

การจัดการระบบระบายน้ำตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนเมืองจังหวัดจันทบุรี
Management of Urban Drainage Systems Dependent
on Climate Change and Impacts on Urbanization
in Chanthaburi Province

กฤษณะ อิมสวาสดี*

สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

Krissana Imsawas*

Program in Geoinformatics, Faculty of Geoinformatics, Burapha University,
Long-Hard Bangsaen Road, Saensook, Muang, Chon Buri 20131

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อจัดทำฐานข้อมูลระบบระบายน้ำฝนในเขตพื้นที่ชุมชนเมือง วิเคราะห์เชิงพื้นที่ของระบบการระบายน้ำฝนโดยใช้แบบจำลอง SWMM 5 และแนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมือง จังหวัดจันทบุรี โดยใช้วิธีการสร้างฐานข้อมูลระบบระบายน้ำและวิเคราะห์กับแบบจำลอง SWMM 5 (stormwater management model) ซึ่งเป็นแบบจำลองกระบวนการทางอุทกวิทยาที่เหมาะสมกับพื้นที่เขตเมือง เพื่อประเมินความสามารถการระบายน้ำที่มีอยู่เดิมในพื้นที่กับปริมาณน้ำฝน 30 ปี โดยเลือกวันที่มีปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุด คือ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2556 จากข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ ณ สถานีระยอง ของกรมอุตุนิยมวิทยา ผลการศึกษาการจัดทำฐานข้อมูลระบบระบายน้ำ โดยนำข้อมูลแนวท่อระบายน้ำ (conduit) ท่อระบายน้ำ (junction) ท่อน้ำทิ้ง (outfall) พื้นที่รับน้ำย่อย (sub-catchment) สร้างเป็นฐานข้อมูล และวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง SWMM 5 พบว่าระบบระบายน้ำในพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี มีน้ำท่วมขังสูงสุดบริเวณถนนและพื้นที่อยู่อาศัย ซึ่งอยู่ในพื้นที่ชุมชนที่ 6 วัดใหม่เมืองจันทน์ มีระดับความลึกน้ำท่วมขังประมาณ 0.82 เมตร เนื่องจากพื้นที่เป็นแอ่งและไม่มีพื้นที่ให้น้ำซึมผ่านลงสู่ใต้ดิน โดยแนวทางในการป้องกันน้ำท่วมขัง คือ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวและปรับเปลี่ยนโครงสร้างพื้นผิว เช่น ถนน ทางเท้า และพื้นบริเวณรอบ ๆ สิ่งปลูกสร้างให้น้ำสามารถซึมผ่านไปสู่ชั้นดิน

คำสำคัญ : ระบบระบายน้ำ; การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ; ชุมชนเมือง; จังหวัดจันทบุรี

Abstract

The purpose of this research is to create a database of rainwater drainage systems in urban areas for spatial analysis of rainwater drainage systems using the SWMM 5 model. Solutions to drainage problems in urban areas in Chanthaburi province was performed by using the method of creating a drainage database and analyzed with the SWMM 5 (stormwater management model), which is a hydrological process model that is suitable for urban areas. The drainage capacity was assessed on that existed in the area with 30 years of rainfall by selecting the day with the highest daily rainfall, which was on 23 July 2013 from the weather radar data at the Rayong station of the department meteorology. The results from the study created a drainage system database using conduit, junction, outfall, sub-catchment as a database. The analysis by using SWMM 5 model found that the drainage system in Chanthaburi urban area still had the highest flooding around the road and residential area which was the community area no. 6, Wat Mai Muang Chan, with a depth of 0.82 meters. It was due to the flooded basin, resulting in no area to allow water to penetrate into the ground. Guidelines for preventing flooding are suggested, i.e. adding green spaces, and modifying ground structures such as roads, sidewalks and floors around buildings, to allow water penetrating into the soil.

Keywords: urban drainage system; climate change; urbanization; Chantaburi province

1. บทนำ

อดีตจนถึงปัจจุบัน ปัญหาใหญ่ที่แต่ละประเทศต้องตระหนักและให้ความสำคัญ คือ สภาพการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งสร้างปัญหาและผลกระทบทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วไปจนถึงประเทศที่ด้อยพัฒนา ตลอดจนสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่ชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม ทำให้ประเทศต่าง ๆ ตื่นตัวและเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่สามารถแปรปรวนได้ตลอดเวลา [1] ดังเหตุการณ์ภัยพิบัติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ปรากฏว่ามีความถี่ในรอบการเกิดมากยิ่งขึ้น ได้แก่ ภัยแล้ง และอุทกภัยที่เป็นปัญหาสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อชีวิต ทรัพย์สิน เศรษฐกิจ และสังคม รายงานของ WHO [2] ระบุว่า ประชากร 150,000 คน เสียชีวิตทุกปีจากผลกระทบที่

เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change) [3] ระบุว่าประเทศต่าง ๆ จำเป็นต้องควบคุมรักษาระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้อยู่ในระดับต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับยุคก่อนอุตสาหกรรม เพื่อป้องกันผลกระทบที่จะตามมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ยังมีหลักฐานชิ้นใหม่ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา [3] พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีสาเหตุสำคัญจากกิจกรรมของมนุษย์ กว่าหนึ่งศตวรรษที่มนุษย์ได้นำพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน และถ่านหินออกมาใช้เพื่อตอบสนองความต้องการมนุษย์และขับเคลื่อนวิวัฒนาการต่าง ๆ และขณะเดียวกันได้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ออกมาที่เรียกว่าปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก ซึ่งหากถูกปล่อยเข้าสู่ชั้นบรรยากาศมากเท่าไร ก็จะส่งผลในการกักเก็บความร้อนและเพิ่มอุณหภูมิในโลกให้สูงขึ้น สิ่งนี้เองทำให้เกิดผลกระทบร้ายแรงตามมากับระบบนิเวศของโลก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะมีผลกระทบต่อประเทศกำลังพัฒนามากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระทบต่อระบบของมนุษย์และระบบธรรมชาติบนโลก รวมทั้งการปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

สำหรับหลักฐานที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) นั้นวันยังชัดเจนขึ้น Greenpeace Thailand [4] รายงานว่าประชากรหลายล้านคนรวมถึงการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยกำลังถูกคุกคามจากภัยธรรมชาติที่มาจาก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ คลื่นความร้อน ภัยแล้ง พายุ และน้ำท่วม นับวันจะทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น เป็นสัญญาณเตือนจากธรรมชาติที่ถูกรบกวน เนื่องจากระบบนิเวศและระบบภูมิอากาศมีความซับซ้อนและสัมพันธ์กัน ความรุนแรงที่เกิดขึ้นต้องอาศัยการร่วมมือของทุกฝ่าย ประเทศไทยควรเร่งดำเนินการด้านการปรับตัวเพื่อบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และต้องสร้างองค์ความรู้ให้กับสาธารณชน เพื่อให้สามารถปรับตัวสอดคล้องและรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น Suwannaporn [5] อธิบายสภาพภูมิอากาศของไทยว่าจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยอีก 20-30 ปีข้างหน้าและจะทวีความรุนแรงขึ้น ประเทศไทยต้องเผชิญกับวันที่อากาศร้อนเกิน 33 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น 3 เท่าต่อปี จากเดิม 20 เป็น 30-60 วันต่อปี ระดับน้ำทะเลโดยเฉพาะบริเวณอันดามันจะสูงขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้บริเวณชายฝั่งทะเลเกิดฝนตกเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้ฤดูน้ำหลาก

