ประสิทธิภาพของการออกแบบพื้นที่จัดการน้ำฝนสำหรับการพัฒนาโครงการก่อสร้างในเขตเมือง

THE DESIGN EFFICIENCY OF STORMWATER MANAGEMENT AREA FOR DEVELOPMENT THE URBAN CONSTRUCTION PROJECT.

ณัฐดนัย จำรัส [1,*] กิตติคุณ จิตไพโรจน์ [2] และ ดำรงศักดิ์ รินชุมภู [2]
[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้างมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[*]Corresponding author address: natdanai_jumrus@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

น่านเป็นเมืองท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ทำให้มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงและขยายเมืองมากขึ้น จึงมีการพัฒนา โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียงเพื่อเป็นสถานที่รองรับการท่องเที่ยวและพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน โดยใช้พื้นที่หนองน้ำครกซึ่งเดิมเป็นพื้นที่รับน้ำท่วมของเขตพื้นที่อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน พื้นที่ดังกล่าวจะถูกแทนที่ด้วยสิ่งปลูกสร้างอาคารและพื้นคอนกรีต เมื่อมีปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมามากส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการซึมน้ำของพื้นที่นั้นลดลง จึงเกิดน้ำท่วมขัง หรือกลายเป็นน้ำไหลนอง (runoff) ที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้นจึงสนใจทำการศึกษาการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด จังหวัดน่าน โดยบูรณาการองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการกักเก็บ ชะลอ และระบายน้ำผิวดิน หรือตามแนวคิดต้นแบบของ Water Sensitive Urban Design (WSUD), Low Impact Development (LID) และแนวทาง Best Management Practices (BMPs) มุ่งศึกษาการออกแบบลักษณะทางกายภาพของชั้นดิน และการเลือกใช้วัสดุที่ซึมน้ำได้ดีขึ้น ผลการศึกษาพบว่าเมื่อกำหนดระดับความหนาของชั้นกรวด 2 นิ้ว มีค่าประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนเท่ากับ -0.113 นิ้ว/บาท ซึ่งเป็นราคาต้นทุนในการลดค่าน้ำไหลนอง (runoff) ที่เหมาะสมและถูกที่สุด จึงเป็นแนวทางเลือกในการป้องกันและบรรเทาปัญหาน้ำท่วมขัง เพื่อการพัฒนาพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำไหลนองที่ดีและยั่งยืน

คำสำคัญ: *การออกแบบพื้นที่จัดการน้ำฝน, ประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนอง (runoff), โครงการก่อสร้างในเขตเมือง, แนวทางการจัดการที่ดีที่สุด (BMPs)*

Abstract

Nowadays, Nan becomes one of the tourist provinces that raise more popularity than in the past; therefore, there is a number of improvements and the expansion of urbanization. Accordingly, the development plan for the specific area, Phu Phiang is established to be the initial area to support the amount of tourism and to develop the quality of local people. It is located at Nong Nam Krok which was formally used as the area to prevent a flood of Phu Phiang district, Nan province. This area will be replaced by concrete pathways and constructions. Consequently, if the high amount of rainfall affected the decreasing quality of water intake, the area will become the flooding area or the unavoidable runoff. Therefore, the objective of this research was to study the method to improve the efficiency of the runoffs per construction cost for the development in the specific area, Mueang Phu Phiang, Ban Muang Tuet, Nan Province. The method of studying was integrated the knowledge between engineering and architecture which used as a model for designing dedicated to store, control and drain surface water or according to the model of Water Sensitive Urban Design (WSUD), Low Impact Development (LID) and the method of Best Management Practices (BMPs). The design of the physical state of soil and the selection of efficient absorb materials can increase the capability of taking runoffs per reasonable construction cost. The result of the study revealed that when determining the thickness of the 2 inches gravel layer, the efficiency of the cost price runoff was equal to -0.113 inch per baht which is the appropriate and cheapest cost price for the runoff. Therefore, it is an alternative method to prevent and mitigate the flooding problem for the development of the area to be effective for the good and sustainable runoff.

Keywords: *The Design of Stormwater, The efficiency of runoff, Urban construction project, Best Management Practices (BMPs)*

1. บทนำ

น่านเป็นเมืองท่องเที่ยวทำให้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงและขยายเมืองมากขึ้น มีโครงการพัฒนาพื้นที่ต่างๆ อย่างหลากหลาย ทั้งในตัวจังหวัดน่าน เทศบาลเมืองน่าน และเขตอำเภอภูเพียง ผ่านแนวคิด “น่านเมืองเก่าที่มีชีวิต” เน้นอัตลักษณ์ของการท่องเที่ยวเชิงศิลปวัฒนธรรม ดึงให้นักท่องเที่ยวร่วมสัมผัสวิถีชีวิตชุมชุน ประเพณีศิลปวัฒนธรรม และสถาปัตยกรรม โบราณสถาน เป็นการท่องเที่ยวที่ยั่งยืนให้แก่ชุมชน พร้อมหนุนนโยบายเศรษฐกิจด้านการท่องเที่ยวให้เติบโตแบบยั่งยืนด้วย [1] โดยคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 18 มกราคม 2555 เห็นชอบประกาศกำหนดพื้นที่พิเศษเมืองเก่าน่าน ครอบคลุม 5 ตำบล ประกอบด้วย เขตอำเภอเมือง คือตำบลในเวียง ตำบลดู่ใต้ ตำบลนาซาว ตำบลบ่อสวก และเขตอำเภอภูเพียง คือตำบลม่วงตึ๊ด ซึ่งมีจุดเด่นคือมีความเข้มแข็งของวิถีชีวิต วัฒนธรรม และโบราณสถาน ตามรูปแบบการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนโลก (Global Sustainable Tourism Council) [2]

