

การประเมินความเสี่ยงของสวนสาธารณะในอำเภอเมืองเชียงใหม่ต่อปัญหาน้ำท่วมในอนาคต

วันที่รับบทความ : 15/11/2561

วันแก้ไขบทความ : 7/8/2562

วันที่ตอบรับบทความ : 23/12/2562

อนุพงศ์ เบื้องคำ¹

ณัชวิชญ์ ดิกุล²

พันธุ์ระวี กองบุญเทียม³

บทคัดย่อ

สวนสาธารณะเป็นสถานที่ที่มีความเปราะบางต่อปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก ผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดกับพรรณไม้ในสวนสาธารณะ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตต่อการอยู่รอดของพรรณไม้ โดยใช้สวนสาธารณะในอำเภอเมืองเชียงใหม่ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมซ้ำซากจำนวน 3 แห่ง เป็นกรณีศึกษา ได้แก่ สวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละ สวนสุขภาพบ้านเด่นและสวนสาธารณะบนที่ดินของการรถไฟ การศึกษานี้ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การสำรวจพรรณไม้ที่มีอยู่เดิมในแต่ละพื้นที่ศึกษา การคาดการณ์น้ำท่วมในอนาคตในแต่ละพื้นที่และการวิเคราะห์ความทนทานของพรรณไม้ที่มีอยู่ โดยใช้ตัวแปรในการพิจารณาได้แก่ ระยะเวลาของน้ำท่วม ระดับความสูงของน้ำท่วมและการแบ่งกลุ่มประเภทของพรรณไม้

จากการประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตต่อการอยู่รอดของพรรณไม้ พบว่าสวนสาธารณะทั้งสามแห่งมีโอกาสที่พรรณไม้เดิมสามารถอยู่รอดได้ หากอำเภอเมืองเชียงใหม่เกิดน้ำท่วมที่ระดับความสูงไม่เกิน 95 เซนติเมตร แต่จากการวิเคราะห์พบว่าในอนาคตอำเภอเมืองเชียงใหม่มีโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมที่ระดับความสูงถึง 272 เซนติเมตร และระยะเวลาน้ำท่วมนาน 5 วัน ซึ่งส่งผลให้พรรณไม้เดิมในสวนสาธารณะทั้งสามแห่งไม่สามารถอยู่รอดได้ แต่โอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมที่ระดับสูงสุดอาจจะเกิดเพียงแค่ครั้งเดียวในรอบ 30 ปีข้างหน้า

คำสำคัญ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ น้ำท่วม สวนสาธารณะ พรรณไม้

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการออกแบบและวางแผนสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

² รองศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาการออกแบบและวางแผนสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

³ อาจารย์ ดร. สาขาวิชาการออกแบบและวางแผนสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

The risk assessment of public parks in Mueang Chiang Mai of future flooding

received : 15/11/2561

revised : 7/8/2562

accepted: 23/12/2562

Anupong Pengkam¹

Nachawit Tikul²

Punravee Kongboontaim³

Abstract

The public parks are vulnerable areas to repeated floods. Most of the effects are on the plants in the parks. Therefore, the purpose of this research is to assess flood risk to the survival of the plants. The investigated parks, which are Kawila Monument Park, Baan Den Park, and Railway Station Public Park, are in the city of Chiang Mai and vulnerable to repeated floods. The process of the research was divided into three parts: 1) the survey of the existing plants in each investigated area, 2) the prediction of future flooding in each area, and 3) the analysis of tolerance of the existing plants. The variables taken into consideration were flooding duration, flooding depth, and classifications of the plants.

It was found that the existing plants in all of the three parks could survive when the flooding depth was not over 95 centimeters. However, it was analyzed that the flooding depth in the city of Chiang Mai was likely to reach 272 centimeters with the duration of 5 days. This resulted in the existing plants in all of the three parks not being able to survive although the chance of flooding at the highest level might be only once in the next 30 years.

Keywords: climate change, flooding, park, plant

¹Graduate Student, Environmental Design and Planning, Architecture and Environmental Design Maejo university

²Assoc. Prof. Dr., Environmental Design and Planning, Architecture and Environmental Design Maejo university

³Dr., Environmental Design and Planning, Architecture and Environmental Design Maejo university

บทนำ

ปัจจุบันหลายประเทศมีความตระหนักถึงความสำคัญของพื้นที่สีเขียวในเมืองอย่างสวนสาธารณะเพิ่มมากขึ้นทั้งในประเด็นการเพิ่มขนาดพื้นที่และการดูแลรักษาให้คงอยู่ (Anguluri & Narayanan, 2017, pp. 58-59; Brown, Vanos, Kenny, Lenzholzer, 2015, pp. 118-119; Derksen, Teeffelen, & Verburg, 2017, pp. 106-107) เนื่องจากสวนสาธารณะประกอบไปด้วยพรรณไม้หลากหลายชนิดอยู่ด้วยกัน จึงช่วยสร้างสภาวะแวดล้อมที่ดีแก่เมืองในหลายด้าน เช่น ช่วยดูดซับมลพิษทางอากาศ ทำให้ลดปัญหามลพิษและฝุ่นละอองทางอากาศ (Tonneijik & Hoffman, 2010, pp. 22-32) ช่วยลดอุณหภูมิทำให้อากาศภายในเมืองเย็นลง (Hardin & Jensen, 2007, pp. 63-66) และทำหน้าที่รองรับปริมาณน้ำเมื่อเกิดฝนตกหนัก (Farrugia, Hudson, & McCulloch, 2013, pp. 136-137; Zhang, Zhang, Zhang, 2012, pp. 65-66)

แต่ในความเป็นจริงแล้วการเลือกพรรณไม้ที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาสวนสาธารณะจำเป็นที่จะต้องเลือกให้สอดคล้องและเหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศของพื้นที่ ลักษณะทางกายภาพของพรรณไม้ที่สามารถรองรับกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้ รวมทั้งการคาดการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่นั้น ๆ ในอนาคต ซึ่งถือว่าเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาก่อนการออกแบบสวนสาธารณะ (ศศิยา ศิริพานิช, 2558, หน้า 118-125) และพรรณไม้ยังเป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตกว่าจะเป็นต้นไม้ใหญ่และยังมีความอ่อนไหวต่อสภาพอากาศเป็นอย่างมาก (Roloff, Korn, & Gillner, 2009, pp. 295-296) นอกจากนั้นการเลือกใช้พรรณไม้ที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมยังสามารถช่วยให้พรรณไม้เจริญเติบโตอยู่รอดได้และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้งบประมาณที่สูงในการก่อสร้างและดูแลรักษา (Asgarzadeh et al., 2014, pp. 450-451)

