

การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่เมืองและผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ:
กรณีศึกษาลุ่มน้ำกะตะ ตำบลกะรน อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาภูมิสถาปัตยกรรมการศาสดรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิสถาปัตยกรรมการ ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรมการ
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LAND COVER CHANGE IN URBAN AREA AND ITS EFFECT ON WATERSHED HYDROLOGICAL
CHARACTERISTIC: A CASE STUDY OF KATA WATERSHED, TAMBON KARON,
AMPHOE MUEANG, CHANGWAT PHUKET

Miss Yuppared Sittipong



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Landscape Architecture Program in Landscape Architecture
Department of Landscape Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2016
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่เมืองและผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ:กรณีศึกษาลุ่มน้ำกะตะ ตำบลกะรน อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต
โดย	นางสาวยุพเรศ สิริพิงษ์
สาขาวิชา	ภูมิสถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.दनัย ทายตะคุ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนะจฤดี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นิลุบล คล่องเวสสะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.दनัย ทายตะคุ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ ด่านกิตติกุล)

ยุทธศาสตร์ สิทธิพงษ์ : การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่เมืองและผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ:กรณีศึกษาลุ่มน้ำกะตะ ตำบลกะรน อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต (LAND COVER CHANGE IN URBAN AREA AND ITS EFFECT ON WATERSHED HYDROLOGICAL CHARACTERISTIC: A CASE STUDY OF KATA WATERSHED, TAMBON KARON, AMPHOE MUEANG, CHANGWAT PHUKET) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.दनัย ทายตะคุ, 146 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่เมือง และผลกระทบต่อทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน ด้วยวิธีการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในอดีต และปัจจุบันของพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ เพื่อหาแนวทางการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมจากผลการศึกษาในบริบทปัจจุบัน

การวิจัยนี้ใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์ด้านการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกลเพื่อวิเคราะห์จำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน และใช้แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง (WinTR-55) เพื่อประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำโดยการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน 2 ช่วงเวลา คือ แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2530 และ ปี พ.ศ.2559 และสร้างแบบจำลองข้อเสนอการออกแบบเมืองเพื่อลดผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเพิ่มพื้นที่สีเขียวเปรียบเทียบ 2 รูปแบบ ได้แก่ การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ และการเพิ่มพื้นที่โล่ง เพื่อการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ

ผลการศึกษาพบว่าในรอบ 30 ปี พื้นที่ลุ่มน้ำกะตะมีพื้นที่พืชพรรณลดลงจากร้อยละ 90.04 เป็น 68.65 ทำให้สัดส่วนพื้นที่ชุ่มน้ำได้ติดต่อกับพื้นที่ไม่ชุ่มน้ำลดลงจาก 9:1 เป็น 2:1 ส่งผลให้ปริมาณน้ำผิวดิน และอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำสูงขึ้น ซึ่งจากแบบจำลองข้อเสนอการออกแบบพบว่า การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ส่งผลให้อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำลดลงมากกว่าพื้นที่โล่ง และทำให้มีปริมาณน้ำท่าเกิดขึ้นน้อยกว่าเนื่องจากมีการกักเก็บน้ำฝนไว้ในชั้นดินมากกว่า ซึ่งการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ทำให้มีโอกาสน้อยกว่าที่น้ำจะเอ่อล้นจากลำน้ำ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินภูมินิเวศเบื้องต้นสำหรับการวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรมได้ เช่น การควบคุมปริมาณน้ำท่าผิวดินจากการพัฒนาพื้นที่ และการประมาณการผลกระทบเบื้องต้นจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน เป็นต้น

ภาควิชา ภูมิสถาปัตยกรรม

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา ภูมิสถาปัตยกรรม

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2559

5873360025 : MAJOR LANDSCAPE ARCHITECTURE

KEYWORDS: LAND COVER / LAND COVER CLASSIFICATION / URBANIZATION / HYDROLOGY / WATERSHED / KATA / PHUKET

YUPPARED SITTIPONG: LAND COVER CHANGE IN URBAN AREA AND ITS EFFECT ON WATERSHED HYDROLOGICAL CHARACTERISTIC: A CASE STUDY OF KATA WATERSHED, TAMBON KARON, AMPHOE MUEANG, CHANGWAT PHUKET. ADVISOR: DANAI THAITAKOO, Ph.D., 146 pp.

The objective of this thesis studies the land cover change in urban areas and their effects on watershed hydrological characteristics by comparing effects from the land cover change of the Kata watershed, in order to find a way to apply landscape architectural design and planning in the current context.

The research uses satellite imagery analysis software with remote sensing image classification techniques to identify and classify land cover with a small watershed model (WinTR-55) to estimate watershed hydrological effects. Two comparison models of the land cover in 1987 and 2016 were devised, then compared with alternative landscape urban design models for the mitigation of watershed hydrological effects with the addition of two types of green area – woods and open space, to apply landscape architectural design and planning following the Water Sensitive Urban Design concept (WSUD).

The results show that in the past 30 years, the wooded area of the Kata watershed has decreased from 90.04 percent to 68.65 percent, reducing the ratio of permeable surface to impermeable surface from 9:1 to 2:1. This led to an increase in runoff and peak flow. From the alternative landscape urban design models, it was found that increasing the amount of wooded area generated runoff and peak flow less than open space due to improved soil absorption. Thus, the increase of wooded area decreased the chance that discharge would overflow from the stream. This knowledge can be applied in basic ecological assessments for landscape architectural planning such as controlling runoff from land development areas and to estimate the effects of changes in land cover.

Department: Landscape Architecture Student's Signature

Field of Study: Landscape Architecture Advisor's Signature

Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุน และความช่วยเหลือจากคณาจารย์ทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ ดร. ดนัย ทายตะคุ อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำแนะนำดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์จนประสบผลสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงได้ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน รองศาสตราจารย์ นิรุบล คล่องเวสสะ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ ต่านกิตติกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำ และประเมินผลวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า เพื่อให้สามารถนำผลจากการกระบวนการศึกษาวิจัยไปปรับปรุง และพัฒนาต่อไปได้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้ตั้งแต่เริ่มต้น จนมีพื้นฐานความรู้ทางภูมิสถาปัตยกรรมและสามารถทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณกรมอุตุนิยมวิทยา และ U.S. Department of the Interior และ U.S. Geological Survey ที่อนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝน และภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ขอขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุนอยู่เบื้องหลังความสำเร็จทั้งปวงในชีวิต

ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมชั้นเรียนที่คอยให้คำแนะนำ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จากทุกท่านที่กล่าวมาข้างต้น ขอได้รับคำขอบคุณจากข้าพเจ้าไว้ ณ โอกาสนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูปภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.3.1 ขอบเขตด้านพื้นที่.....	3
1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา.....	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.5 คำถามในการวิจัย	6
1.6 ระเบียบวิธีวิจัย	6
1.6.1 การศึกษาหลักการและข้อมูลพื้นฐาน.....	6
1.6.2 การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม	7
1.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ	8
1.6.4 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	8
1.7 นิยามคำศัพท์.....	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
2.1 การทบทวนกรอบแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน.....	13

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ (Landscape change).....	13
2.1.2 อุทกวิทยาลุ่มน้ำ (Watershed hydrology).....	14
2.2 ทฤษฎีเพื่อการวิเคราะห์วิจัย	25
2.2.1 การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน (Land cover classification)	25
2.2.2 การวิเคราะห์ผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุม ผิวดินโดยแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง (Technical Release 55 for Windows: WinTR-55).....	30
2.3 ทฤษฎีเพื่อการประยุกต์ใช้.....	32
2.3.1 ระเบียบวิธีวิจัยเพื่อการประยุกต์ใช้ทางกระบวนการวิจัย	32
2.3.2 แนวคิดการวางแผนภูมิสถาปัตยกรรมเชิงอุทกวิทยาลุ่มน้ำตามแนวคิดการออกแบบ เมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ (Water sensitive urban design: WSUD)	34
2.4 การทบทวนงานวิจัย	37
2.4.1 งานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน	37
2.4.2 งานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบทางอุทกวิทยาจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน	38
2.5 สรุปทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42
บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา.....	43
3.1 เหตุผลในการเลือกพื้นที่ศึกษา	43
3.2 ที่ตั้งและอาณาเขต	44
3.3 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	45
3.3.1 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	45
3.3.2 ประเภทสิ่งปกคลุมผิวดิน	45
3.3.3 ลักษณะภูมิลักษณะ	46
3.3.4 รูปแบบการไหลของน้ำ.....	47
3.4 ปัญหาทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา.....	48

3.5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและกระบวนการทางอุทกวิทยาของพื้นที่.....	50
3.5.1 สิ่งปกคลุมผิวดิน	50
3.5.2 พื้นที่ลุ่มรับน้ำ.....	50
3.5.3 ปริมาณน้ำท่าผิวดิน	50
3.5.4 อัตราการไหลของน้ำ	50
บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	51
4.1 ระเบียบวิธีวิจัย	52
4.1.1 การตั้งคำถามการวิจัย	52
4.1.2 การศึกษาหลักการ และข้อมูลพื้นฐาน	52
4.1.3 การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม	57
4.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ	62
4.1.5 การสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	63
4.2 การใช้แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง.....	63
4.2.1 สมการเพื่อประมาณการผลกระทบทางอุทกวิทยาเบื้องต้นจากแบบจำลองอุทก วิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง.....	63
4.2.2 การเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์	70
4.2.3 การใช้แบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำศึกษา	75
4.2.4 การใช้แบบจำลองเพื่อการเปรียบเทียบ.....	79
4.2.5 การนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์	80
บทที่ 5 ผลการศึกษา.....	83
5.1 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดินและผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ.....	84
5.1.1 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน	84
5.1.2 ผลการศึกษาผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ	89

5.2 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อการประมาณการผลกระทบเบื้องต้น	90
5.2.1 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน.....	90
5.2.2 ผลการเปรียบเทียบผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่ง ปกคลุมผิวดิน	95
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	98
6.1 สรุปผลการศึกษา.....	98
6.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินและอุทกวิทยาลุ่มน้ำ.....	99
6.1.2 แบบจำลองเพื่อการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมตามแนวคิดการออกแบบเมือง โดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ	101
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	113
6.2.1 ข้อเสนอแนะแนวทางการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรม	113
6.2.2 ข้อเสนอแนะในกระบวนการศึกษาและงานวิจัย	119
6.3 การศึกษาในระดับต่อไป	121
6.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีถูกต้องแม่นยำมากขึ้นจากพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา	121
6.3.2 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น	121
6.3.3 การศึกษาปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากสิ่งปกคลุมผิวดิน	121
6.4 ข้อจำกัดและอุปสรรคในการศึกษา.....	121
6.4.1 ข้อจำกัดด้านกระบวนการศึกษา.....	121
6.4.2 ข้อจำกัดด้านการนำผลการศึกษาไปใช้	122
รายการอ้างอิง	123
ภาคผนวก.....	128
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	146

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่า CN สำหรับพื้นที่รับน้ำตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ โดยวิธีการแบ่งของ SCS (ประกอบ วิโรจน์กฎ, 2539, น. 111)..... 68

ตารางที่ 2 ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยบริเวณลุ่มน้ำกะตะตามชนิดดิน 74

ตารางที่ 3 การจำแนกข้อมูลประเภทชุดดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา 77

ตารางที่ 4 ข้อมูลลุ่มน้ำบริเวณลุ่มน้ำกะตะ จ.ภูเก็ต..... 78

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2530 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1-3..... 85

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2530 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 4-8..... 86

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2559 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1-2..... 87

ตารางที่ 8 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2559 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 3-8..... 88

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ 89

ตารางที่ 10 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 1..... 91

ตารางที่ 11 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 2..... 92

ตารางที่ 12 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 3..... 92

ตารางที่ 13 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 4..... 92

ตารางที่ 14 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 5..... 93

ตารางที่ 15 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 6..... 94

ตารางที่ 16 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 7..... 94

ตารางที่ 17 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 8..... 95

ตารางที่ 18 สรุปผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ (Peak flow) แบบจำลองที่ 1 และ 2 แต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และที่จุดออกลุ่มน้ำใหญ่ ข้อมูลฝนสูงสุดรอบ 1, 2, 10 และ 25 ปี..... 96

ตารางที่ 19 สรุปผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ (Peak flow) แบบจำลองที่ 1, 2 และแบบจำลองการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่โล่ง ข้อมูลฝนสูงสุดรอบ 1, 2, 10 และ 25 ปี.....	103
ตารางที่ 20 รายละเอียดการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินแบบจำลองข้อเสนอการเพิ่มพื้นที่โล่ง ในพื้นที่เมืองในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5.....	106



สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 รูปตัดแสดงระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำกะตะ จ.ภูเก็ต บนสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2510	1
ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำท่า และค่าการสูญหายของน้ำที่ซึมลงสู่ผิวดินกับการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพื้นที่ป่าไม้, เกษตรกรรม, ที่พักอาศัย และเมือง (Marsh, 2005)	2
ภาพที่ 3 แผนภาพรอบทางความคิดวิธานิพนธ์	2
ภาพที่ 4 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณอ่าวกะตะ จ.ภูเก็ต	3
ภาพที่ 5 ขอบเขตพื้นที่กรณีศึกษาลุ่มน้ำกะตะ	4
ภาพที่ 6 ขอบเขตเนื้อหาด้านอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่ศึกษา	5
ภาพที่ 7 แผนภาพแสดงกระบวนการศึกษาวิจัย	8
ภาพที่ 8 โครงสร้างกรอบแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	12
ภาพที่ 9 ที่มาโครงสร้างกรอบแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย	12
ภาพที่ 10 รูปพรรณสัณฐานของลุ่มน้ำกรณีศึกษา ลุ่มน้ำกะตะ	13
ภาพที่ 11 โครงสร้างทฤษฎีอุทกวิทยาลุ่มน้ำ	14
ภาพที่ 12 กระบวนการในระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่ธรรมชาติ พื้นที่เมือง และการประยุกต์อย่างยั่งยืนในพื้นที่เมือง (Sustainable Sanitation and Water Management, 2016).....	15
ภาพที่ 13 การจัดลำดับเครือข่ายลำน้ำตามระบบของ Gravelius, Horton และ Panov & Strahler (ประกอบ วิโรจนุกุล, 2539, น. 180).....	17
ภาพที่ 14 ตัวอย่างการลากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของทางน้ำแต่ละลำดับ (Earth Science Australia, 1995).....	19
ภาพที่ 15 ตัวอย่างการลากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของทางน้ำแต่ละลำดับ (มนตรี ชูวงศ์, 2554, น. 57)	19
ภาพที่ 16 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำตามความลาดชันพื้นที่ (The Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 2001, p. 1-24).....	20
ภาพที่ 17 ส่วนประกอบชลภาพน้ำท่าจากฝน (ประกอบ วิโรจนุกุล, 2539, น. 94)	24

ภาพที่ 18 การอ่านค่าจากส่วนประกอบชลภาพน้ำท่าจากฝน (MRoden, 2017).....	25
ภาพที่ 19 ลำดับชั้นของโครงสร้างการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวภาพสำหรับภูมิภาคเมือง (Cadenasso et al., 2007, p. 83-84).....	26
ภาพที่ 20 ตัวอย่างการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวภาพสำหรับภูมิภาคเมือง (Cadenasso et al., 2007, p. 85).....	27
ภาพที่ 21 ภาพตัวอย่างการแปลตีความจากภาพถ่ายทางอากาศ (กิตติศักดิ์ ทิพย์สีแสง, 2559).....	28
ภาพที่ 22 ตัวอย่างการจำแนกประเภทข้อมูล (วีระภาส คุณรัตนสิริ, 2559).....	29
ภาพที่ 23 ตัวอย่างหน้าต่างซอฟต์แวร์ แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง.....	31
ภาพที่ 24 รูปแบบการวิจัยแบบขั้นตอนเชิงสำรวจ (Creswell, 2014, p. 207).....	33
ภาพที่ 25 ผลกระทบทางอุทกวิทยาจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน (Melbourne Water, 2016).....	35
ภาพที่ 26 การประยุกต์แนวทางเลือกการออกแบบตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำในระดับหน่วยครัวเรือนและระดับเมือง (The Construction Industry Research and Information Association, 2013).....	36
ภาพที่ 27 แนวทางเลือกการออกแบบตามแนวคิดการออกแบบเมือง โดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ (Melbourne Water, 2016).....	36
ภาพที่ 28 ตัวอย่างการจำแนกสิ่งปกคลุมพื้นดินโดยวิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวภาพสำหรับภูมิภาคเมือง (Cadenasso et al., 2007, p. 86).....	38
ภาพที่ 29 ตัวอย่างการจำแนกสิ่งปกคลุมพื้นดินในพื้นที่เมืองกรณีศึกษา ย่านบางลำพู (ปราโมทย์ เกตุทอง, 2546, น. 66).....	39
ภาพที่ 30 ตัวอย่างผลการประมาณการผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำโดยแบบจำลอง อุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง (กังวาน พิพิธพงศ์สันต์, 2553, น. 87).....	40
ภาพที่ 31 ตัวอย่างการวิเคราะห์สิ่งปกคลุมผิวดินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับเวลาต่างๆ ที่เปลี่ยนไป (Cellular automata: CA) (Mejia, 1998, p. 32).....	41

ภาพที่ 32 ซ้าย-ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณตอนใต้ของเกาะภูเก็ต ปี พ.ศ.2510 (กรมแผนที่ทหาร, 2510) ขวา-ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณตอนใต้ของเกาะภูเก็ต ปี พ.ศ.2538 (กรมแผนที่ทหาร, 2538).....	43
ภาพที่ 33 ข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่ระดับความห่างของชั้นทุกระยะ 2 เมตร บริเวณลุ่มน้ำกะตะ จากกรมพัฒนาที่ดิน (2559).....	44
ภาพที่ 34 ตำแหน่งที่ตั้งพื้นที่กรณีศึกษาลุ่มน้ำกะตะ ปรับปรุงจากภาพถ่ายทางอากาศ Google Earth (2016).....	45
ภาพที่ 35 ตัวอย่างสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพืชพรรณ.....	45
ภาพที่ 36 ตัวอย่างสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทอาคาร.....	46
ภาพที่ 37 ตัวอย่างตัวอย่างสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพื้นดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมผิวดิน.....	46
ภาพที่ 38 ตำแหน่งเส้นทางลำน้ำเดิมตามลักษณะกายภาพพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำกะตะ จากเทือกเขานาคเกิดผ่านพื้นที่กรณีศึกษาลงสู่ทะเลอันดามัน.....	46
ภาพที่ 39 ระบบลำน้ำและลุ่มน้ำย่อยบริเวณลุ่มน้ำกะตะ.....	47
ภาพที่ 40 ลักษณะบริเวณลุ่มน้ำกะตะจากมุมสูง.....	48
ภาพที่ 41 รูปตัดแสดงลักษณะกายภาพลุ่มน้ำและประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณอ่าวกะตะ พ.ศ.2510 ข้อมูลเส้นชั้นความสูงจากกรมพัฒนาที่ดิน (2559).....	48
ภาพที่ 42 ลักษณะพื้นที่โล่งปัจจุบันส่วนหนึ่งบริเวณลุ่มน้ำกะตะ.....	49
ภาพที่ 43 อุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ (ภูเก็ตออนไลน์, 2559).....	49
ภาพที่ 44 ภาพลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะ ปี พ.ศ.2510.....	49
ภาพที่ 45 กระบวนการเกิดน้ำท่า (ประกอบ วิโรจน์กูฏ, 2539, น. 87).....	50
ภาพที่ 46 แผนภาพกระบวนการศึกษาวิจัย.....	51
ภาพที่ 47 ซ้าย-ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT5 ณ วันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ.2530, ขวา-ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT8 ณ วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2559 (U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey, 2017).....	53

ภาพที่ 48 แผนที่เพื่อใช้สำรวจเส้นทางลำน้ำและสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะ	53
ภาพที่ 49 ตัวอย่างการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบไม่ควบคุม ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT8 ณ วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2559 (U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey, 2017) โดยซอฟต์แวร์ ENVI	55
ภาพที่ 50 ตัวอย่างการวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction) โดยเครื่องมืออุทกวิทยาในซอฟต์แวร์ ArcGIS	55
ภาพที่ 51 ซ้าย-แผนที่ภาพทิศทางการไหลของน้ำบริเวณลุ่มน้ำกะตะ ขวา-แผนที่ภาพเส้นชั้นความสูงบริเวณลุ่มน้ำกะตะ	56
ภาพที่ 52 ลุ่มน้ำย่อยทั้ง 8 และลำดับลำน้ำของลุ่มน้ำกะตะ	56
ภาพที่ 53 ตัวอย่างภาพจากการสำรวจมุมสูงโดยเครื่องมืออากาศยานไร้คนขับ	58
ภาพที่ 54 ลักษณะลำน้ำปัจจุบันบริเวณกลางน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา	58
ภาพที่ 55 ซ้าย-นางสมัคร, กลาง-นางบุญเกื้อ, ขวา-นายธีรพงษ์	60
ภาพที่ 56 คลองสายโบราณข้างที่ตั้งสำนักงานงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกะรน	61
ภาพที่ 57 แผนภาพระบบปฏิบัติการแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง (Natural Resource Conservation Service, 2009, p. 2).....	65
ภาพที่ 58 เส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P และ Q ตามวิธีของ SCS (Natural Resource Conservation Service, 1986, p. 2-2).....	67
ภาพที่ 59 การวัดค่ารัศมีชลศาสตร์ลำน้ำ (Akan & Houghtalen, 2003, p. 66).....	69
ภาพที่ 60 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณลุ่มน้ำกรณีศึกษา อ่าวกะตะ ต.กะรน อ.เมือง จ.ภูเก็ต จากกรมแผนที่ทหาร (2510).....	70
ภาพที่ 61 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณลุ่มน้ำกรณีศึกษา อ่าวกะตะ ต.กะรน อ.เมือง จ.ภูเก็ต พ.ศ. 2538 จากกรมแผนที่ทหาร (2538)	70
ภาพที่ 62 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณลุ่มน้ำกรณีศึกษา อ่าวกะตะ ต.กะรน อ.เมือง จ.ภูเก็ต จาก Google Earth (2016).....	71
ภาพที่ 63 เส้นระดับชั้นความสูงบริเวณลุ่มน้ำกะตะ.....	71

ภาพที่ 64 ปริมาณน้ำฝนรายวันย้อนหลัง 30 ปี จ.ภูเก็ต ในเดือนกันยายน และเดือนตุลาคม	73
ภาพที่ 65 ปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือนย้อนหลัง 30 ปี จ.ภูเก็ต.....	73
ภาพที่ 66 แผนภาพแสดงขั้นตอนการจัดทำข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ผลกระทบ โดยแบบจำลอง อุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง.....	75
ภาพที่ 67 การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำกะตะ ปี พ.ศ.2530	76
ภาพที่ 68 การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำกะตะ ปี พ.ศ.2559	76
ภาพที่ 69 การจำแนกชนิดกลุ่มดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะ	77
ภาพที่ 70 การคำนวณเวลาการไหลรวมตัวของน้ำในลำน้ำ	79
ภาพที่ 71 ตัวอย่างการเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินแบบจำลองที่ 1 และ 2 แสดงการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดิน และการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด	80
ภาพที่ 72 การอ่านค่าอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำ ณ เวลาต่างๆ.....	80
ภาพที่ 73 การอ่านค่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ.....	81
ภาพที่ 74 การอ่านค่าเวลาล่าช้าก่อนถึงจุดอัตราการไหลสูงสุดของน้ำหลังเกิดปริมาณฝนสูงสุด	81
ภาพที่ 75 การหาปริมาณมาณน้ำท่าทั้งหมด.....	81
ภาพที่ 76 การหาปริมาณน้ำท่าซึ่งเกิดจากอิทธิพลของฝน และปริมาณน้ำท่าซึ่ง เกิดจากอิทธิพล ของน้ำในดินและน้ำใต้ดิน	82
ภาพที่ 77 โครงสร้างการนำเสนอผลการศึกษา	83
ภาพที่ 78 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยทั้ง 8 ส่วนในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา ลุ่มน้ำกะตะ	84
ภาพที่ 79 ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2530 ตามแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาด เล็กในพื้นที่เมือง	85
ภาพที่ 80 ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2559 ตามแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาด เล็กในพื้นที่เมือง	87
ภาพที่ 81 ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ ช้าย-ปี พ.ศ.2530, ขวา-ปี พ.ศ.2559... ..	90

ภาพที่ 82 ผลการเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินแบบจำลองที่ 1 และ 2 แสดงการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดิน และการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด บริเวณลุ่มน้ำกะตะ	95
ภาพที่ 83 ผลการเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินแบบจำลอง ก, ข และ ค จากข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณน้ำฝนสูงสุด 25 ปี.....	97
ภาพที่ 84 แผนที่เชิงภูมิณีเวศของสิ่งปกคลุมผิวดิน และระบบลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ ปี พ.ศ. 2559.....	99
ภาพที่ 85 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยที่ 5 ปี พ.ศ.2530 และ ปี พ.ศ.2559.....	100
ภาพที่ 86 ผลการเปรียบเทียบการเพิ่มสูงขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดินแบบจำลอง ก, ข และ ค ของกลุ่มพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำตามลำดับ (พ.ศ.2559) ซึ่งเป็นพื้นที่เกี่ยวเนื่องกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 กับแบบจำลองที่ 1 (พ.ศ.2530) ปริมาณน้ำฝนรอบ 25 ปี.....	100
ภาพที่ 87 แผนที่แบบจำลองการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ (Woods) 10%.....	101
ภาพที่ 88 แผนที่แบบจำลองการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ (Woods) 20%.....	102
ภาพที่ 89 แผนที่แบบจำลองการเพิ่มพื้นที่โล่ง (Open space) 10%	102
ภาพที่ 90 แผนที่แบบจำลองการเพิ่มพื้นที่โล่ง (Open space) 20%	103
ภาพที่ 91 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำแบบจำลองที่ 1, 2 และแบบจำลอง การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่โล่ง ข้อมูลฝนสูงสุดรอบ 25 ปี	104
ภาพที่ 92 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน แบบจำลองที่ 1, 2 และแบบจำลองการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่โล่ง.....	104
ภาพที่ 93 ค่า CN ของสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทต่างๆ จำแนกตามแบบจำลอง อุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง.....	105
ภาพที่ 94 ซ้าย-แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2559 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 ขวา-แบบจำลองข้อเสนอการเพิ่มพื้นที่โล่งในพื้นที่เมืองในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5	106
ภาพที่ 95 องค์ประกอบสำคัญในการศึกษาเรื่องน้ำกับพื้นที่เมือง.....	107

ภาพที่ 96 ที่ราบน้ำท่วมถึงตามธรรมชาติ (The Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 2001, p. 1-18)..... 108

ภาพที่ 97 การปรับปรุงลำน้ำที่แคบลงในปัจจุบัน ปรับปรุงจาก The Federal Interagency Stream Restoration Working Group (2001, p. 1-18) 109

ภาพที่ 98 รูปตัดลำน้ำความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 3.3:1 109

ภาพที่ 99 รูปตัดลำน้ำความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 5:1 109

ภาพที่ 100 รูปตัดลำน้ำความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 6.6:1 110

ภาพที่ 101 รูปตัดลำน้ำความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 8.3:1 110

ภาพที่ 102 ผลการเปรียบเทียบชลภาพน้ำท่าของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ ข้อมูลฝนสูงสุดรอบ 25 ปี 111

ภาพที่ 103 การใช้ประโยชน์พื้นที่เชิงนิเวศ และสังคมจากการปรับเปลี่ยนความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ..... 112

ภาพที่ 104 กรอบแนวคิดการศึกษาเรื่องน้ำกับเมือง..... 114

ภาพที่ 105 แนวคิดการควบคุมปริมาณน้ำท่าผิวดินหลังการพัฒนาให้เท่ากับ ก่อนการพัฒนา (Zero runoff) โดยใช้ชลภาพน้ำท่าเป็นเครื่องมือ..... 115

ภาพที่ 106 ภาพตัวอย่างแนวคิดการออกแบบพื้นที่ทางภูมิสถาปัตยกรรม แนวคิดการเพิ่มพื้นที่กักเก็บชะลอน้ำ (susDrain, 2012) 116

ภาพที่ 107 การเก็บน้ำฝนจากหลังคา (The Images Publishing Group, 2016, p. 231)..... 117

ภาพที่ 108 ตัวอย่างหลังคาพืชพรรณ (Sky gardens blog, 2017)..... 117

ภาพที่ 109 ตัวอย่างการใช้ระบบซับน้ำ (The Images Publishing Group, 2016, p. 190)..... 118

ภาพที่ 110 ตัวอย่างการใช้แถบพืชพรรณในพื้นที่เมือง (3 Rivers Wet Weather, 2016) 118

ภาพที่ 111 สวนน้ำฝน (American Society of Landscape Architects, 2006) 118

ภาพที่ 112 ระบบกักเก็บน้ำด้วยพืชพรรณ (Central Coast LIDI, 2017) 119

ภาพที่ 113 ระบบกักเก็บน้ำด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Archdeacon, 2012)..... 119

ภาพที่ 114 ระบบทางระบายน้ำที่มีพืชพรรณปกคลุม (Stephenson, 2014)..... 119

ภาพที่ 115 Filter strips plan and section (The Images Publishing Group, 2016, p. 56).. 130

ภาพที่ 116 Typical plan and section for pond/wetland combination (The Images Publishing Group, 2016, p. 299) 131

ภาพที่ 117 Typical detail for grass swale (The Images Publishing Group, 2016, p. 175)131



บทที่ 1

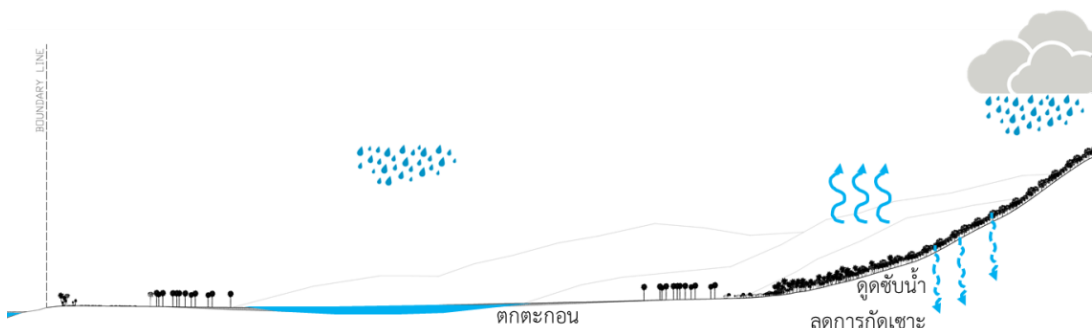
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการขยายตัวของเมืองเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) และสิ่งปกคลุมผิวดิน (Land cover) โดยเฉพาะพื้นที่จังหวัดภูเก็ตที่มีการพัฒนาเมืองอย่างรวดเร็ว ทั้งโครงสร้างพื้นฐานทางวิศวกรรมของเมือง และสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เพื่อรองรับอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวซึ่งเป็นรายได้หลักของจังหวัดภูเก็ตในปัจจุบัน

กระบวนการกลายเป็นเมือง (Urbanization) อย่างรวดเร็วนี้นำส่งผลกระทบต่อโครงสร้างระบบอุทกวิทยาในพื้นที่ จากการเปลี่ยนแปลงภูมิเวศเดิมด้วยสิ่งปกคลุมผิวดินที่มีลักษณะไม่สอดคล้องกับกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น การเพิ่มขึ้นของพื้นผิวไม่ซึมน้ำ (Impervious surface) และการตั้งชุมชนในพื้นที่ลุ่มรับน้ำของพื้นที่ เป็นต้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำ (Flow) ปริมาณน้ำท่า (Runoff) และลักษณะการไหลหลากของน้ำผิวดิน (Overland flow) ส่งผลกระทบต่อเมืองที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เช่น การเกิดอุทกภัย, ปัญหาคุณภาพน้ำ และการเร่งการกัดเซาะลำน้ำ เป็นต้น (Marsh, 2005; Mays, 2005) ซึ่งเป็นประเด็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการระบายน้ำตามธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำ และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิเวศ

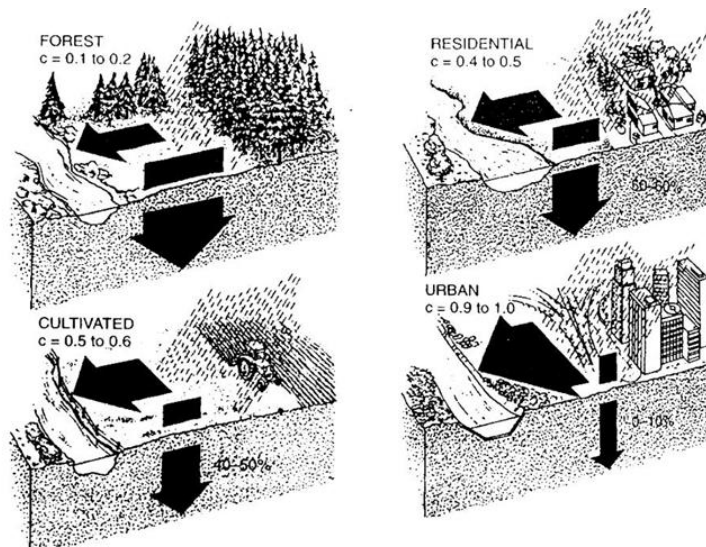
การศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดินจึงเป็นส่วนสำคัญในการทำความเข้าใจถึงผลกระทบของกระบวนการกลายเป็นเมืองที่ส่งผลต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ เพื่อใช้ทำความเข้าใจถึงลักษณะองค์ประกอบของระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่เมืองได้ และตระหนักถึงการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนสอดคล้องกับลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ โดยใช้พื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ ตำบลกะรน อำเภอเมืองจังหวัดภูเก็ต เป็นกรณีศึกษา



ภาพที่ 1 รูปตัดแสดงระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำกะตะ จ.ภูเก็ต บนสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2510

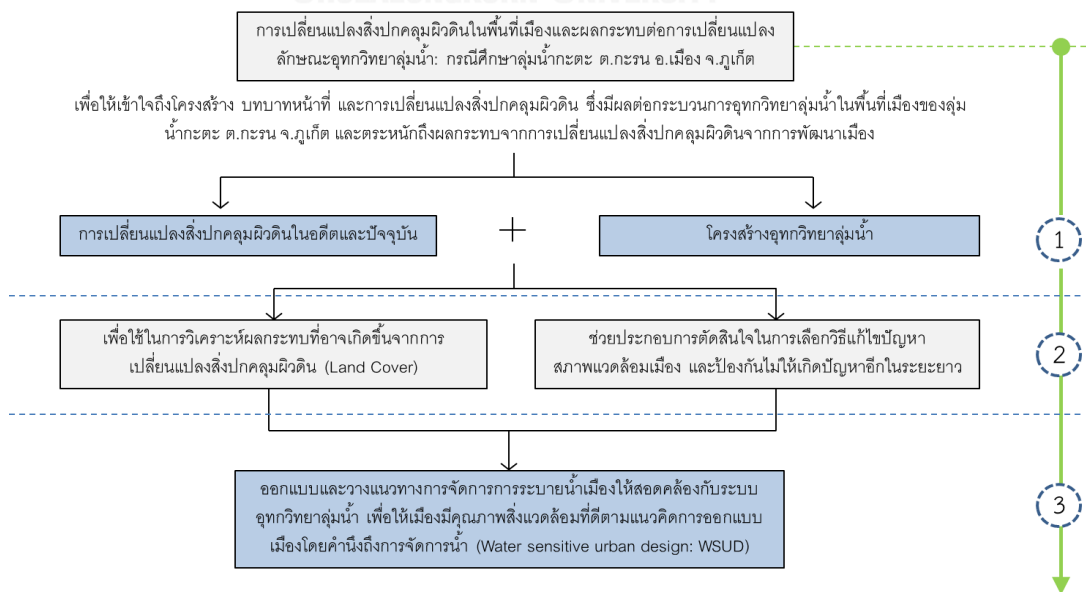
ที่มา: ข้อมูลเส้นชั้นความสูงจาก กรมพัฒนาที่ดิน (2559) และข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดิน

จากภาพถ่ายทางอากาศ กรมแผนที่ทหาร (2510)



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำท่า และค่าการสูญหายของน้ำที่ซึมลงสู่ผิวดินกับการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพื้นที่ป่าไม้, เกษตรกรรม, ที่พักอาศัย และเมือง (Marsh, 2005)

กรอบทางความคิดของวิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย การทำความเข้าใจองค์ประกอบทางภูมินิเวศ 2 ส่วน คือ สิ่งปกคลุมผิวดิน และน้ำผิวดิน โดยศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน 2 ช่วงเวลา และประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในกลุ่มน้ำกรณศึกษา เพื่อทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งปกคลุมผิวดิน และกระบวนการทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่ รวมทั้งตระหนักถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินจากการพัฒนาเมือง และสามารถเสนอแนวทางการป้องกัน และลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงได้



ภาพที่ 3 แผนภาพกรอบทางความคิดวิทยานิพนธ์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจองค์ประกอบ และลักษณะการระบายน้ำตามกระบวนการทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ ต.กะรน จ.ภูเก็ต
- 1.2.2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ ต.กะรน จ.ภูเก็ต ระหว่างอดีต และปัจจุบัน
- 1.2.3 เพื่อหาแนวทางในการบูรณาการวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรมจากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำกะตะ ต.กะรน จ.ภูเก็ต ในบริบทปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

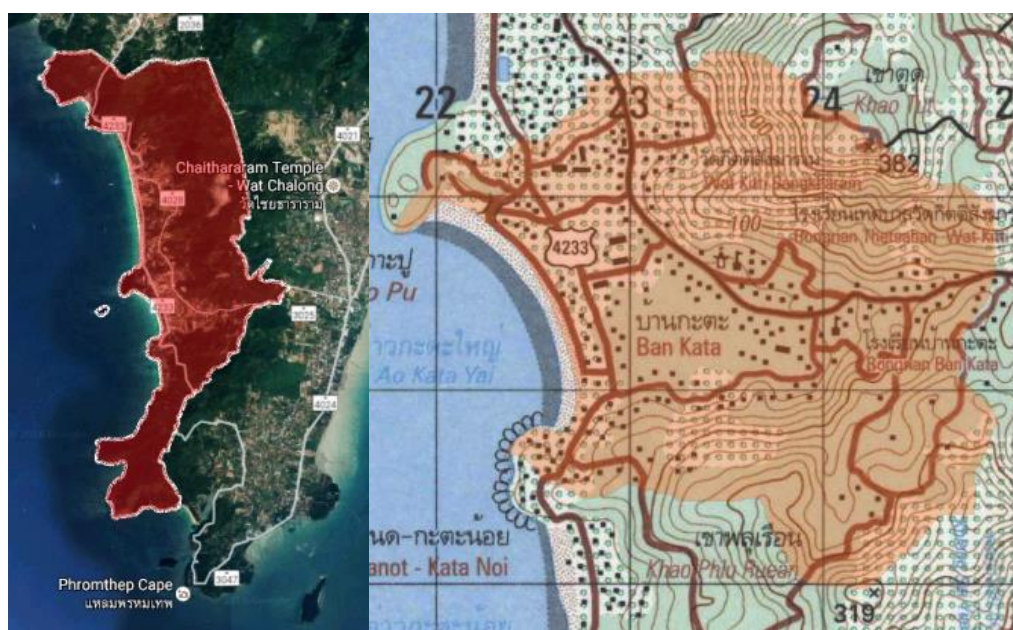
1.3.1 ขอบเขตด้านพื้นที่

ลุ่มน้ำกะตะ ต.กะรน จ.ภูเก็ต เป็นกรณีศึกษาตัวอย่างของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินจากการพัฒนาเมือง โดยพื้นที่ดั้งเดิมนั้นเป็นพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าว, ไร่สวน และป่าไม้ (กรมแผนที่ทหาร, 2510, 2516; สัมภาษณ์, อีรพงษ์ การดี, 6 พฤศจิกายน 2559; สัมภาษณ์, บุญเกื้อ, 16 กุมภาพันธ์ 2560; สัมภาษณ์, สมัคร, 16 กุมภาพันธ์ 2560)



ภาพที่ 4 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณอ่าวกะตะ จ.ภูเก็ต
ที่มา: ซ้าย-ภาพถ่ายทางอากาศ กรมแผนที่ทหาร (2510), ขวา-ภาพถ่ายทางอากาศ Google Earth (2016)

ปัจจุบันพื้นที่ส่วนใหญ่ได้ถูกพัฒนาเป็นที่อยู่อาศัย สถานพักตากอากาศ และโรงแรมที่มีเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ประมาณ ปี พ.ศ.2531 ซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มมีอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเข้ามาแทนที่การทำเกษตรกรรมนาข้าวในพื้นที่ (Google Earth, 2016; กรมแผนที่ทหาร, 2538, 2543, 2552; สัมภาษณ์, ฉัตรพงษ์ การดี, 6 พฤศจิกายน 2559; สัมภาษณ์, บุญเกื้อ, 16 กุมภาพันธ์ 2560; สัมภาษณ์, สมัคร, 16 กุมภาพันธ์ 2560) เพื่อรองรับ และอำนวยความสะดวกแก่นักการท่องเที่ยว การวิจัยนี้จึงเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ หรือบริเวณอ่าวกะตะ ต.กะรน อ.เมือง จ.ภูเก็ต เพื่อเป็นลุ่มน้ำกรณีศึกษาของปัญหาการทำลายโครงสร้างอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินเพื่อการพัฒนาเมืองที่ก่อให้เกิดปัญหาทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ



ภาพที่ 5 ขอบเขตพื้นที่กรณีศึกษาลุ่มน้ำกะตะ

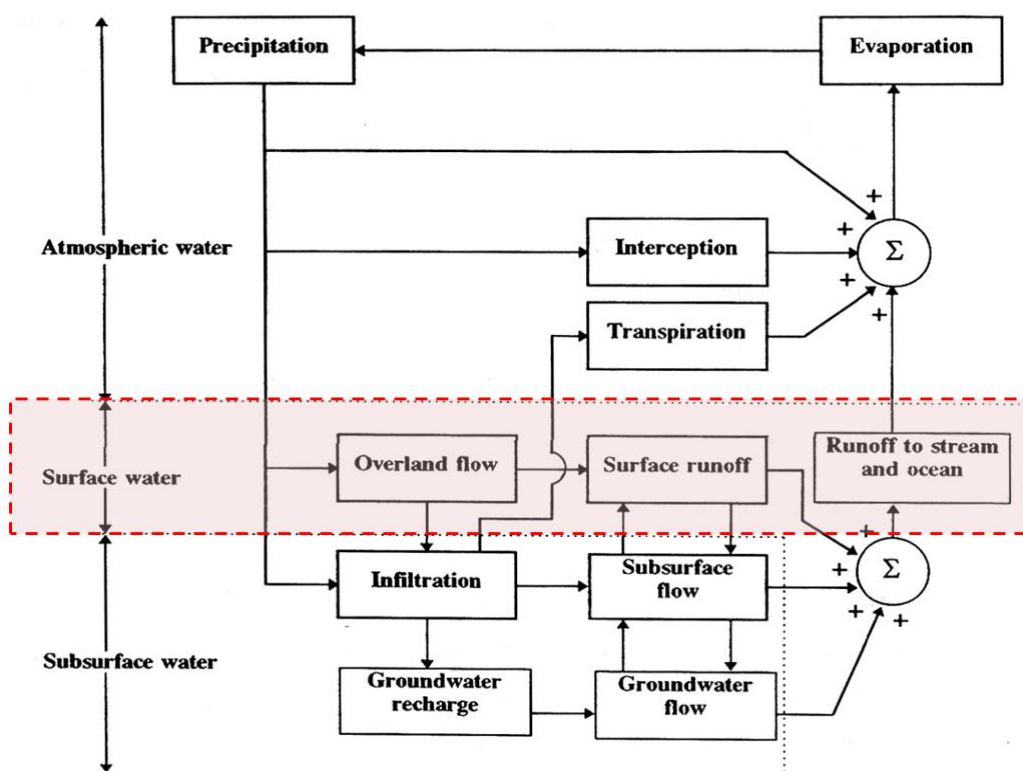
ที่มา : ปรับปรุงจากภาพถ่ายทางอากาศ Google Earth (2016) และ
ภาพแผนที่ทางทหาร กรมแผนที่ทหาร (2552) บริเวณลุ่มน้ำกะตะ

พื้นที่ลุ่มน้ำกะตะมีเนื้อที่ประมาณ 5 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 3,125 ไร่ ตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของเขตการปกครองเทศบาลตำบลกะรน มีอาณาเขตสัมพันธ์ดังนี้

ทิศเหนือ	อาณาเขตติดต่อกับ	อ่าวกะรน
ทิศใต้	อาณาเขตติดต่อกับ	อ่าวกะตะน้อย
ทิศตะวันออก	อาณาเขตติดต่อกับ	เทือกเขานาคเกิด
ทิศตะวันตก	อาณาเขตติดต่อกับ	ทะเลอันดามัน

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบทางกายภาพซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ (Watershed hydrology) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน (Land cover change) โดยไม่รวมถึงลักษณะทางสังคมและวัฒนธรรม เพื่อทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ โดยศึกษาเฉพาะน้ำผิวดิน (Surface water) ที่เกิดจากน้ำฝน และเสนอแนะแนวทางการประยุกต์ใช้ทางภูมิสถาปัตยกรรมในพื้นที่เมืองซึ่งสอดคล้องกับลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำของพื้นที่ในบริบทปัจจุบัน โดยใช้พื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ ต.กะรน อ.เมือง จ.ภูเก็ต เป็นกรณีศึกษา



ภาพที่ 6 ขอบเขตเนื้อหาด้านอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่ศึกษา

ที่มา : ปรับปรุงจากแผนภูมิแสดงระบบอุทกวิทยาของน้ำของ Mays (2005, p. 229)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนพัฒนาพื้นที่ และมาตรการในการบริหารจัดการน้ำผิวดินของเมืองบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ ต.กะรน จ.ภูเก็ต
- 1.4.2 เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนเสนอมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ซับน้ำเดิมของเมือง ลดพื้นที่ผิวไม่ซึมน้ำ และเพิ่มพื้นที่ซับน้ำให้แก่เมืองบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ ต.กะรน จ.ภูเก็ต

1.4.3 เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่เมืองอื่นๆ ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

1.5 คำถามในการวิจัย

- 1.5.1 สิ่งปกคลุมผิวดินมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง
- 1.5.2 การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินมีผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำอย่างไรบ้าง
- 1.5.3 แนวทางการบูรณาการวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรมจากผลการวิจัยซึ่งสอดคล้องกับลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำในบริบทปัจจุบันควรเป็นอย่างไร

1.6 ระเบียบวิธีวิจัย

- 1.6.1 การศึกษาหลักการและข้อมูลพื้นฐาน
 - 1.6.1.1 การศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรม
 - 1) ศึกษาหลักการและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ (Landscape change) และอุทกวิทยาลุ่มน้ำ (Watershed hydrology)
 - 2) การศึกษางานวิจัยและกรณีศึกษา เพื่อหากรอบกระบวนการขั้นตอนในการศึกษาวิจัย
 - 1.6.1.2 การวางแผนการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม
 - 1) รวบรวมข้อมูลทางด้านกายภาพจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT (U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey, 2017) ในช่วงเวลาต่างกันทุก 10 ปี จากปีปัจจุบัน (พ.ศ.2559) โดยให้อยู่ในช่วงเดือนที่ใกล้เคียงกัน และมีการบดบังจากกลุ่มเมฆต่ำสุดเพื่อให้สามารถนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไปใช้ในการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยซอฟต์แวร์ต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด จากนั้นทำการคัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียมจากปีที่มีภาพถ่ายดาวเทียมให้บริการ และมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินจากการขยายตัวของเมืองที่เห็นการเปลี่ยนแปลงชัดเจนในพื้นที่กรณีศึกษาซึ่งได้แก่ ปี พ.ศ.2530 และ ปี พ.ศ.2559 อยู่ในรอบการเปรียบเทียบประมาณ 30 ปี ย้อนหลัง (พ.ศ.2529–2559)
 - 2) จัดเตรียมแผนที่เพื่อใช้สำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามของสิ่งปกคลุมผิวดิน และโครงสร้างทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้ซอฟต์แวร์ ArcGIS (Environmental Systems Research Institute, 2016) ในการจัดเตรียมแผนที่

- 3) ศึกษาข้อมูลทางด้านนโยบายการจัดการการระบายน้ำ และรูปแบบการระบายน้ำในปัจจุบันเพื่อทำความเข้าใจลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่เปลี่ยนไปสู่ระบบระบายน้ำเมืองในบริบทปัจจุบัน
- 4) ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น
 - ทำการวิเคราะห์และจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเบื้องต้นโดยซอฟต์แวร์ ENVI (Exelis Visual Information Solutions, 2013) ใช้การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบไม่ควบคุม (Unsupervised classification) เพื่อทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา
 - ทำความเข้าใจลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ รวมถึงวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำเดิมในพื้นที่

1.6.2 การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม

- 1.6.2.1 ลงพื้นที่สำรวจ เพื่อตรวจสอบผลการวิเคราะห์สิ่งปกคลุมผิวดินจากการวิเคราะห์โดยซอฟต์แวร์เบื้องต้น ตามเส้นทางน้ำธรรมชาติเดิม และเส้นทางน้ำที่ปรากฏในปัจจุบัน โดยเริ่มสำรวจจากต้นน้ำลงไปสู่ปลายน้ำบริเวณปากทางออกสู่ทะเลของระบบลุ่มน้ำกะตะ เก็บข้อมูลการสำรวจพื้นที่โดยการจดบันทึกลงบนแผนที่ และบันทึกภาพโดยการถ่ายภาพประกอบ
- 1.6.2.2 สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structure interview) แบบเจาะลึก (งามพิศ สัตย์สงวน, 2558; สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2555) โดยอาศัยรูปแบบการสัมภาษณ์แบบประวัติศาสตร์จากคำบอกเล่า (Oral history) เป็นการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ หรือไม่มีโครงสร้าง (Informal or Unstructured interview) มีเพียงคำถามวิจัยเป็นแนวทางในการสัมภาษณ์ ผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ ผู้อาวุโสที่รู้เรื่องเกี่ยวกับพื้นที่อย่างดี, อาศัยอยู่ในพื้นที่ตั้งแต่เกิด และไม่เคยย้ายไปที่ใด
- 1.6.2.3 จำแนก และเรียบเรียงข้อมูลจากการสำรวจ เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงฐานข้อมูลหลังการสำรวจ โดยใช้การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม (Supervised classification) ในการปรับปรุงข้อมูลให้สมบูรณ์ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น และตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ร่วมกับการใช้ข้อมูลแผนที่ทางทหารภาพถ่ายทางอากาศในช่วงเวลาดังกล่าว และการลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม ประกอบการปรับปรุงฐานข้อมูล

1.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ

1.6.3.1 วิเคราะห์ข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินซึ่งมีผลต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำบริเวณลุ่มน้ำกะตะโดยใช้ซอฟต์แวร์แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง (WinTR-55) (Natural Resources Conservation Service, 2013)

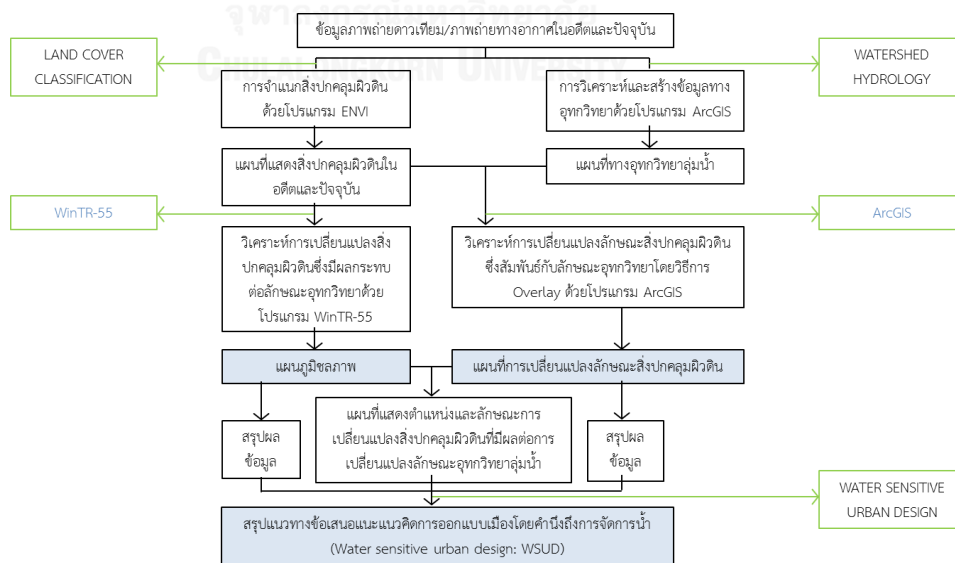
1.6.3.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ของรูปแบบสิ่งปกคลุมผิวดินกับลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปของบริเวณลุ่มน้ำกะตะโดยการซ้อนทับชั้นข้อมูล (Overlay analysis) (McHarg, 1971) ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ระหว่าง ปี พ.ศ.2530 และ ปี พ.ศ.2559