ด้วยอำเภอภูเพียงเป็นพื้นที่ประวัติศาสตร์ซึ่งมีวัดพระธาตุแช่แห้ง เป็นโบราณสถานสำคัญที่ศักดิ์สิทธิ์คู่เมืองน่าน นักท่องเที่ยวนิยมมาสักการะบูชาจำนวนมาก ทำให้สถานที่จอดรถหรือที่พักรถและร้านค้าชุมชนต่างๆ มีไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงมีโครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน โดยใช้พื้นที่สาธารณประโยชน์หนองน้ำครก บ้านม่วงตึ๊ด มาพัฒนาและปรับปรุงภูมิทัศน์เดิมให้ ได้ใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น [3] ดังนั้นพื้นที่เดิมจึงถูกแทนที่ด้วยสิ่งปลูกสร้างอาคารและพื้นคอนกรีตกลายเป็นพื้นที่ทึบน้ำ สันนิษฐานว่า ทำให้ประสิทธิภาพการซึมของน้ำของพื้นที่นั้นลดลง เมื่อมีปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมามากไหลไปตามผิวดิน บางส่วนได้ระเหยและซึมลงไปในดิน หากไหลซึมไม่ทันน้ำที่ไหลเอ่อล้นบนผิวดิน (overflow) จึงเกิดน้ำท่วมขัง หรือกลายเป็นน้ำไหลนอง (runoff) ที่ไม่พึงประสงค์ได้ [4]

ซึ่งกระบวนการออกแบบเพื่อลดปัญหาที่เกิดจากปริมาณน้ำฝนหรือเพื่อจัดการน้ำฝน แบ่งเป็น 2 แนวทางคือแนวทางด้านการออกแบบอนุรักษ์นิยม (conventional stormwater management) ที่เน้นการจัดการน้ำผิวดินส่วนเกินให้ระบายสู่พื้นที่รับน้ำอื่นอย่างรวดเร็วด้วยระบบโครงสร้างการระบายน้ำของเมือง (urban structure) และการออกแบบเพื่อให้แต่ละพื้นที่มีความสามารถในการส่งเสริมการรับน้ำ (water sensitive design) ได้มากขึ้น หรือเพิ่มศักยภาพของพื้นที่ให้รับน้ำในพื้นที่ได้เองก่อน ซึ่งผ่านหลักการที่ผสมผสานระหว่างหลักการทางวิศวกรรมกับหลักการทางภูมิสถาปัตยกรรม [5] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจีระนันท์ สุกุล [4] ที่ทำการศึกษาการออกแบบลักษณะทางกายภาพของชั้นดินและการเลือกใช้วัสดุที่ซึมน้ำเพื่อเป็นแนวทางการป้องกันและบรรเทาปัญหาน้ำท่วมขัง และพัฒนาพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำไหลนองที่ดี และงานวิจัยของเกอมัว ต่งปอ [6] ที่ทำการออกแบบและวางแผนจัดการน้ำเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน เน้นการศึกษาการกักเก็บ การหน่วงน้ำ และการระบายน้ำ โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำบนพื้นผิวและ การเพิ่มขนาดพื้นที่สีเขียวที่มากขึ้น รวมถึงงานวิจัยของ ณัฐธีร์ ตันติเลิศอนันต์ [7] ที่ทำการศึกษาแนวทางการออกแบบภูมิทัศน์ เพื่อกักเก็บและระบายน้ำผิวดินในพื้นที่ชุมชนเมือง โดยการเพิ่มพื้นที่รองรับน้ำหรือการเพิ่มพื้นที่สีเขียว

จากการศึกษางานวิจัย ดังนั้นจึงให้ความสำคัญกับการออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับปริมาณน้ำฝนหรือปริมาณน้ำไหลนองให้เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นการบูรณาการระหว่างหลักการทางวิศวกรรมกับหลักการทางภูมิสถาปัตยกรรม โดยศึกษาเรื่องการออกแบบเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนของพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน ดังกล่าว โดยมุ่งเน้น การออกแบบให้พื้นที่พืชพรรณถูกแทนที่ด้วย Bioretention แต่ยังคงลักษณะพื้นที่คอนกรีตเดิมไว้ และเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติซึมน้ำมากกว่าการปรับเปลี่ยนรูปแบบเชิงภูมิสถาปัตยกรรมเดิม โดยใช้แนวคิดต้นแบบของ Water Sensitive Urban Design (WSUD), Low Impact Development (LID) และแนวทาง Best Management Practices (BMPs) เพื่อเป็นแนวทางการป้องกันและบรรเทาปัญหาน้ำท่วมขัง และเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำไหลนองที่ดีและอย่างยั่งยืน

1.1. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการออกแบบพื้นที่รับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน

1.2. ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา ศึกษาประสิทธิภาพปริมาณน้ำไหลนอง (runoff) ต่อราคาต้นทุนของการพัฒนาพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน โดยศึกษาหลักการออกแบบจากแนวคิดต้นแบบ Water Sensitive Urban Design (WSUD), Low Impact Development (LID) และแนวทาง Best Management Practices (BMPs) โดยใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ Green Stormwater Infrastructure (GSI) ใน Autodesk Infraworks 360 วิธีคำนวณแบบ TR-55

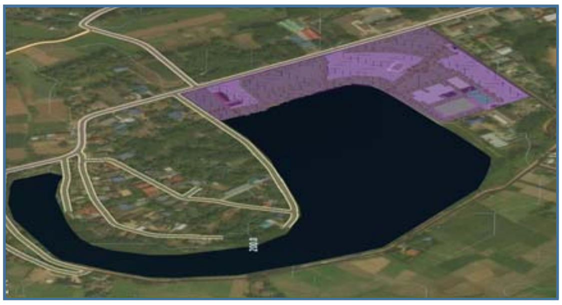
ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา การวิจัยนี้ศึกษาโครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน

2. การทบทวนวรรณกรรม

2.1. การพัฒนาเมือง

"การพัฒนาเมือง" เป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนภาคและเมืองซึ่งเป็นการวางแผนเชิงพื้นที่ที่มีทรัพยากรอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างที่ขาดแคลน ไม่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้งานอย่างอิสระเสรี ของประชาชนทุกคนอย่างเท่าเทียมจึงต้องมีการวางแผนการใช้สอยพื้นที่ เพื่อให้เกิดการจัดสรรทรัพยากรอย่างทั่วถึงเป็นธรรมและมีประสิทธิภาพ [8] ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและกระแสโลกาภิวัตน์ทำให้หลักเกณฑ์และแนวคิดในการพัฒนาเมืองย่อมเปลี่ยนแปลงไปตามความก้าวหน้าและกระแสต่างๆ ที่เกิดขึ้น การวางและออกแบบผังเมืองต้องมีหลักเกณฑ์ แนวคิดที่สอดคล้องเหมาะสมกับศักยภาพและบทบาทของเมืองหรือพื้นที่นั้นๆ อีกทั้งยังต้องตอบสนองต่อนโยบายของรัฐ เพราะการผังเมืองจะทำหน้าที่แสดงบทบาทชี้นำทิศทางการพัฒนาพื้นที่ได้อย่างชัดเจน และช่วยแก้ไขปัญหาพื้นที่อย่างเป็นรูปธรรม [9] การพัฒนาเมือง (urban development) จึงกลายเป็นยุทธศาสตร์สำคัญประการหนึ่งของการก้าวสู่ประเทศพัฒนาแล้ว เพราะมีส่วนช่วยขับเคลื่อนการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เพิ่มผลิตภาพและเร่งการสร้างนวัตกรรม ขจัดความยากจน สนับสนุนการบริโภคและการพัฒนาคุณภาพชีวิต รวมถึงดึงดูดการลงทุน และในอนาคต แนวคิดการพัฒนาเมืองและชนบท เรียกว่า "RUUR Models: Dr. Dan Rural and Urban Development Models" ที่จำแนกเมืองและชนบทตามระดับการพัฒนา จำนวนประชากรและความหนาแน่นของประชากร โดยมีจุดมุ่งหมายให้ระดับการพัฒนาของพื้นที่จะต้องถูกยกระดับขึ้น และประชาชนมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น [10] โดยมีทางเลือกยุทธศาสตร์การพัฒนาเมืองและชนบท ให้สอดคล้องกัน ซึ่งการพัฒนาเมืองน่านและเมืองภูเพียงควรเลือกการพัฒนาเมืองที่ด้อยพัฒนาให้เป็นเมืองเดิมที่พัฒนาแล้ว UrDev (Urban Development) เป็นการทำให้เมืองมีความน่าอยู่ น่าท่องเที่ยว เน้นความยั่งยืน ด้วยยุทธศาสตร์เมือง 10 ส. อันได้แก่ สะดวก สงบสุข สะอาด สุขสบาย สุขอนามัย สำราญ สวยงาม สมองสร้างสรรค์ สีขาว สืบสานวัฒนธรรม โดยอาจทำได้ด้วยการวางผังเมืองอย่างดี มีมาตรการควบคุมมลพิษที่มีประสิทธิภาพ มีการจัดการอาชญากรรมที่เข้มงวด และมีการจัดการระบบจราจรที่ดี

โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน เป็นการพัฒนาเมืองซึ่งจะปรับปรุงภูมิทัศน์เดิม ให้ได้ใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น ใน 3 แนวทางคือ 1) ปรับปรุงพื้นที่เป็นพื้นที่แก้มลิง 2) พื้นที่ศูนย์บริการนักท่องเที่ยว (จุดพักรถ) และ 3) พื้นที่สันทนาการ [11] รายละเอียดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน

ที่มา : สำนักสนับสนุนและพัฒนาตามผังเมือง กรมโยธาธิการและผังเมือง

2.2. แนวทางการออกแบบการจัดการน้ำฝนสำหรับการพัฒนาในเขตเมือง

กระบวนการการออกแบบระบบจัดการน้ำฝนไหลนองตามรูปแบบมาตรฐาน (conventional stormwater management) ยังมีความพยายามในการสนับสนุนให้ใช้การออกแบบแนวทางเลือกซึ่งเน้นการเพิ่มความสามารถของพื้นที่ให้รับน้ำในเขตเมือง (water sensitive urban design: WSUD) ได้มากขึ้น [4] เป็นแนวทางให้แต่ละพื้นที่มีการเพิ่มพื้นที่ หรือเพิ่มศักยภาพของพื้นที่ให้รับน้ำในพื้นที่ได้เองก่อน ผ่านหลักการที่ผสมผสานระหว่างหลักการทางวิศวกรรมกับหลักการทางภูมิสถาปัตยกรรม มีข้อดีนอกจากการเป็นเครื่องมือในการช่วยบริหารจัดการน้ำในพื้นที่แล้วสามารถใช้เป็นจุดสร้างทัศนียภาพ เป็นแหล่งพักผ่อน ตลอดจนสร้างระบบสมดุลทางนิเวศให้แก่พื้นที่ [12] [13] และส่งผลต่อดีต่อสภาวะอยู่สบายในพื้นที่เปิดโล่งได้อีกทางหนึ่งด้วย [14]

2.2.1. แนวทางในการจัดการน้ำฝนสำหรับการพัฒนาโครงการก่อสร้างในเขตเมือง

จากงานวิจัยของจีระนันท์ สุกุล [4] ศึกษาเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองในพื้นที่สวนส่วนกลางของโครงการหมู่บ้านจัดสรรขนาดกลางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยใช้แนวทางในการออกแบบด้วยการ กักเก็บ ชะลอ และระบายน้ำผิวดิน หรือตามแนวคิดต้นแบบของ Water Sensitive Urban Design (WSUD) และแนวทาง Best Management Practices (BMPs) โดยการศึกษาการออกแบบลักษณะทางกายภาพของชั้นดินและการเลือกใช้วัสดุที่ซึมน้ำเพื่อเป็นแนวทางการป้องกันและบรรเทาปัญหาน้ำท่วมขัง และเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำไหลนองที่ดีและอย่างยั่งยืน โดยผลศึกษาพบว่า สามารถลดปริมาณน้ำไหลนองได้ถึงร้อยละ 100 ซึ่งจากปริมาณน้ำไหลนอง 1.80 นิ้ว เหลือ 0 นิ้ว มีราคาต้นทุนการพัฒนาที่ถูกกว่าพื้นที่ฐานเดิม 14,169.38 บาท และมีประสิทธิภาพการรับน้ำ