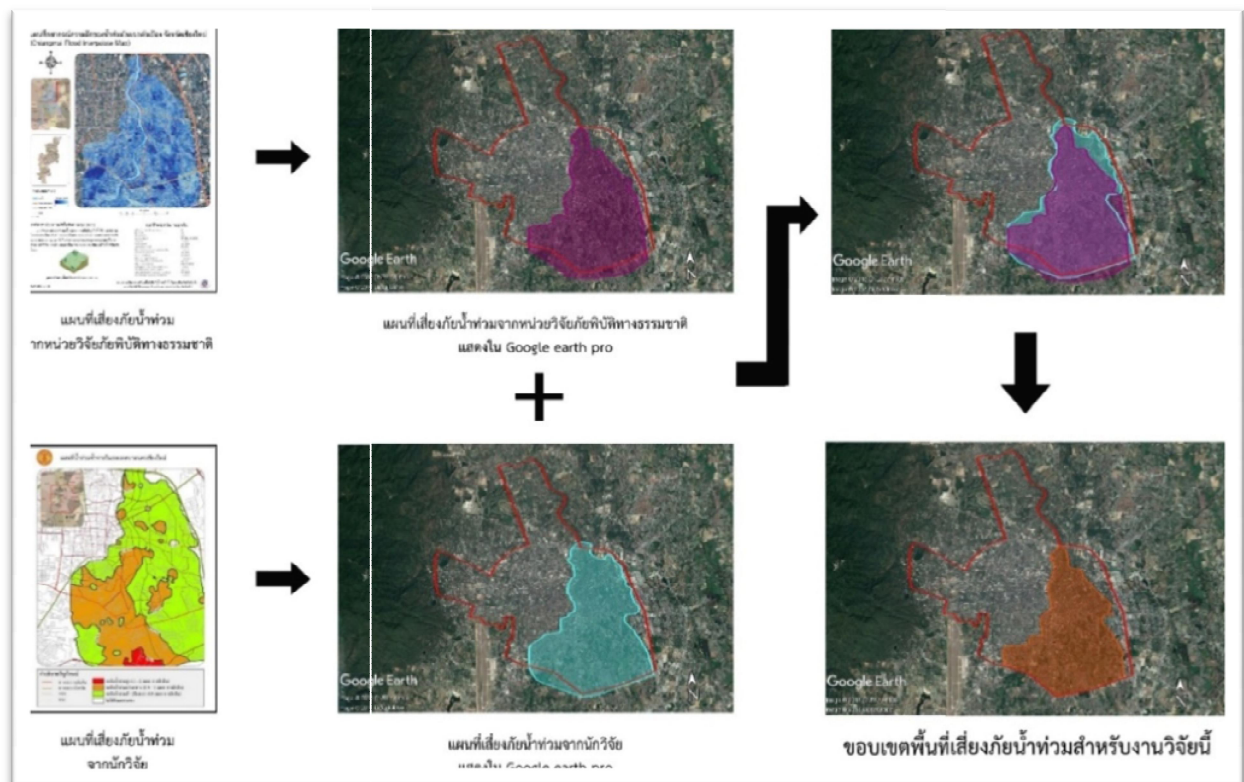
จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้เกิดปัญหาสภาพอากาศรุนแรงในหลายด้านซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญและมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นมากในอนาคต เช่น อากาศที่ร้อนจัด ปัญหาภัยแล้ง ความรุนแรงของพายุและฝนฟ้าคะนอง ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น รวมถึงปัญหาน้ำท่วม (Yuen & Kong, 2009, pp. 3-5) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเช่นนี้ส่งผลต่อสวนสาธารณะและความเสียหายที่เกิดขึ้นกับพรรณไม้ร่วมอยู่ด้วย เช่น เกิดความเครียดสะสมจนทำให้การเจริญเติบโตผิดปกติและล้มตาย (Gillner, Brauning, & Roloff, 2014, pp. 1079-1080; Nitschke et al., 2017, pp. 275-276; Schneider, Franceschini, Fortin, Saucier, 2017, pp. 1-2) และการขาดแคลนน้ำในการดูแลรักษาพรรณไม้ในเมืองเนื่องจากภัยคุกคามจากคลื่นความร้อน (Moore, 2013, p. 109) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการตายของต้นไม้ในเมืองที่มีจำนวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (May, Livesley, & Shears, 2013, pp. 136-137) จากเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2554 พบว่าหลังจากเกิดเหตุการณ์อุทกภัยครั้งนั้น ทำให้เกิดผลกระทบต่อความหลากหลายของไม้ยืนต้น เช่น ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ลดลงถึง 18 % (วิชาญ เอียดทอง, 2555, หน้า 20-63)

จากการศึกษาของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ยังทำให้เห็นว่าแนวโน้มสภาพอากาศของโลกภายในปี พ.ศ. 2643 จะมีความรุนแรงมากกว่าเดิม โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยมี

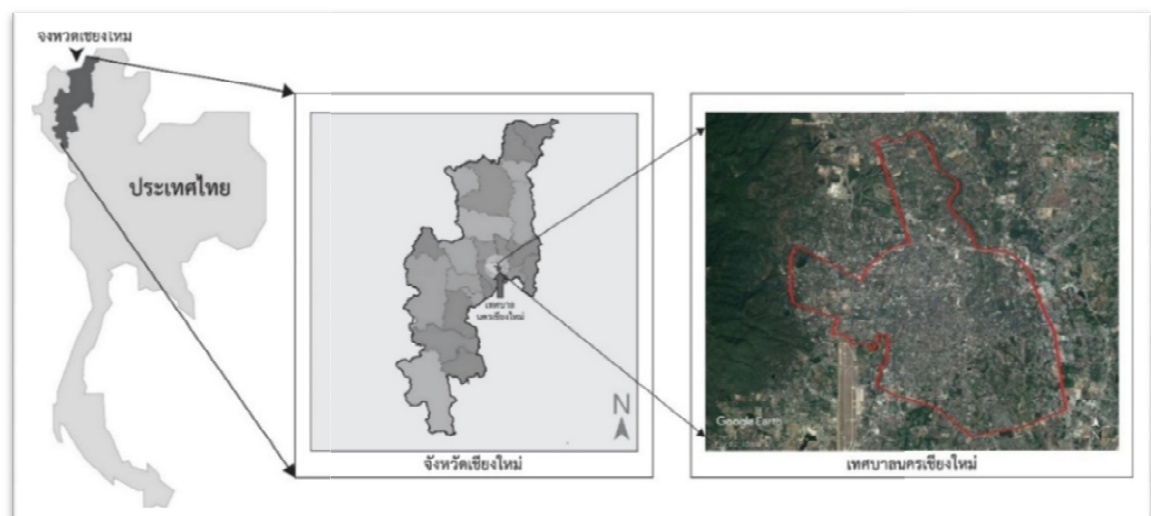
ค่าประมาณ 2, 061 มิลลิเมตร ในทุกภาคของประเทศไทยรวมถึงจังหวัดเชียงใหม่ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, , 2559, หน้า 78) อาจจะบ่งชี้ได้ว่าโอกาสที่จะเกิดฝนตกหนักจะเพิ่มสูงขึ้น และความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะน้ำท่วมฉับพลัน น้ำหลากและน้ำท่วมขังที่มากขึ้น (ศูนย์บริการวิชาการแห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554, หน้า 2-4)

ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเมืองเชียงใหม่เคยเกิดเหตุการณ์อุทกภัยอยู่หลายครั้งที่มาจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ในปี พ.ศ. 2548 เคยเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ที่รุนแรงที่สุดในรอบ 40 ปี ทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของเมืองเชียงใหม่อย่างพื้นที่สีเขียว ทำให้ต้นไม้หลายต้นต้องเสียหาย และโคลนล้นไปกับกระแสน้ำ (สมชัย เบญจขย, 2548, หน้า 7-8; สวัสดิ์ จิรวัดน์, 2549, หน้า 2-3) จากการศึกษาของหน่วยวิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และงานวิจัยของพรชัย เอกศิริพงษ์ และสุเพชร จิระจรกุล (2557, หน้า 148-159) ทำให้เห็นถึงขอบเขตของพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในอำเภอเมืองเชียงใหม่และพบว่ามีส่วนสาธารณะที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจำนวน 3 แห่ง ได้แก่ สวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละ สวนสุขภาพบ้านเด่นและสวนสาธารณะบนที่ดินของการรถไฟ ดังภาพที่ 1 ซึ่งแน่นอนว่ามีโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมและย่อมส่งผลกระทบโดยตรงต่อพรรณไม้เป็นส่วนแรก (รัตนสุตา ชลธาตุ, 2558, หน้า 424; วีกานดา วรรณวิเศษ, 2558, หน้า 7-8) นอกจากความเสียหายแล้วต้นไม้ยังจะแสดงอาการผิดปกติออกมาหลากหลายลักษณะ ได้แก่ อาการใบเหลือง (chlorosis) อาการใบลู่หรือห้อยลง (epinasty) อาการทิ้งใบ ดอกและผล (abscission) และการหยุดชะงักการเจริญเติบโต

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตต่อการอยู่รอดของพรรณไม้ในสวนสาธารณะ โดยขอบเขตของพื้นที่สำหรับงานวิจัยนี้คือ เทศบาลนครเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจากหน่วยงานวิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติและจากงานวิจัย

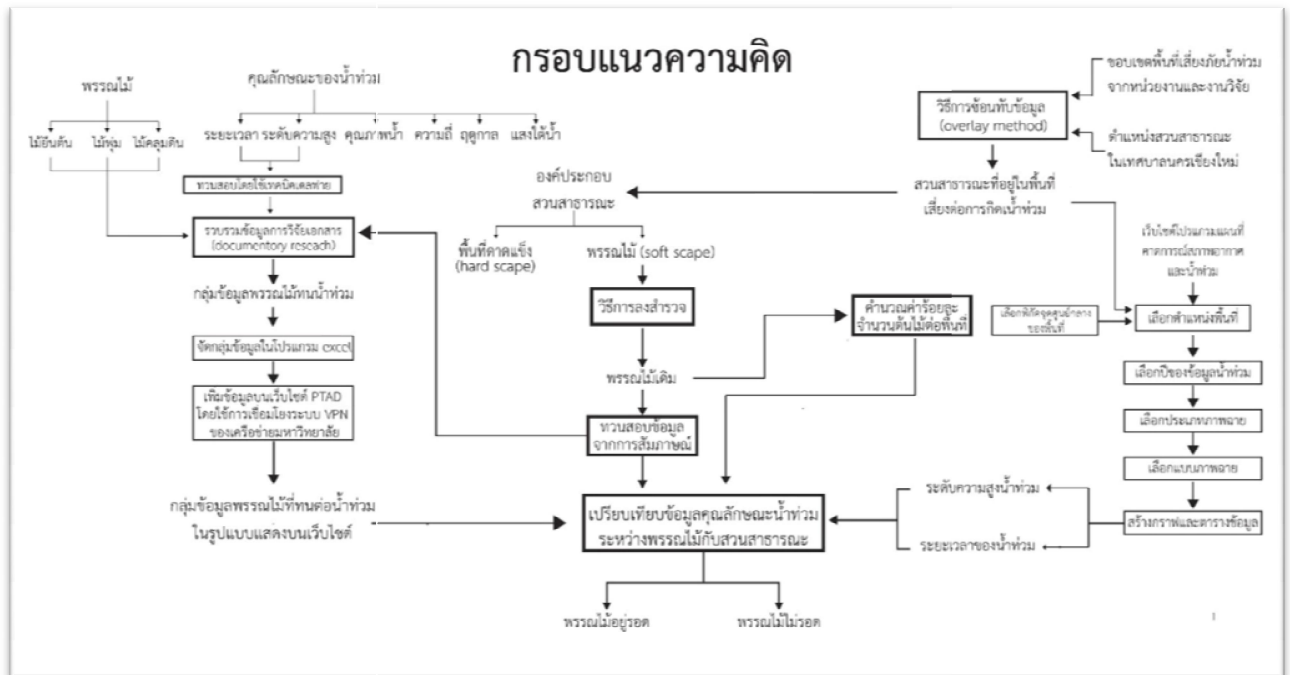


ภาพที่ 2 ขอบเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตต่อการอยู่รอดของพรรณไม้ในสวนสาธารณะในอำเภอเมือง เชียงใหม่

กรอบแนวคิด



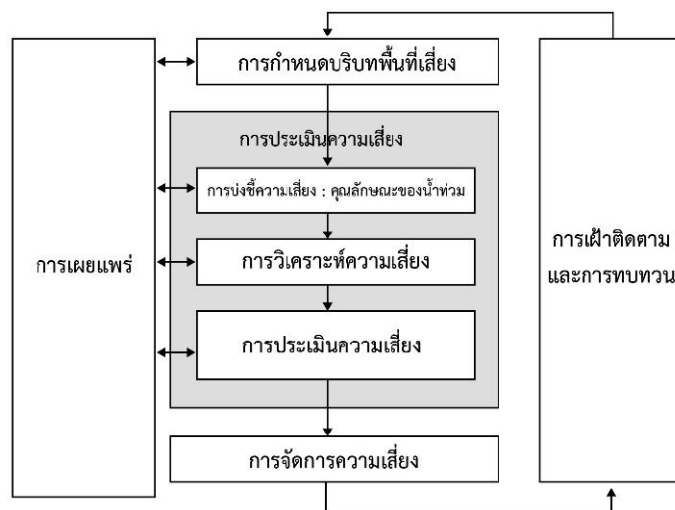
ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการทำวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ปรับใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงตามหลักการ มอก. 31000 -2555 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2555, หน้า 14-24) โดยมีขั้นตอนตั้งแต่การกำหนดบริบทของความเสี่ยงซึ่งในที่นี้หมายถึง การกำหนดขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในอำเภอเมืองเชียงใหม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจากหน่วยวิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (หน่วยวิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติ, 2555) ข้อมูลพื้นที่ประสบภัยน้ำท่วมจากรายงานของสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดเชียงใหม่ (ปภ.) และข้อมูลแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในพื้นที่เชียงใหม่ที่ผ่านการวิเคราะห์ผลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จากงานวิจัยของพรชัย และสุเพชร (2557, หน้า 148-149) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลและแสดงผล โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และทำการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาโดยพิจารณาจากสวนสาธารณะที่ตั้งอยู่ในขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม เมื่อได้พื้นที่ศึกษาแล้วจะลงพื้นที่สำรวจรายละเอียดต่าง ๆ ของแต่ละพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ขนาดและตำแหน่งของพื้นที่ องค์ประกอบภายในพื้นที่และข้อมูลพรรณไม้เดิม เพื่อจัดทำแผนผังแสดงบริเวณภายในพื้นที่ของแต่ละสวนสาธารณะ โดยในการสำรวจพรรณไม้เดิมจะแบ่งประเภทพรรณไม้ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ไม้ยืนต้น (tree) ไม้พุ่ม (shrub) และไม้คลุมดิน (ground cover) จากนั้นนำมาคำนวณสัดส่วนการปกคลุมพื้นที่ของต้นไม้แต่ละชนิดต่อพื้นที่ทั้งหมด ดังวิธีการต่อไปนี้

$$\text{ค่าสัดส่วนปกคลุมพื้นที่ (\%)} = \frac{[\text{ขนาดพื้นที่ทรงพุ่ม} (\pi r^2) * \text{จำนวนต้นทั้งหมด}]}{\text{ขนาดพื้นที่ทั้งหมด (ตร.ม.)}} * 100$$