เปลี่ยนไปจากเดิม โดยในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม จะมีปริมาณน้ำมากกว่าที่ผ่านมาถึงร้อยละ 40 เนื่องจากทั้งปริมาณน้ำฝน น้ำเหนือ และน้ำทะเลหนุน ซึ่งระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นกว่าที่ผ่านมา ทำให้กรุงเทพมหานครและปริมณฑลเกิดน้ำท่วมง่ายและถี่ขึ้น ส่งผลให้เกิดโรคระบาดและพาหะของโรคเพิ่มมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิโลกสูงขึ้น

ระบบการระบายน้ำจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สำคัญในการรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะการเกิดปริมาณฝนที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้องมีระบบระบายน้ำที่ดีและทันท่วงทีในพื้นที่ที่เป็นชุมชนเมืองใหญ่ ๆ เพราะเป็นแหล่งเศรษฐกิจและศูนย์กลางที่สำคัญของจังหวัด การระบายน้ำในปัจจุบันอาจยังไม่เพียงพอกับชุมชนที่มีการขยายตัวตามสภาพเศรษฐกิจและการลงทุน ดังนั้นการระบายน้ำในชุมชนเมืองถือเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องมีการบูรณาการของศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อแก้ไขและบรรเทาความสูญเสียต่อชุมชนเมือง และเพื่อให้วิเคราะห์ปัญหาได้อย่างตรงจุด โครงการวิจัยนี้ศึกษาระบบระบายน้ำปัจจุบันว่าเพียงพอและสอดคล้องกับการขยายตัวเมืองหรือไม่ โดยข้อมูลปริมาณน้ำฝน หากมีปริมาณน้ำฝนสะสมมากจะส่งผลกระทบต่อ การท่องเที่ยวและการคมนาคมในชุมชนเมืองเก่าที่ได้รับการอนุรักษ์ ซึ่งพื้นที่ที่ศึกษา คือ จังหวัดจันทบุรี โดยศึกษาพื้นที่ในเขตเทศบาลเมืองจันทบุรี ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวและเขตเศรษฐกิจสำคัญ เช่น ตลาดค้าอัญมณี แหล่งท่องเที่ยวชุมชนเมืองเก่าจันทบุรี แหล่งผลไม้ขึ้นชื่อ และเป็นจังหวัดในภาคตะวันออกที่มีปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ยตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร [6] รองจากจังหวัดตราด ปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่พบว่ามีปริมาณน้ำท่วมขังสะสมสูง ซึ่งระบบการระบายน้ำเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากในเขตเทศบาลเมืองจันทบุรี เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในการลงทุนและการท่องเที่ยว แก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังซ้ำซาก โดยนำเทคโนโลยีภูมิสาร

สนเทศมาวิเคราะห์ระบบการระบายน้ำและผังเมือง โดยจัดทำฐานข้อมูลระบบระบายน้ำฝนในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี นำข้อมูลเชิงพื้นที่มาวิเคราะห์ในระบบการระบายน้ำฝนโดยใช้แบบจำลอง SWMM 5 ซึ่งเป็นกระบวนการทางอุทกวิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่เขตเมือง สามารถวิเคราะห์พื้นที่การซึมน้ำ (infiltration) การกักเก็บ (storage) และการไหลบนผิวดิน (runoff) เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ 15 ชุมชน ได้แก่ ชุมชนที่ 1 บ้านลุ่ม ชุมชนที่ 2 สถานีขนส่ง ชุมชนที่ 3 ตลาดน้ำพุ ชุมชนที่ 4 ริมน้ำ ชุมชนที่ 5 ป้อม ทสพช. ชุมชนที่ 6 วัดใหม่เมืองจันท์ ชุมชนที่ 7 วัดป่าคลองกุ้ง ชุมชนที่ 8 วัดตะบกเตี้ย ชุมชนที่ 9 เนินเอสโซ่ ชุมชนที่ 10 เนินเอฟเอ็ม ชุมชนที่ 11 ศูนย์การค้าเจพีโรวา ชุมชนที่ 12 หมู่บ้านประกาศ ชุมชนที่ 13 ตลาดเก่าริมน้ำจันทบูรณ ชุมชนที่ 14 หลังโรงพยาบาลพระปกเกล้า และชุมชนที่ 15 หน้าวัดใหม่ โดยใช้อุปกรณ์เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (ultrasonic distance measurer laser point) และเครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS) นำเข้าสู่ระบบวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PCSWMM (trial version 30 days) และโปรแกรม ArcMap 10

วิธีการดำเนินการจัดการระบบระบายน้ำตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนเมือง จังหวัดจันทบุรี แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

2.1 ส่วนที่ 1

การรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น สิ่งปกคลุมดิน (land cover) ใช้ข้อมูลการจำแนกประเภทที่ 1 ซึ่งเพียงพอต่อการวิเคราะห์พื้นที่รับน้ำย่อย (subcatchment) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (rainfall data) ข้อมูล

ความสูงเชิงเลข (DEM) และการสำรวจเชิงพื้นที่แนวท่อระบายน้ำ โดยเก็บข้อมูลขนาดและความยาวของแนวท่อ ลักษณะพื้นผิวของท่อ และระดับความลึกของท่อ เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

2.2 ส่วนที่ 2

การเตรียมการวิเคราะห์แบบจำลอง SWMM 5 โดยแบ่งปัจจัยการนำเข้าข้อมูล 2 ปัจจัย ดังนี้

2.2.1 ปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ พื้นที่รับน้ำย่อย ข้อมูลปริมาณน้ำฝน แนวทางระบายน้ำ (pipe network) และค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว (Manning's coefficients, N)

2.2.2 ปัจจัยของ SWMM ได้แก่ การสลายของน้ำ (Decay) ความลึกของพื้นที่ที่น้ำไม่สามารถไหลผ่านได้ (Dstore-Imperv) ความลึกของพื้นที่ที่น้ำสามารถไหลผ่านได้ (Dstore-Perov) อัตราสูงสุดของการซึมผ่านของน้ำ (MaxRate) อัตราต่ำสุดของการซึมผ่านของน้ำ (MinRate)

การเก็บรวบรวมข้อมูลการระบายน้ำ ได้แก่ ข้อมูลแนวท่อระบายน้ำ (conduit) ท่อระบายน้ำ (junction) ท่อน้ำทิ้ง (outfall) พื้นที่รับน้ำย่อย และความสูงเชิงเลข (DEM) มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PCSWMM เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยสร้างจากตัวแปร 3 ค่า ดังนี้

