

05

มูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจ ผลจาก
ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรต้นน้ำของเขื่อนภูมิพล :
หลักการและเหตุผลสำหรับการคุ้มครองธรรมชาติ
ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

VALUATION OF ECONOMIC LOSS FROM
THE DEGRADATION OF WATER RESOURCE
INPUT OF BHUMIPOL DAM: THE NEED FOR
NATURE STEWARDSHIP IN THE NORTHERN
THAILAND

นิพนธ์พันธ์ ศศิธร^a✉ สมพจน์ กรรณนุช^a และกฤษ เอี่ยมฐานนท์^b

^aคณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

^bสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Nipponpan Sasidhorn^a Sompote Kunnot^a and Krit Iemthanon^b

^aGraduate School of Environmental Development Administration, National Institute of Development Administration

^bOffice of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives

✉ K13sung_walk_alone@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทรัพยากรน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลในช่วงเวลาระหว่าง พ.ศ. 2540-2559 การวิเคราะห์ประกอบด้วยการจำลองแนวโน้ม การคำนวณปริมาณการเปลี่ยนแปลง และการประเมินมูลค่าของปริมาณการเปลี่ยนแปลง การศึกษาพบว่า ทรัพยากรน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลจากแม่น้ำปิงซึ่งมีต้นกำเนิดในภาคเหนือของประเทศไทย มีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องระหว่าง พ.ศ. 2540-2549 และมีความเสื่อมโทรมลงอย่างต่อเนื่องระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 มูลค่าทางเศรษฐกิจของความสูญเสียทรัพยากรน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลซึ่งประมาณการจากการจำลองเส้นแนวโน้มระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 คิดเป็นมูลค่าระหว่าง 166,594.7 - 233,155.48 ล้านบาท สารสนเทศมูลค่าทางเศรษฐกิจของความสูญเสียดังกล่าว จึงให้หลักการและเหตุผลสำหรับการจัดโปรแกรมการลงทุนเพื่อคุ้มครองธรรมชาติในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย โดยมีผลประโยชน์ตอบแทนการลงทุนใช้จ่ายสาธารณะประเมินจากการพลิกความสูญเสียทางเศรษฐกิจกลับเป็นผลได้ทางเศรษฐกิจจากการคืนสภาพความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล

คำสำคัญ : ทรัพยากรน้ำ มูลค่าทางเศรษฐกิจ เขื่อนภูมิพล การลงทุนเพื่อคุ้มครองธรรมชาติ

Abstract

This research aimed to provide an analysis for the change in the quantity of water resource input of Bhumibol Dam over the period between 1997- 2016. The analysis involved the trend simulation, the computation of the quantity of the changes, and the valuation of the quantity of the changes. The study findings revealed that the water resource input of Bhumibol Dam, drawn from the Ping River originated from the northern part of Thailand, had been increasingly enriched between 1997-2006 but experienced continuous degradation between 2007-2016. The economic value of the loss of water resource input into Bhumibol Dam between 2007-2016 was estimated, based on the trend simulation, to range between 166,594.7 and 233,155.48 million baht. This valuation of the economic loss provided the useful information to justify the investment program for nature stewardship in the north of Thailand. The return benefit of the public investment was assessed from the reverse of such economic loss into economic gain by the enriched water resource input of Bhumibol Dam.

Keywords : Water resource, economic value, Bhumibol dam, investment for nature stewardship

บทนำ

องค์การสหประชาชาติริเริ่มให้มีวันน้ำแห่งโลก ในปี พ.ศ. 2536 ตรงกับวันที่ 22 มีนาคม ของทุกปี สำหรับงานวันน้ำแห่งโลก (UN Water, 2018) ในปี พ.ศ. 2560 พระสันตะปาปาฟรานซิส (Pope Francis) กล่าวเปิดงานวันน้ำแห่งโลก เชิญชวนให้ประชาคมโลกให้ความสนใจปัญหาวิกฤตน้ำจืด ใจความว่า วิกฤตน้ำจืดเป็นเรื่องพื้นฐานแต่เป็นเรื่องเร่งด่วน เพราะน้ำคือชีวิต น้ำส่งผลให้เกิดความรุ่งเรืองและความก้าวหน้า การแก้ปัญหาวิกฤตน้ำ จึงเป็นเรื่องเร่งด่วน (World Economic Forum, 2017)

การศึกษาวิวัฒนาการทางความคิด การตระหนักในความสำคัญ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทรัพยากรน้ำในระยะเวลา 20 ปี จากรายงานการศึกษาในเชิงสังคมเรื่อง Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth (Vörösmarty *et al.*, 2000) กล่าวว่า การประเมินสถานการณ์อุปทานน้ำจืดทำได้ยากท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงทางภูมิศาสตร์ของอุปทานและอุปสงค์น้ำที่มีลักษณะซับซ้อน การจำลองเหตุการณ์ในเชิงการคำนวณโดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศที่ผสมผสานหลักการบัญชีน้ำ สารสนเทศด้านเศรษฐกิจสังคม และแผนภูมิแม่น้ำแสดงให้เห็นว่า ประชากรมนุษย์ของโลกที่เผชิญปัญหาน้ำแล้งมีสัดส่วนสูง และอุปสงค์น้ำจะเพิ่มขึ้นขีดความสามารถของอุปทานอย่างมากภายในปี พ.ศ. 2568 ในขณะที่การแก้ปัญหาผลกระทบของเศรษฐกิจของสังคมมนุษย์ต่ออุปทานน้ำยังคงมีความซับซ้อน

รายงานของ UN-water (2009) เกี่ยวกับการพัฒนาน้ำของโลก โดยเน้นถึงน้ำในสถานะที่โลกมีการเปลี่ยนแปลง ให้ข้อสังเกตว่าการจัดการน้ำได้รับผลกระทบจากกระบวนการตัดสินใจที่อยู่นอกขอบเขตการควบคุมของสาขาเศรษฐกิจน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยขับเคลื่อนภายนอกที่มีลักษณะผันผวนนั้นคาดเดายาก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงในเชิงประชากร การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจของโลก การเปลี่ยนแปลงค่านิยมทางสังคมและพฤติกรรมของสังคม นวัตกรรมทางเทคโนโลยีกฎหมาย ประเพณี และระบบการเงิน ปัจจัยเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และรายงานนี้มีความเห็นว่าการกระบวนการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ที่อยู่นอกขอบเขตสาขาเศรษฐกิจน้ำ ได้แก่ การรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ความมั่นคงทางด้านอาหารและพลังงาน และการจัดการภัยพิบัติ ควรบูรณาการปัจจัยน้ำเข้าเป็นส่วนประกอบอีกด้วยปัญหาวิกฤตน้ำจืด (FAO, 2012) มีสาเหตุ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านอุปสงค์ที่มีปริมาณมากขึ้นตามจำนวนประชากรมนุษย์ซึ่งใช้น้ำทั้งจากแหล่งผิวดินและใต้ดินเพื่อการเกษตร การอุตสาหกรรม และภาคบริการของระบบเศรษฐกิจ เช่น การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำซึ่งเป็นวิธีการกำเนิดไฟฟ้าที่ปราศจากมลพิษ และด้านอุปทานที่มีปริมาณลดลงตามอัตราการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งต้นน้ำ การสูญเสียป่าไม้ในเขตภูเขาสูงซึ่งมีบทบาทดึงดูดเมฆและฝนเข้าสู่พื้นที่ ทำให้สูญเสียทรัพยากรน้ำทั้งในแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดิน

Ganter (2015) ได้กล่าวถึงวิกฤตน้ำจากหัวข้อข่าวเด่นรอบโลก ในปี พ.ศ. 2557 ประกอบด้วย (1) ความแห้งแล้งในเมืองแคลิฟอร์เนียส่งผลเป็นภาวะฉุกเฉินแห่งชาติในสหรัฐอเมริกา (2) การวิเคราะห์แบบใหม่ที่อธิบายการเชื่อมโยงระหว่างความแห้งแล้ง การบริหารจัดการน้ำ และสงครามกลางเมืองในซีเรีย (3) การตกลงด้านภูมิอากาศของประเทศสหรัฐอเมริกาและจีน ซึ่งรวมถึงการจัดหาน้ำและพลังงานด้วย (4) ปรากฏการณ์ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วของสาหร่าย (alga boom) ในน้ำทั้งในเมืองคูเหมิงและเมืองไทเลโดในประเทศจีนและประเทศสเปนตามลำดับ และ (5) การเกิดโรคระบาดทางน้ำ ซึ่งมีผู้เสียชีวิตจำนวนเกือบ 2 ล้านคน นอกจากนั้นในรายงานความเสี่ยงของโลกในปี 2559 (World Economic

Forum, 2016) ได้จัดอันดับ ปัญหาวิกฤตน้ำจืด เป็นความเสี่ยงอันดับที่ 3 รองจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และปัญหาการใช้อาวุธการทำลายล้างสูง ตามลำดับ วิกฤตน้ำของโลกปรากฏให้เห็นได้ (Boltz, 2017) จากจำนวนเมืองใหญ่ของโลกทั้งหมด ครึ่งหนึ่งมีปัญหาขาดแคลนน้ำ ประชากร 2 ใน 3 ของโลกเผชิญปัญหาน้ำแล้งทุกปี สาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ประชากรมนุษย์ที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น และการใช้น้ำในภาคการเกษตรเพิ่มขึ้น ประเมินได้ว่าวิกฤตน้ำของโลกจะมีความรุนแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งคาดว่าอุปสงค์ส่วนเกินจะมีมากถึงร้อยละ 40 ในระยะเวลา 15 ปีในอนาคต

การศึกษาในเชิงกายภาพเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำในอดีตนั้นจะศึกษาในแยกส่วนกันระหว่างแต่ละองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อม ซึ่งสรุปว่าการสูญเสียป่าไม้เป็นสาเหตุให้แม่น้ำมีปริมาณน้ำมาก เช่น การศึกษาของ Costa & Foley (1997) เรื่อง Water balance of the Amazon Basin: Dependence on vegetation cover and canopy conductance และการศึกษาของ Li *et al.* (2007) เรื่อง Modeling the hydrological impact of land-use change in West Africa ซึ่งลักษณะเช่นนี้เป็นปรากฏการณ์ในระยะสั้นในช่วงที่มีฝนตก ในเวลาต่อมา มีการศึกษาของ Stickler *et al.* (2013) อธิบายถึงความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณน้ำที่ไหลออกสู่แม่น้ำ ว่าเกิดจากความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้ โดยปริมาณน้ำที่ไหลออกสู่แม่น้ำเป็นส่วนต่างของปริมาณฝนตกกับการคายระเหย ซึ่งการคายระเหยนั้นเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวให้กลายเป็นไอ โดยการคายระเหยจะประกอบด้วย 2 ส่วนรวมกัน ได้แก่ 1) การระเหยน้ำ (evaporation) หมายถึง การสูญเสียจากผิวน้ำหรือจากผิวดินโดยตรง 2) กระบวนการคายน้ำของพืช (transpiration) นอกจากนี้การศึกษาของ Bonan *et al.* (2004) ได้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของระบบนิเวศบนแผ่นดินต่อภูมิอากาศ ซึ่งเกิดจากการแลกเปลี่ยนพลังงาน น้ำ การเคลื่อนที่ของสสารและของน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ ในบรรยากาศ ทำให้การเปลี่ยนแปลงของพืชคลุมดิน และเป็นปัจจัยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดังจะเห็นจากพยากรณ์ว่าแนวโน้มการสูญเสียป่าไม้ในเขตป่าเมซอนระหว่างช่วงเวลาที่ศึกษานั้น ส่งผลให้ปริมาณฝนในปี พ.ศ. 2593 ลดลงร้อยละ 12 ในฤดูฝนและลดลงร้อยละ 21 ในฤดูแล้ง (Spracklen *et al.*, 2012)

การศึกษาของ Bonan *et al.* (2004) และ Stickler *et al.* (2013) ได้อธิบายกระบวนการทางธรรมชาติว่าแม้ป่าไม้ใช้และเก็บน้ำในปริมาณมาก แต่มีการสูญเสียจากผิวน้ำหรือจากผิวดินโดยตรงน้อย เพราะความหนาแน่นของพืชที่ปกคลุมพื้นที่ป่าไม้สามารถเก็บรักษาความชุ่มชื้นได้มาก จึงมีความต้องการใช้น้ำในปริมาณน้อย เกิดเป็นน้ำส่วนเกินไหลออกสู่แม่น้ำในปริมาณมากกว่ากรณีสูญเสียป่าไม้และพืชคลุมดิน สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน จากการหาปริมาณน้ำที่ไหลออกสู่แม่น้ำเปรียบเทียบกับกรณีมีป่าไม้คลุมดินกับกรณีที่ไม่มีป่าไม้คลุมดิน ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายสาเหตุที่มีรายงานการศึกษาซึ่งสังเกตเห็นว่าในกรณีป่าไม้อุดมสมบูรณ์น้ำที่ไหลออกสู่แม่น้ำมีปริมาณน้อย (รายการที่ 4) เพราะพืชใช้น้ำในปริมาณมาก (รายการที่ 2) และสูญเสียบางส่วนในกระบวนการคายระเหย (รายการที่ 3) แต่ความถี่ของฝนตกในรอบปีซึ่งได้รับอิทธิพลจากระบบนิเวศบนแผ่นดินที่มีมาก (รายการที่ 5) ทำให้มีปริมาณน้ำที่ไหลออกสู่แม่น้ำมากในกรณีมีป่าไม้คลุมดิน ป่าไม้จึงมีบทบาทป้องกันน้ำท่วมเพราะน้ำที่ไหลออกสู่แม่น้ำมีปริมาณน้อย และในขณะเดียวกันเป็นโรงงานผลิตน้ำจืดขนาดใหญ่เพราะความถี่ของฝนตกในรอบปีซึ่งได้รับอิทธิพลจากระบบนิเวศบนแผ่นดินที่มีมาก

ตารางที่ 1 แบบสาริตปริมาณน้ำที่ไหลออกสู่แม่น้ำ เปรียบเทียบกรณีมีป่าไม้คลุมดินกับกรณีไม่มีป่าไม้คลุมดิน

รายการ	ปัจจัย	กรณีมีป่าไม้ คลุมดิน	กรณีไม่มีป่าไม้ คลุมดิน
1	ปริมาณฝนตก (Precipitation) ร้อยละ	100	100
2	พืชใช้น้ำ ร้อยละ	20	0
3	การคายระเหย (Evapotranspiration: ET) ร้อยละ	5	20
4	ปริมาณน้ำที่ไหลออกสู่แม่น้ำ (River discharge) ร้อยละ = 1 - 2 - 3	75	80
5	ความถี่ของฝนตกในรอบปีจากอิทธิพลของระบบนิเวศบนแผ่นดิน (หน่วย)	100	50
6	ปริมาณน้ำที่ไหลออกสู่แม่น้ำในรอบปี (Whole year river discharge) ร้อยละ = 4 x 5 (หน่วย)	7,500	4,000

การจัดการทรัพยากรน้ำครอบคลุมด้านอุปสงค์และด้านอุปทาน (Apipattanavis *et al.*, 2018) การจัดการด้านอุปสงค์มีจุดมุ่งหมายเพื่อยกระดับประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรน้ำ แสวงหาวิธีประหยัดน้ำ และการหมุนเวียนน้ำใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ สำหรับการจัดการด้านอุปทานน้ำมีจุดมุ่งหมายเพื่อการอนุรักษ์ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งต้นน้ำและป่าไม้ การศึกษากระบวนการทางธรรมชาติมีความสำคัญสำหรับการดำรงความอุดมสมบูรณ์ของอุปทานน้ำตามธรรมชาติ เพื่อให้เกิดสารสนเทศในการตัดสินใจในเชิงนโยบายที่ทำให้สามารถอนุรักษ์แหล่งต้นน้ำให้เกิดปัจจัยกีดขวางกระบวนการของธรรมชาติในการผลิตน้ำให้เป็นทรัพยากรที่มนุษย์ไม่ต้องลงทุนสำหรับการให้บริการขั้นพื้นฐานที่มนุษย์ทุกกลุ่มเข้าถึงได้ เพื่อนำไปสู่การออกแบบกระบวนการทางเศรษฐกิจที่จะใช้เป็นเครื่องมือกำกับและควบคุมความอุดมสมบูรณ์ของอุปทานทรัพยากรน้ำ

การตัดสินใจในเชิงนโยบายโดยทั่วไปอ้างอิงกับการวิเคราะห์ผลกำไรของการลงทุน (Nyborg, 1996) ซึ่งเกิดจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลประโยชน์กับต้นทุนของโครงการ (benefit-cost analysis) ผลกำไรของการลงทุนใช้เป็นหลักการและเหตุผลสนับสนุนโครงการ การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลประโยชน์กับต้นทุนของโครงการสำหรับการลงทุนของรัฐ (World Bank, 2010) โดยทั่วไปมีเนื้อหาครอบคลุมผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการทั้งด้านการเงินและทางด้านอื่นๆที่มีลักษณะสาธารณะ ประโยชน์ทางอ้อม และประโยชน์ในเชิงนามธรรม ทำให้มีความต้องการข้อมูลด้านต่างๆอย่างกว้างขวาง จึงมีลักษณะซับซ้อนมากกว่า การวิเคราะห์การลงทุนของรัฐกิจเอกชนซึ่งมีขอบเขตครอบคลุมเฉพาะด้านการเงิน ความสมบูรณ์ของการวิเคราะห์โครงการของรัฐจึงทำได้ยาก และมักครอบคลุมข้อมูลเฉพาะที่รวบรวมได้และประเมินเป็นมูลค่าได้ การตัดสินใจในเชิงนโยบายเกี่ยวกับโครงการสิ่งแวดล้อม มีการดำเนินการประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลด้านผลประโยชน์และด้านต้นทุนทางการเงิน สิ่งแวดล้อม และสังคมสำหรับการวิเคราะห์โครงการ ซึ่งมีพัฒนาการของระเบียบวิธีอย่างต่อเนื่อง จึงมีลักษณะเป็นเทคโนโลยี (Tadaki *et al.*, 2017)