1.6.4 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1.6.4.1 สรุปการจำแนกและวิเคราะห์เปรียบเทียบประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในรอบประมาณ 30 ปี บริเวณลุ่มน้ำกะตะ โดยเชื่อมโยงกับการจำแนกตามวิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวภาพสำหรับภูมิภาคเมือง

1.6.4.2 สรุปการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะโดยชลภาพน้ำท่า

1.6.4.3 การวิเคราะห์หาข้อสรุป และแนวทางในการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมจากผลการวิจัยทั้งสองส่วน ได้แก่ ส่วนของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน และ ส่วนของผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน ให้สอดคล้องกับลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะในบริบทปัจจุบัน



ภาพที่ 7 แผนภาพแสดงกระบวนการศึกษาวิจัย

1.7 นิยามคำศัพท์

<p>สิ่งปกคลุมผิวดิน (Land cover)</p>	<p>หมายถึง ลักษณะทางกายภาพ และทางชีวภาพที่อยู่บนพื้นผิวโลก (Anderson, Hardy, Roach, & Witmer, 2001; The United Nations Environment Programme & The Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005)</p>
<p>การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use)</p>	<p>หมายถึง ลักษณะหรือรูปแบบการใช้งานซึ่งอธิบายโดยลักษณะการจัดการ กิจกรรม และการครอบครองสิ่งปกคลุมผิวดินของมนุษย์เพื่อใช้ประโยชน์ ปรับเปลี่ยน หรืออนุรักษ์พื้นที่นั้นไว้ ซึ่งมีความเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างสิ่งปกคลุมผิวดิน และรูปแบบกิจกรรมการใช้งานของมนุษย์ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ (The United Nations Environment Programme & The Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005)</p>
<p>การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน (Land cover classification)</p>	<p>หมายถึง การแสดงของสิ่งที่ปรากฏในโลกจริงแบบนามธรรม โดยใช้เกณฑ์วินิจฉัยที่มีการนิยามไว้เป็นอย่างดีแล้ว คือ เกณฑ์ของการจำแนก โดยใช้สิ่งปกคลุมผิวดินเป็นตัวกำหนดขอบเขตของประเภทการจำแนก (The United Nations Environment Programme & The Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005)</p>
<p>การกลายเป็นเมือง (Urbanization)</p>	<p>หมายถึง กระบวนการที่ชุมชนกลายเป็นเมือง หรือการเคลื่อนย้ายของผู้คน หรือการดำเนินกิจการงานเข้าสู่บริเวณเมือง หรือการขยายตัวของเมืองออกไปทางพื้นที่ การเพิ่มจำนวนประชากร หรือในการดำเนินกิจการงานต่างๆ มากขึ้น (ราชบัณฑิตยสถาน, 2524, น. 409) โดยมีการเพิ่มขึ้นของพื้นผิวไม่ซึมน้ำ เช่น ถนน, ทางเดินเท้า, ที่จอดรถยนต์ และอาคาร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งส่งผลกระทบต่อพื้นที่และทางน้ำเดิม</p>

<p>ลุ่มน้ำ (Watershed)</p>	<p>หมายถึง หน่วยของพื้นที่ดินที่รองรับน้ำที่ตกลงมาจากฟ้าสู่พื้นดินซึ่งมีขอบเขตเป็นเส้นสันเขา (Ridge) ทำหน้าที่เป็นสันปันน้ำ (Water divide) ล้อมรอบ บางครั้งอาจเรียกว่า “พื้นที่รับน้ำ” (Drainage basin) หรือ “พื้นที่กักเก็บน้ำ” (Catchment) น้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ลุ่มน้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำรวมตัวกันเป็นลำน้ำขนาดเล็กในบริเวณต้นน้ำลำธาร แล้วไหลรวมตัวกันเป็นเครือข่ายลำน้ำลงสู่ลำน้ำที่ใหญ่ขึ้น (Black, 1996; Mays, 2005; ประกอบ วิโรจน์กูฏ, 2539)</p>
<p>อุทกวิทยาลุ่มน้ำ (Watershed hydrology)</p>	<p>หมายถึง การศึกษาอุทกวิทยาของระบบลุ่มน้ำ ที่เกี่ยวกับปริมาณ และอัตราการตกของฝนลงบนลุ่มน้ำที่เวลาต่างกัน ปริมาณการกักเก็บ และการไหลในส่วนต่างๆ ของลุ่มน้ำและอัตราการไหลของน้ำท่าออกจากลุ่มน้ำที่เวลาต่างๆ (ประกอบ วิโรจน์กูฏ, 2539)</p>
<p>ภูมินิเวศ (Landscape)</p>	<p>หมายถึง ภูมิทัศน์ในบริบทของระบบนิเวศ ซึ่งประกอบด้วย โครงสร้าง (Structure), บทบาทหน้าที่ (Function) และการเปลี่ยนแปลง (Change) (Forman & Godron, 1986; ดนัย ทายตะคุ, 2548) เป็นการทำความเข้าใจภูมิทัศน์ในฐานะระบบนิเวศ</p>

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

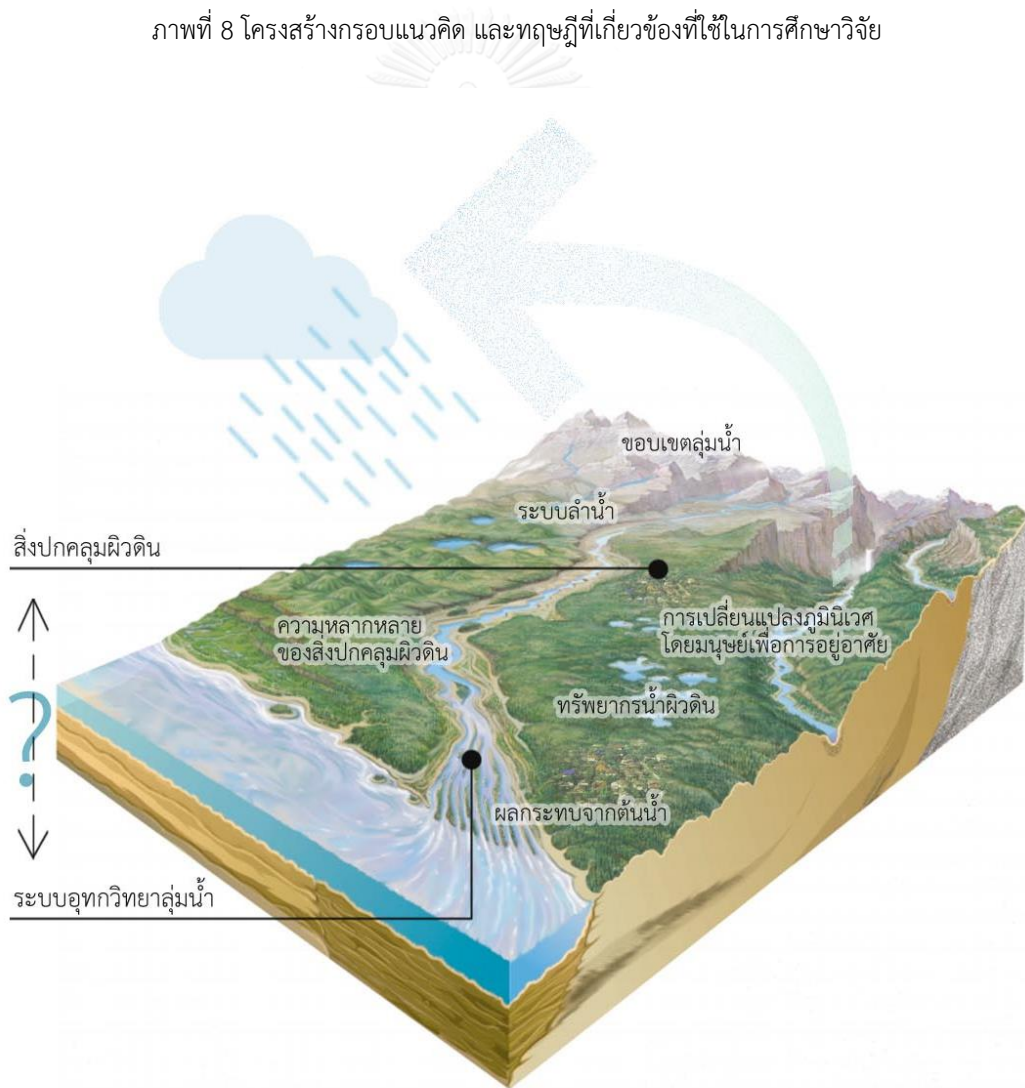
การวิจัยนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางภูมินิเวศ 2 ส่วน คือ สิ่งปกคลุมผิวดิน และน้ำผิวดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา โดยมีคำถามการวิจัยว่าสิ่งปกคลุมผิวดินนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง จากอดีต แล้วการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินนั้นส่งผลต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำอย่างไร และเราจะสามารถป้องกันหรือลดผลกระทบทางอุทกวิทยานั้นโดยวิธีทางภูมิสถาปัตยกรรมได้อย่างไร

จากกรอบทางความคิดวิทยานิพนธ์ข้างต้นนำไปสู่แนวคิด และทฤษฎีที่นำมาใช้ในกระบวนการศึกษาวิจัย เพื่อสร้างพื้นฐานความเข้าใจสำหรับการนำมาใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ผลตามกระบวนการศึกษาวิจัยรวมถึงการสังเคราะห์ผลที่ได้จากการวิเคราะห์วิจัย และสามารถบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมได้ โดยเนื้อหานี้จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ กรอบแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน, ทฤษฎีเพื่อการวิเคราะห์วิจัย, ทฤษฎีเพื่อการประยุกต์ใช้ และการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) กรอบแนวคิด และทฤษฎีพื้นฐาน
 - ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ (Landscape change)
 - ทฤษฎีอุทกวิทยาลุ่มน้ำ (Watershed hydrology)
- 2) ทฤษฎีเพื่อการวิเคราะห์วิจัย
 - การจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมผิวดิน (Land cover classification)
 - การวิเคราะห์ผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินโดยแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง (Technical release 55 for Windows: WinTR-55)
- 3) ทฤษฎีเพื่อการประยุกต์ใช้
 - ระเบียบวิธีวิจัยเพื่อการประยุกต์ใช้ทางกระบวนการวิจัย
 - แนวคิดการวางแผนภูมิสถาปัตยกรรมเชิงอุทกวิทยาลุ่มน้ำตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ (Water sensitive urban design: WSUD)
- 4) การทบทวนงานวิจัย
 - งานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน
 - งานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบทางอุทกวิทยาจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน



ภาพที่ 8 โครงสร้างกรอบแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการศึกษาวิจัย



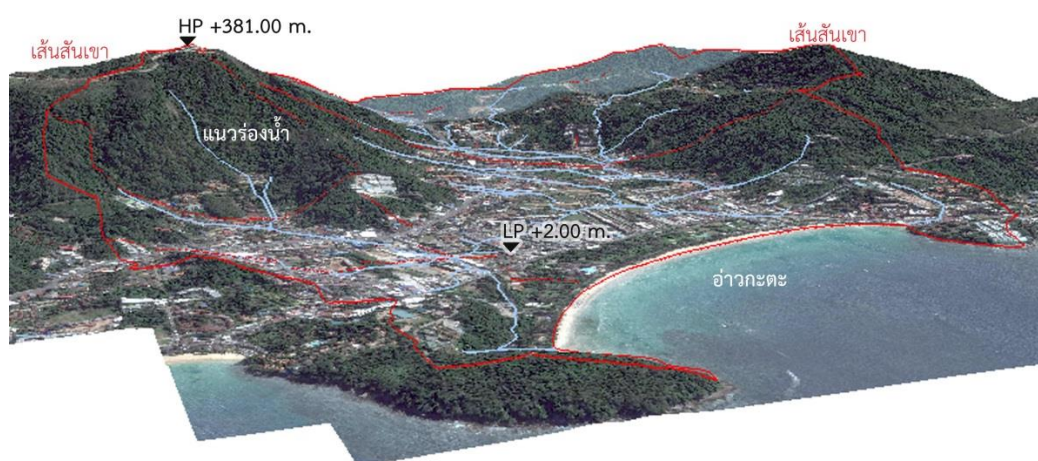
ภาพที่ 9 ที่มาโครงสร้างกรอบแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย
 ที่มา: ปรับปรุงจาก Winter, Harvey, Franke, and Alley (1998, p. 8)

2.1 การทบทวนกรอบแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ (Landscape change)

ภูมินิเวศ คือ พื้นที่ซึ่งมีความหลากหลายของความสัมพันธ์ และการปฏิสัมพันธ์ของกลุ่มระบบนิเวศที่เป็นลักษณะการรวมกลุ่มแบบซ้ำในรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน (Forman & Godron, 1986; ดนัย ทายตะคุ, 2548) การทำความเข้าใจระบบภูมินิเวศนั้นจะต้องมีความเข้าใจใน 3 องค์ประกอบหลักของระบบภูมินิเวศ อันได้แก่ โครงสร้าง, บทบาทหน้าที่ และการเปลี่ยนแปลง

รูปพรรณสัณฐานภูมินิเวศของพื้นที่กรณีศึกษาที่เด่นชัดคือความเป็น “ลุ่มน้ำ” หมายถึง หน่วยของพื้นที่ดินที่รองรับน้ำที่ตกลงมาจากฟ้าสู่พื้นดิน ซึ่งมีขอบเขตเป็นเส้นสันเขาทำหน้าที่เป็นสันปันน้ำล้อมรอบ โดยน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ลุ่มน้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำรวมตัวกันเป็นลำน้ำขนาดเล็กในบริเวณต้นน้ำ จากนั้นจึงไหลรวมตัวกันเป็นเครือข่ายลำน้ำลงสู่ลำน้ำที่ใหญ่ขึ้น (Black, 1996; Mays, 2005; ประกอบ วิโรจนกุฎ, 2539) จะเห็นว่ามิน้ำเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการ และเป็นโครงสร้างสำคัญของระบบภูมินิเวศในพื้นที่ลุ่มน้ำ



ภาพที่ 10 รูปพรรณสัณฐานของลุ่มน้ำกรณีศึกษา ลุ่มน้ำกะตะ
ที่มา: ปรับปรุงจากภาพถ่ายทางอากาศ Google Earth (2016)

จากคำถามการวิจัยที่ต้องการตอบคำถามของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน และผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน การทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศจะทำให้สามารถเข้าใจถึงลักษณะรูปแบบ และผลจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน รวมถึงแนวทางในการบูรณาการวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรมได้อย่างเหมาะสม

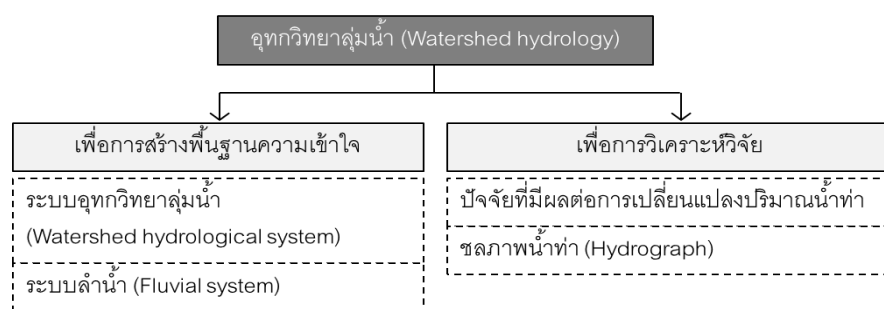
การเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ หมายถึง “กระบวนการอันเป็นพลวัต (Dynamics) ของระบบในภูมินิเวศ จัดเป็นกระบวนการทางธรรมชาติอย่างหนึ่ง เป็นกระบวนการวิวัฒนาการทั้งทางกายภาพ และชีวภาพตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการตอบสนองของภูมินิเวศหรือระบบนั้นๆ ต่อ

สิ่งรบกวน (Disturbance) จากภายนอกกระบวนมีรูปแบบที่สามารถสังเกตเห็นได้ในเชิงประจักษ์ การศึกษากระบวนการ และแบบแผนการเปลี่ยนแปลงภูมิโนเวศเป็นสิ่งสำคัญต่อการวางแผน ภูมิทัศน์ (Landscape planning) และการจัดการที่ดินอันเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อ มนุษย์และสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติ โดยใช้มุมมองในกรอบการศึกษานิเวศวิทยา (Ecology) นิเวศ ภูมิทัศน์ (Landscape ecology) รวมถึงนิเวศวิทยาเมือง (Urban ecology)” (Forman & Godron, 1986; กังวาน พิพิธพงศ์สันต์, 2553; ดนัย ทายตะคุ, 2548)

การเปลี่ยนแปลงภูมิโนเวศมีทั้งที่เกิดตามกระบวนการทางธรรมชาติจากตัวการทาง ธรรมชาติ (Natural agencies) และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ หรือตัวการที่เป็นมนุษย์ (Human agent) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมผิวดินจากการ กระทำที่มนุษย์เข้าไปปรับเปลี่ยน หรือเปลี่ยนแปลงภูมิโนเวศเดิมในพื้นที่ แล้วส่งผลกระทบต่อระบบ อุทกวิทยาลุ่มน้ำของพื้นที่ โดยศึกษา และทำความเข้าใจถึงผลจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุม ผิวดินบริเวณลุ่มน้ำกรณีศึกษา ลุ่มน้ำกะตะ เช่น การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินจากพื้นที่ เกษตรกรรมนาข้าวเป็นคอนกรีต จากป่าไม้เป็นสวนยางพารา และนำความเข้าใจในส่วนนี้มาใช้ อธิบายผลของการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ต่อไปในอนาคต

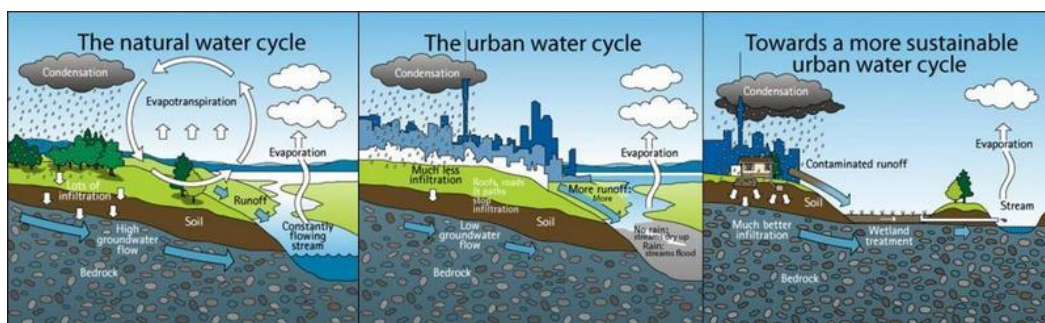
2.1.2 อุทกวิทยาลุ่มน้ำ (Watershed hydrology)

น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบภูมิโนเวศในพื้นที่ลุ่มน้ำ การทำความเข้าใจระบบ อุทกวิทยาลุ่มน้ำจะช่วยให้เข้าใจองค์ประกอบของระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำ และลักษณะการระบาย น้ำตามกระบวนการทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ เพื่อใช้ในการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบ ทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา และเสนอ แนวทางการบูรณาการวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรมอย่างเหมาะสมได้ต่อไป



ภาพที่ 11 โครงสร้างทฤษฎีอุทกวิทยาลุ่มน้ำ

จากโครงสร้างทฤษฎีอุทกวิทยาลุ่มน้ำ ได้จัดการศึกษาเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ทฤษฎีเพื่อสร้างพื้นฐานความเข้าใจ คือ ระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำ (Watershed hydrological system) และระบบลำน้ำ (Fluvial system) และส่วนที่สองเป็นทฤษฎีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์วิจัย คือ ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า และชลภาพน้ำท่า (Hydrograph)



ภาพที่ 12 กระบวนการในระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่ธรรมชาติ พื้นที่เมือง และการประยุกต์อย่างยั่งยืนในพื้นที่เมือง (Sustainable Sanitation and Water Management, 2016)

2.1.2.1 ระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำ (Watershed hydrological system)

องค์ประกอบระบบอุทกวิทยาในลุ่มน้ำประกอบด้วย 3 ส่วนดังแสดงในภาพที่ 6 (Mays, 2005; ประกอบ วิโรจนกูฏ, 2539) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ระบบน้ำในบรรยากาศ (Atmospheric water) ประกอบด้วย กระบวนการน้ำพืชยึด (Interception), การคายน้ำของพืช (Transpiration) และการระเหยกลายเป็นไอ (Evaporation) กระบวนการในระบบส่วนนี้คือการที่น้ำฝนบางส่วนตกกระทบพืชพรรณ และติดค้างอยู่ในทรงพุ่ม ใบ และกิ่งก้านของต้นไม้ใหญ่ และพืชคลุมดิน ทำให้ความแรงของการตกกระทบลงบนพื้นผิวลดลง น้ำฝนที่ติดค้างอยู่ในส่วนของพืชพรรณเหล่านี้จะระเหยหายไปโดยรวมถึงการคายน้ำของพืชรวมด้วย และบางส่วนของน้ำฝนที่ติดค้างอยู่ในส่วนของพืชพรรณเหล่านี้อาจตกลงสู่พื้นดินต่อไป

2) ระบบน้ำผิวดิน (Surface water) ประกอบด้วย น้ำผิวดิน (Overland flow), น้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินหรือน้ำท่า (Surface runoff) และการไหลรวมลงสู่ลำน้ำและทะเล (Runoff to stream and ocean) กระบวนการในระบบส่วนนี้คือการที่น้ำฝนส่วนที่ไม่สามารถซึมผ่านผิวดินลงไปได้เหลืออยู่บนผิวดินไหลบนผิวดินไปรวมกันในพื้นผิวที่มีระดับต่ำหรือที่ลุ่ม หรือที่เรียกว่า ที่ลุ่มผิวดิน (Depression storage) ทำให้เกิดการสะสมน้ำบนผิวดินกลายเป็น หนอง บึง พรุ บางส่วนของน้ำที่ไหลผ่านผิวดินไปยังร่องน้ำ (Over land flow) จะไหลลงไปรวมกันไปตามแม่น้ำลำคลองต่างๆ หรือไหลลงสู่ทะเล (Stream flow)

3) ระบบน้ำใต้ดิน (Subsurface water) ประกอบด้วย การแทรกซึมลงดิน (Infiltration), น้ำใต้ผิวดิน (Subsurface flow หรือ Interflow หรือ Lateral flow หรือ Seepage), น้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล (Groundwater flow หรือ Baseflow) และการเติมน้ำตามธรรมชาติ หรือแหล่งน้ำใต้ดิน (Groundwater recharge) กระบวนการในระบบส่วนนี้คือการที่น้ำฝนที่ตกลงบนพื้นดิน และเกิดกระบวนการแทรกซึมของน้ำลงใต้ดิน โดยจะถูกเก็บเอาไว้ในดินหรือบางส่วนซึมลึกลงไปกลายเป็นแหล่งน้ำใต้ดิน

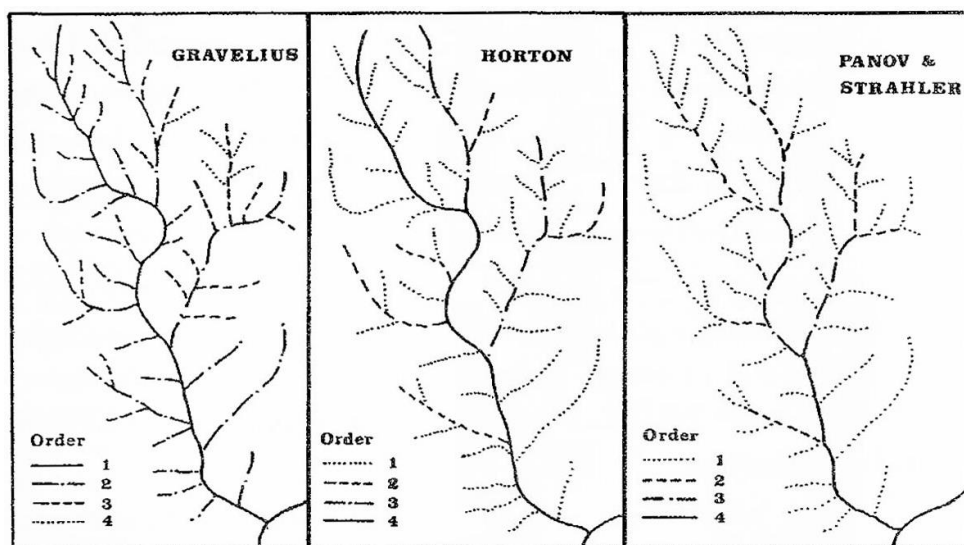
สรุปจากการศึกษาข้างต้นทำให้เห็นถึงภาพรวมของระบบอุทกวิทยา และเข้าใจถึงปัจจัยซึ่งสัมพันธ์กับการแทรกซึมของน้ำลงใต้ดิน และสร้างให้เกิดการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน มี 3 องค์ประกอบสำคัญ คือ สิ่งปกคลุมผิวดิน, องค์ประกอบของดิน และความลาดชันของพื้นที่หรือลักษณะทางกายภาพของพื้นที่

เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการที่เกิดในพื้นที่ลุ่มน้ำหนึ่งๆ จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องขอบเขตของกระบวนการในระบบลุ่มน้ำ และตัวแปรของรูปพรรณสัณฐานทางกายภาพลุ่มน้ำ รวมถึงระบบของลำน้ำซึ่งมีความสัมพันธ์กับกระบวนการวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินต่อไป

2.1.2.2 ระบบลำน้ำ (Fluvial system)

โดยธรรมชาติกระบวนการไหลของน้ำฝนเมื่อตกลงสู่พื้นผิวดินจะมีการไหลบนผิวดินธรรมชาติ การไหลดังกล่าวจะเป็นชั้นน้ำบางๆ โดยมีความลึกของการไหล (Flow depth) ไม่มาก ซึ่งการไหลชนิดนี้ไม่ส่งผลต่อการสึกกร่อนของผิวดินมากนัก เนื่องจากแรงของการกัดเซาะไม่มากพอที่จะไปทำลายแรงยึดเหนี่ยว (Cohesive force) ของอนุภาคเม็ดดินได้ เว้นแต่ความเร็วของการไหลมีมากเกินไปจนทำให้เกิดแรงเสียดทานมากพอจนทำให้เกิดเป็นร่องน้ำชั่วคราว (Ephemeral channels) หรือร่องน้ำริน (Rill) ได้ (อภิสิริทธิ์ เอี่ยมหน่อ, 2530)

โครงข่ายการไหลของน้ำที่สุุดจะกลายมาเป็นแม่น้ำลำคลองขนาดใหญ่ แล้วไหลลงสู่ทะเลโดยพื้นที่ที่รองรับการไหลของเส้นทางน้ำขนาดเล็กเหล่านี้จนกระทั่งมารวมตัวกันเป็นเส้นทางน้ำขนาดใหญ่เรียกว่า พื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งขนาดของเส้นทางน้ำจะสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ



ภาพที่ 13 การจัดลำดับเครือข่ายลำน้ำตามระบบของ Gravelius, Horton และ Panov & Strahler (ประกอบ วิโรจน์กูฏ, 2539, น. 180)

มีการเสนอแนวคิดการจัดลำดับระบบลำน้ำหลายวิธี โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์เพื่อการใช้ประโยชน์ซึ่ง ประกอบ วิโรจน์กูฏ (2539) ได้ประมวลไว้ดังนี้

Gravelius (1985, อ้างถึงใน ประกอบ วิโรจน์กูฏ, 2539) ได้จัดลำดับระบบลำน้ำโดยให้ความสำคัญกับลำน้ำสายหลัก กำหนดลำน้ำหลักจากปากน้ำจนถึงต้นน้ำเป็น ลำน้ำลำดับที่ 1 สาขาที่แยกออกไปจากลำน้ำหลักทั้งหมดจะจัดเป็นลำน้ำลำดับที่ 2 และ สาขาลำน้ำที่แยกออกจากลำดับ 2 ออกไปทั้งหมดจัดเป็นลำน้ำลำดับที่ 3 เป็นเช่นนี้ ตามลำดับไปเรื่อยๆ

Horton (1954, อ้างถึงใน ประกอบ วิโรจน์กูฏ, 2539) เริ่มมีแนวคิดเรื่องลำดับ การไหลตามธรรมชาติของน้ำ โดยยังคงให้ความสำคัญกับลำน้ำสายหลักมากที่สุด เสนอ การจัดลำดับระบบลำน้ำโดยเริ่มจากต้นน้ำ สาขาปลายสุดกำหนดให้เป็นทางน้ำลำดับที่ 1 ถ้าลำดับที่ 1 สองสายมารวมกันจะเป็นลำดับที่ 2 ถ้าลำดับที่ 2 รวมกับลำดับที่ 2 จะเป็น ลำดับที่ 3 และ 4 ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงปากน้ำหรือจุดสุดท้ายของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ

Panov (1948, อ้างถึงใน ประกอบ วิโรจน์กูฏ, 2539) และ Strahler (1952, อ้างถึงใน ประกอบ วิโรจน์กูฏ, 2539) ให้ความสำคัญกับลำดับการไหลตามธรรมชาติของ ลำน้ำทั้งระบบ โดยเสนอการจัดระบบลำน้ำซึ่งใกล้เคียงกับของ Horton (1954, อ้างถึงใน ประกอบ วิโรจน์กูฏ, 2539) คือเริ่มจากต้นน้ำเช่นกันแต่มีความแตกต่างกันตรงที่วิธีการ พิจารณาลำน้ำเมื่อลำน้ำเท่ากันมาพบกันก็จะเกิดเป็นลำน้ำลำดับสูงขึ้นนับจากจุดพบ กันลงไปสู่ท้ายน้ำ ซึ่งในกรณีที่ลำดับที่ต่ำกว่านั้นไม่ได้ไหลมาบรรจบกับลำดับเดียวกันเอง

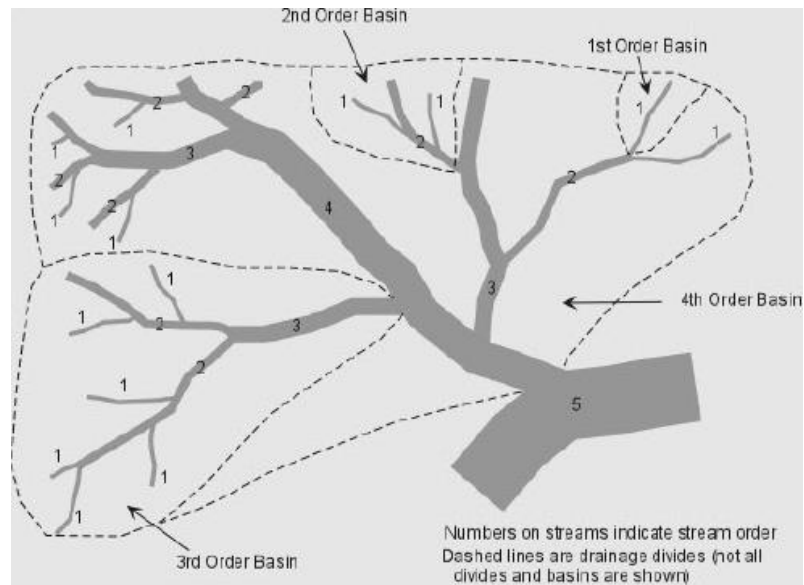
แต่ไหลบรรจบกับลำดับที่สูงกว่าให้ทางน้ำจากจุดที่บรรจบเป็นต้นไปจัดเป็นลำดับที่สูงกว่านั้น จำนวนเส้นทางน้ำที่มารวมตัวกันจะมีจำนวนมากในลำดับแรกๆ โดยจะเป็นเส้นทางน้ำย่อยๆ ที่มีขนาดไม่ยาวนาน และต่อมาเมื่อมีการรวมตัวกันเป็นลำดับที่ใหญ่ขึ้น จำนวนเส้นทางน้ำที่มารวมตัวกันจะมีน้อยลง แต่จะเป็นเส้นทางน้ำที่มีขนาดใหญ่ และความยาวที่มากขึ้น

จากแนวความคิดการจัดลำดับระบบลำน้ำข้างต้นทำให้เข้าใจระบบการจัดความคิดการจัดการข้อมูลโครงข่ายลำน้ำเพื่อการทำความเข้าใจ และวิเคราะห์ ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับรูปแบบการทำงานในแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองที่ใช้ในกระบวนการศึกษาผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในงานวิจัยนี้ พบว่ามีความสอดคล้องกับวิธีการของ Panov (1948, อ้างถึงใน ประกอบ วิโรจนกฤษ, 2539) และ Strahler (1952, อ้างถึงใน ประกอบ วิโรจนกฤษ, 2539) ซึ่งให้ความสำคัญกับลำดับการไหลตามธรรมชาติของลำน้ำทั้งระบบเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงข่ายลำน้ำสำหรับงานวิจัยนี้

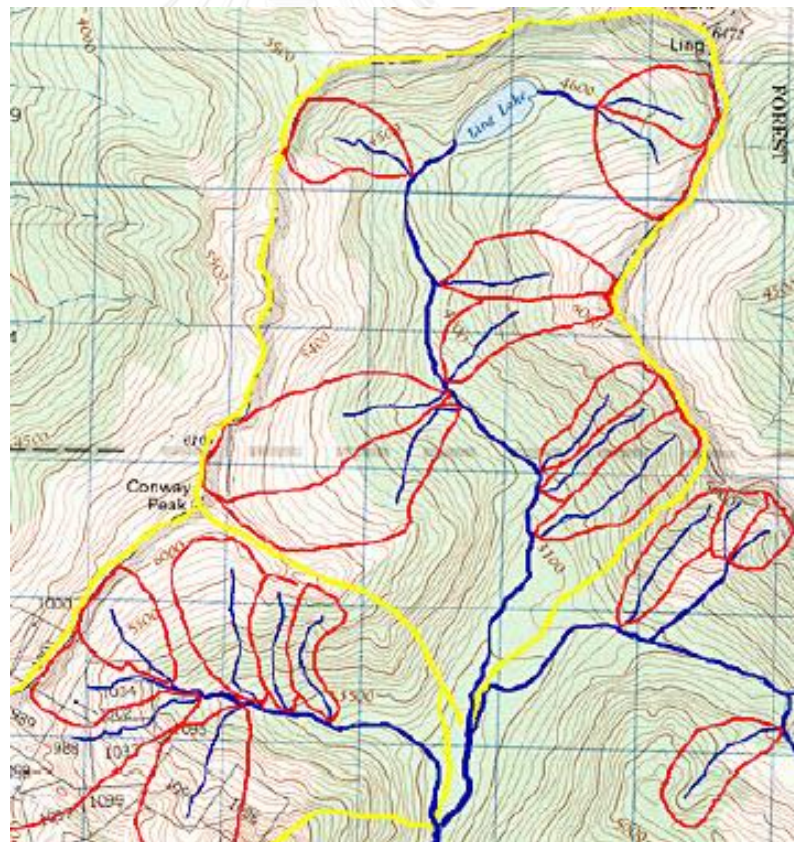
สำหรับการกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของทางน้ำแต่ละลำดับ ใช้หลักการเดียวกันกับการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ คือต้องลากแนวสันปันน้ำที่แบ่งน้ำลงในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย วิธีการดังกล่าวนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการคำนวณปริมาณพื้นที่รับน้ำของทางน้ำแต่ละลำดับ และท้ายที่สุดแล้วพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยรวมกันต้องได้เท่ากับพื้นที่ลุ่มน้ำใหญ่ ซึ่งจะได้นำไปใช้ต่อในการเตรียมข้อมูลเพื่อการประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาจากแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

- 1) การลากขอบเขตหรือแนวสันปันน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำ
- 2) การลากร่องธาร (Gully) ที่ไม่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศแต่สามารถกำหนดเส้นร่องธารได้จากรูปร่างของเส้นชั้นความสูง
- 3) การจัดลำดับทางน้ำ (Stream ordering)
- 4) การลากขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในแต่ละลำดับทางน้ำ

โดยหลังจากได้ข้อมูลเชิงพื้นที่ดังกล่าวในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำแล้ว การคำนวณค่าต่างๆ เช่น ความยาวของลำน้ำ (Stream length) และขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย เป็นต้น แล้วนำตัวเลขดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์เชิงสถิติ



ภาพที่ 14 ตัวอย่างการลากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของทางน้ำแต่ละลำดับ
(Earth Science Australia, 1995)



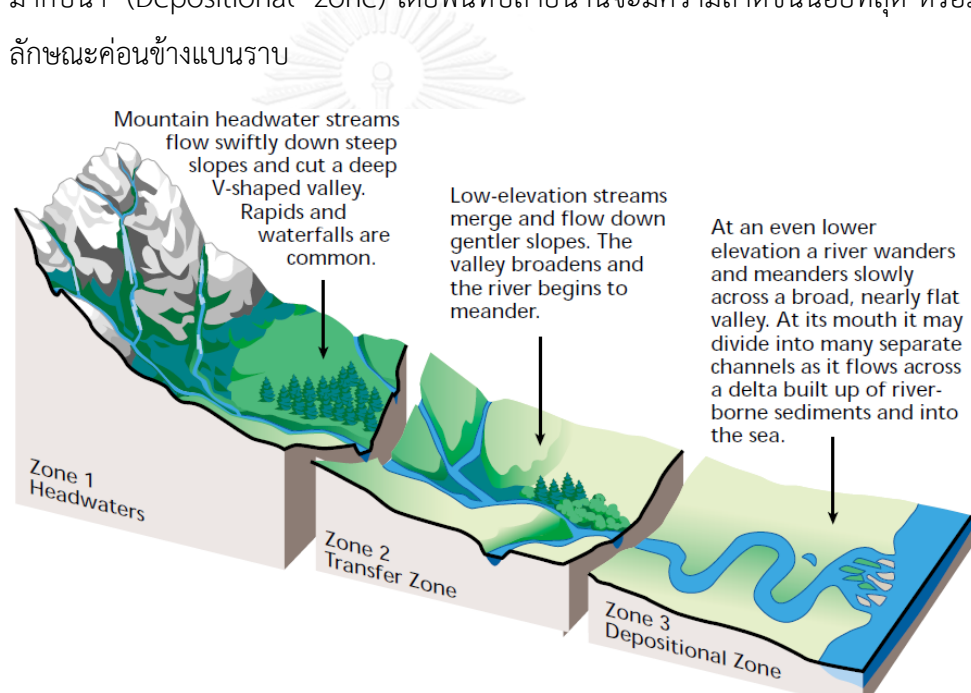
ภาพที่ 15 ตัวอย่างการลากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของทางน้ำแต่ละลำดับ (มนตรี ชูวงศ์, 2554, น. 57)

ลักษณะของลำน้ำ และพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) จะเปลี่ยนไปตามเส้นทางน้ำไหลจากต้นน้ำสู่ปากทางน้ำออก สามารถนำมาแบ่งส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยตามแนวความยาวลำน้ำ (Longitudinal profile zone) ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพพื้นที่หรือความลาดชัน (Slope) เป็นปัจจัยบ่งชี้สำคัญ โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

พื้นที่ต้นน้ำ (Upstream) มีลักษณะเป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธาร (Headwaters) ช่วยทำหน้าที่ดูดซับน้ำก่อนไหลลงสู่พื้นที่ลุ่มด้านล่าง เป็นส่วนที่มีความลาดชันมากที่สุด

พื้นที่กลางน้ำ (Midstream) เป็นส่วนของการพัดพาตะกอน (Transfer zone) ความอุดมสมบูรณ์ต่างๆ ไปรวมกันในพื้นที่ปลายน้ำ มีความลาดชันน้อยกว่าพื้นที่ต้นน้ำ

พื้นที่ปลายน้ำ (Downstream) เป็นพื้นที่ซึ่งรวบรวมน้ำ และสะสมตะกอนที่ไหลมากับน้ำ (Depositional zone) โดยพื้นที่ปลายน้ำนี้มีความลาดชันน้อยที่สุด หรือมีลักษณะค่อนข้างแบนราบ



ภาพที่ 16 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำตามความลาดชันพื้นที่ (The Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 2001, p. 1-24)

2.1.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า

การศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าทำให้เข้าใจถึงปัจจัยที่เป็นเหตุของการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของปริมาณน้ำท่า และสามารถนำไปประยุกต์ใช้จากความเข้าใจดังกล่าวต่อไปได้ เพื่อการวิเคราะห์หาข้อสรุป และแนวทางในการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมจากผลการวิจัยให้สอดคล้องเหมาะสมกับลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษาในบริบทปัจจุบัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าเกิดจากปัจจัย 2 อย่าง คือ ปัจจัยของลักษณะฝน และปัจจัยของลักษณะพื้นที่รับน้ำ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการไหลบนผิวดินของน้ำฝน (ประกอบ วิโรจน์กูฏ, 2539, น. 87-91) มีรายละเอียดดังนี้

1) ปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของฝน

- อัตราการตกของฝน หากฝนมีอัตราการตกสูงกว่าความสามารถในการซึมผ่านของสิ่งปกคลุมผิวดินลงสู่ดินจะทำให้เกิดน้ำไหลหลากบนผิวดิน โดยที่ฝนที่ตกหนักนั้นจะทำให้เกิดปริมาณน้ำไหลหลากบนผิวดินมากกว่าฝนที่ตกเบาแม้จะมีปริมาณฝนตกรวมเท่ากันก็ตาม

- ระยะเวลาที่ฝนตก น้ำฝนส่วนที่ไหลหลากบนผิวดินจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นหากตกต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากความสามารถในการซึมผ่านผิวดินลดน้อยลงตามระยะเวลา

- การกระจายของฝนบนพื้นที่ ฝนที่มีอัตราการตกสูงในบางจุดมีผลทำให้อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในการจำลองสภาพอุทกวิทยาลุ่มน้ำโดยทั่วไปจะสมมติให้ฝนตกสม่ำเสมอทั่วทั้งลุ่มน้ำ โดยในความจริงจะไม่เป็นเช่นนั้น ดังนั้นควรมีการคาดการณ์ผลไว้สูงกว่าผลจากการจำลองเสมอ เพื่อลดความเสี่ยงของผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่

- ทิศทางการเคลื่อนที่ของฝน หากมวลฝนเคลื่อนที่ไปตามทิศทางการไหลของน้ำสู่ปลายน้ำจะทำให้เกิดอัตราการไหลสูงสุดในลำน้ำสูงขึ้น และมีระยะเวลาการไหลรวมตัวของน้ำสั้นขึ้น

2) ปัจจัยที่อยู่กับลักษณะของพื้นที่รับน้ำ

- ชนิดดิน (Soil type) ชนิดของดินในพื้นที่รับน้ำมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการซึมลงดินของน้ำฝน คือพื้นที่ใดที่ชั้นดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้น้อยปริมาณน้ำท่าผิวดินก็จะมามาก เช่น ดินเหนียว เป็นต้น อีกทั้งความหนาของชั้นดินก็มีผลต่อการไหลหลากของน้ำฝนตามผิวดินด้วยเช่นกัน

- ประโยชน์การใช้ที่ดิน และประเภทสิ่งปกคลุมผิวดิน (Land use and Land cover) ปัจจัยทั้งสองนี้มีผลต่อการซึมผ่านของน้ำลงสู่ดินเนื่องจากการดักการกักขังบนผิวดิน การคายระเหย และการซึมลงอันเนื่องมาจากความหลากหลายของรูปแบบการใช้ที่ดินที่ส่งผลต่อลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินตามการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่นั้นๆ เช่น ในพื้นที่ป่าอุดมสมบูรณ์จะสามารถกักน้ำไว้ได้มากทำให้เกิดการไหลหลากตามผิวดินต่ำ เนื่องจากปริมาณฝนที่สูญหายจากการดักการซึมลง และการกักขังน้ำไว้ในบริเวณรากของต้นไม้ เป็นต้น

- ขนาดของพื้นที่รับน้ำ (Watershed area) พื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่จะมีอัตราการไหลสูงสุดในลำน้ำต่อหน่วยพื้นที่น้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่รับน้ำขนาดเล็ก เนื่องจากพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการไหลรวมตัวมากกว่า และมีอัตราการตกของฝนเฉลี่ยต่อพื้นที่น้อยกว่าเนื่องจากการที่มีพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่
- รูปร่างพื้นที่รับน้ำ (Watershed shape) รูปร่างของพื้นที่รับน้ำมีผลต่อเวลาที่น้ำใช้ในการเดินทาง ซึ่งทำมีผลต่อลักษณะชลภาพน้ำท่า (Hydrograph) จากสมการสัดส่วนของความกว้างเฉลี่ยต่อความยาวเฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำหรือที่เรียกว่า รูปทรงลุ่มน้ำ (Form factor: FF)

$$\text{Form factor} = B/L$$

โดยที่ L = ระยะตามแนวแกนของลำน้ำจากจุดที่ไหลออกจากพื้นที่รับน้ำไปยังจุดที่ไกลสุดของพื้นที่รับน้ำ

B = ความกว้างเฉลี่ยซึ่งหาได้จากการหารขนาดพื้นที่รับน้ำโดยความยาวเฉลี่ย

จากสมการข้างต้นพบว่าแม้จะมีพื้นที่รับน้ำเท่ากันแต่หากมีสัดส่วนของความกว้างต่อความยาวเฉลี่ยใกล้เคียงค่า 1 แล้วจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำท่าที่เกิดจากฝนเร็วกว่า และมีอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำมากกว่าพื้นที่รับน้ำที่มีรูปร่างรียาว หรือมีค่ารูปทรงลุ่มน้ำมาก ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่รับน้ำที่มีสัดส่วนรูปร่างค่อนข้างกลมนั้นน้ำจากเดินทางมายังจุดไหลออกสั้นและไหลถึงจุดออกค่อนข้างพร้อมๆ กันมากกว่าพื้นที่รียาว

- ความลาดชัน (Slope) ความลาดชันของลุ่มน้ำจะให้น้ำเกิดการไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำโดยพื้นที่ซึ่งมีความลาดชันมากนั้นจะทำให้น้ำผิวดินไหลเร็วขึ้นและมีปริมาณน้ำท่าผิวดินมากขึ้นด้วย

- ทิศทางการวางตัวของพื้นที่รับน้ำ (Orientation) เมื่อพิจารณาปัจจัยของทิศทางการวางตัวของพื้นที่รับน้ำรวมกับการเกิดฝน และการเคลื่อนที่ของฝนจะมีผลต่อการไหลของน้ำท่า กล่าวคือหากการวางตัวของพื้นที่รับน้ำอยู่ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนตัวของมวลฝนจะทำให้การไหลรวมตัวของน้ำท่าเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

- สภาพการระบายน้ำของลุ่มน้ำ (Drainage condition) พื้นที่รับน้ำที่มีลำน้ำสาขาหนาแน่น และมีลำน้ำหลักที่มีขนาดใหญ่และความยาวของลำน้ำ

มากจะสามารถระบายน้ำได้สะดวก ทำให้อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำมีค่ามาก และเกิดขึ้นได้รวดเร็ว

- สภาพการกักเก็บน้ำ (Storage characteristics) การกักเก็บน้ำผิวดิน มีผลทำให้ปริมาณน้ำท่า และอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำลดลง สภาพการไหลในลำน้ำจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และกินระยะเวลานาน อีกทั้งเป็นการเพิ่มโอกาสการเกิดการสูญหายเนื่องจากการระเหยอีกด้วย ซึ่งพื้นที่ธรรมชาติที่อุกมมนุษย์เข้าไปเปลี่ยนแปลงพื้นที่ และยังคงสภาพประโยชน์การใช้งานเดิมทางอุทกนิเวศที่สำคัญอย่างหนึ่งคือพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าวนั่นเอง

- สภาพการขาดแคลนน้ำในดิน (Soil moisture deficit) หากดินมีปริมาณความชื้นในดินอยู่น้อย น้ำฝนที่ตกลงมาจะซึมลงสู่ดินได้เป็นปริมาณมาก ทำให้ส่วนที่เหลือเป็นน้ำไหลหลากบนผิวดินลงสู่ลำน้ำนั้นมีปริมาณน้อยลง ซึ่งจะให้ผลตรงข้ามกับดินที่มีความชื้นในดินอยู่มาก โดยความชื้นที่เก็บอยู่ในดินนั้นถูกเก็บมากจากปริมาณน้ำฝนที่ตกครั้งก่อน (Antecedent rainfall) ที่สะสมอยู่ในชั้นดินจนทำให้ดินมีความชื้นอยู่

- สภาพการไหลของน้ำใต้ดิน ปริมาณน้ำท่าส่วนหนึ่งได้มากจากการที่น้ำใต้ดินไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำในบริเวณที่ท้องน้ำติดต่อกับชั้นให้น้ำใต้ดิน (Aquifer) น้ำในส่วนนี้จะไหลเข้าสู่ลำน้ำอย่างช้าๆ และกินระยะเวลานาน หรืออาจตลอดเวลา จึงเรียกเป็นการไหลเสริม (Baseflow) ในทางตรงข้ามบางส่วนของลำน้ำอาจจะเกิดการสูญเสียน้ำให้แก่ชั้นน้ำใต้ดินทำให้ปริมาณการไหลในลำน้ำลดลง

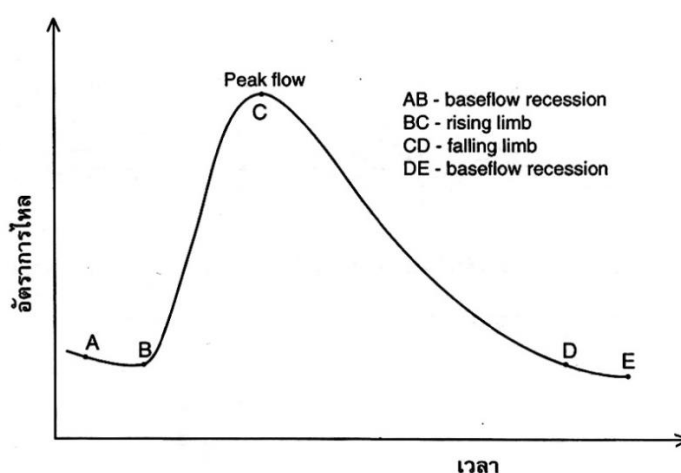
จากการศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าเบื้องต้นทำให้เข้าใจถึงปัจจัยต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่ ซึ่งสำหรับการวิจัยนี้ได้ใช้พื้นที่ลุ่มน้ำเดียวเป็นลุ่มน้ำกรณีศึกษา ดังนั้นจึงไม่ขึ้นกับปัจจัยของลักษณะฝน และสภาพทางกายภาพดั้งเดิมของพื้นที่นั้น เนื่องจากกำหนดให้เป็นปัจจัยที่มีค่าคงที่ตามการวิจัยโดยให้พิจารณาปัจจัยของลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินเป็นสำคัญ

2.1.2.4 ชลภาพน้ำท่า (Hydrograph)

ชลภาพน้ำท่า คือ กราฟหรือตารางที่แสดงอัตราการไหลของน้ำท่าผ่านจุดใดจุดหนึ่งของลำน้ำที่เวลาต่างๆ (ประกอบ วิโรจนกูฏ, 2539) การศึกษาเรื่องชลภาพน้ำท่านั้น เพื่อให้เข้าใจถึงการแสดงผลของชลภาพน้ำท่า สามารถนำไปประยุกต์เพื่อการ

บูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมได้ต่อไป ซึ่งชลภาพน้ำทำนั้นสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ดังนี้

- 1) ชลภาพน้ำท่าตลอดปี (Annual hydrograph) แสดงอัตราการไหลของน้ำท่าทั้งปี ซึ่งถือเป็นผลรวมเฉลี่ยของกระบวนการทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในระยะยาว
- 2) ชลภาพน้ำท่าจากฝน (Storm hydrograph) แสดงอัตราการไหลของน้ำท่าระยะสั้น ทำให้เกิดเป็นการไหลในลำน้ำที่เพิ่มขึ้นสูงสุด (Peak flow) เป็นช่วงๆ ตามขนาดของฝน



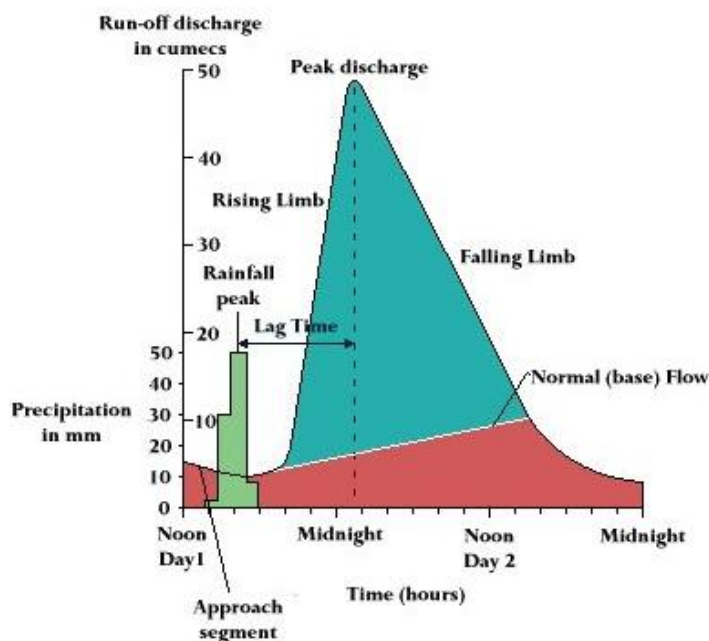
ภาพที่ 17 ส่วนประกอบชลภาพน้ำท่าจากฝน (ประกอบ วิโรจนกัญ, 2539, น. 94)

ส่วนประกอบของชลภาพน้ำท่าจากฝนประกอบด้วย 4 ส่วน (ภาพที่ 17) ได้แก่ (1) ช่วงก่อนฝนตก AB (Baseflow recession) สังเกตว่ากราฟค่อยๆ ลดลงเล็กน้อย (2) ช่วงที่การไหลเพิ่มขึ้น BC (Rising limb) เนื่องจากฝนที่ตกลงในพื้นที่รับน้ำ (3) ส่วนยอดที่อัตราการไหลของน้ำในลำน้ำสูงสุดจุด C (Peak flow) และสุดท้าย (4) ส่วนที่การไหลลดลง CD (Falling limb) เนื่องจากน้ำหลากบนผิวดินที่ไหลรวมตัวลงสู่ลำน้ำมีปริมาณลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดที่น้ำหยุดไหลหลากลงสู่ลำน้ำ หลังจากนั้นไปก็จะเข้าสู่ช่วง DE (Baseflow recession) เหมือนช่วงก่อนฝนตก

กราฟส่วนขึ้น (Rising limb) อยู่ภายใต้อิทธิพลของ ลักษณะฝนที่ตก, ลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ และลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดิน

กราฟส่วนยอด (Peak flow) เป็นจุดที่บ่งชี้ว่านับตั้งแต่เวลานี้เป็นต้นไปจะไม่มี การไหลของน้ำท่าผิวดินลงสู่ลำน้ำ และน้ำที่ไหลในลำน้ำจะมาจากน้ำในชั้นของดิน และน้ำใต้ดินเท่านั้น ลักษณะส่วนยอดของชลภาพน้ำท่าจะแหลมหรือป้านขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นสำคัญ

กราฟส่วนลด (Falling limb) คือส่วนที่ไม่มีอิทธิพลจากน้ำฝน และน้ำท่าผิวดิน แต่จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำ



ภาพที่ 18 การอ่านค่าจากส่วนประกอบชลภาพน้ำท่าจากฝน (MRoden, 2017)

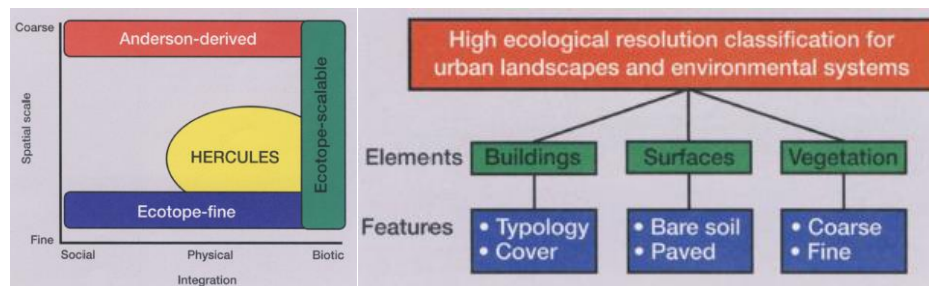
2.2 ทฤษฎีเพื่อการวิเคราะห์วิจัย

2.2.1 การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน (Land cover classification)

การศึกษาเรื่องการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมผิวดิน เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ และจัดจำแนกระบบข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเหมาะสมตามวัตถุประสงค์การวิจัย ทราบว่าสามารถจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินได้อย่างไร และมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง เพื่อใช้ในการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่เมืองได้อย่างเหมาะสม ประกอบด้วย

2.2.1.1 การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมินิเวศเมือง (High ecological resolution classification for urban landscape and environment Systems: HERCULES)






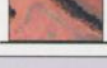
ทฤษฎีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมินิเวศเมือง (Cadenasso, Pickett, & Schwarz, 2007) หลักการจำแนกจะให้ความสำคัญกับองค์ประกอบทางชีวกายภาพ (Biophysical) ซึ่งมีความหลากหลายของพื้นที่เมือง (Urban land heterogeneity) ที่ปกคลุมอยู่บนผิวดินนั้นมากกว่าการใช้งานพื้นที่ โดยจำแนกออกได้เป็น 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ อาคาร, วัสดุผิวดิน และพืชพรรณ (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 ลำดับชั้นของโครงสร้างการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน
เชิงชีวกายภาพสำหรับภูมิภาคเมือง (Cadenasso et al., 2007, p. 83-84)

นอกเหนือจาก 3 องค์ประกอบหลักข้างต้นที่กล่าวนั้นจะจัดเป็นสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพื้นน้ำ ซึ่งจาก 3 องค์ประกอบหลักข้างต้นจะถูกจัดจำแนกย่อยอีก โดยจำแนกออกเป็น 6 ประเภทย่อย ดังนี้

- 1) พืชพรรณที่มีความหยาบ ได้แก่ ต้นไม้ และพุ่มไม้ (Coarse-textured vegetation—trees and shrubs: CV)
- 2) พืชพรรณที่มีความละเอียด ได้แก่ ไม้คลุมดินและหญ้า (Fine-textured vegetation—herbs and grasses: FV)
- 3) พื้นดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมผิวดิน (Bare soil)
- 4) พื้นดินที่มีสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทไม่ซึมน้ำ (Pavement)
- 5) อาคาร (Building)
- 6) กลุ่มอาคาร (Building typology)
 - Single: S - single structures in rows or clusters
 - Connected: C - connected structures that share a wall or are associated with multiple walkways while sharing the same roofline
 - Mixed: M - buildings with multiple wings, connection by courtyards or arcades, or a group of buildings with different structural footprints
 - Highrises: H - buildings that are between 4 and 10 stories
 - Towers: T - buildings greater than 10 stories

	Coarse vegetation	Fine vegetation	Bare soil	Pavement	Building proportion	Building type
	4	1	0	1	2	S
	4	0	0	0	0	N
	1	2	0	3	2	C
	1	1	4	1	0	N
	1	1	0	3	2	M
	2	4	0	0	0	N

The proportional cover of coarse and fine vegetation, bare soil, pavement, and buildings is scored into 5 categories (0 = none; 1 = present-10%; 2 = 11-35%; 3 = 36-75%; and 4 = > 75%). Building types are identified as N = none, S = single, C = connected, or M = mixed.