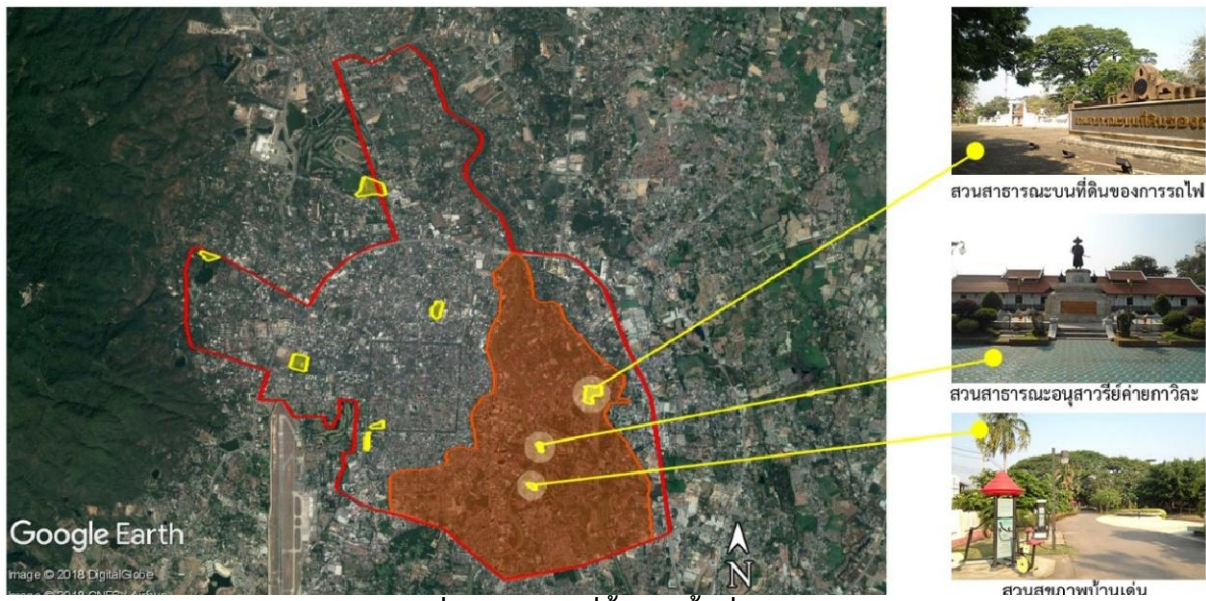
จากนั้นดำเนินการประเมินความเสี่ยงโดยเริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ความเสี่ยง ได้แก่ คุณลักษณะของน้ำท่วมที่ส่งผลต่อการอยู่รอดของต้นไม้ โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยจากแหล่งข้อมูลสากลทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้แก่ Scopus, Wos (ISI) , TCI เป็นต้น แล้วจึงทำการวิเคราะห์ความเสี่ยง โดยการรวบรวมข้อมูลการคาดการณ์น้ำท่วมในอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2560-2590 จากเว็บไซต์ www.ptad.mju.ac.th (ณัชวิญญ์ ดิกุล, 2560) เพื่อวิเคราะห์ระยะเวลาและระดับความสูงของน้ำท่วมสูงสุดในอนาคตในแต่ละพื้นที่ศึกษา และเก็บข้อมูลน้ำท่วมในอดีตโดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ดูแลสวนสาธารณะ หรือ ผู้คนที่เคยอยู่ในเหตุการณ์ จากนั้นจึงนำไปสู่การประเมินผลความเสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตต่อการอยู่รอดของพรรณไม้เดิมในสวนสาธารณะ ซึ่งหมายถึงการอยู่รอดของพรรณไม้ที่อยู่ในสวนสาธารณะ โดยวิธีการประเมินนั้นใช้วิธีการเปรียบเทียบข้อมูลความทนทานน้ำท่วมของพรรณไม้เดิม (existing plants) กับข้อมูลคาดการณ์น้ำท่วมในอนาคตในแต่ละพื้นที่ศึกษา นำมาประเมินผลในตารางเปรียบเทียบ เมื่อเทียบกันแล้วถ้าข้อมูลความทนทานน้ำท่วมของพรรณไม้เดิมมีค่ามากกว่าข้อมูลคาดการณ์น้ำท่วมในอนาคตจะถือว่าพรรณไม้ชนิดนั้นอยู่รอด แต่ถ้าข้อมูลมีค่าที่ต่ำกว่าจะถือว่าพรรณไม้ชนิดนั้นไม่สามารถอยู่รอดได้ ตามกรณีศึกษา และสุดท้ายการจัดการความเสี่ยงในส่วนข้อเสนอแนะ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กระบวนการประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมต่อการอยู่รอดของพรรณไม้

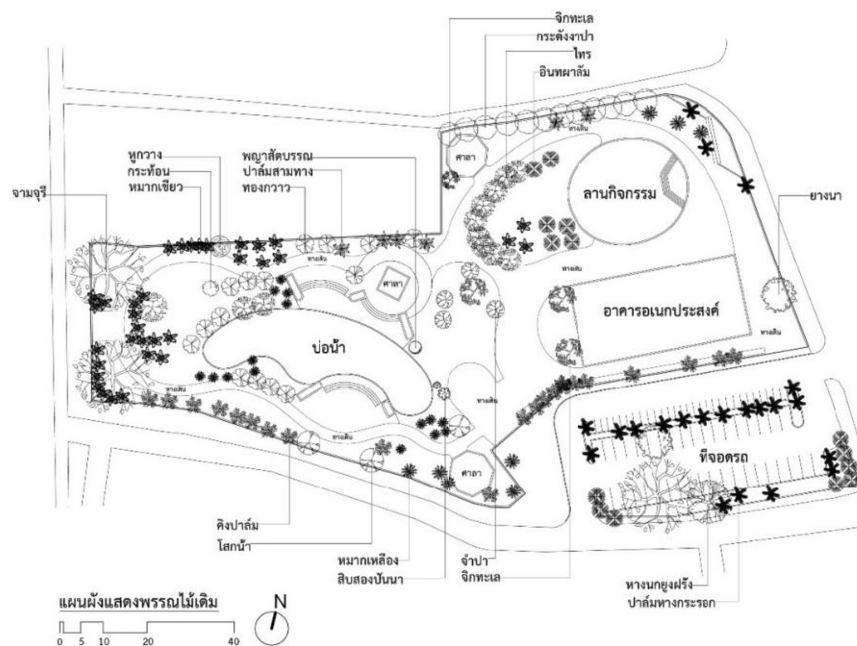
ผลการวิจัย

หลังจากการวิเคราะห์ผลพบว่าขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมสำหรับงานวิจัยนี้มีขนาดของพื้นที่ประมาณ 14.2 ตารางกิโลเมตร โดยมีขอบเขตนํ้าท่วมครอบคลุมพื้นที่ 5 ตำบลของอำเภอเมืองเชียงใหม่ ได้แก่ ตำบลวัดเกต ตำบลช้างคลาน ตำบลหนองหอย ตำบลช้างม่อย ตำบลหายยา และพบว่ามีสวนสาธารณะอยู่ 3 แห่งที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม ได้แก่ สวนสาธารณะอนุสาวรีย์คำยกาวิละ สวนสุขภาพบ้านเด่น และสวนสาธารณะบนที่ดินของการรถไฟ ดังนั้นจึงเลือกศึกษาพื้นที่ทั้งสามแห่ง ดังภาพที่ 5