(1) เลือกช่วงวันที่มีค่าปริมาณน้ำฝนมากที่สุด ในรอบระยะเวลา 30 ปี (ปี พ.ศ. 2531-2561) ซึ่งตรงกับวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2556 ประกอบกับ ณ ช่วงเวลานั้น เป็นช่วงที่มีอิทธิพลของพายุโซนร้อนเซปี โดยนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงจากเรดาร์ตรวจอากาศ สถานีระยอง มาเป็นแบบจำลองด้านปริมาณน้ำฝน

(2) อ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลบนพื้น 4 ค่า ของสิ่งปกคลุมในพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ชุมชน

Table 1 Manning coefficient of different land cover types

Land cover	Reference classes	Manning coefficients
Settlement	Moderate-density residential	0.0678
Bare soil	Not covered by green space	0.0113
Water body	Pond	0.0010
Green space	Light shrub	0.368

หนาแน่นปานกลางที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล 0.0678 พื้นที่เปิดโล่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล 0.0113 พื้นที่แหล่งน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล 0.0010 และพื้นที่สีเขียวมีค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล 0.368 [7] ดังตารางที่ 1

นำข้อมูล land cover กำหนดความสามารถพื้นที่รับน้ำย่อยและค่าสัมประสิทธิ์การไหล N-Imperv คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำไม่สามารถไหลผ่านและระบายน้ำผ่านได้ในพื้นที่รับน้ำย่อย และค่า Imperv คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำสามารถไหลและระบายน้ำผ่านในพื้นที่รับน้ำย่อย ดังสมการที่ 1 และ 2 [8]

$$N\text{-Imperv} = \frac{\sum_{i=1}^n N\text{area}_i * M_i}{\sum_{j=1}^n N\text{area}_j} \quad (1)$$

$$\text{Imperv} = \frac{\sum_{i=1}^m \text{area}_i * M_i}{\sum_{j=1}^m \text{area}_j} \quad (2)$$

โดย n คือ จำนวนของประเภทสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่ไม่สามารถระบายน้ำในพื้นที่รับน้ำย่อย; Narea_i คือ พื้นที่สิ่งปกคลุมดินของกรณี i ในพื้นที่ไม่สามารถระบายน้ำ โดยมีหน่วยตารางเมตร (m²); M_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสิ่งปกคลุมดินในกรณี i; m คือ จำนวนของประเภทสิ่งปกคลุมดินที่เป็นพื้นที่ระบายน้ำได้ใน

พื้นที่รับน้ำย่อย; area_j คือ พื้นที่สิ่งปกคลุมดินของกรณี j ในพื้นที่ระบายน้ำได้ โดยมีหน่วยตารางเมตร (m²)

(3) ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงทั้ง 2 ค่า คือ พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงของท่อคอนกรีตแบบหยาบ และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิงช่วง 0.015-0.017 โดยเลือกค่ามากที่สุดและค่าน้อยที่สุด 2 ค่า คือ 0.015 และ 0.017 [8]

2.3 ส่วนที่ 3 การจำลองน้ำท่วม คือ การ

นำค่าปัจจัยทั้งหมดมาวิเคราะห์โดยมีปัจจัย พื้นที่รับน้ำย่อย (subcatchment) ท่อระบายน้ำ (conduit) จุดแยกท่อน้ำ (junction) ทางออกน้ำ (outfall) และข้อมูลความสูงเชิงเลข (DEM) โดยพื้นที่รับน้ำที่จำแนกจากสิ่งปกคลุมในพื้นที่ เช่น พื้นที่สีเขียว พื้นที่ชุมชนเมือง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่เปิดโล่ง

การดำเนินการแก้ไข ทางผู้วิจัยรวบรวมแนวทางการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำในพื้นที่ชุมชนเมือง จันทบุรีให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ โดยใช้ภูมิสารสนเทศในวางแผนการจัดการเชิงพื้นที่ เพื่อจำลองสถานการณ์การเกิดน้ำท่วมซึ่งจากปริมาณน้ำฝนที่ตกต่อเนื่อง

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 การจัดทำฐานข้อมูลระบบระบายน้ำฝนในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี 15 ชุมชน

Table 2 Data dictionary of node table

Column names	Data types	Not Null	K	FK	References	Description
Name	Varchar (5)	/	/			User-assigned name of junction
X_Coordinate	Double	/				X coordinate of node on study area map
Y_Coordinate	Double	/				Y coordinate of node on study area map
Invert_Elev_m	Float	/				Elevation of node's invert (meters)
Rim_Elev_m	Float	/				Rim (ground) elevation of node (m). The Depth attribute equals Rim Elev- Invert Elev
Depth	Float	/				Maximum water depth (i.e. distance from invert to ground surface) (meters)

Table 3 Data dictionary of conduit table

Column names	Data types	Not Null	PK	FK	References	Description
Name	Varchar (10)	/	/			User-assigned name of Conduit
Inlet_Node	Varchar (6)	/		/	Node table (Name)	Name of node on the inlet end of conduit
Outlet_Node	Varchar (6)	/		/	Node table (Name)	Name of node on the outlet end of conduit
Length_m	Float	/				Conduit length (meters)
Roughness	Float	/				Manning's roughness coefficient
Cross_Section	Varchar (10)	/				The conduit's cross section geometry. (i.e. circular Rect_Closed trapezoidal)
Geom1_m	Float	/				Maximum depth of cross section (meters)
Geom2_m	Float	/				Width parameter (meters)
Geom3_m	Float	/				Left slope
Geom4_m	Float	/				Right slope

โดยการสำรวจแนวท่อระบายน้ำ และรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ชุมชนเทศบาลเมืองจันทบุรี พบลักษณะของท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) แบบรูปสี่เหลี่ยม (box culvert) ขนาด 150x150x250 เซนติเมตร บริเวณตลอดแนวถนนเรียบเนินและถนนพระยาตรง แบบท่อกลม (circular) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,000 เซนติเมตร พบในแนวถนนทั่วไป โดยกำหนดพื้นที่หลักฐานอ้างอิงแบบ WGS1984 โชน 48 การออกแบบฐานข้อมูลท่อระบายน้ำ โดย Name จัดเก็บชื่อท่อระบายน้ำ ส่วน X_Coordinate กับ Y_Coordinate จัดเก็บพิกัดตำแหน่งท่อระบายน้ำ และ Rim_Elev_m จัดเก็บข้อมูลความลึกของท่อระบายน้ำ ดังตารางที่ 2

ฐานข้อมูลแนวท่อระบายน้ำ conduit ออก

แบบให้มีคอลัมน์จุดการวางแนวท่อเข้าและออก (inlet node and outlet node) โดยอ้างอิงข้อมูล Name ที่ปรากฏในฐานข้อมูล node ซึ่งเชื่อมต่อกับข้อมูลท่อระบายน้ำ ดังตารางที่ 3