การศึกษานี้กำหนดขอบเขตของเนื้อหาเพื่อผลิตสารสนเทศเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุปทานน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลและประเมินเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ เป็นสารสนเทศด้านผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่ได้จากการอนุรักษ์แหล่งต้นน้ำใช้เป็นข้ออธิบายหลักการและเหตุผลสำหรับการตัดสินใจในเชิงนโยบายเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรน้ำ การประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่ได้จากการอนุรักษ์แหล่งต้นน้ำมีบทบาทเป็นข้อมูลของการวิเคราะห์โครงการ การสร้างความเชื่อมั่นในการออกแบบนโยบายและแผนให้มีความชัดเจนในการกำหนดขอบเขตของการใช้จ่ายและลงทุนสาธารณะเพื่อการอนุรักษ์แหล่งต้นน้ำเพื่อให้ได้กำไรทางการเงิน เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เป็นเครื่องบ่งชี้ความเร่งด่วน และเป็นเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจในระดับนโยบาย

ในประเทศไทย พบเขื่อนเอนกประสงค์ทั้งสิ้น 5 เขื่อน เรียงลำดับตามความจุของอ่างเก็บน้ำ (Thainews-online, 2018) ได้แก่ (1) เขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี (2) เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก (3) เขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ (4) เขื่อนวชิราลงกรณ์ จังหวัดกาญจนบุรี และ (5) เขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีปริมาณกักเก็บน้ำสูงสุด 17,745 ล้านลูกบาศก์เมตร 13,462 ล้านลูกบาศก์เมตร 9,510 ล้านลูกบาศก์เมตร 8,860 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 5,638 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ตั้งอยู่ในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งเป็นแหล่งน้ำหล่อเลี้ยงกรุงเทพมหานครและจังหวัดในภาคกลางของประเทศไทย เขื่อนภูมิพลมีกำลังการผลิตไฟฟ้า 779 เมกะวัตต์ นับเป็นเขื่อนที่มีกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด เปรียบเทียบกับเขื่อนศรีนครินทร์ 720 เมกะวัตต์ เขื่อนสิริกิติ์ 500 เมกะวัตต์ เขื่อนวชิราลงกรณ์ 300 เมกะวัตต์ และเขื่อนรัชชประภา 240 เมกะวัตต์ การศึกษานี้จึงศึกษาปริมาณน้ำของเขื่อนภูมิพลเนื่องจากมีความสำคัญต่อทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำที่สำคัญและการผลิตพลังงานที่สำคัญของประเทศไทย

วัตถุประสงค์

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทรัพยากรน้ำซึ่งมีอิทธิพลกับปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลในช่วงเวลา 20 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2540-2559 และการประเมินมูลค่าของผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่จะได้รับการลงทุนเพื่อคุ้มครองธรรมชาติในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยสำหรับการฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล

วิธีวิจัย

วิธีวิจัยประกอบด้วยการประมวลวรรณกรรมเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำและบทบาทของป่าไม้ การรวบรวมข้อมูลของหน่วยงานของรัฐด้านการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ทรัพยากรน้ำ และสถานการณ์ด้านป่าไม้ เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นสารสนเทศ และสังเคราะห์เป็นความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสองด้าน รวมถึงแสวงหาแนวทางในการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรน้ำ การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยวิธีสถิติ ได้แก่ (1) สมการถดถอยแบบกำลังสอง (quadratic regression) ซึ่งใช้คาดประมาณแนวโน้มของข้อมูลสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ซึ่งมีลักษณะสมการกำลังสอง (parabola equation) (2) สมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ (multiple linear regression) ใช้คาดประมาณแนวโน้มปริมาณฝนตกทั่วประเทศไทย

การวิเคราะห์เพื่อประมาณความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดจากความเสื่อมโทรมของปริมาณทรัพยากรน้ำที่ไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ประกอบด้วยวิธี แคลคูลัสเชิงปริพันธ์ (integral calculus) ใช้คำนวณส่วนต่างของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลที่เกิดจากผลการคาดประมาณแนวโน้มของข้อมูลสถิติปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ในกรณีปราศจากความเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำ และกรณีที่มีความเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำ ต่อจากนั้นคำนวณมูลค่าทางเศรษฐกิจของความเสียหายที่เกิดจากความเสื่อมโทรมของปริมาณทรัพยากรน้ำที่ไหลเข้าเขื่อนภูมิพล 2 เรื่อง ได้แก่ (1) มูลค่าความเสียหายของการผลิตไฟฟ้า จากผลคูณของราคาขายปลีกไฟฟ้ากับผลคาดประมาณความเสียหายของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล และ (2) มูลค่าความเสียหายของการผลิตน้ำประปา จากผลคูณของราคาขายปลีกน้ำประปากับผลคาดประมาณความเสียหายของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล โดยใช้ราคาขั้นต่ำและราคาขั้นสูง จากนั้นใช้ผลรวมของมูลค่าความเสียหายของการผลิตไฟฟ้าและมูลค่าความเสียหายของการผลิตน้ำประปา เป็นหลักการและเหตุผลสำหรับการประเมินเปรียบเทียบผลประโยชน์กับต้นทุนการคุ้มครองแหล่งต้นน้ำ เพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้า และการใช้น้ำเป็นวัตถุดิบของการผลิตน้ำประปาสำหรับกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และพื้นที่เมืองในจังหวัดปายน้ำ

การรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณประกอบด้วยข้อมูลทุติยภูมิประกอบด้วย (1) สถิติของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้แก่ ข้อมูลน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล (ล้านลูกบาศก์เมตร) น้ำปล่อยออกจากเขื่อนภูมิพล (ล้านลูกบาศก์เมตร) น้ำเก็บในเขื่อนภูมิพล (ล้านลูกบาศก์เมตร) และน้ำปล่อยออกสู่ธรรมชาติจากเขื่อนภูมิพล (ล้านลูกบาศก์เมตร) (2) ปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วประเทศ (มิลลิเมตร) รวบรวมจากสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยา (Hydro and Agro Informatics Institute, 2018)

การรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพใช้วิธีสัมภาษณ์โดยตรง สำหรับข้อมูลด้านป่าไม้จากการสัมภาษณ์บุคคลในกรมป่าไม้ และคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับข้อมูลด้านเขื่อนภูมิพลจากการสัมภาษณ์บุคคลในการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

ผลการศึกษา

แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นลำน้ำที่รวมแหล่งต้นน้ำ 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำปิง แม่น้ำวัง แม่น้ำยม และแม่น้ำน่าน ซึ่งบรรจบรวมที่จังหวัดนครสวรรค์ เขื่อนภูมิพล (Electricity Generating Authority of Thailand, 2018a) เป็นเขื่อนผลิตไฟฟ้าที่ใช้น้ำจากแม่น้ำปิงมีที่ตั้งในจังหวัดตาก และเขื่อนสิริกิติ์ (Electricity Generating Authority of Thailand, 2018b) เป็นเขื่อนผลิตไฟฟ้าที่ใช้น้ำจากแม่น้ำน่านมีที่ตั้งในจังหวัดอุตรดิตถ์ นอกจากนี้แหล่งต้นน้ำ 4 สายดังกล่าวแม่น้ำเจ้าพระยายังได้รับน้ำจากแม่น้ำป่าสักซึ่งบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แม่น้ำป่าสักมีเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ (Royal Irrigation Department, 2018) ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำซึ่งอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของกรมชลประทาน

ข้อมูลจำเพาะของเขื่อนภูมิพล

เขื่อนภูมิพลเป็นเขื่อนภายใต้การบริหารของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จากข้อมูลประชาสัมพันธ์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (Electricity Generating Authority of Thailand, 2018a) เขื่อนภูมิพล มีที่ตั้งอยู่ที่ 180/2 หมู่ 6 ตำบลสามเงา อำเภอสามเงา จังหวัดตาก เป็นเขื่อนคอนกรีตโค้งเพียงแห่งเดียวในประเทศไทย และเอเชียอาคเนย์ และเป็นอันดับ 8 ของโลกสร้างปิดกั้น ลำน้ำปิงที่บริเวณเขาแก้ว อำเภอสามเงา จังหวัดตาก และเป็นเขื่อนนอกประสงค์แห่งแรกของประเทศไทย เดิมชื่อเขื่อนยันฮี ต่อมาเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2500 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานพระปรมาภิไธย ให้เป็นชื่อว่าเขื่อนภูมิพล ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของเขื่อนภูมิพล ได้แก่ ตัวเขื่อนมีรัศมีความโค้ง 250 เมตร สูง 154 เมตร ยาว 468 เมตร ความกว้างของสันเขื่อน 6 เมตร อ่างเก็บน้ำสามารถรองรับน้ำได้สูงสุด 13,462 ล้านลูกบาศก์เมตร อาคารโรงไฟฟ้าได้ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ 1-2 กำลังผลิตเครื่องละ 70,000 กิโลวัตต์ ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ 3-6 กำลังผลิตเครื่องละ 70,000 กิโลวัตต์ และเครื่องที่ 7 กำลังผลิต 115,000 กิโลวัตต์ ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ 8 แบบสูบกลับ ขนาดกำลังผลิต 171,000 กิโลวัตต์ รวมกำลังการผลิตติดตั้งทั้งสิ้น 779.2 เมกะวัตต์

โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล มีหลักการผลิตกระแสไฟฟ้า ได้แก่ การใช้แรงดันน้ำในอ่างเก็บน้ำมาหมุนกังหันน้ำ ซึ่งเป็นตัวต้นกำลังต่อเชื่อมกับแกนหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งติดตั้งในแนวตั้ง ทำให้ปีกหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนตามด้วยความเร็วรอบที่เท่ากันกับกังหันน้ำในอัตรา 150 รอบต่อวินาที เมื่อปั่นไฟฟ้ากระแสตรงให้ขดลวดปีกหมุนจะเกิดสนามแม่เหล็กซึ่งหมุนตัดกับขดลวดที่อยู่กับที่ จึงเกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดที่อยู่กับที่ ที่ระดับ 13,800 โวลต์ และใช้หม้อแปลงยกระดับแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นไปที่ระดับ 230,000 โวลต์ เพื่อป้อนเข้าระบบไฟฟ้าของประเทศ

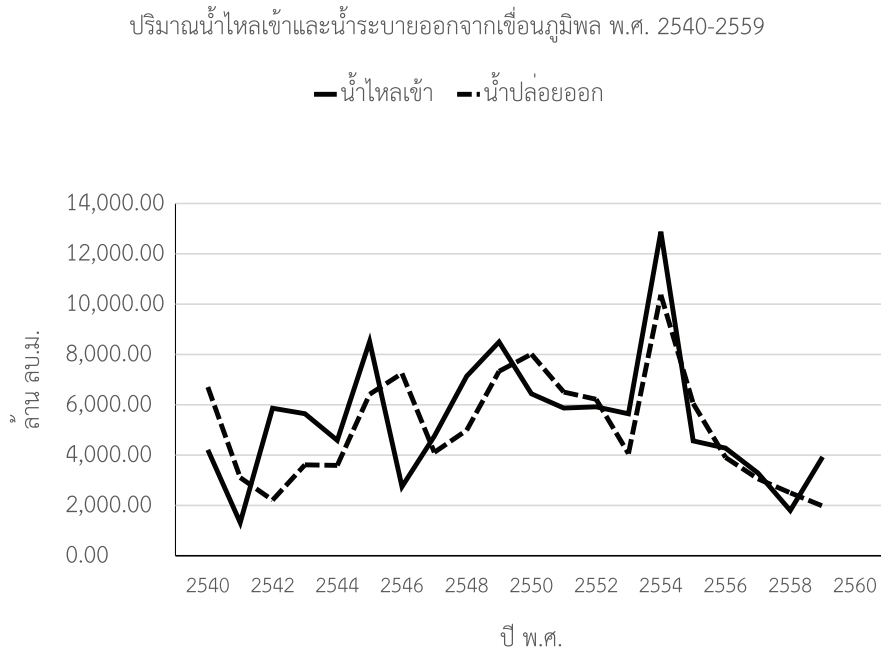
การเปลี่ยนแปลงปริมาณทรัพยากรน้ำของเขื่อนภูมิพล

สถิติน้ำไหลเข้า ปล่อยออก ปริมาณเก็บ และปล่อยออกสุทธิของเขื่อนภูมิพล พ.ศ. 2540-2559 ดังแสดงในตารางที่ 2 สำหรับปริมาณน้ำไหลเข้าและน้ำระบายออกจากเขื่อนภูมิพล พ.ศ. 2540-2559 แสดงในภาพที่ 1 ซึ่งทำให้เห็นได้ชัดว่าปริมาณน้ำไหลเข้ามีลักษณะผันผวน และปริมาณน้ำระบายออกจะต้องเคลื่อนไหวตามเพื่อการใช้ประโยชน์น้ำท้ายเขื่อน และการควบคุมระดับน้ำเก็บไว้ในอ่าง เช่น ในกรณีน้ำเข้าเขื่อนมีปริมาณมากในปี พ.ศ. 2554 จะต้องระบายออกในปริมาณมากเพื่อมิให้สะสมมากเกินไป สำหรับในกรณีน้ำเข้าเขื่อนมีปริมาณน้อยทำให้ปริมาณน้ำเก็บในเขื่อนมีน้อยตามไปด้วย เพื่อให้มีผลกระทบกับการใช้น้ำท้ายเขื่อนทั้งเพื่อการผลิตไฟฟ้า การเกษตร และการผลิตน้ำประปา ไม่มากเกินไป

ตารางที่ 2 น้ำไหลเข้า ปล่อยออก เก็บ และปล่อยออกสุทธิ ของเขื่อนภูมิพล

ปี พ.ศ.	น้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล (ล้าน ลบ.ม.)	น้ำปล่อยออกจาก เขื่อนภูมิพล(ล้าน ลบ.ม.)	น้ำเก็บในเขื่อนภูมิพล (ล้าน ลบ.ม.)	น้ำปล่อยออกสุทธิจาก เขื่อนภูมิพล (ล้าน ลบ.ม.)
2540	4,208.79	6,705.12	6,464.76	2,496.33
2541	1,317.66	3,107.67	4,340.95	1,790.01
2542	5,863.73	2,210.68	8,032.92	-3,653.05
2543	5,646.13	3,613.50	9,716.90	-2,032.63
2544	4,586.77	3,591.00	9,840.94	-995.77
2545	8,514.52	6,419.34	11,229.50	-2,095.18
2546	2,746.01	7,248.89	6,302.54	4,502.88
2547	4,752.46	4,109.83	6,515.98	-642.63
2548	7,136.52	4,988.74	8,606.47	-2,147.78
2549	8,496.72	7,332.09	9,695.90	-1,164.63
2550	6,437.79	8,014.05	7,566.17	1,576.26
2551	5,870.57	6,506.47	6,497.24	635.90
2552	5,918.56	6,218.89	5,455.22	300.33
2553	5,642.68	4,060.67	6,169.27	-1,582.01
2554	12,879.50	10,372.60	7,767.65	-2,506.90
2555	4,564.81	6,050.67	5,808.43	1,485.86
2556	4,278.44	3,907.49	5,676.40	-370.95
2557	3,290.12	3,058.72	5,538.51	-231.40
2558	1,799.41	2,501.37	4,927.40	701.96
2559	3,928.71	1,977.68	6,031.18	-1,951.03

ที่มา: Electricity Generating Authority of Thailand (2018a)



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำไหลเข้าและน้ำระบายออกจากเขื่อนภูมิพล พ.ศ. 2540-2559

ที่มา: Electricity Generating Authority of Thailand (2018a)

ภาพที่ 1 แสดงปริมาณน้ำไหลเข้าและน้ำระบายออกจากเขื่อนภูมิพล ในช่วงเวลา 20 ปี แม้ว่าจะเห็นได้ชัดว่าปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนมีลักษณะผันผวน แต่พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วง 10 ปีแรก ระหว่าง พ.ศ. 2540-2549 และมีแนวโน้มลดลงในช่วง 10 ปีหลัง ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 ซึ่งเป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบพาราโบลา (parabola) การจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลดังกล่าวสำหรับระยะเวลา 20 ปี ด้วยวิธีสถิติที่สามารถให้ความแม่นยำ ได้แก่ สมการถดถอยแบบกำลังสอง สำหรับการคาดประมาณแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลด้วยสมการกำลังสอง กำหนดให้ Q แทนปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล X_1 แทนหน่วยเวลาปี X_2 แทนตัวแปรหุ่น (dummy) ซึ่งทำหน้าที่ชี้บ่งชี้อิทธิพลของการหักเหของการคาดประมาณที่เกิดจากการแปรปรวนของข้อมูลผิดปกติ (outlier) ซึ่งเกิดจากเหตุการณ์พิเศษ ในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งมีปริมาณฝนตกมาก การคาดประมาณด้วยสมการถดถอยแบบกำลังสองซึ่งให้ความแม่นยำ R^2 ได้ร้อยละ 62.91 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ และค่าความเชื่อมั่นทางสถิติของตัวแปร แสดงใน สมการที่ 1

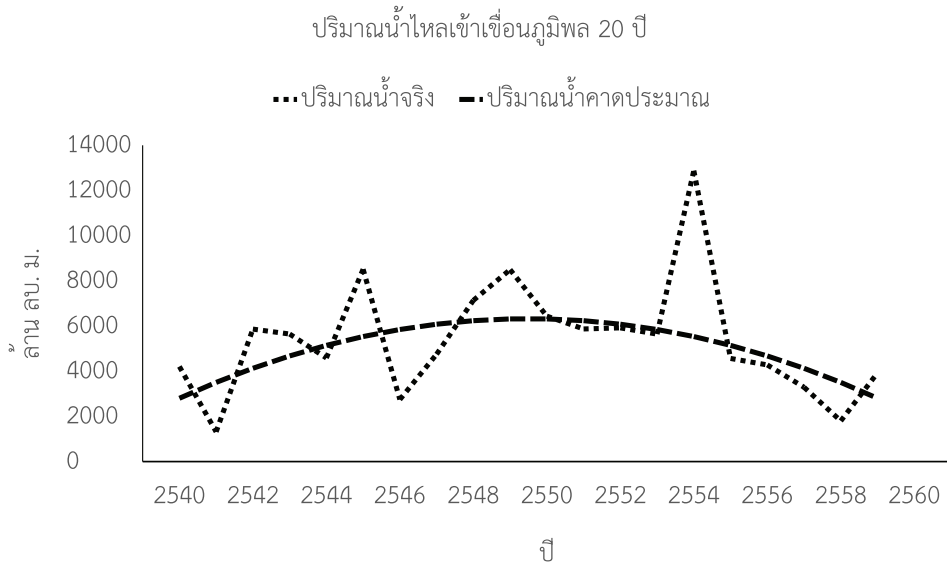
$$Q = 39.03(21X_1 - X_1^2) + 7345.42X_2 + 2021.63$$