ภาพที่ 20 ตัวอย่างการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมิภาคเมือง
(Cadenasso et al., 2007, p. 85)

การจำแนกสัดส่วนสิ่งปกคลุมผิวดินแบ่งออกเป็น 4 ช่วง (ภาพที่ 20) ดังนี้ (0) ไม่ปรากฏ, (1) เริ่มปรากฏจนถึงปกคลุมร้อยละ 10 ของผืนภูมินิเวศ (Patch), (2) ปกคลุมร้อยละ 11-35 ของผืนภูมินิเวศ, (3) ปกคลุมร้อยละ 36-75 ของผืนภูมินิเวศ, (4) ปกคลุมมากกว่าร้อยละ 75 ของผืนภูมินิเวศ โดยมีคุณลักษณะสำคัญของการจำแนก ดังนี้

- 1) รวมองค์ประกอบของมนุษย์ และธรรมชาติบนภูมินิเวศ
- 2) คุณสมบัติ (Features) สามารถมีความแตกต่างหลากหลายได้อย่างอิสระ
- 3) นับรวมองค์ประกอบที่ผสมผสานกันทั้งหมดในภูมินิเวศ
- 4) มีความละเอียดในการจัดจำแนกประเภท
- 5) แยกความแตกต่างระหว่างโครงสร้าง (Structure) และประโยชน์การใช้งาน

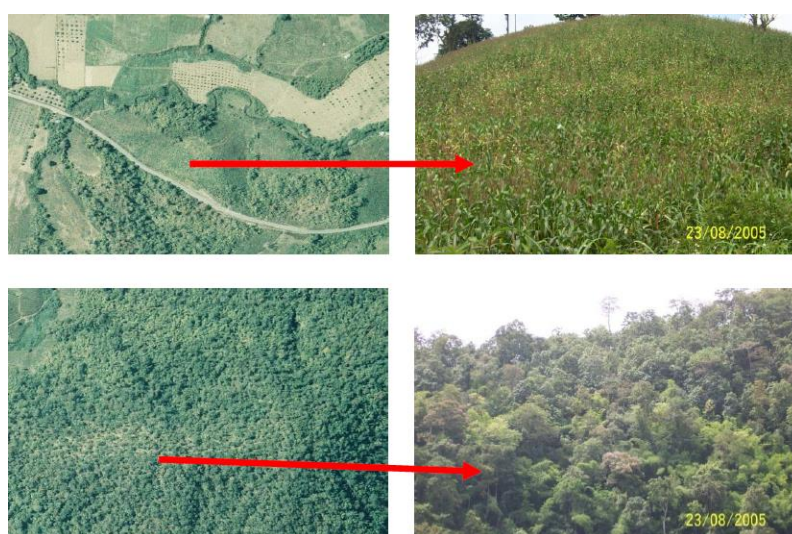
จากวิธีการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมิภาคเมืองข้างต้นทำให้สามารถเข้าใจรูปแบบการจัดจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณศึกษาเบื้องต้นได้

2.2.1.2 การวิเคราะห์และแปลความสิ่งปกคลุมผิวดินจากภาพถ่ายทางอากาศ

จากทฤษฎีเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศข้างต้นที่กล่าวว่า การทำความเข้าใจระบบภูมินิเวศนั้นจะต้องมีความเข้าใจใน 3 องค์ประกอบหลักของระบบภูมินิเวศ อันได้แก่ โครงสร้าง, บทบาทหน้าที่ และการเปลี่ยนแปลง (Forman & Godron, 1986; ดนัย ทายตะคุ, 2548) นำมาสู่กรอบในกระบวนการศึกษา ซึ่งการวิเคราะห์โครงสร้างภูมิ

นิเวศนั้นมีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากในการวางแผนทางการบูรณาการวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรมได้อย่างเหมาะสมกับพื้นที่ในขั้นต่อไป

การวิเคราะห์โครงสร้างภูมินิเวศ ที่ระดับการประเมิน (Scale) ใดๆ ความไม่แน่นอนเดียวกันของภูมินิเวศสามารถวิเคราะห์ออกมาเป็นพื้นที่ภูมินิเวศที่มีความแตกต่างกันได้ โดยพื้นที่ที่พิจารณาว่าเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อเทียบกับพื้นที่ข้างเคียงกัน หรือพื้นที่ประเภทหนึ่งๆ เมื่อพิจารณาที่ความละเอียดเพิ่มมากขึ้นอาจไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Mays, 2005; สืบ สิริ ศรีธัญรัตน์, 2552)



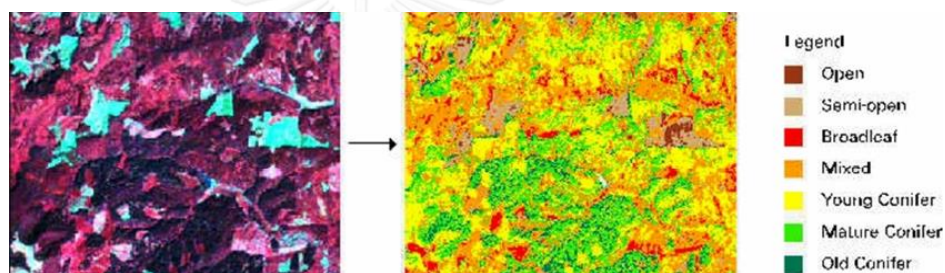
ภาพที่ 21 ภาพตัวอย่างการแปลตีความจากภาพถ่ายทางอากาศ (กิตติศักดิ์ ทิพย์สีแสง, 2559)

การแปลความภาพถ่ายทางอากาศ คือการพิจารณาตรวจสอบจุดภาพบนภาพถ่ายเพื่อชี้จำแนกวัตถุ และพิจารณานัยสำคัญ ซึ่งส่วนใหญ่จะจำแนกว่ามีร่องรอยการทำประโยชน์หรือไม่มีร่องรอยการทำประโยชน์ (กิตติศักดิ์ ทิพย์สีแสง, 2559; สุจิตร์ จันทร์สว่าง, 2559) โดยมีลักษณะพื้นฐานของจุดภาพที่ใช้ในการพิจารณา 5 ประการคือ รูปร่าง (Shape), ขนาด (Size), เงา (Shadow), วรรณสี (Tone) และตำแหน่งที่ตั้ง (Site)

สำหรับการวิจัยนี้ได้นำลักษณะพื้นฐานของจุดภาพเรื่องวรรณสีมาใช้ในการวิเคราะห์ และจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) โดยใช้ซอฟต์แวร์ ENVI ในการจำแนกข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับการแปลความภาพถ่ายทางอากาศด้วยสายตาดูตามกรอบลักษณะพื้นฐานของจุดภาพ 5 ประการเพื่อให้ผลการแปลความสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณพื้นที่กรณีศึกษามีความเที่ยงตรงมากที่สุด

2.2.1.3 การวิเคราะห์และจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote sensing)

การจำแนกประเภทข้อมูลการสำรวจระยะไกล (Remote sensing image classification) ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลซึ่งบันทึกข้อมูลคลื่นแสงที่สะท้อนจากวัตถุต่างๆ บนพื้นโลกที่มีความยาวช่วงคลื่น แตกต่างกันในลักษณะจุดภาพ (Pixel) โดยค่าของแต่ละจุดภาพจะบันทึกระดับความสว่าง (Brightness value) ต่างกัน เมื่อมีความยาวช่วงคลื่นต่างกันซึ่งหมายความว่า เป็นวัตถุคนละชนิดกัน ระบบสำรวจระยะไกลจะนำข้อมูลมาประมวลผลเชิงสถิติเพื่อหาตัวแทนของกลุ่มข้อมูลแต่ละประเภทจนสามารถแยกแยะชนิดข้อมูลต่างๆ ออกจากกันได้ หรือรวมข้อมูลชนิดเดียวกันเข้าด้วยกัน โดยที่กระบวนการจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจะจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินเป็นหลัก ซึ่งแตกต่างจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน (วีระภาส คุณรัตน์ศิริ, 2559)



ภาพที่ 22 ตัวอย่างการจำแนกประเภทข้อมูล (วีระภาส คุณรัตน์ศิริ, 2559)

ซอฟต์แวร์ ENVI เป็นซอฟต์แวร์ประยุกต์ด้านการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกล มีความสามารถในการนำเข้าข้อมูล แสดงผล ปรับแก้ และจำแนก โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีการสำรวจระยะไกลสำหรับภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งการจำแนกประเภทข้อมูล (Image classification) จากภาพถ่ายดาวเทียมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีการ (วีระภาส คุณรัตน์ศิริ, 2559) ดังนี้

1) การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม (Unsupervised classification) เป็นการจำแนกข้อมูลโดยไม่ใช้ข้อมูลภาคสนามเข้ามาช่วยในการจำแนก เรียกว่า Clustering สามารถกำหนดจำนวนกลุ่มประเภทข้อมูล ซึ่งการจำแนกข้อมูลวิธีนี้มักใช้กับพื้นที่ที่ไม่คุ้นเคย

2) การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (Supervised classification) เป็นการจำแนกข้อมูลโดยอาศัยพื้นที่ตัวแทน (Training area) จากข้อมูลภาคสนามแทนของลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด

2.2.2 การวิเคราะห์ผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน โดยแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง (Technical Release 55 for Windows: WinTR-55)

การประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จึงต้องศึกษารูปแบบแนวคิดการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินของระบบการจำแนกข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินของแบบจำลอง เพื่อนำไปใช้ในการจัดจำแนกข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง

แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง เป็นซอฟต์แวร์สาธารณะ (Public domain software) พัฒนาขึ้นโดยงานบริการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (Natural Resources Conservation Service: NRCS) ภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (United States Department of Agriculture: USDA) ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยา สามารถคำนวณปริมาณน้ำท่าไหลบ่า (Storm runoff volume), อัตราการไหลสูงสุด (Peak rate of discharge), ชลภาพน้ำท่า (Hydrographs) และปริมาณการจืดเก็บ (Storage volumes) ที่จำเป็นสำหรับการเก็บน้ำส่วนเกิน (Floodwater reservoirs) โดยซอฟต์แวร์นี้ทำงานภายใต้ข้อจำกัดของพื้นที่ลุ่มน้ำศึกษา และความสามารถในการประมวลผล (Natural Resource Conservation Service, 2009) ดังนี้

- 1) ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำต่ำสุดที่รองรับเท่ากับ 0.01 เอเคอร์ หรือประมาณ 40.5 ตารางเมตร ดังนั้นควรมีการตรวจสอบผลการวิเคราะห์จากลุ่มน้ำย่อยซึ่งมีพื้นที่น้อยกว่า 1 เอเคอร์ หรือประมาณ 4,046.86 ตารางเมตร อย่างรอบคอบ
- 2) ขนาดพื้นที่สูงสุดที่รองรับเท่ากับ 25 ตารางไมล์ หรือประมาณ 64.75 ตารางกิโลเมตร
- 3) จำนวนลุ่มน้ำย่อยตั้งแต่ 1-10 ลุ่มน้ำย่อย
- 4) เวลาที่น้ำไหลจากจุดที่ไกลที่สุดของพื้นที่รับน้ำมาถึงจุดที่กำหนดอยู่ระหว่างเวลา 0.1-10 ชั่วโมง
- 5) จำนวนลำน้ำหลักตั้งแต่ 0-10 ลำน้ำ
- 6) รูปแบบลำน้ำสามารถรองรับทั้งลำน้ำแบบเปิด และแบบโครงสร้างปิด
- 7) ปริมาณน้ำฝน 0-1,270 มิลลิเมตร
- 8) ค่ามาตรฐานการแจกแจงปริมาณฝน (Rainfall distributions) เป็นข้อมูลซึ่งเก็บตัวอย่างอ้างอิงจากพื้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แก่ (1) แบบ NRCS Type I, IA, II, III (2) แบบ NM60, NM65, NM70, NM75 และ (3) ผู้ใช้กำหนดเอง
- 9) ระยะเวลาฝนตก (Rainfall duration) 24 ชั่วโมง
- 10) Antecedent runoff condition 2 โดยเฉลี่ย

การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินของแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองใช้การจำแนกตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยจัดหมวดหมู่ออกเป็น 5 หมวด ดังนี้

- 1) พื้นที่พัฒนาเป็นเมืองอย่างสมบูรณ์ (Urban area – Vegetation established)
 - พื้นที่โล่ง (Open space) ได้แก่ สนามหญ้า และสวนสาธารณะ เป็นต้น
 - พื้นที่ไม่ซึมน้ำ (Impervious areas)
 - ย่านเมือง (Urban districts) ย่านอุตสาหกรรม และพาณิชยกรรม
 - ย่านที่พักอาศัย (Residential districts) – จำแนกโดยขนาดพื้นที่โดยเฉลี่ย
 - พื้นที่เมืองทะเลทรายด้านตะวันตก (Western desert urban areas)
- 2) พื้นที่กำลังพัฒนาเป็นเมือง (Developing urban – No Vegetation)
- 3) พื้นที่เกษตรกรรมเก็บเกี่ยว (Cultivated agriculture) ได้แก่ พื้นที่นาข้าว, พืชไร่ และพืชหมุนเวียน เป็นต้น
- 4) พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ (Other agriculture) ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้, ป่าไม้สลับทุ่งหญ้า และทุ่งหญ้า เป็นต้น
- 5) พื้นที่แห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง (Arid rangeland and semiarid rangeland)

โดยการศึกษาจะใช้การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินตามแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองเพื่อการวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน โดยการอ่านชลภาพน้ำท่า และนำมาจำแนกเชื่อมโยงความสัมพันธ์ตามทฤษฎีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมินิเวศเมืองอีกครั้ง เพื่อสรุปผลเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในขั้นสุดท้าย ซึ่งจะมององค์ประกอบทางชีวกายภาพเป็นสำคัญ

The left screenshot shows the WinTR-55 Main Window. The 'Project Identification Data' section includes: User: Yuaporn, Region: phuket, Project: KaitWatershed, Locale: Thailand, Subtitle: Nature Condition, Execution Date: 7/1/2560. The 'Sub-area Entry and Summary' table is as follows:

Sub-area Name	Sub-area Description	Sub-area Flows To Reach/Outlet	Area (km ²)	Weighted C ₁	T ₁ (hr)
I		A	0.18	30	
II		C	0.92	32	
III		B	0.32	30	
IV		C	0.61	32	
V		E	1.97	53	
VI		D	0.40	30	
VII		E	0.35	69	
VIII		Outlet	0.42	80	

The right screenshot shows the 'Reach Data' window with the following table:

Reach Name	Receiving Reach	Reach Length (m)	Manning n	Friction Slope (m/m)	Bottom Width (m)	Average Side Slopes	Structure Name
A	C	1174					
B	C	897					
C	E	1707					
D	E	650					
E	Outlet	814					

ภาพที่ 23 ตัวอย่างหน้าต่างซอฟต์แวร์ แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง

จากการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินตามแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง เมื่อนำมาพิจารณากับพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษาในอดีต และปัจจุบัน พบว่ามีความสอดคล้องกับ ลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา ดังนี้

- 1) ลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะ ปี พ.ศ.2530 แบ่งออกได้เป็น 5 ลักษณะ
 - พื้นที่ปกคลุมด้วยผืนป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ (Woods)
 - พื้นที่ปกคลุมด้วยผืนป่าสลับทุ่งหญ้า (Woods and grass combination)
 - พื้นที่สวนมะพร้าว, สวนยางพารา และสวนผลไม้ (Cultivated agriculture)
 - พื้นที่เกษตรกรรมนาข้าว (Rice field)
 - พื้นที่พัฒนาแล้ว หรือพื้นที่เมือง (Developed area)
- 2) ลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะ ปี พ.ศ.2559 แบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะ
 - พื้นที่ปกคลุมด้วยผืนป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ (Woods)
 - พื้นที่ปกคลุมด้วยผืนป่าสลับทุ่งหญ้า (Woods and grass combination)
 - พื้นที่สวนมะพร้าว, สวนยางพารา และสวนผลไม้ (Cultivated agriculture)
 - พื้นที่พัฒนาแล้ว หรือพื้นที่เมือง (Developed area)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่เบื้องต้นดังกล่าวพบว่า ปี พ.ศ.2559 พื้นที่เกษตรกรรมนาข้าวหายไปทั้งหมดเมื่อเทียบกับ ปี พ.ศ.2530 ซึ่งพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าวนี้เป็นพื้นที่ลุ่มรับน้ำหลักของลุ่มน้ำกะตะในอดีต

การวิจัยนี้ได้นำระบบการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินตามแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง และทฤษฎีการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมิภาคเมืองมาประยุกต์เข้ากับการวิเคราะห์พื้นที่จากการอ่านแผนที่ทางทหาร การวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศ และภาพถ่ายดาวเทียม ร่วมกับการลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม แล้วนำมาจำแนกตามลักษณะทางชีวกายภาพของสิ่งปกคลุมผิวดิน เพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะของสิ่งปกคลุมผิวดิน และขนาดพื้นที่ของลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินนั้นๆ ซึ่งจะได้นำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำต่อไป

2.3 ทฤษฎีเพื่อการประยุกต์ใช้

2.3.1 ระเบียบวิธีวิจัยเพื่อการประยุกต์ใช้ทางกระบวนการวิจัย

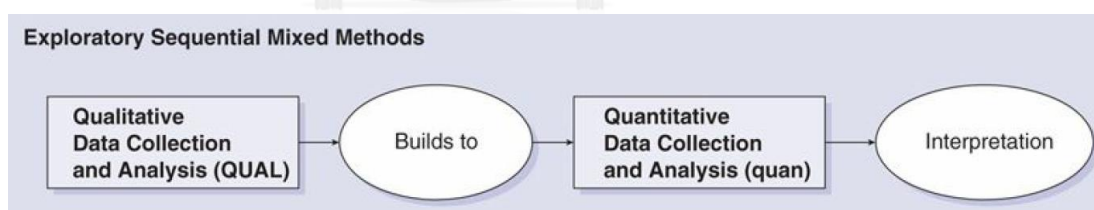
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods approaches) ซึ่งเป็นการวิจัยที่ผสมผสานการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) ที่มุ่งเน้นการสร้างรูปแบบแนวคิด ทฤษฎีจากปรากฏการณ์จริง หรือการอนุมานแบบอุปนัย (Induction) โดยมีผู้วิจัยเป็นเครื่องมือ

การวิเคราะห์ที่สำคัญ และการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) ที่มุ่งเน้นการทดสอบหรือยืนยันแนวคิดทฤษฎีเพื่ออธิบาย หรือพยากรณ์ข้อมูล หรือการอนุมานแบบนิรนัย (Deduction) โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเป็นสำคัญเข้าด้วยกัน (Creswell, 2014; อโณทัย งามวิชัยกิจ, 2558)

รูปแบบการวิจัยแบบผสมผสาน สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 รูปแบบ ตามระยะเวลาการดำเนินการวิจัย และความสำคัญของการวิจัย (Creswell, 2014; ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ, 2558; อโณทัย งามวิชัยกิจ, 2558) ดังนี้

- 1) การวิจัยแบบพร้อมกัน (Convergent parallel design)
- 2) การวิจัยแบบขั้นตอนเชิงอธิบาย (Explanatory sequential design)
- 3) การวิจัยแบบขั้นตอนเชิงสำรวจ (Exploratory sequential design)
- 4) การวิจัยแบบรองรับภายใน (Embedded design)
- 5) การวิจัยแบบปฏิรูป (Transformative design)
- 6) การวิจัยแบบหลายช่วง (Multi-phase design)

สำหรับการวิจัยนี้ได้ใช้รูปแบบการวิจัยผสมผสานแบบขั้นตอนเชิงสำรวจ ซึ่งเป็นการวิจัยที่แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยช่วงแรกเป็นการวิจัยหลักเพื่อสำรวจข้อมูลโดยใช้การวิจัยเชิงคุณภาพ และนำผลมาดำเนินการต่อด้วยการวิจัยเชิงปริมาณเพื่อยืนยัน และสามารถนำผลไปใช้ต่อในวงกว้างได้ (อโณทัย งามวิชัยกิจ, 2558)



ภาพที่ 24 รูปแบบการวิจัยแบบขั้นตอนเชิงสำรวจ (Creswell, 2014, p. 207)

ในขั้นตอนการศึกษาวิจัยเพื่อการสำรวจ และวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยนั้น ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวิจัยหลายรูปแบบในแต่ละขั้นตอนของการวิจัย เพื่อให้ได้ผลตรงตามวัตถุประสงค์ และความเหมาะสมกับข้อมูลนั้นๆ โดยมีรายละเอียดแบ่งเป็น 2 ส่วนตามขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

- 1) ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล
 - การรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร (Documentary data) – ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data)
 - การรวบรวมข้อมูลจากภาคสนาม (Field data) – ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data)

- การสังเกตการณ์ (Observation)

การสังเกตการณ์ คือ การเก็บข้อมูลจากพื้นที่ด้วยการสังเกตเหตุการณ์ สังเกตสถานที่ หรือสังเกตบุคคลในสถานที่ที่กำหนด (นิลุล คล่องเวสสะ, 2544)

- การสัมภาษณ์ (Interview)

การสัมภาษณ์ คือ การเก็บข้อมูลโดยการส่งคนออกไปสอบถามจาก ตัวอย่างโดยตรง สามารถซักถามกันได้ทั้งผู้ถาม และผู้ถูกถาม (นิลุล คล่องเวสสะ, 2544) โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structure interview) โดยอาศัยรูปแบบการสัมภาษณ์แบบประวัติศาสตร์จาก คำบอกเล่า (Oral history) ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ หรือไม่มีโครงสร้าง (Informal or unstructured interview) มีเพียงคำถามวิจัยเป็นแนวทางในการสัมภาษณ์ (งามพิศ สัตย์สงวน, 2558; สุขชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2555)

2) ขั้นตอนการประมวลและวิเคราะห์ข้อมูล

▪ การศึกษาเปรียบเทียบ (Comparative study)

เป็นการวิจัยเชิงปริมาณประเภทหนึ่ง ทำการศึกษาโดยกำหนดตัวแบบแล้ว ศึกษาเรื่องที่ทำวิจัยเปรียบเทียบกับตัวแบบนั้นๆ ซึ่งมุ่งหาลักษณะที่เหมือนกัน (Similarities) ลักษณะต่างกัน (Differences) และลักษณะที่ปรากฏอยู่เหมือนกัน หรือคล้ายๆ กันเป็นลักษณะสากล (Universality) เพื่ออธิบายความแตกต่างระหว่างกลุ่มเหล่านั้นในตัวแปรใดตัวหนึ่ง หรือหลายตัวแปรที่สนใจ (ลัดดาวัลย์ เกษมเนตร และ ทศนา ทองภักดี, 2549)

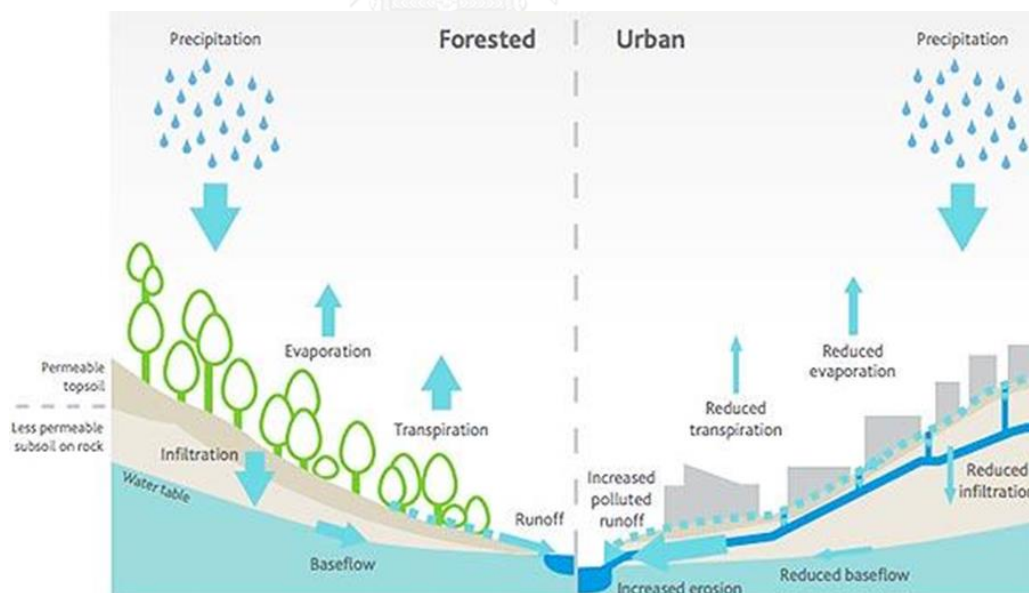
2.3.2 แนวคิดการวางแผนภูมิสถาปัตยกรรมเชิงอุทกวิทยากลุ่มน้ำตามแนวคิดการออกแบบเมือง โดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ (Water sensitive urban design: WSUD)

Prince George's County (2011, อ้างถึงใน ศนิ ลิ้มทองสกุล, 2554) บทความวิจัยการประยุกต์ใช้แนวทางการบริหารจัดการน้ำผิวดินด้วยแนวคิดการพัฒนาผลกระทบต่ำ (Low impact development: LID) ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน กล่าวไว้ว่า ระบบการบริหารจัดการน้ำผิวดินเขตเมืองใหญ่ในปัจจุบัน ส่วนมากยังเป็นแบบอนุรักษ์นิยม (Conventional stormwater management) และมีแนวคิดพื้นฐานว่า น้ำผิวดินเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ต้องจัดการระบายออกจากพื้นที่อย่างรวดเร็วที่สุด ดังนั้นองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ถนน,

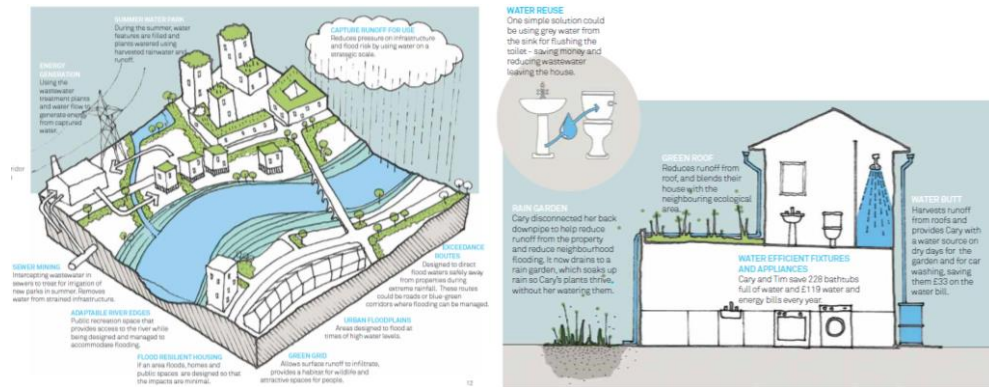
หลังคา, วางระบายน้ำขอบทาง, ท่อน้ำ รวมไปถึงลานจอดรถ จึงได้รับการออกแบบให้สามารถลำเลียงน้ำผิวดินออกจากพื้นที่ได้อย่างรวดเร็วที่สุด

จากเนื้อความข้างต้นทำให้เข้าใจได้ว่าในปัจจุบันอาจมีความไม่เข้าใจในแนวคิดการจัดการน้ำที่เหมาะสมสำหรับเมืองในหน่วยงานต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องในหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงของภาครัฐ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไปสู่เมืองที่มีสิ่งปลูกสร้างจำนวนมาก ถึงแม้ในช่วงแรกจะมีการเปิดพื้นที่แต่ในที่สุดพื้นผิวจะถูกปิดด้วยคอนกรีต ทำให้ไม่มีตะกอนไหลลงสู่ลำน้ำ การไหลบ่าสูงขึ้น เมื่อมีน้ำไหลลงลำน้ำมากแต่ปริมาณตะกอนน้อยการกัดกร่อนลำน้ำก็จะรุนแรงมากขึ้นจนทำให้ลำน้ำลึก และกว้างมากขึ้นส่งผลให้ลำน้ำเสื่อมโทรม ดังนั้นเมืองจึงควรมีการเตรียมการโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการจัดการน้ำสำหรับเมืองไว้

แนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ หรือการออกแบบพื้นที่เมืองโดยผนวกเรื่องของการกักเก็บ และการนำน้ำฝนหรือน้ำผิวดินมาใช้กันอย่างคุ้มค่า หรือนำกลับมาใช้ใหม่ก่อนปล่อยทิ้งไปตามระบบระบายน้ำสาธารณะ หรือระบบระบายน้ำตามธรรมชาติต่อไป เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยนำวัฏจักรของน้ำตามธรรมชาติมาใช้เป็นพื้นฐานองค์ความรู้สำคัญในการปรับประยุกต์การออกแบบให้ใกล้เคียงกับธรรมชาติเดิมของพื้นที่มากที่สุด (Melbourne Water, 2016; สมพร ภัทราคูลย์, 2553)



ภาพที่ 25 ผลกระทบทางอุทกวิทยาจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน (Melbourne Water, 2016)



ภาพที่ 26 การประยุกต์แนวทางเลือกการออกแบบตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำในระดับหน่วยครัวเรือนและระดับเมือง (The Construction Industry Research and Information Association, 2013)



ภาพที่ 27 แนวทางเลือกการออกแบบตามแนวคิดการออกแบบเมือง โดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ (Melbourne Water, 2016)

แนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำครอบคลุมถึงเรื่องการหาพื้นที่กักเก็บน้ำ หรือออกแบบระบบวิศวกรรมโยธาให้สามารถกักเก็บน้ำฝนไว้ได้ หรือนำน้ำฝนมาใช้งานโดยให้ไหลผ่านพื้นที่พืชพรรณก่อนปล่อยให้ไปตามระบบระบายน้ำโดยไม่เกิดประโยชน์ ตัวอย่างของโอกาสในการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำในรูปแบบต่างๆ เช่น การออกแบบพื้นที่ปลูกต้นไม้โดยไม่ใช้มีร่อง (Passive irrigation), การกักเก็บน้ำฝนที่ไหลเข้าสู่ระบบกักเก็บน้ำเพื่อเก็บไว้ใช้ในยามขาดแคลนน้ำ รวมถึงการสร้างระบบรองน้ำฝนตามสวนสาธารณะหรือพื้นที่ธรรมชาติใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติก่อนไหลลงสู่แม่น้ำ (Bioretention) หรือระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) เพื่อใช้พรรณไม้ต่างๆ กรองสารปนเปื้อนหรือกักเก็บขยะก่อนน้ำฝนเหล่านั้นจะระบายลงสู่ระบบลำน้ำตามธรรมชาติ (สมพร ภัทรธาตุย์, 2553)

โดยหลักการแล้วการพัฒนาที่ดินในรูปแบบใดๆ ก็ตามควรจะต้องควบคุมการเกิดน้ำไหลบ่าให้เท่าเดิมทั้งก่อน และหลังการพัฒนา หรือที่เรียกว่า Zero runoff สามารถทำได้ 3 แนวทาง คือ การเก็บน้ำฝนส่วนเกินไว้ในพื้นที่ หรือพื้นที่ข้างเคียง แล้วค่อยระบายทิ้งในเวลาต่อมา, การเก็บน้ำฝนไว้ในดินบริเวณที่น้ำฝนแทรกซึมลงไปเหมือนก่อนเกิดการพัฒนา และกระบวนการออกแบบเพื่อการพัฒนาที่ดินไม่ให้น้ำไหลบ่าเกิดขึ้น และจากแนวคิดการวางแผนภูมิสถาปัตยกรรมเชิงอุทกวิทยาลุ่มน้ำตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ

สามารถนำมาประยุกต์เพื่อการบรรเทาผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่กรณีศึกษาร่วมกัน ได้โดยให้ความสำคัญเรื่องการเพิ่มความสามารถการกักเก็บน้ำฝนให้แก่เมืองในระดับต่างๆ ดังนี้

2.2.3.1 การเพิ่มทางน้ำ (Water way)

- 1) มีคูคลองทางน้ำเพิ่มขึ้น โดยดูจากแนวทางน้ำเดิมตามระบบโครงข่ายลำน้ำเดิมในอดีต และตามแนวถนนในปัจจุบันในแนวเส้นทางที่สามารถทำได้
- 2) การขยายทางน้ำปัจจุบันขยายพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) เพื่อลดระยะเวลาน้ำท่วม

2.2.3.2 การเพิ่มพื้นที่กักเก็บชะลอน้ำ

- 1) เพิ่มพื้นที่สำหรับน้ำบริเวณพื้นที่เมือง เพิ่มพื้นที่สีเขียว
- 2) กำหนดนโยบายบริเวณพื้นที่เมืองหนาแน่นให้เพิ่มพื้นที่ซึมน้ำในอาคาร ได้แก่ ผนัง หลังคา และบริเวณโดยรอบอาคาร ลดสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทไม่ซึมน้ำ

2.2.3.3 การลดความเสี่ยงของที่ตั้ง

กำหนดบริเวณพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมหน้าน้ำหลากไม่ควรตั้งที่อยู่อาศัย และเว้นระยะถอยร่นจากลำน้ำเพื่อเป็นแนวกันธรรมชาติ (Buffer) ตามแนวลำน้ำหลัก

2.4 การทบทวนงานวิจัย

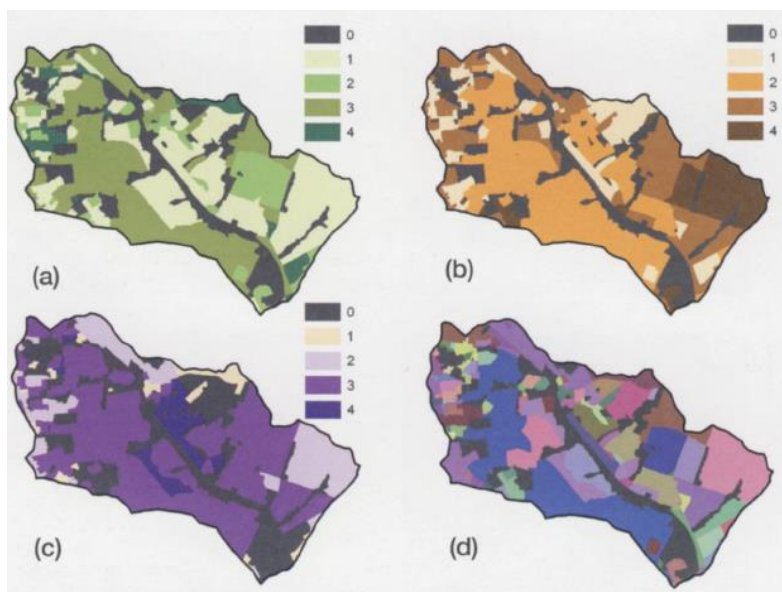
การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนนี้ เพื่อศึกษากระบวนการวิจัยในงานวิจัยที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันซึ่งอาจเป็นส่วนบางส่วนของงานวิจัย หรือกระบวนการของการศึกษาก็ได้ และทำความเข้าใจถึงประเด็นของการศึกษาวิจัยนั้นแล้วนำข้อสรุปที่ได้มาใช้เพื่อสร้างเป็นพื้นฐานความรู้ความเข้าใจที่ใช้ในกระบวนการศึกษาวิจัย ดังนี้

2.4.1 งานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน

2.4.2.1 Spatial Heterogeneity in Urban Ecosystems: Reconceptualizing Land Cover and a Framework for Classification (Cadenasso et al., 2007)

ทำการศึกษาเพื่อพัฒนา และสร้างความเข้าใจทางนิเวศวิทยาของการผสมผสานระหว่างมนุษย์ และระบบทางธรรมชาติ โดยการสร้างเครื่องมือเพื่อการจำแนกวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวกายภาพซึ่งมีความหลากหลายของพื้นที่เมือง (Urban land heterogeneity) ด้วยการปรับปรุงแนวคิดการจำแนกประโยชน์การใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมผิวดินใหม่ ผลการวิจัยทำให้ได้เครื่องมือการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินแนวคิดใหม่คือ High Ecological Resolution Classification for Urban Landscape and Environment Systems หรือ HERCULES ซึ่งระบบการจำแนกนี้จะให้ความสำคัญกับองค์ประกอบทาง

ชีวกายภาพทำให้ยังคงประสิทธิภาพของแนวคิดการจำแนก และมีความยืดหยุ่นมากกว่าแบบเดิม อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวทางการวิจัยเพื่อศึกษาถึงผลกระทบทางนิเวศอื่นๆ อันเกิดจากลักษณะทางชีวกายภาพมากกว่าประโยชน์การใช้ที่ดิน



ภาพที่ 28 ตัวอย่างการจำแนกสิ่งปกคลุมพื้นดินโดยวิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมิภาคเมือง (Cadenasso et al., 2007, p. 86)

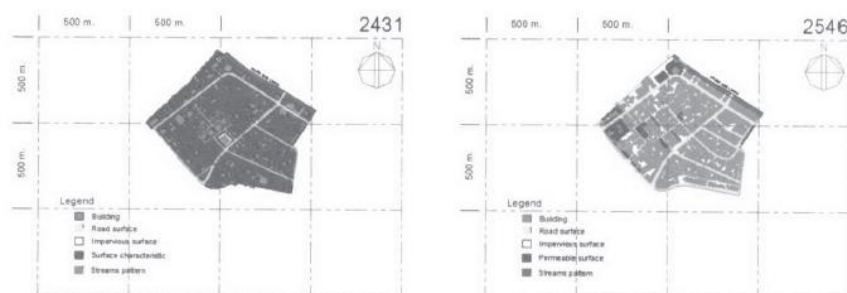
จากการศึกษางานวิจัยเรื่อง Spatial Heterogeneity in Urban Ecosystems: Reconceptualizing Land Cover and a Framework for Classification ผู้วิจัยได้นำวิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินมาใช้ในการวิจัยนี้ โดยจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ อาคาร, วัสดุผิวดิน และพืชพรรณ เพื่อนำผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินไปใช้ประมาณการผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในขั้นต่อไป

2.4.2 งานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบทางอุทกวิทยาจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน

2.4.2.1 การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมพื้นดินในพื้นที่เมืองที่มีผลต่อลักษณะอุทกวิทยาเมือง: กรณีศึกษาย่านบางลำพู (ปราโมทย์ เกตุทอง, 2546)

งานวิจัยนี้ทำการวิจัยโดยการศึกษเปรียบเทียบแผนที่ในอดีต ปี พ.ศ.2431 และ ปี พ.ศ.2546 โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินมีผลทำให้มีปริมาณน้ำท่าผิวดิน และอัตราการไหลของน้ำบนผิวดินเพิ่มขึ้น พื้นที่เก็บกักน้ำลดลง ซึ่งการบรรเทาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน

โดยวิธีทางภูมิสถาปัตยกรรมสามารถทำได้โดยการห้วงน้ำในรูปแบบต่างๆ ผ่านการออกแบบให้เป็นส่วนหนึ่งของงานออกแบบเพื่อรองรับการใช้งานประเภทต่างๆ และยังสามารถทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำ และห้วงน้ำได้ เพื่อลดอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในพื้นที่เมือง



ภาพที่ 29 ตัวอย่างการจำแนกสิ่งปกคลุมพื้นดินในพื้นที่เมืองกรณศึกษา
ย่านบางลำพู (ปราโมทย์ เกตุทอง, 2546, น. 66)

จากการศึกษางานวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมพื้นดินในพื้นที่เมืองที่มีผลต่อลักษณะอุทกวิทยาเมือง: กรณศึกษาย่านบางลำพู สามารถสรุปปัจจัยซึ่งมีผลต่อลักษณะอุทกวิทยาเมืองในเบื้องต้นได้ 2 องค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

1) สิ่งปกคลุมผิวดิน

สิ่งปกคลุมผิวดินที่มีคุณสมบัติการซึมน้ำใกล้เคียงธรรมชาติ
เดิมมากที่สุดจะทำให้อัตราการไหลของน้ำผิวดินเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

2) โครงข่ายลำน้ำ

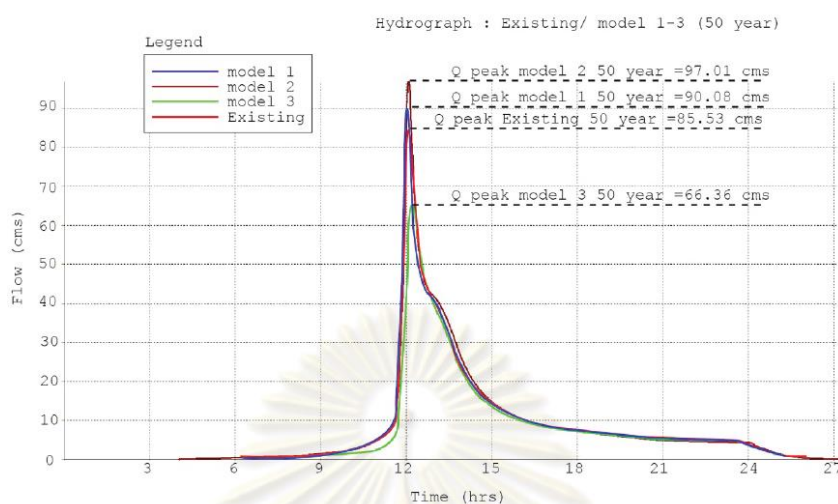
การลดลงของโครงข่ายลำน้ำตามธรรมชาติเดิมทำให้ปริมาตร
การเก็บน้ำเดิมหายไป จากการแทนที่ด้วยระบบโครงข่ายท่อระบาย
น้ำตามเส้นทางถนนซึ่งไม่สอดคล้องกับการไหลตามธรรมชาติ

2.4.2.2 การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมผิวดิน ที่ส่งผลต่อระบบอุทกนิเวศ กรณศึกษา บ้านแม่แอน ต.ห้วยทราย อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ (กังวาน พิพิธพงศ์สันต์, 2553)

งานวิจัยนี้ทำการศึกษา และวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยาจากการเปลี่ยนแปลงประโยชน์การใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมผิวดินด้วยการจำลองการเปลี่ยนแปลง 3 แบบจากข้อมูลปัจจุบัน โดยใช้เครื่องมือแบบจำลองอุทกวิทยา

ลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง ในการประเมิน และเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินที่มีต่อระบบอุทกนิเวศ พบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมผิวดินที่มีการเพิ่มขึ้นของพื้นผิวไม่ซึมน้ำส่งผลทำให้มีปริมาณน้ำท่า และอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังทำให้ระยะเวลาในการไหลรวมตัวของน้ำในลำน้ำเพิ่มขึ้นอีกด้วย

จากการศึกษางานวิจัยเรื่องการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมผิวดิน ที่ส่งผลต่อระบบอุทกนิเวศ กรณีศึกษา บ้านแม่แอน ต.ห้วยทราย อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ ได้นำเครื่องมือการประมาณการผลกระทบทางอุทกวิทยาในงานวิจัยนี้มาใช้ นั่นคือแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองเพื่อใช้เปรียบเทียบผลการวิจัยเชิงปริมาณได้ชัดเจน และเห็นภาพยิ่งขึ้น



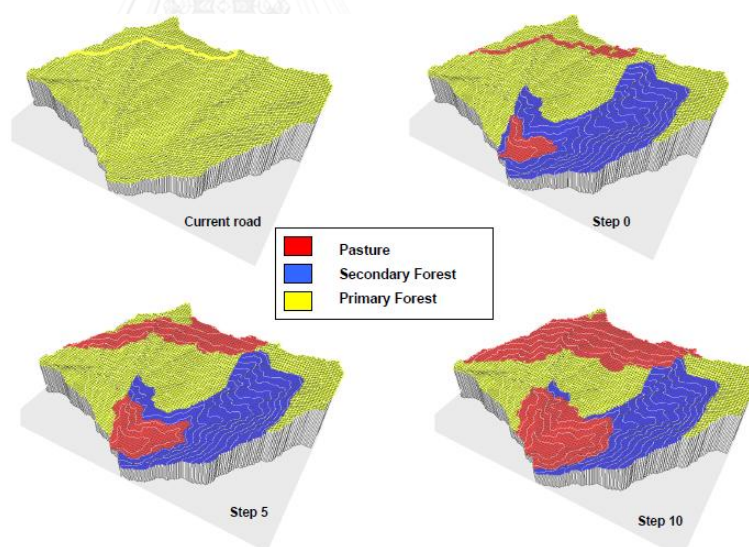
ภาพที่ 30 ตัวอย่างผลการประมาณการผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำโดยแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง (กังวาน พิพิธพงศ์สันต์, 2553, น. 87)

2.4.2.3 Hydrological Impact of Land Use Change in Tropical Hillsides: The Impact of Patterns (Mejia, 1998)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองผลกระทบทางอุทกวิทยาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยแบบจำลองลุ่มน้ำ โดยทำการเปรียบเทียบแบบจำลองพื้นที่ป่าซึ่งถูกทำลายตามแนวถนน และแบบจำลองพื้นที่ก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง ปี ค.ศ.1946, ปี ค.ศ.1970 และ ปี ค.ศ.1989 ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการสร้างรูปแบบข้อมูลการใช้งานที่ดิน และสิ่งปกคลุมผิวดินของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการคาดการณ์ข้อมูลในรูปแบบเซลล์ประกอบบนระนาบสองมิติกับเวลาที่เปลี่ยนไป (Cellular automata: CA) นั้นสัมพันธ์กับ

ปัจจัยทางกายภาพ หรือทางเศรษฐกิจสังคม ซึ่งผลจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมผิวดินในรูปแบบต่างๆ ทำให้สามารถประมาณการผลกระทบทางอุทกวิทยาจากการรบกวนสมดุลทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำแอนเดียน (Andean watersheds) ได้

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง Hydrological Impact of Land Use Change in Tropical Hillside: The Impact of Patterns ทำให้ทราบถึงหลักการวิเคราะห์บ่งชี้จำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการคาดการณ์ข้อมูลในรูปแบบเซลล์ประกอบบนระนาบสองมิติกับเวลาที่เปลี่ยนไป มีการทำงานด้วยการวิเคราะห์ระดับเซลล์ข้อมูลโดยแต่ละเซลล์ข้อมูลสามารถพิจารณาช่วงเวลาได้เป็นจำนวน n ช่วงเวลา และในแต่ละช่วงเวลาที่จะเปลี่ยนไปอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปของเซลล์ข้อมูลแต่ละเซลล์ตามกฎที่กำหนดไว้เพื่อการวิเคราะห์ก่อนทำการวิเคราะห์ ซึ่งกฎเหล่านี้สามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้อย่างแม่นยำจากเซลล์ข้อมูลข้างเคียง (Neighbours)



ภาพที่ 31 ตัวอย่างการวิเคราะห์สิ่งปกคลุมผิวดินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับเวลาต่างๆ ที่เปลี่ยนไป (Cellular automata: CA) (Mejia, 1998, p. 32)

จากหลักการวิเคราะห์บ่งชี้จำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินข้างต้น ได้นำมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการพิจารณาปรับปรุงข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษาหลังการลงสำรวจภาคสนาม โดยปรับปรุงข้อมูลจากการพิจารณา