ฐานข้อมูลพื้นที่รับน้ำย่อย subcatchment ออกแบบเพื่อจัดเก็บการระบายน้ำภายในพื้นที่ โดยสร้าง outlet อ้างอิงข้อมูล Name ที่ปรากฏในฐานข้อมูล node เพื่อให้การระบายน้ำสามารถระบายน้ำออกไปยังพื้นที่อื่น ส่วน Rain_Gage จัดเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ระบายน้ำจากเรดาร์ตรวจวัดอากาศ จังหวัดระยอง ดังตารางที่ 4

ฐานข้อมูล land cover สร้าง data type สำหรับจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดินเพื่อนำมาสร้างพื้นที่รับน้ำย่อยต่อไป ดังตารางที่ 5

Table 4 Data dictionary of subcatchment areas table

Column names	Data types	Not Null	PK	FK	References	Description
Name	Varchar (10)	/	/			User-assigned name of subcatchment
Outlet	Varchar (6)	/		/	Node table (Name)	Name of node or another subcatchment that receives runoff
Area	Double	/				Area of subcatchment (square meter)
Flow_Length_m	Float	/				Length of overland sheet flow (meters)
Slope	Float	/				Average surface slope (%)
Imperv	Float	/				Percent of impervious area (%)
N_Imperv	Float	/				Mannings N for impervious area
N_perv	Float	/				Mannings N for pervious area
Dstore_Imperv_mm	Float	/				Depth of depression storage on impervious area (mm)
Dstore_Perv_mm	Float	/				Depth of depression storage on pervious area (mm)
Zero_Imperv	Float	/				Percent of impervious area with no depression storage (%)
Rain_Gage	Float	/				Rain gage assigned to subcatchment

Table 5 Data dictionary of land cover table

Column names	Data types	Not null	PK	FK	References	Description
Name	Varchar (10)	/	/			User-assigned name of Landcover
Type	Varchar (6)	/				Type of Landcover classification
Areas	double	/				Area of Landcover (square meter)

รวบรวมฐานข้อมูลและแสดงผลในรูปแบบข้อมูลภูมิสารสนเทศ ได้ดังนี้ A คือ ชั้นข้อมูลความสูงเชิงเลข (DEM) โดยมีค่าความละเอียดระดับ 15 เมตร มีค่าความสูงในพื้นที่เฉลี่ย 29.14 เมตร B คือ ชั้นข้อมูล

ท่อและแนวท่อระบายน้ำ C คือ ชั้นข้อมูลพื้นที่สิ่งปกคลุม ซึ่งจำแนกได้ 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ชุมชนเมือง พื้นที่ว่างเปล่า พื้นที่สีเขียว และพื้นที่แหล่งน้ำ D คือ ชั้นข้อมูลพื้นที่รับน้ำย่อย ดังรูปที่ 1

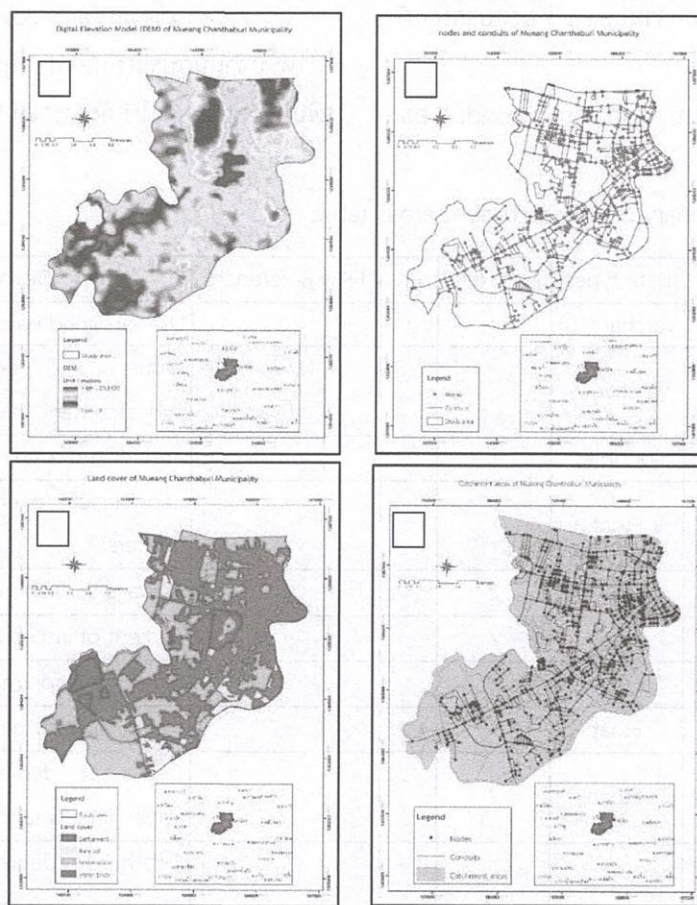


Figure 1 Model of nodes and conduits; (A) DEM of study area with 15 m resolution ratio; (B) preliminary model of actual nodes and conduits; (C) land cover; (D) final model of synthetic nodes conduits and catchment areas

3.2 ผลการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำฝนโดยใช้แบบจำลอง SWMM 5 ร่วมกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

โดยเน้นปัจจัยอิทธิพลของลานีญาต่อการแพร่กระจายปริมาณน้ำฝน ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย [9] ช่วงปี พ.ศ. 2545-2561 พบว่าภาวะลานีญาเกิดช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2551 และช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 ส่วนช่วงภาวะปกติ คือ ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2546 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2547 และช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 เปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติปริมาณน้ำฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดจันทบุรี พบว่าในรอบระยะเวลา 30 ปี (ปี พ.ศ. 2531-2561) ปีที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมมากที่สุด คือ ปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณฝนรวมทั้งปี 3,711.2 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ การแพร่กระจายปริมาณน้ำฝน พบว่าอยู่ในภาวะปีปกติ แต่เนื่องจากช่วงวันที่ 22-23 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556 เกิดร่องมรสุมพาดผ่านภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนเข้าสู่หย่อมความกดอากาศต่ำ บริเวณทะเลจีนใต้ตอนกลาง และนอกจากนี้ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรงพัดปกคลุมทะเลอันดามันทางภาคใต้และอ่าวไทยอย่างต่อเนื่อง ทำให้ชายฝั่ง

ตะวันออกมีฝนตกหนัก โดยเฉพาะจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราด เมื่อนำข้อมูลสถิติการเกิดพายุโซนร้อนมาพิจารณาประกอบบริเวณพื้นที่จังหวัดจันทบุรี พบว่าในปี พ.ศ. 2556 เกิดพายุโซนร้อน 2 ครั้ง ทำให้ปริมาณน้ำฝนมีมากกว่าปีภาวะลานีญา ซึ่งช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556 เป็นช่วงอิทธิพลของพายุโซนร้อนเซปีที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่จันทบุรี ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงจากเรดาร์ตรวจอากาศ จังหวัดระยอง คือ วันที่ 23 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556 [10] โดยข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงแสดงปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลา 01:00 ถึง 23:00 น. ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าว ปริมาณน้ำฝนตกมากที่สุด คือ ช่วงเวลา 10:00 น. มีปริมาณน้ำฝน 90-100 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ดังรูปที่ 2

