าจีนที่ความเค็มสูงเกินมาตรฐานการผลิตน้ำเพื่อการเกษตร (กม.)	38.5	39	45.5	65.5

3.4 การประยุกต์ใช้คาดการณ์ผลกระทบต่อการเกษตร

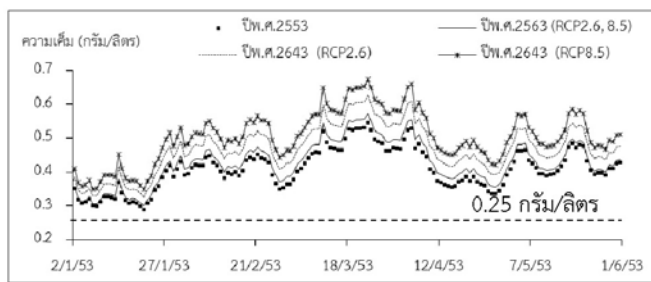
การศึกษาการคาดการณ์ผลกระทบของความเค็มต่อการเกษตรและน้ำอุปโภค-บริโภคโดยใช้ข้อมูลของ IPCC จากผลการวิเคราะห์ในช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้คือ (รูปที่ 6)

(1) แม่น้ำเจ้าพระยา: มีค่าความเค็มในปี พ.ศ.2563 และพ.ศ.2643 ทั้งสถานการณ์ RCP2.6 และ RCP8.5 ที่สถานีสูบน้ำสำแลของการประปานครหลวงมีเกินมาตรฐานสำหรับนำน้ำดิบมาผลิตน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค พื้นที่ทั้งสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาที่ประสบกับน้ำเค็มส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ส่วนพื้นที่จ.นนทบุรีทำสวนไม้ผล มีพืชทางเศรษฐกิจที่มีชื่อเสียงและสำคัญของจังหวัด อาทิเช่น ทูเรียน มะพร้าว มะม่วง เป็นต้น พบว่าในปี พ.ศ.2563 จะมีผลกระทบต่อทุเรียนอย่างมาก เนื่องจากทุเรียนเป็น

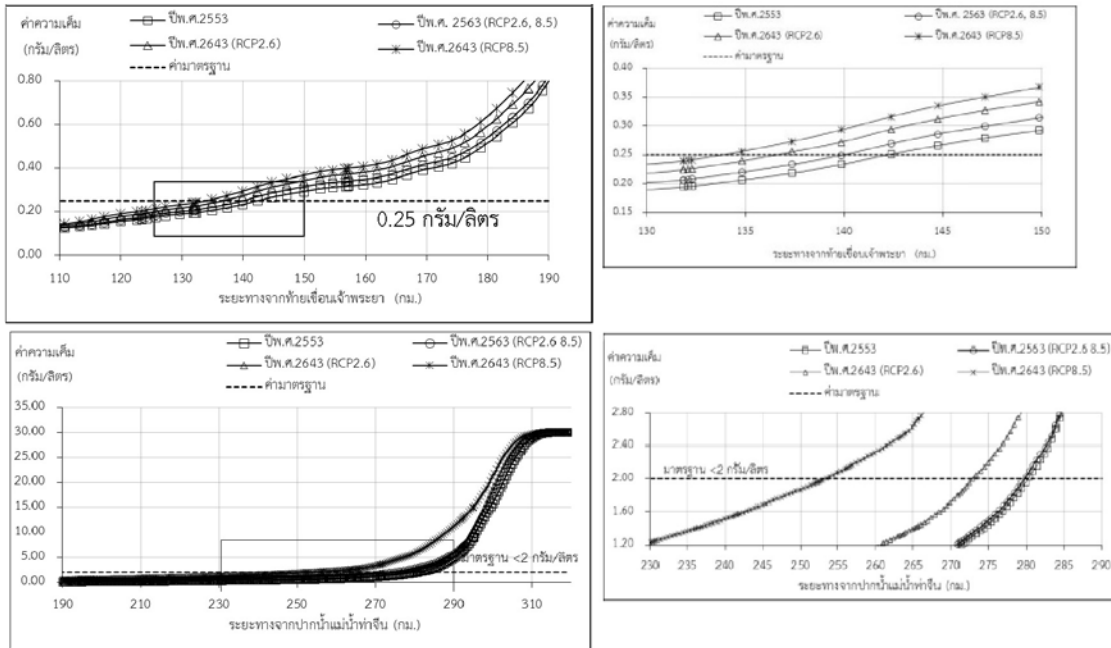


พืชไม่ทนเค็ม และปี พ.ศ. 2563 กระทบต่อมะม่วงและทุเรียน ยกเว้นมะพร้าวเพราะเป็นพืชทนเค็มได้ถึง 10 กรัม/ลิตร

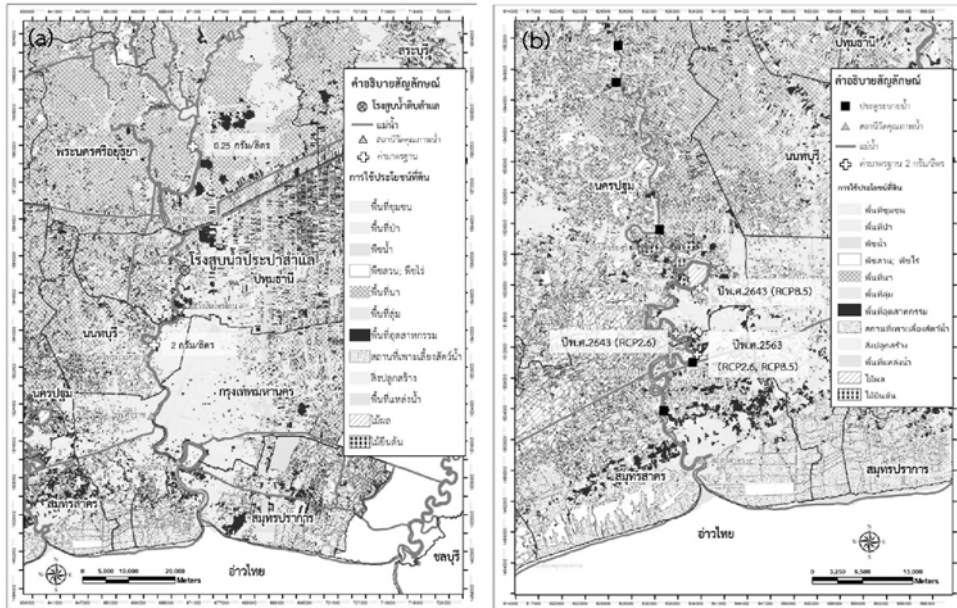
(2) แม่น้ำท่าจีน: มีบางพื้นที่เกิน 2 กรัม/ลิตรพบว่าความเค็มรุกขึ้นไปถึงอ.สามพราน ส่วนผลกระทบค่าความเค็มนั้นพบว่าในปี พ.ศ. 2563 (RCP2.6, 8.5) และปี พ.ศ. 2543 (RCP2.6) มีค่าความเค็มสูงสุด 0.97 และ 1.44 กรัม/ลิตรตามลำดับ ไม่ส่งผลกระทบต่อพืชทุกชนิด สำหรับปี พ.ศ. 2643 (RCP8.5) มีค่าความเค็มสูงสุด 2.76 กรัม/ลิตรส่งผลกระทบต่อพืชทุกชนิด ยกเว้นมะพร้าว จากผลการศึกษาี้สามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้เพื่อวางแผนปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในโลกอนาคตด้านการเกษตรและน้ำอุปโภค-บริโภคต่อไปได้



รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าความเค็มในปัจจุบันกับอนาคตภายใต้สถานการณ์ RCP2.6 และ RCP8.5 ณ สถานีสูบน้ำดิบสำแล จ.ปทุมธานี ของแม่น้ำเจ้าพระยา



รูปที่ 6 ค่าความเค็มสูงสุดของแม่น้ำ(ก) แม่น้ำเจ้าพระยา (ข) แม่น้ำท่าจีน



รูปที่ 7 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำ (a) เจ้าพระยาและ (b) ท่าจีน
ปี พ.ศ.2643 (RCP2.6, RCP8.5)

4. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลต่อการจัดการทรัพยากรน้ำและการเกษตรบริเวณปากแม่น้ำอ่าวไทยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลที่มีผลต่อลักษณะทางชลศาสตร์ ความเค็ม และพื้นที่ทางการเกษตรของ รวมถึงการประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์ผลกระทบในอนาคตของสองลุ่มน้ำ ประกอบด้วย แม่น้ำเจ้าพระยาและท่าจีน พิจารณาช่วงหน้าแล้ง ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งทำการศึกษาการคาดการณ์ผลกระทบการรุกตัวของความเค็มต่อการเกษตรโดยใช้แบบจำลอง MIKE11 การคาดการณ์ปี พ.ศ.2563 และพ.ศ.2643 สถานการณ์ RCP2.6 และ RCP8.5 พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ส่งผลให้ประสบกับการรุกตัวของความเค็มเข้ามาในแม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำท่าจีนเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ประจวบกับกิจกรรมทางเศรษฐกิจ และสังคม ทั้งหมดล้วนส่งผลต่อความเสื่อมโทรมต่อคุณภาพน้ำ กระทบต่อทั้งการอุปโภค-บริโภค และการเกษตร จากการวิจัยพบว่าทั้งแม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำท่าจีนมีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระอยู่ในช่วง 0.025-0.045 และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายอยู่ในช่วง 100-2000 ตร.ม./วินาที ค่าพารามิเตอร์ได้กำหนดเป็นช่วงๆ ตลอดลำน้ำ เนื่องจากลักษณะเส้นทางแม่น้ำทั้ง 2 ลุ่มน้ำที่ปากแม่น้ำกว้าง แคนลู่เข้าไปยังต้นน้ำ กระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อนำมาประยุกต์การคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจาก IPCC AR5 พบว่า ในอนาคตความเค็มรุกเข้ามาในแม่น้ำเจ้าพระยาที่เกินการผลิตน้ำเพื่อการประปาเข้าไปถึง จ.อยุธยา กระทบต่อการผลิตน้ำอย่างแน่นอน และสำหรับภาคการเกษตรรุกเข้าไปถึง อ.ปากเกร็ด จ. นนทบุรี พื้นที่ตามชายฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาส่วนใหญ่ปลูกไม้ผล พืชทางเศรษฐกิจ จ.นนทบุรีที่สำคัญ ได้แก่ ทุเรียน มะพร้าว มะม่วง เป็นต้น กระทบต่อมะพร้าว และมะม่วง และสำหรับแม่น้ำท่าจีนในอนาคตความเค็มรุกเข้ามาในแม่น้ำท่าจีนเกินค่ามาตรฐานภาคการเกษตรรุกเข้าไปถึง อ.สามพราน จ. นครปฐม กระทบต่อส้มโอ มะนาว และมะม่วง ยกเว้นมะพร้าวและข้าว



ถ้านำน้ำจากแม่น้ำทั้ง 2 ลุ่มน้ำไปใช้ในการเกษตรจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชในอนาคตการปรับเปลี่ยนพื้นที่พืชที่เหมาะสมในการปลูก การเพิ่มปริมาณน้ำดิบสำรองสำหรับการผลิตน้ำประปา นับว่าเป็นมาตรการระยะสั้น ส่วนการปรับปรุงพื้นที่พืชให้มีความสามารถทนเค็มได้มากขึ้นกับการย้ายจุดสูบน้ำเพื่อการผลิตน้ำประปาจากสถานีสูบน้ำดิบสำแลไปทางด้านเหนือน้ำอีกซึ่งถือว่าเป็นมาตรการการปรับตัวในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) (BEDO) ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยนี้และขอขอบคุณกรมชลประทาน กรมเจ้าท่า กรมควบคุมมลพิษ การประปานครหลวง สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้

บรรณานุกรม

1. Danish Hydraulic Institute (DHI).(1995). MIKE11 Reference Manual.
2. สนิท วงษา. (2557).ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลต่อการจัดการทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำท่าจีนและเจ้าพระยาตอนล่าง.9thThaicid National Symposium.หน้า 1-13.
3. ณัฐวุฒิ อินทบุตร และวิษุวัตม์กั แต่สมบัติ (2557).การรुक้าของความเค็ม และการแพร่กระจายความเค็มตามความยาวของลำน้ำในแม่น้ำท่าจีนเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับทะเล.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.หน้า 1-16.
4. เกரியงไกร ตรีฤทธิวิทยา. (2552).ผลกระทบของภาวะโลกร้อนที่มีต่อสภาพทางชลศาสตร์และความเค็มบริเวณปากแม่น้ำอ่าวไทย.ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
5. สุนารี เสือทุ่ง. (2558).ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลต่อการจัดการทรัพยากรน้ำและการเกษตรบริเวณปากแม่น้ำอ่าวไทย.ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
6. สุนารี เสือทุ่ง. (2558).ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลต่อการจัดการทรัพยากรน้ำและการเกษตรของแม่น้ำเจ้าพระยา.เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 20.
7. ลิริชัย ขุนณรงค์, และ สนิท วงษา. (2560).ผลกระทบทางด้านการเกษตรที่เกิดจากน้ำเค็มในแม่น้ำบางปะกง.การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 7.
8. Wongs, S. (2015).Impact of Climate Change on Water Resources management in the Lower ChaoPhraya Basin, Thailand.Journal of Geoscience and Environment Protection.(3), 53-58. Published Online December 2015 in SciRes. <http://dx.doi.org/10.4236/gep.2015.310009>.
9. สุวัฒนา จิตตลดากร และปกรณ์ ดิษฐกิจ. (2547).การพยากรณ์การผันแปรของความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาเอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9.

การฉายภาพอนาคตพื้นที่เกษตรกรรมในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ
ด้วยแบบจำลองเซลลูลาร์-ออโตมาตาและมาร์คอฟ

Future Projection of Agricultural Land PhayaBunlue O&M

Project by Cellular - Automata and Markov Models

สเกนเปยคำภา^{1,2} และ เอกสิทธิ์ โขสิตสกุลชัย¹

Sakenpei kumpa^{1,2} and Ekasit Kositsakulchai¹

¹ห้องปฏิบัติการวิจัยการติดตามและการจัดการทางอุทกวิทยาเกษตรด้วยระบบอัจฉริยะ (INAMM)

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

²โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ สำนักงานชลประทานที่ 11

กรมชลประทาน นนทบุรี 11110

e-mail: saken.kom56@gmail.com, ekasit.k@ku.th

บทคัดย่อ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือจังหวัดนนทบุรี มีพื้นที่ส่งน้ำครอบคลุมจังหวัดที่เป็น
ปริมณฑลของกรุงเทพมหานครฯ สภาพการใช้ที่ดินเดิมที่เป็นเกษตรกรรม ปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงจาก
การโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ การดำเนินงานเลือกใช้แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟใน
การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และเทคนิคเซลลูลาร์-ออโตมาตาในการ
จำลองการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ จากปัจจัยขับเคลื่อน ผลการวิเคราะห์ พบว่า ในอีก 30 ปีข้างหน้า
จากปี 2559 ซึ่งเป็นฐานในการคาดการณ์ พื้นที่ศึกษามีพื้นที่ทั้งหมด 509,053 ไร่ มีพื้นที่เกษตรกรรม
364,000 ไร่ หรือประมาณ 70% มีพื้นที่ชุมชน 122,400 ไร่ หรือ 24% ของพื้นที่ศึกษา ผลการวิเคราะห์
คาดว่าในอนาคตอีก 30 ปีข้างหน้า พื้นที่เกษตรกรรมจะลดลงเหลือ 66% ของพื้นที่ศึกษา ในขณะที่พื้นที่
ชุมชนจะเพิ่มขึ้น 29% ของพื้นที่ ผลการศึกษาแสดงแนวโน้มของพื้นที่เกษตรกรรมที่จะลดลงซึ่งชี้ให้
เห็นถึงความจำเป็นในการพิจารณาปรับภารกิจด้านการบริหารจัดการน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา
ให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน,เกษตรกรรม ,การขยายตัวของเมือง



Abstract

The command area of the Phaya Bunlue Operation and Maintenance (O&M) Project is located in the adjacent provinces of Bangkok Metropolitan. The past agricultural land have transformed due to the growing of urban area. This research projected the future changes of land use in the Phaya Bunlue O&M Project. The Markov chain model was used to estimate the probability of change, and the Cellular Automata (CA) technique was used to simulate the location of change based on driving factors. The next 30-year land use from the base year (2007) was projected. The total area of the Project is 509,053 rai. From land use map in 2007, the agriculture area covered 364,000 rai (70%), and the urban area 122,400 rai (24%). The 30-year future projection showed the agricultural land would decrease about 66%, and urban area would increase 29% in comparing with the base year (2007). The decreasing in agricultural land revealed that the O&M Project required an adaptation in the water management practice in order to match with the changing land use

KEY WORDS : Landuse change, Agriculture, Urbanization

คำนำ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแต่เดิมมีลักษณะเป็นพื้นที่เกษตรกรรม แต่ต่อมามีการขยายตัวของที่อยู่อาศัยและเขตชุมชน ทำให้การใช้ประโยชน์ที่ดินมีการผสมกันระหว่างพื้นที่ชุมชนกับพื้นที่เกษตรกรรม โดยมีพื้นที่ชุมชนกระจุกตัวอยู่ในเขตอำเภอ เช่น อำเภอเมือง อำเภอสามโคก อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี อำเภอบางบัวทอง อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2550 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550) แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ เป็นพื้นที่เกษตรกรรม รวมแล้วเป็นพื้นที่คิดเป็น 79.94% ของพื้นที่ทั้งหมด โดยพื้นที่เกษตรส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นา โดยพื้นที่นาคิดเป็นร้อยละ 66.65% ของพื้นที่ทั้งหมด แต่มีข้อสังเกตคือ มีพื้นที่ชุมชน ในเขตพื้นที่โครงการมีพื้นที่ 20.06% ของพื้นที่ทั้งหมด หรือ 1/5 ของพื้นที่ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ ทำให้เห็นว่าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ มีลักษณะการเป็นพื้นที่เกษตรกรรมผสมกับพื้นที่ชุมชน เนื่องจากมีพื้นที่ชุมชนอยู่ในอัตราส่วนสูง เมื่อเทียบกับพื้นที่ทั้งหมด และมีแนวโน้มว่าจะมีพื้นที่ชุมชนเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของตัวเมือง

อัตราการเพิ่มขึ้น ของประชาชนซึ่งทำให้เกิดการขยายตัวของชุมชนที่อยู่อาศัยในเขตพื้นที่จังหวัด โดยรอบของกรุงเทพฯ มากขึ้น ผลกระทบในการเปลี่ยนแปลงถิ่นที่อยู่อาศัยของประชาชนส่งผลให้มีการขยายตัวของที่อยู่อาศัยและชุมชนในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ โดยเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมเดิมพื้นที่ส่วนมากเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เปลี่ยนแปลงเป็นที่อยู่อาศัยและชุมชน เข้ามาแทนที่ พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงมาก คือด้านทิศตะวันออก อำเภอเมือง อำเภอสามโคก อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ด้านทิศใต้ อำเภอปากเกร็ด อำเภอบางบัวทอง อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ทำให้บริบทในการใช้น้ำในพื้นที่ดังกล่าว เปลี่ยนแปลงไปคือ เปลี่ยนจากเดิมเป็นการส่งน้ำเพื่อการเกษตรกรรม เป็นการส่งน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศ และเพื่อการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชน การที่เราสามารถทราบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปในพื้นที่ จะทำให้เราสามารถ กำหนดขอบเขตและหน้าที่ ในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ รวมถึงการวางแผนโครงการต่างๆ เพื่อที่จะบริหารจัดการน้ำตามกิจกรรมและพื้นที่ตามการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ต่างออกไป เพื่อในตอบสนองความต้องการการใช้น้ำ ในกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่โครงการจากอดีตถึงปัจจุบันโดย ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน
2. สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับประเมินแนวโน้ม การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตในเขตพื้นที่ศึกษา
3. คาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

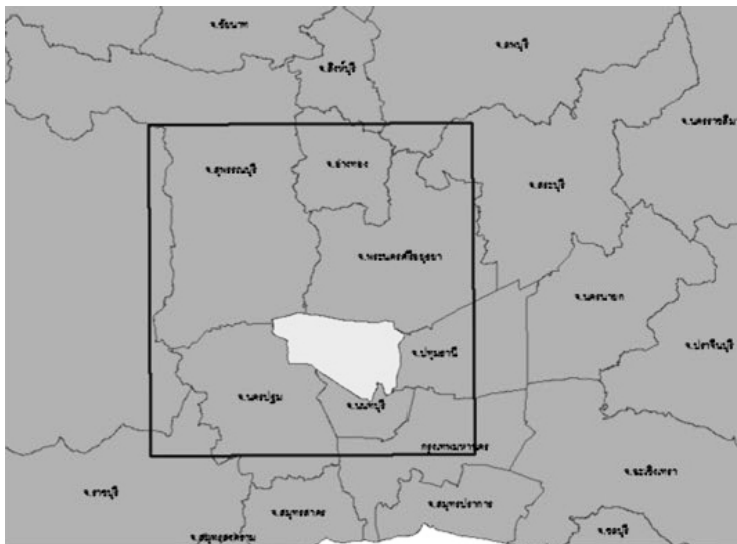
อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ สังกัด สำนักชลประทานที่ 11 กรมชลประทาน การศึกษานี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ โดยในการขั้นตอนแรกขอเขตการศึกษา กำหนดให้มีพื้นที่ เป็นระวางแผนที่ทหาร 1: 50,000 จำนวน 5x5 โดยรอบพื้นที่โครงการฯ เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เขตระหว่างเมืองใหญ่โดยรอบ เพื่อให้ได้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ใกล้เคียงกับการเติบโตของชุมชนในระหว่างเมืองใหญ่โดยรอบ แล้วจึงตัดพื้นที่ศึกษาเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ เฉพาะการศึกษานี้ใช้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปจากปีอ้างอิง และคาดการณ์แนวโน้มการใช้ที่ดินในอนาคต เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนส่งน้ำและวางโครงการรวมถึงรูปแบบลักษณะโครงการที่ต้องเปลี่ยนแปลงตามความต้องการการใช้น้ำ เพื่อตอบสนองเกษตรกรและราษฎรที่อยู่ในพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากปีอ้างอิง



แล้วสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต จากนั้นทำการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต แล้วประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินดังกล่าว โดยใช้เครื่องมือระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ช่วยในการวิเคราะห์ ตั้งสมมุติฐานว่ามีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรเป็นพื้นที่ชุมชนมากขึ้นการวิจัย



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยแบบจำลอง Cellular Automata-Markov

การฉายภาพอนาคตการใช้ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov ประกอบด้วยขั้นตอน (1) การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยแบบจำลอง Markov (2) การจำลองศักยภาพการเปลี่ยนผ่าน (transition potential modeling) โดยเลือกเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยแบบโลจิสติกส์ (logistic regression) (3) การจำลองการเปลี่ยนแปลงด้วย Cellular Automata (CA)

การวิเคราะห์ใช้โปรแกรม QGIS ซึ่งเป็นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบรหัสเปิด (Open source GIS) QGIS สนับสนุนเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะเชิงพื้นที่ (spatial analysis) และยังเป็น platform ให้ผู้พัฒนาซอฟต์แวร์สามารถเขียนโปรแกรมเสริม (plug-in) เพื่อทำงานตามความต้องการได้ โดยในงานวิจัยนี้ใช้ MOLUSCE (Modules for Land Use Change Evaluation) ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริม (plug-in) ของ QGIS สำหรับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต โดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบ Markov Chain หาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ จากการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างหนึ่งเปลี่ยนไปเป็นอีกอย่างหนึ่ง และยังนำหลักการจำลองหน่วยย่อย แบบ Cellular Automata (CA) มาเป็นเทคนิคในการตัดสินใจ คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสถานะที่ดินโดยพิจารณาที่ดินรอบๆข้าง

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ใช้หลักการวิเคราะห์รูปแบบเดียวกับการประเมินความแม่นยำ (accuracy assessment) ของการจำแนกประเภทข้อมูล คือ ตารางความคลาดเคลื่อน (error matrix) และ ค่าสถิติแคปปา (Kappa Statistics)

ตารางความคลาดเคลื่อน (error matrix) เป็นตารางที่แสดงจุดภาพที่กำหนดให้ตามประเภทการใช้ที่ดินที่มีการตรวจสอบในสนาม (reference pixel) กับจำนวนจุดภาพที่ได้จากการจำแนก (classified pixel) เมทริกซ์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้คำนวณความแม่นยำของการจำแนกประเภทข้อมูลได้ 3 ค่า คือ (1) ความแม่นยำรวม (overall accuracy) เป็นอัตราส่วนของจำนวนจุดภาพที่เครื่องจำแนกได้ถูกต้องต่อผลรวมจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่นำมาจำแนกประเภท (2) ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไป (omission error) เป็น อัตราส่วนของจำนวนจุดภาพที่เครื่องไม่ได้จำแนกเข้ากับจำนวนจุดภาพทั้งหมดของชั้นข้อมูลที่นำมาทดสอบ หรือ จำนวนจุดภาพที่จำแนกถูกต้องของชั้นข้อมูลหนึ่ง ๆ หารด้วยผลรวมจำนวนจุดภาพตามแนวตั้งในตาราง (3) ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกเกินมา (commission error) เป็นอัตราส่วนของจำนวนจุดภาพจากข้อมูลที่นำมาทดสอบต่อจำนวนจุดภาพที่จำแนกถูกต้องทั้งหมดของชั้นข้อมูลนั้น

ค่าสถิติแคปปา (Kappa Statistics) (สมพร สง่าวงศ์, 2552) คำนวณได้ตามสมการ

$$\hat{k} = \frac{N \sum_{i=1}^r (x_{ii}) - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})} \quad (1)$$

เมื่อ r เป็นจำนวนแถวของเมทริกซ์แสดงความคลาดเคลื่อน, x_{ii} เป็นผลรวมของจำนวนข้อมูลที่แถว i และคอลัมน์ i , x_{i+} เป็นผลรวมของจำนวนข้อมูลที่แถว i (คอลัมน์ขวาสุดของเมทริกซ์), x_{+i} เป็นผลรวมของจำนวนข้อมูลที่คอลัมน์ i (แถวล่างสุดของเมทริกซ์), N เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมดของเมทริกซ์

ข้อมูลที่ใช้

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ประกอบด้วย แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2549/2550, แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 2551/2552, แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 2553/2556, แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 2558/2559

วิธีการ

1. จำแนกข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยจับกลุ่มข้อมูลทั้งหมดแล้วแบ่งเป็น 6 กลุ่ม คือ พื้นที่นา, พืชไร่, พืชอื่นๆ, พืชน้ำและสัตว์น้ำ, พื้นที่น้ำ, พื้นที่ชุมชน



2. สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ สำหรับประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในอนาคต ดำเนินการโดยใช้แบบจำลองมาคอฟ (Markov model) ทำนายการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการจัดคู่แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปีต่างๆ ซึ่งการทำนายจะเป็นระยะห่างของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินคู่กันๆ

จากการวิจัยใช้การจับคู่แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2551/2552 และ ปี 2553/2556 ซึ่งจะได้ ผลการทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแล้วนำมาเทียบกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2558/2559 ความถูกต้องของข้อมูล ค่า overall accuracy ร้อยละ 84.13 และค่า Kappa statistic เท่า กับ 0.81 พบว่ามีความถูกต้องของข้อมูลสูง (ตารางที่ 1) จึงใช้แบบจำลองดังกล่าวทำนายผลการเปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์ที่ดินต่อไป

การทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินนั้น เลือกใช้คู่ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ ปี 2549/2551 กับ ปี 2558/2559 ในการทำนาย การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต 30 ปี เมื่อได้ผลการทำนาย แล้วนำข้อมูลมาตัดเฉพาะพื้นที่ที่ต้องการศึกษาคือ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ

ผลและวิจารณ์

ในภาพที่ 2 แสดงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน ในปี พ.ศ. 2550 (ภาพที่ 2ก) และ พ.ศ. 2559 (ภาพที่ 2ก) จำแนกเป็น 6 กลุ่ม ประกอบด้วย พื้นที่นาข้าว (R, สีเหลือง) พืชไร่ (U, สีส้ม), พืชอื่นๆ (C, สีเขียว), พืชน้ำและสัตว์น้ำ (WC, สีฟ้า), พื้นที่น้ำ (W, สีน้ำเงิน), พื้นที่ชุมชน (B, สีแดง) ภาพ ที่ 3 แสดงผลการฉายภาพในอนาคต 10 ปี พ.ศ. 2569 (ภาพที่ 3ก) 20 ปี พ.ศ. 2579 (ภาพที่ 3ข) 30 ปี พ.ศ. 2589 (ภาพที่ 3ค) ส่วนตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 และ ผลการฉายภาพอนาคต 30 ปี พ.ศ. 2589

พื้นที่ศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือมีพื้นที่รวม 509,053 ไร่ จากข้อมูลการใช้ที่ดินปี 2559 มีพื้นที่เกษตรกรรมครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดรวม 364,000 ไร่ หรือคิดเป็น 70% ของพื้นที่ ศึกษา พื้นที่ชุมชน 122,400 ไร่ หรือ 24% ของพื้นที่ศึกษาผลการฉายภาพอนาคตอีก 30 ปีข้างหน้า นับ จากปี 2559 ซึ่งเป็นปีฐานในการวิเคราะห์คาดว่าพื้นที่เกษตรกรรมลดลงเหลือ 66% ของพื้นที่ศึกษา ในขณะที่พื้นที่ชุมชนจะเพิ่มขึ้น 29% ของพื้นที่ โดยพื้นที่ชุมชนที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เดิม ที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม

ตารางที่ 1 Accuracy assessment ระหว่าง ข้อมูลคาดการณ์การใช้ที่ดิน ปี 2560
กับ ข้อมูลการใช้ที่ดิน ปี 2559

ข้อมูลคาดการณ์การใช้ที่ดิน ปี 2560 (pixels)

	R	U	C	WC	W	B	Total	C.E.(%)	U.A. (%)
R	29393	351	688	328	154	519	31433	6.49	93.51
U	334	5503	323	21	25	63	6269	12.22	87.78
C	541	359	3823	108	41	281	5153	25.81	74.19
WC	421	27	79	1845	24	95	2491	25.93	74.07
W	267	44	37	32	2751	79	3210	14.30	85.70
B	848	124	525	114	64	14327	16002	10.47	89.53
Total	31804	6408	5475	2448	3059	15364	64558		
O.E (%)	7.58	14.12	30.17	24.63	10.06	6.75			
P.A. (%)	92.42	85.88	69.83	75.37	89.93	93.25			

หมายเหตุ: R, พื้นที่นา; U, พืชไร่; C, พืชอื่นๆ; WC, พืชน้ำและสัตว์น้ำ; W, พื้นที่น้ำ; B, พื้นที่ชุมชน;

O.E, omission error; P.A., producer accuracy; C.E., commission error; U.A., user accuracy

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559
กับผลการฉายภาพอนาคตปี พ.ศ. 2589

คาดการณ์การใช้ที่ดิน ปี 2589 (ไร่)

	R	U	C	WC	W	B	Total
R	277,119	0	231	116	0	33,166	310,632
U	0	0	0	0	0	116	116
C	0	0	30,509	0	0	231	30,740
WC	0	0	0	22,419	0	0	22,419
W	0	0	0	0	22,650	116	22,766
B	0	0	116	0	231	122,034	122,381
Total	277,119	0	30,856	22,535	22,881	155,663	509,054

หมายเหตุ: R, พื้นที่นา; U, พืชไร่ ; C, พืชอื่นๆ; WC, พืชน้ำและสัตว์น้ำ; W, พื้นที่น้ำ; B, พื้นที่ชุมชน;



(ก)
การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2550
(ข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน)



■ พื้นดิน	■ สถานที่เลี้ยงสัตว์น้ำ, พืชน้ำ
■ พืชไร่	■ พื้นน้ำ
■ พืชอื่นๆ	■ พื้นชุมชน

(ข)
การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559
(ข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน)

ภาพที่ 2 การใช้ที่ดินของ คบ.พระยาบรรลือ
จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน



(ก)
การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2569
(ภาพถ่ายขนาดตจจากแบบจำลอง)



(ข)
การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2579
(ภาพถ่ายขนาดตจจากแบบจำลอง)



(ค)

การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2589

(ภาพถ่ายขนาดตจากแบบจำลอง)

ภาพที่ 3 ภาพอนาคตการใช้ที่ดินของ คบ.พระยาบรรลือ

อภิปรายและสรุปผลวิจัย

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ แบบจำลอง Markov (วสันต์, 2555) เป็นทฤษฎีที่นิยมใช้ในการศึกษาเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต แบบจำลอง Markov chain (ชุตินพงษ์, 2551) เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่นำหลักของความน่าจะเป็นภายใต้สมมุติฐานว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงทั้งในอดีตและปัจจุบันจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่เลือกมา นำข้อมูลที่ได้มาสร้าง transition matrix แล้วจึงนำ vector ที่เป็นค่าของสัดส่วนการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นในช่วงอนาคต และ แบบจำลอง CA (ชุตินพงษ์, 2551) พื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่การใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดินรอบข้างที่มีลักษณะเหมือนกัน แบบจำลอง CA Markov (วสันต์, 2555) คือการนำหลักการของ Markov chain และ Cellular automata มาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลที่ได้เป็นการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ชุมชนมากขึ้นเป็นอัตราส่วนที่สูงทางด้านฝั่งตะวันตกและทิศใต้ของโครงการฯ

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการปรับเปลี่ยนการบริหารจัดการการวางโครงการพัฒนาต่างๆ ในเขตพื้นที่โครงการพระยาบรรลือเพื่อให้สอดคล้องกับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทีมพัฒนาซอฟต์แวร์ Quantum GIS และ MOLUSCE ให้สิทธิในการใช้งานสำหรับงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณกรมพัฒนาที่ดินที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับการศึกษานี้



เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, (2550) การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2550. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

ชุตติพงษ์ ร่มสนธิ. (2551). การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้แบบจำลอง CA-MARKOV บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

वलันต์ ออวัฒนา. (2555). การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดภูเก็ต. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาภูมิศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สมพร สง่าวงศ์. (2552). การสำรวจระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินและการประยุกต์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การประเมินผลของความแปรปรวนภูมิอากาศต่อศักยภาพการผลิตของข้าวนาสวน

ในจังหวัดชัยนาทด้วยแบบจำลอง DSSAT-CERES

Assessment of the Effect of Climate Variability on Yield Potential of Lowland

Rice in Chainat Province using DSSAT-CERES

เอกพันธ์ มาเลิศ^{1,2} และ เอกสิทธิ์ ไชลิตสกุลชัย¹

Aekaphan Marled^{1,2} and Ekasit Kositsakulchai¹

¹ ห้องปฏิบัติการวิจัยการติดตามและการจัดการทางอุทกวิทยาเกษตรด้วยระบบอัจฉริยะ (INAMM)

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

² โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ สำนักงานชลประทานที่ 12

กรมชลประทาน ชัยนาท 17000

e-mail: aekaphan.ma@ku.th, ekasit.k@ku.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาความแปรปรวนของปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อศักยภาพการผลิตข้าวในพื้นที่จังหวัดชัยนาทโดยใช้แบบจำลอง DSSAT การดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย การประเมินผลผลิตข้าวด้วยโมดูลแบบจำลองพืช CERES-RICE ใน DSSAT โดยการจำลองสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขระบบการผลิตพืชสูงสุดและเงื่อนไขระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นปัจจัยจำกัด ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลภูมิอากาศและปริมาณฝนรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยาชัยนาท ระหว่างปี พ.ศ.2513 ถึง พ.ศ. 2560 รวม 48 ปี ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองการเติบโตพืชประเมินศักยภาพการผลิตข้าวของจังหวัดชัยนาทมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 1,000 ถึง 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ โดยความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อศักยภาพการผลิตข้าวและอุณหภูมิมีผลต่อจำนวนวันที่เพาะปลูก ส่วนในการจำลองสถานการณ์ด้วยเงื่อนไขระบบการผลิตที่มีน้ำจำกัด ปริมาณผลผลิตข้าวอยู่ระหว่าง 350 ถึง 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ แปรผันตามปริมาณฝนระหว่างช่วงเพาะปลูกการศึกษาปัจจัยภูมิอากาศที่มีผลต่อความแปรปรวนต่อผลผลิตข้าวสามารถนำไปประยุกต์สำหรับการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรืออาจใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการปรับตัวในอนาคต

คำสำคัญ: แบบจำลองพืช, ข้าว, ภูมิอากาศ



Abstract

The effects of climate variability on yield potential of lowland rice in Chainat province were studied using the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) software. The CERES-RICE crop module of DSSAT was selected for simulating rice yields under potential production and water-limited production systems using climate and rainfall from 1970-2015. The effects of temperature, solar radiation and rainfall on rice grain yield were investigated. In the potential production system the rice yield varied from 6,875-7,500 kg-ha⁻¹ depending on the total energy of solar radiation during the growing season; warmer temperatures led to shorter growing seasons. In the water-limited production system the rice yield varied directly with the amount of rainfall from 2,200-7500 kg-ha⁻¹. The results enabled stakeholders to evaluate the impact of climate variability and to identify adaptation strategies under future changing climate.

Keywords: Crop model, Rice, Climate

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อสังคมไทย ไม่เพียงแต่เป็นแหล่งอาหารที่ให้คาร์โบไฮเดรตประจำวัน ในแต่ละปีข้าวที่เหลือจากการบริโภคถูกส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ (อรรควุฒิ ทักษิณสองชั้น และนพพร คล้ายพงษ์พันธุ์, 2547) สภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยธรรมชาติที่มีผลต่อการปลูกข้าวอย่างมาก โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งพื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝน ความแปรปรวนภูมิอากาศ (climate variability) เป็นสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่มากกว่าช่วงฤดูกาลหรือช่วงปี (Aggarwal & Penning de Vries, 1989) เช่น ฤดูฝนที่บางปีมีปริมาณฝนตกน้อยกว่าปีอื่น ๆ ซึ่งต่างจากค่าเฉลี่ย แต่ไม่ส่งผลแตกต่างทางสถิติในระดับยาวนานปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลโดยตรงต่อการปลูกข้าว การศึกษาที่ผ่านมามีการใช้เทคนิคต่างๆ และใช้ข้อมูลทางภูมิอากาศสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบของความแปรปรวนภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้แบบจำลองพืชสำหรับประเมินผลผลิต

จังหวัดชัยนาท เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคกลางมีพื้นที่ทั้งหมด 1.62 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ปลูกข้าว 0.88 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 7, 2560) ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับความนิยมจากเกษตรกรในพื้นที่ เนื่องจากให้ผลผลิตสูงคุณภาพเมล็ดดี และมีความต้านทานต่อโรคแมลงสูง โดยปลูกในฤดูนาปี ช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม และเก็บเกี่ยวช่วงเดือนพฤศจิกายน ผลผลิตข้าวนาปีของจังหวัดชัยนาท ย้อนหลัง 3 ปีเพาะปลูก ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 มีผลผลิตต่อไร่ประมาณ 658-678 kg-Rai⁻¹ และข้าวนาปรัง มีผลผลิตต่อไร่ประมาณ 608-703 kg-Rai⁻¹ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561)

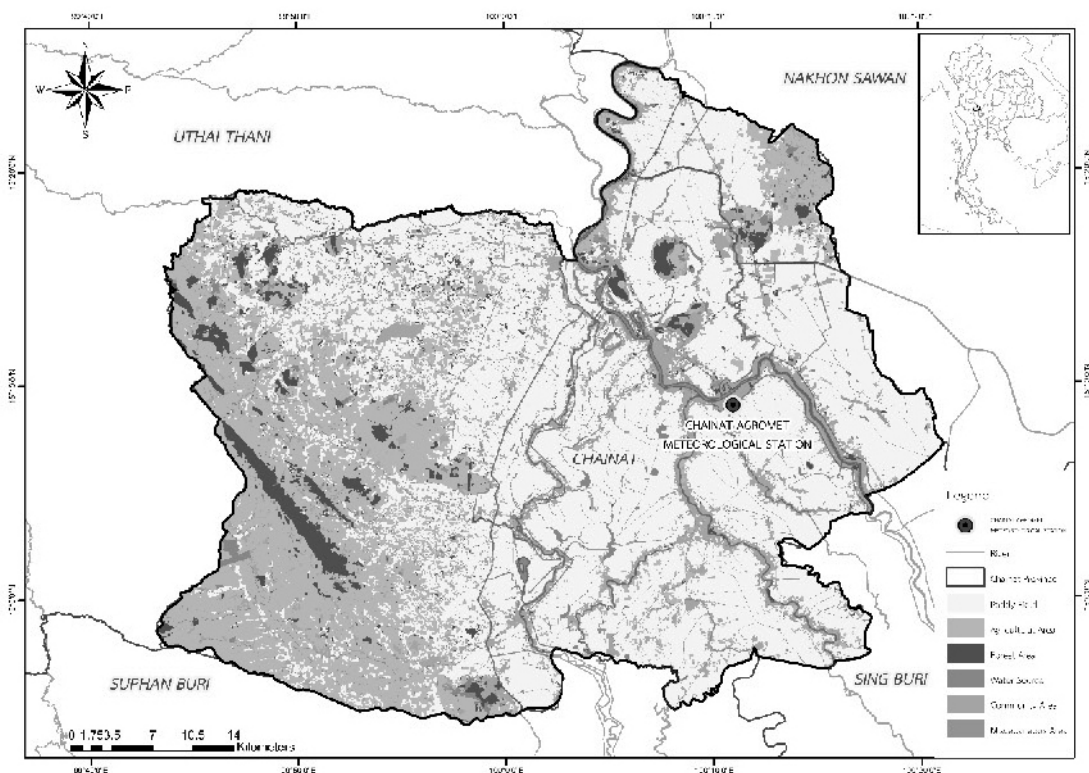
การประเมินผลของความแปรปรวนภูมิอากาศต่อศักยภาพผลผลิตข้าวมีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินผลผลิตข้าวในพื้นที่จังหวัดชัยนาท แม้บางปีจะประสบปัญหาภัยธรรมชาติ และราคาข้าวตกต่ำ จึงทำให้การแก้ปัญหาไม่ทันเวลา จึงจำเป็นต้องมีการคาดคะเนผลผลิตข้าว ที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และทันเวลา เพื่อที่จะประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือเป็นแนวทางในวางแผนปรับตัวในอนาคต

บทความนี้มีเป้าหมายเพื่อประเมินอิทธิพลของภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวในระดับศักยภาพผลผลิต และอายุการเก็บเกี่ยวในพื้นที่จังหวัดชัยนาท โดยประยุกต์แบบจำลอง DSSAT-CERES สำหรับจำลองสถานการณ์การเจริญเติบโตของข้าวภายใต้สภาพความแปรปรวนของภูมิอากาศ

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

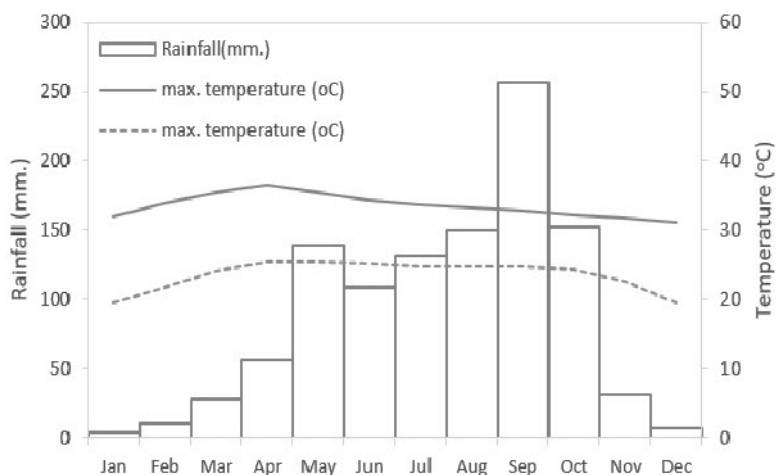
จังหวัดชัยนาท เป็นจังหวัดหนึ่งที่ตั้งอยู่ในภาคกลาง อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14.9-15.4 องศาเหนือและเส้นแวงที่ 99.7-100.4 องศาตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 2,469 km² (ภาพที่ 1) กรมพัฒนาที่ดินรายงานว่าพื้นที่นาข้าวในปี พ.ศ.2560 คิดเป็น 67.6% ของพื้นที่ทั้งจังหวัด และปลูกข้าวเป็นพืชหลัก โดยปลูกข้าว 2 แบบ คือ ข้าวนาปี ปลูกเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน และข้าวนาปรัง ปลูกเดือนมกราคม-เมษายน สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรรายงานค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวในจังหวัดชัยนาทที่ 664 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วงปี พ.ศ.2559-2560



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาจังหวัดชัยนาท



จังหวัดชัยนาท ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ฤดู กรมอุตุนิยมวิทยาได้ รายงานว่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,021.4 mm. ถึง 1,477 mm. ช่วงปี พ.ศ. 2513-2560 (ภาพที่ 2) ฝนเริ่มระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 28.1°C สูงสุดช่วงเดือนเมษายน 39°C และต่ำสุด 20°C ช่วงเดือนธันวาคม ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 73% ลักษณะภูมิประเทศ มีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม พื้นที่ตอนกลาง ตอนใต้และตะวันออกของจังหวัดมีลักษณะเป็นที่ราบจนถึง พื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นมีภูเขาสลับเป็นบางช่วง มีแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำน้อยไหลผ่าน



ภาพที่ 2 ปริมาณฝนรายเดือนและอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดประจำวันเฉลี่ยที่สถานีอุตุนิยมวิทยาชัยนาท จังหวัดชัยนาท (พ.ศ.2513-2560)

การจำลองระบบการผลิตพืช

ระบบการผลิตพืชสำหรับแบบจำลองการเติบโตของพืชแบ่งเป็น 4 ระดับ (Penning de Vries & van Laar, 1982; เอกลีทธิ ไชลิตสกุลชัย และคณะ, 2550) ได้แก่ (1) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (potential crop production system) เป็นแบบจำลองระบบที่กระบวนการเติบโตและพัฒนาการของพืชได้รับปัจจัยการผลิตอย่างเต็มที่ กล่าวคือ มีปริมาณน้ำและธาตุอาหารตามความต้องการ แต่ไม่ถึงระดับที่เป็นพืชต่อพืชและสภาพแวดล้อม (2) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (water limited crop production system) อัตราการเติบโตของพืชอาจถูกจำกัดด้วยน้ำในบางช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม พืชสามารถมีอัตราการเติบโตเต็มศักยภาพได้เหมือนในระบบแรก ถ้าหากมีปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ กระบวนการที่เพิ่มขึ้นในแบบจำลองระบบนี้ ได้แก่ พลวัตของน้ำในดินและพืช น้ำผิวดินและน้ำระบายออกจากระบบ และกระบวนการถ่ายเทความร้อนระหว่าง บรรยากาศ-พืช-ดิน (3) ระบบการผลิตพืชที่ไนโตรเจนเป็นข้อจำกัด (nitrogen limited crop production system) มีกระบวนการที่เพิ่มขึ้นในแบบจำลองระบบนี้ ได้แก่ พลวัตของธาตุไนโตรเจนในดินและพืช (4) ระบบการผลิตพืชที่ธาตุอาหารอื่น ศัตรูพืช และปัจจัยทางสังคมเป็นข้อจำกัด (other plant nutrients, pest, and social factors limited crop production system)

เป็นระบบการผลิตพืชที่มีธาตุอาหารอื่นนอกจากไนโตรเจน มีศัตรูพืช และมีปัจจัยทางสังคมเป็นข้อจำกัด การเติบโตของพืชในระบบการผลิตนี้

แบบจำลองการเจริญเติบโตพืช DSSAT-CERES

แบบจำลอง DSSAT (Decision Support System for Agro-technology Transfer) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการคาดการณ์การเจริญเติบโตของพืชต่างๆ แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชที่ถูกบรรจุไว้ในโปรแกรม DSSAT ได้แก่ CROPGRO-Soybean, CERES-Rice, CSCRIP-Cassava เป็นต้น โดยข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองนี้ได้แก่ ข้อมูลภูมิอากาศ (weather data) ข้อมูลดิน (soil data) ข้อมูลการจัดการแปลงปลูกพืช (management data) และข้อมูลพืช (genetic coefficients, GC) (Guilpart, Grassini, Sadras, Timsina, & Cassman, 2017)

แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว (CERES-Rice) เป็นแบบจำลองหนึ่งในตระกูล CERES (Crop-Environment Resource System) บรรจุในโปรแกรม DSSAT แบบจำลองนี้ยึดกระบวนการทางสรีรวิทยาและการสะสมน้ำหนักรวมของส่วนต่างๆ ของข้าวในแต่ละช่วงเวลาเป็นหลัก (Mishra, Singh, Raghuwanshi, Chatterjee, & Froebrich, 2013) และออกแบบขึ้นเพื่อที่จะประยุกต์ใช้ได้ทุกสภาพแวดล้อม ไม่ขึ้นกับสถานที่ ฤดูกาล หรือระบบการจัดการ

ข้าวนาสวน

ข้าวอาจจำแนกตามสภาพพื้นที่เพาะปลูกได้เป็น ข้าวไร่ (upland rice) ข้าวนาสวน (lowland rice) และ ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง (floating rice) (อรรถวุฒิ ทศน์สองชั้น และนพพร คล้ายพงษ์พันธุ์, 2547) ข้าวไร่เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและพื้นที่ลาด ไม่ต้องทำคันนาเก็บน้ำ ปลูกโดยการหว่าน ข้าวนาสวนเป็นข้าวที่ปลูกในที่ราบลุ่มทั่วไปในสภาพขังน้ำไม่เกิน 1 เมตร ข้าวขึ้นน้ำปลูกในแหล่งที่ไม่สามารถควบคุมระดับในนาได้ ข้าวกลุ่มนี้มีลักษณะพิเศษในการยึดตัวหน้ำน้ำได้

ข้าวอาจจำแนกตามอายุการเก็บเกี่ยวเป็น 3 ประเภทโดยอายุการเก็บเกี่ยวจะนับตั้งแต่วันเพาะกล้าหรือหว่านข้าวในนาจนถึงเก็บเกี่ยว (Guilpart et al., 2017) คือ ข้าวเบา (early variety) อายุเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ข้าวกลาง (medium variety) อายุเก็บเกี่ยว 100-120 วัน และข้าวหนัก (late variety) อายุเก็บเกี่ยว 120 วันขึ้นไป

ข้าวพันธุ์ชยันนาท 1 เป็นข้าวเจ้า ไร่โตต่อช่วงแสง ปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง อายุข้าวประมาณ 119 วันเมื่อปลูกฤดูฝน และ 130 วันในฤดูแล้ง มีลักษณะทรงกอตั้ง รวงยาวแน่น คอรวงสั้น เมล็ดยาวเรียวยาระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ ให้ผลผลิตเฉลี่ยฤดูฝน 725 กิโลกรัมต่อไร่ และฤดูแล้ง 754 กิโลกรัมต่อไร่ (ศูนย์วิจัยข้าวชยันนาท, 2554)



ข้อมูลที่ใช้

1. ข้อมูลภูมิอากาศ ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศเกษตรชัชยานาเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา ซึ่งข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลรายวันเริ่มจาก ปี พ.ศ.2513 ถึงปี พ.ศ.2560 ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ความยาวนานชั่วโมงแสงแดด ปริมาณน้ำฝน ปริมาณการระเหยจากผิวดินการระเหยและความชื้นสัมพัทธ์
2. ข้อมูลดิน เป็นข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและทางชลศาสตร์ของดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน โดยเลือกข้อมูลดินของกลุ่มชุดดินมโนรมย์เป็นข้อมูลตัวแทนของพื้นที่ศึกษา (สถิระ อุดมศรี และคณะ, 2547)
3. การจัดการแปลงปลูกพืช เป็นข้อมูลในการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับรันโปรแกรม อาทิ วันเริ่มปลูก อัตราต้นต่อพื้นที่ ระยะปลูก ความลึกในการหยอดเมล็ด วันใส่ปุ๋ย วันให้น้ำ เป็นต้น
4. ข้อมูลพืชเป็นข้อมูลพารามิเตอร์ข้าวที่มีการปรับเทียบแล้วในฐานข้อมูล DSSAT ในการศึกษา โดยเลือกใช้พันธุ์ข้าวชัชยานา 1

วิธีการ

วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย (1) การรวบรวมข้อมูล(2) การจัดทำแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (3) การวิเคราะห์ความแปรปรวนภูมิอากาศต่อผลผลิตด้วยการจำลองสถานการณ์

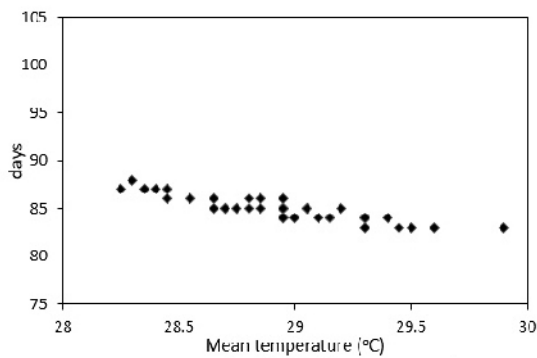
การรวบรวมข้อมูลได้ทำการตรวจสอบและคัดเลือกข้อมูลสถานีเพื่อใช้ในการศึกษา ข้อมูลภูมิอากาศรายวันใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศเกษตรชัชยานา กรมอุตุนิยมวิทยา เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา โดยมีข้อมูลระหว่าง ปี พ.ศ.2513 ถึง พ.ศ.2560 ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด จำนวนชั่วโมงแสงอาทิตย์และความชื้นสัมพัทธ์ โดยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (solar radiation) แบบจำลองคำนวณจากผลต่างอุณหภูมิสูงสุดกับต่ำสุดประจำวัน (Hargreaves & Samani, 1985)

การจัดทำแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชเพื่อประเมินผลของปัจจัยภูมิอากาศที่มีผลต่อศักยภาพการผลิตข้าว ได้เลือกแบบจำลอง CERES-Rice ซึ่งเป็นโมดูลพืชในแบบจำลอง DSSAT เป็นเครื่องมือการสร้างแบบจำลองในขั้นแรกเป็นการกำหนดชุดดินจัดตั้ง (soil series) ที่เป็นตัวแทนในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ถัดมา เป็นการกำหนดข้อมูลพันธุ์ข้าวที่เป็นตัวแทนในการศึกษา คือ พันธุ์ชัชยานา 1 ซึ่งเป็นหนึ่งในพันธุ์ข้าวของประเทศไทยที่มีการศึกษาปรับเทียบค่าพารามิเตอร์พืชและถูกรวบรวมในฐานข้อมูลในแบบจำลอง DSSAT-CERES

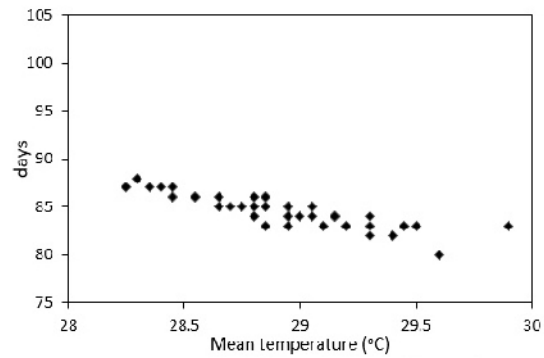
ถัดมา เป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยทำการเชื่อมโยงข้อมูลภูมิอากาศและข้อมูลดินเข้ากับฐานข้อมูลพืชของ DSSAT ในขั้นตอนนี้ กำหนดเงื่อนไขการจำลอง โดยกำหนดวันเพาะปลูกเป็นวันที่ 13 กรกฎาคม และทำการปลูกทั้งนาดำและนาหว่าน โดยทำการจำลองสถานการณ์ในกรณีระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (potential production system) และระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (water-limited production system)

ผลและวิจารณ์

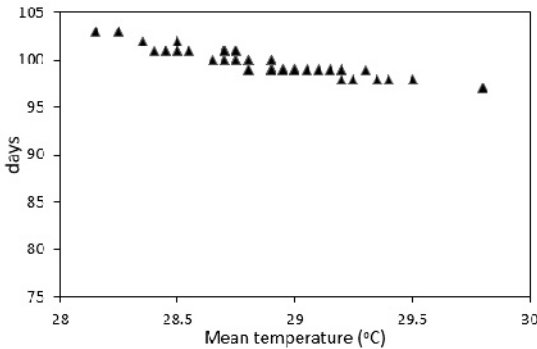
ผลการจำลองศักยภาพผลผลิตข้าวนาดำและนาหว่านภายใต้ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ และระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัดระยะเวลา 48 ฤดูเพาะปลูก แสดงใน ภาพที่ 3 ถึงภาพที่ 8 โดยภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4 เป็นผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บเกี่ยว (total growing period) และ ปริมาณผลผลิต (dry grain yield) ตามลำดับใน ภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6 เป็นผลของปริมาณพลังงานรังสี แสงอาทิตย์ (solar radiation) และใน ภาพที่ 7 ภาพที่ 8 เป็นผลของปริมาณน้ำฝน โดยในภาพย่อย (A) และ (B) เป็นกรณีข้าวนาดำ (transplanting) ภายใต้ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (potential production) และระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (water-limited production) ตามลำดับ ส่วนในภาพ (C) และ (D) เป็นกรณีข้าวนาหว่าน (sowing)



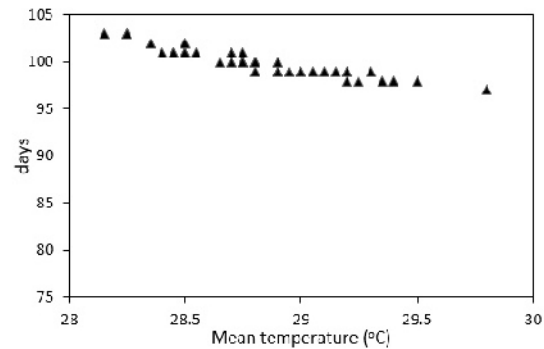
(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาดำ



(B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ

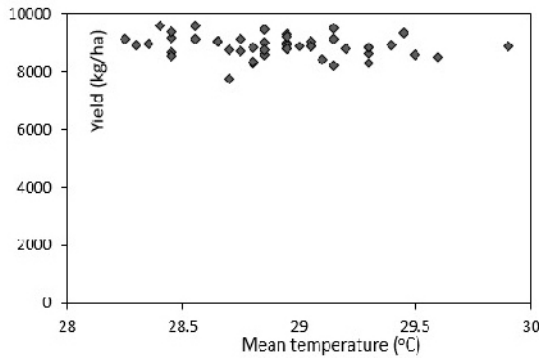


(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาหว่าน

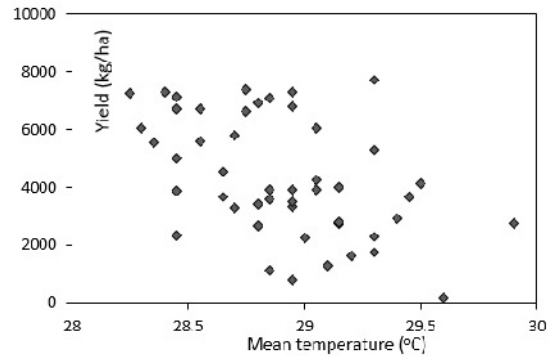


(D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

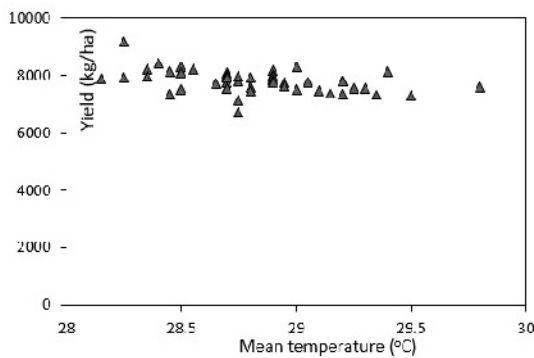
ภาพที่ 3 ผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บเกี่ยวข้าวภายใต้ 4 ระบบการผลิต



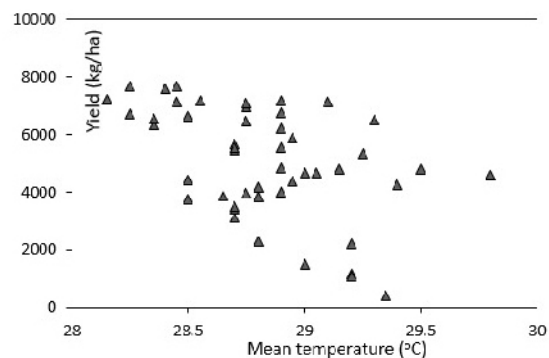
(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาดำ



(B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ



(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาหว่าน



(D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

ภาพที่ 4 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณผลผลิตข้าวภายใต้ 4 ระบบการผลิต

ผลของอุณหภูมิ

อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาเพาะปลูกของ 48 ถูเพาะปลูก มีค่าระหว่าง 23.8-34.5 °C ในระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพและระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัดข้าวนาดำ (transplanting) มีอายุเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกันระหว่าง 80-88 วัน (ภาพที่ 3-A และ 3-B) ส่วนนาหว่านมีอายุเก็บเกี่ยวระหว่าง 97-103 วัน (ภาพที่ 3-A และ 3-D)

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณผลผลิตข้าวเป็นน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกแห้งต่อหน่วยพื้นที่ ในระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (ภาพที่ 4-A และ 4-C) ผลผลิตของข้าวนาดำมีค่าระหว่าง 7,779-10,065 kg-ha⁻¹(1,244-1,610 kg-Rai⁻¹) (ภาพที่ 4-A)มีค่าต่ำสุดในปี 2554 และสูงสุดในปี 2514 ส่วนผลผลิตข้าวนาหว่านมีค่าระหว่าง 6,726-9,195kg-ha⁻¹(1,076-1,471 kg-Rai⁻¹) (ภาพที่ 4-C) มีค่าต่ำสุดในปี 2554 และสูงสุดในปี 2514

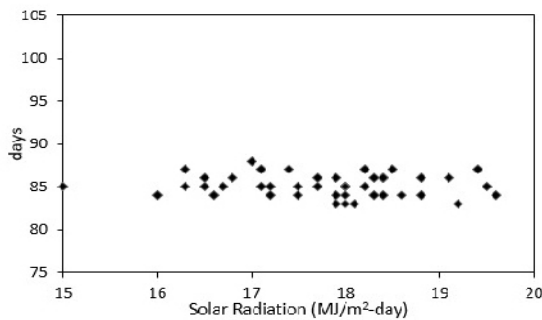
ในระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (ภาพที่ 4-B และ 4-D) ผลผลิตข้าวนาดำมีค่าระหว่าง 164-7,718 kg-ha⁻¹(26-1,234 kg-Rai⁻¹) (ภาพที่ 4-B) มีค่าต่ำสุดในปี 2550 และสูงสุดในปี 2553 ผลผลิตข้าวนาหว่านมีพิสัยระหว่าง 403-7,681kg-ha⁻¹(64-1,228 kg-Rai⁻¹) (ภาพที่ 4-D) มีค่าต่ำสุดในปี 2550 และสูงสุดในปี 2514

ผลของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์

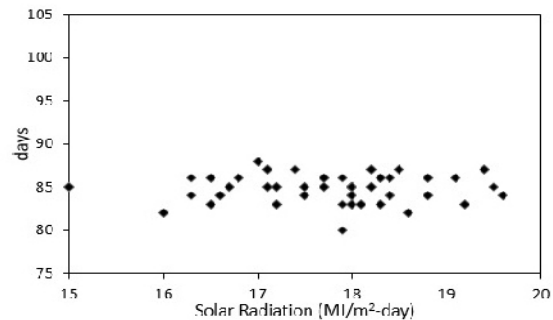
ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดช่วงเวลาเพาะปลูกของ 48 ถูเฉพาะปลูก มีค่าระหว่าง 15-20.2 MJ-m⁻²day⁻¹ ผลปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ต่ออายุการเก็บเกี่ยวข้าวมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งในระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (ภาพที่ 5-A และ 5-C) และระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (ภาพที่ 5-B และ 5-D)

ผลการจำลองในระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (ภาพที่ 6-A และ 6-C) ผลผลิตข้าวนาดำ มีค่าระหว่าง 7,779-10,065 kg-ha⁻¹ (1,244-1,610 kg-Rai⁻¹) มีค่าต่ำสุดในปี 2560 ปริมาณพลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดช่วงเวลาเพาะปลูก 15 MJ-m⁻²-day⁻¹ และมีค่าสูงสุดในปี 2514 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 19.4 MJ-m⁻²-day⁻¹ (Figure 6-A) สำหรับผลผลิตข้าวนาหว่าน (ภาพที่ 6-C) มีค่าระหว่าง 6,726-9,195 kg-ha⁻¹ (1,076-1,471 kg-Rai⁻¹) มีค่าต่ำสุดในปี 2560 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 15 MJ-m⁻²-day⁻¹ และมีค่าสูงสุดในปี 2514 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 19.6 MJ-m⁻²-day⁻¹

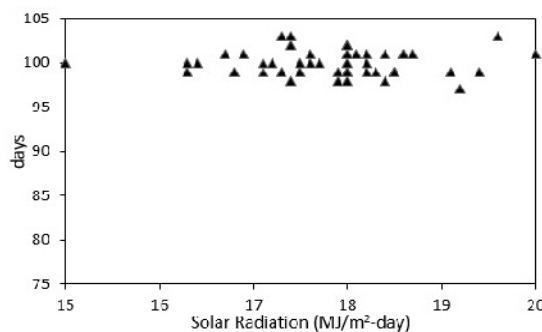
ส่วนระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (ภาพที่ 6-B และ 6-D) ผลผลิตข้าวนาดำ มีค่าระหว่าง 164-7,718 kg-ha⁻¹ (26-1,234kg-Rai⁻¹) (ภาพที่ 6-B) มีค่าต่ำสุดในปี 2550 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 17.9 MJ-m⁻²-day⁻¹ และค่าสูงสุดในปี 2553 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 18.1 MJ-m⁻²-day⁻¹ ผลผลิตข้าวนาหว่าน (ภาพที่ 6-D) มีค่าระหว่าง 403-7,681kg-ha⁻¹ (64-1,228 kg-Rai⁻¹) (ภาพที่ 6) มีค่าต่ำสุดในปี 2550 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 17.4 MJ-m⁻²-day⁻¹ และมีค่าสูงสุดในปี 2514 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 19.6 MJ-m⁻²-day⁻¹



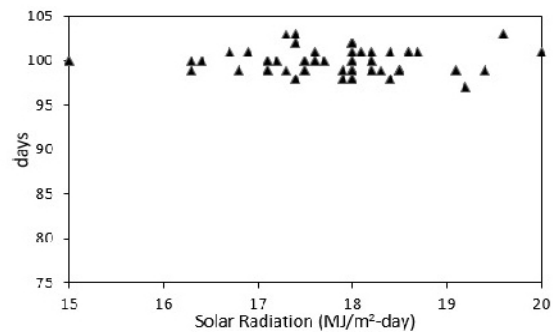
(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาดำ



(B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ

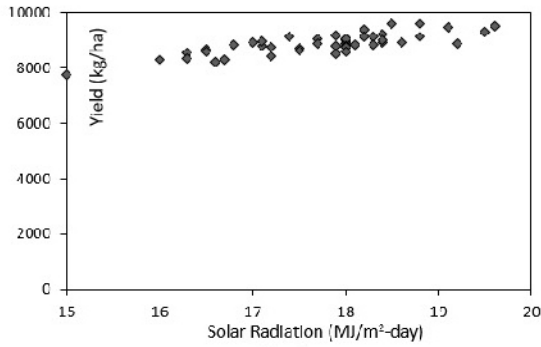


(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาหว่าน

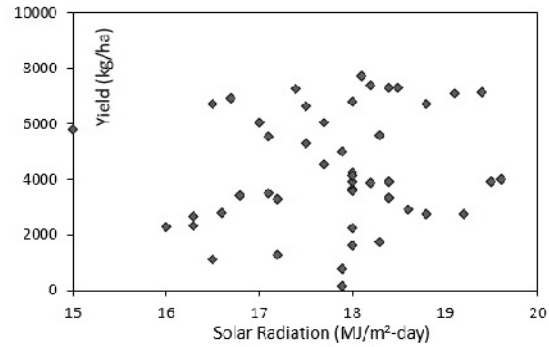


(D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

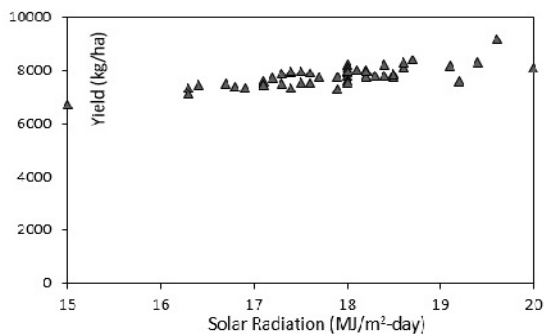
ภาพที่ 5 ผลของรังสีแสงอาทิตย์ต่ออายุการเก็บเกี่ยวข้าวภายใต้ 4 ระบบการผลิต



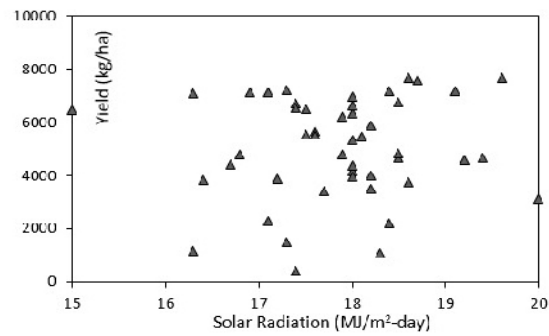
(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาดำ



(B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ



(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาหว่าน



(D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

ภาพที่ 6 ผลของรังสีแสงอาทิตย์ต่อปริมาณผลผลิตข้าวภายใต้ 4 ระบบการผลิต

ผลของปริมาณฝน

ปริมาณฝนรวมตลอดช่วงเวลาเพาะปลูกของ 48 ฤดูเพาะปลูกสำหรับข้าวนาหว่านมีค่าระหว่าง 296-1,075.6 mm สำหรับข้าวนาดำมีค่าระหว่าง 240.2-821.4 mm โดยปริมาณน้ำฝนรวมกรณีข้าวนาดำมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยเนื่องจากการจำลองช่วงเวลาเพาะปลูกที่สั้นกว่าข้าวนาหว่าน ผลปริมาณน้ำฝนต่ออายุการเก็บเกี่ยวข้าวมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงทั้งในระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (ภาพที่ 7-A และ 7-C) และระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (ภาพที่ 7-B และ 7-D)

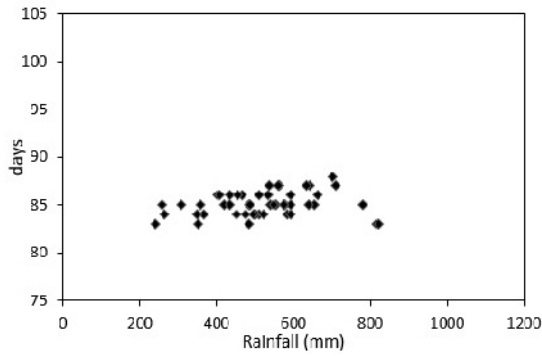
กรณีระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (ภาพที่ 8-A และ 8-C) ผลผลิตข้าวนาดำมีค่าอยู่ระหว่าง 7,779-10,065 kg-ha⁻¹ (1,244-1,610 kg-Rai⁻¹) (ภาพที่ 8) ซึ่งค่าผลผลิตต่ำสุดในปี 2554 ปริมาณฝนในช่วงปลูก 575.3 mm และผลผลิตสูงสุดในปี 2514 ปริมาณฝนในช่วงปลูก 710.4 mm ผลผลิตข้าวนาหว่านมีค่าระหว่าง 6,726-9,195 kg-ha⁻¹ (1,076-1,471 kg-Rai⁻¹) (ภาพที่ 8) ซึ่งค่าผลผลิตต่ำสุดในปี 2554 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 620.8 mm และผลผลิตสูงสุดในปี 2514 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 726.6 mm

กรณีระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด(ภาพที่ 8-B และ 8-D) ผลผลิตข้าวนาดำมีค่าอยู่ระหว่าง 164-7,718kg-ha⁻¹(26-1,234kg-Rai⁻¹) (ภาพที่8-B) ซึ่งค่าผลผลิตต่ำสุดในปี 2550 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 240.2 mm และผลผลิตสูงสุดในปี 2553 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 816.6 mm ผลผลิตข้าวนาหว่าน (ภาพที่ 8-D) มีค่าอยู่ระหว่าง 403-7,681kg-ha⁻¹(64-1,228 kg-Rai⁻¹) (ภาพที่ 8) ซึ่งค่าผลผลิตต่ำสุดในปี 2550 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 425.8 mm และผลผลิตสูงสุดในปี 2514 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 726.6 mm

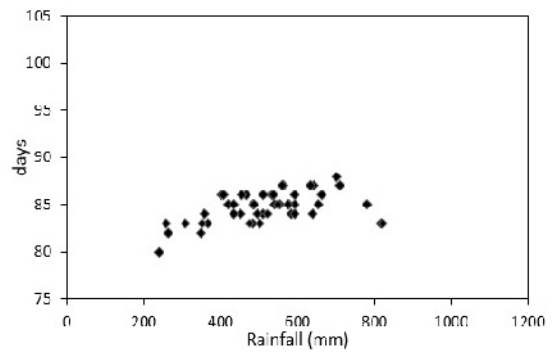
วิจารณ์ผล

เมื่อเปรียบเทียบผลอายุการเก็บเกี่ยวของข้าวจากการจำลองพบว่า อายุการเก็บเกี่ยวของข้าวนาดำสั้นกว่าของข้าวนาหว่านเนื่องจากแบบจำลองเริ่มนับอายุเก็บเกี่ยวจากวันที่ดำนา ระยะเวลาเพาะปลูกรวมสำหรับข้าวนาดำต้องรวมระยะเวลาสำหรับการเตรียมต้นกล้าซึ่งใช้เวลา 15-20 วันโดยประมาณ อีกประการหนึ่ง พบว่าอายุการเก็บเกี่ยวของข้าวจากแบบจำลองน้อยกว่าอายุเก็บเกี่ยวจริงราว 5-10 วัน ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองนับอายุการเก็บเกี่ยวจากวันที่เริ่มปลูกข้าวจนถึงวันที่สุกแก่ในขณะที่ในสภาพความเป็นจริงเมื่อข้าวเริ่มสุกแก่ ชาวนาจะระบายน้ำออกจากแปลง ต้องใช้เวลาอีกระยะหนึ่งเพื่อรอให้ดินในนาแห้งและสามารถใช้รถเก็บเกี่ยวข้าวลงในแปลงนาได้ ในส่วนของปัจจัยภูมิอากาศที่มีผลต่ออายุการเก็บเกี่ยวมากที่สุด จากผลการจำลองพบว่า เป็นอุณหภูมิในช่วงเวลาเพาะปลูก โดยอายุการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มสั้นลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ภาพที่ 3) ในขณะที่ความแปรปรวนของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์กับปริมาณน้ำฝน ผลการจำลองไม่ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์กับอายุการเก็บเกี่ยวข้าว (ภาพที่ 5 และ 7)

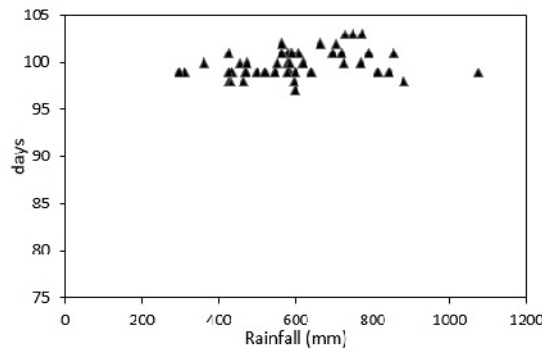
ส่วนผลการจำลองศักยภาพของผลผลิต พบว่า ในการจำลองระบบการผลิตเต็มศักยภาพ ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีผลต่อศักยภาพผลผลิตข้าวมากที่สุด โดยผลผลิตข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (ภาพที่ 6-A และ 6-C) รองลงมาเป็นอุณหภูมิ โดยศักยภาพผลผลิตมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนหนึ่งเป็นผลจากอายุการเก็บเกี่ยวของข้าวที่มีแนวโน้มสั้นลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้ข้าวมีระยะเวลาในการสะสมอาหารน้อยลง (ภาพที่ 4-A และ 4-C) ในขณะที่ การจำลองระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด ปริมาณผลผลิตข้าวขึ้นอยู่กับปริมาณฝนรวมตลอดช่วงเวลาเพาะปลูก (ภาพที่ 8-A และ 8-D) และมีความแปรปรวนสูงมาก ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการชลประทานที่สามารถช่วยลดความแปรปรวนของผลผลิตข้าว หรือกล่าวอีกแง่หนึ่ง การชลประทานสามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพของผลผลิตข้าว



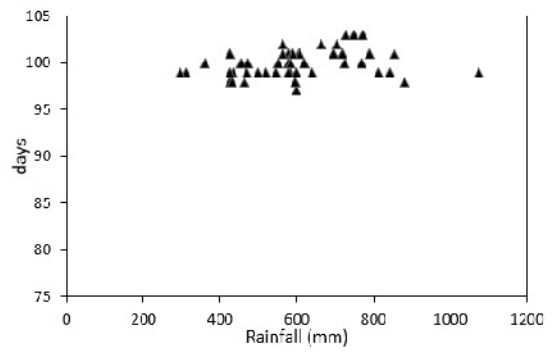
(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพภาพ-นาดำ



(B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ

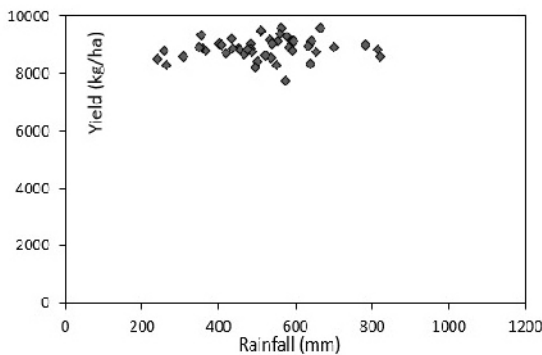


(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพภาพ-นาหว่าน

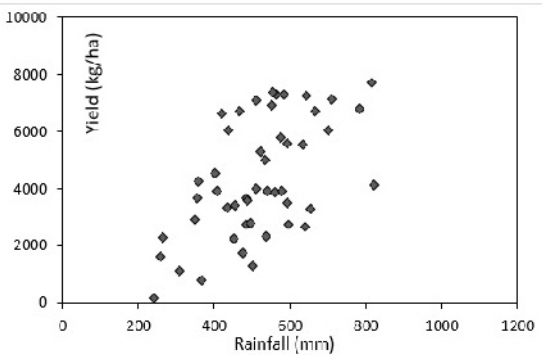


(D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

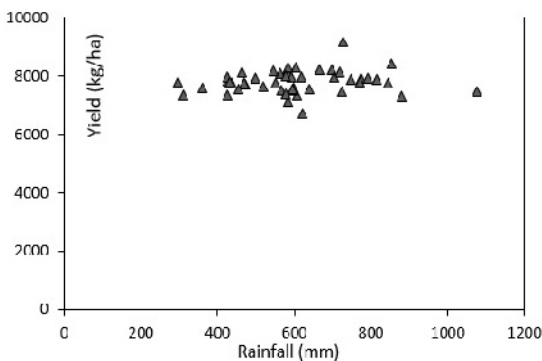
ภาพที่ 7 ผลของปริมาณฝนต่ออายุการเก็บเกี่ยวภายใต้ 4 ระบบการผลิต



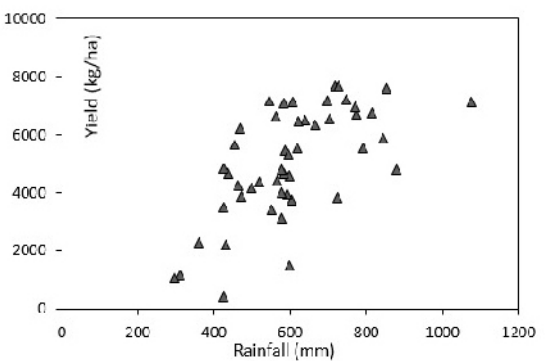
(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพภาพ-นาดำ



(B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ



(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพภาพ-นาหว่าน



(D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

ภาพที่ 8 ผลของปริมาณฝนต่อปริมาณผลผลิตข้าวภายใต้ 4 ระบบการผลิต

สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความแปรปรวนภูมิอากาศต่อศักยภาพผลผลิตของข้าวนาสวนในจังหวัดชัยนาท การดำเนินการ ประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลดิน ข้อมูลจัดการแปลงปลูกพืช และ ข้อมูลพืช การจำลองระบบการผลิตพืชข้าวด้วยแบบจำลอง CERES-Rice ใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2513 ถึง พ.ศ. 2560 รวม 48 ฤดูเพาะปลูกโดยทำการจำลองการปลูกข้าวนาดำและนาหว่านภายใต้ระบบการผลิตพืชขั้นสูงสุดเต็มศักยภาพและระบบการผลิตที่มีน้ำจำกัดผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าปัจจัยภูมิอากาศที่มีผลต่ออายุการเก็บเกี่ยวมากที่สุดเป็นอุณหภูมิในช่วงเวลาเพาะปลูกโดยอายุการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มสั้นลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีผลต่อศักยภาพผลผลิตข้าวมากที่สุด โดยผลผลิตข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ จากการจำลองระบบการผลิตเต็มศักยภาพมีผลผลิตข้าวระหว่าง 1,000 ถึง 1,600 kg-Rai⁻¹ ส่วนในการจำลองระบบการผลิตที่มีน้ำจำกัด ปริมาณผลผลิตข้าวสูงสุด 1,200 kg-Rai⁻¹ และลดลงตามปริมาณฝนระหว่างช่วงเพาะปลูก

เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท. (2554). ชัยนาท 1 (Chai Nat 1). กรุงเทพฯ: กรมการข้าว.
- สถิระ อุดมศรี, และคณะ. (2547). การกำหนดลักษณะของชุดดินที่จัดตั้งในภาคกลางของประเทศไทย จำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน 2546. เอกสารวิชาการฉบับที่ 520. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 7. (2560). ชัยนาท แหล่งปลูกข้าวสำคัญ บนพื้นที่ปลูกข้าวกว่า 8 แสน 8 หมื่นไร่. ชัยนาท: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- อรรควุฒิ ทศน์สองชั้น, และนพพร คล้ายพงษ์พันธุ์. (2547). ข้าว (rice). ในคณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา (บก.), พืชเศรษฐกิจ (pp. 25-53). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เอกสิทธิ์ ไชยสิทธิ์, และคณะ. (2550). แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชสำหรับการประเมินผลผลิต และการใช้น้ำของพืชในพื้นที่ชลประทาน. โครงการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการเพาะปลูก. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์. นครปฐม: กรมชลประทาน และ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Aggarwal, P. K., & Penning de Vries, F. W. T. (1989). Potential and water-limited wheat yields in rice based cropping systems in Southeast Asia. *Agricultural Systems*, 30(1), 49-69.



- Guilpart, N., Grassini, P., Sadras, V. O., Timsina, J., and Cassman, K. G. (2017). Estimating yield gaps at the cropping system level. *Field Crops Research*, 206, 21-32.
- Hargreaves, G. H., and Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *J Applied Engineering in Agriculture*, 1(2), 96-99.
- Mishra, A., Singh, R., Raghuwanshi, N. S., Chatterjee, C., and Froebrich, J. (2013). Spatial variability of climate change impacts on yield of rice and wheat in the Indian Ganga Basin. *Science of The Total Environment*, 468-469, S132-S138.
- Penning de Vries, F. W. T., and van Laar, H. H. (1982). *Simulation of plant growth and crop production*. Wageningen: Pudoc.

การประยุกต์ใช้ระบบชลประทานสมัยใหม่ร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการผลิตข้าว

Applying the modern irrigation integrating with the Internet of Things (IoT)

for rice production

ประดับพันธ์ เจริญการ^{1,2}, ทรงศักดิ์ ภัทราวุธมิชัย², ปุณยวีร์ เดชครอง³, จักกรีช พฤษการ⁴

Pradubpun Jarernkan^{1, 2}, Songsak Puttrawutichai², Punyavee Dechkrong³,

Chakkrit Preuksakarn⁴

¹สำนักงานชลประทานที่ 2 กรมชลประทาน,

²ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

³ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

⁴ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

wa__ter__man__62@hotmail.com

บทคัดย่อ

น้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญในการเพาะปลูกข้าว แม้ว่าเกษตรกรในพื้นที่ชลประทานสามารถเพาะปลูกข้าวนอกฤดูฝนได้โดยอาศัยน้ำชลประทานเป็นหลัก อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำยังคงไม่เพียงพอสำหรับการเพาะปลูกในพื้นที่ชลประทานทั้งหมด การแก้ปัญหาด้วยการสร้างเขื่อนขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นเป็นแนวทางที่ทำได้ยาก ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้น้ำชลประทานเพื่อลดการใช้น้ำในการผลิตข้าวจึงมีความจำเป็น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการให้น้ำชลประทานสมัยใหม่ (ระบบสเปรย์ร่วมกับเครื่องมือตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ เครื่องมือวัดความชื้นในดิน และระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง) ในการปลูกข้าว เพื่อเพิ่มผลตอบแทน และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานในระดับแปลงนา โดยทดลองปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตและผลตอบแทน ของการปลูกข้าวด้วยการให้น้ำชลประทานสมัยใหม่ กับการปลูกโดยวิธีให้น้ำแบบท่วมขัง และแบบเปียกสลับแห้ง พบว่าปริมาณการใช้น้ำของข้าว โดยการให้น้ำชลประทานสมัยใหม่มีค่าน้อยกว่าวิธีการให้น้ำแบบดั้งเดิม และแบบเปียกสลับแห้ง ผลผลิตที่ได้โดยการให้น้ำชลประทานสมัยใหม่ มีค่าสูงกว่าการให้น้ำแบบดั้งเดิม และแบบเปียกสลับแห้ง

คำสำคัญ: ระบบชลประทานสมัยใหม่, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ข้าว



Abstract

Water is one of the importance factors for rice production. Although the farmer in irrigated area can use irrigation for rice production, the amount of water is not enough for all irrigated land. Problem-solving by dam construction to contain more water for agriculture is hard. Therefore, the increase of irrigation efficiency to reduce water use in rice production is necessary. This study aim to apply the modern irrigation (spray together with weather station, soil moisture sensor and internet of things; IoT) in rice production to increase the return of an investment and irrigation efficiency in the rice field. In this experiment, yield and the return of an investment of rice cultivar 'Pathum Thani 1' which were grown with modern irrigation, basin irrigation and wet and dry irrigation were compared. The result showed that yield of rice which were grown with modern irrigation was higher than that of basin and wet and dry irrigation.

Keywords: Modern Irrigation, Internet of Things, Rice

บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชที่มีความสำคัญยิ่งปัจจัยหนึ่ง ตั้งแต่การงอกของเมล็ด (Seed Germination) จนถึงการเจริญเติบโต (Growth and Development) ของพืชทั้งระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (Vegetative Stage) และระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (Reproductive Stage) ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณผลผลิตของพืชหลายชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชในกลุ่มธัญพืช (Musick et al., 1994; Taiz and Zeiger, 2006; Campbell et al., 2008; Hopkins and Huner, 2009) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในยุคปัจจุบันส่งผลให้ปัญหาการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอของฝนเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปัญหาความแห้งแล้งซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (Environmental Stress) ที่มีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น (Farooq et al., 2009; Mihara and Singh, 2010, Mastrangelo et al., 2012; Zhao et al., 2017)

ในประเทศไทยพบว่าพื้นที่กว่า 70% ของพื้นที่แห้งแล้งซ้ำซาก กระจายตัวอยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกข้าวที่สำคัญ นอกจากนี้ ปัจจุบันพบปัญหาความไม่เพียงพอของปริมาณน้ำชลประทานในเขตพื้นที่ชลประทาน โดยเฉพาะพื้นที่การเกษตรในเขตภาคกลางในช่วงฤดูแล้ง โดยเฉพาะในปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าเกณฑ์เฉลี่ย (ปีแล้ง) ซึ่งการให้น้ำชลประทานในนาข้าวโดยทั่วไปนั้นนิยมให้น้ำท่วมขังในแปลงนา เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและสามารถป้องกันการเจริญเติบโตของวัชพืชได้หลายชนิด อย่างไรก็ตามการให้น้ำแบบท่วมขัง (Basin Irrigation) เป็นวิธีการให้น้ำชลประทานที่มีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้น้ำชลประทานเพื่อลดการใช้น้ำในการผลิตข้าวจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการให้น้ำชลประทานสมัยใหม่ (Modern Irrigation) โดยทดลองปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตและผลตอบแทน ของการปลูกข้าวด้วยการให้น้ำชลประทานสมัยใหม่ (ให้น้ำชลประทานระดับแปลงนาโดยระบบท่อและติดตั้งหัวชลประทานแบบฉีดฝอย) ร่วมกับวิธีการทำเกษตรแบบแม่นยำเพื่อวัดปริมาณความต้องการใช้น้ำของข้าวที่แท้จริง ผ่านเครื่องมือวัดความชื้นในดิน อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง กระแสลม และปริมาณน้ำฝน พร้อมทั้งส่งการให้น้ำแบบอัตโนมัติผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) กับการปลูกโดยวิธีให้น้ำแบบท่วมขังและแบบเปียกสลับแห้ง (Wet and Dry Irrigation) เพื่อพัฒนาระบบให้น้ำข้าวที่ใช้น้ำน้อยและมีประสิทธิภาพ ภายใต้ต้นทุนทรัพยากรน้ำที่มีอย่างจำกัด

2. อุปกรณ์และวิธีการ

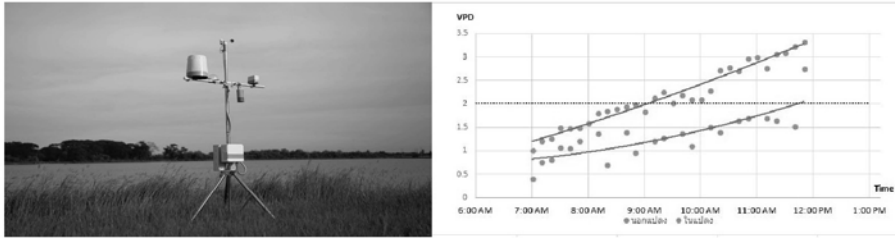
2.1 การเพาะกล้าและการย้ายปลูก

เพาะเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยนำเมล็ดข้าวใส่กระสอบที่น้ำสามารถผ่านได้ดี แช่น้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นบ่มข้าวโดยนำข้าวขึ้นจากน้ำแล้วทิ้งให้สะเด็ดเป็นเวลา 1 คืน (สังเกตรากแรกกำเนิดสีขาวยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร) เพาะเมล็ดบนซี้เก่าเกลบในถาดเพาะกล้า เมื่อดันกล้าอายุ 20 วัน ถอนต้นกล้า ย้ายปลูก (ปักดำ) 5 ต้นต่อหลุมตามระยะปลูกที่ 25 เซนติเมตร

2.2 การวางแผนการทดลองและการเตรียมแปลง

ศึกษาผลของการให้น้ำวิธีต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า ผลผลิต และผลตอบแทนของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในฤดูนาปรัง (มกราคม - พฤษภาคม) เขตพื้นที่ชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาว โดยค่าวิเคราะห์ดินในพื้นที่แปลงทดลองมีค่า pH 4.55, EC 1293 $\mu\text{S}/\text{cm}$, organic matter (OM) 2.62%, organic carbon (OC) 1.52%, available phosphorus 16.08 ppm และ available nitrogen 56.84 ppm ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) มีสิ่งทดลอง (treatments) คือวิธีการให้น้ำแบบต่างๆ ได้แก่ วิธีให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่ วิธีให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง และวิธีให้น้ำแบบท่วมขัง สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ (Replications) ซ้ำละ 1 แปลงทดลองขนาด 5 x 5 เมตร วัดความสูง (Plant Height) ดัชนีพื้นที่ผิวใบ (leaf area index: LAI) ด้วยเครื่อง Plant Canopy Analyzer (Li-Cor model LAI-2200) ที่ระยะแตกกอ และปริมาณผลผลิต (yield)

2.2.1 วิธีให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่ เป็นวิธีการทำเกษตรแบบแม่นยำเพื่อวัดปริมาณความต้องการใช้น้ำของข้าวที่แท้จริง ผ่านเครื่องมือวัดความชื้นในดิน อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง กระแสลม และปริมาณน้ำฝน พร้อมทั้งควบคุมสภาพแวดล้อม (อุณหภูมิ ความชื้น) เพื่อให้ข้าวเปิดปากใบและสังเคราะห์แสงมากที่สุดด้วยระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) ซึ่งพัฒนาโดย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ภาพที่ 1 ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT))



(a)

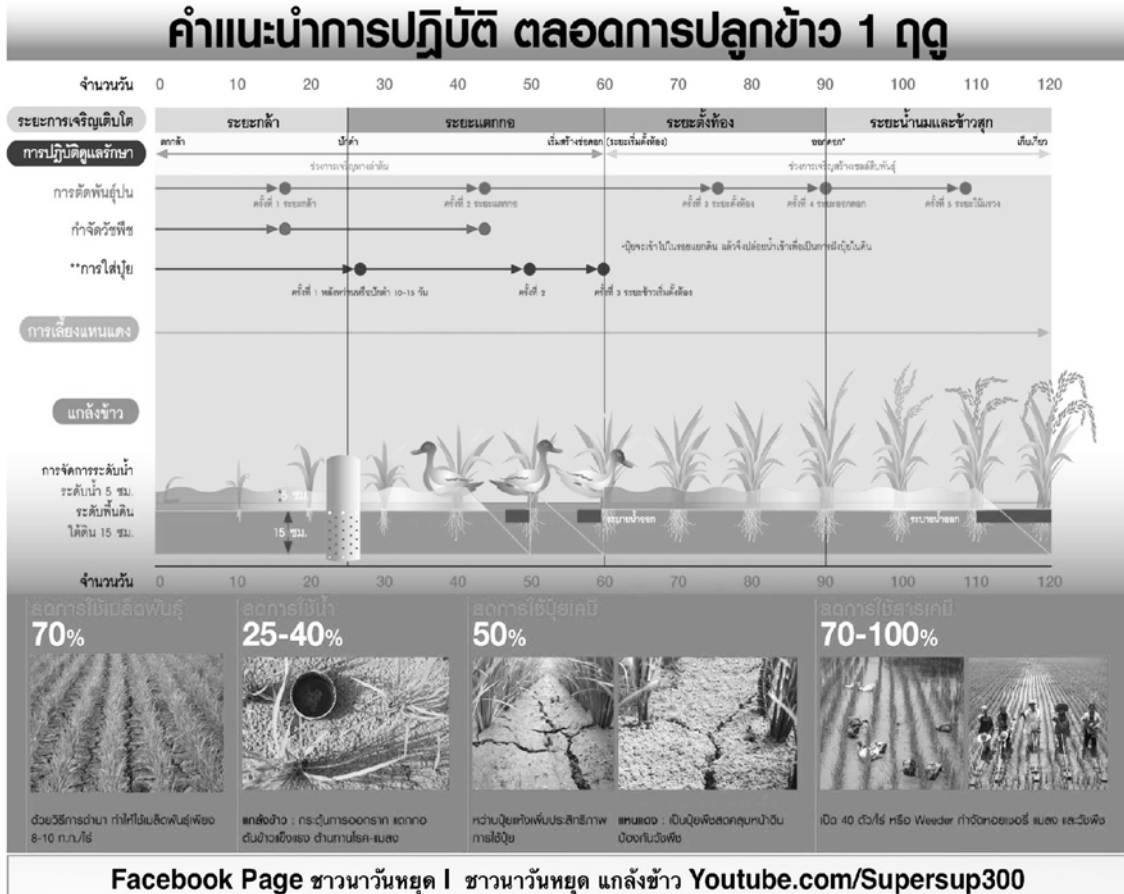
(b)



(c)

ภาพที่ 1 ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) (a) สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ, (b) การปรับสภาพอากาศให้เหมาะสมกับการสังเคราะห์แสงและการเปิดปากใบ, (c) แอปพลิเคชันแสดงผลการตรวจวัด

2.2.2 วิธีให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง เป็นการให้น้ำที่มีการปล่อยให้ข้าวขาดน้ำในช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้รากและลำต้นข้าวแข็งแรง โดยชั่งน้ำในแปลงนาเช่นเดียวกับการให้น้ำแบบท่วมขัง แต่มีการแก้งข้าว (ปล่อยให้ข้าวขาดน้ำ) 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ในระยะแตกกอ (ข้าวอายุ 30 วัน) เป็นเวลา 15 วัน ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวแตกกอสูงสุด (ข้าวอายุ 60 วัน) เป็นเวลา 15 แสดงดังภาพที่ 2 (Available : <https://www.facebook.com/weekendfarmernetworks>)



ภาพที่ 2 การปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้ง

2.2.3 วิธีให้น้ำแบบท่วมขัง เป็นการให้น้ำข้าวโดยขังน้ำในแปลงนาที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร ตลอดฤดูปลูก (ตั้งแต่ระยะปักดำจนถึงระยะ 10 วันก่อนการเก็บเกี่ยว)



(a)

(b)

(c)

ภาพที่ 3 (a) วิธีให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่, (b) วิธีให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง, (c) วิธีให้น้ำแบบท่วมขัง



2.3 การดูแลรักษา

ใส่ปุ๋ย สูตร 16-20-0 ในอัตรา 5 กิโลกรัม/ไร่ หลังปลูกเป็นเวลา 10 วัน จากนั้นใส่ปุ๋ย สูตร 46-0-0 ในอัตรา 5 กิโลกรัม/ไร่ ในระยะข้าวแตกกอ (หลังปลูก 30 วัน) และใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 5 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อข้าวอายุ 60 วัน หลังจากนั้น ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลค่างควา) อัตรา 64 กิโลกรัม ต่อไร่ เมื่อข้าวอายุได้ 70 วัน ทุกสัปดาห์ติดต่อกัน 3 สัปดาห์

2.4 การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกข้อมูลผลผลิตที่ระดับความชื้น 15%

2.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแผนทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรม statistical package for the social science (SPSS) version 22

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาการให้น้ำด้วยวิธีต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่า ต้นกล้าข้าวที่ได้รับน้ำด้วยวิธีให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่มีความสูงมากที่สุด และสูงกว่าต้นกล้าข้าวที่ให้น้ำด้วยวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นกล้าข้าวที่ให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่ แบบเปียกสลับแห้ง และแบบท่วมขัง มีค่าความสูงเท่ากับ 473.29 408.89 และ 381.86 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้เกิดขึ้นเนื่องจากรอบฤดูปลูกที่ล้าช้าทำให้ข้าวออกดอกในช่วงกระหกร้อน ทำให้ดอกข้าวบางส่วนเป็นหมันเนื่องจากสภาวะเครียดเนื่องจากอุณหภูมิสูง อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองพบว่าการให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่สามารถบรรเทาผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาวะเครียดเนื่องจากอุณหภูมิสูงได้ โดยผลผลิตข้าวที่ให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่มีค่าสูงที่สุด และสูงกว่าผลผลิตของข้าวที่ให้น้ำแบบท่วมขังและแบบเปียกสลับแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ผลที่ได้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำและความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในการปลูกข้าวของ Kahlow, M., A. Raof, M. Zubair and W. D. Kemper. 2007) ที่รายงานว่า ข้าวที่ให้น้ำระบบท่อและติดตั้งหัวชลประทานแบบฉีดฝอย (Sprinkler) ให้ผลผลิตสูงกว่าการให้น้ำแบบท่วมขัง 18% อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบชลประทานสมัยใหม่นั้นต่ำกว่าการให้น้ำระบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการให้น้ำแบบท่วมขัง 23% และมีค่าต่ำกว่าการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง 9% โดยปริมาณน้ำที่ใช้ในการให้ข้าวแบบชลประทานสมัยใหม่ แบบเปียกสลับแห้ง และแบบท่วมขัง มีค่าเท่ากับ 1028 1127 และ 1337 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 4) และเมื่อนำค่าปริมาณผลผลิตที่ได้มาเปรียบเทียบกับอัตราส่วนต่อ

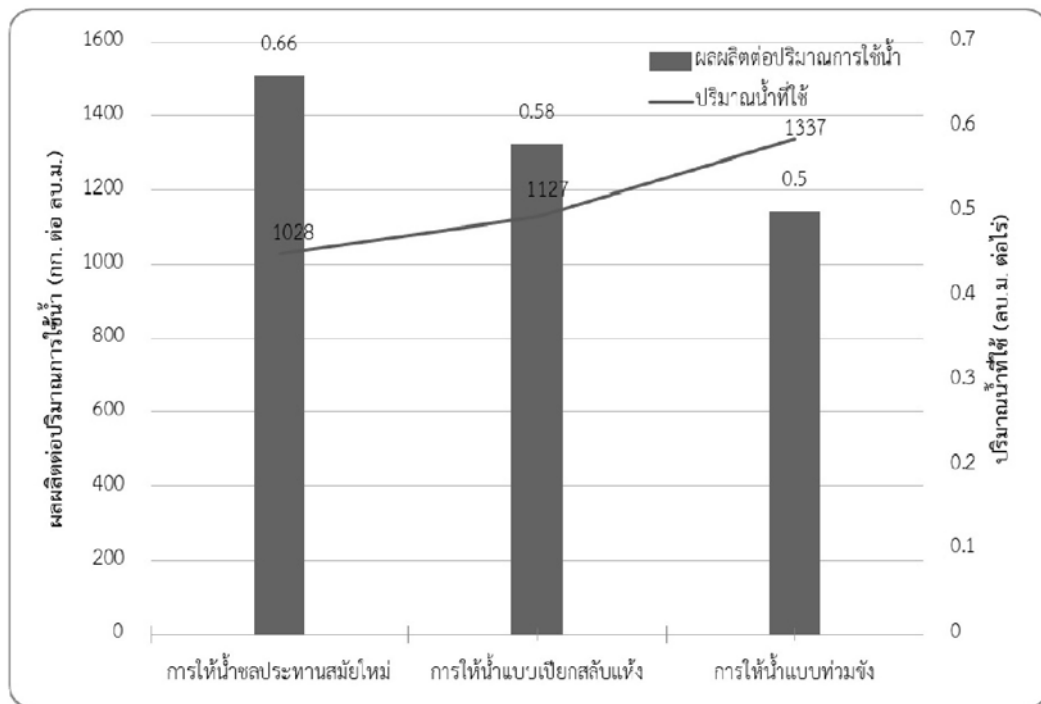
ปริมาณการใช้น้ำแบบต่างๆ พบว่าการให้น้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร (ลบ.ม.) ในระบบการให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่ให้ผลผลิตสูงสุด โดยอัตราส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตที่ได้ต่อปริมาณการใช้น้ำจากการให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่ แบบเปียกสลับแห้ง และแบบท่วมขัง มีค่าเท่ากับ 0.46 0.36 และ 0.24 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ ทั้งนี้การที่ผลผลิตของข้าวที่ให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่มีค่าสูงกว่าการให้น้ำแบบท่วมขัง และแบบเปียกสลับแห้งนั้น อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่มีผลทำให้อุณหภูมิอากาศ และค่าแรงดึงระเหยน้ำ (Vapor Pressure Deficit; VPD) บริเวณทรงพุ่มมีค่าลดลง โดยจากรายงานของ [6] พบว่าอุณหภูมิอากาศและค่าแรงดึงระเหยน้ำในแปลงข้าวสาาลีที่ให้น้ำด้วยระบบพ่นฝอย (Sprinkler) มีค่าต่ำกว่าแปลงที่ให้น้ำทางผิวดิน (Surface Irrigation) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากการศึกษาของ [10] พบว่าอุณหภูมิอากาศและค่าแรงดึงระเหยน้ำมีผลต่อปริมาณผลผลิตของข้าวสาาลีพันธุ์ Taifun โดยอุณหภูมิและค่าแรงดึงระเหยน้ำสูงขึ้นมีผลทำให้ผลผลิตลดลง

ตารางที่ 1 ผลให้น้ำแบบชลประทานสมัยใหม่ แบบเปียกสลับแห้ง และแบบท่วมขัง ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ และปริมาณผลผลิต

สิ่งทดลอง	ผลผลิต (กก./ไร่)
การให้น้ำชลประทานสมัยใหม่	473.29 a
การให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง	408.89 b
การให้น้ำแบบท่วมขัง	381.86 b
F-test	*
CV	6.889

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{1/} ที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4 แสดงผลผลิตต่อปริมาณการใช้น้ำ (กก./ลบ.ม.) และ ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลบ.ม./ไร่)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Campbell, N. A., J. B. Reece and L. G. Mitchell. 2008. Biology, 8th ed. Addison Wesley Longmann, Inc. California.
- [2] Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S. M. A. Basra. 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management, pp. 153-188. In Lichtfouse, E., M. Navarrete, P. Debaeke, V. Souchere and C. Alberola, eds. Sustainable Agriculture. EDP Sciences, France.
- [3] Hopkins, W. G. and N. P. A. Huner. 2009. Introduction to Plant Physiology. 4th Edition. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- [4] Kahlown, M., A. A. Raof, M. Zubair and W. D. Kemper. 2007. Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. *Agriculture Water Management* 87: 292-298.
- [5] Liu, H. and Y. Kang. 2006. Effect of sprinkler irrigation on microclimate in the winter wheat field in the North China Plain. *Agricultural Water Manage*: 84-91
- [6] Mastrangelo, A. M., E. Mazzucotelli, D. Guerra, P. D. Vita and L. Cattivelli. 2012. Improvement of drought resistance in crops: from conventional breeding to genomic selection, pp 225-259. In Venkateswarlu, B., Shanker, A. K., Shanker, C. and Maheswari, M., eds. *Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies*. Springer, New York.
- [7] Mihara, A. K. and V. P. Singh. 2010. A review of dropght concepts. *Journal of Hydrology* 391: 202-216.
- [8] Musick, J. T., O. R. Jones, A. Stewart and D. A. Dusek. Water-yield relationships for irrigated and dryland wheat in the U.S. Southern plains. *Agronomy Journal* 86: 980-986.
- [9] Rashid, M. A., M. N. andersen, B. Wollenweber, X. Zhang and J. E. Olesen. 2018. Acclimation to higher VPD and temperature minimized negative effects on assimilation and grain yield of wheat. *Agricultural and Forest Meteorology* 248: 119-129.
- [10] Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. 4th Edition. Sinauer Associates, Inc., Sunderland.



[11] Zhao, H., Z. Xu, J. Zhao and W. Huang. 2017. A drought rarity and evapotranspiration-based index as a suitable agricultural drought indicator. *Ecological Indicators* 82: 530-538.

[12] Available : <https://www.facebook.com/WeekendFarmerNetworks>.

การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า
ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีด้วยแบบจำลอง SWAT

A study Impact of Land use change on Runoff in Prachin Buri Basin by SWAT

อิศเรศ กะการดี¹ นवलทิพย์ ฉลาดเลิศ² และอุทัยวรรณ ผิวพรรณ³

¹สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

²สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)

³สาขานวัตกรรมการจัดการสังคมและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหาวิทาลัยมหิดล

วิทยาเขตอำนาจเจริญ

E-mail : isared@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีโดยใช้แบบจำลอง SWAT มาประเมิน โดยศึกษาส่วนใหญ่ครอบคลุมจังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดสระแก้ว มีพื้นที่ประมาณ 9,651 ตารางกิโลเมตร การศึกษาได้ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2545 และปี พ.ศ. 2556 จากกรมพัฒนาที่ดินมาเปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลง แล้วนำเข้าแบบจำลอง SWAT ร่วมกับข้อมูล DEM ข้อมูลดิน และข้อมูลสภาพอากาศ เพื่อประมวลผลหาปริมาณน้ำท่าเป็นรายวันแล้วสรุปผลเป็นรายเดือน จากผลการศึกษาพบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีในช่วงปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2556 พื้นที่การปลูกข้าวและข้าวโพดมีอัตราลดลงโดยมีการปลูกพืชชนิดอื่นมาทดแทน นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของประชากรของทำให้พื้นที่อยู่อาศัยมีอัตราเพิ่มขึ้นด้วยในสัดส่วนร้อยละ 4.16 ด้านการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ระหว่างปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2556 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ 223.25 มิลลิเมตร 217.73 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย จากการเปรียบเทียบพารามิเตอร์แบบจำลองด้วยข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำท่า Kgt.9 และ Kgt.14 ในช่วงปี พ.ศ. 2543-2550 และผลการทวนสอบแบบจำลองในช่วงปี พ.ศ. 2551-2556 ให้ค่า Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.83 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างดี

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน, น้ำท่า, ลุ่มน้ำปราจีนบุรี, แบบจำลอง SWAT

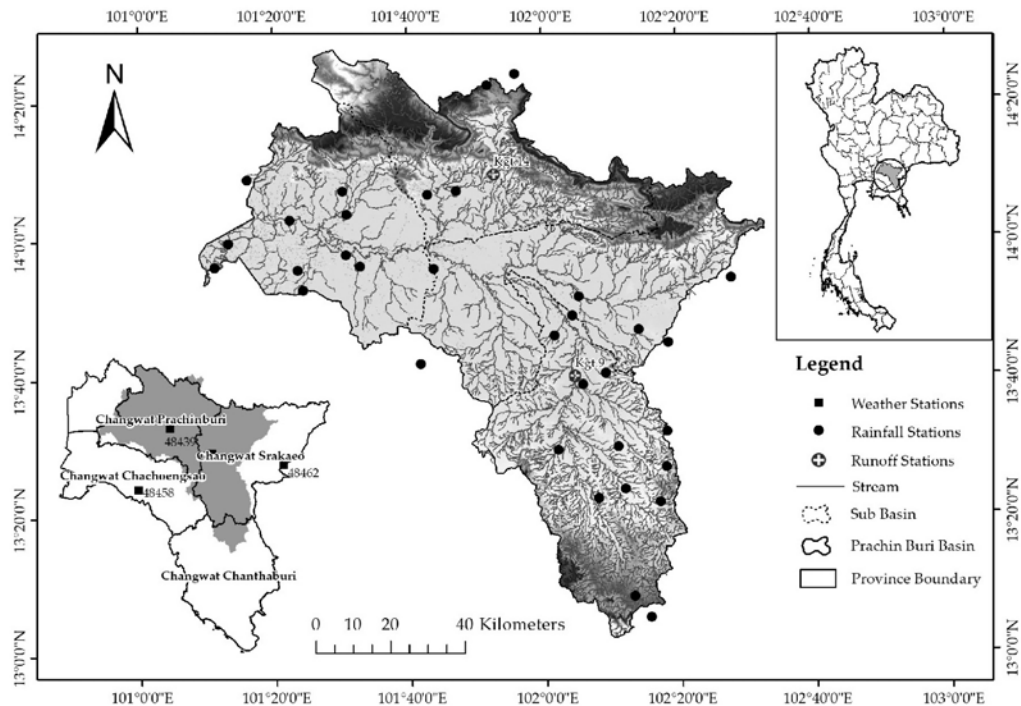


1. บทนำ

ปัจจัยในการศึกษาด้านอุทกวิทยาเป็นส่วนหนึ่งของงานทางด้านทรัพยากรน้ำ น้ำท่าเป็นองค์ประกอบหลักอันหนึ่งของการหมุนเวียนของน้ำในวัฏจักรอุทกวิทยา ปริมาณน้ำท่ายังเป็นดัชนีสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงสถานภาพของทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ ไม่ว่าจะเป็นภาวะน้ำท่วมหรือการขาดแคลนน้ำ ปัจจัยหลักตัวหนึ่งที่มีผลต่อกระบวนการเกิดและปริมาณของน้ำท่า คือ สภาพการใช้ที่ดินและ/หรือสภาพปกคลุมดิน (land use/land cover) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินอย่างมาก มีผลทำให้การหมุนเวียนของน้ำในวัฏจักรอุทกวิทยาได้รับผลกระทบและเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องตามไปด้วย ในปัจจุบันความต้องการใช้น้ำในทุกภาคส่วนมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านอุปโภคบริโภค และทางการเกษตรกรรม ด้วยเหตุนี้การวางแผนเพื่อบริหารจัดการน้ำจึงมีความสำคัญ จำเป็นต้องรู้ปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละที่ให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งแต่ละลุ่มน้ำจะมีการประเมินปริมาณน้ำในรูปแบบที่แตกต่างกันตามลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำนั้น ๆ การใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยาเพื่อช่วยในการประเมินปริมาณน้ำก็เป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าซึ่งเกิดจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ โดยผลลัพธ์ที่ได้ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางพัฒนาสำหรับการวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อการพัฒนาประเทศในอนาคตต่อไป

2. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำปราจีนบุรีตั้งอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 9,651 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมจังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดสระแก้ว อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13° 02' เหนือถึงเส้นรุ้งที่ 14° 28' เหนือและอยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 101° 10' ตะวันออกถึงเส้นแวงที่ 102° 33' ตะวันออก ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำมูล ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำโตนเลสาบ และประเทศกัมพูชา และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำบางปะกง สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำปราจีนบุรีประกอบไปด้วย พื้นที่ราบลุ่มระหว่างแม่น้ำ และพื้นที่ราบตามแนวทิศตะวันออกไปทิศตะวันตกของลุ่มน้ำ มีทิวเขาสันกำแพงซึ่งทางทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ลุ่มน้ำทางตอนใต้มีเนินเขาและเทือกเขาติดต่อกันไม่ยาวนานนัก ความสูงบริเวณเทือกเขาสูงประมาณ 700-800 ม.รทก. และพื้นที่ลุ่มมีระดับความสูงประมาณ 60-160 ม.รทก. ลำน้ำสายหลัก คือ แม่น้ำปราจีนบุรี ลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ คลองพระสทิง คลองพระปรัง แม่น้ำโสใหญ่ และคลองยาง เป็นต้น แม่น้ำปราจีนบุรีจะไหลไปบรรจบกับแม่น้ำนครนายกที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา กลายเป็นแม่น้ำบางปะกง แล้วไหลลงอ่าวไทย [1] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา (ลุ่มน้ำปราจีนบุรี)

3. เครื่องมือและวิธีการ

3.1 แบบจำลอง SWAT

Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่เป็นสาธารณสมบัติจัดทำขึ้นโดย Agricultural Research Service ที่ Grassland Soil and Water Research Laboratory สหรัฐอเมริกาสามารถดาวน์โหลดฟรีที่เว็บไซต์ <http://swat.tamu.edu/> ซึ่งทำงานร่วมกับข้อมูลระบบ GIS ได้โดยเป็นแบบจำลองประเภท Continuous-time basin-scale hydrologic model [2] มีความสามารถในการจำลองพื้นที่ที่มีความซับซ้อนทางด้านอุทกวิทยาขนาดใหญ่ และประมวลผลเป็นช่วงเวลาต่อเนื่องทั้งรายวัน รายเดือน และรายปี เป็นที่ยอมรับและนำไปประยุกต์ใช้งานกันอย่างกว้างขวาง

3.2 ข้อมูลที่ใช้

1) DEM (Digital Elevation Model) คือแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขชนิด Raster file สามารถแสดงความสูงและความชัน มีค่าระดับความสูงหน่วยเป็นเมตร สามารถดาวน์โหลดฟรีจากเว็บไซต์ <http://www.srtm.csi.cgiar.org> [3] pixel size ขนาด 90 เมตร มีระบบที่ใช้ในการอ้างอิงทางภูมิศาสตร์คือ WGS_1984_UTM_Zone 47 N และ Datum D_GCS_1984 เป็นจุดอ้างอิง

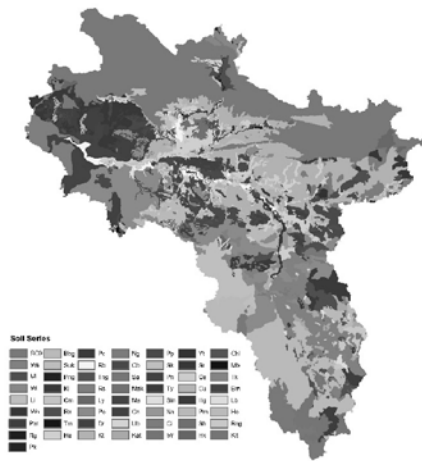
2) ข้อมูลดิน ที่ประกอบไปด้วย เนื้อดิน และคุณสมบัติของดินทางฟิสิกส์ จากกรมพัฒนาที่ดิน มาแปลงเป็นชนิด Raster file ครอบคลุมพื้นที่ศึกษากำหนด Pixel size 90 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 2

3) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือข้อมูลแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินชนิด vector file จากกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2556 ดังแสดงในรูปที่ 3

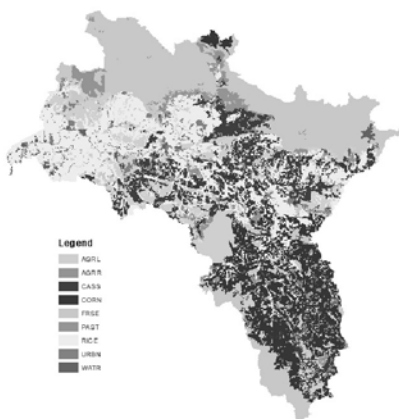


4) ข้อมูลอากาศ ที่มีการเก็บเชิงสถิติชนิดรายวันในรูปแบบตาราง โดยรวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน ตั้งแต่ช่วงเวลาที่เริ่มมีการบันทึกข้อมูลถึงปัจจุบัน ประกอบด้วย ปริมาณฝน จำนวนวันที่ฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และความเข้มของแสงอาทิตย์ เป็นต้น

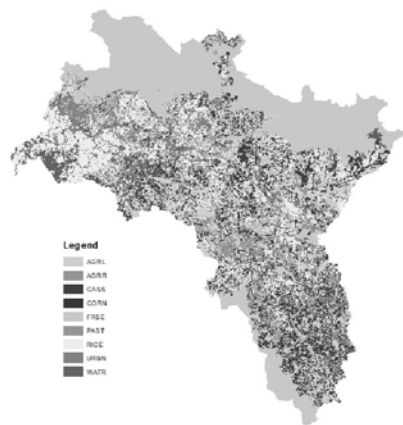
5) Observed data คือข้อมูลน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดที่มีการบันทึกเป็นสถิติและมีความต่อเนื่องกันชนิดรายวัน จากกรมชลประทาน โดยจะนำมาใช้ตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง ซึ่งในการศึกษานี้เลือกใช้สถานี Kgt.9 และ สถานี Kgt.14 เนื่องจากข้อมูลค่อนข้างสมบูรณ์และมีความต่อเนื่อง



รูปที่ 2 แผนที่ชุดดิน



(ก) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2545



(ข) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556

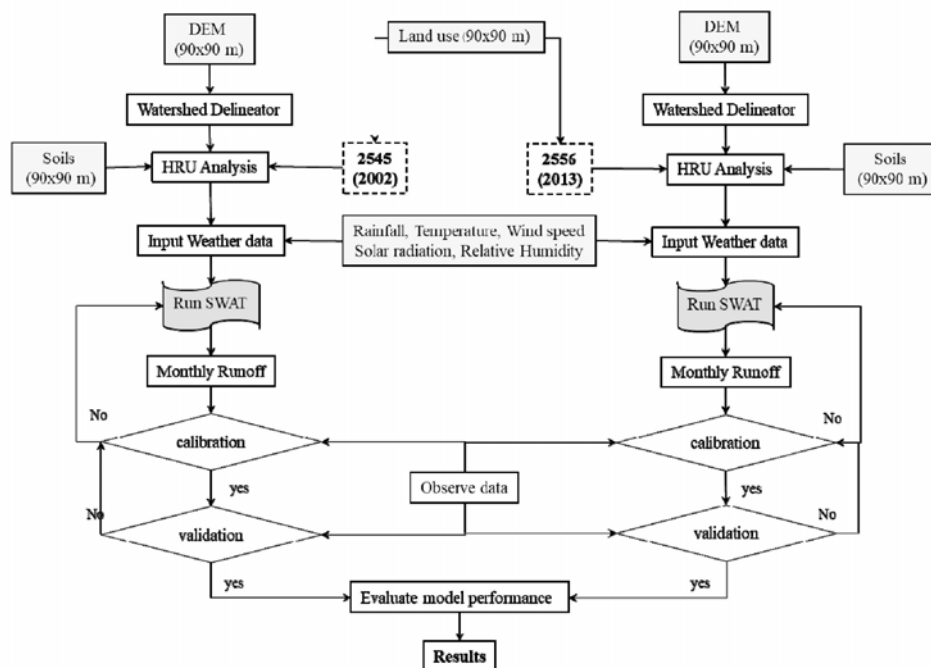
รูปที่ 3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.3 วิธีการศึกษา

การศึกษาประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ 1) เปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2) ประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) เปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2556 ซึ่งทำการรวบรวมและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 9 ประเภทตามสภาพการใช้งาน จากนั้นทำการเปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการซ้อนทับ (Overlay) ด้วยโปรแกรมทางระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อจำแนกพื้นที่และคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงโดยคิดเป็นร้อยละของพื้นที่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จัดเตรียมมาเป็นข้อมูลเพื่อนำเข้าแบบจำลอง SWAT โดยแปลงข้อมูลเป็น Grid file และกำหนดรหัสตามฐานข้อมูลของแบบจำลอง และเตรียมข้อมูลอื่นๆ ประกอบด้วย DEM แผนที่ดินโดยกำหนดความละเอียดของ Pixel size 90 เมตร และข้อมูลประเภทตารางซึ่งได้แก่ ข้อมูลฝน และข้อมูลสภาพอากาศ และข้อมูลทางอุทกวิทยา ที่ผ่านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และความต่อเนื่องของข้อมูลของแต่ละสถานีที่ใช้เป็นตัวแทนครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

2) การประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT จะดำเนินการการประมวลผลแยกออกเป็น 2 กรณี ตามปีของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2545 และพ.ศ. 2556 ส่วนข้อมูลที่นำเข้าแบบจำลองส่วนอื่นจะใช้เหมือนกันทั้งหมด ในขั้นตอนแรกเป็นการกำหนดขอบเขตและรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำโดยการนำเข้าข้อมูล DEM ขนาดความละเอียดของกริด 90 เมตร เพื่อแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำย่อยและกำหนดจุดออกของลุ่มน้ำ จากนั้นนำเข้าข้อมูลดิน การใช้ที่ดิน และความชัน เพื่อทำการวิเคราะห์หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRU Analysis) โดยแบ่งเปอร์เซ็นต์ความสำคัญอยู่ที่ 10% 10% และ 15% ตามลำดับ แล้วนำเข้าข้อมูลอากาศ และตั้งค่าการประมวลผลแบบจำลอง SWAT เป็นชนิดรายวัน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2538 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เป็นเวลา 20 ปี โดยงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะในส่วนของการสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่าเท่านั้นโดยสั่งแบบจำลองประมวลผลเป็นรายวันแล้วนำผลออกมาเพื่อนำมาสรุปเป็นรายเดือน



รูปที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินการ



การประเมินน้ำท่าจำเป็นต้องศึกษาวงจรอุทกวิทยา (Hydrologic Cycle) ของแบบจำลองทางด้านอุทกวิทยา ซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนสมการสมดุลของน้ำ [4] ดังนี้

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

เมื่อ SW_t คือปริมาณน้ำในดินสุดท้าย (mm), SW_0 คือปริมาณน้ำในดินเริ่มต้น (mm), t คือเวลา (Days), R_{day} คือ ปริมาณฝนในวันที่ i (mm), Q_{surf} คือปริมาณน้ำผิวดินในวันที่ i (mm), E_d คือปริมาณการคายระเหยในวันที่ i (mm), W_{seep} คือปริมาณน้ำไหลซึมชั้นใต้ดินในวันที่ i (mm), Q_{gw} คือปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลกลับสู่ลำน้ำ (mm).

การประเมินน้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff) และค่าอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดในแบบจำลอง SWAT สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธี SCS Curve Number [5] และ วิธี Green & Ampt infiltration ซึ่งในการศึกษานี้เลือกใช้วิธี SCS Curve Number เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - I_a)^2}{(R_{day} - I_a + S)} \quad (2)$$

เมื่อ Q คือปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน (m^3/s), R คือปริมาณน้ำฝนรายวัน (mm), S คือ Retention parameter โดยตัวแปร S จะมีความสัมพันธ์กับค่า Curve number (CN) ดังสมการสมการ

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

เมื่อ CN คือ ค่า Curve number

ในการเปรียบเทียบและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง ด้วยหลักการทางสถิติเปรียบเทียบผลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากตรวจวัดจริง ซึ่งความแม่นยำของแบบจำลองจะพิจารณาความสอดคล้องกันของข้อมูลโดยการพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบกันและการคำนวณค่าความผิดพลาด (Error) ระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าสังเกตที่เกิดขึ้นจริง โดยใช้เกณฑ์การประเมินเชิงประสิทธิภาพ (Efficiency Criteria) ได้แก่ สัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R²), Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) [6]

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (Q_{sim} - \bar{Q}_{obs})(Q_{obs} - \bar{Q}_{obs}) \right]^2}{\left(\sum_{i=1}^N (Q_{sim} - \bar{Q}_{obs})^2 \right) \left(\sum_{i=1}^N (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2 \right)} \quad (4)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2} \quad (5)$$

เมื่อ Q_{obs} คือค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง, Q_{sim} คือค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง
 Q_{obs} คือค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงเฉลี่ย

4. ผลการและวิจารณ์

4.1 ผลการเปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีมีความเป็นพลวัต เปลี่ยนแปลงไปตามสถานภาพเศรษฐกิจ สังคม และประชากรในพื้นที่ เมื่อประชากรเพิ่มขึ้น ความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินก็จะมีมากขึ้นด้วย ทำให้รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่มีการปรับเปลี่ยนไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชุมชนหรือสิ่งปลูกสร้าง แต่เนื่องจากขนาดพื้นที่หรือที่ดินที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงมีลักษณะในการทดแทนกัน เช่น การปรับเปลี่ยนจากพื้นที่เกษตรกรรมกลายเป็นพื้นที่พาณิชย์ที่อยู่อาศัย เป็นต้น

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2556 พบว่ามี การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณทิศเหนือของลุ่มน้ำมีสภาพส่วนใหญ่เป็นภูเขาโดยเป็นพื้นที่ป่าทั้งหมดและมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ประมาณร้อยละ 1.57 เนื่องจากพื้นที่ของพีชไร่และทุ่งหญ้าลดลงในบริเวณที่ติดภูเขาซึ่งเป็นป่าไม้ทำให้มีโอกาสเปลี่ยนกลับมาเป็นป่าไม้ได้ ส่วนบริเวณอื่น ๆ เป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดและพื้นที่ราบโดยสรุปพื้นที่การเพาะปลูกพืชลดลงเล็กน้อยประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่การเพาะปลูกพืชทั้งหมดจากปี พ.ศ. 2545 ถึงแม้จะมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรร้อยละ 6.05 มันสำปะหลังร้อยละ 3.64 พืชไร่ร้อยละ 1.88 แต่เนื่องจากพื้นที่นาข้าวและข้าวโพดลดลงร้อยละ 6.12 และ 15.37

นอกจากนี้ยังพบการเพิ่มขึ้นของเขตชุมชนและที่อยู่อาศัยร้อยละ 4.16 และแหล่งน้ำต่าง ๆ เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.1 ทำให้ภาพรวมของการเพาะปลูกพืชลดลงไปด้วย การขยายตัวของพื้นที่เมืองเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นอย่างมาก ในช่วงระยะเวลา 12 ปีที่ผ่านมาพื้นที่เกษตรกรรมได้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ชุมชนและพื้นที่พาณิชย์กรรมอย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองการขยายตัวของตัวเมืองในขณะเดียวกันพื้นที่บางส่วนของจังหวัดปราจีนบุรีและสระแก้วเป็นเขตพัฒนาอุตสาหกรรม จึงทำให้รูปแบบการขยายตัวของพื้นที่เมือง มีการขยายเข้ามายังเขตจังหวัดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในตารางที่ 1

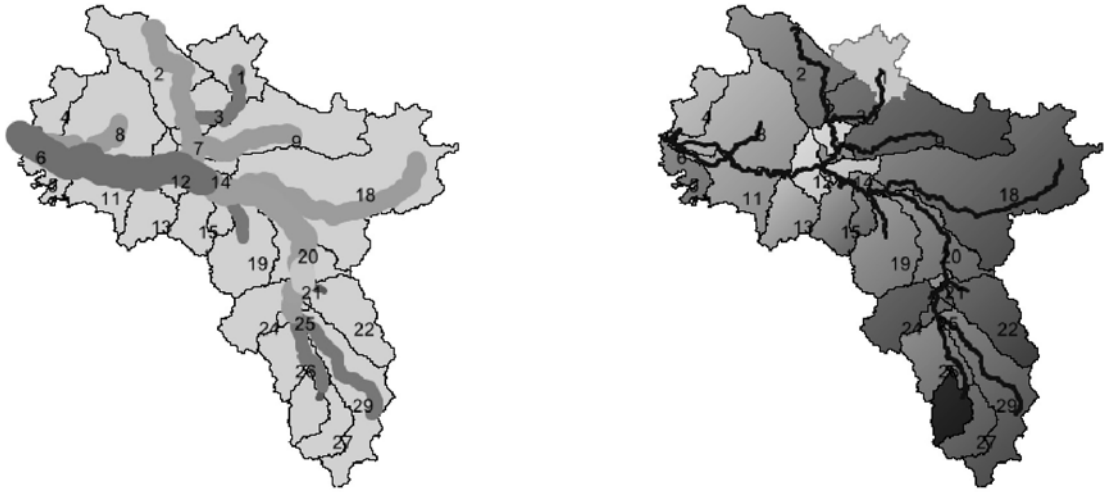


ตารางที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2545 และปี พ.ศ. 2556

ลำดับ	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี พ.ศ.2545		ปี พ.ศ.2556		การเปลี่ยนแปลง	
		พื้นที่(ตร.กม.)	%	พื้นที่(ตร.กม.)	%	พื้นที่(ตร.กม.)	%
1	พื้นที่เกษตร	1,352.16	14.01	1,936.10	20.06	583.94	6.05
2	นาข้าว	2,173.73	22.52	1,582.93	16.40	-590.80	-6.12
3	ทุ่งหญ้า	178.73	1.85	380.90	3.95	202.17	2.09
4	มันสำปะหลัง	1,051.88	10.90	1,403.51	14.54	351.63	3.64
5	พืชไร่	328.03	3.40	509.19	5.28	181.16	1.88
6	ข้าวโพด	1,486.65	15.40	3.28	0.03	-1,483.37	-15.37
7	ป่าไม้	2,650.00	27.46	2,801.46	29.03	151.46	1.57
8	เขตชุมชนและที่อยู่อาศัย	297.01	3.08	698.45	7.24	401.44	4.16
9	แหล่งน้ำ	133.18	1.38	335.55	3.48	202.37	2.10
	รวม	9,651.38	100	9,651.38	100		

4.2 การประเมินปริมาณน้ำทำด้วยแบบจำลอง SWAT

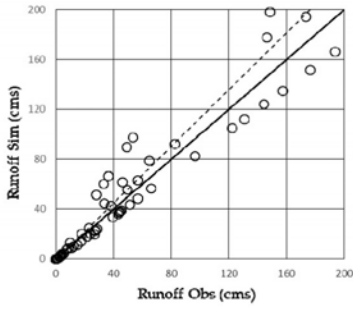
แบบจำลองสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 9,651.38 ตารางกิโลเมตร โดยแบ่งลุ่มน้ำย่อยออกเป็น 29 ลุ่มน้ำย่อย มีปริมาณน้ำท่าทั้งลุ่มน้ำประมาณ 393.4 ล้านลูกบาศก์เมตร ลักษณะการระบายน้ำแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแต่ละพื้นที่มีลำดับการไหลตามลำดับลงสู่จุดออกสุดท้ายที่ลุ่มน้ำย่อยหมายเลข 4 ดังแสดงในภาพที่ 5 การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ได้กำหนดแบบหลาย HRUs โดยให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยมี HRUs สอดคล้องตามเปอร์เซ็นต์ของการใช้ที่ดิน ชนิดดิน และความลาดชัน ซึ่งได้ทั้งหมด 297 HRUs ด้านปริมาณน้ำท่าพบว่าในลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2545 แบบจำลองให้ผลการประเมินน้ำท่าเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ 233.25 มิลลิเมตร และจากการสภาพการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 แบบจำลองให้ผลการประเมินน้ำท่าเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ 217.73 มิลลิเมตร มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่อปีอยู่ที่ 10.16 มิลลิเมตร



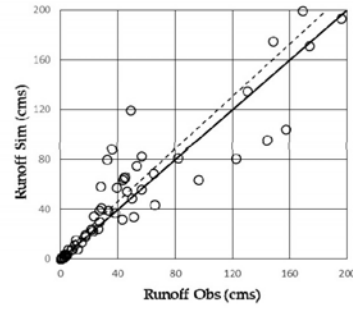
รูปที่ 5 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำของแบบจำลอง SWAT

คำนวณค่าจากแบบจำลอง SWAT ในเบื้องต้นเมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ NSE และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R²) ในทุกจุดสอบเทียบแบบจำลองได้ค่าที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่ได้รับความน่าเชื่อถือ โดยปริมาณน้ำท่ารายวันเฉลี่ยในทุกลุ่มน้ำย่อยมีค่าสูงกว่าค่าตรวจวัดจริงมาก แต่ส่วนใหญ่มีความความสัมพันธ์สอดคล้องกับช่วงเวลา จึงวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อความสอดคล้องของรูปแบบการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการเกิดปริมาณน้ำท่า โดยการปรับเทียบพารามิเตอร์แบบจำลอง (SWAT model Calibration) โดยใช้ข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำท่าในช่วงวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2543 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550 รวมระยะเวลา 8 ปี จากสถานีวัดน้ำ KGT.9 และ KGT.14 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยหมายเลข 19 และ 1 ตามลำดับ ผลการปรับเทียบแบบจำลอง พบว่าค่าพารามิเตอร์หลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งได้นำไปใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง ได้แก่ SOL_AWC, GWQMN, และ CN2 ซึ่งหลังจากปรับค่าพารามิเตอร์โดยภาพรวมพบว่า จากการตรวจวัดจากทั้ง 2 สถานี ดังนี้ ที่สถานี Kgt.9 การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2556 ได้ค่า R² เท่ากับ 0.88, 0.90 และค่า NSE เท่ากับ 0.87, 0.81 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6 ที่สถานี Kgt.14 การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2556 ได้ค่า R² เท่ากับ 0.88, 0.82 และค่า NSE เท่ากับ 0.87, 0.82 ตามลำดับ ซึ่งผลอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ดังแสดงในรูปที่ 7

การทวนสอบแบบจำลอง (SWAT model Validation) โดยใช้ข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำท่าจากทั้ง 2 สถานี ในช่วงวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2557 รวมระยะเวลา 7 ปี พบว่าที่สถานี Kgt.9 จากการใช้ข้อมูลประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2556 ได้ค่า R² เท่ากับ 0.85, 0.87 และค่า NSE เท่ากับ 0.82, 0.83 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 8 ที่สถานี Kgt.14 การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2545 ได้ค่า R² เท่ากับ 0.81, 0.78 และค่า NSE เท่ากับ 0.87, 0.75 ตามลำดับ ซึ่งผลทางสถิติอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี ดังแสดงในรูปที่ 9

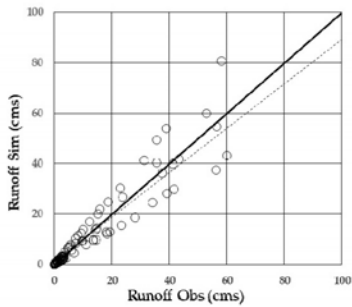


ก) ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2545

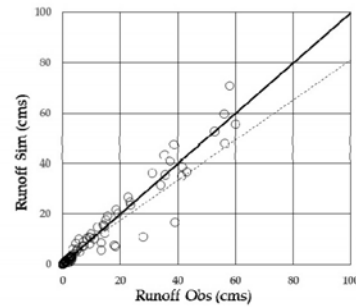


ข) ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556

รูปที่ 6 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2550 ของสถานี Kgt.9

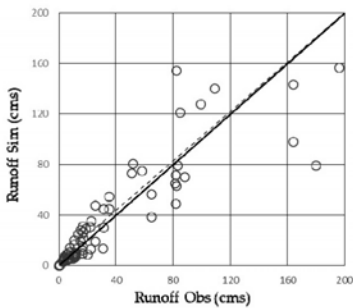


ค) ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2545

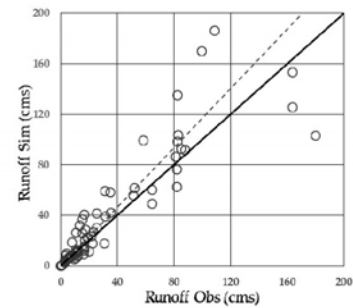


ง) ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556

รูปที่ 7 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2550 ของสถานี Kgt.14

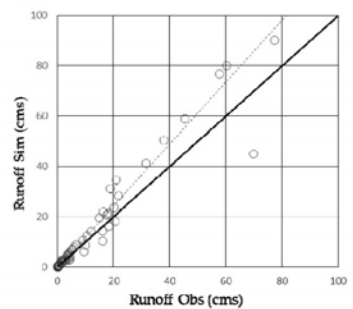


จ) ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2545

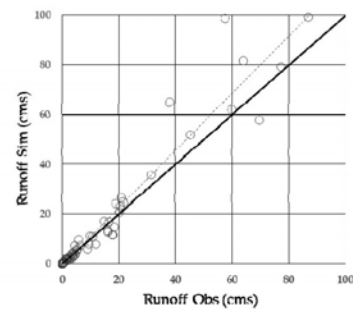


ฉ) ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556

รูปที่ 8 ผลการทวนสอบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2557 ของสถานี Kgt.9



ช) ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2545



ซ) ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556

รูปที่ 9 ผลการทวนสอบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2557 ของสถานี Kgt.14

5.สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำปราจีนบุรีในช่วง 12 ปี (พ.ศ. 2545- พ.ศ. 2556) ผลลัพธ์ที่ได้คือลักษณะการใช้ที่ดินมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่จากทุ่งหญ้าและป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรและที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของประชากร ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าผลลัพธ์จากแบบจำลอง SWAT เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยรายปีมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จากการตรวจสอบความแม่นยำของการประมวลผลของแบบจำลองหลังจากปรับการพารามิเตอร์ และนำข้อมูลตรวจวัดจริงในภาคสนามมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ออกมาเป็นที่ค่อนข้างดี ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองหลังจากปรับเทียบค่าพารามิเตอร์แล้วมีความใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ได้ แบบจำลองสามารถกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำและลักษณะทางอุทกวิทยาได้ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริง ซึ่งส่งผลให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้จำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำต่าง ๆ เพื่อวางแผนในการบริหารจัดการน้ำในอนาคต

ในอนาคตหากต้องการผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องมากขึ้น สามารถทำได้โดยหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการศึกษาจากหลายแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือและมีความถูกต้องมากขึ้น เช่น ดาวเทียม DEM เส้นทางการน้ำ ข้อมูลสภาพอากาศรวมทั้งการออกสำรวจภาคสนามเพิ่มเติมเพื่อเก็บรายละเอียดของข้อมูลทั้งเชิงสถิติและเชิงทางกายภาพ ซึ่งจะต้องดำเนินการศึกษาอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งนี้ต้องพิจารณาปัจจัยด้านอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อจัดการวางแผนการจัดการลุ่มน้ำอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการศึกษา ได้แก่ กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน กรมทรัพยากรน้ำ และกรมอุตุฯ มหิวิทยา

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), (2555) โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง: ลุ่มน้ำปราจีนบุรี
- [2] Arnold, J.G., R. Srinivasan, R. S. Muttiah, and J. R. Williams. 1998. Large Area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model Development. Journal of The American Water Resources Association. Vol 34 No.1.
- [3] The CGIAR Consortium for Spatial Information (CSI-CGIAR), Applying GeoSpatial Science for Sustainable Future Technologist Senior Web Applications Development Specialist URL: <http://www.srtm.csi.cgiar.org>.



- [4] Gassman PW, Reyes MR, Green CH Arnold JG. The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future research directions. American Society of Agricultural and Biological Engineers.2007; 50(4): 1211-1250.
- [5] Engel, B., D. Storm, M. White, J. Arnold, and M. Arabi.2007. A hydrologic/water quality model application protocol.J.American Water Resource. Assoc. 43(5): 1223-1236.
- [6] Nash, J.E. and J.V.Sutcliffe (1970), River Flow Forecasting Through Conceptual Models, Part 1: A Discussion of Principles, Journal of Hydrology 10(3): 282-290.

การประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1
แบบเปียกสลับแห้งและแบบท่วมขัง

Evaluation of Water Footprint (WF) of PathumThani 1

Rice cultivation alternate wet & dry and basin irrigation

รพีพงศ์ ลภัสภักคณุตม์^{1,4*}, พิทวัส วิชัยดิษฐ์², พีรยุทธ จันทร์เพ็ญงาม³, ชัยศรี สุขสาโรจน์⁴

Rapeepong laphatphakkhanut^{1*}, Bittawat Wichaidist², Perayut Janpenngam³, Chairsri Suksaroj⁴

¹ส่วนวิศวกรรม สำนักงานชลประทานที่ 2 ลำปาง กรมชลประทาน

²สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ สุพรรณบุรี กรมการข้าว

³งานเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักงานงานวิทยาเขตกำแพงแสน

⁴ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน

Rapeepong67@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินและเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกแบบเปียกสลับแห้งและแบบน้ำท่วมขังในแปลงทดลอง เขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาว อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย โดยการปลูกข้าวในช่วงฤดูนาปรังปี พ.ศ. 2562 (มกราคม - พฤษภาคม) ซึ่งใช้โปรแกรม CROPWAT 8.0 ในการหาค่าใช้น้ำจริง (Water Consumption) ของข้าว และการรวบรวมข้อมูลในพื้นที่จริง จากผลการวิจัยนี้พบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกแบบเปียกสลับแห้ง มีค่าเท่ากับ 2,287.10 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก โดยแยกเป็นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) เท่ากับ 29.9 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) เท่ากับ 1,255.46 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก และ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{gray}) เท่ากับ 1,001.65 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก ส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) ที่ปลูกแบบท่วมขัง มีค่าเท่ากับ 3,176.88 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก โดยแยกเป็นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) เท่ากับ 26.07 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) เท่ากับ 1,212.68 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก และ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{gray}) เท่ากับ 1,938.13 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก ในขณะที่ผลผลิต ข้าวเปลือกที่ได้ของวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งจะน้อยกว่าแบบท่วมขังโดยมีค่าเท่ากับ 0.409 และ 0.382 ตัน/ไร่ ตามลำดับ สภาพภูมิอากาศที่ร้อนจัดส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตข้าวเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ข้าวปทุมธานี 1 ให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง ให้น้ำแบบน้ำท่วมขัง



Abstract

The present research aims to evaluate and compare water footprint (WF) of rice cultivation (PathumThani 1) using an alternate wetting and drying and basin irrigation at Mae Lao Water Transmission and Maintenance Project, Mae Lao District, Chiang Rai in the dry season of 2019 (January - May). CROPWAT 8.0 was used to calculate water consumption value. After water consumption data were collected and calculated from an actual area. Here, the results revealed that WF in an alternate wetting and drying irrigation was 2,287.10 m³/tons of paddy. WF_{green} , WF_{blue} and WF_{gray} in this technique were 29.9, 1,255.46 and 1,001.65 m³/tons of paddy, respectively. Moreover, WF of a basin irrigation method was equal to 3,176.88 m³/tons of paddy. WF_{green} , WF_{blue} and WF_{gray} were 26.01, 1,212.68 and 1,938.13 m³/tons of paddy, respectively. While the production of paddy rice from the alternate wetting and drying irrigation was less than the conventional method as shown as 0.409 and 0.382 tons/Rai, respectively. The hot climate results in a significant decrease in the yield of paddy.

Key words: water footprint; PathumThani1 rice; using an alternate wetting and drying irrigation; basin irrigation

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2560 ความต้องการใช้น้ำรวมของทั้งประเทศไทย อยู่ที่ประมาณปีละ 151,750 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร สูงถึง 113,960 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือร้อยละ 75 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ในจำนวนนี้อยู่ในเขตที่มีแหล่งกักเก็บน้ำและระบบชลประทานรวมทั้งปีเฉลี่ย 65,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนที่เหลืออีก 48,960 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรที่อยู่นอกเขตชลประทานโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก จากรายงานของกองนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2561) พบว่า ในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวรวมมากกว่า 70 ล้านไร่ มีปริมาณผลผลิตส่งออกกว่า 10 ล้านตันข้าวสาร มีมูลค่ากว่า 1.7 แสนล้านบาท คิดเป็นอันดับ 2 ของผลผลิตทางการเกษตรรองจากยางพารา และมีชวานากว่า 3.8 ล้านครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 65 ของเกษตรกรทั่วประเทศซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วเป็นการผลิตข้าวนาสวน (Paddy rice filed) เนื่องจากให้ผลผลิตมากกว่าข้าวไร่ (Upland rice) และโดยทั่วไปแล้วใช้น้ำมากกว่าการปลูกธัญพืชชนิดอื่นอย่างน้อย 2 เท่าตัว (Maclean et al., 2002; Oladele et al., 2019) แต่ในบางปีที่เกษตรกรประสบปัญหาสภาพการแปรปรวนของฝน เช่นฝนตกน้อยเกินไป หรือมีการกระจายตัวของฝน

ไม่สม่ำเสมออีกอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวและมีผลทำให้ได้รับผลผลิตต่ำ จึงมีการปลูกข้าวแบบใช้น้ำแบบประหยัดหรือแบบเปียกสลับแห้ง เพื่อกระตุ้นให้ข้าวแตกรากแตกกอให้มากที่สุด ข้อจำกัดของการปลูกแบบเปียกสลับแห้ง คือ การแล้งข้าวทำได้ในพื้นที่ควบคุมน้ำได้ไม่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ดินเค็ม การปล่อยน้ำให้แห้ง "ช่วงข้าวตั้งท้อง" ปล่อยให้หน้าดินแห้งต่อก่อนการเก็บเกี่ยว 15 วัน ดินที่เหมาะสมคือดินที่ ไม่เผาตอฟางข้าว (มีอินทรีย์วัตถุในดินให้ข้าว เลี้ยงตัว, ระหว่างหน้าดินแห้ง) (กรมการข้าว,2562)

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เป็นเครื่องมือชี้วัดการใช้น้ำในการอุปโภคและบริโภค ทั้งภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ในด้านเกษตรกรรมมีการนำมาใช้สำหรับชี้วัดการใช้น้ำในการเพาะปลูกพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด และพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ ซึ่งเป็นพืชที่ใช้น้ำสำหรับการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เป็นเครื่องชี้วัดการใช้น้ำที่ชัดเจน เพราะไม่ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่ใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาเท่านั้นแต่แสดงให้เห็นถึงสถานที่ และระยะเวลาที่เกิดการใช้น้ำ อีกทั้งเป็นดัชนีที่สามารถชี้วัดประสิทธิภาพการใช้น้ำและความยั่งยืนของการใช้ทรัพยากรน้ำ(Hoekstra, A.Y. et al.,2011 and Water footprint network, 2019)

ดังนั้นการวิจัยนี้ได้นำหลักการวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint, WF) มาใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ของวิธีการปลูกข้าวโดยการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง และแบบท่วมขัง เพื่อประเมินและเปรียบเทียบค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในแต่ละวิธีการการให้น้ำ ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาเป็นแนวทางๆหนึ่งในการสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อให้เกิดการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำทั้งระบบอย่างมีประสิทธิภาพและนำไปสู่ความยั่งยืนในอนาคต ตามแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำขึ้นเพื่อเป็นกรอบนโยบายและแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศให้มีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืน (คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, 2558)

วัตถุประสงค์

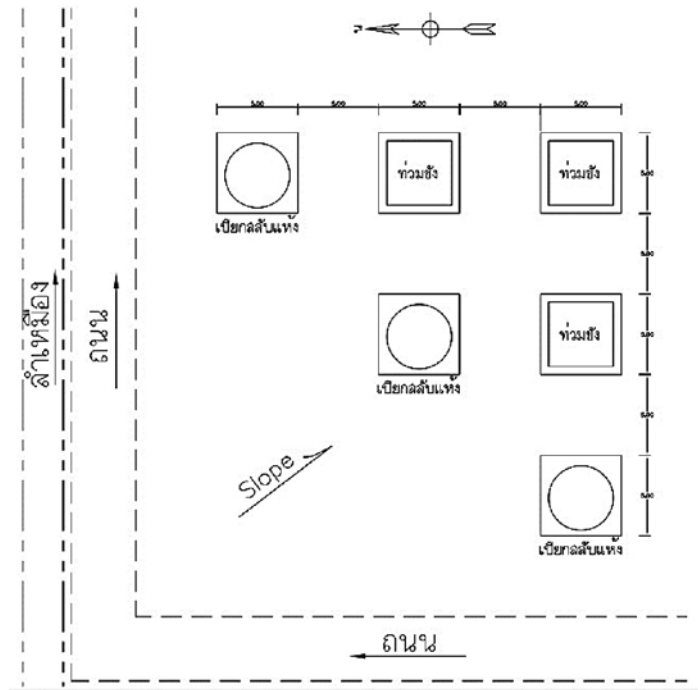
เพื่อประเมินและเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ของวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง และแบบท่วมขัง

วิธีการศึกษา

1. ศึกษาปริมาณน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในเขตพื้นที่ชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาวอำเภอมะนัง จังหวัดเชียงราย ของวิธีการปลูกข้าวโดยการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง และแบบท่วมขัง โดยปลูกในฤดูนาปรัง (มกราคม - พฤษภาคม พ.ศ.2562)

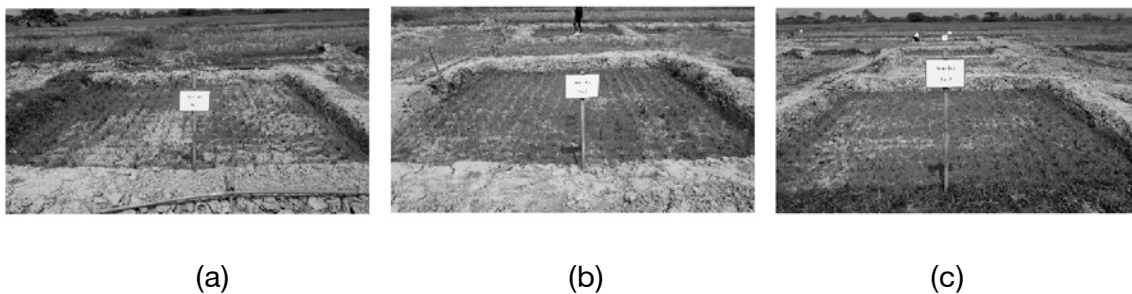


2. วางแผนการทดลองแบบสุ่ม (Completely Randomized Design; CRD) และประเด็นของการทดลอง (Treatment) คือ วิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง และวิธีให้น้ำแบบท่วมขัง ทดลองละ 3 ซ้ำ (Replications) ซ้ำละ 1 แปลงทดลองขนาด 5 x 5 เมตร แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงแปลงทดลอง

2.1 วิธีให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง เป็นการให้น้ำที่มีการปล่อยให้ข้าวขาดน้ำในช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้รากและลำต้นข้าวแข็งแรง โดยขังน้ำในแปลงนาเช่นเดียวกับการให้น้ำแบบท่วมขัง แต่มีการแก้งน้ำ (ปล่อยให้ข้าวขาดน้ำ) 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ในระยะแตกกอ (ข้าวอายุ 30 วัน) เป็นเวลา 15 วัน ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวแตกกอสูงสุด (ข้าวอายุ 60 วัน) เป็นเวลา 15 แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 (a) แปลงแบบเปียกสลับแห้ง 1, (b) แปลงแบบเปียกสลับแห้ง 2, (c) แปลงแบบเปียกสลับแห้ง 3

2.2 วิธีให้น้ำแบบท่วมขัง เป็นการให้น้ำข้าวโดยขังน้ำในแปลงนาที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร ตลอดฤดูปลูก (ตั้งแต่ระยะปักดำจนถึงระยะ 10 วันก่อนการเก็บเกี่ยว) แสดงดังภาพที่ 3



(a)

(b)

(c)

ภาพที่ 3 (a) แปลงแบบท่วมขัง 1, (b) แปลงแบบท่วมขัง 2, (c) แปลงแบบท่วมขัง 3

3. การรวบรวมข้อมูล

3.1 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) คือ ข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ในซอฟต์แวร์ ได้แก่ ข้อมูลทางภูมิอากาศ (Climate) ค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง (Reference crop evapotranspiration, Eto) ข้อมูลฝน (Rain) และข้อมูลดิน (Soil)

3.2 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ใช้ข้อมูลจากการสำรวจจริงในแปลงทดลอง คือ ข้อมูลการเพาะปลูก (Crop) ค่าการใช้น้ำของวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งและ แบบท่วมขัง และผลผลิตข้าวที่เป็นข้าวเปลือก (Yield)

3.3 บันทึกข้อมูลผลผลิต (ข้าวเปลือก) ที่ระดับความชื้น 15%

การเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เริ่มเก็บบันทึกตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 การคำนวณ

1. การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชโดย CROPWAT 8.0

โปรแกรม CROPWAT 8.0 เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาโดยหน่วยพัฒนาน้ำและดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) (FAO, 2015A) ใช้สำหรับประมาณค่าการใช้น้ำของพืชและจัดการตารางการให้น้ำในการเพาะปลูก โดยใช้วิธีการคำนวณค่าการระเหยน้ำของพืชด้วยสมการ Penman-Monteith ซึ่งในการคำนวณหาการใช้น้ำของพืช (crop -water requirement) ต้องมีการนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากฐานข้อมูล CLIMWAT (FAO, 2015B) ได้แก่ ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ปริมาณฝนรวม ปริมาณฝนใช้การ อุณหภูมิ พลังงานแสงอาทิตย์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ แรงแลม รูปแบบการปลูกพืช โดยในการคำนวณต้องเพิ่มเติมข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ชนิดของดิน ซึ่งประกอบด้วยค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ทั้งหมด ความลึกของรากพืช อัตราการซึมลงในดินของน้ำฝน รวมถึง ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์พืชที่ได้จากการศึกษาของ Allen (Allen et al., 1988)



ผลการคำนวณของโปรแกรม CROPWAT 8.0 จะแสดงถึงการใช้น้ำของพืชเป็นช่วงระยะตามที่ต้องการหรือตลอดฤดูกาลปลูกพืช และสามารถกำหนดรอบการให้น้ำที่ไม่กระทบต่อผลผลิตและกำหนดตารางการให้น้ำเป็นอัตรา มิลลิเมตร ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หรือ ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์ต่อวัน ในแต่ละรอบการให้น้ำ ซึ่งเกษตรกรจะนำไปกำหนดการจัดการน้ำในพื้นที่เพาะปลูก (FAO, 2015B) การคำนวณหาการใช้น้ำของพืช CROPWAT 8.0 ต้องการข้อมูลพื้นฐานในการประมวลผล คือสภาพภูมิอากาศและลักษณะของพืช โดยข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพืชจะเป็นข้อมูลที่ถูกระบุไว้ในโปรแกรม และจากโปรแกรม CLIMWAT ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติที่รวบรวมข้อมูลสภาพภูมิอากาศจาก 5,000 สถานีทั่วโลก ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1971-2000

CROPWAT 8.0 กำหนดให้มีการคำนวณ 4 วิธี โดยสามารถปรับเปลี่ยนได้ คือ

- (1) Fixed percentage
- (2) Dependable rainfall (FAO/AGLW formula)
- (3) Empirical formula
- (4) USDA Soil Conservation Service

โดยโปรแกรมจะกำหนดให้ใช้วิธี USDA Soil Conservation Service โดยวิธีนี้จะคำนวณปริมาณฝนใช้การจากปริมาณฝนใน 2 กรณี (FAO, 2009) คือ

(1) กรณีที่คำนวณฝนใช้การเป็นรายเดือนกรณีที่ข้อมูลปริมาณฝนเป็นรายเดือน (P_{month}) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 250 มิลลิเมตรต่อเดือน ดังสมการที่ (1.1)

$$P_{eff} = P_{month} * (125 - 0.2 * P_{month}) / 125 \tag{1.1}$$

กรณีที่ข้อมูลปริมาณฝน (P_{month}) มากกว่า 250 มิลลิเมตรต่อเดือนดังสมการที่ (1.2)

$$P_{eff} = 125 + 0.1 * P_{month} \tag{1.2}$$

เมื่อ P_{eff} = ปริมาณฝนใช้การรายเดือน (มิลลิเมตรต่อเดือน)

P_{month} = ปริมาณฝนรายเดือน (มิลลิเมตรต่อเดือน)

(2) กรณีที่คำนวณข้อมูลปริมาณฝนใช้การเป็นระยะ (decade) กรณีข้อมูลปริมาณฝนเป็นระยะ (P_{dec}) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 250/3 มิลลิเมตรต่อเดือน ดังสมการที่ (1.3)

$$P_{eff(dec)} = P_{dec} * (125 - 0.6 * P_{dec}) / 125 \tag{1.3}$$

กรณีข้อมูลปริมาณฝนเป็นระยะ (P_{dec}) มากกว่า 250/3 มิลลิเมตรต่อเดือน ดังสมการที่ (1.4)

$$P_{eff(dec)} = (125 / 3) + 0.1 * P_{dec} \quad (1.4)$$

เมื่อ $P_{eff(dec)}$ = ปริมาณฝนใช้การเป็นระยะ (มิลลิเมตรต่อเดือน)

P_{dec} = ปริมาณฝนเป็นระยะ (มิลลิเมตรเดือน)

2. การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WaterFootprint, WF)

การวิเคราะห์ข้อมูลได้นำหลักการวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) มาใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ดังกล่าวประกอบด้วย ฟุตพริ้นท์ ของน้ำทั้ง 3 ประเภท ทั้งนี้ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) คือปริมาณน้ำที่ใช้ (Water Consumption) ส่วนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{gray}) เป็น ปริมาณน้ำเสีย หรือ Water Pollution สำหรับหน่วยวัดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/ตันข้าวเปลือกดังสมการที่ (2.1)(Mekonnen and Hoekstr, 2011)

$$WF = WF_{blue} + WF_{green} + WF_{gray} \quad (2.1)$$

เมื่อ WF = วอเตอร์ฟุตพริ้นท์รวมในพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

WF_{green} = วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

WF_{blue} = วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

WF_{gray} = วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียวและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงินนั้น คำนวณจากปริมาณน้ำที่พืชใช้ (Crop water use, CWU)หารด้วยผลผลิตของพืช (Yield, Y) ดังสมการที่ (2.2) และ (2.3) (Mekonnen and Hoekstr, 2011)

$$WF_{blue} = CWU_{blue} / Y \quad (2.2)$$

$$WF_{green} = CWU_{green} / Y \quad (2.3)$$

เมื่อ CWU = ปริมาณน้ำที่พืชใช้ (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)

Y = ผลผลิต (yield) ของการปลูกข้าว (ตันต่อไร่)

ส่วนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทาเป็นการหาปริมาณการใช้น้ำที่จะใช้ในการเจือจางสารที่เกิดขึ้นของธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยในการปลูกข้าว และปริมาณน้ำที่ซึมลงดิน จากการเก็บข้อมูลของงานวิจัยในครั้งนี้นพบว่าการระบายน้ำเสียออกจากแปลงนาจึงไม่มีใช้น้ำในการเจือจางธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยในการปลูกข้าว แต่จะมีน้ำส่วนเกินที่ให้มากกว่าปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_c) ที่ซึมลงดินดังนั้น



ผลการศึกษา

1. ปริมาณการใช้น้ำของข้าว

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETO) ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต 12 สัปดาห์ จากโปรแกรม CROPWAT 8.0 เท่ากับ 450.7 มิลลิเมตร ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_c) ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตรวมเท่ากับ 522.7 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนใช้การ (P_{eff}) ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตรวมเท่ากับ 11.0 มิลลิเมตร ดังนั้นปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (Irrigation Requirement) รวมตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตเท่ากับ 511.6 มิลลิเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (Irrigation Requirement) ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_c) และปริมาณฝนใช้การ (P_{eff}) ในสัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 12 ของการปลูกข้าว ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_c) ในการปลูกข้าวมีอัตราการใช้น้ำที่มากกว่าปริมาณฝนใช้การ (P_{eff}) ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าวจึงประสบปัญหาการขาดน้ำเนื่องจากการปลูกข้าวในฤดูนาปรัง ซึ่งมีฝนตกในพื้นที่น้อยมาก และส่งผลโดยตรงกับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue})

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (Irrigation Requirement) ต่อการเพาะปลูก ปริมาณฝนใช้การ (P_{eff}) และปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_c) ที่ใช้ในการปลูกข้าวสำหรับฤดูแล้ง (นาปรัง) ดังกล่าวในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาว อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย (ตารางที่ 1) โดยข้าวจะมีความต้องการน้ำสูงมากในระหว่างสัปดาห์ที่ 5-11 ในระหว่างการปลูกครั้งนี้เป็นฤดูแล้งที่มีอุณหภูมิของอากาศค่อนข้างสูง ปริมาณน้ำส่วนใหญ่ตลอดการเพาะปลูกมาจากระบบการให้น้ำชลประทาน

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์พืช, ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง, ปริมาณการใช้น้ำของพืช, ปริมาณฝนใช้การ, ปริมาณน้ำที่พืชใช้จริง ของข้าวรายสัปดาห์ จากโปรแกรม CROPWAT 8.0

CROP WATER REQUIREMENTS

Eto station : Mae-Lao

Crop : Rice

Rain station : Chiang-Rai

Planting date : 25/01

สัปดาห์	ค่าสัมประสิทธิ์พืช, Kc	ปริมาณการใช้น้ำ ของ พืชอ้างอิง, ET ₀ (mm)	ปริมาณการ ใช้น้ำของพืช, ET _c (mm)	ปริมาณ ฝนใช้การ, P _{eff} (mm)	ปริมาณน้ำ ที่พืชต้องการ, Irr.Req.(mm)
1	1.09	16.01	17.45	1.65	15.80
2	1.10	31.64	34.80	3.20	31.70
3	1.11	34.23	38.00	2.80	35.20
4	1.14	28.86	32.90	1.90	31.00
5	1.18	37.63	44.40	0.40	44.00
6	1.21	39.42	47.70	0.00	47.70
7	1.22	46.39	56.60	0.10	56.50
8	1.22	45.16	55.10	0.00	55.00
9	1.20	48.42	58.10	0.00	58.10
10	1.16	49.57	57.50	0.80	56.60
11	1.10	52.00	57.20	0.10	57.10
12	1.07	21.40	22.90	0.00	22.90
รวม		450.7	522.7	11.0	511.6

2. ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(Water Footprint, WF)

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้จริง โดยอาศัยค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET₀) และค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำพืช (ET_c) ในแต่ละสัปดาห์ด้วยโปรแกรม CROPWAT 8.0 ซึ่งจะนำมาเป็นผลรวมแล้วนำมาเปรียบเทียบกับหน่วยผลผลิตในพื้นที่ จากการศึกษาพบว่าปริมาณผลผลิตข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จากแปลงทดลองในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาว อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงรายที่ใช้วิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งมีผลผลิตข้าวเปลือกน้อยกว่าแปลงที่ปลูกด้วยวิธีการให้น้ำแบบท่วมขังโดยมีค่า เท่ากับ 0.409 และ 0.382 ตัน/ไร่ ตามลำดับผลการศึกษากการให้น้ำทั้ง 2 วิธี ต่อปริมาณผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่าผลผลิตของข้าว มีค่าค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เกิดขึ้นเนื่องจากรอบฤดูปลูกที่ล่าช้าทำให้ข้าวออกดอกในช่วงกระทบร้อน ทำให้ดอกข้าวบางส่วนเป็นหมันเนื่องจากสภาวะเครียดจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงในช่วงนั้น



แต่จากการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(WF)จะพบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งมีค่าน้อยกว่าวิธีการให้น้ำแบบท่วมขังสะท้อนการใช้ทรัพยากรน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบท่วมขังโดยมีค่าเท่ากับ 2,287.10 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก และ 3,176.88 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก ตามลำดับ โดยความแตกต่างสำคัญนี้มาจากค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{gray}) ซึ่งเกิดจากการขังน้ำไว้ในนาตลอดช่วงการเติบโตของต้นข้าว ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 (ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก) ของวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งและแบบท่วมขัง

วิธีการให้น้ำ	วอเตอร์ฟุตพริ้นท์				
	Yield (ตัน/ไร่)	สีเขียว (WF _{green})	สีน้ำเงิน (WF _{blue})	สีเทา (WF _{gray})	WF _{total}
แบบเปียกสลับแห้ง	0.409	29.99	1255.46	1,001.65	2,287.10
แบบท่วมขัง	0.382	26.07	1212.68	1,938.13	3,176.88

จากผลการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(WF) ที่คำนวณได้เมื่อมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในเขตพื้นที่อื่นในประเทศไทยดังแสดงในตารางที่ 4 เป็นการปลูกข้าวพันธุ์กข.31 (ปทุมธานี 80) ซึ่งอยู่ในกลุ่มพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อแสง และให้ผลผลิตต่อไร่ใกล้เคียงกันกับพันธุ์ปทุมธานี 1 แต่พบว่าการปลูกข้าวในการทดลองครั้งนี้ได้รับผลกระทบจากภาวะอุณหภูมิสูงขณะข้าวออกดอกทำให้ผลผลิตต่อไร่ลดลงอย่างมาก ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(WF)อย่างมาก โดยวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งของการศึกษาครั้งนี้มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(WF)ที่ค่อนข้างสูงกว่าในเขตพื้นที่อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี และ อำเภอนางลิ้อ จังหวัดชัยนาท ทั้งนี้นอกจากสภาพอากาศที่ร้อนส่งผลต่อผลผลิตแล้วยังอากาศที่ร้อนส่งผลต่อการระเหยของน้ำปริมาณมาก และอาจมีสาเหตุมาจากการรั่วซึมของน้ำในแปลงนาด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) (ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก) แบบวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งกับเขตพื้นที่อื่นๆที่เป็นพันธุ์ข้าวไม่ไวแสง (กข.31 (ปทุมธานี 80))

พื้นที่	วอเตอร์ฟุตพริ้นท์					อ้างอิง
	Yield (ตัน/ไร่)	สีเขียว (WF _{green})	สีน้ำเงิน (WF _{blue})	สีเทา (WF _{gray})	WF _{total}	
การศึกษานี้	0.409	29.99	1,255.46	1,001.65	2,287.10	
สถาบันพัฒนาการชลประทาน	0.772	24.40	1,193.90	198.90	1,417.10	(ณรงค์ศักดิ์ และคณะ, 2557)
อำเภอนางลิ้อ จังหวัดชัยนาท	1.100	54.50	711.30	200.00	965.80	(ณรงค์ศักดิ์ และคณะ, 2557)

ส่วนการปลูกข้าวโดยวิธีการให้แบบท่วมขังของการศึกษานี้มีค่ามากกว่าการศึกษาอื่นๆที่ปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในฤดูแล้ง (นาปรัง) แบบน้ำท่วมขัง จะสังเกตเห็นได้ว่าผลผลิตต่อไร่ของการศึกษาครั้งนี้ น้อยกว่าการศึกษาโดย ธีระวัฒน์และคณะ, 2555 สูงถึงกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 5) ส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สูงกว่าถึง 2 เท่า การใช้น้ำของข้าวมีค่าใกล้เคียงกันทำให้ค่า $WF_{green} + WF_{blue}$ มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ WF_{gray} สูงกว่ามาก แสดงให้เห็นว่าน้ำใช้ในการปลูกข้าวในส่วนที่ข้าวต้องการนั้นมีค่าใกล้เคียงกันแต่การบริหารจัดการในส่วนอื่นๆของการใช้น้ำเพื่อการปลูกข้าว ความประณีตในการเตรียมแปลงนา และการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ในการปลูกข้าวมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) (ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก) แบบวิธีการให้น้ำแบบท่วมขัง พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ในการศึกษาก่อนหน้าในเขตพื้นที่อื่น

พื้นที่	Yield (ตัน/ไร่)	วอเตอร์ฟุตพริ้นท์			อ้างอิง	
		สีเขียว (WF_{green})	สีน้ำเงิน (WF_{blue})	สีเทา (WF_{gray})		WF_{total}
การศึกษาครั้งนี้	0.382	26.07	1,212.68	1,938.13	3,1776.88	
พื้นที่โครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาโคก กระเทียม	0.464	11.00	1,283.00	397.00	1,691.00	(ธีระวัฒน์, 2555)
พื้นที่คลองฝั่งซ้าย คลองชัยนาท-ป่าสัก จ.ลพบุรี	0.458	413.00	813.00	427.00	1,653.00	(ธีระวัฒน์, 2555)

สรุปผลการทดลอง

ผลผลิตข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จากแปลงทดลองในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาว อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงรายที่ใช้วิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งมีผลผลิตข้าวเปลือกน้อยกว่าแปลงที่ปลูกด้วยวิธีการให้น้ำแบบท่วมขังโดยมีค่า เท่ากับ 0.409 และ 0.382ตัน/ไร่ ตามลำดับสภาพภูมิอากาศที่ร้อนจัดส่งผลต่อปริมาณผลผลิตและปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าวในแปลงทดลองส่วนใหญ่มาจากระบบชลประทานเนื่องจากการเพาะปลูกในฤดูแล้ง (นาปรัง) ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(WF)ของวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งมีค่าน้อยกว่าวิธีการให้น้ำแบบท่วมขังโดยมีค่าเท่ากับ 2,287.10 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก และ 3,176.88 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือกตามลำดับ โดยความแตกต่างสำคัญนี้มาจากค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{gray})



เอกสาร และสิ่งอ้างอิง

- [1] Available : <https://sustainabledevelopment.un.org>. 2019, March 23.
- [2] กรมการข้าว (Available : <http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=119-2.htm>. 2019, January 3.)
- [3] Available : <http://waterfootprint.org/en/resources/interactivetools/product-gallery/>. 2019, January 20.
- [4] Available : <http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.phpfile=content.php&id=119-2.htm>. 2019, January 3.
- [5] Available : <https://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.phpfile=content.php&id=67.htm>. 2019, January 2.
- [6] Water footprint network (Available : <http://waterfootprint.org/en/resources/interactivetools/product-gallery/>. 2019, January 20.)
- [7] Allen RG., Pereira LS., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy; 1988.
- [8] FAO. 2015A :FAO water: Software CROPWAT 8.0 [internet]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2015 [cited 2017 Dec 1]. Available from:http://www.fao.org/nr/water/infores__databases__cropwat.html
- [9] FAO. 2015B :FAO water: Climate 2.0 for CROPWAT [internet]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2015 [cited 2017 Dec 1]. Available from: http://www.fao.org/nr/water/infores__databases__climwat.html122
- [10] FAO. 2009 :CROPWAT 8.0. Electronic Publishing Policy and Support Branch, Information Division, FAO; 2009.
- [11] Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. 2011. Water footprint assessment manual. water footprint network 2011. University of Twente, Enschede, The Netherlands.

- [12] Maclean, J.L., D. C. Dawe, B. Hardy and G. P. Hettel. 2002. Rice Almanac. International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos(Philippines).
- [13] Mekonnen M. M. and Hoekstra A. Y., 2011 "The green, blue and grey waterfootprint of crops and derived crop products", Hydrology and Earth System Sciences. 15: 1577-1600.
- [14] Oladele, O. I., A. N. Chimewah and O. D. Olorunfemi. 2019. Determinants of farmers' adoption of alternate wet and dry techniques in lowland rice production in Ghana, Uganda and Cameroon for climate smart agriculture. The Journal of Developing Areas 53: 169-182.
- [15] กมลพร อยู่สบาย ส่วนน้ำเสียเกษตรกรรม, (2554). "Water Footprint" รอยเท้าน้ำ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ. กรุงเทพฯ
- [16] คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, (2558). แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ. สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. กรุงเทพฯ
- [17] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2560. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- [18] ณรงค์ศักดิ์ ชัยคงสถิตย์, อติชัย พรหมินทร์ และ สุรชัย ลิปิวัฒนาการ. 2557. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกข้าวแบบนาเปียกสลับแห้ง. การประชุมวิชาการด้านชลประทานและการระบายน้ำแห่งชาติ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- [19] วีระวัฒน์ ธรรมนิยม. 2555. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่ส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียมวิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.



การวิเคราะห์ประสิทธิภาพชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว

Analysis of Irrigation Efficiency of KRASEAW Operation
and Maintenance Project

ลลิตา ยืนยง¹ จิรวัดน์ กณะสุต² และ ยุทธนา ตาละลักษมณ์³

Lalita Yuenyong¹JirawatKanasut²andYutthanaTalaluxmana³

^{1,2,3}ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จ.กรุงเทพมหานคร 10900

e-mail: ¹lalita.y@ku.th, ²fengjwg@ku.ac.th, ³fengynt@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว ตั้งอยู่ด้านท้ายน้ำของเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นโครงการหนึ่งที่ยังมิได้มีการประเมินประสิทธิภาพชลประทาน การศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการประเมินประสิทธิภาพชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับประสิทธิภาพชลประทานของโครงการ และระดับประสิทธิภาพชลประทานของระบบส่งน้ำ ซึ่งประกอบด้วย คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้ายและฝั่งขวา คลองส่งน้ำสายซอย 7 สาย ในการศึกษาได้รวบรวมกิจกรรมการเพาะปลูกในฤดูฝนและฤดูแล้ง ในปี พ.ศ. 2560 มาทำการคำนวณความต้องการน้ำชลประทานด้วยโปรแกรม WUSMO และรวบรวมปริมาณน้ำที่ส่งผ่านประตูระบายน้ำต่างๆ มาประเมินหาประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการฯ และระบบส่งน้ำ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการวางแผนการเพาะปลูกและการจัดสรรน้ำเพื่อพัฒนากิจการชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียวให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพชลประทาน, โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว, แบบจำลอง WUSMO

ABSTRACT

The irrigation efficiency of Kraseaw Irrigation and Maintenance Project, located on the downstream of Kraseaw Dam, Suphanburi Province, Thailand, has been studied for the first time in this paper. Two levels of studies has been done: (1) efficiency of the overall project, and (2) efficiency of the irrigation system, which includes all large and small canals. The irrigation requirement has been computed by WUSMO software based on the available data from agriculture activities, both in rainy and dry seasons in 2017. The efficiency (1) and (2) have been also analyzed by using flow quantities from all water gates. The results are expected to be useful as a guideline for planning and management of this project.

KEY WORDS: Irrigation, Efficiency, KRASEAW, WUSMO

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากนับวันความต้องการน้ำของเกษตรกรที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ในการส่งน้ำชลประทานให้กับเกษตรกรนั้นจะสูญเสียไปเนื่องจากการระเหย และการรั่วซึม การส่งน้ำให้มีประสิทธิภาพและเพียงพอต่อความต้องการน้ำชลประทานจึงมีความสำคัญ แต่ประสิทธิภาพชลประทานไม่สามารถกำหนดเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้ เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ระบบชลประทาน ความสามารถในการเอาใจใส่ของเจ้าหน้าที่ชลประทานและเกษตรกรผู้ใช้น้ำที่อยู่ในระบบ อย่างไรก็ตามค่าประสิทธิภาพชลประทานที่เชื่อถือได้และใกล้เคียงจะทำให้ทราบถึงความสามารถของระบบชลประทานและผู้น้ำได้

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว เป็นโครงการที่มีอ่างเก็บน้ำกระเสียวเป็นน้ำต้นทุน และส่งน้ำให้กับผู้น้ำที่อยู่ในเขตพื้นที่ชลประทาน โดยเริ่มมีการส่งน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 มีกิจกรรมการใช้น้ำหลักๆ ได้แก่ การอุปโภคบริโภค การประปา อุตสาหกรรม และการทำการเกษตร ซึ่งการเกษตรหลักๆ ในเขตพื้นที่ชลประทาน คือ ข้าว และอ้อย

ดังนั้นในการศึกษานี้ เป็นการคำนวณและวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว โดยจะวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชลประทานในปี พ.ศ. 2560 ทั้งช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ซึ่งค่าประสิทธิภาพชลประทานที่ได้มานี้จะเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในการวางแผนการเพาะปลูกและการจัดสรรน้ำเพื่อพัฒนากิจการชลประทานให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป



2. วัตถุประสงค์

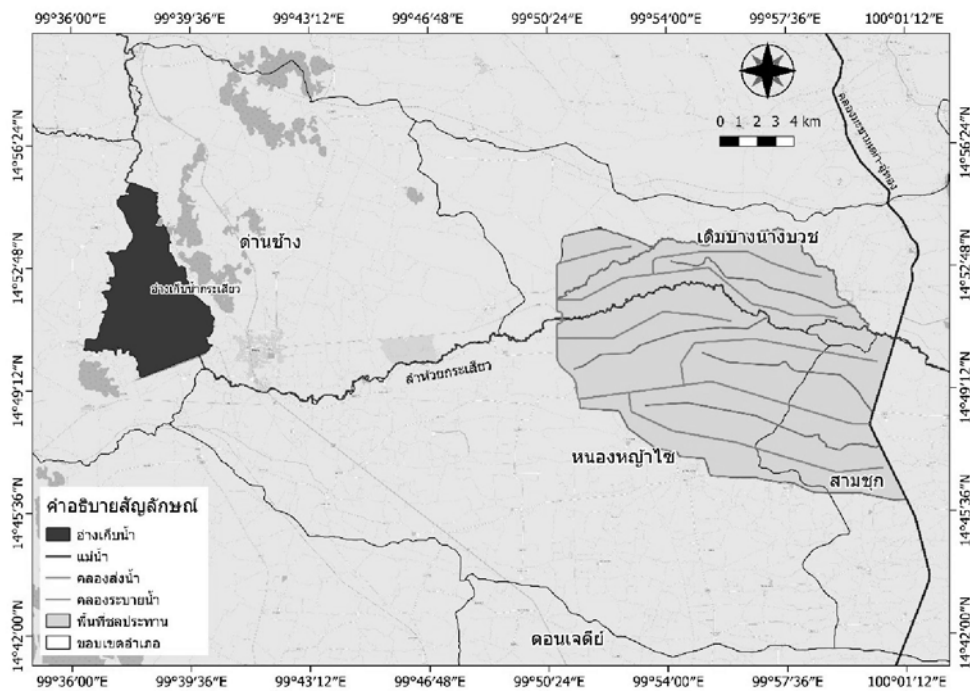
- 2.1 เพื่อศึกษาความต้องการน้ำชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว
- 2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว

3. วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยในการศึกษานี้ สามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

3.1 รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 ข้อมูลสภาพพื้นที่ศึกษา โดยโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว อยู่ในท้องที่บ้านนาตาปิ่น ตำบลด่านช้าง อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ขอบเขตพื้นที่รับผิดชอบ โดยมีอ่างเก็บน้ำกระเสียว อยู่ในอำเภอด่านช้าง และมีพื้นที่ชลประทาน อยู่ในอำเภอเดิมบางนางบวช อำเภอสามชูก และอำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี ดังแสดงในรูปที่ 1



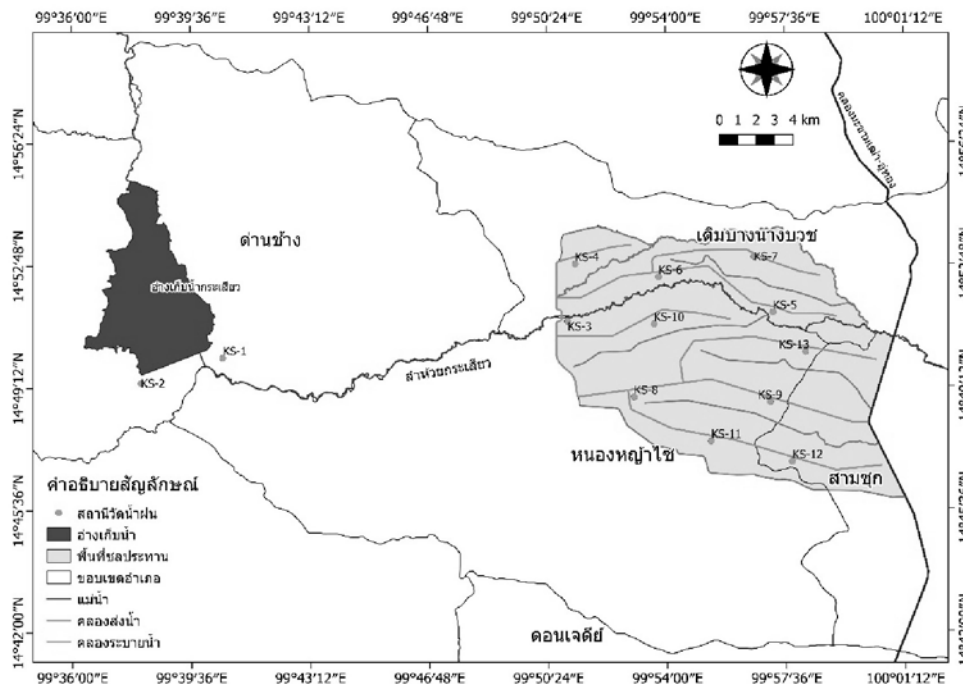
รูปที่ 1 ที่ตั้งและขอบเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว

3.1.2 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ โดยใช้สถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงพื้นที่ศึกษามากที่สุด คือสถานีตรวจอากาศสุพรรณบุรี ซึ่งสามารถสรุปสถิติข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ.2531-2560) และช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปสถิติข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2531 - 2560)

ตัวแปรภูมิอากาศ	หน่วย	ช่วงพิสัยค่าเฉลี่ยรายเดือน	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	25.5 – 30.7	28.3
ความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	69.0 – 80.0	74.3
ความครึ้มเมฆ	1 – 10 ออกตา	3.5 – 8.4	5.8
ความเร็วลม	น็อต	1.3 – 2.3	1.9
ปริมาณการระเหยจากผิวดิน	มิลลิเมตร	122.5 – 182.5	145.8
ปริมาณฝน	มิลลิเมตร	6.3 – 225.8	84.0
ช่วงเวลาแสงอาทิตย์	ชั่วโมง	123.5 – 248.9	200.6

3.1.3 ข้อมูลน้ำฝน โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนช่วงปี พ.ศ. 2538 - 2560 ในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว มีสถานีตรวจวัดน้ำฝน 13 สถานี ซึ่งแสดงตำแหน่งที่ตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยสถานี KS-1 และ KS-2 อยู่ในบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำกระเสียว ส่วนสถานี KS-3 ถึง KS-13 นั้นอยู่ในบริเวณพื้นที่ชลประทานของโครงการ ซึ่งรายละเอียดข้อมูลปริมาณฝน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2



รูปที่ 2 ที่ตั้งสถานีตรวจวัดน้ำฝนของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว



ตารางที่ 2 ปริมาณฝนรายปีของสถานีตรวจวัดน้ำฝนบริเวณพื้นที่โครงการฯ กระเสี้ยว
ช่วงปี พ.ศ. 2538 - 2560

รหัส	ชื่อสถานี	ปริมาณฝนรายปี (มม.)		
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
KS-1	ห้วงงานโครงการ ฯ กระเสี้ยว	1,420.5	409.8	1032.9
KS-2	หัวเขื่อน กม.0+000	1,602.2	440.0	1018.3
KS-3	ปากคลอง 1 ซ้าย กม.0+000	1,457.0	500.1	791.0
KS-4	คลอง 1 ซ้าย กม.4+000	1,676.3	481.8	881.0
KS-5	คลอง 1 ขวา-1 ซ้าย กม.12+500	1,487.8	478.3	876.8
KS-6	ปากคลอง 1 ซ้าย-1 ขวา-1 ซ้าย กม.0+000	1,587.5	410.9	842.0
KS-7	คลอง 1 ซ้าย-1 ขวา-1 ซ้าย กม.6+000	1,496.4	405.2	887.1
KS-8	คลอง 1 ขวา กม.7+000	1,498.5	355.2	884.9
KS-9	คลอง 1 ขวา กม.15+000	1,150.0	317.0	722.5
KS-10	คลอง 1 ซ้าย-1 ขวา กม.5+150	1,237.6	339.1	856.6
KS-11	คลอง 1 ขวา-1 ขวา กม.5+200	1,440.4	429.4	912.9
KS-12	คลอง 1 ขวา-1 ขวา กม.9+800	1,314.0	394.4	830.1
KS-13	คลอง 2 ซ้าย-1 ขวา กม.8+300	1,369.6	298.1	766.2

3.1.4 สภาพน้ำท่า โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทานในเขตพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสี้ยว ทำให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำที่ส่งให้กับพื้นที่ชลประทาน ในช่วงปี พ.ศ.2560 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน (คลองส่งน้ำสายใหญ่) ปี พ.ศ.2560

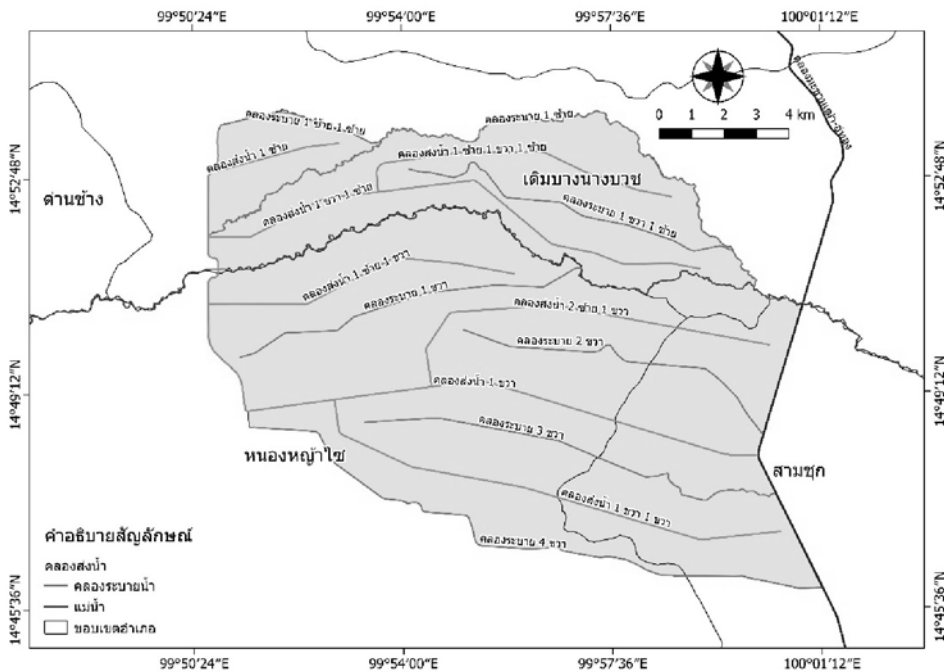
ลำดับที่	ชื่อสถานี	ปริมาณน้ำผ่านอาคาร (ล้าน ลบ.ม.)		
		ทั้งปี	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
1	คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย (LMC)	58.39	29.90	28.49
2	คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา (RMC)	146.14	75.00	71.14

3.1.5 คลองส่งน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสี้ยว มีคลองส่งน้ำธรรมชาติที่ส่งน้ำจากเขื่อนไปยัง ปตร.ทดน้ำกระเสี้ยว ซึ่งมีความยาว 26.300 กิโลเมตร และมีคลองส่งน้ำตาดคอนกรีตทั้งหมด 7 สาย ดังนี้ ซึ่งแสดงในรูปที่ 3

- คลองส่งน้ำสายใหญ่ 1 ขวา ยาว 20.880 กิโลเมตร
- คลองส่งน้ำ 1 ซ้าย 1 ขวา ยาว 9.800 กิโลเมตร
- คลองส่งน้ำ 1 ขวา 1 ขวา ยาว 15.150 กิโลเมตร
- คลองส่งน้ำ 2 ซ้าย 1 ขวา ยาว 12.500 กิโลเมตร
- คลองส่งน้ำสายใหญ่ 1 ซ้าย ยาว 7.000 กิโลเมตร
- คลอง 1 ขวา 1 ซ้าย ยาว 16.310 กิโลเมตร
- คลอง 1 ซ้าย 1 ขวา 1 ซ้าย ยาว 10.160 กิโลเมตร

3.1.6 คลองระบายน้ำ ประกอบด้วยคลองระบายน้ำธรรมชาติ ทั้งหมด 8 สาย ดังนี้ ซึ่งแสดงในรูปที่ 3

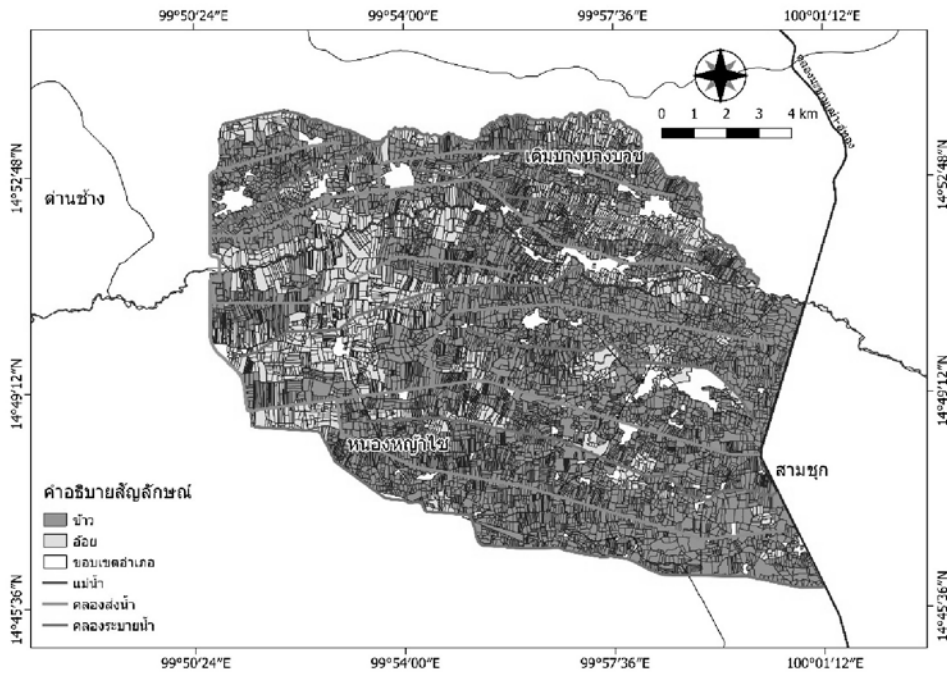
- คลองระบาย ร.1 ซ้าย ยาว 22.700 กิโลเมตร
- คลองระบาย ร.1 ซ้าย 1 ซ้าย ยาว 5.272 กิโลเมตร
- คลองระบาย ร.1 ขวา 1 ซ้าย ยาว 11.060 กิโลเมตร
- คลองระบาย ร.1 ขวา ยาว 11.200 กิโลเมตร
- คลองระบาย ร.2 ขวา ยาว 10.800 กิโลเมตร
- คลองระบาย ร.3 ขวา ยาว 13.640 กิโลเมตร
- คลองระบาย ร.4 ขวา ยาว 19.316 กิโลเมตร
- คลองระบายลำห้วยกระเสี้ยว ยาว 25.300 กิโลเมตร



รูปที่ 3 คลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสี้ยว



3.1.7 พื้นที่ชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว มีพื้นที่ชลประทาน 110,563 ไร่ กิจกรรมการเกษตรส่วนใหญ่ในพื้นที่ คือ ปลูกข้าว และทำไร่อ้อย ซึ่งมีการปลูกข้าวในพื้นที่ 83,270 ไร่ และปลูกอ้อย 25,567 ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยช่วงเวลาของการปลูกพืชในพื้นที่ของปี พ.ศ. 2560 ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 กิจกรรมการเพาะปลูกพืชของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว

กิจกรรม	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ข้าว นาหว่านน้ำตม	หว่าน			หว่าน								
อ้อย	อ้อย											

รูปที่ 5 ปฏิทินการเพาะปลูกในพื้นที่ชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว

3.1.8 ข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ซึ่งพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว มีกิจกรรมการปลูกข้าวโดยเป็นชาวนาหว่านน้ำตม และการทำไร่อ้อย ซึ่งรวบรวมข้อมูลสัมประสิทธิ์ของพืชโดยใช้ค่าที่คิดจากสมการ Penman-Monteith ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์พืชของข้าวนาหว่านน้ำตม (สพรรณบุรี 1) และอ้อย

ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient ; Kc) โดยวิธี Penman-Monteith			
ข้าวนาหว่านน้ำตม (สพรรณบุรี 1)		อ้อย	
สัปดาห์ที่ (นับจากหลังหว่าน)	Kc	เดือนที่	Kc
1	0.80	1	0.65
2	1.05	2	0.86
3	1.25	3	1.13
4	1.40	4	1.35
5	1.50	5	1.56
6	1.55	6	1.29
7	1.60	7	1.20
8	1.63	8	0.93
9	1.68	9	0.63
10	1.60	10	0.52
11	1.50		
12	1.36		
13	1.08		
14	0.65		
เฉลี่ย	1.33	เฉลี่ย	1.01

3.2 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลน้ำฝน

เมื่อรวบรวมข้อมูลฝนรายวันของสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในเขตพื้นที่ชลประทานของโครงการฯ กระเสียว จำนวน 13 สถานีแล้ว จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลน้ำฝนด้วยวิธีเส้นโค้งทับทวิ (Double Mass Curve)

3.3 หาปริมาณฝนใช้การ

นำข้อมูลฝนรายวันของสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในเขตพื้นที่ชลประทานของโครงการฯ กระเสียว ที่ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลน้ำฝนด้วยวิธีเส้นโค้งทับทวิ (Double Mass Curve) มาหาปริมาณฝนใช้การ โดยใช้แบบจำลอง WUSMO ซึ่งการคำนวณในแบบจำลองปริมาณฝนใช้การคำนวณเป็นรายวันแล้วรวมเป็นรายสัปดาห์ เพื่อเป็นข้อมูลป้อนให้กับแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน โดยพิจารณาถึงระดับน้ำในแปลงเพาะปลูกในช่วงฝนตก โดยแบ่งระดับน้ำในแปลงออกเป็น 3 ระดับ คือ



- ความจุต่ำสุด (STMIN) = ความจุที่ความลึกของน้ำต่ำสุด อาจใช้เพื่อกำจัดวัชพืช เริ่มให้น้ำชลประทานที่ความลึกนี้
- ความจุปานกลาง (STO) = ความจุที่ความลึกหลังจากให้น้ำชลประทาน
- ความจุสูงสุด (STMAX) = ความจุที่ความลึกสูงสุด ถ้ามีน้ำสงมาเพิ่มจะกลายเป็น Runoff

3.4 ประเมินความต้องการน้ำชลประทาน

นำข้อมูลฝน, ข้อมูลการเพาะปลูกพืช ปี พ.ศ.2560, ข้อมูลการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช มาปรับใช้แบบจำลองความต้องการใช้น้ำชลประทาน โดยโปรแกรม WUSMO Version 4.6 ดังสมการที่ (1) และ (2) ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพชลประทานในโปรแกรม WUSMO เป็น 100% โดยที่ Kc คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช และ ETp คือ ค่าการคายระเหยของพืช

$$\text{ความต้องการน้ำชลประทาน} = \frac{(\text{ความต้องการน้ำของพืช}-\text{ฝนใช้การ}+\text{การรั่วซึม})}{\text{ประสิทธิภาพชลประทาน}} \tag{1}$$

$$\text{ปริมาณการใช้น้ำของพืช} = K_c \times ET_p \tag{2}$$

3.5 วิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพชลประทาน

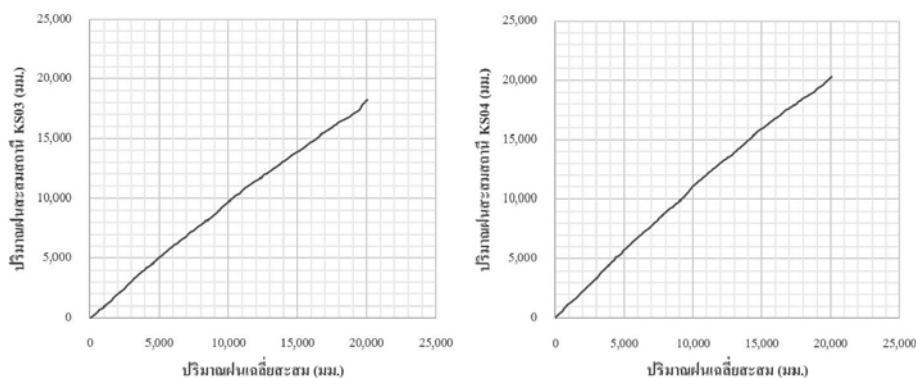
ค่าความต้องการใช้น้ำชลประทานที่ได้จากแบบจำลอง นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการส่งน้ำจริง เพื่อวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการฯดังสมการที่ (3)

$$\text{ประสิทธิภาพชลประทาน(\%)} = \frac{\text{ความต้องการน้ำชลประทาน}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่ง}} \times 100 \tag{3}$$

4. ผลการศึกษาวิจัย

4.1 ตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัด

ได้ทำการตรวจสอบข้อมูลปริมาณน้ำฝนจำนวน 13 สถานี ด้วยวิธีเส้นโค้งทับทวิ (Double Mass Curve) พบว่าข้อมูลฝนมีความน่าเชื่อถือ ตัวอย่างการตรวจสอบปริมาณน้ำฝนดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ตัวอย่างการตรวจสอบปริมาณฝนด้วยวิธี Double Mass Curve

4.2 ค่าการคายระเหยของพืช

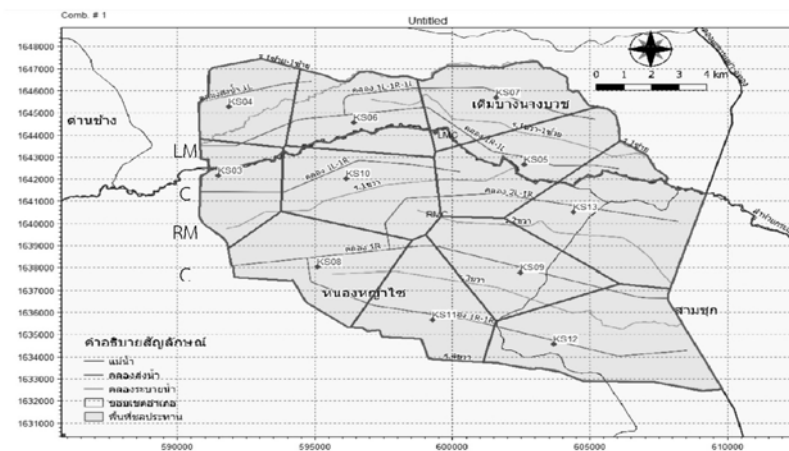
นำสถิติข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ.2531-2560) ของสถานีตรวจอากาศสุพรรณบุรี มาหาค่าการคายระเหยของพืช หรือ ค่า ETp โดยวิธี Penman-Monteith ซึ่งได้ค่าการคายระเหยของพืช ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าการระเหยของพืช บริเวณพื้นที่ศึกษา

เดือน	ค่าการคายระเหยของพืช (ETp)	
	มิลลิเมตรต่อวัน	มิลลิเมตรต่อเดือน
มกราคม	3.52	109.18
กุมภาพันธ์	4.23	118.43
มีนาคม	4.73	146.69
เมษายน	5.37	160.96
พฤษภาคม	4.96	153.68
มิถุนายน	4.30	129.14
กรกฎาคม	3.96	122.78
สิงหาคม	4.01	124.16
กันยายน	3.91	117.17
ตุลาคม	3.79	117.57
พฤศจิกายน	3.85	115.46
ธันวาคม	3.66	113.40

4.3 สัดส่วนพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำฝน

หาสัดส่วนพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำฝนของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้ายและคลองสายใหญ่ฝั่งขวาดังแสดงในรูปที่ 10 และตารางที่ 6



รูปเหลี่ยม ซีโอเซน โพลีกอน

รูปที่ 10 สัดส่วนพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำฝนของคลองส่งน้ำสายใหญ่

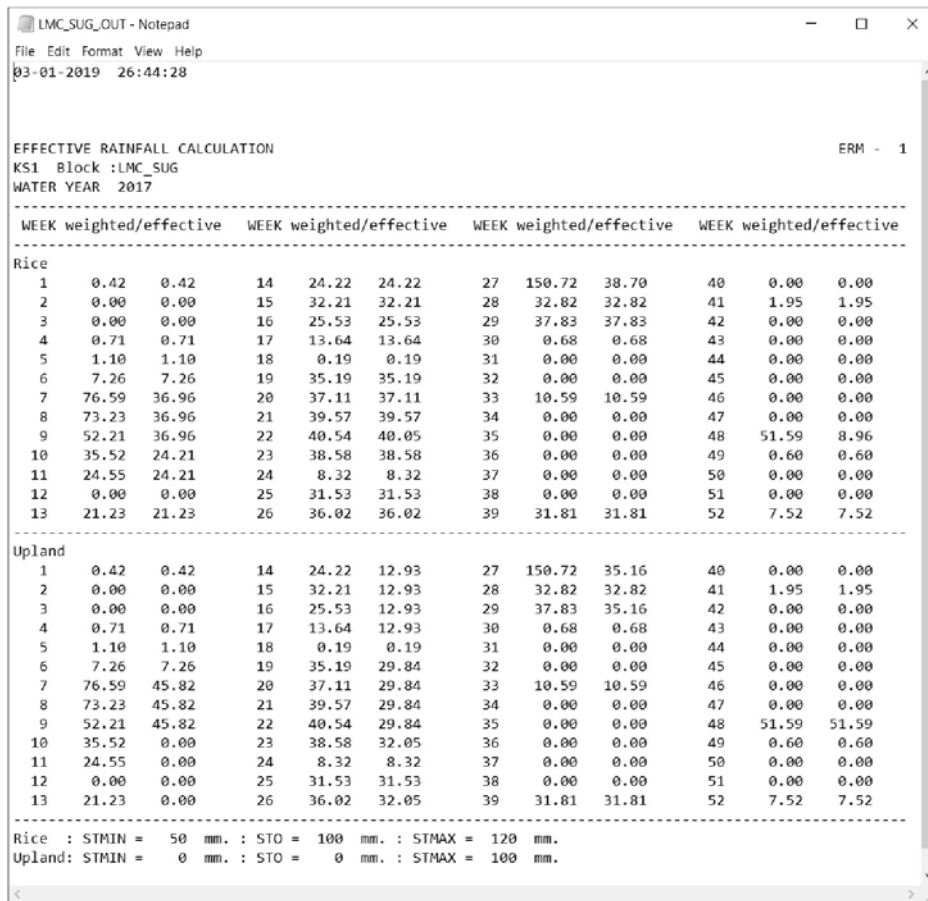


ตารางที่ 6 แสดงสัดส่วนพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำฝนของคลองส่งน้ำสายใหญ่

พื้นที่ กลุ่ม น้ำย่อย	สัดส่วนพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำฝน										
	KS03	KS04	KS05	KS06	KS07	KS08	KS09	KS10	KS11	KS12	KS13
RMC	0.06	0.00	0.06	0.03	0.00	0.13	0.12	0.13	0.11	0.18	0.16
LMC	0.05	0.20	0.19	0.22	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06

4.4 ปริมาณฝนใช้การ

หลังจากได้ทำการตรวจสอบปริมาณน้ำฝนด้วยวิธีเส้นโค้งทับทวิ (Double Mass Curve) จากนั้นนำข้อมูลฝนไปหาปริมาณฝนใช้การ โดยใช้โปรแกรม WUSMO Version 4.6 ตัวอย่างปริมาณฝนใช้การดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 ตัวอย่างปริมาณฝนใช้การ

4.5 ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน

นำข้อมูลการเพาะปลูกพืช ปี พ.ศ.2560, ข้อมูลการใช้น้ำของพืชอ้างอิง, สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช และผลปริมาณฝนใช้การที่ได้จากแบบจำลอง WUSMO มาหาค่าปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน โดยใช้แบบจำลอง WUSMO อีกรอบผลของค่าปริมาณความต้องการน้ำชลประทานแบ่งตามคลองส่งน้ำสายใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย (LMC)

รายการ	ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน (ล้าน ลบ.ม.)													พื้นที่ ชล. (ไร่)
	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ราย ปี	
ข้าวนา ปี	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	2.0	4.0	1.5	0.1	0.0	12.	24,65 0
ข้าวนา ปรัง	0.0	1.1	6.9	10. 7	4.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.	24,65 1
อ้อย	0.1	1.1	1.3	2.8	1.1	1.6	1.0	0.3	0.3	0.4	0.7	0.0	10.	9,496 6
รวม	0.1	2.2	8.2	13. 4	5.8	2.4	5.4	2.3	4.3	1.9	0.7	0.0	46.	6

ตารางที่ 8 ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา (RMC)

รายการ	ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน (ล้าน ลบ.ม.)													พื้นที่ ชล. (ไร่)
	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ราย ปี	
ข้าวนา ปี	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.	5.7	8.3	4.8	0.1	0.0	29.0	24,65 6
ข้าวนา ปรัง	0.0	2.7	15. 9	24. 5	8.9	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.0	24,65 6
อ้อย	0.1	1.1	1.3	2.8	1.1	1.6	1.0	0.3	0.3	0.4	0.7	0.0	17.2	9,496
รวม	0.1	4.6	18. 2	28. 9	10. 6	4.8	11. 2	6.4	8.9	5.3	1.3	0.0	100.	2

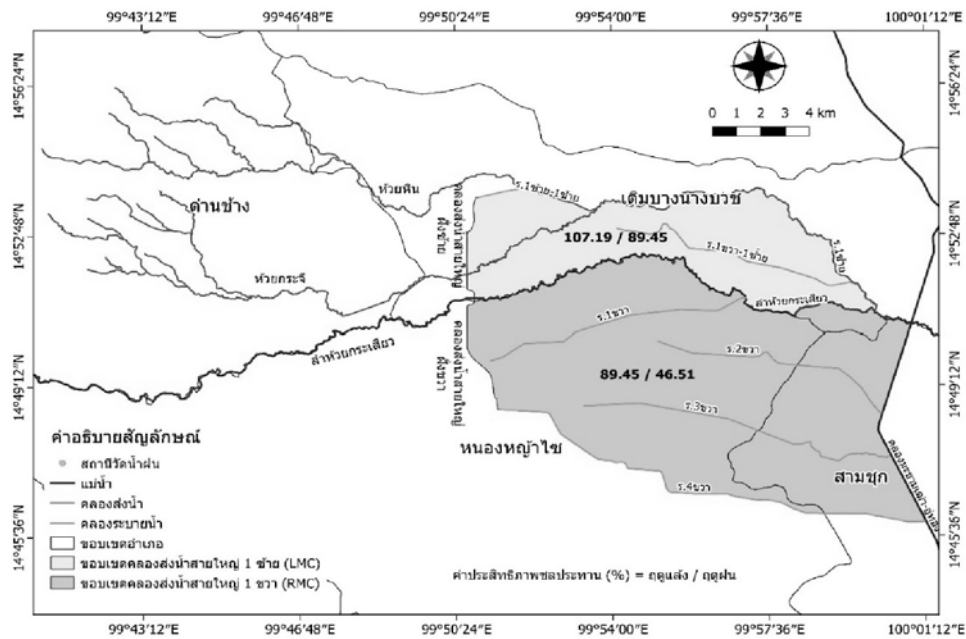


4.6 ค่าประสิทธิภาพชลประทาน

นำผลปริมาณความต้องการน้ำชลประทานที่ได้จากแบบจำลอง WUSMO มาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ส่ง ได้ค่าประสิทธิภาพชลประทานของโครงการฯ ดังแสดงในตารางที่ 9 และแผนที่ค่าประสิทธิภาพชลประทานของโครงการฯ (คลองส่งน้ำสายใหญ่) ดังแสดงในรูปที่ 12

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพชลประทานของโครงการ

คลองส่งน้ำสายใหญ่	ความต้องการน้ำชลประทาน (ล้าน ลบ.ม.)		ปริมาณน้ำที่ส่ง (ล้าน ลบ.ม.)		ประสิทธิภาพชลประทาน (%)	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
LMC	14.59	32.05	28.49	29.90	51.21	107.19
RMC	33.09	67.09	71.14	75.00	46.51	89.45



รูปที่ 12 แผนที่ค่าประสิทธิภาพชลประทานของโครงการฯ (คลองส่งน้ำสายใหญ่)

5. สรุปผลการวิจัย

ความต้องการน้ำชลประทานของปี พ.ศ.2560 ในช่วงฤดูฝนของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย เท่ากับ 14.59 ล้านลูกบาศก์เมตร และคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา เท่ากับ 33.09 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำที่ส่งให้กับคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย เท่ากับ 28.49 ล้านลูกบาศก์เมตร และคลองสายใหญ่ฝั่งขวา เท่ากับ 71.14 ล้านลูกบาศก์เมตร ประสิทธิภาพชลประทานในช่วงฤดูฝนของปี พ.ศ. 2560 ของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย เท่ากับ 51.21% และคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา เท่ากับ 46.51%

ความต้องการน้ำชลประทานของปี พ.ศ. 2560 ในช่วงฤดูแล้งของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย เท่ากับ 32.05 ล้านลูกบาศก์เมตร และคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา เท่ากับ 67.09 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำที่ส่งให้กับคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย เท่ากับ 29.90 ล้านลูกบาศก์เมตร และคลองสายใหญ่ฝั่งขวา เท่ากับ 75.00 ล้านลูกบาศก์เมตร ประสิทธิภาพชลประทานในช่วงฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2560 ของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย เท่ากับ 107.19% และคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา เท่ากับ 89.45%

เนื่องจากพื้นที่ชลประทานของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย มีการชกน้ำจากคลองระบายของลำห้วย หินและลำห้วยกระเจี ทำให้ค่าประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย มีค่าสูงมาก อันส่งผลให้ ค่าประสิทธิภาพชลประทานมีค่ามากกว่า 100% ในฤดูแล้ง

6.บรรณานุกรม

- กรมชลประทาน (2554). ก้าวสู่ความสำเร็จการบริหารจัดการชลประทานโดยเกษตรกรมีส่วนร่วม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว. สำนักพิมพ์, กรุงเทพฯ
- เจษฎา แก้วกัลยา (2527). เอกสารประกอบการบรรยายโครงการฝึกอบรมการจัดการน้ำชลประทาน เล่มที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- ฉลอง เกิดพิทักษ์ (2538). การจัดการน้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มนัส กำเนิดมณี (2538). คู่มือการใช้แบบจำลอง WUSMO (Water Uses Study Model) Version 4.6. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- สมัย ธรรมลัตต์ (2546). การบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำบางพระ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- อดิศักดิ์ บุญเพียร (2543). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการเจ้าพระยาใหญ่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- อำนาจ ชูวงษ์ (2535). การประเมินหาประสิทธิภาพการชลประทานโครงการฯกำแพงแสน ฤดูฝน และฤดูแล้ง ปี พ.ศ.2533 และ 2534. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.



ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำชลประทานในแปลงนา
จากพฤติกรรมการใช้ปุ๋ย

The effect of fertilizer application in the rice field
with Irrigation water quality changing

สุขลัคณ์ นานะกรังสรร์¹ และ สถาพร นาคคณิง²

Suckaluck Nanegrungsun¹ and Sathaporn Nakkanung²

¹สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

¹Bureau of Research and Development, Royal Irrigation Department

²สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน

²Bureau of Water Management and Hydrology, Royal Irrigation Department

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง คือ ระยะข้าวแตกกอและระยะข้าวตั้งท้อง มีการใช้ปุ๋ยเคมีทั้งหมด 6 อัตรา ได้แก่ 0, 50, 100, 150, 175 และ 200 % ของอัตราปกติ เรียกว่า กรรมวิธีที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ เก็บตัวอย่างน้ำ 5 ระยะ ได้แก่ ก่อนและหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยว ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพน้ำ ยกเว้น ปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณโพแทสเซียมมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และ 2) กรรมวิธีที่ 4 มีการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตข้าวมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับกรรมวิธีอื่นได้แสดงว่ามีคุณภาพน้ำแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น แต่กรรมวิธีที่ 4 ไม่มีดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปผลการวิจัยได้ว่าคุณภาพน้ำมีความอุดมสมบูรณ์สูงและเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการชลประทาน จัดอยู่ในประเภทน้ำชลประทานชนิด C1S1 - C2S1 มีความเค็มปานกลางและปริมาณโซเดียมต่ำ จัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 - 4 ควรมีการแนะนำกับเกษตรกรให้ใช้ปุ๋ยอัตราสูงสุดเป็น 150 % ของอัตราปกติ เพื่อประหยัดรายจ่ายและมีผลผลิตสูงกว่าผลผลิตทั่วไปของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ, ปุ๋ยเคมี, สุพรรณบุรี 1

Abstract

The objective of this research is to find the most effective percentage of chemical fertilizer apply in Supanburi 1 rice' s field in order to optimize farmer expense and improve productivity from current rice production yield. The research methodology using Supanburi 1 rice field to add twice of chemical fertilizer, the first period was at vegetative stages and the second period was at panicle-formation stage, the testing process to apply totally six chemical fertilizer rates from 0, 50, 100, 150, 175 and 200 percent from normal application which called method 1, 2, 3, 4, 5 and 6 respectively. The water collections were conduct five times start from before and after the first and second added chemical fertilizer, and before harvest. The research finding is 1) Water quality is in the level of standardize except the amount of suspended solid and potassium are higher than normal standard. 2) The result from method 4 which applied chemical fertilizer 150 percent of normal application show the highest growth and yield components. In statistic total productivity is better than other methods significantly. The significant score is 0.05 which is different with other methods. Moreover, the water quality index in method 4 is not significantly higher than others at significant score 0.05. In conclusion water quality is good enough and suitable for agriculture categorized as irrigation water type C1S1-C2S1, moderate salinity and low sodium content. It classifies in surface water type 2-4. Therefore, the recommendation to farmer is to add chemical fertilizer 150 percent of normal application in order to optimize their expense and improve Supanburi 1 rice productivity compare with general productivity of the same type of rice.

Keyword : Water Quality, chemical fertilizer, Suphanburi 1

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การปลูกข้าวของเกษตรกรส่วนใหญ่ในเขตชลประทานนิยมใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเพราะข้าวมีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเห็นได้ชัดโดยต้นข้าวเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง การใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวเป็นที่นิยมแม้ว่าจะมีราคาสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นเนื่องจากปุ๋ยเคมีหาซื้อได้ง่าย สะดวกในการใช้ และมีธาตุอาหารหลักที่ละลายออกมาอยู่ในรูปที่ต้นข้าวจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ดังนั้นปุ๋ยเคมีจึงเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญและเป็นต้นทุนหลักในการปลูกข้าว จากสถิติการนำเข้าปุ๋ยเคมีของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2558 - 2560 พบว่า ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี โดยปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0) ซึ่งนิยมใช้กันมากในการปลูกข้าว ในปี พ.ศ. 2560



มีปริมาณการนำเข้า 2,466,887 และ 413,819 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่า 20,467 และ 3,939 ล้านบาท ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าปี พ.ศ. 2559 ถึง 16.1 และ 16.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561)

เกษตรกรจะใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากโดยเฉพาะในช่วงที่ข้าวเจริญเติบโตทางลำต้นและช่วงการสืบพันธุ์ คือ ระยะข้าวแตกกอและระยะข้าวตั้งท้อง เพื่อเป็นการเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากและใช้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานทำให้สภาพดินเสื่อมโทรมเร็วขึ้นและส่งผลกระทบต่อความสมดุลของระบบนิเวศในดินอีกทั้งเมื่อทำการระบายน้ำออกจากแปลงนา ก็จะมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในคลองชลประทานที่อยู่ใกล้เคียง การใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากเกินกว่าการที่ต้นข้าวจะดูดซับธาตุอาหารที่อยู่ในปุ๋ยเคมีไปใช้ประโยชน์อาจทำให้มีปริมาณธาตุอาหารไหลลงสู่แหล่งน้ำได้ ทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำส่งผลให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วย การปลูกข้าวมีการระบายน้ำออกจากแปลงนาครั้งเดียวก่อนที่จะเก็บเกี่ยวประมาณ 30 วัน ดังนั้นน้ำที่ขังในแปลงนาหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วจึงมีสารอาหารซึ่งละลายออกมาจากปุ๋ย ถ้ามีปริมาณสารอาหารที่อยู่ในน้ำที่ขังในแปลงนามากในช่วงที่ระบายน้ำออกจากแปลงนาก่อนที่จะเก็บเกี่ยวหรือในช่วงฤดูฝนที่มีน้ำล้นจากแปลงนาจะเป็นการเพิ่มปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของวัชพืชทำให้มีสาหร่ายและพืชน้ำเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วจนเกิดสภาพยูโทรฟิเคชัน เมื่อสาหร่ายและพืชน้ำตายจะกลายเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในน้ำทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจึงมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงก่อให้เกิดการเน่าเหม็นของทางน้ำชลประทานส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำและลดคุณค่าของการใช้ประโยชน์จากทางน้ำชลประทานด้วย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเกษตรกรและเศรษฐกิจของประเทศรวมทั้งสภาพแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน

เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของประเทศไทยตามที่กรมควบคุมมลพิษรวบรวมไว้มีอยู่หลายเกณฑ์ แต่เกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติและทางน้ำชลประทานมีทั้งหมด 3 เกณฑ์ ได้แก่ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) มาตรฐานคุณภาพน้ำทั้งในทางน้ำชลประทาน (กรมชลประทาน, 2561) และเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 2530 อ้างอิงในกรมควบคุมมลพิษ, 2540) เนื่องจากประเทศไทยไม่มีมาตรฐานน้ำชลประทาน และส่วนใหญ่การใช้น้ำชลประทานเป็นการใช้น้ำเพื่อการเกษตร ดังนั้นจึงใช้เกณฑ์มาตรฐานน้ำชลประทานของ FAO (1985) เพื่อเพิ่มเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในการเปรียบเทียบดัชนีคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับการนำน้ำไปใช้เพื่อการเกษตร และใช้เกณฑ์ของ USDA Handbook No. 60 (1954) ในการจำแนกชนิดของน้ำชลประทานตามความเป็นพิษของความเค็มและปริมาณโซเดียม โดยใช้ไดอะแกรมที่ใช้ความนำไฟฟ้าในการพิจารณาความเป็นพิษของความเค็มและใช้สัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR) ในการพิจารณาความเป็นพิษของปริมาณโซเดียม สำหรับวิธีการวิเคราะห์คุณภาพ

น้ำที่นำมาใช้มักจะอ้างอิงจากวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำของ American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WPCF) ในหนังสือ Standard methods for the examination of water and wastewater

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจึงดำเนินการวิจัยเพื่อเป็นการศึกษาผลกระทบของการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีอัตราแตกต่างกันในนาข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำโดยใช้แปลงนาภายในสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 9 (ท่าม่วง) อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นแปลงนาทดลอง ซึ่งเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในคลองชลประทานตามแผนยุทธศาสตร์ 4 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2560 - 2564 ของกรมชลประทาน

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกัน
- 2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตข้าวจากแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกัน

3. วิธีการวิจัย

3.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) โดยปลูกข้าวในแปลงนาทดลองและมีอัตราการใส่ปุ๋ย 6 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ รวม 18 หน่วยทดลอง

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

1) เก็บตัวอย่างดินในแปลงนาทดลองก่อนการเริ่มปลูกข้าวเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน จากผลวิเคราะห์ดินพบว่าแปลงทดลองเป็นดินเนื้อละเอียดประเภทดินเหนียว อัตราการรั่วซึมน้ำของดินชั้นความชื้นชลประทานมีค่า 29.4 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรมีค่า 15.1 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ได้มีค่า 14.4 เปอร์เซ็นต์ ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดเล็กน้อย ไม่มีปัญหาเรื่องความเค็มของดิน ความชื้นของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมีค่า 56.3 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ดังนั้นดินในแปลงนาทดลองจึงมีความเหมาะสมในการปลูกข้าว

2) การเตรียมแปลงนาทดลองเพื่อปลูกข้าว (ทำการไถ ไถแปร คราด และทำเทือก)

3) วัตถุประสงค์แปลงย่อยขนาด 4 x 5 เมตร (20 ตารางเมตร) จำนวน 18 แปลง โดยมีคันดินขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร กั้นระหว่างแปลงย่อยทุกแปลง และจัดทำแผนผังการทดลองโดยการสุ่มด้วยวิธีจับฉลากกรรมวิธี

4) การปลูกข้าวแบบนาหว่านน้ำตามใช้เมล็ดข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยใช้การหว่านเมล็ดข้าวออก การเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยนำเมล็ดข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 แห่น้ำ 24 ชั่วโมง และหุ้มโดยใช้กระสอบคลุม



เพื่อรักษาความชื้นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปหว่านในแปลงย่อยที่เตรียมไว้ให้สม่ำเสมอ ใช้เมล็ดพันธุ์อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่

5) การให้น้ำ รักษาระดับน้ำในแปลงนาทดลองตั้งแต่ให้น้ำครั้งแรกถึงก่อนการเก็บเกี่ยวให้อยู่ในระดับ 5 - 10 ซม.