ไหลนองต่อราคาต้นทุนสูงสุด 12.70 นิ้วต่อบาท ดังนั้นแนวทางในการจัดการน้ำที่กล่าวมานั้นจึงเป็นแนวทางในการจัดการน้ำสำหรับการศึกษางานวิจัยนี้ ที่สามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบพื้นที่จัดการน้ำฝนสำหรับการพัฒนาโครงการก่อสร้างในเขตเมืองให้มีประสิทธิภาพรับน้ำฝนที่ดีมากขึ้น

2.2.2. แนวทางการออกแบบการจัดการน้ำ

จากการศึกษาแนวทางการจัดการน้ำด้วยหลักแนวคิดที่ว่าด้วย WSUD หรือ LID เป็นโครงการนำร่องแนวคิดใหม่สู่การเป็นเมืองสีเขียว [15] และหลักการ BMFเห็นว่า 2 แนวความคิดนี้มีความเหมาะสมต่อบริบทกับพื้นที่สวนส่วนกลางของโครงการจัดสรร ได้แก่ การจัดทำระบบการกักเก็บน้ำด้วยพืชพรรณ (bioretention) และการใช้พื้นปูวัสดุซึมน้ำ (permeable pavement) โดยมุ่งเน้นกระบวนการวิเคราะห์และประเมินพื้นที่ก่อนการพัฒนา หรือปรับปรุงภูมิทัศน์ชุมชน เมือง เพื่อให้สามารถพัฒนาเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและพื้นที่นันทนาการให้กับชุมชนอย่างคุ้มค่า โดยแนวทางการออกแบบภูมิทัศน์ตามหลักการนี้ จะให้ความสำคัญกับพื้นที่ที่มีปัญหาสิ่งแวดล้อม หรืออาจก่อให้เกิดมลภาวะอย่างใดอย่างหนึ่งที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคตควบคู่กับการพัฒนาความเจริญของทุกพื้นที่ ซึ่งการใช้ระบบกักเก็บน้ำด้วยพืชพรรณ (bioretention) มีองค์ประกอบที่ต้องพิจารณาได้แก่ ประเภทของพืช ประเภทของดิน การจัดวางและการเลือกใช้วัสดุรองดินเพื่อการปลูกพืช มีประโยชน์ต่อการดำรงอยู่ของมนุษยชาติอย่างมาก โดยการช่วยลดมลภาวะทางน้ำและลดอัตราน้ำไหลนอง (runoff) ของน้ำฝน ด้วยการกักเก็บน้ำซึ่งส่งผลให้งบประมาณการก่อสร้างระบบระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียรวมของเมืองลดลงเป็นการบริหารจัดการน้ำอย่างเป็นระบบอย่างยั่งยืนและเป็นการสร้างสมดุลของระบบนิเวศเมืองเพื่อช่วย ลดปรากฏการณ์โดมความร้อนในเมือง (Urban Heat Islands) [16]

2.2.3. การคำนวณปริมาณน้ำไหลนอง

การคำนวณปริมาณน้ำไหลนองที่เหมาะสมสำหรับการลดพื้นที่ผิวทึบน้ำและระบบการกักเก็บน้ำที่เหมาะสมของการศึกษางานวิจัยนี้ ที่เรียกว่า WinTR-55 ซึ่งเป็นเกณฑ์ประเมินTREES-NC [17] จากการศึกษางานวิจัยของ Battiata Joseph และคณะ [18] วิธีการลดปริมาณน้ำไหลนอง (runoff) โดยมีวิธีที่เรียบง่าย มีความน่าเชื่อถือที่เฉพาะเจาะจงต่อการลดปริมาณน้ำไหลนองสูงสุดของวิธี Natural Resources Conservation Services (NRCS) ถูกสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1954 โดย Soil Conservation Services (SCS) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาโดยมีจุดประสงค์หลักคือการสร้างมาตรการหรือระเบียบต่างๆ เพื่อป้องกันอุทกภัย

$$\boldsymbol{Q} = \frac{(\boldsymbol{P} - \mathbf{0.2}\boldsymbol{s})^2}{(\boldsymbol{P}+\mathbf{0.8}\boldsymbol{S})} \qquad (1)$$

$$\mathbf{S} = \frac{\mathbf{1000}}{\mathbf{CN}} - \mathbf{10} \qquad (2)$$

$\boldsymbol{Q}$ = ปริมาณน้ำไหลนองมีหน่วยเป็นนิ้ว

$\boldsymbol{P}$ = ปริมาณฝนที่ตกลงมามีหน่วยเป็นนิ้วโดยอ้างอิงข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยา คาบอุบัติ 10 ปี

S = ปริมาณศักยภาพสูงสุดในการดูดน้ำของลุ่มน้ำมีหน่วยเป็นนิ้ว

CN = Runoff curve number อ้างอิงโดยตาราง Runoff curve number (CN) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดต่างๆของ SCS [19]

2.2.4. เครื่องมือจำลองสภาพพื้นที่ในการศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนอง

เครื่องมือจำลองและวิเคราะห์สภาพพื้นที่ในการศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองโดยใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ Green Stormwater Infrastructure (GSI) ใน Autodesk Infraworks 360 (คู่มือการใช้ Autodesk Green Stormwater Infrastructure Extension for Infraworks 360TM V1.0.0, 2015) โดยการสร้างแบบจำลองเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองมีการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่ 2 ซึ่งผลที่ได้จากโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ Green Stormwater Infrastructure (GSI) จะได้ค่า ปริมาณน้ำฝนไหลนอง (R) และ ค่าการซึมของน้ำ (I)