ข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณข้างเคียงประกอบการพิจารณาบ่งชี้สิ่งปกคลุมผิวดินในบริเวณที่ต้องการบ่งชี้ในรอบของกฎการพิจารณาชุดเดียวกัน

สรุปสาระสำคัญจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้เข้าใจภาพรวมของกระบวนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ และผลกระทบทางอุทกวิทยา สามารถเข้าใจเหตุของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน และสามารถนำมาใช้เป็นพื้นฐานความเข้าใจเพื่อการประยุกต์ใช้ร่วมในกระบวนการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ได้ รวมถึงสามารถมองเห็นแนวทางในการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อบรรเทาผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา

2.5 สรุปทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ และความรู้พื้นฐานทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำทำให้เข้าใจถึงกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินซึ่งสัมพันธ์กับผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่ เห็นภาพรวมของปัจจัยต่างๆ สามารถนำมาสร้างเป็นกรอบงานวิจัยได้ดังนี้

2.5.1 การศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ และการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินทำให้สามารถนำพื้นฐานความรู้ความเข้าใจมาใช้ในการอธิบายผลของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน และจำแนกลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำต่อไป

2.5.2 การศึกษาเรื่องอุทกวิทยาลุ่มน้ำทำให้มีความเข้าใจถึงภาพรวมของระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำเพื่อเป็นฐานความรู้ในการวิเคราะห์เหตุปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน และนำไปสู่ผลการวิจัยที่เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษาได้ อีกทั้งยังทำให้เข้าใจการทำงานของแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง และนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรมได้

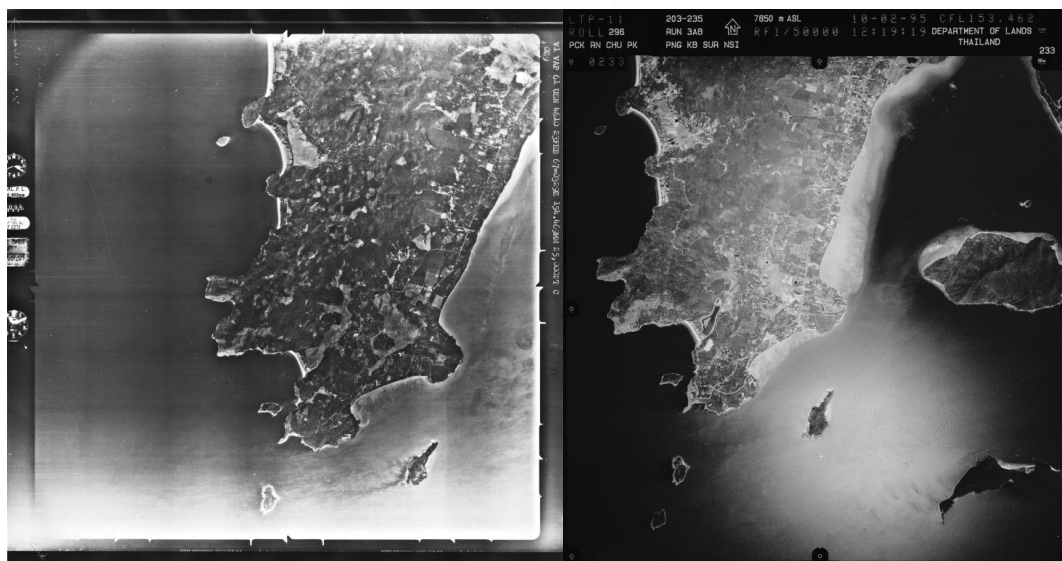
2.5.3 การศึกษาแนวคิดการวางแผนภูมิสถาปัตยกรรมเชิงอุทกวิทยาลุ่มน้ำตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ และงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทำให้เห็นแนวทางที่จะนำความรู้หรือกระบวนการทางการวิจัยเหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ต่อไปในบริบทของพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษาเพื่อหากระบวนการวิจัยที่ให้ผลการวิจัยที่แม่นยำที่สุดบนข้อจำกัดของเวลา และข้อมูลที่มี รวมถึงแนวทางบรรเทาผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่

บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษาลุ่มน้ำกะตะ โอบล้อมด้วยเทือกเขานาคเกิด บริเวณเชิงเขาเป็นที่ตั้งของชุมชน ลักษณะทั่วไปของพื้นที่เป็นที่ลุ่มหลังสันทราย โดยมีทางน้ำติดต่อกว่อกสู่ทะเลทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของลุ่มน้ำ จากการศึกษาและทำความเข้าใจพื้นที่ในอดีตพบว่ามีการใช้ประโยชน์ที่ดินหลายรูปแบบ เช่น การทำเกษตรกรรมนาข้าว, สวนยางพารา, สวนมะพร้าว และมีมนุษย์เข้าไปเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ธรรมชาติบางส่วนเพื่อการอยู่อาศัยบริเวณพื้นที่เชิงเขา

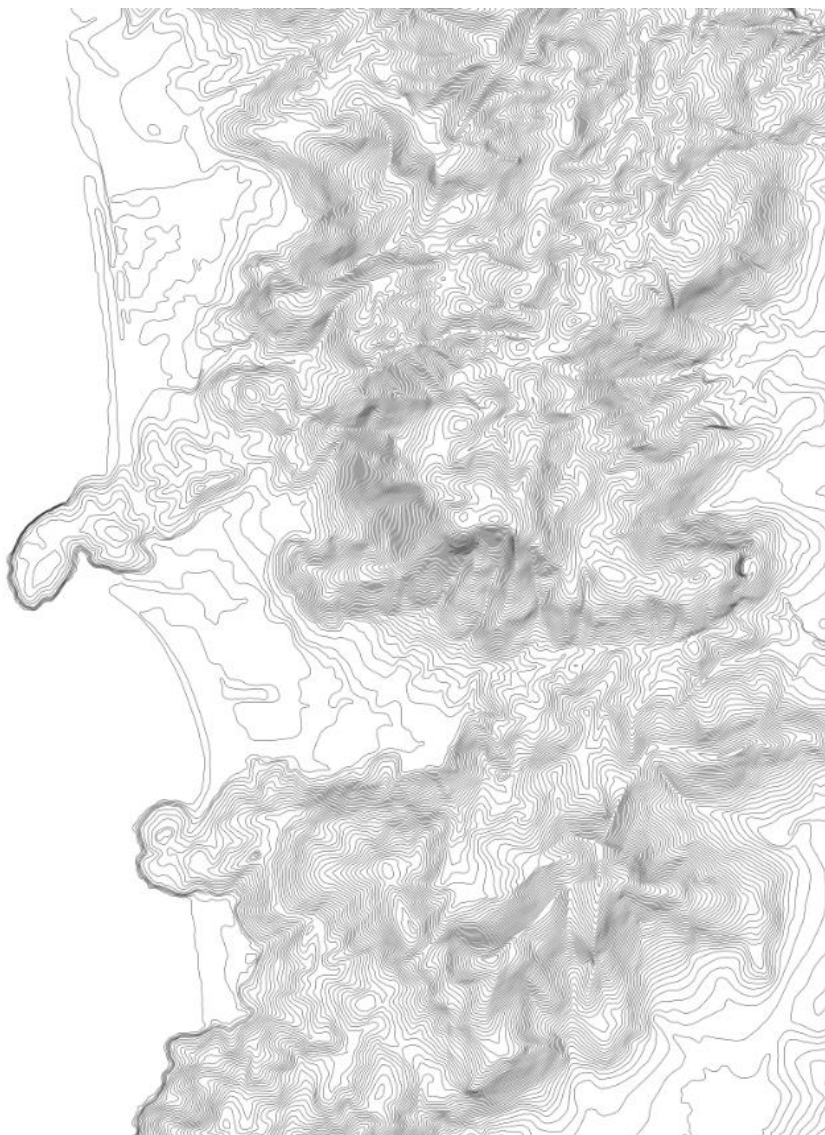
3.1 เหตุผลในการเลือกพื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำกะตะเป็นลุ่มน้ำกรณีศึกษาตัวอย่างที่มีการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินเพื่อการพัฒนาเมืองรองรับอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการทำลายโครงสร้างทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ พื้นที่ดั้งเดิมเป็นพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าว, สวนยางพารา, สวนมะพร้าว และป่าไม้ โดยในปัจจุบันพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่ได้ถูกเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เมือง การศึกษาวิจัยนี้จึงเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะเป็นตัวแทนของปัญหาการเปลี่ยนแปลงระบบอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ และการรुक้าพื้นที่ต้นน้ำที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดิน ซึ่งพื้นที่กรณีศึกษานี้มีข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นเพียงพอสำหรับการประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ และแสดงลักษณะเชิงอุทกวิทยาลุ่มน้ำดั้งเดิมของพื้นที่เพื่อใช้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว



ภาพที่ 32 ซ้าย-ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณตอนใต้ของเกาะภูเก็ต ปี พ.ศ.2510 (กรมแผนที่ทหาร, 2510)

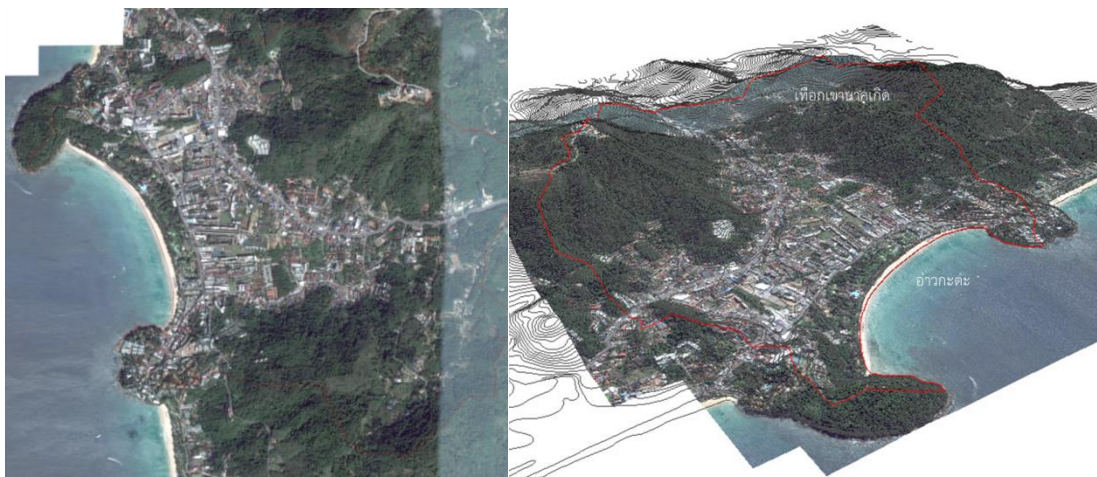
ขวา-ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณตอนใต้ของเกาะภูเก็ต ปี พ.ศ.2538 (กรมแผนที่ทหาร, 2538)



ภาพที่ 33 ข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่ระดับความห่างของชั้นทุกระยะ 2 เมตร
บริเวณลุ่มน้ำกะตะจากกรมพัฒนาที่ดิน (2559)

3.2 ที่ตั้งและอาณาเขต

ลุ่มน้ำกะตะ ตั้งอยู่บริเวณอ่าวกะตะ ต.กะรน อ.เมือง จ.ภูเก็ต มีขนาดพื้นที่ประมาณ 5 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 3,125 ไร่ โดยกำหนดขอบเขตตามแนวสันเขา (Ridge) ครอบคลุมบริเวณลุ่มน้ำกะตะ ซึ่งอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาทางทิศใต้ของเกาะภูเก็ตบริเวณอ่าวด้านทิศตะวันตก มีองค์ประกอบภูมิโนเวศที่สำคัญคือ ภูเขา พื้นที่เชิงเขา และที่ลุ่มหลังแนวสันทราย โดยมีการใช้ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม, การทำนาข้าว, สวนยางพารา และสวนมะพร้าว แต่ในปัจจุบันพื้นที่ส่วนใหญ่ได้ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นแหล่งที่พักผ่อนเพื่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยว และเป็นที่อยู่อาศัยทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำกะตะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมผิวดิน



ภาพที่ 34 ตำแหน่งที่ตั้งพื้นที่กรณีสกุลน้ำกะตะ ปรับปรุงจากภาพถ่ายทางอากาศ Google Earth (2016)

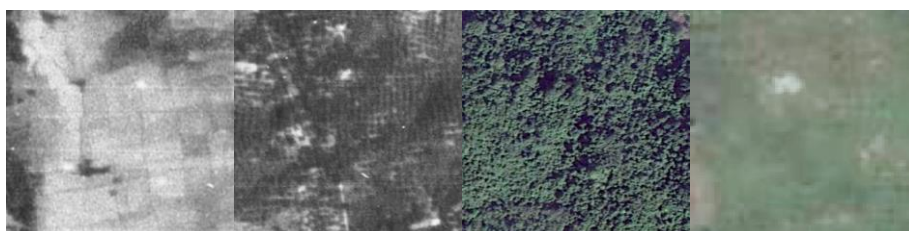
3.3 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

3.3.1 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปัจจุบันพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะมีการใช้ที่ดินหลากหลายรูปแบบประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้, สวนยางพารา, สวนมะพร้าว, พื้นที่พักอาศัย รวมถึงโครงการแหล่งที่พักเพื่อการท่องเที่ยวต่างๆ

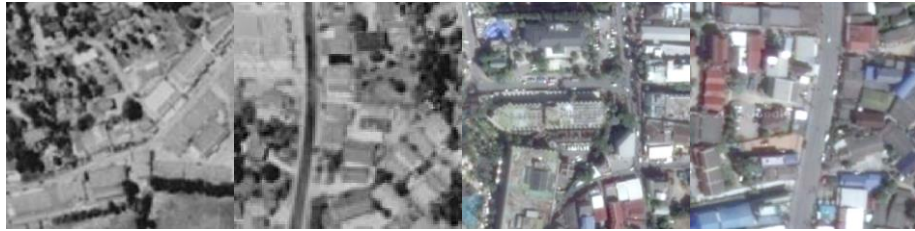
3.3.2 ประเภทสิ่งปกคลุมผิวดิน

เมื่อนำประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินตามการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินของแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง มาคิดร่วมกับวิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวภาพภาพสำหรับภูมิโนเวศเมือง สามารถจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินในลุ่มน้ำศึกษาออกได้เป็น 3 กลุ่มอย่างง่าย คือ สิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพืชพรรณ, อาคาร และพื้นดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมผิวดิน เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีสกุลน้ำ



ภาพที่ 35 ตัวอย่างสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพืชพรรณ

ที่มา: ปรับปรุงจากภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอ่าวกะตะ (Google Earth, 2016; กรมแผนที่ทหาร, 2510)



ภาพที่ 36 ตัวอย่างสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทอาคาร

ที่มา: ปรับปรุงจากภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอ่าวกะตะ (Google Earth, 2016; กรมแผนที่ทหาร, 2538)

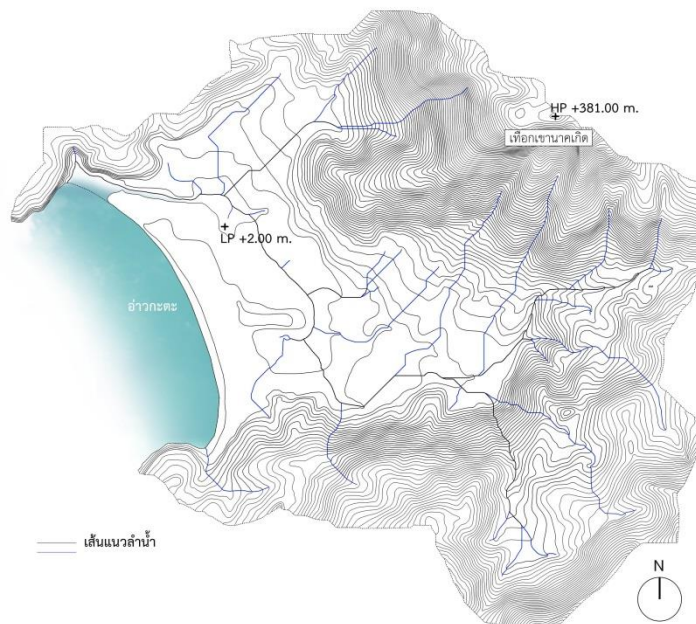


ภาพที่ 37 ตัวอย่างตัวอย่างสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพื้นดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมผิวดิน

ที่มา: ปรับปรุงจากภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอ่าวกะตะ (Google Earth, 2016; กรมแผนที่ทหาร, 2510, 2538)

3.3.3 ลักษณะภูมิลักษณะ

พื้นที่ลุ่มน้ำกะตะมีลักษณะเป็นภูเขาสูงทางด้านทิศตะวันออก มีค่าระดับเส้นชั้นความสูงสูงสุดที่ 381 เมตร และมีจุดต่ำสุดอยู่ที่ 2 เมตร บริเวณที่ลุ่มหลังแนวสันทรายทางด้านทิศตะวันตกของแนวสันเขาของลุ่มน้ำกะตะ



ภาพที่ 38 ตำแหน่งเส้นทางลำน้ำเดิมตามลักษณะกายภาพพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำกะตะ จากเทือกเขานาคเกิดผ่านพื้นที่กรณีศึกษาลงสู่ทะเลอันดามัน

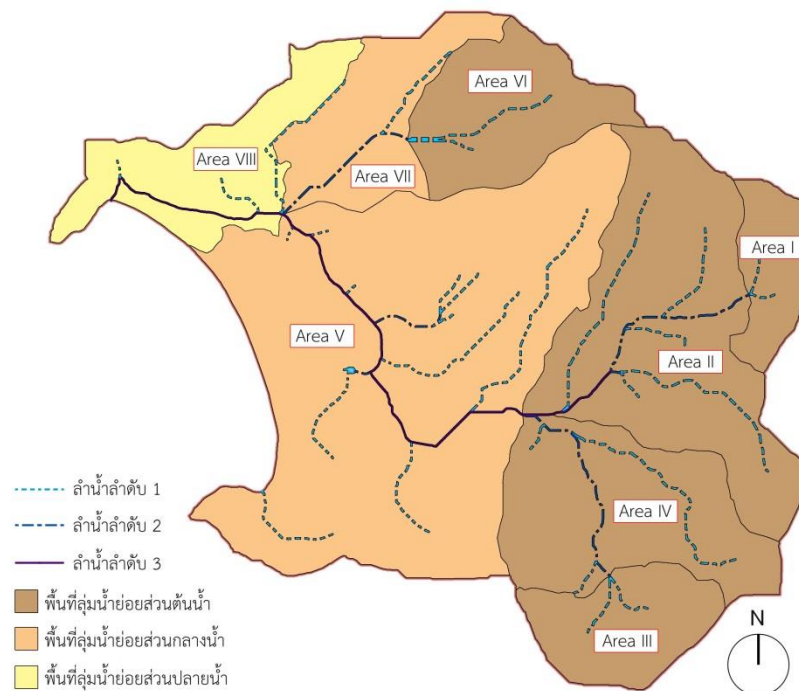
3.3.4 รูปแบบการไหลของน้ำ

น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะมีการไหลจากพื้นที่ต้นน้ำบริเวณผืนป่าไม้ทางด้านทิศตะวันออกลง มาตามแนวร่องน้ำสู่พื้นที่ลุ่มหลังแนวสันทรายทางทิศตะวันตก ก่อนไหลออกสู่ทะเลทางคลอง ปากบางทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีสึกษานี้สามารถแบ่ง รูปแบบการไหลของน้ำออกได้เป็น 4 ระดับตามวิธีการจัดลำน้ำของ Panov (1958, อ้างถึงใน ประกอบ วิโรจนกัญ, 2539) และ Strahler (1952, อ้างถึงใน ประกอบ วิโรจนกัญ, 2539) ดังนี้

- 1) ลำน้ำลำดับ 1: ลุ่มน้ำย่อยที่ 1, 3 และ 6
- 2) ลำน้ำลำดับ 2: ลุ่มน้ำย่อยที่ 2, 4 และ 7
- 3) ลำน้ำลำดับ 3: ลุ่มน้ำย่อยที่ 8
- 4) ปากลำน้ำไหลออกสู่ทะเล (Outlet)

โดยพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะสามารถแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจากรูปแบบลำดับการไหลของน้ำออกได้ เป็น 3 พื้นที่เพื่อการจัดการน้ำ ได้แก่ พื้นที่ต้นน้ำ, พื้นที่กลางน้ำ และพื้นที่ปลายน้ำ ดังนี้

- 1) บริเวณพื้นที่ลำน้ำส่วนต้นน้ำ: ลุ่มน้ำย่อยที่ 1, 2, 3, 4 และ 6
- 2) บริเวณพื้นที่ลำน้ำส่วนกลางน้ำ: ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 และ 7
- 3) บริเวณพื้นที่ลำน้ำส่วนปลายน้ำ: ลุ่มน้ำย่อยที่ 8



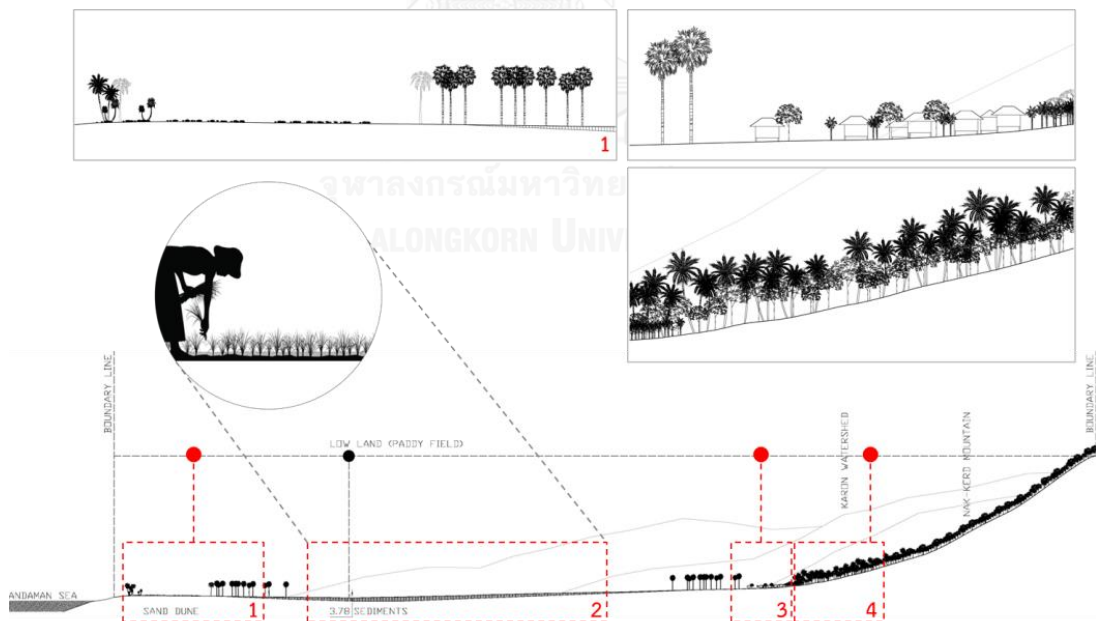
ภาพที่ 39 ระบบลำน้ำและลุ่มน้ำย่อยบริเวณลุ่มน้ำกะตะ

3.4 ปัญหาทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา

การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ส่งผลกระทบต่อลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในหลายๆ ด้านทั้งการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำ และปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่ลำน้ำ, การไหลหลากบนผิวดิน และอัตราการไหลสูงสุดของลำน้ำ, อุทกภัยจากน้ำไหลหลาก (Marsh, 2005) และอาจได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่า ทำให้ระดับน้ำในลำน้ำสูงขึ้นโดยมีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวน้ำไม่ซึมน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำการศึกษา



ภาพที่ 40 ลักษณะบริเวณลุ่มน้ำกะตะจากมุมมองสูง
ที่มา: สํารวจด้วยตนเอง 19 พฤศจิกายน 2559



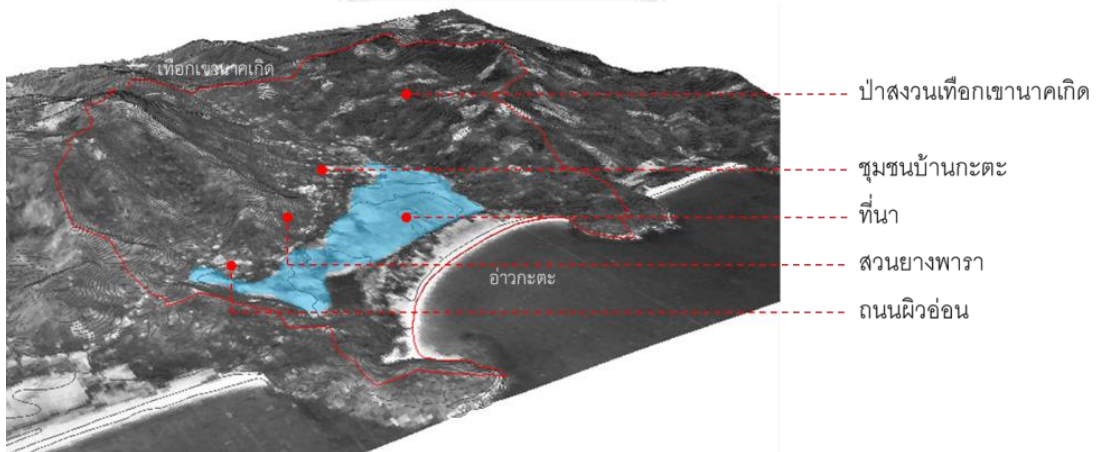
ภาพที่ 41 รูปตัดแสดงลักษณะกายภาพลุ่มน้ำและประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณอ่าวกะตะ
พ.ศ.2510 ข้อมูลเส้นชั้นความสูงจากกรมพัฒนาที่ดิน (2559)



ภาพที่ 42 ลักษณะพื้นที่โล่งปัจจุบันส่วนหนึ่งบริเวณลุ่มน้ำกะตะ
ที่มา: สำรวจด้วยตนเอง 31 ธันวาคม 2559

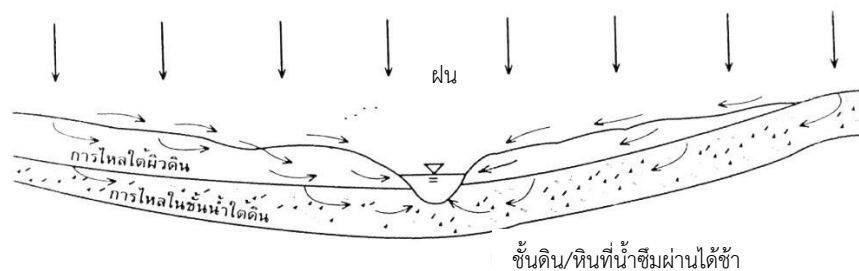


ภาพที่ 43 อุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ (ภูเก็ตออนไลน์, 2559)



ภาพที่ 44 ภาพลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะ ปี พ.ศ.2510
ที่มา: ปรับปรุงจากภาพถ่ายทางอากาศกรมแผนที่ทหาร (2510) บริเวณอ่าวกะตะ จ.ภูเก็ต

3.5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและกระบวนการทางอุทกวิทยาของพื้นที่



ภาพที่ 45 กระบวนการเกิดน้ำท่า (ประกอบ วิโรจน์กฎ, 2539, น. 87)

จากการทำความเข้าใจสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำกรณศึกษา และปัญหาทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ สามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุของผลกระทบในพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วยประเด็นปัญหา ดังนี้

3.5.1 สิ่งปกคลุมผิวดิน

การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าวเดิมถูกเปลี่ยนเป็นที่พักอาศัยเพื่อการท่องเที่ยวท่องเที่ยว ส่งผลให้น้ำซึมผ่านผิวดินได้น้อยลง น้ำท่าผิวดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น

3.5.2 พื้นที่ลุ่มรับน้ำ

การตั้งบ้านเรือนที่พักอาศัยทั้งที่พักอาศัยส่วนบุคคล และที่พักอาศัยเพื่ออุตสาหกรรม การท่องเที่ยวบริเวณที่ลุ่มรับน้ำซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าวเดิมในพื้นที่ เป็นการเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัย และสร้างความเสียหายให้แก่ทรัพย์สิน เนื่องจากเป็นพื้นที่ต่ำซึ่งรวบรวมน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำไว้

3.5.3 ปริมาณน้ำท่าผิวดิน

การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดินทำให้ระดับน้ำในลำน้ำสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำท่วมพื้นที่จากการเอ่อล้นของน้ำในลำน้ำ

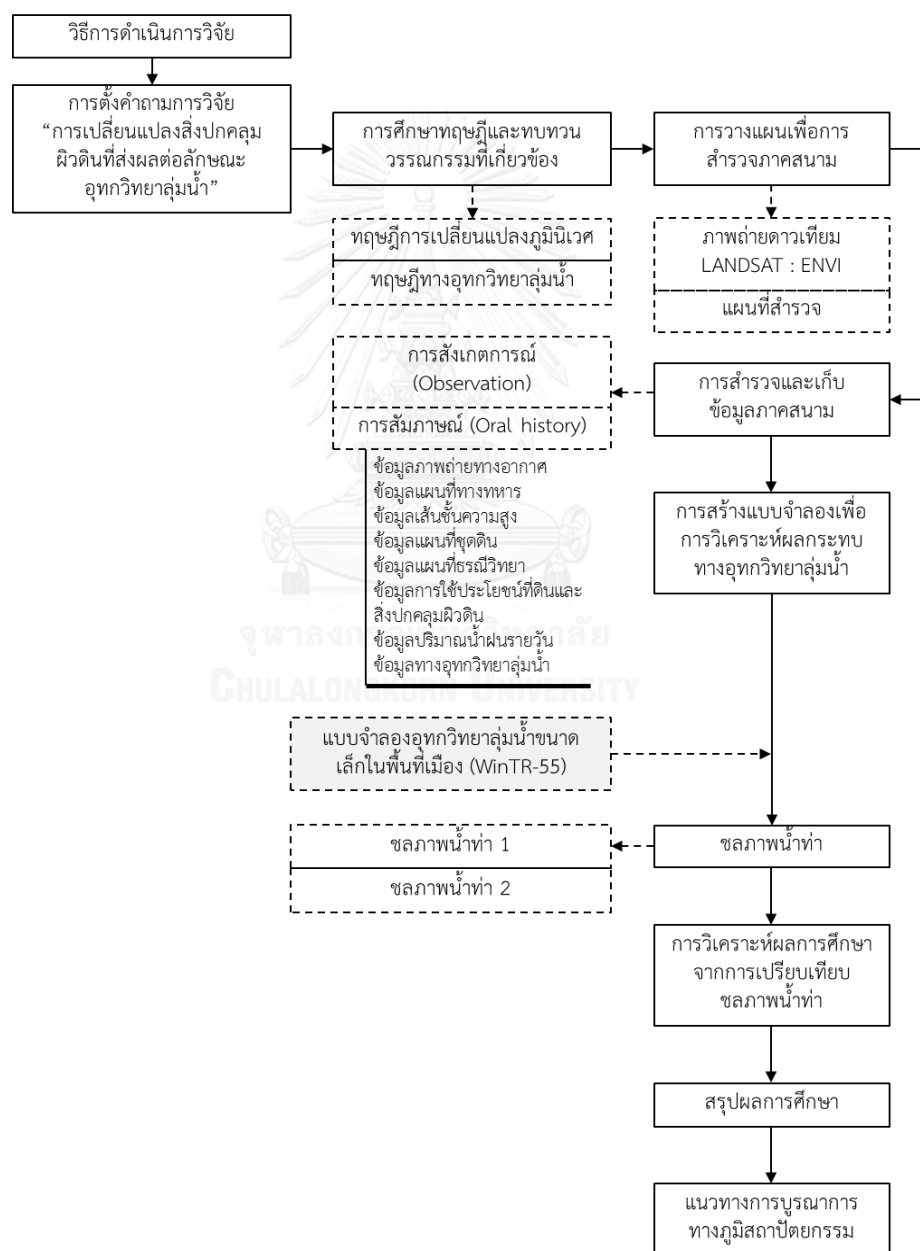
3.5.4 อัตราการไหลของน้ำ

การเพิ่มสูงขึ้นของปริมาณน้ำในลำน้ำส่งผลต่ออัตราการไหลของน้ำในลำน้ำ และเวลาในการไหลรวมตัวของน้ำเร็วขึ้น ทำให้น้ำไม่สามารถระบายออกได้ทัน

บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัยของงานวิจัยนี้ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน ได้แก่ การตั้งคำถามการวิจัย, การศึกษาหลักการและข้อมูลพื้นฐาน, การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม, การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ และการนำผลที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ทางภูมิสถาปัตยกรรม (ภาพที่ 46) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 46 แผนภาพกระบวนการศึกษาวิจัย

4.1 ระเบียบวิธีวิจัย

4.1.1 การตั้งคำถามการวิจัย

4.1.1.1 คำถามเชิงพื้นที่

- 1) สิ่งปกคลุมผิวดินมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง
- 2) การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินส่งผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่อย่างไร
- 3) ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่เมือง และผลการประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำสามารถนำมาบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมได้อย่างไรบ้าง

4.1.1.2 คำถามเชิงกระบวนการ

- 1) การศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ และผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างไรบ้าง
- 2) กระบวนการศึกษาวิจัยสามารถอธิบายผลการศึกษาได้อย่างไรบ้าง และสามารถนำกระบวนการศึกษาวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ต่อได้อย่างไร

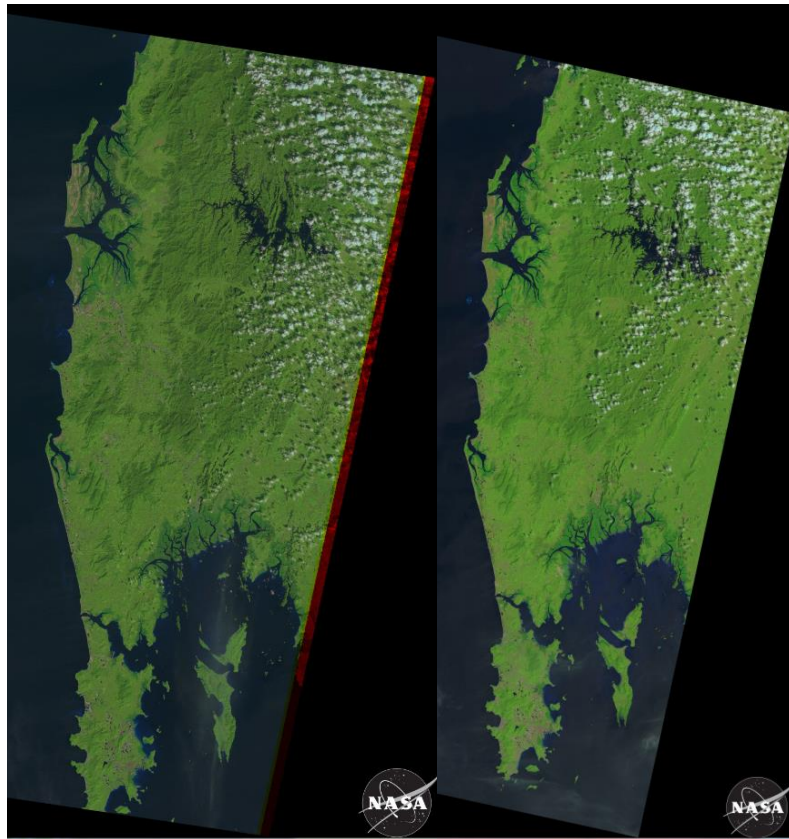
4.1.2 การศึกษาหลักการ และข้อมูลพื้นฐาน

4.1.2.1 การศึกษาทฤษฎี และทบทวนวรรณกรรม

- 1) ศึกษาหลักการ และทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ และอุทกวิทยาลุ่มน้ำ
- 2) การศึกษางานวิจัยและกรณีศึกษา เพื่อหากรอบกระบวนการขั้นตอนในการศึกษาวิจัย

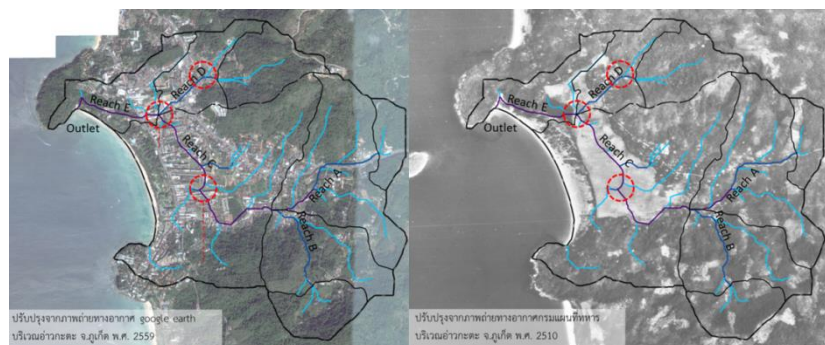
4.1.2.2 การวางแผนเพื่อการสำรวจภาคสนาม

- 1) รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ทุกช่วง 10 ปี จากปีปัจจุบัน (พ.ศ.2559) ในช่วงเดือนที่ใกล้เคียงกัน และมีการบดบังจากกลุ่มเมฆต่ำสุดออนไลน์ทางเว็บไซต์ของกรมสำรวจธรณีวิทยา ดัชนี Path/Row: 130/54 พบว่าในช่วง 4 เดือนพฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ นั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีการบดบังจากกลุ่มเมฆต่ำสุด ซึ่งมีข้อมูลเก่าสุดที่ให้บริการคือดาวเทียม LANDSAT Surface L4-5 ปี พ.ศ.2530 ซึ่งอยู่ในรอบ 30 ปีย้อนหลังจากปีปัจจุบัน



ภาพที่ 47 ซ้าย-ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT5 ณ วันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ.2530, ขวา-ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT8 ณ วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2559 (U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey, 2017)

- 2) จัดเตรียมแผนที่เพื่อใช้สำรวจ และเก็บข้อมูลภาคสนามของสิ่งปกคลุมผิวดิน และโครงสร้างทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้โปรแกรม ArcGIS ในการจัดเตรียมแผนที่



ภาพที่ 48 แผนที่เพื่อใช้สำรวจเส้นทางลำน้ำและสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณลุ่มน้ำเกาะตะตี่มา: ปรับปรุงจากภาพถ่ายทางอากาศ (Google Earth, 2016; กรมแผนที่ทหาร, 2510)

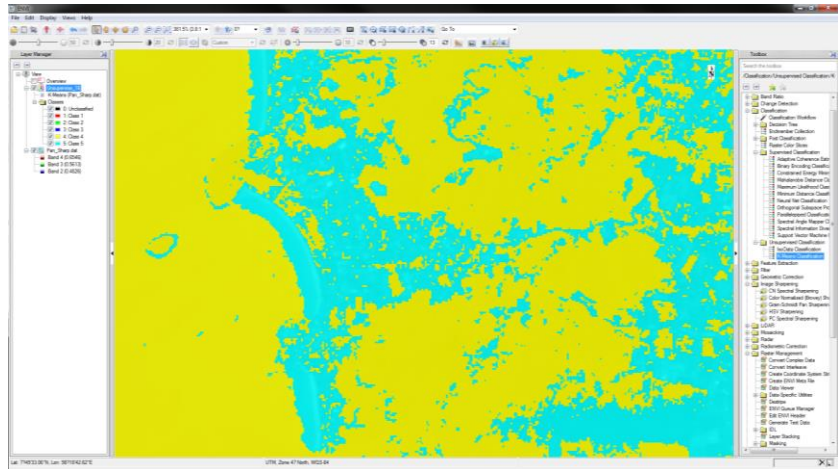
3) ศึกษาข้อมูลนโยบายการจัดการการระบายน้ำ และรูปแบบการระบายน้ำในปัจจุบัน เพื่อทำความเข้าใจลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปสู่ระบบการระบายน้ำเมืองในบริบทปัจจุบัน ซึ่งได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการระบายน้ำตามธรรมชาติเป็นทางระบายน้ำแบบปิดตามแบบวิศวกรรมไปแล้ว เป็นส่วนใหญ่

จากเอกสารประกาศเทศบาลตำบลกะรน เรื่อง นโยบายการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยนายกเทศมนตรีตำบลกะรน ณ วันที่ 21 มีนาคม พ.ศ.2554 (ทวี ทองแถม, 2554) พบว่าเทศบาลตำบลกะรนได้กำหนดวิสัยทัศน์ไว้คือ "พัฒนาให้เป็นเมืองในสวน (Garden village) เป็นที่น่าอยู่ของประชาชนน่าพักผ่อนของนักท่องเที่ยวอย่างแท้จริง" โดยเฝ้าระวังรักษาบำบัดฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้มีสภาพดี เพื่อให้พื้นที่ในเขตเทศบาลตำบลกะรนมีสิ่งแวดล้อมที่สวยงาม สะอาด ปลอดภัย พร้อมส่งเสริมให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน โดยมีนโยบายที่ต้องดำเนินการว่าจะต้อง “ส่งเสริมการศึกษาและพัฒนา (Research all development) เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม”

4.1.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

1) การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเบื้องต้น

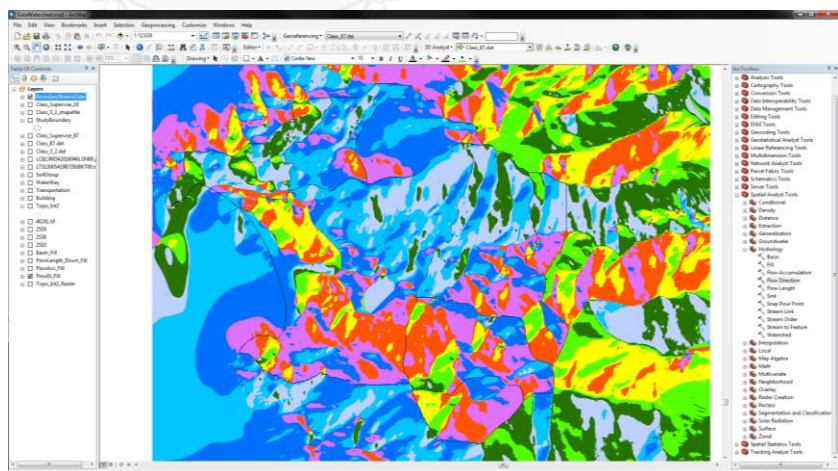
ทำการวิเคราะห์และจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเบื้องต้นโดยซอฟต์แวร์ ENVI โดยใช้การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบไม่ควบคุม (Unsupervised classification) ร่วมกับข้อมูลทางกายภาพอื่นๆ เช่น แผนที่ทางทหาร และภาพถ่ายทางอากาศ เป็นต้น เพื่อทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน และนำไปตรวจสอบความถูกต้องจากการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามต่อไป



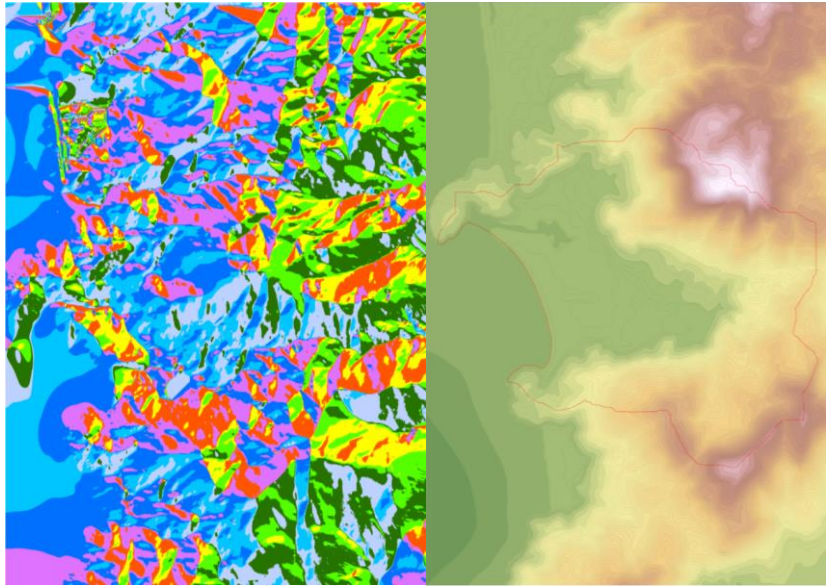
ภาพที่ 49 ตัวอย่างการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบไม่ควบคุม ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT8 ณ วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2559 (U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey, 2017) โดยซอฟต์แวร์ ENVI

2) การทำความเข้าใจลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ

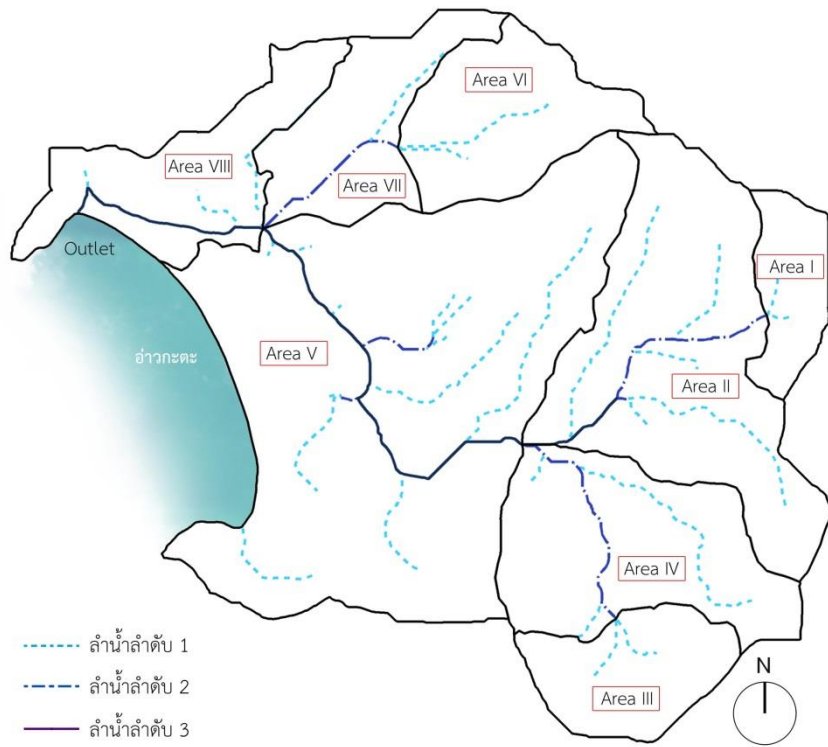
ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางอุทกวิทยาโดยใช้เครื่องมืออุทกวิทยา (Hydrology) ในซอฟต์แวร์ ArcGIS ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อมูลเส้นชั้นความสูงจากกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อทำความเข้าใจลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำกรณีศึกษา รวมถึงวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำเดิมในพื้นที่



ภาพที่ 50 ตัวอย่างการวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction) โดยเครื่องมืออุทกวิทยาในซอฟต์แวร์ ArcGIS



ภาพที่ 51 ซ้าย-แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศของน้ำบริเวณลุ่มน้ำกะตะ
ขวา-แผนที่ภาพเส้นชั้นความสูงบริเวณลุ่มน้ำกะตะ



ภาพที่ 52 ลุ่มน้ำย่อยทั้ง 8 และลำดับลำน้ำของลุ่มน้ำกะตะ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางอุทกวิทยาเบื้องต้นพบว่าลุ่มน้ำกะตะประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อย 8 ลุ่มน้ำย่อย ดังนี้

ลุ่มน้ำย่อยที่ 1 (I)	พื้นที่ประมาณ	0.178 ตารางกิโลเมตร
ลุ่มน้ำย่อยที่ 2 (II)	พื้นที่ประมาณ	0.920 ตารางกิโลเมตร
ลุ่มน้ำย่อยที่ 3 (III)	พื้นที่ประมาณ	0.295 ตารางกิโลเมตร
ลุ่มน้ำย่อยที่ 4 (IV)	พื้นที่ประมาณ	0.606 ตารางกิโลเมตร
ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 (V)	พื้นที่ประมาณ	1.970 ตารางกิโลเมตร
ลุ่มน้ำย่อยที่ 6 (VI)	พื้นที่ประมาณ	0.399 ตารางกิโลเมตร
ลุ่มน้ำย่อยที่ 7 (VII)	พื้นที่ประมาณ	0.351 ตารางกิโลเมตร
ลุ่มน้ำย่อยที่ 8 (VIII)	พื้นที่ประมาณ	0.417 ตารางกิโลเมตร

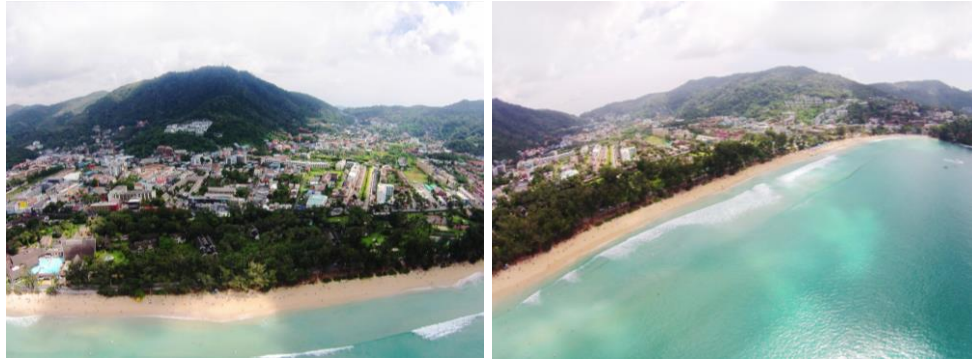
การไหลของน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษามีทิศทางการไหลจากเทือกเขานาคเกิดบริเวณลุ่มน้ำย่อยที่ 1, 3 และ 6 ไหลรวมกันบริเวณรอยต่อลุ่มน้ำย่อยที่ 5 และ 7 แล้วไหลลงสู่ทะเลโดยผ่านลุ่มน้ำย่อยที่ 8 ซึ่งอยู่ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของลุ่มน้ำกะตะ โดยมีลำน้ำเส้นหลักไหลผ่านพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 และ 8 (ภาพที่ 52)

4.1.3 การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม

4.1.3.1 ลงพื้นที่สำรวจ

การลงพื้นที่สำรวจภาคสนามเพื่อสังเกตลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะบริเวณทางลำน้ำไหลในปัจจุบัน และนำข้อมูลมาใช้ประกอบการตรวจสอบผลการวิเคราะห์สิ่งปกคลุมผิวดินจากการวิเคราะห์โดยซอฟต์แวร์เบื้องต้น เส้นทางน้ำเดิมตามธรรมชาติ และเส้นทางน้ำในปัจจุบัน

วิธีการสำรวจนั้นจะทำการสำรวจจากต้นน้ำไล่ลงไปสู่ปลายน้ำบริเวณปากทางน้ำ ออกสู่ทะเลของระบบลุ่มน้ำกะตะโดยการเดินสำรวจ และการสำรวจมุมสูงโดยเครื่องมืออากาศยานไร้คนขับ (Drone) หรือ Unmanned Aerial Vehicle: UAV เก็บข้อมูลการสำรวจพื้นที่โดยการจดบันทึกลงบนแผนที่ และบันทึกโดยการถ่ายภาพประกอบ



ภาพที่ 53 ตัวอย่างภาพจากการสำรวจมุมสูงโดยเครื่องมืออากาศยานไร้คนขับ
 ที่มา: สำรวจด้วยตนเอง 19 พฤศจิกายน 2559



ภาพที่ 54 ลักษณะลำน้ำปัจจุบันบริเวณกลางน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำกรณศึกษา
 ที่มา: สำรวจด้วยตนเอง 31 ธันวาคม 2559

โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลรายละเอียดของพื้นที่ศึกษาเพื่อใช้ประกอบการลงพื้นที่สำรวจภาคสนามและการศึกษาวิจัย ดังนี้

- 1) ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ประกอบด้วยภาพถ่ายทางอากาศ ปี พ.ศ.2510 และ ปี พ.ศ.2538 จากกรมแผนที่ทหาร และภาพถ่ายทางอากาศ Google Earth ปี พ.ศ.2559
- 2) ข้อมูลแผนที่ทางทหาร ปี พ.ศ.2516, ปี พ.ศ.2543 และ ปี พ.ศ.2552 จากกรมแผนที่ทหาร
- 3) ข้อมูลเส้นชั้นความสูง ปี พ.ศ.2559 จากกรมพัฒนาที่ดิน
- 4) ข้อมูลแผนที่ชุดดิน ต.กะรน จ.ภูเก็ต มาตรฐาน 1:21,000 จากกรมส่งเสริมการเกษตร (2559), แผนที่ชุดดิน ต.กะรน จ.ภูเก็ต มาตรฐาน 1:25,000 จากกรมส่งเสริมการเกษตร (2559) และแผนที่ชุดดิน ต.กะรน จ.ภูเก็ต มาตรฐาน 1:25,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน (2560)
- 5) ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดภูเก็ต ปี พ.ศ.2556 มาตรฐาน 1:250,000 จากกรมทรัพยากรธรณี (2556)
- 6) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมผิวดิน จากการจำแนกประเภทข้อมูลภาพโดยซอฟต์แวร์ ENVI การแปลภาพถ่ายทางอากาศ และการลงสำรวจพื้นที่โดยอ้างอิงจากภาพถ่ายทางอากาศปัจจุบัน
- 7) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันย้อนหลัง 30 ปี พ.ศ.2529-2559 สถานี 564201-ภูเก็ต จ.ภูเก็ต จากสำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา (2559)
- 8) ข้อมูลทางอุทกวิทยา ได้แก่ เส้นทางลำน้ำ และขอบเขตลุ่มน้ำ วิเคราะห์จากข้อมูลเส้นชั้นความสูงกรมพัฒนาที่ดินโดยซอฟต์แวร์ ArcGIS