6) ใส่ปุ๋ยเคมีในแปลงนาทดลอง 2 ครั้ง ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว คือ ครั้งที่ 1 ใส่ระยะข้าวแตกกอ และครั้งที่ 2 ใส่ระยะข้าวตั้งท้อง โดยใช้สูตรและอัตราการใส่ปุ๋ยเคมีที่ชาวนาใช้ปกติ คือ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 สูตร 46-0-0 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 สูตร 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งกำหนดให้อัตราการใส่ปุ๋ยเคมีของชาวนาปกติเป็นอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ การทดลองนี้มีการใส่ปุ๋ยเคมีทั้งหมด 6 อัตรา ได้แก่ 0, 50, 100, 150, 175 และ 200 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราปกติ ปริมาณปุ๋ยแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณปุ๋ยของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธีที่	อัตราการใส่ปุ๋ย	ปริมาณปุ๋ย (กก./ไร่)	
		ครั้งที่ 1 ปุ๋ยสูตร 46-0-0	ครั้งที่ 2 ปุ๋ยสูตร 16-20-0
1	ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี	-	-
2	50% ของอัตราปกติ	17.50	10.00
3	100% ของอัตราปกติ	35.00	20.00
4	150% ของอัตราปกติ	52.50	30.00
5	175% ของอัตราปกติ	61.25	35.00
6	200% ของอัตราปกติ	70.00	40.00

7) เก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (Grab Sampling) ในแต่ละแปลงนาย่อยของแต่ละกรรมวิธี โดยเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 5 ระยะ คือ ก่อนและหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ก่อนและหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และเมื่อทำการระบายน้ำออกจากแปลงนาก่อนการเก็บเกี่ยว ดัชนีคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ในภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ (T_w) ความนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDS) ความเค็ม (Sal) ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ส่วนความขุ่น (Tur) ปริมาณสารแขวนลอย (SS) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน (NO₃ - N) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ปริมาณฟอสเฟตฟอสฟอรัส (PO₄ - P) ปริมาณแคลเซียม (Ca) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) ปริมาณโซเดียม (Na) ปริมาณโพแทสเซียม (K) ปริมาณคาร์บอเนต (CO₃) ปริมาณไบคาร์บอเนต (HCO₃) ปริมาณคลอไรด์ (Cl) ปริมาณซัลเฟต (SO₄) และสัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR) เป็นการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเคมี

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) เปรียบเทียบผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำชลประทานของ FAO (1985) มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งในทางน้ำชลประทาน (กรมชลประทาน, 2561) และเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 2530) อ้างอิงในกรมควบคุมมลพิษ, 2540)

2) วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ สถิติที่ใช้ทดสอบ ได้แก่

2.1) ค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำของแต่ละกรรมวิธี

2.2) จำแนกกลุ่มกรรมวิธีโดยใช้คุณภาพน้ำในช่วงระยะก่อนการเก็บเกี่ยวเพื่อจัดกลุ่มของกรรมวิธีที่มีคุณภาพน้ำคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันโดยใช้การวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster analysis)

2.3) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำระหว่างแต่ละกรรมวิธีในแต่ละช่วงเวลาที่เกิดขึ้นตัวอย่างน้ำ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One - Way ANOVA) ด้วยวิธี F - test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.4) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One - Way ANOVA) ด้วยวิธี F - test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.5) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวระหว่างแต่ละกรรมวิธี โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One - Way ANOVA) ด้วยวิธี F - test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

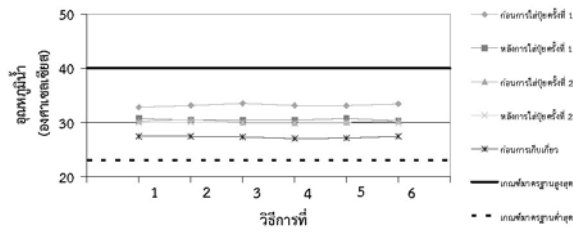
4. ผลการศึกษาวิจัยและวิจารณ์

4.1 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำกับเกณฑ์มาตรฐาน

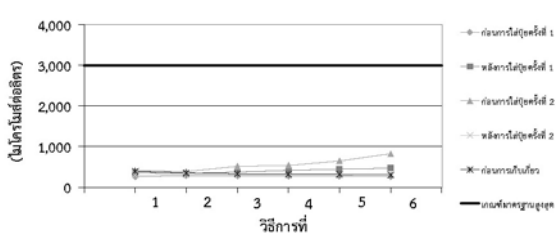
คุณภาพน้ำของกรรมวิธีที่ 1 - 6 มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ ยกเว้น ปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณโพแทสเซียม ในบางช่วงระยะเวลาของบางกรรมวิธีที่มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ เนื่องจาก 1) ปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณโพแทสเซียมในบ่อน้ำที่สูบน้ำมาใช้รักษาระดับน้ำในแปลงนาทดลองมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ อีกทั้งดินบริเวณนั้นเคยเป็นแปลงนาทดลองมาก่อนจึงอาจมีการสะสมโพแทสเซียมในดิน เมื่อน้ำขังจึงละลายออกมา แปลงนาทดลองย่อยมีความลึกเพียง 30 เซนติเมตร และมีขนาด 20 ตารางเมตร เมื่อขังน้ำไว้จึงมีตะกอนดินละลายออกมาทำให้มีปริมาณสารแขวนลอยสูง และ 2) ในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 มีการเตรียมแปลงนาทดลองเพื่อปลูกข้าวจึงทำให้มีปริมาณสารแขวนลอยสูงขึ้น อีกทั้งแปลงนาทดลองย่อยมีความลึกเพียง 30 เซนติเมตร และมีขนาด



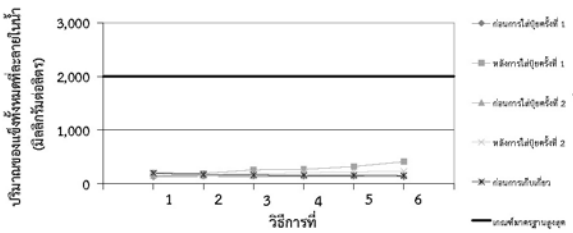
20 ตารางเมตร เมื่อขังน้ำไว้จึงมีตะกอนดินละลายออกมาทำให้มีปริมาณสารแขวนลอยสูง ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำแสดงดังภาพที่ 1 - 20



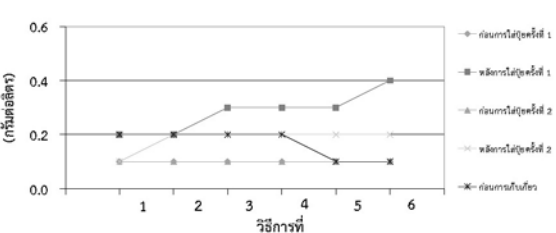
ภาพที่ 1 อุณหภูมิน้ำ (T_w)



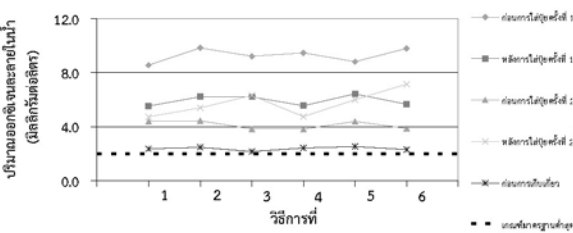
ภาพที่ 2 ความนำไฟฟ้า (EC)



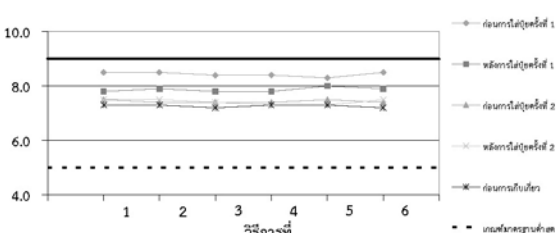
ภาพที่ 3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (TDS)



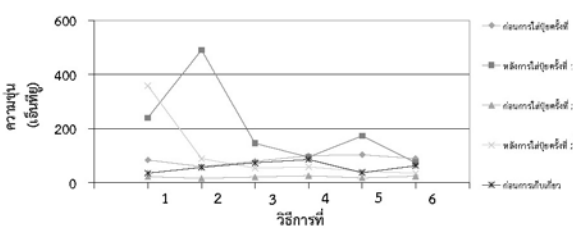
ภาพที่ 4 ความเค็ม (Sal)



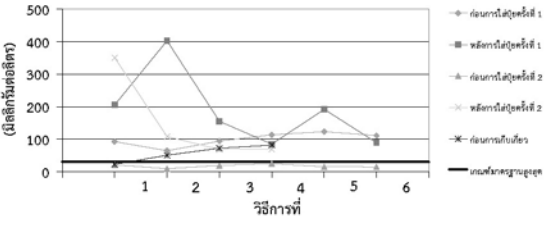
ภาพที่ 5 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)



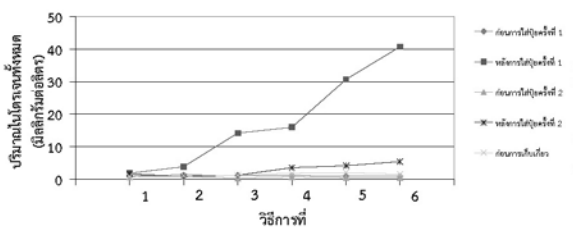
ภาพที่ 6 ความเป็นกรด - ต่าง (pH)



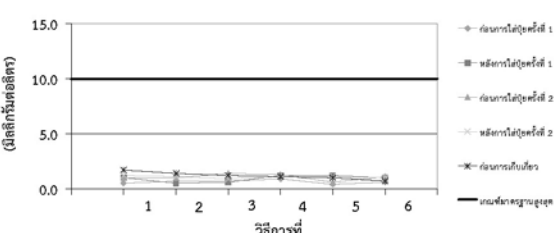
ภาพที่ 7 ความขุ่น (Tur)



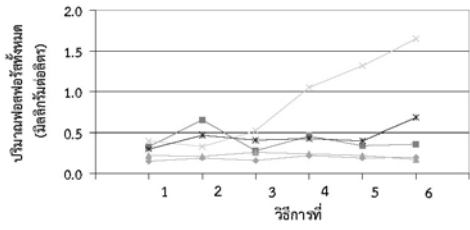
ภาพที่ 8 ปริมาณสารแขวนลอย (SS)



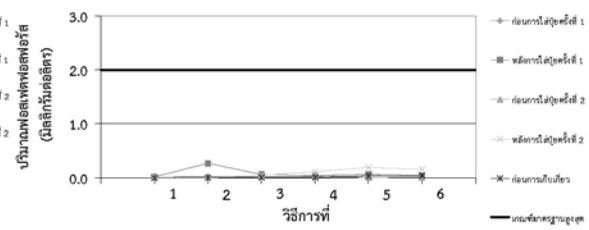
ภาพที่ 9 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN)



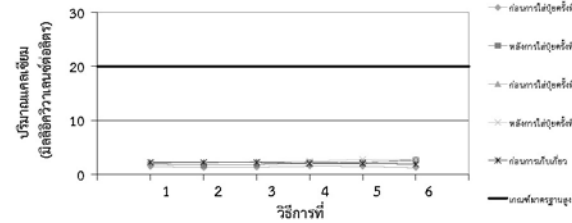
ภาพที่ 10 ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน ($NO_3 - N$)



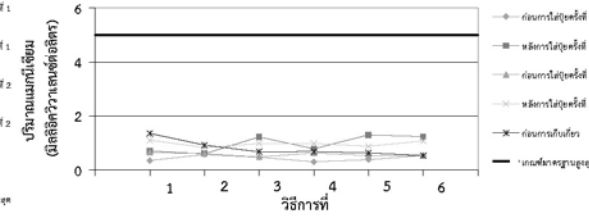
ภาพที่ 11 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)



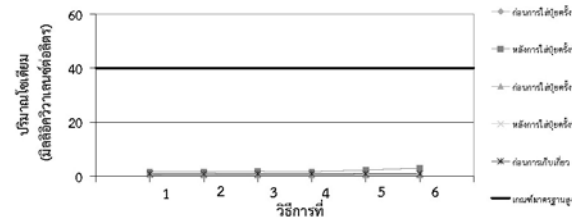
ภาพที่ 12 ปริมาณฟอสเฟตฟอสฟอรัส (PO₄ - P)



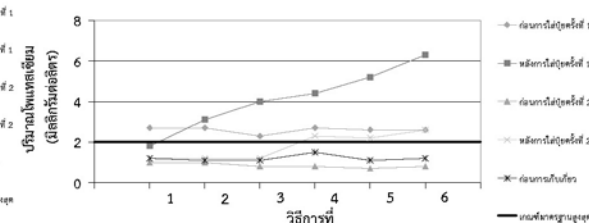
ภาพที่ 13 ปริมาณแคลเซียม (Ca)



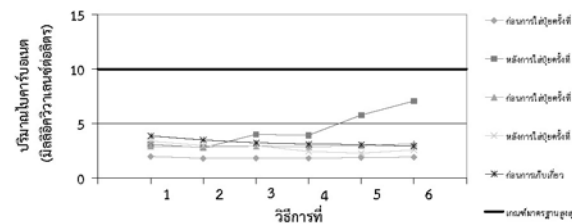
ภาพที่ 14 ปริมาณแมกนีเซียม (Mg)



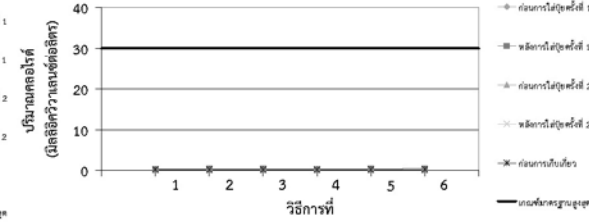
ภาพที่ 15 ปริมาณโซเดียม (Na)



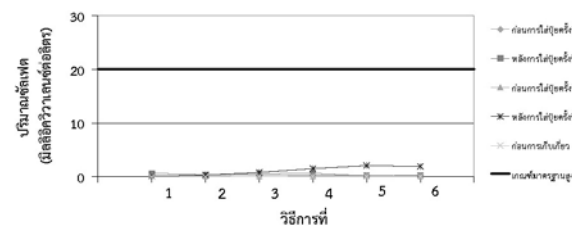
ภาพที่ 16 ปริมาณโพแทสเซียม (K)



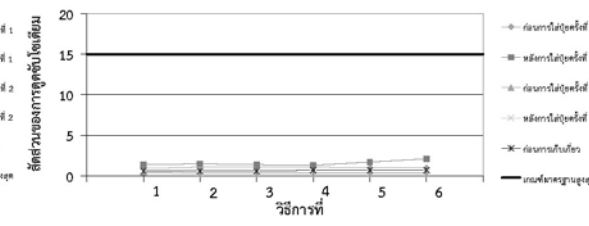
ภาพที่ 17 ปริมาณไบคาร์บอเนต (HCO₃)



ภาพที่ 18 ปริมาณคลอไรด์ (Cl)



ภาพที่ 19 ปริมาณซัลเฟต (SO₄)



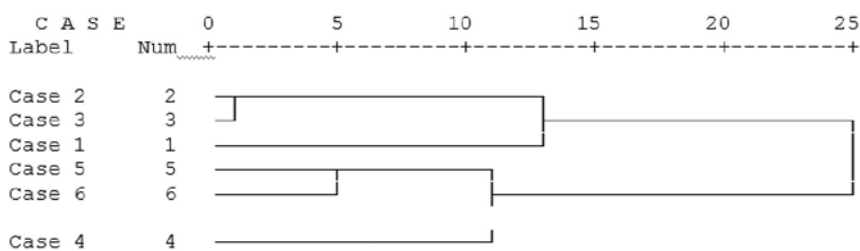
ภาพที่ 20 สัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR)

4.2 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแปลงน้ำที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกัน

1) จากการจำแนกกลุ่มกรรมวิธีโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำก่อนการเก็บเกี่ยวมาจำแนกกลุ่มกรรมวิธีที่มีคุณภาพน้ำคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มกรรมวิธีเดียวกัน ซึ่งใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster analysis) โดยพิจารณาจาก Dendrogram แสดงดังภาพที่ 21 พบว่า สามารถจัดกลุ่มกรรมวิธีออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1, 2, 3, 5 และ 6 ส่วนกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 4 แสดงว่าในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวมีคุณภาพน้ำของกรรมวิธีที่ 1, 2, 3, 5 และ 6



คล้ายคลึงกันจึงสามารถจัดอยู่ในกลุ่มกรรมวิธีเดียวกันได้ ส่วนกรรมวิธีที่ 4 มีคุณภาพน้ำแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นซึ่งกรรมวิธีที่ 4 มีอัตราการใส่ปุ๋ยเคมี 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ



เมื่อ case 1 : กรรมวิธีที่ 1, case 2 : กรรมวิธีที่ 2, case 3 : กรรมวิธีที่ 3, case 4 : กรรมวิธีที่ 4, case 5 : กรรมวิธีที่ 5, case 6 : กรรมวิธีที่ 6

ภาพที่ 21 Dendrogram ของการวิเคราะห์กลุ่มกรรมวิธีก่อนการเก็บเกี่ยวโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำ

2) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำระหว่าง 6 กรรมวิธี โดยวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 2) พบว่า คุณภาพน้ำก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนคุณภาพน้ำหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าอัตราการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทำให้มีคุณภาพน้ำแตกต่างกัน

ตารางที่ 2 ดัชนีคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำระหว่าง 6 กรรมวิธี ที่มีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ระยะเวลาที่วิเคราะห์คุณภาพน้ำ					
ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1					
กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4	กรรมวิธีที่ 5	กรรมวิธีที่ 6
-	-	-	-	-	-
หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1					
กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4	กรรมวิธีที่ 5	กรรมวิธีที่ 6
-	-	-	-	HCO ₃	EC, Sal, TDS, TN, Ca, Na, K, SAR
ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2					
กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4	กรรมวิธีที่ 5	กรรมวิธีที่ 6
Mg	-	PO ₄ -P	Mg, PO ₄ -P	-	-

หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2					
กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4	กรรมวิธีที่ 5	กรรมวิธีที่ 6
HCO ₃	-	-	-	PO ₄ -P, Ca, K, SO ₄	EC, TDS, TN, TP, PO ₄ -P, Ca, K
ก่อนการเก็บเกี่ยว					
กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4	กรรมวิธีที่ 5	กรรมวิธีที่ 6
TDS, Mg, HCO ₃	-	TDS	-	SAR	SAR

2.1) คุณภาพน้ำก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ระหว่างกรรมวิธีที่ 1 - 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าดินในแปลงนาทดลองใน 18 แปลงย่อย เมื่อมีน้ำขังแล้ว สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ละลายออกมาในน้ำทำให้มีค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 21 ดัชนี ไม่แตกต่างกัน

2.2) คุณภาพน้ำหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ระหว่างกรรมวิธีที่ 1 - 6 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ความนำไฟฟ้า ความเค็ม ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณแคลเซียม ปริมาณโซเดียม ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณโบรอน และสัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR) โดยกรรมวิธีที่ 6 มีความนำไฟฟ้า ความเค็ม ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณแคลเซียม ปริมาณโซเดียม ปริมาณโพแทสเซียม และสัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 200 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ ซึ่งเป็นอัตราการใส่ปุ๋ยมากที่สุดของการวิจัยนี้ และการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ใช้ปุ๋ยยูเรียซึ่งละลายน้ำได้ดีจึงไปเพิ่มปริมาณของอิออนที่ละลายในน้ำ ทำให้มีค่าความนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ และปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำสูงขึ้น อีกทั้งสูตรของปุ๋ยยูเรีย คือ 46-0-0 ซึ่งเป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนจึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของกรรมวิธีที่ 6 มากกว่ากรรมวิธีที่ 1 - 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3) คุณภาพน้ำก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ระหว่างกรรมวิธีที่ 1 - 6 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ปริมาณฟอสเฟตฟอสฟอรัสและปริมาณแมกนีเซียม

2.4) คุณภาพน้ำหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ระหว่างกรรมวิธีที่ 1 - 6 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ความนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณฟอสเฟตฟอสฟอรัส ปริมาณแคลเซียม ปริมาณ



โพแทสเซียม ปริมาณไบคาร์บอเนต และปริมาณซัลเฟต เนื่องจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ใช้ปุ๋ยแอมโมเนีย มฟอสเฟตสูตร 16-20-0 ซึ่งเป็นการเพิ่มไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของกรรมวิธีที่ 6 มากกว่ากรรมวิธีที่ 1 - 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ นัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้ปริมาณของอิออนที่ละลายในน้ำทำให้มีค่าความนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้ง หมดที่ละลายในน้ำ และปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำสูงขึ้น

2.5) คุณภาพน้ำก่อนการเก็บเกี่ยวระหว่างกรรมวิธีที่ 1 - 6 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณไบคาร์บอเนต และสัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR)

4.3 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแปลงนาก่อนการใส่ปุ๋ย หลังการใส่ปุ๋ย และก่อนการเก็บเกี่ยว จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแปลงนาก่อนการใส่ปุ๋ย หลังการใส่ปุ๋ย และก่อนการเก็บเกี่ยว โดยวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าช่วงเวลาเก็บตัวอย่างน้ำในแปลงนาทดลองมีผลต่อคุณภาพน้ำ ซึ่งช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง น้ำที่มีจำนวนของดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่าสูงที่สุดเรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (จำนวน 13 ดัชนี) หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (จำนวน 7 ดัชนี) ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (จำนวน 4 ดัชนี) ก่อนการเก็บ เกี่ยว (จำนวน 2 ดัชนี) และก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (จำนวน 1 ดัชนี) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดัง ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ดัชนีคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงเวลาเก็บตัวอย่างน้ำที่มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ระยะเวลาที่วิเคราะห์คุณภาพน้ำ	ดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่าสูงที่สุด
ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1	T _w , pH, DO และ CO ₃
หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1	EC, Sal, SS, TDS, TN, PO ₄ -P, Mg, Na, K, HCO ₃ , Cl และ SAR
ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2	NO ₃ - N
หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2	Tur, NO ₃ - N, TP, PO ₄ -P, Ca, Mg และ SO ₄
ก่อนการเก็บเกี่ยว	NO ₃ - N และ Mg

คุณภาพน้ำในแปลงนาช่วงหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 มีจำนวนของดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่าสูงที่สุด คือ 13 ดัชนี ดังนั้นจึงควรมีการเฝ้าระวังเพราะมีจำนวนของดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่าสูงที่สุดมากกว่าช่วงเวลา อื่น เนื่องจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 มีอัตราการหว่านปุ๋ยสูงกว่าครั้งที่ 2 เกือบ 50 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งปุ๋ยที่ใส่ใน ครั้งแรกเป็นปุ๋ยยูเรียซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีมากและการหว่านปุ๋ยทำให้ปุ๋ยเคมีแตกตัวให้อิออนและ ละลายอยู่ในน้ำได้มากกว่าการฝังปุ๋ย (อนุรักษ์, 2558) ปุ๋ยเคมีมีสมบัติเป็นอนินทรีย์สารเมื่อละลายน้ำจึง

เพิ่มปริมาณอนินทรีย์สารที่ละลายอยู่ในน้ำให้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น การแตกตัวของปริมาณอนินทรีย์สารเป็น อีออนในน้ำทำให้เพิ่มค่าความนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำรวมทั้งปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของอีออน นอกจากนี้สูตรของปุ๋ยยูเรีย คือ 46-0-0 ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจน 46 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ไนตริฟิเคชัน และการระเหยของแอมโมเนีย ส่งผลให้แอมโมเนียอีออนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเปลี่ยนเป็นไนเตรท-ไนโตรเจนโดยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน จึงทำให้ในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 มีปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนสูงกว่าช่วงเวลาอื่นและเป็นเพียงดัชนีคุณภาพน้ำเพียงอย่างเดียวที่ตัวอย่างน้ำที่เก็บในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 มีค่ามากกว่าช่วงเวลาอื่น นอกจากนี้หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยวมีปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนมากกว่าช่วงเวลาอื่นเช่นกัน ดังนั้นในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยวจึงควรมีการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำเฉพาะปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน เนื่องจากในช่วงที่ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยวเป็นเดือนพฤษภาคมและกรกฎาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ถ้ามีน้ำในแปลงนาไหลล้นออกจากแปลงนาจะทำให้เป็นการเพิ่มปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนให้กับแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของสาหร่ายและวัชพืชในน้ำเกิดสภาพยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) จะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงจนเกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำ

5. การสรุปผลการวิจัย

5.1 คุณภาพน้ำในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยว มีความอุดมสมบูรณ์สูงและเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการชลประทาน จัดอยู่ในประเภทน้ำชลประทานชนิด C1S1 - C2S1 มีความเค็มปานกลางและปริมาณโซเดียมต่ำ สามารถใช้กับดินและพืชเกือบทุกชนิด (U.S., 1954) จัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 - 4 เป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ การเกษตร และการอุตสาหกรรม คุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณโพแทสเซียมที่มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

5.2 ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างน้ำที่มีค่าของดัชนีคุณภาพน้ำสูงที่สุด ได้แก่ หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 จำนวน 13 ดัชนี หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 จำนวน 7 ดัชนี ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 จำนวน 4 ดัชนี ก่อนการเก็บเกี่ยวจำนวน 2 ดัชนี และก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 จำนวน 1 ดัชนี ควรมีการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในช่วงหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 เพราะมีจำนวนของดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่าสูงที่สุดมากกว่าช่วงเวลาอื่นและเป็นการใช้ปุ๋ยใน



ปริมาณมากกว่าการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ซึ่งปุ๋ยยูเรียละลายน้ำได้ดีจึงไปเพิ่มปริมาณของอิออนที่ละลายในน้ำทำให้มีค่าความนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ และปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำสูงขึ้น

5.3 การวิเคราะห์กลุ่มกรรมวิธีก่อนการเก็บเกี่ยวด้วยข้อมูลคุณภาพน้ำมีเพียงกรรมวิธีที่ 4 ซึ่งมีอัตราการใส่ปุ๋ย 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ ที่ไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับกรรมวิธีอื่นได้ แสดงว่าอัตราการใส่ปุ๋ยเคมี 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ มีคุณภาพน้ำแตกต่างจากอัตราอื่น แต่คุณภาพน้ำของอัตราการใส่ปุ๋ยเคมี 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ ในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวไม่มีดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่ามากกว่าอัตราอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสอดคล้องกับข้อมูลการเจริญเติบโตของคัพระกอบผลผลิต และผลผลิตข้าวซึ่งอัตราการใส่ปุ๋ยเคมี 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ มีความสูงของต้นข้าวก่อนการเก็บเกี่ยว ความยาวรวง จำนวนระแ่งต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และผลผลิตข้าวมากกว่าอัตราอื่น ดังนั้นควรเลือกใช้อัตราการใส่ปุ๋ย 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ เพื่อประหยัดรายจ่ายของปุ๋ยเคมีและคุณภาพน้ำของอัตราการใส่ปุ๋ย 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ ไม่มีค่ามากกว่าอัตราอื่น แม้จะมีการใช้อัตราการใส่ปุ๋ยมากกว่าบางกรรมวิธี และอัตราการใส่ปุ๋ย 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ ให้ผลผลิต 942 กิโลกรัมต่อไร่ โดยทั่วไปพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 1 ควรให้ผลผลิต 806 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งอัตราการใส่ปุ๋ย 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตทั่วไปของข้าวพันธุ์นี้ ดังนั้นควรมีการแนะนำกับเกษตรกรให้ใช้ปุ๋ยอัตราสูงสุดเป็น 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว

6. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการนำผลงานวิจัยนี้ไปทดลองในแปลงนาที่อยู่ในเขตชลประทานซึ่งเป็นสภาพพื้นที่จริงเพื่อเป็นการศึกษาผลกระทบของคุณภาพน้ำในด้านปริมาณสารอาหารในคลองชลประทานที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าว และเป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำในคลองชลประทานให้มีความสมดุลของระบบนิเวศและเกิดประโยชน์สูงสุด

7. บรรณานุกรม

กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. (2540). เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กรุงเทพฯ ฯ : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

คำสั่งกรมชลประทานที่ 18/2561 เรื่อง การป้องกันและแก้ไขการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน. (2561, 26 กุมภาพันธ์). กรมชลประทาน.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2537. (2551, 11 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง. หน้า 234 - 240.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561). ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : <http://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95/TH-TH>. สืบค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2560.

อนุรักษ์ เครือคำ. (2558). อิทธิพลของกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพดินและน้ำในนาข้าวพื้นที่หนองหาร จังหวัดสกลนคร. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Ayers, R.S. and Westcot, D.W. (1985). Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. pp. 1-117.

U.S. Salinity Laboratory Staff. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook No. 60. Washington D.C.



การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งในพื้นที่เกษตรน้ำฝนด้วยดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน
ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วลุ่มน้ำป่าสัก

Drought Analysis in the Rain-fed Agriculture Area Using the Standardized
Precipitation Index (SPI) in theHuaiKoKaeo sub-basin
of the PasakRiver Basin

ดร.พัฒนา วิจิตรพงษ์สกุล

Dr.PatanaWichitarapongsakun

สำนักงานอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

E-mail address: patana.w@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและบ่งชี้ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้ว ลุ่มน้ำป่าสัก ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรน้ำฝน โดยใช้ดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index: SPI) ในการวิเคราะห์ จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนซึ่งจัดเก็บและบันทึกโดยกรมทรัพยากรน้ำ กรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 5 สถานี ทั้งในและนอกพื้นที่ศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2532-2561 (คาบ 30 ปี) ผลการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งเป็นรายปีพบว่า ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2532-2561 พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วได้ประสบสภาวะความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในระดับแตกต่างกัน โดยประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับแห้งแล้งมากที่สุดในปีพ.ศ. 2558 ระดับแห้งแล้งมากในปี พ.ศ. 2559 และระดับแห้งแล้งปานกลางในปี พ.ศ. 2536 โดยมีค่า SPI เท่ากับ -3.17, -1.74 และ -1.34 ตามลำดับ สำหรับในปี พ.ศ. 2561 นั้น เมื่อวิเคราะห์เป็นรายเดือนพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วได้ประสบสภาวะความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในระดับแห้งแล้งน้อยในเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม โดยมีค่า SPI เท่ากับ -0.63 และ -0.49 ตามลำดับ ส่วนเดือนอื่น ๆ นั้นไม่ประสบสภาวะความแห้งแล้ง

คำสำคัญ: ความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา ดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้ว

Abstract

The objective of this research is to study and indicate the severity levels of meteorological drought in the HuaiKoKaeo sub-basin (the Rain-fed agriculture area) of the Pasak River Basin using the Standardized Precipitation Index (SPI). Rainfall data between 1989 and 2018 from five rain gauge stations of the Department of water resources, the Royal Irrigation Department and The Thai Meteorological Department both inside and outside study area were used in this study. The meteorological drought analysis results indicate that from 1989 to 2018, there was no clear trend in meteorological drought in the HuaiKoKaeo sub-basin. The yearly meteorological drought severity level analysis was graded as extreme drought in 2015, severe drought in 2016 and moderate drought in 1993 with SPI scores of -3.17, -1.74 and -1.34, respectively. In 2018 the monthly meteorological drought severity level analysis was graded as mid drought in November and December with SPI scores of -0.63 and -0.49, respectively.

Keywords : Meteorological drought, The Standardized Precipitation Index, The HuaiKoKaeo sub-basin

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยได้ประสบกับปัญหาทางด้านทรัพยากรน้ำเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาความแห้งแล้ง ซึ่งปัญหานี้ได้สร้างความเสียหายและส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและวิถีชีวิตของประชาชนเป็นอย่างมาก จากความต้องการปริมาณการใช้น้ำในภาพรวมของทั้งประเทศในปีพ.ศ. 2560 อยู่ที่ประมาณ 151,750 ล้านลูกบาศก์เมตร จำแนกเป็นความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรสูงถึง 113,960 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือร้อยละ 75 ของความต้องการใช้น้ำทั้งหมดซึ่งในจำนวนนี้อยู่ในเขตแหล่งกักเก็บน้ำและระบบชลประทานจำนวน 65,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนที่เหลือจำนวน 48,960 ล้านลูกบาศก์เมตรเป็นความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่นอกเขตชลประทาน (พื้นที่เกษตรน้ำฝน) รองลงไปเป็นการใช้น้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศประมาณ 27,090 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือร้อยละ 18 ของความต้องการน้ำทั้งหมด การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการท่องเที่ยวประมาณ 6,490 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือร้อยละ 4 ของความต้องการน้ำทั้งหมดและการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมประมาณ 4,206 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือร้อยละ 3 ของความต้องการน้ำทั้งหมด (กรมทรัพยากรน้ำ, 2561: 1-2)

การบริหารจัดการด้านทรัพยากรน้ำของประเทศไทยเป็นการบริหารจัดการในเชิงพื้นที่โดยสามารถแบ่งพื้นที่เพื่อการบริหารจัดการออกเป็น 2 พื้นที่หลักๆ ประกอบไปด้วยการบริหารจัดการในพื้นที่เขตชลประทานซึ่งดำเนินการโดยกรมชลประทานกระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีพื้นที่ประมาณ 30.22 ล้านไร่



และการบริหารจัดการในพื้นที่เกษตรน้ำฝนครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 119.02 ล้านไร่โดยปัจจุบันดำเนินการโดยกรมทรัพยากรน้ำและกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกระทรวงมหาดไทย กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และหน่วยบัญชาการทหารพัฒนากองทัพบกกระทรวงกลาโหม นอกจากนี้แล้วในพื้นที่เกษตรน้ำฝนยังคงเหลือพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพื้นที่ชลประทานอีกจำนวน 42 ล้านไร่ตามลำดับซึ่งการดำเนินกิจกรรมด้านการเกษตรในพื้นที่เกษตรน้ำฝนโดยส่วนใหญ่อาศัยปริมาณน้ำต้นทุนสำคัญจาก 3 แหล่งน้ำต้นทุนหลัก ได้แก่ปริมาณน้ำฝนแหล่งน้ำขนาดเล็กและแหล่งน้ำบาดาลซึ่งส่งผลให้พื้นที่เกษตรน้ำฝนนั้นมีความเสี่ยงต่อสภาวะการขาดแคลนน้ำเนื่องจากสภาวะฝนทิ้งช่วงหรือปริมาณฝนสะสมในพื้นที่มีค่าน้อยกว่าค่าปกติอย่างมีนัยสำคัญอันเนื่องมาจากความผันแปรของสภาพลมฟ้าอากาศและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ซึ่งไม่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาระบบกระจายน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมด้านการเกษตร(กรมทรัพยากรน้ำ, 2561: 2-3)

ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้ว ลุ่มน้ำป่าสักเป็นพื้นที่ที่อยู่นอกเขตชลประทาน (พื้นที่เกษตรน้ำฝน) ซึ่งได้ประสบกับปัญหาความแห้งแล้งเป็นอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งความแห้งแล้งทางอุตุนิยมนวิทยา เนื่องจากโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการและประชาชนส่วนใหญ่ในพื้นที่ยังคงพึ่งพาน้ำฝนสำหรับการใช้น้ำในกิจกรรมทางการเกษตรและอื่นๆ

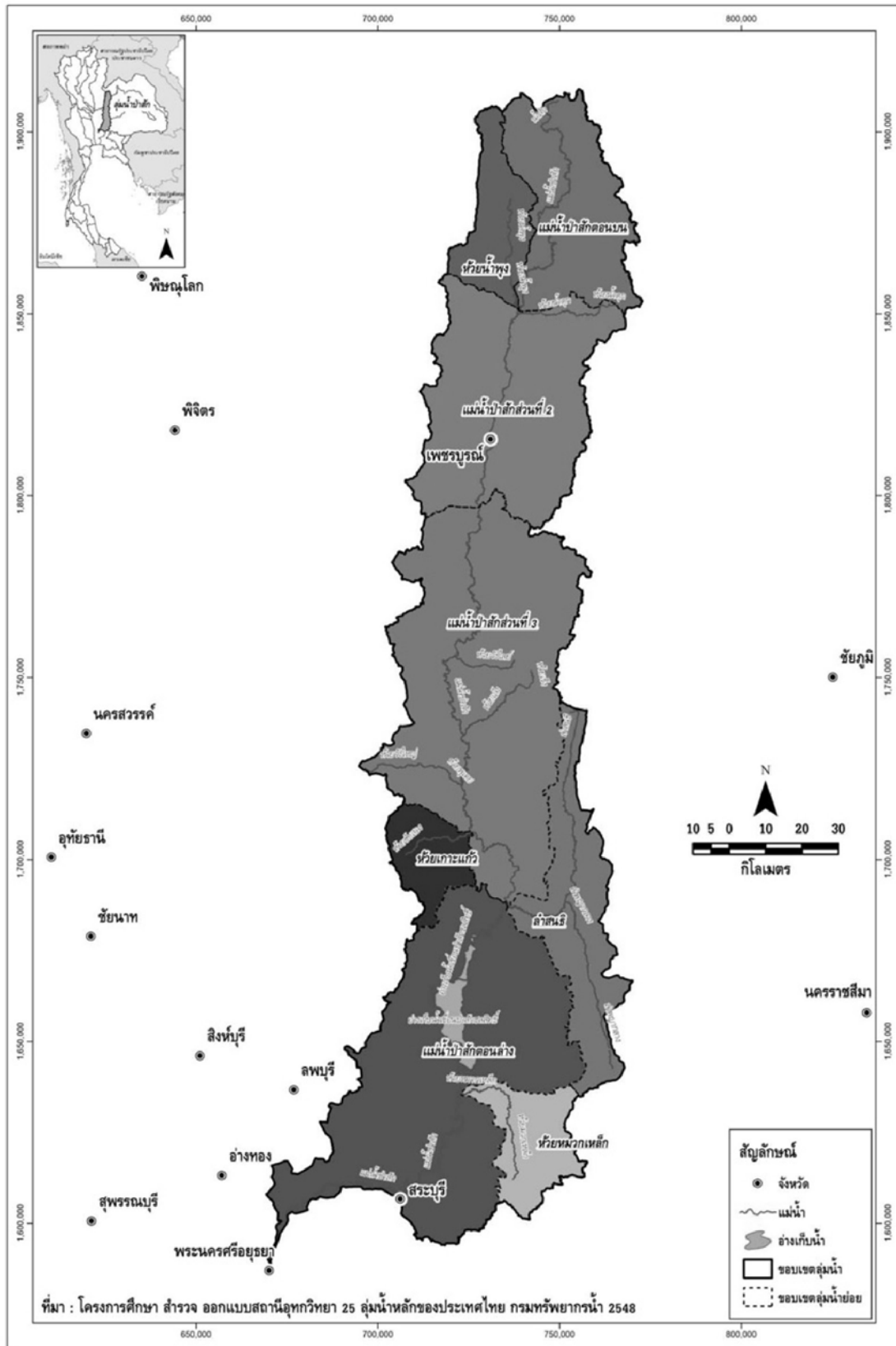
2. วัตถุประสงค์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและบ่งชี้ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมนวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้ว

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ในการศึกษาวิจัย

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วเป็นลุ่มน้ำสาขา 1 ใน 8 ของลุ่มน้ำหลักป่าสักรหัสลุ่มน้ำ 1206 มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้นประมาณ 491.70 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.15 ของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของอำเภอศรีเทพ จังหวัดเพชรบูรณ์ และอำเภอโคกเจริญและชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี แสดงดังภาพที่ 1 ทิศเหนือของลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วติดกับ อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์ ทิศใต้ติดกับ อ.ชัยบาดาล และอ.สระโบสถ์ จ.ลพบุรี ทิศตะวันตกติดกับ อ.โคกเจริญ และอ.สระโบสถ์ จ.ลพบุรี และทิศตะวันออกติดกับ อ.ศรีเทพ จ.เพชรบูรณ์ และ อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี (กรมทรัพยากรน้ำ, 2554)



ภาพที่ 1 ลุ่มน้ำป่าสักและลุ่มน้ำสาขา



3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในระหว่างปี พ.ศ. 2532 - 2561 (คาบ 30 ปี) จากกรมทรัพยากรน้ำ กรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา

3.2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

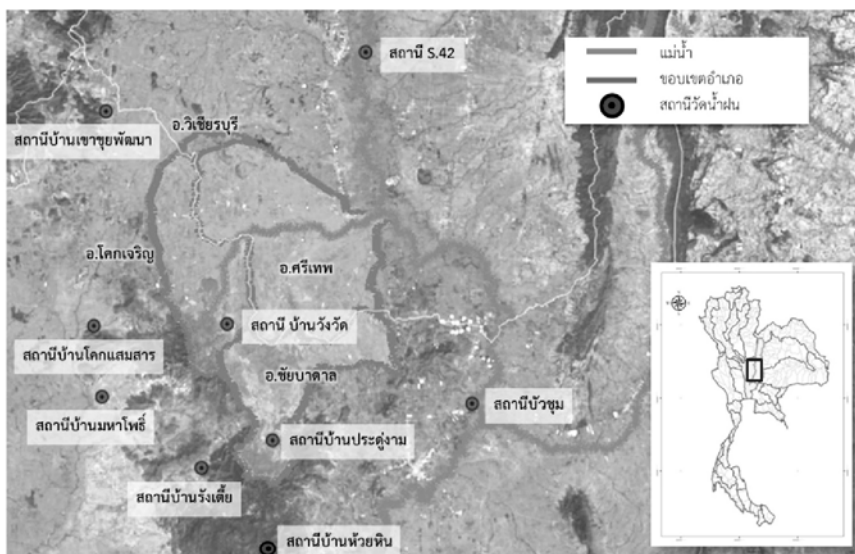
- 1.) โปรแกรม HEC-4 Monthly Streamflow Simulation สำหรับการต่อขยายข้อมูลปริมาณน้ำฝน
- 2.) โปรแกรมArcGISสำหรับการหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำ
- 3.) โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝน
- 4.) MDM Software สำหรับการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (Standardized Precipitation Index: SPI)

3.3 การรวบรวม ตรวจสอบ และวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝน คำนวณหาจำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ และหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตรวจสอบความเพียงพอของจำนวนสถานีวัดน้ำฝน ต่อขยายข้อมูลปริมาณน้ำฝน และทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝน

เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมทรัพยากรน้ำกรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยาที่มีข้อมูลครบถ้วนและต่อเนื่องทั้งในและนอกพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วเพื่อหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา

3.3.2 การคำนวณหาจำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่และหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

การคำนวณหาจำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่เพื่อคัดเลือกสถานีที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ศึกษา และการหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อหาค่าปริมาณน้ำฝนที่เป็นตัวแทนของปริมาณฝนที่ตกกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ เพื่อให้เป็นตัวแทนของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยทั่วไปนิยมใช้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ วิธีทิสเสน และวิธีเส้นชั้นน้ำฝน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาเลือกใช้วิธีทิสเสน เนื่องจากมีหลักการที่ดีกว่าวิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์และเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด (นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์, 2551: 93)

3.3.3 การตรวจสอบความเพียงพอของจำนวนสถานีวัดน้ำฝน

เพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ถูกต้องและสามารถใช้เป็นตัวแทนของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่อย่างแท้จริงจึงจำเป็นต้องตรวจสอบความเพียงพอของจำนวนสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา โดย C_v method ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำ (พัฒนา วิจิตรพงษ์สกุล และคณะ, 2559) มีที่มาจากสมการ (กิริติ ลีวัจนกุล, 2543: 47)

$$N = \left[\frac{C_v}{\mathcal{E}} \right]^2 \quad (1)$$

โดยที่ N คือ จำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่เหมาะสม

C_v คือ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน จำนวน m สถานี

\mathcal{E} คือ เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ในการประมาณการจาก

ปริมาณฝนเฉลี่ยกำหนดให้ $\mathcal{E} = 10\%$ ตามคำแนะนำขององค์การอุทกนิยมหาวิทยาลัยโลก (Subramanya, 2008)

$$C_v = \frac{100\sigma_{m-1}}{\bar{P}} \quad (2)$$

โดยที่ σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากข้อมูลปริมาณฝน จำนวน m สถานี

\bar{P} คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยจากข้อมูลปริมาณฝน จำนวน m สถานี

$$\sigma_{m-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m [P_i - \bar{P}]^2}{m-1}} \quad (3)$$

P_i คือ ปริมาณฝนที่วัดได้จากสถานีที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, m$

3.3.4 การต่อขยายข้อมูลปริมาณน้ำฝน

เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนของแต่ละสถานีมีจำนวนปีข้อมูลที่ไม่เท่ากัน โดยมีบางสถานีที่มีจำนวนปีข้อมูลน้อยกว่า 30 ปี ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของข้อมูลจึงจำเป็นต้องทำการต่อขยายข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีเหล่านั้นให้มีจำนวนปีข้อมูลเท่ากับ 30 ปีโดยการใช้โปรแกรม HEC-4 Monthly Streamflow Simulation ซึ่งพัฒนาโดย Hydrologic Engineering Center (US Army Corps of Engineers-HEC, 1971) ก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป (พัฒนา วิจิตรพงษ์สกุล และคณะ, 2559)



3.3.5 การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ความไม่แน่นอนของข้อมูลปริมาณน้ำฝนอาจเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน การเปลี่ยนชนิดเครื่องวัดน้ำฝน การเก็บข้อมูลน้ำฝนที่ไม่ถูกต้อง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบความน่าเชื่อถือรวมทั้งการปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนหากไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้วิธีเส้นโค้งทับทวี (Double Mass Curve Method) (Searcy, &Hardison, 1960) ในการทดสอบเพื่อให้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละสถานีมีคุณภาพเพียงพอก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป (พัฒนา วิจิตรพงษ์สกุล และคณะ, 2559)

3.4 การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้ง

การวิเคราะห์ความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาสามารถวิเคราะห์ได้หลายดัชนี ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้ดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index: SPI) เป็นดัชนีที่ใช้วิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งทางด้านอุตุนิยมวิทยาโดยใช้ปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ได้หลายช่วงเวลา ได้แก่ 1, 3, 6, 9, 12 และ 24 เดือน (McKee, Doesken, & Kleist, 1993) ทั้งนี้ได้กำหนดให้มีการวิเคราะห์ในช่วงเวลา 3 เดือน สำหรับการวิเคราะห์เป็นรายเดือน และช่วงเวลา 12 เดือนสำหรับการวิเคราะห์เป็นรายปี (Wichitarapongsakun. P, 2016) โดยการใช้ MDM Software ซึ่งจำแนกระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาด้วยดัชนี SPI แสดงได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งมีที่มาจากสมการ

$$SPI = \frac{X_{ij} - X_{im}}{\sigma} \tag{4}$$

- โดยที่ X_{-ij} คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีที่ต้องการวิเคราะห์
- X_{-im} คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของทุกสถานีที่นำมาศึกษา
- σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 1 ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งที่บ่งชี้ด้วยดัชนี SPI

SPI score	Level of drought severity
>2.00	Extremely wet (ชุ่มชื้นมากที่สุด)
1.50 to 1.99	Very wet(ชุ่มชื้นมาก)
1.00 to 1.49	Moderately wet(ชุ่มชื้นปานกลาง)
0.01 to 0.99	Mildly wet(ชุ่มชื้นน้อย)
-0.99 to 0.00	Mid drought(แห้งแล้งน้อย)
-1.00 to -1.49	Moderate drought(แห้งแล้งปานกลาง)
-1.50 to -1.99	Severe drought(แห้งแล้งมาก)
<-2.00	Extreme drought(แห้งแล้งมากที่สุด)

ที่มา: ปรับปรุงจาก Wichitarapongsakun. P (2016)

4. ผลการวิจัย

4.1 การเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝน

เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมทรัพยากรน้ำกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยาที่มีข้อมูลครบถ้วนและต่อเนื่องทั้งในและนอกพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกะแก้ว แสดงดังภาพที่ 2

4.2 การคำนวณหาจำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่และหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

ดำเนินการคำนวณหาจำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่และหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกะแก้วด้วยวิธีทิสเลนโดยใช้โปรแกรมArcGISพบว่า มีสถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกะแก้ว จำนวน 7 สถานี แสดงดังภาพที่ 3 และตารางที่ 2



ภาพที่ 3 สถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกะแก้ว

ตารางที่ 2 สถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่และเปอร์เซ็นต์ต่อพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกะแก้ว

สถานี	พื้นที่ (ตร.กม.)	อิทธิพลต่อพื้นที่ (%)
บ้านวังวัด	335.92	68.32
บ้านประดู่งาม	65.06	13.23
บ้านเขาขุยพัฒนา	51.12	10.40
S.42	20.42	4.15
บัวชุม	16.97	3.45
บ้านโคกแสมสาร	2.00	0.41
บ้านรังเตี้ย	0.21	0.04
รวม	491.70	100



เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าสถานีวัดน้ำฝนบ้านโคกเสมศารและสถานีบ้านรังเตี้ยมีอิทธิพลต่อพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วน้อยมาก คิดเป็นร้อยละ 0.41 และ 0.04 ตามลำดับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงปรับสถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่และคำนวณหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วใหม่ แสดงดังตารางที่ 3 และรายละเอียดสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 สถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่และเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วย

สถานี	อิทธิพลต่อพื้นที่ (%)
บ้านวังวัด	69
บ้านประดู่งาม	13
บ้านเขาขุยพัฒนา	10
S.42	4
บัวชุม	4
รวม	100

ตารางที่ 4 รายละเอียดสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา

สถานี	ช่วงสถิติปีข้อมูล	จำนวนปีข้อมูล (ปี)	หน่วยงาน
บ้านวังวัด	พ.ศ. 2558 – 2561	4	กรมทรัพยากรน้ำ
บ้านประดู่งาม	พ.ศ. 2553 – 2561	9	กรมทรัพยากรน้ำ
บ้านเขาขุยพัฒนา	พ.ศ. 2558 – 2561	4	กรมทรัพยากรน้ำ
S.42	พ.ศ. 2547 – 2561	15	กรมชลประทาน
บัวชุม	พ.ศ. 2530 – 2561	32	กรมอุตุนิยมวิทยา

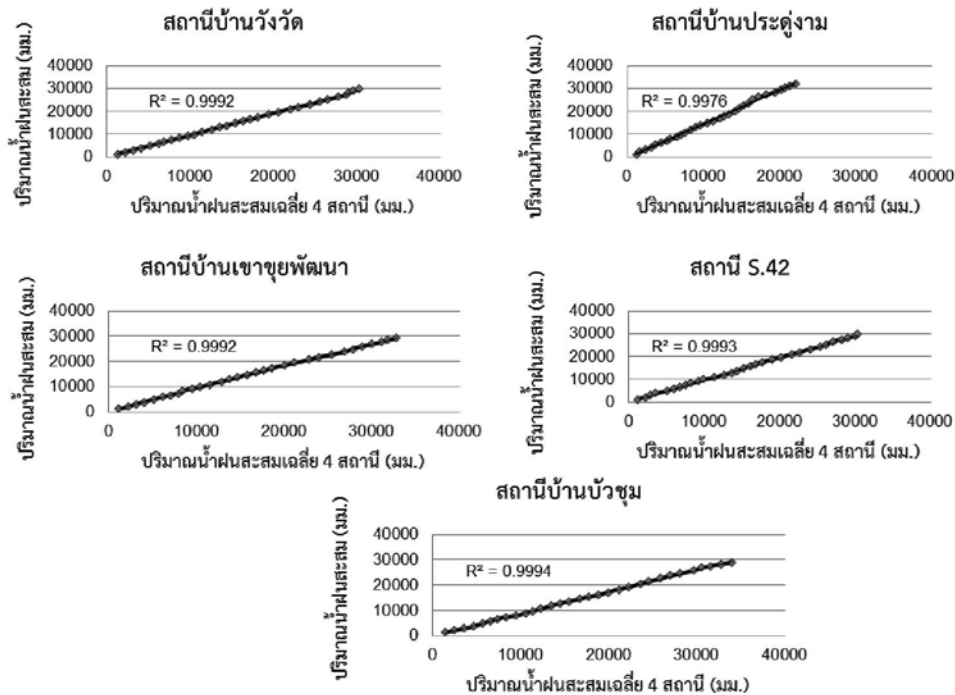
4.3 การตรวจสอบความเพียงพอของจำนวนสถานีวัดน้ำฝน

ตรวจสอบความเพียงพอของจำนวนสถานีวัดน้ำฝนโดยวิธี C_v method จากสมการ (1) พบว่าผลการคำนวณจำนวนปริมาณสถานีวัดน้ำฝนที่เพียงพอในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้ว $N = 2.4(3$ สถานี) ดังนั้น การใช้สถานีวัดน้ำฝนจำนวน 5 สถานีจึงเพียงพอสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

4.4 การต่อขยายและการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ทำการต่อขยายข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีที่มีข้อมูลน้อยกว่า 30 ปี ให้มีจำนวนปีข้อมูลเท่ากับ 30 ปี โดยใช้โปรแกรม HEC-4 ในการต่อขยายและทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนด้วย Double Mass Curve Method พบว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีที่ได้รับการต่อขยายนั้นมีความต่อเนื่องเป็นเนื้อเดียวกัน มีคุณภาพและน่าเชื่อถือสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้ ทั้งนี้ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนของทั้ง 5 สถานี ด้วย Double Mass Curve Method พบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของทั้ง 5 สถานี มีลักษณะเส้นกราฟเป็นเส้นตรงเพียงเส้นเดียวและ

มีความลาดชันคงที่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อยู่ระหว่าง 0.9976-0.9994 หรือ 99.76 %-99.94 % แสดงดังภาพที่ 4 ทั้งนี้หากค่า R_2 มีค่ามากกว่า 0.90 หรือ 90% จัดเป็นข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับสูง (กรมชลประทาน, 2555) ดังนั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จึงเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพและเชื่อถือได้ โดยไม่ต้องทำการปรับแก้ข้อมูลก่อนนำไปใช้แต่อย่างใด



ภาพที่ 4 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละสถานีวัดน้ำฝน

4.5 การวิเคราะห์ความแห้งแล้ง

ดำเนินการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งทางอุตุนิมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้ว ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2532-2561 โดยการใช้ดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index: SPI) ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งเป็นรายปีในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2532-2561 พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วได้ประสบสภาวะความแห้งแล้งทางอุตุนิมวิทยาในระดับแตกต่างกัน โดยประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับแห้งแล้งมากที่สุดในปี พ.ศ. 2558 ระดับแห้งแล้งมากในปี พ.ศ. 2559 และระดับแห้งแล้งปานกลางในปี พ.ศ. 2536 โดยมีค่า SPI เท่ากับ -3.17, -1.74 และ -1.34 ตามลำดับแสดงดังตารางที่ 5 สำหรับในปี พ.ศ. 2561 นั้น เมื่อวิเคราะห์เป็นรายเดือนพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วได้ประสบสภาวะความแห้งแล้งทางอุตุนิมวิทยาในระดับแห้งแล้งน้อยในเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม โดยมีค่า SPI เท่ากับ -0.63 และ -0.49 ตามลำดับ ส่วนเดือนอื่นๆ นั้นไม่ประสบสภาวะความแห้งแล้งแสดงดังตารางที่ 6



ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งที่บ่งชี้ด้วยค่าดัชนี SPI เป็นรายปี ระหว่างปี พ.ศ. 2532-2561

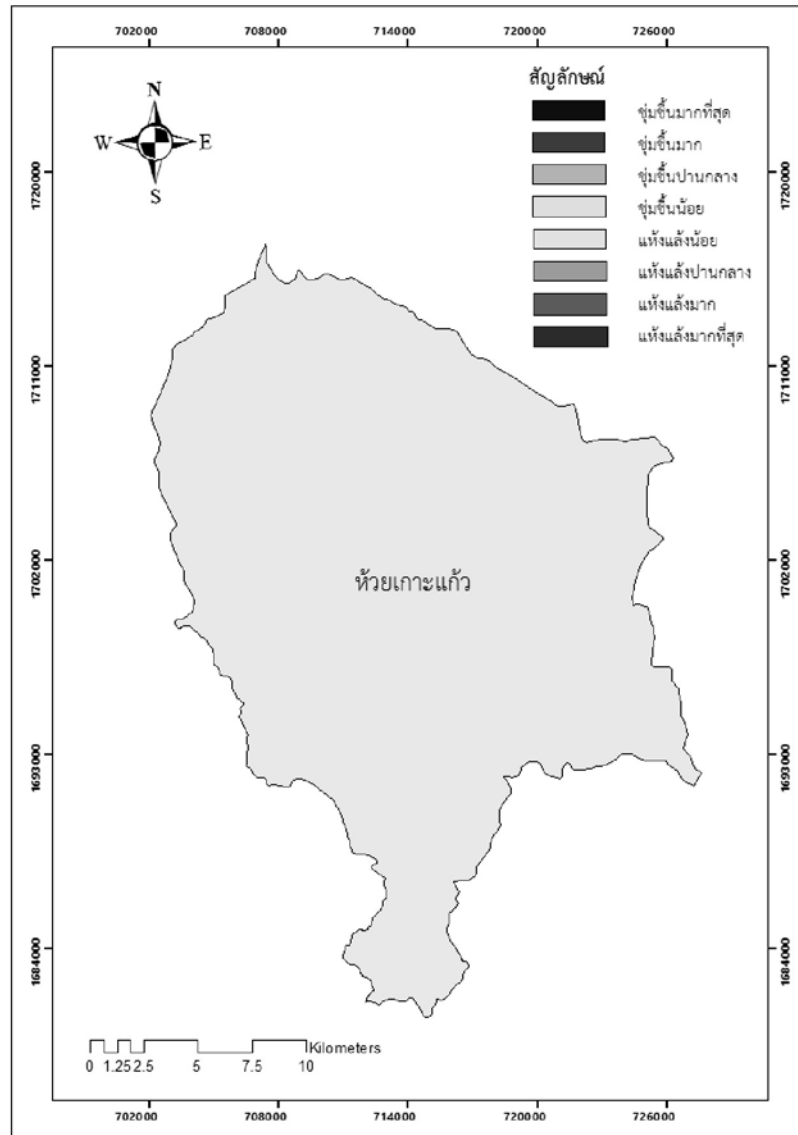
ปี (พ.ศ.)	ระดับความแห้งแล้ง (ค่า SPI)	ปี (พ.ศ.)	ระดับความแห้งแล้ง (ค่า SPI)	ปี (พ.ศ.)	ระดับความแห้งแล้ง (ค่า SPI)
2532	-0.15	2542	1.00	2552	0.01
2533	-0.27	2543	0.01	2553	1.47
2534	0.57	2544	-0.76	2554	1.11
2535	-0.03	2545	0.4	2555	0.07
2536	-1.34	2546	0.24	2556	1.05
2537	-0.36	2547	-0.66	2557	0.13
2538	-0.69	2548	-0.11	2558	-3.17
2539	0.36	2549	1.23	2559	-1.74
2540	-1.21	2550	0.95	2560	-0.83
2541	-0.35	2551	1.61	2561	0.17

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งที่บ่งชี้ด้วยค่าดัชนี SPI เป็นรายเดือน

เดือน	ระดับความแห้งแล้ง(ค่า SPI)
มกราคม	0.89
กุมภาพันธ์	1.88
มีนาคม	0.51
เมษายน	0.53
พฤษภาคม	0.68
มิถุนายน	0.43
กรกฎาคม	0.16
สิงหาคม	0.38
กันยายน	0.31
ตุลาคม	0.05
พฤศจิกายน	-0.63
ธันวาคม	-0.49

5. การอภิปรายผลและสรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ความแห้งแล้งทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยด้วยดัชนี SPIซึ่งใช้ปริมาณน้ำฝนเป็นตัวแปรหลักในการวิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่า ผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งเป็นรายปีในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2532-2561พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วได้ประสบสภาวะความแห้งแล้งทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยในระดับที่แตกต่างกันกล่าวคือ มีทั้งชุ่มชื้นมาก ชุ่มชื้นปานกลาง ชุ่มชื้นน้อย แห้งแล้งน้อย แห้งแล้งปานกลาง แห้งแล้งมาก และแห้งแล้งมากที่สุด สลับกันไปโดยไม่มีรูปแบบที่แน่นอนและชัดเจน เมื่อพิจารณาในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2561 นั้น พบว่า ได้ประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับแห้งแล้งน้อยในเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม ส่วนในเดือนอื่นๆ นั้นไม่ประสบสภาวะความแห้งแล้งและเมื่อพิจารณาระดับความแห้งแล้งตลอดทั้งปี พ.ศ. 2561 พบว่า ได้ประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับชุ่มชื้นน้อย (ไม่แห้งแล้ง)แสดงดังภาพที่ 5ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่า ในปี พ.ศ. 2561 ในภาพรวมนั้นพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยเกาะแก้วมีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าเฉลี่ยในคาบ 30 ปีเล็กน้อยจึงไม่ประสบสภาวะความแห้งแล้งโดยได้ประสบสภาวะความแห้งแล้งระดับน้อยในเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคมเท่านั้นดังนั้นการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยด้วยดัชนี SPI ซึ่งใช้ปริมาณน้ำฝนในการวิเคราะห์เพียงตัวแปรเดียวจะมีความสะดวกและรวดเร็วในการวิเคราะห์ จึงมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งในพื้นที่อื่นๆ ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เกษตรน้ำฝนซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่พึ่งพาน้ำฝนเป็นหลัก ทั้งนี้หากมีการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนล่วงหน้าที่เหมาะสมก็สามารถใช้ดัชนีSPIในการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงที่จะเกิดความแห้งแล้งในอนาคตได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในวางแผนการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร โดยเกษตรกรสามารถวางแผนการเพาะปลูกได้อย่างเหมาะสมกับพื้นที่และช่วงเวลาที่ประสบความแห้งแล้ง รวมทั้งหน่วยงานที่รับผิดชอบและมีส่วนเกี่ยวข้องในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำสามารถเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับปัญหาความแห้งแล้งในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ การจัดสรรน้ำ การพิจารณาจัดสรรงบประมาณโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ การพัฒนาแหล่งเก็บกักน้ำรวมทั้งการเตรียมการเพื่อรับมือปัญหาความแห้งแล้งเพื่อป้องกันและลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 5 แผนที่ระดับความแห้งแล้งปี พ.ศ. 2561

6. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาและพัฒนาดัชนีอื่นๆ ในการวิเคราะห์ความแห้งแล้ง รวมถึงการประยุกต์หรือผสมผสานดัชนีหลากหลายรูปแบบมาใช้ในการวิเคราะห์ความแห้งแล้งร่วมกันในพื้นที่ลุ่มน้ำอื่น ๆ อีกทั้งควรศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาดัชนีในการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการป้องกันและลดมูลค่าความเสียหายและผลกระทบจากความแห้งแล้ง รวมทั้งเพื่อเป็นการเตรียมการอย่างทันที่่วงที่และมีประสิทธิภาพ

7. บรรณานุกรม

- กรมชลประทาน. (2555). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอยกับพื้นที่ลุ่มน้ำใน 25 ลุ่มน้ำหลัก. กรุงเทพฯ: สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน.
- กรมทรัพยากรน้ำ. (2554). ระเบียบข้อมูลระบบลุ่มน้ำและเขตการปกครองของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดไอเดียสแควร์.
- กรมทรัพยากรน้ำ. (2561). ร่างแผนปฏิบัติการกรมทรัพยากรน้ำ 20 ปี. กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กิริติ ลีวัจนกุล. (2543). อุทกวิทยา. (พิมพ์ครั้งที่ 1). ปทุมธานี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต.
- นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์. (2551). อุทกวิทยา. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัทด้านสุทธา.
- พัฒนา วิจิตรพงษ์สกุล และคณะ. (2559) การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ ลุ่มน้ำสะแกกรัง ด้วยดัชนีน้ำฝนมาตรฐานและดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา. วารสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 24 (3), 123-135.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, 17-22 January 1993, 179-186
- Searcy, J. K. and Hardison, C. H. (1960). Double-Mass Curve. Washington: United States Government Printing Office.
- Subramanya, K. (2008). Hydrology. New Delhi: Yata McGraw-Hill.
- US Army Corps of Engineers-HEC. (1971). HEC-4 Monthly Streamflow Simulation. Hydrologic Engineering Center: CA.
- Wichitarapongsakun, P. et al. (2016). Rainfall prediction and meteorological drought analysis in the Sakae Krang River basin of Thailand. Agriculture and Natural Resources. (50), 490-498.



การใช้ค่าดัชนีน้ำฝนพยากรณ์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดในลุ่มน้ำยมตอนบน

The Use of Antecedent Precipitation Index to Estimate Peak Flow in Upper Yom River Basin

พิมพ์นารา อินทร์เรือง¹, วรณดี ไทยสยาม² และ จิรวัดน์ กณะสุด³

¹นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^{2,3}ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: kaikanya@hotmail.com

บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำยมมักมีอุทกภัยเกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้งในช่วงฤดูน้ำหลาก การบุกรุกพื้นที่ป่าไม้และรुक้าทางน้ำเพื่อให้เป็นแหล่งเกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย ล้วนทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนกลางจนถึงตอนล่างเกิดอุทกภัยรุนแรงอยู่บ่อยครั้งโดยเฉพาะพื้นที่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ เป็นต้นมา มีหลายหน่วยงานราชการที่เข้ามาติดตามและเฝ้าระวังสถานการณ์น้ำท่วมในเขตภาคเหนือตอนบนโดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนและระดับน้ำท่า แต่บางครั้งระยะเวลาในการแจ้งเตือนภัยอาจน้อยเกินไปจนทำให้ประชาชนอพยพไม่ทันก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินอยู่ การศึกษานี้ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีน้ำฝนกับอัตราการไหลของน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน เพื่อนำไปพยากรณ์อัตราการไหลสูงสุดในฤดูน้ำหลากของพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน โดยรวบรวมข้อมูลฝนรายชั่วโมงจากสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติในพื้นที่ศึกษาจำนวน 10 สถานี และข้อมูลอัตราการไหลรายชั่วโมงของสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 6 สถานี ในปี พ.ศ. 2557 - 2560 โดยนำค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีน้ำฝนกับค่าอัตราการไหลในปี พ.ศ. 2557 ไปพยากรณ์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดในลุ่มน้ำยมตอนบน ช่วงปี พ.ศ. 2558 - 2560 สำหรับสถานีวัดน้ำท่า Y.20 อำเภอสอง จังหวัดแพร่ อันเป็นสถานีเหนือน้ำที่ใช้ในการเตือนภัยน้ำหลากก่อนถึงตัวเมืองแพร่ มีพื้นที่รับน้ำ 5,394 ตารางกิโลเมตร ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีน้ำฝนกับค่าอัตราการไหลเป็น $Q_t^{0.5} = 0.3191API_t + 14.545$ โดยมีความคลาดเคลื่อนจากค่าอัตราการไหลสูงสุดเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงอยู่ที่ร้อยละ 16.90 ช่วงเวลาการเกิดน้ำหลากสูงสุดเร็วกว่าสภาพจริง 14 ชั่วโมง และค่าดัชนีน้ำฝน (API) ที่ใช้ในการเตือนภัยน้ำท่วมเท่ากับ 44.16 มิลลิเมตร จึงจะทำให้เกิดภาวะน้ำเริ่มล้นตลิ่งที่สถานีท้ายน้ำ Y.1C อำเภอเมือง จังหวัดแพร่

คำสำคัญ : ดัชนีน้ำฝน, ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลุ่มน้ำยมตอนบน

Abstract

Yom River Basin often has frequent floods during the flood season. The encroachment on forest and river bank into an agricultural land and residential area, causing the middle - lower Yom river basin area to flood very often, especially in the area of Muang District, Phrae Province. There are many government agencies that come to prevent and monitor the flood situation in the upper northern region using rainfall data and discharge data. But sometimes the flood warning time may be too small, the people were not evacuated causing damage to life and property. This study aimed to establish the relationship between an Antecedent Precipitation Index and runoff discharge in Upper Yom River Basin in order to forecast the maximum peak flow in the study area. The data used for analysis consists of hourly rainfall data from 10 rain gauge stations and hourly discharge data from 6 runoff measuring stations which collected from 2014 to 2017. The rainfall data and discharge data of 2014 is used to find a relationship equation between API and discharge in Upper Yom River Basin on 2015 to 2017. For the runoff measuring station Y.20 in Song District, Phrae province is used for flood warning station before reaching Phrae city which drainage area is 5,394 km². From study results, the relationship between API and discharge of station Y.20 can be written as $Qt^{0.5} = 0.3191API_t + 14.545$. From proposed equation, the peak discharge of station Y.20 could be predicted with 16.90% error. The computed peak flow period occurs earlier than the measured data 14 hours. When the API at upstream station Y.20 exceed 44.16 millimeters, flow at downstream station Y.1C Muang District, Phrae province will overbank.

Keywords : Antecedent Precipitation Index, Peak Flow, Upper Yom River Basin



1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนกลางและตอนล่างที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีส่งผลให้เกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนในพื้นที่ ทั้งนี้ในอดีตที่ผ่านมา หลายหน่วยงานราชการได้มีการเตือนภัยน้ำท่วมในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนด้วยวิธีใช้เกณฑ์ฝักระวังปริมาณฝนที่ตกมากกว่า 35 มิลลิเมตรต่อวัน ผ่านเว็บไซต์ในรูปแบบแผนที่แสดงข้อมูลน้ำฝนรายวันแบบ Real time และการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำของสถานีวัดปริมาณน้ำท่าจำนวน 2 สถานีที่กำหนดให้เป็นสถานีเหนือน้ำและท้ายน้ำสำหรับลุ่มน้ำยมสถานีเหนือน้ำที่ใช้สำหรับฝักระวังภัยน้ำท่วมคือ Y.20 อ.สอง จ.แพร่ อดีตที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเตือนภัยอาจจะน้อยเกินไป ซึ่งในบางครั้งทำให้ประชาชนไม่สามารถอพยพหรือย้ายสิ่งของไม่ทัน ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินอยู่

Fedora (1987) ได้พัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าอย่างง่ายขึ้นมา ซึ่งใช้เพียงข้อมูลน้ำฝนกับพื้นที่รับน้ำ คือวิธี Antecedent Precipitation Index (API) โดยวิเคราะห์การลดลงของผลกระทบที่เกิดจากฝนตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างค่า API กับอัตราการไหลอยู่ในรูปของสมการเชิงเส้น ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 15.9% และรูปร่างของ Storm hydrograph ตรงกับที่เป็นจริง ต่อมา Fedora & Beschta (1989) ได้ประยุกต์ใช้วิธี Antecedent Precipitation Index (API) พยากรณ์น้ำท่าจากพายุฝนในรัฐ Oregon ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยค่าสัมประสิทธิ์ K จากการวิเคราะห์สมการถดถอยของ hydrograph ในพื้นที่ศึกษา 5 ลุ่มน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.89 - 0.96 และเริ่มคำนวณค่า API ที่ 72 ชั่วโมงก่อนการเกิดน้ำท่า จากการศึกษาพบว่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อัตราการไหลสูงสุดและปริมาณน้ำท่า เทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง มีเพียง -1% และ 4% ตามลำดับ ซึ่งการใช้แบบจำลอง API ค่อนข้างมีความแม่นยำสูง สำหรับการศึกษาดัชนีน้ำฝนในประเทศไทย อนุชา (2559) ได้ศึกษาการพยากรณ์อัตราการไหลสูงสุดในช่วงน้ำหลากโดยใช้วิธีดัชนีน้ำฝนในลุ่มน้ำเลย โดยรวบรวมข้อมูลฝนรายชั่วโมงจาก 8 สถานี และข้อมูลน้ำท่ารายชั่วโมงจำนวน 4 สถานี ช่วงปี พ.ศ. 2552 - 2555 มาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่า พบว่าสมการความสัมพันธ์ที่ได้มีความแม่นยำค่อนข้างสูง โดยมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 4 - 8% และค่าดัชนีน้ำฝน (API) เท่ากับ 50 มิลลิเมตร สำหรับใช้เป็นเกณฑ์เตือนภัยน้ำหลากในลุ่มน้ำเลย ก่อนเข้าสู่อำเภอเมือง จังหวัดเลย นอกจากนี้ สุภวุฒิ (2557) ทำการจำลองอัตราการไหลในช่วงน้ำหลาก โดยใช้วิธีดัชนีน้ำฝนในลุ่มน้ำชีตอนบน บริเวณพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ โดยรวบรวมข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติจำนวน 9 สถานี และข้อมูลอัตราการไหลจากสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 4 สถานี โดยเลือกสถานีเตือนภัยน้ำหลากในลำน้ำชีที่สถานี E.23 พบว่าเมื่อค่าดัชนีน้ำฝน (API) ประมาณ 75 มิลลิเมตร จะส่งผลให้ระดับน้ำล้นตลิ่งความแม่นยำในการพยากรณ์ค่าอัตราการไหลสูงสุดจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีน้ำฝนกับอัตราการไหลค่อนข้างแม่นยำสูง โดยมีความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 3-13% สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเกณฑ์เตือนภัยน้ำหลากในเขตอำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิได้

2. วัตถุประสงค์

ในการศึกษานี้จะทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้ในช่วงน้ำหลากในลุ่มน้ำยมตอนบน โดยใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝน ดัชนีน้ำฝน (Antecedent Precipitation Index หรือ API) และอัตราการไหลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ เพื่อนำไปเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังและเตือนภัยน้ำท่วมแก่ประชาชนบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยได้ทันทั่วถึง ลดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน

3. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำยมตอนบนอยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่รวม 5,392.3 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ พะเยา น่าน ลำปาง และแพร่ ลุ่มน้ำยมตอนบนประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อย 4 สาขา ได้แก่ 1) ลุ่มแม่น้ำยมตอนบน มีพื้นที่ 2,111.04 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดพะเยา ลำปาง และแพร่ 2) ลุ่มแม่น้ำควม มีพื้นที่ 870.74 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ จังหวัดพะเยา และน่าน 3) ลุ่มแม่น้ำบี มีพื้นที่ 656.66 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมจังหวัดพะเยา และน่าน 4) ลุ่มแม่น้ำงาว มีพื้นที่ 1,753.86 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ จังหวัดลำปาง และแพร่

ลักษณะภูมิประเทศของแม่น้ำยมมีต้นกำเนิดจากภูเขาที่มีความลาดชันมาก ระดับความสูงอยู่ที่ 180 - 360 ม.รทก. ความลาดชันลำน้ำประมาณ 1:700 มีที่ราบแคบ ๆ ริมน้ำ จากนั้นจะไหลออกสู่ที่ราบผืนใหญ่จังหวัดแพร่ และไหลเข้าหุบเขาทางทิศตะวันตก แล้วไหลลงทางใต้เข้าสู่ที่ราบที่จังหวัดสุโขทัย

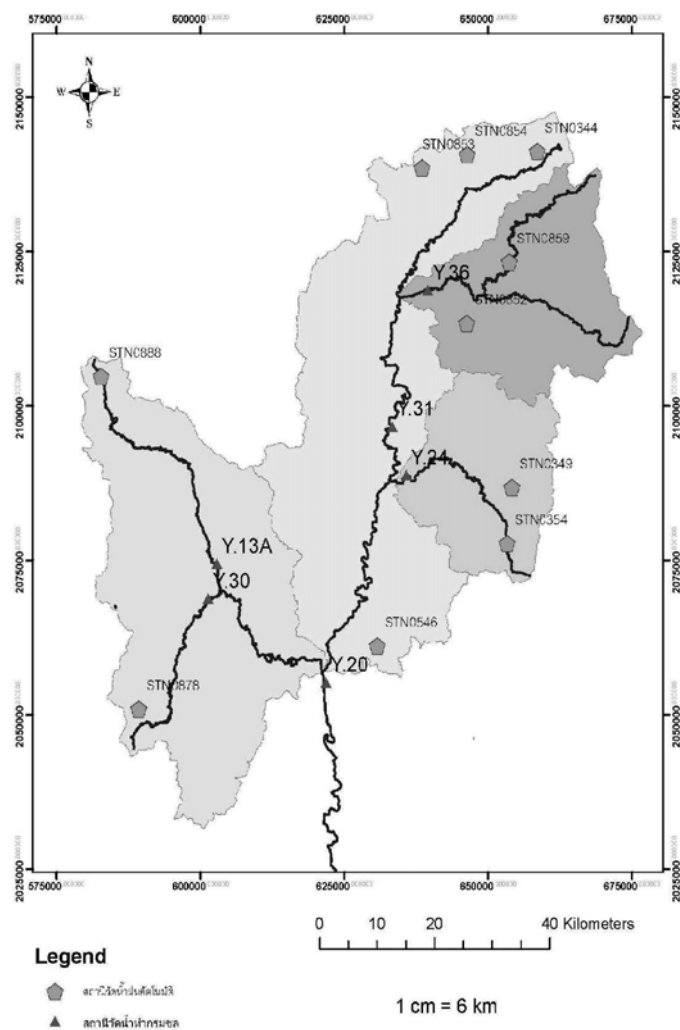
เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำยมตอนบนเป็นภูเขาที่มีความลาดชันสูง ขนาบด้วยทิวเขาที่วางตัวเป็นแนวเหนือ-ใต้ ประกอบกับบางช่วงมีทางน้ำแคบ จึงมักเกิดอุทกภัยในลักษณะน้ำป่าไหลหลาก น้ำท่วมฉับพลัน บริเวณลุ่มน้ำยมตอนกลางหรือที่ราบในจังหวัดแพร่ขึ้นเป็นประจำ ในช่วงฤดูฝนของแต่ละปี ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม จะมีพายุพัดผ่านพื้นที่จังหวัดพะเยา ลำปางและแพร่ ทำให้เกิดฝนตกหนัก ปริมาณน้ำในแม่น้ำยมสูงขึ้นตั้งแต่เดือนสิงหาคมไปจนถึงเดือนกันยายน ประกอบกับพื้นที่บริเวณต้นน้ำของลำน้ำยมไม่มีเขื่อนกักเก็บน้ำ ปริมาณน้ำจากลำห้วยสาขาของแม่น้ำยมจะไหลลงมารวมกับแม่น้ำยมทำให้ปริมาณน้ำยมเอ่อล้นตลิ่ง เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดอุทกภัยในพื้นที่จังหวัดแพร่

พื้นที่ศึกษาจะครอบคลุมพื้นที่รับน้ำด้านเหนือน้ำทั้งหมดก่อนไหลเข้าสู่อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ โดยรวบรวมข้อมูลอัตราการไหลรายชั่วโมงตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2560 ของสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่าจำนวน 6 สถานี ได้แก่ Y.36 อ.ปง จ.พะเยา, Y.31 อ.เชียงม่วน จ.พะเยา, Y.24 อ.เชียงม่วน จ.พะเยา, Y.13A อ.งาว จ.ลำปาง, Y.30 อ.งาว จ.ลำปาง และ Y.20 อ.สอง จ.แพร่ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 5,400 ตารางกิโลเมตร และรวบรวมข้อมูลน้ำฝนรายชั่วโมงของสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติในพื้นที่ศึกษา จำนวน 10 สถานีที่มีอิทธิพลต่อสถานีวัดน้ำท่า รายละเอียดของสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติแสดงไว้ในตารางที่ 1 และตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่า และสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติ ในพื้นที่ศึกษาแสดงไว้ในรูปที่ 1



ตารางที่ 1 สถานีวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติของกรมทรัพยากรน้ำในพื้นที่ศึกษา

ลำดับที่	ID Station	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด
1	STN0344	ผาช้างน้อย	ปง	พะเยา
2	STN0349	บ้านพี	บ้านหลวง	น่าน
3	STN0354	บ้านฟ้า	บ้านหลวง	น่าน
4	STN0546	สะเอียบ	สอง	แพร่
5	STN0852	ขุนควร	ปง	พะเยา
6	STN0853	จิม	ปง	พะเยา
7	STN0854	ผาช้างน้อย	ปง	พะเยา
8	STN0859	ขุนควร	ปง	พะเยา
9	STN0878	บ้านหวด	งาว	ลำปาง
10	STN0888	บ้านร้อง	งาว	ลำปาง



รูปที่ 1 แสดงที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติและสถานีวัดน้ำทำในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำยมตอนบน

4. วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัย ทำการรวบรวมข้อมูลน้ำฝนรายชั่วโมงของสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติจำนวน 10 สถานี แล้วตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลน้ำฝนด้วยวิธีเส้นโค้งทับทวิ (Double Mass Curve) จากนั้นสร้างรูปเหลี่ยมทียีสเซน (Thiessen Polygon) เพื่อหาฝนเฉลี่ยในพื้นที่รับน้ำฝนของแต่ละสถานีวัดน้ำฝน รายละเอียดของสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติที่มีอิทธิพลต่อสถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่งแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดของสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำฝน

สถานีวัดน้ำฝน	พื้นที่ (ตร.กม.)	สถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติ
Y.36	853	STN0852 STN0859
Y.31	1,981	STN0344 STN0854 STN0853 STN0852 STN0859
Y.24	590	STN0349 STN0354
Y.13A	379	STN0888
Y.30	325	STN0878
Y.20	5,394	STN0344 STN0854 STN0853 STN0852 STN0859 STN0349 STN0354 STN0888 STN0878 STN0546

จากนั้นการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลด (Recession Coefficient, K) โดยคิดอัตราการไหล ณ เวลาใด ๆ เปรียบเทียบกับอัตราการไหลก่อนหน้าหนึ่งชั่วโมง อัตราการไหลก่อนหน้าสองชั่วโมง และอัตราการไหลก่อนหน้าสามชั่วโมง ในช่วงเวลาระดับน้ำท่าลดลงสู่ภาวะปกติหลังเกิดปริมาณน้ำหลากสูงสุดแล้ว โดยได้เลือกข้อมูลช่วงวันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึง 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดดังกล่าวมาวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำฝนรายชั่วโมง รายสองชั่วโมง และสามชั่วโมง เพื่อมาหาความสัมพันธ์ระหว่างรากที่สองอัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝน จากการศึกษาพบว่าค่าดัชนีน้ำฝนรายสองชั่วโมงให้ค่าความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีอื่น ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าดัชนีน้ำฝนรายสองชั่วโมงหาความสัมพันธ์ระหว่างรากที่สองของอัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝน

นำสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่ารากที่สองของอัตราการไหลที่ได้มาทำนายค่าอัตราการไหลสูงสุด และกราฟน้ำหลากของเหตุการณ์น้ำท่วมระหว่างปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2560 โดยมีรายละเอียดการศึกษาดังต่อไปนี้



4.1 การคำนวณค่าดัชนีน้ำฝน (API)

ดัชนีความชื้นในดินก่อนฝนตก (Antecedent Precipitation Index, API) เป็นค่าดัชนีที่ใช้ชี้วัดความชุ่มชื้นในดินก่อนฝนตก โดยเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการสะสมของน้ำฝนที่ตกลงมา น้ำในดินที่ระเหยกลับขึ้นไปในอากาศ และน้ำในดินที่ระบายให้เกิดน้ำท่าทั้งทางผิวดินและใต้ผิวดิน ค่าดัชนีน้ำฝน (API) ณ เวลาที่พิจารณาใด ๆ สามารถคำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ (1)

$$API_t = (API_{t-\Delta t} * K) + P_t \quad (1)$$

- เมื่อ API_t = ค่าดัชนีน้ำฝน ณ เวลาใด ๆ (มิลลิเมตร)
- $API_{t-\Delta t}$ = ค่าดัชนีน้ำฝนของเวลาก่อนหน้า (มิลลิเมตร)
- P_t = ค่าปริมาณฝน ณ เวลาใด ๆ (มิลลิเมตร)
- K = ค่าคงที่คูณลด ณ เวลาใด ๆ

ในการศึกษานี้ได้เลือกค่าช่วงเวลาก่อนหน้า (Δt) เท่ากับ 2 ชั่วโมง เนื่องจากผลการวิจัยของ Fedora (1987) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดที่ได้จากการคำนวณในช่วงเวลาต่างกัน 2 ชั่วโมง ให้ผลการทำนายอัตราการไหลสูงสุดใกล้เคียงกับที่ตรวจวัดจริงมากกว่าที่ค่าคำนวณได้ในช่วงเวลาต่างกัน 1 หรือ 3 ชั่วโมง

4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีน้ำฝน (API) และอัตราการไหล

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีน้ำฝนกับอัตราการไหลที่ตรวจวัดจริง ได้เลือกใช้ข้อมูลอัตราการไหลและค่าดัชนีน้ำฝนในช่วงวันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึง 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 เพื่อพล็อตกราฟหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างรากที่สองของอัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝน ดังสมการที่ (2)

$$Q_t^{0.5} = I + (S)(API_t) \quad (2)$$

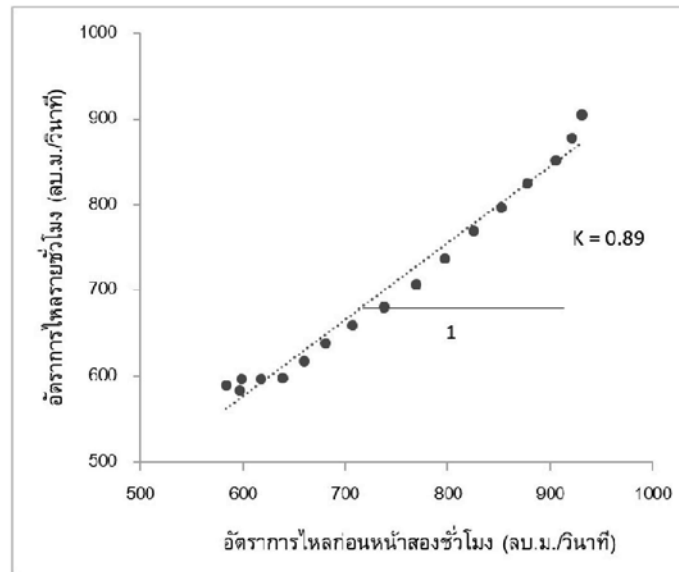
- เมื่อ Q_t = อัตราการไหล ณ ชั่วโมงที่พิจารณา (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
- I = จุดตัดของแกน Y
- S = ความลาดชันของลำน้ำ
- API_t = ค่าดัชนีน้ำฝนของชั่วโมงที่พิจารณา (มิลลิเมตร)

นำสมการที่ได้ไปพยากรณ์อัตราการไหลสูงสุดเทียบกับการตรวจวัดจริงในพื้นที่ศึกษา

5. ผลการศึกษา

5.1 ค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลด (Recession Coefficient, K)

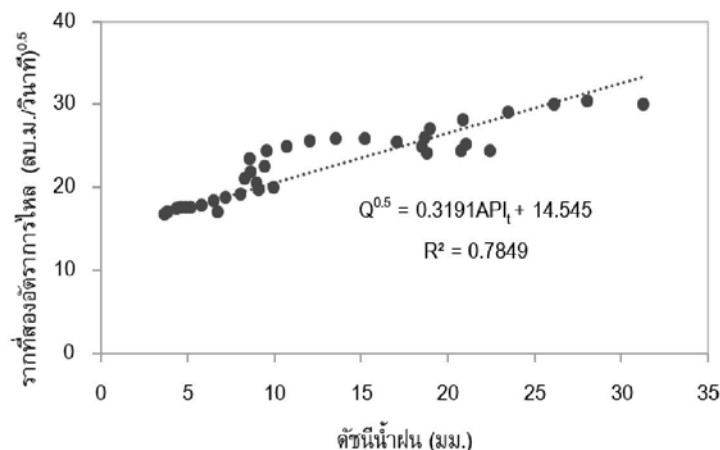
สัมประสิทธิ์ส่วนลด (Recession Coefficient, K) ได้จากความลาดชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลรายชั่วโมงกับอัตราการไหลก่อนหน้าสองชั่วโมง โดยใช้ข้อมูลอัตราการไหลในช่วงน้ำหลากปี พ.ศ. 2557 ของสถานีวัดน้ำท่า Y.20 ผลการวิเคราะห์ที่ได้ค่า $K = 0.98$ ดังแสดงในรูปที่ 2 การหาสัมประสิทธิ์ส่วนลดของสถานีวัดน้ำท่า Y.20 รายสองชั่วโมง



รูปที่ 2 การหาสัมประสิทธิ์ส่วนลดของสถานีวัดน้ำท่า Y.20 รายสองชั่วโมง

5.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรากที่สองอัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝน(API)

ในการศึกษานี้ได้คัดเลือกเหตุการณ์น้ำหลากในพื้นที่ศึกษาระหว่างวันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2557 ถึง 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 ของสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่า Y.20 จากนั้นจึงนำค่ารากที่สองของอัตราการไหลที่เกิดขึ้นจริงกับค่าดัชนีน้ำฝนมาพล็อตกราฟและหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น ดังแสดงในรูปที่ 3



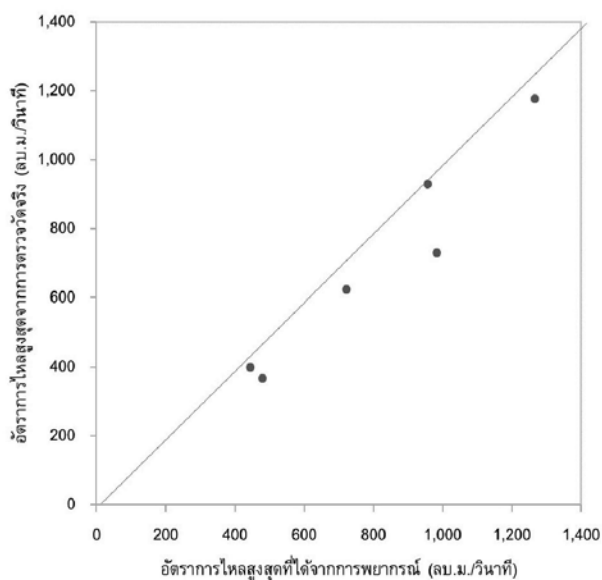
รูปที่ 3 สมการความสัมพันธ์ระหว่างรากที่สองอัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝนของสถานีวัดน้ำท่า Y.20



จากรูปที่ 3 สามารถหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างรากที่สองอัตราการใช้และค่าดัชนีน้ำฝนของสถานีวัดน้ำท่า Y.20 ได้เป็น $Q_{0.5} = 0.3191API_t + 14.545$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.7849

5.3 ผลการคำนวณอัตราการใช้สูงสุด

จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างรากที่สองอัตราการใช้กับค่าดัชนีน้ำฝนในปี พ.ศ.2557 ของสถานีวัดน้ำท่า Y.20 ได้นำมาพยากรณ์อัตราการใช้สูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูน้ำหลากของปี พ.ศ.2558 ถึงปี พ.ศ. 2560 ผลการพยากรณ์อัตราการใช้สูงสุดจากสมการความสัมพันธ์เปรียบเทียบกับอัตราการใช้ที่ตรวจวัดในสนามจริงของสถานีวัดน้ำท่า Y.20 แสดงในตารางที่ 3 เหตุการณ์น้ำหลากของสถานีวัดน้ำท่า Y.20 ช่วงปี พ.ศ. 2557-2560 ผลการพยากรณ์อัตราการใช้สูงสุดแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 อัตราการใช้สูงสุดจากสมการเปรียบเทียบกับอัตราการใช้จริงของสถานีวัดน้ำท่า Y.20 ช่วงปี พ.ศ. 2557 - 2560

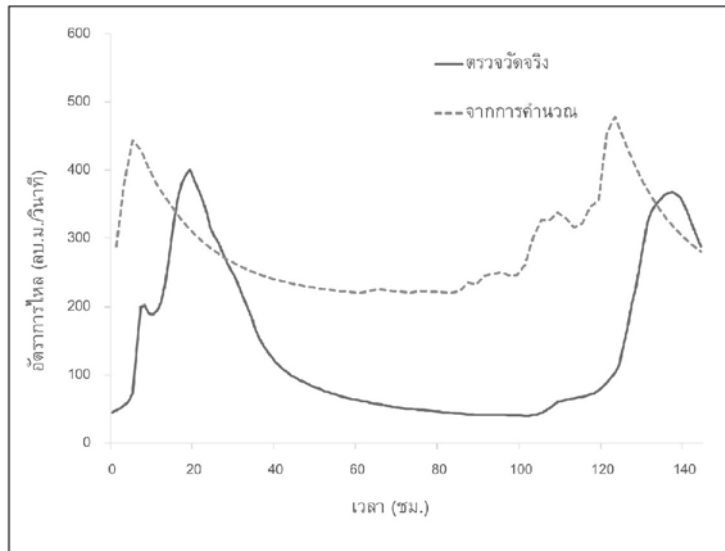
ตารางที่ 3 เหตุการณ์น้ำหลากของสถานีวัดน้ำท่า Y.20 ช่วงปี พ.ศ. 2558 - 2560

วัน/ เดือน/ปี	เวลา (น.)	Q ตรวจวัดจริง (ลบ.ม./วินาที)	Q จากการพยากรณ์	Relative Error (%)
			$Q^{0.5} = 0.3191API_t + 14.545$	
03-ก.ย.- 57	03.00 น.	930.4	955.5	2.70
14-ก.ย.- 58	19.00 น.	400.2	443.4	10.80
19-ก.ย.- 58	17.00 น.	367.8	478.1	29.99
16-ส.ค.- 59	06.00 น.	1,177.8	1,266.4	7.52
13-ก.ย.- 59	02.00 น.	624.0	722.3	15.75
18-ก.ค.- 60	08.00 น.	729.0	981.5	34.64

จากรูปที่ 4 และตารางที่ 3 อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนจากที่ตรวจวัดจริงในสนามค่อนข้างมาก ซึ่งความคลาดเคลื่อนทั้ง 6 เหตุการณ์ เฉลี่ยอยู่ที่ 16.90% โดยค่าอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้ส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าค่าอัตราการไหลที่ได้จากการตรวจวัดจริง

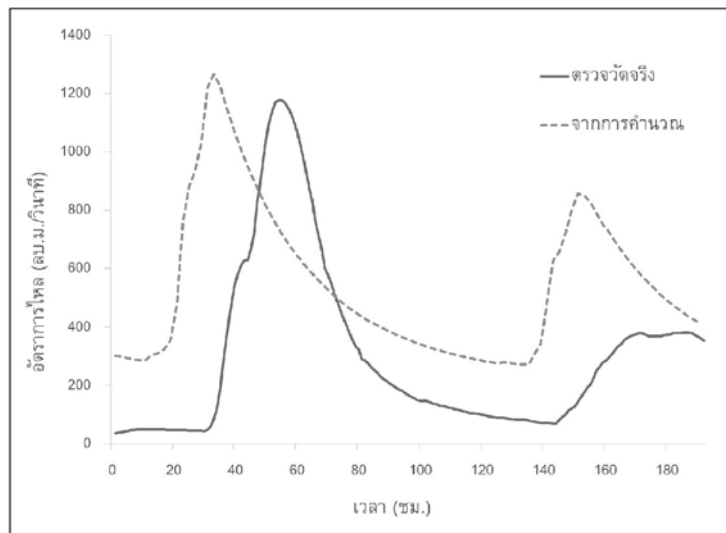
5.4 ผลการคำนวณกราฟน้ำหลาก

จากสมการความสัมพันธ์อัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝนของสถานีวัดน้ำท่า Y.20 นำมาคำนวณหาค่าอัตราการไหลในช่วงฤดูน้ำหลากของปี พ.ศ.2558 - 2560 เปรียบเทียบกับอัตราการไหลที่ได้จากการตรวจวัดในสนาม ผลการคำนวณพบว่า อัตราการไหลที่ได้จากการสมการเปรียบเทียบกับอัตราการไหลที่ได้จากการตรวจวัดในสนามช่วงฤดูน้ำหลากในปี พ.ศ. 2558 ช่วงวันที่ 13 ถึง 17 กันยายน พ.ศ. 2558 กราฟน้ำหลากที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่าจากการตรวจวัดจริงอยู่มาก โดยช่วงเวลาที่เกิดน้ำหลากสูงสุดที่ได้จากการคำนวณเกิดขึ้นก่อนค่าน้ำหลากสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัด 14 ชั่วโมง และความคลาดเคลื่อนของค่า Peak สูงสุดเท่ากับ 10.80 - 29.99% แสดงในรูปที่ 5



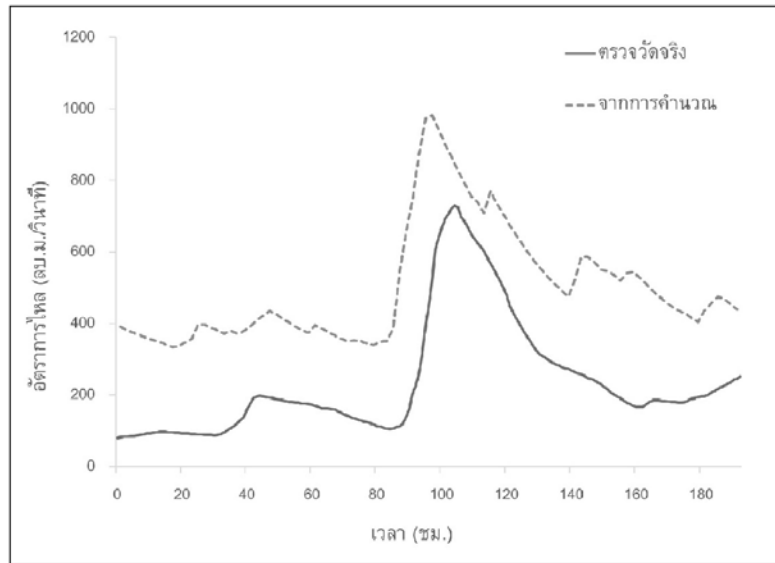
รูปที่ 5 กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 13 ถึง 17 กันยายน พ.ศ. 2558 สถานี Y.20

สำหรับเหตุการณ์น้ำหลากปี พ.ศ.2559 ช่วงวันที่ 14 ถึง 21 สิงหาคม พ.ศ. 2559 กราฟน้ำหลากที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่าจากการตรวจวัดจริง โดยช่วงเวลาที่เกิดน้ำหลากสูงสุดที่ได้จากการคำนวณเกิดขึ้นก่อนค่าน้ำหลากสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัด 21 ชั่วโมง และความคลาดเคลื่อนของค่า Peak สูงสุดเท่ากับ 7.52% แสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 14 ถึง 21 สิงหาคม พ.ศ. 2559 สถานี Y.20

สำหรับเหตุการณ์น้ำหลากของสถานี Y.20 ปี พ.ศ.2560 ช่วงวันที่ 14 ถึง 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 กราฟน้ำหลากที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่าจากการตรวจวัดจริง โดยช่วงเวลาที่เกิดน้ำหลากสูงสุดที่ได้จากการคำนวณเกิดขึ้นก่อนค่าน้ำหลากสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัด 7 ชั่วโมง และความคลาดเคลื่อนของค่า Peak สูงสุด 34.64% แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 14 ถึง 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 สถานี Y.20

จากรูปที่ 5 ถึง 7 อัตราการไหลที่ได้จากสมการพยากรณ์ของสถานีวัดน้ำท่า Y.20 เปรียบเทียบกับอัตราการไหลจากการตรวจวัดจริงในสนามในช่วงฤดูน้ำหลากปี พ.ศ. 2558 ถึงปี พ.ศ. 2560 พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้จากสมการมีค่อนข้างมีความแม่นยำในการพยากรณ์อัตราการไหลในช่วงฤดูน้ำหลาก สำหรับช่วงเวลาของการเกิดน้ำหลากสูงสุดที่ได้จากการคำนวณ จะเกิดก่อนน้ำหลากสูงสุดจากการตรวจวัดจริง 14 ชั่วโมง ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 16.90%

6. สรุปผลการวิจัย

การใช้ค่าดัชนีน้ำฝนพยากรณ์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดในลุ่มน้ำยมตอนบน เป็นการนำเอาค่าดัชนีความชื้นที่มีอยู่ในดินอันเนื่องมาจากการสะสมของปริมาณฝน มาทำการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับข้อมูลฝนในแต่ละสถานีวัดน้ำท่าที่เป็นตัวแทนของลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำยมตอนบนจำนวน 6 สถานี คือ Y.36, Y.31, Y.24, Y.13A, Y.30 และ Y.20 สามารถสรุปได้ดังนี้

1) สำหรับสถานีวัดน้ำท่า Y.36 เมื่อนำค่าดัชนีน้ำฝน (API) ของปี พ.ศ. 2557 มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝน ได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงคือ $Qt^{0.5} = 0.0932API_t + 9.0936$ มีค่า $R^2 = 0.9119$ และเมื่อนำสมการมาคำนวณอัตราการไหลสูงสุดในช่วงฤดูน้ำหลากปี พ.ศ. 2558 - 2560 พบว่าช่วงเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดจะเกิดก่อนอัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงอยู่ 3 ชั่วโมง และความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอัตราการไหลสูงสุดจำนวน 6 เหตุการณ์น้ำหลาก เฉลี่ย 13.28%



2) สำหรับสถานีวัดน้ำท่า Y.31 เมื่อนำค่าดัชนีน้ำฝน (API) ของปี พ.ศ. 2557 มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝน ได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงคือ $Qt^{0.5} = 0.1258API_t + 14.827$ มีค่า $R^2 = 0.774$ และเมื่อนำสมการมาคำนวณอัตราการไหลสูงสุดในช่วงฤดูน้ำหลากปี พ.ศ. 2558 - 2560 พบว่าช่วงเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดจะเกิดก่อนอัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงอยู่ 12 ชั่วโมง และความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอัตราการไหลสูงสุดจำนวน 5 เหตุการณ์น้ำหลาก เฉลี่ย 17.81%

3) สำหรับสถานีวัดน้ำท่า Y.24 เมื่อนำค่าดัชนีน้ำฝน (API) ของปี พ.ศ. 2557 มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝน ได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงคือ $Qt^{0.5} = 0.1518API_t + 2.3588$ มีค่า $R^2 = 0.8668$ และเมื่อนำสมการมาคำนวณอัตราการไหลสูงสุดในช่วงฤดูน้ำหลากปี พ.ศ. 2558 - 2560 พบว่าช่วงเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดจะเกิดก่อนอัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงอยู่ 6 ชั่วโมง และความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอัตราการไหลสูงสุดจำนวน 6 เหตุการณ์น้ำหลาก เฉลี่ย 28.53%

4) สำหรับสถานีวัดน้ำท่า Y.13A เมื่อนำค่าดัชนีน้ำฝน (API) ของปี พ.ศ. 2557 มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝน ได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงคือ $Qt^{0.5} = 0.137API_t + 3.8174$ มีค่า $R^2 = 0.7718$ และเมื่อนำสมการมาคำนวณอัตราการไหลสูงสุดในช่วงฤดูน้ำหลากปี พ.ศ. 2558 - 2560 พบว่าช่วงเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดจะเกิดก่อนอัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงอยู่ 9 ชั่วโมง และความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอัตราการไหลสูงสุดจำนวน 5 เหตุการณ์น้ำหลาก เฉลี่ย 106.09%

5) สำหรับสถานีวัดน้ำท่า Y.30 เมื่อนำค่าดัชนีน้ำฝน (API) ของปี พ.ศ. 2557 มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝน ได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงคือ $Qt^{0.5} = 0.1996 API_t + 2.3475$ มีค่า $R^2 = 0.9832$ และเมื่อนำสมการมาคำนวณอัตราการไหลสูงสุดในช่วงฤดูน้ำหลากปี พ.ศ. 2558 - 2560 พบว่าช่วงเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดจะเกิดก่อนอัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงอยู่ 13 ชั่วโมง และความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอัตราการไหลสูงสุดจำนวน 5 เหตุการณ์น้ำหลาก เฉลี่ย 93.25%

6) สำหรับสถานีวัดน้ำท่า Y.20 เมื่อนำค่าดัชนีน้ำฝน (API) ของปี พ.ศ. 2557 มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับค่าดัชนีน้ำฝน ได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงคือ $Qt^{0.5} = 0.3191API_t + 14.545$ มีค่า $R^2 = 0.7849$ และเมื่อนำสมการมาคำนวณอัตราการไหลสูงสุดในช่วงฤดูน้ำหลากปี พ.ศ. 2558 - 2560 พบว่าช่วงเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดจะเกิดก่อนอัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริงอยู่ 14 ชั่วโมง และความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอัตราการไหลสูงสุดจำนวน 6 เหตุการณ์น้ำหลาก เฉลี่ย 16.90%

7) จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีน้ำฝนกับอัตราการไหล และข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับระดับน้ำ โดยกำหนดสถานีวัดปริมาณน้ำท่า Y.20 เป็นสถานีสำหรับเตือนภัยน้ำหลากก่อนเข้าเขตอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ พบว่า เมื่อดัชนีน้ำฝนเท่ากับ 44.16 มิลลิเมตร ค่าระดับน้ำที่สถานีต้นน้ำ Y.20 จะมีระดับ 8.00 เมตร หรือมีปริมาณน้ำ 820 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คลื่นน้ำหลากจากสถานี Y.20 จะเดินทางไปถึงเมืองแพร่ที่สถานีท้ายน้ำ Y.1C ในอีก 24 ชั่วโมงถัดมา และเกิดภาวะน้ำเต็มตลิ่งที่สถานี Y.1C ที่ระดับ 8.05 เมตร ซึ่งสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์อัตราการไหลสูงสุดและนำไปใช้ในการเตือนภัยน้ำหลากในลุ่มน้ำยมตอนบนได้

8) วิธีดัชนีน้ำฝน (API) นี้ ค่าความถูกต้องของการพยากรณ์จะแปรผันไปกับการเปลี่ยนหน่วยของอัตราการไหล ลักษณะทางธรณีวิทยา ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และตัวแปรเชิงพื้นที่ที่มีอิทธิพลกับความเข้มฝน ความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่จะเกิดกับการพยากรณ์อัตราการไหลสูงสุดที่มีขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากอัตราการซึมลงดิน รวมทั้งอัตราการระเหยของเหตุการณ์ฝนขนาดเล็ก วิธี API จึงใช้ได้ดีกับการพยากรณ์เหตุการณ์ฝนขนาดใหญ่มากกว่า

7. ข้อเสนอแนะ

1) ควรมีการติดตั้งสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติเพิ่มเติม เนื่องจากพื้นที่รับน้ำแต่ละลุ่มน้ำสาขามีขนาดใหญ่กว่า 325 ตารางกิโลเมตร บางลุ่มน้ำมีสถานีวัดน้ำฝนเพียง 1 แห่ง ทำให้ข้อมูลปริมาณฝนที่ได้ไม่เป็นตัวแทนของฝนในพื้นที่ที่ตื้นัก บางสถานีข้อมูลขาดหายไปไม่ต่อเนื่อง หรือไม่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง

2) เนื่องจากมีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเกิดขึ้นในลุ่มน้ำยมตอนบนเป็นจำนวนมาก เช่นโครงการชลประทานขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ขนาดเล็ก และโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า ซึ่งมีผลกระทบต่อการศึกษาค่าดัชนีน้ำฝนเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำหลาก เนื่องจากอิทธิพลของการบริหารจัดการน้ำและการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำท่า ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะกับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ยังไม่มีแหล่งกักเก็บน้ำขนาดใหญ่เข้ามาเกี่ยวข้อง

3) สมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีน้ำฝนกับอัตราการไหลจะเปลี่ยนไปตามสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งการมีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ หากต้องการนำผลการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ จำเป็นต้องมีการทบทวนศึกษาใหม่

4) สมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีน้ำฝนกับอัตราการไหลที่ศึกษาเป็นสมการเชิงเส้นตรง แนวทางเลือกอื่นในการศึกษาเพิ่มเติมอาจเปลี่ยนเป็นสมการเชิงซ้อนหรือเป็นสมการยกกำลังอื่น ๆ เพื่อให้ผลลัพธ์ในการหาอัตราการไหลสูงสุดดีขึ้น



8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเฝ้าระวังและเตือนภัย น้ำหลาก - ดินถล่ม สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาการอนุรักษ์ต้นน้ำลุ่มน้ำยม ส่วนศึกษาการพัฒนาการอนุรักษ์ต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบน กรมชลประทาน ที่ให้ข้อมูลปริมาณฝนรายชั่วโมงและข้อมูลน้ำท่ารายชั่วโมง และขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาตลอดการศึกษาในครั้งนี้

9. บรรณานุกรม

- [1] Mark A. Fedora. 1987. Simulation of Storm Runoff in the Oregon Coast Rang. M.S. Thesis of Oregon State University.
- [2] M.A. Fedora and R.L. Beschta. 1989. Strom Runoff Simulation Using an Antecedent Precipitation Index (API) Model. Journal of Hydrology 112: 121-133.
- [3] Beschta, R.L. 1990. Peakflow Estimation Using an Antecedent Precipitation Index (API) Model in Tropical Environments. Ph.D. Thesis, Oregon State University.
- [4] Bousfield. 2008. Peakflow Prediction Using an Antecedent Precipitation Index in Small Forested Watersheds of the Northern California Coast Range. M.S. Thesis, Humboldt State University.
- [5] อนุชา กาญจนารักษ์. 2559. การพยากรณ์อัตราการไหลสูงสุดในช่วงน้ำหลาก โดยใช้วิธีดัชนีน้ำฝนในลุ่มน้ำเลย. การศึกษาค้นคว้าอิสระระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [6] จิราภรณ์ จิตประทุม. 2559. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการพยากรณ์น้ำท่า โดยใช้ดัชนีความชุ่มชื้นของดินในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันบริเวณลุ่มน้ำย่อยห้วยมะเฟืองอำเภอเมือง จังหวัดระยอง. การศึกษาค้นคว้าอิสระระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [7] ครณพัชร์ อุดมสินคำ. 2558. ค่าดัชนีน้ำฝนสำหรับการเตือนอุทกภัยในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [8] สุภาวดี ก่อคุณ. 2557. การจำลองอัตราการไหลสูงสุดในช่วงน้ำหลาก โดยใช้วิธีดัชนีน้ำฝนในลุ่มน้ำชีตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- [9] ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์. 2555. โครงการวิจัยย่อยที่ 3 ระบบการเฝ้าระวังและเตือนภัยจากน้ำท่วมฉับพลัน. ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [10] ธาดา สุขะปุ่นพันธ์. 2557. การพยากรณ์น้ำท่วม โดยอาศัยข้อมูลความสัมพันธ์ระดับน้ำ. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- [11] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). 2555. โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ.



การศึกษาสภาพปัญหาการส่งน้ำคลองมะขามเฒ่า-กระเสียวภายใต้การเปลี่ยนแปลง
ปริมาณน้ำชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ

Water Management Problems in Makhamthao-Krasiao Canal under the
Differences Amount of Irrigation Water, Pollatthep Operation and Maintenance
Project

ชานนทร์ นุ่มสุข¹ , จุติเทพ วงษ์เพ็ชร¹

Chanon Noomsook¹, Jutitthep Vongphet¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140

*E-mail: 1non__nln@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณน้ำชลประทานที่เหมาะสมต่อการส่งน้ำของคลองมะขามเฒ่า-กระเสียว(กม.0+000 - กม.10+500) ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ ภายใต้การเปลี่ยนแปลงจำนวนพื้นที่เพาะปลูกสำหรับการส่งน้ำแบบรอบเวรในกรณีที่มีน้ำต้นทุนจำกัด อันเนื่องมาจากสาเหตุความไม่เหมาะสมระหว่างระดับความสูงของพื้นที่เพาะปลูกกับระดับน้ำในคลอง โดยดำเนินการศึกษาการจัดแบ่งพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสมเพื่อให้การส่งน้ำสู่พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จากผลของการศึกษาสภาพปัญหาการส่งน้ำพบว่า หากต้องการให้คูส่งน้ำในพื้นที่การศึกษาดังกล่าวสามารถรับน้ำได้อย่างสม่ำเสมอควรมีการส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกในปริมาณที่มากกว่า 10.20 ลบ.ม./วินาที หรือมากกว่าร้อยละ 80.06 ของศักยภาพคลองส่งน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกนั้นพบว่าต้องมีการเพาะปลูกจำนวน 98,022 ไร่ ในช่วงฤดูแล้ง การส่งน้ำเข้าคูทั้งหมดจึงดำเนินการได้อย่างสม่ำเสมอตลอดช่วงฤดูเพาะปลูก การศึกษาสภาพปัญหาการส่งน้ำดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำชลประทานของคลองมะขามเฒ่า-กระเสียวในการแบ่งรอบเวรการส่งน้ำในช่วงฤดูเพาะปลูกที่มีปริมาณน้ำต้นทุนจำกัด

คำสำคัญ : แบบจำลองชลศาสตร์ ความต้องการน้ำ รอบเวรการส่งน้ำ

Abstract

The objective of this study was to examine the water management problems in the Makhamthao-Krasiao Canal (Km.0+000-Km.10+500) under the differences amount of irrigation water applied to a field of the Pollathep Operation and Maintenance Project. Because of the ineffective water management, the water does not reach to the ditches in some cultivated areas. According to the problem, Water Surface Profile Model and Digital Elevation Model were used to analyze the data which leads to the efficient water management. It was found that to deliver water into the cultivated areas more than 10.20 m³/sec or more than 80.06 percentage of the irrigation canal capacity, water could efficiently convey to all of ditches. On the other hand, comparing the quantity of water delivery to the crop water requirement found that the agriculture areas in dry season should be 98,022 Rai, they will get the water for agriculture effectively. Based on the findings, they could be the guidelines for the management of irrigation water of Makhamtho-Krasiao canal in the growing season which has the limited water budget.

Keywords: Hydraulic Model, Crop Water Requirement, Irrigation Interval



1. บทนำ

ระบบการจัดการน้ำชลประทานที่มีประสิทธิภาพสามารถวัดได้จากการจัดส่งน้ำที่ตรงตามความต้องการ การใช้น้ำของพืชได้อย่างเหมาะสมทั้งในเรื่องของระยะเวลาและพื้นที่ทำการเพาะปลูก การชลประทานจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศและส่งเสริมผลผลิตทางการเกษตรเนื่องจากน้ำมีความสำคัญต่อการเป็นอยู่ของประชาชน และการประกอบอาชีพต่างๆ โดยเฉพาะอาชีพเกษตรกรรม

การบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาถือได้ว่ามีบทบาทสำคัญเนื่องจากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแหล่งน้ำต้นทุนทางธรรมชาติที่สำคัญต่อการทำเกษตรกรรมในพื้นที่ภาคกลางมาเป็นเวลานาน คลองมะขามเฒ่า-กระเสียวเป็นคลองที่รับน้ำโดยตรงจากแม่น้ำเจ้าพระยามาใช้ในการจัดสรรน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค และการทำเกษตรกรรมในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ และพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าโบสถ์ โดยคลองถูกดำเนินการก่อสร้างขึ้นขนานกับคลองมะขามเฒ่า-อุ้มทองช่วงแรก เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมของคลองมะขามเฒ่า-อุ้มทอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงท้ายคลอง

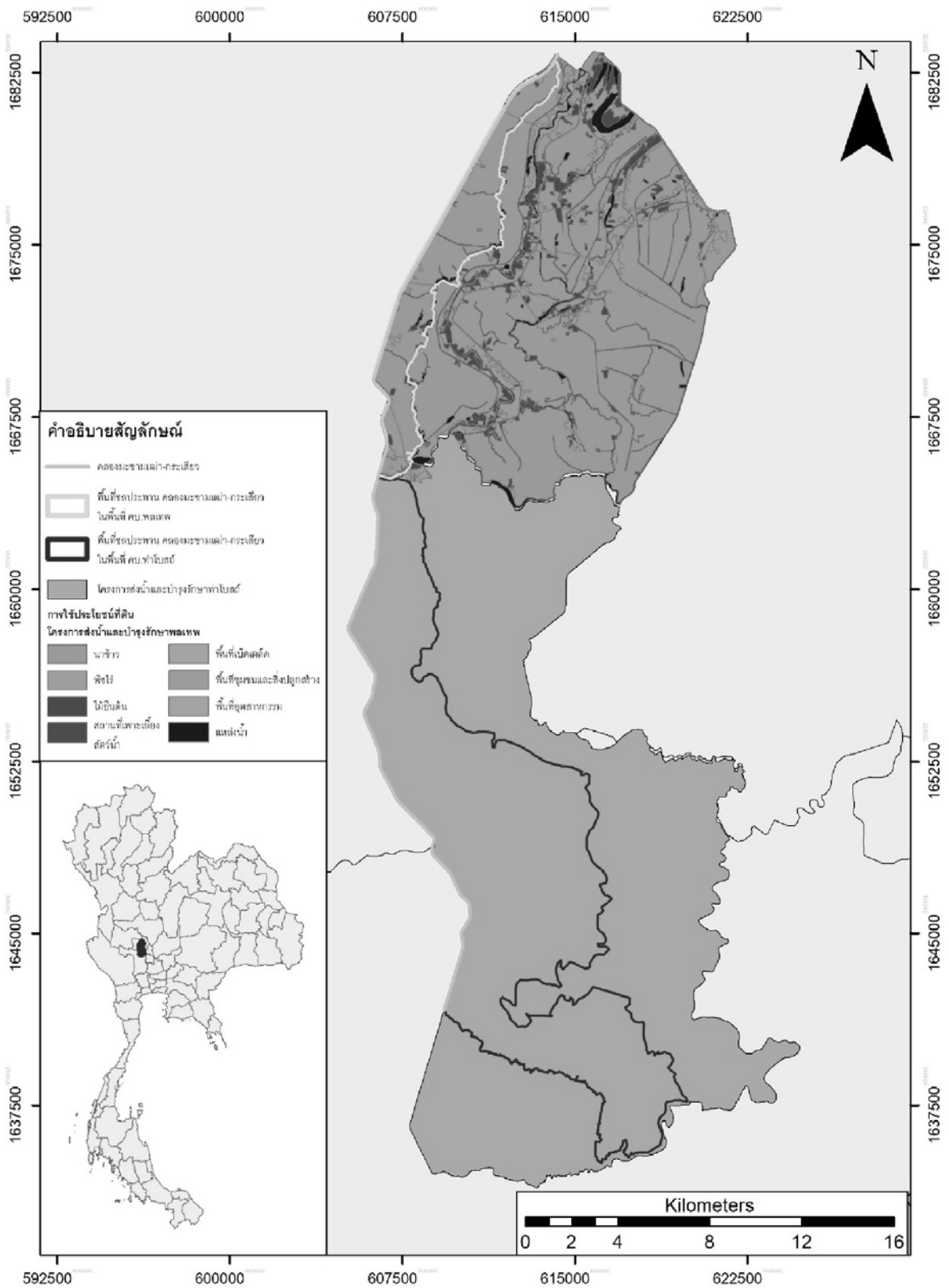
จากการพิจารณาการจัดสรรน้ำให้แก่พื้นที่ทำการเกษตรของคลองมะขามเฒ่า-กระเสียวพบว่าเกษตรกรได้รับผลกระทบจากการบริหารจัดการน้ำในเขตพื้นที่ต้นคลองส่งน้ำเนื่องจากปริมาณน้ำที่ส่งนั้นมีระดับต่ำกว่าที่ส่งน้ำเข้ามา ส่งผลให้เกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเพื่อทำการสูบน้ำจากคลองมะขามเฒ่า-กระเสียวเข้าสู่ส่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาที่กำหนดให้มีการส่งน้ำแบบรอบเวรในกรณีที่มีน้ำต้นทุนจำกัด

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณน้ำชลประทานที่เหมาะสมต่อการส่งน้ำของคลองมะขามเฒ่า-กระเสียวในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ ภายใต้การเปลี่ยนแปลงจำนวนพื้นที่เพาะปลูกสำหรับการส่งน้ำแบบรอบเวรในกรณีที่มีน้ำต้นทุนจำกัด

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พื้นที่ศึกษา

คลองมะขามเฒ่า-กระเสียว ตั้งอยู่บริเวณ อำเภอวัดสิงห์ อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท รับน้ำจากแม่น้ำมะขามเฒ่า เป็นคลองส่งน้ำที่มีความยาว 47.255 กม. ส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าโบสถ์ มีพื้นที่ชลประทาน 98,022 ไร่ พื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ พื้นที่ 17,000 ไร่ มีความยาวคลอง 20.950 กม. ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่คลองมะขามเฒ่า-กระเสียว ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ ประกอบด้วย พื้นที่นาข้าว 16,197 ไร่ พื้นที่ไม้สวน-ไม้ยืนต้น 277 ไร่ และพื้นที่อื่นๆ 526 ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาและการใช้ประโยชน์ที่ดิน



2.2 การบริหารจัดการน้ำ

การบริหารจัดการน้ำระดับโครงการของคลองมะขามเฒ่า-กระเสี้ยวประกอบด้วยพื้นที่ฝั่งซ้ายของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าโบสถ์บางส่วน เนื่องจากการบริหารจัดการน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณลุ่มน้ำเจ้าพระยาหรือความจุใช้งานของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ จึงจำเป็นต้องมีการจำแนกระบบการบริหารจัดการน้ำให้มีความสอดคล้องกับสภาพของน้ำต้นทุนในแต่ละปีซึ่งจะแบ่งเป็นปีน้ำมาก(ความจุใช้การ มากกว่า 12,000 ล้าน ลบ.ม.) ปีน้ำปานกลาง(ความจุใช้การ 6,500 - 12,000 ล้าน ลบ.ม.) และปีน้ำน้อย (ความจุใช้การ 4,500 - 6,500 ล้าน ลบ.ม.)