สำหรับผลการวิเคราะห์แบบจำลอง SWMM 5 เชิงพื้นที่ในระบบการระบายน้ำฝนแต่ละชุมชนในเขตเทศบาลเมืองจันทบุรี 15 ชุมชน ได้แก่ ชุมชนที่ 1 บ้านลุ่ม ชุมชนที่ 2 สถานีขนส่ง ชุมชนที่ 3 ตลาดน้ำพุ ชุมชนที่ 4 ริมน้ำ ชุมชนที่ 5 ป้อม ทสพช. ชุมชนที่ 6 วัดใหม่เมืองจันทร์ ชุมชนที่ 7 วัดป่าคลองกุ้ง ชุมชนที่ 8 วัดตะบกเตี้ย ชุมชนที่ 9 เนินเอสโซ่ ชุมชนที่ 10 เนินเอฟเอ็ม ชุมชนที่ 11 ศูนย์การค้าเจพีไรวา ชุมชนที่ 12 หมู่บ้านประกาศ ชุมชนที่ 13 ตลาดเก่า ริมน้ำจันทบูรณ ชุมชนที่ 14 หลังโรงพยาบาล พระปกเกล้า และชุมชนที่ 15 หน้าวัดใหม่ โดยนำข้อมูล

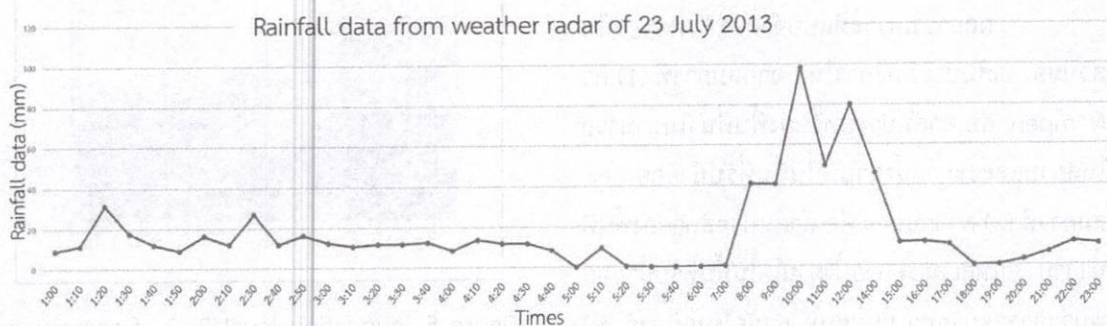


Figure 2 Rainfall data from weather radar of 23 July 2013

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงจากเรดาร์ตรวจอากาศ จังหวัดระยอง จำลองสถานการณ์ เมื่อวันที่ 23 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2556 พบว่าผลการวิเคราะห์ตรงกับ บันทึกข้อมูลเหตุการณ์ สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ เปรียบเทียบค่าระดับความลึกเฉลี่ยของน้ำท่วมซึ่งทั้ง 15 ชุมชน ได้ดังรูปที่ 3

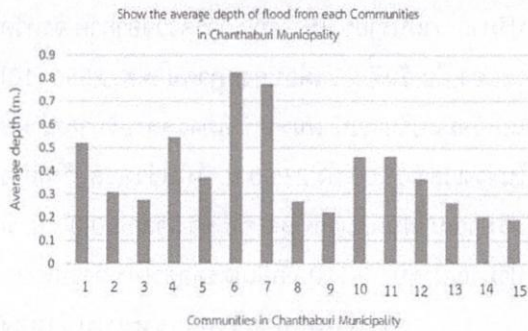


Figure 3 The average depth of inundation of each community in Chanthaburi Municipality

การนำข้อมูลทางด้านภูมิสารสนเทศ ได้แก่ ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ข้อมูลท่อและแนวท่อระบายน้ำ ข้อมูลพื้นที่สิ่งปกคลุม และข้อมูลพื้นที่รับน้ำย่อย ร่วมกับแบบจำลอง SWMM 5 ทั้ง 15 ชุมชน วิเคราะห์และแสดงในรูปแบบแผนที่ค่าระดับความลึกเฉลี่ยของน้ำท่วมซึ่งของพื้นที่ศึกษาในเขตเทศบาลเมืองจันทบุรี ดังรูปที่ 4

ผลการวิเคราะห์แบบจำลอง SWMM 5 ในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การไหล จากสมการที่ (1) ค่า N -Imperv คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำไม่สามารถไหลผ่านและระบายน้ำผ่านได้ในพื้นที่รับน้ำย่อย และสมการที่ (2) ค่า Imperv คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำสามารถไหลและระบายน้ำผ่านได้ในพื้นที่รับน้ำย่อย พบว่าการระบายน้ำในชุมชนที่ 6 (วัดใหม่เมืองจันท) บริเวณเทศบาลเมืองจันทบุรี เป็นชุมชนที่มีปริมาณน้ำ

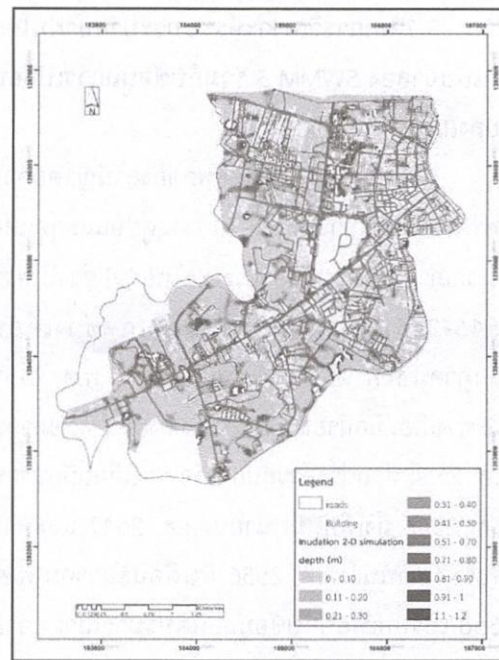


Figure 4 Inundation level 2-D of communities in Chanthaburi Municipality

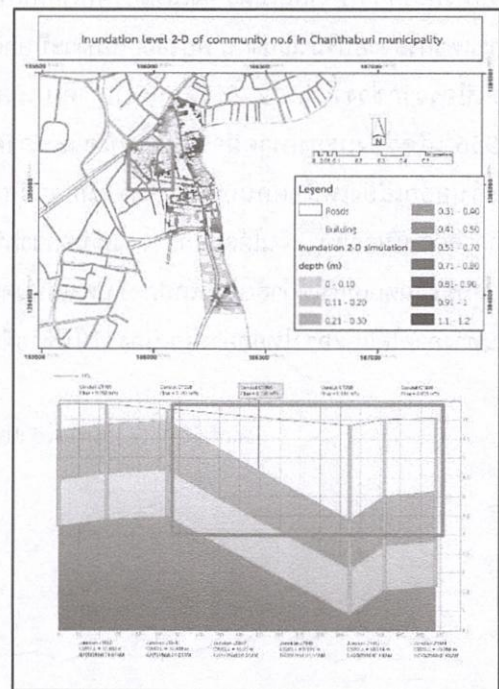


Figure 5 Inundation level 2-D of community no. 6 in Chanthaburi municipality

จาก 15 ชุมชน มีระดับน้ำท่วมขังเฉลี่ย 0.00-0.30 เมตร และบริเวณพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้าง มีระดับน้ำท่วมขังเฉลี่ย 0.80-1.00 เมตร เมื่อมีฝนตกต่อเนื่องติดต่อกันเกิน 8 ชั่วโมง มีอัตราการไหลสะสม 0.192 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังรูปที่ 5