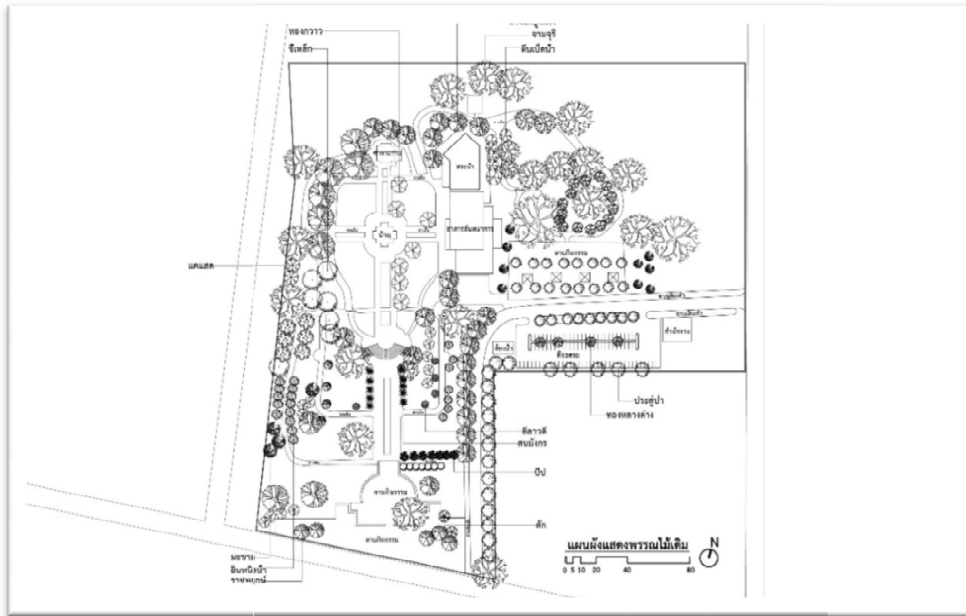
สวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละ มีขนาดของพื้นที่ประมาณ 4, 800 ตารางเมตร ตั้งอยู่ที่พิกัดที่ 18.778794, 99.007365 (18°46'43.7"N 99°00'26.5"E) ภายในสวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละมีอาคารอนุสรณ์สถานพระเจ้ากาวิละและห้องสมุดเฉลิมพระเกียรติแต่ไม่ได้เปิดให้เข้าไปใช้งาน จากการสำรวจพรรณไม้เดิมในสวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละ พบว่า มีพรรณไม้ทั้งหมด 21 ชนิด แบ่งเป็นกลุ่มไม้ยืนต้น จำนวน 14 ชนิด คิดเป็น 51.43 % ของการปกคลุมพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ อินทนิลบก หูกวาง กระถินรงค์ จามจุรี ขนุน ราชนกฤษ พญาสัตบรรณ เป็นต้น กลุ่มไม้พุ่มจำนวน 5 ชนิด คิดเป็น 1.9 % ของการปกคลุมพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ ไม้พลองญี่ปุ่น สิบสองปันนา หมากเหลือง สนมังกร และกลุ่มไม้คลุมดินจำนวน 2 ชนิด คิดเป็น 35 % ของการปกคลุมพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ หญ้าญี่ปุ่นและหญ้าม้าเลย และจัดทำแผนผังแสดงองค์ประกอบภายในพื้นที่และพรรณไม้เดิมของสวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละ ดังภาพที่ 6

สวนสุขภาพบ้านเด่น มีขนาดของพื้นที่ประมาณ 16, 000 ตารางเมตร ตั้งอยู่ที่พิกัดที่ 18.772290, 99.006296 (18°46'20.2"N 99°00'22.7"E) ภายในสวนสาธารณะมีอาคารกิจกรรม ลานกิจกรรมและศาลาไว้รองรับการทำกิจกรรมต่าง ๆ จากการสำรวจพรรณไม้เดิมในสวนสุขภาพบ้านเด่น พบว่ามีพรรณไม้ทั้งหมด 22 ชนิด แบ่งเป็นกลุ่มไม้ยืนต้น จำนวน 16 ชนิด คิดเป็น 14.39 % ของการปกคลุมพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ โสกน้ำ จามจุรี คิงปาล์ม ทองกวาว หูกวาง จิกทะเล จำปา กระถ่อน เป็นต้น กลุ่มไม้พุ่ม จำนวน 4 ชนิด คิดเป็น 2.93 % ของการปกคลุมพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ หมากร่อน หมากร้อย ลิบสองปันนา ไทรทอง และกลุ่มไม้คลุมดิน จำนวน 2 ชนิด คิดเป็น 40 % ของการปกคลุมพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ หญ้าญี่ปุ่นและหญ้ามาเลย์ และจัดทำแผนผังแสดงองค์ประกอบภายในพื้นที่และพรรณไม้เดิมของสวนสุขภาพบ้านเด่น ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แผนผังแสดงองค์ประกอบภายในพื้นที่และพรรณไม้เดิมของสวนสุขภาพบ้านเด่น