4.1.3.2 สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง

การสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structure interview) โดยอาศัยรูปแบบการสัมภาษณ์แบบประวัติศาสตร์จากคำบอกเล่า (Oral history) เป็นการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการหรือไม่มีโครงสร้าง (Informal or unstructured interview) มีเพียงคำถามวิจัยเป็นแนวทางในการสัมภาษณ์ (งามพิศ สัตย์สงวน, 2558; สุขชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2555) ผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ ผู้อาวุโสที่รู้เรื่องเกี่ยวกับพื้นที่อย่างดี, อาศัยอยู่ในพื้นที่ตั้งแต่เกิด และไม่เคยย้ายไปที่ใด จำนวน 3 คน ดังนี้

- 1) นางสมัคร อายุ 63 ปี อดีตชาวนาบ้านกะตะ มีพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าวเดิมอยู่บริเวณท้ายนาใกล้ปลายน้ำ สัมภาษณ์วันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2560
- 2) นางบุญเกื้อ อายุ 72 ปี อดีตชาวนาบ้านกะตะ มีพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าวเดิมอยู่บริเวณรีสอร์ต Kata sea breeze จนถึงบริเวณพื้นที่ท้ายนาอยู่ในพื้นที่กลางน้ำและเป็นพื้นที่ลุ่มรวมน้ำหลักของพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ สัมภาษณ์วันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2560
- 3) นายธีรพงษ์ การดี อายุ 44 ปี หัวหน้าหมวดรถยนต์ งานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย สำนักปลัด เทศบาลตำบลกะรน อาศัยอยู่บริเวณบ้านกะตะตั้งแต่เกิดไม่เคยย้ายไปที่ใด และมีประสบการณ์การทำงานด้านสาธารณสุขภายในพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ สัมภาษณ์วันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ.2559



ภาพที่ 55 ซ้าย-นางสมัคร, กลาง-นางบุญเกื้อ, ขวา-นายธีรพงษ์
ที่มา: สัมภาษณ์ 6 พฤศจิกายน 2559 และ 16 กุมภาพันธ์ 2560

การสัมภาษณ์จะใช้ชุดคำถามเบื้องต้น 2 ส่วน ได้แก่ (1) เรื่องการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินโดยการสืบจากประวัติบริเวณที่เคยอยู่อาศัย กิจกรรมอาชีพที่เคยทำในอดีต คือการทำเกษตรกรรมนาข้าว และ (2) เรื่องอุทกวิทยาลุ่มน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะโดยสืบจากประสบการณ์ของผู้ให้สัมภาษณ์ซึ่งสัมพันธ์กับลำน้ำธรรมชาติในพื้นที่ทั้งทางกายภาพ และพฤติกรรมของลำน้ำ เช่น ในอดีตเคยน้ำท่วมไหม, ท่วมบริเวณไหนบ้าง, ท่วมนานเท่าใด, ลักษณะลำคลองในอดีต, การใช้งานลำคลองในอดีต และลักษณะการทำเกษตรกรรมนาข้าวในอดีต เป็นต้น

จากการสัมภาษณ์พบว่าในอดีตเมื่อประมาณ 20-30 ปีที่แล้วพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำกะตะเป็นพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าวเป็นส่วนใหญ่ และลำน้ำส่วนต้นน้ำใกล้เชิงเขานั้นมีขนาดกว้างเพียงพอจะถูกจดจำว่าเป็นลำคลอง ซึ่งคลองสายโบราณที่ยังคงปรากฏอยู่จนถึงปัจจุบันนั้นอยู่บริเวณเชิงเขาด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของลุ่มน้ำบริเวณข้างที่ตั้งสำนักงานงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยของเทศบาลตำบลกะรน (ภาพที่ 56) แม้จะ

มีขนาดเล็กลงมาจากอดีตก็ตาม ซึ่งตรงตามแนวลำน้ำที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลเส้นชั้นความสูงโดยซอฟต์แวร์ ArcGIS ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลทางอุทกวิทยาเบื้องต้น



ภาพที่ 56 คลองสายโบราณข้างที่ตั้งสำนักงานงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยकरण
ที่มา: สํารวจด้วยตนเอง 31 ธันวาคม 2559

พื้นที่เกษตรกรรมนาข้าวถือเป็นประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินหลักที่ปรากฏในอดีต ซึ่งข้าวที่ชาวบ้านกะตะทำนั้นเป็นข้าวนาปีพึ่งน้ำฝนเป็นสำคัญโดยจะแบ่งทำเป็น 2 ช่วงคือ “ข้าวหนัก” จะกินช่วงระยะเวลาทำนาจนเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 6 เดือนโดยเริ่มตั้งแต่ช่วงเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นหน้าฝนของพื้นที่ในบริเวณนี้ และ “ข้าวเบา” จะกินระยะเวลาสั้นกว่าคือ 3 เดือน ซึ่งปกติจะเก็บเกี่ยวในระหว่างเดือนพฤศจิกายน และกุมภาพันธ์ (สัมภาษณ์, บุญเกื้อ, 16 กุมภาพันธ์ 2560) จากข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะมีช่วงฤดูทำนายาวนานถึง 9 เดือน โดยมีปริมาณน้ำฝนตกมากเพียงพอต่อการทำนาปีได้ และมีพื้นที่ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมตํ่าอยู่น้อย เป็นบริเวณที่ชาวบ้านเลือกตั้งบ้านเรือนอาศัยอยู่บริเวณเชิงเขา (สัมภาษณ์, สมัคร, 16 กุมภาพันธ์ 2560)

นอกจากน้ำฝนแล้วพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าวยังถูกหล่อเลี้ยงด้วยน้ำจากลำคลองอีกด้วย ในอดีตคลองปากบางบริเวณใกล้ทางน้ำออกสู่ทะเลมีขนาดกว้างประมาณถนนใหญ่ 2 เลนหรือประมาณ 8 เมตร จะข้ามคลองก็ต้องว่ายข้ามไป ซึ่งคลองมีความลึกประมาณท่วมหลังควาย หรือประมาณ 1.30-1.40 เมตร ส่วนในหน้าน้ำจะเอ่อสูงจนไม่สามารถข้ามได้ และเอ่อล้นจากลำน้ำเข้าท่วมพื้นที่นา โดยท่วมสูงประมาณความสูงคันนาหรือประมาณเข่า และท่วมเป็นระยะเวลาประมาณ 10 วัน (สัมภาษณ์, บุญเกื้อ, 16 กุมภาพันธ์ 2560) ซึ่งปัจจุบันพื้นที่นี้ยังคงเกิดน้ำท่วมเป็นประจำทุกปีโดยเฉพาะในช่วงเดือนกันยายน และตุลาคมของทุกปี โดยท่วมสูงถึง 1.20 เมตร ท่วมนานประมาณ 2-3 ชั่วโมงจึงจะระบายลงสู่ทะเลได้หมด (สัมภาษณ์, ธีรพงษ์ การดี, 6 พฤศจิกายน 2559)

4.1.3.3 จำแนก และเรียบเรียงข้อมูลจากการสำรวจ เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงฐานข้อมูลหลังการสำรวจต่อไป

4.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ

4.1.4.1 การเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์เชิงพื้นที่

ใช้การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม (Supervised classification) ในการปรับปรุงข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินให้สมบูรณ์ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น เพื่อให้จำแนกได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ร่วมกับข้อมูลแผนที่ทางทหาร, ภาพถ่ายทางอากาศในช่วงเวลาดังกล่าว และการลงพื้นที่สำรวจภาคสนามประกอบการปรับปรุงข้อมูลและคำนวณขนาดพื้นที่ รวมถึงข้อมูลทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำของพื้นที่เพื่อนำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง

4.1.4.2 การใช้แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองเพื่อการวิเคราะห์

วิเคราะห์ข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะซึ่งมีผลต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำโดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง เพื่อประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ โดยมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง และพิจารณาประกอบหลายด้าน ได้แก่ ข้อมูลประเภทสิ่งปกคลุมผิวดิน, ชนิดกลุ่มดิน, ปริมาณน้ำฝน 24 ชั่วโมง และลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายลำน้ำซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำของพื้นที่ โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง เนื่องจากมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยาอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน รวมถึงมีความเหมาะสมของการใช้งานซอฟต์แวร์ที่ไม่ซับซ้อนมากนักสำหรับผู้ทั่วไป และไม่เสียค่าใช้จ่าย โดยจะแสดงผลในรูปชลภาพน้ำท่าที่สามารถอธิบายถึงอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ และคำนวณปริมาณน้ำท่าผิวดินได้จากพื้นที่ใต้กราฟ

4.1.4.3 การใช้แบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ

วิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ของรูปแบบสิ่งปกคลุมผิวดินกับลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปบริเวณลุ่มน้ำกะตะโดยการซ้อนทับชั้นข้อมูลลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ระหว่าง ปี พ.ศ.2530 และ ปี พ.ศ.2559 ซึ่งอยู่ในรอบประมาณ 30 ปีย้อนหลัง

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินผ่านแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง ทำให้เข้าใจถึงปัจจัย หรือตัวแปรที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่ ซึ่งการสร้างแบบจำลองในพื้นที่ลุ่มน้ำการศึกษาเพื่อสังเกตถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จากการจำลองการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน 2 ช่วงเวลา ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินใน ปี พ.ศ.2530 และการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินใน ปี พ.ศ.2559 เพื่อประมาณการ และเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลง

ผลจากแบบจำลองสามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ของการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำการศึกษาโดยการซ้อนทับชั้นข้อมูลจากผลข้อมูลสภาพน้ำท่าที่ได้ และทำการเปรียบเทียบเพื่อสังเกตความแตกต่างที่เกิดขึ้น รวมถึงประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำเพื่อการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมต่อไป

4.1.5 การสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลจากการเปรียบเทียบข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำการศึกษาทำให้สามารถวิเคราะห์ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน ทราบถึงปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำ รวมถึงสามารถคาดการณ์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินทั้ง 2 ช่วงเวลา

4.2 การใช้แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง

4.2.1 สมการเพื่อประมาณการผลกระทบทางอุทกวิทยาเบื้องต้นจากแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง

การคำนวณปริมาณน้ำท่าผิวดินสามารถทำได้หลายวิธี และมีแบบจำลองเพื่อใช้สำหรับการประมาณการผลกระทบทางอุทกวิทยาหลายระดับขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน และความเหมาะสมของผู้ใช้ในระบบปฏิบัติการนั้นๆ

การคำนวณปริมาณน้ำท่าผิวดิน (Rational method/modified rational method) สมการโดยทั่วไปที่ใช้คำนวณคือ

$$\text{จากสูตร} \quad Q = C \times I \times A$$

โดยที่

Q = ปริมาณน้ำท่า หรือปริมาณน้ำที่ไหลบ่าลงสู่แม่น้ำ (Discharge)

มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที

C = ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบ่า (Coefficient of runoff)

I = ค่าความเข้มฝน (Rainfall intensity) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/วินาที

A = พื้นที่รับน้ำ (Watershed area) มีหน่วยเป็น ตารางกิโลเมตร

จากสมการข้างต้นทำให้ทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดน้ำท่า คือ ความรุนแรงและระยะเวลาที่ฝนตกกับค่าสัมประสิทธิ์การไหลบ่าในพื้นที่รับน้ำหนึ่งๆ ซึ่งเป็นสมการพื้นฐานสำหรับการคำนวณอย่างง่ายที่ไม่มีความซับซ้อน สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาขนาดทางระบายน้ำ และปริมาณการไหลของน้ำท่าผิวดินเพื่อการออกแบบวางแผนจัดการน้ำได้

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการประมาณการปริมาณน้ำท่าผิวดินนั้นมีหลายระดับ (Washington State Department of Fish and Wildlife, 2004, 2012) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ แบบจำลองการไหลแบบเหตุการณ์เดียว และแบบจำลองการไหลแบบต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1.1 แบบจำลองการไหลแบบเหตุการณ์เดียว (Single-event runoff models)

แบบจำลองการไหลของน้ำฝนส่วนใหญ่จะเป็นการจำลองการทำงานแบบเหตุการณ์เดียว โดยจำลองการไหลบ่าของน้ำฝนจากเงื่อนไขของความเข้มฝน (Precipitation intensity), อัตราการซึมผ่านของน้ำ (Infiltration rate), เวลาการไหลรวมตัวในลำน้ำ (Time of concentration) และเวลาในการเดินทางสู่ลำน้ำ (Time of travel) ซึ่งแบบจำลองในกลุ่มนี้มักใช้เพื่อการประมาณการปริมาณน้ำท่าสูงสุดของกลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง

1) Hydrologic modeling system (HEC-HMS)

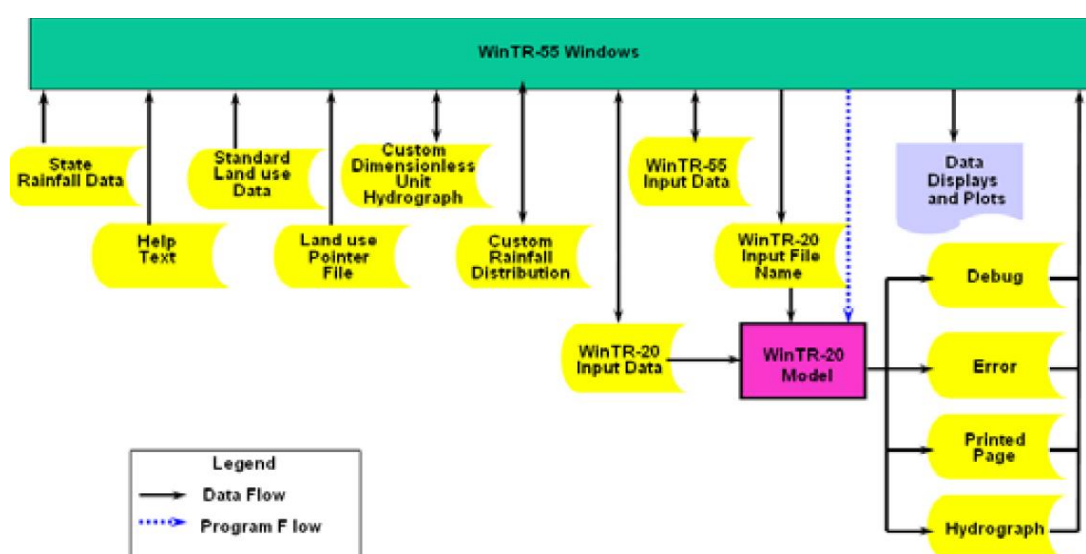
2) SCS/NRCS Curve number method

■ WinTR-55

แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง หรือ WinTR-55 ใช้ระบบปฏิบัติการหลักของ TR-20 เพื่อสร้างชลภาพน้ำท่า การป้อนข้อมูลส่วนประกอบโครงสร้างในเส้นทางการไหลของลำน้ำของแบบจำลองรองรับการไหลผ่านพื้นที่แหล่งน้ำปศุสัตว์ (Farm pond) แต่เป็นเพียงการทำงานขั้นพื้นฐานอย่างง่าย ทำให้ไม่เป็นที่นิยมของทางเลือกการออกแบบการบริหารจัดการน้ำฝน (Stormwater best management practices: BMPs)

■ TR-20

การสร้างชลภาพน้ำท่าในระบบปฏิบัติการ TR-20 เทียบเท่ากับระบบของ WinTR-55 โดยที่การป้อนข้อมูลส่วนประกอบโครงสร้างในเส้นทางการไหลของลำน้ำของ TR-20 นั้นจะมีความซับซ้อนมากกว่า WinTR-55 รองรับารป้อนข้อมูลแบบจำลองการไหลทั้งเชิงการพัฒนาพื้นที่ (Development), การระบายน้ำ (Drainage) และการกักเก็บน้ำ (Detention scenarios)



ภาพที่ 57 แผนภาพระบบปฏิบัติการแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง (Natural Resource Conservation Service, 2009, p. 2)

4.2.1.2 แบบจำลองการไหลแบบต่อเนื่อง (Continuous-flow simulation models)

แบบจำลองการไหลแบบต่อเนื่องใช้สำหรับตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงในลำน้ำจากการเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางอุทกวิทยาเพื่อประมาณการปริมาณน้ำท่าในพื้นที่เมือง และพิจารณาความถี่ และความเป็นไปได้ของปริมาณน้ำท่าจากชุดความเข้มฝนต่างๆ

- 1) GIS-based modeling system for watershed analysis: GISWA
- 2) Storm water management model: SWMM
- 3) The hydrological simulation program: HSPF

ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง เพื่อประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ เนื่องจากเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่ใช้กระบวนการไม่ซับซ้อนสำหรับผู้ใช้งานทั่วไปในการคำนวณปริมาณน้ำท่าผิวดิน และสามารถ

คาดการณ์อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำในพื้นที่ลุ่มขนาดเล็กได้ โดยมีการแสดงผลในรูปแบบตารางที่ใช้ในการสร้างชลภาพน้ำท่า ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง มีสมการซึ่งใช้ในการคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์ของปัจจัยต่างๆ โดยสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรในแต่ละสมการได้ดังต่อไปนี้ (Natural Resource Conservation Service, 2009)

- สมการคำนวณปริมาณการไหลของน้ำท่าผิวดิน (SCS/NRCS Curve number method)

จากสูตร
$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a)+S}$$

โดยที่

Q = ปริมาณน้ำท่าผิวดิน (นิ้ว)

P = ปริมาณน้ำฝนสะสม (นิ้ว)

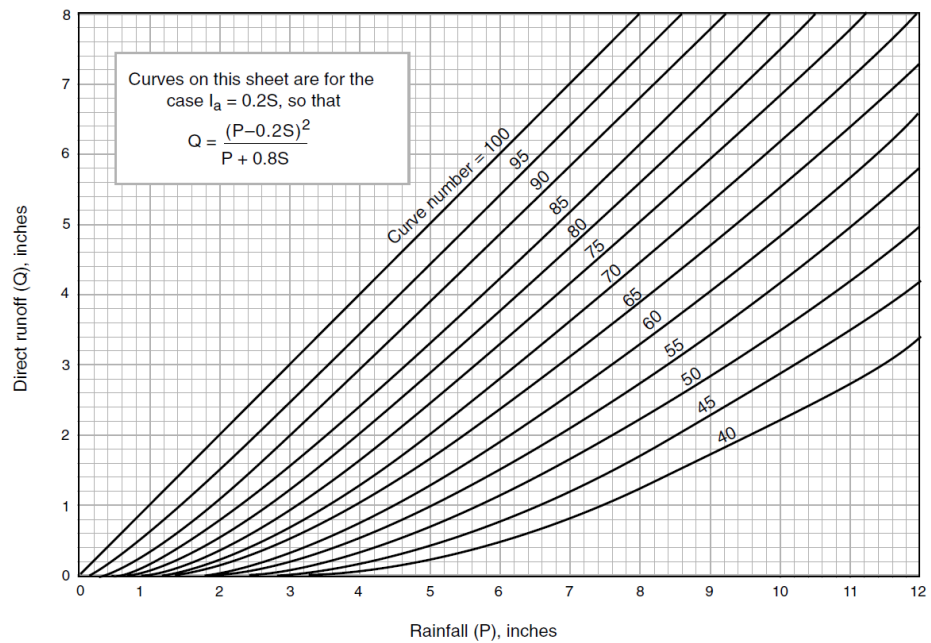
S = ศักยภาพการซึมน้ำสูงสุดของผิวดิน (นิ้ว)

I_a = การสูญหายเริ่มแรก (นิ้ว)

สมการมีหลักการโดยทั่วไปคือปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้ง (Precipitation; P) จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ การสูญหายเริ่มแรก หรือช่องว่างที่เหลืออยู่ภายในดิน (Initial abstraction; I_a), การซึมผ่านผิวดิน (Soil and Land cover; S) และน้ำท่า (Runoff; Q)

วิธีการของ SCS ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่าในพื้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลจากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณน้ำท่าผิวดินจะเริ่มเกิดขึ้นภายหลังจากที่ฝนตกไปแล้วช่วงระยะเวลาหนึ่ง ปริมาณฝนสูญหายเริ่มแรกก่อนการเกิดปริมาณน้ำท่าผิวดินนั้นถือเป็นการสูญหายเริ่มแรก ดังนั้นศักยภาพสูงสุดของการเกิดปริมาณน้ำท่าผิวดินคือ $(P - I_a)$ โดยเกิดการสูญเสียดังกล่าวจากการซึมลงผ่านผิวดินไปพร้อมกัน และส่วนที่เหลือจะกลายเป็นปริมาณน้ำท่าผิวดิน (Direct runoff; Q) (Natural Resource Conservation Service, 1986; ประกอบ วิโรจนกฤษ, 2539)

เมื่อนำข้อมูลปริมาณฝนสะสม (P) และปริมาณน้ำท่าผิวดิน (Q) ของพื้นที่มาหาความสัมพันธ์พบว่าพื้นที่รับน้ำที่ไม่ซึมน้ำ ($S=0$) ไปจนถึงพื้นที่รับน้ำที่ยอมให้น้ำซึมผ่านสูง (S มีค่าสูงมาก) เป็นไปดังภาพที่ 58 และได้รับการปรับปรุงไปเป็นเส้นมาตรฐานโดยการกำหนดค่าที่ไม่มีหน่วยขึ้นเรียกว่า Curve number: CN



ภาพที่ 58 เส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P และ Q ตามวิธีของ SCS
(Natural Resource Conservation Service, 1986, p. 2-2)

ค่า CN หาได้จากการสำรวจสภาพดิน, การปกคลุมดิน และสภาพความชื้นของดิน ซึ่งอยู่ภายใต้ 2 เงื่อนไข คือ เงื่อนไขความสามารถในการดูดซับน้ำ และกักเก็บน้ำของดิน (Hydrologic soil group) และเงื่อนไขของสภาพภูมิประเทศที่ส่งเสริมให้มีการดูดซับ และกักเก็บน้ำฝน

การศึกษาวิจัยพื้นที่ซึ่งมีรูปแบบสิ่งปกคลุมผิวดินหลายประเภท ค่า CN จะแตกต่างกันไปตามประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินนั้น โดย SCS ได้มีการจัดแบ่งค่า CN ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินตามตารางที่ 1 การนำค่า CN มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและตรงกับพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษานั้นจึงต้องมีการเทียบข้อมูลกลุ่มดิน เพื่อนำไปใช้ในการนำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลองต่อไป

ตารางที่ 1 ค่า CN สำหรับพื้นที่รับน้ำที่รับน้ำตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ โดยวิธีการแบ่งของ SCS (ประกอบ วิโรจนกุฎ, 2539, น. 111)

Land Use Description	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated land ¹ : without conservation treatment	72	81	88	91
with conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land: poor condition	68	79	86	89
good condition	39	61	74	80
Meadow: good condition	30	58	71	78
Wood or forest land: thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
good cover ²	25	55	70	77
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93
Residential ³ :				
Average lot size	Average % impervious ⁴			
1/8 acre or less	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. ⁵	98	98	98	98
Streets and roads:				
paved with curbs and storm sewers ⁵	98	98	98	98
gravel	76	85	89	91
dirt	72	82	87	89

¹For a more detailed description of agricultural land use curve numbers, refer to Soil Conservation Service, 1972, Chap. 9

²Good cover is protected from grazing and litter and brush cover soil.

³Curve numbers are computed assuming the runoff from the house and driveway is directed towards the street with a minimum of roof water directed to lawns where additional infiltration could occur.

⁴The remaining pervious areas (lawn) are considered to be in good pasture condition for these curve numbers.

⁵In some warmer climates of the country a curve number of 95 may be used.

ค่า CN ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินตามแบบจำลองอุทกวิทยาที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองนั้นจะใช้วิธีการคำนวณค่า CN เฉลี่ยจากการป้อนข้อมูลขนาดพื้นที่ตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในกลุ่มดินต่างๆ เนื่องจากการคำนวณพื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละส่วนจะประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินหลากหลายประเภท

- สมการคำนวณเวลาการเดินทางของน้ำผิวดิน (Travel time; T_t) และเวลาการไหลรวมตัวของน้ำในลำน้ำ (Time of concentration; T_c)

จากสูตร
$$T_t = \frac{L}{3600V}$$

โดยที่ T_t = เวลาการเดินทางของน้ำ (ชั่วโมง)

L = ความยาวลำน้ำหรือระยะทางของการไหลบนผิวดิน (ฟุต)

V = ความเร็วในการไหลเฉลี่ย (ฟุต/วินาที)

3600 = การแปลงหน่วยจากวินาทีเป็นชั่วโมง

จากสูตร
$$T_c = T_{t_1} + T_{t_2} + \dots + T_{t_m}$$

โดยที่ T_c = เวลาการไหลรวมตัวของน้ำในลำน้ำ (ชั่วโมง)

m = จำนวนหน่วยการไหล

- สมการคำนวณความเร็วในการไหลของน้ำในลำน้ำ (V)

จากสูตร
$$V = \frac{1.49r^{\frac{2}{3}}s^{\frac{1}{2}}}{n}$$

โดยที่ V = ความเร็วในการไหลเฉลี่ย (ฟุต/วินาที)

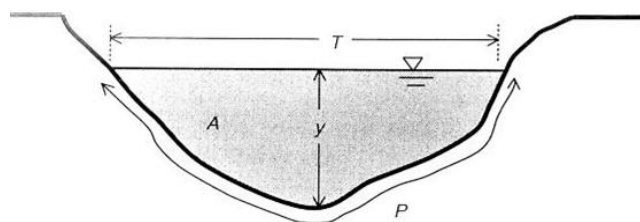
r = รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius) (ฟุต) = $\frac{a}{p_w}$;

a = พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ (ตารางฟุต)

p_w = ความยาวเส้นรอบรูปเปียกลำน้ำ (ฟุต)

s = ความลาดเอียงลำน้ำ (ฟุต/ฟุต)

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระพื้นผิวลำน้ำของ Manning's (สำหรับลำน้ำแบบเปิด)



ภาพที่ 59 การวัดค่ารัศมีชลศาสตร์ลำน้ำ (Akan & Houghtalen, 2003, p. 66)

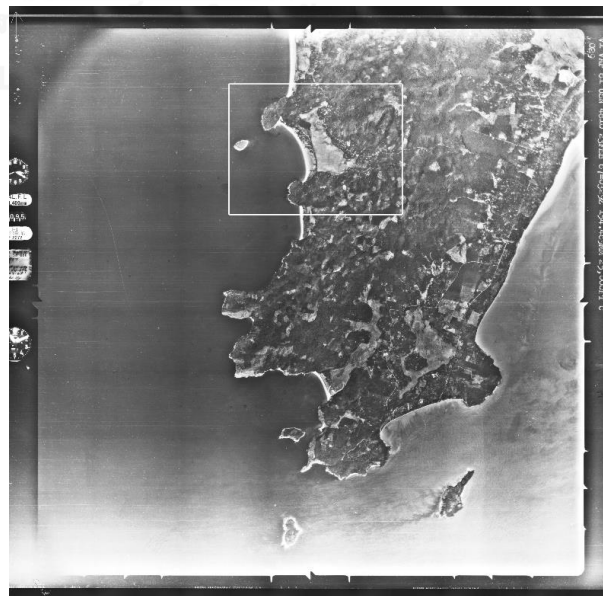
4.2.2 การเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

4.2.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ

- 1) ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ กรมแผนที่ทหาร มีการเก็บข้อมูลเป็น 2 ช่วงเวลา คือในปี พ.ศ.2510 และ ปี พ.ศ.2538

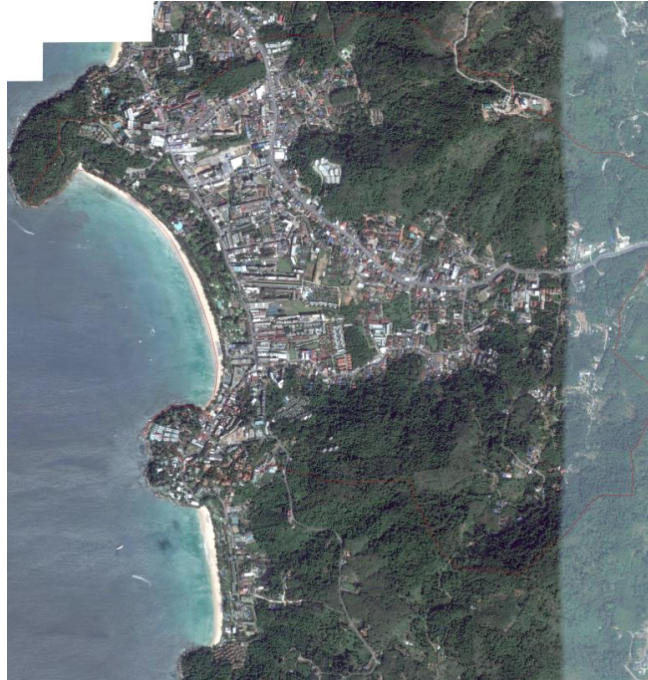


ภาพที่ 60 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณลุ่มน้ำกรณีสึกษา อ่าวกะตะ ต.กะรน
อ.เมือง จ.ภูเก็ต จากกรมแผนที่ทหาร (2510)



ภาพที่ 61 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณลุ่มน้ำกรณีสึกษา อ่าวกะตะ ต.กะรน
อ.เมือง จ.ภูเก็ต พ.ศ.2538 จากกรมแผนที่ทหาร (2538)

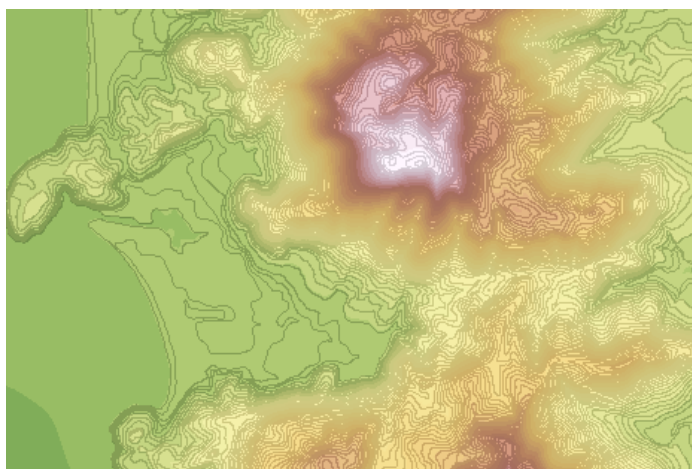
2) ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ Google Earth ปี พ.ศ.2559



ภาพที่ 62 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณลุ่มน้ำกรณีศึกษา อ่าวกะตะ ต.กะรน
อ.เมือง จ.ภูเก็ต จาก Google Earth (2016)

4.2.2.2 ข้อมูลเส้นชั้นความสูง

ข้อมูลเส้นระดับชั้นความสูง ระดับความห่างชั้นทุกระยะ 2 เมตร (Contour interval) สำหรับการคำนวณความลาดเอียงลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา และการวิเคราะห์เส้นทางลำน้ำตามข้อมูลเส้นชั้นความสูงโดยซอฟต์แวร์ ArcGIS



ภาพที่ 63 เส้นระดับชั้นความสูงบริเวณลุ่มน้ำกะตะ

4.2.2.3 ข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมผิวดิน

จากผลการวิเคราะห์จำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยซอฟต์แวร์ ENVI นำมาปรับปรุงข้อมูลร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ และการสำรวจภาคสนาม ในซอฟต์แวร์ ArcGIS เพื่อคำนวณขนาดพื้นที่ก่อนนำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลองเพื่อประมาณการผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำต่อไป

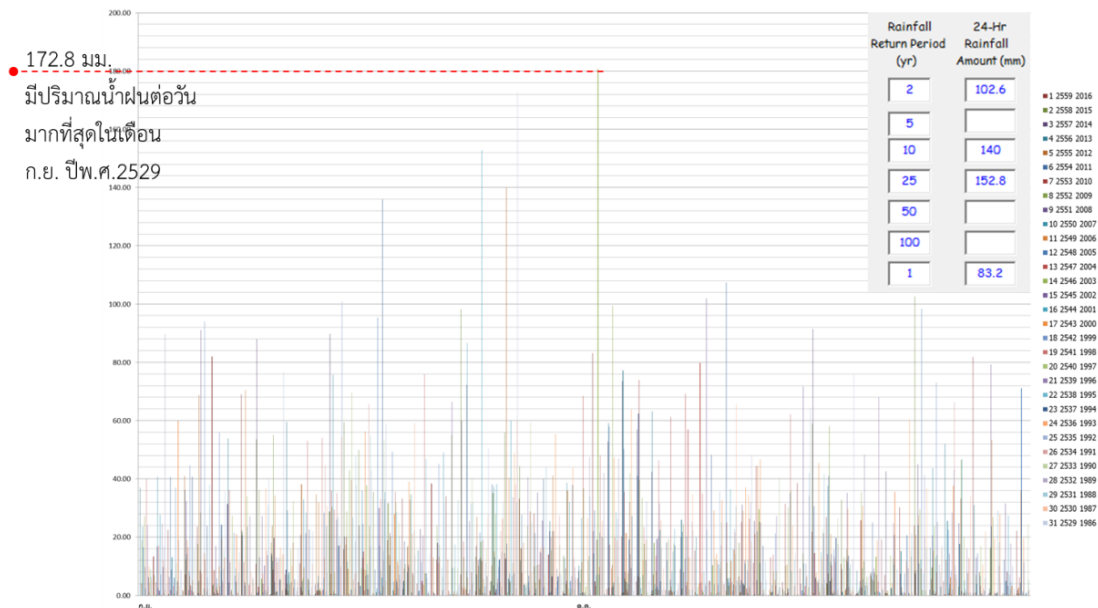
4.2.2.4 ข้อมูลชนิดกลุ่มดิน

การจำแนกลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกรจำแนกประเภทการใช้ที่ดินในแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองแล้วสามารถจัดกลุ่มของลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดิน ได้ดังตารางที่ 2

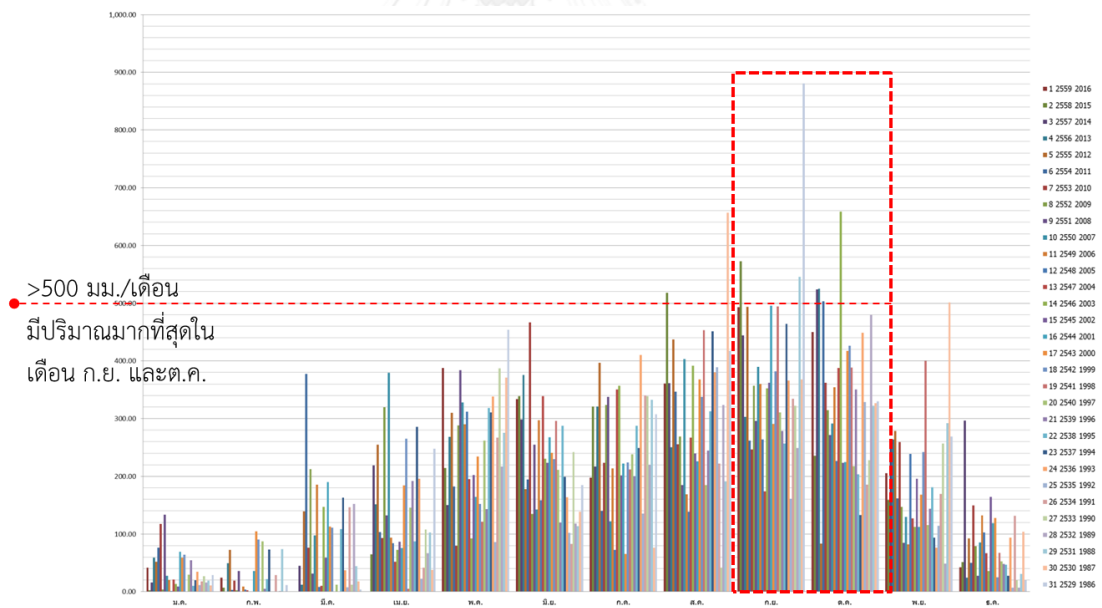
4.2.2.5 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันช่วง ปี พ.ศ.2529-2559 สถานี 564201-ภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต จากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองคือข้อมูลปริมาณน้ำฝนซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน หรือน้ำฝนที่ตกนาน 24 ชั่วโมง ที่คาบการเกิดฝนระหว่าง 2-30 ปี

ค่าปริมาณน้ำฝนในรอบ 2-30 ปี ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง โดยปริมาณน้ำฝนในรอบ 1 ปี มีค่าเท่ากับ 83.20 มิลลิเมตร รอบ 2 ปี มีค่าเท่ากับ 102.60 มิลลิเมตร รอบ 5 ปี ไม่พบค่าสูงกว่ารอบ 2 ปี รอบ 10 ปี มีค่าเท่ากับ 140 มิลลิเมตร และรอบ 25 ปี มีค่าเท่ากับ 152.80 มิลลิเมตร ซึ่งจะป้อนข้อมูลดังกล่าวในแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์ผลต่อไป



ภาพที่ 64 ปริมาณน้ำฝนรายวันย้อนหลัง 30 ปี จ.ภูเก็ต ในเดือนกันยายน และเดือนตุลาคม



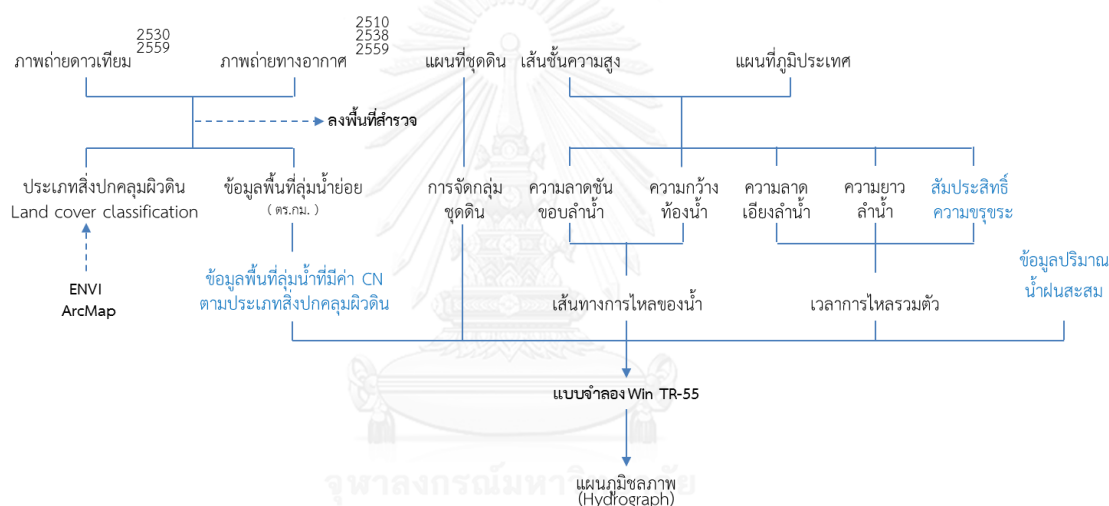
ภาพที่ 65 ปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือนย้อนหลัง 30 ปี จ.ภูเก็ต

4.2.2.6 ข้อมูลเส้นทางน้ำ

เตรียมข้อมูลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางอุทกวิทยาโดยใช้เครื่องมืออุทกวิทยาในซอฟต์แวร์ ArcGIS โดยข้อมูลเส้นชั้นความสูงจากกรมพัฒนาที่ดิน ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ, แผนที่ทางทหาร และการสำรวจภาคสนาม

4.2.3 การใช้แบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำศึกษา

จากการเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา ป้อนในแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง เพื่อการวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยาจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน ประกอบด้วยการแปลงข้อมูลและการป้อนข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 66

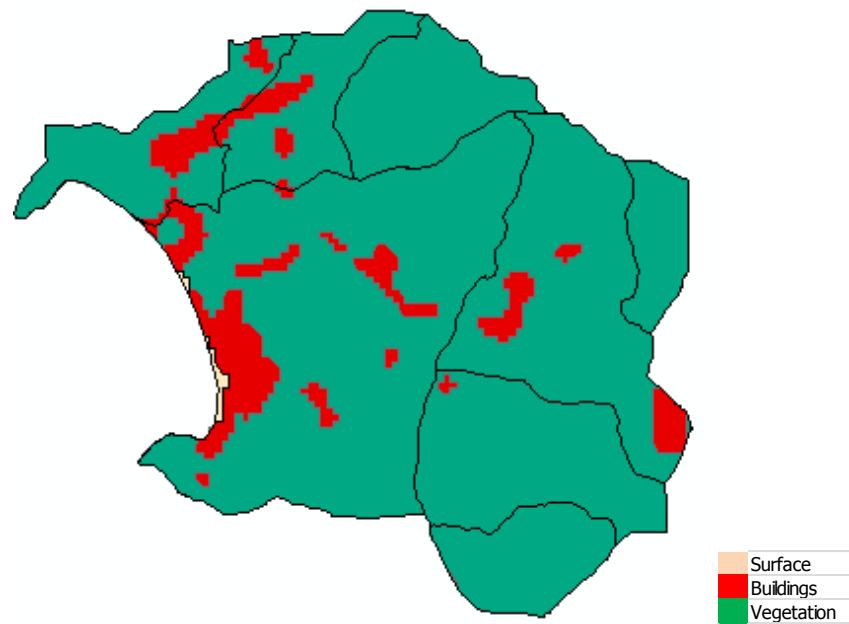


ภาพที่ 66 แผนภาพแสดงขั้นตอนการจัดทำข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ผลกระทบ โดยแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง

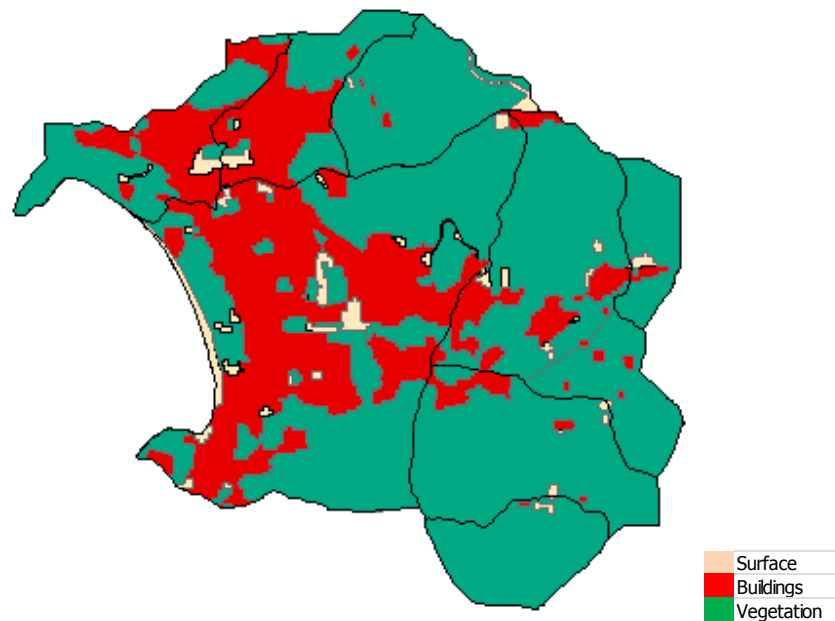
4.2.3.1 การแปลงข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศ ด้วยการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมผิวดิน

จากทฤษฎีการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินนำมาประยุกต์เข้ากับระบบการจำแนกของแบบจำลอง ได้แบ่งลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินออกเป็น 5 ลักษณะ ดังนี้

- 1) พื้นที่ซึ่งปกคลุมด้วยผืนป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ (Woods)
- 2) พื้นที่ปกคลุมด้วยผืนป่าสลับทุ่งหญ้า (Woods and grass combination)
- 3) พื้นที่สวนมะพร้าว, สวนยางพารา และสวนผลไม้ (Cultivated agriculture)
- 4) พื้นที่นาข้าว (Rice field)
- 5) พื้นที่พัฒนาแล้ว หรือพื้นที่เมือง (Developed area)



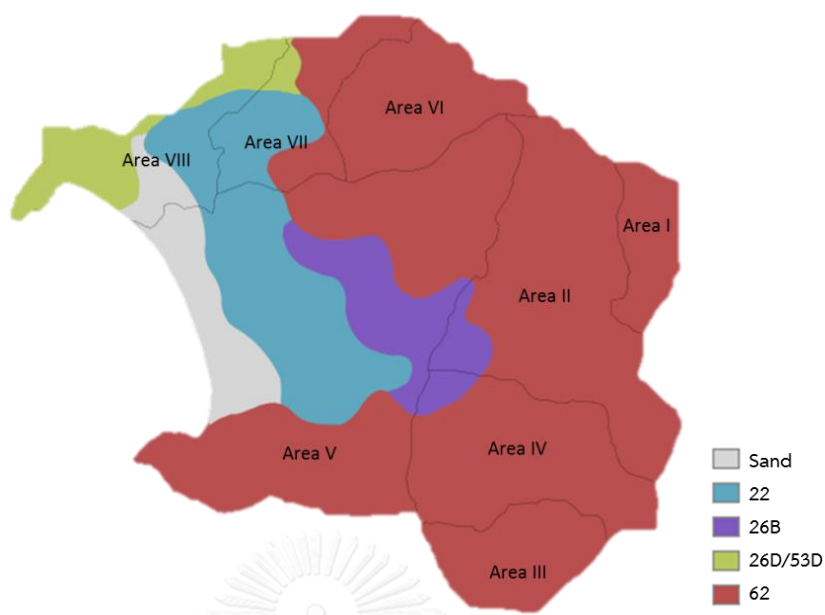
ภาพที่ 67 การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำกะตะ ปี พ.ศ.2530



ภาพที่ 68 การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำกะตะ ปี พ.ศ.2559

4.2.3.2 การจำแนกข้อมูลประเภทชุดดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา

จำแนกประเภทชุดดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำกระฉี่ศึกษาประกอบด้วยกลุ่มชุดดิน 5 กลุ่มชุดดินซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันไป โดยการแบ่งกลุ่มดินตามวิธีของ SCS ดังแสดงในตารางที่ 3



ภาพที่ 69 การจำแนกชนิดกลุ่มดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะ

ตารางที่ 3 การจำแนกข้อมูลประเภทชุดดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา

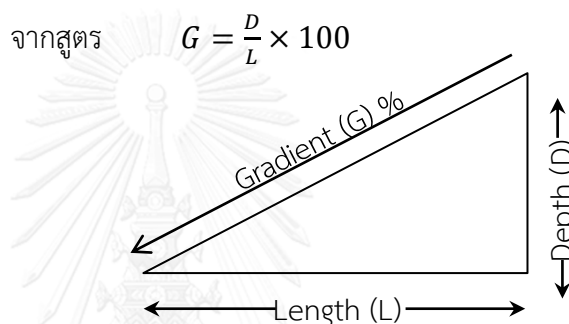
Sub-area	Soil	Group	Area (sq.km.)
Area I	62	A	0.177671
Area II	62	A	0.85437
	26B	B	0.06543
Area III	62	A	0.295478
Area IV	62	A	0.568818
	26B	B	0.037436
Area V	62	A	0.975158
	26B	B	0.260134
	22	C	0.511156
	SAND	C	0.223976
Area VI	62	A	0.399259
Area VII	62	A	0.173576
	26D/53D	D	0.024749
	22	C	0.152385
Area VIII	26D/53D	D	0.227379
	22	C	0.121099
	SAND	C	0.068729

4.2.3.3 ข้อมูลรายละเอียดพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา

จากการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน และชนิดกลุ่มดิน สามารถสรุปข้อมูลพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 8 ส่วนได้ดังตารางที่ 2 โดยแต่ละพื้นที่มีลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินแตกต่างกัน และแบ่งตามการจัดชนิดกลุ่มดินทางอุทกวิทยาตามวิธีของ SCS ที่มีอัตราการซึมแตกต่างกัน เพื่อนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน

4.2.3.4 การคำนวณหาความลาดเอียงและความยาวของลำน้ำ

- สมการคำนวณหาความลาดเอียงลำน้ำ



โดยที่ D = ระยะต่างของความสูงของเส้นระดับ (Vertical depth)

L = ระยะห่างระหว่างเส้นระดับในผัง (Horizontal length)

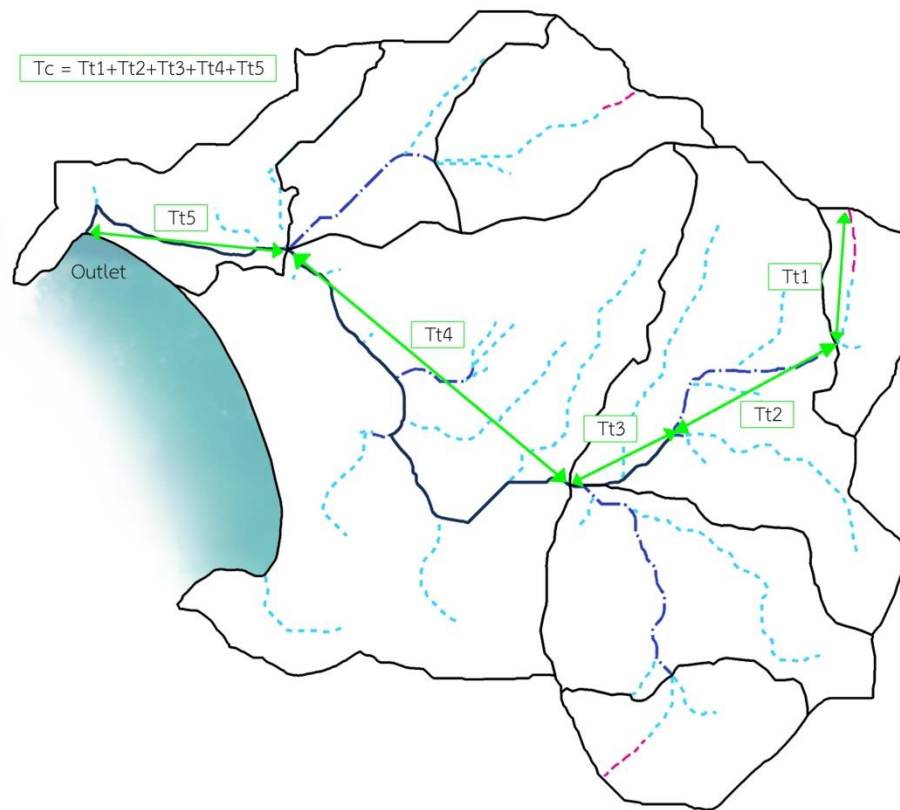
G = ความลาดเอียง (Gradient) มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

ตารางที่ 4 ข้อมูลลำน้ำบริเวณลุ่มน้ำกะตะ จ.ภูเก็ต

Reach	Flows into upstream end	Length (m)	Manning's	Slope (m/m)	Bottom Width (m)	Average Side Slopes
Reach A	Reach C	1,173.96	0.03	0.06	3.28	5.2:1
Reach B	Reach C	897.12	0.03	0.16	6.48	2.8:1
Reach C	Reach E	1,706.65	0.035	0.038	302.23	23.6:1
Reach D	Reach E	649.89	0.035	0.0217	9.47	26.9:1
Reach E	Outlet	814.45	0.025	0.0074	17.72	6.4:1

4.2.3.5 ระยะเวลาการไหลรวมตัวของน้ำ (Time of concentration)

ในการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยทั้ง 8 ส่วน การคำนวณระยะเวลาการไหลรวมตัวของน้ำในลำน้ำ (ภาพที่ 70) ต้องมีการคำนวณจากความยาวของลำน้ำ ความลาดของลำน้ำ และสัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นผิวลำน้ำ เพื่อนำค่าดังกล่าวไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำต่อไป

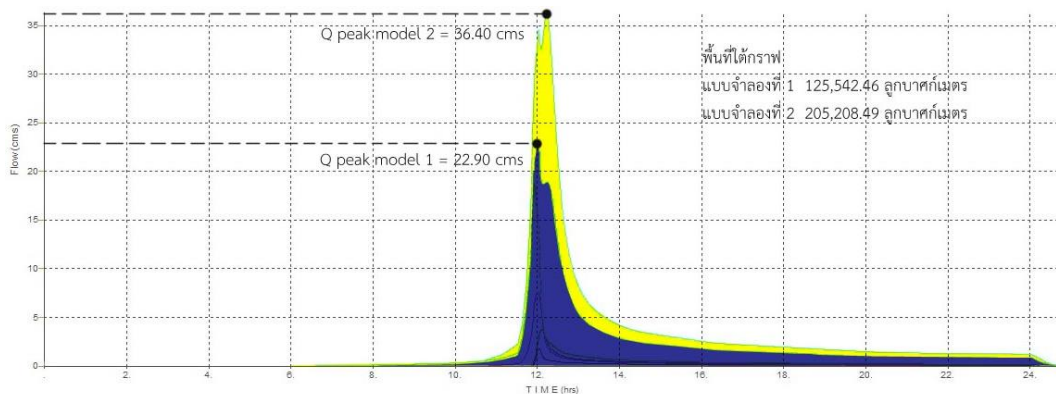


ภาพที่ 70 การคำนวณเวลาการไหลรวมตัวของน้ำในลำน้ำ

4.2.4 การใช้แบบจำลองเพื่อการเปรียบเทียบ

งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองเข้ามาช่วยในการประมาณการผลกระทบที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่โดยการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน 2 ช่วงเวลาเพื่อเปรียบเทียบและประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ ดังนี้