รูปที่ 2 หน้าต่างของ GSI

ที่มา: Autodesk Green Stormwater Infrastructure Extension for Infraworks 360^TM V1.0.0, 2015

3. ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

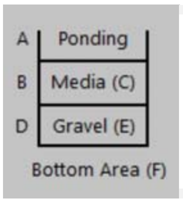
ศึกษาข้อมูลนโยบายการพัฒนาพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับโครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน จากข้อมูลขององค์การบริหารส่วนตำบลม่วงตึ๊ด และ สำนักสนับสนุนและพัฒนาตามผังเมือง กรมโยธาธิการและผังเมือง

3.2. กำหนดขอบเขตการวิจัย

3.2.1. ศึกษาข้อมูลสภาพทางกายภาพเชิงปฐมภูมิและทุติยภูมิ

เกี่ยวกับงานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (hardscape) และงานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (softscape)

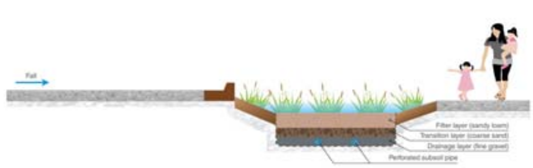
3.2.2. ศึกษาแนวทางการออกแบบพื้นที่รับน้ำไหลนอง (runoff) แบบระบบกักเก็บน้ำด้วยพืชพรรณ (bioretention) ตามแนวคิดการออกแบบ BMPs โดยการเก็บข้อมูลตัวแปรที่ส่งผลต่อการศึกษาทั้งด้านปริมาณน้ำฝน ประเภทและลักษณะของคุณสมบัติวัสดุ ดินและพืชพรรณ ความพรุนของวัสดุและดิน เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการจำลองโดยโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ Green Stormwater Infrastructure (GSI) ใน Autodesk Infraworks 360 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้ 1) เลือกพื้นที่ในการศึกษาพัฒนาเพื่อสร้างแบบจำลอง 2) เลือกวิธีการคำนวณ การกำหนดค่าน้ำฝน [20] และตั้งค่าการวิเคราะห์ 3) กำหนดลักษณะประเภทพื้นที่ของแบบจำลอง 4) วิเคราะห์ผลเพื่อหาแนวทางการออกแบบพื้นที่สีเขียวหรือวัสดุซึมน้ำให้ได้ค่าน้ำไหลนอง (runoff) ลดลง โดยการสร้างแบบจำลองเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนอง มีการทำงานของโปรแกรมซึ่งผลที่ได้จากโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ Green Stormwater Infrastructure (GSI) จะได้ค่า ปริมาณน้ำฝนไหลนอง (R) และ ค่าการซึมของน้ำ (I) ทั้งนี้การออกแบบ BMP Design จำเป็นต้องกรอกค่าข้อมูลต่างๆ เช่น ความลึกของบ่อรับน้ำ (A), ความลึกของชั้นดินปลูก (B), ความพรุนของดินปลูก (C), ความลึกของชั้นกรวด (D), ความพรุนของกรวด (E), และความพรุนพื้นที่ชั้นล่าง (F) โดยจะแสดงค่าการออกแบบสวนซับน้ำที่แนะนำดังรูปที่ 3 ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพัฒนาแนวทางเลือกการออกแบบพื้นที่พืชพรรณให้ถูกแทนที่ด้วย Bioretention ดังรูปที่ 4 ซึ่งสามารถนำค่าข้อมูลการออกแบบสวนซับน้ำที่แนะนำไปใช้ในการกำหนดกรอบตัวอย่างของการทดลองคำนวณเพื่อใช้เป็นแนวทางเลือกในการออกแบบต่อไป



A ความลึกของบ่อรับน้ำ = 0 – 24 (นิ้ว)
B ความลึกของชั้นดินปลูก = 6 (นิ้ว)
C ความพรุนของดินปลูก = 25 (ร้อยละ)
D ความลึกของชั้นกรวด = 2 – 24 (นิ้ว)
E ความพรุนของกรวด = 20 – 40 (ร้อยละ)

รูปที่ 3 ค่าของการออกแบบสวนซับน้ำที่แนะนำ

ที่มา: ดัดแปลงจาก ดำรงศักดิ์ รินชุมภู [21]



รูปที่ 4 ตัวอย่าง Bioretention

ที่มา: Active, Beautiful, Clean (ABC) Waters Design Guidelines (Public Utilities Board (PUB), 2014) [22]

โดยทำการสุ่มค่าของการออกแบบสวนซับน้ำที่แนะนำจากการศึกษาได้ทดลองเปลี่ยนแปลงค่าความลึกของชั้นกรวด (D) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกค่าความหนาของชั้นกรวดที่อยู่ในช่วง 2นิ้ว ถึง 24 นิ้ว ดังตารางที่ 1-3 โดยการเลือกค่าความหนาของชั้นกรวดมาวิเคราะห์ข้อมูลในการออกแบบ Bioretention ในโปรแกรม GSI ใน Infraworks 360 เพื่อหาค่าน้ำไหลนอง (runoff) และทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนจากสูตร (∆ Runoff/∆ Cost) เพื่อนำมาเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐานของลักษณะพื้นที่เดิม (base case) ซึ่งจะเป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองของพื้นที่ที่ศึกษาต่อไป

ตารางที่ 1 แสดงชุดทดลองที่เปลี่ยนแปลงค่าความลึกของชั้นกรวด (D) Case 1-2

ตัวแปร	Case 1		Case 2	
	ค่า	ชนิด	ค่า	ชนิด
ความลึกของบ่อรับน้ำ (A)	0 (นิ้ว)		0 (นิ้ว)	
ความลึกของชั้นดินปลูก (B)	6 (นิ้ว)	ดิน	6 (นิ้ว)	ดิน
ความพรุนของดินปลูก (C)	25 (ร้อยละ)	ร่วน	25 (ร้อยละ)	ร่วน
ความลึกของชั้นกรวด (D)	2 (นิ้ว)	กรวด	4 (นิ้ว)	กรวด
ความพรุนของกรวด (E)	40 (ร้อยละ)		40 (ร้อยละ)	

ตารางที่ 2 แสดงชุดทดลองที่เปลี่ยนแปลงค่าความลึกของชั้นกรวด (D) Case 3-4

ตัวแปร	Case 3		Case 4	
	ค่า	ชนิด	ค่า	ชนิด
ความลึกของบ่อรับน้ำ (A)	0 (นิ้ว)		0 (นิ้ว)	
ความลึกของชั้นดินปลูก (B)	6 (นิ้ว)	ดิน	6 (นิ้ว)	ดิน
ความพรุนของดินปลูก (C)	25 (ร้อยละ)	ร่วน	25 (ร้อยละ)	ร่วน
ความลึกของชั้นกรวด (D)	8 (นิ้ว)	กรวด	16 (นิ้ว)	กรวด
ความพรุนของกรวด (E)	40 (ร้อยละ)		40 (ร้อยละ)	

ตารางที่ 3 แสดงชุดทดลองที่เปลี่ยนแปลงค่าความลึกของชั้นกรวด (D) Case 5

ตัวแปร	Case 5	
	ค่า	ชนิด
ความลึกของบ่อรับน้ำ (A)	0 (นิ้ว)	ดินร่วน
ความลึกของชั้นดินปลูก (B)	6 (นิ้ว)	
ความพรุนของดินปลูก (C)	25 (ร้อยละ)	
ความลึกของชั้นกรวด (D)	24 (นิ้ว)	กรวด
ความพรุนของกรวด (E)	40 (ร้อยละ)	

3.2.3. รวบรวมข้อมูลราคาวัสดุก่อสร้างตามราคาวัสดุของสถานประกอบการในพื้นที่จังหวัดน่านเพื่อใช้ในการคำนวณการประมาณราคาการก่อสร้าง สำหรับค่าใช้จ่ายการก่อสร้าง (cost) ได้ทำการประมาณราคาเฉพาะวัสดุก่อสร้างไม่รวมค่าแรงงานและอื่นๆ พื้นที่ทั้งหมดในการวิเคราะห์มีความลึก 1 เมตร

3.3. วิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 นำข้อมูลจากการศึกษาไปจำลองรูปแบบพื้นที่เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ Green Stormwater Infrastructure (GSI) ใน Autodesk Infraworks 360 แบบวิธีการคำนวณ TR-55 เพื่อหาปริมาณน้ำไหลนอง (runoff)

3.3.2 ประมาณราคาการก่อสร้างตามการออกแบบพื้นที่แต่ละรูปแบบสำหรับค่าใช้จ่ายการก่อสร้าง (cost) ได้ทำการประมาณราคาเฉพาะวัสดุก่อสร้างไม่รวมค่าแรงงานและอื่นๆ พื้นที่ทั้งหมดในการวิเคราะห์มีความลึก 1 เมตร

3.3.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนโดยคำนวณจากสูตร (ΔRunoff/ΔCost) เพื่อนำมาเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐานของลักษณะพื้นที่เดิม (base case)

3.3.4 เสนอแนะแนวทาง

ในส่วนนี้เป็นการนำเสนอแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการออกแบบพื้นที่การรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงติ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงติ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน

4. อภิปรายผล

จากพื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัยเป็นพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงติ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงติ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน ได้มีโครงการปรับปรุงเพื่อพัฒนาพื้นที่สาธารณะประโยชน์ที่มีอยู่เดิมให้ได้ใช้ประโยชน์มากขึ้นทำให้เกิดการขยายสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นในพื้นที่ดังกล่าว จึงได้ทำการศึกษาพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงติ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงติ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน โดยมีพื้นที่โครงการทั้งหมด 55,471.25 ตารางเมตร ซึ่งแบ่งเป็นพื้นที่คอนกรีต 25,683.92 ตารางเมตร และพื้นที่พืชพรรณ 29,787.33 ตารางเมตร ทั้งนี้การศึกษาแนวทางเลือกในการพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงติ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงติ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน โดยการกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ศึกษา ดังรูปที่ 5 เมื่อทำการจำลองสภาพพื้นที่เดิม (base case) โดยนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุด 10 ปีย้อนหลังจากสถานีอุตุนิยมวิทยาน่าน จังหวัดน่านซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.4 นิ้ว มาวิเคราะห์ใน GSI ใน Autodesk Infraworks 360 พบว่าค่าน้ำไหลนอง (runoff) เท่ากับ 4.03 นิ้ว ซึ่งพื้นที่เดิมมีราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง 13,916,718.83 บาท เมื่อเสนอแนวทางการเลือกออกแบบให้พื้นที่พืชพรรณถูกแทนที่ด้วย Bioretention แต่ยังคงลักษณะพื้นที่คอนกรีตไว้คงเดิม ซึ่งได้ทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นกรวดโดยเลือกกำหนดค่าความหนาของชั้นกรวดที่ 2 นิ้ว, 4 นิ้ว, 8 นิ้ว, 16 นิ้ว, และ 24 นิ้ว แล้วนำค่าข้อมูลไปวิเคราะห์ใน GSI ใน Autodesk Infraworks 360 ได้ผลดังตารางที่ 4 พบว่า กรณีที่ 1 (case1) เมื่อกำหนดระดับความหนาของชั้นกรวด 2 นิ้ว ค่าน้ำไหลนอง (runoff) เท่ากับ 3.53 นิ้ว มีราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง 14,360,949.79 บาท กรณีที่ 2 (case2) ระดับความหนาของชั้นกรวด 4 นิ้ว ค่าน้ำไหลนอง (runoff) เท่ากับ 3.49 นิ้ว มีราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง 14,805,180.76 บาท กรณีที่ 3 (case3) ระดับความหนาของชั้นกรวด 8 นิ้ว ค่าน้ำไหลนอง (runoff) เท่ากับ 3.41 นิ้ว มีราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง 15,684,932.27 บาท กรณีที่ 4 (case4) ระดับความหนาของชั้นกรวด 16 นิ้ว ค่าน้ำไหลนอง (runoff) เท่ากับ 3.25 นิ้ว มีราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง 17,453,145.71 บาท กรณีที่ 5 (case5) ระดับความหนาของชั้นกรวด 24 นิ้ว ค่าน้ำไหลนอง (runoff) เท่ากับ 3.09 นิ้ว มีราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง 19,230,069.57 บาท

รูปที่ 5 แสดงการจำลองพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่ เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงติ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงติ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน โดยใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ Autodesk Infraworks 360

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุน

แนวทางเลือก	Runoff (นิ้ว)	Cost (บาท)
Base Case	4.03	13,916,718.83
Case 1 (D=2")	3.53	14,360,949.79
Case 2 (D=4")	3.49	14,805,180.76
Case 3 (D=8")	3.41	15,684,932.27
Case 4 (D=16")	3.25	17,453,145.71
Case 5 (D=24")	3.09	19,230,069.57

ตารางที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุน (ต่อ)

แนวทางเลือก	ΔRunoff (นิ้ว)	ΔCost (บาท)	ประสิทธิภาพ (นิ้ว/บาท) (ΔRunoff / ΔCost) x10^5
Base Case			
Case 1 (D=2")	-0.5	444,230.96	-0.113
Case 2 (D=4")	-0.54	888,461.93	-0.061
Case 3 (D=8")	-0.62	1,768,213.44	-0.035
Case 4 (D=16")	-0.78	3,536,426.88	-0.022
Case 5 (D=24")	-0.94	5,313,350.73	-0.018

ที่มา: ผู้วิจัย

ผลจากการศึกษาเมื่อทำการเปรียบเทียบการออกแบบพื้นที่ Bioretention โดยอ้างอิงจากพื้นที่เดิม (base case) เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการออกแบบพื้นที่รับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุน พบว่า กรณีที่ 1 (case1) เมื่อกำหนดระดับความหนาของชั้นกรวด 2 นิ้ว ค่าน้ำไหลนอง (runoff) ลดลง 0.50 นิ้ว มีราคาต้นทุนค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 444,230.96 บาท ประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนเท่ากับ -0.113 นิ้ว/บาท กรณีที่ 2 (case2) ระดับความหนาของชั้นกรวด 4 นิ้ว ค่าน้ำไหลนอง (runoff) ลดลง 0.54 นิ้ว มีราคาต้นทุนค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 888,461.93 บาท ประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนเท่ากับ -0.061 นิ้ว/บาท กรณีที่ 3 (case3) ระดับความหนาของชั้นกรวด 8 นิ้ว ค่าน้ำไหลนอง (runoff) ลดลง 0.62 นิ้ว มีราคาต้นทุนค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 1,768,213.44 บาท ประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนเท่ากับ -0.035 นิ้ว/บาท กรณีที่ 4 (case4) ระดับความหนาของชั้นกรวด 16 นิ้ว ค่าน้ำไหลนอง (runoff) ลดลง 0.78 นิ้ว มีราคาต้นทุนค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 3,536,426.88 บาท ประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนเท่ากับ -0.022 นิ้ว/บาท กรณีที่ 5 (case5) ระดับความหนาของชั้นกรวด 24 นิ้ว ค่าน้ำไหลนอง (runoff) ลดลง 0.94 นิ้ว มีราคาต้นทุนค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 5,313,350.73 บาท ประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนเท่ากับ -0.018 นิ้ว/บาท

ดังนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ผลประสิทธิภาพการออกแบบพื้นที่รับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุน กรณีที่ 1 (case1) ระดับความหนาของชั้นกรวด 2 นิ้ว ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนเท่ากับ -0.113 นิ้ว/บาท มีความเหมาะสมเป็นแนวทางเลือกในการพัฒนาประสิทธิภาพการออกแบบพื้นที่รับน้ำไหลนองต่อไป

5. สรุปผลการวิจัย

จากการจำลองค่าและวิเคราะห์สภาพพื้นที่ในการศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองในโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ GSI ใน Autodesk Infraworks 360 โดยการจำลองออกแบบให้พื้นที่พืชพรรณถูกแทนที่ด้วย Bioretention แต่ยังคงลักษณะพื้นที่คอนกรีตไว้คงเดิม ซึ่งได้ทำการเปลี่ยนแปลงระดับความหนาของชั้นกรวด จึงส่งผลต่อค่าน้ำไหลนอง (runoff) และราคาต้นทุนค่าก่อสร้างที่แตกต่างกัน ดังนั้นสามารถสรุปแนวทางเลือกในการพัฒนาประสิทธิภาพการออกแบบพื้นที่รับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน ได้ว่ากรณีที่ 1 (case1) ระดับความหนาของชั้นกรวด 2 นิ้ว มีความเหมาะสมเป็นแนวทางเลือกในการพัฒนาประสิทธิภาพการออกแบบพื้นที่รับน้ำ ไหลนอง เนื่องจากมีค่าประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนเท่ากับ -0.113 นิ้ว/บาท ซึ่งมีราคาต้นทุนในการลดค่าน้ำไหลนอง (runoff) ถูกที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ กรณีที่ 5 (case5) ระดับความหนาของชั้นกรวด 24 นิ้ว มีค่าประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองต่อราคาต้นทุนเท่ากับ -0.018 นิ้ว/บาท

การศึกษาวิจัยนี้เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ค่าข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองของพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน ตามแนวคิด WSUD, LID, และ BMPs ที่สามารถลดปริมาณน้ำไหลนอง (runoff) ได้เพื่อเป็นแนวทางเลือกในการพัฒนาประสิทธิภาพการออกแบบพื้นที่รับน้ำไหลนองให้ดีขึ้นอย่างยั่งยืน

ทั้งนี้การศึกษาวิจัยเป็นเพียงแนวทางและข้อเสนอแนะต่อผู้ที่สนใจหรือผู้ออกแบบเพื่อพัฒนาโครงการซึ่งสามารถนำกระบวนการจากการศึกษาในงานวิจัยนี้ไปพัฒนาโครงการโดยการประยุกต์แนวคิดต้นแบบในการจัดการน้ำรวมถึงการปรับเปลี่ยนลักษณะของพื้นที่หรือใช้วัสดุที่สามารถลดปริมาณน้ำไหลนอง (runoff) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและตัดสินใจในการพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนองได้ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปเมื่อประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่น การนำโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ GSI ใน Autodesk Infraworks 360 มาใช้ในการวิเคราะห์ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องการปรับเปลี่ยนลักษณะและรูปแบบของพื้นที่ BMP Design ที่มีผลต่อปริมาณน้ำไหลนองและราคาต้นทุน ซึ่งการใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์อาจมีผลความคลาดเคลื่อนในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ของแผนที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนอง (runoff) ให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้นต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์ฤทธิ์ทยุต ก้อนทอง ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำด้านโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ ตลอดจนขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำตรวจสอบ แก้ไข จนสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณสำนักสนับสนุนและพัฒนาตาม ผังเมืองกรมโยธาธิการและผังเมือง องค์การบริหารส่วนตำบลม่วงตึ๊ด จังหวัดน่าน สถานีอุตุนิยมวิทยาน่าน และคุณครูคนึงนิจ ณ น่าน ที่เป็นผู้ให้คำแนะนำ สนับสนุนข้อมูลของพื้นที่ศึกษา รวมถึงครอบครัวที่ได้ให้กำลังใจช่วยเหลือส่งเสริมการศึกษาของข้าพเจ้าครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (องค์การมหาชน) (2563). เมืองเก่าน่าน. สืบค้นจาก https://www.greennetworkthailand.com

[2] องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (องค์การมหาชน) (2564). อพท. ชูกลยุทธ์ความยั่งยืนปั้น ผงาดขึ้นเวทีโลก. สืบค้นจาก https://www.matichon.co.th/economy/news

[3] องค์การบริหารส่วนตำบลม่วงตึ๊ด (2563) โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน. เอกสารอัดสำเนา.

[4] จีระนันท์ สุกุล (2559) การศึกษาประสิทธิภาพการรับน้ำไหลนอง ในพื้นที่สวนส่วนกลางของโครงการหมู่บ้านจัดสรรขนาดกลางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[5] ศนิ ลิ้มทองสกุล. (2554). การประยุกต์ใช้แนวทางการบริหารจัดการน้ำผิวดิน ด้วยแนวคิด LID ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[6] เกอมัว ต่งปอ. (2558). การออกแบบและวางแผนจัดการน้ำเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในเขตป้องกันเมืองมรดกโลกหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม, สาขา วิชาการออกแบบและวางแผนสิ่งแวดล้อม

[7] ณัฐธีร์ ตันติเลิศอนันต์. (2554). แนวทางในการวางผังออกแบบภูมิทัศน์เพื่อกักเก็บและระบายน้ำผิวดินในพื้นที่ชุมชนเมือง. มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพมหานคร.

[8] พนิต ภู่จินดา, (2556). การผังเมืองกับการพัฒนาเมือง. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยพัฒนาการปกครองท้องถิ่น สถาบันพระปกเกล้า

[9] พนิต ภู่จินดา และ ยศพล บุญสม, (2559). คู่มือออกแบบและวางผังแนวคิดเมือง. กรุงเทพฯ : ไทยเบสท์ฯ

[10] เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, (มปป.) กรอบแนวคิดการพัฒนาเมืองและชนบท. http://drdancando.com

[11] สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดน่าน. (มปป.) โครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะเมืองภูเพียง บ้านม่วงตึ๊ด หมู่ที่ 4 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน. เอกสารอัดสำเนา.

[12] Du, S. (2012). Design with stormwater : landscape of integrated LID in Chinese highdensity residential development. The University of Hong Kong (Pokfulam, Hong Kong).

[13] Wong, T. H. F. (2011). Framework for stormwater quality management in Singapore. Paper presented at the 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre, Brazil.

[14] Coutts, A., Loughnan, M., Tapper, N., White, E., Thom, J., Broadbent, A., et al. (2014). Impacts of Water Sensitive Urban Design Solutions on Human Thermal Comfort: Clayton, Victoria. http://watersensitivecities.org. au/new-publications-greencities-and-microclimate.

[15] ภาควิชาภูมิทัศน์และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม. (2549). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการนำร่องแนวคิดใหม่สู่การเป็นเมืองสีเขียว: เขตเทศบาลนครเชียงใหม่ และพื้นที่เมืองโดยรอบ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[16] ดารณี ด่านวันดี มุจลินทร์ ผลจันทร์ และ พีรการต์ บรรเจิดกิจ. (2555). แนวทางการออกแบบระบบกักเก็บน้ำด้วยพืชพรรณ. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[17] สถาบันอาคารเขียวไทย. (2553). การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้าง และปรับปรุงโครงการใหม่. กรุงเทพมหานคร: สถาบันอาคารเขียวไทย.

[18] Battiata Joseph, David Hirschman, Kelly Collins and Greg Hoffmann. (2008). The Runoff Reduction Method. Center for Watershed Protection, Mechanicsville, VA. Retrieved from http://ucowr.org/files/Achieved_Journal

[19] พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และ พิณทิพย์ ธิติโรจนวัฒน์. (2551). การกำหนดค่า SCS-CN ของพืชคลุมดินเพื่อการจัดการพื้นที่

ต้นน้ำ. สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

[20] สถานีอุตุนิยมวิทยาน่าน (2564) สถิติปริมาณน้ำฝนสูงสุดในจังหวัดน่าน 10 ปีย้อนหลัง. เอกสารอัดสำเนา.

[21] ดำรงศักดิ์ รินชุมภู (2560) การคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[22] Public Utilities Board (PUB). (2014). Active, Beautiful, Clean (ABC) Waters Design Guidelines: Singapore's National Water Agency.