(3.26) (4.51) (2.05)

$$R^2 = 0.6681, \bar{R}^2 = 0.6291$$

สมการที่ 1

ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลในกรณีเกิดความเสื่อมโทรม คือปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลที่มีระดับต่ำลงจากการจำลองด้วยสมการถดถอยแบบกำลังสอง ระยะเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 แสดงใน ภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล และปริมาณคาดการณ์ ระยะเวลา 20 ปี
ที่มา: Electricity Generating Authority of Thailand (2018a)

เพื่อจำแนกแนวโน้มปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนให้เห็นชัดเจนจึงนำข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) ทั่วประเทศ ระยะเวลา 22 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2537-2558 แสดงในภาพที่ 3 มาเปรียบเทียบ โดยการจำลองแนวโน้มด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ สำหรับปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วประเทศ โดยให้ PT แทนปริมาณฝนเฉลี่ย ทั่วประเทศ T แทนหน่วยเวลาปี D_1 แทนตัวแปรหุ่นสำหรับข้อมูลผิดปกติ (Dummy) ใช้เป็นตัวแทนเหตุการณ์พิเศษปี พ.ศ. 2540-2541 ซึ่งมีปริมาณฝนตกน้อย D_2 แทนตัวแปรหุ่นสำหรับข้อมูลผิดปกติ ใช้เป็นตัวแทนเหตุการณ์พิเศษปี พ.ศ. 2554 ซึ่งมีปริมาณฝนตกมาก และพบว่ามีค่าสถิติความเชื่อมั่นของสัมประสิทธิ์ที่แสดงให้เห็นแนวโน้มลดลงในอัตรา -10.81 มิลลิเมตรต่อปี โดยมีค่าความแม่นยำ $\bar{R}^2$ ร้อยละ 53 แสดงใน สมการที่ 2

$$PT = -10.81T - 223.67D_1 + 389.71D_2 + 1619.80$$

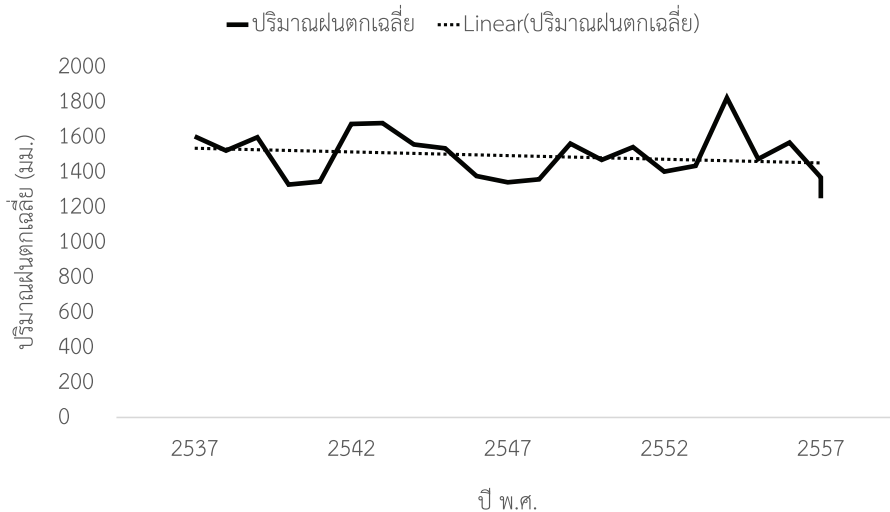
$$(-3.07) \quad (-3.08) \quad (3.96) \quad (34.29)$$

$$R^2 = 0.60, \bar{R}^2 = 0.53$$

สมการที่ 2

การเปรียบเทียบแนวโน้มปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนกับแนวโน้มปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วประเทศ พบว่ามีทิศทางเดียวกัน จึงทำให้เกิดข้อสันนิษฐาน 4 ประการ ได้แก่ (1) ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนมีอัตราลดลงเกิดจากปริมาณฝนตกลดลงซึ่งเป็นผลจากการสูญเสียป่าไม้ในเขตภาคเหนืออย่างต่อเนื่องทำให้มีปัจจัยดึงดูดฝนตกน้อยลง (2) ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนมีอัตราลดลงอย่างรวดเร็วเกิดจากการระเหยมีปริมาณมากในระหว่างเส้นทางจากต้นน้ำในเขตภาคเหนือตอนบนถึงเขื่อนภูมิพลในเขตภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งอาจจะเกิดจากการสูญเสียป่าไม้ในเขตภาคเหนืออย่างต่อเนื่อง (3) การใช้น้ำเพื่อการเกษตร การอุตสาหกรรม และการบริโภคของครัวเรือน

ในเขตภาคเหนือมีปริมาณเพิ่มขึ้น และ (4) สำหรับสาเหตุที่น้ำไหลเข้าเขื่อนมีปริมาณน้อยลง อาจเกิดจากการสูญเสียน้ำผิวดินเพื่อเติมให้กับน้ำใต้ดิน ที่มีปริมาณมากขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจ หลักฐานในการยืนยันข้อสันนิษฐานดังกล่าวกระทำได้ยาก เนื่องจากข้อจำกัดในด้านข้อมูล การศึกษานี้จึงใช้การเปรียบเทียบข้อมูลที่มีอยู่ได้แก่สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณทรัพยากรน้ำที่ไหลเข้าเขื่อนภูมิพลกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณป่าไม้ในเขตภาคเหนือซึ่งมีบทบาทเป็นโรงงานผลิตน้ำให้กับเขื่อนภูมิพล



ภาพที่ 3 ปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วประเทศ (มิลลิเมตร)
ที่มา: Hydro and Agro Informatics Institute (2018)

มูลค่าทางเศรษฐกิจของทรัพยากรน้ำ

การใช้ประโยชน์ทรัพยากรน้ำประกอบด้วย การเกษตร การอุตสาหกรรม การผลิตน้ำประปาเพื่อการบริโภค น้ำดื่ม น้ำใช้ของครัวเรือน และการผลิตไฟฟ้า

ผลการคาดประมาณด้วยสมการถดถอยแบบกำลังสอง เพื่อจำลองแนวโน้มปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล นำมาใช้ในการประเมินปริมาณสูญเสียทรัพยากรน้ำจากการประเมินบริพันธ์ของสมการจำลองแนวโน้มปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล เพื่อประเมินส่วนต่างของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลในกรณีปราศจากความเสื่อมโทรม กับกรณีเกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำ ประกอบด้วยวิธีคำนวณดังนี้

จากสมการที่ 1 ได้ สมการที่ 3

$$Q = 819.63X_1 - 39.03X_1^2 + 7,345.42X_2 + 2,021.63 \quad \text{สมการที่ 3}$$

การประเมินบริพันธ์ของสมการจำลองแนวโน้มปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล แสดงใน สมการที่ 4

$$\begin{aligned} \int_{11}^{20} (Q) dX_1 &= \frac{819.63}{2} X_1^2 - \frac{39.03}{3} X_1^3 + 2,021.63 X_1 & \text{สมการที่ 4} \\ &= \frac{819.63}{2} (10)^2 - \frac{39.03}{3} (10)^3 + 2,021.63(10) \end{aligned}$$

ได้ค่าคาดประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ได้แก่

$$= 40,981.5 - 13,010 + 20,216.3$$

$$= 48,187.8$$

สมการที่ 5 และ สมการที่ 6 จำลองแนวโน้มปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ประเมินค่าสูงสุดของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลจากอนุพันธ์ของสมการจำลองแนวโน้มปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล จากสมการที่ 3

$$\frac{\Delta Q}{\Delta X_1} = 819.63 - 78.06X_1 \quad \text{สมการที่ 5}$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta X_1} = 0$$

$$X_1 = \frac{819.63}{78.06} = 10.5$$

$$Q = 819.63(10.5) - 39.03(10.5)^2 + 2021.63 \quad \text{สมการที่ 6}$$

ได้ค่าสูงสุดของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล 6,324.68 หน่วย ดังแสดงรายละเอียดด้านล่าง

$$Q = 8,606.11 - 4,303.06 + 2,021.63$$

$$Q = 6,324.68$$

จึงสามารถคาดประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลระยะเวลา 10 ปี กรณีปราศจากความเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำ จากค่าสูงสุดของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ได้แก่ $6,324.68(10) = 63,246.8$ และสามารถคาดประมาณปริมาณความเสียหายของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลระยะเวลา 10 ปี จากส่วนต่างของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลระยะเวลา 10 ปี กรณีปราศจากความเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำ กับปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลระยะเวลา 10 ปี กรณีเกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำ ได้แก่ $63,246.8 - 48,187.8 = 15,059$ และสามารถคาดประมาณปริมาณความเสียหายของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลระยะเวลา 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 23.81 ของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลระยะเวลา 10 ปี กรณีปราศจากความเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำ

สำหรับในระบบเขื่อนผลิตไฟฟ้า น้ำที่ไหลผ่านเขื่อนให้ประโยชน์เบื้องต้นในการผลิตไฟฟ้าจึงนับเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจในขั้นที่ 1 น้ำที่ไหลผ่านระบบผลิตไฟฟ้าแล้วจ่ายไปให้การเกษตร การอุตสาหกรรม และการผลิตน้ำประปาเพื่อการบริโภคน้ำดื่ม น้ำใช้ของครัวเรือน เป็นการจัดสรรการใช้ประโยชน์ในขั้นที่ 2 ซึ่งอยู่ในสภาพแข่งขัน และมีอุปสงค์เพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ การขยายตัวของ ชุมชนเมือง ที่อยู่อาศัย รายรอบกิจการอุตสาหกรรมซึ่งมีบทบาทเป็นแหล่งงาน

ในการศึกษานี้ การประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจจำกัดให้ครอบคลุมเฉพาะการผลิตไฟฟ้า และการผลิตน้ำประปาเพื่อการบริโภคน้ำดื่ม น้ำใช้ของชุมชนเมืองและเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ซึ่งใช้ประโยชน์ในกิจการเศรษฐกิจนอกภาคเกษตรและครัวเรือน การครอบคลุมการผลิตไฟฟ้าและการผลิตน้ำประปาแสดงให้เห็นการให้ประโยชน์ขึ้นจากปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อน ได้แก่ น้ำระบายออกจากเขื่อนใช้ประโยชน์ทั้งการผลิตไฟฟ้าและการผลิตน้ำประปา การประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจในการศึกษานี้ไม่ครอบคลุมการใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจด้านอื่นๆ เนื่องจากการประเมินการใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจการเกษตรปราศจากข้อมูลที่ทำให้ความเชื่อมั่นในความครอบคลุม ทำให้มูลค่าทางเศรษฐกิจประเมินจากการศึกษานี้มีขอบเขตแคบและมีค่า

ต่ำกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้ข้อสังเกตว่าการใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตไฟฟ้า และการผลิตน้ำประปา เป็นการ
ใช้ประโยชน์ต่อเนื่องจากขั้นที่ 1 ได้แก่ การผลิตไฟฟ้า ไปสู่ขั้นที่ 2 ได้แก่ การผลิตน้ำประปา จึงสามารถนับรวม
เป็นการใช้ประโยชน์ที่แท้จริง สำหรับการให้ประโยชน์ทางการเกษตรจะนับเป็นการใช้ประโยชน์ที่เป็นคู่แข่งของ
การผลิตน้ำประปา หากมีการจัดสรรน้ำไปสู่การใช้ประโยชน์ด้านการผลิตน้ำประปามากจะมีน้ำเหลือสำหรับ
การเกษตรน้อย ข้อสังเกตที่สอง ได้แก่ การเติบโตของการผลิตน้ำประปามีลักษณะเป็นแบบแผน โดยมีการขยาย
กำลังการผลิตตามการขยายตัวของชุมชนเมืองและการแทนที่การผลิตน้ำบาดาลซึ่งจะมีลักษณะการเติบโตตาม
เวลาที่มีลักษณะมั่นคงและเป็นไปตามแผนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการประปา ข้อสังเกตที่สาม ได้แก่ การ
ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอาจจะได้รับผลกระทบจากลักษณะผันผวนของปริมาณน้ำระบายจากเขื่อน ข้อสังเกต
ที่สี่ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจอุตสาหกรรมจะนับรวมเป็นการใช้ประโยชน์น้ำประปา จึงไม่สามารถนับ
รวมเป็นการใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้น

ในการประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของการสูญเสียทรัพยากรน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล การจำลอง
แนวโน้มปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลทำให้สามารถคำนวณมูลค่าทางเศรษฐกิจของการสูญเสียทรัพยากรน้ำ
ไหลเข้าเขื่อนภูมิพล เป็นส่วนต่างระหว่างปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลในกรณีปราศจากความเสื่อมโทรม กับ
ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลในกรณีเกิดความเสื่อมโทรม การคำนวณส่วนต่างดังกล่าวครอบคลุมระยะเวลา
จากจุดที่น้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลมีปริมาณสูงสุด ได้แก่ พ.ศ. 2550-2559 รวมระยะเวลา 10 ปี แสดงใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณทรัพยากรน้ำสูญเสียและมูลค่าทางเศรษฐกิจ

อันดับ	ปริมาณน้ำ/ปริมาณผลผลิตไฟฟ้า	กรณีปราศจาก ความเสื่อมโทรม	กรณีเกิดความ เสื่อมโทรม	ค่าประมาณปริมาณ สูญเสีย
1	ปริมาณน้ำไหลเข้าสะสมในเขื่อนภูมิพล ระยะเวลา 10 ปี พ.ศ. 2550-2559	63,246.8 (ล้าน ลบ.ม.) 100%	48,187.8 (ล้าน ลบ.ม.) 76.19%	15,059 (ล้าน ลบ.ม.) 23.81%
2	ปริมาณผลผลิตไฟฟ้า (ล้าน kwh)จากเขื่อน ภูมิพลโดยใช้อัตราประสิทธิภาพ (Efficiency factor)= 0.2582 kwh / m ³ of water			3,888.23
3	มูลค่าผลผลิตไฟฟ้า (ล้านบาท) จากเขื่อน ภูมิพลโดยใช้ราคา = 4 baht / kwh			15,552.93
4	มูลค่าผลผลิตน้ำประปา (ล้านบาท) โดยใช้ราคา = 10.03 บาท / ลบ.ม			151,041.77
5	มูลค่าผลผลิตน้ำประปา (ล้านบาท) โดยใช้ราคา = 14.45 บาท / ลบ.ม			217,602.55
6	มูลค่าทางเศรษฐกิจ (ล้านบาท) 3+4			166,594.7
7	มูลค่าทางเศรษฐกิจ (ล้านบาท) 3+5			233,155.48

ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลในกรณีปราศจากความเสื่อมโทรม คือปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลสูงสุดในปี พ.ศ. 2550 คูณระยะเวลา 10 ปี ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนระยะเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 ในกรณีปราศจากความเสื่อมโทรม คำนวณจาก สมการที่ 1 $Q = 39.03 (21X_1 - X_1^2) + 7,345.42X_2 + 2,021.63$ มีปริมาณ $6,324.68(10) = 63,246.8$ ล้านลูกบาศก์เมตร เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนระยะเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 ในกรณีเกิดความเสื่อมโทรม คำนวณจาก สมการที่ 1 $Q = 39.03 (21X_1 - X_1^2) + 7,345.42X_2 + 2,021.63$ มีปริมาณ 48,187.8 ล้านลูกบาศก์เมตร จึงพบว่าปริมาณแตกต่างกัน $63,246.8 - 48,187.8 = 15,059$ ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นปริมาณสูญเสียน้ำไหลเข้าเขื่อน 15,059 ล้านลูกบาศก์เมตร ระยะเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 คิดเป็นร้อยละ 23.81 ของปริมาณในกรณีปราศจากความเสื่อมโทรม ปริมาณสูญเสียน้ำไหลเข้าเขื่อน 15,059 ล้านลูกบาศก์เมตร คำนวณเป็นมูลค่าไฟฟ้าได้ 15,552.93 ล้านบาท โดยคำนวณจาก 0.2582 kwh ต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร และค่าไฟ 4 บาทต่อ kwh ในกรณีน้ำประปามีราคาในช่วง 10.03-14.45 บาทต่อลูกบาศก์เมตร จะคิดเป็นมูลค่า 151,041.77 ล้านบาท และ 217,602.55 ล้านบาท ตามลำดับ รวมมูลค่าทางเศรษฐกิจของทรัพยากรน้ำที่สูญเสียในช่วงระหว่าง 166,594.7 - 233,155.48 ล้านบาท

การเปลี่ยนแปลงเนื้อที่ป่าไม้

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงเนื้อที่ป่าไม้ของประเทศไทยจัดเป็นภาคต่างๆ แม้ว่าข้อมูลเนื้อที่ป่าไม้มีการเปลี่ยนแปลงนิยามและฐานข้อมูล อย่างไรก็ตามจากภาพที่ 4 พบว่าพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2540-2550 สอดคล้องกับข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลมีปริมาณเพิ่มขึ้นในเวลาเดียวกัน ในช่วงเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 การเปลี่ยนแปลงนิยามและฐานข้อมูลเนื้อที่ป่าไม้ อาจจะมีผลให้การเปรียบเทียบระหว่างเวลาขาดความแม่นยำ แต่หากใช้หลักฐานจากข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลเป็นเครื่องบ่งชี้ จึงประเมินได้ว่าพื้นที่ป่าไม้ น่าจะมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญโดยประเมินจากปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลในเวลาเดียวกันที่มีปริมาณลดลงเป็นแนวโน้มต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 10 ปี ดังกล่าว

ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลระยะเวลา 20 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2540-2559 เป็นเครื่องบ่งชี้ทางอ้อมเกี่ยวกับเนื้อที่ป่าไม้ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งทำให้เห็นว่าเนื้อที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2540-2550 และจากเหตุผลเดียวกัน ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลลดลงในช่วงเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 อาจเกิดจากเนื้อที่ป่าไม้ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฝนตกที่มีแนวโน้มลดลง สำหรับปัจจัยอื่นที่สันนิษฐานว่าอาจจะมีอิทธิพลต่อความเสื่อมโทรมของปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกซึ่งทำให้เกิดความแห้งแล้งสำหรับภูมิภาคเขตร้อนของโลก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล พื้นที่ป่าไม้ ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ และปริมาณฝนตก จากความคิดเห็นของ วิศวกรชลประทานปฏิบัติการ กรมชลประทาน 1 ท่านมีดังนี้

- ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ระยะเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2540-2549 มีแนวโน้มสูงขึ้น
- ปัจจัยปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในช่วงเวลานั้น ก่อให้เกิดฝนตกในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง และสภาพป่าไม้ที่ปกคลุมดินดี ทำให้เกิดปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง
- ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ระยะเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 มีแนวโน้มลดลง
- ปัจจัยปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในช่วงเวลานั้น ก่อให้เกิดฝนตกในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง และสภาพป่าไม้ที่ปกคลุมดินลดลง ทำให้เกิดปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลลดลงอย่างต่อเนื่อง
- ปริมาณฝนตกเฉลี่ยทั่วประเทศ (มิลลิเมตร) พ.ศ. 2540-2559 มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย
- ปริมาณฝนตกเฉลี่ยทั่วประเทศมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ปกติ 1,500 มิลลิเมตร ซึ่ง

ข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยปี พ.ศ. 2554 แสดงปริมาณน้ำฝนสูงกว่าปกติมาก ก่อให้เกิดเหตุการณ์อุทกภัยในบางพื้นที่ ส่วนปี พ.ศ. 2558 แสดงปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าปกติมาก ก่อให้เกิดเหตุการณ์ภัยแล้งในบางพื้นที่

- พื้นที่ป่าไม้ของภาคเหนือระหว่าง พ.ศ. 2540–2551 มีปริมาณ เพิ่มขึ้น
- ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ที่เผยแพร่ไม่ต่อเนื่อง
- พื้นที่ป่าไม้ของภาคเหนือมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากการส่งเสริมการปลูกป่า โครงการพิทักษ์ป่าเพื่อรักษาชีวิต และมาตรการป้องกันการบุกรุกที่ดินป่า และกรมป่าไม้ได้มีการจัดทำบันทึกความตกลงความร่วมมือกับหน่วยงานต่างๆ เพื่อร่วมกันแก้ไขปัญหาการบุกรุกทำลายป่าไม้
- สำหรับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ที่เผยแพร่ไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากฐานข้อมูลป่าไม้จากกรมป่าไม้และกรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช ได้จากการแปลข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและดาวเทียมในอดีตมีเฉพาะบางปี ได้แก่ ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 3 TM สีส้ม มาตราส่วน 1: 50,000 ปี พ.ศ. 2541 ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ TM สีส้ม มาตราส่วน 1: 50,000 ปี พ.ศ. 2543 พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2551

โครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสทรงครองราชย์ปีที่ 50 จากความคิดเห็นของบุคคลในคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีดังนี้

- โครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสทรงครองราชย์ ปีที่ 50 ทำให้พื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น โดยมีระยะดำเนินการ ดังนี้
- ระยะที่ 1 มีระยะเวลาดำเนินงานตามโครงการฯ 3 ปี (พ.ศ. 2537-2539)
- ระยะที่ 2 มีระยะเวลาดำเนินงานตามโครงการฯ 6 ปี (พ.ศ. 2540-2545)
- ระยะที่ 3 มีระยะการดำเนินงานตามโครงการฯ 5 ปี (พ.ศ. 2546-2550)
- ซึ่งเกิดจากการร่วมมือกันหลายหน่วยงาน ทำให้พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น
- สาเหตุที่ พื้นที่ป่าเผยแพร่ไม่ต่อเนื่อง เพราะเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณหาค่าตอบเปลี่ยนไปจากการสำรวจแบบภาคสนาม เปลี่ยนมาเป็นการแปลภาพจากดาวเทียม



ภาพที่ 4 เนื้อที่ป่าไม้ภาคเหนือของประเทศไทย พ.ศ. 2516-2558 (หน่วย ล้านไร่)

ที่มา: Royal Forest Department, 2018.

การลงทุนคุ้มครองและฟื้นฟูธรรมชาติ

การลงทุนคุ้มครองและฟื้นฟูธรรมชาติมีวัตถุประสงค์เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะแห้งแล้งเพื่อฟื้นฟูทรัพยากรน้ำซึ่งเป็นปัจจัยหล่อเลี้ยงการบริโภคน้ำประปาของเมืองซึ่งมีขนาดและขอบเขตใหญ่ขึ้นจากการพัฒนาเศรษฐกิจและการเติบโตของประชากรที่อยู่อาศัยในเมือง และหลีกเลี่ยงการชลประทานภาคเกษตร

ระยะเวลา 10 ปี จาก พ.ศ. 2550-2559 แสดงให้เห็นแนวโน้มความเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำสายสำคัญของประเทศไทย เป็นเครื่องบ่งชี้ทางอ้อมให้เห็นความเสื่อมโทรมของทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ภาคเหนือซึ่งเป็นต้นน้ำของทรัพยากรน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ในบริบทที่มีการเปลี่ยนแปลงนิยามและการรวบรวมข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมในการจัดทำสถิติเนื้อที่ป่าไม้ของประเทศไทย ซึ่งทำให้การสรุปแนวโน้มเนื้อที่ป่าไม้ไม่สามารถชี้ได้ชัดเจน การประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยกำลังเผชิญภาวะความแห้งแล้งเพิ่มขึ้น ได้แก่ การประเมินจากปริมาณฝนตกทั่วประเทศ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงในระยะเวลา 20 ปี ในอัตราปีละ -1.56 มิลลิเมตร ซึ่งอาจจะสันนิษฐานได้ว่าเกิดจากมีความชุ่มชื้นลดลงซึ่งเกิดจากการสูญเสียเนื้อที่ป่าไม้ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย แม้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนตกของประเทศไทยมีอัตราลดลงเพียงเล็กน้อย แต่การประเมินจากค่าเฉลี่ยอาจจะอำพรางสถานะความแห้งแล้งของพื้นที่บางส่วนที่มีความรุนแรงเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งอาจจะพื้นที่ต้นน้ำของทรัพยากรน้ำจนกระทั่งทำให้มีปริมาณทรัพยากรน้ำลดลงในปริมาณมาก

ปริมาณสูญเสียทรัพยากรน้ำในระยะเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 ที่ประเมินได้จากการวิจัยนี้จำกัดขอบเขตเฉพาะความเสียหายในด้านการผลิตไฟฟ้าจากเขื่อนภูมิพลเป็นมูลค่า 15,552.93 ล้านบาท โดยใช้ราคาไฟฟ้าขายปลีกอัตรา 4 บาท และความเสียหายประเมินเป็นปริมาณน้ำประปาเป็นมูลค่าระหว่าง 151,041.77-217,602.55 ล้านบาท รวม 2 รายการเป็นมูลค่าระหว่าง 166,594.7-233,155.48 ล้านบาท มูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจระหว่าง 166,594.7-233,155.48 ล้านบาท จึงใช้เป็นหลักการและเหตุผลในการจัดงบประมาณแผ่นดินเพื่อสนับสนุนการทำงานคุ้มครองและฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ในเขตภาคเหนือของประเทศไทย โดยการเพิ่มจำนวนบุคลากร และเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานอย่างเพียงพอ (Sithisuntikul, Punyawadee & Yossuck, 2016) ประสิทธิภาพของการทำงานคุ้มครองและฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ในเขตภาคเหนือของประเทศไทยจะมีผลให้ความเสียหายทางเศรษฐกิจพลิกกลับเป็นความอุดมสมบูรณ์ของธรรมชาติ ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่หลีกเลี่ยงการบริโภคน้ำประปา การเติบโตของประชากรเมืองและการผลิตไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีสะอาดปราศจากมลพิษแล้วยังมีประโยชน์อื่นๆเพิ่มพูนมหาศาล ได้แก่ การเพิ่มขีดความสามารถลดก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นปัจจัยให้เกิดภาวะโลกร้อน การฟื้นฟูความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่านานาชนิด และเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่มีการบริหารจัดการเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจ เป็นแหล่งงาน และเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมป่าไม้ที่ยั่งยืน ซึ่งทำให้มูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจที่ประเมินในขอบเขตครอบคลุมความเสียหายในด้านการผลิตไฟฟ้าและน้ำประปาเป็นผลการประเมินที่ต่ำกว่าความเป็นจริง

สรุปและข้อพิจารณาเชิงนโยบาย

การให้ความสนใจปัญหาทรัพยากรน้ำในเวทีนานาชาติจะเห็นได้จากคำปรารภของพระสันตะปาปาในโอกาสวันน้ำโลกในปี พ.ศ. 2560 และการจัดลำดับสถานการณ์วิกฤตโลกเป็นความสำคัญลำดับที่ 3 รองจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และปัญหาการใช้อาวุธการทำลายล้างสูง การศึกษาจำนวนหนึ่งให้ข้ออธิบายทางวิชาการสำหรับความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างปริมาณป่าไม้กับปริมาณทรัพยากรน้ำ ซึ่งให้ความเข้าใจว่าป่าไม้มีบทบาทควบคุมปริมาณน้ำในแม่น้ำมิให้เกิดปัญหาน้ำท่วมเพราะพืชใช้น้ำและคายระเหยส่วน

หนึ่งและปล่อยส่วนเกินออกสู่อ่างน้ำ ในขณะเดียวกันมีบทบาทในการเพิ่มปริมาณน้ำเพื่อให้มีใช้ตลอดปีเพราะมีบทบาทเป็นกลไกดึงดูดให้มีปริมาณฝนตกมากจึงเพิ่มความถี่ของฝนตกในพื้นที่ป่าไม้

การศึกษานี้จำลองแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเขื่อนภูมิพลจากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตครอบคลุมระยะเวลา 20 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2540-2559 สำหรับในระยะเวลา 10 ปีแรก ระหว่าง พ.ศ. 2540-2549 ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลแสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ในเขตภาคเหนือของประเทศไทย สำหรับในระยะเวลา 10 ปีหลัง ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลแสดงแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ความสอดคล้องกับพื้นที่ป่าไม้ไม่สามารถมีข้อสรุปที่ชัดเจนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงนิยามและการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการจัดทำสถิติพื้นที่ป่าไม้ในช่วงเวลาดังกล่าว ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลซึ่งมีแนวโน้มลดลงระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 จึงเป็นเครื่องบ่งชี้ทางอ้อมเกี่ยวกับความเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่าไม้ในเขตภาคเหนือของประเทศไทย

ข้ออธิบายที่ยืนยันความสอดคล้องระหว่างปริมาณเพิ่มขึ้นของน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล กับปริมาณเพิ่มขึ้นของป่าไม้ในระยะเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2540-2549 ได้แก่ โครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในวโรกาสทรงครองราชย์ ปีที่ 50 การจำลองแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเขื่อนภูมิพลจากสมการถดถอยแบบกำลังสองมีจุดมุ่งหมายเพื่อคาดการณ์ความสูญเสียทรัพยากรน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล เพื่อประมาณการความเสียหายทางเศรษฐกิจโดยคำนวณจากการสูญเสียในด้านการผลิตไฟฟ้า และการผลิตน้ำประปา ทั้ง 2 รายการรวมกันมีมูลค่าระหว่าง 166,594.7-233,155.48 ล้านบาท แต่นับว่าเป็นค่าประมาณการที่ต่ำกว่าความเป็นจริงเนื่องจากยังไม่นับความเสียหายด้านอื่นๆ ได้แก่ ความสามารถลดก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นปัจจัยให้เกิดภาวะโลกร้อน ความหลากหลายทางชีวภาพ ที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่านานาชนิด สถานที่ท่องเที่ยวธรรมชาติ แหล่งวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมป่าไม้ และการสูญเสียผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจทางอ้อมในด้านแหล่งจ้างงาน

ค่าประมาณการความเสียหายทางเศรษฐกิจขั้นต้นดังกล่าวเป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจในเชิงนโยบายสำหรับการจัดงบประมาณการใช้จ่ายสาธารณะเพื่อการลงทุนสำหรับการฟื้นฟูธรรมชาติในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำของทรัพยากรน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพล ผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการลงทุนเกิดจากการพลิกต้นทุนความสูญเสียกลับเป็นผลประโยชน์ ซึ่งอาจจะเกิดจากการใช้จ่ายสาธารณะเพื่อการลงทุนเป็นมูลค่าน้อยเทียบกับผลประโยชน์ 2 ขั้นที่จะได้รับจากความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรป่าไม้และทรัพยากรน้ำ การออกแบบนโยบายและแผนการใช้จ่ายสาธารณะเพื่อการลงทุนสำหรับการฟื้นฟูธรรมชาติในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยจำเป็นต้องเกิดจากผลการศึกษาในเชิงบูรณาการ ครอบคลุมการศึกษาด้านกายภาพของการใช้ที่ดิน การกำหนดพื้นที่อนุรักษ์ การศึกษาผลกระทบ การสนับสนุนทางสังคม และการมีส่วนร่วมของประชาชน หน่วยงานรับผิดชอบ ทางเลือกสำหรับการระดมทุนจากสาธารณะเพื่อใช้เป็นงบประมาณ การจัดหาโครงสร้างพื้นฐานด้านกำลังคนงบประมาณ เครื่องมือและอุปกรณ์ กฎหมาย ระเบียบและข้อบังคับ

บรรณานุกรม

- Apipattanavis, S., Ketpratoom, S., & Kladkempetch, P. (2018). Water management in Thailand. *Irrigation and Drainage*, 67, 113–117.
- Boltz, F. (2017). How do we prevent today's water crisis becoming tomorrow's catastrophe?. Retrieved April 8, 2018, from <https://www.weforum.org/agenda/2017/03/building-fresh-water-resilience-to-anticipate-and-address-water-crises/>
- Bonan G.B., DeFries, R.S., Coe, M.T., & Ojima, D.S. (2004). Land Use and Climate. in G. Gutman, A.C. Janetos, C.O. Justice, E.F. Moran, J.F. Mustard, R.R. Rindfuss, D. Skole, B.L. Turner II, & M.A. Cochrane (Eds.), *Observing, Monitoring and Understanding Trajectories of Change on the Earth's Surface Remote Sensing and Digital Image Processing. Land Change Science*, 6, p. 14.
- Costa, M. H., & Foley, J. A. (1997). Water balance of the Amazon Basin: Dependence on vegetation cover and canopy conductance. *Journal of Geophysical Research*, 02(D20), 23973-23989.
- Electricity Generating Authority of Thailand. (2018a). Bhumibol dam [In Thai]. Retrieved May 17, 2018, from <http://www.bhumiboldam.egat.com/>
- Electricity Generating Authority of Thailand. (2018b). Sirikit dam [In Thai]. Retrieved August 12, 2018, from <http://www.sirikitdam.egat.com/index.php/dam/2013-05-15-07-41-45>
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. (2012). Coping with water scarcity An action framework for agriculture and food security. Retrieved December 31, 2017, from <http://www.fao.org/docrep/016/i3015e/i3015e.pdf>
- Ganter, C. (2015). Water crises are a top global risk. Retrieved April 8, 2018, from <https://www.weforum.org/agenda/2015/01/why-world-water-crises-are-a-top-global-risk/>
- Hydro and Agro Informatics Institute. (2018). Record drought years in 2015/2016. Retrieved August 13, 2018 from <http://www.thaiwater.net/current/2016/drought59/body.html>
- Li, K.Y., Coe, M.T., Ramankutty, N., & Jong, R. De. (2007). Modeling the hydrological impact of land-use change in West Africa. *Journal of Hydrology*, 337(3-4), 258–268.
- Nyborg, K. (1996). Environmental Valuation, Cost-Benefit Analysis and Policy Making: A Survey. Retrieved August 7, 2018, from https://www.ssb.no/a/histstat/doc/doc_199612.pdf
- Royal Forest Department. (2018). Forest area in Thailand during 1973 – 2018. Retrieved November 10, 2018, from <http://forestinfo.forest.go.th/55/Content.aspx?id=72>.
- Royal Irrigation Department. (2018). Pa Sak Jolasid Dam [In Thai]. Retrieved August 12, 2018, from <http://web.rid.go.th/lproject/const/project/during%20construction%20project/4pasak/pasak.html>
- Spracklen, D.V., Arnold, S.R., & Taylor, C.M. (2012). Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests. *Nature*, 489(7415), 282–285.

- Stickler, C. M., Coe, M. T., Costa, M. H., Nepstad, D. C., McGrath, D. G., Dias, L. C. P., Rodrigues, H. O., & Soares-Filho, B. S. (2013). Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales. *PNAS*, 110(23), 9601-9606.
- Sitthisuntikul, K., Punyawadee, V., & and Yossuck, P. (2016) The Role of Local Administrative Organizations in Encouraging Forest Conservation by Local Communities in Chiang Mai Province [In Thai]. *Journal of Environmental Management*, 12(1), 28-45.
- Tadaki, M., Sinner, J., & Chan, K. M. A. (2017). Making sense of environmental values: a typology of concepts. *Ecology and Society*, 22(1), 7.
- Thainews-online. (2018). The largest dam in Thailand. Retrieved October 31, 2018, from <http://www.thainews-online.com/articles/525786/เขื่อนใหญ่ที่สุดในประเทศไทย.html>
- UN Water. (2018) World Water Day. Retrieved May 18, 2018 from <http://worldwaterday.org/>
- UN-Water. (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. London, UK: UNESCO Publishing.
- Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., & Lammers, R. B. (2000). Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289, 284–288.
- World Bank. (2010). Cost-Benefit Analysis in World Bank Projects. Retrieved August 7, 2018, from <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2561/624700PUB-0Cost00Box0361484B0PUBLIC0.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- World Economic Forum. (2016). The Global Risks Report 2016 11th Edition. Retrieved May 18, 2018, from http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF_GRR16.pdf
- World Economic Forum. (2017). How do we prevent today's water crisis becoming tomorrow's catastrophe?. Retrieved May 18, 2018, from <https://www.weforum.org/agenda/2017/03/building-freshwater-resilience-to-anticipate-and-address-water-crises/>