- 1) การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินใน ปี พ.ศ.2530 (ก่อนการพัฒนา)
- 2) การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินใน ปี พ.ศ.2559 (หลังการพัฒนา)



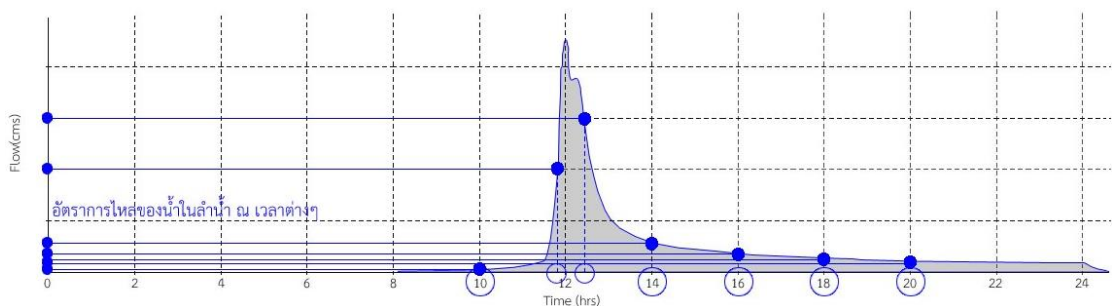
ภาพที่ 71 ตัวอย่างการเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินแบบจำลองที่ 1 และ 2 แสดงการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดิน และการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุด

4.2.5 การนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์

จากข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลองเปรียบเทียบกับแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองเพื่อการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินซึ่งส่งผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาอธิบายการเพิ่มสูงขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดิน และอัตราการไหลสูงสุดในลำน้ำได้

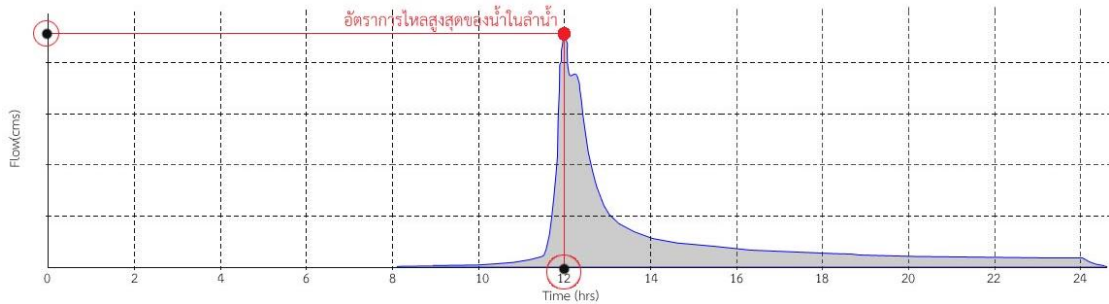
ผลจากแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง จะแสดงในรูปชลภาพน้ำท่า ซึ่งการอ่านชลภาพน้ำท่าสามารถบอกข้อมูลจากการประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ ได้ดังนี้

- อัตราการไหลของน้ำในลำน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ณ เวลาต่างๆ (ชั่วโมง)



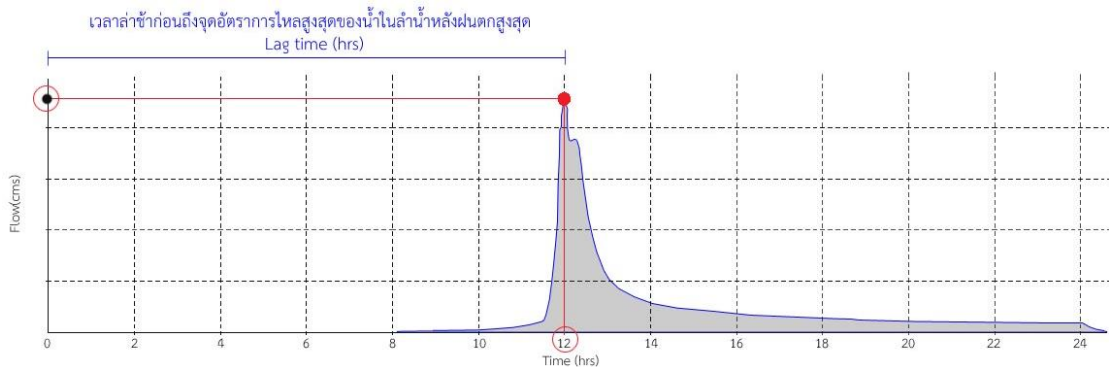
ภาพที่ 72 การอ่านค่าอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำ ณ เวลาต่างๆ

- อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ณ เวลาหนึ่ง (ชั่วโมง) จากจุดกราฟส่วนยอด (Peak flow)



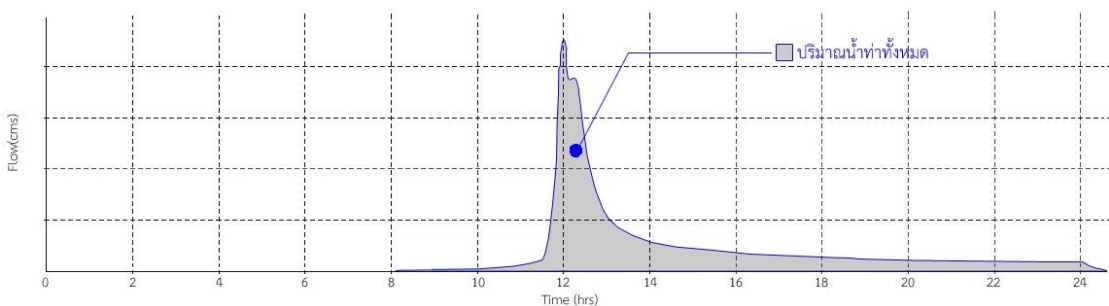
ภาพที่ 73 การอ่านค่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ

- จำนวนเวลาล่าช้า (Lag time) จากช่วงเวลาระหว่างปริมาณฝนสูงสุด และจุดอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำสุด



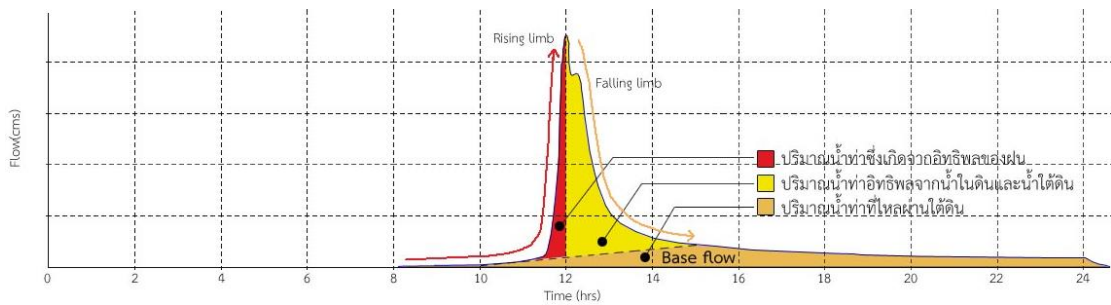
ภาพที่ 74 การอ่านค่าเวลาล่าช้าก่อนถึงจุดอัตราการไหลสูงสุดของน้ำหลังเกิดปริมาณฝนสูงสุด

- ปริมาณน้ำท่าทั้งหมดที่เกิดขึ้น (ลูกบาศก์เมตร) จากการหาพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมด



ภาพที่ 75 การหาปริมาณน้ำท่าทั้งหมด

- ปริมาณน้ำท่าซึ่งเกิดจากอิทธิพลของฝน (ลูกบาศก์เมตร) จากการหาพื้นที่ใต้กราฟส่วนขึ้น (Rising limb)
- ปริมาณน้ำท่าซึ่งเกิดจากอิทธิพลของน้ำในดินและน้ำใต้ดินเท่านั้นโดยไม่มีอิทธิพลของฝนร่วมด้วย (ลูกบาศก์เมตร) จากการหาพื้นที่ใต้กราฟส่วนลด (Falling limb)

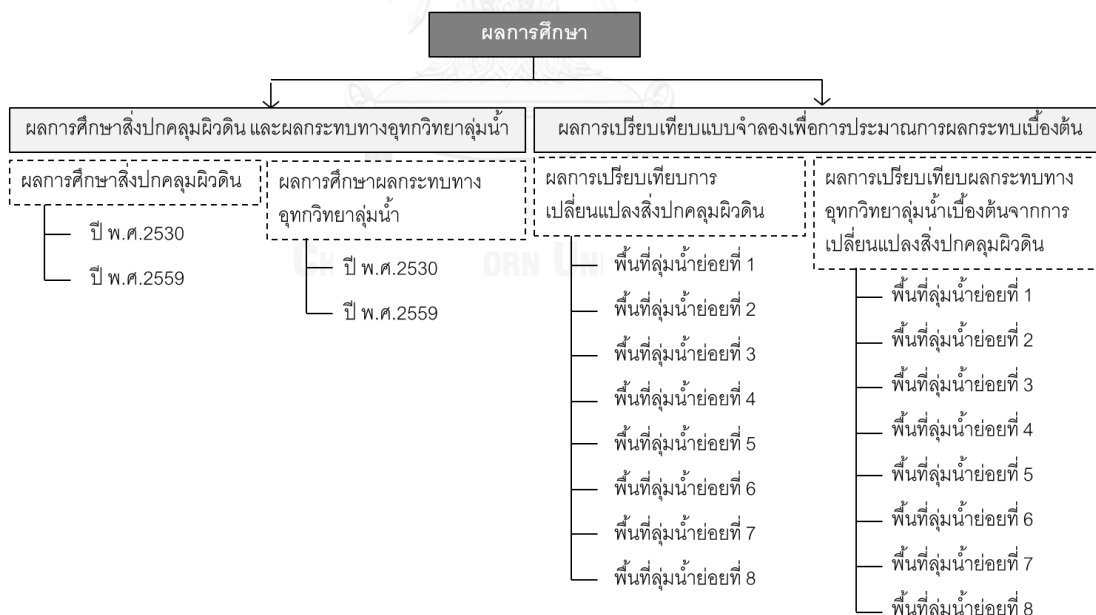


ภาพที่ 76 การหาปริมาณน้ำท่าซึ่งเกิดจากอิทธิพลของฝน และปริมาณน้ำท่าซึ่งเกิดจากอิทธิพลของน้ำในดินและน้ำใต้ดิน

บทที่ 5 ผลการศึกษา

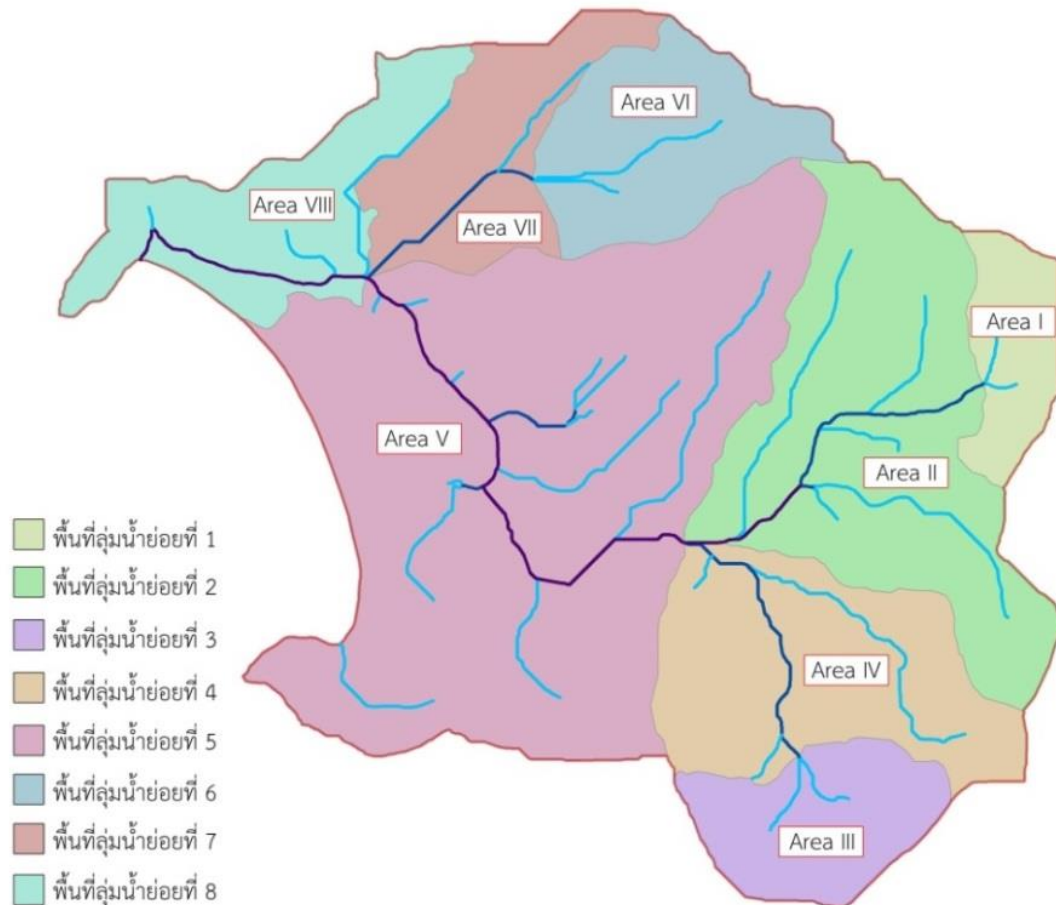
ผลการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะกล่าวถึงผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน และผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำแยกเป็น 2 ปี ได้แก่ ปี พ.ศ.2530 (แบบจำลองที่ 1) และ ปี พ.ศ.2559 (แบบจำลองที่ 2) และในส่วนที่ 2 จะกล่าวถึงผลการเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อการประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากผลการศึกษาในส่วนแรก โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน และผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ
 - ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน
 - ผลการศึกษาผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ
- 2) ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อการประมาณการผลกระทบเบื้องต้น
 - ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน
 - ผลการเปรียบเทียบผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำเบื้องต้นจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน



ภาพที่ 77 โครงสร้างการนำเสนอผลการศึกษา

5.1 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดินและผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ



ภาพที่ 78 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยทั้ง 8 ส่วนในพื้นที่ลุ่มน้ำการศึกษา ลุ่มน้ำกะตะ

ผลการศึกษาที่เกิดจากการสร้างแบบจำลองสิ่งปกคลุมผิวดิน 2 ช่วงเวลา คือ ปี พ.ศ.2530 และ ปี พ.ศ.2559 โดยแบ่งการวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำการศึกษาตามพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยทั้ง 8 ลุ่มน้ำ และวิเคราะห์ภาพรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำการศึกษาทั้งลุ่มน้ำ ผ่านเครื่องมือแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง ซึ่งมีรายละเอียดผลการศึกษา และวิเคราะห์ ดังนี้




5.1.1 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน

5.1.1.1 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2530 (ตารางที่ 5-6)








ภาพที่ 79 ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2530 ตามแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2530 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1-3

Sub-area	2530	Soil	CN	Weighted CN	Area(km ²)	Total Area
Area I		A	Woods: Good	30	30	0.178
Area II		A	Woods: Good	30	33	0.772
		A	Residential districts : 12%	46		0.086
		B	Woods: Good	55		0.062
		B	Residential districts : 12%	65		0.003
Area III		A	Woods: Good	30	30	0.295

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2530 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 4-8

Sub-area	2530	Soil	CN	Weighted CN	Area(km ²)	Total Area	
Area IV		A	Woods: Good	30	32	0.569	0.606
		B	Woods: Good	55		0.032	
		B	Residential districts : 12%	65		0.005	
Area V		A	Woods: Good	30	54	0.951	1.970
		A	Residential districts : 12%	46		0.027	
		B	SG - C&T + Crop residue : Good	69		0.214	
		B	Residential districts : 12%	65		0.046	
		C	SG - Contoured (C) : Good	81		0.459	
		C	Residential districts : 12%	77		0.197	
		C	Woods - grass combination : Fair	76		0.063	
		C	Bare soil	91		0.014	
Area VI		A	Woods: Good	30	30	0.399	0.399
Area VII		A	Woods: Good	30	56	0.167	0.350
		A	Residential districts : 12%	46		0.007	
		D	SG - Contoured (C) : Good	84		0.020	
		D	Residential districts : 12%	82		0.005	
		C	SG - Contoured (C) : Good	81		0.109	
		C	Residential districts : 12%	77		0.043	
Area VIII		D	RC - Cont & terraced(C&T) : Good	81	80	0.215	0.416
		C	SG - Contoured (C) : Good	81		0.073	
		C	Residential districts : 25%	80		0.048	
		C	Woods - grass combination : Fair	76		0.053	
		C	Residential districts : 12%	77		0.026	

5.1.1.2 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2559 (ตารางที่ 7-8)






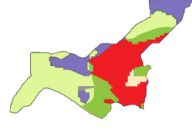


ภาพที่ 80 ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2559 ตามแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2559 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1-2

Sub-area	2559	Soil	CN	Weighted CN	Area(km ²)	Total Area
Area I		A	Woods: Good	30	33	0.164
		A	Bare soil	77		0.005
		A	Residential districts : 65%	77		0.008
Area II		A	Woods: Fair	43	44	0.734
		A	Residential districts : 65%	77		0.106
		A	Bare soil	77		0.015
		B	Woods: Poor	66		0.029
		B	Residential districts : 65%	85		0.040

ตารางที่ 8 ผลการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2559 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 3-8

Sub-area	2559	Soil	CN	Weighted CN	Area(km ²)	Total Area	
Area III		A	Woods: Good	30	31	0.291	0.295
		A	Residential districts : 30%	57		0.001	
		A	Bare soil	77		0.004	
Area IV		A	Woods: Fair	36	40	0.538	0.606
		A	Residential districts : 38%	77		0.025	
		A	Bare soil	77		0.006	
		B	Woods: Poor	66		0.020	
		B	Residential districts : 65%	85		0.018	
Area V		A	Woods: Good	30	64	0.733	1.970
		A	Residential districts : 65%	77		0.215	
		A	Bare soil	77		0.022	
		B	Woods: Fair	60		0.060	
		B	Residential districts : 65%	85		0.188	
		B	Bare soil	86		0.012	
		C	Open space : >75%	74		0.195	
		C	UD - Commercial & District : 85%	94		0.385	
		C	Bare soil	91		0.028	
		C	UD - Industrial : 72%	91		0.097	
		C	IA - Paved	98		0.035	
Area VI		A	Woods: Good	30	32	0.382	0.399
		A	IA - Street and roads : open ditches	83		0.012	
		A	Residential districts : 30%	57		0.006	
Area VII		A	Woods: Good	30	64	0.138	0.350
		A	Residential districts : 65%	77		0.034	
		D	RC - Cont & terraced(C&T) : Good	81		0.014	
		D	Residential districts : 30%	86		0.011	
		C	Open space : >75%	74		0.009	
		C	Residential districts : 65%	90		0.135	
		C	IA - Street and roads : dirt	87		0.009	
Area VIII		D	Woods: Good	77	84	0.160	0.416
		D	UD - Industrial : 72%	93		0.036	
		D	IA - Street and roads : sewers	98		0.006	
		C	Open space : >75%	74		0.061	
		C	UD - Commercial & District : 85%	94		0.141	
		C	IA - Street and roads : dirt	87		0.010	
		C	Bare soil	91		0.001	

จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้ทราบค่า CN เฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเปรียบเทียบ 2 ปีในรอบ 30 ปี ซึ่งผลการศึกษาส่วนนี้ได้นำไปศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติการซึมน้ำของพื้นที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดิน รวมถึงการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินแต่ละบริเวณของพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า CN เพิ่มสูงขึ้น (ซึมผ่านได้น้อย) มากที่สุดคือพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 2 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 10 หน่วย

5.1.2 ผลการศึกษาผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ

การวิจัยนี้ได้กำหนดให้ค่าของลำน้ำมีค่าคงที่จากการควบคุมให้ตัวแปรของลำน้ำคงเดิม และให้มีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะข้อมูลลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินซึ่งเป็นตัวแปรที่ทำการศึกษา โดยการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน 2 ปี ได้แก่ ปี พ.ศ.2530 และ ปี พ.ศ.2559

การเดินทางของน้ำจากต้นน้ำสู่ปลายทางออกน้ำที่ทะเลของพื้นที่กรณศึกษานั้นต้องไหลผ่านพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนต่างๆ ซึ่งระยะเวลาการเดินทางของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งในลุ่มน้ำย่อยส่วนต่างๆ นั้นใช้ระยะเวลาต่างกันขึ้นอยู่กับระยะทางที่น้ำไหลผ่านพื้นที่นั้นๆ หรือความยาวลำน้ำ ความลาดเอียงของลำน้ำ รวมถึงลักษณะของพื้นผิวลำน้ำแต่ละส่วน เป็นปัจจัยที่ทำให้ระยะเวลาการไหลของน้ำในลำน้ำแตกต่างกันออกไป ผลการศึกษาส่วนนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดของระยะเวลาการไหลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแต่ละส่วนซึ่งจะมีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นผิวลำน้ำแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยให้ข้อมูลลำน้ำทั้งสองช่วงเวลามีค่าเท่ากัน (ข้อมูล ปี พ.ศ.2530) มีรายละเอียดดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ

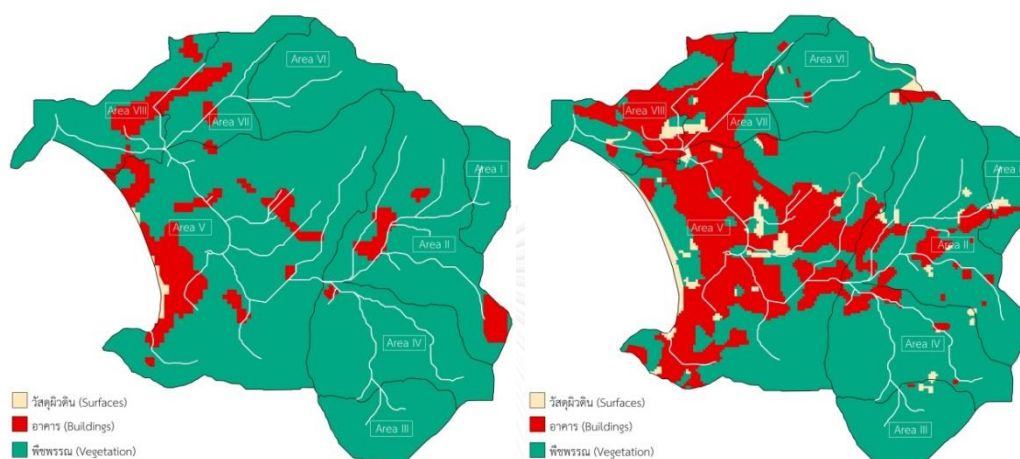
Sub-area	Identifier	Tt (hr)	Tt (hr)	Sub-area	Identifier	Tt (hr)	Tt (hr)
Area I	Sheet	0.267	0.315	Area V	Shallow	0.380	0.53
	Shallow	0.048			Channel	0.150	
Area II	Shallow	0.271	0.271	Area VI	Sheet	0.288	0.381
Area III	Sheet	0.259	0.325		Shallow	0.093	
	Shallow	0.066		Area VII	Shallow	0.162	0.178
Area IV	Shallow	0.127	0.127		Channel	0.016	
				Area VIII	Channel	0.056	0.100

จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้ทราบระยะเวลาการไหลรวมตัวของน้ำรวมของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งผลการศึกษาส่วนนี้เป็นส่วนหนึ่งของการประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในส่วนต่อไป

5.2 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อการประมาณการผลกระทบเบื้องต้น

5.2.1 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน

การจำแนก และวิเคราะห์เปรียบเทียบประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในรอบประมาณ 30 ปี บริเวณลุ่มน้ำกะตะ โดยเชื่อมโยงกับวิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมินิเวศเมือง และเปรียบเทียบผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะโดยชลภาพน้ำท่า



ภาพที่ 81 ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ ชาย-ปี พ.ศ.2530, ขวา-ปี พ.ศ.2559

ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่กรณีศึกษา โดยแบ่งลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินออกเป็น 3 องค์ประกอบหลักตามแนววิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพ ได้แก่ อาคาร, วัสดุผิวดิน และพืชพรรณ พบว่าใน ปี พ.ศ.2530 มีพื้นที่องค์ประกอบสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพืชพรรณขนาด 4.63 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 90.04 ของพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษาทั้งหมดซึ่งเป็นสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทซึมน้ำได้ดี ส่วนสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทวัสดุผิวดิน และอาคารซึ่งซึมน้ำได้น้อยกว่านั้น มีขนาดพื้นที่ 0.01 ตร.กม. และ 0.50 ตร.กม. ตามลำดับรวมได้ 9.96% ของพื้นที่ลุ่มน้ำ คิดเป็นสัดส่วนพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดินซึมน้ำได้ดีต่อพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดินซึมน้ำได้น้อยเท่ากับ 9 : 1

ใน ปี พ.ศ.2559 พบว่ามีพื้นที่องค์ประกอบสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพืชพรรณขนาด 3.53 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 68.65 ของพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษาทั้งหมด ส่วนสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทวัสดุผิวดิน และอาคารมีขนาดพื้นที่ 0.16 และ 1.45 ตร.กม. ตามลำดับ รวมได้เป็นร้อยละ 31.35 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ คิดเป็นสัดส่วนพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดินซึมน้ำได้ดีต่อพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดินซึมน้ำได้น้อยเท่ากับ 2 : 1 จะเห็นว่าสัดส่วนพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดินประเภทวัสดุผิวดิน และอาคารเพิ่มขึ้นจาก ปี พ.ศ.2530 ถึง 1.10 ตร.กม. ทำให้สัดส่วนของพื้นที่ซึมน้ำได้ดีต่อ



พื้นที่ซึมน้ำได้น้อยนั้นลดลงไปถึง 7 ส่วน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าผิวดิน และอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำภริศึกษา โดยมีรายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ดังนี้

5.2.1.1 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1 เป็นที่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนต้นน้ำของระบบลำน้ำหลักกลุ่มน้ำกะตะ มีขนาดพื้นที่รวม 0.178 ตร.กม. โดยใน ปี พ.ศ.2530 พื้นที่ส่วนนี้เป็นพื้นที่ซึ่งปกคลุมด้วยผืนป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งหมด และในปี พ.ศ.2559 ผืนป่าได้ถูกแทนที่ด้วยกลุ่มอาคารโรงแรมที่พัก ถนนลาดยาง และพื้นดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมผิวดิน เป็นพื้นที่ 0.014 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 7.87 ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนนี้เป็นชุดดินกลุ่ม A ทั้งหมด คือดินประเภท ดินทราย (Sand) ดินทรายปนดินร่วน (Loamy sand) หรือดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ที่มีอัตราการซึมน้ำสูงทำให้เกิดปริมาณน้ำท่าผิวดินต่ำ แม้ว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ด้วยสิ่งปกคลุมผิวดินไม่ซึมน้ำหรือซึมน้ำต่ำเป็นบริเวณไม่กว้างแต่ทำให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่ลุ่มน้ำได้มากเนื่องจากเป็นพื้นที่ซึ่งช่วยซับน้ำไว้มาก

ตารางที่ 10 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 1

Sub-area	2530	Soil	Land Cover	Area(km ²)	2559	Soil	Land Cover	Area(km ²)
Area I		A	Woods: Good	0.178		A	Woods: Good	0.164
						A	Bare soil	0.005
						A	Residential districts : 65%	0.008

5.2.1.2 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 2

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 2 เป็นที่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนต้นน้ำของระบบลำน้ำหลักกลุ่มน้ำกะตะ เป็นลำน้ำส่วนต่อเนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1 มีขนาดพื้นที่รวม 0.923 ตร.กม. โดยใน ปี พ.ศ.2530 มีพื้นที่ป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์เป็นพื้นที่ 0.834 ตร.กม. และอีก 0.089 ตร.กม. เป็นพื้นที่พักอาศัย ซึ่งใน ปี พ.ศ.2559 พื้นที่พักอาศัยเพิ่มขึ้นเป็น 0.146 ตร.กม. ส่วนพื้นที่ป่านั้นลดลงมาอยู่ที่ 0.763 ตร.กม. ส่วนที่เหลือเป็นพื้นดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมผิวดิน 0.015 ตร.กม.

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนนี้เป็นชุดดินกลุ่ม A และ B ผสมกันซึ่งเป็นชุดดินกลุ่มที่มีอัตราการซึมน้ำปานกลางถึงสูง พื้นที่ในส่วนนี้มีความคล้ายคลึงกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1 การเพิ่มขึ้นของสิ่งปกคลุมผิวดินไม่ซึมน้ำหรือซึมน้ำต่ำอาจทำให้เกิดผลกระทบอย่างมากแม้จะเป็นพื้นที่ขนาดเล็ก

ตารางที่ 11 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 2

Sub-area	พ.ศ.2530	Soil	CN	Area(km ²)	พ.ศ.2559	Soil	CN	Area(km ²)	
Area II		A	Woods: Good	0.772		A	Woods: Fair	0.734	
		A	Residential districts : 12%	0.086		A	Residential districts : 65%	0.106	
		B	Woods: Good	0.062		A	Bare soil	0.015	
		B	Residential districts : 12%	0.003		B	Woods: Poor	0.029	
							B	Residential districts : 65%	0.040

5.2.1.3 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 3

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 3 เป็นที่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนต้นน้ำของระบบลำน้ำหลักลุ่มน้ำกะตะ มีขนาดพื้นที่รวม 0.295 ตร.กม. โดยใน ปี พ.ศ.2530 พื้นที่ส่วนนี้เป็นพื้นที่ซึ่งปกคลุมด้วยผืนป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งหมด และใน ปี พ.ศ.2559 ผืนป่าได้ถูกแทนที่ด้วยกลุ่มอาคารบ้านพักอาศัย และพื้นที่ที่ไม่มีสิ่งปกคลุมผิวดิน เป็นพื้นที่ 0.005 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.69 ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 3 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1 คือเป็นชุดดินกลุ่ม A ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านของน้ำสูงทั้งหมด

ตารางที่ 12 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 3

Sub-area	พ.ศ.2530	Soil	CN	Area(km ²)	พ.ศ.2559	Soil	CN	Area(km ²)
Area III		A	Woods: Good	0.295		A	Woods: Good	0.291
						A	Residential districts : 30%	0.001
						A	Bare soil	0.004

5.2.1.4 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 4

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 4 เป็นที่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนต้นน้ำของระบบลำน้ำหลักลุ่มน้ำกะตะ เป็นลำน้ำส่วนต่อเนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 3 มีขนาดพื้นที่รวม 0.606 ตร.กม. โดยใน ปี พ.ศ.2530 มีพื้นที่ป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์เป็นพื้นที่ 0.601 ตร.กม. และใน ปี พ.ศ.2559 ผืนป่าลดลงเป็น 0.558 ตร.กม. ซึ่งถูกแทนที่ด้วยอาคารพักอาศัยบริเวณเชิงเขาเป็นส่วนใหญ่ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนนี้เป็นชุดดินกลุ่ม A และ B ผสมกันเช่นเดียวกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 2 อัตราการซึมผ่านของน้ำปานกลางถึงสูง

ตารางที่ 13 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 4

Sub-area	พ.ศ.2530	Soil	CN	Area(km ²)	พ.ศ.2559	Soil	CN	Area(km ²)
Area IV		A	Woods: Good	0.569		A	Woods: Fair	0.538
		B	Woods: Good	0.032		A	Residential districts : 38%	0.025
		B	Residential districts : 12%	0.005		A	Bare soil	0.006
						B	Woods: Poor	0.020
						B	Residential districts : 65%	0.018

5.2.1.5 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 เป็นที่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนกลางน้ำของระบบลำน้ำลุ่มน้ำกะตะ เป็นพื้นที่ส่วนที่น้ำท่าผิวดินจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1 ถึง 4 ไหลมารวมกัน มีขนาดพื้นที่รวม 1.970 ตร.กม. และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนนี้เป็นชุดดินกลุ่ม A, B และ C ผสมกัน โดยเป็นดินกลุ่ม C เป็นส่วนใหญ่ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านของน้ำต่ำ

ในปี พ.ศ.2530 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 มีพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพืชพรรณ 1.687 ตร.กม. โดยเป็นพื้นที่ป่า และเกษตรกรรมนาข้าวเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งในปี พ.ศ.2559 พื้นที่ป่าลดลงไปอยู่ที่ 0.988 ตร.กม. และไม่มีพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าวเหลืออยู่เลย จากการแทนที่ด้วยพื้นที่เมือง จากลักษณะกลุ่มดินที่มีอัตราการซึมผ่านของน้ำต่ำอยู่แล้วยังถูกทำให้มีพื้นที่ซึมน้ำได้ลดลงอีก และต้องรับน้ำส่วนที่มาจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1 ถึง 4 ซึ่งเป็นต้นน้ำอีกด้วย

ตารางที่ 14 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 5



Sub-area	พ.ศ.2530	Soil	CN	Area(km ²)	พ.ศ.2559	Soil	CN	Area(km ²)
Area V		A	Woods: Good	0.951		A	Woods: Good	0.733
		A	Residential districts : 12%	0.027		A	Residential districts : 65%	0.215
		B	SG - C&T + Crop residue : Good	0.214		A	Bare soil	0.022
		B	Residential districts : 12%	0.046		B	Woods: Fair	0.060
		C	SG - Contoured (C) : Good	0.459		B	Residential districts : 65%	0.188
		C	Residential districts : 12%	0.052		B	Bare soil	0.012
		C	Woods - grass combination : Fair	0.063		C	Open space : >75%	0.100
		C	Residential districts : 12%	0.145		C	UD - Commercial & District : 85%	0.385
		C	Bare soil	0.014		C	Bare soil	0.028
						C	Open space : >75%	0.095
						C	UD - Industrial : 72%	0.097
						C	IA - Paved	0.035

5.2.1.6 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 6

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 6 เป็นที่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนต้นน้ำของลำน้ำย่อยทางด้านทิศเหนือของกลุ่มน้ำกะตะ มีขนาดพื้นที่รวม 0.399 ตร.กม. โดยในปี พ.ศ.2530 พื้นที่ส่วนนี้เป็นพื้นที่ป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งหมด จากนั้นในปี พ.ศ.2559 ผืนป่าลดลงเป็น 0.382 ตร.กม. แทนที่ด้วยพื้นที่กลุ่มอาคารโรงแรมที่พัก และพื้นดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมผิวดินเป็นพื้นที่ 0.018 ตร.กม. สำหรับพื้นที่ส่วนนี้ถือว่ายังมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนนี้เป็นชุดดินกลุ่ม A ทั้งหมดเช่นเดียวกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยบริเวณต้นน้ำส่วนอื่นๆ ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านของน้ำสูงทำให้เกิดปริมาณน้ำท่าผิวดินต่ำ

ตารางที่ 15 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 6



Sub-area	พ.ศ.2530	Soil	CN	Area(km ²)	พ.ศ.2559	Soil	CN	Area(km ²)
Area VI		A	Woods: Good	0.399		A	Woods: Good	0.382
						A	IA - Street and roads : open ditches	0.012
						A	Residential districts : 30%	0.006

5.2.1.7 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 7

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 7 เป็นที่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนต้นน้ำของลำน้ำย่อยทางด้านทิศเหนือของกลุ่มน้ำกะตะ โดยเป็นลำน้ำส่วนต่อเนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 6 น้ำท่าจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนนี้จะรับจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่ 6 รวมกับของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวเองส่งต่อไปยังพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 8 มีขนาดพื้นที่รวม 0.350 ตร.กม. พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนนี้เป็นชุดดินกลุ่ม A, B และ C ผสมกันโดยมีดินกลุ่ม C เป็นส่วนใหญ่ซึ่งเป็นชุดดินกลุ่มที่มีอัตราการซึมผ่านของน้ำต่ำ

ในปี พ.ศ.2530 มีพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพืชพรรณ 0.295 ตร.กม. และในปี พ.ศ.2559 พื้นที่พืชพรรณลดลงเป็น 0.160 ตร.กม. พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนอื่นๆ ประกอบกับเป็นพื้นที่ดินกลุ่ม C เป็นส่วนใหญ่ทำให้ส่งผลต่อไปยังพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 8 ซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนต่อปลายน้ำไม่มากนัก



ตารางที่ 16 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 7

Sub-area	พ.ศ.2530	Soil	CN	Area(km ²)	พ.ศ.2559	Soil	CN	Area(km ²)
Area VII		A	Woods: Good	0.167		A	Woods: Good	0.138
		A	Residential districts : 12%	0.007		A	Residential districts : 65%	0.034
		D	SG - Contoured (C) : Good	0.020		D	RC - Cont & terraced(C&T) : Good	0.014
		D	Residential districts : 12%	0.005		D	Residential districts : 30%	0.011
		C	SG - Contoured (C) : Good	0.109		C	Open space : >75%	0.009
		C	Residential districts : 12%	0.043		C	Residential districts : 65%	0.135
						C	IA - Street and roads : dirt	0.009

5.2.1.8 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 8

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 8 เป็นที่พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนปลายน้ำของระบบลำน้ำลุ่มน้ำกะตะ เป็นพื้นที่รับน้ำท่าผิวดินจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนอื่นๆทั้งหมด มีขนาดพื้นที่รวม 0.416 ตร.กม. พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นชุดดินกลุ่ม C ซึ่งเป็นชุดดินกลุ่มที่มีอัตราการซึมผ่านของน้ำต่ำ โดยในปี พ.ศ.2530 มีพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพืชพรรณ 0.268 ตร.กม. และในปี พ.ศ.2559 พื้นที่พืชพรรณลดลงเป็น 0.221 ตร.กม.

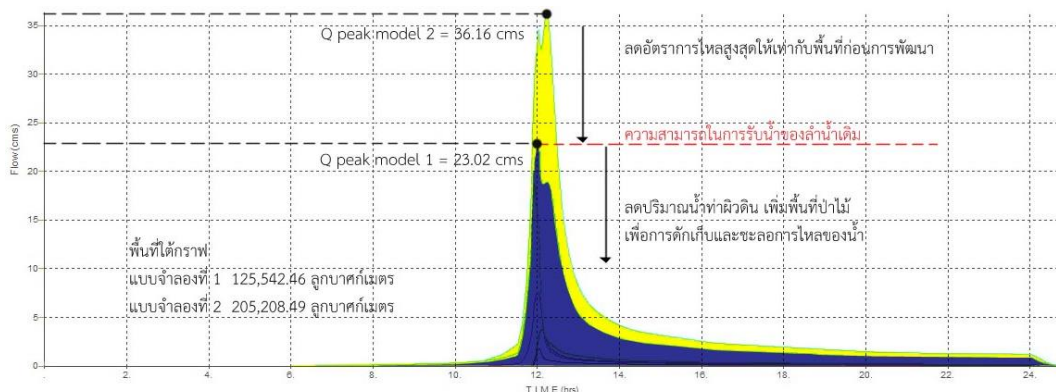
ตารางที่ 17 รายละเอียดผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 8

Sub-area	พ.ศ.2530	Soil	CN	Area(km ²)	พ.ศ.2559	Soil	CN	Area(km ²)
Area VIII		D	RC - Cont & terraced(C&T) : Good	0.215		D	Woods: Good	0.160
		C	SG - Contoured (C) : Good	0.073		D	UD - Industrial : 72%	0.036
		C	Residential districts : 25%	0.048		D	IA - Street and roads : sewers	0.006
		C	Woods - grass combination : Fair	0.053		C	Open space : >75%	0.024
		C	Residential districts : 12%	0.026		C	UD - Commercial & District : 85%	0.095
						C	IA - Street and roads : dirt	0.010
						C	Open space : >75%	0.038
						C	UD - Commercial & District : 85%	0.046
						C	Bare soil	0.001

จากการศึกษาเรื่องลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ พบว่าบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 5 นั้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของสิ่งปกคลุมประเภทไม้ซึมน้ำมากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนอื่นๆ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอาคารพักอาศัย และโรงแรมสถานพักตากอากาศเพื่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก

5.2.2 ผลการเปรียบเทียบผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน

ผลการเปรียบเทียบการเพิ่มสูงขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดิน และการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดในบริเวณพื้นที่กรณีศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดิน โดยข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุด 25 ปี จากชลภาพน้ำท่า (ภาพที่ 82) จะเห็นได้ว่าอัตราการไหลสูงสุดในรอบ 30 ปีเปลี่ยนแปลงจาก 23.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เป็น 36.16 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในปี พ.ศ.2559 ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นถึง 13.14 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดินจาก 125,542.46 ลูกบาศก์เมตร ใน ปี พ.ศ.2530 เป็น 205,208.49 ลูกบาศก์เมตร ใน ปี พ.ศ.2559 คิดเป็นปริมาณเพิ่มขึ้น 79,666.03 ลูกบาศก์เมตร โดยมีรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงในตารางที่ 18



ภาพที่ 82 ผลการเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินแบบจำลองที่ 1 และ 2 แสดงการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดิน และการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดบริเวณลุ่มน้ำกะตะ

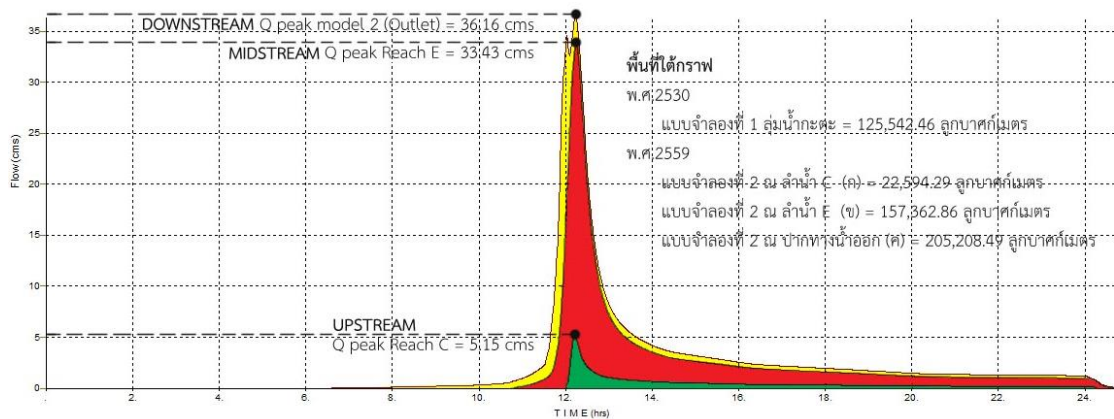
ตารางที่ 18 สรุปผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ (Peak flow) แบบจำลองที่ 1 และ 2 แต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และที่จุดออกกลุ่มน้ำใหญ่ ข้อมูลฝนสูงสุดรอบ 1, 2, 10 และ 25 ปี

Sub-area	Peak flow (cms)											
	1-Yr			2-Yr			10-Yr			25-Yr		
	1987	2016		1987	2016		1987	2016		1987	2016	
Area I	0.00	0.00	=	0.00	0.00	=	0.00	0.00	=	0.00	0.00	=
Area II	0.00	0.00	=	0.00	0.17	↑	0.06	2.42	↑	0.13	3.76	↑
Area III	0.00	0.00	=	0.00	0.00	=	0.00	0.00	=	0.00	0.00	=
Area IV	0.00	0.00	=	0.00	0.00	=	0.00	0.94	↑	0.06	1.81	↑
Area V	1.08	5.27	↑	3.53	10.09	↑	11.28	21.43	↑	14.59	25.73	↑
Area VI	0.00	0.00	=	0.00	0.00	=	0.00	0.00	=	0.00	0.00	=
Area VII	0.58	1.71	↑	1.55	3.11	↑	4.09	6.33	↑	5.10	7.54	↑
Area VIII	6.59	7.91	↑	9.40	10.86	↑	15.09	16.69	↑	17.08	18.70	↑
Outlet	6.59	8.82	↑	9.52	14.65	↑	18.75	29.10	↑	23.02	36.16	↑

ผลจากการศึกษาพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำมากที่สุดคือพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 โดยเพิ่มสูงขึ้นถึง 11.14 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จากข้อมูลฝนรอบ 25 ปี ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 จากผลข้างต้นที่มีการเพิ่มสูงขึ้นของพื้นที่ผิวน้ำมากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนอื่นๆ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำรองลงมาคือพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 2 โดยมีอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำเพิ่มสูงขึ้น 3.63 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนที่ 5 อยู่ในช่วงกลางของโครงข่ายระบบลำน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา ซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ได้รับผลกระทบหลักของพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา โดยผู้วิจัยเห็นว่าสามารถที่จะนำมาสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบเป็นกรณีศึกษาตัวอย่างได้ดีเนื่องจากสามารถมองเห็นภาพของการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมผิวดินและผลกระทบที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน จึงได้ทำการสร้างแบบจำลองพื้นที่ออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

- แบบจำลอง ก ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนต้นน้ำ ได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 1 ถึง 4
- แบบจำลอง ข ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนกลางน้ำ ได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5
- แบบจำลอง ค ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยส่วนปลายน้ำ ได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 8



ภาพที่ 83 ผลการเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินแบบจำลอง ก, ข และ ค จากข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณน้ำฝนสูงสุด 25 ปี

จากการศึกษาสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณลุ่มน้ำกะตะพบว่าบริเวณลุ่มน้ำย่อยที่ 5 นั้นอยู่ช่วงกลางของระบบลำน้ำในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของกลุ่มอาคารบ้านพักตากอากาศโรงแรมเพื่อการท่องเที่ยว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินซึ่งไม่ซึมน้ำแทนที่พื้นที่เกษตรกรรมเดิม และเป็นพื้นที่ซึ่งทำหน้าที่รองรับน้ำส่วนเกินหลักในระบบลำน้ำของลุ่มน้ำกะตะ ซึ่งจากชลภาพน้ำท่าเปรียบเทียบผลกระทบของแบบจำลอง ก, ข และ ค (ภาพที่ 83) จะเห็นว่าปริมาณน้ำจากต้นน้ำที่เมืองต้องรองรับคือ 22,594.29 ลูกบาศก์เมตร โดยมีปริมาณน้ำภายในลุ่มน้ำย่อยที่ 5 ที่ต้องเตรียมการรองรับภายในลุ่มน้ำ 134,768.57 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่เมืองต้องเตรียมการรองรับไว้ล่วงหน้า

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่เมืองที่มีผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำบริเวณลุ่มน้ำกะตะนั้นมีความสอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ และทฤษฎีทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่ได้ศึกษา โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงแทนที่ด้วยสิ่งปกคลุมผิวดินที่มีลักษณะไม่สอดคล้องกับกระบวนการทางธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของพื้นผิวไม่ซึมน้ำทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำ และปริมาณน้ำท่าผิวดิน จากการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินเพื่อประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำด้วยแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง โดยมีรายละเอียดการสรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ ดังนี้

1) สรุปผลการศึกษา

- ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินและลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ
- แบบจำลองเพื่อการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ (Water sensitive urban design: WSUD)

2) ข้อเสนอแนะ

- ข้อเสนอแนะแนวทางการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรม
- ข้อเสนอแนะในกระบวนการศึกษาและงานวิจัย

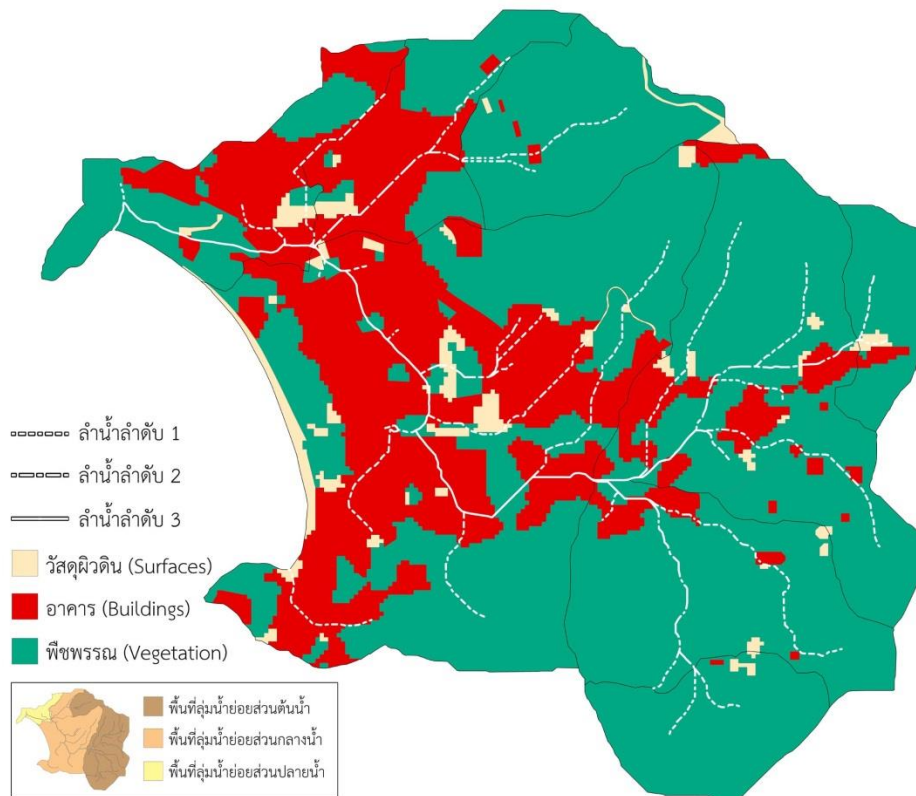
3) การศึกษาในระดับต่อไป

4) ข้อจำกัดและอุปสรรคในการศึกษา

- ข้อจำกัดด้านกระบวนการศึกษา
- ข้อจำกัดด้านการนำผลการศึกษาไปใช้

6.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาวิจัยทำให้เข้าใจถึงองค์ประกอบการระบายน้ำ และลักษณะการระบายน้ำตามกระบวนการทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำของพื้นที่ รวมถึงผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินอันเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาพื้นที่ในอนาคต ทำให้เห็นถึงเงื่อนไขปัจจัยต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่ซึ่งมีคุณค่าเชิงนิเวศเพื่อการวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรมได้อย่างเหมาะสม โดยพื้นที่กรณีศึกษานั้นมีองค์ประกอบของระบบลำน้ำทั้งต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ซึ่งมีความหลากหลายของสิ่งปกคลุมผิวดิน และผลกระทบที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต้นน้ำจะถูกส่งต่อไปยังพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนกลางน้ำ และปลายน้ำต่อไป

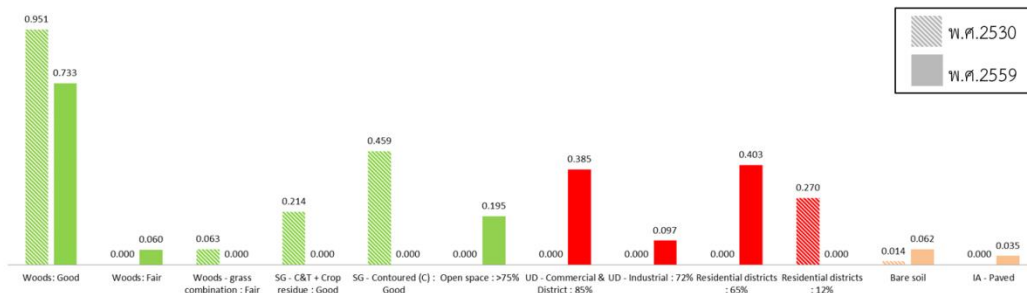


ภาพที่ 84 แผนที่เชิงภูมินิเวศของสิ่งปกคลุมผิวดิน และระบบลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ ปี พ.ศ.2559

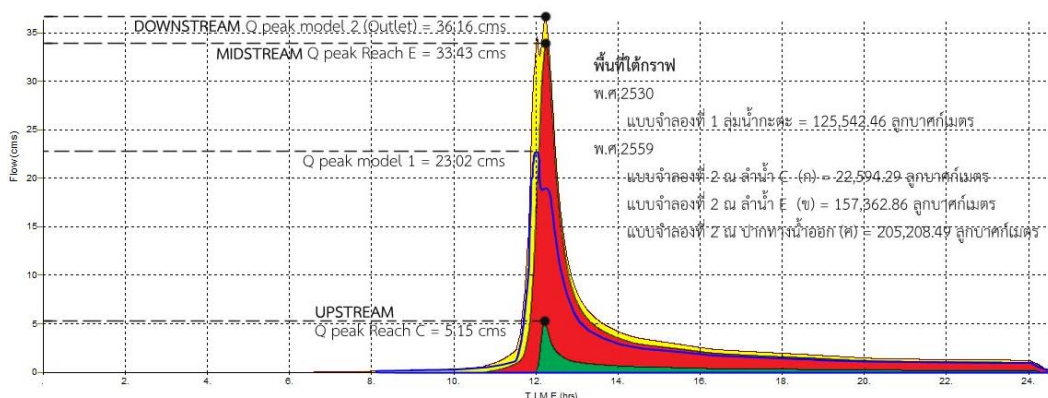
การศึกษานี้เป็นจุดเริ่มต้นของการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน เพื่อการบูรณาการวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรม เป็นแนวทางสู่การสร้างสมมติฐานการออกแบบทางภูมิสถาปัตยกรรมเชิงนิเวศ ที่สามารถประมาณการผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคตได้ โดยงานวิจัยนี้เป็นเพียงการวิเคราะห์ผลกระทบเบื้องต้นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินเท่านั้น ซึ่งต้องมีการศึกษาและทำความเข้าใจปัจจัยอื่นๆ ขององค์ประกอบในภูมินิเวศต่อไป