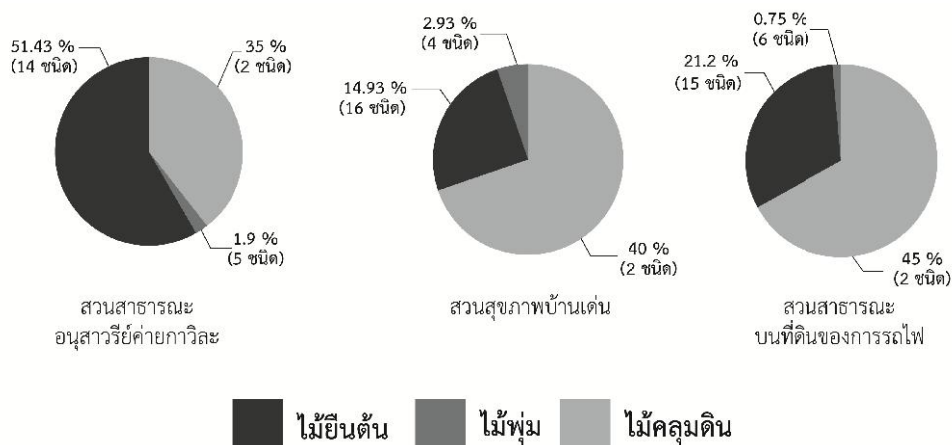
สวนสาธารณะบนที่ดินของการรถไฟ มีขนาดพื้นที่ประมาณ 75, 200 ตารางเมตร ตั้งอยู่ที่พิกัดที่ 18.787454, 99.016114 (18°47'14.8"N 99°00'58.0"E) ภายในสวนสาธารณะมีอาคารสันทนาการและสระว่ายน้ำที่สภาพปัจจุบันไม่ได้มีการใช้งานแล้ว มีศาลาธรรมอยู่ทางทิศเหนือของพื้นที่ที่มีสภาพไม่ได้มีการดูแลรักษาที่ดี จากการสำรวจพรรณไม้เดิม พบว่ามีพรรณไม้ทั้งหมด 23 ชนิด แบ่งเป็นกลุ่มไม้ยืนต้น จำนวน 15 ชนิด คิดเป็น 21.2 % ของการปกคลุมพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ ประดู่ ราชพฤกษ์ จามจุรี ทองกวาว ตีนเป็ดน้ำ ทองหลางต่าง มะขาม สัก เป็นต้น กลุ่มไม้พุ่ม จำนวน 6 ชนิด คิดเป็น 0.75 % ของการปกคลุมพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ หมากร้อย ไทรทอง สนมังกร ชาฮกเกี้ยน เป็นต้น และกลุ่มไม้คลุมดิน จำนวน 2 ชนิด คิดเป็น 45 % ของการปกคลุมพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ หญ้าญี่ปุ่นและหญ้ามาเลย์ และจัดทำแผนผังแสดงองค์ประกอบภายในพื้นที่และพรรณไม้เดิมของสวนสาธารณะบนที่ดินของการรถไฟ ดังภาพที่ 8 รวมทั้งการเปรียบเทียบข้อมูลรายละเอียดภายในพื้นที่และจำนวนสัดส่วนของพรรณไม้ในแต่ละสวนสาธารณะดังตารางที่ 1 และภาพที่ 9



ภาพที่ 8 แผนผังแสดงองค์ประกอบภายในพื้นที่และพรรณไม้เดิมของสวนสาธารณะบนที่ดินของการรถไฟ

ตารางที่ 1 ตารางแสดงข้อมูลรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม.)	พิกัดตำแหน่งที่ตั้ง	โครงสร้างอาคารภายในพื้นที่
สวนสาธารณะ อนุสาวรีย์ค้ายกาวิละ	4, 800	18.778794, 99.007365 (18°46'43.7"N 99°00'26.5"E)	อาคารอนุสรณ์สถานพระเจ้ากาวิละ, ห้องสมุดเฉลิมพระเกียรติ
สวนสุขภาพบ้านเด่น	16, 000	18.772290, 99.006296 (18°46'20.2"N 99°00'22.7"E)	อาคารกิจกรรม
สวนสาธารณะบนที่ดิน ของการรถไฟ	75, 200	18.787454, 99.016114 (18°47'14.8"N 99°00'58.0"E)	อาคารสันตนาการ, สระว่าย, ศาลาธรรม



ภาพที่ 9 จำนวนและสัดส่วนการปกคลุมพื้นที่ของพรรณไม้เดิมในแต่ละพื้นที่ศึกษา

เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลคุณลักษณะของน้ำท่วมที่มีผลกระทบต่อการอยู่รอดของต้นไม้และนำข้อมูลที่ได้ไปทวนสอบความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่าคุณลักษณะของน้ำท่วมที่ส่งผลกระทบต่อต้นไม้มากที่สุด ได้แก่ ระดับความสูงของน้ำท่วมและระยะเวลาของน้ำท่วม จึงใช้สองคุณลักษณะของน้ำท่วมเป็นตัวแปรในการตรวจสอบความทนทานของพรรณไม้เดิมในแต่ละสวนสาธารณะ พบว่า กลุ่มพรรณไม้เดิมในสวนสาธารณะทั้งสามแห่งสามารถทนต่อระดับความสูงของน้ำท่วมที่ 95 เซนติเมตรและทนต่อระยะเวลาน้ำท่วมได้นาน 35 วัน (วิชาญ เอียดทอง, 2555, หน้า 20-63) จากนั้นจึงทำการรวบรวมข้อมูลคาดการณ์น้ำท่วมในอนาคต โดยสามารถสรุปสภาพน้ำท่วมได้ดังนี้ จากผลการคาดการณ์น้ำท่วมในอนาคตพบว่าสวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละมีโอกาเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมมากที่สุด โดยมีระดับความสูงของน้ำท่วมสูงสุด 272 เซนติเมตร มีระยะเวลาน้ำท่วมนานถึง 5 วัน และในอดีตเมื่อปี พ.ศ. 2548 และ 2554 สวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละ เคยเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมมาแล้ว โดยส่วนใหญ่เกิดจากแม่น้ำปิงที่ล้นตลิ่ง ร่องลงมาคือสวนสุขภาพบ้านเด่น โดยมีระดับความสูงของน้ำท่วมสูงสุด 227 เซนติเมตร มีระยะเวลาน้ำท่วม 5 วันเหมือนกัน แต่ในอดีตสวนสุขภาพบ้านเด่นยังไม่มีเคยมีเหตุการณ์น้ำท่วมเกิดขึ้น เนื่องจากสวนสุขภาพบ้านเด่นเพิ่งเปิดใช้งานเมื่อวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2554 และสุดท้ายสวนสาธารณะบนที่ดินของการรถไฟ มีระดับความสูงของน้ำท่วมสูงสุด 194 เซนติเมตร มีระยะเวลาน้ำท่วมนาน 5 วัน และในอดีตเคยมีเหตุการณ์น้ำท่วมเกิดขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2548 โดยเป็นน้ำที่ล้นตลิ่งจากแม่น้ำปิง จากนั้นจึงข้อมูลทั้งหมดนำไปสู่การประเมินใช้วิธีการเปรียบเทียบข้อมูลความทนทานน้ำท่วมของพรรณไม้เดิม (existing plants) กับข้อมูลคาดการณ์น้ำท่วมในอนาคต

ผลการประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตต่อการอยู่รอดของพรรณไม้เดิมในสวนสาธารณะ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลความทนทานน้ำท่วมของพรรณไม้เดิมกับข้อมูลคาดการณ์น้ำท่วมในอนาคต พบว่าข้อมูลความทนทานน้ำท่วมของพรรณไม้เดิมในประเด็นของความทนต่อระดับความสูงของน้ำท่วมของสวนสาธารณะทั้งสามแห่งมีค่าน้อยกว่าระดับความสูงของน้ำท่วมในอนาคต ดังนั้นทั้งสามสวนสาธารณะมีความเสี่ยงที่น้ำท่วมที่สร้างความเสียหายต่อพรรณไม้เดิม โดยพรรณไม้ทุกชนิดมีโอกาสดังกล่าวได้รับเสียหายและไม่สามารถอยู่รอดได้หรือสวนสาธารณะทั้งสามแห่งไม่สามารถรองรับน้ำท่วมในอนาคต ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่วมในอนาคตและการประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตต่อการอยู่รอดของพรรณไม้

พื้นที่ศึกษา	เหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต		ความทนทานน้ำท่วมของพรรณไม้เดิม		ระดับน้ำท่วมในอนาคต		ผลการประเมินความเสี่ยง	
	เคยเกิด	ไม่เคยเกิด	ทนต่อระดับความสูง (ซ.ม.)	ทนต่อระยะเวลา (วัน)	ระดับความสูง (ซ.ม.)	ระยะเวลา (วัน)	รอด	ไม่รอด
สวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละ	/		95	35	272	5		/
สวนสุขภาพบ้านเด่น		/	95	35	227	5		/
สวนสาธารณะบนที่ดินของการรถไฟ	/		95	35	194	5		/

สรุปและอภิปรายผล

สรุป

จากการประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตต่อการอยู่รอดของพรรณไม้ของสวนสาธารณะทั้งสามแห่ง ได้แก่ สวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละ สวนสุขภาพบ้านเด่น และสวนสาธารณะบนที่ดินของการรถไฟ พบว่าพรรณไม้เดิมของสวนสาธารณะทั้งสามแห่งสามารถอยู่รอดได้ หากอำเภอเมืองเชียงใหม่เกิดน้ำท่วมที่ระดับความสูงไม่เกิน 95 เซนติเมตร แต่จากการวิเคราะห์พบว่าในอนาคตอำเภอเมืองเชียงใหม่มีโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมในระดับที่สูง โดยสวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละมีระดับความสูงของน้ำท่วมสูงสุดที่สุด คือ 272 เซนติเมตร รองลงมาคือสวนสุขภาพบ้านเด่น 227 เซนติเมตร และสวนสาธารณะบนที่ดินของการรถไฟ 194 เซนติเมตร เนื่องจากว่าตำแหน่งที่ตั้งของสวนสาธารณะอนุสาวรีย์ค่ายกาวิละอยู่ติดกับแม่น้ำปิงจึงทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในอนาคตมากกว่าสวนสาธารณะอีกสองแห่ง ทำให้เห็นว่าการเลือกตำแหน่งที่ตั้งมีความสำคัญมากที่จำเป็นต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกในการออกแบบสวนสาธารณะ แต่อย่างไรก็ตามการประเมินสำหรับงานวิจัยนี้ได้มีข้อจำกัดในประเด็นของข้อมูลคุณลักษณะของน้ำท่วมที่มีผลต่อการอยู่รอดของต้นไม้ที่เลือกใช้เพียง 2 คุณลักษณะ คือระดับความสูงและระยะเวลาของน้ำท่วม แต่ในความจริงแล้วยังมีอีกหลายคุณลักษณะของน้ำท่วมที่มีความสำคัญและสามารถนำมาใช้ในการประเมินได้ เช่น ความถี่ในการเกิดน้ำท่วม (flooding frequency) คุณภาพของน้ำท่วม (flood water quality) ความเร็วของน้ำท่วม (flooding velocity) เป็นต้น (Glenz et al., 2006, pp. 6-10) นอกจากนี้ผลการประเมินยังทำให้เห็นว่าสวนสาธารณะที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจะมีผลกระทบต่อน้ำท่วมในพื้นที่โดยตรงและมีความรุนแรงมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิชาญ เอียดทอง (2555, หน้า 20-63) ที่พบว่าผลกระทบหลังจากน้ำท่วมในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขนเพียงแค่ครั้งเดียว ก็ทำให้เกิดความสูญเสียในด้านเศรษฐกิจและความหลากหลายทางชีวภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับต้นไม้ลดลงถึง 18% หรือ

ต้นไม้ตายประมาณ 70 ต้น จากทั้งหมด 386 ต้น รวมทั้งการศึกษาความทนทานน้ำท่วมในพรรณไม้ส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลจากต่างประเทศจะอยู่ในรูปแบบรายงานการวิจัยที่เผยแพร่ในบทความและวารสารทางวิชาการ จึงเกิดอุปสรรคที่ทำให้ข้อมูลไม่มีความหลากหลายและไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่ายังมีวิธีอื่นที่สามารถค้นหาข้อมูลพรรณไม้ภายในประเทศไทยที่ทนทานน้ำท่วม เช่น การลงสำรวจพรรณไม้ในพื้นที่ที่เคยเกิดน้ำท่วมมาแล้ว โดยศึกษาข้อมูลน้ำท่วมในอดีตจากข่าวสารหรือรายงานการวิจัยเพื่อดูว่ามีพื้นที่ไหนเคยถูกน้ำท่วมและพรรณไม้ชนิดไหนยังสามารถอยู่รอดได้บ้างหรือลงสำรวจพรรณไม้ในบริเวณพื้นที่ริมแหล่งน้ำ เช่น ริมแม่น้ำ ริมคลอง เป็นต้น

อภิปรายผล

แม้ว่าจะหลีกเลี่ยงไม่ได้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้เกิดความสูญเสียต่อพรรณไม้ในแง่ของปัญหาน้ำท่วมที่คาดว่าจะมีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ แต่ก็ควรพิจารณาประเด็นความเสียหายในด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อพรรณไม้ด้วยเช่นกัน เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้น ความแห้งแล้ง พายุและลมแรง รวมถึงปริมาณน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำทะเลกัดเซาะชายฝั่ง เป็นต้น เพื่ออย่างน้อยก็เป็นการเตรียมการรับมือกับภัยธรรมชาติที่จะเกิดขึ้นในอนาคตและลดความเสียหายให้เกิดขึ้นน้อยลง โดยสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติจากผลกระทบสภาวะโลกร้อนของ วัฒนชัย ชูมาก (2559, หน้า 94-108) ที่มองเห็นประโยชน์ของผลกระทบจากปัญหาน้ำทะเลกัดเซาะชายฝั่ง โดยได้พัฒนาพื้นที่เป็นแหล่งเรียนรู้ที่แสดงถึงความรุนแรงที่เกิดขึ้นและยังหาแนวทางในการป้องกันการเกิดปัญหาดังกล่าว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการอยู่ร่วมกันกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

ดังนั้นการเลือกใช้พรรณไม้ที่ทนทานต่อน้ำท่วมและรองรับกับสภาพอากาศในอนาคตก็ยังเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการพิจารณาก่อนการออกแบบพรรณไม้ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศของพื้นที่ ยกตัวอย่างเช่น อินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.) แคบ้าน (*Sesbania grandiflora* (L.) Desv.) , มะม่วง (*Mangifera indica* L.) ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G.Don) กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis* A. Cunn.ex Benth.) โสภน้ำ (*Saraca indica* L.) เป็นต้น (วิชาญ เอียดทอง, 2555, หน้า 20-63) รวมทั้งควรคาดการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพราะในอนาคตเราไม่สามารถรู้ได้เลยว่าจะเกิดอะไรขึ้นบ้าง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเสนอแนวทางในการเลือกใช้พรรณไม้ที่ทนทานต่อน้ำท่วม โดยสามารถรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัย หรือการลงสำรวจพื้นที่จริงที่เคยเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมมาแล้วในอดีต ก็จะทำให้เห็นว่าพรรณไม้ที่ยังคงอยู่รอดก็แสดงว่าพรรณไม้ชนิดนั้นทนต่อน้ำท่วม รวมทั้งการสำรวจพรรณไม้ที่อยู่อาศัยในระบบนิเวศตามแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ริมแม่น้ำ น้ำตก พื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นต้น เนื่องจากว่าพรรณไม้ที่อยู่อาศัยในบริเวณนี้ จะมีการปรับตัวให้สามารถทนทานน้ำท่วมได้ดีกว่าพรรณไม้ทั่วไป
2. ควรมีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมต่อการอยู่รอดของพรรณไม้ ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่1 คือ ผลกระทบของน้ำท่วมต่อการอยู่รอดของพรรณไม้ในขณะน้ำท่วมและส่วนที่2 คือ การดูแลและฟื้นฟูพรรณไม้หลังจากน้ำท่วม
3. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาข้อมูลความทนทานของพรรณไม้ต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในด้านอื่น ๆ เช่น ทนทานต่ออุณหภูมิที่สูง ทนทานต่อความแห้งแล้ง ทนทานต่อความแรงลม เป็นต้น เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยอื่น ๆ ในพื้นที่ศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2555). **กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หลักการและแนวทางการบริหารความเสี่ยง**. ค้นเมื่อ 11 มกราคม 2561, จาก <http://rmsctrang.go.th/knowledge/attachment/89/>
- ณัชวิชัย ติกุล. (2560). **เว็บไซต์โปรแกรมแผนที่คาดการณ์สภาพอากาศและน้ำท่วมเพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรม**. ค้นเมื่อ 8 มกราคม 2561, จาก <http://www.ptad.mju.ac.th/>
- พรชัย เอกศิริพงษ์ และสุเพชร จิรขจรกุล. (2557). การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่. *Thai Journal of Science and Technology*. 3 (3) , หน้า 148-159.
- รัตนสุตา ชลธาตุ. (2558). การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและแนวทางการแก้ไขปัญหา. *วารสารสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*. 18. หน้า 416-429.
- วีกานดา วรรณวิเศษ. (2558). **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ : ผลกระทบต่อประเทศไทย (Climate Change : Effects to Thailand)**. ค้นเมื่อ 7 มกราคม 2561, จาก http://library.senate.go.th/document/Ext10567/10567795_0002.PDF
- วิชาญ เอียดทอง. (2555). ผลกระทบของน้ำท่วมซึ่งจากเหตุการณ์อุทกภัยปี พ.ศ. 2554 ต่อความหลากหลายชนิดไม้ต้นในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. *tropical plants research*, 5, 20-63.
- วัฒนชัย ชูมาก. (2559). การศึกษาและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติและผลกระทบที่เกิดจากสภาวะโลกร้อนโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน. *วารสารวิจัยราชภัฏธนบุรี รัชใช้สังคม*. 2 (2) , หน้า 94-108.
- ศศิยา ศิริพานิช. (2558). **ภูมิทัศน์พื้นฐาน**. พิมพ์ครั้งที่2. นครปฐม: คณะเกษตร กำแพงแสนและภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

- ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2554). **โครงการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ**. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. (2559). **รายงานสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย**. กรุงเทพมหานคร: รังโก. สมชัย เบญจขย. (2548). **น้ำท่วมเมืองเชียงใหม่ครั้งใหญ่ เมื่อปี 2548**. ค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2561, จาก <http://www.dnp.go.th/fca16/file/6u81tinwt3n503z.doc>
- สวัสดี จิรวัดน์. (2549). **ผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่**. การค้นคว้าแบบอิสระ รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- หน่วยวิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติ. (2555). **ระบบการเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือภัยน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนเมืองจังหวัดเชียงใหม่**. ค้นเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2561, จาก http://cendru.eng.cmu.ac.th/cmfflood/modules_map/map=a02.html
- Anguluri, R. & Narayanan, P. (2017). Role of green space in urban planning: Outlook towards smart cities. **Urban Forestry Urban Greening**. 25: pp. 58-65.
- Asgarzadeh, M., Vahdati, K., Lotf, M., Arab, M., Babaei, A., Naderi, F., & Rouhani, G. (2014). Plant selection method for urban landscapes of semi-arid cities (a case study of Tehran). **Urban Forestry & Urban Greening**. 13, pp. 450-458.
- Brown, R.D., Vanos, J., Kenny, N., & Lenzholzer, S. (2015). Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. **Landscape and Urban Planning**. 138, pp. 118-131.
- Derkzen, M.L., Teeffelen, A.J.A., & Verburg, P.H. (2017). Green infrastructure for urban climate adaptation: How do residents' views on climate impacts and green infrastructure shape adaptation preferences?. **Landscape and Urban Planning**. 157, pp. 106-130.
- Farrugia, S., Hudson, M.D., & McCulloch, L. (2013). An evaluation of flood control and urban cooling ecosystem services delivered by urban green infrastructure. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**. 9 (2) , pp. 136-145.
- Gillner, S., Brauning, A., & Roloff, A. (2014). Dendrochronological analysis of urban trees: Climatic response and impact of drought on frequently used tree species. **Trees - Structure and Function**. 28 (4) , pp. 1079-1093.
- Glenz, C., Schlaepfer, R., Iorgulescu, I., & Kienast, F. (2006). Flooding tolerance of Central European tree and shrub species. **Forest Ecology and Management**. 235, pp. 1-13.

- Hardin, P.J., & Jensen, R.R. (2007). The effect of urban leaf area on summertime urban surface kinetic temperatures: a Terre Haute case study. **Urban Forest Urban Green**. 6 (2) , pp. 63–72.
- May, P.B., Livesley, S.j., & Shears, I. (2013). Managing and monitoring tree health and soil water status during extreme drought in Melbourne, Victoria. **Arboriculture & Urban Forestry**. 39 (3) , pp. 136-145.
- Moore, G.M. (2013). Adaptations of Australian tree species relevant to water scarcity in the urban forest. **Arboriculture & Urban Forestry**. 39 (3) , pp. 109-115.
- Nitshke, C.R., Nichols, S., Allen, K., Dobbs, C., Livesley, S.J., Baker, P.J., & Lynch, Y. (2017). The influence of climate and drought on urban tree growth in southeast Australia and the implications for future growth under climate change. **Landscape and Urban Planning**. 167, pp. 275-287.
- Roloff, A., Korn, S., & Gillner, S. (2009). The Climate-Species-Matrix to select tree species for urban habitats considering climate change. **Urban Forestry & Urban Greenin**. 8, pp. 295-308.
- Schneider, R., Franceschini, T., Fortin, M., & Saucier, J.-P. (2017). Climate-induced changes in the stem form of 5 North American tree species. **Forest Ecology and Management**. 427, pp. 446-455.
- Tonneijik, F., & Hoffman, M., (2010). **Urban green relief for the city with focus on Chiang Mai, Thailand**. Retrieved January 24, 2018, from <http://chm-thai.onep.go.th/chm/city/document/>
- Yuen, B., & Kong, L. (2009). Climate Change and Urban Planning in Southeast Asia. **CITIES AND CLIMATE CHANGE**, 2, pp. 541-560.
- Zhang, B., Xie, G., Zhang, C., & Zhang, J. (2012). The economic benefits of rainwater-runoff reduction by urban green spaces: A case study in Beijing, China. **Journal of Environmental Management**. 100, pp. 65-71.