การระบายน้ำในชุมชนที่ 7 (วัดป่าคลองกุ่ม) บริเวณเทศบาลเมืองจันทบุรี เป็นชุมชนที่มีระดับน้ำท่วมขังเป็นลำดับที่ 2 ระดับน้ำท่วมขังเฉลี่ย 0.00-0.20 เมตร และบริเวณพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้าง มีระดับน้ำท่วมขังเฉลี่ย 0.30-1.00 เมตร เมื่อมีฝนตกต่อเนื่องติดต่อกันเกิน 8 ชั่วโมง อัตราการไหลสะสม 0.23 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังรูปที่ 6

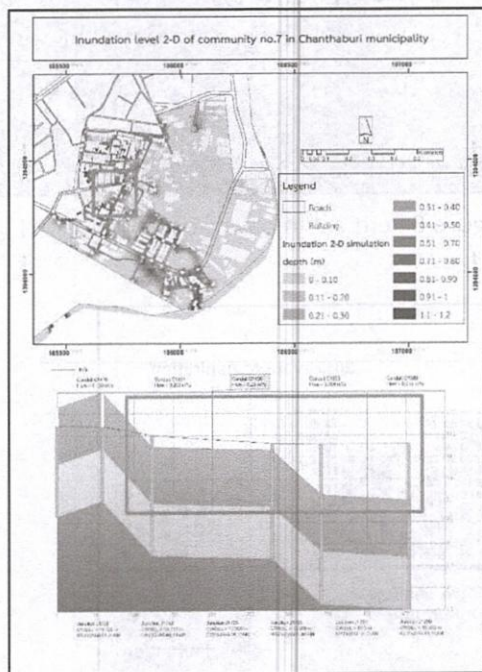


Figure 6 Inundation level 2-D of community no. 7 in Chanthaburi Municipality

การระบายน้ำในชุมชนที่ 15 (หน้าวัดใหม่) บริเวณเทศบาลเมืองจันทบุรี เป็นชุมชนที่มีปริมาณน้ำท่วมขังต่ำสุด ระดับน้ำท่วมขังเฉลี่ย 0.11-0.30 เมตร

และบริเวณพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้าง มีระดับน้ำท่วมขังเฉลี่ย 0.40-1.00 เมตร เมื่อมีฝนตกต่อเนื่องติดต่อกันเกิน 8 ชั่วโมง อัตราการไหลสะสม 0.155 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังรูปที่ 7

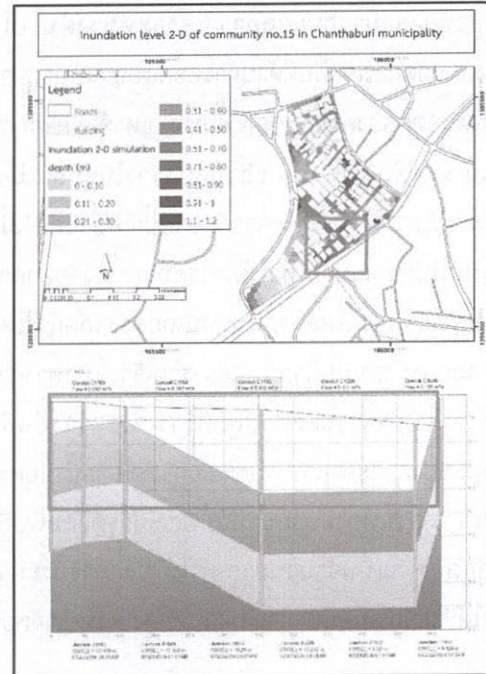


Figure 7 Inundation level 2-D of community no. 15 in Chanthaburi Municipality

3.3 แนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำโดยใช้หลักการทางภูมิสารสนเทศ

ผู้วิจัยนำผลจากการวิเคราะห์แบบจำลอง SWMM 5 จัดแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ ทราบถึงปริมาณการไหลสะสม การเกิดน้ำท่วมขังในแต่ละพื้นที่ ผลการวิเคราะห์ทางภูมิสารสนเทศพบว่าแผนที่แสดงระดับน้ำท่วมขังในชุมชนที่ 6 (วัดใหม่เมืองจันท) มีระดับน้ำท่วมขังเฉลี่ยสูงสุด (จาก 15 ชุมชน) เนื่องจากเป็นชุมชนที่อยู่ติดกับแม่น้ำจันทบุรี อาคารและสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น และมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ ชุมชนที่ 7 (วัดป่าคลองกุ่ม) มีระดับน้ำท่วมขังเฉลี่ยสูงเป็นลำดับ

ที่ 2 เนื่องจากบริเวณวัดมีลักษณะสูงเป็นพื้นที่ดอน ทำให้พื้นที่รอบข้างเกิดน้ำท่วมขังสะสม และชุมชนที่ 15 (หน้าวัดใหม่) ระดับน้ำท่วมขังเฉลี่ยต่ำสุด เนื่องจากพื้นที่มีลักษณะสูงกว่าแม่น้ำจันทบุรีและสวนสาธารณะสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการวิเคราะห์ข้างต้นไปใช้วางแผนจัดการเชิงพื้นที่ด้านการออกแบบระบบระบายน้ำให้สอดคล้องตามลักษณะพื้นที่ ปัญหาด้านกายภาพส่วนใหญ่ คือ อาคารและสิ่งปลูกสร้างในชุมชนเมืองจันทบุรี ควรปรับระบบการระบายน้ำ กล่าวคือ เมื่อน้ำฝนมีปริมาณมาก ทำให้การระบายน้ำจากอาคารและสิ่งปลูกสร้างไหลลงสู่พื้นถนนโดยตรง เกิดการไหลสะสมของน้ำฝนบนผิวถนนอย่างรวดเร็ว แนวทางการแก้ไขด้านอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ควรสร้างบ่อพักน้ำฝนของแต่ละอาคาร เพื่อชะลอการระบายน้ำฝนลงสู่ผิวถนน ส่วนท่อระบายน้ำมีลักษณะชำรุดและพบสิ่งปฏิกูลอุดตันเป็นจำนวนมาก ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำได้ทันเวลาเมื่อมีปริมาณน้ำฝนตกสูง ควรตรวจสอบ