สำหรับปีที่มีน้ำต้นทุนเป็นปีน้ำมากและปีน้ำปานกลาง การบริหารจัดการน้ำจะดำเนินการด้วยระบบการส่งน้ำแบบตลอดเวลา เนื่องจากเป็นการส่งน้ำและระบายน้ำเพื่อที่จะรองรับน้ำฝนที่จะตกในฤดูกาลปกติต่อไป สำหรับในปีที่มีปริมาณน้ำต้นทุนน้อยถึงน้อยมากหรือปริมาณน้ำที่รับเข้าบริเวณ ประตูระบายน้ำปากคลองมะขามเฒ่า-กระเสี้ยว มีน้อยกว่า 5 ลบ.ม./วินาที ระบบการบริหารจัดการน้ำของคลองมะขามเฒ่า-กระเสี้ยว ระหว่างโครงการฯพลเทพ และโครงการท่าโบสถ์ จะมีการปรับเปลี่ยนเป็นการส่งน้ำแบบหมุนเวียนเป็นรอบเวรโดยใช้อาคารควบคุมบังคับน้ำกลางคลองมะขามเฒ่า-กระเสี้ยว กม.10+500 และ กม.20+950 เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการรอบเวรการส่งน้ำ โดยการจัดรอบเวรการส่งน้ำก็จะขึ้นอยู่กับพื้นที่เพาะปลูกของแต่ละโครงการ โดยจะนำรายงานการเพาะปลูกประจำสัปดาห์ของโครงการมาใช้ในการวิเคราะห์ช่วงเวลาการใช้น้ำ ของแต่ละพื้นที่ว่าจะใช้น้ำในช่วงไหน เป็นเวลาเท่าไร สลับกันไปโดยให้เกิดผลกระทบในพื้นที่น้อยที่สุด

คลองมะขามเฒ่า-กระเสี้ยวเป็นคลองคอนกรีตที่มีขนาดใหญ่ส่งน้ำสูงสุดได้ 12.74 ลบ.ม./วินาที กั้นคลองมีขนาด 5 เมตร ระดับความสูงของน้ำในคลอง 2.75 เมตร ลาดตลิ่งด้านข้าง 1:1.5 ความลาดชันของท้องคลอง 1:8000 เป็นคลองที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อลดพื้นที่การส่งน้ำของคลองมะขามเฒ่า-อู่ทอง

แผนการปลูกพืชของเกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่มีอาชีพทำนา จะทำนา 2 ครั้งต่อปี ถ้าปีนั้นสถานการณ์น้ำอยู่ในสภาวะปกติ (โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ, 2561)

แผนการ เพาะปลูก	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
ข้าวนาปี												
ข้าวนาปรัง												

รูปที่ 2 แผนการเพาะปลูกพืชของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ

2.3 การคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน

2.3.1 ความต้องการการใช้น้ำของพืช

พืชมีความต้องการใช้น้ำสำหรับการเจริญเติบโต การคายน้ำของพืช และอื่นๆ ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการน้ำของพืชคือช่วงอายุของพืชที่ปลูกและสภาพภูมิอากาศในขณะนั้นหรือในรูปแบบของการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืช (ETc) คือสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) มีความสัมพันธ์กันดังสมการ (1) และใช้สมการ Penman Monteith ในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยมีการใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศดังนี้ พิกัดทางภูมิศาสตร์, อุณหภูมิของอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ, ความเร็วลมจากผิวดินที่ระดับ 2.00 m และจำนวนชั่วโมงแสงแดด (Allen, 1998) โดยปริมาณความต้องการน้ำของพืชแสดงดังสมการที่ (1)

$$Etc = Kc \times Eto \quad (1)$$

ตาราง 1 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

สัปดาห์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Weighted Kc	1.03	1.07	1.12	1.29	1.38	1.45	1.50	1.48	1.42	1.34	1.23	0.94	0.86

ตาราง 2 อัตราการคายน้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
Eto	28.27	30.83	40.07	40.82	38.04	32.75	32.53	30.52	28.78	30.78	29.39	28.81

2.3.2 ฝนใช้การ

ฝนใช้การ (Effective Rainfall) หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกที่เป็นประโยชน์ต่อการปลูกพืชนั้น ซึ่งฝนที่ตกลงมานั้นเชื่อว่าจะเป็นประโยชน์ต่อพืชทั้งหมด เพราะส่วนที่เป็นประโยชน์ที่แท้จริง คือส่วนที่ซึมลงไปเก็บไว้ที่เขตรากซึ่งพืชสามารถดูดไปใช้ได้ ฝนใช้การสำหรับพืชแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกัน เช่น กรณีของข้าวนั้น ฝนที่จะเป็นประโยชน์ก็คือส่วนที่ตกลงมาแล้วซึ่งบนแปลงนาในระดับที่ไม่เป็นอันตรายแก่ต้นข้าว และอาจจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่นๆ อาทิเช่น ชนิด อายุ คุณสมบัติของดิน ปริมาณฝน ความสูงของคันนา เป็นต้น (คู่มือการคำนวณฝนใช้การ, 2554)



2.3.3 ความต้องการน้ำชลประทาน

ความต้องการน้ำชลประทาน คือปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของพืชเพิ่มเติมจากปริมาณฝนใช้การสามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$\text{ความต้องการน้ำชลประทาน} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ} + \text{ปริมาณน้ำที่รั่วซึม} - \text{ปริมาณฝนใช้การ}}{\text{ประสิทธิภาพการชลประทาน}} \quad (2)$$

การคำนวณหาความต้องการน้ำของพืชโดยใช้โปรแกรม Reservoir Operation Study ต้องรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ประกอบด้วย ข้อมูลรายละเอียดโครงการ ข้อมูลแผนการเพาะปลูกพืช ข้อมูล Inflow และความต้องการใช้น้ำภาคส่วนต่างๆ ข้อมูลโค้งความจุและพื้นที่ผิวหน้า ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ(กรณีมีอ่างเก็บน้ำ) ในขั้นตอนการคำนวณ กรอกข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ ลงในโปรแกรมซึ่งมีวิธีการใช้โปรแกรมเพื่อคำนวณหาการใช้ (ROS) ของโครงการประเภทต่างๆ การคำนวณการใช้น้ำจะมีอยู่ 2 กรณี คือ กรณีมีแหล่งน้ำต้นทุน(อ่างเก็บน้ำ)และกรณีไม่มีน้ำต้นทุน(คู่มือการวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ, 2554)

2.4 การประเมินสภาพการไหล

การประเมินสภาพการไหลโดยใช้สมการพื้นฐาน Manning's n Equation แสดงดังสมการที่ (3)

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad (3)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที) A คือ พื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.) R คือ รัศมีชลศาสตร์ $= \frac{A}{P}$ (ม.) P คือ เส้นขอบเปียก (ม.) S คือ ความลาดชันท้องคลอง และ n คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง

โดยการพิจารณาระดับน้ำปกติที่สอดคล้องกับปริมาณการไหลดำเนินการโดยระเบียบวิธีของนิวตันซึ่งแสดงดังสมการที่ (4)

$$x_{i+1} = x = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \quad (4)$$

โดยการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีการนิวตัน-ราฟสันเขียนให้อยู่ในรูปแบบของสมการแมนนิงแสดงดังสมการที่ (5) และมีรูปแบบของสมการในรูปแบบของระดับน้ำ แสดงดังสมการที่ (6)

$$f(y) = AR^{2/3} - \frac{Qn}{\sqrt{S}} \quad (5)$$

$$y_{i+1} = y_i - \frac{1 - \frac{Q_n / \sqrt{S}}{(B + zy^2)^{5/3} / (B + 2y\sqrt{1+z^2})^{2/3}}}{\frac{(B + 2yz)(5B + 6y\sqrt{1+z^2}) + 4zy^2\sqrt{1+z^2}}{3y(B + zy)(B + zy\sqrt{1+z^2})}} \quad (6)$$

2.5 วิธีดำเนินการ

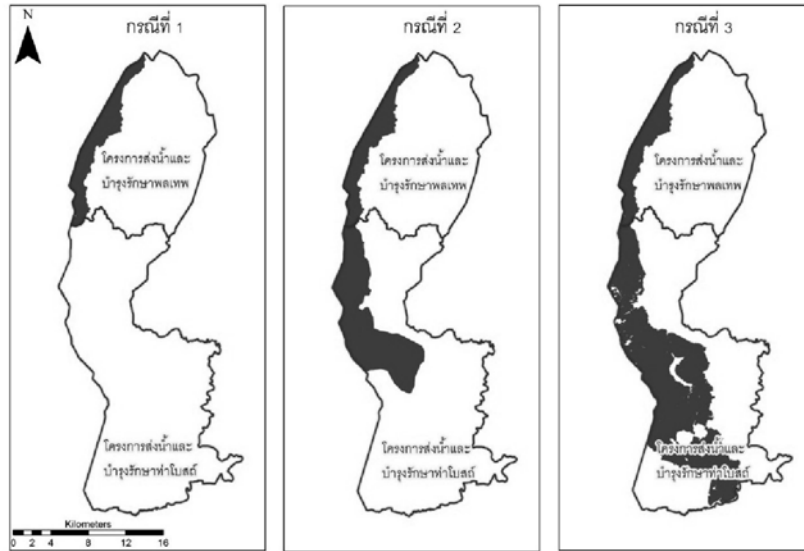
วิธีดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย (1)การรวบรวมข้อมูล (2)การวิเคราะห์ค่าระดับน้ำในคลอง (3) การคำนวณการใช้น้ำของพืช (4)วิเคราะห์ค่าระดับความลึกการไหล (5)เปรียบเทียบค่าระดับการไหลกับระดับคูส่งน้ำในช่วงการส่งน้ำแต่ละสัปดาห์

การรวบรวมข้อมูลพื้นที่ชลประทานคลองมะขามเฒ่า-กระเสี้ยว ขนาดคลองส่งน้ำ จำนวนคูส่งน้ำ ค่าระดับต่างๆ จากแบบก่อสร้างคลองมะขามเฒ่า-กระเสี้ยว ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินพร้อมทั้งจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา

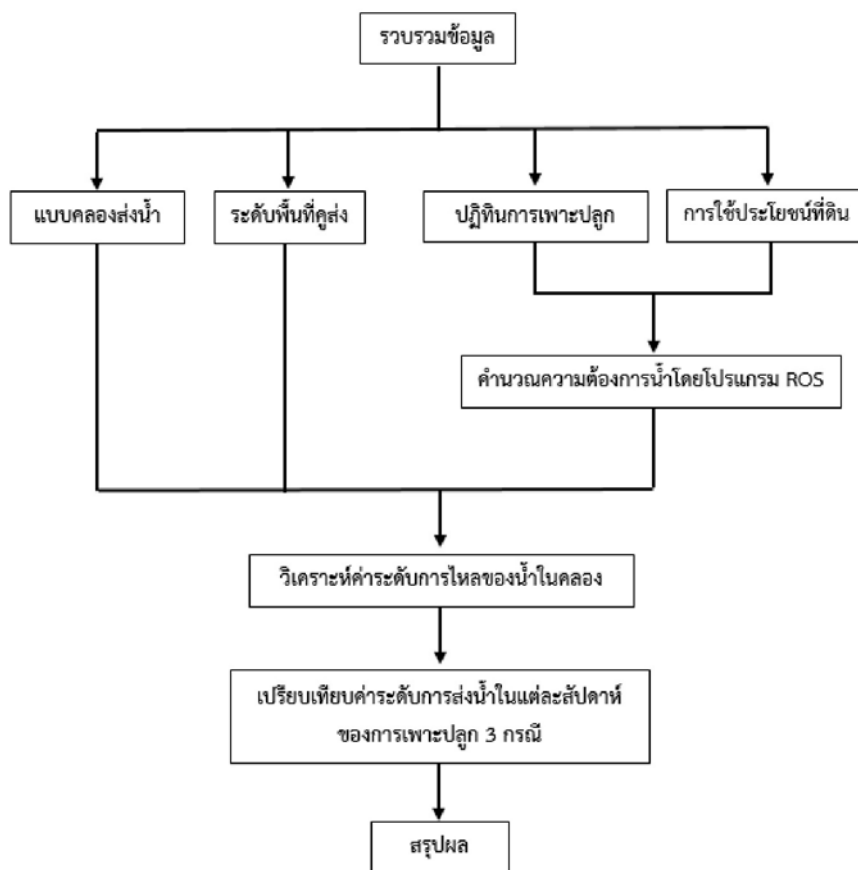
การวิเคราะห์ค่าระดับการไหลของน้ำในคลองตามปริมาณการส่งน้ำต่างๆ โดยคิดปริมาณการส่งน้ำของคลองมะขามเฒ่า-กระเสี้ยวจากค่าการส่งน้ำจากน้อยไปจนถึงค่าระดับการส่งน้ำที่สามารถส่งได้มากที่สุด และวิเคราะห์ค่าปริมาณการส่งน้ำที่น้อยที่สุดที่น้ำจะสามารถไหลเข้าคูได้สม่ำเสมอ ในช่วงการส่งน้ำ กม.0+000 จนถึง อาคารอัดน้ำกลางคลอง กม.10+500

การคำนวณการใช้น้ำของพืชในกรณีต่างๆ โดยโปรแกรม ROS ของกรมชลประทาน(คู่มือการวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Study, 2554) ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท โดยใช้ค่า ของจังหวัดลพบุรี ค่าปริมาณการรั่วซึม เท่ากับ 7 มม./สัปดาห์ ค่าประสิทธิภาพโครงการ 65% ปริมาณน้ำเตรียมแปลงในฤดูฝน 200 มม./สัปดาห์ ปริมาณน้ำเตรียมแปลงในฤดูแล้ง 250 มม./สัปดาห์

การวิเคราะห์ค่าระดับการไหลจากปริมาณการส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกโดยใช้สมการที่ (6) ในการวิเคราะห์ค่าระดับน้ำปกติในคลองและเปรียบเทียบการส่งน้ำในปริมาณต่างๆ แต่ละสัปดาห์โดยแบ่งเป็น 3 กรณีศึกษาที่ 1 คัดการส่งน้ำเฉพาะในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ กรณีศึกษาที่ 2 คัดการใช้น้ำในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าโบสถ์ 50% กรณีศึกษาที่ 3 คัดการใช้น้ำในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าโบสถ์ 100%



รูปที่ 3 แสดงการแบ่งพื้นที่รอบเวรการส่งน้ำในแต่ละกรณีศึกษา

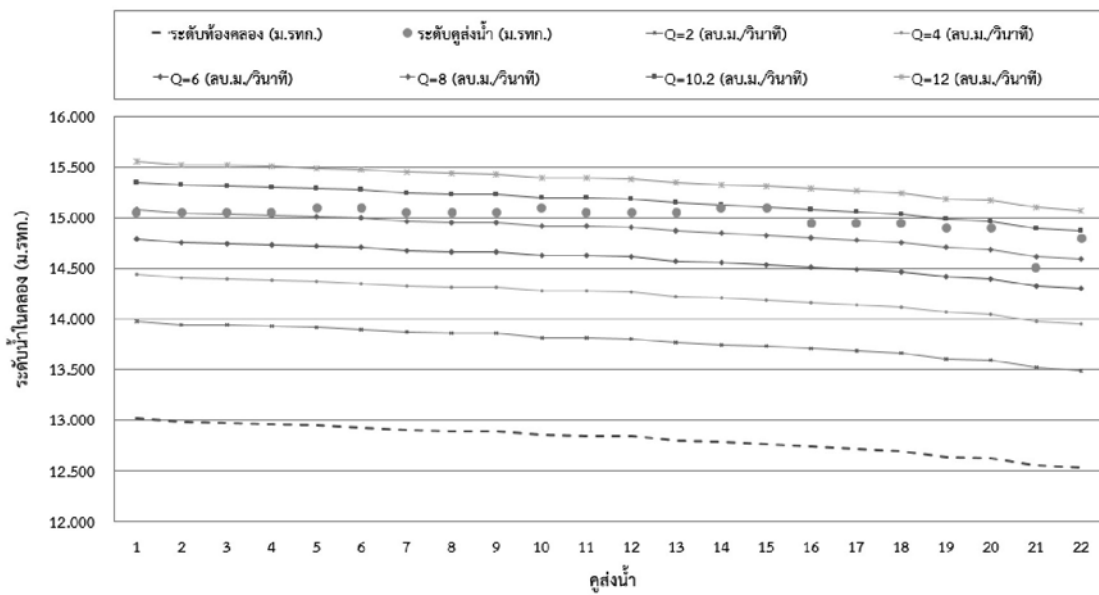


รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินการ

3. ผลและวิจารณ์

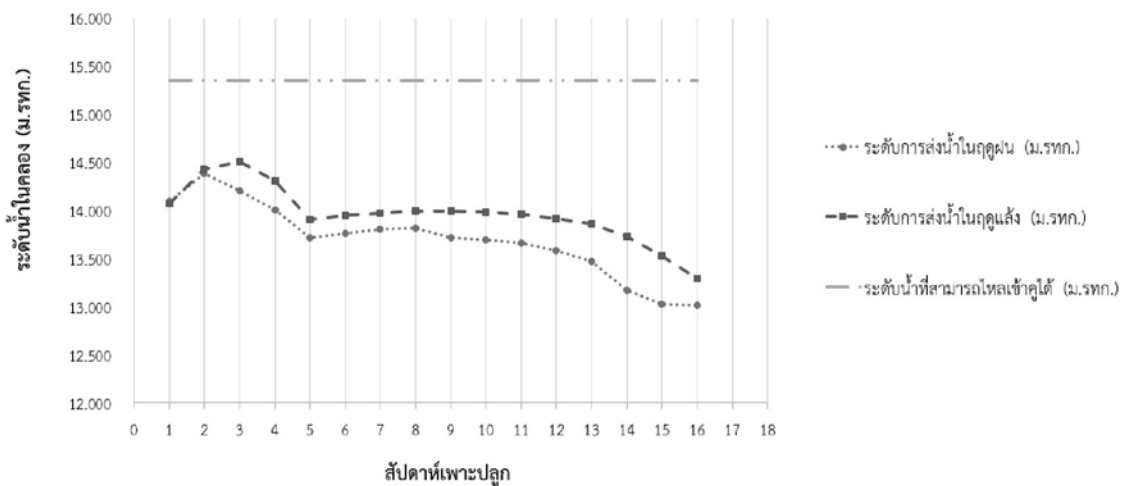
3.1 ผลการคำนวณค่าระดับการไหลของน้ำในคลองมะขามเต่า-กระเสี้ยวที่ปริมาณการไหลต่างๆ

การวิเคราะห์ค่าระดับการไหลของน้ำในคลองโดยคิดปริมาณการส่งน้ำในปริมาณต่างๆ เพื่อหาค่าระดับของน้ำในคลองที่สามารถไหลเข้าคูส่งน้ำได้สม่ำเสมอ โดยหาค่าระดับของน้ำในคลองที่ปริมาณการส่งน้ำ 2 ลบ.ม./วินาที 4 ลบ.ม./วินาที 6 ลบ.ม./วินาที 10.2 ลบ.ม./วินาที และ 12 ลบ.ม./วินาที จากภาพที่ 5 จะเห็นว่าปริมาณการส่งน้ำที่น้ำจะสามารถไหลเข้าคูได้สม่ำเสมอนั้น มีค่าเท่ากับ 10.20 ลบ.ม./วินาที หรือที่ปริมาณร้อยละ 80.06 ของความจุคลองส่งน้ำมะขามเต่า-กระเสี้ยว การวิเคราะห์ค่าระดับการไหลของน้ำในคลองที่ปริมาณต่างๆ เป็นแนวทางเพื่อใช้ประกอบกับค่าระดับของการส่งน้ำ 3 กรณีที่จะทำการศึกษาต่อไป



รูปที่ 5 ค่าระดับการไหลของน้ำในปริมาณต่างๆ

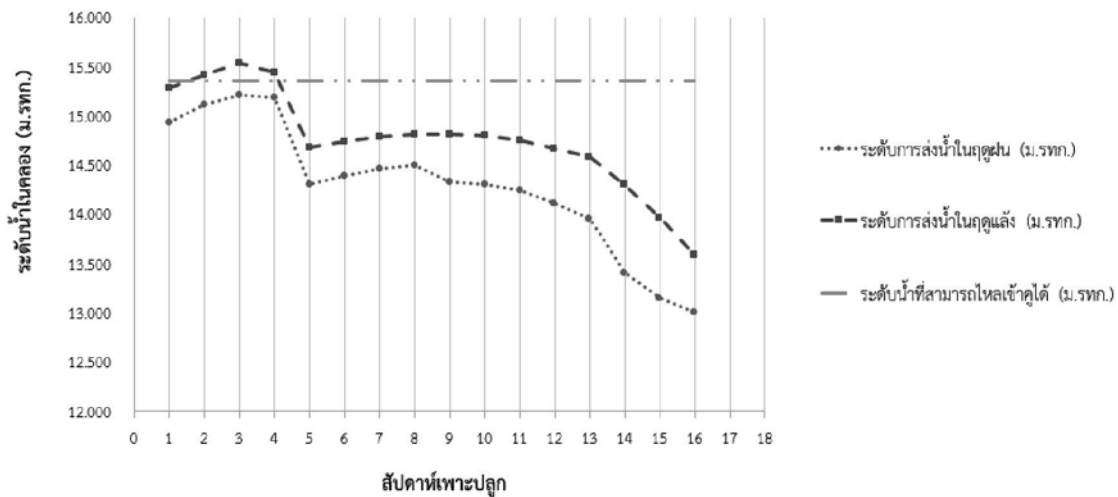
3.2 การคำนวณระดับน้ำตามช่วงเวลาการเพาะปลูกในกรณีแบ่งพื้นที่รอบเวร



รูปที่ 6 กรณีศึกษาที่ 1 พื้นที่ส่งน้ำโครงการฯพลเทพ

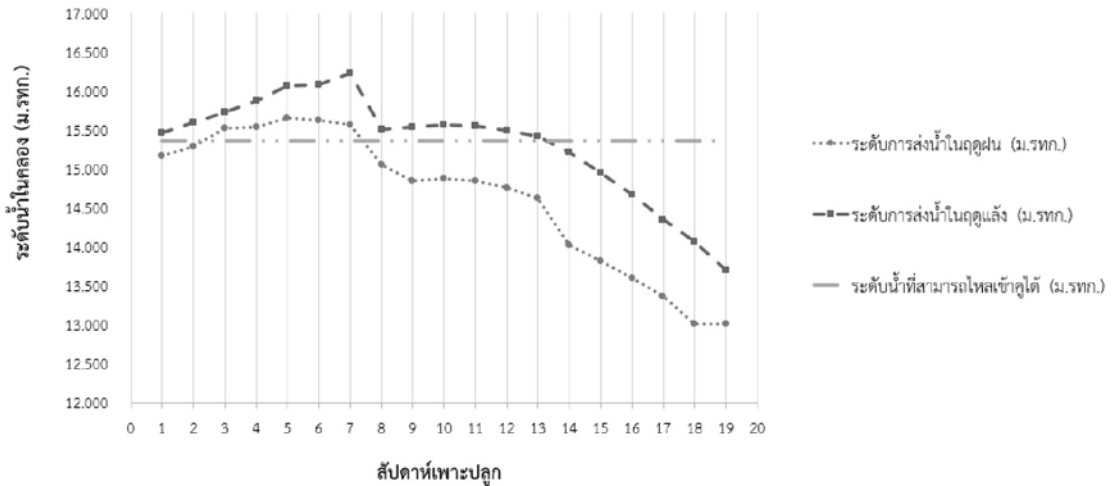


กรณีศึกษาที่ 1 ค่าระดับการส่งน้ำที่คำนวณจากการใช้น้ำของพืชเฉพาะในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ พื้นที่ 16,197 ไร่ เป็นพื้นที่ปลูกข้าวในฤดูฝนและฤดูแล้งดังภาพที่ 6 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าระดับการไหลของน้ำในคลองพบว่าระดับน้ำสูงสุดที่ส่งในช่วงฤดูฝนมีค่าอยู่ที่ 14.380 ม.รทก. ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเพาะปลูกซึ่งน้ำไม่สามารถไหลเข้าคูได้ และระดับน้ำสูงสุดในฤดูแล้งมีค่า 14.510 ม.รทก. ในสัปดาห์ที่ 3 ของการเพาะปลูกน้ำไม่สามารถไหลเข้าคูได้จากการศึกษาในกรณีนี้ 1 คิดการใช้น้ำเฉพาะในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพนั้นปริมาณน้ำที่ส่งตามความต้องการการใช้น้ำของพืชระดับน้ำไม่สามารถไหลเข้าคูได้เลยในตลอดช่วงฤดูกาลเพาะปลูกทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง



รูปที่ 7 กรณีศึกษาที่ 2 พื้นที่ส่งน้ำโครงการฯพลเทพและโครงการฯ ท่าโบสถ์ 50%

กรณีศึกษาที่ 2 ค่าระดับการส่งน้ำที่คำนวณการใช้น้ำของพืชในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าโบสถ์ คิดการใช้น้ำจากการเพาะปลูก 50% ของพื้นที่จำนวน 49,000 ไร่ เป็นการปลูกข้าวในฤดูฝนและฤดูแล้ง(ภาพที่ 7) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าระดับการไหลของน้ำในคลองพบว่าระดับน้ำสูงสุดที่ส่งในช่วงฤดูฝนมีค่า 15.210 ม.รทก. ในสัปดาห์ที่ 3 ของการเพาะปลูกน้ำไม่สามารถไหลเข้าคูได้ และระดับน้ำสูงสุดในฤดูแล้งมีค่า 15.540 ม.รทก. ในสัปดาห์ที่ 3 ของการเพาะปลูกน้ำสามารถไหลเข้าคูได้จากการศึกษาในกรณีนี้ 2 นั้นปริมาณน้ำที่ส่งตามความต้องการการใช้น้ำของพืชระดับน้ำไม่สามารถไหลเข้าคูได้เลยในตลอดช่วงฤดูฝนและน้ำสามารถไหลเข้าคูได้ในสัปดาห์ที่ 2 - 4 ในช่วงฤดูแล้ง



รูปที่ 8 กรณีศึกษาที่ 3 พื้นที่ส่งน้ำโครงการฯ พลเทพและโครงการฯ ท่าโบสถ์ 100%

กรณีศึกษาที่ 3 ค่าระดับการส่งน้ำที่คำนวณการใช้น้ำของพืชในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา พลเทพและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าโบสถ์ จำนวน 98,022 ไร่ เป็นการปลูกข้าวในฤดูฝนและ ฤดูแล้ง(ภาพที่ 8) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าระดับการไหลของน้ำในคลองพบว่าระดับน้ำสูงสุดที่ส่งใน ฤดูฝนมีค่า 15.657 ม.รทก. ในสัปดาห์ที่ 5 ของการเพาะปลูกน้ำสามารถไหลเข้าคูได้ซึ่งในฤดูฝนน้ำ จะสามารถไหลเข้าคูได้ในสัปดาห์เพาะปลูกที่ 3 - 7 และระดับน้ำสูงสุดในฤดูแล้งมีค่า 16.224 ม.รทก. ในสัปดาห์ที่ 7 ของการเพาะปลูกน้ำสามารถไหลเข้าคูได้ซึ่งในฤดูแล้งน้ำจะสามารถไหลเข้าคูได้ในช่วง สัปดาห์เพาะปลูกที่ 1 - 13

4. สรุปผล

การศึกษาสภาพปัญหาการส่งน้ำคลองมะขามเต่า-กระเสียวภายใต้การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ ชลประทานในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพเป็นการศึกษาเพื่อหาสาเหตุของปัญหาการ ส่งน้ำในช่วงต่างๆ ของการเพาะปลูกที่จะใช้เป็นแนวทางในการส่งน้ำให้ไหลเข้าคูได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการประเมินสภาพการไหลของน้ำในคลองโดยการเปรียบเทียบปริมาณการส่งน้ำตามความ ต้องการการใช้น้ำของพืชนั้นน้ำจะเข้าคูได้สม่ำเสมอในช่วงฤดูแล้งที่ทำการเพาะปลูกเต็มพื้นที่น้ำจะไหลเข้า คูส่งน้ำได้สม่ำเสมอตลอดฤดูกาลเพาะปลูกในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 13 ส่วนในช่วงฤดูฝนที่ทำการ เพาะปลูกเต็มพื้นที่น้ำจะสามารถไหลเข้าคูได้ในช่วงสัปดาห์เพาะปลูกที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 7 เนื่องจากการ คำนวณการส่งน้ำใช้น้ำช่วงฤดูฝนนั้น ค่าของฝนใช้การมีค่ามากมีผลทำให้ปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้แก่พื้นที่ เพาะปลูกมีปริมาณน้อยกว่าในฤดูแล้งทำให้ระดับการไหลของน้ำมีค่าต่ำลงด้วย

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้น้ำของพืชในช่วงแต่ละสัปดาห์ที่จะมีผลต่อระดับน้ำในคลอง และจะส่งผลโดยตรงต่อการส่งน้ำให้ไหลเข้าคูรวมถึงพื้นที่คูส่งน้ำที่มีค่าระดับค่อนข้างสูงจึงต้องส่งน้ำที่ ปริมาณ 10.20 ลบ.ม./วินาที หรือมากกว่าร้อยละ 80.06 ของศักยภาพคลองส่งน้ำ น้ำจึงจะไหลเข้าคูได้



สม่าเสมอซึ่งถือว่าเป็นปริมาณการส่งน้ำที่ค่อนข้างมากและอยู่ในเกณฑ์ปีที่มีน้ำต้นทุนมากแต่ถ้าในปีที่มีน้ำต้นทุนน้อยจะต้องแก้ปัญหาด้วยการจัดรอบเวรการส่งน้ำโดยการวางแผนการเพาะปลูกให้สัมพันธ์กันโดยการให้พื้นที่ปลายคลองเริ่มทำการเพาะปลูกก่อนพื้นที่ต้นคลอง ในการจัดรอบเวรการส่งน้ำนั้นจะทำการส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกปลายคลองก่อนตามลำดับการเริ่มเพาะปลูก และเมื่อถึงรอบเวรการใช้ของพื้นที่ต้นคลองถึงแม้ปริมาณการส่งน้ำให้แก่พืชมีค่าน้อยกว่า 10.20 ลบ.ม./วินาที แต่ก็ยังแก้ปัญหาได้โดยการทำการท่อน้ำโดยใช้อาคารอัดน้ำกลางคลอง กม.10+500 และ กม.20+950 เป็นตัวยกระดับน้ำในคลองให้สูงขึ้นเพื่อให้สามารถไหลเข้าคูส่งน้ำได้

5. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไปหากมีการพิจารณาผลจากค่าระดับการไหลของน้ำในคลองโดยใช้แบบจำลองวิเคราะห์สภาพการไหลของน้ำควรพิจารณาถึงปริมาณน้ำที่ไหลเข้าคูด้วยจะทำให้ค่าระดับการไหลของน้ำในคลองมีความถูกต้องและใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น ส่วนช่วงพื้นที่เพาะปลูกต้นคลองที่มีปัญหาการรับน้ำเข้าคูนั้นก็จะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและจะเป็นแนวทางในการจัดรอบเวรหรือแบ่งพื้นที่เพาะปลูกที่จะนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายการสูบน้ำ 2 ต่อและช่วยเหลือเกษตรกรในการลดต้นทุนการทำนาต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการศึกษา ได้แก่ กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. คำสัมประสิทธิ์พีชโดยวิธี Penman - Monteith. ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน.
- [2] กรมชลประทาน (2554). คู่มือการวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ, คู่มือการปฏิบัติงาน. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://kmcenter.rid.go.th/kchydhome/documents/2554/manual/Manual__05.pdf. 18 มกราคม 2562.
- [3] กรมชลประทาน (2554). คำนวนแผนใช้การ, คู่มือการปฏิบัติงาน. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://kmcenter.rid.go.th/center/__data/docs/kcresearch/06__%E0%B8%84%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%9D%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3.pdf. 18 มกราคม 2562.

- [4] กรมชลประทาน (2554). คู่มือการคำนวณการใช้น้ำของพืช, คู่มือการปฏิบัติงาน. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://ridceo.rid.go.th/buriram/download/manual-07.pdf>. 18 มกราคม 2562.
- [5] บุญมา ป้านประดิษฐ์. 2546. หลักการชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [6] วิฑูรย์ พึ่งรัตนา (2556). เอกสารประกอบการสอน รายวิชาการวิเคราะห์เชิงตัวเลข. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://home.npru.ac.th/withun/news/numerical.pdf>. 23 มกราคม 2562.
- [7] Abdul-Ilah Y. Mohammed. (1998). Computation of Normal Depth in Open Channels [Electronic version]. Engineering Journal of the University of Qatar, 1998 (11), 133-151.
- [8] Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, Italy: United Nations FAO.



การพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำป่าสักตอนบน
โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11-Data Assimilation
Flood Forecasting in the Upper Pasak River Basin
by An Application of MIKE11-Data Assimilation Model

นิพัทธ์ ทองประไพ¹ วิษุวัตม์กั แต่สมบัต²

NipatThongprapai¹ WisuwatTaesombat²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม

Email : nipat.thong@gmail.com1fengwwt@ku.ac.th2

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำป่าสักตอนบนด้วยชุดแบบจำลอง MIKE11-RR/HD/DA โดยแบบจำลอง MIKE11-RR/HD ถูกใช้ในการจำลองลักษณะทางอุทกวิทยาและอุทกพลศาสตร์ ซึ่งได้ปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองโดยเลือกใช้เหตุการณ์เกิดอุทกภัย 10 ปีย้อนหลัง ระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง 2558 ส่วนแบบจำลอง MIKE11-DA นำมาใช้ในการพยากรณ์น้ำ ซึ่งได้ทดสอบประสิทธิภาพการพยากรณ์ในเหตุการณ์อุทกภัยที่เคยเกิดขึ้นในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2559 โดยเริ่มการพยากรณ์ในวันที่ 12 กันยายน 2559 ต่อเนื่องทุก ๆ 2 วัน จนถึงวันที่ 20 ตุลาคม 2559 และทำการพยากรณ์ 3 วันล่วงหน้านับจากวันที่พยากรณ์ ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง MIKE11-DA ให้ผลการพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำท่าในแม่น้ำป่าสัก ได้แก่ สถานี S.36 สถานี S.4B และ สถานี S.42 ใกล้เคียงกับระดับน้ำตรวจวัดจริง โดยมีความแม่นยำในการพยากรณ์ระดับน้ำ 1 วัน 2 วัน และ 3 วันล่วงหน้า เฉลี่ยร้อยละ 96.44, 94.55 และ 92.98 ตามลำดับ

คำสำคัญ : แบบจำลอง MIKE11-DA, Data Assimilation, การพยากรณ์น้ำท่วม, ลุ่มน้ำป่าสักตอนบน

Abstract

This article presents an application of mathematical model for flood forecasting in the Upper Pasak river basin by MIKE11-RR/HD/DA modelpackage. MIKE11-RR/HD model was carried out to simulate the hydrologic and hydrodynamic conditions, which the historical flood event from the years 2006 to 2015 were selected for the calibration and verification of model. MIKE11-DA model was applied for flood forecasting. The flood event in September to October 2016 was chosen to determine the flood forecasting performance of MIKE11-DA model. The runtime of MIKE11-DA model was set up to generate every two days and forecast period was three days forward, the time of forecast was started from 12th September to 20th October 2016. The result found that MIKE11-DA model has shown its effectiveness in forecasting water level hydrographs that close to the measured values at S.36, S.4B, and S.42 gauging stations. The average accuracy of forecasting results at all gauging stations revealed that for first day forecast, second day forecast, and third day forward forecast were 96.44%, 94.55%, and 92.98%, respectively.

Keywords : MIKE11-DA, Data Assimilation, Flood Forecasting, Upper Pasak River Basin



1. บทนำ

สภาพการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนบน เกิดจากการที่ฝนตกหนักและน้ำป่าไหลหลาก จากต้นน้ำลงมาจนลำน้ำสายหลักไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน ประกอบกับมีสิ่งกีดขวางจากเส้นทางคมนาคมขวางทางน้ำ และมีอาคารระบายน้ำไม่เพียงพอ พื้นที่ที่ประสบอุทกภัยเป็นประจำ ได้แก่ อำเภอหล่มเก่า อำเภอหล่มสัก และอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ จากสภาพปัญหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นหากมีระบบการพยากรณ์น้ำที่มีความแม่นยำสูงก็สามารถเตือนภัยให้ประชาชนในพื้นที่ได้รับทราบและรับมือกับเหตุการณ์อุทกภัยได้ทัน่วงที โดยแบบจำลองพยากรณ์น้ำ MIKE11-Data Assimilationถือเป็นทางเลือกที่ดีในการประยุกต์ใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจในการแจ้งเตือนภัย เนื่องจากมีหลักการที่น่าสนใจและสามารถพยากรณ์น้ำในลำน้ำได้อย่างแม่นยำ

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาสภาพการไหลของน้ำหลากที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำป่าสักตอนบน

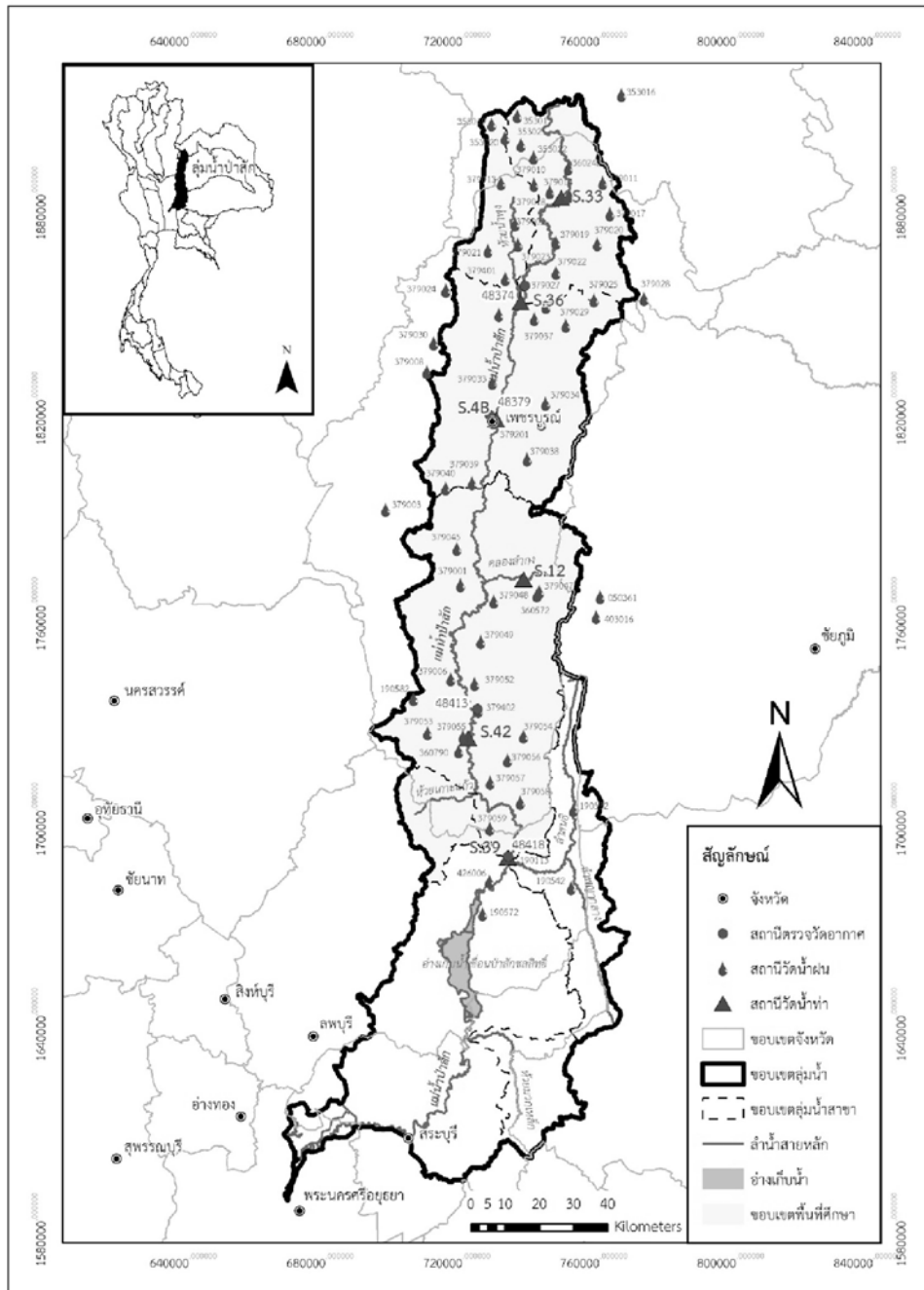
2.2 เพื่อประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง MIKE11-DA ในการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำป่าสักตอนบน

3. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนบนจนถึงสถานีวัดน้ำท่า S.39 มีพื้นที่รับน้ำ 9,472 ตารางกิโลเมตรลักษณะลุ่มน้ำวางตัวในทิศเหนือ-ใต้ พื้นที่บริเวณตอนบนของลุ่มน้ำเป็นเทือกเขาเพชรบูรณ์ซึ่งล้อมรอบด้านเหนือ ด้านตะวันออก และด้านตะวันตกของจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีพื้นที่ราบอยู่ตอนกลางมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 45 ถึง 115 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ของจังหวัดเพชรบูรณ์ และบางส่วนของจังหวัดเลย ชัยภูมิ และลพบุรี แม่น้ำป่าสักเป็นแม่น้ำสายหลัก มีต้นกำเนิดบริเวณเทือกเขาตอนบนในเขตจังหวัดเลย ไหลจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ผ่านจังหวัดเพชรบูรณ์ ลพบุรี และไหลลงเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ดังแสดงของเขตพื้นที่ศึกษาในภาพที่ 1

4. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้ใช้ชุดแบบจำลอง MIKE11 ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยสถาบันชลศาสตร์แห่งประเทศเดนมาร์ก (Danish Hydraulic Institute : DHI)เป็นระบบที่ออกแบบให้สามารถทำงานบน Windows ที่เชื่อมโยงระบบภาพ (Graphical User Interface, GUI) โดยแสดงผลเป็นรูปภาพและตาราง ชุดแบบจำลอง MIKE11 ที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อการพยากรณ์น้ำท่วม ประกอบด้วย 3 แบบจำลองย่อย คือ แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model: MIKE11-RR)แบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Model : MIKE11-HD)และแบบจำลองพยากรณ์น้ำ (Data Assimilation Model : MIKE11-DA)



ภาพที่ 1 แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำป่าสักตอนบน

4.1 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model: MIKE11-RR) เป็นการจำลองพฤติกรรมทางกายภาพของลุ่มน้ำ เพื่อกำหนดหาปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยในการศึกษาดังนี้ใช้แบบจำลอง NAM ในการประยุกต์เพื่อประมาณค่าปริมาณการไหลเข้าด้านข้างของลุ่มน้ำย่อย

4.2 แบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Model : MIKE11-HD) เป็นแบบจำลองที่คำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำแบบหนึ่งมิติในแม่น้ำและลำน้ำสาขาที่มีข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ โดยผลการคำนวณจะทำให้ทราบค่าระดับน้ำและอัตราการไหลในลำน้ำ



4.3 แบบจำลองพยากรณ์น้ำ (Data Assimilation Model : MIKE11-DA) เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับคำนวณระดับน้ำหรือปริมาณการไหลล่วงหน้าตามจุดที่สนใจซึ่งเป็นที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าตามช่วงเวลาที่กำหนด โดยแบบจำลอง MIKE11-DA ถือเป็นการเพิ่มความสามารถพิเศษในการปรับผลการคำนวณจากแบบจำลองระบบแม่น้ำ (MIKE11-RR/HD) กับค่าที่ตรวจวัดได้จริง ซึ่งความคาดเคลื่อนของการพยากรณ์น้ำจะเกิดจากความคาดเคลื่อนของข้อมูลก่อนเวลาที่จะทำการพยากรณ์ ความคาดเคลื่อนของการคำนวณในช่วงเวลาทำการพยากรณ์ และความคาดเคลื่อนของแบบจำลอง ได้แก่ โครงสร้างของแบบจำลอง และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลอง เป็นต้น สำหรับช่วงเวลาที่กำหนดตามหลักการพยากรณ์น้ำด้วย MIKE11-DA นั้น เพียงกำหนดช่วงเวลาในการพยากรณ์ (Time of Forecast: TOF) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาที่จะต้องจัดเตรียมข้อมูลอุทกวิทยาให้กับแบบจำลองและระยะเวลาที่จะทำการพยากรณ์น้ำในแต่ละครั้ง หรือเรียกว่า Runtime โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา ซึ่งยึดเวลา TOF เป็นตัวแบ่ง แสดงดังภาพที่ 2 ประกอบด้วย

1) Hindcast Period เป็นช่วงเวลามีข้อมูลตรวจวัดไว้ได้แล้ว (Measurement Data) ซึ่งถ้าข้อมูลนี้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมาก ก็จะทำให้ผลการพยากรณ์น้ำในช่วง Forecast Period มีความถูกต้องมากตามไปด้วย

2) Forecast Period เป็นช่วงเวลาที่แบบจำลองจะประมาณค่าขอบเขต (Boundary Estimation) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนหรือปริมาณการไหลในช่วงพยากรณ์ล่วงหน้า ซึ่งแบบจำลองจะนำไปใช้เป็นเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition)

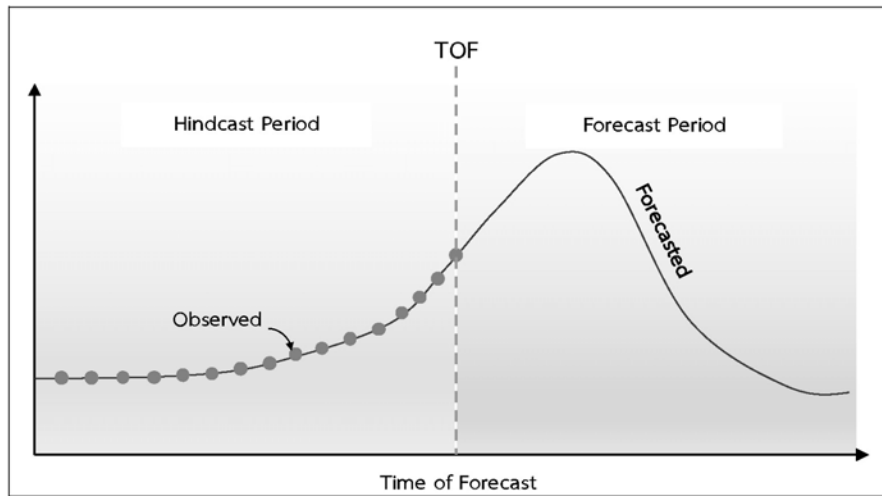
หลักการทำงานของ Data Assimilation เป็นการนำผลต่างหรือค่าผิดพลาด (Error) ของค่าที่ตรวจวัดได้จริง (Measurement) กับค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง (Simulated) ในช่วงย้อนหลัง TOF (Hindcast Period) มาทำการประเมินหาค่าตัวแปรของการแจกแจงค่าความผิดพลาดที่เหมาะสม โดยอาศัยหลักการคัดกรองด้วยวิธี Kalman Filter จากนั้นจะนำเข้าสู่ Error Forecast Model ซึ่งใช้ทฤษฎีทั้งในแบบเชิงเส้น (linear) และไม่เป็นเส้นตรง (non-linear) เพื่อให้ได้ตัวแปรที่เหมาะสมแล้วทำการพยากรณ์น้ำต่อไป (Updated) ขั้นตอนการทำงานแสดงในภาพที่ 3

5. การรวบรวมข้อมูล

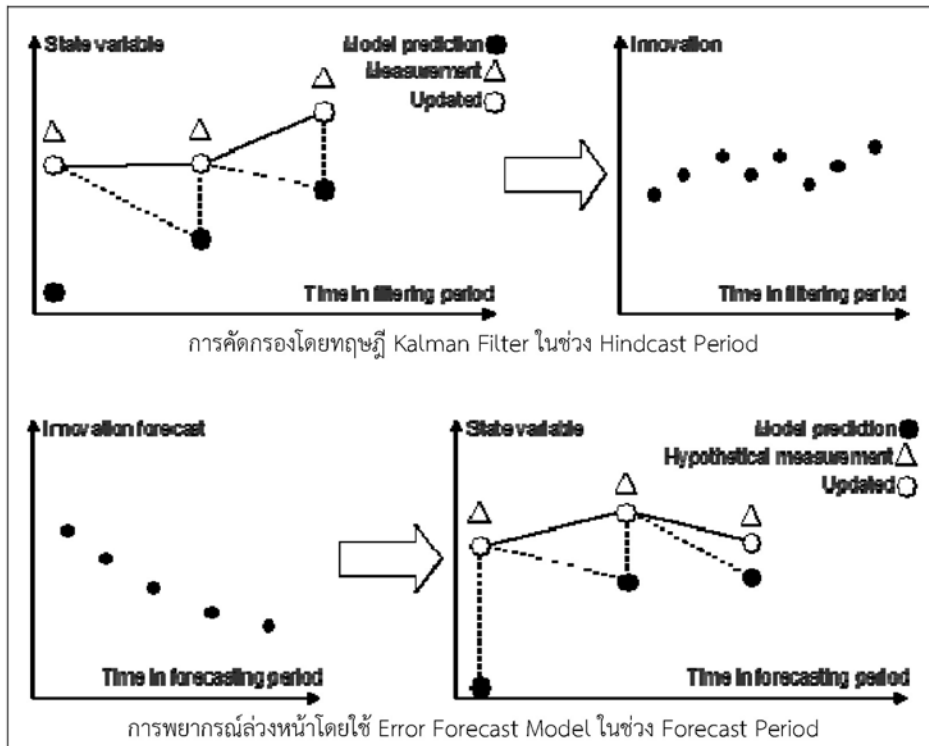
ข้อมูลที่ทำกรรวบรวมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง สรุปได้ดังนี้

- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน จำนวน 64 สถานี จากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน ซึ่งเป็นสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการคัดเลือกโดยวิธี Double Mass Curve
- ข้อมูลอัตราการระเหยจากถาดวัด จำนวน 4 สถานี จากสถานีตรวจวัดอากาศของ กรมอุตุนิยมวิทยา คือ สถานี 48374 สถานี 48379 สถานี 48413 และสถานี 48418

- ข้อมูลระดับน้ำและปริมาณน้ำท่า จำนวน 6 สถานี จากกรมชลประทาน ได้แก่ สถานี S.33 สถานี S.36 สถานี S.4B สถานี S.12 สถานี S.42 และ สถานี S.39
- ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (Rating Curves) ช่วงปี พ.ศ. 2549 ถึง ปี พ.ศ. 2559 ที่สถานี S.33 สถานี S.36 สถานี S.4B สถานี S.12 สถานี S.42 และสถานี S.39
- ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำแม่น้ำป่าสัก จำนวน 70 รูปตัด ระยะทางรวม 410.215 กิโลเมตร คลองล่าง จำนวน 3 รูปตัด ระยะทางรวม 16.74 กิโลเมตร สำรวจโดยกรมชลประทาน ช่วงปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2559



ภาพที่ 2 การกำหนดช่วงเวลาการพยากรณ์



ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการทำงานของการทำงานของการพยากรณ์น้ำโดยวิธี Data Assimilation



6. วิธีการศึกษา

6.1 การจัดทำแบบจำลองระบบแม่น้ำเป็นขั้นตอนแรกของการศึกษาครั้งนี้ โดยครอบคลุมพื้นที่ลุ่มป่าสักตอนบน ตั้งแต่ต้นน้ำแม่น้ำป่าสักจนถึงสถานีวัดน้ำท่า S.39 ซึ่งเป็นขอบเขตด้านท้ายของแบบจำลอง คิดเป็นพื้นที่ 9,472 ตารางกิโลเมตร ระยะทางตามแนวลำน้ำตั้งแต่ขอบเขตด้านเหนือน้ำลงมาถึงขอบเขตด้านท้ายน้ำรวมทั้งสิ้น 410.215 กิโลเมตร ดังแสดงแผนผังระบบแม่น้ำป่าสักตอนบนในภาพที่ 4 สำหรับขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองย่อยในแบบจำลองระบบแม่น้ำ สรุปได้ดังนี้

1) การเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า(Rainfall-Runoff Model: MIKE11-RR) โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลอัตราการระเหย และปริมาณการไหลของน้ำรายวัน เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองในช่วงปี พ.ศ. 2549 ถึง ปี พ.ศ. 2553 และตรวจพิสูจน์แบบจำลองในช่วงปี พ.ศ. 2554 ถึง ปี พ.ศ. 2558 จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานี S.33 ซึ่งตั้งอยู่บริเวณแม่น้ำป่าสักตอนบน มีพื้นที่รับน้ำ 516 ตารางกิโลเมตร สถานี S.12 ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองล่าง มีพื้นที่รับน้ำ 477 ตารางกิโลเมตร และสถานี S.42 ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำป่าสักส่วนที่ 3 มีพื้นที่รับน้ำ 7,794 ตารางกิโลเมตรสำหรับการประเมินผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าจะใช้ค่าดัชนีทางสถิติจำนวน 3 ตัวแปรแสดงในสมการ (1) (2) และ (3) ดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)(Q_{ci} - \bar{Q}_c)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2 \times \sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2}} \quad (1)$$

- ค่าดัชนีวัดประสิทธิภาพ (Efficiency Index, EI)

$$EI = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2 - \sum_{i=1}^N (Q_{oi} - Q_{ci})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2} \times 100\% \quad (2)$$

- รากที่สองของความผิดพลาดยกกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_{oi} - Q_{ci})^2} \quad (3)$$

- เมื่อ Q_{oi} คือ ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดที่เวลา i
 \bar{Q}_o คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด
 Q_{ci} คือ ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองที่เวลา i
 \bar{Q}_c คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง
 N คือ จำนวนของข้อมูล

โดยค่า r มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้า r มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์ที่ดีแบบแปรผันตรง และถ้า r มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์ที่ดีแบบผกผันกัน ส่วนค่า EI ถ้ามีค่าเท่ากับ 100% แสดงว่าชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับค่าที่ได้จากการตรวจวัดทุกข้อมูล และค่า RMSE ยิ่งมีค่าน้อยยิ่งดี แสดงว่าชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลตรวจวัดน้อย

2) การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการไหล(Hydrodynamic Model : MIKE11-HD) โดยใช้ข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำ ระดับน้ำ และโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (Rating Curves) จำนวน 6 สถานี ได้แก่ สถานี S.33 สถานี S.12 สถานี S.36 สถานี S.4B สถานี S.42 และ สถานี S.39 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำ (Manning's n) โดยการทดลองแบบ Trial and Error

3) การจัดทำแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (MIKE11-RR) ร่วมกับ แบบจำลองสภาพการไหล(MIKE11-HD)โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองย่อยทั้งสองในการจำลองสภาพการเกิดอุทกภัยในช่วงปี พ.ศ. 2554 ถึง ปี พ.ศ. 2558 โดยกำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition)ของระบบแม่น้ำป่าสักตอนบน ดังนี้

- ขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary)แม่น้ำป่าสัก กำหนดให้ใช้ปริมาณการไหลของน้ำรายวันที่สถานีตรวจวัดน้ำท่า S.33 ส่วนคลองลำกง กำหนดให้ใช้ปริมาณการไหลของน้ำรายวันที่ประเมินได้จากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เนื่องจากไม่มีข้อมูลตรวจวัดปริมาณการไหลของน้ำปัจจุบันที่สถานีตรวจวัดน้ำ S.12

- ขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary)กำหนดให้ใช้โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (Rating Curves)ที่สถานีตรวจวัดน้ำท่า S.39

- ปริมาณการไหลเข้าด้านข้างของลุ่มน้ำ (Lateral Sideflow)กำหนดให้ใช้ปริมาณการไหลของน้ำที่ประเมินได้จากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

6.2 การจัดทำแบบจำลองพยากรณ์น้ำ(Data Assimilation Model : MIKE11-DA)โดยการนำแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (MIKE11-RR) และแบบจำลองสภาพการไหล (MIKE11-HD) ที่ผ่านการปรับเทียบมาประยุกต์ใช้เพื่อการพยากรณ์น้ำในช่วงฤดูน้ำหลากปี พ.ศ. 2559 ซึ่งได้พิจารณากำหนดจุดสถานีวัดน้ำท่าที่จะทำการพยากรณ์น้ำในแม่น้ำป่าสัก จำนวน 3 แห่ง และเลือกใช้ข้อมูลระดับน้ำรายวันมาทำการปรับค่าความคาดเคลื่อนของผลการคำนวณด้วยแบบจำลองกับผลการตรวจวัดข้อมูลให้มีความสอดคล้องกันก่อนการพยากรณ์ ได้แก่ สถานี S.36 ที่กม. 70+320 สถานี S.4B ที่กม. 126+450 และสถานี S.42 ที่กม. 333+530 ในแม่น้ำป่าสัก การทดสอบการรันแบบจำลอง MIKE11-DA ใช้การตั้งค่าในช่วง Hindcast Period เท่ากับ 3 วันย้อนหลังก่อนการพยากรณ์ และในช่วง Forecast Period เท่ากับ 3 วันล่วงหน้านับจากวันที่ทำการพยากรณ์(TOF)โดยเริ่มการพยากรณ์ในวันที่ 12 กันยายน 2559 ต่อเนื่องทุก ๆ 2 วัน จนถึงวันที่ 20 ตุลาคม 2559และตรวจสอบความแม่นยำในรูปแบบของค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าระดับน้ำที่ตรวจวัดได้กับค่าระดับน้ำที่คำนวณจากแบบจำลอง ตั้งแต่ 1 วัน 2 วัน และ 3 วันล่วงหน้าจากสมการ (4) ดังนี้

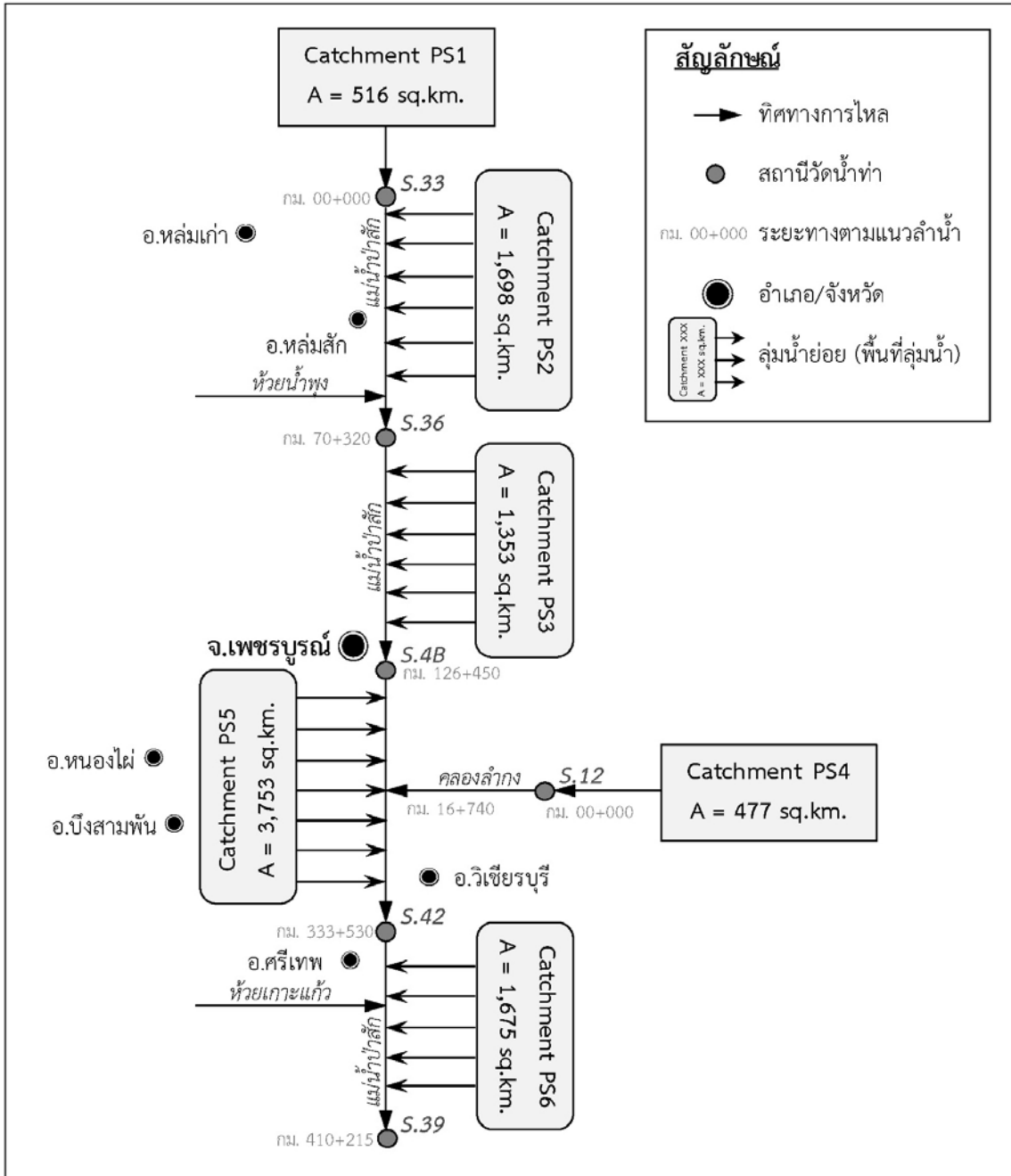


$$\epsilon = \left| \frac{WL_{obs} - WL_{sim}}{WL_{obs}} \right| \times 100\% \quad (4)$$

เมื่อ ϵ คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)

WL_{obs} คือ ค่าระดับน้ำรายวันที่ตรวจวัดได้ (เมตร)

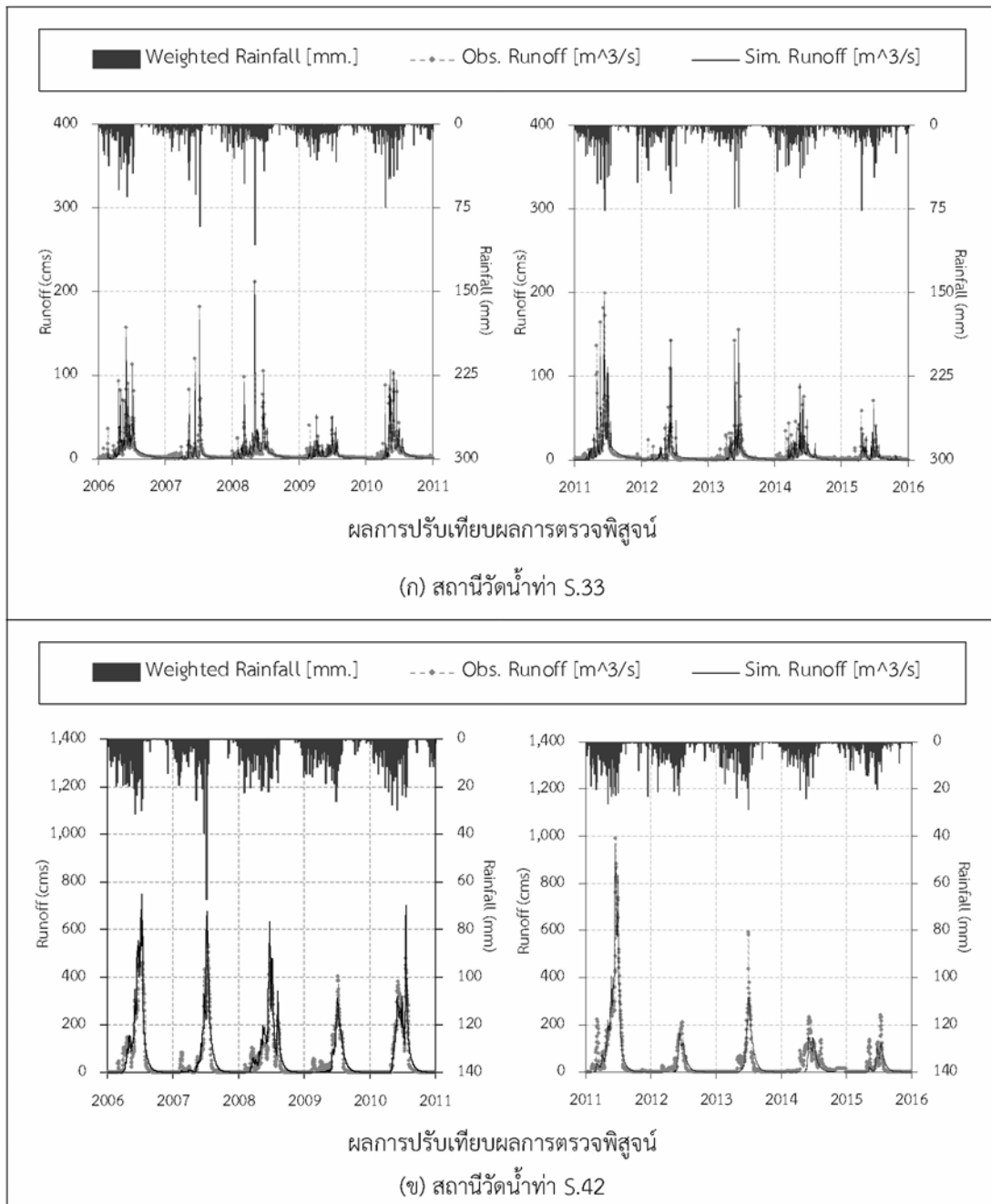
WL_{sim} คือ ค่าระดับน้ำรายวันที่คำนวณจากแบบจำลอง (เมตร)



ภาพที่ 4 แผนผังระบบแม่น้ำป่าสักตอนบน

7. ผลการศึกษาและวิจารณ์

7.1 ผลการศึกษาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า(Rainfall-Runoff Model: MIKE11-RR) พบว่าค่าดัชนีทางสถิติของปริมาณการไหลที่คำนวณได้จากแบบจำลองเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้ของสถานีวัดน้ำท่า ที่ทำการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์ทั้ง 3 สถานี อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก โดยสถานีวัดน้ำท่า S.33 มีค่า r อยู่ในช่วง 0.865-0.948 สำหรับสถานีวัดน้ำท่า S.42 และ S.12 มีค่า r อยู่ในช่วง 0.791-0.926 และ 0.877-0.897 ตามลำดับ แสดงตัวอย่างผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในภาพที่ 5 และสรุปค่าดัชนีทางสถิติในตารางที่ 1



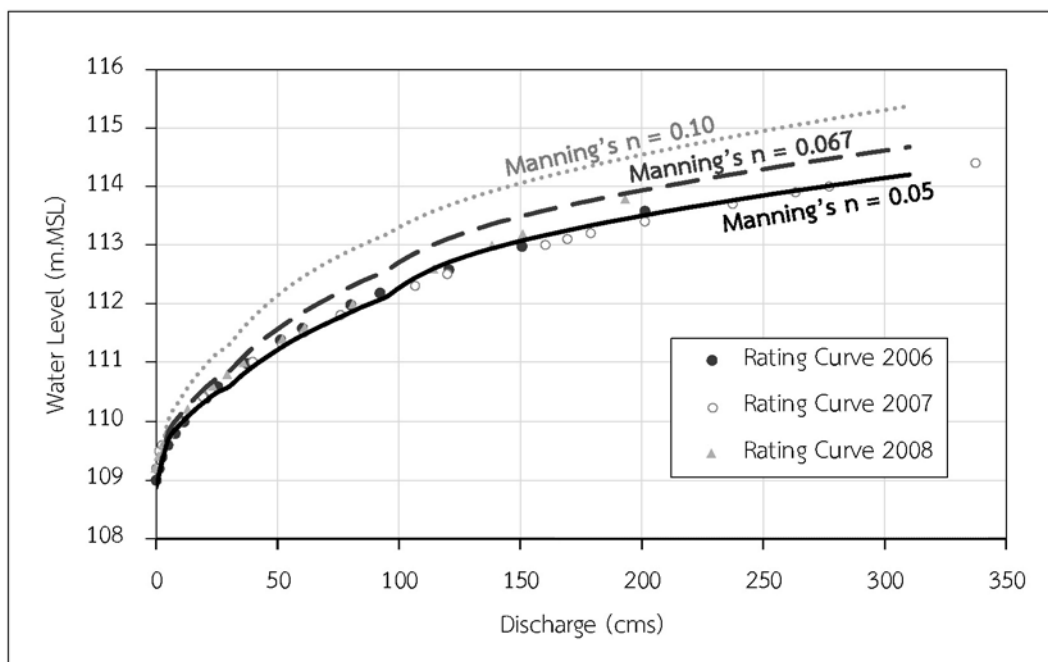
ภาพที่ 5 ผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า S.33 และ S.42



ตารางที่ 1 ค่าดัชนีทางสถิติจากผลการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

สถานีวัด น้ำท่า	ค่าดัชนี	ช่วงปี พ.ศ.									
		2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558
S.33	r	0.948	0.916	0.924	0.865	0.940	0.900	0.914	0.931	0.896	0.873
	EI (%)	88.45	83.46	82.78	65.45	86.32	80.93	80.83	86.18	75.06	72.26
	RMSE (cms)	5.67	5.84	6.65	3.53	5.32	10.79	5.49	5.33	4.64	3.38
S.42	r	0.901	0.854	0.914	0.926	0.915	0.867	0.913	0.910	0.798	0.791
	EI (%)	68.68	66.33	62.71	84.65	82.03	70.67	82.20	82.40	50.66	61.32
	RMSE (cms)	72.46	61.72	57.35	30.05	48.14	96.83	19.33	33.67	34.69	24.82
S.12	r	0.897	0.877	0.888	ไม่มีข้อมูลตรวจวัด						
	EI (%)	78.45	76.13	71.06							
	RMSE (cms)	5.16	5.49	2.53							

7.2 ผลการศึกษาแบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Model : MIKE11-HD) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำ (Manning's n) ในคลองลำกง เท่ากับ 0.05 ส่วนแม่น้ำป่าสักตอนบน อยู่ระหว่าง 0.045-0.14 แสดงตัวอย่างผลการเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการไหลในภาพที่ 6 และสรุปค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำ (Manning's n) ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองในตารางที่ 2



ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า S.12

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายท่อน้ำ (Manning's n)
ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการไหล

ชื่อลำน้ำ	ช่วงลำน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์ ความเสียหายท่อน้ำ (Manning's n)
แม่น้ำป่าสัก	สถานีวัดน้ำท่า S.33 ถึง สถานีวัดน้ำท่า S.36	0.10
แม่น้ำป่าสัก	สถานีวัดน้ำท่า S.36 ถึง สถานีวัดน้ำท่า S.4B	0.067
คลองลำกง	สถานีวัดน้ำท่า S.12 จุดบรรจบแม่น้ำป่าสัก	0.05
แม่น้ำป่าสัก	สถานีวัดน้ำท่า S.4B ถึง สถานีวัดน้ำท่า S.42	0.045
แม่น้ำป่าสัก	สถานีวัดน้ำท่า S.42 ถึง สถานีวัดน้ำท่า S.39	0.14

7.3 ผลการศึกษาแบบจำลองการพยากรณ์น้ำ(Data Assimilation Model : MIKE11-DA)

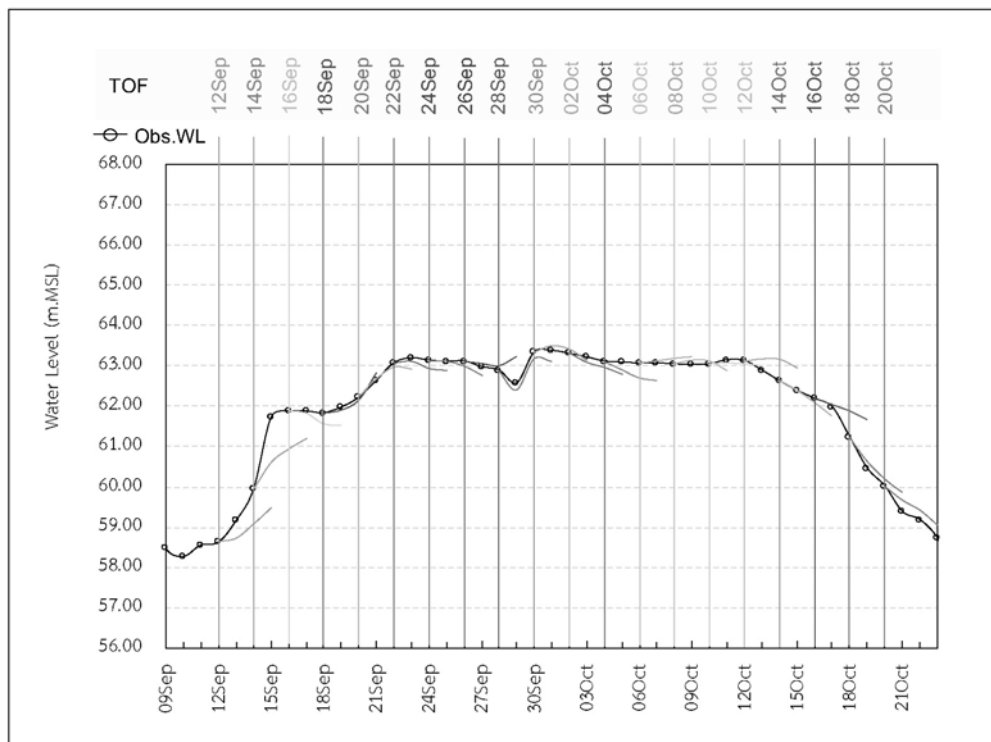
พบว่าผลการพยากรณ์ระดับน้ำล่องหน้าโดยใช้แบบจำลอง MIKE11-DA ที่สถานีวัดน้ำท่า 3 แห่ง ได้แก่ สถานี S.36 สถานี S.4B และสถานี S.42 ตั้งแต่วันที่ 12 กันยายน 2559 ต่อเนื่องทุก ๆ 2 วัน จนถึงวันที่ 20 ตุลาคม 2559 จำนวน 20 ครั้ง ให้ผลการพยากรณ์น้ำที่น่าพอใจในระดับดีมาก โดยผลการพยากรณ์ระดับน้ำล่องหน้า 1 วันของสถานีวัดน้ำท่าทั้งสามแห่งมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 0.17-15.99 เฉลี่ยร้อยละ 3.56 หรือคิดเป็นค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 96.44 ส่วนผลการพยากรณ์ระดับน้ำล่องหน้า 2 วันมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 0.45-17.99 เฉลี่ยร้อยละ 5.45 หรือคิดเป็นค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 94.55 และผลการพยากรณ์ระดับน้ำล่องหน้า 3 วัน มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 0.56-25.42 เฉลี่ยร้อยละ 7.02 หรือคิดเป็นค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 92.98 ดังแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ระดับน้ำระหว่างค่าที่ตรวจวัดได้กับค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองในช่วงวันที่ 12 กันยายน 2559 ถึง วันที่ 20 ตุลาคม 2559 ในตารางที่ 3 และกราฟตัวอย่างผลการพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำท่า S.42 ในภาพที่ 7

ตารางที่ 3 ร้อยละความคลาดเคลื่อนจากผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA

วันที่พยากรณ์น้ำ (Time of Forecast : TOF)	ร้อยละความคลาดเคลื่อนจากผลการพยากรณ์ระดับน้ำล่องหน้า								
	สถานีวัดน้ำท่า S.36			สถานีวัดน้ำท่า S.4B			สถานีวัดน้ำท่า S.42		
	1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน
12ก.ย.2559	13.98	14.98	18.60	22.90	23.81	27.28	5.95	10.51	22.27
14ก.ย.2559	2.65	3.48	6.56	5.17	6.95	7.68	11.08	9.13	6.60
16ก.ย.2559	0.43	4.49	14.99	0.27	2.04	0.85	0.65	2.87	4.50
18ก.ย.2559	3.86	18.83	6.52	0.03	1.57	2.65	0.63	0.61	1.56
20ก.ย.2559	7.03	14.43	7.74	0.42	1.15	3.37	0.37	0.78	2.32
22ก.ย.2559	2.58	4.12	7.52	0.48	0.53	0.86	0.80	1.73	1.89
24ก.ย.2559	4.84	8.54	19.39	0.55	2.83	7.27	0.10	1.07	1.94



วันที่พยากรณ์น้ำ (Time of Forecast : TOF)	ร้อยละความคลาดเคลื่อนจากผลการพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้า								
	สถานีวัดน้ำท่า S.36			สถานีวัดน้ำท่า S.4B			สถานีวัดน้ำท่า S.42		
	1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน
26ก.ย.2559	2.83	13.30	5.75	0.80	9.68	2.98	0.78	1.16	5.94
28ก.ย.2559	9.63	17.45	23.62	2.24	3.17	1.71	1.52	1.45	2.31
30ก.ย.2559	7.07	1.30	6.91	1.14	0.67	5.04	1.01	0.92	0.75
2ต.ค.2559	2.40	5.48	3.63	4.04	0.30	1.90	1.19	1.41	2.59
4ต.ค.2559	5.59	5.99	11.69	2.19	0.51	7.31	1.52	3.11	3.71
6ต.ค.2559	2.31	9.12	26.70	2.15	0.14	6.61	0.46	1.14	1.59
8ต.ค.2559	5.95	18.21	1.16	4.26	0.62	2.59	0.88	0.64	2.27
10ต.ค.2559	9.60	19.66	19.24	7.23	12.53	13.94	0.66	0.71	1.06
12ต.ค.2559	5.60	5.67	1.45	3.25	8.36	13.71	2.64	4.95	5.36
14ต.ค.2559	7.35	0.60	3.07	0.83	2.17	11.46	0.03	0.92	2.07
16ต.ค.2559	4.89	2.42	0.07	2.81	0.45	3.81	0.46	6.76	13.73
18ต.ค.2559	8.67	5.61	0.60	4.58	5.36	4.64	2.10	2.23	6.26
20 ต.ค.2559	4.38	9.20	6.87	0.16	5.97	10.14	3.66	3.04	4.46
ค่าความคลาดเคลื่อนมาก ที่สุด	13.98	19.66	26.70	22.90	23.81	27.28	11.08	10.51	22.27
ค่าความคลาดเคลื่อนน้อย ที่สุด	0.43	0.60	0.07	0.03	0.14	0.85	0.03	0.61	0.75
ค่าความคลาดเคลื่อน เฉลี่ย	5.58	9.14	9.60	3.27	4.44	6.79	1.82	2.76	4.66



ภาพที่ 7 ผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11-DA ที่สถานีวัดน้ำท่า S.42

8. สรุป

สภาพการไหลของน้ำหลากในลุ่มน้ำป่าสักตอนบนมีความแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำ (Manning's n) ของแม่น้ำป่าสักตอนบนและลำน้ำสาขา อยู่ระหว่าง 0.045-0.14 สำหรับแบบจำลองการพยากรณ์น้ำ MIKE11-DA ให้ผลการพยากรณ์ระดับน้ำล่องหน้าค่อนข้างแม่นยำมากโดยมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยในการพยากรณ์น้ำล่องหน้า 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ร้อยละ 96.44 94.55 และ 92.98 ตามลำดับ แต่ความแม่นยำดังกล่าวจะลดลงเรื่อย ๆ หากทำการพยากรณ์น้ำล่องหน้าออกไปหลายวันขึ้นในทุกสถานี เนื่องจากในการพยากรณ์น้ำยังขาดการพยากรณ์ฝนล่องหน้าที่มีความแม่นยำสูงแต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองการพยากรณ์น้ำ MIKE11-DA ถือเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมในการคาดการณ์แนวโน้มของการเกิดอุทกภัยของลุ่มน้ำป่าสักตอนบน และสามารถใช้ประกอบการตัดสินใจในการแจ้งเตือนภัยให้กับประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ได้ เพื่อบรรเทาและลดความเสียหายอันเนื่องมาจากอุทกภัยที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ชุดแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ นับว่าเป็นแบบจำลองระบบลุ่มน้ำและพยากรณ์น้ำที่มีการแสดงผลที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านอุทกภัยและการบริหารจัดการน้ำได้

9. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ กรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนด้านข้อมูลประกอบการศึกษา และขอขอบพระคุณคณาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษาตลอดการศึกษาในครั้งนี้

10. บรรณานุกรม

- วิษุวัตม์กั แต่สมบัติ. 2556.อุทกวิทยาทางวิศวกรรม (เอกสารประกอบการสอน).ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- วิษุวัตม์กั แต่สมบัติ และ กิติพงษ์ ทองเชื้อ. 2554. การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11-Data Assimilation เพื่อการพยากรณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำชีตอนบน (An Application of MIKE11-Data Assimilation Model for Flood Forecasting in the Upper Chi River Basin). การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 16 จ.ชลบุรี 18-20 พฤษภาคม 2554.
- กรมชลประทาน. 2553. โครงการจัดทำแผนพัฒนาการชลประทานระดับลุ่มน้ำอย่างเป็นระบบลุ่มน้ำป่าสัก (12). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ. 2555. การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง ลุ่มน้ำป่าสัก. องค์การมหาชน, กรุงเทพฯ
- กฤษฎา แสงเพ็ชรส่อง. 2547. แนวคิดพื้นฐานและหลักการทำงานของ Kalman Filter Algorithm.วารสารโรงเรียนนายเรือ ปีที่ 4, ฉบับที่ 4.
- DHI Water Environment and Health. 2007. MIKE11-A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual. DHI, Denmark.



อิทธิพลของปริมาณน้ำห้วยข้าวสารต่อแม่น้ำลำโดมใหญ่ในสถานการณ์น้ำท่วม

Influence of HuaiKhao San Tributary Discharge on the Flood

Situation in Lam Dom YaiRiver

องอาจ แสนอุบล¹ ทวีศักดิ์ วังไพศาล²

Ongart Saenubon¹ and Thaveesak Vangpaisal²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

Ongarts49@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

ห้วยข้าวสารเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำลำโดมใหญ่ ไหลบรรจบด้านเหนือน้ำห่างจากเขื่อนลำโดมใหญ่ ประมาณ 17 กิโลเมตร ซึ่งบริเวณเหนือเขื่อนประมาณ 5-10 กิโลเมตร เป็นบริเวณพื้นที่ลุ่มต่ำและจุดไหลรวมของปริมาณน้ำ ประสบปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากมาโดยตลอด หนึ่งในปัจจัยที่คาดการณ์ว่าเป็นสาเหตุของการเกิดอุทกภัยของแม่น้ำลำโดมใหญ่คือ การไหลรวมสมทบของปริมาณน้ำจากลำห้วยข้าวสาร ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนและสามารถนำไปสู่แนวทางการแก้ไขหรือช่วยบรรเทาปัญหาน้ำท่วม จึงได้ดำเนินการศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในฤดูน้ำหลากของลำห้วยข้าวสารที่ไหลมาสมทบแม่น้ำลำโดมใหญ่ โดยการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 จำลองสถานการณ์ในปีที่เกิดน้ำท่วมประวัติการณ์ พ.ศ.2556 กรณีมีและไม่มีประตูระบายน้ำในลำห้วยข้าวสาร ผลการศึกษาพบว่า ประตูระบายน้ำห้วยข้าวสารสามารถเก็บกักน้ำในช่วงน้ำน้อยได้ดีในช่วงเดือนเมษายน-เดือนสิงหาคม แต่ไม่สามารถช่วยลดผลกระทบระดับน้ำและพื้นที่น้ำท่วมในแม่น้ำลำโดมใหญ่ได้ ระดับน้ำในแม่น้ำลำโดมใหญ่จะเอ่อล้นตลิ่ง และท่วมมาถึงลำห้วยข้าวสาร ส่งผลให้ลำห้วยข้าวสารมีระดับน้ำท่วมเอ่อล้นตลิ่ง การระบายน้ำปกติจะไม่สามารถควบคุมบานเพื่อช่วยชะลอน้ำที่ไหลลงสู่แม่น้ำลำโดมใหญ่ได้ จึงสรุปได้ว่า ลำห้วยข้าวสารไม่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมในแม่น้ำลำโดมใหญ่

คำสำคัญ: น้ำท่วม, ห้วยข้าวสาร, แม่น้ำลำโดมใหญ่

ABSTRACT

HuaiKhao San is a tributary of Lam Dom Yai river. HuaiKhao San branch above Lam Dom Yai dam have distance about 17 km. The area above Lam Dom Yai dam is about 5-10 kms. It is a lowland area and connection branch between HuaiKhao San branch and Lam Dom Yai river. This area has been flooded frequently. One of cause is discharge from HuaiKhao San branch into Lam Dom Yai river. Therefore there is a need to clear conclusion and solution mitigate flood. This paper presents the development of MIKE-11 model for 2013's flood situation, case study includes HuaiKhao San control structure. The results of the study indicated that HuaiKhao San Floodgate Able to store water in low water well during April - August, but could not help reduce the impact of water levels and flooding areas in the Lam Dom River. And poured into the Khao San Creek Resulting in the Khao San Creek flooding level Normal drainage will not be able to control the bloom to help slow down the water flowing into the Lam Dom River. Therefore concluded that Khao San Creek has no effect on flooding in the Lam Dom River.

KEY WORD : Flood, HuaiKhao San, Lam Dom Yai River

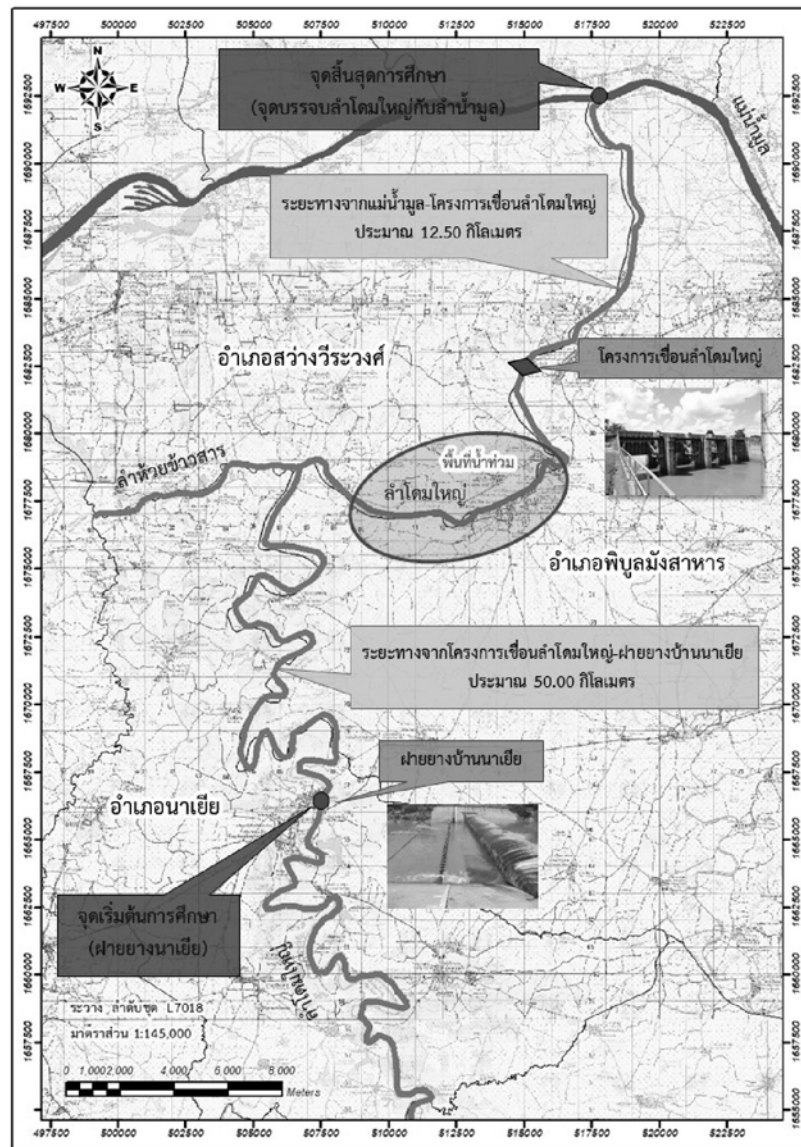
1. บทนำ

ห้วยข้าวสารตั้งอยู่ในลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ และเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำลำโดมใหญ่ มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 590 ตารางกิโลเมตร ในฤดูน้ำหลากมีปริมาณน้ำท่วมตลิ่งและไหลบ่าค่อนข้างเร็วลงสู่แม่น้ำลำโดมใหญ่ ซึ่งการไหลรวมของมวลน้ำจากห้วยข้าวสารอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดความรุนแรงของการเกิดน้ำท่วมตามข้อสันนิษฐานจากรายการในพื้นที่ ซึ่งขาดความชัดเจนเนื่องจากไม่มีการวัดอัตราการไหลของน้ำทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ถึงอิทธิพลที่ส่งผลกระทบต่ออย่างถูกต้อง อีกทั้งพื้นที่บริเวณห้วยข้าวสารในฤดูน้ำหลากได้ประสบปัญหาน้ำท่วมพื้นที่เกษตร และปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร อุปโภคบริโภคและเลี้ยงสัตว์ ในช่วงฤดูแล้งในการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดน้ำท่วมในห้วยข้าวสารและแม่น้ำลำโดมใหญ่ โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 จำลองสถานการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2556 กรณีศึกษาหากมีโครงการประตูระบายน้ำบริเวณปากห้วยข้าวสารโดยใช้ข้อมูลการศึกษาโครงการเตรียมความพร้อมแบบก่อสร้างของกรมชลประทาน ซึ่งการจำลองนี้เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำจากห้วยข้าวสารลงสู่ลำโดมใหญ่ส่งผลให้เกิดผลกระทบน้ำท่วมในแม่น้ำลำโดมใหญ่มากน้อยเพียงใด รวมถึงเป็นบทสรุปเพื่อใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาทั้งภาวะน้ำท่วม น้ำแล้ง บริเวณพื้นที่ห้วยข้าวสารด้วย



2. ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ห้วยลำโดมใหญ่มีต้นน้ำจากบริเวณเทือกเขาพนมดงรัก ไหลขึ้นทิศเหนือจากอำเภอน้ำยืนผ่านอำเภอนาจะหลวย อำเภอเดชอุดม อำเภอนาเยียและบรรจบแม่น้ำมูลที่อำเภอพิบูลมังสาหาร ซึ่งขอบเขตการศึกษาครั้งนี้อยู่บริเวณลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ตอนล่าง ครอบคลุมจุดไหลบรรจบของลำห้วยข้าวสารกับแม่น้ำลำโดมใหญ่ โดยเริ่มตั้งแต่ฝายนาเยียถึงจุดบรรจบกับแม่น้ำมูล ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาและบริเวณพื้นที่น้ำท่วมลุ่มน้ำลำโดมใหญ่

3. วิธีดำเนินการศึกษา

การวิเคราะห์ผลกระทบของปริมาณน้ำจากห้วยข้าวสารต่อแม่น้ำลำโดมใหญ่ในสถานการณ์น้ำท่วม มีรายละเอียดข้อมูลที่เกี่ยวข้องและวิธีดำเนินการศึกษา ดังต่อไปนี้

3.1 สภาพพื้นที่ศึกษา

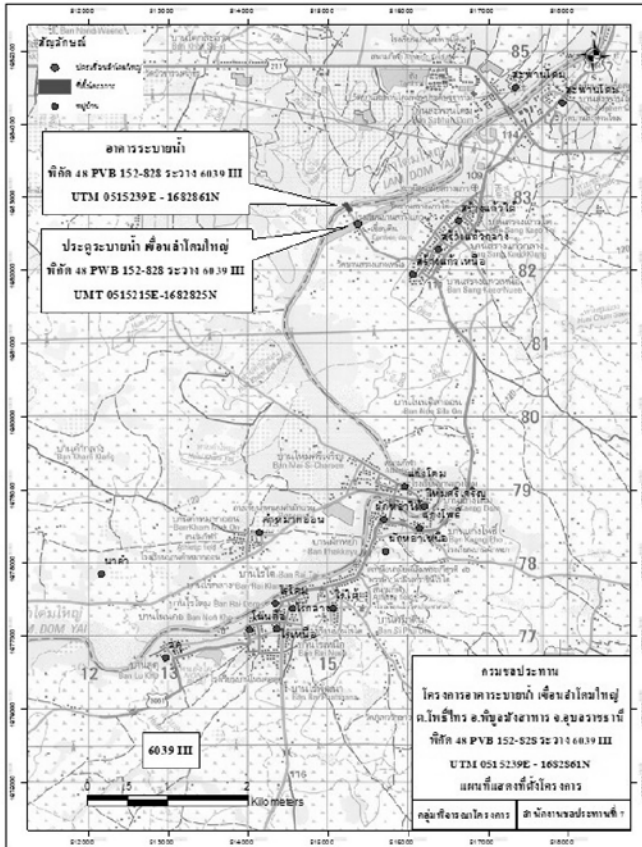
ในช่วงเดือนกลางเดือนกันยายนถึงต้นเดือนตุลาคม ปี 2556 ลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชัน "Eighteen" และจากพายุ "หวู่ตึบ" ทำให้เกิดปริมาณฝนตกหนักครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำโดมใหญ่เป็นระยะเวลาสั้น ส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมหลากบริเวณแม่น้ำลำโดมใหญ่ตอนล่าง ซึ่งถือเป็นปีประวัติการณ์สูงสุดที่เคยเกิดขึ้นทำให้พื้นที่การเกษตรและชุมชนได้รับผลกระทบเสียหายจากน้ำท่วมจำนวนมาก โดยเฉพาะชุมชนเหนือเขื่อนลำโดมใหญ่ประมาณ 5 กิโลเมตร และอยู่ห่างจากปากห้วยข้าวสารประมาณ 12 กิโลเมตร ถือเป็นบริเวณที่วิกฤติมากที่สุด ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายเหตุการณ์อุทกภัยปี พ.ศ. 2556

จากเหตุการณ์น้ำท่วมปี 2556 ทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาอุทกภัย ที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่วม ซึ่งมีโครงการที่ได้ดำเนินการศึกษาและก่อสร้างแล้วเสร็จในปี 2559 คือโครงการก่อสร้างอาคารระบายน้ำฉุกเฉินบริเวณด้านข้างเขื่อนลำโดมใหญ่ ดังภาพที่ 3

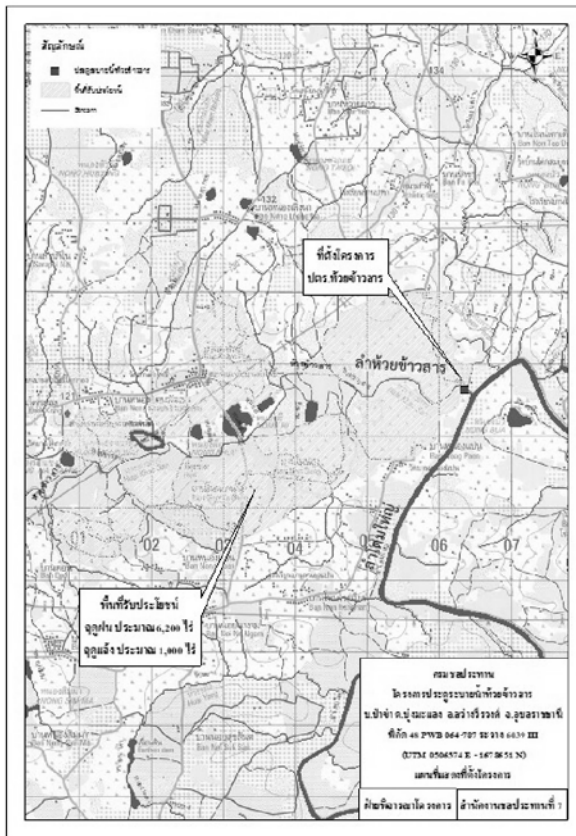
ส่วนอีกแนวทางที่กรมชลประทานได้ดำเนินการศึกษาโครงการและออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว อยู่ระหว่างเตรียมของบประมาณก่อสร้าง ได้แก่โครงการก่อสร้างประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร บ้านป่าช้า ตำบลบึงทะเล อำเภอสว่างวีระวงศ์ จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของโครงการคือบรรเทาปัญหา น้ำท่วมและปัญหาช่วยเหลือการขาดแคลนน้ำจากข้อมูลการเตรียมความพร้อมศึกษาโครงการและออกแบบโครงการก่อสร้างประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร ของกรมชลประทาน จึงนำมาวิเคราะห์ประเด็นกรณี หากมีอาคารบังคับน้ำในลำห้วยข้าวสาร จะช่วยลดปัญหาน้ำท่วมในแม่น้ำลำโดมใหญ่ได้หรือไม่ โดยประยุกต์ใช้ในแบบจำลองชลศาสตร์ MIKE11 โดยใช้รายละเอียดของการศึกษาโครงการดังภาพที่ 4



ข้อมูลอาคารระบายน้ำฉุกเฉิน

- ปริมาณน้ำไหลผ่านห้วงงานในเกณฑ์เฉลี่ย 2,165.76 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- ปริมาณน้ำนองสูงสุดในรอบ 100 ปี 2,545.14 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
- ห้วงงานฝายสูง ประมาณ 7.00 เมตร
- สันยาว 100.00 เมตร
- ระดับท้องน้ำ +106.00 ม.(ร.ท.ก.)ระดับ
- น้ำเก็บกัก +113.00 ม.(ร.ท.ก.)
- ระดับน้ำสูงสุด +115.00 ม.(ร.ท.ก.)
- ระบายน้ำได้ 494.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ภาพที่ 3 อาคารระบายน้ำฉุกเฉิน



ข้อมูลโครงการ

- พิกัดที่ตั้ง 506374N, 1678651E
- ประเภทโครงการ ประตูระบายน้ำ
- พื้นที่รับน้ำห้วงงาน 388.85 ตารางกิโลเมตร
- ความยาวลำน้ำจากต้นน้ำถึงห้วงงาน 51.33กิโลเมตร
- ความลาดชัน 1:2,600

อาคารห้วงงาน

- ประตูระบายน้ำ (Sluice Gate Value)
- ท่อเหลี่ยมขนาด 3.00 x 4.00 ม. จำนวน 4 แลว
- ช่องระบายกว้าง 3 เมตร
- ช่องระบายสูง 4 เมตร
- จำนวน 3 ช่อง
- ระบายน้ำได้ 118.67 ลูกบาศก์เมตร/วินาที
- ระดับธรณีบาน +111.50 ม.(ร.ท.ก)
- ระดับน้ำเก็บกัก +115.50 ม.(ร.ท.ก)
- ระดับสันบาน +116.50 ม.(ร.ท.ก)
- ระดับหลังตอม่อ +121.00 ม.(ร.ท.ก)

ภาพที่ 4 แผนที่แสดงตำแหน่งโครงการประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร

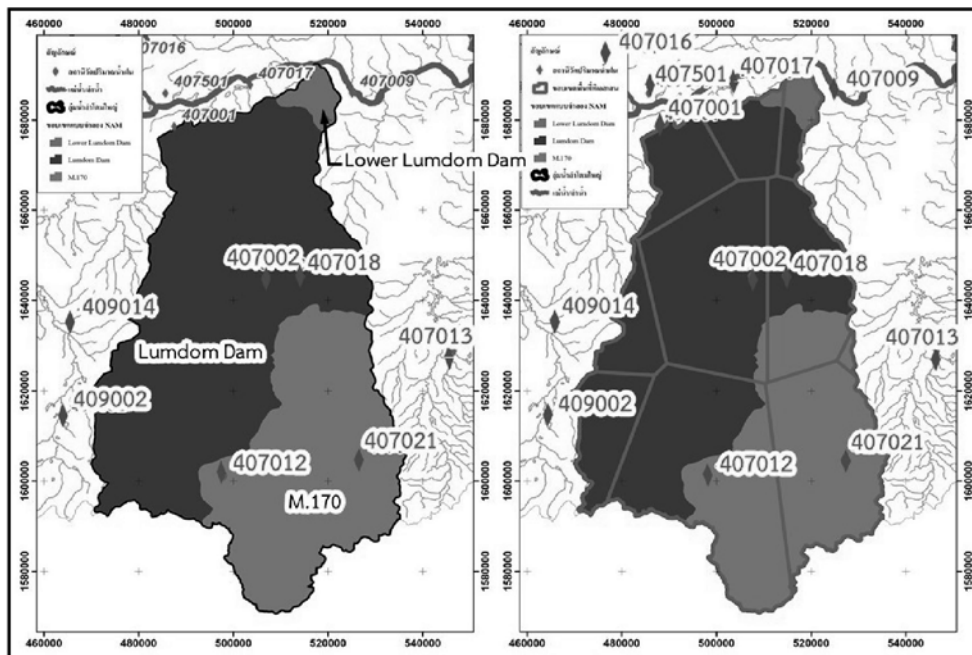
3.2 วิธีดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาสภาพการเกิดน้ำท่วมลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 พัฒนาโดย DHI ประเทศนอร์เวย์ ซึ่งในการศึกษาค้างนี้ใช้แบบจำลองย่อย (Module) 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (Rainfall - Runoff Module) และแบบจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Module) โดยแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่าใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าจากปริมาณฝนตกในลุ่มน้ำ ส่วนแบบจำลองสภาพการไหลใช้ศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำในลำน้ำ

3.2.1 แบบจำลองน้ำฝน- น้ำท่า(Rainfall - Runoff Module)

แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากน้ำฝน (Rainfall - Runoff model) หรือ Nam Model โดยจะจำลองพฤติกรรมทางกายภาพของลุ่มน้ำเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งต้องมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในแบบจำลองให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยจะแบ่งพื้นที่ออกเป็นลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ และเชื่อมต่อเป็นระบบลุ่มน้ำ ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจะเชื่อมโยงกับแบบจำลอง MIKE11 เพื่อใช้ในการคำนวณสภาพการไหลในลำน้ำต่อไป

จากการพิจารณาสถานีวิัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ พบว่ามีเพียง 1 สถานีเท่านั้นที่มีข้อมูลปริมาณน้ำท่าเพียงพอ สำหรับใช้ในการสอบเทียบและตรวจทานแบบจำลอง ได้แก่ M.170 ที่มีช่วงสถิติข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำท่า ดังนั้น จึงเลือกสถานีวัดน้ำท่านี้ในการปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า โดยแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสถานี M.170 และเลือกสถานีวัดปริมาณน้ำฝนมาทำสัดส่วนถ่วงน้ำหนักของแต่ละสถานีที่มีอิทธิพลด้วยวิธี Thiessen Polygon ต่อลุ่มน้ำย่อย M.170 ดังภาพที่ 5



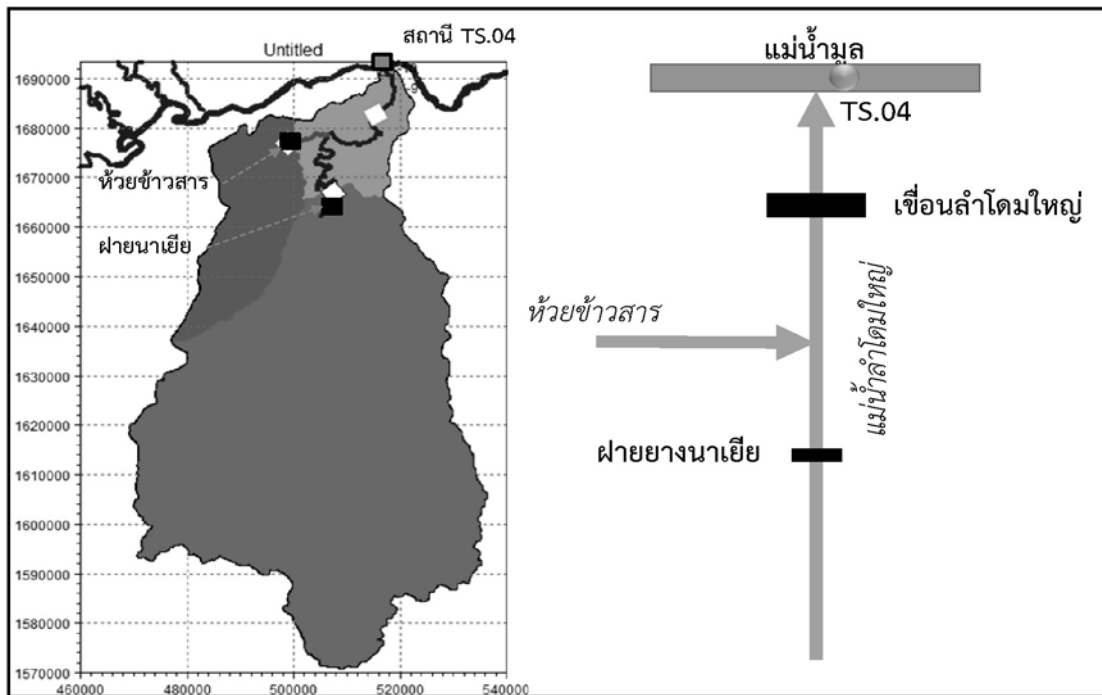
ภาพที่ 5 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของสถานีวัดน้ำท่า และขอบเขตรูปเหลี่ยมมีเอสเซนของสถานีวัดน้ำฝนในการปรับเทียบและสอบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า



3.2.2 แบบจำลองสภาพการไหล(Hydrodynamic Module)

ในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 เป็นการจำลองสภาพการไหลของน้ำในโครงข่ายลำน้ำที่ซับซ้อน การไหลของน้ำผ่านอาคารควบคุมต่างๆ ตามข้อกำหนด เช่น ประตูระบายน้ำฝาย และสถานีสูบน้ำ เป็นต้น สามารถนำเข้าน้ำท่าที่เกิดจากฝนตกในพื้นที่รับน้ำ โดยการเชื่อมเข้ากับแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า หรือใส่ข้อมูลอัตราการไหลเข้าไปในระบบตามที่กำหนด

โดยในการศึกษานี้กำหนดขอบเขตด้านเหนือน้ำของแม่น้ำลำโดมใหญ่และห้วยข้าวสาร จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า และขอบเขตด้านท้ายน้ำใช้ข้อมูลระดับน้ำ TS.04 แม่น้ำมูลวัดปากมูล ดังภาพที่ 6 และทำการเชื่อมต่อบริเวณโครงข่ายลำน้ำกับลุ่มน้ำย่อยจากแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (Nam Model) สำหรับการเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการไหล MIKE11 เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่เหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 6 โครงข่ายลำน้ำและเงื่อนไขขอบเขตแบบจำลอง MIKE 11 HD

3.3 การรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ เพื่อทำการศึกษาสภาพการเกิดน้ำท่วมลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ ดังนี้

- 1) ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน ได้ทำการคัดเลือกข้อมูลที่มีการตรวจวัดจนถึงปัจจุบัน เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำท่า มีจำนวน 10 สถานี ได้แก่ 407001 407002 407009 407012 407013 407017 407018 407021 409002 และ 409014 ซึ่งรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา

- 2) ข้อมูลปริมาณการระเหยรายวัน จากสถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดอุบลราชธานี ตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา
- 3) ข้อมูลปริมาณน้ำและระดับน้ำรายวัน ได้แก่ สถานีวัดปริมาณน้ำ M.170 และเขื่อนลำโดมใหญ่ เพื่อใช้ในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง ตรวจวัดโดยกรมชลประทาน
- 4) ข้อมูลโครงสร้างอาคารชลศาสตร์ ได้แก่ ฝ่ายนาเยี่ยและเขื่อนลำโดมใหญ่ รวบรวมจากโครงการชลประทานอุบลราชธานี
- 5) ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ ซึ่งได้จากผลสำรวจลำน้ำรูปตัดลำน้ำ โดยสำรวจรูปตัดขวางลำน้ำทุก 5 กิโลเมตร ระยะทางสำรวจ 63 กิโลเมตร
- 6) ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) บริเวณรอบพื้นที่โครงการและใกล้เคียง โดยสร้างขึ้นมาจากจุดตำแหน่งแสดงระดับความสูงของพื้นที่ที่รวบรวมได้จากกรมชลประทาน
- 7) ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงพื้นที่น้ำท่วมสูงสุดในปี 2548 ถึง 2558 รวบรวมจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA

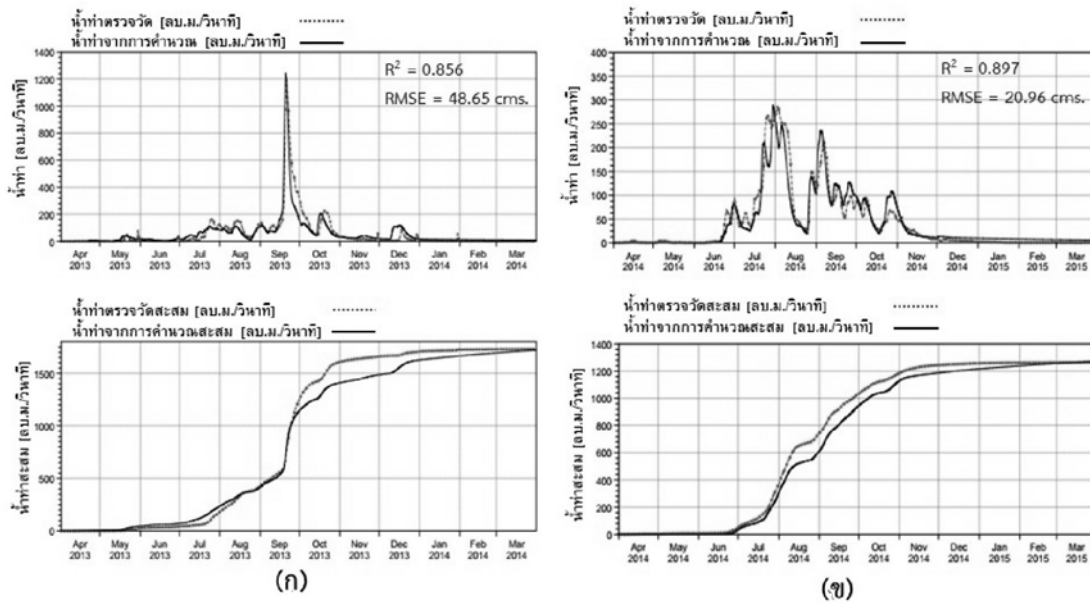
3.4 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง

ในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า (Nam model) ได้ปรับค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณการเกิดน้ำท่าในลุ่มน้ำ ขนาดและรูปร่างของกราฟน้ำท่า ดังแสดงผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ของสถานีวัดน้ำท่าดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

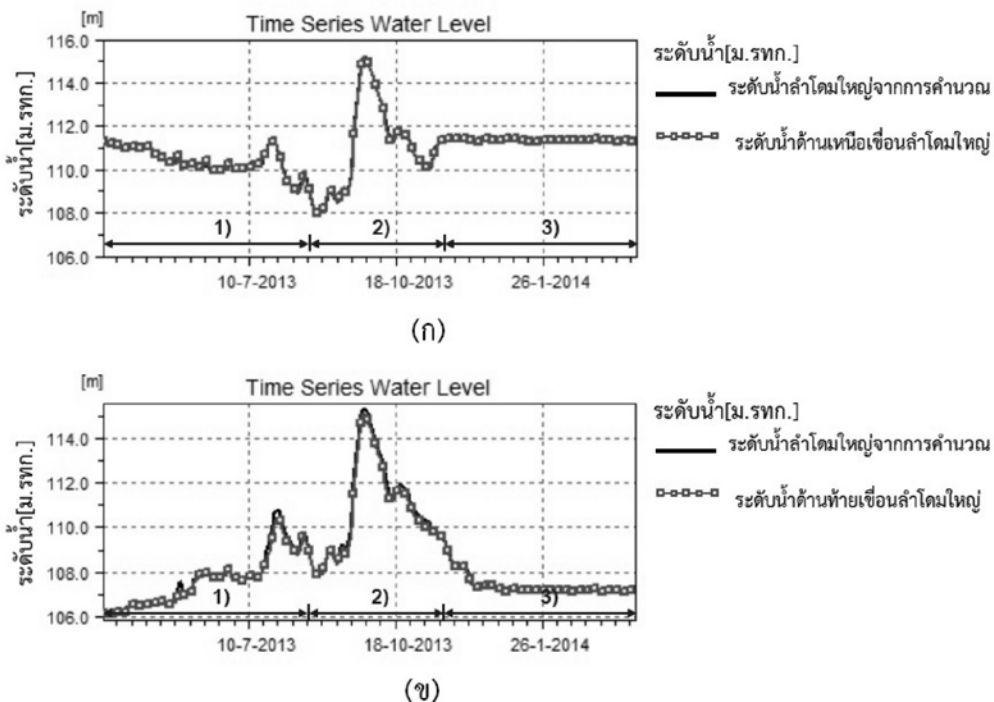
สถานี	พื้นที่ (ตร. กม.)	ค่าพารามิเตอร์แบบจำลอง MIKE11 RR: NAM								
		Surface-Root Zone						Groundwater		
		Umax	Lmax	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF	TG	CKBF
M.170	1745	18.7	276	0.656	208.2	59	0.386	0.241	0.888	3806

ผลการสอบเทียบใน ปีพ.ศ. 2556 และตรวจสอบแบบจำลองในปี พ.ศ. 2557 ณ สถานีวัดปริมาณน้ำท่า M.170 พบว่ามีค่า r^2 เท่ากับ 0.856 และ 0.897 ตามลำดับ ค่า WBL เท่ากับ +0.6% และ -0.6% ตามลำดับดังภาพที่ 7

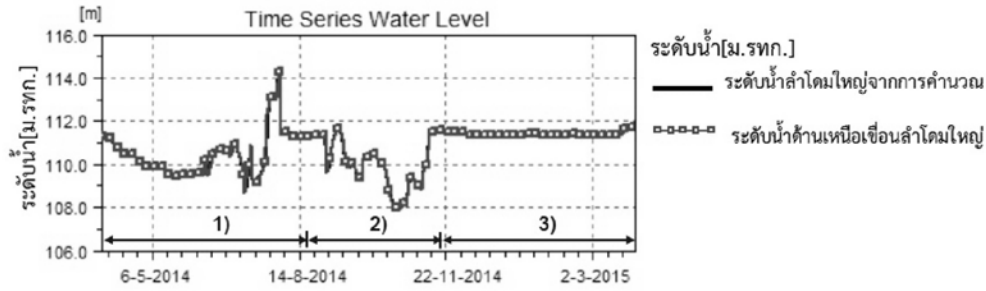


ภาพที่ 7 (ก) ผลการสอบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าปี พ.ศ. 2556 สถานี M.170
 (ข) ผลการตรวจสอบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ปี พ.ศ. 2557 สถานี M.170

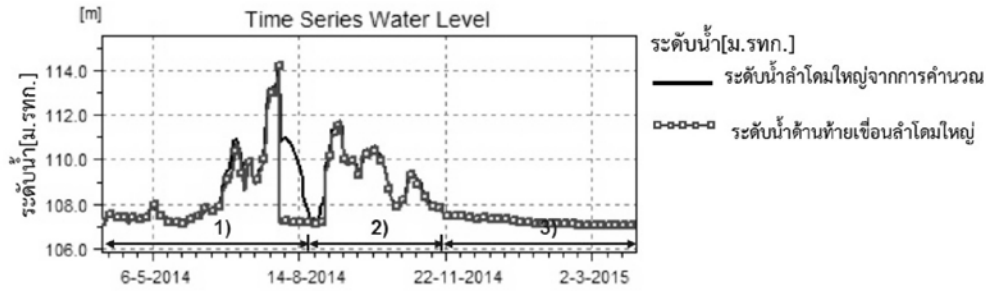
ในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหล (HD Model) ได้ปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n) เพื่อจำลองสภาพการไหลได้อย่างถูกต้อง โดยปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n) เท่ากับ 0.033 ผลการสอบเทียบในปีน้ำท่วมสูงสุดประวัติการณ์ พ.ศ. 2556 และตรวจสอบแบบจำลองในปี พ.ศ.2557 ซึ่งเป็นปีน้ำน้อย ณ เขื่อนลำโดมใหญ่ พบว่ามีค่า r^2 เท่ากับ 0.997 และ 0.983 ตามลำดับ ค่า RMSE เท่ากับ 0.095 เมตร และ 0.125 เมตร ตามลำดับดังภาพที่ 8 และภาพที่ 9



ภาพที่ 8 ผลการสอบเทียบแบบจำลองสภาพการไหลปี พ.ศ. 2556
 (ก) ด้านเหนือเขื่อนลำโดมใหญ่(ข) ด้านท้ายเขื่อนลำโดมใหญ่



(ก)



(ข)

ภาพที่ 9 ผลการตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหลปี พ.ศ. 2557

(ก) ด้านเหนือเขื่อนลำโดมใหญ่ (ข) ด้านท้ายเขื่อนลำโดมใหญ่

ลักษณะพฤติกรรมการไหลของน้ำจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองดังภาพที่ 8 และภาพที่ 9 บริเวณเหนือเขื่อนและท้ายเขื่อน ปีน้ำท่วมสูงสุดประวัติการณ์ พ.ศ. 2556 และปีที่มีปริมาณน้ำน้อย พ.ศ.2557 แบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่

1) ช่วงเดือนเมษายน-สิงหาคม เมื่อมีการ operate บาน สภาพการไหลของน้ำในปีน้ำท่วมและน้ำน้อยมีสภาพคล้ายกันกล่าวคือ ระดับน้ำเหนือเขื่อนและท้ายเขื่อนมีระดับแตกต่างกัน โดยระดับน้ำเหนือเขื่อนสูงกว่าท้ายเขื่อน และความแตกต่างระดับน้ำเหนือ-ท้าย เป็นไปตามการควบคุมการเปิด-ปิดบาน โดยรักษาระดับน้ำไม่เกินระดับเก็บกักไม่ให้เกิดผลกระทบก่อนเข้าสู่สภาวะน้ำหลาก

2) ช่วงเดือนกันยายน- ตุลาคม เมื่อเปิดทุกบานร้อยเปอร์เซ็นต์ช่วงฤดูน้ำหลากในปีน้ำท่วมมีปริมาณน้ำไหลล้นตลิ่งประมาณ 3 เมตร (ระดับตลิ่ง +112.00 ม.รทก.) หรือท่วมในลักษณะน้ำล้นตลิ่งแผ่เต็มพื้นที่ (Flood plain) ระดับน้ำเหนือเขื่อนและท้ายเขื่อนมีระดับเท่ากัน สภาพการไหลในช่วงนี้จะต่างกับปีน้ำน้อยที่มีระดับน้ำต่ำกว่าตลิ่ง

3) ช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน-มีนาคม เมื่อปิดบานร้อยเปอร์เซ็นต์ เป็นช่วงฤดูเก็บกักน้ำ สภาพการไหลของน้ำในปีน้ำท่วมและน้ำน้อยมีจะกลับมา มีสภาพคล้ายกันอีกครั้ง ระดับน้ำเหนือเขื่อนและท้ายเขื่อนมีระดับแตกต่างกัน โดยระดับน้ำเหนือเขื่อนสูงกว่าท้ายเขื่อนประมาณ 3.00-4.00 เมตร ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากเขื่อนในการเก็บกักน้ำตามศักยภาพของลำห้วยเพื่อใช้สนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ ในฤดูแล้ง โดยในช่วงนี้จะมีการบริหารจัดการเขื่อนตามสภาพน้ำแต่ละปี



3.5 การจำลองสถานการณ์น้ำปี พ.ศ.2556 กรณีศึกษามีโครงการประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร

สภาพลำห้วยข้าวสาร บริเวณหัวงาน มีความกว้างประมาณ 30.00-35.00 เมตร ความลึกจากตลิ่งถึงท้องลำน้ำประมาณ 5.00-6.00 เมตร โครงการประตูระบายน้ำห้วยข้าวสารเกิดขึ้นจากราษฎรในพื้นที่ประสบปัญหา น้ำท่วมพื้นที่การเกษตร และปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร อุบัติภัยโรคและเลี้ยงสัตว์ ในช่วงฤดูแล้ง ราษฎรจึงมีความต้องการให้ดำเนินการก่อสร้างประตูระบายน้ำห้วยข้าวสารขึ้นเพื่อบรรเทาปัญหาจากปัญหาน้ำท่วมพื้นที่การเกษตร และเพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้สำหรับการเกษตร อุบัติภัยโรค และเป็นแหล่งน้ำประจำหมู่บ้าน

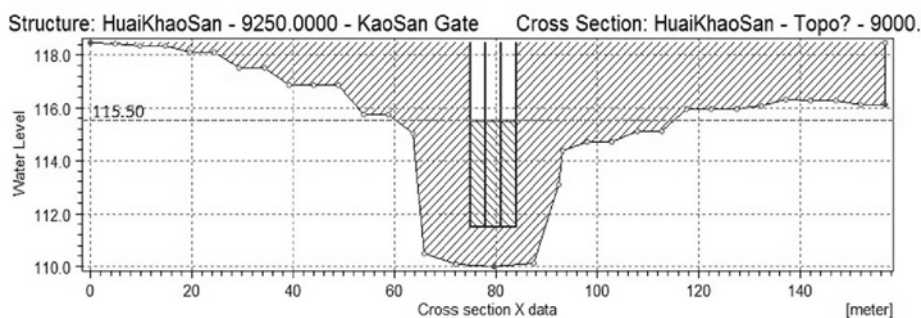
เพื่อพิจารณาผลกระทบของการมีโครงการประตูระบายน้ำห้วยข้าวสารการศึกษานี้ได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 โดยใช้เหตุการณ์ ปี พ.ศ. 2556 ซึ่งเป็นปีที่เกิดน้ำท่วมสูงสำหรับศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำหลากและระดับน้ำท่วมกรณีศึกษามีโครงการประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร

3.5.1 การบริหารจัดการน้ำ โครงการประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร

จากรายงานการศึกษาเบื้องต้นโครงการประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร กรมชลประทาน (2559) มีเกณฑ์บริหารน้ำ โดยมีระดับน้ำเก็บกักอยู่ที่ +115.50 ม.รทก. จึงนำเกณฑ์การบริหารน้ำมาทำการจำลองสถานการณ์น้ำปี พ.ศ. 2556 ในแบบจำลองชลศาสตร์ (MIKE11) ดังต่อไปนี้

- " ระดับน้ำหน้าปตร. น้อยกว่าหรือเท่ากับ +115.50 จะทำการลดบานประตูระบายน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำเก็บกัก
- " ระดับน้ำหน้าปตร. มากกว่า +115.50 จะทำการเพิ่มเปิดบานประตูระบายน้ำ เพื่อระบายน้ำและรักษาระดับน้ำอยู่ที่ระดับเก็บกัก

ตัวอย่างการจำลองประตูระบายน้ำห้วยข้าวสารในแบบจำลอง MIKE11 ดังภาพที่ 10

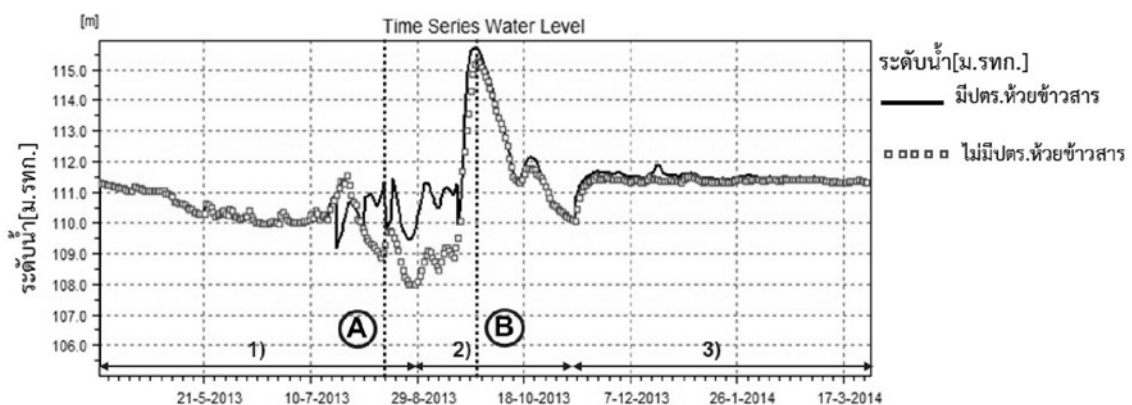


ภาพที่ 10 ปตร.ห้วยข้าวสารในแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11

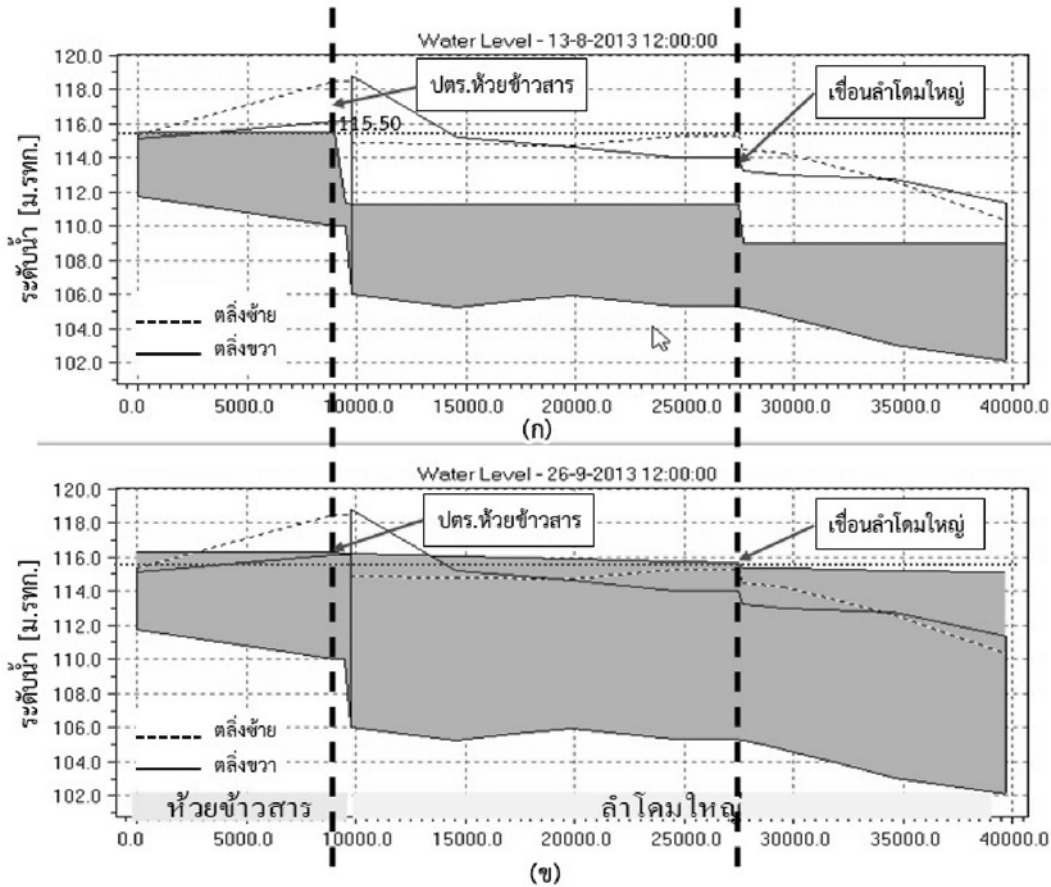
3.5.2 ผลการจำลองผลของประตูระบายน้ำห้วยข้าวสารต่อสถานการณ์น้ำปี พ.ศ. 2556

การศึกษานี้ได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 โดยใช้เหตุการณ์ ปี พ.ศ. 2556 ซึ่งเป็นปีน้ำท่วมสูงสุดประวัติการณ์ สำหรับศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำหลากและระดับน้ำท่วมกรณีศึกษามีโครงการประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร เพื่อพิจารณาผลกระทบของการมีโครงการประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร

ผลการจำลองระดับน้ำดังภาพที่ 11 พบว่าโครงการประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร สามารถเก็บกักน้ำในช่วงน้ำน้อยในห้วยข้าวสารได้เพียงช่วงสั้น ๆ เมื่อพิจารณาจากลักษณะพฤติกรรมการไหลของน้ำจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ในช่วงที่ 1) ช่วงเดือนเมษายน-สิงหาคม เมื่อมีการ operate บาน ระดับน้ำเหนือเขื่อนและท้ายเขื่อนมีระดับแตกต่างกัน โดยระดับน้ำเหนือเขื่อนสูงกว่าท้ายเขื่อน และความแตกต่างระดับน้ำเหนือ-ท้าย เป็นไปตามการควบคุมการเปิด-ปิดบาน โดยรักษาระดับน้ำไม่เกินระดับเก็บกักไม่ให้เกิดผลกระทบก่อนเข้าสู่สภาวะน้ำหลากแต่ในช่วงที่ 3) ช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน-มีนาคม เมื่อปิดบานร้อยเปอร์เซ็นต์ เป็นช่วงฤดูเก็บกักน้ำ ระดับน้ำในกรณีมีและไม่มีประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร ไม่แตกต่างกัน ด้วยอิทธิพลของน้ำที่เอ่อล้นตลิ่งส่วนมากมาจากแม่น้ำสายหลัก ปริมาณน้ำในลำน้ำลำโดมใหญ่สูงถึง 1,227 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ในขณะที่ปริมาณน้ำในห้วยข้าวสารมีอัตราการไหลเท่ากับ 100.00 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ดังผลการจำลองสถานการณ์น้ำปี พ.ศ. 2556 กรณีมีประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร ระดับน้ำสูงสุดเหนือเขื่อนลำโดมใหญ่อยู่ที่ +115.50 ม.รทก. มากกว่าระดับน้ำสูงสุดกรณีสภาพปัจจุบันไม่มีประตูระบายน้ำห้วยข้าวสารอยู่ 0.30 เมตรพิจารณาที่จุด A ช่วงกลางเดือนสิงหาคม ในช่วงที่ยังคงมีปริมาณน้ำทำน้อย และจุด B ช่วงต้นเดือนตุลาคม ในช่วงที่มีปริมาณน้ำทำมาก เมื่อจำลองสภาพการไหลเป็นช่วงลำน้ำบริเวณเหนือและท้ายประตูระบายน้ำห้วยข้าวสารจะแสดงผลออกมาดังภาพที่ 12



ภาพที่ 11 ผลการจำลองระดับน้ำหน้าเขื่อนลำโดมใหญ่กรณีมีและไม่มีประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร



ภาพที่ 12 ผลการจำลองสภาพการไหลตามรูปตัดตามยาวแม่น้ำลำโดมใหญ่และห้วยข้าวสาร
กรณีที่มีประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร
(ก) ช่วงที่มีปริมาณน้ำทำน้อย(ข) ช่วงที่มีปริมาณน้ำท่ามาก

ในภาพที่ 12(ก) แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีประตูระบายน้ำห้วยข้าวสาร ในช่วงที่มีปริมาณน้ำทำน้อย ประตูระบายน้ำสามารถทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีระดับเก็บกักอยู่ที่ +115.50 ม.รทก. ส่วนภาพที่12(ข) ณ ช่วงที่มีปริมาณน้ำท่ามาก ประตูระบายน้ำห้วยข้าวสารไม่สามารถช่วยบรรเทาน้ำท่วมในแม่น้ำลำโดมใหญ่ได้ เพราะอิทธิพลน้ำท่วมจากเขื่อนลำโดมใหญ่ที่ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำ ณ จุดหัวงานประตูระบายน้ำห้วยข้าวสารจะสูงประมาณ +116.50 ม.รทก.โดยสูงกว่าระดับตลิ่ง (+116.00 ม.รทก.) ประมาณ 0.50 เมตร

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11เพื่อจำลองสถานการณ์น้ำในแม่น้ำลำโดมใหญ่และลำห้วยข้าวสารเพื่อศึกษาว่าการไหลของน้ำจากห้วยข้าวสารลงสู่ลำโดมใหญ่ส่งผลให้เกิดผลกระทบน้ำท่วมในแม่น้ำลำโดมใหญ่มากน้อยเพียงใดโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองกรณีมีโครงการประตูระบายน้ำบริเวณ

ปากลำห้วยข้าวสารผลแสดงให้เห็นว่าโครงการประจําการระบายน้ำห้วยข้าวสารสามารถเก็บกักน้ำในช่วงน้ำน้อยได้ดีในช่วงเดือนเมษายน-เดือนสิงหาคมในขณะที่ช่วงฤดูเก็บกักน้ำเดือนพฤศจิกายน-มีนาคม ระดับน้ำในลำห้วยข้าวสารได้รับอิทธิพลของน้ำเทือกจากเขื่อนลำโดมใหญ่เท่ากับระดับเก็บกักของเขื่อนลำโดมใหญ่อยู่ที่ระดับ +111.00 ม.รทก. โดยประมาณ ส่วนสำหรับกรณีเหตุการณ์อุทกภัย ปี พ.ศ.2556 โครงการประจําการระบายน้ำห้วยข้าวสารไม่สามารถช่วยลดผลกระทบระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมในแม่น้ำลำโดมใหญ่ได้ เนื่องจากปริมาณน้ำในห้วยข้าวสารมีอัตราการไหลเท่ากับ 25.00 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ในขณะที่ปริมาณน้ำส่วนใหญ่มาจากแม่น้ำลำโดมใหญ่ซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลัก โดยมีอัตราการไหล 1,227 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ระดับน้ำในแม่น้ำลำโดมใหญ่จะเอ่อล้นตลิ่ง และเทอมาถึงลำห้วยข้าวสาร ส่งผลให้ลำห้วยข้าวสารมีระดับน้ำท่วมเอ่อล้นตลิ่ง การระบายน้ำปกติจะไม่สามารถควบคุมบานเพื่อช่วยชะลอน้ำที่ไหลลงสู่แม่น้ำลำโดมใหญ่ได้ จึงสรุปได้ว่า ลำห้วยข้าวสารไม่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมในแม่น้ำลำโดมใหญ่

ดังนั้นกรณีหากจะมีการก่อสร้างโครงการประจําการระบายน้ำในลำห้วยข้าวสาร ควรเลื่อนที่ตั้งให้ห่างจากจุดบรรจบทั้งสองลำน้ำ เพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลการเก็บกักน้ำของเขื่อนลำโดมใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษานี้มีข้อจำกัดทางด้านข้อมูล ได้ทำการจำลองลำห้วยข้าวสารเพียงแค่ระยะทาง 10 กิโลเมตรเท่านั้น จึงควรมีการสำรวจข้อมูลรูปตัดลำน้ำห้วยข้าวสารเพิ่มเติม และติดตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำที่ห้วยข้าวสารเพื่อให้การจำลองสถานการณ์แบบจำลองชลศาสตร์มีความสมบูรณ์มากขึ้น รวมถึงทบทวนวัตถุประสงค์ของโครงการให้สอดคล้องกับสภาพจริง ให้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการบริหารจัดการน้ำทั้งน้ำท่วมและน้ำแล้งให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กรมอุตุฯ กรมชลประทาน สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า ระดับน้ำ อัตราการระบายน้ำ รูปตัดลำน้ำในแม่น้ำลำห้วยข้าวสาร



บรรณานุกรม

- กฤษณ์ ศรีวรมาศ และฤกษ์ชัย ศรีวรมาศ. (2548). การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางชลศาสตร์สำหรับการทำนายระดับน้ำและอัตราการไหล กรณีศึกษาลำน้ำมูลบริเวณอำเภอมือเมือง จังหวัดอุบลราชธานีในการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10 พัทยา.
- เชวงศักดิ์ ฤทธิรอด.(2547). การศึกษาสภาพน้ำท่วมและมาตรการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะโคงงโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมทรัพยากรน้ำมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประกอบ วิโรจนกฤษ และฤกษ์ชัย ศรีวรมาศ. (2543).คุณสมบัติการไหลของน้ำท่าจากลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานการวิจัย ศูนย์วิจัยทรัพยากรน้ำ. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ภานุพงศ์ เทพสมบัติ และปรัชญาพล ไททอง. (2550). การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระต่อระดับน้ำ โดยการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ด้วยแบบจำลอง Info Works RS. โครงการวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- Chow VenTe. (1998). Applied Hydrology. New York :McGraw-Hill Book.
- Aronica G. (2002). A Regional Methodology for Deriving Flood Frequency Curve (FFC) in Partially Gauged Catchments with Uncertain Knowledge of Soil Moisture Conditions. Dipartimento di Costruzione e Tecnologie Avanzate. Universitadi Messina:Italy.
- Danish Hydraulic Institute and Asian Institute of Technology. Flood modeling in the Chi-Mun river basin, Journal of the Hydraulics Division. Search March 15, 1999, from <http://www.dhi.dk/project/thailand/chimun/chimun.htm>.
- Danish Hydraulic Institute. (1992). MIKE11 Reference Manual. Horsholm. p. 469.

การวิบัติลาดไหล่เขาแบบระนาบบริเวณฐานยันฝั่งขวาเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน
จังหวัดพิษณุโลก

Plane failure on right abutment slope of Kwai Noi Bamrung Dan dam,
Phitsanulok

ถิรวุฒิ ณ ลำปาง

Mr. Tirawut Na Lampang

ฝ่ายวิศวกรรม ส่วนธรณีวิทยา สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน

Geology division, Office of topographical and geotechnical survey,

Royal Irrigation Department

E-mail address: jernridman@gmail.com

บทคัดย่อ

การเลื่อนตัวลาดไหล่เขาบริเวณฐานยันฝั่งขวาโครงการเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน ทำให้เกิดความเสียหายปรากฏบนลาดไหล่เขา และมีความจำเป็นต้องทำการออกแบบป้องกันการการเลื่อนตัวบริเวณลาดไหล่เขา เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการออกแบบปรับปรุงลาดไหล่เขา จึงได้มีการสำรวจขอบเขตความเสียหายที่เกิดขึ้น การสำรวจธรณีวิทยาและธรณีเทคนิค โดยการศึกษาลำดับชั้นหินธรณีโครงสร้าง แ่งหินตัวอย่างจากหลุมเจาะ 11 หลุม และการวิเคราะห์การเลื่อนตัวและเสถียรภาพลาดไหล่เขาโดยวิธีการ Kinematic, RMR และ SMR ผลการสำรวจบริเวณลาดไหล่เขาที่มีความเสียหายที่เกิดจากการเลื่อนตัวมีพื้นที่ประมาณ 28,000 ตารางเมตร การเลื่อนตัวยังทำให้ Shotcrete และท่อระบายน้ำที่ป้องกันลาดไหล่เขาเกิดการปริแตกและหลุดออกมา พบน้ำซึมออกมาตามรอยปริแตกและเกิด Traverse crack บริเวณบนหน้าลาดไหล่เขาที่เป็นหน้าดินที่ไม่ถูกป้องกันลาดไหล่เขา ชั้นดินเลื่อนเหลื่อมออกจากกันประมาณ 1 เมตร รางระบายน้ำคอนกรีตที่อยู่ระหว่างฐานยันฝั่งขวาและตัวเขื่อนตีบเข้าหากัน ลักษณะธรณีวิทยา หินในพื้นที่โครงการเป็นหินตะกอนอายุ Jurassic ชุดหินเสาซัว กลุ่มหินโคราช ประกอบด้วยหินทรายสลับกับหินทรายแป้ง หินทรายแป้งแสดงการแตกแบบ Slaking และแสดงลักษณะชั้นหินคดโค้ง ระบายการวางตัวมีมุมเอียงเทต่ำ แ่งหินตัวอย่างจากหลุมเจาะบนหน้าลาดไหล่เขาพบชั้นดินแทรกระหว่างหน้าหินในภาพตัด 2 มิติ และ 3 มิติ พบว่ามีความต่อเนื่อง มวลหินที่เลื่อนตัวมีมุมเอียงเทน้อยเข้าหาสันเขื่อน ชั้นดินที่แทรกระหว่างหน้าหินนี้ทำให้ค่ามุมเสียดทานระหว่างหน้าหินลดลงมีศักยภาพการเลื่อนตัว เมื่อเทียบกับค่าความต้านทานไฟฟ้าพบว่า บริเวณที่มีศักยภาพการเลื่อนตัวที่พบในหลุมมีค่า Low ถึง Very low resistivity ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความชื้นสูงหรือเป็นระดับน้ำที่ไหลผ่านชั้นหิน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจ



ความเสียหายที่มีน้ำปรากฏตามรอยแตกของ Shotcrete แบบจำลอง 3 มิติ และผลการวิเคราะห์ Kinematic แสดงการวิบัติแบบ Plane failure ผลการวิเคราะห์ RMR เป็น IV - Poor rock และ SMR เป็น Class Va ลักษณะลาดไหล่เขาไม่เสถียร ควรพิจารณาชุดเปิดใหม่ ติดตั้งและทำระบบระบายน้ำใหม่ ติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวบริเวณลาดไหล่เขา และอุปกรณ์ป้องกันลาดไหล่เขา อาทิ shotcrete, dental concrete, ribs and/or beam toe wall ตามความเหมาะสม

คำสำคัญ: *Plane failure, Rock slaking, Kinematic analysis, Rock mass rating (RMR), Slope mass rating (SMR)*

Abstract

Slope failure appeared at the right abutment slope of Kwai Noi Bamrung Dan dam. The slope damaged have to repair and reconstruction. Geological and geotechnical data are essential to slope protection and repair procedure. Therefore, investigations are composed of study regional rock stratigraphy, rock structure, study core samples from drill 11 holes and slope stability analysis include Kinematic, RMR and SMR methods. Thus, preliminary investigations have found slope failure occurred between rock strata which illustrated slope displacement. Slope face appears extensive damage area approximately 28,000 square meters. Moreover, slip depleted mass caused to shotcrete rupture. Partial slope, drain pipes and rock bolts separated from slope face. Horizontal drain holes break down. Underground water has been leaked from shotcrete rapture. Traverse crack appeared on partially top soil adjacent to highest parts of main scarp which have overlap spacing approximately 1 meter. Lined slope surface drain to collect run-off between slope face and dam crest was constricted from depleted mass. Furthermore, rocks in study area is Jurassic sedimentary rocks of the Sao Khua formation which is member of the Khorat group. Consequently, this formation is composed of sandstone interbedded with siltstone which shows the slaking phenomenon. Also, rock structure reveal folding and bedding present low dipping angles. In addition, core samples unveil clay material between rock strata which can be correlated in each other drill holes on slope face in 2D geological profiles and 3D modeling. These result presents continuum of clay material layers. Therefore, these evidences are estimated cause to loss friction angle between rock strata which has potential of slip planes. Depleted mass exhibit low tilt angle incline to dam. Besides, resistivity profiles illustrate low to very low resistivity

under slip planes that indicates moisture or ground water level. Kinematic analysis result demonstrates daylight envelop plane failure. Not only RMR result is categorized into class IV - poor rock but also SMR result is classified into Class Va. These results are indicated that slope unstable of plane failure. Consequently, recommendation concerning the reconstruction slope, installing drain system, movement monitoring tools, and consider protection instruments such as shotcrete, dental concrete, ribs and/or beam toe wall.

Key words: Plane failure, Rock slaking, Kinematic analysis, Rock mass rating (RMR), Slope mass rating (SMR)

1. บทนำ

ปัญหาการเลื่อนตัวลาดไหล่เขาบริเวณฐานยันฝั่งขวาเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน จังหวัดพิษณุโลก ทำให้โครงสร้างเพื่อป้องกันการพังทลายลาดไหล่เขาเกิดความเสียหายขึ้น เพื่อหาวิธีแก้ไขปัญหาการเลื่อนตัวและการออกแบบปรับปรุงลาดไหล่เขาจึงต้องทราบถึงลักษณะการเลื่อนตัวของชั้นหินที่รองรับลาดไหล่เขาสาเหตุที่ทำให้ค่ามุมเสียดทานระหว่างชั้นหินลดลง ลักษณะและทิศทางการวางตัวของมวลหินที่เกิดการเลื่อนตัว ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้กำหนดวิธีการศึกษาแบ่งออกเป็น ศึกษาสำรวจความเสียหายที่เกิดการเลื่อนตัว ศึกษาธรณีวิทยาและธรณีเทคนิคเพื่อศึกษาลำดับชั้นหิน ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้าง ศึกษาแห่งหินตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ 11 หลุม ครอบคลุมบริเวณลาดหน้าลาดไหล่เขา และการศึกษาวิเคราะห์เสถียรภาพลาดไหล่เขาโดยวิธี Kinematic (Markland, 1972) บริเวณหน้าลาดไหล่เขาที่เกิดการเลื่อนตัวเพื่อหาลักษณะและทิศทางการเลื่อนตัว การวิเคราะห์ Rock Mass Rating; RMR (Bieniawski, 1976, 1989) และ Slope Mass Rating; SMR (M. Romana, 1985; M. Romana, Serón, & Montalar, 2003; Manuel Romana, Tomás, & Serón, 2015) เพื่อจัดสภาพหินหน้าลาดไหล่เขา ลักษณะการเกิดการวิบัติ เพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบปรับปรุงลาดไหล่เขา

2. วัตถุประสงค์การศึกษาการวิบัติลาดไหล่เขา

1. ศึกษาความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณลาดไหล่เขาจากการเลื่อนตัวของระนาบหิน
2. ศึกษาลักษณะธรณีวิทยาของหินบริเวณพื้น
3. ศึกษาสาเหตุการเกิดการเลื่อนตัวในชั้นหิน
4. ศึกษาวิเคราะห์ลักษณะการเลื่อนตัวและเสถียรภาพของลาดไหล่เขาโดยใช้วิธี Kinematic, RMR และ SMR เบื้องต้นเพื่อเป็นข้อเสนอแนะในการออกแบบปรับปรุงลาดไหล่เขา

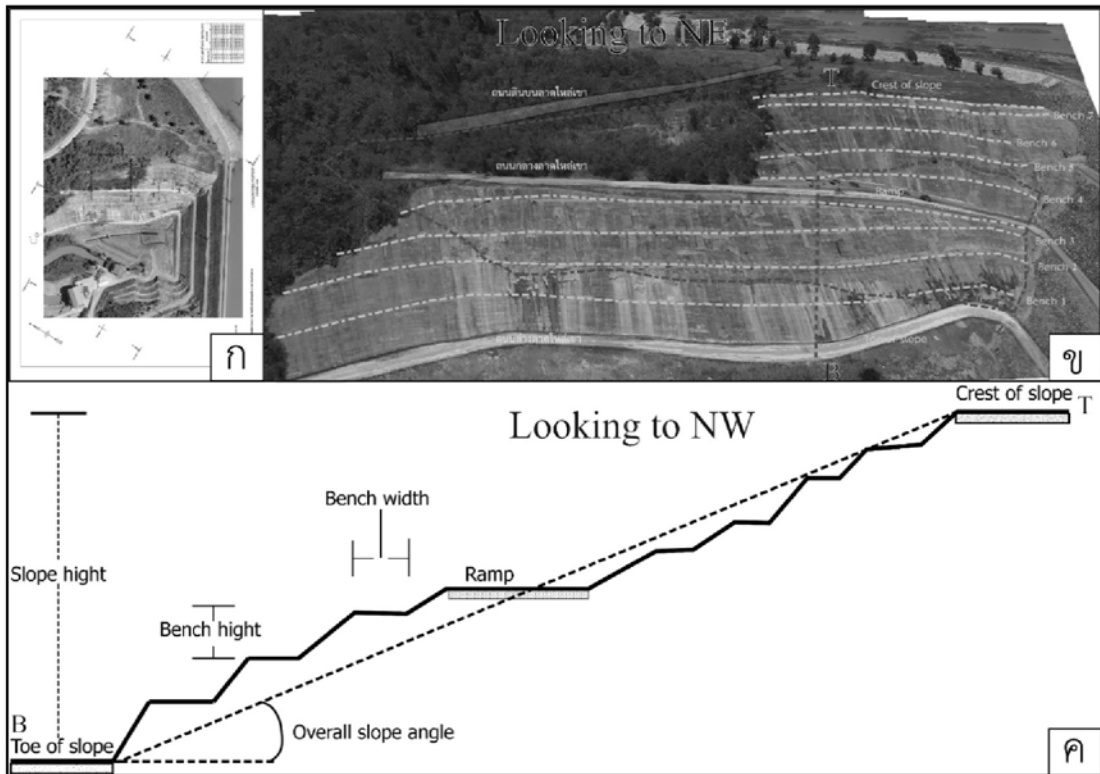


3. วิธีการศึกษา

1. การใช้ภาพถ่ายทางอากาศและการเดินสำรวจความเสียหายนำมาประเมินความเสียหายที่ปรากฏ
2. สำรวจหินโพล์และเจาะสำรวจหน้าลาดไหล่เขา
3. ศึกษาแท่งหินตัวอย่างเพื่อหาชั้นวัสดุที่เป็นสาเหตุการเกิดการเลื่อนตัวและการเชื่อมโยงในเชิงของระนาบพื้นที่ ความต่อเนื่องในระนาบหน้าหินที่เกิดการเลื่อนตัว และลักษณะการเลื่อนตัว
4. ศึกษาวิเคราะห์ลักษณะการเลื่อนตัวและเสถียรภาพของลาดไหล่เขาโดยใช้วิธี Kinematic (ลักษณะและทิศทางการเลื่อนตัว) RMR และ SMR (ลักษณะหินหน้าลาดไหล่เขาและข้อเสนอแนะการออกแบบป้องกัน)

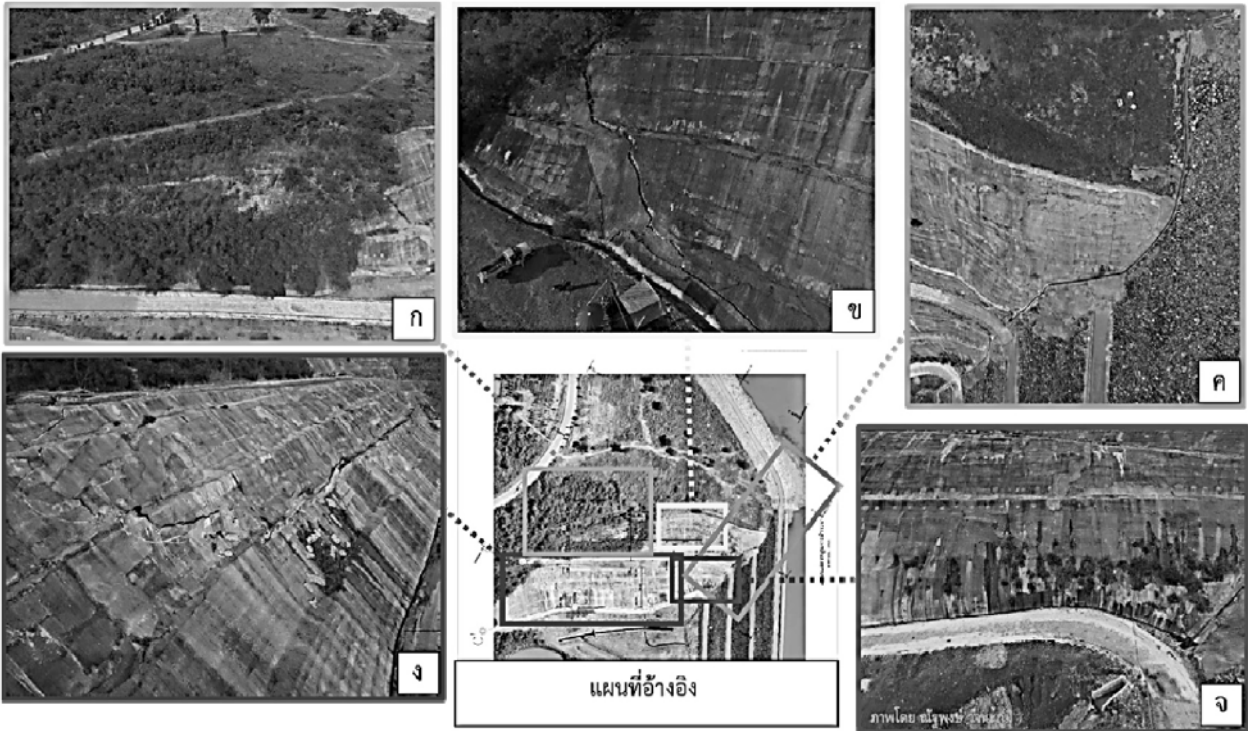
4. การสำรวจความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณลาดไหล่เขา

กระบวนการสำรวจความเสียหายบริเวณลาดไหล่เขามีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อนำมาประกอบ การประเมินการปรับปรุง โดยการสำรวจความเสียหายโดยรวมจากภาพถ่ายทางอากาศ และการเดินสำรวจความเสียหาย เพื่อนำผลที่ได้มาสรุปความเสียหายที่ปรากฏบนหน้าลาดไหล่เขาขอบเขตความเสียหาย มีการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศโดย ส่วนสำรวจทำแผนที่ภาคพื้นดิน (2561) นำผลที่ได้มา คำนวณพื้นที่ความเสียหาย แสดงความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการบินสำรวจ (รูปที่ 1ก) ความเสียหายจากการเลื่อนตัวกินพื้นที่ ประมาณ 28,000 ตารางเมตร (พื้นที่สีแดงในรูปที่ 1ข) และได้ทำการจำลองหน้า ลาดไหล่เขาเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ (Wyllie & Mah, 2004) โดยรวมตามแนวตัดขวาง T-B (รูป ที่ 1ข และรูปที่ 1ค) ลาดไหล่เขาปรากฏถนนทั้งหมด 3 เส้นตัดผ่านเรียงลำดับจากล่างขึ้นบน ประกอบด้วยถนนเส้นล่างลาดไหล่เขาเป็นโครงสร้าง Toe of slope และมี Bench 1-3 ระดับจนถึงถนนส่วน กลางลาดไหล่เขาเป็น Ramp ถัดมาเป็น Bench 4-7 และถนนดินด้านบนลาดไหล่เขาเป็น Crest of slope บริเวณที่ปรากฏปัญหาจากการเลื่อนตัวของฐานยันฝังขาวอยู่ระหว่าง Toe of slope ถึง Bench 6 และบริเวณชั้นดินด้านบนลาดไหล่เขาที่ไม่ถูกออกแบบป้องกัน โดยมีมุมชันในแต่ละ Bench แตกต่าง กันออกไปอยู่ในช่วง rise: run คัดมุมเฉลี่ยรวม (Overall slope angle) ลาดไหล่เขาประมาณ 22.9° คัด เป็น rise: run ประมาณ 1: 2.36



- รูปที่ 1** ภาพถ่ายการเคลื่อนตัวของฐานยันฝั่งขวา ก) ภาพถ่ายทางอากาศ (ส่วนสำรวจทำแผนที่ภาคพื้นดิน สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน, 2561)
- ข) ภาพถ่ายความเสียหายที่เกิดขึ้นบนลาดไหล่เขา แสดงพื้นที่เกิดการเคลื่อนตัว (พื้นที่ภายในเส้นประสีแดงประมาณ 28,000 ตารางเมตร) (คัดลอกและดัดแปลงจาก ญัฐพงษ์ วัจนะภูมิ, 2561)
- ค) รูปตัดลาดไหล่เขาฐานยันฝั่งขวาที่เกิดการเคลื่อนตัวแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ถนนล่างลาดไหล่เขา (Toe of slope) คั่นระหว่างถนนกลางลาดไหล่เขา (Ramp) จนถึงถนนบนลาดไหล่เขา (Crest of slope)

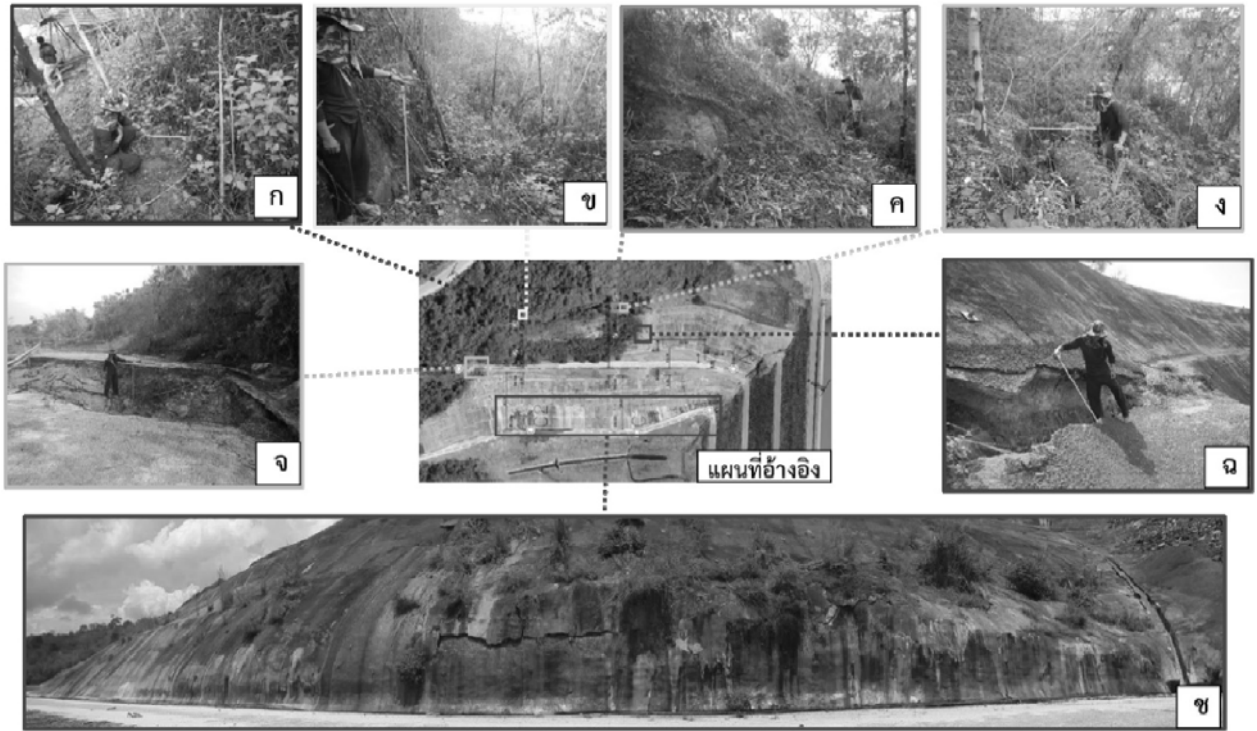
การใช้อากาศยานไร้คนขับบินถ่ายภาพความเสียหายบนลาดไหล่เขา พบว่าบริเวณพื้นที่ด้านเหนือของลาดไหล่เขา (รูปที่ 2ก) เกิด Transverse cracks และบริเวณ Bench 4 - Bench 6 เกิดรอยแตกเฉียงตัด Shotcrete บริเวณหน้าลาดไหล่เขา (รูปที่ 2ข) บริเวณรางระบายน้ำที่อยู่ระหว่างฐานยันฝั่งขวาและสันเขื่อนเกิดการตีบเข้าหากันจากการเกิดการเคลื่อนตัว (รูปที่ 2ค) เมื่อบินสำรวจจากด้านท้ายน้ำเข้าหาเขื่อนพบรอยแตกบน Shotcrete บริเวณ Bench 2 - Ramp มีน้ำซึมออกมาตามรอยแตก และบริเวณ Bench 1 - Bench 3 (รูปที่ 2จ) มีน้ำไหลออกจากรอยแตกและมีวัชพืชขึ้นปกคลุมบริเวณรอยแตก



รูปที่ 2 รายละเอียดการบิ่นสำรวจรอยแตกบริเวณลาดไหล่เขาฐานยันฝั่งขวา

ก) การเกิด Traverse crack บริเวณชั้นดิน ข) รอยแตกเฉียงบน Shotcrete บริเวณ Bench 4 - Bench 6 ค) รางระบายน้ำที่อยู่ระหว่างฐานยันฝั่งขวาและสันเขื่อนเกิดการตีบเข้าหากัน รูป ง Shotcrete บริเวณ Bench 2 - Ramp มีน้ำซึมออกมาตามรอยแตก จ) น้ำไหลออกจากรอยแตกและมีวัชพืชขึ้นปกคลุมบริเวณรอยแตกบริเวณ Bench 1 - Bench 3

การเดินสำรวจความเสียหายบริเวณชั้นดินที่ไม่มีการออกแบบป้องกันลาดไหล่เขาเกิด Transverse crack แยกออกจากกันวัดได้ ประมาณ 0.3 เมตร ยาวประมาณ 5 เมตร (รูปที่ 3ก) และพบชั้นดินทรุดลงจากชั้นดินเดิมประมาณ 1 เมตร เป็นแนวยาวต่อเนื่องบนหน้าลาดไหล่เขาที่เป็นชั้นดิน (รูปที่ 3ข และรูปที่ 3ค) บริเวณใกล้กับลาดไหล่เขาที่ถูกออกแบบป้องกัน เกิด Traverse crack กว้างประมาณ 0.3 เมตร (รูปที่ 3ง) เมื่อทำการเดินสำรวจถนนกลางลาดไหล่เขาในส่วนโครงสร้าง Ramp เกิดการทรุดตัวลงห่างกันประมาณ 1 เมตร ยาวต่อเนื่องจากขอบลาดไหล่เขาลงไปยังล่างลาดไหล่เขา (รูปที่ 3จ) และเกิดรอยแยกบริเวณ Bench 5 ฉีก Shotcrete ออกจากกันประมาณ 1 เมตร (รูปที่ 3ฉ) บริเวณถนนล่างลาดไหล่เขาระหว่างส่วน Toe of slope และ Bench 1 (รูปที่ 3ช) เกิดการแตกออกมีน้ำซึมออกมาและมีวัชพืชปกคลุมตามรอยแตก และมีคราบสนิมเหล็กซึมออกมา มีปริมาณการไหลที่เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าใกล้แนวสันเขื่อน น้ำไหลออกมาจากท่อระบายน้ำ



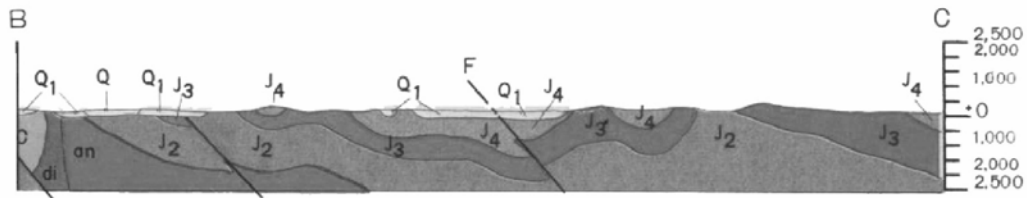
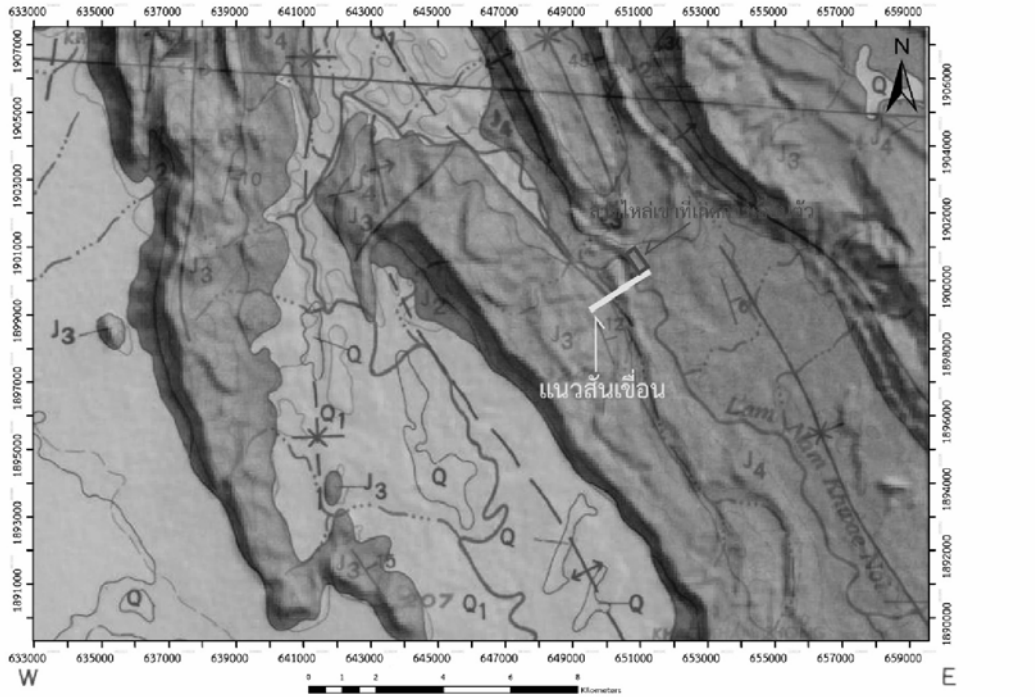
รูปที่ 3 ความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณที่ป้องกันลาดไหล่เขา ก) เกิด Transverse cracks ประมาณ 0.3 เมตร ข) รอยเหลี่ยมของผิวลาดไหล่เขาประมาณ 1 เมตร ค) รอยเหลี่ยมกันระหว่างหน้าลาดไหล่เขาประมาณ 1 เมตร ง) เกิด Transverse cracks ประมาณ 0.3 เมตร จ) ผิวถนนกลางลาดไหล่เขา เลื่อมออกจากกันประมาณ 1 เมตร ฉ) การเลื่อมกันหน้า Shotcrete บริเวณ Bench 5 ประมาณ 1 เมตร ช) น้ำใต้ดินไหลออกจากหน้า shotcrete ที่แตกระหว่าง Bench 1 และถนนเส้นล่างลาดไหล่เขา (แผนที่อ้างอิงจัดทำโดย ส่วนสำรวจทำแผนที่ภาคพื้นดิน สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน, 2561)

5. การสำรวจทางธรณีวิทยา

การสำรวจธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษามีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อทราบลักษณะชุดหินในพื้นที่โครงการที่เกิดการเลื่อนตัว ลักษณะโครงสร้างของชุดหิน ตลอดจนการจะศึกษาแท่งหินตัวอย่างเพื่อหาชั้นที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเลื่อนตัว โดยการสำรวจธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือการสำรวจธรณีวิทยาพื้นผิว และการสำรวจธรณีวิทยาโดยการเจาะสำรวจเพื่อศึกษาแท่งหินตัวอย่าง

5.1 การสำรวจธรณีวิทยาพื้นผิว

การศึกษาลักษณะธรณีวิทยาที่ปรากฏในพื้นที่โครงการที่มีผลต่อการเลื่อนตัว เพื่อหาชุดหินที่ทำให้เกิดการเลื่อนตัว โครงสร้างการวางตัวในพื้นที่ โดยเมื่อศึกษาจากแผนที่ธรณีวิทยา (Department of mineral resources, 1974) ในพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 4) บริเวณที่เกิดปัญหาการเลื่อนตัวตั้งอยู่บนหมวดหินเสาขัว (Sao Khua) จัดอยู่ใน กลุ่มหินโคราช (Khorat group)



LEGEND	DISCRIPTION	FORMATION	GROUP	AGE
Q	= River Gravel, Sand, Silt, Clay and Mud			Holocene
Q ₁	= Terrace Gravel, Sand, Silt and Clay		MAE TANG	Pleistocene
UNCONFORMITY				
J ₄	= Sandstone; Siltstone; Shale, fine grained, well-bedded, reddish brown, Cross-laminated.	SAO KHUA		
J ₃	= Conglomerate; Sandstone, fine to coarse grained; Shale; reddish brown to pinkish white, cross-bedded and ripple marked.	PHRA WIHAN	KHORAT	Jurassic
J ₂	= Sandstone; fine grained; Siltstone; Shale; well-bedded reddish brown, fissile.	PHU KRADUNG		
UNCONFORMITY				
an	= Andesite			
di	= Diorite			Triassic
UNCONFORMITY				
C	= Rhyolite, Andesite, tuff, agglomerate; Conglomerate, Sandstone, Shale, Slate, Chert beds; limestone, massive to well bedded, recrystallized, light grey to pinkish		MEA THA	Carboniferous

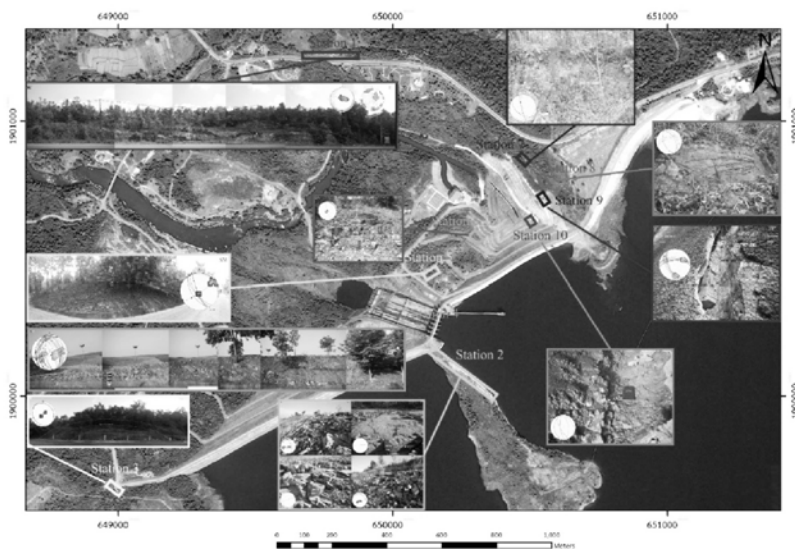
รูปที่ 4 แผนที่ธรณีวิทยาในพื้นที่โครงการ
(คัดลอกและดัดแปลงจาก Department of mineral resources, 1974)

5.1.1 หมวดหินเสาขัว

หมวดหินเสาขัว (Ward & Bunnag, 1964) เป็นหมวดหินที่จัดอยู่ในกลุ่มหินโคราช ประกอบด้วยหินทรายแป้งประมาณร้อยละ 60 - 70 มีสีน้ำตาลแกมแดง และบั้งสีเทา ที่เหลือประมาณ ร้อยละ 30 - 40 เป็นหินทราย สีแดงอ่อน เม็ดขนาดเล็กถึงละเอียดมากมีชั้นกรวดปน และหินชนิดอื่นที่พบในหมวดหินเสาขัวคือ หินโคลน หินกรวดมนกระเปาะปูน สีน้ำตาลแกมแดง สีเทาแกมเขียว หมวดหินเสาขัวแบ่งออกเป็น 3 หน่วย ดังนี้ หน่วย A อยู่บนสุดประกอบด้วย หินดินดานกับหินทรายแป้งสีแดงถึงสีม่วง และหินทรายสีม่วงแกมเทา เนื้อเม็ดขนาดละเอียดถึงปานกลาง หน่วยหิน B ประกอบด้วย หินทรายเป็นส่วนใหญ่มีหินกรวดมนกับหินดินดานบ้างเล็กน้อย หินทรายมีเนื้อเม็ดขนาดละเอียดถึงปานกลาง สีเทาแกมขาว สีเทา พบเศษซากต้นไม้ แร่ทองแดง และยูเรเนียม หน่วยหิน C ประกอบด้วย หินดินดานและหินทรายแป้ง สีแดงถึงม่วง สลับกับหินทราย สีแดงม่วง ชมพู และสีแดงแกมเทา (Hahn, 1982) ชั้นหินสลับกันแบบ cycles มีความหนาอยู่ระหว่าง 200 - 760 เมตร (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

5.1.2 ธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่โครงการ

การสำรวจหินโผล่ที่พบในพื้นที่โครงการทั้งหมด 10 จุดสำรวจ (10 Station) แสดงในรูปที่ 5 หมวดหินเสาขัวในพื้นที่โครงการปรากฏเป็นหินทรายสีเทา เนื้อเม็ดขนาดละเอียดถึงปานกลาง และพบหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง แสดงชั้นหินคดโค้งแบบ Open folds มีแกนการวางตัวแนวเหนือ - ใต้ และทิศทางการวางตัวของแกนชั้นหินคดโค้งบิดออกไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือเล็กน้อย มีรูปแบบแนวแตก 4 แบบ แนวแตกที่มีระนาบเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้พบ Overturn folds แสดงการ Thrust จะด้านตะวันตกไปยังด้านตะวันออก และชั้นหินคดโค้งแบบ Chevron folds มีแกนวางตัวตามแนวตะวันตกเฉียงเหนือตะวันออกเฉียงใต้ปรากฏการวางตัวระนาบหินในพื้นที่วางตัวตามแนวตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ เอียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือทำมุม 5° - 12° พบการแตกแบบ Slaking ของหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง



รูปที่ 5 จุดสำรวจหินโผล่ในบริเวณโครงการ 10 จุดสำรวจ Station 1 - Station 10



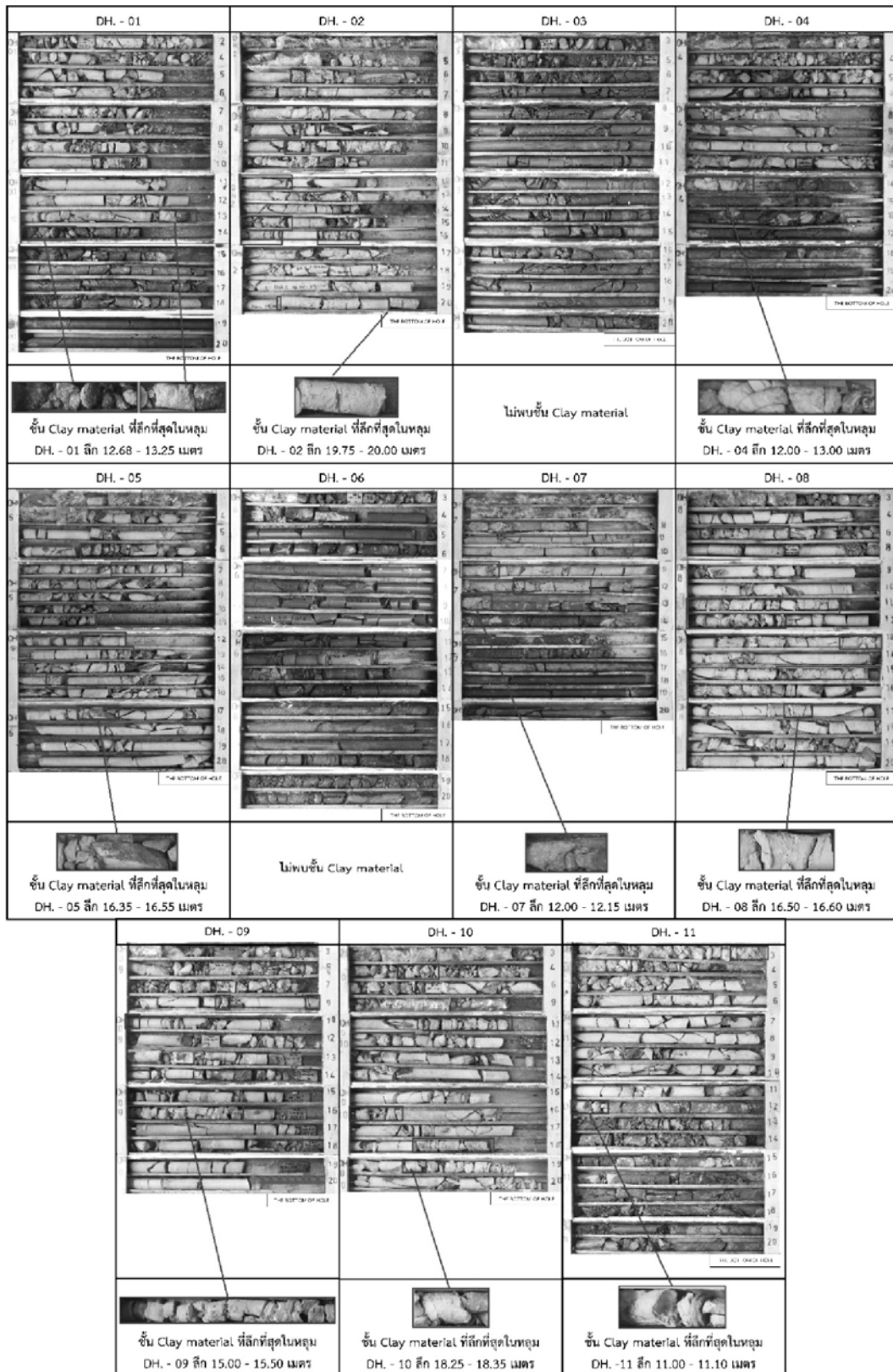
5.2 ผลการสำรวจธรณีวิทยาและการสำรวจความต้านทานไฟฟ้า

การเจาะสำรวจทางธรณีวิทยา (กองวิทยาการธรณี, 2558) เป็นการสำรวจใต้ผิวดินโดยใช้เครื่องเจาะ (Rotary drilling machine) เจาะเก็บตัวอย่างแท่งหิน และสำหรับการสำรวจและเก็บตัวอย่างในชั้นดิน (ASTM D1586, 2011) รวมทั้งการทดสอบการรั่วซึมของน้ำในชั้นหิน (Houlsby, 1992; Lugeon, 1933; U.S. Bureau of Reclamation, 1960) โดยได้กำหนดตำแหน่งหลุมเจาะไว้ทั้งหมด 11 หลุม (DH.01 - DH.11) เพื่อศึกษาตัวอย่างแท่งหิน (Association of Professional Geological Scientists, 1977) ที่ปรากฏชั้นวัสดุที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเลื่อนตัวบริเวณลาดไหล่เขา ในการเจาะสำรวจได้วางหลุมเจาะไว้ทั้งหมด 11 หลุม (รูปที่ 6) มีความลึกหลุมละ 20 เมตร ทำการศึกษาแท่งหินตัวอย่างที่เจาะเก็บได้ในแต่ละหลุมเพื่อนำมาทำรูปตัดขวางธรณีวิทยาฐานราก 2 มิติ

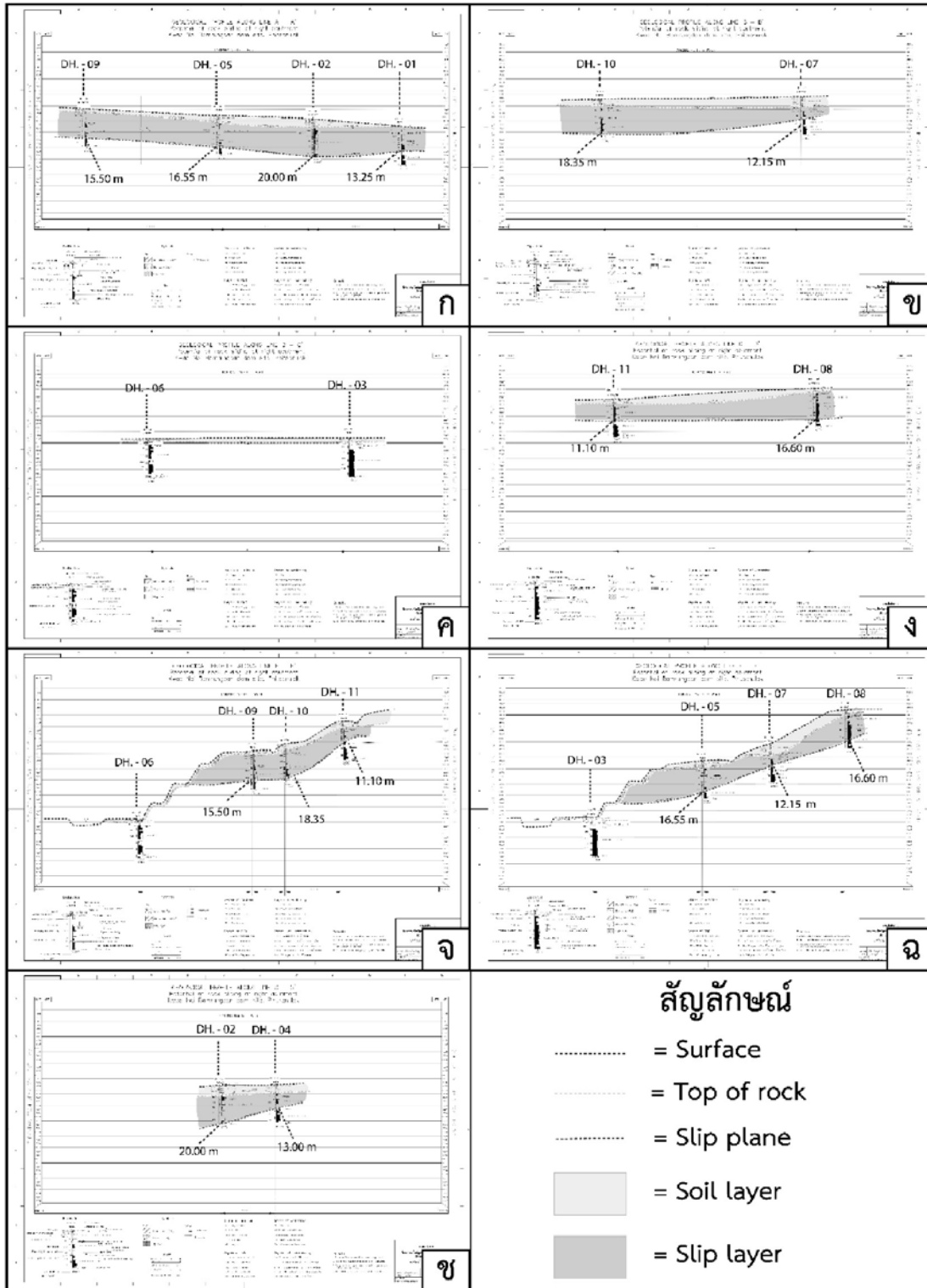


รูปที่ 6 แผนที่แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจธรณีวิทยาจำนวน 11 หลุม (DH. - 01 ถึง DH. - 11) และรูปตัดธรณีวิทยาลาดไหล่เขาแนว A - A', B - B', C - C', D - D', E - E', F - F' และแนว G - G' (แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศตัดลอกและดัดแปลงจาก ส่วนสำรวจทำแผนที่ภาคพื้นดิน, 2561)

แท่งหินตัวอย่างที่เจาะเก็บได้ทั้งหมด 11 หลุม (รูปที่ 7) ยกเว้นหลุมเจาะสำรวจ DH. - 03 และ หลุมเจาะ DH. - 06 ทุกหลุมปรากฏชั้นดิน (Clay material) แทรกอยู่ระหว่างชั้นหิน ชั้นดินที่พบในแท่งหินตัวอย่างที่เจาะได้แทรกอยู่ระหว่างหน้าหินและส่งผลโดยตรงต่อค่ามุมเสียดทานระหว่างหน้าหินทำให้เกิดการเลื่อนตัวบนหน้าลาดไหล่เขา เพื่อการศึกษาลักษณะการเลื่อนตัวจึงทำการทำรูปตัดธรณีวิทยา 2 มิติ ตามแนวหลุมเจาะทั้งหมด 7 แนว (รูปที่ 8) ประกอบด้วยแนว A - A' (รูปที่ 8ก), B - B' (รูปที่ 8ข), C - C' (รูปที่ 8ค), D - D' (รูปที่ 8ง), E - E' (รูปที่ 8จ), F - F' (รูปที่ 8ฉ) และแนว G - G? (รูปที่ 8ช)

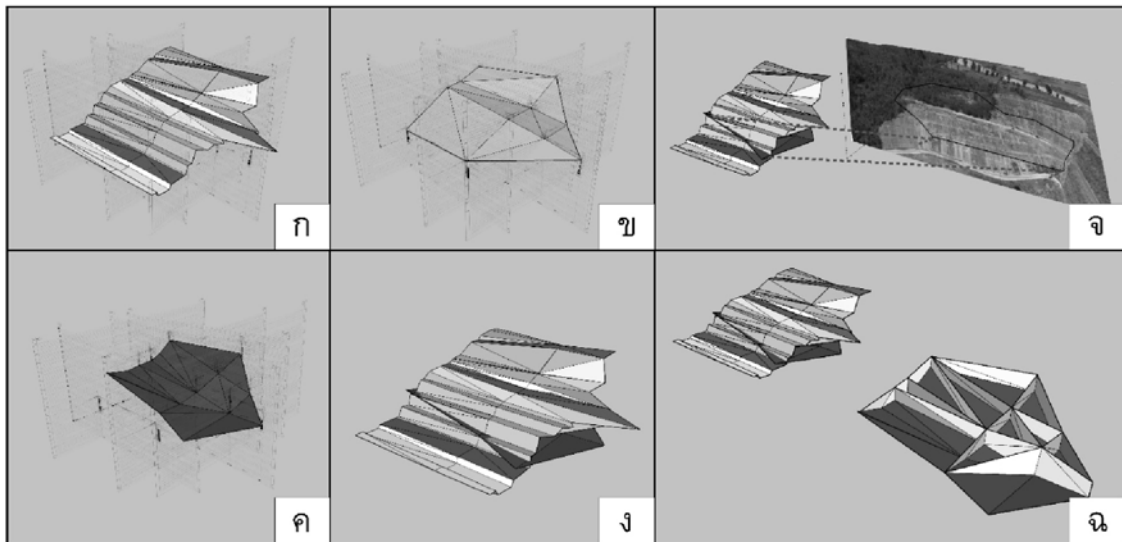


รูปที่ 7 รูปแท่งหินตัวอย่างที่เจาะได้จากหลุมเจาะสำรวจธรณีวิทยาทั้ง 11 หลุม และความลึกที่พบชั้น Clay material ในแต่ละหลุม



รูปที่ 8 รูปตัดธรณีวิทยาจากผลการเจาะสำรวจแสดงเส้นพื้นผิว (Surface เส้นประสีน้ำเงิน) แสดงเส้นหน้าหิน (เส้นประสีเขียว) และเส้นที่เกิดการเลื่อนตัว (เส้นประสีแดง) ก) รูปตัดธรณีวิทยา แนว A - A' ข) รูปตัดแนว B - B' ค) รูปตัดแนว C - C' ง) รูปตัดแนว D - D' จ) รูปตัดแนว E - E' ฉ) รูปตัดแนว F - F' ช) รูปตัดแนว G - G' (ถิรวุฒิ ฦ ลำปาง, 2561)

ผลที่ได้จากรูปตัดธรณีวิทยา 2 มิติสามารถนำมาหาความต่อเนื่องของชั้น Clay material ในรูปแบบ 3 มิติได้ โดยการนำแนวทั้งหมดในรูปที่ 6 มาจัดวางในรูปแบบระนาบ 3 มิติ (รูปที่ 9) โดยสามารถแบ่งชั้นออกเป็น 3 ชั้น โดยชั้นแรกเป็นชั้นหน้าลาดไหล่เขาที่ปรากฏ (รูปที่ 9ก) ชั้นที่สองเป็นความต่อเนื่องชั้นหน้าหินที่ได้จากหลุมเจาะสำรวจ (รูปที่ 9ข) และชั้นที่สามเป็นชั้น Clay material ที่ลึกที่สุดที่พบในแท่งหินตัวอย่าง ทำให้เกิดระนาบเลื่อน (Slip plane) พบว่าความต่อเนื่องกัน (รูปที่ 9ค) แสดงได้ในรูปแบบ 3 มิติ ของการเอียงเทของระนาบที่เกิดการเลื่อนตัว (รูปที่ 9ง) และเมื่อนำมาเทียบเคียงกับภาพถ่ายลาดไหล่เขาพบว่าหน้าที่ปรากฏการเลื่อนตัวมีความสอดคล้องกับระนาบชั้น Clay material ที่ลึกที่สุดในแต่ละหลุมมีทิศทางการเลื่อนตัวเอียงเข้าไปทางสันเขื่อนเล็กน้อย (รูปที่ 9จ) มีรูปร่างแบบระนาบของมวลหินที่เกิดการเลื่อนตัว (รูปที่ 9ฉ)

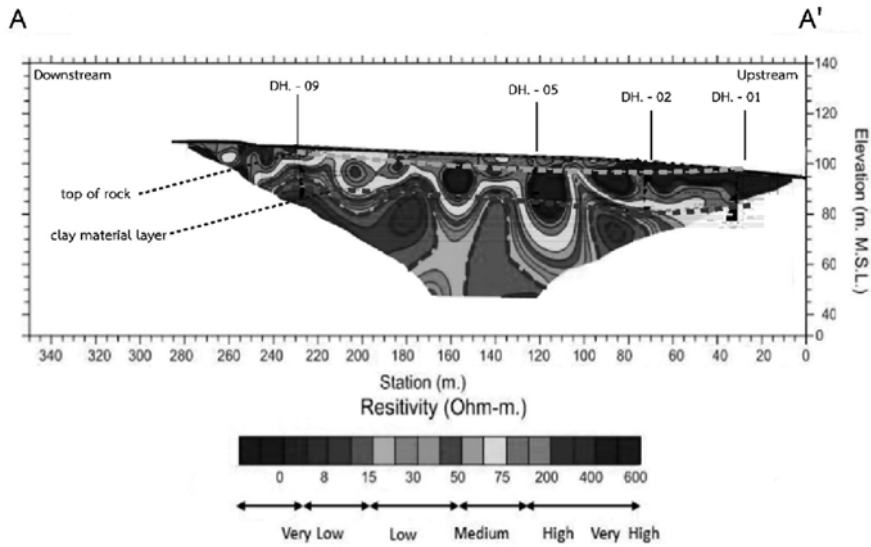


รูปที่ 9 รูปตัด 3 มิติจากการใช้รูปตัด 2 มิติมาตัดกันตามแนวในรูปที่ 6 ก) รูปตัด 3 มิติลาดไหล่เขา ข) รูปตัด 3 มิติชั้นดิน ค) รูปตัด 3 มิติชั้น Clay material ง) ลักษณะการเลื่อนตัวในรูปแบบ 3 มิติ จ) ทิศทางการเลื่อนตัวเอียงเข้าหาสันเขื่อน ฉ) ชั้นหินด้านบนบน Clay material ที่เกิดการเลื่อนตัวแบบระนาบ และ fence diagram แสดงมวลหินที่เกิดการเคลื่อนตัว (ถิรวุฒิ ธิ น ลำปาง, 2561)

สภาพธรณีวิทยาฐานรากและผลสำรวจความต้านทานไฟฟ้าในบริเวณรูปตัดธรณีวิทยาแนว A - A' วางตัวแนวเดียวกับแนวสำรวจความต้านทานไฟฟ้า แนว A - A' (รูปที่ 10) และบริเวณรูปตัดธรณีวิทยาแนว C - C' วางตัวแนวเดียวกับแนวสำรวจความต้านทานไฟฟ้าแนว C - C' (รูปที่ 11) ทำการสำรวจโดยฝ่ายธรณีฟิสิกส์ ส่วนธรณีวิทยา สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา การศึกษาความต้านทานไฟฟ้า (Milsom, 2003) รูปตัดแนว A - A' พบว่าแนวเส้นประสีฟ้าเป็นชั้นหน้าหิน (Top of rock) ในรูปตัดธรณีวิทยา มีค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ในช่วง Medium ถึง Very high และบริเวณเส้นประสีส้มเป็นบริเวณที่พบชั้นดิน (Clay material layer) ที่ลึกที่สุดแทรกอยู่และแปลความหมายว่าเป็น Assumed

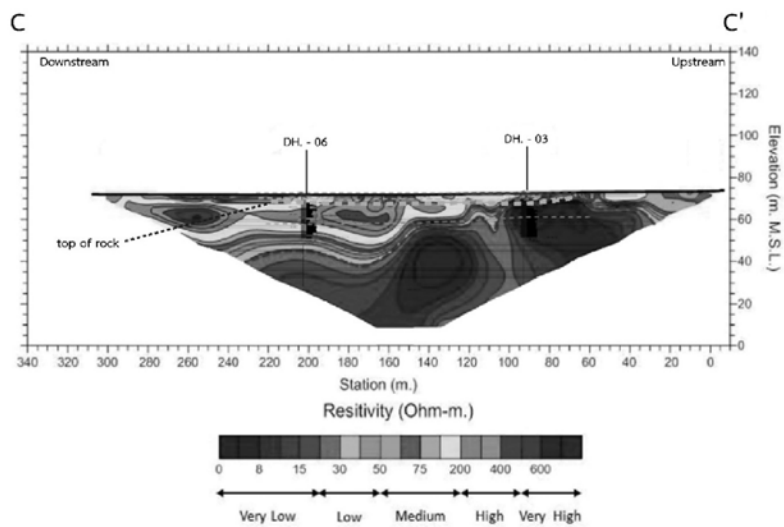


of slip plane บริเวณที่อยู่ใต้เส้น Assumed of slip plane มีค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ในช่วง Medium ถึง Very low แปลความหมายว่าที่ใต้เส้น Assumed of slip plane มีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ปานกลาง ถึงต่ำ ความชื้นหรือน้ำในบริเวณที่ได้ Assumed of slip plane



รูปที่ 10 รูปตัดการเทียบระหว่างรูปตัดธรณีวิทยาแนว A - A' และผลการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าแนว A - A' (คัดลอกและดัดแปลงจากฝ่ายธรณีฟิสิกส์, 2561)

แนว C - C' (รูปที่ 11) พบว่าบริเวณเส้นประสีฟ้า เป็นชั้นหน้าหินในส่วนที่เหนือขึ้นไปจนถึงพื้นผิวเป็นชั้นดิน มีค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ในช่วง Very low อยู่ในระดับตื้นในช่วงใกล้กับสันทำนบถึง Very high อยู่ในระดับลึกลงในบริเวณที่ห่างจากสันทำนบ แสดงถึงการลดลงของระดับความชื้นหรือระดับน้ำใต้ดินเมื่อห่างออกไปจากสันเขื่อน



รูปที่ 11 รูปตัดการเทียบระหว่างรูปตัดธรณีวิทยาแนว C - C' และผลการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าแนว C - C' (คัดลอกและดัดแปลงจากฝ่ายธรณีฟิสิกส์, 2561)

ผลการเทียบเคียงรูปตัดธรณีวิทยาที่ได้จากหลุมเจาะแนว A - A' และแนว C - C' พบว่าบริเวณชั้น Clay material (ชั้น Assumed of slip plane) เป็นบริเวณที่มีค่าความต้านทานต่ำ (ความชื้นสูง) ซึ่งแปลความหมายว่าเป็นชั้นที่ลึกที่สุดที่เกิดการเคลื่อนตัวโดยสาเหตุน่าจะมาจากความชื้นหรือระดับน้ำใต้ดินที่แทรกอยู่ระหว่างชั้นหินและในชั้น Clay material ส่งผลให้ชั้น Clay material เปลี่ยนคุณสมบัติและเกิดการเคลื่อนตัวบริเวณหน้าลาดไหล่เขา ดังนั้นระดับน้ำใต้ดินมีผลต่อการเคลื่อนตัวของฐานยื่นฝั่งขวา

6. การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดไหล่เขา

การเกิดการวิบัติบนหน้าลาดไหล่เขาสามารถเกิดได้ในธรรมชาติและเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพของหินประกอบด้วยอาทิ ความแข็ง ความแกร่ง แร่ประกอบหิน ทิศทางการวางตัวและความถี่ของ รอยแตก แนวแตก รอยเลื่อน สภาพแวดล้อมอาทิ สภาพอากาศ ปริมาณน้ำใต้ดิน แผ่นดินไหว การออกแบบทิศทางการตัดลาดไหล่เขาและความลาดชันที่ตัดหน้าลาดไหล่เขา ทำให้เกิดรูปแบบการวิบัติแบบต่าง (Raghuvanshi, 2019) รูปแบบการวิบัติสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 4 รูปแบบ (Markland, 1972; Wyllie & Mah, 2004) ประกอบด้วย การวิบัติแบบระนาบ (Plane failure) การวิบัติแบบรูปสามเหลี่ยม (Wedge failure) การวิบัติแบบล้มคว่ำ (Toppling failure) การวิบัติรูปโค้ง (Circular failure) โดยการเกิดการวิบัติแบบระนาบเกิดขึ้นจากการวางตัวโครงสร้างไม่ต่อเนื่องระหว่างชั้น หินเช่น ระนาบการวางตัวของชั้นหิน ระนาบรอยเลื่อน ชุดรูปแบบรอยแยกและแนวแตก โดยลักษณะการวางตัวของระนาบมีทิศทางเอียงเทออกจากลาดไหล่เขา และขนาดมุมเอียงเทของระนาบหินน้อยกว่ามุมเอียงเทลาดไหล่เขาทำให้เกิด "Daylight" (Markland, 1972; Rowland, Duebendorfer, & Schiefelbein, 2007; Wyllie & Mah, 2004)

6.2 วิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดไหล่เขา

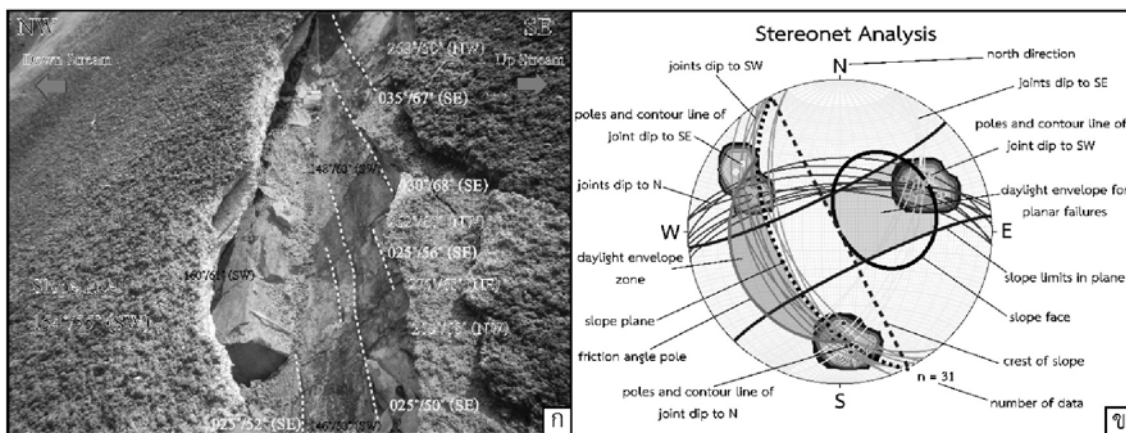
การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดไหล่เขาเพื่อประเมินสภาพความมั่นคงลาดไหล่เขา โครงการนี้ใช้วิธีการ Conventional approach (Raghuvanshi, 2019) ในเบื้องต้นจะใช้ 3 วิธีการ ประกอบด้วย วิธีการ Kinematic method (Goodman, 1989; Hocking, 1976; Hoek & Bray, 1981; Karaman, Ercikdi, & Kesimal, 2013; Markland, 1972; Wyllie & Mah, 2004) วิธีการ Rock Mass Rating; RMR (Bieniawski, 1976, 1989) วิธีการ Slope Mass Rating; SMR (M. Romana, 1985; M. Romana et al., 2003; Manuel Romana et al., 2015)

6.2.1 วิธีการ Kinematic method

กระบวนการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวใช้ Stereonet projection เพื่อศึกษาทิศทางการวางตัวของระนาบโครงสร้างหิน ทิศทางและมุมการวางตัวของหน้าลาดไหล่เขา โดยจะพล็อตบน Great circle ข้อมูลที่พล็อตประกอบด้วย ค่าการวางตัวและมุมเอียงเทของระนาบหิน ค่าการวางตัว ค่ามุมเอียงเทของ



หน้าลาดไหล่เขา และค่ามุมเสียดทาน (Friction angle) ข้อมูลการศึกษาหินโผล่บริเวณจุดสำรวจ (รูปที่ 12ก) ปรากฏแนวแตก 3 รูปแบบแบ่งเป็น แนวแตกที่มีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นโค้งสีส้มในรูปที่ 11ข) แนวแตกที่มีการเอียงเทเอียงเทไปทางทิศเหนือ (เส้นโค้งสีแดงรูปที่ 12ข) และแนวแตกที่เอียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นโค้งสีเหลืองในรูปที่ 12ข) และการเอียงเทของหน้าลาดไหล่เขา (เส้นประโค้งสีดำในรูปที่ 12ข) วัดค่าการวางตัวของลาดไหล่เขา ได้ดังนี้ ค่า Dip direction of joint ประมาณ 242° ค่า Dip direction of slope ประมาณ 245° ค่า Dip of joint ประมาณ 55° ค่า Dip of slope ประมาณ 55° ค่ามุมเสียดทานประมาณ 28.2° (RocLab, 2002) แสดงในรูปที่ 12ข จากการเดินสำรวจลักษณะการเลื่อนตัวพบว่า Daylight envelope ตามหน้าลาดไหล่เขา เมื่อได้ข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างชั้นหินที่ปรากฏบริเวณหินโผล่และนำมาวิเคราะห์แบบ Kinematic method พบว่าเมื่อพิจารณาการวางตัวของลาดไหล่เขา (เส้นประสีดำในรูปที่ 12ข) มีการวางตัวตามแนวแตกที่มีการเอียงเทระนาบเอียงเทไปทางตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นโค้งสีส้มในรูปที่ 12ข) เมื่อพล็อต Slope face (วงรีเส้นทึบในรูปที่ 12ข) ขั้วของระนาบที่เอียงเทไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (กลุ่มจุดสีส้มในรูปที่ 12ข) ตกในพื้นที่ Slope face ทำให้เกิด Daylight envelope และทำให้หน้าลาดไหล่เขาเลื่อนตัวและมีการวิบัติแบบระนาบในทิศตะวันตกเฉียงใต้ (244°) ตามรูปแบบการวิเคราะห์ Kinematic Analysis ในรูปที่ 12ข



รูปที่ 12 การวิเคราะห์ Kinematic ก) แนวแตกหินโผล่หน้าลาดไหล่เขา
ข. ผลการวิเคราะห์ Kinematic แบบ Plane failure

6.2.2 วิธีการ Rock Mass Rating (RMR)

วิธีการ RMR (Bieniawski, 1989) เป็นวิธีการวิเคราะห์และจัดกลุ่มหินจากการพิจารณา 6 ปัจจัยประกอบด้วย 1. Uniaxial compressive strength of rock material 2. Rock Quality Designation (RQD) 3. Spacing of discontinuities 4. Condition of discontinuities 5. Groundwater conditions 6. Orientation of discontinuities (ตารางที่ 1)

ผลการวิเคราะห์ RMR (ตารางที่ 1)

A.1 Intact uniaxial compressive strength 175 Mpa	=	12
A.2 RQD (%) เฉลี่ย คือ 36.25	=	8
A.3 Spacing of discontinuities ประมาณ ตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ถึง 2 เมตร	=	5
A.4 Condition of discontinuities น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ถึง 5 มิลลิเมตร ผิวผุ	=	20
A.5 Groundwater conditions บางพื้นที่มีการไหลซึมออกมา	=	4
B. Orientation of discontinuities ประมาณ Fair ใน slope	=	-25
ผลรวม RMR	=	24

ตารางที่ 1 Rock Mass Rating System (After Bieniawski 1989).

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS							
Parameter		Range of values					
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred
		Uniaxial comp. Strength	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	
	Rating		15	12	7	4	2 1 0
2	Drill core Quality RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%
	Rating		20	17	13	8	3
3	Spacing of		> 2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm
	Rating		20	15	10	8	5
4	Condition of discontinuities (See E)		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge > 5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous
	Rating		30	25	20	10	0
5	Groundwater	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10-25	25-125	> 125
		(Joint water press)/ (Major principal σ)	0	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5
	General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing	
	Rating		15	10	7	4	0
B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)							
Strike and dip orientations			Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable
Ratings	Tunnels & mines		0	-2	-5	-10	-12
	Foundations		0	-2	-7	-15	-25
	Slopes		0	-5	-25	-50	
C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS							
Rating		100 ← - 81	80 ← - 61	60 ← - 41	40 ← - 21	< 21	
Class number		I	II	III	IV	V	
Description		Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock	
D. MEANING OF ROCK CLASSES							
Class number		I	II	III	IV	V	
Average stand-up time		20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span	
Cohesion of rock mass (kPa)		> 400	300-400	200-300	100-200	< 100	
Friction angle of rock mass (deg)		> 45	35-45	25-35	15-25	< 15	
E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions							
Discontinuity length (persistence)		< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m	
Rating		6	4	2	1	0	
Separation (aperture)		None	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5 mm	
Rating		6	5	4	1	0	
Roughness		Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided	
Rating		6	5	3	1	0	
Infilling (gouge)		None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm	
Rating		6	4	2	2	0	
Weathering		Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed	
Ratings		6	5	3	1	0	



F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**			
Strike perpendicular to tunnel axis		Strike parallel to tunnel axis	
Drive with dip - Dip 45-90°	Drive with dip - Dip 20-45°	Dip 45-90°	Dip 20-45°
Very favourable	Favourable	Very unfavourable	Fair
Drive against dip - Dip 45-90°	Drive against dip - Dip 20-45°	Dip 0-20° - Irrespective of strike	
Fair	Unfavourable	Fair	

*Some conditions are mutually exclusive. For example, if infilling is present, the roughness of the surface will be overshadowed by the influence of the gouge. In such cases use A.4 directly.

** Modified after (Wickham, Tiedemann, & Skinner, 1972)

ผลการวิเคราะห์ RMR ได้ผลรวม 24 จัดอยู่ใน Class IV - Poor rock มีการแนะนำออกแบบการป้องกันการพังทลายของหิน (Bieniawski, 1989) โดยพิจารณาจากลักษณะหน้างานเป็นกรณีไป ดังนี้ ทำ Rock bolt ทำเป็นระบบ โดยใช้ Bolts ยาว 4-5 เมตร ระยะห่าง 1.0 - 1.5 เมตร คลุมด้วย Wire mesh ทำ Shotcrete หนาประมาณ 100 - 150 มิลลิเมตร

6.2.3 วิธีการ Slope Mass Rating (SMR)

วิธีการวิเคราะห์ลาดไหล่เขาโดย SMR (M. Romana, 1985; M. Romana, Serón, & Montalar, 2003; Manuel Romana, Tomós, & Ser n, 2015) พัฒนาจากวิธีการ RMR (Bieniawski, 1976) ได้มีผู้นำไปใช้งานอย่างแพร่หลายในงานอุโมงค์และงานแบ่งจำแนกมวลหิน (M. Romana et al., 2003) และนำมาใช้กับงานลาดไหล่เขาได้ แต่ยังมีปัญหาข้อจำกัดด้านข้อจำกัดของมุมและทิศทางการวางตัวของแนวแตกที่ปรากฏบนหน้าลาดไหล่เขา M. Romana (1985) ได้เพิ่มเติมปัจจัยการวางตัวและมุมเอียงของแนวแตกบริเวณหน้าลาดไหล่เขา การวางตัวและมุมเอียงของลาดไหล่เขาในวิธีการ RMR ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ลาดไหล่เขา โดยเรียกวิธีการนี้ว่า "Slope Mass Rating" (SMR) เป็นการเพิ่มวิธีการปรับแก้ค่าการวางตัวของแนวแตกและหน้าลาดไหล่เขา (ตารางที่ 2 และตารางที่ 3) มีสมการดังนี้

$$SMR = RMR_B + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4$$

โดย RMR_B = คำนวนโดยใช้ปัจจัย 5 ปัจจัยตาม Bieniawski (1976) ประกอบด้วย
 1) strength of intact rock; 2) RQD; 3) spacing of discontinuities; 4) condition of discontinuities; and 5) water inflow through discontinuities and/or pore pressure ratio

F_1 = ค่าความสัมพันธ์การขนานของแนวการวางตัว (Strike) ระหว่างแนวแตก (Joint) และหน้าลาด ไหล่เขา (Slope) มีค่าอยู่ระหว่าง 1.00 - 0.15 คำนี้นหาได้จากความสัมพันธ์ $F_1 = (1 - \sin A)^2$ โดย A = ค่ามุมระหว่างแนวการวางตัวและแนวแตก

F_2 = ค่ามุมเอียงของแนวแตก มีค่าอยู่ระหว่าง 1.00 - 0.15 ในการวิบัติแบบระนาบ หากความสัมพันธ์ได้จากตารางที่ 3 ในกรณีการวิบัติแบบล้มคว่ำ F_2 มีค่า 1.00

F_3 = ค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงเทของแนวแตก และมุมเอียงเทของลาดไหล่เขาหาความสัมพันธ์ได้จากตารางที่ 3

F_4 = ค่าคะแนนการขุดเปิดหาความสัมพันธ์ได้จากตารางที่ 3

โดยค่า F_1 , F_2 และ F_3 ได้จากการวัดค่าการวางตัวของหินโพลบนหน้าลาดไหล่เขาในสนาม นำค่าที่ได้มาเทียบในตารางเพื่อหาค่าที่ใช้ในการคำนวณ ส่วนค่า F_4 เกิดจากสภาพการขุดเปิดและวิธีการที่ใช้ของหินโพลบนหน้าลาดไหล่เขา

RMRb หาได้จาก (ตารางที่ 2)

A.1 Intack uniaxial compressive strength 175 Mpa	=	12
A.2 RQD (%) เฉลี่ย คือ 36.25	=	8
A.3 Spacing of discontinuities ประมาณ ตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ถึง 2 เมตร	=	5
A.4 Condition of discontinuities น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ถึง 5 มิลลิเมตร ผิวหยาบ	=	20
A.5 Groundwater conditions บางพื้นที่มีการไหลซึมออกมา	=	4
RMR_b	=	49

ตารางที่ 2 การคำนวณค่า RMRB (Bieniawski, 1979)

RMR _B -BASIC RMR - Σ RATINGS (Bieniawski, 1979)						
PARAMETER	INTERVALS					
UCS (MPa) UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH OF INTACT ROCK MATERIAL	< 250	250-100	100-50	50-25	< 25	
	15	12	7	4	25-5 2	5-1 1
RQD (%)	100-90	90-75	75-50	50-25	< 25	
ROCK QUALITY DESIGNATION	20	17	13	8	3	
SPACING (mm) BETWEEN DISCONTINUITIES	> 2000	2000-600	600-200	200-60	< 60	
	20	15	10	8	5	
CONDITION OF DISCONTINUITIES ROUGHNESS, PERSISTENCE, SEPARATION, WEATHERING OF WALLS AND GOUGE	VERY ROUGH SURFACES NO SEPARATION UNWEATHERED WALL ROCK NOT CONTINUOUS	SLIGHTLY ROUGH SEPARATION < 1 mm SLIGHTLY WEATH WALLS NOT CONTINUOUS	SLIGHTLY ROUGH SEPARATION < 1 mm HIGHLY WEATH. WALLS	SLICKENSIDED WALLS Or GOUGE < 5 mm Or SEPARATION 1.5 mm	SOFT GOUGE >5 mm or SEPARATION >5 mm CONTINUOUS	
	30	25	20	10	0	
GROUNDWATER IN JOINTS (PORE PRESSURE RATIO)	COMPLETELY DRY (0)	DAMP (0-0.1)	WET (0.1-0.2)	DRIPPING (0.2-0.5)	FLOWING (0.5)	
	15	10	7	4	0	

SMR หาได้จาก (ตารางที่ 3)

ค่าที่วัดจากหินโพลจุดสำรวจที่ 9 ค่า dip direction of joint (α_j) ประมาณ 230° ค่า dip direction of slope (α_s) ประมาณ 244° ค่า dip of joint (β_j) ประมาณ 45° ค่า dip of slope (β_s) ประมาณ 55°

จากผลการวัดค่าการวางตัวของหินโพลเมื่อนำไปแทนค่าในตารางที่ 3 พบว่า $F_1 = 0.7$ (มุมต่างกัน 14°), $F_2 = 0.85$ (มุมเอียงเท 45°), $F_3 = -50$ (ผลต่างมุมเอียงเท = -5) และ $F_4 = 0$ (ควรทำการขุดเปิดเนื่องจากอยู่ใกล้สันเขื่อน) เมื่อนำมาแทนค่าตามสมการได้

SMR = 19.25



ตารางที่ 3 การคำนวณค่า SMR (Bieniawski, 1976; M. Romana, 1985)

SMR = RMR _B + (F ₁ × F ₂ × F ₃) + F ₄ (M. Romana, 1985)						
ADJUSTING FACTORS FOR JOINTS (F ₁ , F ₂ , F ₃)	α_j = DIP DIRECTION OF JOINT β_j = DIP OF JOINT					
	α_s = DIP DIRECTION OF SLOPE β_s = DIP OF SLOPE					
	VERY FAVOURABLE	FAVOURABLE	FAIR	UNFAVOURABLE	VERY UNFAVOURABLE	
PLANE FAILURE $ \alpha_j - \alpha_s =$	> 30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	< 5°	
TOPPLING $ \alpha_j - \alpha_s - 180° =$						
F ₁ VALUE	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00	
RELATIONSHIP	$F_1 = (1 - \sin \alpha_j - \alpha_s)^2$					
F ₂ VALUE	$ \beta_j =$	< 20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	> 45°
	PLANE FAILURE	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
TOPPLING	1.00					
RELATIONSHIP	$F_2 = \text{tg}^2 \beta_j$					
PLANE FAILURE $\beta_j \cdot \beta_s =$	> 10°	10°-0°	0°	0°-(-10°)	< (-10°)	
TOPPLING $\beta_j \cdot \beta_s =$	< 110°	110°-120°	> 120°	-	-	
F ₃ VALUE	0	-6	-25	-50	-60	
RELATIONSHIP	F ₃ (BIENIAWSKI ADJUSTMENT RATINGS FOR JOINTS ORIENTATION, 1976)					
F ₄ ADJUSTING FACTOR FOR EXCAVATION METHOD	F ₄ - EMPIRICAL VALUES FOR METHOD OF EXCAVATION					
	NATURAL SLOPE	PRESPLITTING	SMOOTH BLASTING	BLASTING or MECHANICAL	DEFICIENT BLASTING	
F ₄ VALUE	+15	+10	+8	0	-8	

เมื่อนำค่า SMR = 19.25 ที่ได้ไปเทียบกับ Description of SMR class เป็น Class Va ในตารางที่ 3 พบว่าลักษณะลาดไหล่เขามีลักษณะแย่มาก หน้าลาดไหล่เขาไม่เสถียร ลักษณะการเลื่อนตัวเป็นแบบระนาบที่ใหญ่มาก การออกแบบป้องกันลาดไหล่เขา (ตารางที่ 4) ควรพิจารณาทำการขุดเปิดหน้าออกใหม่ ทำระบบระบายน้ำบริเวณหน้าลาดไหล่เขาและลึกเข้าไปในลาดไหล่เขา และพิจารณาทำ Shotcrete, Dental Concrete, Ribs และ/หรือ Beam toe wall เพิ่มเติม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 การจัดจำแนก SMR Classes (Manuel Romana et al., 2015)

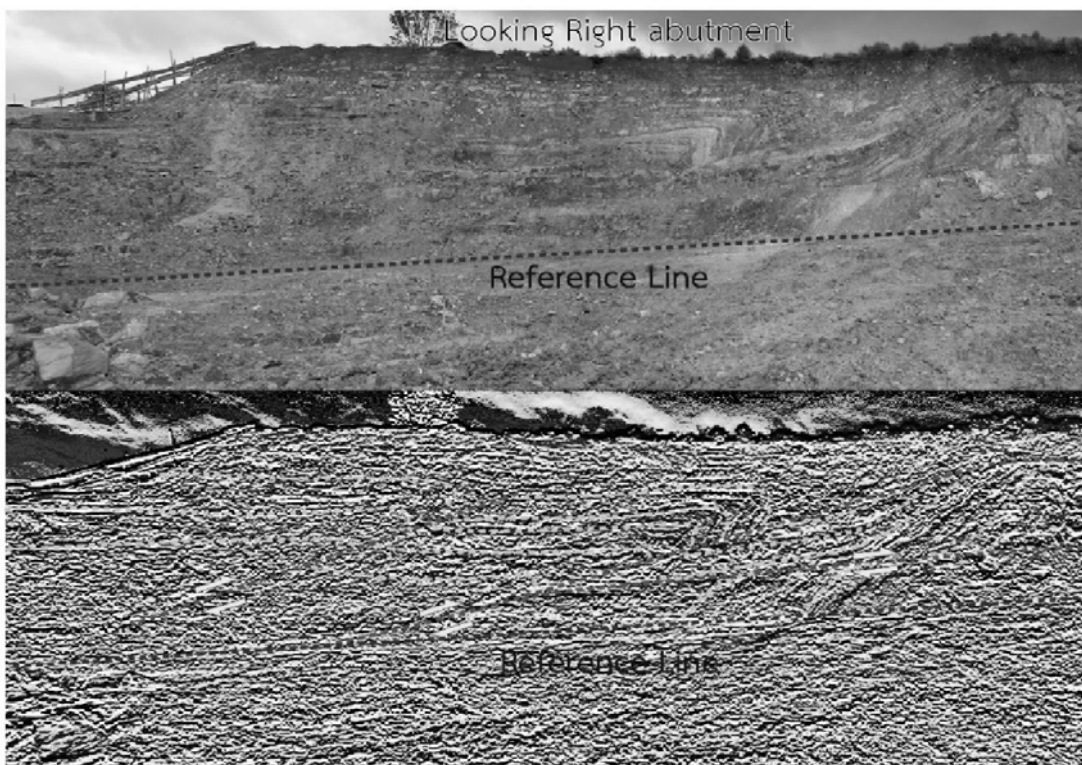
DESCRIPTION OF SMR CLASSES										
CLASS N°	Vb	Va	IVb	IVa	IIIB	IIa	IIB	IIa	Ib	Ia
DESCRIPTION	VERY BAD 0-20		BAD 21-40		FAIR 41-60		GOOD 61-80		VERY GOOD 81-100	
STABILITY	COMPLETELY UNSTABLE		UNSTABLE		PARTIALLY STABLE		STABLE		COMPLETELY UNSTABLE	
FAILURES	BIG PLANAR or SOIL LIKE		PLANAR or BIG WEDGES		SOME JOINTS or MANY WEDGES		SOME BLOCKS		NONE	
SUPPORT	REEXCAVATION		IMPORTANT / CORRECTIVE		SYSTEMATIC		OCCASIONAL		NONE	

ตารางที่ 5 ตารางแสดงลักษณะการวิบัติตามค่า SMR และข้อเสนอแนะวิธีการป้องกันลาดไหล่เขา (Manuel Romana et al., 2015)

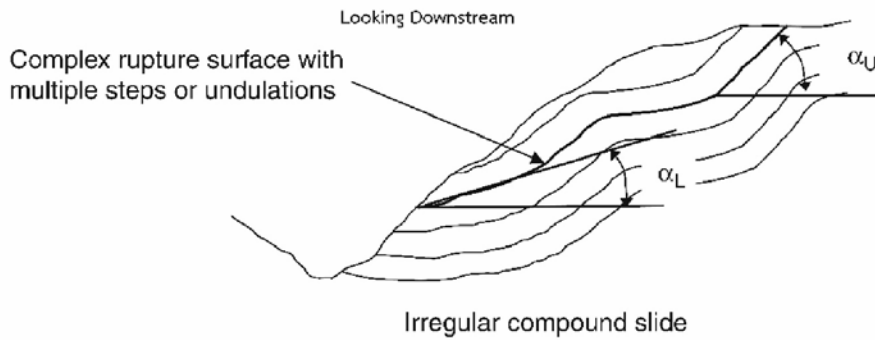
PROBABLE FAILURES ACCORDING SMR VALUES																
PLANE FAILURE	VERY BIG					MAJOR					NONE					
WEDGE FAILURE						MANY					SOME					
TOPPLING						MINOR					NONE					
MASS FAILURE	POSSIBLE										NONE					
SMR →	0	10	15	20	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100
REEXCAVATION	REEXCAVATION WALLS															
DRAINAGE	SURFACE DRAINAGE					DEEP DRAINAGE										
CONCRETE						SHOTCRETE					DENTAL CONCRETE					
REINFORCEMENT											RIBS and/or BEAMS					
PROTECTION											TOE WALLS					
NO SUPPORT											BOLTS					
											ANCHORS					
											TOE DITCH					
											TOE or SLOPE FENCES					
											NETS					
											SCALING					
											NONE					
SUGGESTED SUPPORT METHODS																

7. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนลาดไหล่เขา พบน้ำไหลซึมออกมา Shotcrete ที่ฉีกออกจากกัน ท่อที่ระบายน้ำออกจากหน้าลาดไหล่เขาไม่พบการไหลของน้ำ แต่ไหลออกมาทาง Shotcrete อาจเกิดการอุดตันทำให้น้ำไหลลงไปสะสมระหว่างชั้นหิน หินที่พบในชั้นหินตัวอย่างที่มีลักษณะเป็น Clay material ส่วนประกอบเป็นหินโคลน หิน และหินโคลปนทราย ซึ่งในตัวอย่างที่ได้หินโคลน และหินโคลนปนทรายมีน้ำและความชื้นสูงสอดคล้องกับผลการศึกษาคความต้านทานไฟฟ้าบริเวณใต้ชั้น Clay material ที่ทำให้เกิด Slip plane มีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ต่ำถึงต่ำมากซึ่งแสดงถึงบริเวณที่มีความชื้นสูง โคลนที่แทรกระหว่างชั้นหินทรายทำให้มุมเสียดทานลดลง เนื่องจากน้ำที่ไหลภายในลาดไหล่เขาไม่สามารถไหลออกได้ในระบบท่อระบายที่ติดตั้งในลาดไหล่เขา น้ำและความชื้นในลาดไหล่เขาเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อเสถียรภาพของลาดไหล่เขา (Wyllie & Mah, 2004) นอกจากนี้ผลการศึกษารณีวิทยาโครงสร้างในบริเวณพื้นที่โครงการเพื่อศึกษาลักษณะการวางตัวของชั้นหินโดยรวมในบริเวณโครงการพบว่าในพื้นที่โครงการหินแสดงลักษณะชั้นหินคดโค้ง แกนชั้นหินวางตัวประมาณแนวเหนือ - ใต้ มุมเอียงเทชั้นหินอยู่ระหว่าง 13° - 20° สอดคล้องกับรูปถ่ายบริเวณฐานยันฝั่งขวาในช่วงระหว่างการก่อสร้างโครงการ (รูปที่ 13) โครงสร้างชั้นหินคดโค้งทำให้เกิด Complex rupture surface with multiple steps (รูปที่ 14)



รูปที่ 13 รูปถ่ายบริเวณฐานยันฝั่งขวาในช่วงระหว่างการก่อสร้างโครงการแสดงการเกิดชั้นหินคดโค้งและรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (คัดลอกและดัดแปลงจาก ธวัชชัย บรรเทา, 2548)



รูปที่ 14 รูปตัดโครงสร้างการวางตัวชั้นหินคดโค้งบริเวณลาดไหล่เขา
(คัดลอกและดัดแปลงจาก Wyllie and Mah, 2004)

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดไหล่เขาโดยวิธี Kinematic หินบริเวณลาดไหล่เขาเป็นบริเวณที่มีศักยภาพการเกิด Daylight envelope for plane failure zone เลื่อนลงไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศทางสอดคล้องกับแบบจำลอง 3 มิติ จากรูปตัดธรณีวิทยา ผลการวิเคราะห์ RMR จัดอยู่ใน IV - Poor rock และผลการวิเคราะห์ SMR อยู่ใน Class Va พบว่าลักษณะลาดไหล่เขามีลักษณะแยะมาก หน้าลาดไหล่เขาไม่เสถียร ลักษณะการเลื่อนตัวเป็นแบบระนาบที่ใหญ่มาก การวิเคราะห์ RMR และ SMR เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ผลการวิเคราะห์ RMR บ่งชี้คุณภาพของหินและผลการวิเคราะห์ SMR มีการประเมินทิศทางการวางตัวของหน้าลาดไหล่เขา มุมเอียงเทเทียบกับทิศทางและมุมเอียงเทของแนวแยกประกอบ ซึ่งได้พัฒนามาจากวิธีการ RMR เนื่องจาก RMR ถูกออกแบบมาใช้ในงานอุโมงค์ (Romana et al., 2015) ผลแบบจำลอง 3 มิติ ผลการวิเคราะห์ Kinematic และ ผลการวิเคราะห์ SMR บ่งชี้ว่าเกิดการเลื่อนแบบระนาบบริเวณฐานยันฝั่งขวาที่ลาดไหลลงมายังทิศตะวันตกเฉียงใต้ตามหน้าลาดไหล่เขา สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1) ความเสียหายจากการเลื่อนตัวทำให้ดินเดิมเกิดการเลื่อนลงหลวมกันประมาณ 1 เมตร shotcrete เกิดการฉีกขาดออกจากกัน และมีน้ำไหลออกมาจากรอยฉีก พื้นที่ที่เกิดการเลื่อนตัวประมาณ 28,000 ตารางเมตร

2) หินบริเวณฐานยันฝั่งขวาเป็นหมวดหินเสาขัว อยู่ในกลุ่มหินโคราช ประกอบด้วยหินตะกอนพวกหินทรายแป้ง สีน้ำตาลแกมแดง และบั้งสีเทา หินทราย สีแดงอ่อน เม็ดขนาดเล็กถึงละเอียดมากมีชั้นกรวดปน หินโคลน หินดินดาน และหินทรายแป้ง สีแดงถึงม่วง สลับกับหินทราย สีแดงม่วง ชมพู และสีแดงแกมเทา โดยหมวดหินเสาขัว มีลักษณะทางกายภาพของหิน ประกอบด้วยชั้นหินสลับกันแบบ cycles มีความหนาอยู่ระหว่าง 200 - 760 เมตรในพื้นที่โครงการ ชั้นหินในพื้นที่โครงการแสดงลักษณะชั้นหินคดโค้ง

3) การเคลื่อนตัวของบริเวณลาดไหล่เขาเกิดจากชั้น Clay material มีความต่อเนื่องในแต่ละหลุมเจาะบนหน้าลาดไหล่เขา ชั้น Clay material มีความชื้นหรือน้ำสูงทำให้ค่ามุมเสียดทานระหว่างหน้าหินลดลง

4) รูปแบบจำลอง 3 มิติ และการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดไหล่เขาแสดงให้เห็นว่า เกิดการวิบัติลาดไหล่เขาแบบระนาบบริเวณฐานยันฝั่งขวา มีทิศทางการเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

5) ผลการวิเคราะห์ RMR จัดอยู่ใน IV - Poor rock และผลการวิเคราะห์ SMR อยู่ใน Class Va ลักษณะลาดไหล่เขามีลักษณะแย่มาก หน้าลาดไหล่เขาไม่เสถียร ลักษณะการเคลื่อนตัวเป็นแบบระนาบที่ใหญ่มาก

6) ข้อเสนอแนะที่ได้จากการปรับปรุงลาดไหล่เขา วิธีการ RMR มีการแนะนำออกแบบการป้องกันการพังทลายของหิน (Bieniawski, 1989) (พิจารณาจากลักษณะหน้างานเป็นกรณีไป) ดังนี้ ทำ Rock bolt ทำเป็นระบบ โดยใช้ bolts wire mesh, Shotcrete เพื่อป้องกันลาดไหล่เขา ในขณะที่วิธีการ SMR ให้การขุดเปิดหน้าออกใหม่ ทำระบบระบายน้ำบริเวณหน้าลาดไหล่เขา ติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวของบริเวณลาดไหล่เขา เนื่องจากค่า SMR ที่ได้อยู่ระหว่าง Class Va และ IVb พิจารณาทำ Shotcrete, Dental Concrete, Ribs และ/หรือ Beam toe wall เพิ่มเติมตามลักษณะหน้างาน

8. กิติกรรมประกาศ

การศึกษาปัญหาการเคลื่อนตัวของฐานยันฝั่งขวาเขื่อนแควน้อยบำรุงแดนประสบผลสำเร็จได้ด้วยความร่วมมือจากคณะและบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องดังนี้ คุณนิพนธ์ วัจนะภูมิ หัวหน้าฝ่ายธรณีที่ 1 ที่ให้โอกาสผู้ศึกษาได้สำรวจจัดทำรายงาน คุณธวัชชัย บรรเทา ให้ข้อมูลรูปภาพในช่วงระหว่างการก่อสร้างเขื่อนเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการแปลความหมาย ทีมเจาะสำรวจธรณีวิทยา ส่วนสำรวจทำแผนที่ภาคพื้นดิน ฝ่ายธรณีฟิสิกส์ ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลผลการสำรวจ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการนี้

9. บรรณานุกรม

Association of Professional Geological Scientists. (1977). Geologic Logging and Sampling of Rock Core for Engineering Purposes (tentative): APGS Guide.

ASTM D1586. (2011). Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011.

Bieniawski, Z. T. (1976). Rock Mass Classification in Rock Engineering. In: Bieniawski, Z.T., Ed., Symposium Proceedings of Exploration for Rock Engineering, 1, 97-106.

Bieniawski, Z. T. (1989). Engineering rock mass classifications: New York: Wiley.



- Department of mineral resources (Cartographer). (1974). Geologic map of CHANGWAT UTTARADIT scale 1: 250,000, sheet NE47-11.
- Goodman, R. E. (1989). Introduction to Rock Mechanics (2nd ed.): ohn Wiley & Sons Ltd., New York.
- Hahn, I. (1982). Stratigraphy and marine ingressions of the Mesozoic Khorat Group in Northeastern Thailand.
- Hocking, G. (1976). A method for distinguishing between single and double plane sliding of tetrahedral wedges. *Int. J. Rock Mech. & Mining Sci*, 13, 225-226.
- Hoek, E., & Bray, J. D. (1981). *Rock Slope Engineering: Third Edition*: Taylor & Francis.
- Houlsby, A. C. (1992). 17 - Grouting in rock masses A2 - Bell, F G *Engineering in Rock Masses* (pp. 334-350): Butterworth-Heinemann.
- Karaman, K., Ercikdi, B., & Kesimal, A. (2013). The assessment of slope stability and rock excavatability in a limestone quarry (Vol. 17).
- Lugeon, M. (1933). *Barrage et Geologie*. Dunod, Paris.
- Markland, J. T. (1972). A useful technique for estimating the stability of rock slopes when the rigid wedge sliding type of failure is expected (Vol. 19, pp. 1-10). *Imperial College Rock Mechanics Research Report*. pp. 1-10.
- Milsom, J. (2003). *Field Geophysics* (3rd ed.): John Wiley & Sons.
- Raghuvanshi, T. K. (2019). Plane failure in rock slopes - A review on stability analysis techniques. *Journal of King Saud University - Science*, 31(1), 101-109. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.06.004>
- RocLab. (2002). *Rock mass strength analysis using the Hoek-Brown failure criterion*. Rocscience Inc.
- Romana, M. (1985). New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slope. *Int. Symp. on the role of rock mechanics ISRM. Zacatecas*, pp 49-53.
- Romana, M., Ser?n, J., & Montalar, E. (2003). *SMR Geomechanics classification: Application, experience and validation*.

- Romana, M., Tom?s, R., & Ser?n, J. (2015). Slope Mass Rating (SMR) geomechanics classification: thirty years review.
- Rowland, S. M., Duebendorfer, E. M., & Schiefelbein, I. M. (2007). Structural Analysis and Synthesis: A laboratory Course in Structural Geology (Vol. 3): Blackwell Publishing Ltd.
- U.S. Bureau of Reclamation. (1960). E-18, Field Permeability Tests in Boreholes Earth manual; a guide to the use of soils as foundations and as construction materials for hydrolic structures (1 ed., pp. 541-546). United States Government Printing office washington.
- Ward, D. E., & Bunnag, D. (1964). Stratigraphy of the Mesozoic Khorat Group in Northeast Thailand: Department of Mineral Resources, Bangkok, Report of Investigation, v.6, 95 p.
- Wickham, G.E., Tiedemann, H.R. and Skinner, E.H., 1972. Support determination based on geologic predictions. In Proc. North American rapid excav. tunneling conf., Chicago, (eds K.S. Lane and L.A. Garfield), 43-64. New York: Soc. Min. Engrs, Am. Inst. Min. Metall. Petrolm Engrs.
- Wyllie, D. C., & Mah, C. (2004). Rock Slope Engineering: Fourth Edition (E. Hoek & J. Bray Eds. 4 ed.): Taylor & Francis.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2550). ธรณีวิทยาประเทศไทย สำนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี ถนนพระราม 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400.
- กองวิทยาการธรณี. (2558). มาตรฐานการสำรวจทางวิทยาการธรณี เชื้อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบ: ส่วนการพิมพ์ สำนักงานเลขานุการกรม กรมชลประทาน ดุสิต กรุงเทพฯ.
- ณัฐพงษ์ วัจนะภูมิ. (2561). ภาพถ่ายทางอากาศลาดไหล่เขาฐานยันฝั่งขวาเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก: ฝ่ายธรณีวิทยาที่ 1 ส่วนธรณีวิทยา สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน.
- ถิรวุฒิ ณ ลำปาง. (2561). รายงานการสำรวจธรณีวิทยาโครงการแก้ไขปัญหาการเลื่อนตัวของฐานยันฝั่งขวาเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน อ.วัดโบสถ์ จ.พิษณุโลก. ฝ่ายธรณีวิทยาที่ 1 ส่วนธรณีวิทยา สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน. 51 หน้า



ธวัชชัย บรรเทา. (2548). ภาพถ่ายบริเวณฐานยันฝั่งขวาโครงการเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน อ.วัดโบสถ์ จ.พิษณุโลก: ฝ่ายปฏิรูปและธรณีวิทยา ส่วนวิศวกรรม สำนักชลประทานที่ 3.

ฝ่ายธรณีฟิสิกส์. (2561). รูปตัดผลสำรวจธรณีฟิสิกส์โครงการแก้ไขปัญหาการเลื่อนตัวของฐานยันฝั่งขวาโครงการเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน อ.วัดโบสถ์ จ.พิษณุโลก แนว A - A' และแนว C - C': ฝ่ายธรณีฟิสิกส์ ส่วนธรณีวิทยา สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน.

ส่วนสำรวจทำแผนที่ภาคพื้นดิน. (2561). แผนที่ภาพถ่ายโครงการแก้ไขปัญหาการเลื่อนตัวของฐานยันฝั่งขวาเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน อ.วัดโบสถ์ จ.พิษณุโลก.

การปรับปรุงสภาพธรณีวิทยาฐานรากที่มีความยุ่งยาก
กรณีศึกษา โครงการอ่างเก็บน้ำคลองขลุง อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี

วัชรพล นิตสูงเนิน¹, สุทธาสินี อนุสรศิริการ², สุเมธ อินทร์ไชย³,

กัมปนาท ขวัญศิริกุล⁴, รุจรินทร์ ฐารรัตน์⁵ และธวัชชัย บรรเทา⁶

ส่วนวิศวกรรมธรณี สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน

Email: wn.tao33@gmail.com¹, spidy__phy@hotmail.com², sumetoa@gmail.com³,

kwansirikul@gmail.com⁴, rujjarin@gmail.com⁵, tiatorteam@gmail.com⁶

บทคัดย่อ

โครงการอ่างเก็บน้ำคลองขลุง อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี มีชั้นหินฐานราก (Bed Rock) เป็นหินแกรนิต (Granite) และถูกปิดทับด้วยชั้นดินฐานราก (Overburden) ที่มีความหนาค่อนข้างมาก มีความแน่นสูง เป็นดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ (Residual Soil) และพบก้อนหินมนใหญ่ (Boulder) ปะปนอยู่ มีระดับน้ำใต้ดินค่อนข้างตื้น ค่าความรั่วซึมของน้ำผ่านชั้นดินอยู่ในเกณฑ์รั่วซึมสูงถึงสูงมาก จากสภาพธรณีวิทยาฐานรากดังกล่าว ส่งผลให้ไม่สามารถขุดเปิดร่องแกนไปถึงชั้นหินแข็งหรือทำการปรับปรุงฐานรากด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การปรับพื้นที่เพื่อปู Upstream Impervious Blanket การทำ Slurry Trench หรือการทำ Soil Cement Columns ได้ รวมถึงไม่สามารถใช้ซีเมนต์ ในการอัดฉีดผ่านชั้นดินได้ เนื่องจากอนุภาคของซีเมนต์ที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ไม่สามารถเดินทางผ่านช่องว่างของเม็ดดินได้ดีพอ มีความจำเป็นต้องทำการปรับปรุงชั้นดินฐานราก โดยวิธีการอัดฉีดสารเคมี (Chemical Grouting) ที่มีอนุภาค ขนาดเล็ก และมีค่าความหนืด (Viscosity) ต่ำใกล้เคียงกับน้ำ ส่วนวิศวกรรมธรณี สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยาได้เข้าดำเนินการปรับปรุงสภาพชั้นดินฐานรากโดยวิธีการอัดฉีดสารเคมีด้วยโซเดียมซิลิเกตผสมกับ โซเดียมโบคาร์บอเนตและน้ำ (Silicate - Based Grout) ซึ่งเหมาะสมต่อการอัดฉีดเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดินของ ชั้นดินฐานรากที่มีช่องว่างขนาดเล็กมาก เมื่อทำการอัดฉีดสารเคมีผ่านเข้าไปในชั้นดินฐานรากแล้ว สารเคมีดังกล่าว จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็น Soft Gel ทำให้ชั้นดินฐานรากมีความแน่นทึบ จากการศึกษาและทดลองในพื้นที่บริเวณ กม.0+453 ถึง กม.0+485 ซึ่งประกอบด้วย หลุมเจาะ-อัดฉีด จำนวน 5 แถว พบปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการอัดฉีด มีแนวโน้มลดลงจากหลุมเจาะ-อัดฉีด ลำดับที่หนึ่งไปหาหลุมเจาะ-อัดฉีดลำดับที่สอง และมีแนวโน้มลดลงจากหลุมเจาะ-อัดฉีดในแถวที่ทำการปฏิบัติงานในลำดับแรก ไปหาหลุมเจาะ-อัดฉีดในแถวที่ทำการปฏิบัติงานในลำดับสุดท้าย การปฏิบัติงานเจาะ-อัดฉีดสารเคมี สามารถประเมินผลได้จากการเปรียบเทียบค่าปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการอัดฉีดกับ



Effective Radius และความลึกของหลุมเจาะ-อัดฉีด โดยกำหนดระยะ Effective Radius ไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร และมีความลึกของกำแพงทึบน้ำจากระดับร่องแกนอยู่ในช่วง 12.00 ถึง 21.00 เมตร ตามแบบ ทั้งนี้การตรวจสอบผลการปฏิบัติงาน จะใช้วิธีการเจาะหลุมตรวจสอบแล้วทำการทดสอบความรั่วซึมของน้ำในชั้นดินด้วยวิธี Open-end Test โดยภายหลังเสร็จสิ้นการปรับปรุง ชั้นดินฐานรากจะต้องมีค่าความรั่วซึมของน้ำน้อยกว่า 5.00×10^{-5} เซนติเมตร/วินาที

คำสำคัญ: ดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ (Residual Soil), ก้อนหินมนใหญ่ (Boulder), การอัดฉีดสารเคมี (Chemical Grouting)

1. บทนำ

โครงการอ่างเก็บน้ำคลองขลุง ตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 9 บ้านคลอง ตำบลเกวียนหัก อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ในเขื่อนดินประเภท Zone Type มีความยาวสันเขื่อน 565 เมตร ความสูง 24.80 เมตร ความจุอ่างฯที่ระดับกักเก็บ 4.24 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่รับประโยชน์ 2,500 ไร่ เดิมในปี พ.ศ. 2539 แผนงานก่อสร้างเป็นโครงการขนาดเล็ก แต่ไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากราษฎรไม่ยอมอุทิศที่ดินให้ แต่หากจะดำเนินการโดยมีการจ่ายค่าที่ดินหรือค่าทดแทน จะต้องจัดเข้าแผนงานก่อสร้างขนาดกลาง โดยขยายขอบเขตการออกแบบใหม่ เพื่อให้มีพื้นที่รับประโยชน์เพิ่มมากขึ้น จึงได้ดำเนินการศึกษาและพิจารณาวางโครงการอ่างเก็บน้ำคลองขลุงและจัดทำรายงานแล้วเสร็จเมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2545 จนกระทั่งมีการประชุมของคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2548 ให้มีการปรับโครงสร้างการผลิตพืชสวนและผลไม้ภาคตะวันออก ตลอดจนการบริหารจัดการน้ำและแก้ไขวิกฤติน้ำภาคตะวันออก จึงมีมติให้โครงการอ่างเก็บน้ำคลองขลุงเป็นโครงการเร่งด่วน โครงการพัฒนาและปรับปรุงแหล่งน้ำ โดยมีข้อสรุปข้อคิดเห็นจากทางสำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ 9 ว่าควรมีการปรับปรุงฐานรากเขื่อนใหม่ทั้งหมดโดยใช้รายงานปรับปรุงฐานรากที่ออกแบบไว้ พ.ศ. 2548

รูปแบบปัญหาที่พบ เนื่องจากสภาพธรณีวิทยาฐานรากของโครงการอ่างเก็บน้ำคลองขลุง จังหวัดจันทบุรี ประกอบด้วย ชั้นดิน (Overburden) ที่มีความหนาตั้งแต่ 17.00 เมตร ถึงมากกว่า 28.00 เมตร ปรากฏระดับน้ำใต้ดินค่อนข้างตื้น (รูปที่ 1ก) สภาพของชั้นดินดังกล่าว ส่วนใหญ่พบเป็นดินทรายปนทรายแป้ง (Silty Sand, SM) ซึ่งเป็นดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ (Residual Soil) ของหินแกรนิต โดยพบลักษณะโครงสร้างของเนื้อหินแกรนิตที่ยังคงสภาพอยู่ และพบก้อนหินมนใหญ่ (Boulder) ของหินแกรนิตปะปนอยู่ ซึ่งลักษณะของสภาพธรณีวิทยาในชั้นดินที่ปรากฏนั้นเป็นผลมาจากน้ำที่ผ่านรอยแตก รอยแยกของหินแกรนิต ส่งผลให้หินแกรนิตเกิดการผุพังสลายตัวไปเป็นดิน ค่าอัตราการรั่วซึมของน้ำผ่านชั้นดินอยู่ในเกณฑ์รั่วซึมสูงถึงสูงมาก (รูปที่ 1ข) ส่วนชั้นหินฐานรากเป็น ชั้นหินแกรนิต (Granite) สีเทา

มีผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ มีเนื้อดอก อัตราการผุพังอยู่ในขั้นเล็กน้อยถึงปานกลาง (Slightly to Moderately Weathered) มีความแข็งอยู่ในเกณฑ์แข็ง ค่าอัตราการรั่วซึมของน้ำผ่านชั้นหินฐานรากจัดอยู่ในเกณฑ์รั่วซึมเล็กน้อยถึงรั่วซึมสูง ซึ่งชั้นหินแกรนิตอยู่ในระดับลึกมากไม่สามารถขุดเปิดร่องแกนไปถึงได้

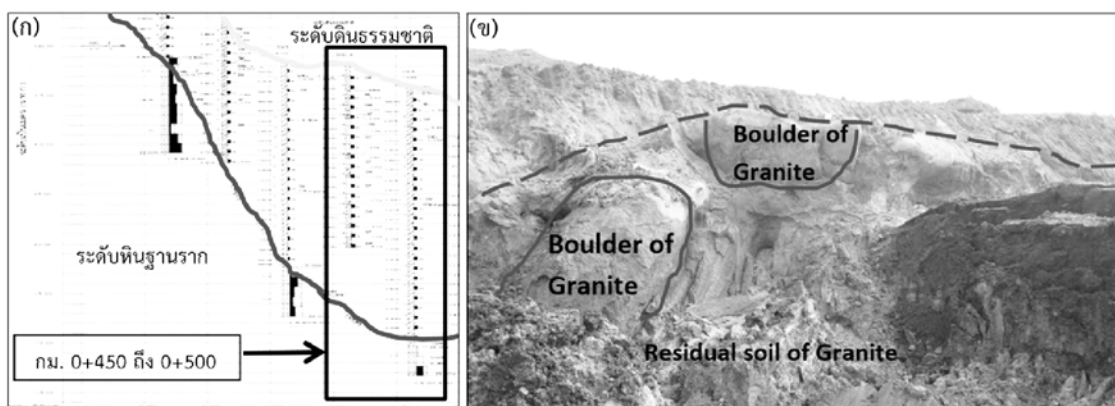
จากสภาพธรณีวิทยาฐานรากที่พบว่าชั้นดินมีความหนา และปะปนไปด้วยก้อนหินมนใหญ่ที่กระจายตัวอยู่ในบริเวณพื้นที่ร่องแกน รวมทั้งพบน้ำใต้ดินในปริมาณมากและมีระดับตื้น ทำให้ไม่สามารถทำการปรับปรุงฐานรากด้วยวิธีการใช้ซีเมนต์ในการอัดฉีดผ่านชั้นดินได้ เนื่องจากอนุภาคของซีเมนต์ที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างของเม็ดดินได้ดีพอ อีกทั้งชั้นดินอึดตัวด้วยน้ำ ส่งผลให้ผนังหลุมเจาะเกิดการพังทลาย ไม่สามารถคงสภาพเป็นผนังหลุมสำหรับการจับ Packer เพื่อการอัดฉีดสารผสมได้ เมื่อทำการประเมินและพิจารณาข้อดี-ข้อเสีย รวมทั้งเทคนิคในการดำเนินการปรับปรุงฐานรากพบว่า การปรับปรุงฐานรากโดยวิธีการอัดฉีดสารเคมีเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการดำเนินงานครั้งนี้

2. วิธีการปรับปรุงฐานรากโดยการอัดฉีดสารเคมีและผลการปฏิบัติงาน

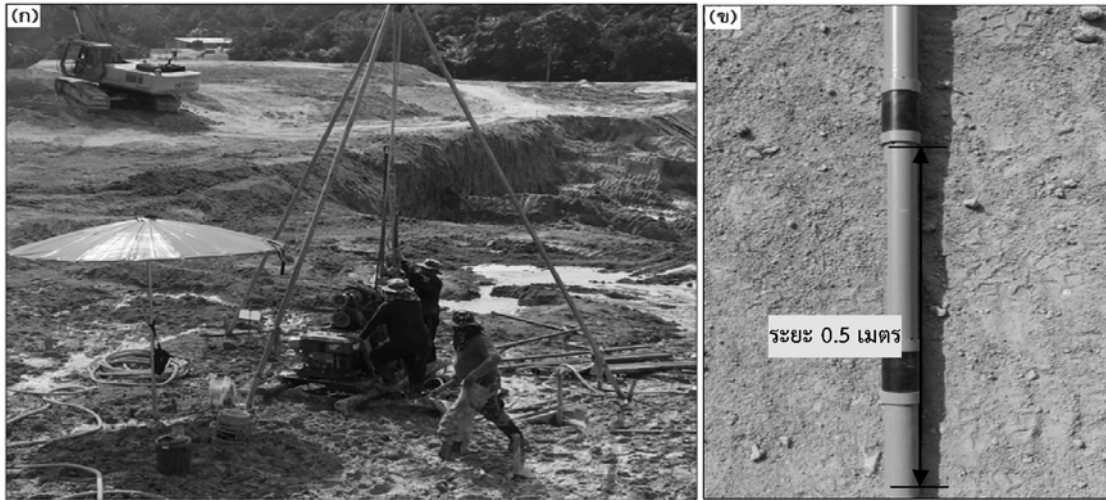
การปฏิบัติงานปรับปรุงฐานรากมีขั้นตอนและหลักเกณฑ์ในการปฏิบัติงาน (กรมชลประทาน, 2557) ดังนี้

2.1 การเจาะหลุมเพื่อการอัดฉีด

2.1.1 การเจาะเพื่อการอัดฉีด (รูปที่ 2ก) ชั้นดินฐานรากซึ่งไม่สามารถคงสภาพหลุม เมื่อดำเนินการเจาะจะติดตั้งท่อกรูเพื่อรักษาสภาพหลุมเจาะเพื่อติดตั้ง Sleeve Grout Pipe (รูปที่ 2ข) และทำการรื้อถอนออกทันทีที่เสร็จงานอัดฉีดน้ำปูนหุ้มท่อ (Cement Sheet) ท่อกรูเป็นเหล็กปลายต่อด้านล่างอยู่เท่ากับความลึกของหลุม



รูปที่ 1 (ก) รูปตัดธรณีวิทยาฐานรากตามแนวศูนย์กลางเขื่อนบริเวณ กม. 0+450 ถึง 0+500
(ข) ลักษณะชั้นดินที่ถูกเปิดตามแนวศูนย์กลางเขื่อนโครงการอ่างเก็บน้ำคลองขลุง จังหวัดจันทบุรี



รูปที่ 2 (ก) แสดงลักษณะการเจาะหลุมสร้างหลุมเพื่อการอัดฉีดสารเคมี

(ข) แสดงลักษณะของ Sleeve Grout Pipe

2.1.2 รูปแบบของหลุมอัดฉีด (Pattern of Grout Hole) ประกอบด้วย หลุมเจาะ-อัดฉีด จำนวน 3 - 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 1.0 ถึง 2.0 เมตร ตำแหน่งหลุมเจาะ-อัดฉีดในแต่ละแถว ประกอบด้วยหลุมเจาะ-อัดฉีดลำดับที่หนึ่ง ระยะห่างกัน 4.0 เมตร และหลุมเจาะ-อัดฉีดลำดับที่สอง ซึ่งอยู่ระหว่างหลุมเจาะ-อัดฉีดลำดับที่หนึ่ง ระยะห่างกัน 2.0 เมตร รายละเอียดแสดงไว้ในแบบงานปรับปรุงฐานราก หมายเลข สขป. 9 - กธว. - ลฐ - 002 (กรมชลประทาน, 2549)

2.1.3 การแบ่งช่วงความลึก (Stage) ของการอัดฉีด แบ่งออกเป็นช่วงความลึก ตามตำแหน่งของ Rubber Sleeve (ท่อยาง) โดยแต่ละ Rubber Sleeve มีระยะห่างกัน 0.5 เมตร

2.2 การทดสอบการรั่วซึมของน้ำในชั้นดิน

ดำเนินการทดสอบแบบ Open-End Test ตามแบบ Designation E-18 ตาม "EARTH MANUAL" ของ USBR (1963) ซึ่งสูตรที่ใช้ (1) คือ

$$K = \frac{Q}{5.5rH} \quad (1)$$

โดยที่ K = Permeability coefficient (cm/sec)

Q = Constant rate of flow into hole (cc/sec)

r = Internal radius of casing (Nw size = 3.81 cm)

H = Differential head of water (cm)

2.3 งานติดตั้ง Sleeve Grout Pipe และงานอัดฉีดน้ำปูนหุ้มท่อ

Sleeve Grout Pipe ประกอบด้วยท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.5 นิ้ว โดยความยาวขึ้นอยู่กับช่วงความลึกหรือความหนาของชั้นดินฐานราก ซึ่งปลายท่อด้านล่างต้องปิดไว้ โดยทำการเจาะรูขนาด 6 มิลลิเมตร บริเวณข้างท่อจำนวน 4 รู ทุกระยะ 0.50 เมตร แล้วจึงทำการติดตั้ง Rubber

Sleeve โดยครอบให้ตรงกับตำแหน่งที่ทำการเจาะรู แล้วจึงใช้วงแหวน PVC วางรองไว้ทั้งสองด้านของ Rubber Sleeve

งานอัดฉีดน้ำปูนหุ้มท่อ จะเริ่มหลังจากทำการเจาะหลุมอัดฉีดแล้วเสร็จ โดยจะดำเนินการเจาะหลุมอัดฉีดให้แล้วเสร็จทั้งหมดตามแบบ จึงเริ่มทำการอัดฉีดน้ำปูนหุ้มท่อ โดยดำเนินการอัดฉีดน้ำปูนผสมกับน้ำโคลน Bentonite (อัตราส่วนผสม น้ำ : ปูน = 5 : 1 โดยปริมาตร + น้ำโคลน 10% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และน้ำโคลนที่ใช้ผสมต้องผ่านการบ่ม อย่างน้อย 24 ชั่วโมง) ระหว่างท่อ Casing และ Sleeve Grout Pipe พร้อมกันกับการถอนท่อ Casing ขึ้น จากนั้นจะต้องทิ้งไว้อย่างน้อย 4 วัน แล้วจึงดำเนินการอัดฉีดสารเคมีเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพชั้นดินฐานรากผ่าน Sleeve Grout Pipe

2.4 การอัดฉีดสารเคมี

การอัดฉีดสารเคมีของโครงการอ่างเก็บน้ำคลองขลุง จังหวัดจันทบุรี (รูปที่ 3) คือ การอัดฉีดโซเดียมซิลิเกตผสมกับโซเดียมโบคาร์บอเนตและน้ำ (Silicate - Based Grout) ที่อยู่ในสถานะของเหลวในช่วงแรก ลงไปในชั้นดินฐานรากที่มีค่าการรั่วซึมสูงแต่ไม่สามารถอัดฉีดน้ำปูนเข้าไปได้ เนื่องจากข้อจำกัดของช่องว่างระหว่างเม็ดดิน จึงต้องทำการอัดฉีดด้วยสารเคมี เมื่อทำการอัดฉีดผ่านเข้าไปในชั้นดินฐานรากแล้ว สารเคมีจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็น Soft Gel เมื่อค่าความหนืด (Viscosity) เพิ่มขึ้น



รูปที่ 3 แสดงลักษณะการดำเนินการอัดฉีดสารเคมี

2.4.1 วัสดุและอัตราส่วนสารเคมีที่ใช้ในการอัดฉีด

วัสดุที่ใช้ในการปรับปรุงชั้นดินฐานราก ประกอบด้วย

โซเดียมซิลิเกต (Sodium Silicate) เป็นสารละลายประเภท Alkaline Colloidal ชนิด Silicium มีสูตรคือ $n\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ คุณลักษณะของโซเดียมซิลิเกต ประกอบด้วย Ponderal Ratio $R_p = \text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O}$ และสามารถวัดค่าความหนาแน่นในหน่วยของ Degree Baume' (°Be') หรือ Degree

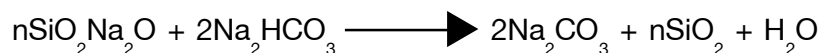


Twaddle (OTW) ซึ่งโดยทั่วไปโซเดียมซิลิเกตจะมีค่า Ponderal Ratio (Rp) อยู่ในช่วง 3-4 และมีค่าความหนาแน่นจำเพาะอยู่ในช่วง 30° ถึง 42° Be (52° - 82°Tw) โดยคุณสมบัติของโซเดียมซิลิเกตที่ใช้ คือ

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของสารเคมีโซเดียมซิลิเกต

อัตราส่วนระหว่าง SiO ₂ : Na ₂ O	= 3.2 - 3.4
ความถ่วงจำเพาะที่ 20° c	= 1.32 - 1.35
ความหนาแน่นที่ 20° c	= 35 - 37 Be'
ส่วนผสมของน้ำ	= 63 - 67 %
ส่วนผสมของ Na ₂ O	= 7.5 - 8.5 %
ส่วนผสมของ SiO ₂	= 25.6 - 26.6 %
ความหนืดของสารเคมีที่ 20° c	= 60 - 90 CP
ความเป็นกรดต่างของสารเคมี	= 10.5 - 11.5

โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium Bicarbonate, NaHCO₃) มีคุณสมบัติเป็นกรดเมื่อผสมกับโซเดียมซิลิเกตซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างจะทำให้ได้โซเดียมคาร์บอเนตและ Silica Gel ดังสมการนี้



เมื่อความเป็นกรดอ่อนๆ ของไบคาร์บอเนต ทำการละลายอย่างเหมาะสม จะทำให้ Setting Time สอดคล้องกับสภาวะการแทรกซึม กล่าวคือ Soft Gel ที่ได้จะมีความหนืดมีค่าต่ำใกล้เคียงกับน้ำ ซึ่งเหมาะสมต่อการอัดฉีดเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดินของชั้นดินฐานรากที่มีช่องว่างขนาดเล็กมากทำให้มีความแน่นทึบ (Water Tightening Effect) ซึ่งมีความต้านทานแรงกดได้น้อย และยังสามารถใช้ในชั้นหินที่มีการพุพังสูง โดยแทรกซึมเข้าไปตามแนวรอยแตกรอยแยกเล็กๆ ได้ดี ซึ่งปริมาณที่ใช้ที่เหมาะสม คือ

- โซเดียมซิลิเกต (Rp : 3.3d = 30° ถึง 37° Be') : 100 - 200 ลิตร/ลูกบาศก์เมตร
- โซเดียมไบคาร์บอเนต : 15 - 30 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ ใช้ในการผสมสารเคมี น้ำกร่อยหรือน้ำทะเลไม่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของ Silicate-Based Grout ได้

2.4.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานอัดฉีดสารเคมี

การอัดฉีดจะทำแบบ Pressure Grouting โดยวิธี Upstage Grouting Method ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

2.4.2.1. การอัดฉีดจะทำงานแบบ Split Spacing Method ซึ่งเริ่มดำเนินการในหลุมเจาะลำดับที่หนึ่ง (Primary Grout Holes, P) ก่อน โดยการทำการอัดฉีดตามช่วงระดับความลึกที่ได้ติดตั้ง Rubber Sleeve (ช่วงละ 0.5 เมตร) เสร็จแล้วจึง เริ่มดำเนินการอัดฉีดในหลุมเจาะลำดับที่สอง (Secondary Grout Holes, S) เป็นลำดับต่อไป

2.4.2.2. ทำการดัน Rubber Sleeve ที่ติดตั้งไว้ด้วยความดัน 2 - 7 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ซึ่งทำให้เกิดภาวะของ Hydraulic Fracturing

2.4.2.3. จากนั้นทำการอัดฉีดสารเคมีผ่านรอยแตกของน้ำปูนด้วยความดันที่กำหนดไว้
หมายเหตุ

- การใช้แรงดันคำนวณจาก 0.23 - 0.46 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร คูณความลึกที่ทำการอัดฉีด
- ความลึกของช่วงอื่นๆ ให้ใช้หลักการนี้แล้วปรับตามความเหมาะสม

1) การอัดฉีดจะหยุดชั่วคราวแล้วทำการอัดฉีดในช่วงระดับความลึกถัดไปเมื่อพบว่า ช่วงความลึกนั้นๆ มีค่า Grout Take มากกว่า 400 ลิตร ต่อ ช่วงระดับความลึกนั้นๆ หรือพบว่า มีการรั่วซึมขึ้นบนพื้นผิวของการทำงานของสารเคมี

2) ในระหว่างทำการอัดฉีดสารเคมี ถ้าพบว่า สารเคมีในสถานะที่เป็นของเหลวมีความหนืดสูงหรือเริ่มเข้าสู่สถานะ Start to Thicken ให้หยุดการอัดฉีด ทำการผสมสารเคมีใหม่แล้วจึงทำการอัดฉีดต่อไป

3) เมื่อทำการอัดฉีดในหลุมเจาะลำดับที่หนึ่งและหลุมเจาะลำดับที่สองเสร็จแล้ว จึงมาพิจารณาการอัดฉีดซ้ำ (Regrouting) จากหลักเกณฑ์ที่ว่า หากมีการรั่วซึมขึ้นบนพื้นผิวของการทำงานของสารเคมีและหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

การอัดฉีดสารเคมี ครั้งที่ 1 : หากช่วงการทำงานระดับใดมีค่า Grout Take มากกว่า 400 ลิตร/ช่วงการอัดฉีด ให้หยุดการอัดฉีดชั่วคราว

การอัดฉีดสารเคมี ครั้งที่ 2 : หากช่วงการทำงานระดับใดมีค่า Grout Take มากกว่า 200 ลิตร/ช่วงการอัดฉีด ให้หยุดการอัดฉีดชั่วคราว

การอัดฉีดสารเคมี ครั้งที่ 3 : หากช่วงการทำงานระดับใดมีค่า Grout Take มากกว่า 200 ลิตร/ช่วงการอัดฉีด ให้ถือว่าเสร็จสิ้นการอัดฉีดในช่วงการทำงานนั้นๆ

- การทำงานของช่วงการทำงานใดๆ จะเสร็จสิ้นก็ต่อเมื่อมีค่า Grout Take รวมมากกว่า 800 ลิตร/ช่วงการอัดฉีด หรือไม่มีค่า Grout Take เมื่อทำการอัดฉีดด้วยแรงดันที่กำหนดแล้ว

2.4.2.4. การอัดฉีดสารเคมีในหลุมเจาะลำดับที่สาม (Tertiary Grout Holes, T) และหลุมเจาะลำดับที่สี่ (Quaternary, Q) จะกระทำก็ต่อเมื่อช่วงความลึกใดๆ ในหลุมเจาะลำดับที่หนึ่ง และหลุมเจาะลำดับที่สองมีค่า Grout Take มากกว่า 800 ลิตร/ช่วงการอัดฉีด

2.4.2.5. ขณะทำการอัดฉีด ถ้าพบว่าสารเคมีรั่วซึมขึ้นผิวบนได้ให้ปฏิบัติ ดังนี้

- อุดรอยรั่วด้วยลิ่ม หรือจุกไม้ เหล็ก ถุงปูน
- เมื่อไม่สามารถหยุดการรั่วของสารเคมีด้วยการอุดได้ให้ทำการลดความดันของการอัดฉีด

ลง 1 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร หรือน้อยกว่า และลดอัตราเร็วในการอัดฉีดให้เหลือน้อยกว่า 10 ลิตร/นาที



- เมื่อพบว่าการรั่วเกิดขึ้นนาน โดยไม่มีลักษณะที่แสดงให้เห็นว่าอัตราการรั่วจะลดลง แม้จะได้ใช้วิธีการดังกล่าวแล้ว ก็ให้หยุดการอัดฉีดในช่วงนั้น

2.4.2.6. เมื่อดำเนินการอัดฉีดสารเคมีตลอดความลึกหลุมเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องดำเนินการอุดหลุมให้เต็ม (Grout Plug) ด้วยน้ำปูนเข้มข้น (อัตราส่วน น้ำ : ปูน = 2 : 1 โดยปริมาตร + น้ำโคลน 10% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ โดยน้ำโคลนที่ใช้ผสมต้องผ่านการบ่มอย่างน้อย 24 ชั่วโมง)

2.5 การเจาะหลุมตรวจสอบ (Check Holes, CH)

การเจาะหลุมตรวจสอบ เป็นการปฏิบัติงานขั้นตอนสุดท้ายของงานปรับปรุงดินฐานราก หลังจากทำการอัดฉีดแบบต่างๆ จนเสร็จสิ้นหมดแล้ว จึงเริ่มทำการเจาะหลุมตรวจสอบพร้อมทั้งทดสอบความรั่วซึมของน้ำในชั้นดินแบบ Open-end Test สำหรับวัตถุประสงค์ของการเจาะของหลุมตรวจสอบ เพื่อตรวจสอบว่าผลการอัดฉีดสารเคมีได้ผลและมีประสิทธิภาพตามเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ หลุมตรวจสอบจะวางในตำแหน่งที่ครอบคลุมขอบเขตการอัดฉีดทั้งหมด ซึ่งอัดฉีดสารเคมีเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยเจาะผ่านบริเวณที่มีการรั่วซึมสูงๆ และปริมาณสารเคมีที่อัดฉีดลงไปมีปริมาณมาก เพื่อตรวจสอบผลการอัดฉีดในบริเวณดังกล่าว ถ้าผลจากหลุมตรวจสอบยังมีบริเวณที่ยังไม่ได้ผลตามเป้าหมายก็จะมีการพิจารณาวางแผนและดำเนินการอัดฉีดสารเคมีเพิ่มเติม เพื่อให้งานบรรลุตามเป้าหมาย ระยะห่างระหว่างหลุมตรวจสอบสำหรับการปฏิบัติงานในสนามนั้นยังไม่ได้มีการกำหนด ซึ่งจะพิจารณาจากผลการรั่วซึมและการอัดฉีดสารเคมีในสนามเป็นสำคัญ

2.6 เป้าหมายและเกณฑ์กำหนดสำหรับงานปรับปรุงดินฐานราก (Target of Improvement)

ภายหลังทำการปรับปรุงดินฐานรากเสร็จสิ้นแล้ว จะพิจารณาผลการปฏิบัติงานว่าอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้หรือไม่ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ค่าอัตราการรั่วซึมของน้ำในชั้นดินของหลุมเจาะหลุมตรวจสอบ มีค่าน้อยกว่า 5.0×10^{-5} เซนติเมตร/วินาที หรือมีจำนวนช่วงที่มีค่าอัตราการรั่วซึมของน้ำในชั้นดินของหลุมเจาะหลุมตรวจสอบมีค่ามากกว่า 5.0×10^{-5} เซนติเมตร/วินาที รวมกันแล้วต้องมีค่าน้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์

2.7 หลักเกณฑ์การพิจารณาเพิ่มหลุมเจาะอัดฉีดสารเคมี

ตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในแบบงานปรับปรุงฐานรากหมายเลข สขป.9-กธว.-ฐ-002 การปฏิบัติงานอัดฉีดสารเคมีกำหนดเพียงหลุมอัดฉีดลำดับที่หนึ่งและหลุมอัดฉีดลำดับที่สองเท่านั้น เมื่อทำการอัดฉีดจนกระทั่งถึงหลุมอัดฉีดลำดับที่สองเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะพิจารณาผลการอัดฉีดทั้งหลุมอัดฉีดลำดับที่หนึ่งและหลุมอัดฉีดลำดับที่สอง เมื่อผลที่ได้ยังมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ก็จะมีการพิจารณาเพิ่มหลุมอัดฉีดลำดับที่สาม แทรกระหว่างหลุมอัดฉีดลำดับที่หนึ่งและหลุมอัดฉีดลำดับที่สอง หรือหลุมลำดับต่อไปตามลำดับ

ผลการทดสอบการรั่วซึมของน้ำในชั้นดินแบบ Open-end Test ในหลุมตรวจสอบ ซึ่งกระทำภาย หลังการอัดฉีดสารเคมีในบริเวณต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น จะนำผลมาพิจารณากับเป้าหมายและ กฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังกล่าวมาข้างต้น ถ้าหากไม่บรรลุตามวัตถุประสงค์ ก็ทำการพิจารณาวางแผนและ กำหนดวิธีการในการเพิ่มงานอัดฉีดสารเคมี เพื่อให้งานบรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ เช่น เพิ่มหลุมหรือเพิ่ม แถวในการอัดฉีดลงไปอีก

2.8 ผลการปฏิบัติงานเจาะ-อัดฉีดสารเคมี

จากการศึกษาและทดลอง ในพื้นที่บริเวณ กม.0+453 ถึง กม.0+485 ซึ่งประกอบด้วย หลุมเจาะ-อัดฉีด จำนวน 5 แถว คือหลุม Consolidation และ Blanket บริเวณเหนือน้ำและท้ายน้ำ อย่างละ 1 แถว และหลุม Curtain 1 แถว (รูปที่ 4) พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสม สำหรับนำไปใช้ในการอัดฉีด สารเคมี คือ

Water	:	Sodium Silicate	:	Sodium Bicarbonate
180 ลิตร	:	25 ลิตร	:	4 กิโลกรัม

โดยปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการอัดฉีด มีแนวโน้มลดลงจากหลุมเจาะ-อัดฉีดลำดับที่หนึ่ง ไปหาหลุม เจาะ-อัดฉีดลำดับสอง และมีแนวโน้มลดลงจากหลุมเจาะ-อัดฉีดในแถวที่ทำการปฏิบัติงานในลำดับแรก ไปหาหลุมเจาะ-อัดฉีดในแถวที่ทำการปฏิบัติงานในลำดับสุดท้าย



รูปที่ 4 พื้นที่ศึกษาและทดลอง บริเวณ กม.0+453 ถึง กม.0+485 ประกอบด้วยหลุมเจาะ-อัดฉีด จำนวน 5 แถว



3. สรุปผล

การปฏิบัติงานเจาะ-อัดฉีดสารเคมี สามารถประเมินผลได้จากการเปรียบเทียบค่า ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการอัดฉีดกับ Effective Radius และความลึกของหลุมเจาะอัดฉีด โดยกำหนดระยะ Effective Radius ไม่น้อยกว่า 1 เมตร และมีความลึกของกำแพงทึบน้ำอยู่ในช่วง 12 ถึง 21 เมตร ตามแบบ ทั้งนี้การตรวจสอบผลการปฏิบัติงานจะใช้วิธีการเจาะหลุมตรวจสอบ แล้วทำการทดสอบความรั่วซึมของน้ำในชั้นดิน โดยวิธี Open-end Test ตามมาตรฐานของ Designation E-18 ตาม "EARTH MANUAL" ของ USBR ภายหลังจากปรับปรุงชั้นดินจะต้องมีค่าความรั่วซึมของน้ำน้อยกว่า 5.0×10^{-5} เซนติเมตร/วินาที

4. บรรณานุกรม

- [1] USBR. (1963), Earth Manual. U.S. Government Printing Office, Washington D.C. กรมชลประทาน. (2557), รายงานงานซ่อมแซมและเสริมความมั่นคงลาดเขื่อนดิน โดยวิธีการเจาะและอัดฉีดสารเคมีโครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำอ่างเก็บน้ำลำปาว อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์, กลุ่มปฏิรูปและ ธรณีวิทยา ส่วนวิศวกรรมบริหาร สำนักชลประทานที่ 2.
- [2] กรมชลประทาน. (2549), รายงานงานการสำรวจธรณีวิทยาฐานรากโครงการอ่างเก็บน้ำคลองขลุง อำเภอขลุง จังหวัด จันทบุรี,กลุ่มปฏิรูปและธรณีวิทยา ส่วนวิศวกรรมบริหาร สำนักชลประทานที่ 9.

การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียในโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ:
กรณีศึกษาลุ่มน้ำย่อยคลองกัตตะนาวใหญ่ตอนล่าง จังหวัดสระแก้ว

Stakeholder analysis in the public-private watershed development project:
A case study of the Lower Khlong KattanaoYaiSub-Watershed, Sakaeo Province

ฉวีวรรณ สุขลิ้ม^{1,2} และ ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์²

Chaweewan Suklim¹ and Chuphan Chompuchan²

โครงการชลประทานสระแก้ว ตำบลวัฒนานคร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว

²ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

Email: csuklim@gmail.com, fengcpcc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ เป็นการดำเนินการภายใต้แนวคิดการทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานภาครัฐกับประชาชน เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่ได้เรียนรู้ถึงสภาพปัญหาและสาเหตุเรื่องน้ำ ตลอดจนค้นหาวิธีการและเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหาในพื้นที่ตนเองสำหรับในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองกัตตะนาวใหญ่ตอนล่าง ครอบคลุมพื้นที่ 5 หมู่บ้านในตำบลทุ่งมหาเจริญ อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว ได้ดำเนินโครงการโดยมีเจ้าหน้าที่จากกรมชลประทานทำหน้าที่เป็นที่เล็งและร่วมจัดทำแผนพัฒนาลุ่มน้ำผ่านกิจกรรมการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร การสังเกตและการสัมภาษณ์กลุ่ม จากนั้นได้ประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียในโครงการโดยการจัดหมวดหมู่และตำแหน่งของผู้มีส่วนได้เสียด้วยเมตริกซ์อำนาจ-ความสนใจ โดยเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาก่อนและหลังมีโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐและถอดบทเรียนปัจจัยแห่งความสำเร็จที่มีส่วนส่งเสริมในการขับเคลื่อนโครงการตลอดจนได้แผนการแก้ไขปัญหาเรื่องน้ำในพื้นที่

การจัดหมวดหมู่ของผู้มีส่วนได้เสียแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของผู้มีส่วนได้เสียที่แตกต่างกันตามช่วงเวลา ผลจากการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียสามารถเสนอกลยุทธ์ในการกำหนดบทบาทและหน้าที่ของผู้มีส่วนได้เสียในแต่ละกลุ่มในโครงการได้ จากการถอดบทเรียนพบว่ากลุ่มบุคคลที่มีอิทธิพลและให้ความสนใจมาร่วมดำเนินการเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้โครงการประสบความสำเร็จเนื่องจากการเป็นที่ยอมรับของประชาชนในพื้นที่ นอกจากนี้ กระบวนการพัฒนาแบบมีส่วนร่วมมีบทบาทในการเสริมสร้างความตระหนักรู้แก่ชุมชนเรื่องปัญหาด้านน้ำในพื้นที่ซึ่งจะทำให้การวางแผนการแก้ไขปัญหาเรื่องน้ำเกิดความยั่งยืน

คำสำคัญ: โครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ, การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสีย, กระบวนการมีส่วนร่วม



Abstract

Public-private watershed development project is operate under the concept of collaboration between government agencies and the public.Objective of the project is to urge people to learn about situation and causes of water crisis, and to search for targets and solutions for solving problems in their own areas. Our study site is at Lower Khlong KattanaoYaiSub-Watershed, which covers five villages in ThungMaha Charoen Sub-District, Wang Nam Yen District, Sakaeo Province. The public-private watershed development project has been operating with an assistance of Royal Irrigation Department officers as mentors.Watershed Development Plan has been produced through continuous collaborative activities between officers and people in the area.

This study is a qualitative research. Data and information used in the study was gathered from documents, observation, and group interviews. Stakeholder Analysis was applied to identify a list of people and organizations that are affected by the project.Then, the stakeholders were classified and allocated according to their power over the project and their interest in it, on a Power/Interest Matrix.The Matrix was used to compare between the situation 'before' and 'after' having the public-private watershed development project.After that, lesson learned for the key success factor, which has contributed to the project as well as the water management solution, could then be identified.

Stakeholder are categorized into four groups.Members of each group may differ depending of the timing. Stakeholder Analysis can be used to advise the development of strategies for determining of roles and duties of stakeholders.Study results indicate that the key success factor of the project is the 'Key Players' group: the influential people who are interested to join the project.The lesson learned found that this group of stakeholder is usually well-acceptedamong people in the area. In addition, public-private participatory development process plays an important role in enhancing community awareness on water crisis of the area, which would lead to the sustainable of water planning andmanagement.

Keywords: Public-Private Watershed Development Project, Stakeholder Analysis, Participatory Process

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การดำเนินโครงการเพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องน้ำในอดีตที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะเป็นการดำเนินการและตัดสินใจโดยหน่วยงานภาครัฐเพียงส่วนเดียว ซึ่งการที่ภาคประชาชนไม่ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินการจึงทำให้ประชาชนขาดการรู้สึกถึงความเป็นเจ้าของ ขาดความรู้เรื่องการใช้น้ำให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ ขาดจิตสำนึกในการร่วมกันดูแลรักษาระบบชลประทาน รวมทั้งมองว่าหน่วยงานภาครัฐควรเป็นผู้ทำหน้าที่ทั้งก่อสร้างระบบชลประทาน บริหารจัดการทรัพยากรน้ำตลอดจนบำรุงรักษาระบบ โดยประชาชนไม่ได้มองว่าเป็นภาระหน้าที่ของตนเองในการรับผิดชอบส่งผลให้ระบบชลประทานที่ก่อสร้างไปแล้วมักประสบปัญหาขาดการบำรุงรักษาที่เหมาะสมและมีน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการในขณะที่ต้องการแก้ไขปัญหาของหน่วยงานภาครัฐไม่ทันต่อเหตุการณ์ มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ ขาดแคลนบุคลากร อีกทั้งอาจไม่ได้รับความร่วมมือจากประชาชนในพื้นที่

ด้วยเหตุนี้ กรมชลประทานจึงได้กำหนดประเด็นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนบรรจุอยู่ในยุทธศาสตร์กรมชลประทาน 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) (กรมชลประทาน, 2560) โดยเฉพาะในประเด็นที่ 4 คือ การสร้างเครือข่ายและการมีส่วนร่วม (Networking and Participation) ของทุกภาคส่วนในการบริหารจัดการน้ำชลประทานในระดับพื้นที่ (Networking Collaboration Participation) ได้นำมาสู่การจัดตั้งโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ โดยเน้นให้ทั้งภาครัฐและภาคประชาชนในแต่ละลุ่มน้ำได้มีส่วนร่วมในกระบวนการวางแผนพัฒนาลุ่มน้ำในทุกขั้นตอนตั้งแต่การเข้ามารับรู้โครงการ การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ที่ผ่านมาในอดีต การสำรวจแหล่งน้ำต้นทุนเดิมที่มีอยู่ การตระหนักรู้ถึงความเป็นเจ้าของระบบชลประทานในพื้นที่ การแก้ไขปัญหาเรื่องน้ำในพื้นที่ ตลอดจนวางแผนหาแหล่งน้ำเพิ่มเติมเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการในพื้นที่ด้วยตนเอง โดยมีเจ้าหน้าที่จากกรมชลประทานคอยเป็นที่ปรึกษาในการให้ความรู้เรื่องน้ำ

อย่างไรก็ตาม ในการดำเนินโครงการให้เกิดความสำเร็จตามเป้าประสงค์ มีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง โดยหนึ่งในปัจจัยหลักคือ ผู้มีส่วนได้เสีย (Stakeholder) ซึ่งหมายรวมถึงบุคคลหรือกลุ่มคนผู้ที่ได้รับผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบจากการดำเนินโครงการ (Rustinsyahand Prasetyo, 2019) ทั้งนี้ในกลุ่มของผู้มีส่วนได้เสียจะมีอิทธิพลและความสำคัญต่อโครงการที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งหากมีการกำหนดแนวทางยุทธศาสตร์ให้สอดคล้องกับบทบาทหน้าที่ของผู้มีส่วนได้เสียในแต่ละกลุ่มได้อย่างเหมาะสม จะทำให้กระบวนการขับเคลื่อนโครงการเพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องน้ำเป็นไปด้วยความยั่งยืนและเป็นที่ยอมรับของประชาชนในพื้นที่ได้

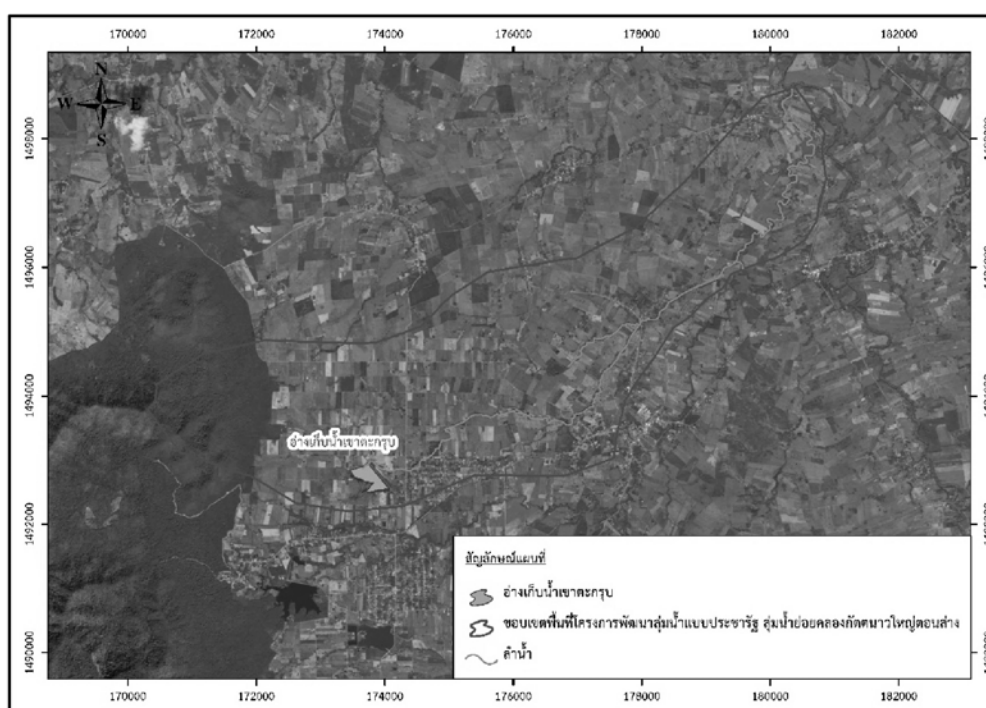
2. วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์กลุ่มผู้มีส่วนได้เสียในการขับเคลื่อนโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐและเสนอแนะการกำหนดกลยุทธ์ในการจัดการผู้มีส่วนได้เสียในแต่ละกลุ่ม



3. พื้นที่ศึกษา

โครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐลุ่มน้ำย่อยคลองกัตตะนาวใหญ่ตอนล่าง (รูปที่ 1) ตั้งอยู่ที่ตำบลทุ่งมหาเจริญ อำเภอลำน้ำเค็ม จังหวัดสระแก้ว ประกอบด้วย 4 หมู่บ้าน คือ หมู่ที่ 5 หมู่ที่ 12 หมู่ที่ 13 และหมู่ที่ 17 ครอบคลุมพื้นที่ 25.77 ตารางกิโลเมตรจำนวน 491 ครัวเรือน สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรนอกเขตชลประทานบริเวณตอนบนของพื้นที่ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน มีอ่างเก็บน้ำเขาตะกรับความจุ 660,000 ลูกบาศก์เมตรตั้งอยู่บริเวณตอนบนของพื้นที่ พื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำประมาณ 1.85 ตารางกิโลเมตรสามารถส่งน้ำให้กับพื้นที่เกษตรกรรมได้ประมาณ 500 ไร่ และเป็นแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคจำนวน 481 ครัวเรือน



รูปที่ 1 ขอบเขตพื้นที่โครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ ลุ่มน้ำย่อยคลองกัตตะนาวใหญ่ตอนล่าง

4. วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยรวบรวมข้อมูลหรือข้อค้นพบจากเอกสารและรายงานผลการศึกษาต่าง ๆ รวมทั้งใช้วิธีการสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์กลุ่ม และการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้มีส่วนได้เสียที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนในโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐลุ่มน้ำย่อยคลองกัตตะนาวใหญ่ตอนล่างจากนั้นจึงแสดงภาพพัฒนาการของพื้นที่โดยใช้เส้นลำดับเวลา (timeline) เพื่อฉายภาพเหตุปัจจัยที่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ และทำการจัดกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียในโครงการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสีย (Stakeholder Analysis) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียในโครงการ ทำให้ทราบว่ามีใครบ้างที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการที่ได้รับผลกระทบจากการดำเนินโครงการทั้งทางบวกหรือทางลบ

(สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน, 2552)เพื่อประเมินบทบาทและระดับความสำคัญและนำไปสู่การวางกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการจัดการกับผู้มีส่วนได้เสียในแต่ละกลุ่มตลอดจนนำไปสู่การวางแผนการดำเนินตลอดจนการติดตามผลการดำเนินงานต่อไป (ชัญญรัตน์ และคณะ, 2560)

เทคนิคการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสีย จะพิจารณาจากบทบาทอำนาจ(power) กับระดับความสนใจ(interest) ของผู้มีส่วนได้เสียต่อโครงการ โดยจัดแบ่งกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียลงในแผนผังเมตริกซ์บทบาทอำนาจ-ความสนใจ (Power/Interest Matrix) ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยบทบาทอำนาจในที่นี้ หมายถึง ระดับของอำนาจที่มีผลต่อการตัดสินใจหรือแรงจูงใจในการดำเนินโครงการ ส่วนระดับความสนใจ หมายถึง ระดับความร่วมมือหรือเข้ามามีส่วนร่วมที่มีผลต่อการดำเนินโครงการซึ่งอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ทั้งทางการเมือง เศรษฐกิจ สังคม รวมทั้งสะท้อนถึงกระบวนการการมีส่วนร่วมในโครงการ (Hertzog et al, 2017) ซึ่งเมื่อกำหนดบทบาทอำนาจ-ความสนใจของผู้มีส่วนได้เสีย สามารถแบ่งกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1. กลุ่ม Players คือ ผู้มีส่วนได้เสียที่มีบทบาทอำนาจหรือมีอิทธิพลต่อโครงการสูงรวมทั้งมีความสนใจหรือเข้ามาเป็นผู้นำหลักในการผลักดันให้โครงการประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ได้วางไว้
2. กลุ่ม Context Setters คือ ผู้มีส่วนได้เสียที่มีบทบาทอำนาจหรือมีอิทธิพลต่อโครงการสูง แต่อาจจะไม่มีความสนใจต่ำหรือไม่ได้สนใจในการดำเนินการโครงการ ทั้งนี้เนื่องจากอาจจะเป็นผู้ที่ไม่ได้รับผลประโยชน์โดยตรงจากการดำเนินโครงการหรือโครงการอาจจะทำให้สูญเสียผลประโยชน์
3. กลุ่ม Subjects คือ ผู้มีส่วนได้เสียที่มีบทบาทอำนาจหรือมีอิทธิพลต่อโครงการต่ำ แต่มีความสนใจสูงหรือต้องการเข้าร่วมสนับสนุนให้โครงการประสบความสำเร็จ เนื่องจากโครงการอาจส่งผลดีหรือได้รับผลประโยชน์จากการดำเนินโครงการทั้งต่อตนเองและส่วนร่วม
4. กลุ่ม Crowd คือ ผู้ที่มีบทบาทอำนาจหรือมีอิทธิพลต่อโครงการต่ำและมีความสนใจต่ำหรือไม่ได้สนใจในการดำเนินโครงการ เนื่องจากไม่ได้รับผลประโยชน์จากโครงการโดยตรง หรืออาจไม่ได้อยู่ในพื้นที่ที่ได้รับผลประโยชน์จากการดำเนินโครงการ

บทบาทอำนาจ	สูง	Context Setters มีบทบาทอำนาจสูง และความสนใจต่ำ	Players มีบทบาทอำนาจสูง และความสนใจสูง
	ต่ำ	Crowd มีบทบาทอำนาจต่ำ และความสนใจต่ำ	Subject มีบทบาทอำนาจต่ำและ ความสนใจสูง
		ต่ำ	สูง

รูปที่ 2 แผนผังเมตริกซ์บทบาทอำนาจ-ความสนใจ



ในงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์การจัดกลุ่มของผู้มีส่วนได้เสียตามแผนผังเมตริกซ์บทบาทอำนาจ-ความสนใจ โดยเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียของช่วงเวลาก่อนและหลังมีโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐจากนั้นจึงเสนอแนวทางการกำหนดกลยุทธ์ในการจัดการเพื่อให้ผู้มีส่วนได้เสียเข้ามามีส่วนร่วมในโครงการ โดยเมื่อพิจารณาจากเมตริกซ์บทบาทอำนาจ-ความสนใจของกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียจะสามารถกำหนดกลยุทธ์ได้ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (Olander and Landin, 2005)

1. กลยุทธ์ Key Players สำหรับกลุ่มที่มีบทบาทอำนาจสูงและมีความสนใจสูงควรใช้แนวทางการเปิดแนวรุกเข้าไปสร้างปฏิสัมพันธ์ สานสัมพันธ์เชื่อมโยงอย่างต่อเนื่อง ใช้เครื่องมือสื่อสารขอความเห็นเกี่ยวกับแผนงาน ชักชวนให้เข้ามาเป็นที่ปรึกษาแผนงานโครงการตั้งแต่เริ่มต้นเข้ามาร่วมพิจารณาเป้าประสงค์เป้าหมายปัจจัยหลักแห่งความสำเร็จหรือช่วยปรับปรุงวิธีการ ตลอดจนร่วมตรวจสอบผลการดำเนินงานหรือขอให้สนับสนุนเพื่อการเดินหน้าขับเคลื่อนโครงการ

2. กลยุทธ์ Keep Satisfied สำหรับกลุ่มที่มีบทบาทอำนาจสูงแต่สนใจเกี่ยวกับโครงการไม่มากนักควรที่จะแจ้งข่าวสารและชี้แจงผลการดำเนินโครงการในอดีตและปัจจุบันหรือเล่าความคาดหวังของโครงการในอนาคตให้รับทราบอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดความพอใจหรือให้มีบทบาทความสำคัญในโครงการในโอกาสที่เหมาะสม เช่น เชิญให้เข้ามาแนะนำในจุดอ่อน-จุดแข็งของโครงการ

3. กลยุทธ์ Keep Informed สำหรับกลุ่มที่มีบทบาทอำนาจต่ำแต่มีความสนใจหรือต้องการมีส่วนร่วมต่อโครงการสูงควรที่จะพยายามให้เข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมของโครงการอย่างสม่ำเสมอ หรือมีการขอความคิดเห็น ขอข้อมูล แลกเปลี่ยนความคิดริเริ่มและขอความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับรายละเอียดของโครงการเมื่อได้มีการดำเนินการไประยะหนึ่งและให้ช่วยขับเคลื่อนรวมทั้งติดตามการดำเนินงานของโครงการ

4. กลยุทธ์ Minimal Effort สำหรับกลุ่มที่มีบทบาทอำนาจต่ำและมีความสนใจโครงการต่ำควรที่จะให้ข้อมูลข่าวสารโครงการเป็นครั้งคราวและขอข้อคิดเห็นในระหว่างที่ดำเนินการเพื่อที่จะทำให้กลุ่มนี้ต้องเฝ้าติดตาม เพื่อรับทราบข้อเสนอแนะเพิ่มเติมและป้องกันไม่ให้อำนาจกลับกลายเป็นผู้ขัดขวางการดำเนินโครงการหรือมีการสื่อสารข้อมูลทีละเล็กละน้อยไม่ตรงตามเป้าหมาย

บทบาทอำนาจ	สูง	Keep Satisfied ให้ข้อมูลข่าวสารอย่างสม่ำเสมอ	Key Players มีส่วนร่วมอย่างใกล้ชิดตั้งแต่เริ่มโครงการ
	ต่ำ	Minimal Effort ให้ข้อมูลข่าวสารเป็นครั้งคราว	Keep Informed พยายามให้เข้ามามีส่วนร่วม
		ต่ำ	สูง
		ความสนใจ	

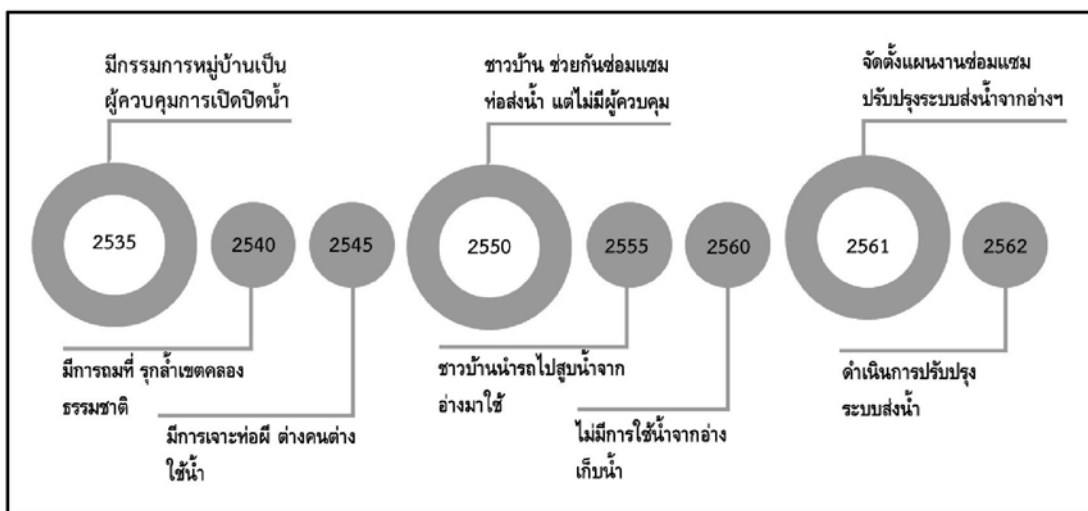
รูปที่ 3 แผนผังการกำหนดกลยุทธ์ในการจัดการกลุ่มผู้มีส่วนได้เสีย
ดัดแปลงจาก Olander and Landin (2005)

5. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

5.1 ลำดับเหตุการณ์ (timeline) ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองกัตตะนาวใหญ่ตอนล่าง

จากการรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ที่สามารถระบุลำดับเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงสำคัญในการพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยมีจุดเริ่มต้นสำคัญจากการโครงการอ่างเก็บน้ำเขาตะกรับซึ่งก่อสร้างโครงการพร้อมระบบส่งน้ำแล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ.2534 หลังจากนั้นกรมชลประทานได้เข้ามาจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อบริหารจัดการการใช้น้ำในอ่างเก็บน้ำ โดยมีสมาชิกทั้งหมด 15 คน ประกอบด้วยประธานกลุ่มผู้ใช้น้ำ 1 คน คือผู้ใหญ่บ้าน และกรรมการบริหารกลุ่มผู้ใช้น้ำ 14 คน คือ คณะกรรมการหมู่บ้านเป็นผู้ดูแลและควบคุมการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ

ในช่วงปี พ.ศ. 2540 เป็นต้นมา มีการทำเกษตรกรรมเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการการใช้น้ำเพิ่มขึ้นด้วย ชาวบ้านจึงเริ่มพากันเจาะท่อส่งน้ำเพื่อนำน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมของตนเองโดยไม่ได้ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการกลุ่มผู้ใช้น้ำและไม่ได้มีการลงโทษกับผู้ที่ขโมยเจาะท่อส่งน้ำ ต่อมาในปี พ.ศ. 2545 พื้นที่เกษตรถูกเปลี่ยนเป็นสวนลำไยเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีราคาดีและเป็นที่ต้องการของตลาด จึงทำให้เกษตรกรพยายามขยายพื้นที่การเกษตรของตนเองด้วยการไถกลบพื้นที่รูลำทางน้ำธรรมชาติ ทำให้ทางน้ำแคบลงและตื้นเขิน ในขณะที่สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเริ่มวิกฤติเนื่องจากระบบท่อส่งน้ำเสียหายจากการขโมยเจาะท่อและการทำลายวาล์วเปิด-ปิดน้ำ จนกระทั่งในปี พ.ศ.2550 จึงได้รับงบประมาณจากองค์การบริหารส่วนตำบลเพื่อมาซ่อมแซมระบบส่งน้ำได้บางส่วน แต่เมื่อใช้งานได้ระยะหนึ่งระบบส่งน้ำก็ไม่สามารถใช้งานได้อีกในส่วนของน้ำอุบโศค-บริโศคก็ได้มีการก่อสร้างประปาหมู่บ้านโดยใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำแต่ก็ประสบปัญหาเรื่องค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ ส่วนเกษตรกรที่ต้องการใช้น้ำได้นำรถส่วนตัวเข้าไปสูบน้ำและบรรทุกน้ำจากอ่างเก็บน้ำเอง



รูปที่ 4 ลำดับเหตุการณ์ของโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ
ลุ่มน้ำย่อยคลองกัตตะนาวใหญ่ตอนล่าง



ในปี พ.ศ. 2560 กรมชลประทานได้ดำเนินโครงการโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ โดยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองกัตตะนาวใหญ่ตอนล่างเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่โครงการนำร่องการขับเคลื่อนโครงการได้ใช้แนวคิดของกระบวนการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในรูปแบบประชารัฐ (อันกัทร, 2560) มาเป็นปัจจัยหลักในดำเนินงาน โดยกิจกรรมเริ่มตั้งแต่การให้ประชาชนในพื้นที่เข้ามารับทราบแนวทางในการดำเนินโครงการ จากนั้นได้ทำการคัดเลือกตัวแทนของประชาชนในพื้นที่ให้เข้ามาเป็นคณะทำงานในโครงการเพื่อร่วมกันขับเคลื่อนโครงการตั้งแต่เริ่มต้น ทั้งนี้ ผู้อำนวยการโครงการชลประทานสระแก้วและเจ้าหน้าที่โครงการชลประทานสระแก้วได้เข้ามาทำหน้าที่เป็นที่เล็งในโครงการและเข้าร่วมกิจกรรมการมีส่วนร่วมกับภาคประชาชนในพื้นที่อย่างต่อเนื่องตามขั้นตอนต่าง ๆ ในแผนพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ อาทิ กิจกรรมการทำประวัติศาสตร์ชุมชนและแผนที่ทำมือเพื่อจัดทำบริบทของพื้นที่และค้นหาสาเหตุปัญหาเรื่องน้ำ กิจกรรมการลงพื้นที่สำรวจศักยภาพของแหล่งน้ำและโครงสร้างพื้นฐานเดิมที่มีอยู่ในพื้นที่ กิจกรรมสำรวจความต้องการใช้น้ำและจัดทำแผนพัฒนาลุ่มน้ำ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5 จากนั้นเมื่อแผนพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่ได้รับการนำเสนอ ตรวจสอบข้อมูลและได้รับการยอมรับจากประชาชนในพื้นที่แล้ว จึงได้เสนอแผนฯ ผ่านองค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งมหาเจริญ ไปยังโครงการชลประทานสระแก้วแล้วเสนอของบประมาณต่อผู้ว่าราชการจังหวัดสระแก้ว จนได้รับงบประมาณในการซ่อมแซมและปรับปรุงแหล่งน้ำในปี 2562



รูปที่ 5 ตัวอย่างกิจกรรมการสร้างการมีส่วนร่วม (a) การคัดเลือกตัวแทน (b) การทำข้อมูลประวัติศาสตร์ชุมชน (c) การวางแผนก่อนการลงพื้นที่และ (d) การลงพื้นที่สำรวจแหล่งน้ำ

5.2 การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสีย (stakeholder analysis)

จากการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแหล่งน้ำโดยเปรียบเทียบบทบาทอำนาจและความสนใจของผู้มีส่วนได้เสียแบ่งเป็นสองช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงก่อนมีโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบพระราชรัฐ ในปี พ.ศ.2535-2559 และช่วงที่ได้มีการดำเนินโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบพระราชรัฐ ในปี พ.ศ.2560-2562 ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ พบว่า ช่วงก่อนมีโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบพระราชรัฐ การดำเนินโครงการพัฒนาแหล่งน้ำมีเพียงเจ้าหน้าที่โครงการชลประทานที่เข้ามามีบทบาทในการจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำซึ่งเป็นบทบาทตามภารกิจหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย โดยมอบหมายให้ผู้ใหญ่บ้านและกรรมการหมู่บ้านเป็นคณะกรรมการบริหารกลุ่มผู้ใช้น้ำ มีอำนาจในการควบคุมและดูแลการส่งน้ำชลประทานตามรอบเวรการส่งน้ำให้แก่กลุ่มผู้ใช้น้ำ (เกษตรกรในพื้นที่รับประโยชน์) ในขณะที่เกษตรกรนอกพื้นที่รับประโยชน์จากอ่างเก็บน้ำและประชาชนนอกภาคเกษตรไม่มีบทบาทหรือมีส่วนร่วมในโครงการมากนัก เมื่อทำการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียด้วยเมตริกซ์บทบาทอำนาจ-ความสนใจ (รูปที่ 6a) พบว่า ผู้ใหญ่บ้านและกรรมการหมู่บ้านเป็นกลุ่มที่มีบทบาทอำนาจสูงแต่มีความสนใจในโครงการต่ำ (Context Setters) ในขณะที่กลุ่มผู้ใช้น้ำเป็นกลุ่มที่มีบทบาทอำนาจต่ำแต่มีความสนใจในโครงการสูง (Subjects) จึงทำให้การกำกับดูแลควบคุมการใช้น้ำให้เป็นไปตามกติกาไม่ประสบความสำเร็จและขาดการบำรุงรักษาระบบส่งน้ำเนื่องจากกลุ่มผู้ใช้น้ำไม่มีอำนาจในการตัดสินใจต่อโครงการส่วนผู้ที่ได้รับมอบหมายมีอำนาจในการจัดการแต่ไม่ให้ความสำคัญต่อโครงการ

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์บทบาทอำนาจและความสนใจของผู้มีส่วนได้เสีย

ก่อนมีโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบพระราชรัฐ ในช่วงปี พ.ศ.2535-2559

ผู้มีส่วนได้เสีย	บทบาทอำนาจ	ความสนใจ
ผู้ใหญ่บ้าน	ควบคุมการส่งน้ำชลประทาน	ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายในฐานะผู้นำชุมชน
กรรมการหมู่บ้าน	ดูแลการส่งน้ำชลประทาน	ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย
เกษตรกรในพื้นที่รับประโยชน์ (กลุ่มผู้ใช้น้ำ)	ใช้น้ำชลประทานตามรอบเวร	มีรายได้เพิ่มขึ้น
เกษตรกรนอกพื้นที่รับประโยชน์	ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติตามฤดูกาล	ไม่มีความสนใจ
ประชาชนนอกภาคเกษตร	เป็นผู้อยู่อาศัยในพื้นที่	ไม่มีความสนใจ
เจ้าหน้าที่โครงการชลประทาน	จัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำ	ความสำเร็จตามภารกิจ



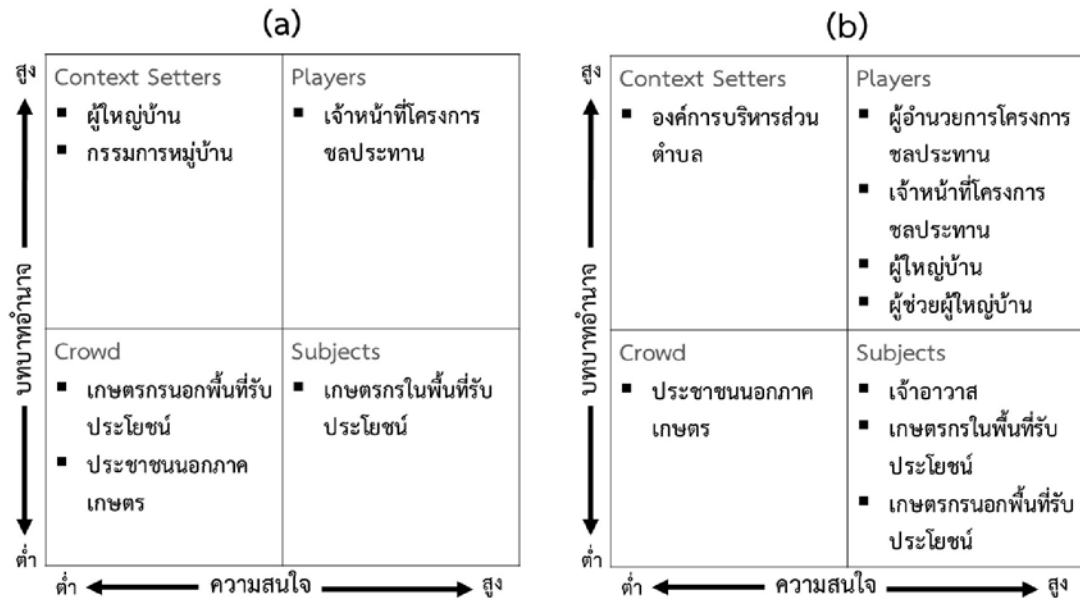
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์บทบาทอำนาจและความสนใจของผู้มีส่วนได้เสีย

หลังมีโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ ในช่วงปี พ.ศ. 2560-2562

ผู้มีส่วนได้เสีย	บทบาทอำนาจ	ความสนใจ
ผู้ใหญ่บ้าน	คณะทำงานในโครงการ	ความนิยมจากประชาชนและในฐานะหุ้นส่วนการพัฒนาโครงการ
ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน	คณะทำงานในโครงการ	หุ้นส่วนการพัฒนาโครงการ
องค์การบริหารส่วนตำบล	หน่วยงานเจ้าของพื้นที่	ลดภาระค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง/การก่อสร้างโครงการแหล่งน้ำ
เกษตรกรในพื้นที่รับประโยชน์	ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ	หุ้นส่วนการพัฒนาโครงการ
เกษตรกรนอกพื้นที่รับประโยชน์	ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติตามฤดูกาล	มีรายได้ทางอ้อมเพิ่มขึ้น
ประชาชนนอกภาคเกษตร	เป็นผู้อยู่อาศัยในพื้นที่	ไม่มีความสนใจ
เจ้าหน้าที่โครงการชลประทาน	เป็นพี่เลี้ยงในการดำเนินโครงการ	ความสำเร็จตามภารกิจ
ผู้อำนวยการโครงการชลประทาน	สนับสนุนการดำเนินการโครงการ	ความสำเร็จตามภารกิจ
เจ้าอาวาส	ผู้นำทางจิตใจของชุมชน	พลังสามัคคีในชุมชน

ต่อมาเมื่อมีการดำเนินโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียพบว่าบางกลุ่มได้เปลี่ยนแปลงตำแหน่งในเมตริกซ์ ดังแสดงในรูปที่ 6b ได้แก่ ผู้ใหญ่บ้านและกรรมการหมู่บ้านซึ่งเดิมอยู่ในกลุ่ม Context Setters ได้เปลี่ยนมาอยู่ในตำแหน่ง Players (ปัจจุบันตำแหน่งกรรมการหมู่บ้านเปลี่ยนเป็นตำแหน่งผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน) โดยมีบทบาทคือเป็นส่วนหนึ่งของคณะทำงานในโครงการและมีความสนใจในโครงการเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ ผู้ใหญ่บ้านมีแรงจูงใจสำคัญคือเรื่องความนิยมจากประชาชนในพื้นที่ ประกอบกับการเข้าร่วมกิจกรรมการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องทำให้ผู้ใหญ่บ้านและผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้านสามารถจูงใจให้ลูกบ้านเข้ามาร่วมทำกิจกรรมด้วย รวมทั้งสามารถสร้างความตระหนักรู้และความเป็นเจ้าของโครงการในฐานะหุ้นส่วนของการพัฒนา

นอกจากนี้ เกษตรกรนอกพื้นที่รับผลประโยชน์จากอ่างเก็บน้ำจากเดิมซึ่งอยู่ในกลุ่ม Crowd ซึ่งไม่มีความสนใจต่อโครงการเนื่องจากไม่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำจึงมองว่าไม่ได้รับผลประโยชน์แต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการชักชวนกลุ่มเกษตรกรนอกพื้นที่รับผลประโยชน์ให้เข้ามาร่วมกิจกรรมการมีส่วนร่วมในโครงการ พบว่า สามารถเปลี่ยนระดับความสนใจมาอยู่ในกลุ่ม Subjects เนื่องจากได้รับทราบข้อมูลว่าขอบเขตการพัฒนาของโครงการจะครอบคลุมพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำโดยจะมีกิจกรรมการพัฒนาแหล่งน้ำทั้งในส่วนของพื้นที่รับน้ำจากอ่างโดยตรงและนอกพื้นที่ส่งน้ำด้วย รวมถึงเกษตรกรนอกพื้นที่รับผลประโยชน์บางส่วนที่มีอาชีพรับจ้างเป็นอาชีพเสริม มีโอกาสจะได้รับประโยชน์เพิ่มเติมจากรายได้ทางอ้อมที่เกิดขึ้นในช่วงที่มีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่



รูปที่ 6 แผนผังเมตริกซ์บทบาทอำนาจ-ความสนใจในการจัดกลุ่มผู้มีส่วนได้เสีย
(a) ก่อนมีโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ ในช่วงปี พ.ศ.2535-2559 และ
(b) หลังมีโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ ในช่วงปี พ.ศ.2560-2562

สำหรับผู้มีส่วนได้เสียที่เข้ามามีส่วนร่วมเกี่ยวข้องในโครงการเพิ่มเติมภายหลังจากมีโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ ได้แก่ ผู้อำนวยการโครงการชลประทาน องค์การบริหารส่วนตำบล และเจ้าอาวาส ซึ่งจากการวิเคราะห์ที่ผู้มีส่วนได้เสียสามารถจัดกลุ่มในเมตริกซ์ได้ดังแสดงในรูปที่ 6b โดยมีกลยุทธ์ในการจัดการผู้มีส่วนได้เสียดังต่อไปนี้

1. ผู้อำนวยการโครงการชลประทาน ใช้กลยุทธ์ Key Players เนื่องจากเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในงานชลประทานและงานพัฒนาแหล่งน้ำ อีกทั้งยังมีอำนาจสั่งการให้เจ้าหน้าที่โครงการชลประทานมาร่วมดำเนินกิจกรรมของโครงการตามภารกิจและมีอำนาจในการเซ็นอนุมัติแผนงานพัฒนาแหล่งน้ำของโครงการเพื่อเสนอของบประมาณสนับสนุนต่อไปจึงให้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำเนินโครงการตั้งแต่แรกโดยให้เป็นผู้นำในกิจกรรมการสร้างการมีส่วนร่วม

2. องค์การบริหารส่วนตำบล ใช้กลยุทธ์ Keep Satisfied เนื่องจากเป็นองค์กรหลักที่มีหน้าที่ดูแลพื้นที่ที่รับผิดชอบทั้งในและนอกเขตชลประทาน มีอำนาจในการเซ็นอนุมัติแผนงานโครงการ เสนอของบประมาณในการปรับปรุงหรือพัฒนาแหล่งน้ำรวมทั้งจะต้องดูแลบำรุงรักษาอาคารชลประทานและระบบส่งน้ำในอนาคต จึงมีการชี้แจงข่าวสารและผลการดำเนินโครงการให้รับทราบอย่างสม่ำเสมอ

3. เจ้าอาวาส ใช้กลยุทธ์ Keep Informed เนื่องจากเป็นบุคคลสำคัญที่คนในชุมชนให้ความเคารพนับถือ โดยเจ้าอาวาสมีความสนใจในการพัฒนาชุมชนให้เจริญก้าวหน้า รวมทั้งสามารถโน้มน้าวให้ชาวบ้านเข้ามามีการมีส่วนร่วมในโครงการได้ จึงได้นิมนต์เจ้าอาวาสให้เข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมของโครงการอย่างสม่ำเสมอ



5.3 การถอดบทเรียน (lesson learned) การดำเนินโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ

ปัจจัยแห่งความสำเร็จในการดำเนินโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐคือการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนให้เกิดความตระหนักรู้ในปัญหาด้านน้ำในพื้นที่ด้วยตนเองไปจนถึงเกิดความเป็นเจ้าของในการพัฒนาโครงการ ทั้งนี้ ผู้ที่จะเข้ามามีบทบาทในขั้นตอนการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนจะต้องมีทัศนคติและบุคลิกแบบวิทยากรกระบวนการ (facilitator) สามารถทำให้ผู้เข้าร่วมเกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ หรือปัญหา รวมทั้งแนวทางแก้ไข กระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมรับฟังซึ่งกันและกัน ตั้งประเด็นให้ผู้เข้าร่วมสามารถคิดเป็นระบบ แลกเปลี่ยนประสบการณ์จนเข้าใจปัญหาอย่างแท้จริง ร่วมกันวางแผน และดำเนินงานตามแผนบนพื้นฐานประโยชน์ร่วมกัน ฟังเป็นจับประเด็นถามให้คิดต่อ ไม่ชี้นำ สามารถเชื่อมโยงทุกมิติไปสู่เป้าหมาย มีความต่อเนื่องในการดำเนินกิจกรรมเพื่อสร้างความสนิทสนม ความใกล้ชิด ความไว้วางใจ ความพยายามให้บรรลุถึงเป้าหมาย (สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน, 2557)

โครงสร้างการดำเนินกิจกรรมเรื่องน้ำที่ผ่านมาเป็นการดำเนินการโดยภาครัฐเพียงส่วนเดียวแล้วให้ส่วนท้องถิ่นเป็นผู้ปฏิบัติตาม หลังจากดำเนินการโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐ พบว่า ทุกภาคส่วนเข้ามามีบทบาทเสมือนอยู่ในระนาบเดียวกัน เป็นทีมงานเดียวกัน เปลี่ยนบทบาทความสัมพันธ์จากเจ้านาย-ลูกน้อง มาเป็นผู้ร่วมงาน ทั้งนี้ ผู้อำนวยการโครงการชลประทานและเจ้าหน้าที่โครงการชลประทานจะต้องทำหน้าที่ทั้งเป็นผู้เสริมสร้างความตระหนักรู้เรื่องปัญหาเรื่องน้ำในพื้นที่ผ่านการดำเนินกิจกรรมต่างๆ อาทิ กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ การสำรวจประวัติศาสตร์ชุมชนการเขียนแผนที่ทำมือ การลงพื้นที่ตรวจสอบปัญหาแหล่งน้ำ และการสร้างการรับรู้ถึงความเป็นเจ้าของโครงการด้วยการกระตุ้นให้ประชาชนเข้ามามีบทบาทค้นหาปัญหาสาเหตุและการแก้ปัญหาด้วยตนเอง จะเห็นว่าขั้นตอนดังกล่าวต้องอาศัยระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมที่ค่อนข้างยาวนานและต่อเนื่อง รวมทั้งยังต้องอาศัยทัศนคติที่ดีและเห็นความสำคัญของการสร้างการมีส่วนร่วม จึงจะส่งผลให้โครงการประสบความสำเร็จและเกิดความยั่งยืน

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การจัดหมวดหมู่ของผู้มีส่วนได้เสียในโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแบบประชารัฐลุ่มน้ำย่อยคลองกุดตะนาวใหญ่ตอนล่าง แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของผู้มีส่วนได้เสียที่แตกต่างกันตามช่วงเวลา ผลจากการเพิ่มผู้มีส่วนได้เสียของกลุ่ม Players ส่งให้ผู้มีส่วนได้เสียในกลุ่ม Crowd บางส่วนย้ายมาเป็นกลุ่ม Subject เนื่องจากกลุ่ม Players สามารถโน้มน้าวและชักจูงให้ทุกกลุ่มเข้ามามีส่วนร่วมในฐานะหุ้นส่วนในการพัฒนาโครงการจากผลการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานก่อสร้างหรืองานพัฒนาแหล่งน้ำอื่น ๆ โดยควรมีขั้นตอนการสร้างการมีส่วนร่วมเข้าไปในแผนงานก่อนดำเนินการ และวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียเพื่อให้ทราบว่าใครคือ Players เพื่อดึงเข้ามามีส่วนร่วมอย่างใกล้ชิดตั้งแต่เริ่มโครงการจึงจะทำให้การขับเคลื่อนโครงการประสบความสำเร็จและเป็นที่ยอมรับของประชาชนในพื้นที่

7. บรรณานุกรม

- [1] กรมชลประทาน. (2560). แผนยุทธศาสตร์กรมชลประทาน 20 ปี (2560-2579). [Online] แหล่งที่มา: <http://irrigation.rid.go.th/rid14/mss60/commu/09sep/20-09-60-05-6334.pdf>, 15 กุมภาพันธ์ 2562.
- [2] ชัญญุรักษ์ต์ นกคักดา, กนกพร ธีรมณีศิลป์, กรแก้ว จันทภาษา และ วรสุดา ยุงทอง. (2560). การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียในการวางแผนการดำเนินงานแก้ไขปัญหาโฆษณาผลิตภัณฑ์สุขภาพ ผิดกฎหมายทางสื่อวิทยุ จังหวัดขอนแก่น. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน, 13(1), 528-541.
- [3] ธันภัทร โคตรสิงห์.(2560). ประชากรรัฐ:จากแนวคิดการบริหารสู่การปฏิบัติในประเทศไทย. วารสารพัฒนาลังคม, 19, 173-196.
- [4] สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน. (2552). คู่มือการมีส่วนร่วมของประชาชน กรมชลประทาน. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- [5] สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน. (2557). คู่มือการจัดหลักสูตรวิทยากรกระบวนการและการมีส่วนร่วม. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- [6] Hertzog T., Poussin J.C., Tangara B. and J.Y. Jamin. (2017). Participatory foresight to address long-term issues in a large irrigation scheme. An example in Office du Niger, Mali. Land Use Policy, 64, 13-28.
- [7] Olander S. and A. Landin. (2005). Evaluation of stakeholder influence in the implementation of construction projects. International Journal of Project Management, 23, 321-328.
- [8] Rustinsyah R. and R.A. Prasetyo. (2019). Stakeholder engagement in a water user association for agricultural irrigation management in the villages in Indonesia. Journal of Water and Land Development, 40 (I-III), 181-191.



การลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มโดยชุมชนมีส่วนร่วม :

กรณีศึกษา พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสบสาย อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

Community based Flash Floods and Mudslides Mitigation :

a Case Study of Sob Sai sub-Watershed, Tha Wang Pha District,

Nan Province.

มนต์ชัย มโนสมุทร, สัญญา นามิ, สุกัญญา แก้วเรือง

Monchai Manosamut¹, Sanya Namee², Sukanya Kaewruang³

^{1,2,3}กองมาตรการป้องกันสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

water.ddpm@gmail.com

บทคัดย่อ

ลำน้ำสบสายเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำน่าน พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสบสาย เคยประสบภัยพิบัติรุนแรง ได้แก่ น้ำป่าไหลหลาก และดินโคลนถล่ม เมื่อ พ.ศ. 2551 ใน 3 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านน้ำปาก บ้านห้วยธนู ตำบลตาลชุม และบ้านห้วยม่วง ตำบลศรีภูมิ อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 47 ตารางกิโลเมตร ประชาชนได้รับความเดือดร้อนจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม 328 ราย 98 ครัวเรือน มีผู้เสียชีวิต 3 ราย บ้านเรือนได้รับความเสียหาย 67 หลัง ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันและลดผลกระทบรุนแรงที่เกิดน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสบสาย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (ปภ.) จึงได้ศึกษาประเมินความเสี่ยงของพื้นที่ และหาแนวทางแก้ไขโดยใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมร่วมกับกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยจัดประชุมรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่เพื่อหาแนวทางการดำเนินงานร่วมกันให้มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ซึ่งแนวทางการดำเนินที่ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ตอนบนลำน้ำ ดำเนินการสร้างฝายอนุรักษ์ต้นน้ำ ลำธารแบบท้องถิ่น และส่งเสริมให้ชาวบ้านปลูกพืช 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง เพื่อเป็นการฟื้นฟูต้นน้ำลำธาร ชับน้ำ ชะลอความเร็วและป้องกันการกัดเซาะ 2) ตอนกลางลำน้ำ ดำเนินการสร้างฝายแบบถาวร เป็นช่วง ๆ ตลอดลำน้ำ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการเก็บกักน้ำ ชะลอความเร็วในการไหลของน้ำ และ 3) ตอนท้ายน้ำ ดำเนินการปรับปรุงยกระดับพื้นสะพานที่กีดขวางทางน้ำ และขุดลอกลำน้ำที่ตื้นเขิน เพื่อเพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำ ดำเนินการโดยชาวบ้านร่วมสร้างฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบท้องถิ่นในพื้นที่ต้นน้ำ และให้ข้อมูล ตลอดจนแนะนำจุดก่อสร้างช่วงกลางน้ำและท้ายน้ำ เนื่องจากชาวบ้านรู้ถึงลักษณะรูปแบบความรุนแรงของอุทกภัยในพื้นที่ดีที่สุด การดำเนินโครงการโดยชุมชนมีส่วนร่วมนั้น

เป็นการสร้างงานให้กับประชาชนในพื้นที่ ลดปัญหาการอพยพไปทำงานต่างถิ่น เป็นการสร้างความรู้สึกเป็นเจ้าของโครงการ และพร้อมที่จะดูแลบำรุงรักษาให้มีสภาพพร้อมใช้ ฝ่ายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบท้องถิ่น และฝ่ายแบบถาวรที่ได้สร้างขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสบสาย สามารถช่วยในการชะลอการไหลและลดความรุนแรงของกระแสน้ำในลำธารสาขา ไม่ให้ไหลหลากอย่างรวดเร็ว เป็นการป้องกันและลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม ตลอดจนเพิ่มความชุ่มชื้น และเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าต้นน้ำลำธาร รวมทั้ง ยังสามารถชะลอน้ำและเก็บน้ำไว้ในฝ่ายแบบถาวร ช่วยบรรเทาปัญหาภัยแล้ง การดำเนินงานโครงการในพื้นที่เสี่ยงภัย สามารถควบคุมความเสี่ยงให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนด และเป็นการสร้างเสริมชุมชนยั่งยืนในด้านการป้องกันและลดผลกระทบต่อภัยพิบัติ

คำสำคัญ : น้ำป่าไหลหลาก ดินโคลนถล่ม ฝ่ายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบท้องถิ่น ฝ่ายแบบถาวร

ABSTRACT

Sob Sai is a stream of Nan River. Sob Sai sub-watershed was affected from severe disaster; flash floods and mudslides in 2008. 47 square kilometers of affected areas cover 3 villages; Nam Pak village, Huay Tha Noo village (Tal Chum sub-district) and Huay Muang village (Sri Phum sub-district), Tha Wang Pha district, Nan province. 328 of people in 98 families were suffered from flash floods and mudslides, 3 people died, and 67 Houses were damaged. In order to prevent and mitigate severe impact of flash flood and mudslide in Sob Sai sub-watershed area, Department of Disaster Prevention and Mitigation (DDPM) had assessed the disaster risk and found the engineering construction solution approaches integrated with community participation. Consultation meeting between local people, local government authorities, stakeholder in community was established for brainstorm and discussion the proper operational approaches. The analyzed operational approaches for prevention and mitigation flash floods and mudslides were divided in 3 parts, there were: 1) upstream; installed the temporary check dams in upstream forest area and promoted plant cultivation in type of 3 forests, 4 benefits for restoring the watershed forest, increasing natural infiltration, slowdown speed of water and erosion prevention. 2) midstream; periodically installed the permanent check dams throughout the stream for increasing water storage capacity and reducing water flow. 3) downstream, improved the bridges that obstructed the waterway and dredged the shallow stream body for increasing drainage capacity. This project conducted with participation of local people to build temporary check dams in upstream area and give useful



information, advice the position for constructed permanent check dam in midstream and improved bridges in downstream, because local people well known the characteristics and intensity of flood in their areas. Project implementation with community participation was created jobs and employments for local people, reduced work migration problems. That created a sense of project ownership and willingness to maintain flood prevention or mitigation buildings and keep its ready to work. Temporary check dams and permanent check dams were reduced flow and intensity of water in branches stream, which to prevent and mitigate impact from flash floods and mudslides. As well as, increase moisture and biodiversity of upstream forest ecosystem. Moreover, Permanent check dam can reduce flow and store water, which mitigate drought. Project implementation in disaster risk area can control risk scope and enhance sustainable community of prevention and mitigation disaster aspect.

KEY WORDS: Flash floods, Mudslides, Temporary check dams, Permanent check dams

1. บทนำ

อุทกภัยเป็นภัยพิบัติซึ่งเกิดขึ้นบ่อยที่สุดและสร้างความเสียหายให้กับประเทศไทยมากที่สุด อุทกภัยมีรูปแบบและความรุนแรงแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ตามลักษณะทางภูมิประเทศ ในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง โดยเฉพาะบนภูเขาสูงที่มีการบุกรุกแผ้วถางป่า จนสภาพป่าถูกทำลาย รูปแบบอุทกภัยที่เกิดขึ้นนั้นจะเกิดในลักษณะของน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม ซึ่งเกิดขึ้นในระยะเวลายันสั้น ประชาชนโดยส่วนใหญ่ไม่สามารถเตรียมพร้อมรับมือกับสถานการณ์ได้ทัน ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของทางราชการและภาคประชาชน ภาครัฐต้องใช้จ่ายงบประมาณในการเยียวยาผู้ประสบภัยและฟื้นฟู บูรณะระบบสาธารณูปโภคโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ที่ได้รับความเสียหายภายหลังจากเกิดเหตุภัยพิบัติอยู่เป็นประจำและมูลค่ามาก

น้ำป่าไหลหลาก หรือน้ำท่วมฉับพลัน (Flash Flood) เป็นภาวะน้ำท่วมที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลันในพื้นที่ เนื่องจากฝนตกหนักในบริเวณที่มีความชันมาก และมีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำหรือตื้นน้ำน้อย มักเกิดขึ้นหลังจากฝนตกหนักในบริเวณที่ราบระหว่างหุบเขา ซึ่งอาจจะไม่มีฝนตกหนักในบริเวณนั้นมาก่อนเลย แต่มีฝนตกหนักมากบริเวณต้นน้ำที่อยู่ห่างออกไป การเกิดน้ำป่าไหลหลากหรือน้ำท่วมฉับพลันมีความรุนแรงและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมาก โอกาสที่จะป้องกันและอพยพไปยังพื้นที่ปลอดภัยจึงมีน้อย

ดินโคลนถล่ม (Mudslides) เป็นปรากฏการณ์ที่มวลดินหรือหินไถลเลื่อนลงจากพื้นที่สูงสู่พื้นที่ต่ำกว่าภายใต้อิทธิพลแรงโน้มถ่วงของโลก และการมีน้ำเป็นตัวกลาง ทำให้มวลวัสดุเกิดความไม่เสถียรภาพ อัตราการไถลเลื่อนอาจช้าหรือเร็วขึ้นกับประเภทของวัสดุ ความลาดชัน สภาพสิ่งแวดล้อม และปริมาณ

น้ำฝน ในบางกรณีแผ่นดินถล่มอาจเกิดจากแผ่นดินไหวหรือภูเขาไฟระเบิด การเคลื่อนตัวของวัสดุดังกล่าว อาจพัดพาต้นไม้ บ้านเรือน รถยนต์ สิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ ชำรุดหรือพังทลาย และยังสามารถทำให้ช่วงเปิดของ สะพานและแม่น้ำลำคลองอุดตันจนเป็นสาเหตุให้เกิดอุทกภัยขึ้นได้ในเส้นทางการเคลื่อนตัว ปรากฏการณ์ ดังกล่าวเป็นอันตรายต่อชีวิต ทรัพย์สินของประชาชนและสิ่งแวดล้อม

น้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มมักจะเกิดขึ้นร่วมกันภายหลังจากมีฝนตกหนักในพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดชันสูง จังหวัดน่านเป็นจังหวัดที่ประสบภัยน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มอย่างต่อเนื่อง เนื่องจาก ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นทิวเขาหินแกรนิตสูงชันทอดผ่านทั่วจังหวัด เป็นปัจจัยเอื้อให้เกิดน้ำป่าไหลหลาก และดินโคลนถล่มเมื่อเกิดฝนตกหนักในพื้นที่ภูเขาลาดชัน โดยในปี พ.ศ. 2551 ได้เกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติ น้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสบสาย มีลำน้ำสบสายซึ่งเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำ น่านไหลผ่าน ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 47 ตารางกิโลเมตร หมู่บ้านที่ประสบภัยจำนวน 3 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านน้ำปาก บ้านห้วยธนู ตำบลตาลชุม และบ้านห้วยม่วง ตำบลศรีภูมิ อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน เหตุการณ์ดังกล่าวมีประชาชนได้รับความเดือดร้อนจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มจำนวน 328 ราย 98 ครวเรือน มีผู้เสียชีวิตจำนวน 3 ราย บ้านเรือนได้รับความเสียหาย 67 หลัง นับเป็นความเสียหายครั้ง สำคัญครั้งหนึ่งจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม

เพื่อศึกษาหาแนวทางการแก้ไขปัญหา น้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม โดยการป้องกันและลด ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มในพื้นที่เสี่ยง ซึ่งตามคำนิยาม การป้องกัน หมายถึง มาตรการหรือแนวทางต่าง ๆ เพื่อช่วยขจัดผลกระทบเชิงลบจากเหตุการณ์ภัยพิบัติให้หมดไปอย่างสิ้นเชิง ทั้งนี้ มาตรการเพื่อการป้องกันควรมีการปฏิบัติก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์ภัยนั้น ๆ เช่น การสร้างเขื่อน เพื่อป้องกันอุทกภัย หรือการไม่อนุญาตให้มีการก่อสร้างใด ๆ ในเขตพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง เป็นต้น และการลดผลกระทบ หมายถึง มาตรการหรือแนวทางต่าง ๆ เพื่อช่วยจำกัดหรือลดความรุนแรงของเหตุ อันตรายทั้งหลายเพื่อไม่ให้กลายเป็นภัยพิบัติ หรือเพื่อลดผลกระทบที่ภัยต่าง ๆ อาจมีต่อชุมชน สังคม และ สิ่งแวดล้อม (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2556) กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจึงได้ศึกษา ปัญหา น้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม โดยประเมินความเสี่ยงของชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำสบสาย เพื่อหา วิธีการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นให้ลดลงอย่างจริงจัง ได้ดำเนินงานโดยยึดหลักการพัฒนาตามแนว พระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวพรหมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร รัชกาลที่ 9 คือ เข้าใจ เข้าถึง พัฒนา เริ่มจากการศึกษาประเมินความเสี่ยงน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มของพื้นที่ จัดทำแผนที่เสี่ยงภัยโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) แล้วนำไปตรวจสอบกับพื้นที่จริง หาแนว ทางแก้ปัญหาในเบื้องต้นโดยใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ ศึกษาทั้งหมดไปร่วมประชุมกับประชาชนในพื้นที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ เพื่อสร้างการรับรู้ 2 ทาง ทั้งผู้จัดโครงการได้รับทราบข้อมูลจากพื้นที่ และประชาชนและหน่วยงานในพื้นที่ก็ได้รับทราบแนว



ทางในการแก้ไขปัญหาจากผู้จัดโครงการ รวมทั้งเป็นการหาทางออกร่วมกัน เพื่อให้ได้สิ่งที่ทุกฝ่ายยอมรับ

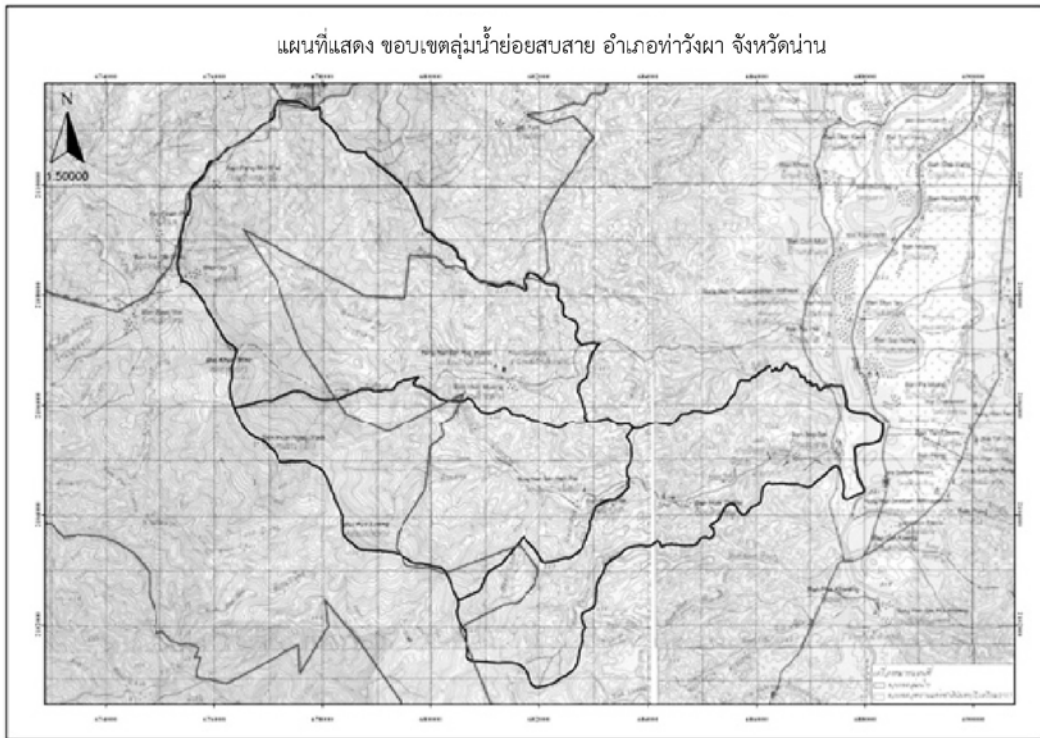
จากสภาพปัญหาที่พบ เพื่อเป็นการลดพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติทั้งระบบตลอดทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสลาย การออกแบบโครงสร้างเชิงวิศวกรรม ให้มีความเอื้ออำนวยและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ตลอดทั้งลุ่มน้ำ กระบวนการดำเนินงานยึดตามแนวพระราชดำริในเรื่องการพัฒนาและฟื้นฟูสภาพป่าต้นน้ำลำธาร นำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับหลักวิชาการทางด้านวิศวกรรมโยธาเชิงโครงสร้างพื้นฐาน ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมภาคประชาชน ร่วมกันคิดร่วมกันทำระเบิดจากข้างใน ประชาชนในพื้นที่และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย มีส่วนร่วมตั้งแต่เริ่มต้นจนแล้วเสร็จ เพื่อปลูกฝังจิตสำนึกสร้างความรู้สึกรับผิดชอบเป็นเจ้าของแบบชุมชนพึ่งตนเอง เกิดความหวงแหน และพร้อมที่จะให้ความร่วมมือในการดำเนินงาน ตลอดจนดูแลบำรุงรักษาและซ่อมแซมโครงสร้างต่าง ๆ ที่จัดทำขึ้นให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา ส่งผลให้ความสำเร็จที่ได้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. เนื้อหา

น้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มมักเกิดขึ้นร่วมกันภายหลังจากมีฝนตกหนักในพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดชันสูง ประกอบกับถ้าเป็นพื้นที่ที่มีการตัดไม้ทำลายป่า จะมีความเสี่ยงและความรุนแรงของการเกิดสถานการณ์ดังกล่าวยิ่งขึ้น จังหวัดน่านเป็นจังหวัดที่ประสบภัยน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มอย่างต่อเนื่อง เพราะลักษณะภูมิประเทศอันมีทิวเขาหลวงพระบางและทิวเขาผีปันน้ำ ซึ่งเป็นทิวเขาหินแกรนิต มีความสูง 600 - 1200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ทอดผ่านทั่วจังหวัด สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนชันเกิน 30 องศา ประมาณ ร้อยละ 85 ของพื้นที่ และส่วนลูกคลื่นลอนลาดตามลุ่มน้ำ จะเป็นที่ราบแคบ ๆ ระหว่างหุบเขาตามแนวของลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยเอื้อให้เกิดน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มเมื่อเกิดฝนตกหนักในพื้นที่ภูเขาลาดชัน

สภาพปัญหาของพื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำย่อยสลาย อำเภอกำแพงแสน จังหวัดน่าน ซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่านตอนบน คือ เป็นพื้นที่เสี่ยงน้ำป่าไหลหลาก และเสี่ยงขาดแคลนน้ำ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่มีความลาดชันเป็นเนินเขา มีพื้นที่ลุ่มเป็นที่ราบน้ำท่วม (flood plain) สองข้างริมลำน้ำบางช่วง และเป็นพื้นที่เกษตรน้ำฝน พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตป่าสงวน จึงพัฒนาโครงการขนาดใหญ่ได้ยาก ในขณะเดียวกันก็เป็นพื้นที่เขาหัวโล้น มีการบุกรุกทำลายป่าเป็นจำนวนมาก ลำน้ำสลายเป็นลำน้ำสาขาที่ไหลลงแม่น้ำน่าน มีความลาดชันสูงถึงปานกลาง พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเนินเขา และมีที่ลุ่มริมลำน้ำเป็น flood plain บางช่วงสองข้างของลำน้ำ (สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, 2561)

ดำเนินการศึกษาในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสลาย ในพื้นที่เขตปกครอง หมู่ที่ 7 (บ้านน้ำปาก) หมู่ที่ 9 (บ้านห้วยธนู) ตำบลตาลชุม และหมู่ที่ 8 (บ้านห้วยม่วง) ตำบลศรีภูมิ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดน่าน พื้นที่ประมาณ 47 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 29,375 ไร่



รูปที่ 1 แผนที่แสดงขอบเขตลุ่มน้ำย่อยสบสาย อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

เพื่อเป็นการป้องกันและลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสบสาย อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ซึ่งประสบภัยน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มรุนแรง เมื่อ พ.ศ. 2551 ใน 3 หมู่บ้าน ประกอบด้วย บ้านน้ำปาก บ้านห้วยธนู ตำบลตาลชุม และบ้านห้วยม่วง ตำบลศรีภูมิ อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 47 ตารางกิโลเมตร ประชาชนได้รับความเดือดร้อนจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม 328 ราย 98 คริวเรือน มีผู้เสียชีวิต 3 ราย บ้านเรือนได้รับความเสียหาย 67 หลัง กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจึงดำเนินงานโครงการนำร่องป้องกันและลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มอย่างยั่งยืน โดยอาศัยความร่วมมือจากมูลนิธิปิดทองหลังพระดำเนินโครงการพัฒนาพื้นที่เป้าหมาย ลุ่มน้ำย่อยสบสาย อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ดำเนินงานโดยยึดหลักการพัฒนาตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร รัชกาลที่ ๙ คือ "เข้าใจ เข้าถึง พัฒนา" (มูลนิธิปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ, 2555)

- การเข้าใจ คือ การสร้างให้เกิดความเข้าใจในข้อมูลพื้นฐานด้วยการศึกษาข้อมูลทุกมิติของชุมชน ค้นหารากของปัญหา และรวบรวมองค์ความรู้ของโครงการพระราชดำริทั่วประเทศ
- การเข้าถึง เป็นเรื่องการสื่อสารและสร้างการมีส่วนร่วมโดยมุ่งสื่อสารสร้างความเข้าใจและความมั่นใจกับชุมชนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของชุมชนและให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการพัฒนา มากที่สุด



- การพัฒนา เป็นเรื่องของการเรียนรู้เพื่อพัฒนาศักยภาพชุมชน สร้างทีมที่แข็งแกร่ง การออกแบบหลักสูตรและแผนการพัฒนาการศึกษาดูงาน แลกเปลี่ยนเรียนรู้และฝึกปฏิบัติของชุมชน รวมทั้งการให้ทีมที่แข็งแกร่งให้คำแนะนำในชุมชนและติดตามสนับสนุนประเมินผล

กระบวนการดำเนินงาน แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) จัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม โดยดำเนินงานรวบรวมข้อมูลในห้องปฏิบัติการเพื่อคัดเลือกพื้นที่ กำหนดชนิด/ประเภท และขนาดของโครงสร้างเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสม

- ประสานสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดน่าน รวบรวมข้อมูลภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในพื้นที่

- ศึกษารวบรวมข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลจากดาวเทียม ผลงานวิจัยของสถาบันการศึกษาหรือหน่วยราชการอื่น ๆ

- ทำการคัดเลือกพื้นที่ดำเนินโครงการ/วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัย

- จัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม ระดับลุ่มน้ำ ตำบล และหมู่บ้านพื้นที่โครงการที่ได้รับการคัดเลือก ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2551)

- กำหนดชนิด ประเภท ตำแหน่ง และขนาดของโครงสร้างพื้นฐานด้านวิศวกรรมที่เหมาะสม



รูปที่ 2 แสดงการจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม

2) ดำเนินการตรวจสอบความเหมาะสมในพื้นที่ดำเนินโครงการภาคสนามภายหลังจากจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยและกำหนดชนิดประเภท ตำแหน่ง และขนาดของโครงสร้างพื้นฐานด้านวิศวกรรมที่เหมาะสมในห้องปฏิบัติการเรียบร้อยแล้ว จากนั้นดำเนินการตรวจสอบความเหมาะสมในพื้นที่ดำเนินโครงการภาคสนาม

- ประสานสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดน่าน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่สำรวจความเหมาะสมและความเป็นไปได้ภาคสนาม จัดเก็บข้อมูลเบื้องต้น ในพื้นที่ดำเนินโครงการเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงภัยที่ได้กำหนดชนิด ประเภท ขนาด และตำแหน่งของโครงสร้างพื้นฐานด้านวิศวกรรมที่ได้จัดทำในห้องปฏิบัติการ โดยมีประชาชนในพื้นที่ร่วมสำรวจและให้ข้อมูลความเสี่ยงจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มในพื้นที่ พร้อมแนะนำตำแหน่งที่เหมาะสมในการดำเนินการก่อสร้างฝายแบบถาวรในลำน้ำสบสาย



รูปที่ 3 การลงพื้นที่สำรวจภาคสนามเพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงภัย

3) ประชุมรับฟังความคิดเห็นระดับผู้นำจากทุกภาคส่วน

- ประสานสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดน่าน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ จัดประชุมรับฟังความคิดเห็นผ่านการหารือระดับผู้นำชุมชน หน่วยงานของรัฐ และภาคเอกชน ตลอดจนองค์กรมูลนิธิอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข ประเภท ชนิด ขนาด ตำแหน่งของโครงสร้างพื้นฐานด้านวิศวกรรม และลงพื้นที่ภาคสนามตรวจสอบความเหมาะสม ถูกต้องตามหลักวิชาการและเป็นไปตามความต้องการของประชาชนในพื้นที่



รูปที่ 4 การประชุมรับฟังความคิดเห็นจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานในพื้นที่

4) จัดเวทีประชาคม รับฟังความคิดเห็นภาคประชาชน สนับสนุนการมีส่วนร่วมของประชาชนในการร่วมดำเนินงาน

- ประสานสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดน่าน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่จัดเวทีประชาคมภาคประชาชน เพื่อชี้แจงสร้างความเข้าใจในการดำเนินโครงการโดยคำนึงถึงการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ รับฟังความคิดเห็นประชาชนที่ได้รับผลกระทบโดยตรง

- ประสานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเจ้าของพื้นที่ เพื่อบรรจุโครงการในแผนพัฒนาสามปีเพิ่มเติมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น



- ดำเนินการสำรวจ/เก็บรายละเอียดในพื้นที่ ตามโครงการซึ่งผ่านความเห็นชอบของเวทีประชาคม และตรวจสอบความเหมาะสมถูกต้องตามหลักวิชาการแล้ว
- ดำเนินการออกแบบ เขียนแบบ/ประมาณราคาค่าก่อสร้าง ขอรับการสนับสนุนงบประมาณ ดำเนินโครงการ



รูปที่ 5 การจัดเวทีประชาคมรับฟังความคิดเห็นภาคประชาชน ในพื้นที่เสี่ยงภัยทั้ง 3 หมู่บ้าน



รูปที่ 6 ลงพื้นที่ตรวจสอบความเหมาะสมตำแหน่งก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน

5) ดำเนินการก่อสร้างตามแผนการพัฒนาที่ได้รับความเห็นชอบจากประชาชนในพื้นที่ ประเมินผลงานและจัดทำคู่มือส่งมอบองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นรับไปใช้ประโยชน์และดูแลต่อไป

แผนการพัฒนาที่ได้รับความเห็นชอบจากประชาชนในพื้นที่ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามช่วงต่าง ๆ ของลำน้ำสบสาย เพื่อใช้เป็นแนวทางดำเนินการ ดังนี้

(1) ตอนต้นลำน้ำ : พื้นฟูผืนป่าต้นน้ำลำธารเพื่อซับน้ำ ชะลอความเร็ว และป้องกันการกัดเซาะ (ใช้การสร้างฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบท้องถิ่น) กล่าวคือ ส่วนตอนบนพื้นฟูผืนป่าต้นน้ำลำธารให้ป่าไม้ซับน้ำได้ปริมาณมากตามธรรมชาติเพื่อลดปริมาณน้ำ ช่วยชะลอความเร็วและป้องกันการกัดเซาะ (Piyapit & Cheng, 2011) ประกอบด้วย การสร้างฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบท้องถิ่น (1,884 ฝายแบบคอกหมู) โดยมีไม้ประจําถิ่นปลูกควบคู่ขนานข้างสองฝั่งในปริมาณที่เหมาะสม และส่งเสริม ให้ชาวบ้านปลูกพืช 3 อย่าง เพื่อประโยชน์ 4 อย่าง ให้พอกอยู่ พอกิน พอใช้ และเป็นประโยชน์ต่อระบบนิเวศด้วยอีกทาง

หนึ่ง ซึ่งกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้ดำเนินการก่อสร้างฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบท้องถื่น เบื้องต้น หรือแบบคอกหมู ที่เรียกตามความเข้าใจโดยทั่วไปว่าฝายอนุรักษ์ ก่อสร้างกระจายอยู่ตามร่องน้ำสาขาที่เรียกว่า "ขุนห้วย" ความลาดชันไม่เกิน 45 องศา มีน้ำไหลเฉพาะช่วงฝนตก บนเขาสูง ป่าลึก นับจากต้นกำเนิดน้ำ โยงใยร้อยเรียงสู่ปลายทาง ก่อนที่จะรวมตัวสู่ลำน้ำ "สบสาย" สาขาหนึ่งของแม่น้ำน่าน สายหลักใหญ่ จำนวนทั้งสิ้น 1,884 ฝาย แผนดำเนินการสร้างฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบท้องถื่น เป็นการสร้างและกระจายรายได้ สู่ราษฎรในพื้นที่ ช่วยปลูกจิตสำนึกเป็นเจ้าของ รู้สึกหวงแหน พร้อมทั้งจะซ่อมแซม ดูแลบำรุงรักษา ตอกย้ำการมีส่วนร่วมสู่ภาคประชาชนที่มีต่อการโครงการฯ รวมทั้งมีการบูรณาการของทุกภาคส่วน ทั้งหน่วยงานราชการและภาคเอกชนต่างร่วมบูรณาการ สนับสนุนพันธุ์กล้าไม้เศรษฐกิจยืนต้นแบบผสมผสาน จำพวกมะขามเปรี้ยว ยางพารา มะม่วง ทุเรียน และพืชประจำถิ่นอื่น ๆ ด้วยวิธีปลูกต้นไม้ 3 อย่างประโยชน์ 4 อย่าง ทดแทนการปลูกพืชเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพด ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงของพื้นที่อีกทางหนึ่ง



รูปที่ 7 การก่อสร้างฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบท้องถื่นเบื้องต้น (ฝายคอกหมู)

(2) ตอนกลางลำน้ำ : เพิ่มศักยภาพในการเก็บกักน้ำและชะลอความเร็วน้ำ (ใช้การสร้างฝายแบบถาวร หรือฝายคอนกรีต) กล่าวคือ ส่วนตอนกลางและตอนล่างเพิ่มศักยภาพในการกักเก็บ ชะลอความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านช่วงฤดูฝน ปริมาณน้ำหลากมากกว่าปกติ และช่วยกักเก็บน้ำในช่วงฤดูแล้ง แก้ปัญหาภัยแล้งซ้ำซากอย่างยั่งยืน โดยการสร้างฝายแบบถาวร หรือฝายคอนกรีต จำนวน 9 ฝาย เป็นช่วง ๆ ตลอดลำน้ำ ใช้วิธีการจ้างเหมา เพื่อสะดวกต่อการควบคุมคุณภาพงาน ง่ายต่อการกำหนดเทคโนโลยีที่จะใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าช่วยเพื่อให้ได้ผลตามต้องการ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้ดำเนินการสร้างฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบถาวรหรือฝายคอนกรีตเสริมเหล็กแบบสันกว้าง เป็นฝายรูปแบบถาวร ก่อสร้างในลำน้ำสายหลัก บริเวณตอนบน ต่อเนื่องกันเป็นช่วง ๆ ตลอดลำน้ำสบสาย และสายหลักอื่น ๆ จนถึงตอนล่างปลายทางของลำห้วย เพื่อรองรับน้ำที่ไหลจากฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบท้องถื่นหรือฝายคอกหมู ที่มีการก่อสร้างไว้แล้วบนขุนห้วย ฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบถาวรนี้ มี



จำนวนทั้งสิ้น 9 ฝ่าย โดยฝ่ายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบถาวรเหล่านี้ ให้ประโยชน์ 2 ประการ คือ (1) ชะลอความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านช่วงฤดูฝน มีน้ำหลากมากกว่าปกติ และ (2) ช่วยกักเก็บน้ำช่วงฤดูแล้ง แก้ปัญหาภัยแล้งซ้ำซากอย่างยั่งยืน นอกจากนี้ ยังช่วยสนับสนุนในการวางท่อส่งจ่ายน้ำจากฝ่ายแบบถาวร ไปสู่พื้นที่การเกษตร เป็นการจัดการน้ำจากแหล่งน้ำต้นทุน ส่งไปยังแปลงเพาะปลูกของเกษตรกร ให้มีน้ำใช้ สำหรับการเพาะปลูกพืชระยะสั้น หลังฤดูเก็บเกี่ยว



รูปที่ 8 การก่อสร้างฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบถาวร (คอนกรีตเสริมเหล็กแบบสันกว้าง)

(3) ตอนท้ายลำน้ำ : เพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำ (ใช้การก่อสร้างยกระดับสะพาน) กล่าวคือ ด้านท้ายน้ำเพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำ โดยการปรับปรุง ยกยกระดับสะพานที่กีดขวาง ทางไหลของน้ำ และขุดลอกลำน้ำที่ตื้นเขิน กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้ดำเนินการปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐานอื่น ๆ เช่น ก่อสร้างเส้นทางคมนาคมให้ทนทาน สามารถใช้งานได้ หากเกิดภาวะน้ำป่าไหลหลาก ที่เส้นทางบางส่วนไม่สามารถใช้งานได้ สะพานที่มีอยู่เดิมกีดขวางทางน้ำ ทำให้ภัยพิบัติทวีความรุนแรง มีการก่อสร้างยกระดับถนน เสริมผนังป้องกันการกัดเซาะ ก่อสร้างท่อลอดเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็ก ปรับระดับพื้นสะพาน ตอม่อ และขุดลอกลำน้ำที่ตื้นเขิน ซึ่งแต่เดิมช่องเปิดลำน้ำกว้างไม่เพียงพอ เมื่อเกิดน้ำหลาก จึงไหลท่วมบ้านเรือนประชาชน ล้นเอ่อเข้าสู่เรือกสวนไร่เนา ได้รับความเสียหาย การขยายช่องสะพานให้เหมาะสม ทำให้น้ำสามารถไหลผ่านได้โดยสะดวก รวดเร็วยิ่งขึ้น

- เมื่อดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จได้จัดทำคู่มือและส่งมอบโครงการให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รับผิดชอบประโยชน์ พร้อมทั้งดูแลและบำรุงรักษาต่อไป

3. สรุปผล

การป้องกันและลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มโดยชุมชนมีส่วนร่วม ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยสบสาย อำเภอท่าวังพา จังหวัดน่าน โดยดำเนินโครงการนำร่องป้องกันและลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนอย่างยั่งยืน ด้วยการประเมินความเสี่ยงและใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จัดทำแผนที่เสี่ยงภัยในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยสบสาย ทำให้เข้าใจและเห็นลักษณะภาพรวมความเสี่ยงของพื้นที่ได้ชัดเจน ช่วยให้การนำเสนอถึงมาตรการเชิงโครงสร้างทางวิศวกรรมที่กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้วางแผนสำหรับนำมาแก้ไขปัญหาน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มในพื้นที่เป้าหมาย ต่อประชาชนจากทั้ง 3 หมู่บ้านที่ประสบภัย มีความชัดเจน สามารถเข้าใจลักษณะการดำเนินงานเชิงโครงสร้างไปพร้อมกัน



รูปที่ 9 แสดงแผนที่เสี่ยงภัยบ้านห้วยธนู หมู่ที่ 9 ตำบลตาลชุม อำเภอท่าวังพา จังหวัดน่าน

การดำเนินงานโครงการฯ โดยชุมชนมีส่วนร่วม ได้ดำเนินงานโดยยึดหลักการพัฒนาตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร รัชกาลที่ ๙ คือ "เข้าใจ เข้าถึง พัฒนา" เป็นการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหาให้ชุมชนโดยชุมชน ซึ่งหน่วยงานภาครัฐมีหน้าที่เข้าไปสนับสนุน หรือเป็นพี่เลี้ยงให้ชุมชนสามารถจัดการกับปัญหา และสร้างชุมชนยั่งยืน ทั้งนี้ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้จัดประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่เพื่อรับทราบสภาพปัญหาที่เกี่ยวข้องกับภัยพิบัติ อันได้แก่ น้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มที่เกิดขึ้นในพื้นที่ และรับฟังความคิดเห็นว่าประชาชนต้องการให้ภาครัฐช่วยสนับสนุนในเรื่องใดที่เกี่ยวข้อง จากนั้น จึงนำมาตรกรในการป้องกันและลดผลกระทบที่ทางกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้นำเสนอ มาหาจุดร่วมกับมาตรการที่ชาวบ้านต้องการ และนำมาเสนอให้ชาวบ้านร่วมพิจารณาอีกครั้ง เพื่อสร้างการรับรู้ 2 ทาง ทั้งผู้จัดโครงการได้รับทราบข้อมูลจากพื้นที่ และประชาชนและหน่วยงานในพื้นที่ก็ได้รับทราบแนวทางในการแก้ไขปัญหา



จากผู้จัดโครงการ ซึ่งเป็นการหาทางออกร่วมกัน เพื่อให้ได้สิ่งที่ทุกฝ่ายยอมรับ ซึ่งผลหรือแนวทางการพัฒนาในพื้นที่ที่ได้ คือ แบ่งลักษณะการดำเนินงานออกเป็น 3 ช่วง ตามลำน้ำ ดังนี้ 1. ตอนบน (ต้นน้ำ) : พื้นที่บริเวณฝืนป่าต้นน้ำสบสาย ดำเนินการฟื้นฟูต้นน้ำลำธารเพื่อชะน้ำ ชะลอความเร็ว และป้องกันการกัดเซาะ โดยสร้างฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบท้องถิ่นเบื้องต้น ร่วมกับฟื้นฟูฝืนป่าต้นน้ำลำธารให้ป่าไม้ซับน้ำได้ปริมาณมากตามธรรมชาติ เพื่อลดปริมาณน้ำไหลหลากของมวลน้ำผิวดิน ช่วยชะลอความเร็วและป้องกันการกัดเซาะ 2. ตอนกลาง (กลางน้ำ) : พื้นที่บริเวณลำน้ำสบสายและอื่น ๆ เพิ่มศักยภาพในการเก็บกักน้ำและชะลอความเร็วน้ำ โดยสร้างฝายอนุรักษ์ต้นน้ำลำธารแบบถาวร และ 3. ตอนล่าง (ปลายน้ำ) : พื้นที่ช่วงบริเวณด้านท้ายน้ำ ดำเนินการเพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำ โดยก่อสร้าง/ปรับปรุงยกระดับสะพาน)

ประชาชนในพื้นที่มีส่วนร่วมในการดำเนินโครงการเพื่อป้องกันและลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม ตั้งแต่วางแผนพัฒนาโครงการ ร่วมประชุมรับฟังความคิดเห็นต่อโครงการ สำรวจพื้นที่เสี่ยงภัย ร่วมดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างฝายอนุรักษ์แบบภูมิปัญญาท้องถิ่น หรือฝายคอกหมู ในช่วงต้นน้ำ ร่วมให้คำแนะนำเกี่ยวกับลักษณะรูปแบบการเกิดน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มในพื้นที่ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับตำแหน่งในการก่อสร้างฝายถาวร และตำแหน่งของสะพานที่กีดขวางทางน้ำ ในช่วงตอนกลางและตอนล่างของลำน้ำเป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างภาครัฐกับประชาชน เมื่อดำเนินการก่อสร้างโครงการเพื่อการป้องกันและลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มแล้วเสร็จ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้ดำเนินการจัดทำคู่มือและส่งมอบโครงการฯ ให้ท้องถิ่นรับไปใช้ประโยชน์และดูแลรักษาต่อไป การที่ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยได้เข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินโครงการ ทำให้ประชาชนรู้สึกเป็นเจ้าของโครงการ นอกจากจะใช้ประโยชน์จากโครงการแล้ว ยังเกิดความหวงแหนและช่วยกันดูแลบำรุงรักษาโครงสร้างในการป้องกันและลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มให้มีความพร้อมใช้งานอยู่เสมอ ถือว่าสามารถควบคุมความเสี่ยงให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนด และเป็น การสร้างเสริมชุมชนยั่งยืนในด้านการป้องกันและลดผลกระทบต่อกภัยพิบัติ



รูปที่ 10 การดำเนินโครงการโดยประชาชนมีส่วนร่วม

4. บรรณานุกรม

- [1] Khonkaen Piyapit and Jie-Dar Cheng. (2011). The Applilcation of Check Dams Construction to Watershed Management : A case study in the North of Thailand. Journal of Soil and Water Conservation, 111 - 112.
- [2] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2551). โครงการพัฒนาและจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำป่าไหลหลาก และโคลนถล่มและการประยุกต์ใช้. กรุงเทพมหานคร: กองมาตรการป้องกัน สาธารณภัย.
- [3] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2556). เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตรการบริหารจัดการ ความเสี่ยงด้านอุทกภัยอย่างบูรณาการ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์เตรียมความพร้อมป้องกันภัย พิบัติแห่งเอเชีย.
- [4] มูลนิธิปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ. (2555). หลักการดำเนินงาน. เข้าถึงได้จาก มูลนิธิ ปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ: http://www.pidthong.org/about.php?id=2&pagename=about-principle&menu__id=2#.XMfNK2gzaM8
- [5] สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2561). พื้นที่เป้าหมายและแนวทางแก้ไขเชิงบูรณาการ (Area-based Approach). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.



ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง

The effect of land use changes to runoff discharge
of the Lamtakhong Reservoir

พรพิมล แข็งงาน¹, วรณดี ไทยสยาม², เปรม รังสิวณิชพงศ์³

¹นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บริเวณต้นน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคองในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา เนื่องจากการเพิ่มจำนวนของประชากร ทำให้มีพื้นที่การเกษตรกรรมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พื้นที่ป่าไม้ลดลง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านอื่นๆ ทำให้มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้แบบจำลองทางอุทกศาสตร์ SWAT เพื่อจำลองปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำลำตะคองในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน และการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปีข้างหน้า โดยเลือกข้อมูลฝนในปี พ.ศ. 2554 เป็นตัวแทนของปีน้ำมาก และข้อมูลฝนปี พ.ศ. 2558 เป็นปีน้ำแล้ง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ จากการศึกษาพบว่า ในกรณี ปีน้ำมากปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำในการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปี มีค่าสูงสุดเท่ากับ 189.74 ล้านลบ.ม.ในเดือนกันยายน มีค่ามากกว่าสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 167.50 ล้านลบ.ม.ในกรณีปีน้ำแล้งพบว่าปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค.-เม.ย.) ของสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันมีค่ามากกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปี ในขณะที่น้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนของการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตมีค่าสูงสุดเท่ากับ 42.43 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันทั้งนี้จะเห็นได้ว่าสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำที่เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่ชุมชนและเกษตรกรรม ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าและรูปแบบของปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำลำตะคอง

คำสำคัญ : การเปลี่ยนใช้ประโยชน์ที่ดิน, น้ำท่า, แบบจำลอง SWAT, อ่างเก็บน้ำลำตะคอง

Abstract

The land use in upstream area of Lamtakhong reservoir was gradually changed in past ten years due to the growth rate of population. It caused land use changes from forest area to agriculture area, residential area and other purposed areas. By the change of land use, it affected to runoff discharge of Lamtakhong reservoir. The objective of this study is to simulate runoff discharge of Lamtakhong reservoir due to land use changes using hydrological model (SWAT). The simulation model was performed with the present land use map (2015) and the predicted land use change map (2035). The mean monthly runoff discharge was analyzed using rainfall data of flood year (2011) and drought year (2015). The study result showed that the maximum runoff discharge of the predicted land use change map was $189.74 \times 10^6 \text{m}^3$ in September of flood year. Whereas the maximum discharge of the present land use map was $167.50 \times 10^6 \text{m}^3$. In the case of drought year, the monthly runoff discharge of dry season (December-April) of the present land use map was greater than the predicted land use change map. Whereas the maximum monthly runoff discharge of the predicted of land use change map was $42.43 \times 10^6 \text{m}^3$ which was greater than the present of land use map. Consequently, the land use changes in upstream area of Lamtakhong reservoir affected to monthly runoff discharge. Moreover, the monthly runoff discharge and monthly runoff pattern of the predicted land use change map was found to be changed from the observed data in case of drought year.

Keywords : Land use change, Runoff, SWAT Model, Lamtakhong Reservoir

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

โครงการอ่างเก็บน้ำลำตะคอง ตั้งอยู่ที่ ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา รับผิดชอบส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทานและช่วยบรรเทาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ทั้งนี้ ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำลำตะคองช่วงฤดูน้ำหลาก กรมชลประทานได้มีการประเมินปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำก่อนเข้าฤดูน้ำหลาก และได้วางแผนการบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูแล้งถัดไปจากปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในอ่างเก็บน้ำ ณ วันที่ 1 พฤศจิกายน ของทุกปี แต่ทั้งนี้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อาทิเช่น ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น และในปี พ.ศ. 2554 ได้เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ทำให้อ่างเก็บน้ำลำตะคอง



ได้รับผลกระทบจากพายุ "ไห่ถาง" ส่งผลให้มีปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเกินระดับเก็บกัก จึงต้องเร่งระบายน้ำออก ทำให้พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาประสบปัญหาอุทกภัย และปี พ.ศ. 2558 อ่างเก็บน้ำลำตะคองประสบปัญหาฝนไม่ตกตามฤดูกาล เกิดฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน ส่งผลให้มีปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำน้อยมาก ทำให้มีปริมาณน้ำของอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูแล้ง ระหว่างเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึง เมษายน พ.ศ. 2559 นั้นมีปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 108 ล้านลบ.ม. คิดเป็น 34% ของความจุที่ระดับน้ำเก็บกัก และมีปริมาณน้ำที่ใช้การได้เฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 85 ล้านลบ.ม. คิดเป็น 30% ของปริมาณน้ำใช้การของอ่างเก็บน้ำ ส่งผลให้พื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาประสบปัญหาภัยแล้ง นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคองได้เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต ทำให้มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ส่งผลให้กระทบต่อแผนการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำลำตะคอง

ในปัจจุบันการประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำนิยมใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำ (1-3) ศุภชัยและธีระพงษ์ (1) ได้ใช้แบบจำลอง NAM เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำลำตะคอง จากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models, GCMs) ชุดข้อมูล Global Dataset ECHAM4 เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งของอ่างเก็บน้ำลำตะคองในปี พ.ศ. 2558 - 2588 พบว่าปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำรายเดือนมีทั้งสูงขึ้นและลดลงเมื่อเทียบกับปีฐาน โดยปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจะอยู่ในช่วงต้นฤดูฝนซึ่งมีความสำคัญสำหรับพืชมากกว่าปริมาณน้ำที่ลดลงในช่วงปลายฤดูฝน นอกจากนี้ ภัทรพรและปรียาพร (2) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน ที่เกิดจากปริมาณน้ำฝนในรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ จากผลการศึกษาได้ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมีค่าเกินความจุของอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นควรมีแผนการบริหารจัดการปริมาณน้ำส่วนที่เกินความจุเก็บกัก เมื่อไม่นานมานี้ ปิยะวัฒน์ และคณะ (3) ได้ทำการศึกษาปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำห้วยหลวงโดยใช้แบบจำลอง SWAT ในการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลองที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า จากการศึกษาพบว่า ค่า CN2 (ค่าสัมประสิทธิ์ในลำน้ำที่ความชื้นในดินระดับที่ 2) SOL_AWC (ค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บได้) และ SOIL_K (ค่าความสามารถนำน้ำของดิน) ตามลำดับ นอกจากนั้นผลการศึกษาได้ทำการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้สถานการณ์เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการใช้ที่ดินในอนาคต เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการจัดการลุ่มน้ำห้วยหลวง

ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าแบบจำลอง SWAT สามารถจำลองสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำได้อย่างดี และสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาให้สอดคล้องสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงได้

2. วัตถุประสงค์

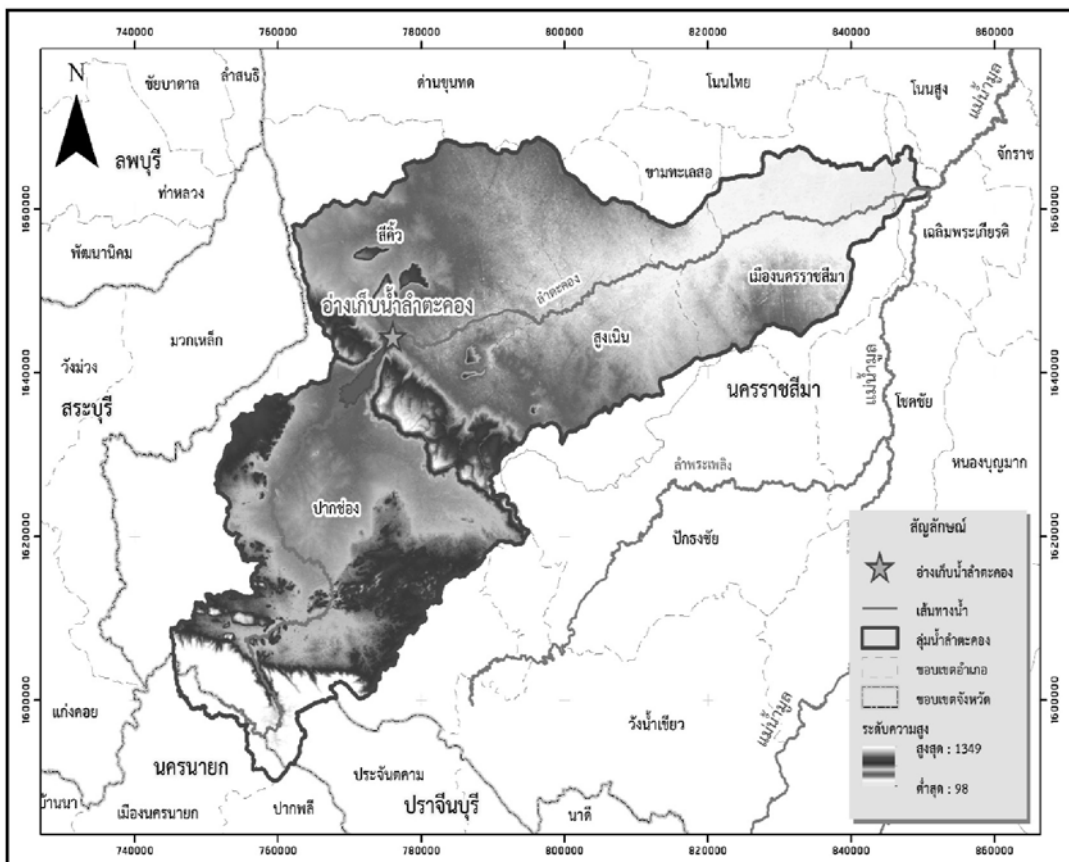
เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำลำตะคอง ที่มีต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง โดยใช้แบบจำลองทางอุทกศาสตร์ SWAT ในกรณีมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำ

กรณี วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน (พ.ศ. 2558)

กรณี วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปีข้างหน้า

3. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำลำตะคอง อยู่ทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำมูล โดยตอนต้นน้ำไหลผ่านหุบเขา ชายเขา ที่มีความลาดชันสูง และมีที่ราบแคบๆ บริเวณริมลำน้ำ เมื่อผ่านอำเภอสีคิ้ว แล้วจึงมีที่ราบสองฝั่งลำน้ำ ต่อเนื่องกันไปตลอด ผ่านอำเภอสุงเนิน อำเภอลำทะเมนชัย และอำเภอเมืองนครราชสีมา ไหลสู่แม่น้ำมูล ที่ตำบลท่าช้าง อำเภอลำทะเมนชัย โดยมีความยาวตลอดสายรวมประมาณ 220 กิโลเมตร มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 3,318 ตารางกิโลเมตร และมีแหล่งน้ำสาขาที่สำคัญมี 3 สายประกอบด้วย ห้วยซับประดู่ ห้วยบ้านยาง และธารอโศก ดังที่แสดงในรูปที่ 1

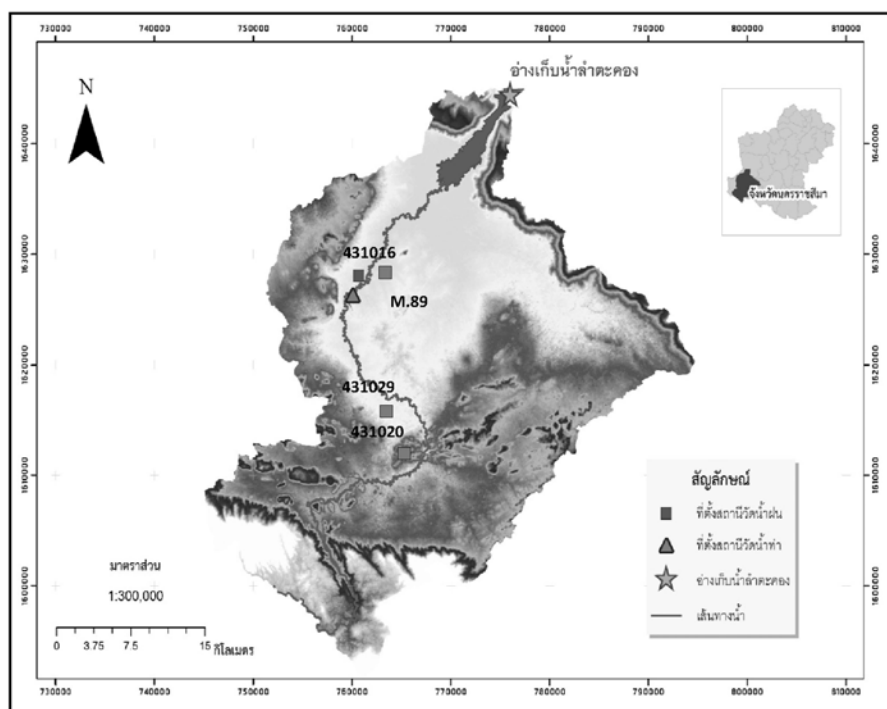


รูปที่ 1 สภาพภูมิประเทศลุ่มน้ำลำตะคอง

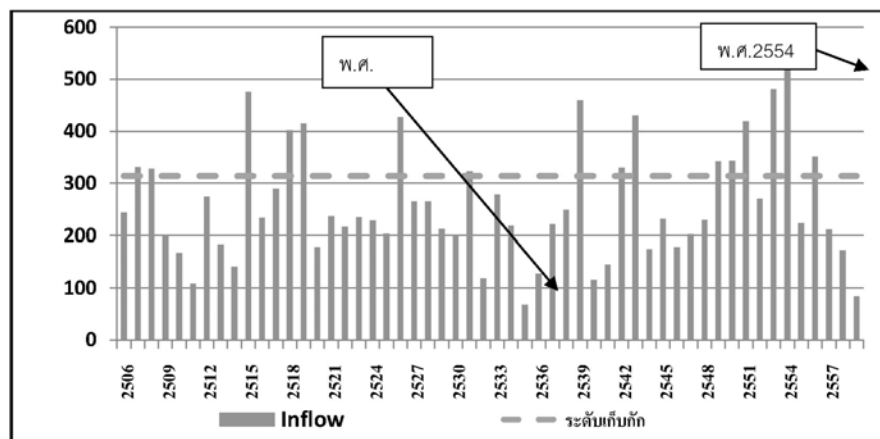


3.1 สภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำลำตะคอง มีปริมาณฝนเฉลี่ยสูงสุดจากสถานีวัดน้ำฝนที่มีผลต่ออ่างเก็บน้ำ 3 สถานี คือ สถานีสำนักเกษตร ที่อำเภอปากช่อง (รหัสสถานี 431016) สถานีวิจัยผลิตผลของป่า อำเภอปากช่อง (รหัสสถานี 431029) และสถานีสวนป่ากลางดง อ.ปากช่อง (รหัสสถานี 431020) ดังที่แสดงในรูปที่ 2 ซึ่งในช่วงเดือน สิงหาคม ถึง กันยายน มีปริมาณฝนเฉลี่ยระหว่าง 119.9 - 215.5 มิลลิเมตร มีปริมาณฝนเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงเดือน ธันวาคม ถึง มกราคม เฉลี่ยระหว่าง 2.6 - 4.7 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่สถานีวัดน้ำท่า M.89 (บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำในรูปที่ 2) ที่อำเภอปากช่อง เท่ากับ 203.25 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่ารายปีสูงสุดปี 2554 มีปริมาณน้ำเท่ากับ 396.53 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณน้ำท่ารายปีต่ำสุดในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำ 74.28 ล้านลบ.ม.ดังที่แสดงในรูปที่ 3



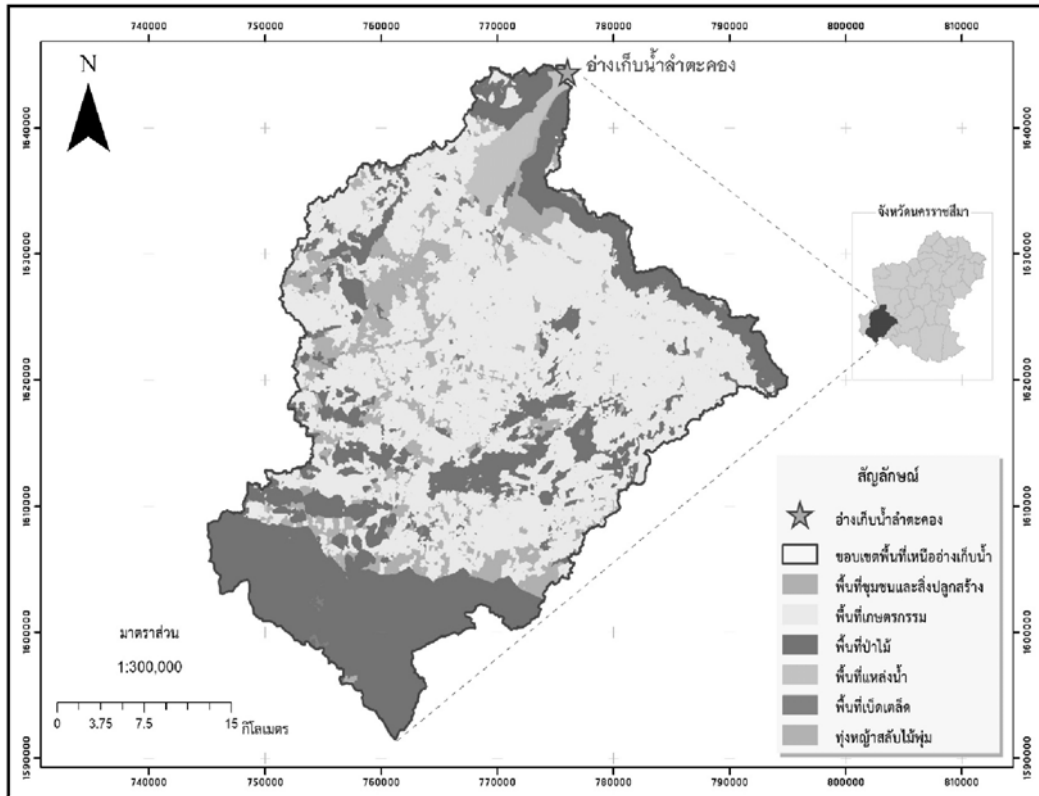
รูปที่ 2 แสดงที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝน และน้ำท่า บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำลำตะคอง



รูปที่ 3 กราฟแสดงปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงของอ่างเก็บน้ำลำตะคอง ปี พ.ศ. 2506 - 2559

3.2 สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำลำตะคอง

สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 พื้นที่บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำลำตะคอง โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 47% พื้นที่ป่า 34 % พื้นที่อยู่อาศัย 12% และพื้นที่อื่นๆ 7% ดังแสดงตามรูปที่ 4 โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เช่น นาข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และไม้ยืนต้น เป็นต้น



รูปที่ 4 สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำลำตะคอง (พ.ศ.2558)

4. วิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้เลือกใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ในการจำลองสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคอง แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่สามารถประเมินผลกระทบของสภาพใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า โดยการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1. รวบรวมข้อมูลส่วนกายภาพ ได้แก่ ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของปี พ.ศ. 2547, 2554 และ 2558 จากกรมพัฒนาที่ดิน รวมถึงข้อมูลแผนที่ภูมิศาสตร์ในรูปแบบตัวเลขหรือ Digital Elevation Model (DEM) จากกรมแผนที่ทหาร

2. รวบรวมข้อมูลทางอุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลน้ำฝนรายวัน จำนวน 3 สถานี กรมอุตุนิยมวิทยา ในช่วงปี พ.ศ. 2542 ถึง ปี พ.ศ. 2559 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดนครราชสีมา เฉลี่ย 30 ปี และข้อมูลน้ำท่ารายเดือน จากสถานี M89 ของกรมชลประทาน



ในขั้นตอนการจัดทำแบบจำลอง ได้นำเข้าข้อมูล DEM จำลองสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ พร้อมกับนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลชุดดิน เพื่อวิเคราะห์สภาพทั่วไปของพื้นที่ ทั้งในผิวดินและใต้ดิน ส่วนข้อมูลด้านอุทกวิทยาจะนำข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลสภาพภูมิอากาศเฉลี่ย 30 ปี มานำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า แล้วนำข้อมูลน้ำท่ารายเดือนที่ตรวจวัดจริงมาใช้เพื่อสอบเทียบกับแบบจำลอง และตรวจพิสูจน์ข้อมูลเพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองต่อไป

4.1 หลักการคำนวณปริมาณน้ำท่าของแบบจำลอง

การศึกษาวงจรอุทกวิทยาในแบบจำลอง SWAT จะคำนวณจากสมการสมดุลน้ำ ดังนี้

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

- เมื่อ SW_t คือ ปริมาณน้ำในดินสุดท้าย
- SW_0 คือ ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นในวันที่ i
- R_{day} คือ ปริมาณฝนในวันที่ i
- Q_{surf} คือ ปริมาณน้ำผิวดินในวันที่ i
- E_a คือ ปริมาณการคายระเหยในวันที่ i
- w_{seep} คือ ปริมาณน้ำไหลซึมลงสู่ชั้นใต้ดินในวันที่ i
- Q_{gw} คือ ปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลกลับสู่ลำน้ำในวันที่ i

โดยขั้นตอนการจำลองกระบวนการของวงจรอุทกวิทยา จะกำหนดปริมาณฝนที่จะตกลงสู่พื้นดิน ถูกพืชกักไว้เป็นบางส่วน ปริมาณฝนส่วนที่เหลือที่ไหลลงสู่ผิวดินก็จะไหลซึมลงดิน หรือซังนองอยู่ตามผิวดิน แล้วไหลรวมตัวลงสู่ที่ต่ำ จนกระทั่งอยู่ในแม่น้ำลำธาร กลายเป็นน้ำท่า สำหรับปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงสู่ผิวดินส่วนหนึ่งจะถูกกักไว้ใต้อินทรีย์วัตถุซึ่งต่อมาจะระเหยคืนสู่บรรยากาศ โดยพืช และอีกส่วนหนึ่งก็จะไหลซึมต่อไปยังชั้นน้ำใต้ดิน กลายเป็นน้ำใต้ดิน ซึ่งจะไหลกลับลงสู่แม่น้ำลำธาร

4.1.1 การคำนวณปริมาณน้ำผิวดิน (Surface Runoff) มีหลักการคำนวณปริมาณน้ำท่าผิวดินด้วยวิธี SCS จะใช้สมการดังนี้

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

$$Q = 0.0, R \leq 0.2S$$

- เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน (ลบ.ม.วินาที)
- R คือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.)
- S คือ Retention Parameter

โดยตัวแปร S มีความสัมพันธ์กับค่า Curve Number (CN) ดังสมการ

4.1.2 การคำนวณปริมาณการไหลของน้ำใต้ดิน (Groundwater Flow) SWAT แบ่งการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เขตชั้นน้ำระดับตื้น และเขตชั้นน้ำระดับลึก ซึ่งปริมาณการไหลในเขตชั้นน้ำระดับตื้นเป็นปริมาณน้ำที่ไหลออกสู่แม่น้ำลำธารในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยปริมาณน้ำท่าผิวดิน ปริมาณการไหลด้านข้างในเขตรากพืช และปริมาณน้ำไหลกลับ (Return Flow) จากเขต จะมีส่วนหนึ่งซึ่งไหลซึมลึกลงสู่ดินชั้น โดยจะเป็นน้ำที่สูญเสียไปของระบบจะไม่มีไหลกลับออกมาในระบบลุ่มน้ำอีกซึ่งสมการสมดุลของน้ำสำหรับเขตชั้นน้ำระดับตื้น แสดงได้ดังนี้

$$a_{qsh,i} = a_{qsh,i-1} + w_{rchrg} - Q_{gw} - w_{revap} - w_{deep} - w_{pump,sh}$$

เมื่อ $a_{qsh,i}$	คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Shallow Aquifer ในวันที่ i (มม.)
$a_{qsh,i-1}$	คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Shallow Aquifer ในวันที่ i-1 (มม.)
w_{rchrg}	คือ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่ชั้น Shallow Aquifer ในวันที่ i (มม.)
Q_{gw}	คือ ปริมาณการไหลของน้ำใต้ดินออกสู่แม่น้ำลำธารในวันที่ i (มม.)
w_{deep}	คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจาก Shallow Aquifer ลงสู่ Deep Aquifer ในวันที่ i (มม.)
$w_{pump,sh}$	คือ ปริมาณน้ำที่ถูกสูบออกไปจาก Shallow Aquifer ในวันที่ i (มม.)

สำหรับสมดุลของน้ำของเขตชั้นน้ำระดับลึก แสดงได้ดังสมการ

$$a_{qdp,i} = a_{qdp,i-1} + w_{deep} - Q_{gw} - w_{pump,dp}$$

เมื่อ $a_{qdp,i}$	คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Deep Aquifer ในวันที่ i (มม.)
$a_{qdp,i-1}$	คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Deep Aquifer ในวันที่ i-1 (มม.)
w_{deep}	คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจาก Shallow

4.2 การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

การสอบเทียบแบบจำลอง SWAT ได้ทำการสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า ในช่วง ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2549 รวมถึงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2547 โดยทำการปรับแก้ค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ทางลักษณะกายภาพของลุ่มน้ำ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ค่าปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำผิวดิน (SOL_AWC, ESCO, CH_N2 และ CN2) และค่าปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำใต้ดิน (GW_DEIAY, ALPHA_BF และ SLSUBBSN) ซึ่งจะใช้ค่าทางสถิติเป็นตัวชี้วัดในการประเมินจำนวน 2 ค่าได้แก่

1. ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ R² (Coefficient of Determination)

$$R^2 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})(Q_i - \bar{Q})}{\left[\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2 \right]^{0.5} \left[\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2 \right]^{0.5}} \right\}$$



2. ค่า NSE (Nash - Sutcliffe Simulation Efficiency)

$$NSE = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}$$

- เมื่อ O_i = ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงที่เวลาใดๆ
 Q_i = ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่เวลาใดๆ
 \bar{O} = ค่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริงเฉลี่ยที่เวลาใดๆ
 N = จำนวนข้อมูลน้ำท่าที่พิจารณาความคลาดเคลื่อน

จากนั้นจะตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Validation) โดยใช้ชุดตัวแปรที่ทำการปรับแก้ค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์จากการสอบเทียบแบบจำลอง เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2554 เทียบกับข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง

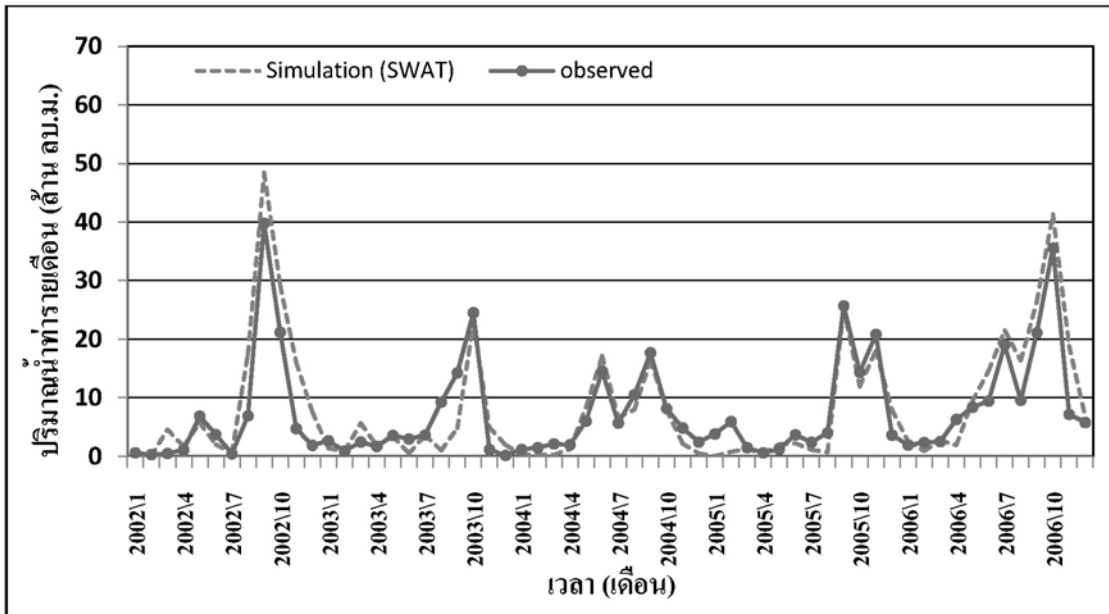
4.3 การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษา พบว่าในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคองเป็นอย่างมาก ซึ่งส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นการศึกษานี้ได้นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2558 เป็นปีฐานสำหรับศึกษาปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ จากการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลง 12% และพื้นที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น 11% รวมถึงมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านอื่นๆ ดังนั้นคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคองในอนาคต 20 ปีข้างหน้า มีแนวโน้มพื้นที่ป่าจะลดลงจากปีฐานอีก 25% ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่ป่าไม้ 25.60% พื้นที่เกษตรกรรม 46.51% พื้นที่อยู่อาศัย 20.61% และพื้นที่อื่นๆ 7.28% ของพื้นที่ทั้งหมด

5. ผลการศึกษา

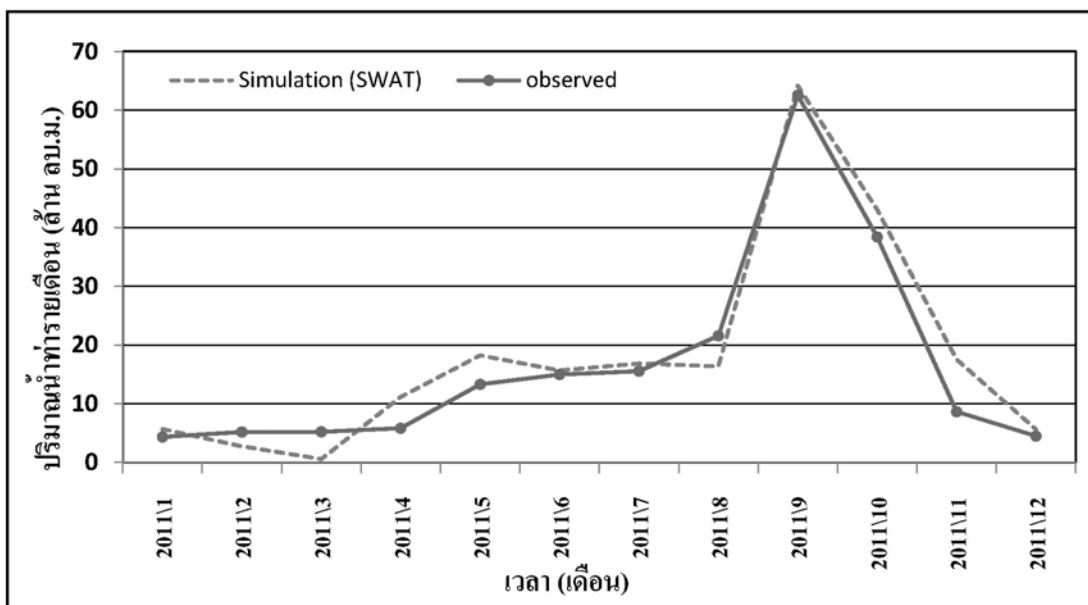
5.1 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง

ในขั้นตอนการสอบเทียบแบบจำลอง ได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณน้ำท่า อันได้แก่ ค่าปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำผิวดิน (SOL_AWC, ESCO, CH_N2 และ CN2) และค่าปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำใต้ดิน (GW_DELAY, ALPHA_BF และ SLSUBBSN) โดยใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547 เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคองในช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2549 เทียบกับปริมาณน้ำท่าตรวจวัดของสถานี M.89 ดังแสดงในรูปที่ 5 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง พบว่าแบบจำลอง SWAT สามารถประเมินปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนได้ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าตรวจวัด โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.85 และค่า ENS เท่ากับ 0.77 โดยปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 259.29 ล้านลบ.ม. ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าตรวจวัดที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคองเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 236.64 ล้านลบ.ม.



รูปที่ 5 กราฟแสดงการสอบเทียบข้อมูล (Calibration) ในช่วงปี พ.ศ. 2545 - 2549

ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองได้นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2554 ได้เพื่อกำหนดปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเทียบกับข้อมูลตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า M.89 ดังแสดงในรูปที่ 6 จากผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พบว่ามีค่า R2 เท่ากับ 0.95 และค่า ENS เท่ากับ 0.94 ค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง(Simulation) เท่ากับ 573.05 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่าที่สถานี M.89 มีเท่ากับ 526.30 ล้านลบ.ม. ซึ่งผลของการตรวจพิสูจน์แบบจำลองจะเห็นได้ว่า แบบจำลอง SWAT สามารถจำลองปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำลำตะคองได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 6 กราฟแสดงการตรวจพิสูจน์ข้อมูล (Validation) ในช่วงปี พ.ศ. 2554



5.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง

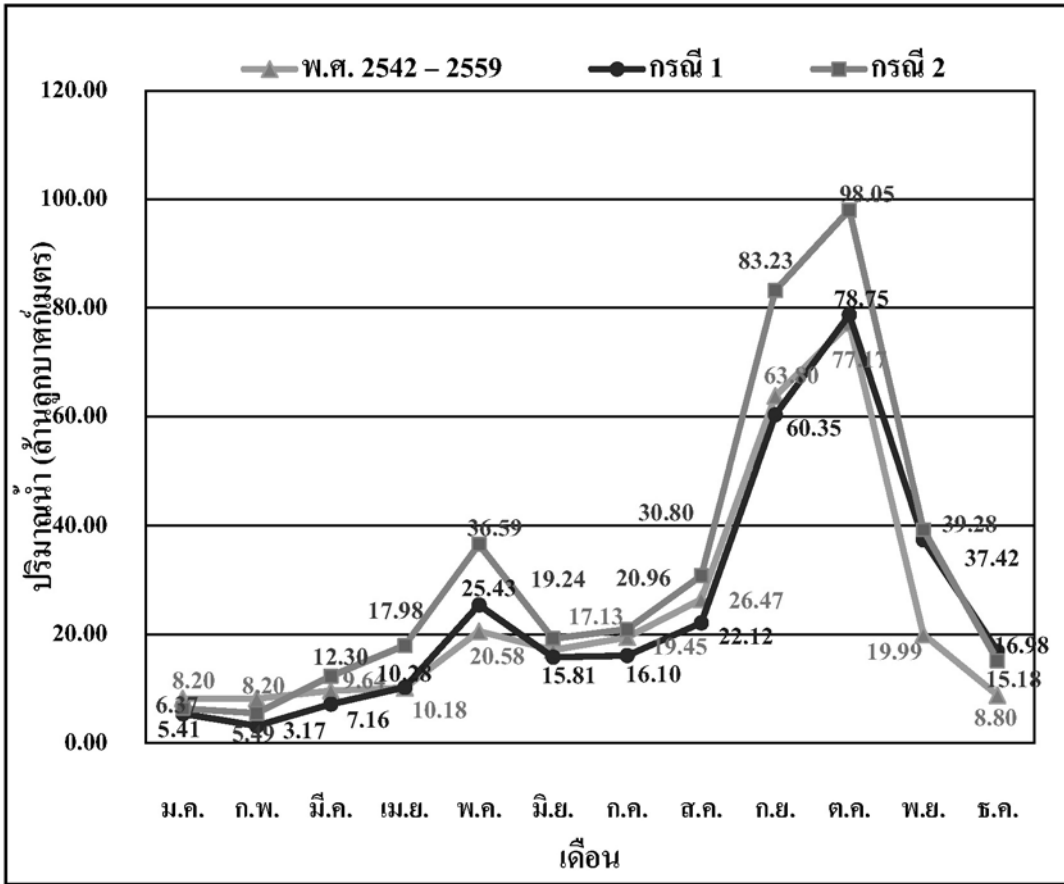
ในการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคองใน 2 กรณีได้แก่ กรณีที่ 1 วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน (พ.ศ.2558) โดยใช้ข้อมูลฝนย้อนหลัง 18 ปี (พ.ศ.2542 -พ.ศ.2559) กรณีที่ 2 วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปีข้างหน้า โดยใช้การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน ดังตารางที่ 1 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม 0.659 ล้านไร่ คิดเป็น 47% พื้นที่ป่า 0.363 ล้านไร่ คิดเป็น 26% พื้นที่อยู่อาศัย 0.292 ล้านไร่ คิดเป็น 21% และพื้นที่อื่นๆ 0.103 ล้านไร่ คิดเป็น 7%

ตารางที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในกรณีศึกษา

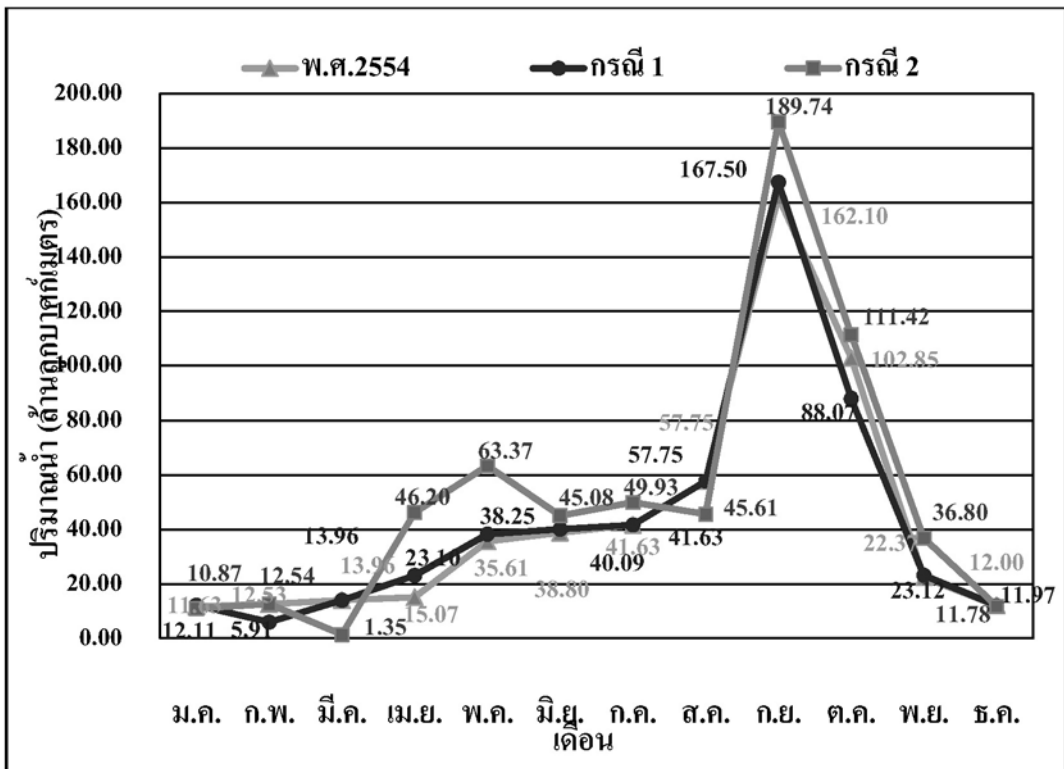
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรณีศึกษา			
	กรณี 1 (พ.ศ. 2558)		กรณี 2	
	ล้านไร่	คิดเป็น %	ล้านไร่	คิดเป็น %
พื้นที่เกษตรกรรม	0.659	46.51	0.659	46.51
พื้นที่ป่า	0.484	34.14	0.363	25.60
พื้นที่อยู่อาศัย	0.171	12.07	0.292	20.61
พื้นที่อื่นๆ	0.103	7.28	0.103	7.28
รวม	1.417	100	1.417	100

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ากรณีที่ 1 พบว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันในช่วงฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 218.56 ล้านลบ.ม. และในช่วงฤดูแล้ง 80.41 ล้านลบ.ม. ดังแสดงในรูปที่ 7 เมื่อเทียบกับข้อมูลน้ำท่าตรวจวัด พบว่าในปีน้ำหลาก (พ.ศ.2554) ปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 433.30 ล้านลบ.ม. ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 438.74 ล้านลบ.ม. และในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 90.16 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 87.56 ล้านลบ.ม. และในปีน้ำแล้ง (พ.ศ.2558) ช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 119.87 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 116.91 ล้านลบ.ม. ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 50.03 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด 54.63 ล้านลบ.ม. ดังแสดงในรูปที่ 9

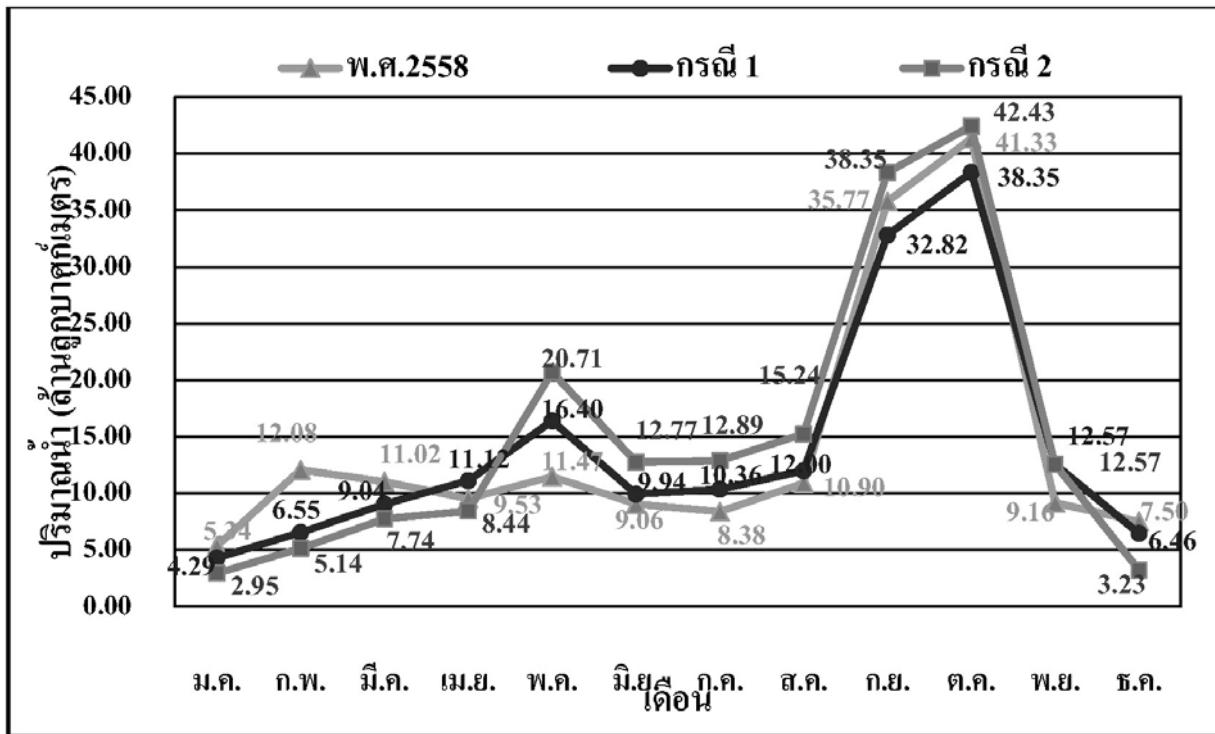
กรณีศึกษาที่ 2. พบว่าปีน้ำหลาก (พ.ศ.2554) มีปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 505.15 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่ามากกว่าข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 66.41 ล้านลบ.ม. ดังรูปที่ 8 ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 119.54 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่ามากกว่าข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 31.98 ล้านลบ.ม. และในปีน้ำแล้ง (พ.ศ.2558) มีปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 142.39 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่ามากกว่าข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 25.48 ล้านลบ.ม. ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 40.07 ล้านลบ.ม. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าข้อมูลตรวจวัดเท่ากับ 14.56 ล้านลบ.ม.ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 7 กราฟแสดงน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน



รูปที่ 8 กราฟแสดงน้ำท่ารายเดือน ปีน้ำหลาก



รูปที่ 9 กราฟแสดงน้ำท่ารายเดือน ปีน้ำแล้ง

6. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษา ซึ่งให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT จำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่าเมื่อปรับพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 20 ปีข้างหน้า ทำให้เห็นว่าในช่วงปีน้ำหลาก (พ.ศ.2554) มีปริมาณน้ำในช่วงฤดูฝนเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนเมษายน (สิ้นสุดฤดูแล้ง) จนถึงเดือนกันยายน ซึ่งมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย และเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเริ่มลดลงตั้งแต่เดือนตุลาคม (สิ้นสุดฤดูฝน) จนถึงเดือนมีนาคม ทำให้มีโอกาเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง ดังแสดงในรูปที่ 8 และจากผลวิเคราะห์ช่วงปีน้ำแล้ง (พ.ศ.2558) มีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงฤดูฝนสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และมีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำน้อยลงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน ส่งผลให้บริเวณพื้นที่ศึกษามีโอกาเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง ดังแสดงในรูปที่ 9

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคองเป็นอย่างมาก ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคองจึงมีความจำเป็นและมีประโยชน์ต่อการวางแผนการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำลำตะคองต่อไปในอนาคต

7. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำที่มีต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง โดยใช้แบบจำลอง SWAT แสดงให้เห็นว่า สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง และเพื่อสร้างความตระหนักถึงความสำคัญการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำหรือพื้นที่ต้นน้ำ จึงมีข้อเสนอแนะว่า ในการพัฒนาพื้นที่บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำ ควรคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเกิดผลกระทบตามมาน้อยที่สุด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำไปปรับใช้ในการพัฒนาพื้นที่บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำให้เหมาะสมต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

- (1) ศุภชัย กฤตสุทธาชีวะ และธีระพงษ์. ควรคำนวณผลการกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งของโครงการชลประทานอ่างเก็บน้ำลำแชะ. งานวิจัยสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- (2) ภัทรพร แสงทอง และ ปรียาพร โกษา. 2557. การประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT. กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 5 ฉบับที่ 2.
- (3) ปิยะวัฒน์. 2559. การศึกษาการจำลองปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำห้วยหลวง โดยใช้แบบจำลอง SWAT.วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ปีที่ 14.
- (4) ปิยะวัฒน์ วุฒิชัยกิจเจริญ และ เจริญ สารตัน. 2556. การประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่แจ่ม โดยใช้แบบจำลอง SWAT. สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่.
- (5) Santhi C. Arnold J. Williams J. Dugas W. Srinivasan R. Hack L. Validation of the SWAT Model on a Large River Basin with Point and Nonpoint Sources Journal of the American Water Resources Association 2001. 37(5). 1169-1188.
- (6) โอฬาร เวชอุไร. 2548. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบนโดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



การศึกษาความแม่นยำในการคาดการณ์ปริมาณน้ำเข้าอ่างจากข้อมูลพยากรณ์

อากาศระยะสั้น กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำลำตะคอง

Accuracy of using short-range weather forecast data for inflow prediction

: A case study of Lamtakong Reservoir

บุญไพศาล จิตตั้งบุญญา¹ , อติชัย พรพรหมินทร์² และ ดนัยภพ มะณี³

1,2,3 สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

E-mail: 1boonpaisan.j@ku.th, 2fengacp@ku.ac.th, 3fengdpm@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่จะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำล่งหน้า สามารถช่วยให้การจัดการอ่างเก็บน้ำ และวางแผนในการจัดการน้ำได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมีต้นกำเนิดที่สำคัญมาจากฝน การใช้ข้อมูลตรวจวัดผลตามเวลาจริงอาจสามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาล่งหน้าไม่ไกลนัก แต่หากสามารถหาปริมาณน้ำฝนล่งหน้าได้ ก็จะสามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำล่งหน้าได้ไกลขึ้นมาก ดังนั้นการศึกษานี้ ได้ทำการประยุกต์ใช้ข้อมูลพยากรณ์สภาพอากาศระยะสั้น (WRF-ROMS) ของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (สสน.) เป็นข้อมูลน้ำเข้า แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่เรียกว่า (NAM) เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่จะเกิดขึ้น 1 วัน 2 วัน และ 3 วันล่งหน้า ตามลำดับและตรวจสอบความแม่นยำของการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า เทียบกับปริมาณน้ำท่าตรวจวัดจริง จากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า โดยใช้ข้อมูลฝนพยากรณ์ล่งหน้า 1, 2 และ 3 วันให้ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของน้ำท่าอยู่ที่ 15.51 ,15.01 และ 14.95 ลบ.ม/วินาที ตามลำดับและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.77 0.77 และ 0.75 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพยากรณ์สามารถให้ผลการพยากรณ์ที่มีความน่าเชื่อถือและนำไปใช้ในการพยากรณ์เพื่อช่วยในการปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เช่นในด้านการเตือนภัยล่งหน้าหรือนำไปวางแผนเพื่อบริหารอ่างเก็บน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

คำสำคัญ: ข้อมูลพยากรณ์อากาศระยะสั้น, แบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า, ลำตะคอง

Abstract

Reservoir inflow prediction can contribute in more accurate reservoir planning and management. Since the source of inflow is mainly from the precipitation in a basin, using the real-time ground data makes us possible to forecast inflow in the very short term. However, with the use of the short-term weather forecast data, the reservoir inflow prediction can extend to a longer time. Thus, this study applied the short-term weather forecast data (WRF-ROMS) from Hydro-Informatics Institute (HII) as the input data for a rainfall-runoff model, named NAM, to forecast 1-, 2- and 3-day inflows. The accuracy was analyzed and compared with the case of using the ground measuring data. The results of Inflow prediction from rainfall-runoff model by using the forecast data for 1, 2 and 3 days in advance, gave the root mean square error (RMSE) values for the runoff of 15.51, 15.01 and 14.95 cms, respectively, and the correlation coefficient (r) equaled to 0.77, 0.77 and 0.75, respectively. The values show that the forecast data can provide reliable forecast results and be used to support the actual real-time operation efficiently. The prediction results are acceptable and can be used, for example, in the early warning or planning to manage the reservoir more efficiently.

Keywords: Short-term weather forecast, Rainfall-Water Runoff Model, Lam Takhong.

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญปัญหาภัยพิบัติที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเช่น น้ำท่วมและน้ำแล้ง ซึ่งทำให้มีผู้เสียชีวิตและได้รับความเดือดร้อนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นหากเราสามารถทำนายสภาพอากาศล่วงหน้าได้อย่างถูกต้องแม่นยำจะส่งผลให้ รัฐบาลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถวางแผนล่วงหน้าเพื่อป้องกันและลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้ เช่นในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ ผู้บริหารจัดการจำเป็นจะต้องรู้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าไหลเข้าและปริมาณความต้องการในการใช้น้ำในแต่ละปี ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเป็นข้อมูลที่ทำการคาดเดาได้ยากโดยทั่วไปจะใช้หลักการทางสถิติในการคาดการณ์ แต่ด้วยสภาพอากาศที่เปลี่ยนไปทำให้การคาดการณ์ไม่แม่นยำเท่าที่ควร

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (NAM MODEL) และข้อมูลพยากรณ์สภาพอากาศระยะสั้น (WRF-ROMS) จากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและเป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้



1) เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่จะเกิดขึ้นโดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลพยากรณ์สภาพอากาศระยะสั้นกับแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า

2) ตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณน้ำท่าคาดการณ์กับข้อมูลตรวจวัดและประสิทธิภาพการใช้งานข้อมูลพยากรณ์ดังกล่าว

2. พื้นที่ศึกษา

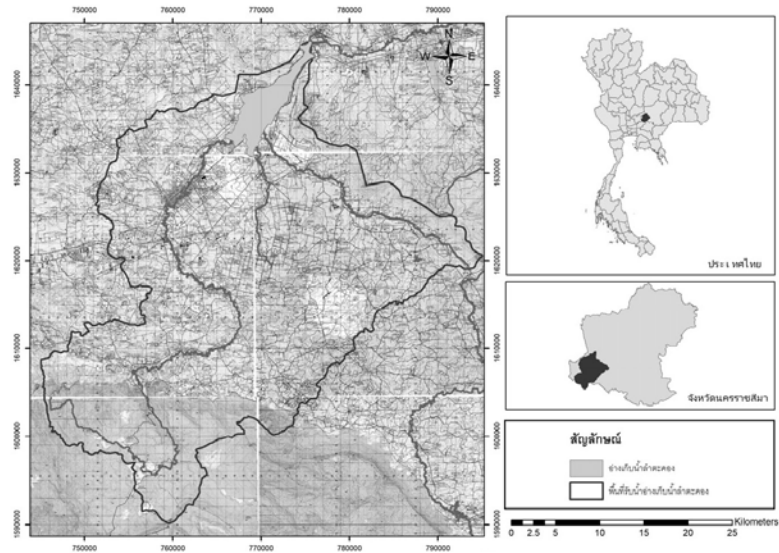
อ่างเก็บน้ำลำตะคองมีพื้นที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมาพิกัด 47 PQS 0775491 E - 1644969 N ระวัง 5737 IV มีความยาวของตัวอ่างตามความยาวลำน้ำประมาณ 10 กิโลเมตร ส่วนกว้างที่สุดของตัวอ่างกว้าง 4.70 กิโลเมตร มีพื้นที่น้ำท่วมที่ระดับน้ำสูงสุด +280.30 ม. (รทก.) ประมาณ 44.7 ตร.กม.



รูปที่ 1 อ่างเก็บน้ำลำตะคอง

2.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่

พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำเหนือเขื่อนเป็นภูเขาสูงในเขตเทือกเขาแดงพญาเย็น ส่วนด้านท้ายน้ำของตัวเขื่อนช่วงแรกมีลักษณะเป็นที่ลาดเชิงเขา และเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ราบกว้างใหญ่ตั้งแต่บริเวณอำเภอสีคิ้วไปทางด้านท้ายน้ำ ซึ่งเป็นพื้นที่ส่งน้ำของโครงการ สภาพพื้นที่โดยทั่วไปมีความลาดเอียงจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกโดยประมาณ



รูปที่ 2 พื้นที่รับน้ำอ่างเก็บน้ำลำตะคอง

2.2 สภาพอุตุนิยมวิทยาและสภาพอุทกวิทยา

1) ปริมาณฝน

สภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำลำตะคอง อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้จะมีพายุจรพัดผ่านในเดือนกันยายน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีวัดได้ 1,454.3 มิลลิเมตร ที่สถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำลำตะคอง พื้นที่ที่ได้รับน้ำฝนมากที่สุด คือบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนในเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่วัดได้ 2,270.0 มิลลิเมตรต่อปี ส่วนบริเวณที่รับน้ำฝนน้อยที่สุดคือพื้นที่ด้านเหนือลุ่มน้ำบริเวณบ้านหลังเหววัดได้ 981.5 มิลลิเมตรต่อปี โดยปกติฝนจะตกมากในช่วงเดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนตุลาคมส่วนช่วงที่แล้งฝนมากที่สุดคือระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์

2) อุณหภูมิ

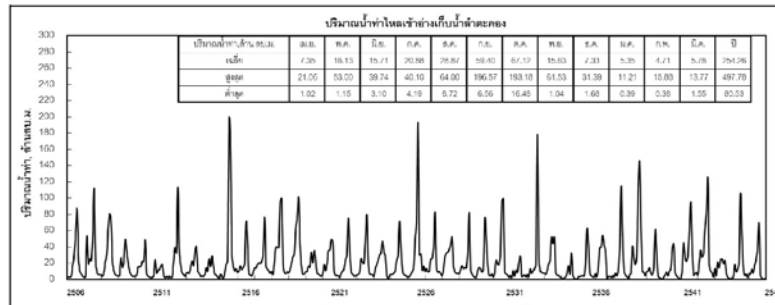
อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีวัดบริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำลำตะคอง 25.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดพบว่าอยู่ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ประมาณ 34.2 องศาเซลเซียส และต่ำสุดในเดือนธันวาคมและมกราคม ประมาณ 15.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีสูงสุด 83.4 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุด 47.8 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการระเหยของน้ำในที่แจ้งเฉลี่ยรายปี ประมาณ 1,379.4 มิลลิเมตร

3) ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ตั้งเขื่อนลำตะคองในช่วง 41 ปีตั้งแต่ พ.ศ. 2506 พ.ศ. 2546 มีค่าผันแปรตั้งแต่ 80.5 ล้านลบ.ม. ถึง 497.8 ล้านลบ.ม. และมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 254.3 ล้านลบ.ม./ปี อัตราการให้น้ำของลุ่มน้ำลำตะคอง (Basin Yield) มีค่าสูงถึง 24.8 ลิตร/วินาที/ตร.กม. ในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ และ



ลดลงทางด้านท้ายน้ำจนมีค่าต่ำสุดเพียง 5.3 ลิตร/วินาที/ตร.กม. ในพื้นที่ท้ายน้ำบริเวณจุดบรรจบกับแม่น้ำมูล ค่าการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองดังกล่าวไม่แตกต่างจากลุ่มน้ำมูล ซึ่งมีอัตราการให้น้ำระหว่าง 25.8-1.6 ลิตร/วินาที/ตร.กม. อัตราการให้น้ำของลุ่มน้ำลำตะคองสูงกว่าลุ่มน้ำข้างเคียงแต่ต่ำกว่าลุ่มน้ำลำโดมใหญ่และลุ่มน้ำลำโดมน้อย ที่อยู่ด้านท้ายน้ำของลุ่มน้ำมูล



รูปที่ 3 ปริมาณน้ำท่าเข้าอ่างเก็บน้ำลำตะคอง

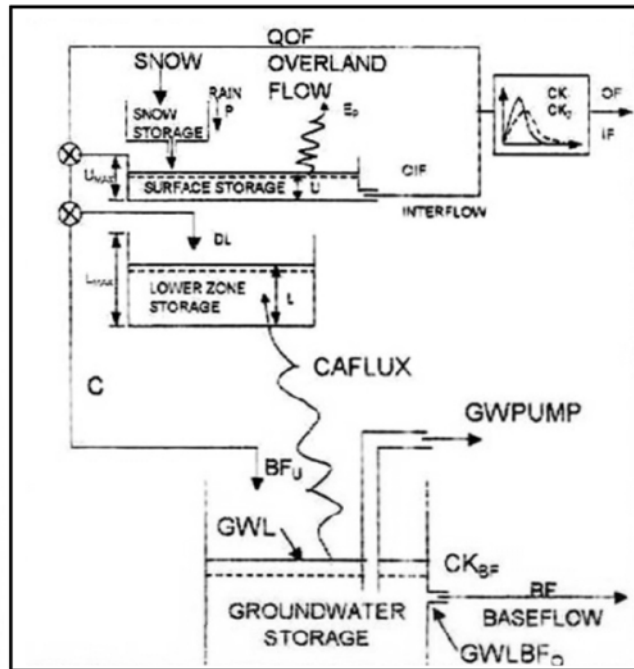
3. ทฤษฎีและวิธีการที่ใช้ในการศึกษา

3.1 แบบจำลอง MIKE 11

แบบจำลอง MIKE 11 เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย Danish Hydraulic Institute (DHI) ประเทศเดนมาร์ก (1992) เพื่อใช้ในการจำลองการไหลของน้ำแบบไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาแบบมิติเดียวหรือที่เรียกกันว่า (One Dimensional Unsteady Flow) เพื่อใช้สำหรับการไหลในทางน้ำเปิด โดยสามารถจำลองแบบได้ทั้งกระบวนการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ต่าง ๆ การเคลื่อนย้ายตะกอนและคุณภาพน้ำในแม่น้ำ รวมถึงการเคลื่อนตัวของน้ำ เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมจำลอง MIKE 11 จะประกอบด้วยแบบจำลองย่อย ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายรูปแบบ ในการศึกษาจะนำแบบจำลองย่อย MIKE 11 - NAM ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall - Runoff Module) โครงสร้างแบบจำลอง NAM ดังแสดงในรูปที่ 4 เป็นการเรียนแบบวัฏจักรการอุทกยานบนผิวดินโดยน้ำจะถูกเก็บกักในแหล่งเก็บกักต่าง ๆ 4 ส่วนดังนี้

- การเก็บกักของหิมะ (Snow Storage) ขึ้นอยู่กับอัตราการละลายของหิมะซึ่งจะไปเพิ่มปริมาณน้ำให้กับการเก็บกักในชั้นของผิวดินซึ่งไม่พิจารณาในประเทศไทย
- การเก็บกักบนผิวดิน (Surface Storage) คือปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาและถูกเก็บกักโดยพืชและซังตามที่ร่วมในบริเวณชั้นผิวดินโดยมีค่าเก็บกักสูงสุดเท่ากับ U_{max} ซึ่งปริมาณน้ำใน Surface Storage (U) จะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยการระเหย การใช้น้ำและการไหลจากแนวราบ จาก Interflow ปริมาณน้ำในชั้นนี้จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณฝน แต่เมื่อปริมาณน้ำขึ้นถึงระดับ U_{max} น้ำส่วนเกิน (P_n) จะไหลออกในลักษณะ Overland Flow และมีบางส่วนไหล ซึมลงสู่ Lower Zone Storage และ Underground Storage

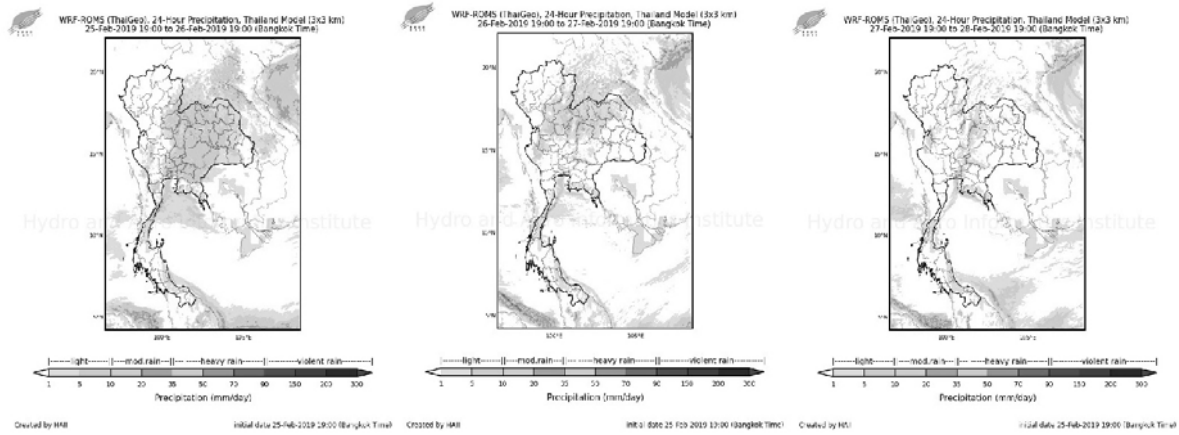
- การเก็บกักของชั้นดินส่วนล่าง (Lower Zone Storage) คือปริมาณความชื้นของดินที่อยู่ลึกลงไปจากผิวดินโดยมีค่าเก็บกักสูงสุดเท่ากับ L_{max}
- การเก็บกักของชั้นน้ำใต้ดิน (Underground Storage) คือปริมาณน้ำที่ซึมผ่านการเก็บกักบริเวณชั้นดินส่วนล่าง (Lower Zone Storage) มาเก็บกักในชั้นนี้



รูปที่ 4 โครงสร้างแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า

3.2 ข้อมูลพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนแบบจำลองสภาพอากาศระยะสั้น (WRF-ROMS Model)

แบบจำลองสภาพอากาศ Weather Research and Forecasting (WRF) และ Regional Ocean Modeling System (ROMS) เป็นแบบจำลองเชิงตัวเลขซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาหลายพารามิเตอร์พัฒนาโดย Nation Center for Atmospheric Research (NCAR) แบบจำลองนี้สามารถคาดการณ์สภาพอากาศเฉพาะพื้นที่ ไปจนถึงคาดการณ์ในระดับภูมิภาค และเป็นแบบจำลองบรรยากาศที่มีความทันสมัยที่สุดแบบจำลองหนึ่ง ได้มีการนำแบบจำลองนี้ไปใช้อย่างกว้างขวาง ทั้งเพื่องานวิจัยและการปฏิบัติงานจริง โดยสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ได้ทำการวิเคราะห์และประมวลผลแบบจำลองสภาพอากาศเพื่อพยากรณ์ฝนได้ในลักษณะคู่ขนาน (Parallel Processing) โดยจะทำการประมวลผลวันละ 2 รอบ (4.30 น และ 16.30 น) โดยพื้นที่ที่ทำการศึกษาก็จะมีความละเอียดระดับ 9 ตารางกิโลเมตร (3*3 กม.) ในแนวราบครอบคลุมประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้านบางส่วนเช่นลาว พม่า เวียดนาม และกัมพูชา สามารถพยากรณ์ฝนล่วงหน้าได้ 3 วัน ความถูกต้องแม่นยำของการพยากรณ์ฝน 1-3 วันแรกให้ความแม่นยำที่ร้อยละ 70 ถึง 80 โดยวันแรกจะ ให้ความแม่นยำสูงที่สุด เดี่ยวจะลดลงเมื่อเวลาพยากรณ์นาน ขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 5 ภาพการพยากรณ์อากาศล่วงหน้า 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

3.3 วิธีการการศึกษา

1) การรวบรวมข้อมูล

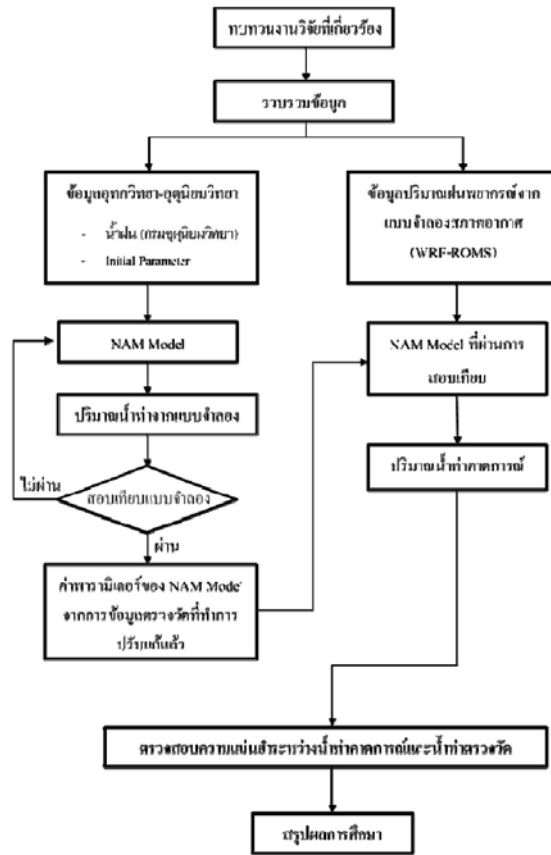
- รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าเหนืออ่างเก็บน้ำและปริมาณฝนของสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่โดยรอบอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลอุทกนิยมวิทยา
- รวบรวมข้อมูลปริมาณฝนพยากรณ์จากแบบจำลองสภาพอากาศ (WRF-ROMS MODEL) ความละเอียด 3*3 กม. ซึ่งมีการคาดการณ์ระยะ 1-3 วัน
- รวบรวมข้อมูลลักษณะโครงการอ่างเก็บน้ำตะคลองขนาดตัวเขื่อน และข้อมูลกายภาพของพื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำ

2) ตรวจสอบความสัมพันธ์ของน้ำฝน

ตรวจสอบความสัมพันธ์ของน้ำฝนที่เกิดขึ้นระหว่างข้อมูลตรวจวัดจากข้อมูลอุทกวิทยา-อุตุนิยมวิทยากับข้อมูลปริมาณฝนพยากรณ์จากแบบจำลองสภาพอากาศ (WRF-ROMS MODEL)

3) ตรวจสอบความสัมพันธ์ของน้ำท่า

ตรวจสอบความสัมพันธ์ของน้ำท่าที่เกิดขึ้นระหว่างข้อมูลตรวจวัดจากข้อมูลอุทกวิทยา - อุตุนิยมวิทยากับข้อมูลปริมาณฝนพยากรณ์จากแบบจำลองสภาพอากาศ (WRF-ROMS MODEL) โดยการใช้ค่าน้ำฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยามาเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของ NAM Model เมื่อทำการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์จนสามารถยอมรับได้แล้ว จึงใช้ค่าพารามิเตอร์นั้นในการหาน้ำท่าคาดการณ์จากข้อมูลปริมาณฝนพยากรณ์จากแบบจำลองสภาพอากาศ (WRF-ROMS) แล้วหาความแม่นยำในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าและสรุปผลต่อไป



รูปที่ 6 ขั้นตอนการดำเนินการ ตรวจสอบความสัมพันธ์ของน้ำท่า

4) การทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำและความน่าเชื่อถือการพยากรณ์

การทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำและความน่าเชื่อถือการพยากรณ์สามารถวัดโดยใช้ตัววัดทางสถิติหลายตัวพิจารณาร่วมกัน ดังนี้

- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) โดยปกติแล้วค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้า r มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลที่คำนวณได้และที่ตรวจวัดได้จากภาคสนามมีความสัมพันธ์แบบปฏิภาคโดยตรงที่ดี แต่เมื่อไรก็ตามที่ r มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อยหรือแทบไม่มีเลย โดยทั่วไปแล้วในการศึกษาด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ค่า r ควรจะมีค่ามากกว่า 0.7 จึงจะถือว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m) \times (Q_{ci} - \bar{Q}_c)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2 \times \sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2 \right]}} \dots\dots\dots\text{กิตติยา(2551)}$$

- เมื่อ Q_{mi} = อัตราการไหลที่ได้จากการตรวจวัดที่เวลา i
- \bar{Q}_m = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลที่ได้จากการตรวจวัด
- Q_{ci} = อัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลองที่เวลา i



$$\begin{aligned} \bar{Q}_c &= \text{ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลอง} \\ N &= \text{จำนวนของข้อมูล} \end{aligned}$$

- ประสิทธิภาพของแบบจำลอง Efficiency Index (EI) เป็นตัวแปรทางสถิติที่แสดงระดับความสัมพันธ์ (Degree of Association) ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ถ้ามีค่าเท่ากับ 100% แสดงว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดทุกข้อมูล โดยทั่วไปแล้วในการศึกษาด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ ค่า EI ควร มีค่ามากกว่า 70% จึงจะถือว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

$$EI = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2 - \sum_{i=1}^N (Q_{mi} - Q_{ci})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots\text{กิตติยา(2551)}$$

- เมื่อ Q_{mi} = อัตราการไหลที่ได้จากการตรวจวัดที่เวลา i
- \bar{Q}_m = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลที่ได้จากการตรวจวัด
- Q_{ci} = อัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลองที่เวลา i
- \bar{Q}_c = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลอง
- N = จำนวนของข้อมูล

- ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE) เป็นตัวแปรทางสถิติที่แสดงความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Absolute Error) ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ในกรณีที่มีค่าเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีมาก

$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{mi} - Q_{ci})^2}{N} \right)^{0.5} \quad \dots\dots\dots\text{ศิริกัญญา (2547)}$$

- เมื่อ Q_{mi} = อัตราการไหลที่ได้จากการตรวจวัดที่เวลา i
- \bar{Q}_m = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลที่ได้จากการตรวจวัด
- Q_{ci} = อัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลองที่เวลา i
- \bar{Q}_c = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลอง
- N = จำนวนของข้อมูล

- ค่าความผันแปรของตัวแปรตอบสนอง (R-Squared) เป็นค่าทางสถิติที่ใช้วัดผลคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้นี้มีความสมรूपกับข้อมูลการตรวจวัดจริงมากน้อยอย่างไร หากยังมีค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึง ข้อมูลที่พยากรณ์ มีทิศทางไปในแนวเดียวกันกับข้อมูลที่ตรวจวัด

$$R^2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^N ((Q_{oi} - \bar{Q}_o)(Q_{ci} - \bar{Q}_c))\right)^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2 \sum_{i=1}^N (Q_{ci} - \bar{Q}_c)^2} \dots\dots\dots\text{ธีรวัฒน์(2554)}$$

- เมื่อ
- N = จำนวนข้อมูล
 - Q_{oi} = ข้อมูลจากการตรวจวัดที่เวลา i
 - Q_{ci} = ข้อมูลจากแบบจำลองที่เวลา i
 - \bar{Q}_o = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการตรวจวัด
 - \bar{Q}_c = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากแบบจำลอง

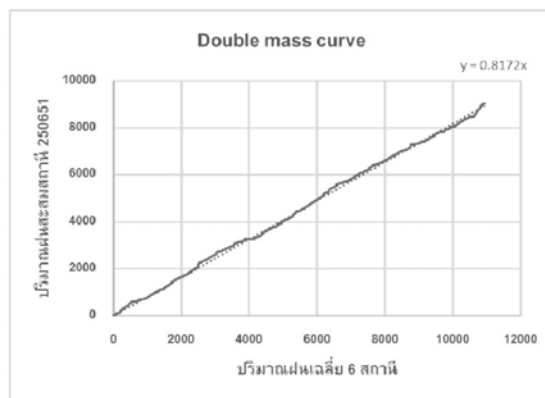
- การคาดเคลื่อนของค่าสูงสุด (Peak Error) เป็นการตรวจสอบค่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากแบบจำลอง (Peaksim) โดยเปรียบเทียบกับค่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัด (Peakobs) เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของข้อมูล

$$\text{Peak Error} = \left(\frac{\text{Peak}_{\text{obs}} - \text{Peak}_{\text{sim}}}{\text{Peak}_{\text{obs}}} \right) \times 100\%$$

4. ผลการดำเนินการ

4.1 ผลการตรวจสอบข้อมูล

การตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝน ของกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลปริมาณฝน จากสถานีวัดน้ำฝน โดยก่อนที่จะมีการนำ ข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์จะต้องนำข้อมูลฝนไปตรวจสอบหาค่าความสม่ำเสมอของข้อมูล โดยวิธี Double Mass Curve ก่อนผลการตรวจสอบข้อมูลทั้ง 7 สถานีใกล้เคียงพื้นที่ทำการศึกษาตัวอย่าง การทดสอบดังแสดงในรูปที่ 7

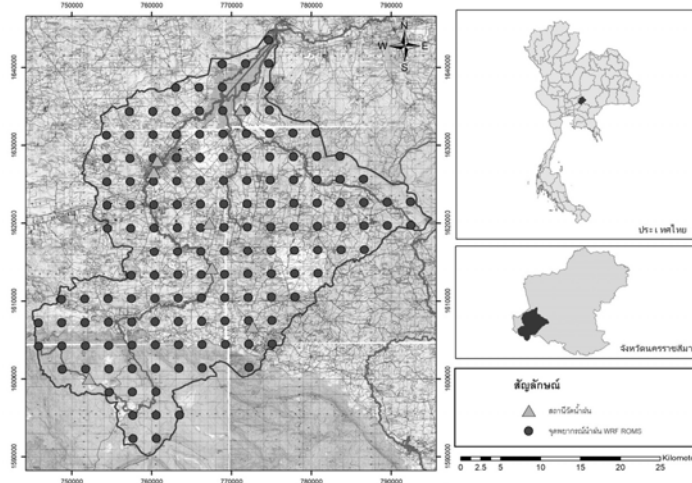


รูปที่ 7 การตรวจสอบด้วยวิธี Double Mass Curve สถานี 250651



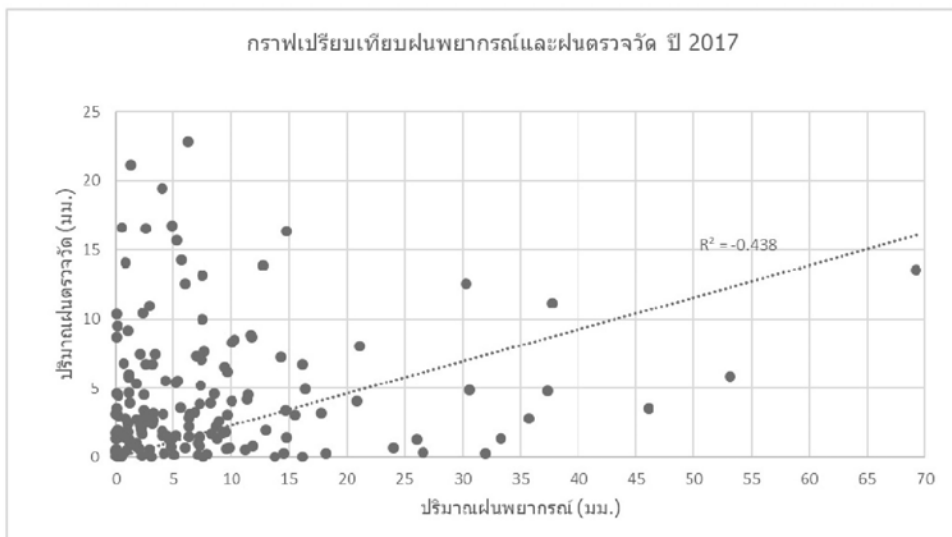
4.2 การตรวจสอบความสัมพันธ์ของน้ำฝน

ได้ทำการตรวจสอบปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ตกในพื้นที่รับน้ำฝนพยากรณ์ 1 วันล่วงหน้าบริเวณที่อยู่ในพื้นที่รับน้ำจำนวน 145 กริดตั้งแต่ช่วงเดือนมกราคม-ธันวาคมปี 2560



รูปที่ 8 ตัวอย่างจุดพยากรณ์ทั้งหมด

พบว่าค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วันให้ค่าสูงผลตรวจวัดเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดทั้ง 7 แห่ง ค่าความแม่นยำของค่าทำนายในกรณีที่ฝนไม่ตกมีค่าอยู่ที่ 94% และความแม่นยำของการทำนายในกรณีที่ทำนายว่าฝนจะตกอยู่ที่ 60%

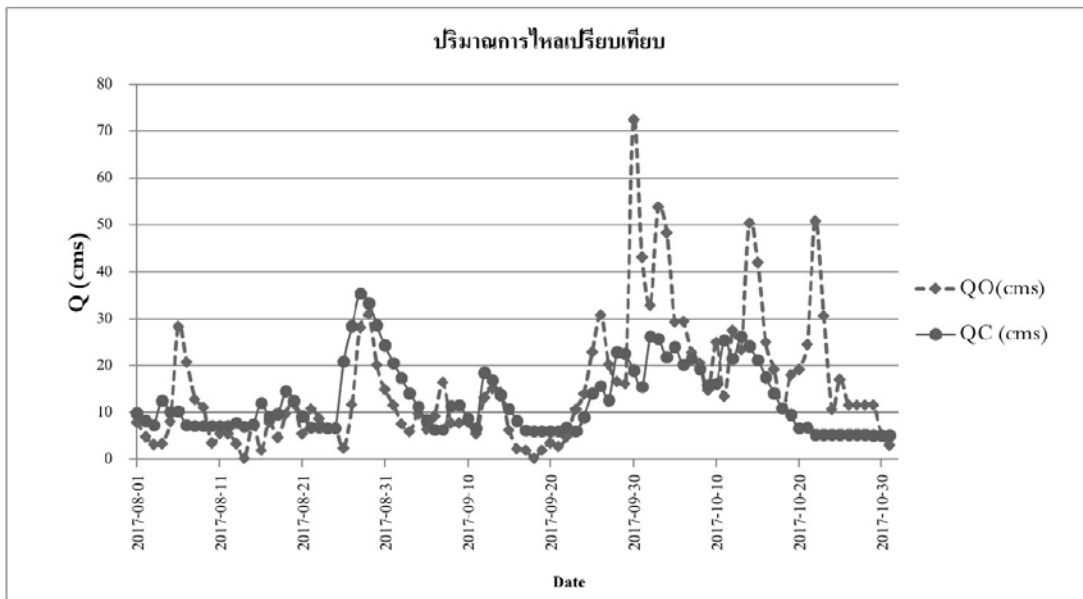


รูปที่ 9 การตรวจสอบความแม่นยำของข้อมูลฝนเฉลี่ย

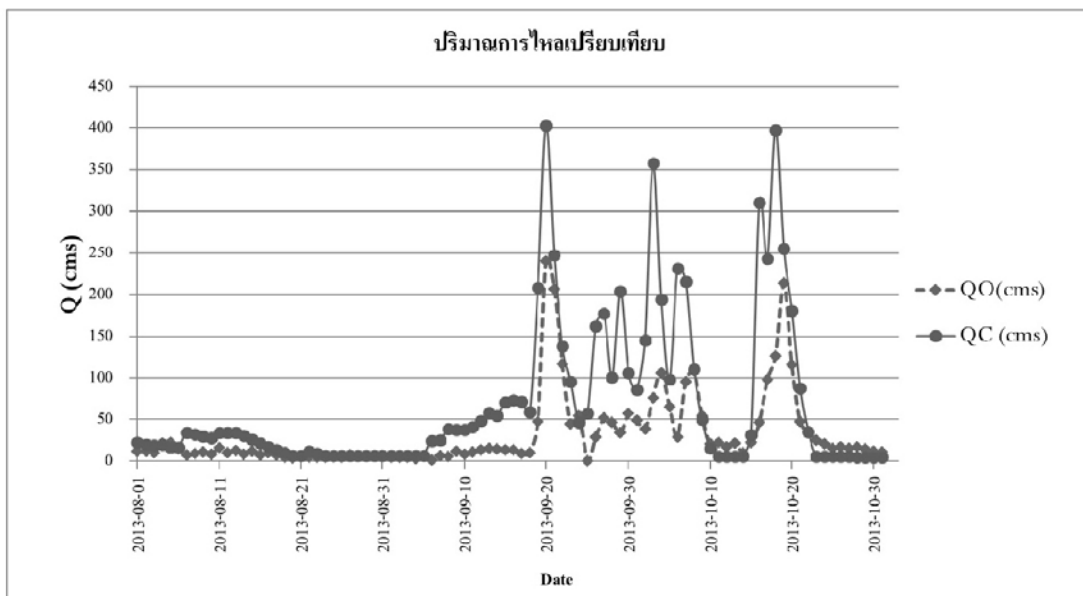
4.3 ผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ของน้ำท่า

การพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าได้นำข้อมูลฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 7 สถานี มาใช้ในการสอบเทียบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกลุ่มน้ำ ผลการสอบเทียบในช่วงเดือนสิงหาคม - เดือนตุลาคม พ.ศ.2560 ให้ค่า R = 0.82 แสดงดังรูปที่ 10 และได้ทวนสอบแบบจำลองในช่วงเดือนสิงหาคม -

เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 แสดงดังรูปที่ 11 ทั้งนี้ช่วงการทวนสอบในปี 2556 ปริมาณการไหลสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 250 ลบ.ม.ต่อวินาที ซึ่งสูงกว่าช่วงการสอบเทียบในปี 2560 ที่มีปริมาณการไหลสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 70 ลบ.ม.ต่อวินาที ผลการสอบเทียบพบว่า แบบจำลองในผลลัพธ์ปริมาณการไหลปานกลางที่ต่ำกว่า 40 ลบ.ม.ต่อวินาทีได้ดี แต่ไม่สามารถจำลองช่วงปริมาณการไหลสูงสุดได้ดี (ช่วงปลายกันยายนถึงต้นตุลาคม 2560) ขณะที่ผลการทวนสอบกลับพบว่า แบบจำลองให้ค่าปริมาณการไหลสูงกว่าค่าที่ตรวจวัดได้ แสดงให้เห็นว่า แม้ว่าจะใช้ข้อมูลฝนจริงจากสถานีวัดน้ำฝน ผลการคำนวณหาหน้าท่าจากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในพื้นที่ศึกษาอ่างเก็บน้ำลำตะคองก็ยังคงให้ความแม่นยำที่ไม่ดีมากนัก



รูปที่ 10 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง

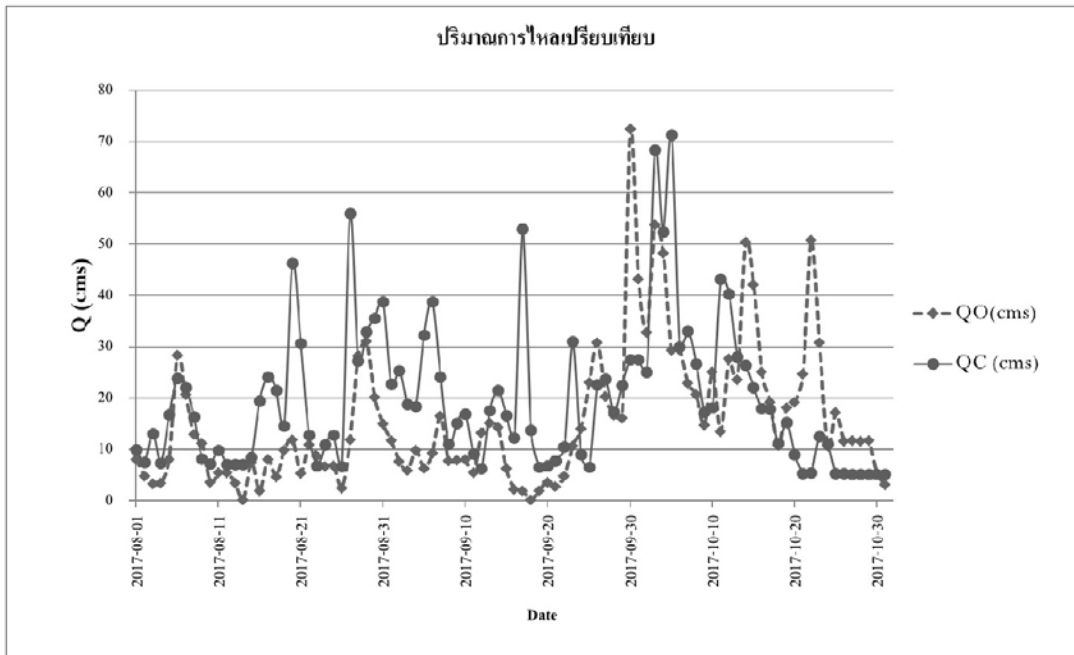


รูปที่ 11 ผลการทวนสอบแบบจำลอง

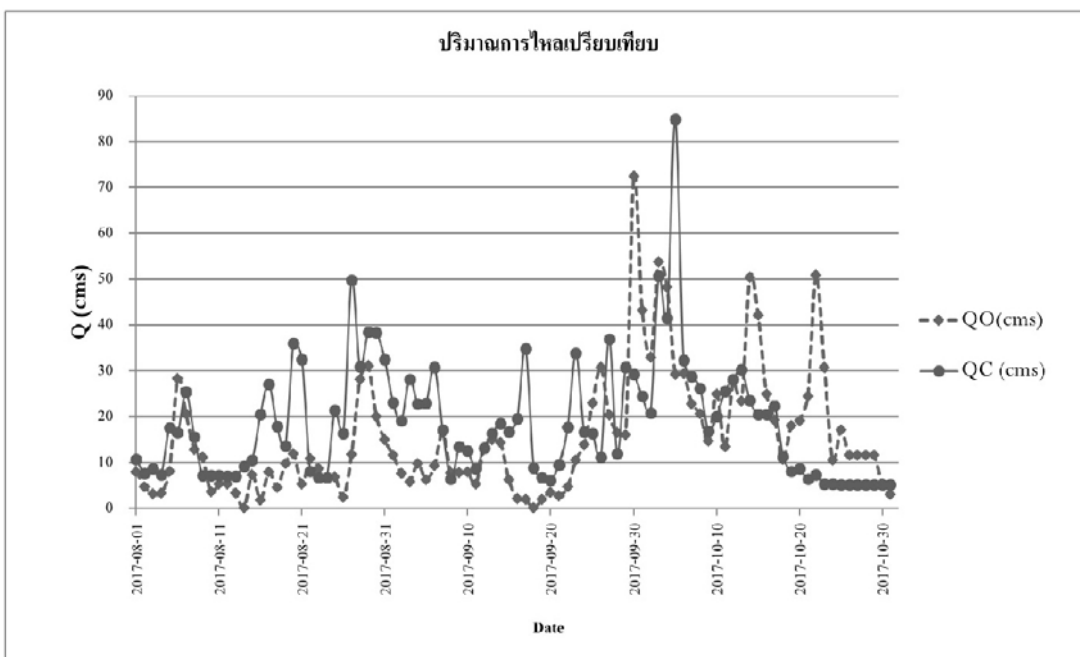


4.4 ผลการประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนพยากรณ์

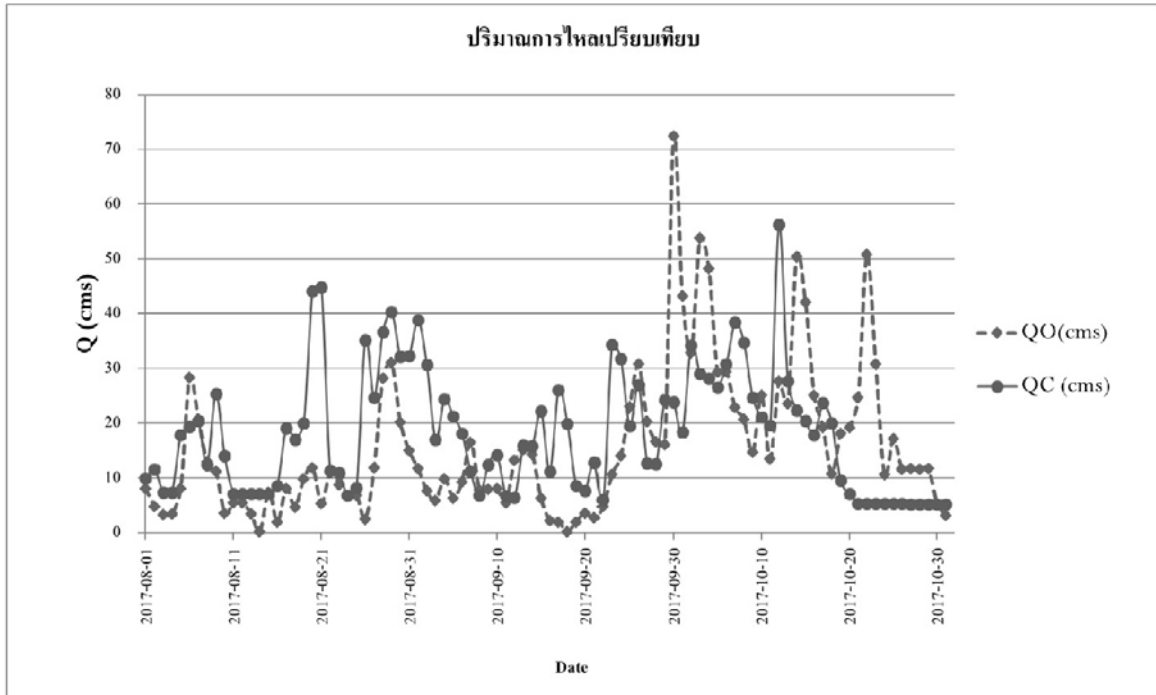
ในหัวข้อนี้ได้ทำการนำข้อมูลฝนพยากรณ์ 1-3 วัน มาใช้กับแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าที่จะไหลลงอ่างเก็บน้ำลำตะคอง โดยสรุปคือจากข้อมูลในช่วงเดือนสิงหาคม-เดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 น้ำท่าที่ได้จากการพยากรณ์ จะมีปริมาณมากกว่าปริมาณน้ำท่าตรวจวัด แสดงดังรูปที่ 12 13 และ 14



รูปที่ 12 ผลการประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนพยากรณ์ 1 วัน



รูปที่ 13 ผลการประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนพยากรณ์ 2 วัน



รูปที่ 14 ผลการประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนพยากรณ์ 3 วัน

ตารางที่ 1 แสดงค่าทางสถิติ 3 ดัชนี ได้แก่ ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ค่าดัชนีประสิทธิผล (EI) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เพื่อหาประสิทธิภาพความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง 5 แบบจำลองในการศึกษานี้ ได้แก่ การสอบเทียบและทวนสอบด้วยฝนสถานี และการพยากรณ์ 1 2 และ 3 วันล่วงหน้าด้วยฝนพยากรณ์ พบว่า การสอบเทียบและการทวนสอบแบบจำลอง สามารถให้ค่า r ออกมาที่ 0.82 และ 0.86 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์ที่ใช้มีความถูกต้อง อีกทั้งค่า EI ของการสอบเทียบและทวนสอบแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 66.27% และ 71.87% แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับปริมาณตรวจวัด และผลน้ำท่าพยากรณ์ 1-3 วัน จะได้ค่า EI และ RMSE ดีขึ้นตามช่วงของการพยากรณ์ แต่ค่า r จะต่ำลงตามช่วงของการพยากรณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าผลน้ำท่าพยากรณ์ 3 วันจะได้น้ำท่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่า แต่มีช่วงการไหลสูงสุดต่างจากความเป็นจริงทั้งเวลาและปริมาณการเกิด และผลการพยากรณ์น้ำท่า 1 วัน จะให้ค่าน้ำท่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงน้อยกว่า แต่จะมีช่วงการไหลสูงสุดใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่าทั้งในแง่ของเวลาและปริมาณการเกิด และยังพบว่าในช่วงปริมาณการไหลต่ำ ผลจากฝนพยากรณ์มักให้ค่าสูงเกินจริง



ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของการพยากรณ์

ประเภทฝน	ช่วงเวลา	RMSE (cms)	r	EI (%)	Peak error (%)
น้ำท่าจากฝนสถานี (สอบเทียบแบบจำลอง)	ส.ค.-ต.ค. 2560	11.97	0.82	66.27	74.56
น้ำท่าจากฝนสถานี (ทวนสอบแบบจำลอง)	ส.ค.-ต.ค. 2556	72.54	0.86	71.78	-16.98
น้ำท่าจากฝนพยากรณ์ 1 วัน	ส.ค.-ต.ค. 2560	15.51	0.77	43.31	29.60
น้ำท่าจากฝนพยากรณ์ 2 วัน	ส.ค.-ต.ค. 2560	15.01	0.77	46.93	23.31
น้ำท่าจากฝนพยากรณ์ 3 วัน	ส.ค.-ต.ค. 2560	14.95	0.75	47.34	45.52

5 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่จากข้อมูลฝนสถานีและฝนพยากรณ์ พบว่า ความแม่นยำในการทำนายฝนไม่ตกอยู่ที่ 94% ความแม่นยำของการทำนายฝนตกอยู่ที่ 60% โดยในภาพรวมฝนพยากรณ์จะให้ค่ามากกว่าฝนสถานี และ ส่วนที่ 2 คือ การนำฝนสถานีมาหาค่า (ปริมาณการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำลำตะคอง) จากแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า โดยทำการสอบเทียบและทวนสอบ แล้วนำแบบจำลองมาใช้กับฝนพยากรณ์ 1, 2 และ 3 วัน เพื่อหาน้ำท่าพยากรณ์พบว่า แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าจากฝนสถานีให้ผลลัพธ์ที่ไม่ได้ดีมากนัก ซึ่งส่งผลให้ผลพยากรณ์น้ำท่าจากฝนพยากรณ์ก็ไม่ได้ดีเหมือนกัน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากฝนสถานีและฝนพยากรณ์ ด้วยดัชนีทางสถิติ RMSE, R และ EI พบว่า มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน และค่า Peak Error จากฝนพยากรณ์ 1 วัน และ 2 วัน ก็มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ผลจากฝนพยากรณ์ 3 วัน กลับมีค่า Peak Error สูง แต่อย่างไรก็ตามฝนพยากรณ์สามารถจำลองเหตุการณ์การไหลสูงสุดได้ดีพอสมควรทั้งในแง่ของเวลาและปริมาณ ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือการพยากรณ์เพื่อเตือนภัยเหตุการณ์ปริมาณน้ำไหลสูงวิกฤตเพื่อสามารถบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำให้สามารถผ่านช่วงเวลาวิกฤตไปได้ ดังนั้นผลจากแบบจำลองน่าจะเป็นประโยชน์ในการจัดการเตือนภัยดังกล่าวในอนาคต หากมีการปรับแก้ค่าพยากรณ์ก่อนนำมาประยุกต์ใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- (1) ทิพย์วรรณ ทอดแสน. 2557. การวิเคราะห์ความแม่นยำในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนระยะสั้นประเทศไทยจากแบบจำลองสภาพอากาศWRF. สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร(องค์การมหาชน). กรุงเทพมหานคร
- (2) นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2556. อุทกวิทยาชั้นสูงAdvance Hydrology.ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- (3) กานดา คูประเสริฐ และนุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2546. การศึกษาพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำน่าน.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- (4) กิตติยา เกียรตินรากร. 2551. การประเมินปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำสาขาที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า ในลุ่มน้ำปิงตอนบน.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- (5) วีรวัฒน์ สุวรรณเลิศเจริญ. 2554. การประยุกต์แบบจำลอง SWAT ในการประเมินปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยจากพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก : กรณีศึกษา ลุ่มน้ำย่อยแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- (6) ศิริกัญญา แสงสว่าง. 2547. การเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและแบบจำลองอุทกวิทยาในการประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำปิง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- (7) Done, J. M., Leung, L. R., Davis, C. A., & Kuo, B. (2005, June). Simulation of warm season rainfall using WRF regional climate model. In Proc. Sixth WRF/15th MM5 User's Workshop.



การเปรียบเทียบต้นทุนพลังงานในการผลิตและจ่ายน้ำประปาพื้นที่การประปา

ส่วนภูมิภาคเขต 1

Energy Cost Comparison in Water Treatment and Distribution of Provincial
Waterworks Authority Region I

สุขุมปิติวัฒน์¹, อติชัยพรพรหมินต์¹, สุรัชย์ ลิปิวัฒนาการ¹

¹มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

(อีเมล:kaijew31@gmail.com)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์และเปรียบเทียบต้นทุนพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตและระบบจ่ายน้ำประปา ของการประปาสวนภูมิภาคเขต 1 โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตน้ำต่อหน่วยน้ำผลิต และอัตราส่วนหน่วยไฟฟ้าจ่ายต่อหน่วยน้ำผลิตระหว่างปี พ.ศ. 2558-2560 ของสถานีผลิตและจ่ายน้ำประปาจำนวน 21 สถานี ผลการวิจัยพบว่า ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำผลิตของสถานีต่างๆ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 สถานีผลิตน้ำที่มีอัตราการผลิตน้ำประปาดำกว่า 100,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และกลุ่มที่ 2 สถานีที่มีอัตราการผลิตน้ำประปาสูงกว่า 100,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน โดยที่กลุ่มที่ 1 มีต้นทุนพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตต่อปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 0.436 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนกลุ่มที่ 2 ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตและจ่ายน้ำมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.221 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตรซึ่งต่ำกว่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าสถานีผลิตน้ำขนาดใหญ่มีประสิทธิภาพในเชิงพลังงานสูงกว่าสถานีผลิตน้ำขนาดเล็ก ส่วนต้นทุนพลังงานไฟฟ้าสำหรับการสูบจ่ายต่อหน่วยน้ำผลิตต่อความสูงหอดัง มีค่าไม่แตกต่างกันใน 2 กลุ่ม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0093 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตรต่อเมตร

คำสำคัญ: การประเมินต้นทุนพลังงาน, สถานีผลิตน้ำขนาดเล็ก, การประปาสวนภูมิภาค

Abstract

This study aims to estimate and compare an energy cost that was used for the Provincial Waterworks Authority Region 1 by focusing on the water treatment and the distribution processes. To assess the energy cost, we investigated electrical energy used from 13 water treatment and pumping systems during 2015-2018. The treatment energy cost is the ratio of electricity units used by water utility per volume of produced water while the distribution energy cost is the ratio of electricity units used for pumping water to head tanks per volume of produced water. The results showed that the treatment energy cost could be divided into two groups. The first group is the plants which have the production capacity less than 100,000 m³/month. The second group is the plants which have the production capacity more than 100,000 m³/month. The average treatment energy cost of the first group was 0.436 kW-h/m³, while the second group used only 0.305 kW-h/m³ which is around 50% of the first group. This can be implied that the larger water treatment plants have higher performance in terms of energy. The distribution energy costs for both groups were close to each other with the average value 0.0093 kW-h/m³/m.

Keyword : Energy cost estimation, Small water treatment plant, Provincial Waterworks Authority

บทนำ

ปัจจุบันจังหวัดทางฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้เกิดการขยายตัวของชุมชน รวมถึงการเติบโตของภาคอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงใต้เป็นไปในลักษณะก้าวกระโดด ทำให้สาธารณูปโภครวมถึงสิ่งต่างๆ ที่จำเป็นกับการรองรับการเติบโตดังกล่าวต้องขยายตัวตามไปด้วย รวมถึงน้ำประปา ซึ่งเป็นสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานที่มีความสำคัญในภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีการปรับตัวเพื่อรองรับกับสถานการณ์ดังกล่าว โดยเฉพาะการหาแนวทางในการเพิ่มปริมาณน้ำดิบเพื่อนำมาผลิตน้ำประปา ซึ่งจังหวัดฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้เป็นแหล่งลงทุนทางด้านการค้า และการลงทุนการผลิต ประกอบกับจังหวัดทางฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้มีความพร้อมและความเหมาะสมในทุกๆด้านทั้งในเรื่องการเพิ่มกำลังผลิตของโรงงานและทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของน้ำดิบที่ต้องใช้เป็นจำนวนมาก เนื่องจากที่ผ่านการประกาศส่วนภูมิภาค เขต 1 ซึ่งรับผิดชอบเรื่องการผลิตและจ่ายน้ำประปาในพื้นที่จังหวัดทางฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้แก่จังหวัด ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว จันทบุรี ตราด และระยอง (การประกาศส่วนภูมิภาคพ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2560) ยังไม่มีการวิเคราะห์ต้นทุนพลังงานที่ใช้ในการผลิตน้ำและจ่ายน้ำประปาแยกเป็นรายละเอียดโดยปัจจุบัน



การประปาส่วนภูมิภาค เขต 1 มีข้อมูลของการผลิตน้ำและจ่ายน้ำประปาในเชิงตัวเลขแบบภาพรวมที่เป็นรายปี และข้อมูลที่มีไม่ได้แยกประเภทของสถานีผลิตน้ำและสถานีสูบน้ำดิบในเรื่องของพลังงาน จึงทำให้เกิดปัญหาที่ไม่สามารถวิเคราะห์ตัวเลขในเชิงต้นทุนพลังงานในการผลิตน้ำและจ่ายน้ำประปา (สมบูรณ์ ลูวิระ, 2530) ในแต่ละสถานีได้ ส่งผลให้ในการผลิตน้ำและจ่ายน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคเขต 1 เกิดรายจ่ายที่ไม่จำเป็น และทำให้รัฐต้องสูญเสียงบประมาณในเรื่องของการผลิตและจ่ายน้ำประปาเป็นจำนวนมาก

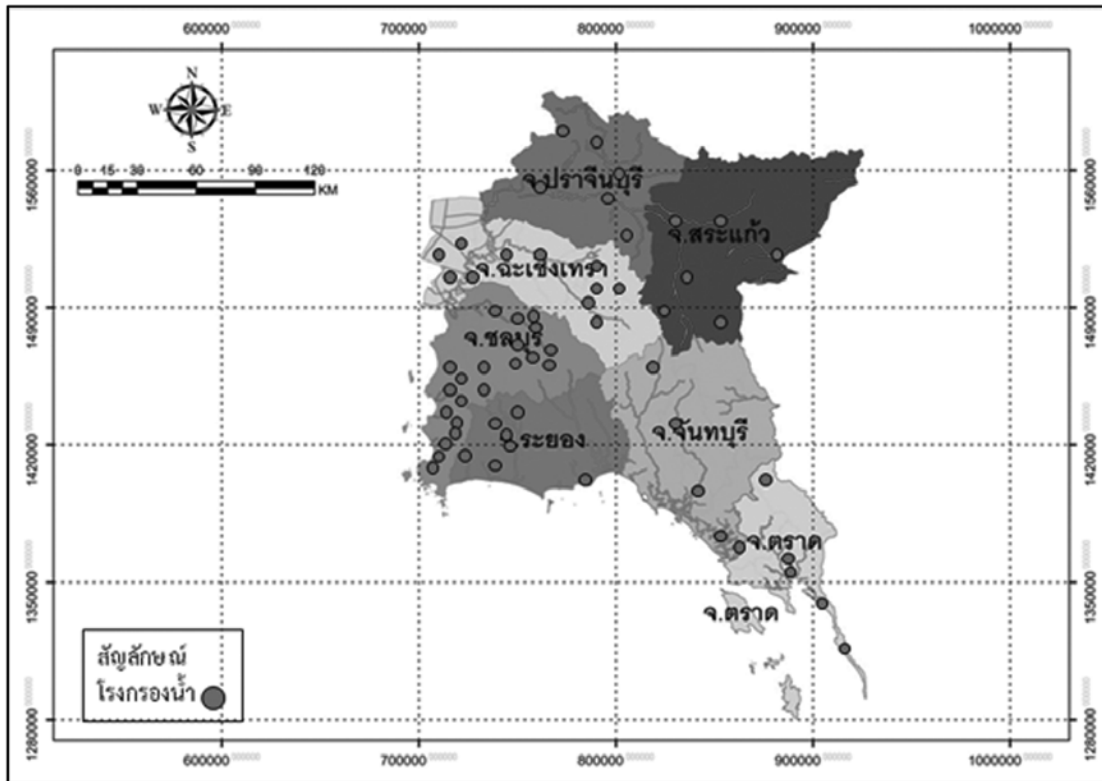
จากปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องศึกษาการแยกรายละเอียดการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตน้ำและการจ่ายน้ำในการประปาส่วนภูมิภาคเขต 1 ในเชิงของการเปรียบเทียบต้นทุนต่อหน่วยน้ำผลิตและน้ำจำหน่ายในระบบประปา (อัญญรัช เครือใจวัง, 2549) เนื่องจากต้นทุนเป็นสิ่งสำคัญในการผลิตและจ่ายประปาจากเดิมที่การประปาส่วนภูมิภาคมีข้อมูลแต่ภาพรวม ไม่ได้มีการแยกแยะรายละเอียดในการวิเคราะห์ต้นทุนพลังงาน ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการประเมินต้นทุนพลังงานในการผลิตประปา และจ่ายน้ำประปา เพื่อแสดงถึงการดำเนินงานด้านระบบจำหน่าย ในด้านการจัดการที่มีประสิทธิภาพ อันจะทำให้การประปาส่วนภูมิภาคเขต 1 ลดรายจ่ายต้นทุนพลังงานในการผลิตน้ำและจ่ายน้ำประปาได้

วัตถุประสงค์

1. วิเคราะห์ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้ำและการจ่ายน้ำในการประปาส่วนภูมิภาค เขต 1
2. ประเมินและเปรียบเทียบต้นทุนพลังงานต่อหน่วยน้ำผลิตและน้ำจำหน่ายในระบบประปา

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่ในภาคตะวันออก มีพื้นที่ให้บริการครอบคลุม 7 จังหวัดมีจำนวนประชากรรวม 4,795,912 คน มีจำนวนครัวเรือน 2,543,965 ครัวเรือน มีผู้ใช้น้ำรวม 805,424 ราย คิดเป็นสัดส่วนให้บริการประมาณ 31% ของพื้นที่ ทั้งนี้พื้นที่ส่วนใหญ่รับน้ำมาผลิตจากอ่างเก็บน้ำ และสูบน้ำด้วยระบบท่อส่งสูงเพื่อให้บริการประชาชนมีจำนวนสาขาทั้งหมด 22 สาขา และมีโรงกรองน้ำทั้งหมด 63 แห่ง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 สถานีผลิตและจ่ายน้ำประปาพื้นที่การประปาส่วนภูมิภาคเขต 1

วิธีการศึกษา

สำหรับวิธีการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

1) การคัดเลือกสถานีผลิตน้ำและจ่ายน้ำประปาในพื้นที่การประปาส่วนภูมิภาคเขต 1 มีทั้งหมด 22 สาขา แต่ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาเพียง 5 สาขา เนื่องจากข้อมูลสาขาอื่น ๆ ไม่เพียงพอ และไม่สามารถแยกต้นทุนพลังงานการผลิตและจ่ายในพื้นที่สาขานั้นๆได้และทำการแบ่งสถานีที่นำมาวิเคราะห์เป็น 2 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยแบ่งเป็น

- กลุ่มที่ 1 สถานีผลิตน้ำประปา
- กลุ่มที่ 2 สถานีจ่ายน้ำประปา

2) ข้อมูลนำมาวิเคราะห์ประกอบด้วย

- ปริมาณน้ำผลิตประปารายเดือนที่สถานีผลิตน้ำประปาในพื้นที่การศึกษา(พ.ศ.2558- พ.ศ.2560)
- ปริมาณน้ำจ่ายประปารายเดือนที่สถานีจ่ายน้ำประปาในพื้นที่การศึกษา(พ.ศ.2558- พ.ศ.2560)
- หน่วยการผลิตน้ำและจ่ายน้ำประปา(พ.ศ.2558- พ.ศ.2560)
- ความสูงของหอถังสูงในพื้นที่สถานีจ่ายน้ำประปาในพื้นที่การศึกษา



ตารางที่ 1 การคัดเลือกสถานีผลิตน้ำประปาและจ่ายน้ำประปา

กปภ.สาขา	จังหวัด	สถานี	กลุ่มที่ 1 สถานีผลิต น้ำประปา	กลุ่มที่ 2 สถานีจ่าย น้ำประปา	ปริมาณน้ำ ผลิตเฉลี่ย (ลบ.ม/เดือน)	ปริมาณน้ำสูบ จ่ายเฉลี่ย (ลบ.ม/เดือน)
บ้านฉาง	ระยอง	สถานีผลิตน้ำเขาหิน	√	√	50,376	45,339
บ้านฉาง	ระยอง	สถานีผลิตน้ำมาบข่า	√	√	481,014	462,376
บ้านฉาง	ระยอง	สถานีผลิตน้ำบ้านฉาง	√	√	810,277	782,744
บ้านฉาง	ระยอง	สถานีจ่ายน้ำเขาภูธร	-	√	-	77,168
ประแสร์	ระยอง	สถานีผลิตน้ำเขาระโอก	√	-	136,023	-
ตราด	ตราด	สถานีผลิตน้ำปลายคลอง 1	√	√	220,463	217,952
ตราด	ตราด	สถานีจ่ายน้ำท่าพริก	-	√	-	17,967
ตราด	ตราด	สถานีผลิตน้ำบางอิน	√	-	80,636	-
กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	สถานีผลิตน้ำนางเลง	√	√	292,370	287,667
สระแก้ว	สระแก้ว	สถานีผลิตน้ำวังน้ำเย็น	√	√	24,624	19,699
สระแก้ว	สระแก้ว	สถานีผลิตน้ำวังสำลี	√	√	49,249	32,955
สระแก้ว	สระแก้ว	สถานีผลิตน้ำสระแก้วสระขวัญ	√	√	246,241	186,200
สระแก้ว	สระแก้ว	สถานีจ่ายน้ำเขาฉกรรจ์	-	√	-	52,729

3. การคำนวณต้นทุนพลังงาน

ต้นทุนพลังงานแบ่งเป็นต้นทุนพลังงานในการผลิตและต้นทุนพลังงานในการสูบน้ำ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$C_p = \frac{E_p}{Q_p} \quad (1)$$

เมื่อ C_p คือต้นทุนพลังงานในการผลิต (kW-h/m³)

E_p คือพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต (kW-h/month)

Q_p คือปริมาณน้ำผลิต (m³/month)

และ

$$C_d = \frac{E_d}{Q_d} \quad (2)$$

เมื่อ C_d คือต้นทุนพลังงานในการสูบน้ำ (kW-h/m³)

E_d คือพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการสูบน้ำ (kW-h/month)

Q_d คือปริมาณน้ำจ่าย (m³/month)

เนื่องจากการประปาส่วนภูมิภาคอาศัยหอดังสูงในการส่งน้ำ ซึ่งในแต่ละสถานีอาจมีค่าหอดังสูงไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงได้ปรับแก้สมการที่ (2) โดยวิเคราะห์ต่อความสูงหอดังเพื่อให้เป็นค่ามาตรฐานเดียวกัน ดังนี้

$$C_{dh} = \left(\frac{E_d}{Q_d}\right)/H_d \quad (3)$$

เมื่อ C_{dh} คือต้นทุนพลังงานในการส่งจ่ายน้ำต่อความสูงหอดัง (kW-h/m³)/m

E_d คือพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการสูบจ่าย (kW-h/month)

Q_d คือปริมาณน้ำจ่าย (m³/month)

H_d คือความสูงหอดัง (m)

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนพลังงานการผลิตน้ำประปาจากสถานีผลิตน้ำประปาจำนวน 10 สถานี แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งมีค่ากำลังผลิตน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 24,624 - 810,277 ลูกบาศก์เมตร/เดือน และมีต้นทุนพลังงานในการผลิตน้ำประปาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.150 - 0.529 kWh/m³ โดยมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 0.181 - 1.195 kWh/m³ และค่าต่ำสุดอยู่ในช่วง 0.00 - 0.313 kWh/m³ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) อยู่ระหว่าง 0.023 - 0.251 เมื่อนำค่าที่ได้ไปพล็อตหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยและต้นทุนพลังงานการผลิตน้ำประปา ดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดในรูปสมการยกกำลัง (Power equation) โดยมีค่า r^2 เท่ากับ 0.794 และมีรูปสมการเป็น

$$C_p = 12.518Q_p^{-0.318}$$

นอกจากนี้ยังพบว่าต้นทุนพลังงานการผลิตแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน คือกลุ่มที่มีกำลังการผลิตต่ำกว่า 100,000 ลบ.ม./เดือน จะมีค่าต้นทุนพลังงานการผลิตน้ำประปาเฉลี่ยที่ 0.436 kWh/m³ และที่อัตราการผลิตสูงกว่า 100,000 ลบ.ม./เดือนจะมีค่าต้นทุนพลังงานการผลิตน้ำประปาเฉลี่ยที่ 0.221 kWh/m³ ซึ่งต่ำกว่าประมาณ 1 เท่าหากนำมาเทียบกับค่าในรายงาน UN world water development report (UN, 2014) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-1.5 kWh/m³ พบว่ามีค่าจากงานวิจัยนี้อยู่ในช่วงค่าเดียวกัน โดยนับได้ว่ามีค่าอยู่ในช่วงต่ำ



ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนพลังงานการผลิตน้ำประปา

สถานี	จังหวัด	ปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ย (ลบ.ม./เดือน)	ต้นทุนพลังงานการผลิตน้ำประปา(kWh/m ³)			
			ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.
สถานีผลิตน้ำเขาดิน	ระยอง	50,376	0.413	0.205	0.339	0.056
สถานีผลิตน้ำมาบข่า	ระยอง	481,014	0.181	0.097	0.150	0.026
สถานีผลิตน้ำบ้านฉาง	ระยอง	810,277	0.260	0.103	0.202	0.042
สถานีผลิตน้ำเขาระลอก	ระยอง	136,023	0.290	0.188	0.230	0.023
สถานีผลิตน้ำปลายคลอง 1	ตราด	220,463	0.298	0.193	0.244	0.024
สถานีผลิตน้ำบางอิน	ตราด	80,636	0.665	0.313	0.457	0.074
สถานีผลิตน้ำนางเลง	ปราจีนบุรี	292,370	0.268	0.196	0.225	0.017
สถานีผลิตน้ำวังน้ำเย็น	สระแก้ว	24,624	1.195	0.258	0.529	0.251
สถานีผลิตน้ำวังสำลี	สระแก้ว	49,249	0.605	0.085	0.417	0.169
สถานีผลิตน้ำสระแก้วสระขวัญ	สระแก้ว	246,241	0.354	0.181	0.273	0.032

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนพลังงานการสูบน้ำประปาจากสถานีจ่ายน้ำประปาจำนวน 11 สถานี แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งมีค่าการสูบน้ำประปานั้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 17,967 - 782,744 ลูกบาศก์เมตร/เดือน และมีต้นทุนพลังงานการสูบน้ำประปาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0014 - 0.0198 kWh/m³/m โดยมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 0.002 - 0.029 kWh/m³ และค่าต่ำสุดอยู่ในช่วง 0.0004 - 0.01 kWh/m³ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) อยู่ระหว่าง 0.0001 - 0.007 เมื่อนำค่าที่ได้ไปพล็อตหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำสูบน้ำเฉลี่ยและต้นทุนพลังงานการสูบน้ำประปา ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดในรูปสมการลอการิทึม (Logarithm equation) โดยมีค่า r² เท่ากับ 0.1477 และมีรูปสมการเป็น

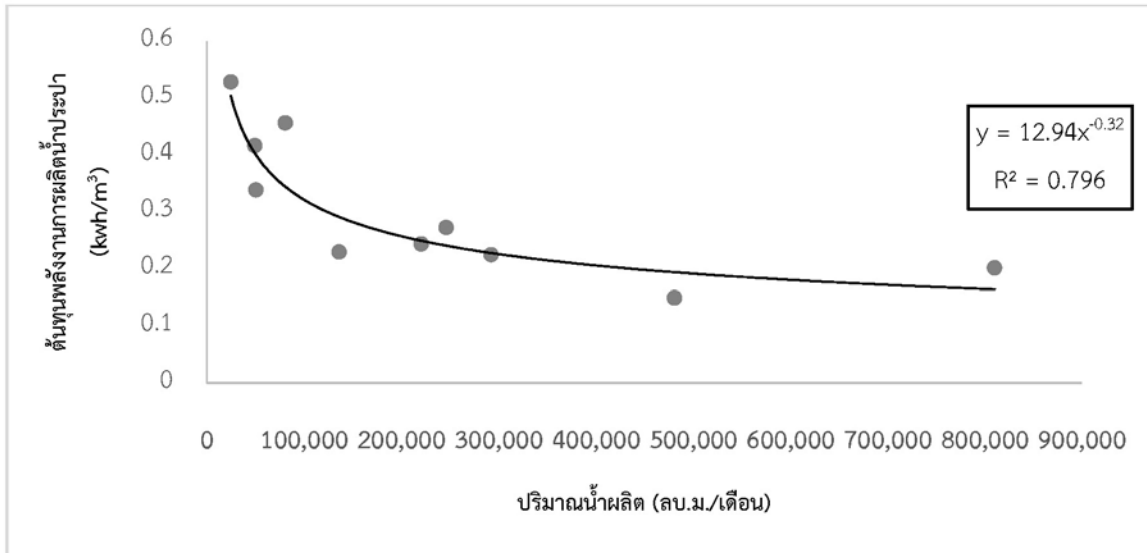
$$C_{dh} = -0.002 \ln(Q_d) + 0.0268$$

จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r²) ที่มีค่าเพียง 0.1477 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนพลังงานในการสูบน้ำกับปริมาณน้ำสูบน้ำอาจไม่มีความสัมพันธ์กันมากนัก นอกจากนี้ยังพบว่าต้นทุนพลังงานการสูบน้ำแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคร่าวๆ ได้ คือกลุ่มที่มีอัตราการสูบน้ำต่ำกว่า 100,000 ลบ.ม./เดือน และที่อัตราการสูบน้ำสูงกว่า 100,000 ลบ.ม./เดือน โดยกลุ่มที่มีอัตราการสูบน้ำต่ำกว่า 100,000 ลบ.ม./เดือน จะมีค่าแกว่งตัวมาก ในขณะที่กลุ่มที่มีอัตราการสูบน้ำสูงกว่า 100,000 ลบ.ม./เดือน จะมีค่าค่อนข้างคงที่ อย่างไรก็ตาม ค่าทั้งสองกลุ่มมีความใกล้เคียงกันโดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 0.0093 kWh/m³/m หากจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าในรายงาน UN world water development report (UN, 2014) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง

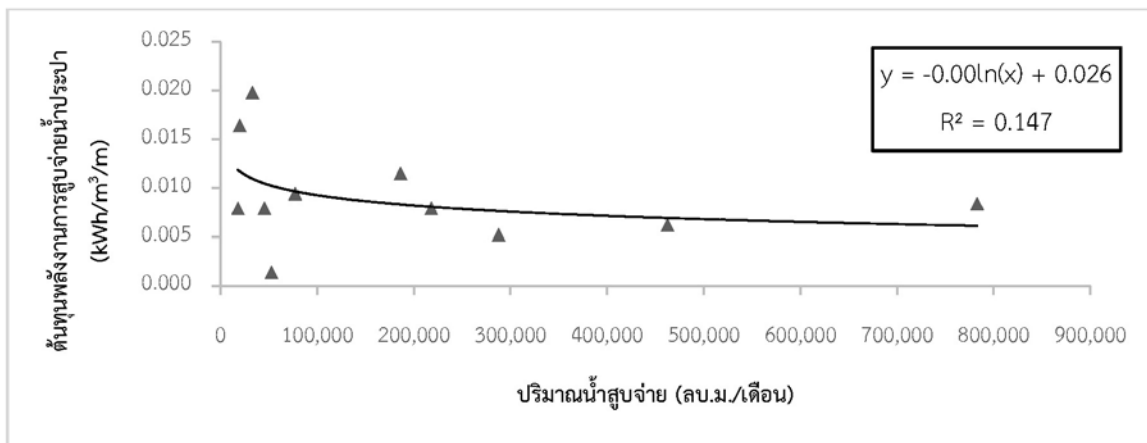
0.05-0.24 kWh/m³ จะต้องปรับค่าโดยคุณความสูงหอดังเสียก่อน ซึ่งจะทำให้ได้ค่าต้นทุนพลังงานการสูบน้ำอยู่ระหว่าง 0.04-0.50 kWh/m³ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.23 kWh/m³ แสดงให้เห็นว่าค่าต้นทุนพลังงานในการสูบน้ำในบางสถานมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับค่าในรายงานของ UN แต่ค่าเฉลี่ยในภาพรวมยังอยู่ในช่วงค่าปกติ

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการสูบน้ำประปา

สถานี	จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบน้ำเฉลี่ย (ลบ.ม/เดือน)	ความสูงหอดัง (ม)	ต้นทุนพลังงานการสูบน้ำประปา (kWh/m ³ /m)			
				ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.
สถานีผลิตน้ำ เขาดิน	ระยอง	45,339	25	0.015	0.0004	0.0079	0.005
สถานีผลิตน้ำ มาบข่า	ระยอง	462,376	20	0.007	0.004	0.0062	0.001
สถานีผลิตน้ำ บ้านฉาง	ระยอง	782,744	20	0.011	0.004	0.0084	0.002
สถานีจ่ายน้ำ เขาภูธร	ระยอง	77,168	25	0.011	0.007	0.0094	0.001
สถานีผลิตน้ำ ปลายคลอง 1	ตราด	217,952	25	0.010	0.006	0.0079	0.001
สถานีจ่ายน้ำ ท่าพริก	ตราด	17,967	25	0.014	0.004	0.0079	0.003
สถานีผลิตน้ำ นางเลง	ปราจีนบุรี	287,667	35	0.006	0.005	0.0052	0.0004
สถานีผลิตน้ำ วังน้ำเย็น	สระแก้ว	19,699	25	0.022	0.010	0.0164	0.003
สถานีผลิตน้ำ วังสำลี	สระแก้ว	32,955	25	0.029	0.004	0.0198	0.007
สถานีผลิตน้ำ สระแก้วสระขวัญ	สระแก้ว	186,200	25	0.015	0.009	0.0115	0.001
สถานีจ่ายน้ำ เขาฉกรรจ์	สระแก้ว	52,729	25	0.002	0.001	0.0014	0.0001



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนพลังงานการผลิตน้ำประปาและปริมาณน้ำผลิต



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนพลังงานการสูบน้ำจ่ายน้ำประปาและปริมาณน้ำสูบน้ำจ่าย

สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ของต้นทุนพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตและจ่ายน้ำประปา ของการประปาส่วนภูมิภาคเขต 1 โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตน้ำต่อหน่วยน้ำผลิต และอัตราส่วนหน่วยไฟฟ้าจ่ายต่อปริมาณน้ำสูบน้ำจ่าย ระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2560 ของสถานีผลิตและจ่ายน้ำประปาจำนวน 21 สถานี

ผลการวิจัยพบว่า ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำผลิตมีความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิต และต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำผลิตของสถานีต่างๆ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 สถานีผลิตน้ำที่มีอัตราการผลิตน้ำประปาดำกว่า 100,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และกลุ่มที่ 2 สถานีที่มีอัตราการผลิตน้ำประปาสูงกว่า 100,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน โดยที่กลุ่มที่ 1 มีต้นทุนพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตต่อปริมาณน้ำผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 0.436 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนกลุ่มที่ 2 มีต้นทุนพลังงาน

ไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตน้ำมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.221 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตรซึ่งต่ำกว่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าสถานีผลิตน้ำขนาดใหญ่มีประสิทธิภาพในเชิงพลังงานสูงกว่าสถานีผลิตน้ำขนาดเล็ก ส่วนต้นทุนพลังงานไฟฟ้าสำหรับการสูบน้ำจ่ายต่อหน่วยน้ำสูบน้ำจ่ายต่อความสูงหอดังไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสูบน้ำ และมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักใน 2 กลุ่ม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0093 กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตรต่อเมตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการประสานงานภาค ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการดำเนินการวิจัย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

การประสานงานภาค. รายงานประจำปี 2558. กรุงเทพมหานคร: [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.pwa.co.th> [2558, เมษายน 15]

สมบูรณ์ ลูวีระ. 2530 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ .พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

อัญญรัช เครือใจวัง 2549: การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของเอกชนในการลงทุนผลิตน้ำประปาในระบบประปาสัมปทาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

UN. 2014. The United Nation World Water Development Report 2014. Water and Energy Volume 1.



การบริหารจัดการ ปตร.ปากลำห้วยสำราญ ในการป้องกันน้ำท่วม

อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ

HuaiSamran Gate Operating Management

For Flood Protection in AmphoeMuangSisaket Province

นายกิตติศักดิ์ แสงพล

Mr. Kittisak Sawaengphol

วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

e-mail : kitt_52@hotmail.com

บทคัดย่อ

จังหวัดศรีสะเกษ ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำมูลตอนล่าง มีสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลอนลาด ซึ่งประสบปัญหาทั้งน้ำท่วมในฤดูน้ำหลากและการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสำราญ ซึ่งเป็นพื้นที่วิกฤตและมีผลกระทบต่อชุมชนเมือง บริเวณอำเภอเมืองจังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีการบรรจบกันระหว่างลำห้วยสำราญและแม่น้ำมูล มีชุมชนขนาดใหญ่และเป็นพื้นที่ราบสำหรับการทำการเกษตรที่สำคัญ เมื่อได้รับน้ำหลากจากอิทธิพลของทั้งสองลุ่มน้ำ จึงมีความเสี่ยงที่จะเกิดวิกฤตน้ำท่วมเป็นประจำทุกปี สภาพปัญหาที่ทำให้เกิดน้ำท่วม ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การเอ่อท่วม เนื่องจากน้ำในแม่น้ำมูลไหลเอ่อ (Back Water) และการท่วมจากการล้นตลิ่งของลำห้วยสำราญ ที่ไหลผ่านตอนกลางของเขตอำเภอเมือง ก่อนที่จะไหลบรรจบแม่น้ำมูล ประกอบกับลำห้วยสำราญ มีความคดเคี้ยวค่อนข้างสูง จึงทำให้การไหลของน้ำค่อนข้างช้าและเมื่อระดับน้ำ-ปริมาณน้ำ ในแม่น้ำมูลมีมาก จะส่งผลกระทบต่อ ปริมาณน้ำในลำห้วยสำราญยกระดับสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อเกิดน้ำท่วมเป็นบริเวณกว้าง จากสภาพเหตุการณ์ที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีความจำเป็นในการศึกษาสภาพน้ำท่วมในบริเวณลุ่มน้ำห้วยสำราญ โดยในการศึกษาผู้วิจัยได้เลือกประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE-11 เพื่อศึกษาสภาพน้ำท่วมและคุณลักษณะทางกายภาพของลำน้ำมูลและลำห้วยสำราญ ที่มีผลต่อพื้นที่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ และจำลองสภาพการไหลของน้ำหลาก ในรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ เพื่อทำการศึกษหาแนวทางที่เหมาะสม ในการป้องกันภัยจากน้ำท่วมในพื้นที่ดังกล่าวและใช้แบบจำลอง MIKE 11 เพื่อศึกษาผลการก่อสร้างประตูระบายน้ำปากห้วยสำราญ (ระยะที่ 1) ที่มีผลต่อการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม โดยศึกษาระดับน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นของห้วยสำราญ ทั้งในกรณีที่ไม่มีประตูระบายน้ำ และมีประตูระบายน้ำ และหาแนวทางการบริหารจัดการประตูระบายน้ำปากห้วยสำราญ เพื่อป้องกันน้ำท่วมในเขตพื้นที่ชุมชน อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ

คำสำคัญ: จังหวัดศรีสะเกษ, การบริหารจัดการน้ำ, ปตร.ปากลำห้วยสำราญ

1. บทนำ

สภาพปัญหาที่ทำให้เกิดน้ำท่วมของแม่น้ำมูล ในจังหวัดศรีสะเกษ ณ สถานีวัดน้ำในแม่น้ำมูล M5 อำเภอราษีไศล มีพื้นที่รับน้ำฝน 44,275 ตร.กม. ความจุของแม่น้ำมูลสามารถรองรับน้ำให้ไหลผ่านได้ 886 ม³/วินาที ซึ่งส่งผลกระทบต่อให้เกิดน้ำท่วม แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือประการแรก เป็นการเอ่อท่วมหนูนเนื่องจากน้ำในแม่น้ำมูลที่ไหลเอ่อ (Back Water) จากจังหวัดอุบลราชธานี ขึ้นมาภายหลังจากที่แม่น้ำชีได้ไหลลงบรรจบแล้ว ความเร็วในการไหลของน้ำค่อนข้างช้า จึงได้เอ่อเข้าท่วมในลำน้ำสาขาและที่ราบริมตลิ่ง (Flood Plain) พื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ ได้แก่ อำเภอกันทรารมย์ อำเภอเมืองอำเภอราษีไศล อำเภอห้วยทับทัน และอำเภอยางชุมน้อย ส่วนประการที่สองเป็นการท่วมมาจากปริมาณน้ำในแม่น้ำมูล ในตอนบนที่ไหลบ่าลงมาเข้าสู่จังหวัดศรีสะเกษ ในลักษณะของการล้นตลิ่งลำน้ำห้วยสำราญ ความจุลำน้ำที่สามารถที่จะรองรับน้ำให้ไหลผ่านได้ 116.50 ม³/วินาที หากเกินกว่านี้ก็จะก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมและลักษณะภูมิประเทศบริเวณอำเภอเมืองลำห้วยสำราญในช่วงนี้เป็นช่วงปลายน้ำก่อนจะไหลลงแม่น้ำมูลมีความคดเคี้ยวค่อนข้างสูง จึงทำให้การไหลของน้ำค่อนข้างช้าและเมื่อในแม่น้ำมูลมีระดับปริมาณน้ำค่อนข้างมาก จะส่งผลกระทบต่อให้น้ำในลำห้วยสำราญเอ่อล้นและยกระดับสูงขึ้น เกิดน้ำท่วมเป็นบริเวณกว้าง

จากสภาพเหตุการณ์ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยต่างๆ รายงานศึกษา และข้อมูลทางกายภาพของกลุ่มน้ำ ที่สามารถในการศึกษาสภาพน้ำท่วมระดับน้ำท่วมในกลุ่มน้ำห้วยสำราญ โดยในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้เลือกประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 เนื่องจากมีข้อมูลการศึกษา และสามารถใช้งานได้เพื่อศึกษาสภาพน้ำท่วมและจำลองสภาพการไหลของน้ำหลาก สภาพน้ำท่วมในพื้นที่และทำการศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการป้องกันภัยจากน้ำท่วมในพื้นที่กลุ่มน้ำห้วยสำราญ บริเวณอำเภอเมืองจังหวัดศรีสะเกษ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาพน้ำท่วมและลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำมูลและกลุ่มน้ำห้วยสำราญ บริเวณปากลำห้วยสำราญในเขตอำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ
2. เพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำหลากและสภาพน้ำท่วมของกลุ่มน้ำมูล และกลุ่มน้ำห้วยสำราญ บริเวณปากแม่น้ำในเขตอำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบจำลอง MIKE 11
3. เพื่อศึกษาแนวทางในการป้องกันภัยและบรรเทาภัยจากน้ำท่วม ที่มีความเหมาะสมสำหรับพื้นที่กลุ่มน้ำมูล และกลุ่มน้ำห้วยสำราญ บริเวณปากแม่น้ำและในเขตอำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ

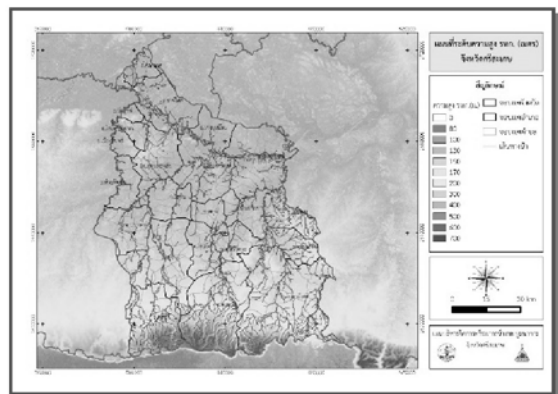


ขอบเขตการศึกษา

1. เก็บรวบรวมข้อมูลและทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลด้านอุตุนิยมิวิทยา อุทกวิทยา ชลศาสตร์การไหลของน้ำในแม่น้ำและพื้นที่ราบลุ่ม ระดับน้ำท่วม ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ รูปตัดขวาง ข้อมูลอาคารชลศาสตร์ รวมถึงข้อมูลระบบป้องกันน้ำท่วมของพื้นที่ศึกษา
2. วิเคราะห์ข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาของน้ำท่วมที่เกิดในอดีต รวมถึงการวิเคราะห์ขอบเขตเงื่อนไขที่จำเป็น สำหรับการใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
3. พัฒนาแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า โดยทำการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองด้วยผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองซึ่งคำนวณมาจากข้อมูลน้ำฝนในพื้นที่ไปเปรียบเทียบ กับข้อมูลปริมาณท่าที่มีการตรวจวัดไว้ เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา
4. พัฒนาแบบจำลองชลศาสตร์ เพื่อจำลองพฤติกรรมสภาพการไหลตามลำน้ำ ทำการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองโดยการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่า ที่มีข้อมูลปริมาณน้ำท่า ที่มีความต่อเนื่องและยาวนานเพียงพอ มาทำการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลอง จนกระทั่งค่าระดับน้ำและอัตราการไหล ที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองชลศาสตร์มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดแล้วจึงดำเนินการนำแบบจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาต่อไป
5. ศึกษาแนวทางที่เหมาะสม ในการป้องกันภัยจากน้ำท่วม สำหรับพื้นที่ศึกษา เพื่อให้สามารถช่วยตัดสินใจในการป้องกันน้ำท่วมได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

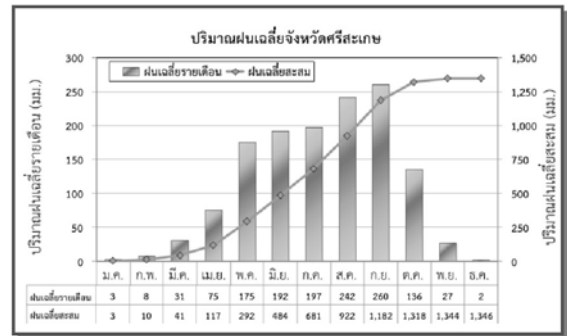
1. ข้อมูลจังหวัดศรีสะเกษ

1.1 สภาพพื้นที่ลุ่มน้ำ จังหวัดศรีสะเกษเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ขอบแอ่งที่ราบลุ่มโคราชด้านตะวันออก เป็นบริเวณที่มีผืนแผ่นดินกว้างขวางของบริเวณลุ่มน้ำมูล น้ำชี ตอนล่าง ซึ่งอุดมไปด้วยลุ่มน้ำลำห้วยหลายสายไหลมาบรรจบในเขตอีสานตอนใต้สภาพภูมิประเทศโดยภาพรวมมีลักษณะเป็นที่สูงทางด้านใต้แล้วค่อยๆ ลาดเอียงไปทางเหนือตอนกลางเป็นที่

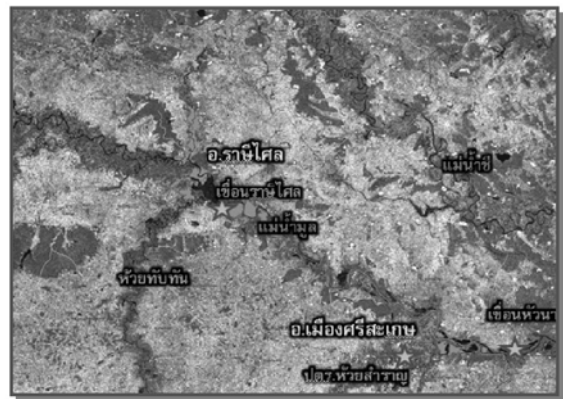


ลาดเอียงเล็กน้อย และที่ราบลอนลาด โดยเฉพาะบริเวณที่ราบลุ่มน้ำมูลน้ำมูลมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาสันกำแพง อำเภอบักธงชัย จังหวัดนครราชสีมาไหลเข้าสู่จังหวัดศรีสะเกษที่อำเภอรามัน ไศล อำเภอกุทุมพรพิสัยอำเภอยางชุมน้อย อำเภอเมือง ศรีสะเกษและอำเภอกันทรารมย์ โดยตอนเหนือสุดของอำเภอกุทุมพรพิสัยและอำเภอเมืองศรีสะเกษจะติดกับแม่น้ำมูล

1.2 ปริมาณน้ำฝน จังหวัดศรีสะเกษมีปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยทั้งปี 1,346 มม. ซึ่งแม้จังหวัดศรีสะเกษจะมีปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยจะอยู่ในเกณฑ์ดี แต่เนื่องจากมีปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะฝนทิ้งช่วงและฝนไม่ตกตามฤดูกาล เนื่องมาจากสภาพทางภูมิศาสตร์ที่มีเทือกเขาพนมดงเร็กทางตอนใต้ขวางกั้นลมฝนหรือที่เรียกว่าลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเป็นลักษณะเงาฝน ส่วนในช่วงกลางเดือนตุลาคมลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะพัดผ่าน ในช่วงเวลาปลายฤดูฝนต้นฤดูหนาวนี้ลมพายุที่ก่อตัวแถบทะเลจีนใต้และฝนจากพายุหมุนเขตร้อนจะเบนทิศทางออกจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสมของจังหวัดศรีสะเกษ



1.3 ปัญหาน้ำท่วมสภาพน้ำท่วมในจังหวัดศรีสะเกษมีสาเหตุหลักมาจากพายุและร่องความกดอากาศต่ำพัดผ่านทำให้เกิดโอกาสที่มีฝนตกหนักในพื้นที่จนเกิดน้ำท่วมเอ่อล้นตามแนวห้วยลำราญและลำสาขาถ้าประจวบกับช่วงที่มีการเอ่อสูงของระดับน้ำในแม่น้ำมูลบริเวณที่ห้วยลำราญไหลไปบรรจบในเขตรอยต่อระหว่างอำเภอเมืองศรีสะเกษและอำเภอยางชุมน้อยก็จะทำให้สภาวะน้ำท่วมในจังหวัดศรีสะเกษทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น



2. เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1 ไมโครคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์

2.2 โปรแกรม MIKE 11 โปรแกรม Arc GIS

2.3 แผนที่มาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร

2.4 รูปตัดตามยาว รูปตัดตามขวาง ของลำน้ำมูล และลำห้วยลำราญ บริเวณอำเภอเมืองจังหวัดศรีสะเกษ อำเภอราษีไศลและอำเภอกันทรารมย์ ในบริเวณพื้นที่ศึกษาข้อมูลจากสำนักชลประทานที่ ๘ กรมชลประทาน

2.5 ข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 แผนที่ขอบเขตการปกครอง แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแผนที่เส้นชั้นความสูง ข้อมูลระดับภูมิประเทศ (Digital Elevation Model : DEM) ภาพถ่ายดาวเทียมจากเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีตข้อมูลจากสำนักชลประทานที่ ๘ กรมชลประทาน

2.6 ข้อมูลอุตุนิยามวิทยาและข้อมูลทางชลศาสตร์ของแม่น้ำสาขาต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำห้วยลำราญ บริเวณพื้นที่ศึกษาโครงการข้อมูลจากสำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน



3.วิธีการ

ในการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ ได้ใช้แบบจำลอง MIKE 11 เพื่อจำลองสภาพการเกิดน้ำท่วมของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสำราญ บริเวณปากแม่น้ำอำเภอมือง จังหวัดศรีสะเกษ สำหรับขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับนำไปใช้ศึกษาสภาพน้ำท่วมและคุณลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษามีขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ ประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลและการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อนำเข้าแบบจำลองคณิตศาสตร์ การสอบเทียบ และการตรวจสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการป้องกันภัยจากน้ำท่วมสำหรับพื้นที่ศึกษา



4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ศึกษาสภาพน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำห้วยสำราญ บริเวณอำเภอมือง จังหวัดศรีสะเกษ ประกอบด้วยข้อมูลลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ ข้อมูลรูปตัดขวางและรูปตัดตามยาวของลำน้ำ ข้อมูลปริมาณฝน ข้อมูลปริมาณน้ำท่าซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้ถูกรวบรวม โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ข้อมูลอัตราการระเหยรายวัน ได้จากการวัดของสถานีตรวจวัดในเขตอำเภอมืองจังหวัดศรีสะเกษ

4.2 ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน ได้จากการตรวจวัดของกรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่

4.3 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าและระดับน้ำรายวัน ได้จากการตรวจวัดของสถานีวัดน้ำท่า ของกรมชลประทาน ในพื้นที่ศึกษา

4.4 ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ ในลำน้ำมูลและลำน้ำห้วยสำราญ ในเขตพื้นที่ศึกษา ได้จากข้อมูลที่ได้สำรวจไว้ของกรมชลประทานและกรมทรัพยากรน้ำ

4.5 ข้อมูลผลสำรวจภูมิประเทศ ในเขตพื้นที่ศึกษา ได้จากข้อมูลที่มีการสำรวจไว้ โดยกรมพัฒนาที่ดิน

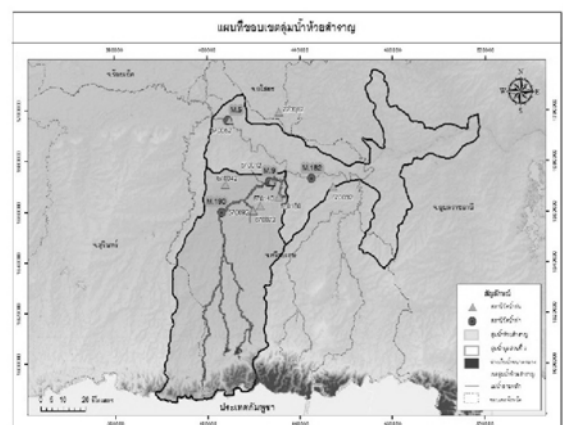
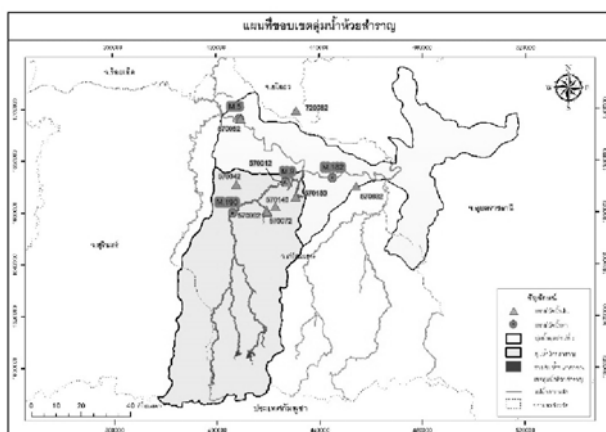
5. แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11

5.1 การพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า Rainfall - Runoff Model เป็นการจำลองสภาพการเกิดน้ำท่าในพื้นที่รับน้ำฝน ของสถานีวัดน้ำท่าแล้วดำเนินการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง ด้วยผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝนที่ได้ จากแบบจำลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติปริมาณน้ำท่าที่มีการวัดไว้ จากนั้นจะทำการนำค่าพารามิเตอร์ ที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจสอบไปพัฒนาแบบจำลองครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษาต่อไป

แบบจำลองน้ำฝนน้ำท่าสำหรับการจำลองการเกิดเหตุการณ์การเกิดน้ำท่า จากปริมาณน้ำฝนที่เกิดจากพายุฝนที่ตกภายในพื้นที่ในพื้นที่ยอมรับน้ำ มีการขั้นตอนการพัฒนาประกอบด้วย การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองโดยทำการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่า ที่มีข้อมูลเพียงพอ สำหรับใช้ในการสอบเทียบและตรวจสอบแล้วดำเนินการแบ่งพื้นที่ ลุ่มน้ำย่อยของสถานีวัดน้ำท่า ที่คัดเลือกแล้วเพื่อกำหนดขอบเขตของพื้นที่รับน้ำและทำการนำเข้าข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลอัตราการระเหย และปริมาณฝน สำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่า ซึ่งเมื่อสอบเทียบและตรวจสอบน้ำฝนน้ำท่า จนกระทั่งผลการคำนวณที่ได้ จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดแล้วจึงจะนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองชลศาสตร์ต่อไป

5.2 การพัฒนาแบบจำลองชลศาสตร์ (Hydrodynamic Model) ในการพัฒนาแบบจำลองชลศาสตร์โดยใช้ MIKE 11 เพื่อจำลองพฤติกรรมการไหลของสภาพลำน้ำ มีขั้นตอนประกอบด้วย การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง โดยการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าที่มีข้อมูลเพียงพอ สำหรับการใช้สอบเทียบและตรวจสอบ แล้วทำการสอบเทียบพารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลอง จนกระทั่งค่าระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองชลศาสตร์ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด จากนั้นจึงนำแบบจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่โครงการต่อไป

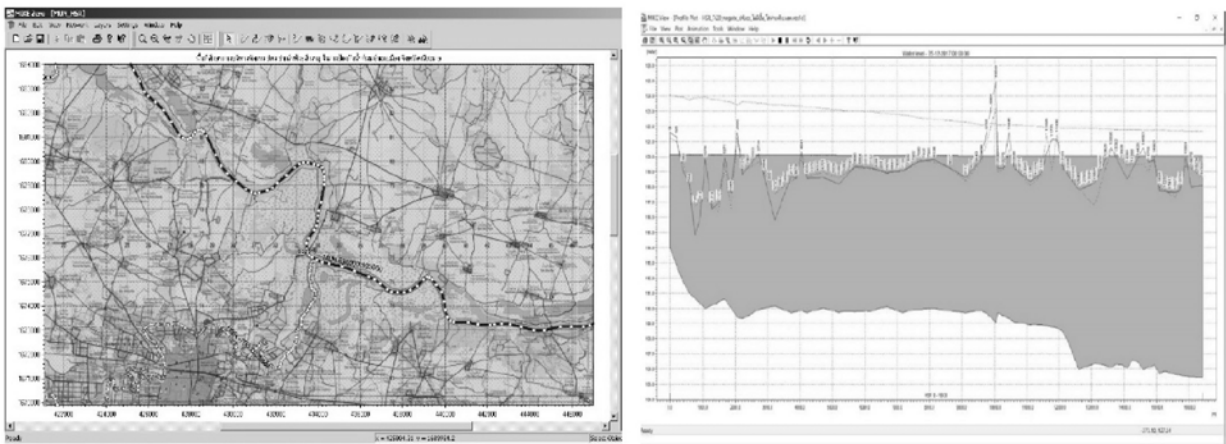
5.3 การประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 เพื่อคาดการณ์ลักษณะทางชลศาสตร์ที่เกิดขึ้น ในพื้นที่ศึกษา





6. สรุปผล

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 เพื่อศึกษาสภาพปากลำห้วยสำราญเชื่อมต่อกับน้ำมูลและผลของการก่อสร้างประตูระบายน้ำปากห้วยสำราญ (ระยะที่1) ที่มีต่อการช่วยแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนเมืองศรีสะเกษ โดยเปรียบเทียบระดับน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นของห้วยสำราญที่ไหลผ่านพื้นที่เทศบาลเมืองศรีสะเกษ โดยใช้ระดับของแม่น้ำมูลในรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ณ สถานี M.182 เป็นระดับน้ำด้านท้ายน้ำอ้างอิง เนื่องจากระดับน้ำในห้วยสำราญได้รับอิทธิพลจากระดับน้ำของแม่น้ำมูล ซึ่งจากผลการศึกษาดังกล่าว จะเห็นได้ว่าระดับน้ำ ในกรณีที่มีประตูระบายน้ำปากห้วยสำราญ มีระดับสูงกว่าในกรณีที่ไม่มีประตูระบายน้ำ เนื่องจากประตูระบายน้ำปากห้วยสำราญ ยังมีประสิทธิภาพในการระบายน้ำเพียงพอที่จะช่วยแก้ไขปัญหาน้ำท่วมซึ่งมีระดับน้ำอยู่ที่ประมาณ 116.50-117.50 เมตร รทก. (กรณีที่ไม่มีประตูระบายน้ำ) และมีอัตราการไหลระหว่าง 240.00-260.00 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ซึ่งเมื่อเกิดฝนตกหนักและระดับน้ำในแม่น้ำมูลท่วมสูง ส่งผลให้ระดับน้ำในห้วยสำราญ จะเริ่มล้นตลิ่งและไหลเข้าท่วมพื้นที่ชุมชนในที่สุด



7. ข้อเสนอแนะ

ผลจากการวิเคราะห์ที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น ที่เกิดจากการใช้ข้อมูลจากการวัดจากสถานีวัดน้ำและข้อมูลทางสถิติที่มีการเก็บรวบรวมไว้ จะเห็นได้ว่าระดับน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นประมาณ +117.00 ม.รทก. แนวทางในการป้องกันน้ำหลาก คือ การก่อสร้างผนังกันน้ำตลอดลำน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองให้สามารถป้องกันระดับน้ำที่เกิดขึ้น ส่วนประตูระบายน้ำปากลำห้วยสำราญ (ระยะที่ 1) เนื่องจากไม่สามารถช่วยในการบริหารจัดการน้ำในช่วงการเกิดน้ำหลากสูงสุดได้ จึงเห็นควรแขวนบาน แต่สามารถบริหารจัดการพร่องน้ำก่อนฤดูน้ำหลาก เพื่อเพิ่มพื้นที่รับน้ำในลำห้วยสำราญ และปิดบานเพื่อกักเก็บน้ำในช่วงปลายฤดูน้ำหลาก ช่วยในการกักเก็บน้ำไว้ในฤดูแล้งได้

8. เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง กรมชลประทาน <http://hydro-4.com>
- กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย. 2556. เข้าถึงออนไลน์ทาง <http://www.dopa.go.th/>
- กลุ่มบริษัทที่ปรึกษา2548. โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ รายงานหลักกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ. 2552. แผนที่มาตรฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลักและลุ่มสาขาของประเทศไทย อ้างอิง แผนที่ภูมิประเทศ 1 : 50,000 ชุด L7018 WGS84 UTM Zone 47N. โรงพิมพ์สหมิตรพรินติ้งแอนด์พับลิชชิง. นนทบุรี.
- นายอริยะ อินทรา(2557) การศึกษาระบบป้องกันและบรรเทาอุทกภัย กรณีศึกษา ลุ่มน้ำชีตอนบน ในจังหวัดชัยภูมิ ด้วยแบบจำลอง MIKE 11 ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- นายอริยะ อินทรา(2557) การศึกษาระบบป้องกันและบรรเทาอุทกภัย กรณีศึกษา ลุ่มน้ำชีตอนบน ในจังหวัดชัยภูมิ ด้วยแบบจำลอง MIKE 11 ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



เสถียรภาพความมั่นคงของลาดไหล่เขา

โครงการอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน อ่างเก็บน้ำแม่สอด จังหวัดตาก

กาญจนา กัณหะยูวะ¹, พิทักษ์ รักสัตย์², ปรีดานันต์ มณีวงศ์³, กัมปนาท ชวัลคุศิริกุล⁴

และอุทัย หงส์ใจสี⁵

ส่วนวิศวกรรมธรณี สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน

Email: kanjana_kan@rid.go.th¹, pitak_raksat@rid.go.th², preedanant_ja@hotmail.com³,

kompanart_kwan@rid.go.th⁴, uthai_hong@rid.go.th⁵

บทคัดย่อ

โครงการอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน เป็นโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง มีความสูงของเขื่อน 61.00 เมตร ความยาวของเขื่อน 335.00 เมตร และกักเก็บน้ำได้ 13.33 ล้านลูกบาศก์เมตร สภาพธรณีวิทยา สันฐานโดยทั่วไปของโครงการ บริเวณสองข้างของฐานยันเขื่อนเป็นเทือกเขาสูงชันที่อาจเกิดโอกาสการพังทลายของมวลดินและมวลหิน จากกลุ่มดินทรายแข็งที่วางปิดทับมวลหินปูนเนื้อดินที่แทรกสลับกับหินทรายแข็งที่แตกหักในสภาพแห้ง (slaking) การวางตัวของชั้นหิน อยู่ในทิศทาง strike/dip โดยเอียงเทไปทางท้ายน้ำ การวิเคราะห์เสถียรภาพจำแนกออกเป็น 2 วิธี คือ

1) การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินบนลาดไหล่เขา โดยใช้วิธีเจาะสำรวจหาความหนาและคุณสมบัติของชั้นดินด้วยสว่านมือ เพื่อนำไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SLOPE/W ในสภาวะ steady state ที่ระดับการกักเก็บน้ำต่างๆ กัน

2) การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดหินบนลาดไหล่เขา โดยใช้หลักการจลศาสตร์ (Kinematic) เพื่อหาโอกาสการพิบัติของมวลหินในรูปแบบต่างๆ และการวิเคราะห์โดยใช้วิธีของ Bieniawski (1989) เพื่อจำแนกคุณภาพมวลหิน (RMR) แล้วประยุกต์หาคุณภาพมวลหินบนลาดไหล่เขา (SMR) ตามวิธีของ Romana (1993) เพื่อเป็นแนวทางให้กับวิศวกรออกแบบ เพื่อการปรับปรุงพื้นที่บนลาดไหล่เขาให้มีเสถียรภาพที่มั่นคง ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพความมั่นคงของลาดไหล่เขา พบว่ามวลดินบนลาดไหล่เขา มีค่าความปลอดภัย (FS) มากกว่า 1.30 จึงไม่พบการพังทลายบริเวณรอบอ่างเก็บน้ำในทุกกรณี ส่วนมวลหินบนลาดไหล่เขามีโอกาสเกิดการพิบัติได้ 3 ลักษณะ ได้แก่ พิบัติแบบรูปลิ้ม พิบัติแบบระนาบ และพิบัติแบบพลิกคว่ำ คุณภาพมวลหินบนลาดไหล่เขา (SMR) โดยการประเมินร่วมกับการตรวจสอบสภาพจริงจากภาคสนาม พบว่า บริเวณลาดไหล่เขาฝั่งขวามีคุณภาพหินดี ส่วนบริเวณลาดไหล่เขาฝั่งซ้ายมีคุณภาพหินปานกลาง ยกเว้นตำแหน่งที่อยู่สูงกว่าอาคารระบายน้ำล้นค่อนข้างต่ำ คุณภาพหินไม่ดี วิธีป้องกันการพังทลายและเสริมความมั่นคงของลาดไหล่เขาบริเวณลาดไหล่เขาฐานยันฝั่งขวาใช้วิธีซึ่งตาข่ายพร้อม

ยึดหมุดลงในเนื้อหิน และพ่นปูนปิดทับ (Shotcrete) ส่วนบริเวณลาดไหล่เขาฐานยันฝั่งซ้ายใช้วิธีป้องกัน เช่นเดียวกับบริเวณฐานยันฝั่งขวา แต่ลาดไหล่เขาบริเวณที่อยู่สูงกว่าอาคารทางระบายน้ำล้นค่อนไปทางท้ายน้ำ ควรป้องกันโดยการเจาะและยึดเหล็ก (Anchor Bolt) ในบริเวณมวลหินคุณภาพสูง ส่วนบริเวณคุณภาพมวลหินต่ำปูด้วยตาข่าย (Wire mesh) พ่นปูน (Shotcrete) และสร้างกำแพงกันดิน (Gravity wall) พร้อมทั้งพิจารณาถึงระบบการระบายน้ำที่ดีและเพียงพอในบริเวณฐานยันทั้งสองฝั่ง

คำสำคัญ : การจำแนกมวลหิน (RMR), การจำแนกมวลหิน (SMR)

1. บทนำ

ตามที่รองอธิบดีกรมชลประทานฝ่ายก่อสร้าง (นายประพิศ จันทร์มา) พร้อมคณะประกอบด้วย ที่ปรึกษากรม ด้านออกแบบ (นายสมเกียรติ ตั้งจิตฺพร) ได้เดินทางเพื่อติดตามความก้าวหน้าของการก่อสร้างโครงการอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก (รูปที่ 1) เมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2560 และได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับความมั่นคงของลาดหินบริเวณลาดไหล่เขาฝั่งซ้ายของอาคารระบายน้ำล้นซึ่งมีการตัดลาดไหล่เขาและเกิดการเคลื่อนตัวของลาดหินแต่ไม่ได้มีการออกแบบเพื่อเสริมความมั่นคงและการป้องกันการกัดเซาะไว้ จึงเห็นสมควรให้สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา ทำการสำรวจ เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางแก้ไขร่วมกัน สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา โดยส่วนวิศวกรรม ธรณีซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบเรื่องการศึกษาความมั่นคงของลาดไหล่เขา จึงได้ทำการสำรวจ วิเคราะห์ และประเมินความมั่นคงของลาดไหล่เขา ในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างและพื้นที่รอบอ่างเก็บน้ำทั้งในส่วนลาดไหล่เขาที่เป็นดินและหิน (Soil and Rock Slope) ที่มีโอกาสที่จะเกิดการพังทลาย (Failures) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประกอบการพิจารณาในการประเมินรูปแบบของโอกาสที่จะเกิดการพังทลายและแนวทางในการออกแบบเพื่อการป้องกันการพังทลายรวมถึงการกัดเซาะบริเวณลาดไหล่เขาของโครงการอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน



รูปที่ 1 พื้นที่โครงการอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน จังหวัดตาก (ภาพมุมสูง)



2. การศึกษา

2.1 สภาพธรณีวิทยา

สภาพธรณีวิทยาทั่วไปบริเวณโครงการอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน จากข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมทรัพยากรธรณี, พ.ศ. 2542 (รูปที่ 2) พื้นที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษา พบว่าสภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาเรียงตามลำดับอายุอ่อนถึงแก่ประกอบด้วยหินทั้งหมด 6 หน่วยดังนี้ ตะกอนน้ำพายุควอเทอร์นารี (Qa) ตะกอนน้ำพา : ทราย ทรายแป้ง ดินเคลย์ ดินจากหินแกรนิต ทรายแป้ง ดินเคลย์สีขาวย ดินสะสมอยู่กับที่ สีแดง ตะกอนตะพัก ลุ่มน้ำ

ตะกอนตะพักลุ่มน้ำยุคควอเทอร์นารี (Qt) ตะกอนเชิงเขา (Qt) : กรวด ทราย ทรายแป้ง และ ดินเคลย์

หินยุคจูแรสซิก (Jurassic) หน่วยหิน J1 ประกอบด้วย หินดินดาน เนื้อปูน สีเทา เป็นชั้นดีถึง เป็นชั้นหนา มีซากดึกดำบรรพ์ จำพวกแอมโมไนต์ หินปูน เนื้อดิน เป็นชั้นดีถึงเป็นชั้นหนา สีเทาถึง สีดำ และหินทรายแป้งพบกระจายตัวต่อเนื่องเป็นบริเวณกว้างทางตอนกลาง

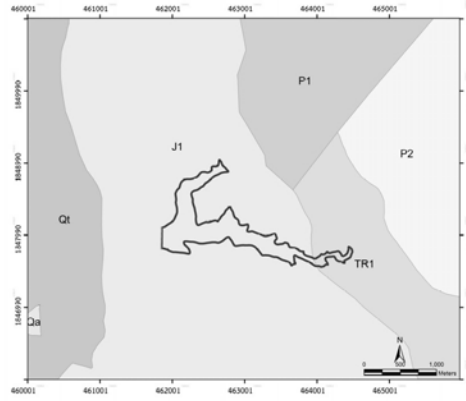
หินยุคไทรแอสซิก (Triassic) หน่วยหิน TR1 ประกอบด้วย กรวดของหินปูน หินดินดาน หินเชิร์ต หินควอร์ตไซต์ สมานเนื้อด้วยทรายแป้งสีแดง เป็นชั้นหนาถึงเป็นป็น หินทรายสีแดง เนื้อละเอียด ถึงหยาบ การคัดขนาดไม่ดี และหินทรายแป้ง พบบริเวณด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา

หินยุคเพอร์เมียน (Permian) สามารถแบ่งหน่วยหินออกเป็น 2 หน่วย คือ

หน่วยหิน P1 ประกอบด้วย หินดินดาน สีดำ แสดงชั้นดี หินทราย สีเทาเข้มถึงดำ เนื้อละเอียด เนื้อควอร์ต แสดงชั้นดีถึงไม่แสดงชั้น หินทรายแป้ง สีเทาเข้ม

หน่วยหิน P2 ประกอบด้วย หินปูนเนื้อโดโลไมต์ สีเทาอ่อนถึงเทาเข้ม ไม่แสดงชั้น หินทราย สีขาว เนื้อควอร์ต ชั้นหนาถึงไม่แสดงชั้น การคัดขนาดดีและความกลมมนดี หินเชิร์ต เป็นชั้นดี สีน้ำตาลอ่อน และหินโคลน เนื้อซิลิกา

หินยุคเพอร์เมียนพบกระจายตัวต่อเนื่องบริเวณขอบด้านตะวันออกและบริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา โดยพบว่าหินทั้ง 3 ยุคมีการวางตัวแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง (Unconformity) ในบริเวณพื้นที่ศึกษา



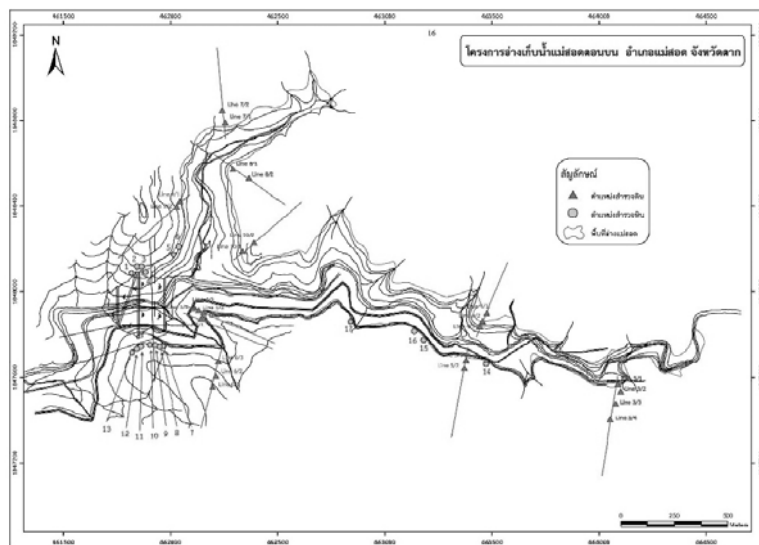
- Q Alluvium deposits : sand, silt, clay, granite soil, silt, white clay, red residual soil.
- Qt Terrace and colluvial deposit : gravel, sand, silt and clay.
- J1 Shale, calcareous, gray, well-to thick-bedded with fossils of ammonite; limestone, argillaceous, well-to thick-bedded, gray to black and siltstone.
- TR1 Conglomerate, pebble of limestone, shale, chert, quartzite, red silt cemented, thick-bedded to massive; sandstone, red, fine-to coarse-grained, poor sorted; siltstone.
- P2 Limestone, dolomitic, massive pale gray to dark gray; sandstone, white, quartzitic, thick-bedded to massive, well sorted and well rounded; chert, well bedded, pale brown, and siltic mudstone.
- P1 Shale, black, well bedded; sandstone, dark gray to black, fine-grained, quartzitic, well bedded to massive; siltstone, dark gray.

รูปที่ 2 แผนที่ธรณีวิทยาพื้นที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก (ดัดแปลงมาจากแผนที่ธรณีวิทยา
ระวางอำเภอแม่สอด มาตรฐาน 1:50,000 โดยกรมทรัพยากรธรณี, ปี 2542)

2.2 วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาและวิเคราะห์เสถียรภาพลาดไหล่เขาของโครงการอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน อำเภอแม่สอดตอนบนได้แบ่ง
เป็น 2 รูปแบบ คือ

1) การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดิน และ 2) การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดหิน รายละเอียดพื้นที่
การสำรวจแสดงในรูปที่ 3 ดังนี้



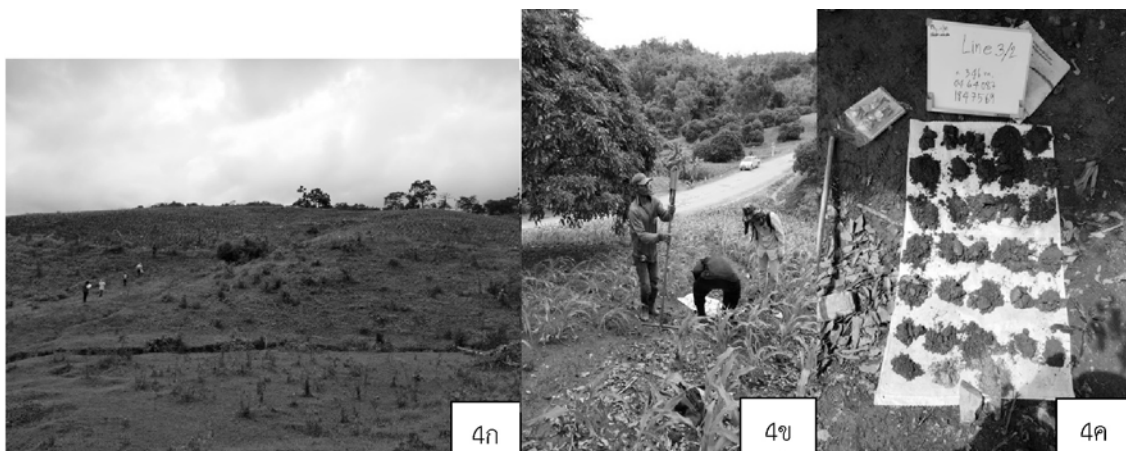
รูปที่ 3 แผนที่แสดงขอบเขตและแนวสำรวจเสถียรภาพลาดไหล่เขาบริเวณพื้นที่ศึกษา



1) การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดิน พื้นที่สำรวจกำหนดเป็นแนวสำรวจบนลาดไหล่เขาโดยรอบพื้นที่อ่างเก็บน้ำที่มีความลาดชัน และชั้นดินที่คาดว่ามีความหนาพอที่จะมีความเสี่ยงต่อการพังทลายของมวลดินบนลาดไหล่เขา ซึ่งวิธีสำรวจได้กำหนดแนวสำรวจทั้งหมดจำนวน 10 แนว โดยใช้สว่านเจาะดิน (Hand Auger) เจาะอย่างน้อย 3 หลุม

ต่อหนึ่งแนวสำรวจ กำหนดตำแหน่งเจาะสำรวจตรงตีนเขา กลางเขา และยอดเขา พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างที่เจาะเก็บได้มาจำแนก วิเคราะห์ แบ่งชนิดของกลุ่มดินแต่ละชั้น และหาค่าความหนาของชั้นดินบนลาดไหล่เขา (รูปที่ 4) เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SLOPE/W เพื่อวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดิน ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าความปลอดภัย

จากการพังทลายของมวลดินบนพื้นที่ลาดชัน ในการคำนวณโดยการใส่ค่าตัวแปรต่างๆ ในสถานะ steady state เพื่อเปรียบเทียบค่าความปลอดภัย (Factors of Safety) และความมั่นคงมวลดินบนลาดไหล่เขา โดยการกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความหนาของชั้นดิน คุณสมบัติของกลุ่มดิน แบ่งหลัก การวิเคราะห์ออกเป็น 4 กรณี ได้แก่ (1) กรณีระดับกักเก็บน้ำสูงสุด (2) กรณีระดับกักเก็บน้ำปกติ (3) กรณีระดับกักเก็บน้ำ 50% ของระดับกักเก็บ และ (4) กรณีระดับกักเก็บน้ำต่ำสุด โดยแต่ละกรณีได้เพิ่มการทดสอบความมั่นคงของมวลดินบนลาดไหล่เขาไว้ 3 แบบทดสอบ ได้แก่ (1) ไม่มีน้ำหนักกดทับ (no load) (2) เพิ่มน้ำหนักกดทับบนลาดไหล่เขา (Surcharge Load) และ (3) รับแรงกระทำจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว (seismic load) โดยเป็นการวิเคราะห์ในสถานะ Steady State ทุกกรณี และทุกแบบทดสอบ โดยให้ชั้นดินทั้งหมดเป็น Silt (ML) ซึ่งเป็นกลุ่มดินส่วนใหญ่ที่กระจายตัวอยู่บนลาดไหล่เขา และเป็น Cohesion Soil เทียบได้กับ Sandy Loan ในตารางแสดงค่ามาตรฐานต่าง ๆ ของกลุ่มดิน โดยชั้นดินกลุ่ม Silt (ML) มีค่าพารามิเตอร์ที่เทียบคุณสมบัติค่า density (γ) = 1,600 Kg/m³ (15.69 KN/m³) เป็นชนิด Stiff Clay มีค่า Friction angle (Phi) = 15 องศา และมีค่า Cohesion (C) = 2,000 lb/ft² (95.76 KPa)



รูปที่ 4 แสดงลักษณะของลาดไหล่เขา (4ก) การเจาะดินด้วยสว่านเจาะดิน (Hand Auger) (4ข) และตัวอย่างดินที่เจาะได้ (4ค)

2) การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดหิน ได้ดำเนินการสำรวจชนิด ลักษณะ ทิศทางการวางตัว แนวเอียงเท รอยแตกและความต่อเนื่องของหิน โครงสร้างทางธรณีวิทยา รวมทั้งทิศทางและความลาดชันของลาดไหล่เขาที่ปรากฏบริเวณพื้นที่สำรวจ กำหนดจุดสำรวจทั้งหมดจำนวน 17 จุด เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดไหล่เขาที่เป็นหิน การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาค้างนี้ใช้วิธี Kinematic (Stereographic Interpretation) เพื่อประเมินโอกาสและรูปแบบของการพังทลาย รวมถึงการวิเคราะห์โดยวิธี Rock Mass Rating (RMR) ของ Bieniaski (1989) เพื่อจำแนกคุณภาพของมวลหินโดยทำการวิเคราะห์ร่วมกับวิธี Slope Mass Rating (SMR) ของ Romana (1993) ซึ่งเป็นการพิจารณาข้อมูลที่ได้จากการประเมินค่า RMR ร่วมกับความสัมพันธ์ของรอยแตกกับมุมลาดชันของการตัดลาดไหล่เขา (Joint-slope face relationship) พารามิเตอร์ที่ใช้ ขึ้นอยู่กับวิธีการขุดเปิดหรือตัดลาดไหล่เขา โดยจะแสดงผลเป็นคะแนนที่จะสามารถบอกคุณภาพของมวลหินบนลาดไหล่เขา พร้อมวิธีการออกแบบปรับปรุงไว้

2.3 ผลการศึกษา

ผลการสำรวจสภาพลาดดินจากภาคสนามพบว่า สภาพภูมิประเทศบริเวณพื้นที่โครงการอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน จังหวัดตาก มีสภาพเป็นภูเขาสูงมีความลาดชันของลาดไหล่เขาประมาณ 20-30 องศา และจากผลการเจาะสำรวจด้วยสว่านมือ (Hand auger) บริเวณพื้นที่สำรวจส่วนใหญ่พบว่า ชั้นดินมีความหนาประมาณ 0.5 - 4.0 เมตร โดยเฉลี่ย 1.5 เมตร ชั้นดินส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดจากการพองตัวของหินในพื้นที่ ซึ่งเป็นหินปูนเนื้อดิน (Argillaceous Limestone) แทรกสลับด้วยหินทรายแป้ง (Siltstone) จึงทำให้กลุ่มดินที่พบส่วนใหญ่เป็นดินกลุ่ม SM (Silty Sand) ML (Silt) มีเม็ดตะกอนละเอียด (Fine Grained) มีความเหนียวปานกลาง (Medium Plasticity Fines) สีน้ำตาลอ่อน ถึงเข้ม (Pale Brown to Dark Brown) มีเศษหินปะปน นอกจากนี้ยังมีชั้นดินกลุ่ม SM (Silty Sand) ที่มีเม็ดตะกอนละเอียด ไม่มีความเหนียว ถึงเหนียวเล็กน้อย (non to slight plasticity fines) มีกรวดทางน้ำ (Gravels, Gobbles, Boulders) เศษหินปะปนและเศษหินพลัดหล่น (Rock Fragments)

ผลการสำรวจสภาพลาดหินจากภาคสนามพบว่า พื้นที่โครงการอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน ประกอบด้วย หินปูนเนื้อดิน (Argillaceous Limestone) เป็นชั้นค่อนข้างปานกลางถึงหนามาก (Medium to Thick Bedded) สีเทา (Gray) ครอบคลุมพื้นที่ฐานยันเขื่อนทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา (รูปที่ 5 และ 6) มีแร่ประกอบหลักเป็นแร่แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) และแร่ดิน (Clay Mineral) ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง (HCL Dilute) มีรูพรุนน้อย มีความแข็งแรงสูง (High Strength) วางตัวแทรกสลับด้วยหินทรายแป้ง (Intercalated with Siltstone) สีเทาเข้ม (Dark Gray) สีม่วงแดง (Purple Red) มีชั้นบางถึงปานกลาง (Thin to Medium Bedded) แตกหักง่าย และเกิดการแตกหักในสภาวะแห้ง (Slaking) จนเป็นเศษหิน



ปนละเอียด (รูปที่ 7) สภาพธรณีวิทยาโครงสร้างของชั้นหินพบว่า มีแนวแตก (Joint) 3 ทิศทางใหญ่ๆ ได้แก่ แนวที่เกิดจากชั้นหินที่ตกตะกอน (Bedding) เอียงตัวไปทางท้ายน้ำด้วยมุมประมาณ 20-30 องศา และแนวแตกอีก 2 แนววางตัวอยู่ในแนวตั้งฉากกัน มีมุมรอยแตกค่อนข้างชันจนถึงอยู่ในแนวตั้ง มีสภาพแนวแตกที่ขรุขระ (Rough Surface) ทิศทางการวางตัวของรอยแตกในเนื้อหินจะสอดคล้องกับรอยแตกที่เกิดในชุดหินปูนที่วางตัวปิดทับกันอยู่ (รูปที่ 8) แต่แนวแตกที่เกิดในหินทรายแป้งมีลักษณะค่อนข้างเรียบ (Smooth Surface) จึงทำให้เกิดการเลื่อนไถลของมวลหินไปยังที่ลาดไหลเขาได้ง่าย มีลักษณะแตกหักที่เกิดจากการแตกหักในสภาพแห้ง (Slaking) จนมีสภาพปนร่วนเป็นเศษหินขนาดเล็ก เมื่อขุดเปิดหน้าหินบนลาดไหลเขาจึงเป็นการรบกวนสภาพธรรมชาติของมวลหิน โดยเฉพาะหินทรายแป้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยการผุพังแตกร่วนอย่างรวดเร็ว และการหลุดร่วงลงมาตามลาดไหลเขา ทำให้หินปูนเนื้อดินส่วนที่ปิดทับด้านบน เกิดการหักหล่น และเลื่อนไถลลงไปตามลาดไหลเขาด้วย จึงเป็นปัญหาหลักของพื้นที่โครงการอ่างเก็บน้ำแม่สวดตอนบน (รูปที่ 9)



รูปที่ 5 พื้นที่ลาดไหลเขาบริเวณฐานยันฝั่งซ้ายของเขื่อน (เสถียรภาพลาดไหลเขาคุณภาพปานกลางถึงไม่ดี)



รูปที่ 6 พื้นที่ลาดไหลเขาบริเวณฐานยันฝั่งขวาของเขื่อน (เสถียรภาพลาดไหลเขาคุณภาพดี)



รูปที่ 7 แสดงสภาพของหินทรายแป้ง (Siltstone) ที่มีการผุพังแตกตัวในสภาพแห้ง (slaking)



รูปที่ 8 แสดงสภาพหินปูนเนื้อดิน (Argillaceous Limestone) วางตัวอยู่บนหินทรายแป้ง (Siltstone)



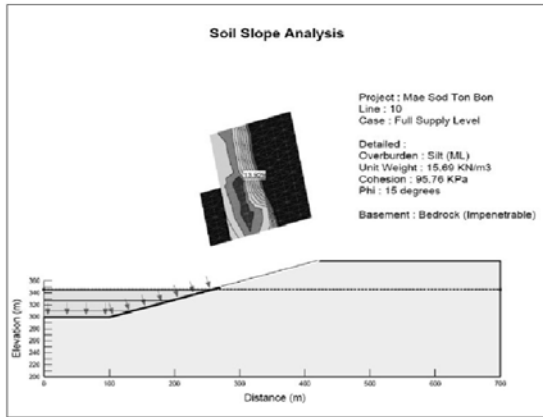
รูปที่ 9 ลักษณะการพังทลายของมวลหินบนที่ลาดชัน บริเวณฐานยันฝั่งซ้าย

ผลการวิเคราะห์มวลดินและหินบนลาดไหล่เขาโดยใช้โปรแกรมสรุปได้ดังนี้

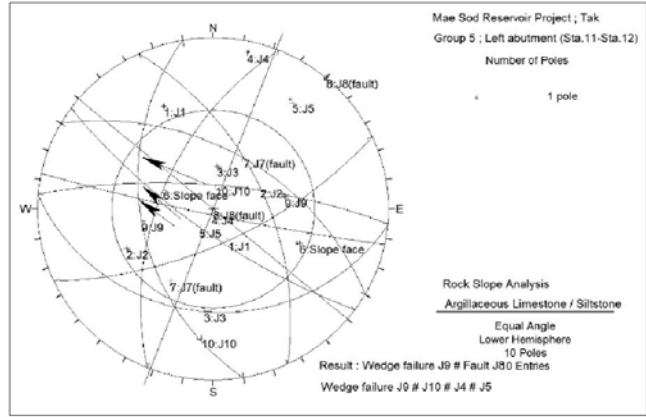
1. ชั้นดินบริเวณพื้นที่ลาดไหล่เขาในอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน มีความหนาไม่มาก โดยเฉลี่ย 1.5 เมตร และเป็นดินทรายแข็งที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินค่อนข้างมาก เมื่อทำการวิเคราะห์ความมั่นคงโดยโปรแกรม SLOPE/W (รูปที่ 10) แล้วมีค่าความปลอดภัยที่สูง ($FS > 1.3$) จึงไม่พบโอกาสที่จะเกิดการพังทลายทุกกรณีของแบบทดสอบ

2. มวลหินบนลาดไหล่เขาที่ทำการขุดเปิด หลังจากทำการวิเคราะห์ทางจลศาสตร์ (kinematic analysis) โดยใช้โปรแกรม dip/dip-direction (รูปที่ 11) พบว่ามีโอกาสเกิดการพิบัติอยู่ 3 รูปแบบใหญ่ๆ ได้แก่ พิบัติแบบรูปสามเหลี่ยม (Wedge Failure) พิบัติแบบระนาบ (Plane Failure) และพิบัติแบบพลิกคว่ำ (Toppling Failure) ซึ่งบริเวณที่มีโอกาสเกิดการพิบัติทั้ง 3 รูปแบบ พบอยู่บริเวณฐานยันฝั่งซ้าย ตรงตำแหน่งที่อยู่สูงกว่าอาคารระบายน้ำล้นค่อนข้างน้อยไปทางท้ายน้ำ และกระจายตัวอยู่เล็กน้อยบริเวณต้นน้ำบริเวณลาดไหล่เขาภายในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพหินโดยการจำแนกหินบนลาดไหล่เขา ประเมินร่วมกับสภาพจริงจากภาคสนาม พบว่า บริเวณลาดไหล่เขาฝั่งขวา มีคุณภาพหินไม่ดี มีค่า SMR อยู่ในช่วง 21-40 จำนวน 1 พื้นที่ คุณภาพหินปานกลาง มีค่า SMR อยู่ในช่วง 41-60 จำนวน 1 พื้นที่ และมีคุณภาพหินดี มีค่า SMR อยู่ในช่วง 61-80 จำนวน 1 พื้นที่ ส่วนบริเวณลาดไหล่เขาฝั่งซ้าย มีคุณภาพหินปานกลาง มีค่า SMR อยู่ในช่วง 41-60 จำนวน 4 พื้นที่ คุณภาพหินดี มีค่า SMR อยู่ในช่วง 61-80 จำนวน 6 พื้นที่ และคุณภาพหินดีมาก มีค่า SMR อยู่ในช่วง 81-100 จำนวน 1 พื้นที่



รูปที่ 10 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินโดยใช้โปรแกรม SLOPE/W



รูปที่ 11 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ทางจลศาสตร์ (kinematic analysis) โดยใช้โปรแกรม dip/dip - direction

3. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการสำรวจและวิเคราะห์มวลดินและหินบนลาดไหล่เขาของโครงการอ่างเก็บน้ำแม่สอดตอนบน จังหวัดตาก ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อประเมินความมั่นคงของลาดดิน และหิน และรูปแบบของโอกาสที่จะเกิดการพังทลายของลาดไหล่เขา พบว่า ควรดำเนินการป้องกันการพังทลายและเสริมความมั่นคงของลาดไหล่เขา บริเวณฐานยื่นฝั่งขวาควรป้องกันการพังทลายของมวลหินบนลาดไหล่เขาโดยการซึ่งตาข่ายพร้อมยึดหมุดลงไปในเนื้อหิน และทำการพ่นปูนปิดทับ (Shotcrete) พร้อมทั้งจัดระบบการระบายน้ำ (pipe drain) ให้ดี และเพียงพอ ส่วนบริเวณลาดไหล่เขาฐานยื่นฝั่งซ้ายใช้วิธีป้องกันเช่นเดียวกับบริเวณฐานยื่นฝั่งขวา แต่ลาดไหล่เขาบริเวณที่อยู่สูงกว่าอาคารทางระบายน้ำล้นค่อนข้างทำให้น้ำ ควรป้องกันการพังทลายของมวลหินบนลาดไหล่เขา โดยการปรับพื้นที่ลาดชันให้มีความชันลดลง และเสริมความมั่นคงของพื้นที่ลาดไหล่เขา โดยการเจาะและยึดเหล็ก (Anchor bolt) ในมวลหินที่มีคุณภาพสูง ส่วนบริเวณพื้นที่คุณภาพมวลหินต่ำทำการปูด้วยตาข่าย (Wire mesh) และพ่นปูน (Shotcrete) พร้อมทั้งสร้างกำแพงกันดิน (Gravity wall) ในบริเวณฐานยื่นโดยให้พิจารณาถึงระบบการระบายน้ำที่ดี และเพียงพอ

4. บรรณานุกรม

วรากร ไม้เรียง. 2552. หลักการวิเคราะห์และปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดิน เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินและการใช้โปรแกรม KU-slope คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมปฐพีฯ.

Bieniawski, Z.T. (1989), The Geomechanics Classification in Rock Engineering Application, Proceedings 4th International Congress on Rock Mechanics, Montreux, 2-8 September 1979, Vol. 2, P 41-48.

Hoek, E. and Bray, J.W. (1981), "Rock Slope Engineering", Revised 3rd Edition, The Institution of Mining and Metallurgy, London, P 341-351.

Romanna M. (1993), "A geomechanics classification for slopes: Slope Mass Rating", (In "Comprehensive Rock Engineering".Ed. J. Hudson), Pergamon, Vol 3, P 575-600.



การประเมินผลกระทบของความลาดชัน ที่มีผลต่อศักยภาพน้ำท่า
ของลุ่มน้ำยาวโดยวิธี NRCS-CN Method
ASSESSMENT OF THE EFFECT OF SLOPE ON RUNOFF POTENTIAL
OF THE NAMYAO WATERSHED USING
NRCS-CN METHOD

ปัญญาธิ์ศรี แก้วกล้า¹, กอบเกียรติ ผ่องพุ่ม² และ ณัฐ มาแจ้ง³

^{1,2,3}สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

E-mail: ¹panyarat.k@ku.th, ²kobkiat.p@ku.th, ³fengnmj@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ปริมาณฝนและน้ำท่าในระบบอุทกวิทยาที่มีความซับซ้อน จะแปรผันตามเวลาและลักษณะพื้นที่ ลุ่มน้ำ ความลาดชันเฉลี่ยในลุ่มน้ำและปัจจัยที่ทำให้เกิดการหน่วงของน้ำท่า เป็นปัจจัยหลักที่ควบคุม กระบวนการไหลของน้ำท่าวิธีการ NRCS-CN (The Natural Resources Conservation Service Curve Number) เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินน้ำท่าโดยปริมาณฝนเนื่องจากไม่ซับซ้อนเข้าใจง่ายมากและมีการใช้พารามิเตอร์ CN เพียงค่าเดียว อย่างไรก็ตามวิธีการ NRCS-CN ได้รับการพัฒนาเพื่อใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีความลาดชันที่จำกัดการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาโดยวิธีการ NRCS-CN ที่ดัดแปลงค่า CN โดยเปลี่ยนแปลงค่าความลาดชันตามสมการ Sharpley and Williams (1990) และ Huang et al. (2006) เพื่อตรวจสอบศักยภาพการไหลของลุ่มน้ำโดยพิจารณาจากความลาดชันในพื้นที่ลุ่มน้ำยาว ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่านอยู่ในจังหวัดน่าน ได้วิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนในปี 2556-2560 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำท่าจะได้ค่า $F_{cal} = 17.053$, $F_{crit}=1.853$ ซึ่ง $F_{cal}>F_{crit}$ หมายถึง ความลาดชันมีผลต่อปริมาณน้ำท่าซึ่งส่งผลให้น้ำท่ามีปริมาณมากขึ้น

คำสำคัญ: NRCS-CN, แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า, Remotesensing

Abstract

The rainfall-runoff is a very complex hydrological phenomenon, as this process is highly non-linear, time-varying and spatially distributed. The average slope within the watershed together with the overall length and retardance of overland flow are considered to be the main factors which govern the runoff process. The natural resources conservation service curve number (NRCS-CN) is the most widely used method to estimate direct runoff from rainfall, due to its simplicity and the use of the single CN parameter. However, the NRCS-CN method has been developed for limited watershed area and slope. In the present study, the modified NRCS-CN method for slope and CN conversion have been investigated to determine runoff potential of a watershed in geo-spatial environment. The NAMYOM watershed, which is a sub-watershed of NAN basin located partly in Nan Province of Thailand; has been considered for analysis. The daily rainfall study has been carried out for year 2013-2017. Analysis of variance will yield $F_{cal} = 3.11$ $F_{crit} = 1.61$, which $F_{cal} > F_{crit}$, which means slope affects the amount of runoff.

Keyword: NRCS-CN, Rainfall-Runoff Model, Remotesensing

1. บทนำ

น้ำท่าเป็นตัวแปรสำคัญสำหรับการประเมินศักยภาพการไหลของลุ่มน้ำ และปัจจัยในการประเมินน้ำท่ายังประกอบไปด้วย ชนิดของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่และความลาดชันในพื้นที่ โดยกระบวนการเกิดน้ำท่าเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนมาก อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีแบบจำลองหลายชนิดที่สามารถนำไปใช้ในการประเมินน้ำท่า

แบบจำลอง NRCS-CN (The Natural Resources Conservation Service Curve Number) ซึ่งได้รับการพัฒนาจาก(SCS-CN) USDA-Soil Conservation Service, (SCS 1972) เป็นแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินปริมาณน้ำท่าจากฝนที่ตกลงมาสู่พื้นที่ลุ่มน้ำ โดยแบบจำลองจะใช้ข้อมูลชนิดของดิน สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลทางอุทกวิทยา และข้อมูลความชื้นก่อนหน้า โดยแบบจำลองมีข้อจำกัดคือความลาดชันของพื้นที่ของลุ่มน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 5% (Sharpley and Williams, 1990) โดยจากการศึกษาพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำและความลาดชันมีผลกระทบต่อ การไหลของน้ำท่าเป็นอย่างมาก (Haggard et al., 2002; Chaplot and Bissonnais, 2003; Akbarimehr and Naghdi, 2012)

นอกจากนี้เครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และสามารถใช้การบ่อนข้อมูลแบบพารามิเตอร์ซึ่งสามารถเรียกดูได้ง่ายแม้ในพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ โดยใช้ข้อมูลการตรวจสอบระยะไกล (Remote sensing data) เครื่องมือ GIS มีความสามารถในการเก็บข้อมูล การประมวลผล และวิเคราะห์



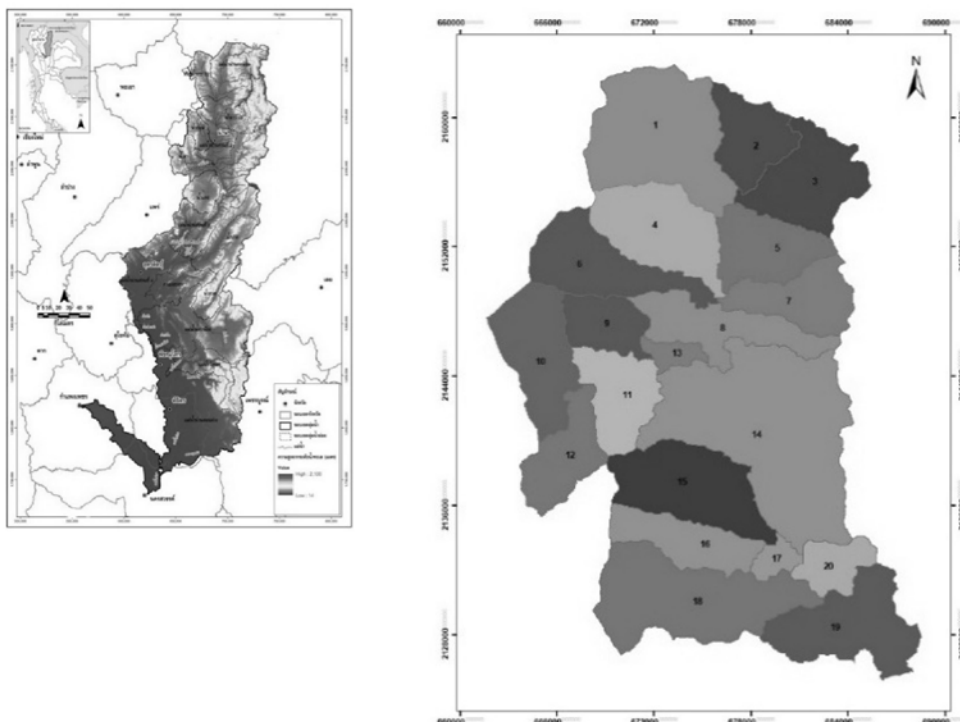
พื้นที่ที่มีความลาดชัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ในแบบจำลองทางอุทกวิทยาในการศึกษาครั้งนี้ได้หาแนวทางเพื่อประเมินผลกระทบของความลาดชันที่มีต่อศักยภาพการไหลของลุ่มน้ำยาวซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำ่าน โดยใช้แบบจำลอง NRCS-CN โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนในช่วงระยะเวลา พ.ศ. 2556 - 2560 จำนวน 5 ปี

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของความลาดชันที่มีผลต่อศักยภาพการไหลในลุ่มน้ำ
2. เพื่อหาปริมาณน้ำท่าในกรณีที่มีความลาดชันหลายค่า

พื้นที่ศึกษา

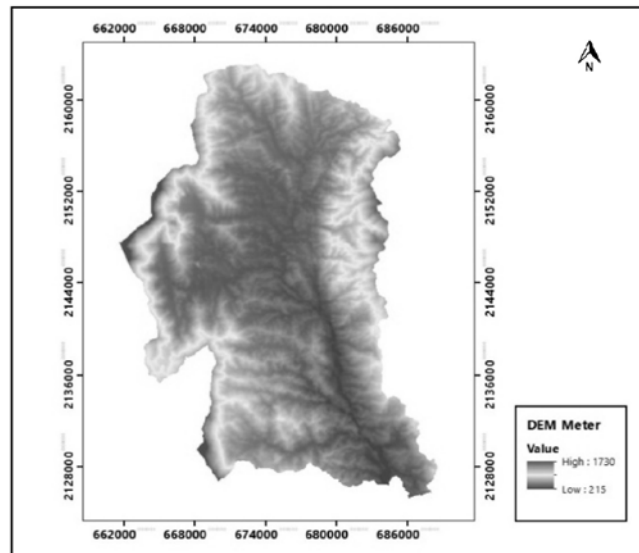
การศึกษาได้ศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำยาวซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำแม่น้ำยาวเป็นแม่น้ำสาขาที่ไหลลงสู่แม่น้ำ่าน ตั้งอยู่ประมาณ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $19^{\circ} 13' 47''$ เหนือเส้นแวงที่ $100^{\circ} 45' 26''$ ตะวันออกมีสถานี 28017 เป็นสถานีวัดน้ำฝนซึ่งลุ่มน้ำยาวส่วนบนมีพื้นที่ประมาณ 623 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1



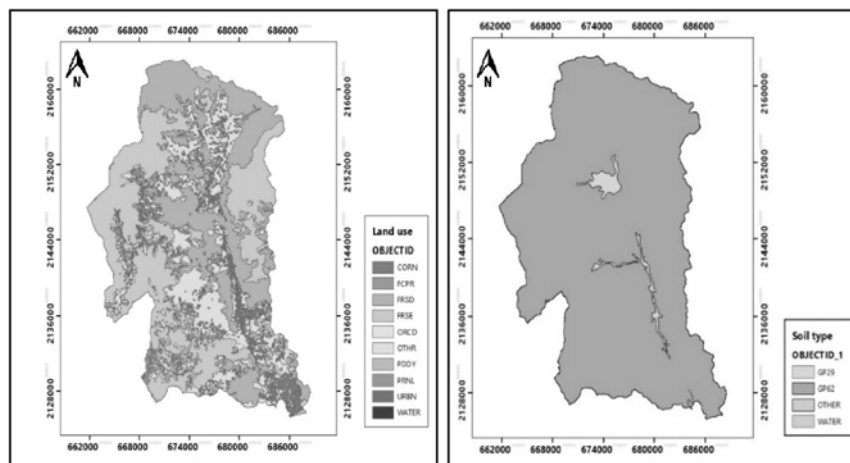
ภาพที่ 1 ตำแหน่งพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ตารางที่ 1 ร้อยละของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและชนิดของดิน

Landuse class	Cover (%)	Soil type	Cover (%)
CORN (พืชไร่)	3.44	GP29	4.52
FCRP (ไร่ร้าง)	0.25	GP62	95.10
FRSD (ป่าผลัดใบ)	30.32	OTHER	0.13
FRSE (ป่าสงวน)	31.59	WATER	0.26
ORCD (พืชสวน)	4.08		
OTHR (ไร่หมุนเวียน)	23.95		
PDDY (ทุ่งหญ้า)	1.40		
PNRL (พืชสวน)	3.82		
URBN (ชุมชนเมือง)	0.89		
WATER(น้ำ)	0.26		



ภาพที่ 2 แผนที่ระดับความสูงเชิงเลขเนพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและชนิดของดินในพื้นที่ศึกษา



1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

พารามิเตอร์การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Lane Use/Land Cover) มีผลกระทบต่อปริมาณการไหลในวิธี NRCS-CN (Dunjóet al., 2004) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงมีผลกระทบต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน (Bronstert et al., 1999) ดังนั้นความน่าเชื่อถือของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงจำเป็นสำหรับการประเมินน้ำท่าที่ถูกต้องโดยใช้วิธีการ NRCS-CN ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำยาวส่วนบนโดยส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ป่าสงวนรองลงมาคือพื้นที่ป่าผลัดใบมีพื้นที่รวม 385 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 61.91 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และมีพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำเพียง 1.62 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.26 ของพื้นที่ลุ่มน้ำดังแสดงในภาพที่ 3 และตารางที่ 1

1.2 สภาพทางธรณีวิทยา

จากข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยาวของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2544 พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำยาวมี 2 กลุ่มชุดดิน คือกลุ่มชุดดิน 62 และกลุ่มชุดดิน 29 โดยกลุ่มชุดดินที่มากที่สุด คือ กลุ่มชุดดินที่ 62 เป็นพื้นที่ร้อยละ 95.10 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นพื้นที่ลาดชันเชิงชันที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์รองลงมาคือกลุ่มชุดดินที่ 29 พื้นที่ร้อยละ 4.52 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 3 และตารางที่ 1

แบบจำลอง NRCS-CN method

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการใช้วิธีการของ NRCS-CN เพื่อประเมินน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำโดยวิธีการ NRCS-CN ขึ้นอยู่กับความสมดุลของน้ำซึ่งสามารถแสดงได้ตามลำดับดังต่อไปนี้ (SCS, 1972)

$$P = Ia + F + Q \tag{1}$$

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - Ia} \tag{2}$$

$$Ia = \lambda S \tag{3}$$

เมื่อ P คือน้ำฝน (Precipitation) (mm), Q คือน้ำท่า (Direct Runoff) (mm), Ia คือ ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (Initial abstraction) (mm), F คือปริมาณการสูญเสียต่อเนื่อง (Continuing Abstraction) (mm), S คือปริมาณการเก็บกักสูงสุด(Potential Maximum Retention) (mm), λ คือ อัตราส่วนการสูญเสียเริ่มต้นเมื่อน้ำสมการ (1), (2) และ (3) รวมกันจะได้ สมการ (4)

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)} \quad (4)$$

โดยที่ $S = \frac{25400}{CN} - 254$ หน่วยเป็น มม. (5)

ค่า CN คือหมายเลขโด่งน้ำท่าซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพความชื้นก่อนหน้า (AMC, Antecedent Moisture Content) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น AMC-I, AMC-II และ AMC-III ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า AMC เพื่อกำหนดค่า CN

AMC	ปริมาณฝนสะสมก่อนหน้า 5 วัน (มม.)	
	ไม่อยู่ในช่วงมรสุม	อยู่ในช่วงมรสุม
AMC-I	น้อยกว่า 12.5	น้อยกว่า 35
AMC-II	12.5– 27.5	35– 52.5
AMC-III	≥ 27.5	≥ 52.5

ที่มา: Chow et al. (1988)

ค่า CN จากประเมินปัจจัยพื้นที่ลุ่มน้ำจะได้เป็น CN_2 ใช้ในกรณีที่ AMC-II ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ที่ดินและชนิดของดินที่แตกต่างกัน (SCS, 1972) (Chow, 1988; Subramanya, 2008) ค่า CN จะอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 ซึ่งค่า CN โดยวิธีการ NRCS -CN จะไม่พิจารณาความลาดชัน นอกจากนี้ความลาดชันของพื้นที่เป็นพารามิเตอร์ได้รับการพิจารณาว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดการเคลื่อนที่ของน้ำท่า (El-Hassanin et al., 1993 Barros et al., 1999; Haggard et al., 2002; Chaplot and Bissonnais, 2003; Huang และคณะ, 2006) โดย Sharpley and Williams (1990) ได้แก้ปัญหาเกี่ยวกับความลาดชันและปรับค่าความลาดชันให้สัมพันธ์กับค่า CN โดยเรียกว่าค่า $CN_{2\alpha_{3\&W}}$ ดังนี้

$$CN_{2\alpha_{3\&W}} = \frac{1}{3}(CN_3 - CN_2)(1 - 2e^{-13.86\alpha}) + CN_2 \quad (6)$$

เมื่อ $CN_{2\alpha}$ การปรับความลาดชันจาก CN_2 โดย α (m/m) คือ ความลาดชันต่อมาได้มีการนำสมการไปศึกษาต่อ Huang et al. (2006) ได้นำเสนอสมการเกี่ยวกับหมายเลขโด่งน้ำท่าที่มีความลาดชันมาเกี่ยวข้องเรียกว่า $CN_{2\alpha_H}$ โดยค่าความลาดชันจะอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.4 ดังสมการ



$$CN_{2\alpha H} = CN_2 \frac{322.79 + 15.63(\alpha)}{\alpha + 323.52} \quad (7)$$

ค่า CN_2 และ CN_3 ในสูตรข้างต้นเป็น CN สำหรับ AMC-I และ AMC-III ตามลำดับเนื่องจากค่า AMC จะไม่คงสภาพเดิมทั้งลุ่มน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์ค่า AMC (I / II / III) โดยในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝน 28017 โดยใช้เครื่องมือ GIS ในการวิเคราะห์ในพื้นที่ 20 ลุ่มน้ำย่อย

การแปลงค่า CN_2 เป็น CN_1 และ CN_3 ตามสมการของ Sobhani (1975), Hawkins et al. (1985), Chow et al. (1988) และ Neitschet al. (2002) ดังตารางที่ 3 (Mishra et. al., 2008) เนื่องจากการกำหนดค่า CN มีความสำคัญมากในการประเมินน้ำท่า จึงมีข้อเสนอแนะว่าสมการ Sobhani (1975) เหมาะสำหรับหาค่า CN_1 ในขณะที่สมการ Hawkins et al. (1985) เหมาะสำหรับการหาค่า CN_3 โดยในปัจจุบันสมการของ Sobhani (1975) และ Hawkins et al. (1985) ได้รับความนิยมในการคำนวณ CN_1 และ CN_3 โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่า $\lambda = 0.2$ และประมาณน้ำท่าแต่ละลุ่มน้ำย่อยในแต่ละเหตุการณ์การเกิดฝนได้คำนวณโดยสมการ (4)

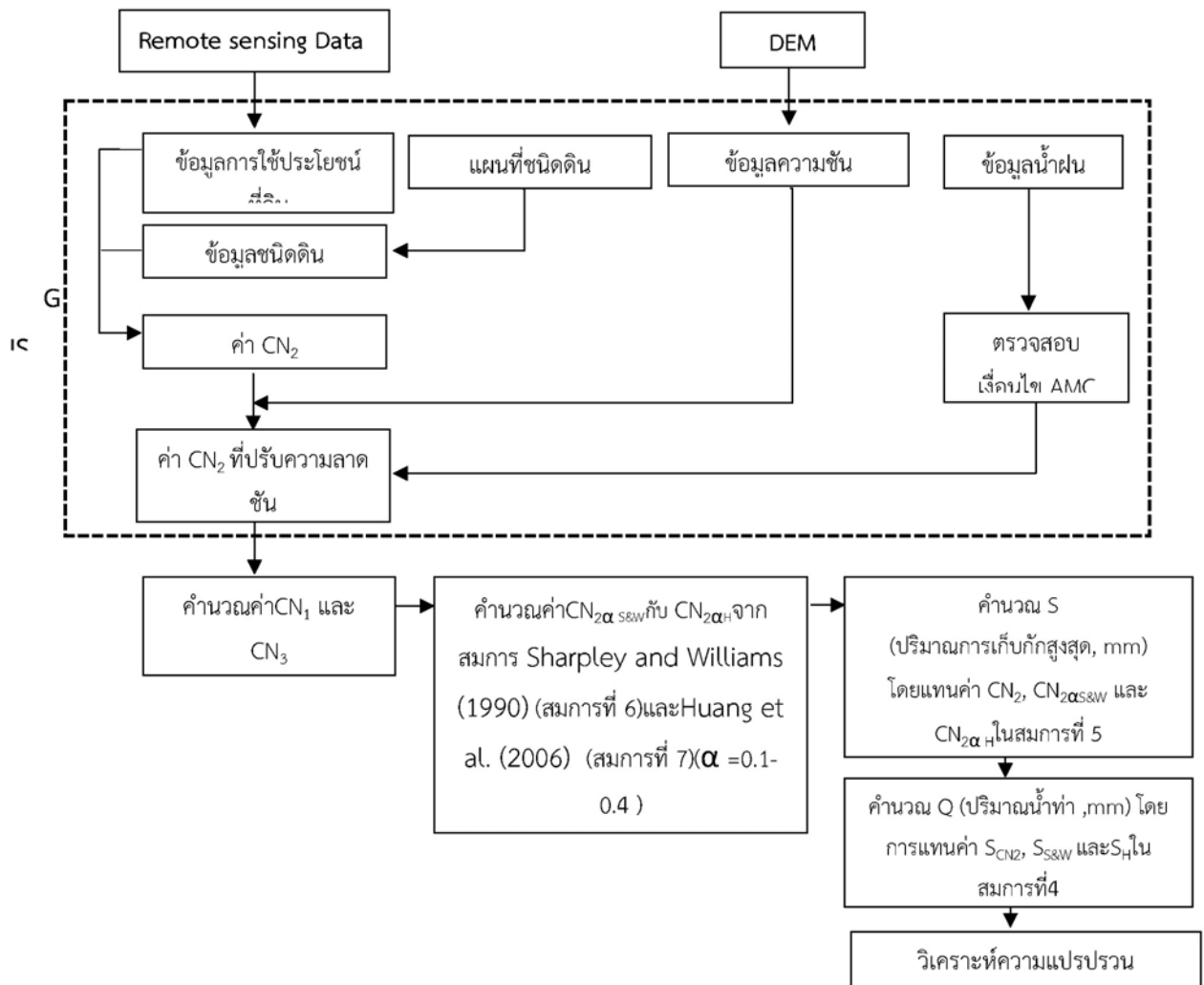
ตารางที่ 3 สมการแปลงค่า CN

Method	AMC-I	AMC-III
Sobhani (1975)	$CN_1 = \frac{CN_2}{2.334 - 0.01334CN_2}$	$CN_3 = \frac{CN_2}{0.4036 + 0.005964CN_2}$
Hawkins et al. (1985)	$CN_1 = \frac{CN_2}{2.281 - 0.01281CN_2}$	$CN_3 = \frac{CN_2}{0.427 + 0.00573CN_2}$
Chow et al. (1988)	$CN_1 = \frac{4.2CN_2}{10 - 0.058CN_2}$	$CN_3 = \frac{23CN_2}{10 - 0.013CN_2}$
Neitsch et al. (2002)	$CN_1 = CN_2 - \frac{20(100 - CN_2)}{\left\{ \begin{array}{l} 100 - CN_2 \\ + \exp \left[\begin{array}{l} 2.533 \\ - 0.0636(100 - CN_2) \end{array} \right] \end{array} \right\}}$	$CN_3 = CN_2 \exp \{0.00673 (100 - CN_2)\}$

ที่มา : Mishra et al. (2008)

วิธีการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจะใช้ข้อมูลชนิดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ เพื่อวิเคราะห์หาค่าหมายเลขโค้งน้ำท่า (Curve Number, CN) ที่เงื่อนไขความชื้นเริ่มต้นประเภทที่ 2 CN_{AMCII} (Antecedent Moisture Conditions) โดยใช้เครื่องมือ GIS ในการวิเคราะห์ข้อมูลและหาค่าถ่วงน้ำหนักต่อมานำค่า CN_2 ไปหาค่า CN_1 และ CN_3 โดยใช้ สมการของ Hawkins et al. (1985) และ Sobhani (1975) ตามลำดับ และนำค่า CN_1 CN_2 และ CN_3 ไปคำนวณหาค่า $CN_{2\alpha}$ โดยสมการของ Sharpley and Williams (1990) และ Huang et al. (2006) โดยค่า α คือ ความลาดชันของพื้นที่ ($\alpha = 0.1-0.4$) ต่อมานำค่าหมายเลขโค้งน้ำท่าที่แปรผันตามความลาดชันไปหาค่าศักยภาพในการเก็บกักสูงสุดเพื่อหาปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงาน



ผลการศึกษา

การประเมินศักยภาพการไหลของลุ่มน้ำยาวในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านโดยวิธีการ NRCS-CN มีพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยทั้งหมด 20 ลุ่มน้ำ ข้อมูลพารามิเตอร์ที่นำเข้าโดยใช้การตรวจสอบระยะไกล ได้แก่ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดดิน ข้อมูลความสูงเชิงเลข และข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ โดยคำนวณค่า CN_2 , CN_1 และ CN_3 ซึ่งจะปรับค่าความลาดชันตามพื้นที่ ในการคำนวณปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำย่อยมีความสอดคล้องกับเหตุการณ์ฝนตก

ในการดำเนินการคือกำหนดค่า CN_2 ที่มีความลาดชันในช่วง 0.1 ถึง 0.4 ดังแสดงในตารางที่ 4 และหาค่าปริมาณการเก็บกักสูงสุดในแต่ละลุ่มน้ำย่อยดังแสดงในตารางที่ 5 เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของความลาดชันที่มีผลต่อศักยภาพการไหลของน้ำท่าโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ทดสอบระหว่างค่าปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณทั้ง 3 สมการ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างค่า CN_2 ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย เนื่องจาก $F_{cal}=18.907$ พบว่ามากกว่า $F_{crit}=1.853$ และ $P\text{-value} = 2.5E-14$ น้อยกว่าค่านัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 4 CN_2 , $CN_{2\alpha}$ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

SW no.	Area (km ²)	CN_2	$CN_{2\alpha S\&W}$ equation (6)	$CN_{2\alpha H}$ equation (7)	SW no.	Area (km ²)	CN_2	$CN_{2\alpha S\&W}$ equation (6)	$CN_{2\alpha H}$ equation (7)
1	58	71	76	72	11	24	66	71	66
2	21	71	76	72	12	22	78	82	79
3	31	71	76	72	13	5	78	81	78
4	36	74	78	75	14	99	66	71	67
5	25	66	71	68	15	39	88	90	89
6	32	66	71	68	16	22	78	82	79
7	23	70	75	72	17	5	77	81	77
8	28	74	78	74	18	55	81	84	83
9	17	79	82	79	19	37	81	84	81
10	32	70	75	71	20	12	78	82	78

หมายเหตุ: SW คือ ลุ่มน้ำย่อย

ตารางที่ 5 ปริมาณการเก็บกักสูงสุดในแต่ละลุ่มน้ำย่อย

SW no.	S _{CN2}	S _{S&W}	S _H	SW no.	S _{CN2}	S _{S&W}	S _H
1	103.75	81.47	99.75	11	130.85	102.22	128.26
2	103.75	81.47	100.07	12	71.64	56.70	68.00
3	103.75	81.46	98.18	13	71.64	57.88	70.91
4	89.24	70.32	85.71	14	130.85	102.14	127.06
5	130.85	102.13	121.19	15	34.64	27.73	32.69
6	130.85	102.13	120.70	16	71.64	56.70	68.15
7	108.86	85.37	97.29	17	75.87	60.64	74.83
8	89.24	71.80	88.47	18	59.58	47.31	52.93
9	67.52	54.60	66.79	19	59.58	48.28	58.87
10	108.86	85.37	103.21	20	71.64	56.94	70.17

ตารางที่ 6 ANOVA ของค่า CN₂, CN_{2S&W} และ CN_{2H}

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F _{crit}
Between Groups	1889.435	19	99.443	18.907	2.5E-14	1.853
Within Groups	210.3766	40	5.259			
Total	2099.812	59				

การไหลของน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำย่อยประเมินโดยใช้ CN₂, CN₂ และปริมาณฝน โดยปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 2556-2560 ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยมีค่าเท่ากับ 1,488 มม. 1,557 มม. 1,261 มม. 1,698 และ 1,562 มม. ตามลำดับจากการคำนวณ QT จาก NRCS-CN, Sharpley and Williams (1990), Q_{S&W} และ Huang et al (2006), Q_H แสดงไว้ในตารางที่ 7 ผลการทดสอบ ANOVA ของปริมาณน้ำท่าพบว่าน้ำท่ารายปีในแต่ละลุ่มน้ำย่อยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ F_{cal} = 17.053 มากกว่า F_{crit} = 1.853 และค่า P = 5.23E-04 น้อยกว่าค่านัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) แสดงในตารางที่ 8



ตารางที่ 7 ปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำย่อย

SW no.	Rainfall (mm)	Estimated runoff (mm)			SW no.	Rainfall (mm)	Estimated runoff (mm)		
		Q _T	Q _{S&W}	Q _H			Q _T	Q _{S&W}	Q _H
1	162	81.4	93.5	83.5	11	162	69.2	82.2	70.3
2	162	81.4	93.5	83.3	12	162	99.4	109.5	101.8
3	162	81.4	93.5	84.3	13	162	99.4	108.6	99.9
4	162	89.0	100.3	91.0	14	162	69.2	82.2	70.8
5	162	69.2	82.2	73.3	15	162	126.8	132.9	128.5
6	162	69.2	82.2	73.5	16	162	99.4	109.5	101.7
7	162	78.9	91.2	84.7	17	162	96.8	106.7	97.4
8	162	89.0	99.3	89.5	18	162	107.4	116.4	112.2
9	162	102.1	111.0	102.6	19	162	107.4	115.7	107.9
10	162	78.9	91.2	81.7	20	162	99.4	109.3	100.4

ตารางที่ 8 ANOVA ของปริมาณน้ำท่า

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F _{crit}
Between Groups	44490.04	19	99.443	17.053	1.45E-13	1.853
Within Groups	5492.59	40	5.259			
Total	49982.63	59				

สรุปผลการศึกษา

การประเมินผลกระทบของความลาดชัน ที่มีผลต่อศักยภาพน้ำท่าของลุ่มน้ำยาว โดยวิธีการ NRCS-CN มีการแก้ไขความลาดชันตามสภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์ พบว่าความลาดชันส่งผลกระทบต่อ การประเมินการไหลของน้ำท่า หากในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากจะทำให้เกิดปริมาณน้ำท่ามากขึ้นและหากพื้นที่ มีความลาดชันน้อยปริมาณน้ำท่าก็จะลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ค่า ANOVA ของ ปริมาณน้ำท่าแสดงให้เห็นค่า P-Value ในวิธีการ Q_T, Sharpley and Williams และ Huang ต่ำกว่า 0.05 นอกจากนี้การคำนวณปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำย่อยโดยวิธี NRCS-CN แล้วยังสามารถปรับใช้กับ สมการของ Sharpley and Williams และ Huang จากการศึกษาพบว่าวิธีการ NRCS-CN เป็นวิธีการ ที่ง่ายและคำนึงถึงพารามิเตอร์อย่างครอบคลุม

เอกสารอ้างอิง

- Akbarimehr, M. and Naghdi, R. (2012) 'Assessing the relationship of slope and runoff volume on skid trails (case study: Nav 3 district)', *Journal of Forest Science*, Vol. 58, No. 8, pp.357-362.
- Barros, A.P., Knapton, D., Wang, M.C. and Kuo, C.Y. (1999) 'Runoff in shallow soils under laboratory conditions', *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 4, No. 1, pp.28-37.
- Bronstert, A., B?rger, G., Heidenreich, M., Katzenmaier, D. and K?hler, B. (1999) 'Effects of climate change influencing storm runoff generation: Basic considerations and a pilot study in Germany', *Proceedings of the 2nd International RIBAMOD Workshop*, Wallingford, 26-27 February 1998, pp.325-340.
- Chaplot, V.A.M. and Bissonnais, Y.L. (2003) 'Runoff features for interrill erosion at different rainfall intensities, slope lengths, and gradients in an agricultural loessial hill slope', *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 67, pp.844-851.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W. (1988) *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York.
- Dunj?, G., Pardini, G. and Gispert, M. (2004) 'The role of land use-land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment', *Journal of Arid Environments*, Vol. 57, No. 2, pp.239-256.
- El-Hassanin, A.S., Labib, T.M. and Gaber, E.I. (1993) 'Effect of vegetation cover and land slope on runoff and soil losses from the watersheds of Burundi', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 43, Nos. 3-4, pp.301-308.
- Haggard, B.E., Moore, P.A., Delaune, P.B., Smith, D.R., Formica, S., Kleinman, P.J. and Daniel, T.C. (2002) 'Effect of slope, grazing and aeration on pasture hydrology', *Proceedings of ASAE Annual International Meeting/CIGR XVth World Congress*, Hyatt Regency, Chicago, IL, USA, Paper Number 022156.
- Hawkins, R.H., Hjelmfelt Jr., A.T. and Zevenbergen, A.W. (1985) 'Runoff probability, storm depth and curve numbers', *Journal of Irrigation and Drainage Engineering (ASCE)*, Vol. 111, No. 4, pp.330-340.



- Huang, H., Gallichand, J., Wang, Z. and Goulet, M. (2006) 'A modification to the soil conservation services curve number method for steep slopes in the Loess Plateau of China', *Hydrological Processes*, Vol. 20, No. 3, pp.579-589.
- Mishra, S.K., Jain, M.K., Suresh Babu, P., Venugopal, K. and Kaliappan, S. (2008) 'Comparison of AMC-dependent CN-conversion formulae', *Water Resources Management*, Vol. 22, No. 10, pp.1409-1420.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R. and King, K.W. (2002) *Soil and Water Assessment Tool (SWAT): Theoretical Documentation, Version 2000*, Texas Water Resources Institute, College Station, TX, TWRI Report TR - 191.
- Sharpley, A.N. and Williams, J.R. (1990) *EPIC - Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation*, US Department of Agriculture Technical Bulletin No. 1768, US Government Printing Office, Washington, DC.
- Soil Conservation Service (SCS) (1972) *SCS National Engineerin Handbook, Section 4. Hydrology*. Soil Conservation Service, US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Subramanya, K. (2008) *Engineering Hydrology, 3rd ed.*, McGraw-Hill, New Delhi.



THAICID