6.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินและอุทกวิทยาลุ่มน้ำ

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 ในอดีตและปัจจุบันสามารถแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 85) ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำกะตะ โดยแสดงได้จากผลการเปรียบเทียบชลภาพน้ำท่า (ภาพที่ 86) และเมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน และผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงได้ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 85 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำย่อยที่ 5 ปี พ.ศ.2530 และ ปี พ.ศ.2559



ภาพที่ 86 ผลการเปรียบเทียบการเพิ่มสูงขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดินแบบจำลอง ก, ข และ ค ของกลุ่มพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำตามลำดับ (พ.ศ.2559) ซึ่งเป็นพื้นที่เกี่ยวเนื่องกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 กับแบบจำลองที่ 1 (พ.ศ.2530) ปริมาณน้ำฝนรอบ 25 ปี

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินที่ส่งผลต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำพบว่า มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ดังนี้

- 6.1.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินกับอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ พบว่าการเปลี่ยนแปลงแทนที่ด้วยสิ่งปกคลุมดินที่ไม่ซึมน้ำ หรือ ซึมน้ำต่ำมีผลทำให้อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำเพิ่มสูงขึ้น ในทางกลับกัน การเปลี่ยนแปลงแทนที่สิ่งปกคลุมผิวดินที่ซึมน้ำได้มากจะมีผลทำให้อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำลดลง
- 6.1.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินกับเวลาการไหลรวมตัวของน้ำในลำน้ำ พบว่าการเปลี่ยนแปลงแทนที่ด้วยสิ่งปกคลุมดินที่ไม่ซึมน้ำ หรือ ซึมน้ำต่ำมีผลทำให้เวลาการไหลรวมตัวของน้ำในลำน้ำเร็วขึ้น ในทางกลับกัน การเปลี่ยนแปลงแทนที่สิ่งปกคลุมผิวดินที่ซึมน้ำได้มากจะมีผลทำให้เวลาการไหลรวมตัวของน้ำในลำน้ำช้าลง

6.1.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินกับปริมาณน้ำท่าผิวดิน พบว่าการเปลี่ยนแปลงแทนที่ด้วยสิ่งปกคลุมดินที่ไม่ซึมน้ำหรือซึมน้ำต่ำมีผลทำให้มีปริมาณน้ำท่าผิวดินเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันการเปลี่ยนแปลงแทนที่สิ่งปกคลุมผิวดินที่ซึมน้ำได้มากจะมีผลทำให้ปริมาณน้ำท่าผิวดินลดลง

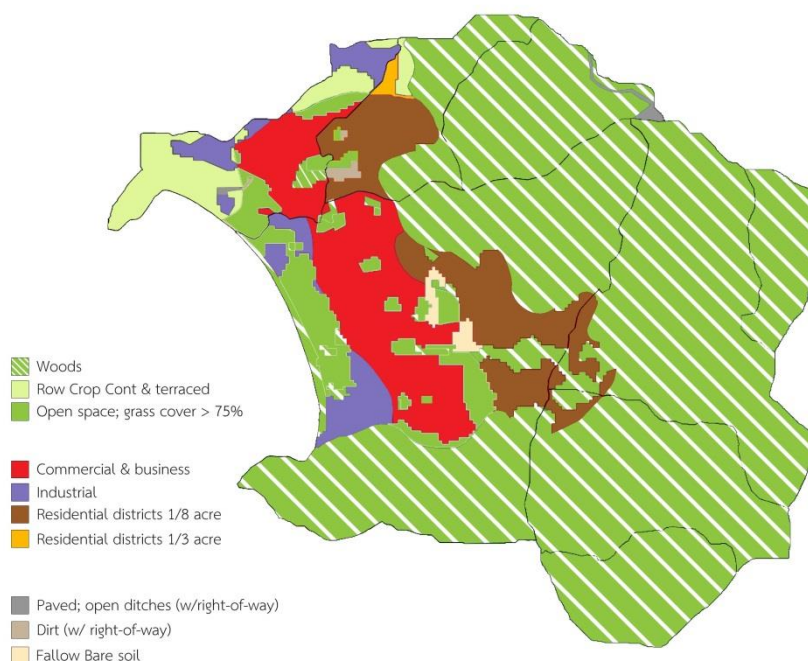
จากความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถนำผลที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงภูมินิเวศ และนำไปใช้บูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำต่อไปได้ โดยการสร้างแบบจำลองข้อเสนอการออกแบบเมืองเพื่อลดผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ ได้แก่ การเพิ่มพื้นที่กักเก็บชะลอน้ำจากการเพิ่มพื้นที่สีเขียว และการขยายทางน้ำปัจจุบันเพื่อเพิ่มปริมาตรการรับน้ำของลำน้ำ

6.1.2 แบบจำลองเพื่อการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ

6.1.2.1 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน

1) เพิ่มพื้นที่ป่าไม้ (Woods) 10%

อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ เท่ากับ 28.36 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 87 แผนที่แบบจำลองการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ (Woods) 10%

2) เพิ่มพื้นที่ป่าไม้ (Woods) 20%

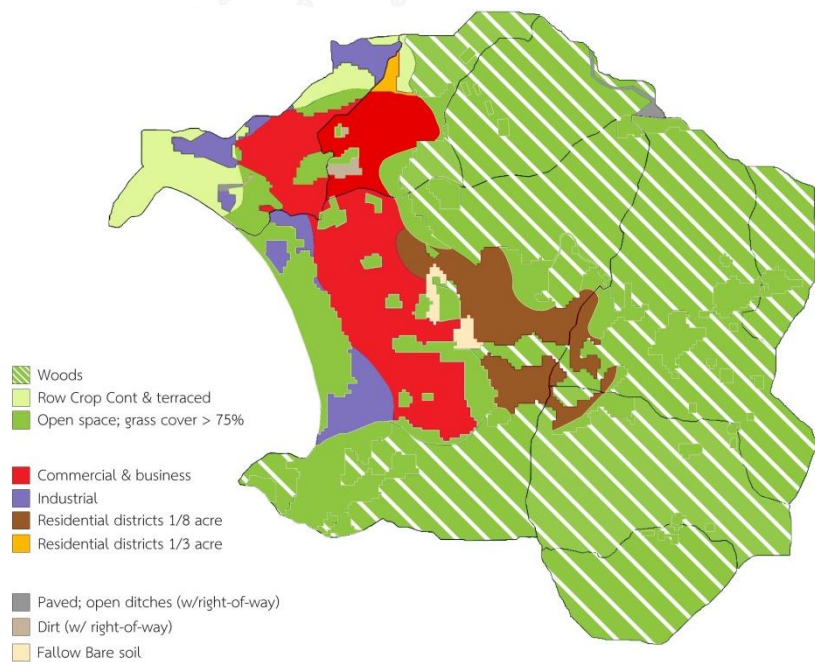
อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ เท่ากับ 23.38 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 88 แผนที่แบบจำลองการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ (Woods) 20%

3) เพิ่มพื้นที่โล่ง (Open space) 10%

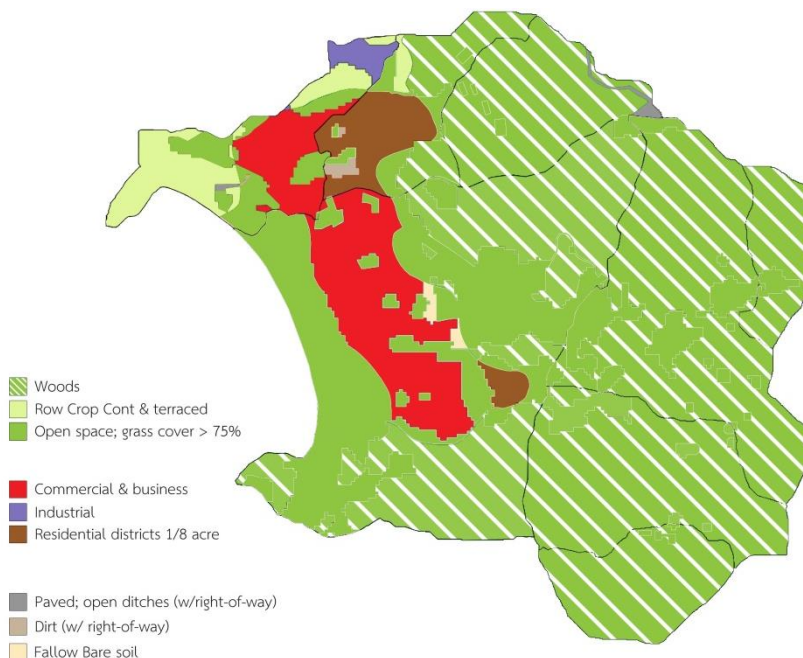
อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ เท่ากับ 30.45 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 89 แผนที่แบบจำลองการเพิ่มพื้นที่โล่ง (Open space) 10%

4) เพิ่มพื้นที่โล่ง (Open space) 20%

อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ เท่ากับ 25.35 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

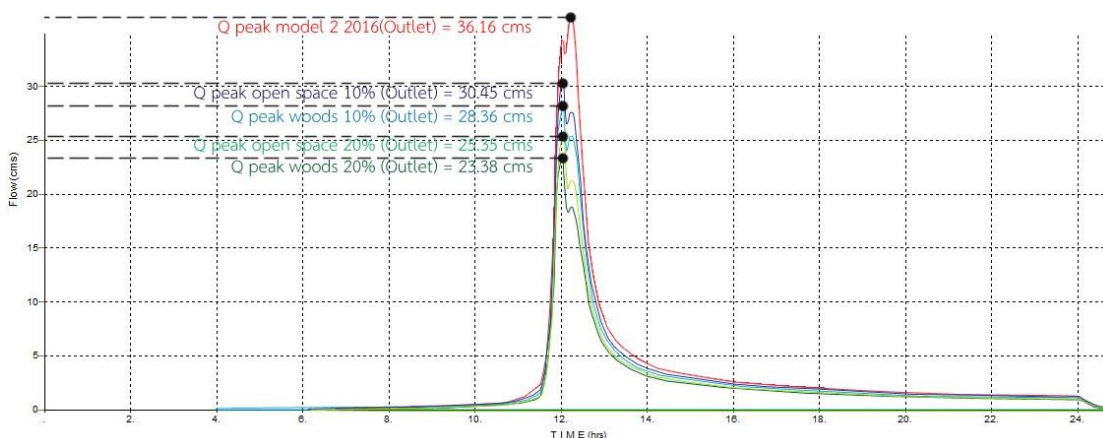


ภาพที่ 90 แผนที่แบบจำลองการเพิ่มพื้นที่โล่ง (Open space) 20%

จากแบบจำลองการเพิ่มพื้นที่สีเขียวโดยให้เป็นพื้นที่ป่า และพื้นที่โล่งพบว่า การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ 20% ทำให้อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำลดลงมากที่สุด โดยลดลงถึง 12.78 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2559 ที่มีอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำสูงถึง 36.16 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้นั้นช่วยลดอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำมากกว่าการเพิ่มพื้นที่โล่ง โดยมีค่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำต่างกัน 1.97 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 สรุปผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ (Peak flow) แบบจำลองที่ 1, 2 และแบบจำลองการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่โล่ง ข้อมูลฝนสูงสุดรอบ 1, 2, 10 และ 25 ปี

Peak flow (cms)	Land cover change model									
	1987 (Model 1)	2016 (Model 2)	2016: ADD 10% Woods		2016: ADD 20% Woods	=	2016: ADD 10% Open space		2016: ADD 20% Open space	
1-Yr	6.59	8.82	7.91	↓	6.59	=	8.21	↓	6.91	↓
2-Yr	9.52	14.65	11.71	↓	9.79	↓	12.78	↓	10.36	↓
10-Yr	18.75	29.10	23.47	↓	19.15	↓	25.38	↓	20.73	↓
25-Yr	23.02	36.16	28.36	↓	23.38	↓	30.45	↓	25.35	↓



ภาพที่ 91 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำแบบจำลองที่ 1, 2 และแบบจำลอง การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่โล่ง ข้อมูลฝนสูงสุดรอบ 25 ปี

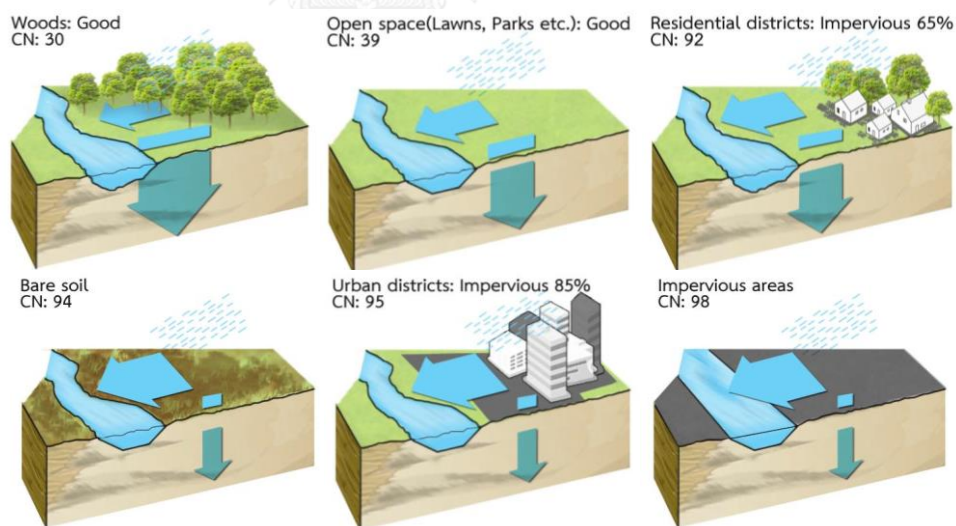


ภาพที่ 92 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน แบบจำลองที่ 1, 2 และแบบจำลองการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่โล่ง

จากผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ (ภาพที่ 91) จะเห็นว่าแบบจำลองการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ 20% นั้นมีพื้นที่ได้กราฟ หรือปริมาณน้ำท่าน้อยกว่าแบบจำลองอื่นๆ แสดงว่ามีปริมาณน้ำที่ไหลอยู่ในลำน้ำน้อยกว่าแบบจำลองอื่นๆ ซึ่งเกิดจากการที่น้ำท่าถูกกักเก็บไว้ในชั้นดินมากกว่าแบบจำลองอื่นๆ ทำให้โอกาสที่น้ำจะเอ่อล้นจากลำน้ำน้อยกว่าด้วย

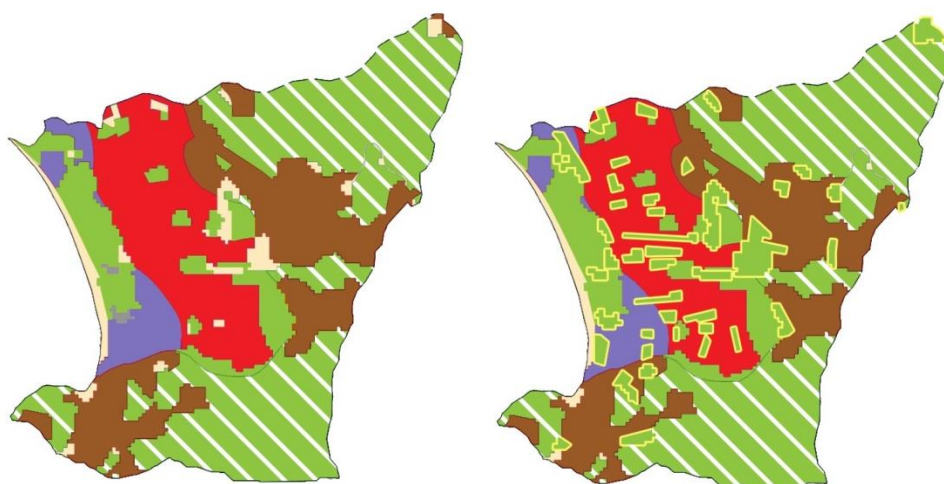
เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำประกอบกับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินของแบบจำลองทั้ง 6 แบบ (ภาพที่ 92) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินซึ่งน้ำได้เพิ่มขึ้นหรือมีค่า CN ต่ำ ส่งผลให้อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำลดลง และทำให้ปริมาณน้ำท่าลดลงด้วยเช่นกัน ซึ่งอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำที่ลดลงนั้นสัมพันธ์กับค่า CN ของสิ่งปกคลุมผิวดินที่ลดลง

ประเภทสิ่งปกคลุมที่มีค่า CN ต่ำนั้นมีส่วนช่วยในการชะลอการไหลหลากของน้ำผิวดิน เพิ่มการซึมซับน้ำลงสู่ชั้นดิน ทำให้ปริมาณน้ำท่าผิวดินที่เกิดขึ้นภายในลุ่มน้ำลดลง เมื่อปริมาณน้ำท่าลดลงปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่ลำน้ำ หรือทางระบายน้ำก็ลดลงไปตามด้วย ส่งผลให้อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำลดลง จากการลดลงของปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นน้อยลง ลดความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมจากการเอ่อล้นของน้ำจากลำน้ำ



ภาพที่ 93 ค่า CN ของสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทต่างๆ จำแนกตามแบบจำลอง
อุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในบทที่ 5 จะเห็นว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของสิ่งปกคลุมผิวดินไม่ซึมน้ำมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้สร้างแบบจำลองการเพิ่มพื้นที่โล่งในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 ซึ่งเป็นพื้นที่เมือง หรือมีลักษณะเป็นพื้นที่ “Built-up area” ในพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่สีเขียวของเมือง เช่น ลานจอดรถขนาดใหญ่, ที่ดินราชพัสดุ รวมถึงคอร์ทในโรงแรมต่างๆ (ภาพที่ 94) และนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินใน ปี พ.ศ.2559 (แบบจำลองที่ 2) โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 20



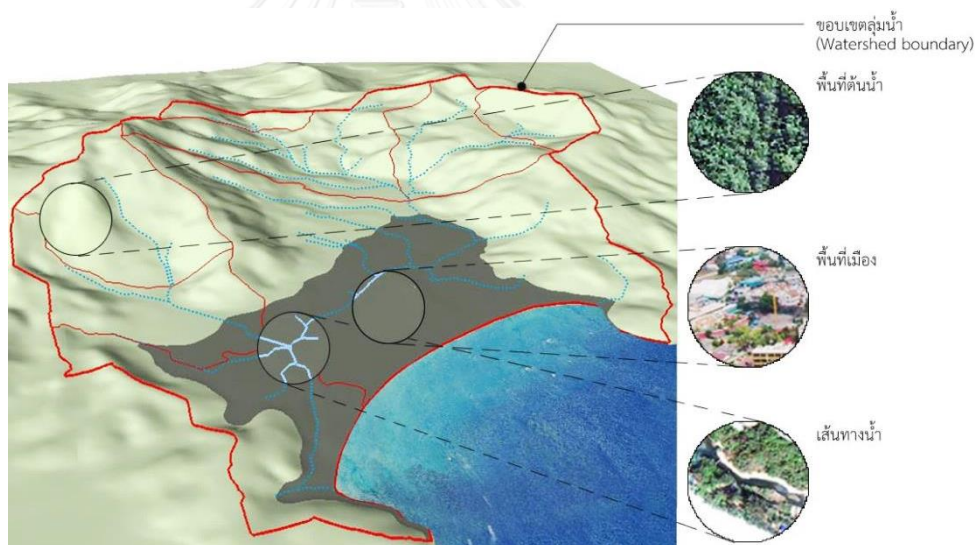
ภาพที่ 94 ซ้าย-แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2559 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5
ขวา-แบบจำลองข้อเสนอการเพิ่มพื้นที่โล่งในพื้นที่เมืองในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5

ตารางที่ 20 รายละเอียดการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินแบบจำลองข้อเสนอการเพิ่มพื้นที่โล่งในพื้นที่เมืองในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5

2559	Soil	CN		Area(km ²)		Additional	Soil	CN		Area(km ²)	
	A	Woods: Good	30	64	0.733		A	Woods: Good	30	62	0.733
	A	Residential districts : 65%	77		0.215		A	Residential districts : 65%	77		0.202
	A	Bare soil	77		0.022		A	Bare soil	77		0.009
	B	Woods: Fair	60		0.060		A	Open space: Good	39		0.026
	B	Residential districts : 65%	85		0.188		B	Woods: Fair	60		0.060
	B	Bare soil	86		0.012		B	Residential districts : 65%	85		0.172
	C	Open space : Good	74		0.195		B	Bare soil	86		0.000
	C	UD - Commercial & District : 85%	94		0.385		B	Open space: Good	61		0.028
	C	Bare soil	91		0.028		C	Open space : Good	74		0.274
	C	UD - Industrial : 72%	91		0.097		C	UD - Commercial & District : 85%	94		0.352
	C	IA - Paved	98		0.035		C	Bare soil	91		0.001
								C	UD - Industrial : 72%	91	
						C	IA - Paved	98		0.029	

ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่า การเพิ่มพื้นที่โล่งในพื้นที่เมืองซึ่งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 5 ของพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษาทำให้ค่า CN ของประเภทสิ่งปกคลุมผิวดินลดลงจาก 64 เหลือ 62 ส่งผลให้อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำลดลงจาก 25.73 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เป็น 23.43 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

จากผลข้างต้นจะเห็นว่าการเพิ่มพื้นที่สีเขียวเฉพาะในส่วนของพื้นที่เมืองมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำลดลงน้อยมาก ด้วยพื้นที่เมืองเองนั้นสร้างอยู่ในพื้นที่ลุ่มซึ่งเป็นพื้นที่ต่ำสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา ดังนั้นพื้นที่ซึ่งเดิมอยู่ในพื้นที่ต่ำอยู่แล้วก็จะมีน้ำท่วมอยู่เป็นประจำ จากบทบาทหน้าที่การเป็นพื้นที่รวมน้ำของกลุ่มน้ำตามธรรมชาติ นำไปสู่การเริ่มต้นตั้งคำถามต่อไปว่า สิ่งที่เราควรจะต้องคิด และทำอาจไม่ใช่แค่การเพิ่มพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดินที่ซึมน้ำได้เท่านั้น แต่อาจต้องมีการวางโครงสร้างพื้นฐานภูมินิเวศรองรับด้วยหรือไม่



ภาพที่ 95 องค์ประกอบสำคัญในการศึกษาเรื่องน้ำกับพื้นที่เมือง

ผลจากวิทยานิพนธ์นี้ทำให้สามารถสรุปกรอบแนวคิดการศึกษาเรื่องน้ำกับเมืองได้ ซึ่งรูปแบบการวิเคราะห์ต้องมีการศึกษาวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ (Systematic analysis) โดยเริ่มต้นศึกษาจากระดับขอบเขตลุ่มน้ำไม่ใช่แค่ในเขตพื้นที่เมืองเท่านั้น เนื่องจากน้ำที่ไหลในพื้นที่เมืองนั้นไหลมาจากพื้นที่ต้นน้ำผ่านสิ่งปกคลุมผิวดินต่างๆ จนมาสู่พื้นที่เมืองที่ปลายน้ำ ซึ่งการจัดการเฉพาะพื้นที่เมืองนั้นไม่สามารถทำได้มากนัก และเกิดผลน้อย ดังนั้นการจัดการน้ำที่ดีควรมีการจัดการตั้งแต่พื้นที่ต้นน้ำลำธาร โดยต้องมี

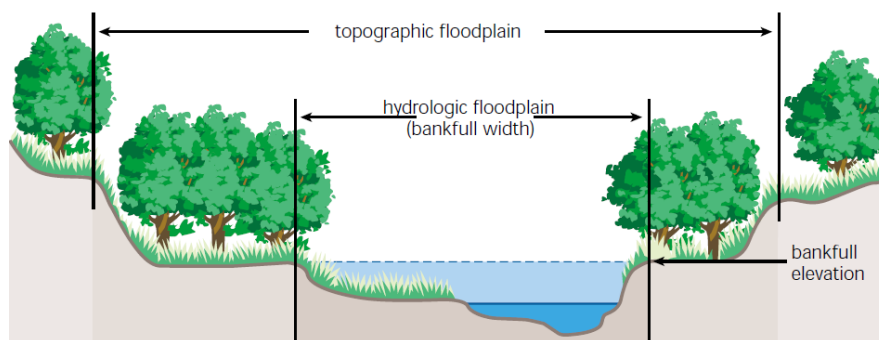
การศึกษาองค์ประกอบโครงสร้างพื้นฐานของภูมินิเวศซึ่งเป็นประเด็นสำคัญเหล่านี้ ประกอบด้วย ขอบเขตลุ่มน้ำ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย, พื้นที่ต้นน้ำ, เส้นทางน้ำ และพื้นที่เฉพา หรือพื้นที่เมือง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (ภาพที่ 95)

6.1.2.2 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ

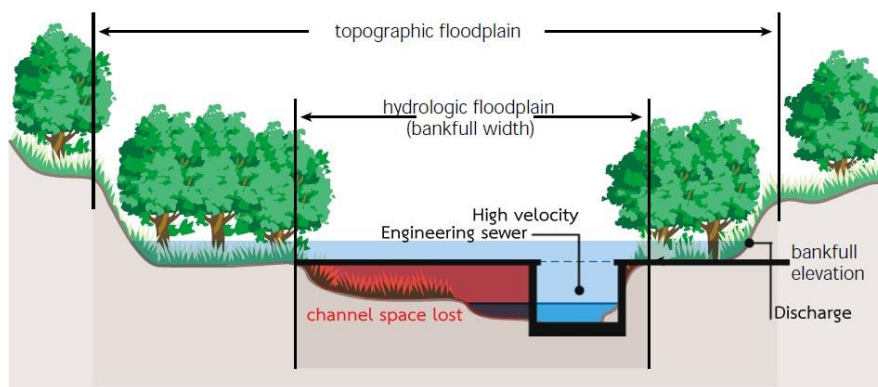
จากข้อสรุปเรื่องกรอบแนวคิดการศึกษาเรื่องน้ำกับเมือง ที่ต้องมีการศึกษาใน ประเด็นของขอบเขตลุ่มน้ำ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย, พื้นที่ต้นน้ำ, เส้นทางน้ำ และพื้นที่เฉพา หรือพื้นที่เมือง โดยเส้นทางน้ำหรือลำน้ำนั้นถือเป็นองค์ประกอบโครงสร้างพื้นฐาน ภูมินิเวศที่สำคัญองค์ประกอบหนึ่ง ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้ซึ่งอยู่นอกเหนือจากวัตถุประสงค์ในงานวิจัย เพื่อให้ครอบคลุมกรอบแนวคิดการศึกษาเรื่องน้ำ กับเมืองมากยิ่งขึ้น และเกิดประโยชน์สูงสุด

จากแนวคิดการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมตามแนวคิดการออกแบบเมือง โดยคำนึงถึงการจัดการน้ำด้วยมาตรการเพิ่มทางน้ำ ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองการ เปลี่ยนแปลงขนาดลำน้ำตามความลาดเอียงด้านข้างลำน้ำจากรูปตัดลำน้ำตามธรรมชาติ ขึ้นเพื่อศึกษาการบูรณาการเพิ่มเติมสำหรับพื้นที่ลำน้ำ

โดยธรรมชาติแล้วพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงทำหน้าที่เป็นพื้นที่เก็บน้ำชั่วคราว สำหรับน้ำ และตะกอนของลุ่มน้ำที่ไหลหลากมาตามผิวดิน ช่วยเพิ่มระยะเวลาล่าช้า (Lag time) ของการเกิดน้ำท่วม (ภาพที่ 96) ซึ่งหากความสามารถในการรองรับน้ำของลำน้ำ ลดลงจะทำให้มีโอกาสเกิดน้ำท่วมมากขึ้น และเอ่อล้นเข้าสู่พื้นที่หุบเขา (Valley floor) หรือที่ลุ่มซึ่งเป็นที่รวบรวมตะกอนของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ภาพที่ 97)



ภาพที่ 96 ที่ราบน้ำท่วมถึงตามธรรมชาติ (The Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 2001, p. 1-18)



ภาพที่ 97 การปรับปรุงลำน้ำที่แคบลงในปัจจุบัน ปรับปรุงจาก The Federal Interagency Stream Restoration Working Group (2001, p. 1-18)

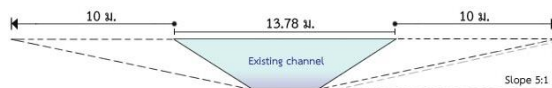
สำหรับแบบจำลองเพื่อการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมในส่วนนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงรูปตัดลำน้ำ เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลของการเพิ่มปริมาณการรองรับน้ำท่าของลำน้ำเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความลาดเอียงด้านข้างลำน้ำที่สอดคล้องกับหน้าตัดลำน้ำตามธรรมชาติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 3.3:1 (ระยะร่นจากขอบลำน้ำ 5 เมตร)
อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ เท่ากับ 35.62 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



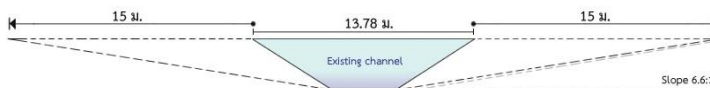
ภาพที่ 98 รูปตัดลำน้ำความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 3.3:1

- 2) ความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 5:1 (ระยะร่นจากขอบลำน้ำ 10 เมตร)
อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ เท่ากับ 35.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



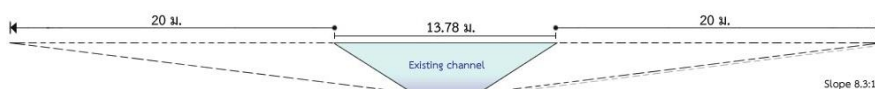
ภาพที่ 99 รูปตัดลำน้ำความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 5:1

- 3) ความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 6.6:1 (ระยะร่นจากขอบลำน้ำ 15 เมตร)
อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ เท่ากับ 35.11 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 100 รูปตัดลำน้ำความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 6.6:1

- 4) ความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 8.3:1 (ระยะรันจากขอบลำน้ำ 20 เมตร) อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำ เท่ากับ 34.95 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

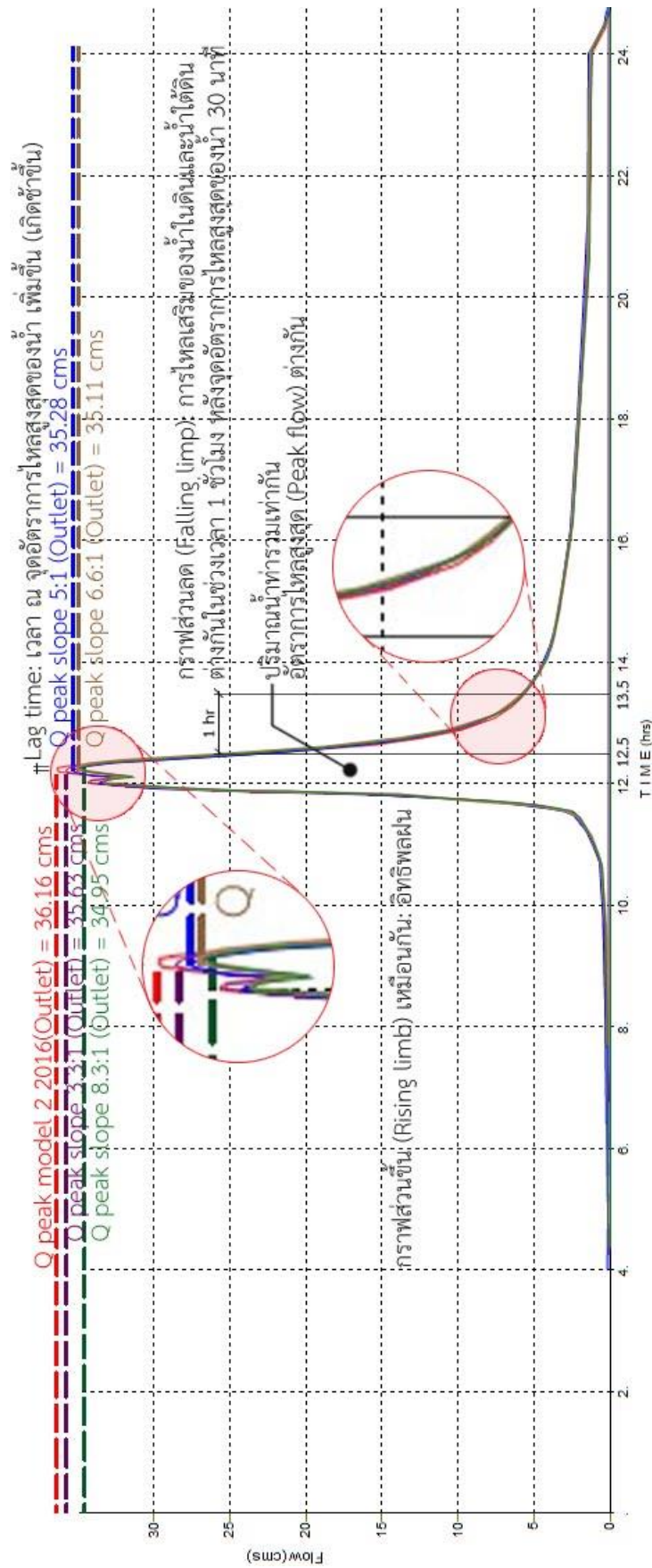


ภาพที่ 101 รูปตัดลำน้ำความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ 8.3:1

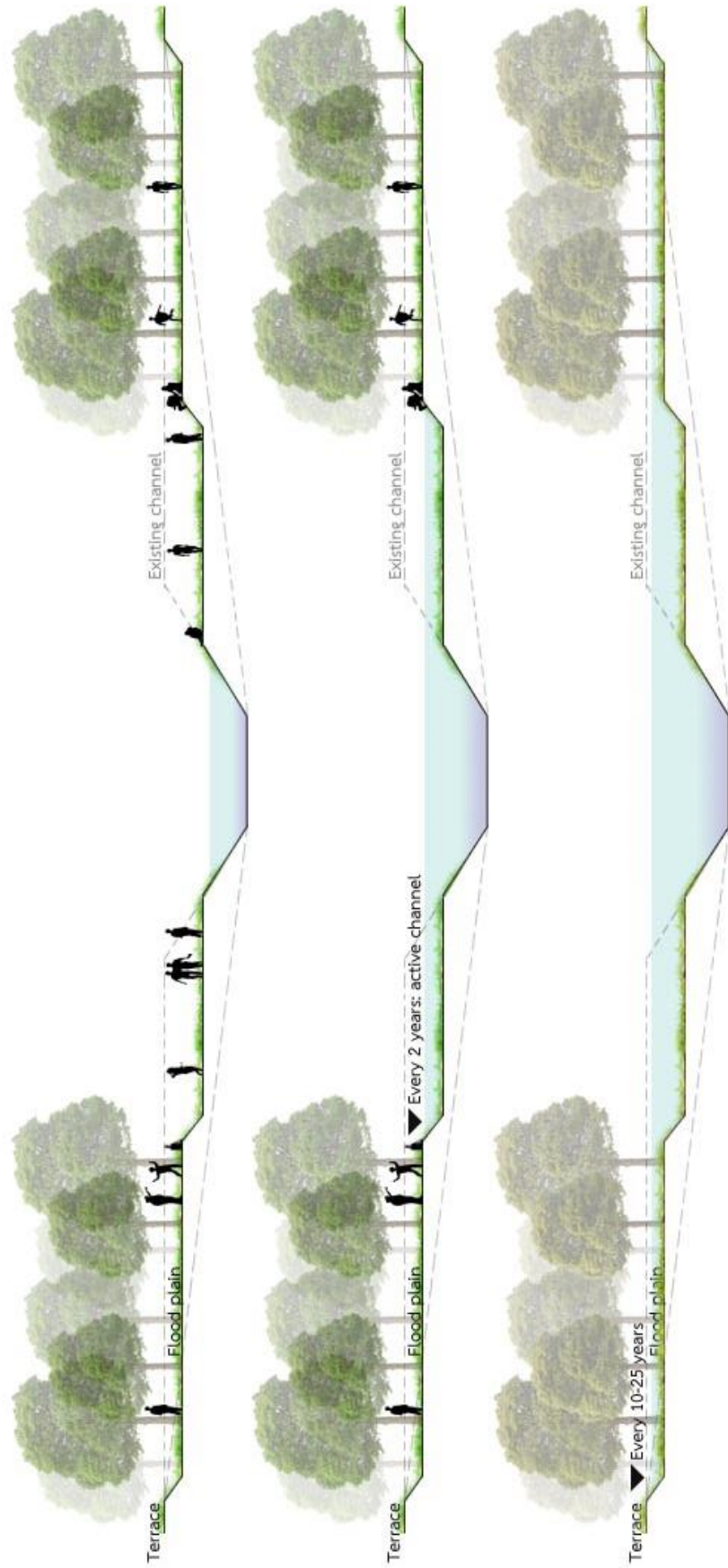
จากแบบจำลองการเพิ่มความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำตามระยะรัน 5, 10, 15 และ 20 เมตร พบว่าการเพิ่มความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำทำให้อัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำลดลง สอดคล้องกับรูปตัดลำน้ำตามธรรมชาติ และแนวคิดการฟื้นฟูระเบียบอุทกนิเวศ (Stream corridor restoration) (The Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 2001) ซึ่งการเพิ่มความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำนั้นนอกจากจะส่งผลดีในเชิงนิเวศแล้ว พื้นที่ส่วนที่เพิ่มมายังสามารถออกแบบให้เข้าไปใช้ประโยชน์อื่นๆ เมื่อระดับน้ำลดลงได้อีกด้วย (ภาพที่ 103)

ผลการเปรียบเทียบชลภาพน้ำท่าของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงความลาดเอียงด้านข้างลำน้ำ (ภาพที่ 102) จะเห็นว่าแบบจำลองทั้ง 4 มีอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำแตกต่างกัน แต่มีพื้นที่ได้กราฟหรือปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงลำน้ำเท่ากันจากความแตกต่างของช่วงกราฟส่วนลตที่มีการไหลเสริมของน้ำในดินและน้ำใต้ดิน โดยแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงความลาดเอียงด้านข้างลำน้ำ 8.3:1 (ระยะรันจากขอบลำน้ำ 20 เมตร) ที่มีพื้นที่สำหรับน้ำเพิ่มขึ้นมากที่สุด จะมีการไหลเสริมของน้ำในดิน และน้ำใต้ดินมากกว่าแบบจำลองอื่นๆ

จากการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำที่เหมาะสมได้ โดยควรมีการวางแผนทั้ง 2 ส่วนควบคู่กันไป ทั้งการจัดการการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน และการอนุรักษ์ลำน้ำอย่างเหมาะสมตามสภาพพื้นที่แต่ละส่วน ซึ่งประโยชน์ของการใช้แบบจำลองนั้นทำให้สามารถคาดการณ์ผลกระทบเบื้องต้นที่อาจเกิดขึ้นได้ต่อสิ่งแวดล้อมของทางเลือกการออกแบบวางแผนต่างๆ



ภาพที่ 102 ผลการเปรียบเทียบชลภาพน้ำท่าของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ ข้อมูลฝนสูงสุดรอบ 25 ปี



ภาพที่ 103 การใช้ประโยชน์พื้นที่เชิงนิเวศ และสังคมจากการปรับเปลี่ยนความลาดเอียงด้านข้างของลำน้ำ

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ข้อเสนอแนะแนวทางการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรม

แนวคิดการจัดการน้ำในพื้นที่เมืองในปัจจุบันส่วนมากนั้นยังคงเป็นแบบอนุรักษ์นิยมที่มองน้ำผิวดินเป็นสิ่งไม่พึงประสงค์ เห็นได้จากการจัดการปัญหาทางอุทกวิทยาในปัจจุบัน และจากการทบทวนวรรณกรรมเรื่องแนวคิดการวางแผนภูมิสถาปัตยกรรมเชิงอุทกวิทยาลุ่มน้ำตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำในบทที่ 2 ที่ได้กล่าวถึงเนื้อความจาก Prince George's County (2011, อ้างถึงใน ศนิ ลิ้มทองสกุล, 2554) ว่าระบบการบริหารจัดการน้ำผิวดินเขตเมืองใหญ่ในปัจจุบันยังเป็นแบบอนุรักษ์นิยม และมีแนวคิดพื้นฐานว่า “น้ำผิวดินเป็นสิ่งไม่พึงประสงค์” ต้องจัดการระบายออกจากพื้นที่ให้เร็วที่สุด

จากข้อความข้างต้น จะเห็นว่าไม่มีการกล่าวถึงการแก้ปัญหาในระดับลุ่มน้ำ หรือกระทั่งการมองปัญหาแบบองค์รวมอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถเริ่มต้นวางแผนการป้องกันปัญหาก่อนที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่อื่นๆ ที่ยังไม่เกิดปัญหาขึ้น ซึ่งผลจากวิทยานิพนธ์นี้นำไปสู่ข้อเสนอกรอบแนวคิดการศึกษาเรื่องน้ำผิวดินกับเมืองได้ ประกอบด้วยการมองภูมิโนเวศใน 2 ระดับ คือ ระดับการวางแผนเพื่อป้องกันก่อนที่จะเกิดปัญหาขึ้น (Prevention) และระดับการเบาบรรเทาผลกระทบในพื้นที่ซึ่งเกิดปัญหาขึ้นแล้ว (Mitigation) โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

6.2.1.1 การวางแผนเพื่อป้องกัน

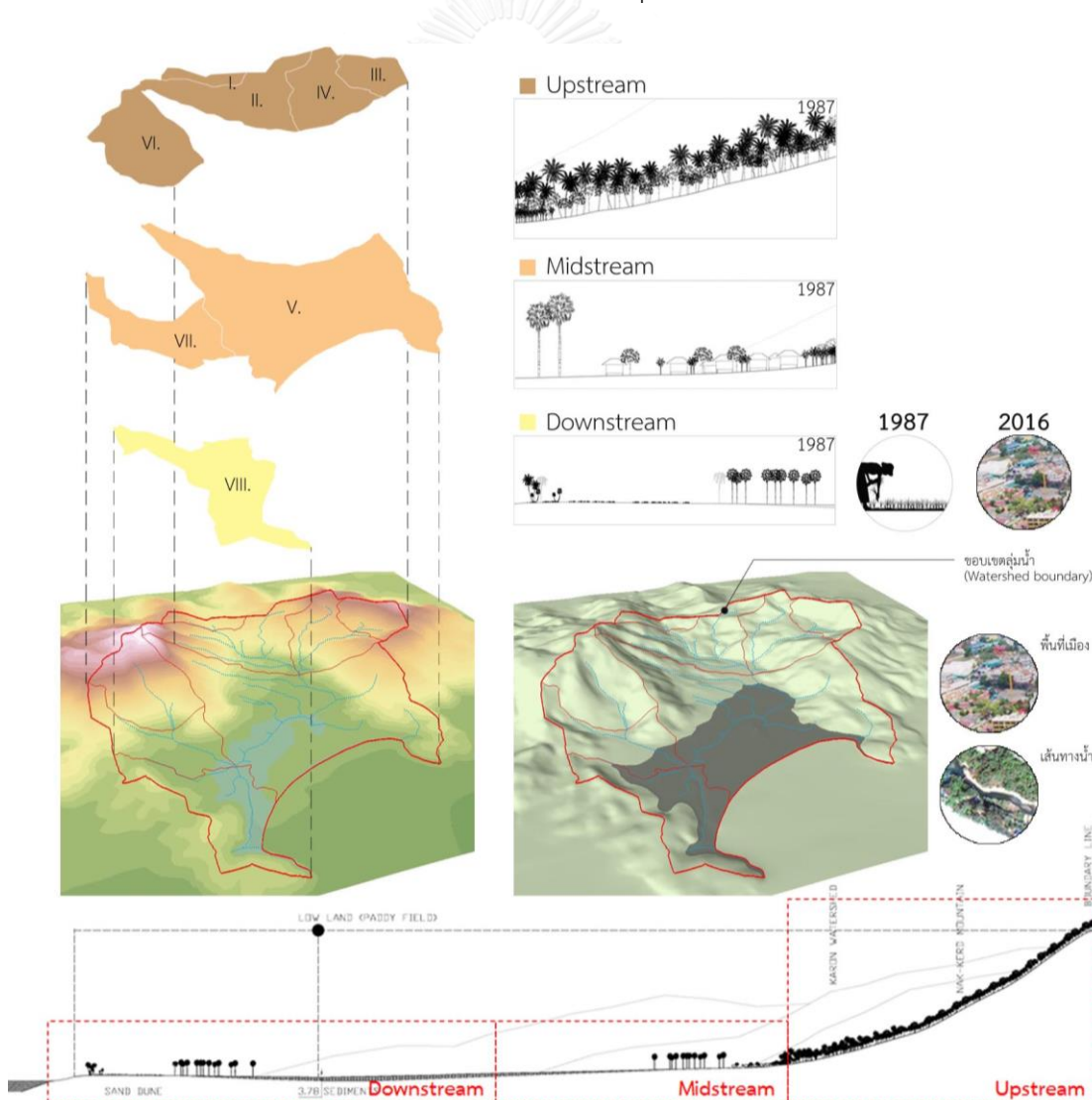
จากกรอบแนวคิดการศึกษาเรื่องน้ำกับเมือง การเริ่มต้นศึกษาภูมิโนเวศนั้นจะต้องมองในภาพใหญ่ก่อน โดยจะต้องมีการกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยภายในลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นขอบเขตของผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่จะเกิดขึ้นเป็นระบบเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน หลังทราบขอบเขตของพื้นที่ตามโครงสร้างภูมิโนเวศแล้วจึงนำพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแต่ละส่วนมาจำแนกตามความลาดชันของพื้นที่ตามความยาวของระบบลำน้ำ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ เพื่อทำความเข้าใจภูมิโนเวศ, สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่แต่ละส่วน, กำหนดแนวทางการจัดการปัญหาที่แตกต่างกันในแต่ละส่วน (ภาพที่ 104) และใช้แบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองเป็นเครื่องมือช่วยในการประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาเพื่อให้ได้มาซึ่งรายละเอียดเชิงปริมาณ โดยแนวทางการจัดการพื้นที่แต่ละส่วนนั้นควรมีการจัดการเบื้องต้นดังนี้

พื้นที่ต้นน้ำ เนื่องจากเป็นพื้นที่ซึ่งมีความลาดชันมาก ตั้งแต่ 35% ขึ้นไป ทำให้น้ำฝนที่ตกลงบนผิวดินจะไหลอย่างรวดเร็วตามความลาดชันของพื้นที่ ซึ่งสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพืชพรรณจะช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำท่า และช่วยซับน้ำได้ การจัดการพื้นที่ส่วนนี้จึงควรจัดให้เป็นพื้นที่อนุรักษ์ไม่ควรสร้างอะไร เพื่อให้พื้นที่ต้นน้ำยังคงบทบาท

หน้าที่ของการเป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ช่วยดูดซับน้ำฝนก่อนไหลลงสู่พื้นที่เมืองซึ่งอยู่กลางน้ำ และปลายน้ำ

พื้นที่กลางน้ำ เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่าส่วนต้นน้ำ โดยมีความลาดชันพื้นที่เฉลี่ย 6-35% พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ซึ่งน้ำท่วมไม่ถึง พื้นที่ส่วนนี้จึงเหมาะที่สร้างบ้านเรือนที่อยู่อาศัยได้ โดยต้องมีการระวางเรื่องน้ำผิวดินที่อาจไหลบ่ามาจากต้นน้ำ เนื่องจากเป็นพื้นที่ผ่านไปสู่ปลายน้ำ และน้ำยังมีอัตราการไหลที่ค่อนข้างสูงอยู่

พื้นที่ปลายน้ำ มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบลุ่ม มีความลาดชันของพื้นที่โดยเฉลี่ยต่ำกว่า 5% เป็นพื้นที่ซึ่งมีน้ำท่วมถึงเป็นประจำ การเลือกใช้ประโยชน์พื้นที่บริเวณนี้จึงควรหลีกเลี่ยงบริเวณที่เป็นที่ลุ่ม เพื่อรักษาพื้นที่สำหรับน้ำของเมืองไว้รองรับน้ำที่ไหลมาจากต้นน้ำ และกลางน้ำ รวมถึงน้ำท่าที่เกิดภายในลุ่มน้ำตัวเอง

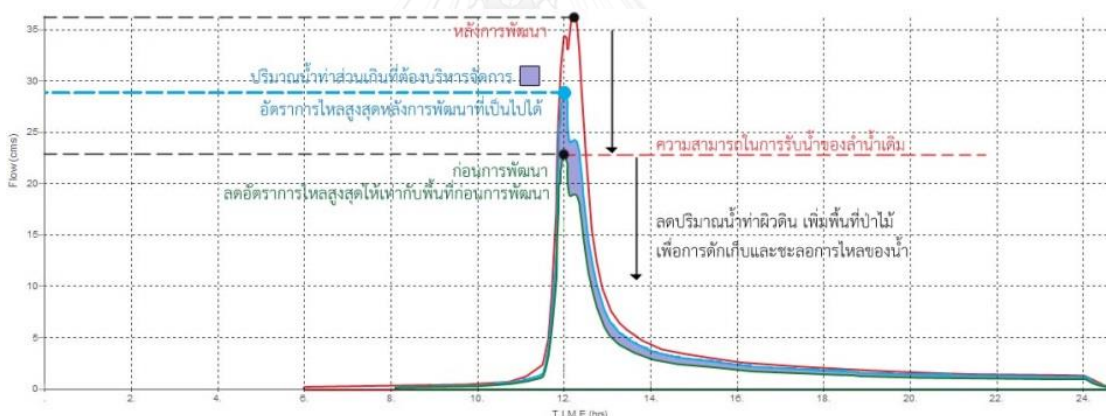


ภาพที่ 104 กรอบแนวคิดการศึกษาเรื่องน้ำกับเมือง

6.2.1.2 การออกแบบเพื่อการลดผลกระทบ

การนำแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองมาบูรณาการใช้ร่วมกับการออกแบบวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรมเรื่องสิ่งปกคลุมผิวดินนั้นสามารถทำได้หลายวิธีการ ประกอบด้วยแนวคิดสำคัญ 2 แนวคิด หนึ่งคือการควบคุมปริมาณน้ำท่าผิวดินหลังการพัฒนาให้เท่ากับก่อนการพัฒนา (Zero runoff) และสองคือการควบคุมปริมาณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำ (Peak rate control) ด้วยวิธีการทางภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อการกักเก็บ และชะลอน้ำในรูปแบบต่างๆ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- 1) การนำผลจากสภาพน้ำท่ามาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าผิวดินที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่ เพื่อการวางแผนออกแบบทางภูมิสถาปัตยกรรมในการควบคุมการเกิดน้ำท่าผิวดิน โดยกำหนดให้พื้นที่พัฒนาใหม่หรือพื้นที่ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน มีการควบคุมปริมาณน้ำท่าผิวดินหลังการพัฒนาให้เท่ากับก่อนการพัฒนา



ภาพที่ 105 แนวคิดการควบคุมปริมาณน้ำท่าผิวดินหลังการพัฒนาให้เท่ากับก่อนการพัฒนา (Zero runoff) โดยใช้สภาพน้ำท่าเป็นเครื่องมือ

- 2) การนำผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำมาใช้ทางภูมิสถาปัตยกรรมด้วยวิธีการห้วงน้ำในรูปแบบต่างๆ โดยออกแบบให้เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่เมืองเพื่อรองรับการใช้งานรูปแบบต่างๆ ของเมืองได้ ลดอัตราการไหลสูงสุดในลำน้ำ และลดผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่อาจเกิดขึ้นกับเมือง เพิ่มพื้นที่กักเก็บชะลอน้ำ



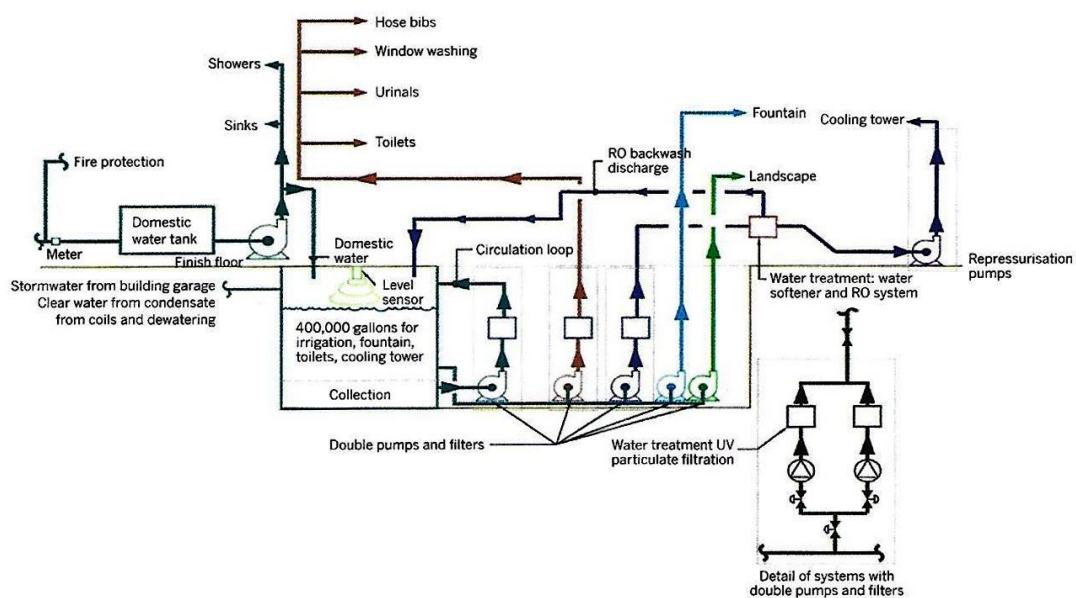
ภาพที่ 106 ภาพตัวอย่างแนวความคิดการออกแบบพื้นที่ทางภูมิสถาปัตยกรรม
แนวความคิดการเพิ่มพื้นที่กักเก็บชะลอน้ำ (susDrain, 2012)

การควบคุมอัตราการไหลสูงสุดของน้ำ (Peak rate control) มีหลักการคือการจัดการให้น้ำท่าไหลผ่านสิ่งปกคลุมผิวดินที่เป็นพืชพรรณ หรือมีโอกาสให้น้ำไหลซึมลงสู่ชั้นดิน ก่อนไหลลงสู่ลำน้ำธรรมชาติ หรือทางระบายน้ำ ด้วยการแบ่งย่อยพื้นผิวไม่ซึมน้ำขนาดใหญ่ (Impervious surface disconnection) หรือใช้วัสดุซึมน้ำได้ (Permeable pavement) สามารถยับยั้งการไหลบ่าของน้ำผิวดิน, บำบัดน้ำ และส่งเสริมให้เกิดการซึมสู่ชั้นดินซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเติมน้ำของระบบน้ำใต้ดิน

สำหรับการแบ่งย่อยพื้นผิวไม่ซึมน้ำขนาดใหญ่นั้น ส่วนที่มารองรับหรือแทรกตัวอยู่ระหว่างพื้นผิวไม่ซึมน้ำคือวิธีการทางภูมิสถาปัตยกรรมตามแนวความคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำ (The Images Publishing Group, 2016) สามารถทำได้หลายวิธี (ดูรายละเอียดในภาคผนวก) ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ในพื้นที่ต่างๆ ได้โดยมีวิธีที่สามารถเลือกใช้ได้ดังนี้

- การประยุกต์ใช้สำหรับอาคาร (Building)
 - การเก็บน้ำฝน (Rain water harvesting)
 - หลังคาพืชพรรณ (Vegetative roofs)

- การประยุกต์ใช้สำหรับภูมิทัศน์ (Landscape)
 - ระบบซึบน้ำ (Infiltration)
 - แถบพืชพรรณ (Vegetated filter strips)
 - สวนน้ำฝน (Rain garden)
 - ระบบกักเก็บน้ำด้วยพืชพรรณ (Bioretention)
 - ระบบกักเก็บน้ำด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Stormwater wetlands)
 - ระบบทางระบายน้ำมีพืชพรรณปกคลุม (Grass swale)



ภาพที่ 107 การเก็บน้ำฝนจากหลังคา (The Images Publishing Group, 2016, p. 231)



ภาพที่ 108 ตัวอย่างหลังคาพืชพรรณ (Sky gardens blog, 2017)



ภาพที่ 109 ตัวอย่างการใช้ระบบซับน้ำ (The Images Publishing Group, 2016, p. 190)



ภาพที่ 110 ตัวอย่างการใช้แถบพืชพรรณในพื้นที่เมือง (3 Rivers Wet Weather, 2016)



ภาพที่ 111 สวนน้ำฝน (American Society of Landscape Architects, 2006)



ภาพที่ 112 ระบบกักเก็บน้ำด้วยพืชพรรณ (Central Coast LIDI, 2017)



ภาพที่ 113 ระบบกักเก็บน้ำด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Archdeacon, 2012)



ภาพที่ 114 ระบบทางระบายน้ำที่มีพืชพรรณปกคลุม (Stephenson, 2014)

6.2.2 ข้อเสนอแนะในกระบวนการศึกษาและงานวิจัย

6.2.2.1 การทำความเข้าใจโครงสร้างภูมิเวศ

จากกระบวนการศึกษาวิจัยพบว่า การทำความเข้าใจเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น แม้จะทำการศึกษาเฉพาะปัจจัยของสิ่งปกคลุมผิวดินแต่พื้นที่ภูมิเวศนั้นเกิดจากองค์ประกอบหลายอย่างเข้ามาประกอบกัน ดังนั้นการมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในองค์ประกอบต่างๆ ของภูมิเวศจะช่วยสร้างความเข้าใจพื้นฐาน และนำไปสู่การประยุกต์ทางภูมิสถาปัตยกรรมที่ดี สามารถพิจารณากำหนดกรอบตัวแปรต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมกับเงื่อนไขพื้นที่แต่ละส่วน

6.2.2.2 การวิเคราะห์สิ่งปกคลุมผิวดินโดยซอฟต์แวร์ ENVI

- 1) ความแม่นยำของข้อมูลพื้นที่ตัวแทน (Training area) ในระบบการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม (Supervised classification) ขึ้นอยู่กับการกำหนดข้อมูลของผู้วิจัยเป็นสำคัญ
- 2) คุณภาพของไฟล์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT แต่ละตัวไม่เท่ากัน ซึ่งดาวเทียม LANDSAT8 มีคุณภาพไฟล์ข้อมูลสูงที่สุด

6.2.2.3 การวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำโดยแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง

- 1) การเลือกใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการประมาณการปริมาณน้ำท่าผิวดินสามารถได้หลายวิธีการ เช่น Hydrologic modeling system: HEC-HMS, SCS/NRCS Curve number method, Storm water management model: SWMM เป็นต้น โดยการพิจารณาเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา ความรู้พื้นฐานของผู้วิจัย และผลการวิเคราะห์ที่ต้องการนำไปใช้ต่อ
- 2) ข้อมูลประกอบการพิจารณาปัจจัยต่างๆ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณของแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง เป็นข้อมูลที่อ้างอิงจากพื้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นประเทศผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ ทำให้อาจมีความคลาดเคลื่อนของผลการคำนวณที่ได้เมื่อนำมาใช้กับพื้นที่ประเทศไทย ซึ่งการพัฒนาข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานเหล่านี้เพื่อการศึกษาในระดับต่อไปจึงมีความสำคัญ
- 3) ข้อมูลที่นำมาใช้คำนวณมีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากต่อผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ ทั้งข้อมูลในส่วนของราชการ และองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น เช่น ปริมาณน้ำฝน, ขนาด และเส้นทางลำน้ำ, การใช้ประโยชน์ที่ดิน และระบบการระบายน้ำของเมือง เป็นต้น จึงควรมีการเก็บข้อมูลของพื้นที่ในความดูแลอย่างละเอียด เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนพื้นที่ประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างถูกต้อง ตรงจุด และแม่นยำมากยิ่งขึ้น

6.3 การศึกษาในระดับต่อไป

การศึกษาวิจัยระดับต่อไปในอนาคตที่ต่อเนื่องจากงานวิจัยนี้ควรเป็นการต่อยอดองค์ความรู้ หรือการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากคำถามที่ได้จากวิทยานิพนธ์นี้ โดยมีความละเอียดเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ในส่วนการจัดเตรียมข้อมูล การลงพื้นที่สำรวจภาคสนามเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ที่ถูกต้องมากที่สุด รวมถึงการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อประมาณการผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ และนำไปใช้ต่อทางภูมิสถาปัตยกรรมได้ โดยมีประเด็นความสนใจ ดังนี้

6.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีถูกต้องแม่นยำมากขึ้นจากพื้นที่ลุ่มน้ำการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีความถูกต้อง และละเอียดสูงขึ้นจากพื้นที่ลุ่มน้ำการศึกษา เพื่อให้ผลการประมาณการผลกระทบเบื้องต้นทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด

6.3.2 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สำหรับการศึกษาวิจัยที่มุ่งเน้นการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ ควรมีการใช้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือมีการเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยเฉพาะแบบจำลองที่มีการบูรณาการองค์ประกอบทางภูมิสถาปัตยกรรม และเงื่อนไขเชิงพื้นที่ประกอบการคำนวณซึ่งสามารถคาดการณ์ผลกระทบเชิงปริมาณ และนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรมได้

6.3.3 การศึกษาปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากสิ่งปกคลุมผิวดิน

จากการศึกษาจะเห็นว่าปัจจัยอื่นๆ อีกมากมายที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ในพื้นที่ภูมิโนเวศที่นอกเหนือจากสิ่งปกคลุมผิวดินจึงมีความสำคัญเช่นกัน ซึ่งอาจเป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ทำให้สามารถมองเห็นภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงภูมิโนเวศที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนครอบคลุมยิ่งขึ้น

6.4 ข้อจำกัดและอุปสรรคในการศึกษา

6.4.1 ข้อจำกัดด้านกระบวนการศึกษา

- 6.4.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลขนาดลำน้ำในขั้นตอนการสำรวจภาคสนามเพื่อใช้ในการประมาณการผลกระทบเบื้องต้นโดยแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง อาจมีความคลาดเคลื่อนซึ่งเกิดจากการประมาณการด้วยสายตา

ร่วมกับการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศซึ่งส่งผลต่อผลการวิเคราะห์ผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำในพื้นที่

6.4.1.2 ข้อจำกัดความสามารถในการประมวลผลของแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองที่นำมาใช้ตามที่ได้กล่าวไปในบทที่ 2 หัวข้อการวิเคราะห์ผลกระทบต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินโดยแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมือง

6.4.2 ข้อจำกัดด้านการนำผลการศึกษาไปใช้

6.4.2.1 ผลที่ได้จากแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่เมืองอยู่ในรูปชลภาพน้ำท่าซึ่งเป็นกราฟ 2 มิติ การนำไปใช้ต่อไปในการวางแผนจัดการพื้นที่ทางภูมิทัศน์จึงต้องอาศัยความสามารถ และความรู้พื้นฐานเดิมของผู้ใช้เป็นสำคัญ

6.4.2.2 ผลการวิเคราะห์ที่ได้เป็นเพียงการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามการวิจัยในพื้นที่กรณีศึกษา การนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปในพื้นที่อื่นๆ จึงต้องมีการนำไปปรับปรุงแก้ไขข้อมูลตามพื้นที่นั้นๆ ก่อนนำไปใช้

6.4.2.3 งานวิจัยนี้เป็นเพียงการวิเคราะห์ผลกระทบเบื้องต้นอันเกิดจากสิ่งปกคลุมผิวดินเท่านั้น ซึ่งนอกเหนือจากปัจจัยของสิ่งปกคลุมผิวดินแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอีกด้วย โดยต้องมีการศึกษาและทำความเข้าใจต่อไปในอนาคต

วิทยานิพนธ์นี้นอกจากจะเป็นจุดเริ่มต้นของการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการประมาณการผลกระทบทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำเพื่อการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินแล้ว ยังเป็นจุดเริ่มต้นของการตั้งคำถามในเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิโนเวศที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงรูปแบบอื่นๆ ต่อไป ผ่านการทำความเข้าใจโครงสร้างภูมิโนเวศ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในภูมิโนเวศนั้นซึ่งเกี่ยวข้องกับงานภูมิสถาปัตยกรรมโดยตรง

เพื่อให้สามารถเข้าใจพื้นฐานองค์ความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินที่ส่งผลต่อระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำ การศึกษาวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในการสร้างความเข้าใจในกระบวนการศึกษาและมองเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จากการนำกรอบแนวความคิดที่อยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีต่างๆ และแนวคิดการออกแบบเมืองโดยให้ความสำคัญในเรื่องการจัดการทรัพยากรน้ำไปประยุกต์เป็นแนวทางสู่การสร้างสมมติฐานของการออกแบบ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันของระบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำกับงานภูมิสถาปัตยกรรม ที่สามารถประมาณการเบื้องต้นได้ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยคำนึงถึงลักษณะพื้นที่ประเทศไทยต่อไปในอนาคต

รายการอ้างอิง

- 3 Rivers Wet Weather. (2016). Rain ways: Vegetated Filter Strip. Retrieved 17 June, 2017, from <http://www.3riverswetweather.org/green/green-solution-vegetated-filter-strip>
- Akan, A. O., & Houghtalen, R. J. (2003). *Urban hydrology, Hydraulics, and Stormwater quality: Engineering Applications and Computer modeling*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- American Society of Landscape Architects. (2006). ASLA 2006 Professional Awards: General Design Award Of Honor. Retrieved 17 June, 2017, from <https://www.asla.org/awards/2006/06winners/341.html>
- Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., & Witmer, R. E. (2001). *A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data* (U. S. G. P. Office Ed.). Washington, DC, USA: United States Government Printing Office.
- Archdeacon, K. (2012). Stormwater Harvesting In Geelong: Case Studies. Retrieved 17 June, 2017, from <http://www.sustainablemelbourne.com/tag/wsud>
- Black, P. E. (1996). *Watershed Hydrology* (2nd ed.). New York, USA: Lewis Publishers.
- Cadenasso, M. L., Pickett, S. T. A., & Schwarz, K. (2007). Spatial Heterogeneity in Urban Ecosystems: Reconceptualizing Land Cover and a Framework for Classification. *Ecological Society of America*, 5(No. 2 (Mar., 2007)), 80-88.
- Central Coast LIDI. (2017). 21st Street Complete/Green Street. Retrieved 17 June, 2017, from <https://www.centralcoastlidi.org/project-details.php?id=2>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design - Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches 4th Ed*. USA: SAGE Publications, Inc.
- Earth Science Australia. (1995). Streams and Drainage. Retrieved 20 August, 2016, from http://earthsci.org/flood/J_Flood04/stream/stream.html#StreamOrder
- Environmental Systems Research Institute. (2016). ArcGIS Desktop (Version 10.4). Redlands,CA: Environmental Systems Research Institute (ESRI).
- Exelis Visual Information Solutions. (2013). ENVI (Version 5.1). Boulder, Colorado: Exelis Visual Information Solutions.

- Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Google Earth. (2016). Aerial photograph of Kata bay, Phuket. USA: Google Inc.
- Marsh, W. M. (2005). *Landscape Planning Environmental Applications Fourth Edition*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Mays, L. W. (2005). *Water Resources Engineering 2nd Edition*. New Jersey, USA: Wiley & Sons, Inc.
- McHarg, I. L. (1971). *Design with nature*. USA: Doubleday/Natural History Press.
- Mejia, J. E. R. (1998). *Hydrological Impact of Land Use Change in Tropical Hillsides: The Impact of Patterns*. (MSC Degree in Geography), King's College London, London, UK.
- Melbourne Water. (2016). Stormwater management (WSUD): Melbourne Water. Retrieved 13 August, 2016, from <http://www.melbournewater.com.au>
- MRoden. (2017). A Flood hydrograph. Retrieved 14 May, 2017, from <http://www.pupilvision.com/yeareleven/hydrograph.htm>
- Natural Resource Conservation Service. (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds TR-55*. Washington, DC, USA: The U.S. Department of Agriculture.
- Natural Resource Conservation Service. (2009). *Small Watershed Hydrology WinTR-55 User Guide*. Washington, DC, USA: The U.S. Department of Agriculture.
- Natural Resources Conservation Service. (2013). WinTR-55 Small Watershed Hydrology (Version 1.00.10). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture (USDA), & The Natural Resources Conservation Service (NRCS),.
- Sky gardens blog. (2017). Greenroofs.com Project of the Week for April 3, 2017: Sam Nunn Atlanta Federal Center. Retrieved from <http://www.greenroofs.com/blog/tag/sam-nunn-atlanta-federal-center/>
- Stephenson, A. (2014). SuDS Delays: Have We Lost Sight of our Founding Principles? Retrieved 17 June, 2017, from <http://www.engineeringnaturesway.co.uk/blog/suds-delays-have-we-lost-sight-of-our-founding-principles>
- susDrain. (2012). Case studies: Melton, School SuDS scheme, Mowbray. Retrieved 17 June, 2017, from http://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/melton_school_suds_scheme_mowbray.html

- Sustainable Sanitation and Water Management. (2016). The water cycle. Retrieved 13 August, 2016, from <http://www.sswm.info/category/concept/water-cycle>
- The Construction Industry Research and Information Association. (2013). *Water sensitive urban design in the UK-Ideas for built environment practitioners* UK: The Construction Industry Research and Information Association.
- The Federal Interagency Stream Restoration Working Group. (2001). *Stream corridor restoration: principles, processes, and practices*. USA: Natural Resource Conservation Service.
- The Images Publishing Group. (2016). *Stormwater management for sustainable urban environments* (S. Slaney Ed.). Australia: Everbest printing investment limited.
- The United Nations Environment Programme, & The Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2005). *Land Cover Classification System (LCCS), version 2: Classification Concepts and User Manual*. Rome, Italy: The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Environment and Natural Resources Service Series.
- U.S. Department of the Interior, & U.S. Geological Survey. (2017). Landsat Level-1 Data Products (Landsat data). Retrieved 17 September 2016 <https://earthexplorer.usgs.gov>
- Washington State Department of Fish and Wildlife. (2004). *Stream Habitat Restoration Guidelines* 2004. USA: The U.S. Fish and Wildlife Service.
- Washington State Department of Fish and Wildlife. (2012). *Stream Habitat Restoration Guidelines* 2012. USA: The U.S. Fish and Wildlife Service.
- Winter, T. C., Harvey, J. W., Franke, O. L., & Alley, W. M. (1998). *Ground water and surface water a single resource*. Colorado, USA: U.S. Geological Survey.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2556). แผนที่ธรณีวิทยา จังหวัดภูเก็ต มาตราส่วน 1:250,000.
- กรมแผนที่ทหาร. (2510). ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอ่าวกะตะ จังหวัดภูเก็ต (มาตราส่วน 1:25,000). กรุงเทพฯ: กรมแผนที่ทหาร.
- กรมแผนที่ทหาร. (2516). แผนที่ทางทหารจังหวัดภูเก็ต. กรุงเทพฯ: กรมแผนที่ทหาร.
- กรมแผนที่ทหาร. (2538). ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอ่าวกะตะ จังหวัดภูเก็ต (มาตราส่วน 1:50,000). กรุงเทพฯ: กรมแผนที่ทหาร.
- กรมแผนที่ทหาร. (2543). แผนที่ทางทหารจังหวัดภูเก็ต. กรุงเทพฯ: กรมแผนที่ทหาร.

- กรมแผนที่ทหาร. (2552). แผนที่ทางทหารจังหวัดภูเก็ต. กรุงเทพฯ. กรมแผนที่ทหาร.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2559). เส้นชั้นความสูงระดับความต่างชั้นทุกระยะ 2 เมตร บริเวณลุ่มน้ำกะตะ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2560). แผนที่ชุดดิน มาตราส่วน 1:25,000. 8 ตุลาคม 2559, สืบค้นจาก กรมพัฒนาที่ดิน <http://eis.ldd.go.th/Lddeis/SoilView.aspx>
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2559). แผนที่ชุดดิน ตำบลกะรน จังหวัดภูเก็ต มาตราส่วน 1:25,000.
- กังวาน พิพิธพงศ์สันต์. (2553). การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมผิวดิน ที่ส่งผลต่อระบบอุทกนิเวศ กรณีศึกษา บ้านแม่แอน ต.ห้วยทราย อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- กิตติศักดิ์ ทิพย์สีแสง. (2559, 22 สิงหาคม 2559). หลักการอ่าน แพลตฟอร์มภาพถ่ายทางอากาศและแผนที่. [สไลด์] สืบค้นจาก http://www.dnp.go.th/train/cms/images/stories/training4/Final_report1/sujit3.pdf
- งามพิศ สัตย์สงวน. (2558). การวิจัยเชิงคุณภาพทางมนุษยวิทยา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดนัย ทายตะคุ. (2548). โครงสร้างเชิงปริภูมิของภูมิทัศน์กับการวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลอง: การทบทวนทางทฤษฎี ของกระบวนการเชิงปริมาณทางภูมิศาสตร์วิทยา. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, 1/2548(ฉบับงานบริการวิชาการสู่สังคม ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม).
- ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. (2558). การวิจัยแบบผสม (Mixed Methods Research). สารสมาคมวิจัยสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2(2).
- ทวี ทองเข้ม. (2554). นโยบายการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (MSMS 2008). เทศบาลตำบลกะรน.
- ธีรพงษ์ การดี. (6 พฤศจิกายน 2559). หัวหน้าหมวดรถยนต์ งานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย สำนักปลัด เทศบาลตำบลกะรน. สัมภาษณ์.
- นิลุบล คล่องเวสสะ. (2544). เอกสารคำสอน วิชา 2504513 การวางแผนและออกแบบสวนสาธารณะและพื้นที่นันทนาการ. เอกสารคำสอน. ภูมิสถาปัตยกรรม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- บุญเกื้อ. (16 กุมภาพันธ์ 2560). อดีตชาวบ้านบ้านกะตะ. สัมภาษณ์.
- ประกอบ วิโรจน์ภู. (2539). อุทกวิทยาของน้ำผิวดิน. ขอนแก่น: ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.
- ปราโมทย์ เกตุทอง. (2546). การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมพื้นดินในพื้นที่เมืองที่มีผลต่อลักษณะอุทกวิทยาเมือง : กรณีศึกษาย่านบางลำพู. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- ภูเก็ตออนไลน์. (2559). หนังสือพิมพ์ภูเก็ตออนไลน์. 15 สิงหาคม, 2559, สืบค้นจาก <http://www.phuketonline.com>
- มนตรี ชูวงศ์. (2554). *ธรณีวิทยาพื้นฐาน*. พระนครศรีอยุธยา: เทียนวัฒนาพริ้นท์ติ้ง.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2524). กรุงเทพฯ: สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.
- ลัดดาวัลย์ เกษมเนตร และ ทศนา ทองภักดี. (2549). การวิจัยเปรียบเทียบสาเหตุ. *วารสารพฤติกรรมศาสตร์*, 12(1).
- วีระภาส คุณรัตนศิริ. (2559, 30 สิงหาคม 2559). การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล Unsupervised Classification. [สไลด์] สืบค้นจาก http://www.dnp9.com/dnp9/web1/file_editor/file/Advanced%20-%2020%20Unsupervised%20Classification.pdf
- ศนิ ลิ้มทองสกุล. (2554). การประยุกต์ใช้แนวทางการบริหารจัดการน้ำผิวดินด้วยแนวคิด LID ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมพร ภัทราคูสย์. (2553). การปฏิบัติวิชาชีพภูมิสถาปัตยกรรมในออสเตรเลียยุคปี ค.ศ.2010. สมาคมภูมิสถาปนิกประเทศไทย.
- สมัคร. (16 กุมภาพันธ์ 2560). อดีตชาวบ้านบ้านกะตะ. สัมภาษณ์.
- สำนักพัฒนาอู่ตุนิยมวิทยา กรมอู่ตุนิยมวิทยา. (2559). ปริมาณฝนรายวันย้อนหลัง 30 ปี สถานี 564201-ภูเก็ต.
- สืบศิริ ศรีธีรรัตน์. (2552). *การจำแนกและบ่งชี้คุณลักษณะภูมิทัศน์ พื้นที่เกษตรกรรมเมือง: กรณีศึกษา สวนผักออ่อนนุช กรุงเทพมหานคร และสวนผลไม้บางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สุจิตร์ จันทรสว่าง. (2559, 22 สิงหาคม 2559). การใช้ภาพถ่ายทางอากาศ ในภารกิจของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. [สไลด์] สืบค้นจาก http://www.dnp.go.th/train/cms/images/stories/training4/Final_report1/sujit2.pdf
- สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. (2555). *ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด สามลดา.
- โอโณทัย งามวิชัยกิจ. (2558). การวิจัยแบบผสมผสานเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ. *วารสารการจัดการสมัยใหม่*, 13(1).
- อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. (2530). *ธรณีวิทยาพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.



วิธีการบรรเทาผลกระทบทางอุทกวิทยาในพื้นที่เมืองตามแนวคิดการออกแบบเมืองโดยคำนึงถึงการจัดการน้ำในรูปแบบต่างๆ

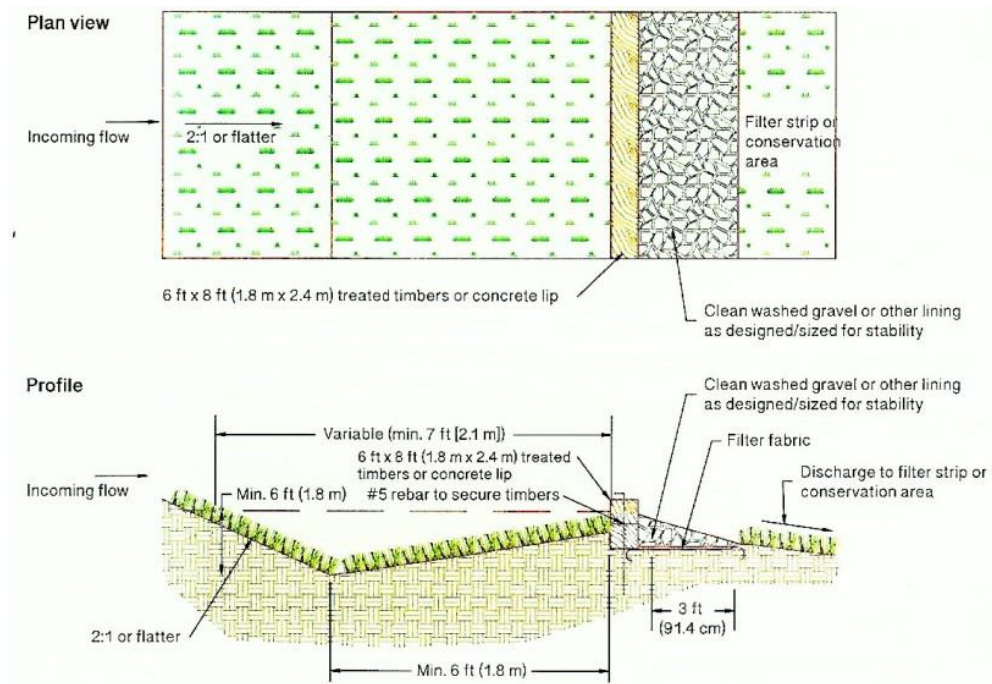
- การเก็บน้ำฝน (Rain water harvesting)

การเก็บน้ำฝนเป็นวิธีการจับ และเก็บกักน้ำฝนจากหลังคาอาคาร, รางน้ำ หรือท่อระบายน้ำในอาคาร เพื่อนำไปใช้สำหรับดูแลพืชพรรณภายนอกอาคาร หรือเพื่อการอุปโภคอื่นๆ ภายหลัง เป็นวิธีการอย่างง่ายที่ให้ประโยชน์เชิงนิเวศ โดยช่วยลดปริมาณน้ำท่า และอัตราการไหลสูงสุดของน้ำในลำน้ำรวมถึงผลกระทบที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม (Flooding), มลพิษ (Pollution) และการกัดเซาะ (Erosion)
- หลังคาพืชพรรณ (Vegetative roofs)

ระบบหลังคาพืชพรรณหรือที่รู้จักกันในชื่ออื่นๆ เช่น สวนหลังคา (Rooftop gardens), หลังคาเขียว (Green roofs), หลังคามีชีวิต (Living roofs), หลังคาชีว (Eco-roofs) และหลังคาธรรมชาติ (Nature roofs) เป็นชุดของชั้นองค์ประกอบเพื่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณ (Substrate) ที่มีการออกแบบระบบการระบายน้ำรองรับบนชั้นบนของโครงสร้างสิ่งก่อสร้าง มีหลายประเภทแบ่งตามความลึกของชั้นองค์ประกอบเพื่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณ ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการกักเก็บน้ำฝน
- ระบบซึบน้ำ (Infiltration)

ระบบซึบน้ำโดยทั่วไปประกอบด้วยร่องระบายน้ำ (Shallow excavated trench) หรือ แท็งก์ (Tank) ที่ออกแบบมาเพื่อกักเก็บน้ำท่าบางส่วน และให้น้ำซึมผ่านไปสู่ชั้นดินรอบๆ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของระบบซึบน้ำ ช่วยลดปริมาณน้ำท่าโดยการสร้างทางน้ำไหล และให้ซึมสู่ชั้นดินเพื่อเติมน้ำในระบบน้ำใต้ดิน เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีชั้นดินเป็นดินทราย และน้ำใต้ดินลึก
- แถบพืชพรรณ (Vegetated filter strips)

วิธีการรองรับน้ำไหลบ่าบนผิวดินด้วยแถบพืชพรรณ หรือพื้นที่พืชพรรณ เป็นวิธีการบริหารจัดการน้ำท่าโดยการชะลอความเร็วของน้ำด้วยพืชพรรณ และปล่อยให้ซึมลงชั้นดิน



ภาพที่ 115 Filter strips plan and section (The Images Publishing Group, 2016, p. 56)

- สวนน้ำฝน (Rain garden)

สวนน้ำฝนคล้ายกับสวนปกติทั่วไปโดยมีความแตกต่างที่สวนน้ำฝนนั้นจะรับน้ำฝนโดยตรงจากรางระบายน้ำฝนของอาคาร (Downpipes) หรือจากพื้นลาดแข็ง (Pave) ซึ่งจะช่วยซับน้ำส่วนนี้ลงสู่ชั้นดิน โดยจะกักเก็บน้ำไว้เพื่อให้แทรกซึมลงสู่ชั้นดิน การทำเช่นนี้จะช่วยลดปริมาณน้ำท่า และชะลอการไหลบ่าของน้ำท่าสู่ระบบระบายน้ำเมืองโดยตรงที่อาจชะมลพิษจากพื้นผิวมาด้วย

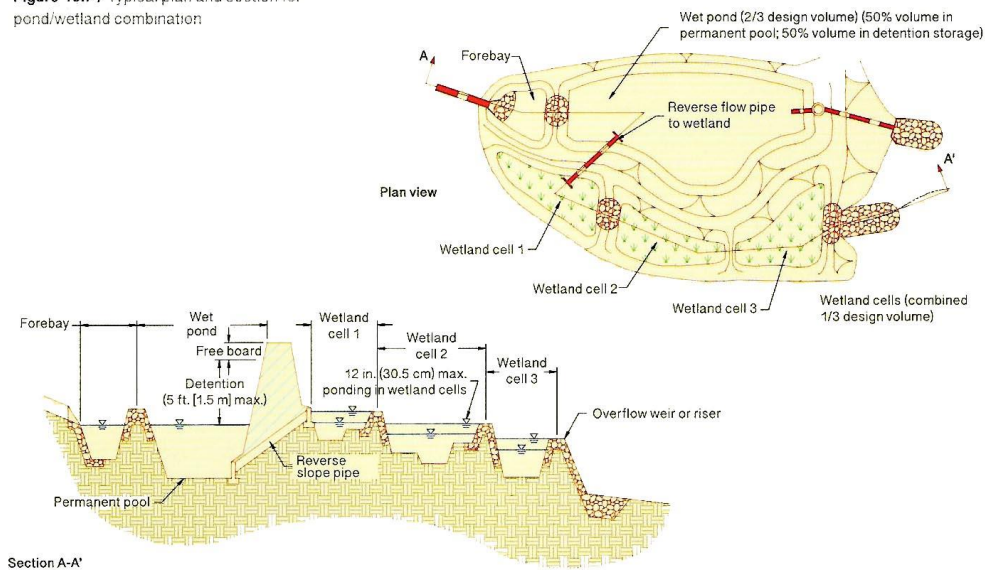
- ระบบกักเก็บน้ำด้วยพืชพรรณ (Bioretention)

ระบบกักเก็บน้ำด้วยพืชพรรณเป็นวิธีการสำหรับการจัดการน้ำฝนนอกประสงค์สามารถรองน้ำฝนที่ไหลผ่านผิวดินโดยใช้พืชพรรณในการกรองตะกอนที่ไหลมากับน้ำ ช่วยซับน้ำลงสู่ชั้นดินที่จัดเตรียมไว้ (Engineered soil mix) และซึมเข้าสู่ท่อใต้ชั้นดิน (Underdrain) ช่วยลดปริมาณน้ำท่า ชะลอความอัตราการไหลของน้ำ และลดภาระระบบท่อระบายน้ำของเมืองได้

- ระบบกักเก็บน้ำด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Stormwater wetlands)

ระบบกักเก็บน้ำด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ หรือที่รู้จักกันในชื่อ Constructed wetlands มีลักษณะเป็นพื้นที่ลุ่มที่มีพืชพรรณซึ่งจัดเตรียมไว้เพื่อการกักเก็บน้ำ ช่วยรองรับปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นภายในลุ่มน้ำ และปรับคุณภาพน้ำ

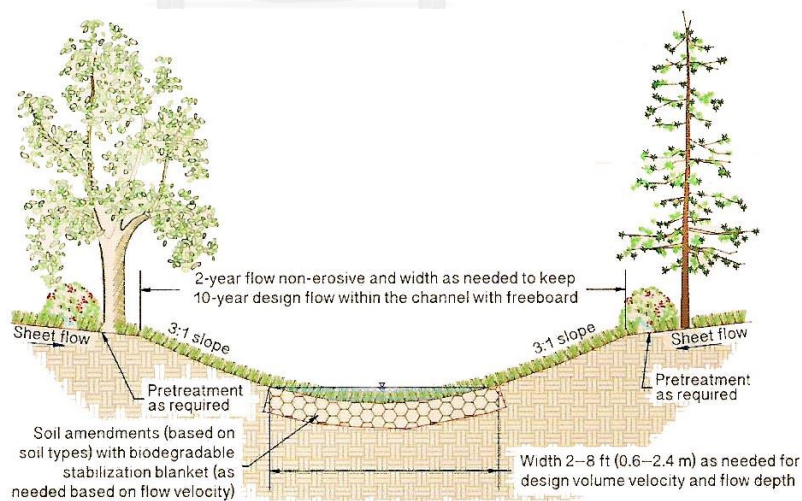
Figure 10.7 / Typical plan and section for pond/wetland combination



ภาพที่ 116 Typical plan and section for pond/wetland combination
(The Images Publishing Group, 2016, p. 299)

- ระบบทางระบายน้ำมีพืชพรรณปกคลุม (Grass swales)

ระบบทางระบายน้ำมีพืชพรรณปกคลุมมีลักษณะเป็นร่องระบายน้ำแบบเปิด (Open channel) ที่มีพืชพรรณปกคลุม ช่วยในการจัดการน้ำท่าโดยการลดความลึกของร่องทางน้ำไหล ซึ่งเป็นการช่วยลดอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำได้



ภาพที่ 117 Typical detail for grass swale (The Images Publishing Group, 2016, p. 175)

ผลการวิเคราะห์สิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2530 (แบบจำลองที่ 1) โดยแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่
เมือง

WinTR-55 Current Data Description

--- Identification Data ---

User: Yuppared Date: 31/5/2560
 Project: Kata Watershed Units: Metric
 SubTitle: 1987 Areal Units: Square Kilometers
 Region: phuket
 Locale: Thailand
 Filename: E:\MArch\00 MLA CU\2nd Year\Thesis\08 WinTR-55\KataWatershed_1987.w55

--- Sub-Area Data ---

Name	Description	Reach	Area (km?)	RCN	Tc
I		A	.18	30	0.315
II		C	.92	33	0.271
III		B	.3	30	.325
IV		C	.61	32	0.127
V		E	1.97	54	.53
VI		D	.4	30	0.381
VII		E	.35	56	.178
VIII		Outlet	.42	80	0.1

Total area: 5.15 (km?)

--- Storm Data ---

Rainfall Depth by Rainfall Return Period

2-Yr (mm)	5-Yr (mm)	10-Yr (mm)	25-Yr (mm)	50-Yr (mm)	100-Yr (mm)	1-Yr (mm)
102.6	.0	140.0	152.8	.0	.0	83.2

Storm Data Source: User-provided custom storm data
 Rainfall Distribution Type: Type II
 Dimensionless Unit Hydrograph: <standard>

Watershed Peak Table

Sub-Area or Reach Identifier	Peak Flow by Rainfall Return Period			
	2-Yr (cms)	10-Yr (cms)	25-Yr (cms)	1-Yr (cms)

SUBAREAS				
I	.00	.00	.00	.00
II	.00	0.06	0.13	.00
III	.00	.00	.00	.00
IV	.00	.00	0.06	.00
V	3.53	11.28	14.59	1.08
VI	.00	.00	.00	.00
VII	1.55	4.09	5.10	0.58
VIII	9.40	15.09	17.08	6.59
REACHES				
A	.00	.00	.00	.00
Down	.00	.00	.00	.00
B	.00	.00	.00	.00
Down	.00	.00	.00	.00
C	.00	0.06	0.19	.00
Down	.00	0.06	0.19	.00
D	.00	.00	.00	.00
Down	.00	.00	.00	.00
E	4.00	12.55	16.22	1.29
Down	4.00	12.53	16.18	1.28
OUTLET	9.52	18.75	23.02	6.59

Hydrograph Peak/Peak Time Table

Sub-Area or Reach Identifier	Peak Flow and Peak Time (hr) by Rainfall Return Period			
	2-Yr (cms) (hr)	10-Yr (cms) (hr)	25-Yr (cms) (hr)	1-Yr (cms) (hr)

SUBAREAS				
I	n/a	.00	n/a	.00
II	n/a	.00	0.06	0.13
III	n/a	.00	n/a	.00
IV	n/a	.00	n/a	0.06
V	3.53	11.28	14.59	1.08
VI	n/a	.00	n/a	.00
VII	1.55	4.09	5.10	0.58
VIII	9.40	15.09	17.08	6.59
REACHES				
A	n/a	.00	n/a	.00
Down	n/a	.00	n/a	.00
B	n/a	.00	n/a	.00
Down	n/a	.00	n/a	.00
C	n/a	.00	0.06	0.19
Down	n/a	.00	0.06	0.19
D	n/a	.00	n/a	.00
Down	n/a	.00	n/a	.00
E	4.00	12.55	16.22	1.29
Down	4.00	12.53	16.18	1.28
OUTLET	9.52	18.75	23.02	6.59

Sub-Area Summary Table

Sub-Area Identifier	Drainage Area (km ²)	Time of Concentration (hr)	Curve Number	Receiving Reach	Sub-Area Description
I	.18	0.315	30	A	
II	.92	0.271	33	C	
III	.30	0.325	30	B	
IV	.61	0.127	32	C	
V	1.97	0.530	54	E	
VI	.40	0.381	30	D	
VII	.35	0.178	56	E	
VIII	.42	0.100	80	Outlet	

Total Area: 5.15 (km²)

Reach Summary Table

Reach Identifier	Receiving Reach Identifier	Reach Length (m)	Routing Method
A	C	1174	CHANNEL
B	C	897	CHANNEL
C	E	1707	CHANNEL
D	E	650	CHANNEL
E	Outlet	814	CHANNEL



Sub-Area Land Use and Curve Number Details

Sub-Area Identifier	Land Use		Hydrologic Soil Group	Sub-Area Area (km ²)	Curve Number
I	Woods	(good)	A	.178	30
	Total Area / Weighted Curve Number			.18 ===	30 ==
II	Residential districts (2 acre)		A	.086	46
	Residential districts (2 acre)		B	.003	65
	Woods	(good)	A	.772	30
	Woods	(good)	B	.062	55
	Total Area / Weighted Curve Number			.92 ===	33 ==
III	Woods	(good)	A	.295	30
	Total Area / Weighted Curve Number			.3 ==	30 ==
IV	Residential districts (2 acre)		B	.005	65
	Woods	(good)	A	.569	30
	Woods	(good)	B	.032	55
	Total Area / Weighted Curve Number			.61 ===	32 ==
V	Residential districts (2 acre)		A	.027	46
	Residential districts (2 acre)		B	.046	65
	Residential districts (2 acre)		C	.197	77
	Fallow Bare soil		C	.014	91
	Small grain Contoured [C]	(good)	C	.459	81
	Small grain C&T + Crop residue	(good)	B	.214	69
	Woods - grass combination	(fair)	C	.063	76
	Woods	(good)	A	.949	30
	Total Area / Weighted Curve Number			1.97 =====	54 ==
VI	Woods	(good)	A	.399	30
	Total Area / Weighted Curve Number			.4 ==	30 ==
VII	Residential districts (2 acre)		A	.007	46
	Residential districts (2 acre)		C	.043	77
	Residential districts (2 acre)		D	.005	82
	Small grain Contoured [C]	(good)	C	.109	81
	Small grain Contoured [C]	(good)	D	.02	84
	Woods	(good)	A	.167	30
	Total Area / Weighted Curve Number			.35 ===	56 ==
VIII	Residential districts (1/2 acre)		C	.048	80
	Residential districts (2 acre)		C	.026	77
	Row Crop Cont & terraced	(good)	D	.215	81
	Small grain Contoured [C]	(good)	C	.073	81
	Woods - grass combination	(fair)	C	.053	76
	Total Area / Weighted Curve Number			.42 ===	80 ==

Reach Channel Rating Details

Reach Identifier	Reach Length (m)	Reach Manning's n	Friction Slope (m/m)	Bottom Width (m)	Side Slope
A	1174	.03	.06	3.3	5.2 :1
B	897	.03	.16	6.5	2.8 :1
C	1707	.035	.038	8.5	1.6 :1
D	650	.035	.0217	6	2 :1
E	814	.025	.0074	4	6.3 :1

Reach Identifier	Stage (m)	Flow (cms)	End Area (sq m)	Top Width (m)	Friction Slope (m/m)
A	0.0	0.000	0	3.3	.06
	0.2	1.848	.6	4.8	
	0.3	6.515	1.5	6.4	
	0.6	26.100	3.9	9.6	
	1.5	189.020	17	19.1	
	3.1	985.286	58.4	35	
	6.1	5560.725	213.5	66.7	
B	0.0	0.000	0	6.5	.16
	0.2	5.539	1	7.3	
	0.3	17.984	2.2	8.2	
	0.6	61.856	5	9.9	
	1.5	334.349	16.3	15	
	3.1	1373.267	45.8	23.6	
	6.1	6389.795	143.7	40.6	
C	0.0	0.000	0	8.5	.038
	0.2	2.989	1.3	9	
	0.3	9.536	2.7	9.5	
	0.6	31.533	5.8	10.5	
	1.5	152.461	16.6	13.4	
	3.1	543.182	40.8	18.3	
	6.1	2138.845	111.4	28	
D	0.0	0.000	0	6	.0217
	0.2	1.606	1	6.6	
	0.3	5.169	2	7.2	
	0.6	17.459	4.4	8.4	
	1.5	90.112	13.7	12.1	
	3.1	351.475	36.9	18.2	
	6.1	1550.221	111	30.4	
E	0.0	0.000	0	4	.0074
	0.2	0.950	.7	5.9	
	0.3	3.350	1.8	7.8	
	0.6	13.414	4.8	11.7	
	1.5	97.054	20.6	23.2	
	3.1	505.548	70.8	42.4	
	6.1	2851.797	258.8	80.9	

ผลการวิเคราะห์สิ่งปกคลุมผิวดิน ปี พ.ศ.2559 (แบบจำลองที่ 2) โดยแบบจำลองอุทกวิทยาลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่
เมือง

WinTR-55 Current Data Description

--- Identification Data ---

User: Yuupared Date: 31/5/2560
 Project: KataWatershed Units: Metric
 SubTitle: 2016 Areal Units: Square Kilometers
 Region: phuket
 Locale: Thailand
 Filename: E:\MArch\00 MLA CU\2nd Year\Thesis\08 WinTR-55\KataWatershed_2016.w55

--- Sub-Area Data ---

Name	Description	Reach	Area (km?)	RCN	Tc
I		A	.18	33	0.315
II		C	.92	44	.271
III		B	.3	31	.325
IV		C	.61	40	.127
V		E	1.97	64	.53
VI		D	.4	32	.381
VII		E	.35	64	.178
VIII		Outlet	.42	84	0.1

Total area: 5.15 (km?)

--- Storm Data --

Rainfall Depth by Rainfall Return Period

2-Yr (mm)	5-Yr (mm)	10-Yr (mm)	25-Yr (mm)	50-Yr (mm)	100-Yr (mm)	1-Yr (mm)
102.6	.0	140.0	152.8	.0	.0	83.2

Storm Data Source: User-provided custom storm data
 Rainfall Distribution Type: Type II
 Dimensionless Unit Hydrograph: <standard>

Watershed Peak Table

Sub-Area or Reach Identifier	Peak Flow by Rainfall Return Period			
	2-Yr (cms)	10-Yr (cms)	25-Yr (cms)	1-Yr (cms)
SUBAREAS				
I	.00	.00	.00	.00
II	0.17	2.42	3.76	.00
III	.00	.00	.00	.00
IV	.00	0.94	1.81	.00
V	10.09	21.43	25.73	5.27
VI	.00	.00	.00	.00
VII	3.11	6.33	7.54	1.71
VIII	10.86	16.69	18.70	7.91
REACHES				
A	.00	.00	.00	.00
Down	.00	.00	.00	.00
B	.00	.00	.00	.00
Down	.00	.00	.00	.00
C	0.17	3.10	5.15	.00
Down	0.17	3.09	5.13	.00
D	.00	.00	.00	.00
Down	.00	.00	.00	.00
E	11.09	26.57	33.43	5.82
Down	11.07	26.52	33.36	5.81
OUTLET	14.65	29.10	36.16	8.82

Hydrograph Peak/Peak Time Table

Sub-Area or Reach Identifier	Peak Flow and Peak Time (hr) by Rainfall Return Period			
	2-Yr (cms) (hr)	10-Yr (cms) (hr)	25-Yr (cms) (hr)	1-Yr (cms) (hr)

SUBAREAS				
I	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a
II	0.17 12.50	2.42 12.11	3.76 12.12	.00 n/a
III	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a
IV	.00 n/a	0.94 12.05	1.81 12.04	.00 n/a
V	10.09 12.23	21.43 12.21	25.73 12.22	5.27 12.25
VI	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a
VII	3.11 12.03	6.33 12.02	7.54 12.01	1.71 12.04
VIII	10.86 11.94	16.69 11.93	18.70 11.93	7.91 11.94
REACHES				
A	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a
Down	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a
B	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a
Down	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a
C	0.17 12.49	3.10 12.09	5.15 12.07	.00 n/a
Down	0.17 12.43	3.09 12.22	5.13 12.18	.00 n/a
D	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a
Down	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a	.00 n/a
E	11.09 12.20	26.57 12.20	33.43 12.19	5.82 12.24
Down	11.07 12.27	26.52 12.24	33.36 12.22	5.81 12.31
OUTLET	14.65	29.10	36.16	8.82

Sub-Area Summary Table

Sub-Area Identifier	Drainage Area (km ²)	Time of Concentration (hr)	Curve Number	Receiving Reach	Sub-Area Description
I	.18	0.315	33	A	
II	.92	0.271	44	C	
III	.30	0.325	31	B	
IV	.61	0.127	40	C	
V	1.97	0.530	64	E	
VI	.40	0.381	32	D	
VII	.35	0.178	64	E	
VIII	.42	0.100	84	Outlet	
Total Area:		5.15 (km ²)			

Reach Summary Table

Reach Identifier	Receiving Reach Identifier	Reach Length (m)	Routing Method
A	C	1174	CHANNEL
B	C	897	CHANNEL
C	E	1707	CHANNEL
D	E	650	CHANNEL
E	Outlet	814	CHANNEL



Sub-Area Land Use and Curve Number Details

Sub-Area Identifier	Land Use	Hydrologic Soil Group	Sub-Area Area (km ²)	Curve Number
I	Residential districts (1/8 acre)	A	.008	77
	Fallow Bare soil	A	.005	77
	Woods (good)	A	.164	30
	Total Area / Weighted Curve Number		.18 ===	33 ==
II	Residential districts (1/8 acre)	A	.106	77
	Residential districts (1/8 acre)	B	.04	85
	Fallow Bare soil	A	.015	77
	Woods (poor)	B	.029	66
	Woods (fair)	A	.734	36
Total Area / Weighted Curve Number		.92 ===	44 ==	
III	Residential districts (1/3 acre)	A	.001	57
	Fallow Bare soil	A	.004	77
	Woods (good)	A	.291	30
Total Area / Weighted Curve Number		.3 ==	31 ==	
IV	Residential districts (1/8 acre)	B	.018	85
	Residential districts (1/4 acre)	A	.025	61
	Fallow Bare soil	A	.006	77
	Woods (poor)	B	.02	66
	Woods (fair)	A	.538	36
Total Area / Weighted Curve Number		.61 ===	40 ==	
V	Open space; grass cover > 75% (good)	C	.195	74
	Paved parking lots, roofs, driveways	C	.035	98
	Commercial & business	C	.385	94
	Industrial	C	.097	91
	Residential districts (1/8 acre)	A	.215	77
	Residential districts (1/8 acre)	B	.188	85
	Fallow Bare soil	A	.022	77
	Fallow Bare soil	B	.012	86
	Fallow Bare soil	C	.028	91
	Woods (fair)	B	.06	60
Woods (good)	A	.733	30	
Total Area / Weighted Curve Number		1.97 =====	64 ==	
VI	Paved; open ditches (w/right-of-way)	A	.012	83
	Residential districts (1/3 acre)	A	.006	57
	Woods (good)	A	.382	30
Total Area / Weighted Curve Number		.4 ==	32 ==	
VII	Open space; grass cover > 75% (good)	C	.009	74
	Dirt (w/ right-of-way)	C	.009	87
	Residential districts (1/8 acre)	A	.034	77
	Residential districts (1/8 acre)	C	.135	90
	Residential districts (1/3 acre)	D	.011	86
	Row Crop Cont & terraced (good)	D	.014	81
	Woods (good)	A	.138	30
Total Area / Weighted Curve Number		.35 ===	64 ==	

Sub-Area Land Use and Curve Number Details (continued)

Sub-Area Identifier	Land Use	Hydrologic Soil Group	Sub-Area Area (km ²)	Curve Number
VIII	Open space; grass cover > 75%	(good) C	.061	74
	Paved; curbs and storm sewers	D	.006	98
	Dirt (w/ right-of-way)	C	.01	87
	Commercial & business	C	.141	94
	Industrial	D	.036	93
	Fallow Bare soil	C	.001	91
	Woods	(good) D	.16	77
Total Area / Weighted Curve Number			.42	84
			===	==

Reach Channel Rating Details

Reach Identifier	Reach Length (m)	Reach Manning's n	Friction Slope (m/m)	Bottom Width (m)	Side Slope
A	1174	.03	.06	3.3	5.2 :1
B	897	.03	.16	6.5	2.8 :1
C	1707	.035	.038	8.5	1.6 :1
D	650	.035	.0217	6	2 :1
E	814	.025	.0074	4	6.3 :1

Reach Identifier	Stage (m)	Flow (cms)	End Area (sq m)	Top Width (m)	Friction Slope (m/m)
A	0.0	0.000	0	3.3	.06
	0.2	1.848	.6	4.8	
	0.3	6.515	1.5	6.4	
	0.6	26.100	3.9	9.6	
	1.5	189.020	17	19.1	
	3.1	985.286	58.4	35	
	6.1	5560.725	213.5	66.7	
B	0.0	0.000	0	6.5	.16
	0.2	5.539	1	7.3	
	0.3	17.984	2.2	8.2	
	0.6	61.856	5	9.9	
	1.5	334.349	16.3	15	
	3.1	1373.267	45.8	23.6	
	6.1	6389.795	143.7	40.6	
C	0.0	0.000	0	8.5	.038
	0.2	2.989	1.3	9	
	0.3	9.536	2.7	9.5	
	0.6	31.533	5.8	10.5	
	1.5	152.461	16.6	13.4	
	3.1	543.182	40.8	18.3	
	6.1	2138.845	111.4	28	
D	0.0	0.000	0	6	.0217
	0.2	1.606	1	6.6	
	0.3	5.169	2	7.2	
	0.6	17.459	4.4	8.4	
	1.5	90.112	13.7	12.1	
	3.1	351.475	36.9	18.2	
	6.1	1550.221	111	30.4	
E	0.0	0.000	0	4	.0074
	0.2	0.950	.7	5.9	
	0.3	3.350	1.8	7.8	
	0.6	13.414	4.8	11.7	
	1.5	97.054	20.6	23.2	
	3.1	505.548	70.8	42.4	
	6.1	2851.797	258.8	80.9	

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวยุพเรศ สิทธิพงษ์ เกิดเมื่อวันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ.2535 จังหวัดภูเก็ต จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนภูเก็ตวิทยาลัย จังหวัดภูเก็ต และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2557 และศึกษาต่อในระดับปริญญาโทในสาขาวิชาภูมิสถาปัตยกรรม โดยมีความคาดหวังที่จะได้รับรู้แนวทางการศึกษาภูมินิเวศ และการออกแบบวางแผนทางภูมิสถาปัตยกรรมในบริบทต่างๆ เพื่อทำความเข้าใจกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อม และมุ่งหวังที่จะใช้องค์ความรู้ที่ได้เรียนรู้เพิ่มเติมเป็นแนวทางในการวางแผน หรือออกแบบในวิชาชีพ หรือส่งต่อให้ผู้อื่นต่อไปในอนาคต