ลักษณะของท่อระบายน้ำให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ และพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นพื้นคอนกรีตหรือลาดยางมะตอย การระบายน้ำฝนไม่สามารถซึมผ่านชั้นดินในบริเวณโครงสร้างดังกล่าว จึงขอเสนอแนะปรับโครงสร้างเชิงเทคนิคให้พื้นผิวมีช่องว่างยอมให้น้ำซึมผ่าน เพื่อลดการไหลผ่านพื้นผิว โดยใช้หลักการตามกระบวนการทางอุทกวิทยาของภูมิทัศน์ ได้แก่ การซึมน้ำ (infiltration) การกักเก็บ (storage) และการลำเลียงหรือการไหลบนผิวดิน (runoff) ดังรูปที่ 8 และ 9

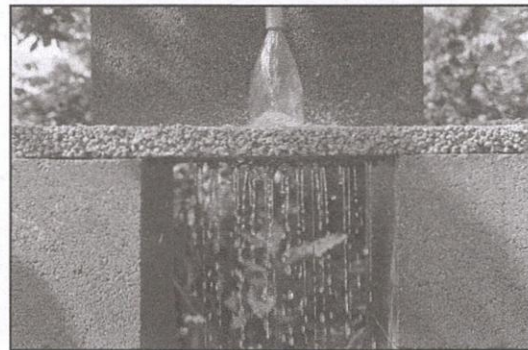


Figure 8 Permeable paving demonstration [11]

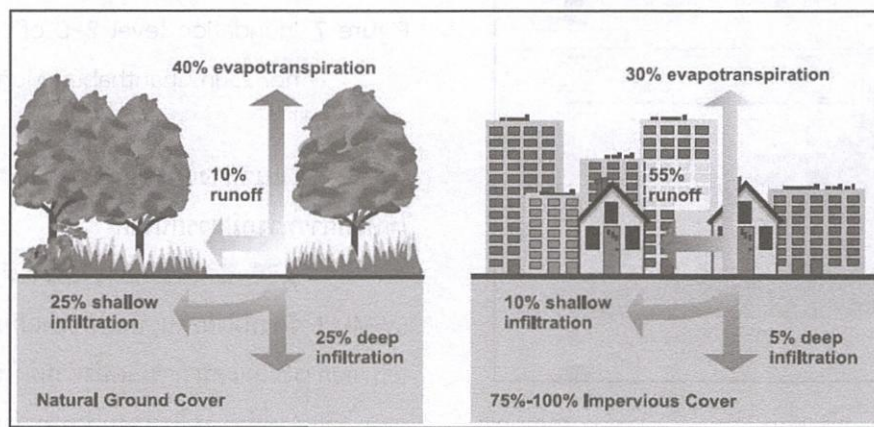


Figure 9 Illustration of relationship between impervious surfaces and surface runoff [12]

4. สรุป

4.1 การจัดทำฐานข้อมูลระบบระบายน้ำฝนในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี

การสำรวจภาคสนามระบบระบายน้ำฝนในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี พบแนวท่อระบายน้ำถนนเส้นเลียบรินและถนนพระยาตั้งเป็นท่อคอนกรีตเสริม

เหล็กแบบรูปสี่เหลี่ยมขนาด 150x150x250 เซนติเมตร ส่วนท่อระบายน้ำถนนทั่วไปเป็นแบบทอกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,000 เซนติเมตร และจัดทำฐานข้อมูลการระบายน้ำฝน 4 ฐานข้อมูล ได้แก่ ฐานข้อมูลท่อระบายน้ำ (node) ฐานข้อมูลแนวท่อระบายน้ำ (conduit) ฐานข้อมูลพื้นที่รับน้ำย่อย (subcatchment) และฐานข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน (landcover) โดยฐานข้อมูล node ในตาราง Name เป็นข้อมูลอ้างอิงที่สัมพันธ์กับฐานข้อมูลท่อระบายน้ำ conduit ส่วน Inlet_Node กับ Outlet_Node สำหรับกำหนดการไหลเข้าไหลออกของน้ำภายในท่อ และฐานข้อมูลพื้นที่รับน้ำย่อย Subcatchment โดยสร้างตาราง Outlet นำค่าจากตาราง Name ในฐานข้อมูล Node มาหาความสัมพันธ์เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ระบายน้ำออกไปยังพื้นที่รับน้ำย่อยอื่น และ Rain gage ใช้จัดเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ระบายน้ำจากเรดาร์ตรวจวัดอากาศ จังหวัดระยอง ซึ่งจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ พื้นหลักฐานอ้างอิงแบบ WGS1984 โซน 48

4.2 การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในระบบการระบายน้ำฝนโดยใช้แบบจำลอง SWMM 5 ในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี

ผลจากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี สรุปได้ว่าชุมชนที่มีน้ำท่วมขัง เนื่องจากไม่สามารถระบายน้ำได้แก่ ชุมชนที่ 6 วัดใหม่เมืองจันท มีระดับความลึกเฉลี่ยสูงสุด (0.82 เมตร) รองลงมาชุมชนที่ 7 วัดป่าคลองกุ้ง มีระดับความลึกเฉลี่ย 0.77 เมตร ส่วนชุมชนที่มีค่าระดับความลึกเฉลี่ยต่ำสุด คือ ชุมชนที่ 15 หน้าวัดใหม่ มีระดับความลึกเฉลี่ย 0.18 เมตร

4.3 แนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี

การแก้ไขปัญหการระบายน้ำตามหลักการ

ทางภูมิสารสนเทศต้องอาศัยความเข้าใจเชิงพื้นที่ ร่วมกับการวิเคราะห์แบบจำลอง SWMM 5 โดยการนำผลจากข้อมูลทางภูมิสารสนเทศแสดงผลในรูปแบบแผนที่ ประกอบการวางแผนจัดการการออกแบบระบบระบายน้ำให้สอดคล้องตามลักษณะพื้นที่ในแต่ละชุมชนที่พบปัญหา เช่น ชุมชนที่ 6 และ 7 การแก้ไขปัญหาด้านกายภาพ ควรสร้างบ่อกักน้ำฝนในแต่ละอาคาร เพื่อให้การระบายน้ำเป็นไปอย่างเหมาะสม พร้อมทั้งให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องตรวจสอบดูแลลักษณะของท่อระบายน้ำให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ ประกอบกับโครงสร้างพื้นผิวที่ควรเลียนแบบพื้นผิวธรรมชาติ โดยการเพิ่มช่องว่างในพื้นที่ผิวเพื่อให้สามารถไหลผ่านลงสู่ชั้นดิน ชะลอการท่วมขัง อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้อยู่ในขั้นตอนทางภูมิสารสนเทศ ซึ่งควรวิจัยพัฒนาร่วมกับศาสตร์อื่นต่อไป

5. การอภิปราย

5.1 การจัดทำฐานข้อมูลระบบระบายน้ำฝนในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี

โดยรวบรวมข้อมูลภาคสนามและนำมาจัดเก็บในฐานข้อมูล ได้แก่ ฐานข้อมูลท่อระบายน้ำ ฐานข้อมูลแนวท่อระบายน้ำ ฐานข้อมูลพื้นที่รับน้ำย่อย และฐานข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน ทั้ง 4 ฐานข้อมูล สามารถนำมาจำลองสถานการณ์การระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมือง ซึ่งมีความคล้ายคลึงในฐานข้อมูลบางส่วนกับผลการวิจัยของ Sanzana และคณะ [13] ซึ่งมีความแตกต่างในลักษณะพื้นที่ศึกษา เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีลักษณะพื้นที่ชุมชนเมืองเป็นหลัก ทำให้พารามิเตอร์แบบจำลองต่างกัน หากต้องการศึกษาพื้นที่ที่มีความหลากหลายควรเพิ่มเติมฐานข้อมูลด้านธรณีวิทยาและข้อมูลชุดดิน

5.2 การวิเคราะห์ระบบระบายน้ำฝนโดยใช้แบบจำลอง SWMM 5 ร่วมกับ GIS

เพื่อวิเคราะห์หาความลึกของระดับน้ำฝนที่ตกสะสมรายชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Huang และ Jin [8] ซึ่งใช้วิธีการจำลองน้ำท่วมแบบ 2D ในชุมชนเมืองที่สามารถคาดการณ์และจัดการสถานการณ์น้ำท่วมอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเลือกพื้นที่การศึกษาที่มีปัจจัยข้อมูล ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณน้ำฝน แนวท่อระบายน้ำ และข้อมูลความสูงเชิงเลข เป็นฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศและกำหนดปัจจัยทางอุทกวิทยา เช่น การซึมผ่านและไม่ซึมผ่านของน้ำในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน อัตราต่ำสุดและสูงสุดของการซึมผ่านของน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนพื้นผิว โดยนำปัจจัยทั้งหมดมาวิเคราะห์ในแบบจำลอง SWMM 5 แสดงผลโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) จำลองค่าความลึกตามช่วงเวลาของปริมาณน้ำฝนได้

5.3 แนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรีตามหลักการของภูมิสารสนเทศ

ใช้ในการวางแผนจัดการเชิงพื้นที่ด้านการระบายน้ำในแต่ละชุมชน โดยติดตามพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ซึ่งแนวคิดของผู้วิจัยด้านกายภาพสอดคล้องกับ Kale และคณะ [14] ที่ปรับโครงสร้างพื้นผิวให้น้ำสามารถไหลผ่านลงสู่ชั้นดิน และข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรีมีแนวทางคล้ายกับ Vichaichant [15] ที่ศึกษาการวางแผนพื้นที่สีเขียวของเมือง เพื่อบรรเทาผลกระทบทางอุทกวิทยา กรณีศึกษาเทศบาลเมืองจังหวัดจันทบุรี ลักษณะของพื้นที่เป็นพื้นที่แอ่งกระทะ ดังนั้นพื้นที่สีเขียวจะเป็นส่วนที่ช่วยป้องกันน้ำท่วมเข้าตัวเมืองได้ การสร้างวัสดุระบายน้ำเป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการป้องกันและบรรเทาภัยจากน้ำท่วม

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรมีการจัดตั้งหน่วยงานที่จัดเก็บข้อมูลเฉพาะด้าน โดยให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลเดียวกัน และเป็นระบบกลาง เช่น ข้อมูลท่อระบายน้ำ

6.2 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องทำการตรวจสอบลักษณะของท่อระบายน้ำให้พร้อมใช้งานอยู่เป็นประจำอย่างต่อเนื่อง

6.3 ควรมีการจัดตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำฝนเพิ่มเติมให้ครอบคลุมในหลายพื้นที่ เนื่องจากบางสถานีที่มีอยู่เดิมไม่ครอบคลุมพื้นที่บางส่วน

7. References

[1] Greenpeace Thailand, Climate Change and Thailand: Crisis or Opportunity, Available Source: <https://storage.googleapis.com/planet4-thailand-stateless/2020/04/df05f26d-thailand-climate-change-report.pdf>, August 15, 2018.

[2] WHO, Health Adaptation to Climate Change, Available Source: <http://www.who.int/globalchange/climate/gefproject/en>, August 10, 2018.

[3] IPCC, Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers, Available Source: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf, August 3, 2017.

[4] Greenpeace Thailand, Climate change, Available Source: <https://www.greenpeace.org/thailand/explore/protect/climate/climate-change/>, August 3, 2017.

[5] Suwannapon, C., Effects and Solutions for Climate Change, Available Source: <http://www2.fpo.go.th/FPO/index2.php?>

- mod=Content&file=contentview&contentID=CNT0002967&categoryID=CAT0000146, September 28, 2017. (in Thai)
- [6] Thai Meteorological Department, Rainfall, Available Source: <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=55>, September 28, 2017. (in Thai)
- [7] Jung, I.K., Park, J.Y., Park, G.A. and Lee, M.S., 2011, A grid-based rainfall-runoff model for flood simulation including paddy fields, *Paddy Water Environ.* 9: 275-290.
- [8] Huang, M. and Jin, S., 2019, A methodology for simple 2-D inundation analysis in urban area using SWMM and GIS, *Nat. Hazards* 97: 15-43.
- [9] Lorpittayakorn, P., 2018, Relationship between sea surface temperature in the inner Gulf of Thailand and rainfall in Eastern Thailand during ENSO period, *Thai Sci. Technol. J.* 26(1): 1-16. (in Thai)
- [10] Thaiwater, Rayong 240 km Radar Images on GMT, Available Source: http://www.thaiwater.net/DATA/REPORT/php/radar/show_rygradar.php, August 3, 2017. (in Thai)
- [11] Harrison, J.J., 2011, Permeable Paving Demonstration, Available Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Permeable_paving#/media/File:Permeable_paver_demonstration.jpg, August 3, 2018.
- [12] U. S. Environmental Protection Agency, Relationship between Impervious Surfaces and Surface Runoff, Available Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Urban_runoff#/media/File:Natural_&_impervious_cover_diagrams_EPA.jpg, August 3, 2017.
- [13] Sanzana, P., Gironás, J., Braud, I., Branger, F., Rodriguez, F., Vargas, X., Hirschfeld, N., Muñoz, J.F., Vicuña, S., Mejía, A. and Jankowsky, S., 2017, A GIS-based urban and peri-urban landscape representation toolbox for hydrological distributed modeling, *Environ. Model. Software* 91: 168-185.
- [14] Kale, S.Y., Halwele, A.P., Rathod, K. and Jirapure, M.A., 2017, Permeable pavement a step towards sustainable urban drainage system, *Int. Adv. Res. J. Sci. Eng. Tech.* 4(3): 85-89.
- [15] Vichaichant, P., 2009, Urban Green Space Planning as Mitigation Measure from Hydrological Effect: Case Study the Municipality of Chanthaburi Province, Master Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai)