แนวทางการจัดการน้ำผิวดินโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว
กรณีศึกษาเทศบาลนครอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

นางสาวศิริพร หมอกใส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวางแผนภาคและเมือง ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

An Application of Green Infrastructure on Urban Surface Water Management: A Case Study of the City of Udonthani

Miss Siriporn Moksai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Urban and Regional Planning Program in Urban and Regional Planning
Department of Urban and Regional Planning
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการจัดการน้ำผิวดินโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวกรณีศึกษาเทศบาลนครอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี
โดย	นางสาวศิริพร หมอกใส
สาขาวิชา	การวางแผนภาคและเมือง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.สุธี อนันต์สุขสมศรี

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิต ภู่จินดา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร.สุธี อนันต์สุขสมศรี)

.....กรรมการ

(ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.อาทิตย์ ลิมปิยากร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศิริพร หมอกใส : แนวทางการจัดการน้ำผิวดินโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว กรณีศึกษาเทศบาลนครอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี (An Application of Green Infrastructure on Urban Surface Water Management: A Case Study of the City of Udonthani) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร.สุธี อนันต์สุขสมศรี, 131 หน้า.

เทศบาลนครอุดรธานีเป็นพื้นที่เมืองที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างสูง เนื่องจากเป็นศูนย์กลางการพัฒนาของจังหวัดอุดรธานีซึ่งเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจและการคมนาคมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และในอนาคตจังหวัดอุดรธานีมุ่งที่จะเป็นหนึ่งในศูนย์กลางของภูมิภาคอินโดจีน แต่ทว่าเทศบาลนครอุดรธานียังคงมีอุปสรรคที่สำคัญในการพัฒนาเมือง คือ ปัญหาน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชากร นอกจากนั้นการขาดแคลนพื้นที่สีเขียวในเมืองก็เป็นปัญหาหนึ่งในการพัฒนาเทศบาลให้เป็นเมืองน่าอยู่

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว (Green Infrastructure) ในพัฒนาพื้นที่ในการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเมืองและพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำสำหรับเป็นแหล่งน้ำสำรอง หลักสำหรับการจัดการพื้นที่สีเขียวเดิมและพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพื้นที่สีเขียวที่เพิ่มขึ้น โดยการหาพื้นที่ที่เหมาะสมนั้นใช้การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสม (Suitability Analysis) จากการใช้เครื่องมือระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ด้วย

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพื้นที่สีเขียวและพื้นที่สีเขียวเดิมในเขตเทศบาลนครอุดรธานีมีพื้นที่รวมเป็น 793,000 ตร.ม. ทำให้เมืองพื้นที่สีเขียวเพิ่มขึ้นตามค่ามาตรฐานพื้นที่สีเขียวในเมือง อีกทั้งเมื่อพัฒนาพื้นที่เหล่านี้ตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวจะสามารถพัฒนาพื้นที่เป็นแหล่งน้ำสำรองที่มีปริมาตรเพิ่มขึ้นประมาณ 2,220,000 ลบ.ม. ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับการจัดการดูแลพื้นที่สีเขียวทั้งหมด การพัฒนานี้สามารถช่วยบรรเทาปัญหาน้ำไม่เพียงพอและพัฒนาพื้นที่ตามแผนพัฒนาของเทศบาลนครอุดรธานี

จากการศึกษา พื้นที่ที่เหมาะสมในการพัฒนาตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว คือ (1) พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก (Hub) ที่ควรส่งเสริมให้พัฒนาเป็นพื้นที่เพื่อการรักษาสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำด้วยวิธีการพัฒนาแบบพื้นที่ชุ่มน้ำ (Stormwater Wetland) ได้แก่ พื้นที่หนองประจักษ์ หนองสิมและหนองบัว พื้นที่ที่ส่งเสริมให้เป็นพื้นที่การกักเก็บน้ำแบบใช้พืชพรรณ (Bioretention) และวิธีหลังคาเขียว (Green roofs) ได้แก่ พื้นที่หนองเหล็ก พื้นที่หนองใหญ่ พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม ราชการ และ พื้นที่อาคารสำนักงาน (2) พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่ตั้ง (Site) ที่เสนอแนะเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวด้วยการใช้วิธีแบบหลุมต้นไม้ (Bioswales) และพื้นผิวแบบรูพรุน (Permeable Pavers) ได้แก่ พื้นที่ทุ่งศรีเมือง พื้นที่สถาบันราชการ พื้นที่สีเขียวรอบหนองเหล็กและหนองใหญ่ (3) พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ที่เสนอแนะให้เป็นพื้นที่ที่ส่งเสริมการกักเก็บน้ำสำรองและการเพิ่มพื้นที่สีเขียว ด้วยการใช้ต้นไม้เป็นตัวกรอง (Tree Filters) และใช้กระถางจัดการน้ำฝน (Stormwater Planters) ได้แก่ พื้นที่เส้นทางคลองระบายน้ำบริเวณศูนย์กลางเทศบาลนครอุดรธานี

ภาควิชา การวางแผนภาคและเมือง ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การวางแผนภาคและเมือง ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5873328025 : MAJOR URBAN AND REGIONAL PLANNING
KEYWORDS: GREEN INFRASTRUCTURE / UDONTHANI PROVINCE / URBAN GREEN SPACE

SIRIPORN MOKSAI: An Application of Green Infrastructure on Urban Surface Water Management: A Case Study of the City of Udonthani. ADVISOR: SUTEE ANANTSUKSOMSRI, Ph.D., 131 pp.

Udonthani Municipality has very high socioeconomic growth due to its position as an economic and transportation center of the Northeastern Region of Thailand and, in the future, Indochina Region. However, water shortage is one of the major problems hinder the urban development of the city. In addition, lacking of urban green space is another challenge of Udonthani to become a livable city.

The objective of this research is to apply the idea of “Green Infrastructure” in the development of urban green spaces and water detention areas in the city. The water in the detention area will be used to maintain all existing and prospective urban green spaces. The method used to analyze the areas with potential for green infrastructure development is Suitability Analysis using Geographic Information Systems.

The study shows that there are 793,000 square meters of existing and prospective urban green spaces in the city, which is higher than a standard of urban green spaces. The green infrastructure development on these urban green spaces can store 2,220,000 cubic meters, which is sufficient for maintaining all existing and prospective urban green spaces in the city. The development of green infrastructure in the city will not only alleviate a water shortage problem but also improve the quality of the environment in the city.

The suitable areas for green infrastructure development in Udonthani Municipality include: (1) “Hub” areas for preserving enivironment and quality of water by using a concept of Stormwater Wetland are Nong Prajak, Nong Sim, and Nong Bua and by using concepts of Bioretention and Green Roofs are Ning Lek, Nong Yai, government center, and rural/agricultural area; (2) “Site” areas using concepts of Bioswales and Permeable Pavers are Tong Sri Muang, government center, and the areas around Nong Lek and Nong Yai; and (3) “Link” areas for improving water detention and urban green spaces using concepts of Tree Filters and Stormwater Planters are the areas around canals in the city center of Udonthani.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Urban and Regional Planning Student's Signature .....
Field of Study: Urban and Regional Planning Advisor's Signature .....
Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับการสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือจากอาจารย์หลายท่าน ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.สุธี อนันต์สุขสมศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำ เพื่อนำมาแก้ไขในข้อผิดพลาดต่างๆ ด้วยความใส่ใจตลอดการจัดทำวิทยานิพนธ์อย่างดีเสมอมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ รวมทั้งขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิต ภู่จินดา อาจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ และอาจารย์ ดร.อาทิตย์ ลิมปิยากร ที่ได้สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำในการแก้ไข้ข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณพี่ๆ ที่สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี และการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี ที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำเกี่ยวกับเทศบาลนครอุดรธานีที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณบิดา มารดาและครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจตลอดการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณนางสาวศิริลักษณ์ หมอกใส ที่สละเวลาให้คำปรึกษาตลอดการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ร่วมสาขาวิชาการวางแผนภาคและเมือง ที่คอยให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดจนกำลังใจที่ช่วยสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญภาพ ..... ฏ

สารบัญตาราง ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 คำถามวิจัย 2

1.3 วัตถุประสงค์ 2

1.4 ขอบเขตงานวิจัย 2

1.5 วิธีการดำเนินการศึกษา 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 แนวคิดความคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 แนวความคิดการจัดการน้ำ 6

2.1.1 การอนุรักษ์น้ำ 6

2.1.1.1 แหล่งน้ำธรรมชาติ 7

2.1.1.2 การบริหารจัดการน้ำในปัจจุบัน 8

2.1.2 แนวการจัดการน้ำ 8

2.1.2.1 แนวความคิดการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน (LID) 9

2.1.2.2 การคำนวณปริมาณน้ำไหลบ่าหรือน้ำท่า (run-off) 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.2 แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว 14
2.2.1 ความหมายของโครงสร้างพื้นฐานเขียว 14
2.2.2 ที่มาและความสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานเขียว 14
2.2.3 ประโยชน์ของโครงสร้างพื้นฐานเขียว 18
2.2.4 องค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานเขียว 19
2.2.4.1 พื้นที่ที่หลัก (Hub) 19
2.2.4.2 พื้นที่ตั้ง (Site) 23
2.2.4.3 พื้นที่เชื่อมต่อ (Link) 25
2.2.5 ตัวอย่างการใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว 27
2.2.5.1 การใช้ประยุกต์ใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในต่างประเทศ 27
2.2.5.2 การใช้ประยุกต์ใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานในประเทศไทย 31
บทที่ 3 ข้อมูลในการศึกษา 33
3.1 ข้อมูลทางกายภาพ 33
3.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต 33
3.1.2 ลักษณะภูมิศาสตร์ 33
3.1.2.1 ประเภทของดิน 33
3.1.3 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐาน 35
3.1.3.1 การคมนาคมขนส่ง 35
3.1.3.2 สาธารณูปโภคและสาธารณูปการ 36
3.1.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน 37
3.1.5 ปริมาณน้ำ 39
3.1.5.1 ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ 40
3.1.5.2 แหล่งน้ำธรรมชาติ 42

หน้า

3.2 ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคม 43
3.2.1 ประชากร 43
3.2.1.1 จำนวนประชากร 43
3.2.1.2 โครงสร้างประชากร 44
3.2.1.3 ความต้องการใช้น้ำของประชากร 45
3.2.2 เศรษฐกิจ 46
3.3.2.1 ปริมาณน้ำประปา 48
3.3.2.2 รูปแบบการจัดการน้ำประปา 48
3.2.3 ระบบการกำจัดน้ำเสีย 50
3.2.3.1 ปริมาณน้ำเสีย 50
3.2.3.2 พื้นที่จัดการน้ำเสีย 50
3.2.3.3 รูปแบบการจัดการน้ำเสีย 51
3.3 นโยบายด้านผังเมือง 52
3.3.1 นโยบายการการพัฒนาเมือง 52
3.3.1.1 แผนพัฒนาจังหวัดอุดรธานี พ.ศ.2557 - 2560 52
3.3.1.2 แผนพัฒนาเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2559 - 2561 53
3.3.2 ข้อจำกัดในการพัฒนาด้านผังเมือง 53
3.4 นโยบายด้านการจัดการน้ำ 54
3.4.1 นโยบายการพัฒนาด้านการจัดการน้ำ 54
3.4.1.1 การประปาส่วนภูมิภาค 54
3.4.1.2 เทศบาลนครอุดรธานี 54
3.4.2 ข้อจำกัดในด้านการจัดการน้ำ 55
บทที่ 4 ระเบียบวิธีวิจัย 56

หน้า

4.1 กรอบการวิจัย 56
4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่ 57
4.2.1 การเลือกปัจจัยและเกณฑ์พิจารณา 58
4.2.1.1 ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) 58
4.2.1.2 ปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) 63
4.2.1.3 ปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) 65
4.2.2 การกำหนดค่า 67
4.2.2.1 การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัย 67
4.2.2.2 การกำหนดค่าคะแนนจากเกณฑ์พิจารณา 75
4.2.3 การจัดทำแผนที่ 81
4.2.4 วิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสม 82
4.3 การเสนอแนะแนวทางการพัฒนาพื้นที่ 82
4.4 การเปรียบเทียบข้อมูลการพัฒนา 82
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์ 83
5.1 ผลสรุปการกำหนดค่าปัจจัย 83
5.2 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสม 87
5.2.1 พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก (Hub) 88
5.2.2 พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก (Site) 90
5.2.3 พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) 91
5.3 สรุปพื้นที่ที่เลือกพัฒนา 95
5.3.1 พื้นที่ที่เลือกพัฒนาเป็นพื้นที่หลัก (Hub) 96
5.3.2 พื้นที่ที่เลือกพัฒนาเป็นพื้นที่ตั้ง (Site) 97
5.3.3 พื้นที่ที่เลือกพัฒนาเป็นพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) 97

หน้า

บทที่ 6 ข้อเสนอแนะ 98
6.1 แนวทางการพัฒนาพื้นที่หลัก (Hub) 99
6.1.1 พัฒนาพื้นที่หลัก (Hub) เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำ 100
6.1.1.1 การใช้ระบบกักเก็บน้ำด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Stormwater wetland) 100
6.1.2 พัฒนาพื้นที่หลัก (Hub) เพื่อเป็นแหล่งน้ำสำรอง 101
6.2 แนวทางการพัฒนาพื้นที่ตั้ง (Site) 103
6.2.1 พัฒนาพื้นที่โดยใช้รูปแบบหลุมต้นไม้ (Bioswales) 104
6.2.2 พัฒนาพื้นที่โดยใช้รูปแบบใช้พื้นผิวแบบรูพรุน (Permeable Pavers) 105
6.3 แนวทางการพัฒนาพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) 106
6.3.1 การพัฒนาพื้นที่ในรูปแบบการใช้ต้นไม้เป็นตัวกรอง (Tree Filters) 106
6.3.2 การพัฒนาพื้นที่ในรูปแบบกระถางจัดการน้ำฝน (Stormwater Planters) 106
6.4 เปรียบเทียบพื้นที่จากการประยุกต์ใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว 106
6.4.1 เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ 107
6.4.2 เปรียบเทียบขนาดพื้นที่สีเขียว 108
6.4.2.1 พื้นที่สีเขียวที่น้ำซึมผ่านลงใต้ดิน 108
6.4.2.2 พื้นที่สีเขียวส่งเสริมการกักเก็บน้ำใต้ดิน 108
6.4.3 เปรียบเทียบมูลค่าทางเศรษฐกิจ 109
6.4.4 เปรียบเทียบค่าการไหลบ่า 110
6.5 ประโยชน์ที่ได้จากการพัฒนาพื้นที่ 111
6.6 ข้อจำกัดในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ 111
6.7 ข้อเสนอแนะของการศึกษาในขั้นต่อไป 112
รายการอ้างอิง 113
ภาคผนวก 117

หน้า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 131

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แสดงขอบเขตเทศบาลเมืองอุดรและพื้นที่โดยรอบ 3
ภาพที่ 2.1 การออกแบบชั้นหลังคาเขียว (Green Roofs) 10
ภาพที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานเขียว 19
ภาพที่ 2.3 การออกแบบพื้นที่แบบโพรงใต้ดิน (Underground Chambers) 20
ภาพที่ 2.4 การออกแบบบ่อแห้ง (Dry Wells) 20
ภาพที่ 2.5 แสดงระบบการกักเก็บน้ำแบบใช้พืชพรรณ (Bioretention) 21
ภาพที่ 2.6 การออกแบบการกักเก็บด้วยพืช (Bioretention Cells) 21
ภาพที่ 2.7 การกักเก็บน้ำด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Stormwater wetland) 22
ภาพที่ 2.8 ถังเก็บน้ำฝน (Rain Barrels) 23
ภาพที่ 2.9 แสดงระบบการพัฒนาพื้นที่แบบหลุมต้นไม้ (Bioswales) 24
ภาพที่ 2.10 การพัฒนาพื้นที่ด้วยระบบหลุมต้นไม้ (Bioswales) 24
ภาพที่ 2.11 การกักเก็บน้ำด้วยกระถางพืช (Stormwater Planters) 25
ภาพที่ 2.12 พื้นที่ใช้ต้นไม้เป็นตัวกรอง (Tree Filters) 26
ภาพที่ 2.13 การออกแบบการใช้ต้นไม้เป็นตัวกรองน้ำ 26
ภาพที่ 2.14 การควบคุมการสร้างพื้นที่ที่ส่งเสริมการกักเก็บน้ำ 28
ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างการทดลองการพัฒนาหลังคาเขียวในมหานครนครนิวยอร์ก 29
ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการทดลองการพัฒนาหลังคาฟ้า ในมหานครนครนิวยอร์ก 29
ภาพที่ 2.17 การสาธิตการใช้ถังน้ำในอาคาร ในมหานครนครนิวยอร์ก 30
ภาพที่ 2.18 การออกแบบการพัฒนาพื้นที่ที่อยู่อาศัยในมหานครนครนิวยอร์ก 30
ภาพที่ 2.19 แสดงทางสัญจรภายในตำบลพิมาย อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา 32

หน้า

ภาพที่ 3.1 ข้อมูลประเภทดิน เขตเทศบาลนครอุดรธานี 34
ภาพที่ 3.2 แสดงโครงสร้างพื้นฐานภายในเขตเทศบาลนครอุดรธานี 36
ภาพที่ 3.3 แสดงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน เทศบาลนครอุดรธานี 38
ภาพที่ 3.4 แสดงแหล่งน้ำสำคัญของจังหวัดอุดรธานี 40
ภาพที่ 3.5 แสดงข้อมูลแหล่งน้ำธรรมชาติ 43
ภาพที่ 3.6 แสดงโครงสร้างประชากรของเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2558 45
ภาพที่ 3.7 แสดงปริมาณน้ำเสีย ในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2559 50
ภาพที่ 3.8 แสดงพื้นที่บริการรวบรวมน้ำเสีย เทศบาลนครอุดรธานี 51
ภาพที่ 3.9 การวางท่อของระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) 52
ภาพที่ 4.1 กรอบการวิจัย 56
ภาพที่ 4.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน เทศบาลนครอุดรธานี 59
ภาพที่ 4.3 ความลาดชัน เทศบาลนครอุดรธานี 60
ภาพที่ 4.4 กรรมสิทธิ์ที่ดิน เทศบาลนครอุดรธานี 61
ภาพที่ 4.5 แหล่งน้ำ เทศบาลนครอุดรธานี 62
ภาพที่ 4.6 การระบายน้ำของดิน เทศบาลนครอุดรธานี 63
ภาพที่ 4.7 เส้นทางระบายน้ำ 66
ภาพที่ 5.1 แสดงพื้นที่ที่กันออก 87
ภาพที่ 5.2 แสดงการแบ่งช่วงค่าคะแนนความเหมาะสมของพื้นที่หลัก (Hub) 88
ภาพที่ 5.3 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่หลัก (Hub) 89
ภาพที่ 5.4 แสดงการแบ่งช่วงค่าคะแนนความเหมาะสมของพื้นที่ตั้ง (Site) 90
ภาพที่ 5.5 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่ตั้ง (Site) 91
ภาพที่ 5.6 แสดงการแบ่งช่วงค่าคะแนนความเหมาะสมของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) 92
ภาพที่ 5.7 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) 93

ภาพที่ 5.8 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดของพื้นที่หลัก (Hub) และพื้นที่ตั้ง (Site)..... 94
ภาพที่ 5.9 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดของพื้นที่เชื่อมต่อ 95
ภาพที่ 5.10 พื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อนำมาพัฒนาตามแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว 96
ภาพที่ 6.1 พื้นที่ที่เลือกเพื่อนำมาพัฒนา..... 98
ภาพที่ 6.2 การพัฒนาพื้นที่ด้วยวิธีพื้นที่ชุ่มน้ำ (Stormwater wetland)..... 101
ภาพที่ 6.3 การพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำแบบใช้พืชพรรณ (Bioretention) มหานครนิวยอร์ก 102
ภาพที่ 6.4 ตะแกรงกรองน้ำก่อนเข้าถังเก็บน้ำ..... 103
ภาพที่ 6.5 พัฒนาพื้นที่แบบหลุมต้นไม้ (Bioswales)..... 104
ภาพที่ 6.6 การพัฒนาพื้นผิวแบบรูพรุน (Permeable Pavers)..... 105
ภาพที่ 6.7 พื้นที่คอนกรีตน้ำสามารถซึมผ่านได้ 105
ภาพที่ 6.8 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณน้ำในพื้นที่กักเก็บน้ำสำรองใหม่ 107
ภาพที่ 6.9 แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่สีเขียว..... 109
ภาพที่ 6.10 เปรียบเทียบค่าการไหลบ่าของน้ำก่อนและหลังการพัฒนา..... 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลนอง (C) ของพื้นที่รับน้ำฝนในลักษณะต่างๆ 12
ตารางที่ 2.2 สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำท่าตามลักษณะพื้นที่ผิว 13
ตารางที่ 2.3 พัฒนาการการวางแผนอนุรักษ์และพัฒนาพื้นที่ธรรมชาติ..... 16
ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณน้ำฝน จังหวัดอุดรธานี พ.ศ.2554 – 2558..... 41
ตารางที่ 3.2 แสดงค่าความเข้มข้นฝนเฉลี่ยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 42
ตารางที่ 3.3 จำนวนประชากรเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2554 - 2558..... 44
ตารางที่ 3.4 แสดงจำนวนผู้ใช้น้ำ ของการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี พ.ศ.2555 – พ.ศ. 2558..... 46
ตารางที่ 3.5 แสดงค่าบริการในการจัดการน้ำ เทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2555 – พ.ศ.2558..... 47
ตารางที่ 3.6 แสดงปริมาณน้ำประปา พ.ศ.2555 – พ.ศ.2559..... 48
ตารางที่ 3.7 แสดงพื้นที่บริการของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี..... 49
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1..... 68
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2..... 69
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3..... 69
ตารางที่ 4.4 สรุปถ่วงคะแนนปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) 70
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 71
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 71
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 72
ตารางที่ 4.8 สรุปถ่วงคะแนนปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) 72
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 73
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2..... 73
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3..... 74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.12 สรุปถ่วงคะแนนปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)..... 75
ตารางที่ 4.13 แสดงการถ่วงน้ำหนักปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) 77
ตารางที่ 4.14 แสดงการถ่วงน้ำหนักปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) 79
ตารางที่ 4.15 แสดงการถ่วงน้ำหนักปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)..... 81
ตารางที่ 5.1 สรุปการกำหนดค่าปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัย ของพื้นที่หลัก (Hub) 83
ตารางที่ 5.2 สรุปการกำหนดค่าปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) 85
ตารางที่ 5.3 สรุปการกำหนดค่าปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)..... 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จังหวัดอุดรธานีเป็นศูนย์กลางทางด้านเศรษฐกิจ การค้า และการคมนาคมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีการเติบโตของเศรษฐกิจและเมืองอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีที่เป็นศูนย์กลางความเจริญของจังหวัดอุดรธานี แต่ทว่าการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของเทศบาลนครอุดรธานียังมีอุปสรรคในการพัฒนาพื้นที่เนื่องจากปัญหาทั้งน้ำท่วมและน้ำไม่เพียงพอในทุกปี ในปัจจุบัน ปัญหาด้านน้ำท่วมได้รับการแก้ไขตั้งแต่ภายหลังเหตุการณ์น้ำท่วมเมื่อ พ.ศ.2544 เทศบาลนครอุดรธานีได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมโดยการขุดคลองรอบถนนวงแหวน และสร้างระบบระบายน้ำออกนอกพื้นที่จึงสามารถช่วยบรรเทาปัญหาน้ำท่วมได้ แต่ทว่าปัญหาน้ำไม่เพียงพอนั้นยังคงเป็นปัญหาอยู่ในจนถึงปัจจุบัน

น้ำที่ใช้ในเทศบาลนครอุดรธานีส่วนใหญ่ได้รับน้ำมาจากห้วยหลวงและแหล่งน้ำในอำเภอกุมภวาปี (การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี, 2558) แต่ในปัจจุบันภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำในห้วยหลวงมีปริมาณน้ำที่น้อยลงและมีคุณภาพน้ำที่ลดลง ทำให้น้ำจากห้วยหลวงที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชากร โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้งที่มีแนวโน้มของปัญหาที่ทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น (นิจ ตันติศิรินทร์, 2559) นอกจากนั้น พื้นที่เทศบาลนครอุดรธานียังมีความต้องการการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่โตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปัญหาน้ำไม่เพียงพอเป็นอุปสรรคและเป็นปัญหาที่มีความสำคัญในการพัฒนาเมือง การวางแผนการพัฒนาเมืองของเทศบาลนครอุดรธานีนั้น จึงควรมีการส่งเสริมให้เมืองมีการพัฒนาไปพร้อมกับการวางแผนการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการพัฒนาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมให้เป็นพื้นที่แหล่งน้ำสำรอง เพื่อรองรับน้ำในช่วงที่มีน้ำหลากและเป็นแหล่งน้ำสำรองในช่วงที่มีน้ำไม่เพียงพอ ซึ่งนอกจากการแก้ไขปัญหาน้ำไม่เพียงพอแล้ว เทศบาลนครอุดรธานียังมีแผนในการพัฒนาพื้นที่เพื่อฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมภายในเมืองและเพิ่มพื้นที่สีเขียวตามยุทธศาสตร์การพัฒนาด้านผังเมืองของแผนพัฒนาเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ. 2559 – พ.ศ. 2561 (สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี, 2558)

งานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการศึกษาการพัฒนาพื้นที่เพื่อบรรเทาปัญหาน้ำไม่เพียงพอและพัฒนาสิ่งแวดล้อมในเขตพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี โดยการประยุกต์ใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว (Green Infrastructure) ที่เป็นแนวความคิดสนับสนุนการพัฒนาและรักษาพื้นที่ที่มีความสำคัญของสภาพแวดล้อม ระบบนิเวศ พื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติและพื้นที่สีเขียว พร้อมทั้งช่วยสร้างระบบการรักษาสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เมืองโดยเน้นการรักษาภูมิทัศน์และเพิ่มพื้นที่สีเขียวที่ส่งเสริมให้น้ำสามารถ

ซึมผ่านได้ง่าย ซึ่งแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) พื้นที่หลัก (Hub) เป็นพื้นที่สำคัญของแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว สำหรับการรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อม เช่น พื้นที่แหล่งน้ำ สวนสาธารณะขนาดใหญ่ (2) พื้นที่ตั้ง (Site) เป็นพื้นที่สีเขียวที่ลดค่าการไหลบ่าของน้ำได้ เน้นพื้นที่ที่นำซึมผ่านได้ดี เช่น พื้นที่สีเขียว สนามกีฬา และ (3) พื้นที่เชื่อมต่อ (Link) เป็นพื้นที่เชื่อมต่อของพื้นที่หลักและพื้นที่ตั้งให้มีความเชื่อมต่อกัน เช่น คลองระบายน้ำ เส้นทางเดินเท้า โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวในการพัฒนาพื้นที่จะส่งเสริมการเชื่อมต่อพื้นที่ที่มีความสำคัญของทั้ง 3 องค์ประกอบในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและเพิ่มพื้นที่สีเขียว รวมทั้งพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำเพื่อเป็นน้ำสำรองและพื้นที่ที่สามารถนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยจะส่งเสริมให้นำน้ำที่กักเก็บได้มาใช้ในการจัดการพื้นที่สีเขียวทั้งหมดในพื้นที่เทศบาล จะสามารถเป็นส่วนหนึ่งในการบรรเทาปัญหาน้ำไม่เพียงพอภายในเทศบาลนครอุดรธานี และยังสามารถช่วยรักษาภูมิทัศน์เมืองพร้อมทั้งส่งเสริมให้เมืองมีการพัฒนาพื้นที่ที่ควบคุมการใช้ทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 คำถามวิจัย

พื้นที่ใดในเขตเทศบาลนครอุดรมีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำไม่เพียงพอโดยประยุกต์ใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว

1.3 วัตถุประสงค์

1. วิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมในเทศบาลนครอุดรเพื่อนำไปพัฒนาตามแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว
2. ศึกษาศักยภาพของพื้นที่ที่สามารถพัฒนาเป็นพื้นที่กักเก็บน้ำภายในเทศบาลนครอุดร
3. เสนอแนะแนวทางการพัฒนาพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี เพื่อส่งเสริมการแก้ไขปัญหาน้ำขาดแคลนหรือน้ำไม่เพียงพอ

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1. ขอบเขตพื้นที่

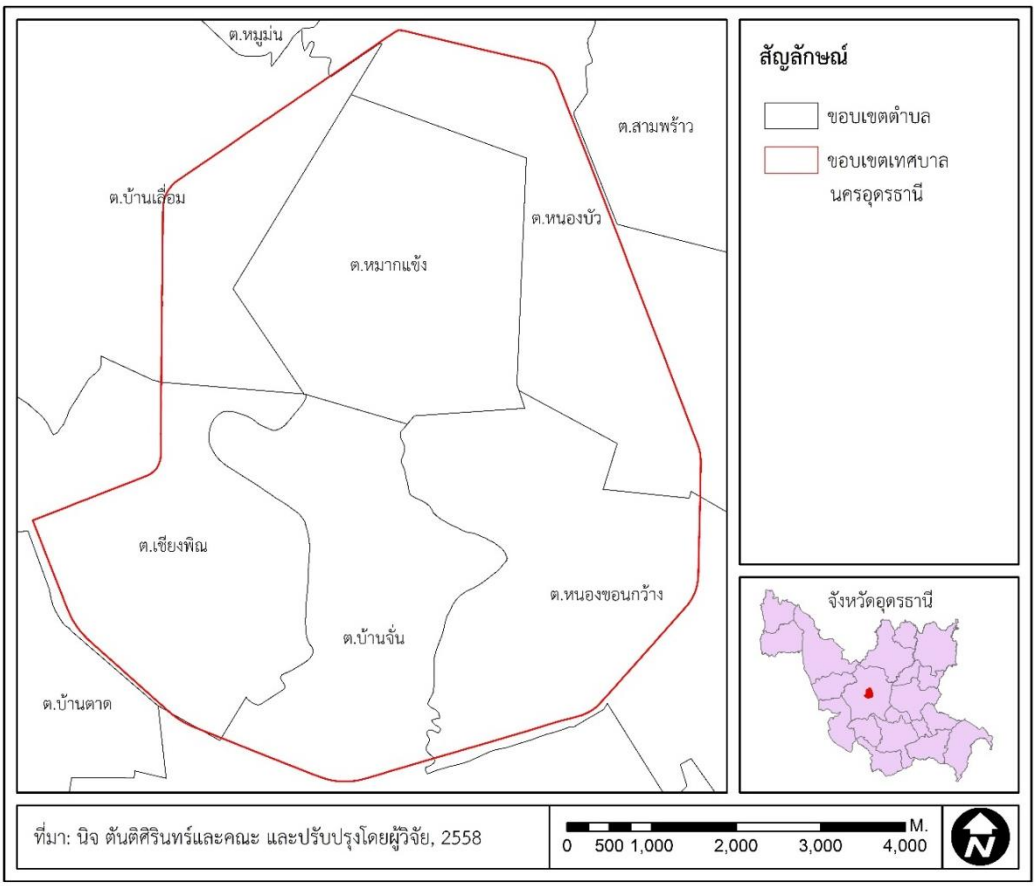
พื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีดังแสดงในภาพที่ 1.1 ตั้งอยู่บนอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี เป็นจังหวัดที่อยู่ทางตอนเหนือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ 47.7 ตารางกิโลเมตร และมีอาณาติดต่อกับพื้นที่ข้างเคียงดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	พื้นที่ตำบลบ้านเลื่อม พื้นที่ตำบลหนองบัว
ทิศใต้	ติดต่อกับ	พื้นที่ตำบลนาดี

ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	พื้นที่ตำบลสามพร้าว พื้นที่ตำบลหนองบัว พื้นที่ตำบลหนองขอนกว้าง
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	พื้นที่ตำบลเชียงพิณ พื้นที่ตำบลบ้านตาด

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาแนวทางการจัดการน้ำผิวดินโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว กรณีศึกษาเทศบาลเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี จะเป็นการศึกษาการพัฒนาพื้นที่เพื่อส่งเสริมพื้นที่กักเก็บน้ำสำรองไว้เพื่อบรรเทาปัญหาน้ำไม่เพียงพอ โดยการศึกษาวิธีการพัฒนาพื้นที่ตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว (Green Infrastructure) เพื่อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาพื้นที่โดยส่งเสริมการพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำไว้ใช้สำหรับการอุปโภค ซึ่งจะเน้นการใช้น้ำสำรองเพื่อทดแทนการใช้น้ำประปาสำหรับการดูแลจัดการพื้นที่สวนสาธารณะและพื้นที่สีเขียวในเทศบาลนครอุดรธานี



ภาพที่ 1.1 แสดงขอบเขตเทศบาลเมืองอุดรและพื้นที่โดยรอบ

1.5 วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษาวิจัยเรื่องแนวทางการจัดการน้ำผิวดินโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวครั้งนี้ มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ทบทวนวรรณกรรม แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านกายภาพ เป็นข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ โดยใช้วิธีการหาพื้นที่ที่เหมาะสม (Suitability Analysis) ใช้ระบบสาระสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และประมวลผล ได้แก่ ข้อมูลของพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลความลาดชัน ข้อมูลการระบายน้ำของดิน ข้อมูลแหล่งน้ำ ข้อมูลคลองระบายน้ำ ข้อมูลกรรมสิทธิ์ที่ดิน เป็นต้น (2) ด้านสังคม เป็นข้อมูลที่จะนำมาศึกษาความต้องการการพัฒนาพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาเมือง เช่น สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี การประปาส่วนภูมิภาค เพื่อให้สามารถเสนอแนะการพัฒนาพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่ ข้อมูลความต้องการใช้น้ำของประชากร ข้อมูลด้านนโยบายและการจัดการน้ำ ข้อมูลแผนพัฒนาเทศบาลนครอุดรธานี เป็นต้น และ(3) ด้านเศรษฐกิจ เป็นข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลที่ได้จากการพัฒนาพื้นที่เป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่น เพื่อเปรียบเทียบมูลค่าของน้ำโดยการคำนวณจากปริมาณน้ำที่จะสามารถกักเก็บได้หลังจากการพัฒนาพื้นที่และเปรียบเทียบปริมาณน้ำเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาพื้นที่เพื่อนำไปพัฒนาตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวมีขั้นตอนการวิเคราะห์ 4 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นตอนการเลือกตัวแปร (2) การกำหนดค่า ซึ่งจะเป็นการกำหนดค่า 2 ประเภท คือ การถ่วงน้ำหนัก ที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และการให้ค่าคะแนนปัจจัย จากนั้นนำมาคำนวณเพื่อหาค่าคะแนนรวมของแต่ละปัจจัยเพื่อ (3) การจัดทำแผนที่เป็นขั้นตอนของการนำปัจจัยด้ายกายภาพมาจัดทำแผนที่ในโปรแกรมทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อให้แต่ละพื้นที่สามารถนำค่าคะแนนมาหาค่าคะแนนรวม (4) การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสม จะเป็นการนำแผนที่ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 มาซ้อนทับแผนที่เพื่อให้ได้พื้นที่ที่เหมาะสมแต่ละองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว

4. การสรุปผล เมื่อได้วิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสม สรุปพื้นที่เป็นที่เหมาะสมมากที่สุดในการนำไปพัฒนา จากนั้นเลือกพื้นที่ที่เลือกนำไปพัฒนาตามศักยภาพของพื้นที่ และสรุปวิธีการพัฒนาแต่ละพื้นที่ตามความเหมาะสมจากแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว ซึ่งจะเน้นการส่งเสริมการกักเก็บน้ำเป็นน้ำสำรองและการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเทศบาลนครอุดรธานี

5. การเสนอแนะแนวทางการพัฒนา จะเลือกการพัฒนาพื้นที่ตามความเหมาะสมและศักยภาพของพื้นที่ แล้วจึงเปรียบเทียบก่อนและหลังการพัฒนาในการคำนวณปริมาณน้ำที่สามารถกักเก็บได้ของพื้นที่ที่พัฒนา จำนวนพื้นที่สีเขียวและพื้นที่กักเก็บน้ำที่จะเพิ่มขึ้น และเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพเพื่อนำไปพัฒนาเป็นพื้นที่กักเก็บน้ำตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว

2. เพื่อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาพื้นที่ให้เมืองเติบโตพร้อมกับวางแผนการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

3. เพื่อประโยชน์แก่หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นกรณีศึกษาของแนวทางในการวางแผนการจัดการน้ำของพื้นที่

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. โครงสร้างพื้นฐานเขียว (Green Infrastructure) คือการใช้ภูมิทัศน์ภายในเมืองเพื่อการระบายน้ำให้เกิดประสิทธิ์ภาพและยั่งยืน ไปพร้อมกับการสร้างทัศนียภาพที่ดีกับเมือง เป็นการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและความสัมพันธ์ของระบบนิเวศเมือง (Benedict, 2001)

2. การบริหารจัดการน้ำ คือ การจัดการทรัพยากรน้ำด้วยการวางแผนการจัดการ เพื่อส่งเสริมการดูแลแหล่งน้ำ ป้องกันและแก้ไขแหล่งน้ำธรรมชาติ สามารถนำน้ำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ปธาน สุวรรณมงคล, 2540)

3. พื้นที่สีเขียว หมายถึง พื้นที่ที่มีพืชขึ้นปกคลุมและมีการจัดสรรเพื่อให้ประโยชน์แก่พื้นที่ โดยพื้นที่สีเขียวให้ประโยชน์ในด้านสิ่งแวดล้อมเป็นการส่งเสริมความสวยงามของภูมิทัศน์เมือง อีกทั้งยังสามารถรักษาคุณภาพของน้ำและเพิ่มน้ำใต้ดิน นอกจากนั้นพื้นที่สีเขียวสามารถสร้างประโยชน์เพื่อมนุษย์ จากพื้นที่สวนสาธารณะซึ่งเป็นพื้นที่ต้นไม้ แหล่งน้ำ และพื้นที่สีเขียว ผสมผสานกันเพื่อสร้างความผ่อนคลายให้แก่ประชาชน ดังนั้นพื้นที่สีเขียวจึงรวมถึงพื้นที่โล่งสาธารณะที่ประชนทุกคนสามารถเข้าไปใช้ประโยชน์ได้ด้วย (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
แนวคิดความคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาพื้นที่โดยใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว เป็นการศึกษาแนวคิดความคิดและองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงกรณีศึกษาต่างๆ เป็นสิ่งจำเป็นในการนำความรู้มาประยุกต์ใช้และนำมาวิเคราะห์เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้ โดยมีรายละเอียดของเนื้อหาดังนี้

2.1 แนวความคิดการจัดการน้ำ

การจัดการน้ำ หมายถึง การจัดทรัพยากรน้ำด้วยวิธีหรือกิจกรรมการดำเนินการ ที่มีความเกี่ยวข้องกับการบริหารดูแลรักษา ป้องกันและอนุรักษ์แหล่งน้ำธรรมชาติ ไม่ให้เกิดมลพิษหรือสารปนเปื้อน สามารถนำน้ำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ปธาน สุวรรณมงคล, 2540) และอีกนิยามคือ การดำเนินการจัดการแหล่งน้ำและที่ดิน เพื่อแก้ปัญหาความแล้ง ดินเสื่อมคุณภาพ โดยส่งเสริมการกักเก็บน้ำให้ได้มากที่สุด เป็นการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.1 การอนุรักษ์น้ำ

การอนุรักษ์น้ำ หมายถึง การป้องกันและดูแลจัดการคุณภาพของน้ำ เพื่อสามารถนำน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่มนุษย์ จึงควรมีการแก้ไขปัญหาการสูญเสียทรัพยากรน้ำด้วยการอนุรักษ์น้ำดังนี้ (ราตรี ถารา, 2543)

1. การปลูกป่า โดยเฉพาะการปลูกป่าบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ หรือบริเวณพื้นที่ภูเขา เพื่อให้ต้นไม้เป็นตัวกักเก็บน้ำตามธรรมชาติทั้งบนดินและใต้ดิน แล้วปล่อยออกมาอย่างต่อเนื่องตลอดปีสามารถป้องกันปัญหาอื่นๆ ได้ เช่น ปัญหาการพังทลายของดิน ปัญหาการขาดแคลนน้ำ และการเกิดน้ำท่วม

2. การพัฒนาแหล่งน้ำ เนื่องจากปัจจุบันแหล่งน้ำธรรมชาติต่างๆ เกิดสภาพตื้นเขินเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ปริมาณน้ำที่กักขังไว้มีปริมาณลดลง การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อให้มีน้ำเพียงพอจึงจำเป็นต้องทำการขุดลอกแหล่งน้ำให้กว้างและลึก ตลอดจนการจัดหาแหล่งน้ำเพิ่มเติมโดยการขุดเจาะน้ำบาดาลมาใช้ ซึ่งต้องระวังปัญหาการเกิดแผ่นดินทรุดหรือการขุดเจาะแหล่งน้ำผิวดินเพิ่มเติม

3. การสงวนน้ำไว้ใช้ เป็นการวางแผนการใช้น้ำเพื่อให้มีน้ำที่มีคุณภาพมาใช้ตลอดฤดูกาล โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การทำบ่อหรือสระเก็บน้ำ การหาภาชนะขนาดใหญ่เพื่อกักเก็บน้ำฝน รวมทั้งการสร้างอ่างเก็บน้ำ และระบบชลประทาน

4. การใช้น้ำอย่างประหยัด เป็นการนำน้ำมาใช้ประโยชน์หลายอย่างอย่างต่อเนื่องและเกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งด้านการอนุรักษ์น้ำและตัวผู้ใช้น้ำเอง ช่วยลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าน้ำลงได้ ปริมาณน้ำเสียที่จะทิ้งลงแหล่งน้ำมีปริมาณน้อยลงและป้องกันปัญหาการขาดแคลนน้ำ

5. การป้องกันการเกิดมลพิษของน้ำ ปัญหาส่วนใหญ่เกิดขึ้นในเมืองใหญ่ๆ ซึ่งมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น หรือย่านอุตสาหกรรม การป้องกันปัญหา มลพิษของน้ำ จะต้องอาศัยกฎหมายเป็นเครื่องมือ และเจ้าหน้าที่ต้องปฏิบัติตามกฎหมายหรือพระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำอย่างเคร่งครัด ต้องมีการควบคุมน้ำเสียที่ปล่อยมาจากอุตสาหกรรม โรงพยาบาลก่อนจะไหลลงสู่แม่น้ำ

6. การนำน้ำที่ใช้แล้วกลับไปใช้ใหม่ น้ำที่ถูกนำไปใช้แล้วในบางครั้งยังไม่มีสภาพที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆได้ เช่น น้ำจากการล้างภาชนะอาหาร สามารถนำไปใช้ลดน้ำต้นไม้ น้ำจากการซักผ้าสามารถนำไปถูบ้าน สุดท้ายนำไปรดน้ำต้มไม้ได้

2.1.1.1 แหล่งน้ำธรรมชาติ

แหล่งน้ำธรรมชาติ คือ พื้นที่ที่รองรับน้ำจากน้ำฝนได้ และสามารถมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อาจจะเป็นทั้งแหล่งน้ำจืดและแหล่งน้ำทะเล (ราตรี ถารา, 2543) พื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติจะมีความสามารถในการกักเก็บน้ำ ที่ไม่ได้เกิดจากการขุดหรือสร้างขึ้นโดยมนุษย์ สามารถจำแนกรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

1. แหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ น้ำจากแม่น้ำต่างๆ ลำน้ำธรรมชาติ หนองน้ำ ห้วย คลอง บึง ตลอดจนอ่างเก็บน้ำ บริเวณดังกล่าวนับว่าเป็นแหล่งน้ำจืดที่สำคัญที่สุด ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแม่น้ำลำคลองของแต่ละแห่งบนพื้นโลกมีมากน้อยแตกต่างกันออกไป ปริมาณน้ำจะลดน้อยลงไปเนื่องจากปัจ จัยของสภาพความผันแปรของปริมาณน้ำ ลักษณะภูมิประเทศ และโครงสร้างของดิน ส่วนปัญหาที่มักพบในพื้นที่แหล่งน้ำผิวดินมี 2 ประการ คือ (1) ปริมาณต้นน้ำลำธารหรือป่าถูกทำลาย โดยการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ทำกินทำให้เกิดสภาพแห้งแล้งในฤดูร้อนและเกิดสภาพน้ำหลากในช่วงฤดูฝน (2) สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อคนหรือสัตว์น้ำบางชนิดสะสมในวงจรอาคาร เช่น สารเคมีที่มาจากกิจกรรมอุตสาหกรรม สารเคมีที่ใช้กำจัดศัตรูพืชจะปะปนอยู่ในแหล่งน้ำ

2. แหล่งน้ำใต้ดิน น้ำใต้ดินเกิดจากน้ำผิวดินซึมผ่านดินชั้นต่างๆ ลงถึงชั้นดินหรือหินที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ ไปสะสมตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของเนื้อดิน โดยเฉพาะชั้นดินในกรวด หิน ดิน ทราย ปริมาณน้ำที่ขังอยู่ในชั้นของดินหรือชั้นของหินดังกล่าวจะค่อยๆ เพิ่มปริมาณมากขึ้นในฤดูฝน และลดปริมาณลงในฤดูแล้ง โดยแหล่งน้ำใต้ดิน มี 2 ประเภท คือ (1) น้ำใต้ดินชั้นบนหรือน้ำในดิน พบในชั้นดินตื้นๆ น้ำจะขังตัวอยู่ระหว่างชั้นดินที่เนื้อแน่นเกือบไม่ซึมน้ำอยู่ไม่ลึกจากผิวดินมากนัก น้ำใต้ดินประเภทนี้จะมีปริมาณมากในฤดูฝนและจะลดลงในฤดูแล้ง น้ำในชั้นนี้มีออกซิเจนละลายอยู่พอประมาณและมีสารแขวนลอยอยู่มากจึงมีความขุ่นมาก (2) น้ำบาดาล เป็นน้ำใต้ดินที่อยู่ลึกลงไป โดยซึมผ่านชั้นดินและชั้นหินต่างๆ ไปขังตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของชั้นดินหรือชั้นดินที่ไม่ยอมให้น้ำผ่านไปได้อีก โดยส่วนมากเป็นน้ำที่มีคุณภาพดี เพราะไหลผ่านชั้นดินทราย ซึ่งหน้าที่คล้ายการกรองน้ำธรรมชาติ มีลักษณะเป็นระบบท่อประปาที่สมบูรณ์

3. แหล่งน้ำจากทะเล ทะเลและมหาสมุทรเป็นแหล่งกำเนิดใหญ่ของวงจรน้ำในโลก ซึ่งหากขาดวงจรนี้พื้นดินจะขาดความอุดมชุ่มชื่น ทะเลเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีแร่ธาตุสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้น้ำทะเลมีรสเค็ม ขณะเดียวกันกระแสน้ำในมหาสมุทรเป็นปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดสภาพภูมิอากาศของโลก มนุษย์ได้ใช้ประโยชน์มากมายจากทะเลไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรอาหาร เส้นทางการคมนาคม แหล่งน้ำมันก๊าซธรรมชาติ

4. แหล่งน้ำน้ำฝน เป็นน้ำได้รับจากการกลั่นของไอน้ำในชั้นบรรยากาศ น้ำฝนเป็นแหล่งน้ำจืดที่สำคัญที่มนุษย์ใช้ในการอุปโภคบริโภค ปริมาณน้ำจืดที่ได้จากน้ำฝนในแต่ละบริเวณจะมากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้ (1) สภาพลมฟ้าอากาศ (2) ลักษณะภูมิประเทศ (3) ทิศทางของลม (4) ความสม่ำเสมอของฝนที่ตก (5) การกระจายของปริมาณน้ำฝน (6) อิทธิพลอื่นๆ เช่น ฤดูกาล พื้นที่ป่าไม้

ปัจจุบันในบางพื้นที่ น้ำฝนที่ตกลงมาไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากมีสารมลพิษต่างๆ ผสมอยู่จำนวนมาก ซึ่งปรากฏให้เห็นในรูปสารแขวนลอยที่มีสีต่างๆ ปะปนอยู่โดยเฉพาะสีดำแถบเมืองใหญ่ๆ ตามแหล่งที่มีอุตสาหกรรมหนาแน่น น้ำจืดที่ได้จากน้ำฝน จะมีสารปนเปื้อนพวกฝุ่นละลอง ควัน สารเคมีต่างๆ ทำให้น้ำจืดที่ได้รับจากน้ำฝนไม่ปลอดภัยสำหรับการอุปโภคบริโภค

2.1.1.2 การบริหารจัดการน้ำในปัจจุบัน

สำหรับการจัดการน้ำควรเป็นวิธีการที่ทุกฝ่ายทุกระดับผู้ที่เกี่ยวข้อง ให้ความรวมมือกันในการจัดการ ตั้งแต่ภาครัฐจนถึงภาคของชุมชน โดยวิธีการจัดการน้ำจะมีวิธีดังนี้ (1) การจัดการเชิงปริมาณ เป็นการจัดหาน้ำต้นทุนให้เพียงพอต่อความต้องการ สามารถจัดสรรได้ทั่วถึงและยุติธรรม (2) การจัดการเชิงคุณภาพ โดยการควบคุมคุณภาพป้องกันไม่ให้น้ำเน่าเสีย และร่วมมือกันในการแก้ไขบำบัดน้ำเสีย 3. จัดการกฎหมายน้ำ ให้มีแม่บทบัญญัติเกี่ยวกับเรื่องทรัพยากรน้ำในเรื่องสิทธิ์ หน้าที่การควบคุม และบทลงโทษ เกี่ยวกับการจัดหาการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ (4) จัดการข้อมูล ด้านน้ำฝน น้ำท่า ความต้องการ สภาพการใช้น้ำ สภาพแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงของต้นน้ำคุณภาพน้ำ (5) การจัดองค์กรบริหารจัดการน้ำ โดยผู้ภาคส่วนมีหน้าที่การจัดการ คือ ให้แหล่งน้ำขนาดใหญ่บริหารจัดการโดยองค์กรระดับประเทศ ให้แหล่งน้ำขนาดกลางบริหารจัดการโดยส่วนภูมิภาค เช่นระดับจังหวัด และให้แหล่งน้ำขนาดเล็กบริหารจัดการโดนชุมชน ตำบลหมู่บ้าน เป็นต้น (ราตรี ถารา, 2543)

2.1.2 แนวการจัดการน้ำ

การจัดการน้ำจากการศึกษาทั้งแนวความคิดและหลักการการจัดการน้ำหลายรูปแบบ ได้ใช้แนวความคิดการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน (Low Impact Development: LID) ซึ่งเน้นการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และแนวทางการจัดการน้ำที่เน้นการใช้แหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อเพิ่มน้ำให้มีคุณภาพที่ดีและสามารถนำมาใช้ในการอุปโภคได้ โดยมีรายละเอียดของแนวทางการจัดการน้ำ ดังนี้

2.1.2.1 แนวความคิดการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน (LID)

แนวทางการออกแบบเพื่อลดปัญหาน้ำท่วม (บาศมน รักษาจันทร์, 2550) คือ กลยุทธ์ในการจัดการระบบระบายน้ำ เพื่อบรรเทาผลกระทบจากการเพิ่มค่าการไหลบ่าของน้ำ (runoff surface) ที่เป็นผลมาจากการเติบโตของเมืองทำให้มีพื้นที่อาคาร พื้นที่ถนน ลานจอดรถ ซึ่งส่วนมากสร้างเป็นพื้นคอนกรีตที่ทำให้ค่าการไหลบ่าของน้ำสูงขึ้นเพราะน้ำไม่สามารถซึมลงในดินได้ สำหรับแนวทางการออกแบบเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมแบบ LID เช่น การพัฒนาโดยใช้กระบวนการแทรกซึม การระเหยของน้ำ ปริมาณการกักเก็บน้ำ การกรอง ซึ่งวิธีการเหล่านี้สามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อน เช่น สารพิษ เชื้อโรค กับโลหะหนัก ให้น้อยลงจากการซึมของน้ำผ่านชั้นกรองก่อนที่จะไหลเข้าท่อก่อนไปถึงแหล่งน้ำ สามารถลดปริมาณและความรุนแรงของกระแสน้ำ (Credit Valley Conservation & Toronto and Region Conservation Authority, 2010) ในทำนองเดียวกันCoffman (2002) ได้ให้คำอธิบายแนวความคิดการจัดการน้ำอย่างยั่งยืนว่าเป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการรักษาสภาพพื้นที่หลังจากเกิดพายุฝนให้สามารถกลับมาคงสภาพเดิมได้มากที่สุด ด้วยการใช้วิธีที่ใกล้เคียงกับธรรมชาติหรือใช้การไหลของน้ำตามธรรมชาติ เช่น การกักเก็บน้ำ หน่วงเวลาการระบายน้ำ การซึมกลับ และการระบายออกของปริมาณน้ำผิวดิน (Coffman, 2002)

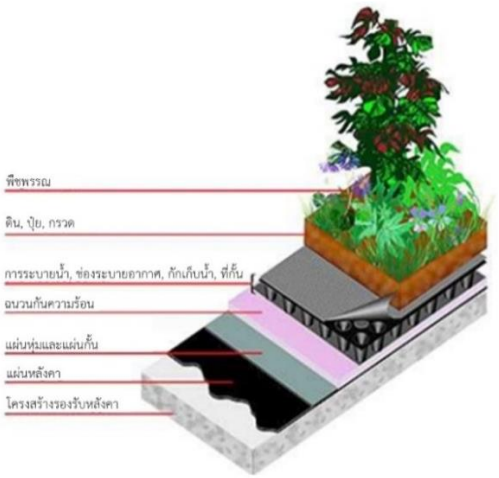
โดยแนวคิดการจัดการน้ำแบบ LID สามารถนำมาใช้ในการวางแผนพัฒนาพื้นที่ใหม่หรือการปรับปรุงพื้นที่เก่า ที่เป็นประโยชน์แก่สภาพแวดล้อมเมือง เช่น การอนุรักษ์และปรับปรุงคุณภาพน้ำ ป้องกันสารปนเปื้อนในน้ำ สามารถป้องกันน้ำท่วมและจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพได้ สร้างสภาพแวดล้อมให้น่าอยู่ สร้างภูมิทัศน์ของเมืองให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการนำแนวคิดการจัดการน้ำแบบ LID มาประยุกต์ใช้กับการสร้างภูมิทัศน์ของเมืองสามารถเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนของการจัดการวางผังที่เน้นการอนุรักษ์เป็นหัวใจหลักสำคัญในการปรับปรุงดูแลธรรมชาติในพื้นที่ เช่น กลุ่มพืชพรรณ แอ่งน้ำลุ่มต่ำ เนิน คลอง เพื่อไม่ให้ทำลายสิ่งแวดล้อมโดยรอบ (Hager, 2011) ขั้นต่อไปคือการผสมผสานเทคนิคต่างๆ เพื่อจัดการน้ำผิวให้มีประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอน ดังนี้ (1) การลำเลียงน้ำผิวดินผ่านร่องระบายน้ำบนผิวหญ้า ทางระบายน้ำมีพืชพรรณปกคลุม และการซอยย่อยพื้นที่ผิวดาดแข็งไม่ให้มีความเชื่อมต่อเนื่องกัน โดยใช้วิธีปลูกพืชพรรมเพื่อให้มีช่องระบายน้ำลงผิวดิน (2) การสร้างกระบวนการกักเก็บเพื่อลดปริมาณน้ำผิวดินให้ระบายออกจากพื้นที่ ด้วยการใช้องค์ประกอบภูมิทัศน์ของเมือง เช่น บ่อเก็บน้ำใต้ทางเดินเท้า หลังคาสีเขียว สวนในอาคาร ถังเก็บน้ำฝน (3) การสร้างกระบวนการการซึมกลับเพื่ออนุรักษ์ระดับน้ำใต้ดิน เช่น พื้นผิวแบบรูพรุน คูน้ำ สระน้ำ และอุปกรณ์หน่วงน้ำ (4) การจัดภูมิทัศน์เพื่อส่งเสริมกระบวนการลำเลียง กักเก็บ ซึมกลับ การปรับลดความชันพื้นที่และการใช้พืชคลุมดิน (ศนิ ลิ้มทองสกุล, 2554)

การจัดการน้ำแบบ LID ที่เน้นรักษาสิ่งแวดล้อมและคุณภาพน้ำ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ด้วย โดยวิธีการจัดการพัฒนาแหล่งน้ำแบบ LID มีตัวอย่างวิธีการพัฒนาพื้นที่และจัดการน้ำ ดังนี้

1. การจัดการน้ำฝนด้วยพืชพรรณ เป็นวิธีที่ใช้พืชเป็นตัวกรองน้ำฝน อย่างเช่นในพื้นที่ธรรมชาติที่มีต้นไม้หรือพืชพรรณต่างๆ จะสามารถซึมซับน้ำลงสู่ดินได้สะดวก แต่ในพื้นที่เมือง ที่มีพืชและพื้นที่ดินค่อนข้างน้อย เมื่อน้ำไหลลงไปสู่พื้นผิวปิด เช่น หลังคา ยางมะตอย และคอนกรีต น้ำไม่สามารถซึมผ่านไปสู่ชั้นดินได้จึงอาจจะทำให้เกิดน้ำท่วมขัง และเป้าหมายของการใช้พืชพรรณในการจัดการน้ำ คือ การชะลอน้ำให้ไหลช้าลง ปล่อยน้ำซึมลงดิน และลดพื้นผิวปิด การจัดการน้ำในรูปแบบนี้คล้ายกับวิธีการสวนน้ำฝน (Rain Garden) และการกักเก็บฝนแบบอื่นๆ

2. การจัดการน้ำฝนด้วยหลังคาเขียว (Green Roof) คือ การออกแบบหลังคาที่ปกคลุมด้วยหญ้าหรือต้นไม้ขนาดเล็ก บนหลังคาหรือบนดาดฟ้าของอาคาร หรือใช้พืชพรรณดักน้ำก่อนที่น้ำจะไหลลงสู่แหล่งน้ำ ถือเป็นการจัดการให้น้ำฝนซึมลงในพื้นที่ที่มันตกลงมา และเก็บน้ำไว้ในพื้นที่ให้ได้มากที่สุด ป้องกันไม่ให้น้ำฝนไหลออกไปสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ ทั้งในเรื่องสารปนเปื้อนในน้ำและระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงอย่างทันที (water fluctuation) ในแหล่งน้ำสาธารณะหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ (กนกวลี สุธีธร, 2548) การออกแบบหลังคาเขียว (Green Roofs) เพื่อสนับสนุนการสร้างประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม โดยหลังคาเขียวเป็นการปลูกพืชบนหลังคาหรือดาดฟ้าของอาคารบ้านเรือน ที่ออกแบบหลังคาให้มีหลายชั้น (ภาพที่ 2.1) เพื่อรองรับน้ำฝน โดยการออกแบบหลังคาเขียวสามารถกำหนดให้มีชั้นพืชพรรณที่อยู่ด้านบน ถัดไปอาจเป็นชั้นของดินหรือปุ๋ย มีช่องระบายน้ำที่ต่อเชื่อมกับท่อน้ำไปสู่ถังเก็บน้ำได้ มีชั้นฉนวนกันความร้อน แล้วจึงเป็นโครงสร้างหลังคา

Chulalongkorn University



ภาพที่ 2.1 การออกแบบชั้นหลังคาเขียว (Green Roofs)

ที่มา: Credit Valley Conservation & Toronto and Region Conservation Authority, 2010

ประโยชน์ของการสร้างหลังคาเขียว คือ (1) ช่วยเพิ่มความสวยงามให้แก่อาคารบ้านเรือน (2) ช่วยในการเพิ่มพื้นที่สีเขียวและลดมลภาวะในเมือง ในขณะเดียวกันต้นไม้และพืชพรรณบนหลังคาเขียวช่วยเพิ่มออกซิเจนและลดคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับเมือง (3) ช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะที่สบาย จากพืชพันธุ์ที่อยู่บนหลังคาที่ทำหน้าที่เป็นเหมือนฉนวนกันความร้อนจากภายนอก และควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่คงที่ (4) ช่วยลดสารปนเปื้อนจากฝนก่อนจะไหลลงสู่แหล่งน้ำ เช่น ฝนกรด เป็นต้น มีคุณภาพน้ำดีขึ้น น้ำฝนที่ตกลงในป่าหรือพื้นที่ธรรมชาติ ที่มีต้นไม้หนาแน่น จะซึมลงในดินร้อยละ 60 และอีกครึ่งหนึ่งจะถูกดูดซึมกลับไปใช้โดยต้นไม้และพืชพันธ์ต่างๆ และน้ำที่เหลืออีกร้อยละ 40 จะระเหยกลับสู่บรรยากาศทันที โดยผ่านกระบวนการคายน้ำของพืชและแทบจะไม่มีน้ำไหลบนผิวดิน ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วม ปัญหาการกัดเซาะหน้าดิน ดินถล่ม (5) ช่วยในการกรองเสียงรบกวน ซึ่งปัญหามลภาวะทางเสียงนับเป็นหนึ่งปัญหาใหญ่ในเมืองที่มีความหนาแน่นสูง การสร้างหลังคาเขียวนอกจากจะช่วยในการจัดการน้ำฝนแล้ว พืชพันธุ์บนหลังคายังทำหน้าที่เป็นเหมือนฉนวนกันเสียงรบกวนให้กับอาคาร

2.1.2.2 การคำนวณปริมาณน้ำไหลบ่าหรือน้ำท่า (run-off)

ปริมาณน้ำไหลบ่า (run-off) หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่รับน้ำหรือพื้นที่ผิวดิน แล้วก่อนจะไหลลงสู่พื้นที่แหล่งน้ำจะถูกซึมซับลงในดิน โดยมีพืชดูดไปใช้ในการเจริญเติบโตและมีดินที่ซึมซับน้ำลงสู่ใต้ดิน และน้ำที่เหลือจะเรียกว่าน้ำไหลบ่า ซึ่งมีความสำคัญในการพัฒนาเมืองเพราะควบคุมค่าการไหลบ่าของพื้นที่ไม่ให้สูงเกินไปจะช่วยลดปัญหาน้ำท่วมขังได้ ขณะเดียวกันถ้าไม่มีการควบคุมการไหลบ้าของเมืองอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อบ้านเรือนและสิ่งแวดล้อมที่ถูกน้ำท่วม ส่วนใหญ่พื้นที่ที่มีค่าการไหลบ่าที่สูงคือบริเวณเมืองที่มีความหนาแน่นของอาคารสูง เพราะไม่มีพื้นดินให้น้ำซึมผ่านได้ จึงต้องออกแบบพัฒนาพื้นที่ที่ช่วยควบคุมค่าการไหลบ้าของน้ำให้สามารถช่วยซึมซับน้ำไม่ให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังได้

การคำนวณหาอัตราการไหลนองสูงสุด สำหรับคาบความถี่ต่างๆ มีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดให้เหมาะสมเพื่อนำไปสู่การออกแบบขนาดของหน้าตัดการไหล หรือการระบายน้ำให้มีประสิทธิภาพต่อไป การหาปริมาณน้ำไหลนองสูงสุดใช้สูตร Rational Formula (เลิศ พัดฉวี, 2554) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำไหลนอง และอยู่บนพื้นที่ฐานความเท่ากันระหว่างความน่าจะเป็นของการเกิดน้ำไหลนองกับฝน โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนเฉลี่ยพื้นที่รับน้ำและค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า (C) ซึ่งแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ โดยมีสูตรและขั้นตอนการคำนวณดังนี้

$$Q = CIA$$

โดย Q คือ ปริมาณน้ำไหลนองสูงสุดหรือการออกแบบอัตราการระบายน้ำ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

C คือ สัมประสิทธิ์ไหลนอง (Coefficient of Runoff)

I คือ ความเข้มของฝน (Rainfall Intensity) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

A คือ พื้นที่รับน้ำฝน มีหน่วยเป็นตารางเมตร

1. ขั้นตอนของการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง (Coefficient of Runoff) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง (C) คือตัวแปรที่ถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่สำหรับเหตุการณ์หนึ่งๆ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง (ตารางที่ 2.1) และสามารถแบ่งค่าได้ตามลักษณะพื้นที่ผิวหรือลักษณะพื้นที่ใช้สอยตาม (ตารางที่ 2.2) อย่างไรก็ดีค่าสัมประสิทธิ์ในตารางดังกล่าวนี้ใช้ได้เฉพาะกับฝนความถี่รอบ 2-10 ปี เท่านั้น ในกรณีที่ลักษณะพื้นที่ไม่เข้ากลุ่มกัน สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองหรือน้ำท่าผิวดินเฉลี่ย (C) ได้จากความสัมพันธ์ลักษณะการใช้พื้นที่ย่อยและขนาดพื้นที่ย่อย ดังนี้

$$C = \frac{\text{ปริมาณน้ำฝนที่กลายเป็นน้ำท่า}}{\text{ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ตกในพื้นที่รับน้ำ}}$$

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลนอง (C) ของพื้นที่รับน้ำฝนในลักษณะต่างๆ

ลักษณะพื้นที่	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง (C)
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	0.44 - 0.45
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	0.50 - 0.55
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นสูง	0.55 - 0.60
พาณิชยกรรม	0.50 - 0.70
สถาบันราชการ	0.40 - 0.70
อุตสาหกรรม	0.50 - 0.70
สวนสาธารณะและสนามหญ้า	0.20 - 0.30
เกษตรกรรม	0.20 - 0.31
พื้นที่รกร้าง	0.10 - 0.30

ที่มา: เลิศ พัดฉวี, 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำท่าตามลักษณะพื้นที่ผิว

ลักษณะพื้นที่ผิว	คาบความถี่ (ปี)					
	2	5	10	25	50	100
พื้นที่ที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง						
แอสฟัลติก	0.73	0.77	0.81	0.86	0.9	0.95
คอนกรีต/หลังคา	0.75	0.8	0.83	0.88	0.92	0.97
พื้นที่เป็นสนามหญ้าหรือสวนสาธารณะ						
1. มีหญ้าปกคลุม <50% ของพื้นที่						
ที่ราบความลาด 0 - 2 %	0.32	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47
ความลาด 2 - 7 %	0.37	0.4	0.43	0.46	0.49	0.53
ความลาด >7 %	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55
2. มีหญ้าปกคลุม 50 - 75%						
ที่ราบความลาด 0 - 2 %	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41
ความลาด 2 - 7 %	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49
ความลาด >7 %	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53
3. มีหญ้าปกคลุม 75%						
ที่ราบความลาด 0 - 2 %	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36
ความลาด 2 - 7 %	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46
ความลาด >7 %	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.51
พื้นที่ที่ยังไม่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง						
1. พื้นที่เกษตรกรรม						
ที่ราบความลาด 0 - 2 %	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47
ความลาด 2 - 7 %	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51
ความลาด >7 %	0.39	0.42	0.44	0.48	0.15	0.54
2. พื้นที่ป่าไม้						
ที่ราบความลาด 0 - 2 %	0.2	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39
ความลาด 2 - 7 %	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47
ความลาด >7 %	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52

ที่มา: เลิศ พัดฉวี, 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การหาค่าความเข้มฝนเฉลี่ย (Rainfall Intensity: I) เมื่อเกิดฝนตกจะไม่ตกลงบนพื้นที่ในปริมาณและระยะที่เท่ากัน บางท้องที่อาจมีฝนตกหนักและนาน ในขณะที่บางท้องที่จะมีฝนเบาบางและตกในช่วงสั้นๆ ทำให้ความเข้มฝนออกแบบในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน โดยความเข้มฝนเฉลี่ย (I) หมายถึงปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่รับน้ำฝนคิดเป็น ความลึกต่อ 1 หน่วยเวลา คือmm./hr. โดยความเข้มฝนเฉลี่ยสามารถหาได้จากกราฟที่ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ตก (Rainfall Depth) และช่วงเวลาการตก (Rainfall Duration)

2.2 แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว

2.2.1 ความหมายของโครงสร้างพื้นฐานเขียว

โครงสร้างพื้นฐานเขียว (Green Infrastructure) เป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพื้นที่ ซึ่งเกี่ยวข้องกับหลายศาสตร์ โดยมีผู้ให้ความหมายไว้ในหลายประเด็น โดยส่วนใหญ่ให้ความหมายโครงสร้างพื้นฐานเขียวเกี่ยวข้องกับการจัดการภูมิทัศน์ พื้นที่สีเขียว ที่ใช้เป็นการเชื่อมต่อพื้นที่ในระบบธรรมชาติ ให้มีความสัมพันธ์กัน Benedict & McMahon ได้ให้คำจำกัดความของ โครงสร้างสร้างพื้นฐานเขียว คือ เครือข่ายความสัมพันธ์ของพื้นที่ธรรมชาติ พื้นที่สีเขียวและพื้นที่เปิดโล่งภายในเมือง โดยโครงสร้างพื้นฐานเขียวมีหน้าที่รักษาคุณค่าและประโยชน์ใช้สอยของภูมิทัศน์รวมทั้งระบบนิเวศภายในเมือง ในทำนองเดียวกันกับกลุ่มนักพัฒนาชาวอเมริกาได้ให้นิยามโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว คือ ระบบที่ช่วยสนับสนุนสิ่งแวดล้อมของพื้นที่เมือง พัฒนาระบบนิเวศธรรมชาติ รักษาทรัพยากรน้ำและอากาศ และเป็นการสร้างเครือข่ายของพื้นที่สำคัญทางธรรมชาติ เช่น พื้นที่ชุ่มน้ำ เส้นทางสีเขียว สวนสาธารณะ ทุ่งและป่า และพื้นที่เปิดโล่งอื่นๆ เช่นเดียวกันกับ Environmental Protection Agency ซึ่งเป็นองค์กรพัฒนาสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา ให้นิยามของโครงสร้างพื้นฐานเขียว ว่าเป็นการออกแบบสิ่งแวดล้อมเพื่อเลียนแบบกระบวนการทางธรรมชาติให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการและลดผลกระทบของน้ำในเขตเมือง ระบบเหล่านี้มักจะมีดินหรือพืชที่ใช้ในวิธีการและการวางแผน เช่น การดูแลรักษาต้นไม้ เป็นต้น หรือการเพิ่มโครงสร้างพื้นฐานเขียวเข้าไปในพื้นที่เมือง เช่น สวนฝน (Rain Garden) ทางเท้าซึมซับน้ำ เป็นการดูแลรักษาพื้นที่จากการเกิดพายุฝนไม่ให้เกิดผลกระทบที่สร้างความเสียหายในพื้นที่เมือง โครงสร้างพื้นฐานเขียวมีบทบาทที่สำคัญในการพัฒนาชุมชนเช่นเดียวกับเป้าหมายคุณภาพน้ำ

2.2.2 ที่มาและความสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานเขียว

แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวหรือ “Green Infrastructure” เริ่มใช้ครั้งแรกในปี 1994 ที่รัฐฟลอริด้าในรายงานของหน่วยงานรัฐบาลเกี่ยวกับกลยุทธ์การอนุรักษ์ที่ดิน (นิคม บุญญานุสทธิ์, 2558) เป็นการแสดงให้เห็นถึงการให้ความสำคัญกับระบบธรรมชาติอย่างเท่าเทียมกัน การสร้าง

โครงสร้างพื้นฐานทางวิศวกรรมทั่วไปโดยอยู่บนฐานความคิดที่ให้ความสำคัญกับการวางแผนโครงสร้างพื้นฐานสีเทา (Gray Infrastructure) เช่น ถนน ไฟฟ้า ประปา และต้องให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์และฟื้นฟูระบบนิเวศธรรมชาติ (Green Infrastructure) อย่างเท่าเทียมกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้ประชาชนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์และฟื้นฟูระบบธรรมชาติ

การเพิ่มขึ้นของความต้องการในการพัฒนาที่ดินและความเสื่อมโทรมของพื้นที่ธรรมชาติในประเทศสหรัฐอเมริกา ทำให้นักวางแผนด้านการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ที่ดินต้องมองหามาตรการหรือกลยุทธ์ที่จะช่วยให้เกิดการพัฒนาและการอนุรักษ์อย่างเหมาะสมกับความต้องการ ด้านการพัฒนาระบบธรรมชาติให้มีประโยชน์ต่อเมืองและประชาชน หน่วยงานด้านการอนุรักษ์และการวางแผนได้ให้ความสำคัญกับมาตรการที่ส่งเสริมการพัฒนาพื้นที่เพื่อผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และในขณะเดียวกันต้องรักษาพื้นที่ที่มีความสำคัญทางธรรมชาติเอาไว้ด้วยเช่นกัน จากงานวิจัยหลายชิ้นได้บ่งชี้ให้เห็นว่าการเสื่อมโทรมหรือการสูญสิ้นซึ่งประโยชน์ใช้สอยทางธรรมชาตินั้นไม่ได้เกิดขึ้นเพียงเพราะการพัฒนาโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์เท่านั้น แต่ยังเป็นผลมาจากความบกพร่องในการพยายามอนุรักษ์ที่ขาดการพิจารณาอย่างรอบด้าน (Beatley, 2000) สำหรับการวางแผนพัฒนาพื้นที่ในปัจจุบันคำนึงถึงด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินมากขึ้น เพราะเกี่ยวข้องกับศักยภาพและข้อจำกัดในการพัฒนา ซึ่งการดำเนินการพัฒนาพื้นที่ที่ใช้ปัจจัยที่แตกต่างกันไปตามยุคสมัย จึงมีการแบ่งพัฒนาการของการวางแผนเพื่อการอนุรักษ์พื้นที่ของหน่วยงานท้องถิ่นของอเมริกาไว้เป็น 4 รูปแบบ (Randolph, 2004) ที่เริ่มต้นจากการวางแผนพื้นที่สวนสาธารณะและพื้นที่เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจจนมาเป็นการวางแผนโครงสร้างพื้นฐานเขียวในปัจจุบัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 2.3)

Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.3 พัฒนาการการวางแผนอนุรักษ์และพัฒนาพื้นที่ธรรมชาติ

ช่วงเวลา	รูปแบบ	เครื่องมือที่ใช้	วัตถุประสงค์เบื้องต้น
ตั้งแต่ค.ศ. 1980	การวางแผนพื้นที่ พักผ่อนหย่อนใจและสวนสาธารณะ	วางแผนพัฒนาและการจัดการพื้นที่สวนสาธารณะหรือพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ	เพื่อสร้างพื้นที่ที่ประชาชนสามารถเข้ามาทำกิจกรรม เช่น พักผ่อนหย่อนใจ ออกกำลังกาย
ทศวรรษ 1980	การวางแผนพื้นที่ว่าง (open Space)	การวางแผนและการจัดการพื้นที่สาธารณะ การรอนสิทธิ์ การใช้ประโยชน์ที่ดิน	เพื่อสร้างพื้นที่ที่ประชาชนสามารถเข้ามาทำกิจกรรม เช่น พักผ่อนหย่อนใจ ออกกำลังกาย รักษาพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรมและพื้นที่สีเขียวในเมือง สร้างภูมิทัศน์ที่สวยงาม
ทศวรรษ 1990	การวางแผนพื้นที่ว่าง และการเชื่อมต่อพื้นที่สีเขียว (Greenways)	การวางแผนและการจัดการพื้นที่การรอนสิทธิ์ การใช้ ประโยชน์ที่ดิน กฎหมายควบคุมย่านบริเวณพื้นที่น้ำท่วม	เพื่อสร้างพื้นที่ที่ประชาชนสามารถเข้ามาทำกิจกรรม เช่น พักผ่อนหย่อนใจ ออกกำลังกาย รักษาพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรมและพื้นที่สีเขียวในเมือง สร้างภูมิทัศน์ที่สวยงาม จัดการพื้นที่ที่อยู่ของสัตว์ในเมือง
ค.ศ. 2000	โครงสร้างพื้นฐานเขียว	การวางแผนและการจัดการพื้นที่ การรอนสิทธิ์ การใช้ประโยชน์ที่ดิน แนวคิดการเติบโตเมืองอย่างชาญฉลาด และกระบวนการมีส่วนร่วม	เพื่อสร้างพื้นที่ที่ประชาชนสามารถเข้ามาทำกิจกรรม เช่น พักผ่อนหย่อนใจ ออกกำลังกาย รักษาพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรมและพื้นที่สีเขียวในเมือง สร้างภูมิทัศน์ที่สวยงาม เป็นการวางแผนเมืองระดับภูมิภาคและการประเทศประยุกต์ใช้ศาสตร์ความรู้หลายด้าน

ที่มา: นิคม บุญญานุสิทธิ์, 2558

โครงสร้างพื้นฐานเขียวมีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงเพื่อปรับใช้ให้เข้ากับความต้องการการพัฒนาพื้นที่ตามยุคสมัย เพื่อที่จะสร้างประโยชน์ในการพัฒนาเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะการสร้างพื้นที่สีเขียว พื้นที่สาธารณะเพื่อพักผ่อนหย่อยใจ และสร้างทัศนียภาพให้เกิดการใช้งานไปพร้อมกับความสวยงาม โดยแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวในปัจจุบันต้องคำนึงถึงความสำคัญต่อการพัฒนาเมือง 10 ข้อ เพื่อให้เกิดพัฒนาเมืองได้อย่างเหมาะสม ดังนี้ (Randolph, 2004)

1. การเชื่อมต่อ คือ ในการรักษาระบบนิเวศแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมต่อของการดำเนินงานกับระบบธรรมชาติและการเชื่อมต่อกับยุทธศาสตร์ที่มีความสำคัญของการศึกษาศักยภาพและข้อจำกัดของการพัฒนาพื้นที่ รวมทั้งการเชื่อมโยงกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมให้แผนพัฒนาเกิดความสำเร็จ

2. บริบท คือ การทำความเข้าใจและการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศและภูมิทัศน์ของเมือง จำเป็นที่ต้องวิเคราะห์บริบทของระบบนิเวศ ปัจจัยด้านชีวภาพและด้านกายภาพของพื้นที่โดยรอบ เพราะทุกอย่างมีความสัมพันธ์และมีผลซึ่งกันและกัน

3. การบูรณาการ คือ การวางแผนโดยการสร้างแผนทางเลือกหลายๆแผนตามข้อกำหนดของระบบนิเวศหรือข้อกำหนดของการวางแผนระบบท้องถิ่นและภูมิภาค ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องกับการวางแผน เช่น นักภูมิสถาปัตยกรรม นักสังคมสงเคราะห์ นักวิศวกร นักผังเมือง ต้องบูรณาการความคิดความเข้าใจและกฎการปฏิบัติต่างๆ กันอย่างเท่าเทียมกัน

4. สร้างกรอบในการอนุรักษ์และพัฒนา คือ การจัดระดับของโครงสร้างพื้นฐานเขียว ในชุมชนสามารถวางแผนสำหรับการอนุรักษ์ การกำหนดตำแหน่งตรงที่จะเกิดการเติบโตของเมืองและการพัฒนาในพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อเป็นกรอบการรักษาพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ของทรัพยากรไม่ให้ความเจริญของเมืองเข้าไปทำลายเพื่ออนาคตให้ยังคงมีพื้นที่ธรรมชาติต่อไป

5. การวางแผนและการป้องกันก่อนการพัฒนา คือ การวางแผนของโครงสร้างพื้นฐานเขียวจะระบุพื้นที่เป็นพื้นที่สำคัญหรือพื้นที่หลัก (Hub) และพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของพื้นที่ในระบบนิเวศ เพื่อการวางแผนในอนาคต และเพื่อตรวจสอบการจัดทำโครงการเพื่อฟื้นฟูหรือการรักษาที่มักใช้งบประมาณสูงๆ

6. การลงทุนของสาธารณะ คือ การวางแผนพัฒนาควรมีการตั้งกองทุนล่วงหน้า มีการวางแผนและเพื่อออกแบบวิธีการสนับสนุนเพื่อใช้สำหรับก่อสร้างโครงสร้าง เช่น ถนน สะพาน เส้นทางน้ำ

7. สร้างประโยชน์แก่ธรรมชาติและคน คือ ประโยชน์มากมายเกิดขึ้นจากวิธีการของโครงสร้างพื้นฐานเขียว ลดความต้องการโครงสร้างพื้นฐานสีเทา เช่น ถนน พื้นคอนกรีต เพื่อให้เกิดพื้นที่สีเขียวที่จะช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำ ไฟไหม้ และภัยธรรมชาติอื่นๆ

8. ให้ความสำคัญกับเจ้าของที่ดินและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย คือ โครงสร้างพื้นฐานเขียวไม่ใช้พื้นที่ทั้งหมดเพื่อเป็นพื้นที่ของสาธารณะ แต่โครงสร้างพื้นฐานเขียวเป็นแนวคิดที่จะช่วยในการวางแผนพัฒนาและพิจารณามุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งในภาครัฐและเอกชน ให้ได้รับผลประโยชน์ที่เท่าเทียมกัน

9. การเชื่อมต่อกิจกรรมทั้งในและนอกชุมชน/เมือง คือ โครงสร้างพื้นฐานเขียวสร้างพื้นที่ให้มีการเติบโตอย่างยั่งยืน คือสามารถทำกิจกรรมได้หลายด้านและมีประโยชน์ที่สมดุล เช่น รักษาประวัติศาสตร์ในพื้นที่สำคัญ สร้างพื้นที่นันทนาการแก่ประชาชนในพื้นที่สีเขียว รักษาพื้นที่ป่าพื้นคงความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ บรรเทาอุทกภัย ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานเขียวไม่ได้เพียงแต่ให้ประโยชน์เฉพาะในขอบเขตการพัฒนาพื้นที่ แต่ให้ความสำคัญที่ภูมิทัศน์ธรรมชาติของทั้งหมดในระบบนิเวศ

10. เน้นการวางแผนในระยะยาว คือ แผนของโครงสร้างพื้นฐานและข้อมูลที่พิจารณาเพื่อปรับปรุงและแก้ไขในการวางแผน จำเป็นต้องศึกษาในประเด็นของข้อมูลการอยู่อาศัย ในพื้นที่ของชุมชนหรือพื้นที่เมือง ที่มีการเติบโตอย่างอย่างต่อเนื่อง

2.2.3 ประโยชน์ของโครงสร้างพื้นฐานเขียว

โครงสร้างพื้นฐานเขียวครอบคลุมกระบวนการเชิงรุก เพื่อการพัฒนาพื้นที่ในระดับท้องถิ่นและภูมิภาค เครือข่ายของโครงสร้างพื้นฐานเขียวสามารถป้องกันและลดปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ จึงช่วยประหยัดงบประมาณในการดูแลปรับปรุงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมของบ้านเรือนต่างๆ นอกจากนั้นยังให้ประโยชน์ต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนที่มีที่อาศัยล้อมรอบไปด้วยพื้นที่ธรรมชาติ มีพื้นที่สำหรับพักผ่อนหย่อนใจและอาจจะช่วยดึงดูดในด้านการท่องเที่ยวสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้แก่เมือง นอกจากนั้นโครงสร้างพื้นฐานเขียวยังเป็นเครื่องมือเพื่อประสานการทำงานระหว่างนักพัฒนาพื้นที่และนักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ที่จะทำให้เกิดการพัฒนาเปลี่ยนแปลงของเมืองหรือพื้นที่พร้อมกับการรักษาสภาพแวดล้อม

โครงสร้างพื้นฐานเขียวสามารถให้ประโยชน์ได้ในหลายๆ ทุกด้าน ที่เป็นประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยสามารถสรุปเป็นได้ดังนี้ (Benedict, 2001)

1. ประโยชน์แก่สังคม คือ การรักษาพื้นที่สีเขียว พื้นที่ป่า และพื้นที่ที่เป็นสวนหย่อม เพื่อให้เป็นพื้นที่ผ่อนคลายให้ความรู้สึกสงบและร่วมเย็น ยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนให้ดีขึ้น

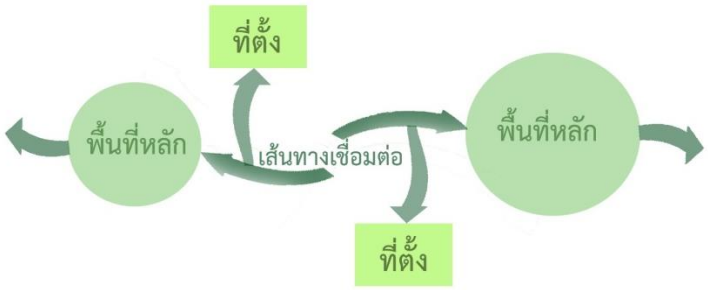
2. ประโยชน์แก่ชุมชน คือ โครงสร้างพื้นฐานเขียวที่เน้นการพัฒนาพื้นที่ที่ส่งเสริมระบบนิเวศ เช่น พื้นที่สีเขียว พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เหล่านี้สร้างมุมมองที่สวยงาม เพิ่มพื้นที่ร่มเงาลดแสงแดดให้แก่ชุมชนซึ่งอาจจะเป็นเส้นทางสัญจรสีเขียว ทางเดินเท้า ภายในเมืองหรือชุมชนที่เชื่อมต่อกันเป็นระบบ

3. ประโยชน์แก่สิ่งแวดล้อม คือ โครงสร้างพื้นฐานเขียว ช่วยปรับสภาพแวดล้อมในการดูแลสภาพภูมิอากาศในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ การอนุรักษ์น้ำและการรักษาคุณภาพของน้ำ การควบคุมและดูแลผลกระทบของแสงแดด ลม และฝน นอกจากนั้นพื้นที่ของโครงสร้างพื้นฐานเขียวยังช่วยกักเก็บน้ำบางส่วนและชะลอความเร็วของการไหลบ่าของน้ำ

4. ประโยชน์แก่เศรษฐกิจ คือ โครงสร้างพื้นฐานเขียวสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่าย หรืองบประมาณที่ใช้ในการดูแลจำการความเสียหายจากการเกิดภัยพิบัติ หรืออาจจะเป็นค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงาน เช่น เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น อีกทั้งพื้นที่อสังหาริมทรัพย์ เช่น บ้านจัดสรรหรือคอนโด ที่ตั้งอยู่ใกล้พื้นที่สีเขียว พื้นที่สวนสาธารณะ จะมีมูลค่ามากกว่าที่ที่ห่างไกลพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่สวนสาธารณะ

2.2.4 องค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานเขียว

ความสัมพันธ์ของพื้นที่ตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว ที่สนับสนุนการความเชื่อมโยงทั้งพื้นที่น้ำและพื้นที่สีเขียวในเมือง ช่วยรักษาคุณค่าและประโยชน์ใช้สอยของภูมิทัศน์ที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ระบบนิเวศและลักษณะภูมิประเทศที่สร้างขึ้นประกอบด้วย 3 ประเภท คือ พื้นที่ที่หลัก (Hub) พื้นที่ตั้ง (Site) และพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) โดยสามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละประเภทได้ ดังนี้ (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานเขียว
ที่มา: Benedict, 2001

2.2.4.1 พื้นที่ที่หลัก (Hub)

พื้นที่สำคัญในระบบนิเวศสำหรับการอนุรักษ์ ได้แก่ พื้นที่ป่าในเมือง พื้นที่แหล่งน้ำ เพื่อประโยชน์ต่างๆ ดังนี้ เพื่อเป็นพื้นที่ป้องกัน เช่น สวนสาธารณะขนาดใหญ่ เพื่อจัดการภูมิทัศน์ของเมืองสงวนไว้เพื่อเป็นพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจของคนในพื้นที่ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อรักษาพื้นที่ที่มีความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติของดินและน้ำ เพื่อสงวนและป้องกันพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น พื้นที่ห้วย หนอง สวนสาธารณะ (2) เพื่อจัดการภูมิทัศน์พื้นเมืองให้มีความยั่งยืน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอื่นๆในพื้นที่ (3) เพื่อเป็นพื้นที่ที่ภาครัฐและเอกชนสามารถนำไปพัฒนาที่ให้ผลประโยชน์กับทั้งสองฝ่าย

แนวทางและรูปแบบการพัฒนาพื้นที่หลัก (Hub) เพื่อส่งเสริมการพัฒนาพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพ โดยจะยกตัวอย่างแนวทางการพัฒนาหรือรูปแบบการพัฒนาเพื่อส่งเสริมการจัดการพื้นที่หลัก ช่วยด้านการจัดการน้ำและส่งเสริมการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติ รวมถึงพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่สาธารณะของเมืองให้ดีขึ้น วิธีการการพัฒนาได้หลายวิธี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. โพรงใต้ดิน (Underground Chambers) เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำใต้ดิน ที่ไม่จำกัดขนาดและรูปทรงของโครงสร้างอ่างบรรจุ โดยจะนำท่อหรืออ่างฝังลงใต้ดินแล้วใช้ก้อนกรวดหรือก้อนหิน ช่วยให้น้ำสามารถไหลผ่านได้สะดวกและสามารถเก็บน้ำจากน้ำที่ไหลบ่าได้ (ภาพที่ 2.3) และด้านบนของพื้นที่สามารถพัฒนาให้สามารถรองรับน้ำหนักได้ดี ดังนั้นสามารถพัฒนาในพื้นที่ที่รถวิ่งผ่านได้ เช่น

ลานจอดรถ พื้นที่สีเขียว หรือพื้นที่ที่มีขนาดจำกัด (United States Environmental Agency., 2004)

ภาพที่ 2.3 การออกแบบพื้นที่แบบโพรงใต้ดิน (Underground Chambers)

ที่มา: United States Environmental Agency, 2004

2. บ่อแห้ง (Dry Wells) ออกแบบโดยการสร้างหลุมบ่อขนาดเล็กใส่ท่อที่มีรูพรุนและใส่หินเข้าไปล้อมรอบ เมื่อมีน้ำไหลบ่าจากการเกิดพายุฝนจะเป็นแหล่งกักเก็บน้ำได้ดี เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดจำกัด (ภาพที่ 2.4)

ภาพที่ 2.4 การออกแบบบ่อแห้ง (Dry Wells)

ที่มา: United States Environmental Agency, 2004

3. การกักเก็บด้วยพืช (Bioretention Cells) พื้นที่บ่อที่รองรับการไหลของน้ำผิวดิน ซึ่งเมื่อน้ำไหลผ่านดินจะซึมลงสู่ผิวดินได้ง่าย เพราะให้ชั้นดินมีการปลูกพืช มีชั้นของทราย หิน กรวด และก่อนจะถึงชั้นของท่อระบายน้ำไปสู่แหล่งน้ำ น้ำที่ไหลผ่านการกรองจากชีวภาพ พืชพรรณ จะกรองเอาของ

เสียที่ปนมากับน้ำออกไปก่อนจะไปสู่แหล่งกักเก็บน้ำที่มีหรือไม่มีระบบท่อใต้ดินได้ด้วย (ภาพที่ 2.5) สามารถใช้ได้ทั้งในพื้นที่เมืองและเขตชานเมือง

ภาพที่ 2.5 แสดงระบบการกักเก็บน้ำแบบใช้พืชพรรณ (Bioretention)

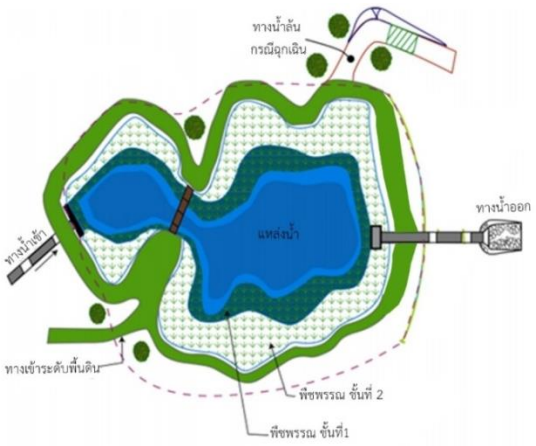
ที่มา: Harris County Public Infrastructure Department & Harris County Flood Control District, 2011

การพัฒนาพื้นที่โดยการใช้พืชพรรณ (Bioretention) ช่วยในการกักเก็บน้ำ สามารถปรับใช้ได้ทั้งในพื้นที่ในเมือง ที่มีขนาดจำกัด สามารถปรับใช้ในพื้นที่ทางระบายน้ำ พื้นที่สวนสาธารณะ (ภาพที่ 2.6) และพื้นที่ในชนบทที่มีพื้นที่โล่ง พื้นที่สีเขียวที่กว้างกว่าพื้นที่ในเมืองนอกจากจะช่วยส่งเสริมให้การกักเก็บน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น ยังช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวที่สร้างความสวยงามของทัศนียภาพแก่เมืองได้เช่นกัน (Harris County Public Infrastructure Department & Harris County Flood Control District., 2011)

ภาพที่ 2.6 การออกแบบการกักเก็บด้วยพืช (Bioretention Cells)

ที่มา: United States Environmental Agency, 2004

4. การใช้ระบบกักเก็บน้ำด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Stormwater wetland) เป็นพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ พื้นที่รับน้ำที่มีน้ำท่วมขัง พื้นที่ทางระบายน้ำ โดยสามารถส่งเสริมด้านคุณภาพของน้ำก่อนจะไหลสู่แหล่งกักเก็บน้ำ โดยมีรายละเอียดออกแบบดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การกักเก็บน้ำด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Stormwater wetland)

ที่มา: State of New Jersey Department of Environmental Portion, 2004

จากภาพแสดงรายละเอียดการวางแผนพัฒนาพื้นที่รอบพื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติ พื้นที่ที่เป็นพื้นที่สีเขียวในภาพ เป็นพื้นที่ทางเข้าที่เป็นทางเท้า ทางเดินหรือพื้นที่สีเขียว และพื้นที่ด้านในพื้นที่สีขาวลายเขียวเป็นพื้นที่ปลูกพืชพรรณชั้นที่ 1 มีความตื้นของน้ำประมาน 0.15 เมตร ที่สามารถปลูกพืชได้ และชั้นถัดเข้าไปเป็นพื้นที่สีเขียวเข้มลายเขียวอ่อนเป็นชั้นของพืชชั้นที่ 2 ที่มีระดับความลึกของน้ำ 0.15 – 0.45 เมตร และถัดเข้าไปเป็นแหล่าน้ำ (State of New Jersey Department of Environmental Portion., 2004) ดังนั้นก่อนที่น้ำจะไหลลงสู่แม่น้ำ พืชเหล่านี้จะช่วยกรองเศษขยะมลพิษได้ในระดับเบื้องต้น อีกทั้งช่วยให้แหล่งน้ำมีความสดชื่นและมีความงามจากพืชพรรณที่นำมาปลูก

5. ถังเก็บน้ำฝน (Rain Barrels) ถังเก็บน้ำขนาดใหญ่ ไว้เพื่อรอบรับน้ำจากบ้านหลายหลังหรือจากอาคารขนาดใหญ่ มักอยู่ในเขตที่มีความหนาแน่นของอาคาร สามารถไว้บนดินและฝั่งลงใต้ดินได้ และมีเครื่องดูดน้ำเอาไปใช้และกระจายไปยังอาคารบ้านเรือนต่างๆได้ (ภาพที่ 2.8)

ภาพที่ 2.8 ถังเก็บน้ำฝน (Rain Barrels)

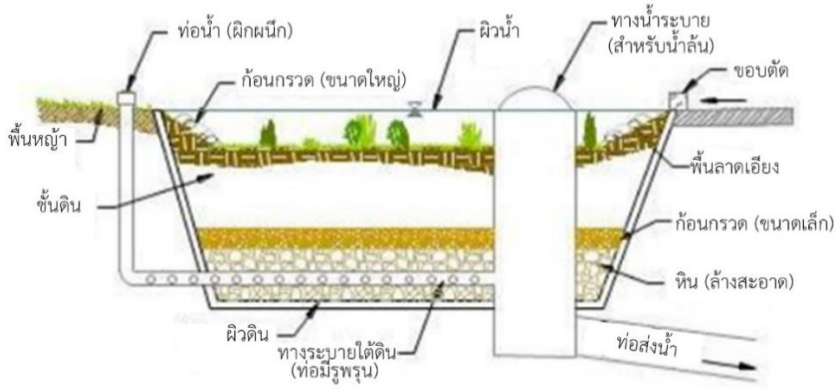
ที่มา: United States Environmental Agency, 2004

2.2.4.2 พื้นที่ตั้ง (Site)

พื้นที่ตั้ง คือ พื้นที่ว่างหรือพื้นที่สีเขียวเพื่อส่งเสริมการซึมผ่านของน้ำลงสู่ใต้ดิน ที่มีความเหมาะสมในการอนุรักษ์ สามารถช่วยลดกระทบจากน้ำท่วมในพื้นที่เมืองได้ เพราะถ้ามีพื้นที่ซึมซับน้ำเพื่อชะลอค่าการไหลบ่าของน้ำ ได้แก่ สนามกีฬา พื้นที่โล่งขนาดเล็ก สวนหลังบ้าน ช่วยส่งเสริมให้พื้นที่เมืองสามารถรักษาสภาพแวดล้อมที่ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่เมืองที่เริ่มมีความหนาแน่นสูงขึ้น เพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชนด้วยการรักษาสภาพแวดล้อม โดยหลักการพัฒนาพื้นที่ตั้งมีวัตถุประสงค์หลักๆ เพื่อสร้างพื้นที่สีเขียว เพื่อการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมและทรัพยากรทั้งน้ำและดิน ปกป้องพื้นที่ธรรมชาติหรือพื้นที่ที่ทำงานที่ทำหน้าที่เป็นกรอบสำหรับการพัฒนาในขณะที่ยังรักษาระบบนิเวศพื้นเมือง

แนวทางและรูปแบบการพัฒนาพื้นที่ตั้ง (Site) เพื่อพัฒนาพื้นที่ให้ส่งเสริมให้น้ำซึมผ่านได้สะดวกและช่วยลดค่าการไหลบ่าของน้ำ ซึ่งสามารถพัฒนาได้ทั้งในพื้นที่สีเขียวและพื้นที่ที่เป็นคอนกรีต เพื่อส่งเสริมให้การพัฒนาเมืองสามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ่มค่าที่สุด จึงนำตัวอย่างการพัฒนาพื้นที่ตั้งในการประยุกต์ใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว ดังนี้

1. หลุมต้นไม้ (Bioswales) หลุมต้นไม้ขนาดใหญ่ที่ลึกลงไปในดินประมาณ 60 เซนติเมตร สามารถรองรับและระบายน้ำจากถนนได้ สำหรับการสร้างหลุมต้นไม้จะใช้ชั้นหินเพื่อสร้างชั้นดินให้น้ำไหลผ่านและถูกกักเก็บเป็นน้ำใต้ดิน หรือแทรกซึมผ่านการเจริญเติบโตของรากที่ช่วยกรองสิ่งปนเปื้อนต่างๆในน้ำก่อนจะไหลไปสู่แหล่งน้ำ



ภาพที่ 2.9 แสดงระบบการพัฒนาพื้นที่แบบหลุมต้นไม้ (Bioswales)

ที่มา: Harris County Public Infrastructure Department & Harris County Flood Control District, 2011

จากภาพที่ 2.9 แสดงระบบการพัฒนาแบบหลุมต้นไม้ ในพื้นที่แนวต้นไม้ริมทางเดินเท้าในสวนสาธารณะ สนับสนุนให้ทำท่อใต้ดินที่มีรูพรุนเพื่อส่งนำจากการแทรกซึมของน้ำในบนหลุมต้นไม้ ใช้พืชพรรณ ดิน ปุ๋ย และก้อนกรวดในการกรองมลพิษของน้ำ ด้านหลุมต้นไม้จะเป็นพื้นที่ลาดเอียงเล็กน้อย และระดับพื้นในหลุมต้นไม้ต่ำกว่าระดับพื้นที่ปกติเพื่อส่งเสริมให้น้ำไหลลงพื้นที่ที่เตรียมไว้ นอกจากนี้มีทางระบายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำล้นเมื่อเกิดพายุฝน ส่งเสริมการมีประสิทธิภาพในการรับน้ำและส่งเสริมการรักษาคุณภาพของน้ำ อีกทั้งส่งเสริมให้มีพื้นที่สีเขียวในสวนสาธารณะเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2.10)

ภาพที่ 2.10 การพัฒนาพื้นที่ด้วยระบบหลุมต้นไม้ (Bioswales)

ที่มา: United States Environmental Agency, 2004

2. การพัฒนาพื้นผิวแบบรูพรุน (Permeable Pavers) บล็อกปูพื้นที่ทีมีรูหรือช่อง เมื่อปูแล้วเอาทรายและกรวดมาทับตรงช่องจะช่วยมีการดูดซึมและกระจายน้ำระหว่างบล็อกและดิน นอกจากนั้นยังสามาพัฒนาให้มีการส่งน้ำที่ซึมผ่านพื้นที่ลงไปสู่ท่อน้ำส่งไปยังที่กักเก็บน้ำใต้ดิน สามารถออกแบบในพื้นที่ลานบ้านหรือทางเดิน

2.2.4.3 พื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

พื้นที่เชื่อมต่อ คือ เส้นทางหรือทางเดินที่มีพืชพรรณต่อเนื่องกับพื้นที่หลัก เป็นเส้นทางสำหรับการหาอาหารของสัตว์พื้นถิ่น หรือใช้เป็นทางสัญจรสำหรับคนทั่วไป เชื่อมต่อภูมิทัศน์เมือง เพื่อป้องกันธรรมชาติ เก็บรักษาพื้นที่ธรรมชาติ ให้เพียงพอต่อความต้องการของคนและสัตว์ในพื้นที่ และการเชื่อมต่อที่ระบบเข้าด้วยกัน เพื่อใช้เครือข่ายโครงสร้างพื้นฐานเขียวในการทำงานร่วมกัน โดยเส้นทางการเชื่อมโยงมีได้หลายลักษณะ ได้แก่ (1) การเชื่อมโยงแนวราบ พื้นที่ขนาดใหญ่ที่มีการป้องกันตามธรรมชาติที่เชื่อมต่อสวนสาธารณะที่มีอยู่เก็บรักษาหรือในพื้นที่ที่เป็นธรรมชาติและมีพื้นที่เพียงพอสำหรับพืชพื้นเมือง ทำหน้าที่เป็นทางเดินเชื่อมต่อระบบนิเวศและภูมิทัศน์ เชื่อมโยงภูมิทัศน์ นอกจากนี้ยังอาจมีพื้นที่สำหรับการป้องกันของแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์และโอกาสสำหรับการใช้งานภายในสถานที่ (2) แนวกั้นระบบนิเวศ เป็นเส้นทาง ต้นไม้ ที่เป็นกันชนสามารถบรรเทาพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคาร

แนวทางและรูปแบบการพัฒนาพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ส่วนใหญ่ลักษณะของพื้นที่เชื่อมต่อจะเป็นทางน้ำไหลบนพื้นที่คอนกรีต ที่ลอดผ่านในพื้นที่หลักและพื้นที่ตั้ง ดังนั้นเพื่อส่งเสริมให้เกิดการเชื่อมต่อของพื้นที่ในระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อมเมือง และส่งเสริมการมีทัศนียภาพที่สวยงาม จึงได้มีการปรับปรุงพื้นที่ในพื้นที่ ดังนี้

1. การกักเก็บน้ำด้วยกระถางพืช (Stormwater Planters) ลักษณะเป็นพื้นที่บรรจุหรือกระถางที่มีกำแพงคอนกรีตกั้นเพื่อใส่ดินและพืชพรรณ ช่วยรักษาระดับการไหลบ่าของน้ำ ที่ไหลมาจากหลังคาสู่พื้นที่ทางเดินเท้า โดยจะออกแบบให้พื้นผิวของกระถางจะเป็นแบบปิดเพื่อไหลเชื่อมกับท่อระบายน้ำหรือแบบเปิดให้น้ำซึมไปสู่ผิวดินได้ (ภาพที่ 2.11)

Chulalongkorn University

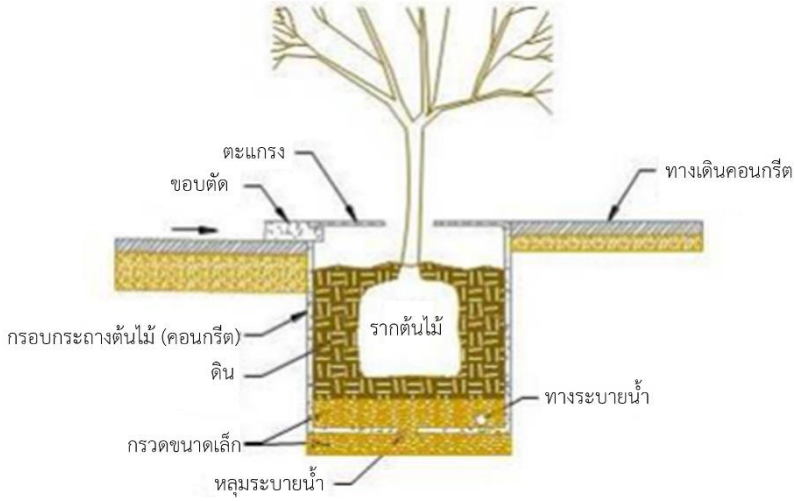
ภาพที่ 2.11 การกักเก็บน้ำด้วยกระถางพืช (Stormwater Planters)

ที่มา: United States Environmental Agency, 2004

2. การใช้ช่องต้นไม้เป็นตัวกรองน้ำ (Tree Filters) พื้นที่ขนาดเล็กที่มีการปลูกต้นไม้ พืชพรรณต่างๆ และมีระบบการระบายน้ำอยู่ด้านล่างดิน ส่วนใหญ่จะพัฒนาลักษณะนี้ในพื้นที่ทางเดินเท้าในเมือง พื้นที่จอดรถ ซึ่งช่วยการไหลบ่าของน้ำและช่วยกรองมลพิษทางน้ำได้ (ภาพที่ 2.12)

ภาพที่ 2.12 พื้นที่ใช้ต้นไม้เป็นตัวกรอง (Tree Filters)
ที่มา: United States Environmental Agency, 2004

การพัฒนาพื้นที่ที่น้ำไหลผ่าน หรือพื้นที่ที่ระบายน้ำ ที่ใช้ช่องต้นไม้เป็นตัวกรองน้ำ (Tree Filters) และ การกักเก็บน้ำด้วยกระถางพืช (Stormwater Planters) จะมีระบบการออกแบบพื้นที่คล้ายกัน โดยในช่องของการปลูกต้นไม้ช่วยในการกรองน้ำที่ไหลผ่าน



ภาพที่ 2.13 การออกแบบการใช้ต้นไม้เป็นตัวกรองน้ำ
ที่มา: Harris County Public Infrastructure Department & Harris County Flood Control District, 2011

จากภาพที่ 2.13 แสดงการออกแบบการใช้ต้นไม้เป็นตัวกรองน้ำจะประกอบไปด้วย ดิน ทราย ปุ๋ย ก้อนกรวดขนาดเล็ก ที่ล้อมรอบรากต้นไม้ หรือเป็นชันดินที่มีพืชพรรณอยู่บนผิดดิน มีท่อระบายน้ำที่จะส่งน้ำที่ผ่านการกรองไปสู่แหล่งกักเก็บน้ำ และในทางเดินคอนกรีตสามารถส่งเสริมให้เกิดการซึมซับของน้ำได้โดยการใช้พื้นที่มีรูพรุน น้ำที่ไหลผ่านจะซึมลงสู่ดินได้ดีกว่าพื้นที่คอนกรีต

ทั้งนี้การส่งเสริมการกักเก็บน้ำที่ได้จากการพัฒนาพื้นที่ด้วยหลายๆ วิธีเหล่าล้วนแล้วแต่เป็นการส่งเสริมการพัฒนาพื้นที่สีเขียวโดยการใช้พืชพรรณหรือต้นไม้ ที่จะส่งเสริมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ การรักษาคุณภาพของน้ำ รักษาระบบนิเวศ สามารถส่งเสริมการกักเก็บน้ำซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชากรในพื้นที่ได้

สำหรับกระบวนการวางแผนโครงสร้างพื้นฐานเขียว จะต้องประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการวางแผนกายภาพ นักลงทุน เจ้าของที่ดิน และผู้ที่อยู่อาศัยในชุมชน ร่วมกันวางแผนและตัดสินใจร่วมกันกำหนดเป็นกลยุทธ์ในการพัฒนาและอนุรักษ์พื้นที่อย่างสมดุลกัน จึงจะสามารถช่วยให้โครงการในการพัฒนาพื้นที่ประสบผลสำเร็จ ดังนั้นการสร้างแนวทางการพัฒนาพื้นที่ไม่ว่าในเมืองใหญ่หรือท้องถิ่น สามารถที่จะวางแผนควบคุมการพัฒนาพื้นที่ได้ด้วยตนเองโดยเน้นกระบวนการมีส่วนร่วมในการคิดและวางแผน (นิคม บุญญานุสิทธิ์, 2558) อีกทั้งการตระหนักในคุณค่าของธรรมชาติและระบบนิเวศของชุมชนจะเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาผลกระทบของ ความเป็นเมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้

2.2.5 ตัวอย่างการใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว

2.2.5.1 การใช้ประยุกต์ใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในต่างประเทศ

โครงการพัฒนามหานครนิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา สำหรับการวางแผนโครสร้างพื้นฐานเขียวเป็นการสร้างแผนทางเลือกในการพัฒนาคุณภาพน้ำ เช่น ทางเดินเท้าที่ใช้พืชพรรณ ถนนที่ดูซึมน้ำ หลังคาเขียว และการลงทุนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบที่มีอยู่ และสร้างเป้าหมายในการพัฒนาสิ่งใหม่ขึ้น ซึ่งการวางแผนโครงสร้างพื้นฐานเขียวในโครงการนี้ เป็นการพัฒนาแบบแยกส่วน รวมถึงกระบวนการหรือวิธีการการปรับตัวแก้ไขปัญหาด้วยต้นทุนต่ำ แต่ได้ผลประโยชน์สูงสุด โดยใช้ยุทธศาสตร์เขียว (Green Strategy) สำหรับการวางแผนการพัฒนา ซึ่งยุทธศาสตร์เขียว (Green Strategy) คือ การรวบรวมเทคโนโลยีใหม่ๆและวิธีการที่นำมาดำเนินตามแผนการพัฒนานครนิวยอร์ก โดยกรมคุ้มครองสิ่งแวดล้อมแห่งมหานครนิวนอร์ก หรือ Department of Environmental Protection: DEP จะเร่งดำเนินการยุทธศาสตร์เขียวเพื่อพัฒนาไปยังพื้นที่ที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานสีเทา เช่น ถนน อาคาร โดยได้รับการส่งเสริมโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวได้รับการรับรองโดยสหรัฐอเมริกาหน่วยงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อม หรือ U.S. Environmental Protection Agency: EPA และกรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมหานครนิวนอร์ก หรือ Department of Environmental Conservation: DEC

ตัวอย่างการพัฒนาพื้นที่ สำหรับพื้นที่ที่พัฒนาใหม่ จะดำเนินโครงการเพื่อควบคุมการพัฒนาพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพ เพราะสามารถดำเนินการออกแบบและสร้างขึ้นมาได้สะดวก โดยพื้นที่ที่สร้างขึ้นมาใหม่จะมีการควบคุมการไหลบ่าของน้ำอย่างเข้มงวด โดยออกมาตรฐานการออกแบบและการก่อสร้างเพื่อส่งเสริมในด้านการควบคุมการไหลบ่าและการกักเก็บของน้ำ (New York City Department of Environmental Protection., 2009)

ภาพที่ 2.14 การควบคุมการสร้างพื้นที่ที่ส่งเสริมการกักเก็บน้ำ
ที่มา: New York City Department of Environmental Protection, 2009

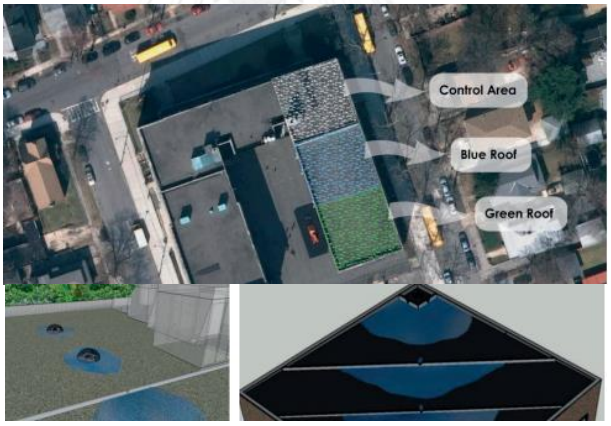
การควบคุมการไหลบ่าและการกักเก็บของน้ำสามารถดำเนินการได้ทั้งบนดาดฟ้าและบนดิน (ภาพที่ 2.14) เนื่องจากพื้นที่ในนครนิวยอร์กมีข้อจำกัดในขนาดพื้นที่ ดังนั้นจึงส่งเสริมการกักเก็บน้ำในถังและพัฒนาระบบท่อให้สะอาด การออกแบบพื้นที่พัฒนาใหม่เพื่อชะลอการไหลบ่าของน้ำฝน เพื่อเข้าสู่ระบบท่อระบายน้ำ ที่มีรูพรุนเพื่อให้น้ำไหลเข้าไปกักเก็บในท่อได้ นอกจากนั้นยังสามารถกักเก็บน้ำจากอาคารบนดาดฟ้าเป็นพื้นที่สีฟ้า พื้นที่สีเขียว และยังสามารถเก็บน้ำได้ในถังใต้ดินได้เช่นกัน

สำหรับการออกแบบอาคาร หลังคา การติดตั้งระบบควบคุมหลังคา คือ เป็นการดำเนินการขั้นแรก เพราะพื้นที่ของหลังคาหรือดาดฟ้ามีประมาณ 28% ของพื้นที่ทึบน้ำ ในนครนิวยอร์ก (ภาพที่ 2.15) โดยมีการออกแบบ 2 ประเภท คือ หลังคาเขียวและหลังคาฟ้า

1. หลังคาเขียว (Green Roofs) ประกอบไปด้วยชั้นพืชที่เติบโตจากชั้นดินที่ผ่านการออกแบบพิเศษ เพื่อช่วยในการระบายน้ำ จากภาพโชว์พื้นที่หลังคาเขียว แม้ว่าหลังคาเขียวจะใช้งบประมาณในการสร้างมากกว่าพื้นที่หลังคาทั่วไป แต่พื้นที่หลังคาเขียวนี้สามารถดูดซับน้ำได้และกักเก็บน้ำฝนได้จำนวนมาก นอกจากนี้หลังคาเขียวยังให้ประโยชน์ต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน เช่น การกรองหรือดูดซับมลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสีย และช่วยระบายความร้อนจากหลังคาหรือดาดฟ้า สร้างสิ่งแวดล้อมที่ดีและเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย

ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างการทดลองการพัฒนาหลังคาเขียวในมหานครนครนิวยอร์ก
ที่มา: New York City Department of Environmental Protection, 2009

2. หลังคาฟ้า (Blue Roofs) พื้นที่หลังคาฟ้าหรือดาดฟ้าฟ้า ไม่ได้ใช้พืชในการควบคุมพื้นที่หน่วงน้ำฝน ด้วยการออกแบบท่อน้ำที่สามารถกักเก็บน้ำฝนได้ชั่วคราว แล้วค่อยๆปล่อยไปสู่พื้นที่กักเก็บน้ำใหม่ ด้วยการออกแบบเทคโนโลยีจาก DOE และ DEP ซึ่งสร้างพื้นที่หลังคาเขียวและหลังคาฟ้าในพื้นที่เดียวกัน เพื่อควบคุมและตรวจสอบผล ทั้งงบประมาณและประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำฝนในระยะ 3 ปี (ภาพที่ 2.16)



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการทดลองการพัฒนาหลังคาฟ้า ในมหานครนครนิวยอร์ก
ที่มา: New York City Department of Environmental Protection, 2009

ถังเก็บน้ำฝน สามารถช่วยลดการไหลบ่าของน้ำ ที่เข้าสู่ระบบท่อระบายน้ำ โดยกระจายการใช้ถังเก็บน้ำในพื้นที่มหานครนิวยอร์กประมาณ 1000 ถัง ซึ่งถังเก็บน้ำนี้จะเชื่อมต่อกับรางระบายน้ำ สามารถใช้น้ำในการรดต้นไม้ สนามหญ้า และสวน คิดเป็นสัดส่วน 40 % ของปริมาณน้ำที่ใช้ในช่วงฤดูร้อน ใน 1 ครัวเรือน ดังนั้นถังเก็บน้ำสามารถลดความต้องการในการใช้น้ำประปาภายในเมืองได้ (ภาพที่ 2.17)

ภาพที่ 2.17 การสาธิตการใช้ถังน้ำในอาคาร ในมหานครนครนิวยอร์ก

ที่มา: New York City Department of Environmental Protection, 2009

การปรับปรุงพื้นที่อยู่หนาแน่นที่อยู่อาศัยสูง พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของที่อยู่อาศัยสูง คิดเป็นพื้นที่ท่อระบายน้ำประมาณ 4 % ของพื้นที่รับน้ำทั้งหมด ในการพัฒนาโครงการบนพื้นที่บริเวณนี้จะสร้างองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานเขียว (ภาพที่ 2.18) ในการพัฒนา เช่น ปรับปรุงบนหลังคาของอาคาร ปรับปรุงพื้นที่ที่จอดรถ ทางเท้า โดยการพัฒนาพื้นที่บนหลังคาทดลองด้วยการใช้ทาดโมดูล่าสำหรับรองรับน้ำฝน ส่วนการพัฒนาพื้นที่ลานจอดรถ จะพัฒนาพื้นด้วยการวางท่อที่มีรูพรุนรองน้ำแล้วส่งไปยังถังเก็บน้ำใต้ดิน นอกจากนั้นมีการพัฒนาพื้นที่ทางเท้าโดยใช้พืช ต้นไม้ ในการช่วยลดค่าการไหลบ่าของฝน และปรับบางพื้นที่คอนกรีตให้มีพื้นที่ก้อนกรวด หรือหินที่จะช่วยชะลอการไหลของน้ำเพื่อการกักเก็บน้ำฝน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2.18 การออกแบบการพัฒนาพื้นที่ที่อยู่อาศัยในมหานครนครนิวยอร์ก

ที่มา: New York City Department of Environmental Protection, 2009

หลักการพัฒนาโครงการนี้ ได้ใช้หลักการของแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวในการพัฒนาเมือง ทั้งหมด 5 ประเภท เพื่อส่งเสริมการพัฒนาทัศนียภาพของเมือง และการรักษาสภาพแวดล้อมทั้งด้านอากาศ ดิน และน้ำ โดยมีรายละเอียดของแต่ละประเภท ดังนี้ (1) การสร้างโครงสร้างพื้นฐานเทาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการแทรกการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเขียวเข้าไปในการพัฒนา ในส่วนของการวางแผนทางเลือกในการพัฒนา ควรวางการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเขียวเข้าไปในการเพิ่มโครงสร้างพื้นฐานเทา จะช่วยลดงบประมาณในการพัฒนาพื้นที่ (2) พัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น สำรวจและฟื้นฟูทางระบายน้ำ ป้องกันไม่ให้มีสิ่งกีดกันและทำความสะอาดไม่ให้เป็นอุปสรรคต่อการไหลและการแทรกซึมของน้ำ ถ้าใช้โครงสร้างพื้นฐานเขียว โดยใช้พืชกรองมลพิษ จะช่วยลดการใช้สารเคมีในการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ประมาณ 30% (3) ควบคุมการไหลบ่าของน้ำ 10% จากพื้นที่ที่ไหลบ่าทั้งหมด ใช้โครงสร้างพื้นฐานเขียวในโครงการเป้าหมายคือ การสร้างพื้นที่หน่วยน้ำในพื้นที่รับน้ำ หน่วยงานการจัดการการเปลี่ยนแปลง ของรูปแบบและมาตรการการตรวจสอบคุณภาพน้ำ (4) เป็นขั้นตอนในการบริหารจัดการพัฒนาพื้นที่ ทั้งการเริ่มกระบวนการพัฒนาและหน่วยการติดตามผลการพัฒนาโดยหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ (5) การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อให้ชุมชนหรือคนในพื้นที่ที่จะพัฒนา เข้าใจกระบวนการปรับปรุงพื้นที่และเพื่อช่วยในการประสานงานกับคนในชุมชนอื่น

2.2.5.2 การใช้ประยุกต์ใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานในประเทศไทย

โครงการสร้างทางสัญจรสีเขียว เทศบาลตำบลพิมาย อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา โดยเป็นการศึกษาเส้นทางในพื้นที่ตำบลพิมาย เพื่อพัฒนาเป็นทางสัญจรสีเขียวตามองค์ประกอบสำคัญของแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว โดยการใช้กระบวนการการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อออกแบบและหาเส้นทางการสัญจร จากการดำเนินงานจะเริ่มจากการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ และความต้องการของประชาชนในพื้นที่ โดยส่วนใหญ่ประชาชนในพื้นที่มีความรู้เข้าใจเรื่องระบบธรรมชาติความสัมพันธ์ระหว่างระบบนิเวศในพื้นที่ของตนเองเป็นอย่างมาก จึงสามารถเข้าถึงปัญหาและความต้องการการพัฒนาพื้นที่อย่างแท้จริง

ภาพที่ 2.19 แสดงทางสัญจรภายในตำบลพิมาย อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา
ที่มา: นิคม บุญญานุสิทธิ์, 2558

การดำเนินการพัฒนาพื้นที่บนพื้นฐานของแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว จากภาพที่ 2.19 เป็นการออกแบบเส้นทางที่ดำเนินการพัฒนา โดยใช้แหล่งท่องเที่ยวเป็นสถานที่สำคัญของการกำหนดเส้นทาง ที่เชื่อมสถานที่สำคัญเหล่านั้นให้ต่อกันเป็นเส้นทางสัญจร เช่น ปราสาทหินพิมาย หมู่บ้านโบราณ อ่างเก็บน้ำ พื้นที่สีเขียว โดยทางคณะผู้ทำคาดหวังให้ในอนาคตจะเป็นเส้นทางสำคัญที่เชื่อมต่อพื้นที่สีเขียวและย่านสำคัญต่างๆ ภายในตำบลพิมายเข้าด้วยกัน ทั้งด้านการเดินทาง การท่องเที่ยวและการดำเนินชีวิตของสัตว์พื้นถิ่น สามารถนำมาใช้เป็นเส้นทางศึกษาธรรมชาติเพื่อการเรียนรู้ได้ต่อไป

แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวคือการกำหนดกลยุทธ์ในการสร้างความเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายของพื้นที่ว่างและพื้นที่ธรรมชาติ เพื่อประโยชน์ใช้สอยในด้านการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของประชาชน อนุรักษ์ระบบนิเวศพื้นที่ เป็นส่วนช่วยลดความเสียหายจากผลกระทบของภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง จึงมีความเหมาะสมกับการนำมาแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวมาใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนควบคุมการพัฒนาพื้นที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทยได้ ซึ่งในการศึกษาเส้นทางสัญจรสีเขียวเป็นองค์ประกอบสำคัญในแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว สามารถที่จะนำมาเป็นเครื่องมือแรกในการสร้างความร่วมมือดำเนินการสร้างความหลากหลายทางด้านประโยชน์ใช้สอยให้แก่พื้นที่ สร้างมูลค่าทั้งทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น จะสามารถพัฒนาเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Chulalongkorn University

บทที่ 3
ข้อมูลในการศึกษา

3.1 ข้อมูลทางกายภาพ

3.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดอุดรธานี เป็นจังหวัดที่อยู่ในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ที่มีพื้นที่ใหญ่เป็นอันดับที่ 4 ของประเทศ มีอาณาเขตติดต่อกับ 6 จังหวัด คือ จังหวัดหนองคาย จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดสกลนคร จังหวัดหนองบัวลำภู และจังหวัดเลย ซึ่งจังหวัดอุดรธานีมีลักษณะพื้นที่ 2 ประเภท คือ (1) ที่ราบสูงที่อยู่ทางทิศตะวันตกและทิศใต้ (2) ลูกคลื่นลอนเตี้ยสลับที่นาและเทือกเขาสูงสลับเนินเตี้ย และอาจจะมีพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำในบริเวณที่อยู่ใกล้แม่น้ำ (สำนักงานจังหวัดอุดรธานี, 2558) ด้วยพื้นที่จังหวัดอุดรธานีมีเส้นทางเชื่อมต่อถึงประเทศลาว จึงมีการติดต่อการค้าที่สะดวกส่งผลให้มีการพัฒนาด้านเศรษฐกิจสูง ซึ่งศูนย์กลางความเจริญของจังหวัดอุดรธานี คือ อำเภอเมืองอุดรธานี มีการตั้งถิ่นฐานที่หนาแน่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเทศบาลนครอุดรธานี ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ เทศบาลนครอุดรธานีมีพื้นที่ 47.7 ตารางกิโลเมตร (สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี, 2558) ตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี เขตพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีมีการติดต่อกับพื้นที่ข้างเคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	พื้นที่ตำบลบ้านเลื่อมและตำบลหนองบัว
ทิศใต้	ติดต่อกับ	พื้นที่ตำบลนาดี
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	พื้นที่ตำบลสามพร้าว ตำบลหนองบัว และตำบลหนองขอนกว้าง
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	พื้นที่ตำบลเชียงพิณ พื้นที่ตำบลบ้านตาด

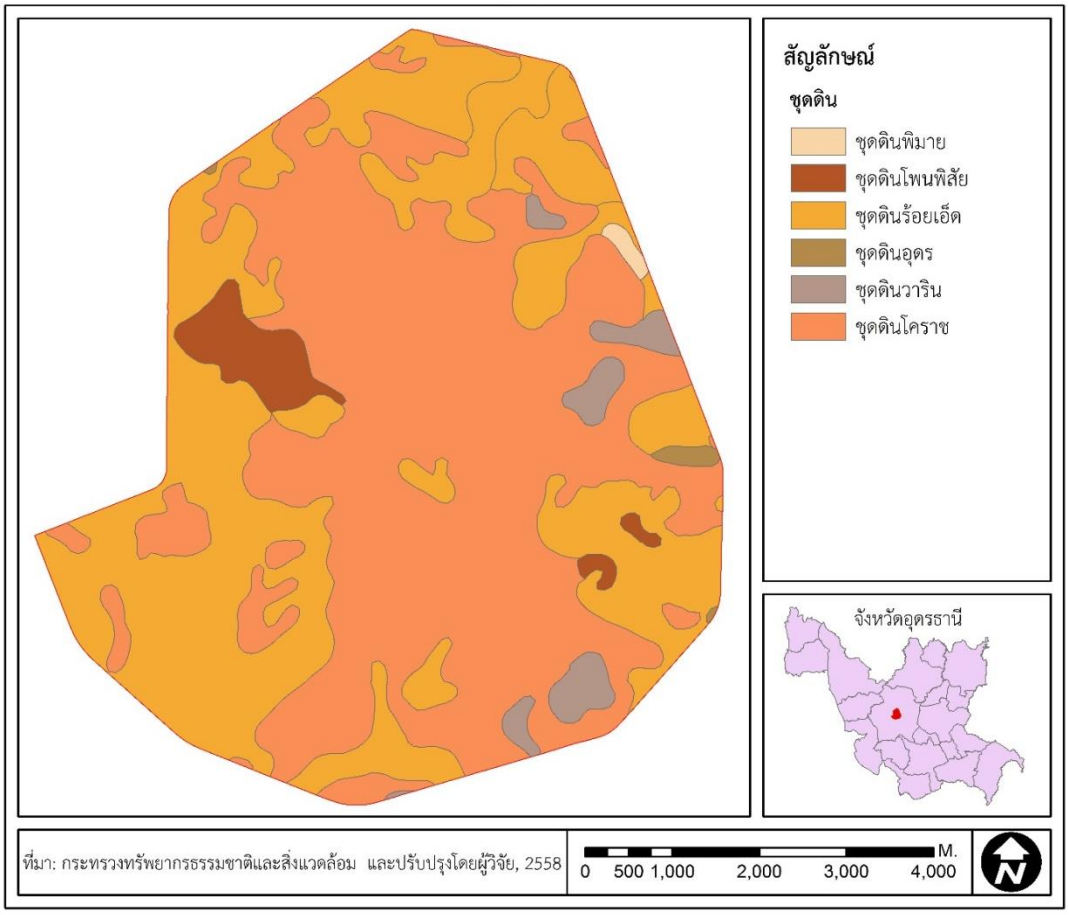
3.1.2 ลักษณะภูมิศาสตร์

พื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีมีความสูงของดินจากน้ำทะเลประมาณ 175 เมตร และมีลักษณะพื้นที่เป็นแอ่งกระทะ เป็นพื้นที่ราบต่ำกว่าพื้นที่ใกล้เคียง และด้วยสภาพภูมิประเทศที่ทางทิศตะวันตกและทิศใต้มีความสูงกว่าพื้นที่ทางทิศตะวันออกและทิศเหนือ จึงมีทิศทางการไหลของน้ำผ่านกลางเขตพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีก่อนจะไหลไปสู่แม่น้ำโขง (สำนักงานจังหวัดอุดรธานี, 2558)

3.1.2.1 ประเภทของดิน

ลักษณะดินของทั้งพื้นที่จังหวัดอุดรธานีจะแบ่งออกเป็น ดินเค็ม ดินทราย และดินตื้น โดยส่วนใหญ่มักจะเป็นดินเค็ม (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) ส่วนในพื้นที่เขต

เทศบาลนครอุดรธานีพบว่า จากข้อมูลชุดดินในพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะของดินประเภทดินทรายปนดินร่วม ดินเหนียวปนทราย และดินเหนียว ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของชุดดินเป็น 6 กลุ่ม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) ที่มีรายเอียดของลักษณะและคุณสมบัติของดินที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 ข้อมูลประเภทดิน เขตเทศบาลนครอุดรธานี

1. ชุดดินอุดร (Udon Series) มีดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วน ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวทราย เนื่องจากเนื้อดินบนค่อนข้างเป็นทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เป็นดินเค็ม โดยทั่วไปไม่เหมาะกับการปลูกพืช เว้นแต่จะมีแหล่งน้ำมากพอที่จะลดความเข้มข้นของเกลือ ส่วนระดับความสามารถในการระบายน้ำอยู่ในขั้นระบายน้ำได้ค่อนข้างเลว และมีการซึมผ่านของน้ำได้ในระดับปานกลาง

2. ชุดดินร้อยเอ็ด (Roi-Et Series) มีดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนร่วน ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนปนทราย ซึ่งเป็นเนื้อดินที่ค่อนข้างเป็นทราย มีการระบายน้ำของดินอยู่ในระดับค่อนข้างเลว และมีการซึมผ่านของน้ำได้ปานกลางถึงช้า

3. ชุดดินโพนพิสัย (Phon Phisai Series) มีดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน ส่วนดินล่างจะเป็นดินเหนียวปนทราย ซึ่งมีการระบายน้ำในระดับดีปานกลาง และมีการซึมผ่านของน้ำได้ปานกลางในดินบน แต่น้ำซึมผ่านได้ช้าในดินล่าง

4. ชุดดินพิมาย (Phimai Series) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวตลอดทั้งบนและล่าง ส่วนการระบายน้ำอยู่ในระดับระบายน้ำได้เลว และน้ำสามารถซึมผ่านได้ช้า

5. ชุดดินวาริน (Warin Series) มีดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนร่วน ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวปนทราย มีการระบายน้ำได้ในระดับดี และความสามารถของการซึมผ่านของน้ำอยู่ในระดับปานกลาง

6. ชุดดินโคราช (Korat Series) มีดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวปนทราย เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย มีการระบายน้ำอยู่ในระดับที่ดีปานกลาง และน้ำสามารถซึมผ่านได้ในระดับปานกลาง

จากข้อมูลของแต่ละชุดดิน ซึ่งบอกลักษณะของดินแต่ละพื้นที่สามารถบอกความสามารถในการระบายน้ำ สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมได้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1.3 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐาน

3.1.3.1 การคมนาคมขนส่ง

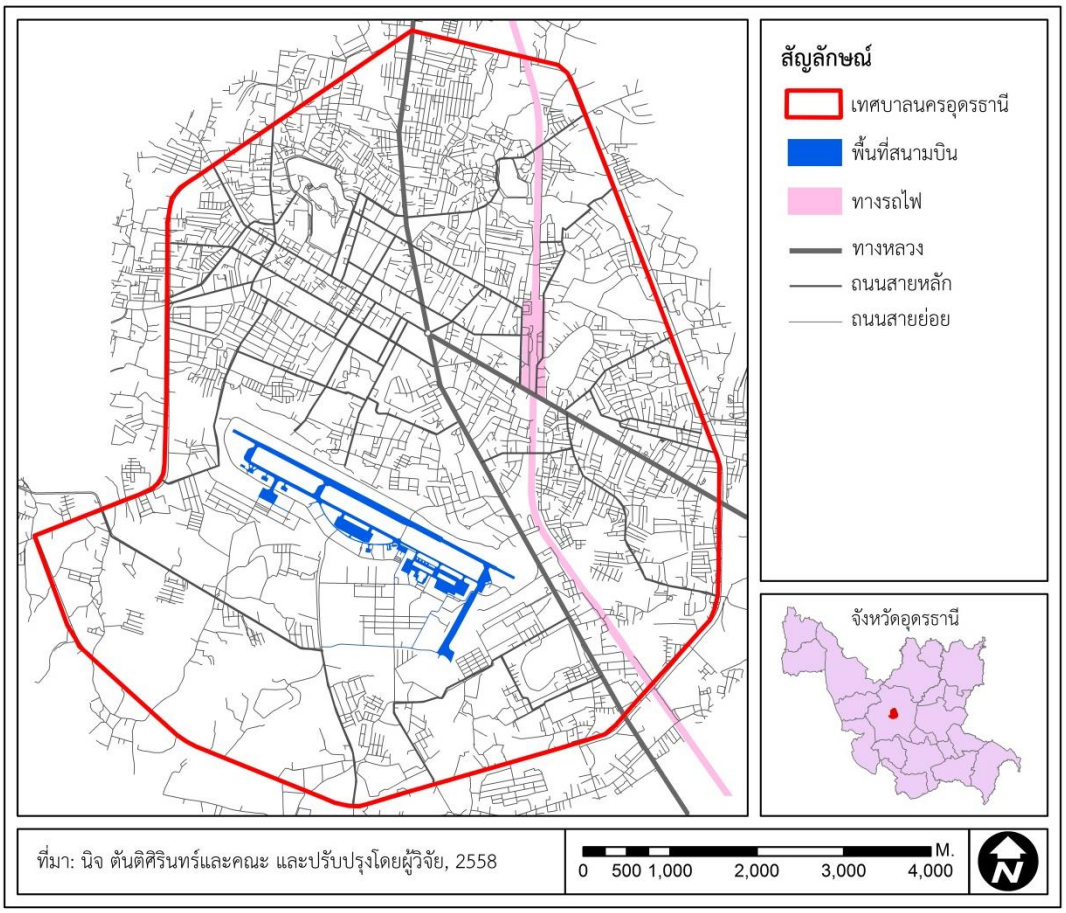
พื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีตั้งอยู่ใจกลางศูนย์กลางความเจริญของจังหวัดอุดรธานี อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 564 กิโลเมตร (สำนักงานจังหวัดอุดรธานี, 2558) จึงมีการเดินทางเข้าถึงพื้นที่ได้อย่างสะดวกและหลากหลายรูปแบบ ทั้งทางบกและทางอากาศ (ภาพที่ 3.2)

1. การเดินทางทางอากาศ เนื่องจากจังหวัดอุดรธานีมีสนามบินพาณิชย์ซึ่งตั้งอยู่กับสนามบินกองบิน23 ที่อยู่ภายในเทศบาลนครอุดรธานี ที่อยู่บนถนนอุดรธานี – หนองบัวลำภู

2. การเดินทางทางบกโดยรถไฟ สามารถนั่งรถไฟตรงมาที่สถานีของอุดรธานีได้ โดยสถานีรถไฟตั้งอยู่ใจกลางเทศบาลนครอุดรธานีเรียบถนนทองใหญ่

3. การเดินทางทางบกโดยรถยนต์ โดยมีเส้นถนนสายหลัก คือทางหลวงหมายเลข 2 22 และ 210 โดยมีรายละเอียดดังนี้ (1) ทางหลวงหมายเลข 2 เป็นเส้นทางจากกรุงเทพมหานคร ผ่านจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดขอนแก่น จังหวัดนครราชสีมา ผ่านจังหวัดอุดรธานีโดยตัดผ่านใจกลางเทศบาลนครอุดรธานีชื่อถนนทหารและถนนอุดรดุษฎี รวมระยะทางถึงจังหวัดอุดรธานีประมาณ 564 กิโลเมตร (2) ทางหลวงหมายเลข 22 เชื่อมระหว่างจังหวัดสกลนครและจังหวัดอุดรธานี มีระยะทางประมาณ 230 กิโลเมตร เข้าถึงจากใจกลางเทศบาลนครอุดรธานีบนถนนโพศรี และ (3) ทางหลวงหมายเลข 210 เชื่อมระหว่างจังหวัดอุดรธานีและจังหวัดเลย

มีระยะทางประมาณ 140 กิโลเมตร โดยมีถนนเชื่อมจากเขตเทศบาลนครอุดรธานีไปยังเส้นทางหลวงนี้ (สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี, 2558)



ภาพที่ 3.2 แสดงโครงสร้างพื้นฐานภายในเขตเทศบาลนครอุดรธานี

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1.3.2 สาธารณูปโภคและสาธารณูปการ

1. สาธารณูปโภค ภายในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี มีการบริการด้านสาธารณูปโภคอย่างทั่วถึง ทั้งการประปาและไฟฟ้า ที่ให้บริการเข้าถึงได้ทุกบ้านเรือน

1.1 ไฟฟ้า สำหรับการคำนวณการใช้ไฟฟ้าทั้งจังหวัดอุดรธานี มีการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าทั้งหมด 964 ล้านยูนิต คิดเป็นสำหรับที่อยู่อาศัย 420 ล้านยูนิต สถานที่ราชการ 74 ล้านยูนิต สถานประกอบการและอุตสาหกรรม 462 ล้านยูนิต อื่นๆ 8 ล้านยูนิต จากผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 3,592,165 ราย

1.2 ประปา การผลิตน้ำประปาของจังหวัดอุดรธานีทั้งหมดประมาณ 42 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นน้ำที่ผลิตได้จำนวน 31 ล้านลูกบาศก์เมตร และเป็นปริมาณน้ำที่จำหน่ายให้แก่ประชาชนจำนวน

22 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีจำนวนผู้ใช้น้ำประปาในจังหวัดอุดรธานีทั้งหมด 80,712 ราย (ส่วนรายละเอียดเฉพาะในเขตเทศบาลนครอุดรธานีจะอธิบายในหลักการบริหารจัดการน้ำ)

2. สาธารณูปการ การบริการแก่ประชาชนของสาธารณูปการในเทศบาลนครอุดรธานี ได้แก่ สถาบันการศึกษา โรงพยาบาล สถานีตำรวจ เป็นต้น ด้วยพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีเป็นศูนย์กลางเมือง ดังนั้นสำนักงานบริการด้านสาธารณูปโภคต่างๆ จะตั้งอยู่ในตัวเมืองของพื้นที่ศึกษา เมื่อประสบปัญหาประชาชนสามารถเข้าแจ้งต่อเจ้าหน้าที่เพื่อแก้ไขได้ทันที

2.1 สถาบันการศึกษา ที่ให้ความรู้แก่เยาวชนตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงระดับอุดมศึกษา สามารถแบ่งระดับของสถาบันการศึกษาเป็น 3 ระดับ คือ ระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และอุดมศึกษา โดยมีสถาบันการศึกษาในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาจำนวน 33 แห่ง และระดับอุดมศึกษาจำนวน 5 แห่ง

2.2 โรงพยาบาล ในเขตพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีมีโรงพยาบาลที่อยู่ในความดูแลของภาครัฐมีจำนวน 3 แห่ง คือ (1) โรงพยาบาลศูนย์อุดรธานี (2) โรงพยาบาลค่ายประจักษ์ศิลปาคม และ (3) โรงพยาบาลเทศบาลนครอุดรธานี ส่วนโรงพยาบาลที่อยู่ในความดูแลของเอกชนจำนวน 4 แห่ง คือ (1) โรงพยาบาลเอกอุดร (2) โรงพยาบาลนอร์ทอีสเทิร์นวัฒนา (3) โรงพยาบาลกรุงเทพ-อุดรธานี และ (4) โรงพยาบาลหมอไพโรจน์ 1991

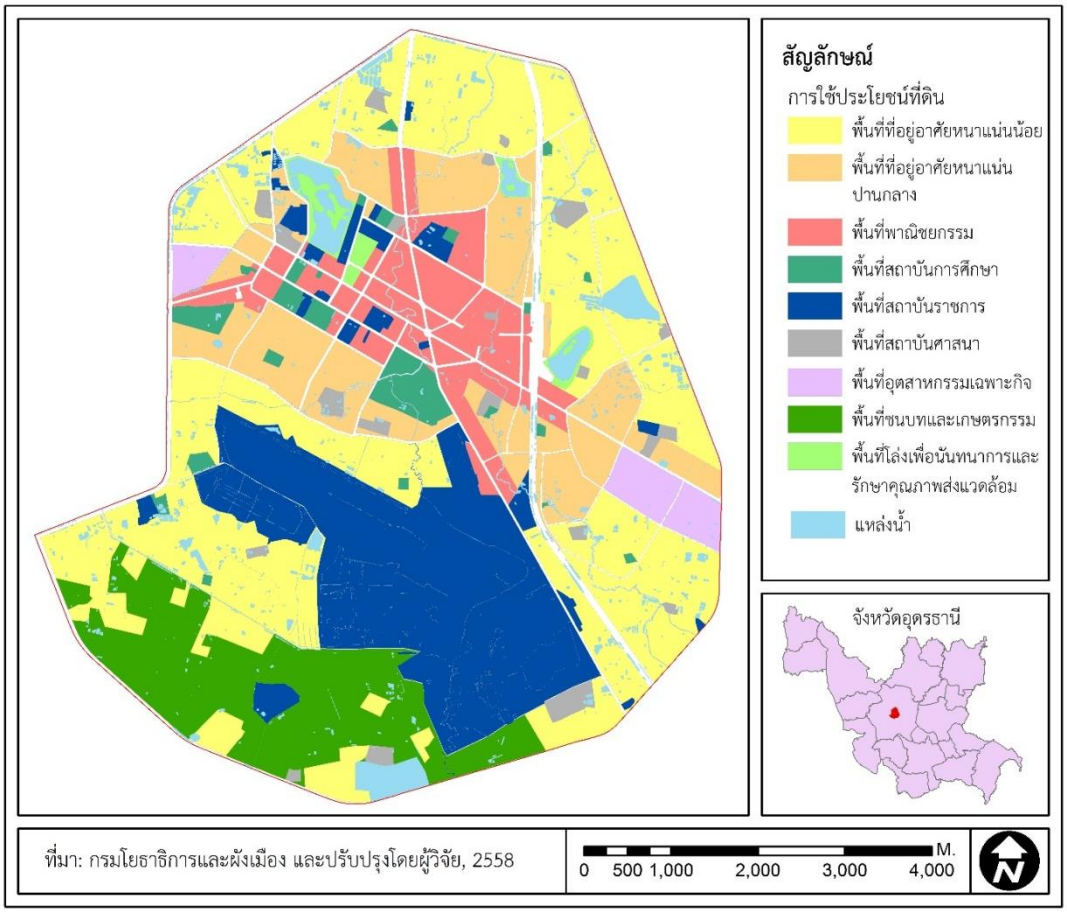
3.1.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตามผังเมืองรวมเมืองอุดรธานี พ.ศ.2553 ที่ประกาศเป็นกฎกระทรวงบังคับใช้ตามกฎหมาย แต่ปัจจุบันได้หมดอายุการใช้ ซึ่งขณะนี้อยู่ในช่วงทบทวนและปรับปรุงวางแผนและจัดทำผังเมืองรวม พ.ศ.2558 จึงยังคงใช้ผังเมืองรวมเมืองอุดรธานี พ.ศ.2553 ในปัจจุบัน (สำนักงานกรมโยธาธิการและผังเมือง, 2559) ซึ่งในเขตพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีอยู่ในขอบเขตของการบังคับการใช้ผังเมืองรวมเมืองอุดรธานี เพื่อเป็นตัวกำหนดการพัฒนาเติบโตของพื้นที่ โดยจากพื้นที่เทศบาลนครอุดรมีรายละเอียดในการใช้ประโยชน์ที่ดินในประเภทต่างๆ ดังนี้ (ภาพที่ 3.3)

1. พื้นที่ที่อยู่อาศัย ในเทศบาลนครอุดรธานีมีการกำหนดตามผังเมืองรวมเมืองอุดรธานีออกเป็น 2 ประเภท คือ ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย มีเนื้อที่ประมาณ 15.064 ตารางกิโลเมตร และที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง มีเนื้อที่ประมาณ 5.677 ตารางกิโลเมตร พบว่าส่วนใหญ่จะรวมพื้นที่ที่อยู่อาศัยอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี ลักษณะที่อยู่อาศัยมีทั้งที่เป็นอาคารไม้ อาคารไม้ผสมคอนกรีต และอาคารคอนกรีต

2. พื้นที่พาณิชยกรรม จากผังเมืองรวมเมืองอุดรธานีกำหนดให้พื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่สีแดง ซึ่งส่วนใหญ่เกาะตัวอยู่ในบริเวณกลางเมืองเทศบาลนครอุดรธานีซึ่งมีความเจริญของเมืองสูง มีการเดินทางเข้าถึงพื้นที่ได้อย่างสะดวก โดยคิดเป็นพื้นที่พาณิชยกรรมประมาณ 3.749 ตารางกิโลเมตร

ประเภทอาคารของพื้นที่พาณิชยกรรมส่วนมากเป็นอาคารคอนกรีตสมัยใหม่ ที่มีความหนาแน่นอาคารค่อนข้างสูง



ภาพที่ 3.3 แสดงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน เทศบาลนครอุดรธานี

3. พื้นที่สถาบันราชการ ตามผังเมืองรวมเมืองอุดรธานีกำหนดให้เป็นพื้นที่สีน้ำเงิน มีพื้นที่ประมาณ 1.023 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่สถาบันราชการส่วนมากจะตั้งอยู่บริเวณใจกลางเมืองของพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี เพื่อความสะดวกในการเข้าถึงของประชาชน โดยพื้นที่สถาบันราชการจะเป็นสำนักงานเพื่อบริการประชาชน เช่น องค์การบริหารส่วนจังหวัดอุดรธานี สำนักงานสาธารณะสุข การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

4. พื้นที่สถาบันศาสนา ตามผังเมืองรวมเมืองอุดรธานีกำหนดให้เป็นพื้นที่สีเทา มีพื้นที่ประมาณ 0.882 ตารางกิโลเมตร โดยส่วนมากเป็นสถานที่เพื่อประกอบพิธีกรรมทางศาสนาพุทธ เช่น วัดประชาชุมพลวัฒนาราม วัดอุดมสมพงษ์ไชยาราม

5. พื้นที่สถาบันการศึกษา ตามผังเมืองรวมเมืองอุดรธานีกำหนดให้เป็นพื้นที่สีน้ำตาลเข้ม มีพื้นที่ประมาณ 1.136 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่พื้นที่สถาบันการศึกษาเกาะกลุ่มอยู่ในบริเวณใจกลางเมืองและทางทิศตะวันตก ซึ่งเป็นสถาบันการศึกษาตั้งแต่ระดับประถมวัยถึงระดับอุดมศึกษา เช่น

โรงเรียนอนุบาลอุดรธานี โรงเรียนสตรีราชินูทิศ วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

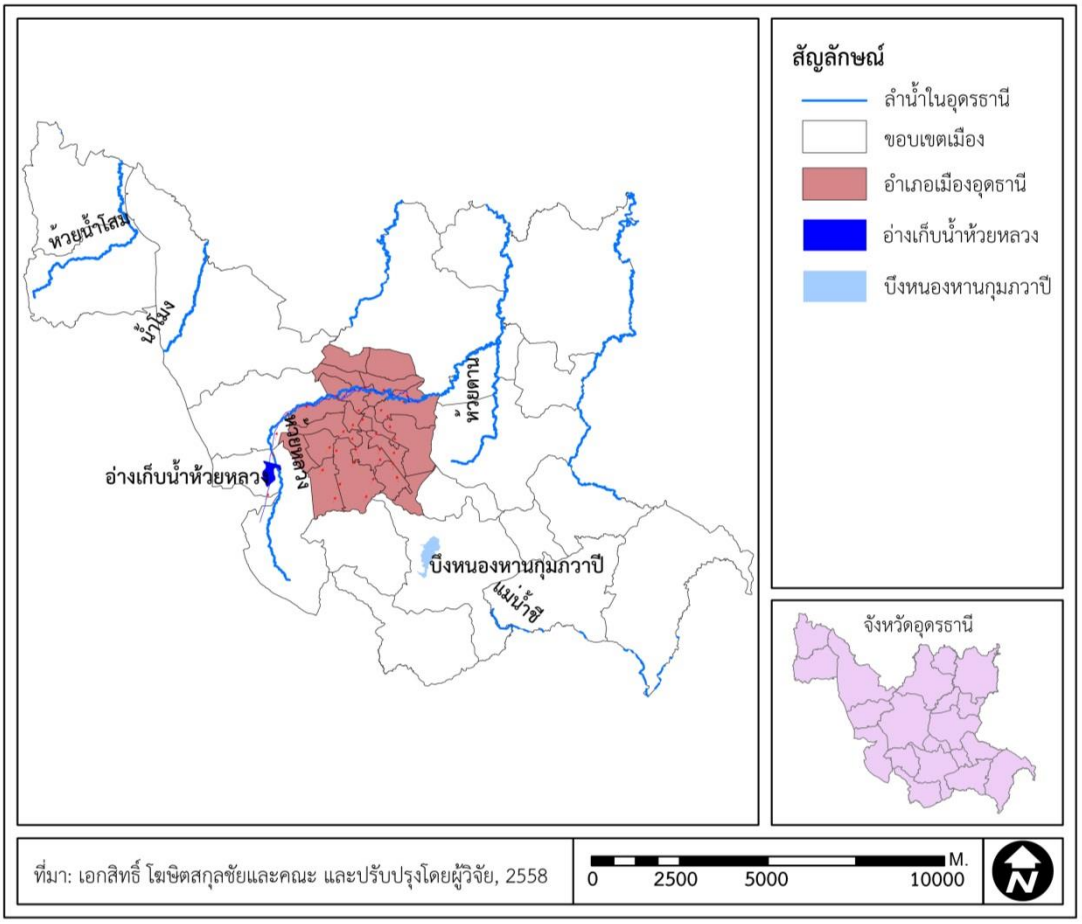
6. พื้นที่อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ ตามผังเมืองรวมเมืองอุดรธานีกำหนดให้เป็นพื้นที่สีม่วงอ่อน มีพื้นที่ประมาณ 1.001 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในทิศตะวันตกของพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี โดยเป็นอุตสาหกรรมที่ให้บริการแกชุมชน โดยไมเป็นมลพิษต่อชุมชนหรือสิ่งแวดล้อม

7. พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรมตามผังเมืองรวมเมืองอุดรธานีกำหนดให้เป็นพื้นที่สีเขียวเข้ม มีเนื้อที่ประมาณ 5.210 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ชนบทและเกษตรภายในเขตเทศบาลนครอุดรธานีจะอยู่ทางทิศใต้ ส่วนมากเป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภทเพาะปลูกข้าวของประชาชนในพื้นที่ ซึ่งมีบ้านเรือนกายจายอยู่ในพื้นที่เป็นกลุ่มขนาดเล็ก และบางพื้นที่เป็นพื้นที่โล่งพื้นที่ป่ารกที่รอการพัฒนา

8. พื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ตามผังเมืองรวมเมืองอุดรธานีกำหนดให้เป็นพื้นที่สีเขียวอ่อน ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่สีเขียวรวมถึงพื้นที่สวนสาธารณะที่ประชาชนมาทำกิจกรรมเพื่อผ่อนคลายคิดเป็น 0.423 ตารางกิโลเมตร หรือ 423,000 ตารางเมตร และพื้นที่แหล่งน้ำคิดเป็น 0.837 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ที่สร้างความสวยงามให้ทัศนียภาพของเทศบาลนครอุดรธานี

3.1.5 ปริมาณน้ำ

การใช้น้ำในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีมีแหล่งน้ำสำคัญ คือ ห้วยหลวง ซึ่งเป็นแหล่งผลิตน้ำประปาสำคัญของจังหวัดอุดรธานี (ภาพที่ 3.4) แต่ด้วยปัจจุบันที่การเติบโตของบ้านเมืองขยายตัวสูงขึ้นส่งผลให้มีความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากร แต่ระดับน้ำในห้วยหลวงมีน้อยลงกว่าในอดีต ดังนั้นน้ำที่จะให้บริการประชาชนจึงไม่เพียงพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหน้าแล้ง ที่มักจะประสบปัญหาขาดแคลนน้ำทั้งในภาคการเกษตรและครัวเรือน ปัจจุบันทางเทศบาลนครอุดรธานีต้องรับการบริการน้ำประปาจากพื้นที่รอบข้าง คือ อำเภอกุมภวาปี (การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี, 2559)



ภาพที่ 3.4 แสดงแหล่งน้ำสำคัญของจังหวัดอุดรธานี

3.1.5.1 ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่

ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี จะใช้ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของจังหวัดอุดรธานี เนื่องด้วยพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีเป็นศูนย์กลางเมือง อีกทั้งพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ เมื่อมีฝนตกจะไหลผ่านเข้ามาในเขตเทศบาลนครอุดรธานี แต่เนื่องจากมีคลองระบายน้ำรอบถนนวงแหวน จึงไม่ประสบปัญหาน้ำท่วมในเทศบาลนครอุดรธานี จึงคิดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่จะศึกษาจากสถิติปริมาณน้ำฝนของจังหวัดอุดรธานี โดยมีค่าตั้งแต่ พ.ศ.2554 -2558 ดังนี้

เนื่องจากการหาข้อมูลความเข้มของในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี ต้องใช้จากค่าเฉลี่ยความเข้มฝนของจังหวังอุดรธานี แต่ด้วยข้อจำกัดด้านเวลาในการข้อมูลจากหน่วยงานภาครัฐซึ่งต้องใช้เวลา จึงเลือกใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือแทนค่าในการคำนวณค่าการไหลบ่าของน้ำฝนของพื้นที่ศึกษา (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558)

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณน้ำฝน จังหวัดอุดรธานี พ.ศ.2554 – 2558

พ.ศ. (หน่วย ม.ม.)	2554	2555	2556	2557	2558
มค.	1.7	8.7	2.6	0	2.4
กพ.	23.1	0.2	0	0	47.6
มีค.	42.5	20.2	27.8	0.8	39.2
เมย.	100.5	18.5	8.2	70.7	119.6
พค.	158.7	207.8	173.7	171.7	95.7
มิย.	129.4	133.5	150.9	194.6	62.2
กค.	392.6	129.2	278.4	230.4	263.1
สค.	333.6	171.2	290.8	333.4	163.3
กย.	274.7	117.6	285.7	338.3	237.8
ตค.	215.6	11.4	74.1	21.9	172.9
พย.	42.1	69.7	0	12.8	7.4
ธค.	0	0.5	57.9	0	0
รวม	1,714.50	888.5	1,350.10	1,374.60	1,211.20

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558

ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของจังหวัดอุดรธานี จากค่าเฉลี่ยของทั้ง 5 ปีย้อนหลัง พบว่า เดือนที่จังหวัดอุดรธานีมีปริมาณน้ำเยอะเป็นอันดับหนึ่ง คือ ช่วงเดือนกรกฎาคม ส่วนเดือนที่มีปริมาณน้ำน้อยสุด เดือน มกราคม ถึงเดือน มีนาคม (ตารางที่ 3.1) แต่จากข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนเพราะบางเดือนไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ ทำให้ยังสรุปไม่แน่ชัดถึงปริมาณน้ำในฝนบ้างเดือน ซึ่งปริมาณน้ำฝนที่ไหลลงสู่ดินจะกลายเป็นน้ำท่าในพื้นที่ จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับประเภทพื้นที่และปริมาณฝน โดยการคิดค่าการไหลบ่าของน้ำในพื้นที่จากการศึกษาค่าความเข้มฝนในตารางที่ 3.2 (กรมชลประทาน., 2544)

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าความเข้มข้นฝนเฉลี่ยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

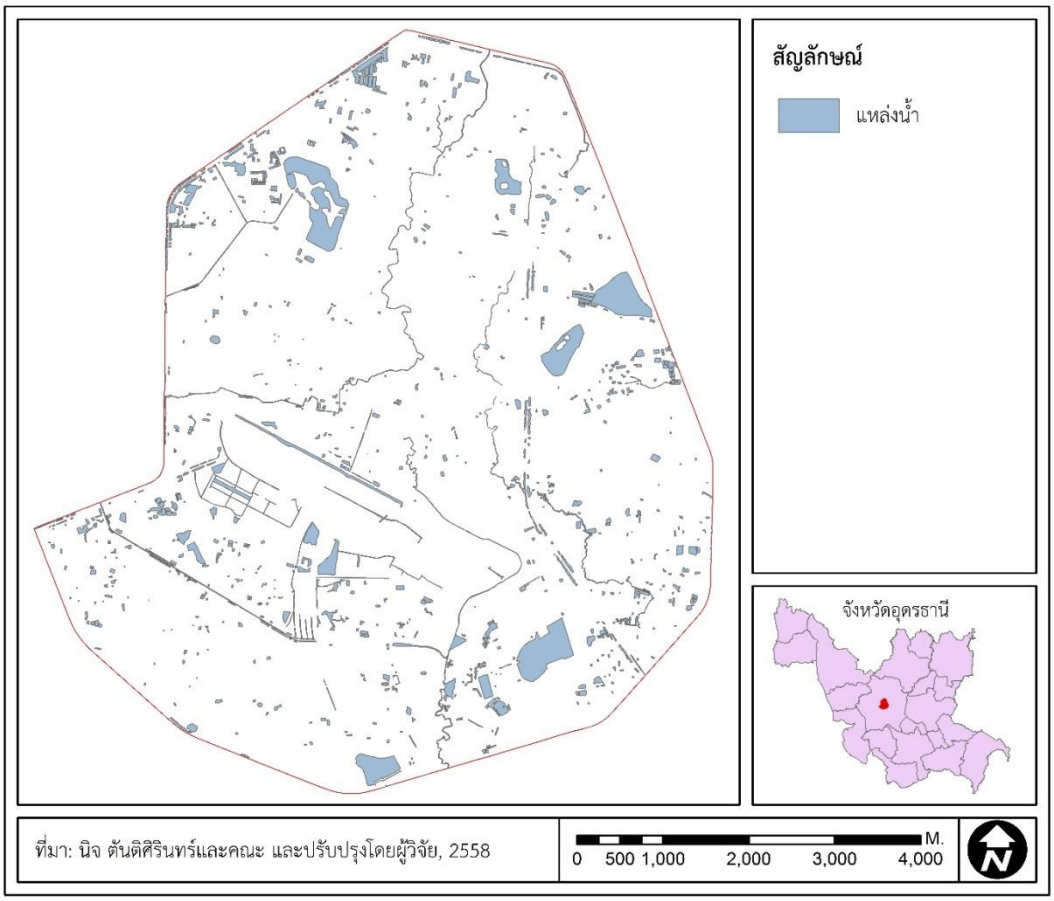
ช่วงเวลา	ความเข้มของฝน (มิลลิเมตร)								
(ชั่วโมง)	2ปี	5ปี	10ปี	25ปี	50ปี	100ปี	200ปี	500ปี	1000ปี
0.25	102.2	131.2	150.2	174.4	192.4	210.2	227.9	251.2	268.9
0.5	74.6	96.4	110.9	129.9	142.7	156.2	169.5	187.2	200.6
0.75	61.1	79	90.9	105.9	117.1	128.2	139.2	153.7	164.7
1	50.3	66	76.4	89.4	99.2	108.8	118.4	131.1	140.7
2	30.2	41.5	49	58.4	65.5	72.4	79.4	88.5	95.4
3	21.9	30.5	36.3	43.5	48.8	54.2	59.6	66.6	72.2
6	12.1	17.5	20.8	25.1	28.2	31.3	34.4	38.5	41.9
12	6.9	9.9	11.9	14.4	16.2	18.1	19.9	22.3	24.2
24	4.1	5.8	6.9	8.2	9.3	10.3	11.3	12.6	13.6

ที่มา: กรมชลประทาน, 2544

3.1.5.2 แหล่งน้ำธรรมชาติ

แหล่งน้ำธรรมชาติในเทศบาลนครอุดรธานีมีหลายพื้นที่ซึ่งอยู่ทั้งในทิศเหนือและทิศใต้ของพื้นที่ มี 5 แหล่ง ที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ หนองสิม มีขนาดพื้นที่ประมาณ 0.134 ตารางกิโลเมตร หนองใหญ่มีขนาดพื้นที่ประมาณ 0.112 ตารางกิโลเมตร หนองเหล็กมีขนาดพื้นที่ประมาณ 0.204 ตารางกิโลเมตร หนองประจักษ์มีขนาดพื้นที่ประมาณ 0.311 ตารางกิโลเมตร และหนองบัวมีขนาดพื้นที่ประมาณ 0.075 ตารางกิโลเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3.5 แสดงข้อมูลแหล่งน้ำธรรมชาติ

จากภาพที่ 3.5 แสดงแหล่งน้ำธรรมชาติภายในเขตเทศบาลนครอุดรธานี พบว่า มีแหล่งน้ำอยู่หลายพื้นที่ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ ซึ่งในการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำขาดแคลนหรือน้ำไม่เพียงพอ จะให้ความสำคัญกับแหล่งน้ำขนาดใหญ่ทั้ง 5 แห่ง โดยพื้นที่หนองประจักษ์ หนองสิม และหนองบัว เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่ภายหลังได้สร้างพื้นที่สวนสาธารณะรอบพื้นที่เพื่อให้เป็นพื้นที่ทำกิจกรรมของประชาชน และในพื้นที่หนองใหญ่และหนองบัว เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่มีพื้นที่สวนธารณะรอบพื้นที่ ซึ่งจะเป็นพื้นที่โล่งและพื้นที่ป่าอยู่โดยรอบ

3.2 ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคม

3.2.1 ประชากร

3.2.1.1 จำนวนประชากร

เทศบาลนครอุดรธานีมีจำนวนประชากรพ.ศ.2558 ทั้งหมด 132,106 คน โดยคิดเป็นประชากรชายจำนวน 64,202 คน และประชากรหญิงจำนวน 67,904 คน (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 จำนวนประชากรเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2554 - 2558

พ.ศ.	ชาย	หญิง	รวม
2554	66,143	69,820	135,963
2555	65,857	69,322	135,179
2556	65,558	68,897	134,455
2557	54,886	68,543	133,429
2558	64,202	67,904	132,106

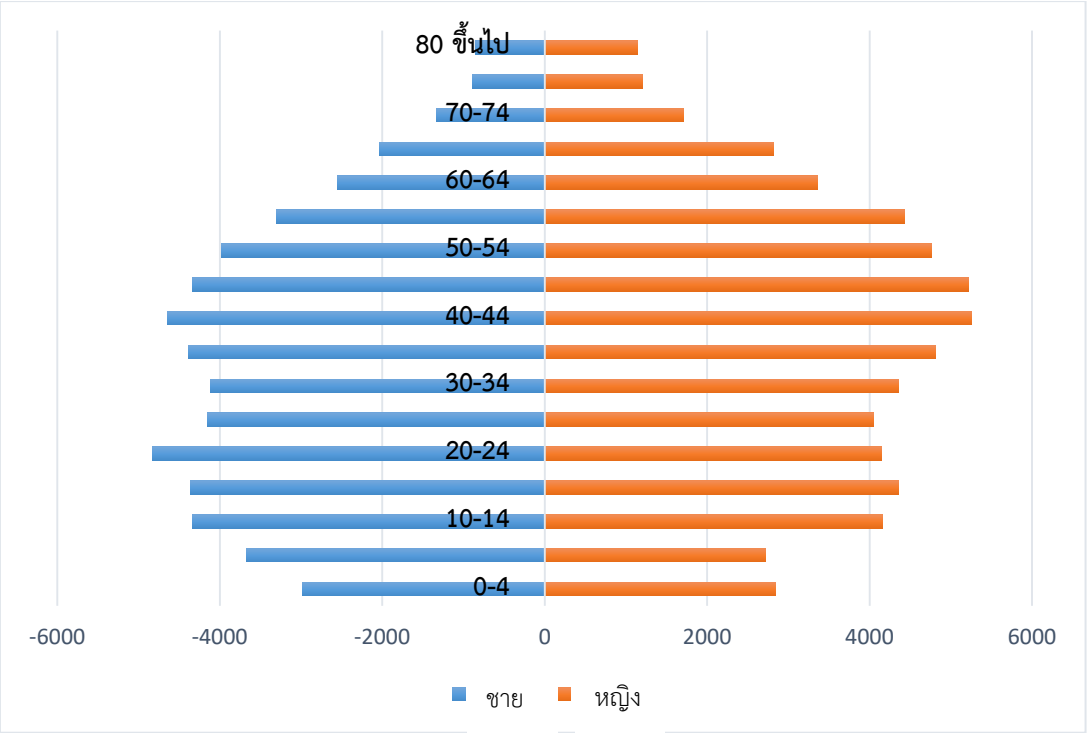
ที่มา: สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี, 2558

จากตารางจำนวนประชากรเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2554 – 2558 พบว่า จำนวนประชากร พ.ศ.2554 – พ.ศ.2558 มีจำนวนน้อยลง แต่ด้วยเศรษฐกิจของจังหวัดอุดรธานีที่สูงขึ้น และมีการขยายตัวของเมืองเพิ่มมากขึ้น พบว่าประชากรในเขตเทศบาลนครอุดรธานี เริ่มขยายตัวออกไปภายนอกพื้นที่ (นิจ ตันติศิรินทร์, 2559) ด้วยพื้นที่ภายในเขตเทศบาลนครอุดรธานีซึ่งมีความเติบโตด้านเศรษฐกิจและเป็นศูนย์กลางเมืองของจังหวัดอุดรธานี จึงมีความหนาแน่นของประชากรเมื่อการเติบโตของเมืองมากขึ้น จึงขยายตัวอยู่เพียงภายนอกเขตทศบาลนครธานี จำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครอุดรธานีจึงไม่ได้เพิ่มขึ้นตามความเจริญเติบโตของเมือง

3.2.1.2 โครงสร้างประชากร

จำนวนประชากรในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี ในพ.ศ.2558 โดยได้แบ่งประชากรตามช่วงอายุให้ประชากรตั้งแต่ช่วงอายุ 0 – 14 ปี อยู่ในช่วงวัยเด็ก ช่วงอายุตั้งแต่ 15 – 59 ปี อยู่ในช่วงวัยทำงาน และ ช่วงอายุ 60 – 80 ปีขึ้นไป อยู่ในช่วงวัยชรา (ภาพที่ 3.6)

จากโครงสร้างประชากร เทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2558 พบว่า ประชากรส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 15 – 59 ปี หรืออยู่ในช่วงวัยทำงานมากที่สุด คิดเป็น 79,481 คน รองลงมา คือ ช่วงอายุ 0 – 14 ปี หรือช่วงวัยเด็ก คิดเป็น 20,734 คน และช่วงอายุ 60 – 80 ปีขึ้นไป หรือวัยชรา คิดเป็น 17,901 คน ซึ่งจำนวนประชากรในวัยทำงานมีจำนวนมากกว่าประชากรในวันเด็กและวันชราถึง 2 เท่า แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีมีอัตราการทำงานที่สูง เนื่องจากพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีอยู่ในศูนย์กลางเศรษฐกิจของจังหวัดอุดรธานี จึงมีการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจที่สูงและมีความหลากหลายของแหล่งงาน ด้วยจำนวนช่วงวัยทำงานมีมากจึงมีศักยภาพในการพัฒนาพื้นที่และมีศักยภาพในการกระตุ้นเศรษฐกิจของพื้นที่ให้เติบโตมากขึ้น



ภาพที่ 3.6 แสดงโครงสร้างประชากรของเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2558
ที่มา: สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี, 2558

จากโครงสร้างประชากรของเทศบาลนครอุดรธานี พบว่า ฐานของปิรามิดโครงสร้างประชากรมีความแคบลงแสดงว่าประชากรของเทศบาลนครอุดรธานีมีอัตราการเกิดน้อยลง ซึ่งช่วงตรงกลางปิรามิดจะกลางที่สุดแสดงว่าประชากรส่วนใหญ่อยู่ในช่วงวัยทำงาน และในอนาคตอีก 20 ปี เทศบาลนครอุดรธานีจะเริ่มมีจำนวนประชากรวัยสูงอายุเพิ่มขึ้น

3.2.1.3 ความต้องการใช้น้ำของประชากร

ความต้องการการใช้น้ำในพื้นที่ศึกษา ได้ทำการคำนวณจากการดำเนินการน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี ที่ได้ให้บริการน้ำประปาในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีในปัจจุบันแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยการใช้น้ำต่อ 1 คน เพื่อนำไปหาความต้องการการใช้น้ำเฉพาะในพื้นที่เทศบาลนครอุดรได้ โดยตารางการใช้บริการน้ำประปามีรายละเอียด ดังนี้ (ตารางที่ 3.4)

ตารางแสดงจำนวนผู้ใช้น้ำของการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี พ.ศ.2555 – พ.ศ.2558 พบว่ามี มีผู้ใช้น้ำในพ.ศ. 2558 จำนวน 69,119 ราย ซึ่งจากการศึกษารายละเอียดของหน่วยของจำนวนผู้ใช้น้ำพบว่า หน่วยราย คือ จำนวนครัวเรือนในพื้นที่ได้กำหนดให้ 1 ราย คือ 1 ครัวเรือน จะแทนประชากรจำนวน 4 คน (การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี, 2558) จากอัตราการใช้น้ำต่อวัน

ในตารางของพ.ศ.2558 มีจำนวน 0.98 ลบ.ม./ราย/วัน ดังนั้น เฉลี่ยประชากรหนึ่งคนจะใช้น้ำประมาณ 0.245 ลูกบาศก์เมตร/วัน

ตารางที่ 3.4 แสดงจำนวนผู้ใช้น้ำ ของการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี พ.ศ.2555 – พ.ศ.2558

รายการ	หน่วย	พ.ศ.			
		2555	2556	2557	2558
จำนวนผู้ใช้น้ำ	ราย	58,339	60,833	65,385	69,119
อัตราการใช้น้ำ	ลบ.ม./ราย/วัน	0.97	0.97	0.97	0.98

ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี, 2558

จากจำนวนประชากรของพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ. 2558 มี 132,106 คน คิดเป็นปริมาณความต้องการการใช้น้ำของประชากรทั้งหมด 32,366 ลูกบาศก์เมตร/วัน หรือคิดเป็นประมาณ 970,980 ลูกบาศก์เมตร/เดือน และสำหรับปริมาณความต้องการการใช้น้ำเฉพาะเพื่อพื้นที่สีเขียว เช่น ลดน้ำต้นไม้ ดูแลจัดการสวนสาธารณะ เป็นต้น โดยเฉลี่ยใช้น้ำเพื่อรดต้นไม้ประมาณ 5 ลิตร/ตารางเมตร/วัน ดังนั้นพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีปัจจุบันมีพื้นที่สีเขียวจำนวน 423,000 ตารางเมตร ดังนั้น พื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีต้องเตรียมปริมาณน้ำเพื่อพื้นที่สีเขียวอย่างน้อย 2,115 ลูกบาศก์เมตร/วัน หรือคิดเป็น 63,450 ลูกบาศก์เมตร/เดือน

3.2.2 เศรษฐกิจ

สำหรับด้านเศรษฐกิจที่นำมาศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการพัฒนาแผนการพัฒนาการจัดการน้ำจะใช้การเปรียบเทียบจากค่าการบริการน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี เพราะการจัดการน้ำในเทศบาลนครอุดรธานีอยู่ในความดูแลของการประปาส่วนภูมิภาคที่เป็นหน่วยงานของภาครัฐ ดังนั้นน้ำที่จะกักเก็บน้ำจึงจะให้หน่วยงานภาครัฐเป็นผู้ดูแลจัดการ จึงเลือกใช้ค่าการบริการของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีเป็นตัวเปรียบเทียบด้านเศรษฐกิจ โดยจากตารางแสดงจำนวนผู้ใช้น้ำของการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี พ.ศ.2555 – พ.ศ.2558 พบว่า ระยะเวลาหนึ่งเดือนมีปริมาณการใช้น้ำประมาณ 970,980 ลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 3.5)

จากจำนวนประชากรทั้งหมด 132,106 คน แต่น้ำที่ได้จากการพัฒนาพื้นที่ที่เสนอแนะการพัฒนาสามารถนำน้ำไปใช้ในการอุปโภค เช่น ลดน้ำต้นไม้ ดูแลจัดการพื้นที่สีเขียวและพื้นที่สวนสาธารณะ ทำความสะอาดลานกิจกรรม ซึ่งจำนวนความต้องการการใช้น้ำเพื่อพื้นที่สีเขียวเขียนจำนวน 7,927.23 ลูกบาศก์เมตร/เดือน

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าบริการในการจัดการน้ำ เทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2555 – พ.ศ.2558

รายการ	**หน่วย**	**พ.ศ.**			
		2555	**2556**	**2557**	**2558**
รายได้ค่าน้ำจำหน่าย	ล้านบาท	81,361,138	98,961,499	102,962,916	110,343,781
ค่าบริการ	บาท	5,537,520	5,768,030	6,176,420	6,540,290
ราคาค่าน้ำจำหน่ายต่อหน่วย	บาท/ลบ.ม.	17.12	19.6	19.62	19.76
หน่วยไฟฟ้า / น้ำจำหน่าย	หน่วย / ลบ.ม.	0.6416	0.6085	0.6532	0.6535

ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี, 2558

อัตราการใช้น้ำทั้งหมดจากการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี พ.ศ.2558 โดยคิดเป็นราคาค่าน้ำจำหน่ายต่อหน่วยจำนวน 19.76 บาท/ลูกบาศก์เมตร แต่ยังไม่รวมค่าไฟที่ใช้ในขั้นตอนของการผลิตน้ำน้ำประปา ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้คำนวณเพียงรายได้จากการบริการน้ำเท่านั้น

3.3 หลักการบริหารจัดการน้ำ

3.3.1 ระบบน้ำอุปโภคและบริโภค

การประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี เป็นหน่วยบริการประปาแก่พื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี โดยส่วนใหญ่พื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีได้รับการน้ำมาจากห้วยหลวงและหนองสำโรง แต่ส่วนใหญ่ได้รับน้ำมาจากห้วยหลวง ซึ่งสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยหลวงปัจจุบัน มีปริมาณน้ำในอ่างทั้งหมด 46.881 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 34.58 ของความจุที่ระดับเก็บกักได้จริง โดยห้วยหลวงสามารถจุน้ำได้ประมาณ 135.567 ล้านลูกบาศก์เมตร ปัจจุบันการใช้น้ำจากห้วยหลวงไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชาชน สาเหตุมาจากปัญหาของการเติบโตของเมืองที่เพิ่มจำนวนประชาชนขึ้น และคุณภาพของน้ำที่ต่ำลงเพราะปริมาณน้ำฝนที่น้อยลงทำให้ปริมาณน้ำประปาที่ผลิตได้ มีน้อยลงและเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ โดยเฉพาะในช่วงแล้ง คือ ช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม (การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี, 2559)

3.3.2.1 ปริมาณน้ำประปา

ข้อมูลการผลิตน้ำประปาของพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี จะใช้ข้อมูลจากการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบบริการน้ำในเขตพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลดังกล่าวแทนปริมาณน้ำประปาของเขตพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี (ตารางที่ 3.6)

ตารางที่ 3.6 แสดงปริมาณน้ำประปา พ.ศ.2555 – พ.ศ.2559

รายการ	**หน่วย**	**พ.ศ.**			
		2555	**2556**	**2557**	**2558**
ปริมาณน้ำผลิตจริง	ล้าน ลบ.ม.	6,564,660	7,395,712	7,246,598	7,546,677
ปริมาณน้ำผลิตจ่ายเข้าระบบ	ล้าน ลบ.ม.	6,320,225	6,818,049	7,163,275	7,298,541
ปริมาณน้ำจำหน่าย	ล้าน ลบ.ม.	4,771,751	5,068,451	5,249,128	5,594,735
ปริมาณน้ำสูญเสีย	ล้าน ลบ.ม.	1,546,583	1,689,415	1,903,087	1,644,621
อัตราน้ำสูญเสีย	%	24.47	24.78	26.57	22.53

ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี, 2558

จากตารางแสดงการใช้น้ำประปา พ.ศ.2555 – พ.ศ.2559 พบว่า ปริมาณน้ำที่ผลิตได้จริงมีมากขึ้นทุกปี เพราะได้มีการใช้น้ำจาก 3 พื้นที่ จากห้วยหลวง ที่เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่และเป็นแหล่งน้ำสำคัญของจังหวัดอุดรธานี จากหนองสำโรง และจากอำเภอข้างเคียง คือ กุมภวาปี ที่รับน้ำจากลำน้ำปาว แต่จากการผ่านขั้นตอนการผลิตมีการสูญเสียน้ำไปประมาณ 20% ของน้ำที่ผลิตได้จริง ดังนั้นหนึ่งพื้นที่กักเก็บน้ำ ไม่สามารถจุน้ำได้เต็ม และต้องสูญเสียน้ำจากการผ่านเข้าระบบการผลิตและการขนส่ง ดังนั้นต้องมีการคำนวณปริมาณน้ำในขั้นตอนการผลิตและการขนส่งหากต้องการพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำไว้ใช้เป็นน้ำสำรอง ที่สามารถรองรับความต้องการของประชาชนได้

3.3.2.2 รูปแบบการจัดการน้ำประปา

การจัดการบริการน้ำประปาของเทศบาลนครอุดรธานี อยู่ในความดูแลและบริการของการประปาส่วนภูมิภาค ซึ่งสามารถให้บริการน้ำประปาได้อย่างทั่วถึง และบางพื้นที่มีการขุดเจาะน้ำบาดาลทั่วจังหวัดอุดรธานีตามพื้นที่ตำบลต่างๆ แต่ในเขตพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานียังไม่พบการขุดเจาะน้ำบาลดาล มีเพียงในพื้นที่รอบข้าง เช่น ในเขตตำบลบ้านจั่น (กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551) สำหรับการบริหารจัดการน้ำประปาในเทศบาลนครอุดรธานีจะรวมอยู่ในอำเภอเมืองอุดรธานี เมื่อประสบปัญหาจะได้รับการดูแลจากทั้งการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี และเทศบาลนครอุดรธานี โดยมีรายละเอียดของการจัดการดูแลของแต่ละภาคส่วน ดังนี้ (ตารางที่ 3.7)

ตารางที่ 3.7 แสดงพื้นที่บริการของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

ลำดับ	อำเภอที่ให้บริการ	จำนวนผู้ใช้น้ำ (ครัวเรือน)
1	เมืองอุดรธานี	68,871
2	กุดจับ	1,980
3	หนองวัวซอ	1,533
4	กุมภวาปี	8,984
5	โนนสะอาด	1,539
6	หนองหาน	2,508
7	ทุ่งฝน	449
8	ศรีธาตุ	1,454
9	วังสามหมอ	941
10	บ้านดุง	2,858
11	บ้านผือ	3,433
12	น้ำโสม	3,311
13	เพ็ญ	2,865
14	พิบูลรักษ์	673
	รวม	101,399

ที่มา: การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี, 2558

1. ภาครัฐ การบริการจัดการน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี ได้ให้บริการทั้งหมด 14 อำเภอ โดยได้แบ่งเป็นครัวเรือนที่มีน้ำประปาใช้จำนวน 101,399 ครัวเรือน และครัวเรือนที่ไม่มีน้ำใช้จำนวน 372,832 ครัวเรือน ซึ่งพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีอยู่ในพื้นที่ที่มีน้ำประปาใช้อย่างทั่วถึง

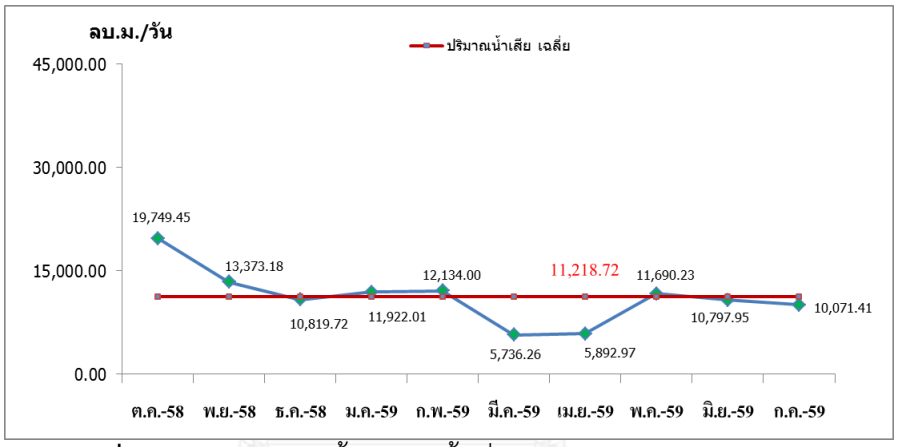
2. ภาคเอกชนหรือท้องถิ่น ส่วนใหญ่จะเป็นการจัดการของน้ำดื่ม โดยในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีช่วงที่ประสบปัญหาน้ำขาดแคลนหรือน้ำไม่เพียงพอ บางครัวเรือนต้องซื้อน้ำจากภาคเอกชนหรือท้องถิ่น เพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภค ซึ่งน้ำที่ซื้อมาจะเป็นน้ำเพื่อบริโภค แต่เนื่องด้วยการบริการน้ำประปาที่ประสบปัญหาน้ำไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องซื้อน้ำมาใช้ในการอุปโภคในช่วงที่ประสบปัญหา

3.2.3 ระบบการกำจัดน้ำเสีย

สำหรับการจัดการน้ำเสียของเทศบาลนครอุดรธานี ได้รับการบริหารจัดการโดยสำนักงานการน้ำเสีย สาขาอุดรธานี เนื่องจากการเติบโตของเมืองทำให้มีประชากรเข้ามาอาศัยจำนวนที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในเขตเทศบาลนครอุดรธานี จึงได้มีการจัดพื้นที่เพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นในเทศบาล (สำนักงานการน้ำเสียสาขาอุดรธานี, 2559)

3.2.3.1 ปริมาณน้ำเสีย

พื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีมีระบบการจัดการน้ำเสีย โดยได้มีการคำนวณปริมาณน้ำเสียเฉลี่ย มีรายละเอียด ดังนี้ (ภาพที่ 3.7)

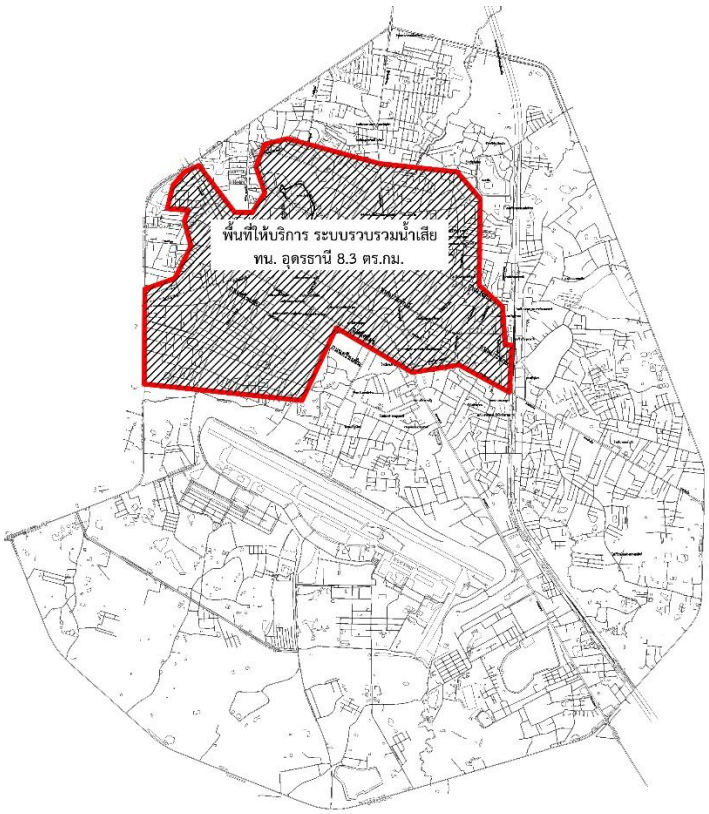


ภาพที่ 3.7 แสดงปริมาณน้ำเสีย ในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2559
ที่มา: สำนักงานการน้ำเสียสาขาอุดรธานี, 2559

จากกราฟแสดงปริมาณน้ำเสียของพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี พบว่า ปัจจุบันมีปริมาณน้ำเสียประมาณ 11,218.72 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และช่วงทีมีปริมาณน้ำเสียน้อยกว่าทุกเดือน คือ ช่วงเดือนมีนาคม และเดือนเมษายน โดยมีปริมาณน้ำเสีย 5,736.26 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และ 5,892.97 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับ

3.2.3.2 พื้นที่จัดการน้ำเสีย

การจัดการน้ำเสีย คือ การจัดการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนที่จะปล่อยน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ในเขตพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี โดยมีการจัดเตรียมพื้นที่ไว้สำหรับก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งอยู่บริเวณรอยต่อของบ้านหนองบุ ตำบลสามพร้าวกับบ้านดอนทราย ตำบลกุดสระ พื้นที่ประมาณ 287 ไร่ ห่างจากเขตเทศบาลนครอุดรธานีประมาณ 7 กิโลเมตร ไว้สำหรับบำบัดน้ำเสีย และมีท่อส่งน้ำเสียเข้าไปยังพื้นที่บำบัดน้ำเสีย (ภาพที่ 3.8)



ภาพที่ 3.8 แสดงพื้นที่บริการรวบรวมน้ำเสีย เทศบาลนครอุดรธานี
ที่มา: สำนักงานการน้ำเสียสาขาอุดรธานี, 2559

3.2.3.3 รูปแบบการจัดการน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียหรือการปรับปรุงคุณภาพน้ำของพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี มีการก่อสร้างตั้งแต่ พ.ศ. 2553 โดยใช้งบประมาณประมาณ 738 ล้านบาท มีขนาดบำบัดน้ำเสียได้สูงสุด 45,000 ลบ.ม./วัน เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร เป็นระบบบำบัดน้ำเสียในเทศบาลนครอุดรธานี แบ่งเป็น 3 รูปแบบ 1.บ่อแอนแอโรบิค 2.บ่อแฟคคัลเททีฟ และ3.บ่อแอโรบิค โดยมีรายละเอียดแต่ละรูปแบบ ดังนี้ (สำนักงานการน้ำเสียสาขาอุดรธานี, 2558) (ภาพที่ 3.9)

1. บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond) บ่อที่มีน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงและมีค่าออกซิเจนต่ำ มีความลึกน้ำประมาณ 2 - 4 เมตร สามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานหลักได้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ใช้ไฮโดรไลซีสสร้างกรดและสร้างมีเทน เพื่อปล่อยเอนไซด์ออกมานอกเซลล์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็ก ขั้นตอนที่2 การสร้างกรดเริ่มต้นเมื่อแบคทีเรียสร้างกรดข้างต้นหมักสารอินทรีย์และเปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย ขั้นตอนที่ 3 เป็นการสร้างมีเทนโดยที่แบคทีเรียอีกชนิดหนึ่ง คือ แบคทีเรียสร้างมีเทนเพื่อย่อยสลายกรดอินทรีย์

ภาพที่ 3.9 การวางท่อของระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)
ที่มา: สำนักงานการน้ำเสียสาขาอุดรธานี, 2559

2. บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) เป็นบ่อปรับความเหมาะสมน้ำเสียที่อยู่ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง ช่วยรักษาน้ำผิวบนของบ่อให้มีค่าออกซิเจนที่มากกว่าบ่อแอนแอโรบิค ในส่วนของสาหร่ายและออกซิเจนละลายน้ำจะลดลงตามความลึกของบ่อ เมื่อบ่อมีความลึกระดับหนึ่งจะมีสภาวะไร้ออกซิเจน จึงทำให้ส่วนล่างของบ่อมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน

3. บ่อบ่ม (Maturation Pond) เพื่อกำจัดเชื้อโรคมากกว่ากำจัดบีโอดี มักใช้สำหรับคุณภาพน้ำทิ้งต่อจากบ่อบำบัดต่างๆ ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณสาหร่ายได้ บ่อบ่มมีลักษณ์คล้ายกับบ่อแฟคัลเททีฟแต่ภายในบ่อมีโอซิเจนมากกว่าทั้งบ่อ ในบางกรณีบ่อแฟคัลเททีฟหลายบ่อต่อกันแบบเรียงต่อกัน เพื่อประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย

3.3 นโยบายด้านผังเมือง

3.3.1 นโยบายการการพัฒนาเมือง

3.3.1.1 แผนพัฒนาจังหวัดอุดรธานี พ.ศ.2557 - 2560

แผนพัฒนาของจังหวัดอุดรธานี มีวิสัยทัศน์การพัฒนา คือ “เมืองน่าอยู่ ศูนย์กลางอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง” โดยมีประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาทั้งหมด 6 ข้อ ดังนี้ (1) การสร้างความเข้มแข็งในสังคม เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมและเทคโนโลยี (2) การพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรให้ได้มาตรฐานในรูปแบบเกษตรปลอดภัย (3) การพัฒนาศักยภาพการค้าการลงทุนเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน (4) การพัฒนาการท่องเที่ยว การบริการ และการส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมประเพณีท้องถิ่น (5) การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน และ (6) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการบริหารจัดการภาครัฐ

จากแผนพัฒนาจังหวัดอุดรธานี มุ่งพัฒนาด้านเศรษฐกิจของจังหวัด ด้วยการสนับสนุนด้านสาขาต่างๆที่มีประสิทธิภาพของจังหวัดอุดรธานีทั้งด้านการท่องเที่ยว การผลิต การบริการ ควบคู่ไปกับการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติที่ยั่งยืน สนับสนุนให้จังหวัดอุดรธานีเป็นศูนย์กลางการพัฒนาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนและภาคลุ่มน้ำโขง

3.3.1.2 แผนพัฒนาเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2559 - 2561

การพัฒนาของแผนเทศบาลนครอุดรธานี มีวิสัยทัศน์คือ “เทศบาลนครอุดรธานี ศูนย์กลางการพัฒนา เมืองน่าอยู่ธรรมาภิบาล บริการอย่างมีคุณภาพ เสริมสร้างสมานฉันท์” โดยมีประเด็นการพัฒนาตามยุทธศาสตร์ทั้งหมด 8 ข้อ ซึ่งแต่ละยุทธศาสตร์เพื่อสนับสนุนการพัฒนาเมือง ดังต่อไปนี้ (สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี, 2558) (1) ด้านสาธารณูปโภค สาธารณูปการ การจราจร และการขนส่ง ที่สนับสนุนการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะทางถนน และจุดเปลี่ยนถ่ายการเดินทาง ให้มีความสะดวก ความปลอดภัย และความเป็นระเบียบเรียบร้อย (2) ด้านการผังเมือง การใช้ที่ดินและการจัดการสิ่งแวดล้อม มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพและประสิทธิภาพของการจัดการน้ำเสีย การป้องกันน้ำท่วม ร่วมทั้งการพัฒนาด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ เน้นการพัฒนาเมืองด้วยการส่งเสริมภูมิทัศน์ พื้นที่สีเขียว อาคารทางประวัติศาสตร์ เพิ่มคุณภาพด้านกายภาพและสิ่งแวดล้อม (3) ด้านเมืองอยู่ดีมีสุขและการพัฒนาคุณภาพชีวิต ส่งเสริมด้านสุขภาพของประชาชน เพิ่มคุณภาพด้านศูนย์บริการสาธารณสุข ศูนย์สุขภาพชุมชน ระบบเครือข่ายและหลักประกันด้านสุขภาพ สร้างความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน มุ่งเน้นยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน (4) ด้านส่งเสริมเศรษฐกิจการค้าการลงทุน และการท่องเที่ยว ส่งเสริมการค้า การลงทุนที่ก้าวหน้าในระดับภูมิภาค พัฒนากลุ่มอาชีพเพื่อส่งเสริมการส่งออกของสินค้า เพิ่มรายได้ครัวเรือน (5) ด้านการศึกษา กีฬาและนันทนาการ มุ่งเน้นในการพัฒนาการศึกษาของเยาวชนด้วยการสนับสนุนทุนการศึกษา กิจกรรมต่างๆ ที่ส่งเสริมองค์ความรู้ของเยาวชน รวมทั้งสร้างจิตสำนึก ระเบียบวินัยแก่ประชาชน (6) ด้านการสร้างสมานฉันท์และส่งเสริมสันติสุข เสริมสร้างความสามัคคีในชุมชนและส่งเสริมการอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข (7) ด้านเมืองวัฒนธรรม ส่งเสริมการเผยแพร่และถ่ายทอดให้เด็ก เยาวชน ประชาชนในท้องถิ่น เพื่อให้เกิดความรักและหวงแหนในศิลปวัฒนธรรม จารีตประเพณี และภูมิปัญญาท้องถิ่น (8) ด้านเมืองธรรมาภิบาล ส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนรวมในการพัฒนาบ้านเมืองแก่ประชาชนทุกกลุ่ม ด้วยการสนับสนุนการทำกิจกรรมระหว่างภาครัฐและภาคประชาชน

จากแผนพัฒนาเมืองของแผนพัฒนาเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2559 – 2561 โดยสรุปเน้นให้เกิดการพัฒนาประชากรในด้านการศึกษา การมีส่วนรวมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่น ปรับปรุงและพัฒนาระบบสาธารณูปโภคสาธารณูปการให้ได้มาตรฐานและเพียงพอต่อความต้องการ

3.3.2 ข้อจำกัดในการพัฒนาด้านผังเมือง

การพัฒนาเมืองของจังหวัดอุดรธานีที่มุ่งเน้นพัฒนาเพียงแต่ด้านเศรษฐกิจของจังหวัด อาจจะส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสิ่งแวดล้อมเหล่านั้นอาจจะย้อนกลับมาส่งผลต่อการพัฒนาเมืองที่ไม่มีประสิทธิภาพ ควรมีการจัดการด้านทรัพยากรโดยเฉพาะด้านน้ำต้องมีการบริการจัดการที่ดี เพราะจังหวัดอุดรธานีประสบปัญหาทั้งด้านน้ำท่วมขังและน้ำแล้งหรือน้ำขาดแคลน นอกจากนั้นใน

แผนพัฒนาเมืองของเทศบาลนครอุดรธานี ในด้านการกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสม การจัดทำกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันไม่ตรงกับความเป็นจริงในพื้นที่ (นิจ ตันติศิรินทร์, 2559) กล่าวคือ ยังมีพื้นที่ที่กำหนดให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อยทางทิศเหนือของพื้นที่ ในความเป็นจริงพื้นที่ที่มีการกำหนดดังกล่าวมีความหนาแน่นของที่อยู่ค่อนข้างมาก และการตั้งถิ่นฐานของอาคารบ้านเรือนที่ไม่เหมาะสม ที่ขวางทางน้ำผ่านในทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นบริเวณที่ทางระบายน้ำออกจากพื้นที่ ทำให้ประสบปัญหาน้ำท่วมเกือบทุกปี อีกทั้งเกิดความล่าช้าในการจัดทำด้านการวางผังเมืองรวมเมือง เพราะมีการถ่ายโอนจากส่วนภูมิภาคให้แก่ท้องถิ่น แต่ด้วยขาดงบประมาณสนับสนุนด้านบุคลากร ทำให้การประสานงานและการเดินเดินการล่าช้าไม่ล่าช้า

3.4 นโยบายด้านการจัดการน้ำ

3.4.1 นโยบายการพัฒนาด้านการจัดการน้ำ

3.4.1.1 การประปาส่วนภูมิภาค

การบริหารจัดการน้ำประปาส่วนภูมิภาคเขต 7 เป็นหน่วยงานที่ดูแลการประปาเขตจังหวัด 6 จังหวัด ได้แก่ อุดรธานี เลย หนองคาย สกลนคร นครพนม และหนองบัวลำภู วิสัยทัศน์ในการพัฒนาของการประปาส่วนภูมิภาค คือ “ผู้ใช้น้ำประทับใจในคุณภาพและบริการที่เป็นเลิศ” เป็นหน่วยงานที่ให้บริการน้ำประปาตามนโยบายของรัฐบาล โดยคำนึงถึงประโยชน์ของรัฐและสุขอนามัยของประชาชนเป็นสำคัญ พันธกิจหลักของ การประปาส่วนภูมิภาค มี 5 ประการ ได้แก่ (1) ผลิตจ่ายน้ำที่มีคุณภาพ (2) พัฒนาระบบผลิตและจ่ายน้ำให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล (3) เสริมสร้างการให้บริการโดยยึดลูกค้าเป็นศูนย์กลาง (4) พัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการ และ (5) พัฒนาบุคลากรให้มีศักยภาพเพื่อตอบสนองความต้องการขององค์กร

จากการบริหารจัดการน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค มุ่งเน้นการตรวจสอบดูแลจัดการเพื่อพัฒนาและแก้ไขปัญหาของแหล่งน้ำดิบ รวมถึงขั้นตอนของการผลิต การขนส่ง ที่ต้องการให้การบริการน้ำประปาสามารถบิการได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ (การประปาส่วนภูมิภาค, 2559)

3.4.1.2 เทศบาลนครอุดรธานี

สำหรับแผนพัฒนาด้านการจัดการน้ำหรือการประปาในแผนพัฒนาเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2559 – 2561 มีแนวทางการพัฒนาในด้านนี้โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงและพัฒนาระบบสาธารณูปโภค สาธารณูปการ ให้ได้มาตรฐานและเพียงพอต่อความต้องการของประชาชน มีศักยภาพในการรองรับกิจกรรมทางเศรษฐกิจรวมถึง การวางระบบผังเมืองในอนาคต ซึ่งอยู่ในประเด็นการพัฒนาของยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการผังเมือง การใช้ที่ดินและการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยการเพิ่ม

ประสิทธิภาพของการระบายน้ำ การป้องกันน้ำท่วม ร่วมทั้งการรวบรวมน้ำเสียและตรวจสอบเรื่องคุณภาพ

3.4.2 ข้อจำกัดในด้านการจัดการน้ำ

แผนการบริหารจัดน้ำมักจะอยู่กับของหน่วยงานส่วนกลาง ส่วนใหญ่กล่าวถึงการบริการและการผลิตน้ำประปา ยังไม่ได้มีการกล่าวถึงประเด็นของการจัดการน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำขาดแคลน ส่วนการพัฒนาด้านการจัดการน้ำของแผนพัฒนาเทศบาลนครอุดรธานี มีเพียงประเด็นการการจัดการน้ำ มุ่งเน้นที่การเพิ่มประสิทธิภาพการบริการด้านการระบายน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วม และการทำน้ำ คลอง แม่น้ำ ให้สะอาดเท่านั้น อีกทั้งด้านการวางแผนเพื่อพัฒนาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี ขาดความร่วมมือในการจัดหาแหล่งน้ำ เพื่อการประปาแหล่งใหม่ๆ (นิจ ตันติศิรินทร์, 2559) ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาแหล่งน้ำอื่นมาเพื่อรองรับการใช้น้ำประปาในอนาคต

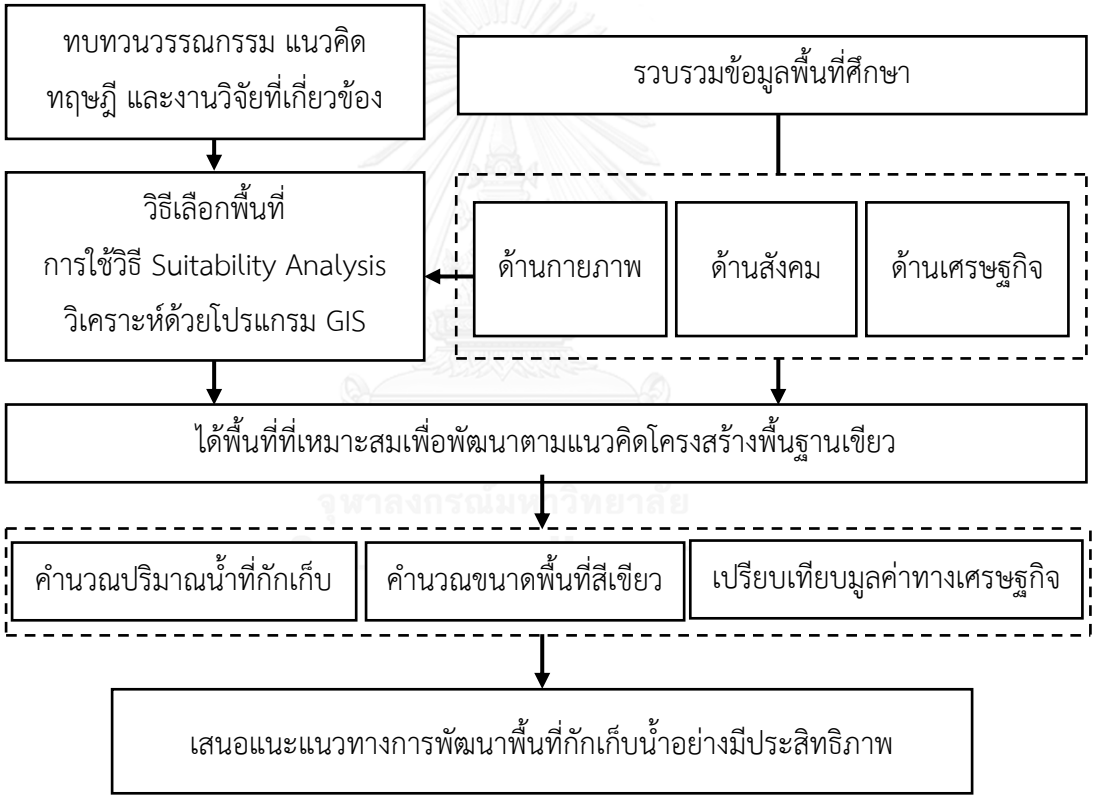
จากการศึกษาด้านข้อจำกัดของการจัดการน้ำ สรุปได้ว่าการบริหารจัดการน้ำขาดทางด้านความต่อเนื่องของแผนพัฒนา ทั้งในการจัดการน้ำท่วมและการขาดแคลนน้ำ รวมทั้งในแผนยุทธศาสตร์ของจังหวัด ที่มุ่งเน้นเพียงด้านสิ่งแวดล้อม แต่ยังไม่พบข้อมูลด้านข้อมูลการคาดการณ์สถานการณ์น้ำท่วมหรือขาดแคลนน้ำในอนาคต ที่มีความสำคัญสำหรับการวางแผนเมือง ที่สำคัญของการวางแผนพัฒนาเมืองคือการร่วมมือกันของทุกภาคส่วน แต่พบว่ายังขาดความร่วมมือในการพัฒนาและการวางแผนของบริการสาธารณะที่สำคัญของเมือง ทั้งในด้านการจัดการน้ำประปา การจัดการน้ำเสีย และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่เป็นประเด็นสำคัญของการจัดการพื้นที่เมือง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาพื้นที่ด้วยการประยุกต์ใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว เพื่อส่งเสริมการพัฒนาพื้นที่ที่แก้ไขปัญหาน้ำขาดแคลนหรือน้ำไม่เพียงพอ โดยจะศึกษาถึงวิธีการหรือรูปแบบการพัฒนาพื้นที่ตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว ดังนั้นเพื่อให้สามารถดำเนินการศึกษาวิจัยหาพื้นที่ที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิ์ภาพ จึงกำหนดกรอบการวิจัยและขั้นตอนของการศึกษาวิจัย ดังต่อไปนี้

4.1 กรอบการวิจัย



ภาพที่ 4.1 กรอบการวิจัย

จากภาพที่ 4.1 แสดงกรอบการวิจัยซึ่งจะมีขั้นตอนของการดำเนินการศึกษา 6 ขั้นตอนหลัก เพื่อได้พื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาแก้ไขปัญหาน้ำคลาดแคลนหรือน้ำไม่เพียงพอในเขตเทศบาลนครอุดรธานี โดยมีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. วิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมด้วยวิธีนำมาประยุกต์ใช้ในการหาพื้นที่ที่เหมาะสม (Suitability Analysis) และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสาระสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) จากข้อมูลด้านกายภาพ

3. วิเคราะห์ด้านศักยภาพของพื้นที่จากข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยด้านสังคมศึกษาด้านแผนพัฒนาจากหน่วยงานจัดการน้ำที่เกี่ยวข้อง และด้านเศรษฐกิจจะเป็นด้านมูลค่าของน้ำในพื้นที่ศึกษา

4. วิเคราะห์พื้นที่เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมและเลือกพื้นที่ที่จะนำมาพัฒนาตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว

5. เมื่อได้พื้นที่ที่เหมาะสมจึงจะเสนอแนะแนวทางการพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำน้ำไม่เพียงพอ โดยส่งเสริมทั้งการส่งเสริมพื้นที่ให้เป็นแหล่งเก็บน้ำสำรองและเพิ่มพื้นที่สีเขียว

6. คำนวณพื้นที่เพื่อเปรียบเทียบการเสนอแนะการพัฒนาพื้นที่ก่อนและหลัง 3 ประเภท คือ (1) ปริมาณน้ำที่สามารถกักเก็บได้ (2) คำนวณขนาดพื้นที่สีเขียว และ (3) เปรียบเทียบมูลค่าทางเศรษฐกิจเพื่อเปรียบเทียบมูลค่าจากการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาพื้นที่

จากกรอบการวิจัยที่กำหนดขั้นตอนการศึกษาเพื่อให้หาพื้นที่ที่เหมาะสมในขั้นตอนต่างๆข้างต้น ซึ่งมีขั้นตอนที่ต้องให้ความสำคัญมากที่สุด คือ ขั้นตอนของการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมด้วยข้อมูลด้านกายภาพเพราะมีขั้นตอนย่อยหลายขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่ได้ดังนี้

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่

การวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว เพื่อให้การวิเคราะห์มีประสิทธิ์ภาพ จึงต้องศึกษากระบวนการพัฒนาพื้นที่จากการนำแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ต่างๆ ทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย ซึ่งพบว่าสามารถนำแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวไปปรับใช้ได้ทั้งในการรักษาคุณภาพของน้ำและปรับปรุงสภาพแวดล้อม และเพื่อนำมาปรับใช้ในทั้งกระบวนการวิเคราะห์และการพัฒนาพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมในงานวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่ 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (สุธี อนันต์สุขสมศรี, 2558)

1. การเลือกปัจจัยและเกณฑ์พิจารณา

2. การกำหนดค่า เป็นขั้นตอนของการแปลงค่าความสามารถของพื้นที่แทนค่าด้วยตัวเลขเพื่อให้สามารถวิเคราะห์พื้นที่ใน GIS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนของการกำหนดค่า 2 ขั้นตอนย่อย คือ (1) การถ่วงน้ำหนักปัจจัย และ (2) การกำหนดค่าคะแนนเกณฑ์พิจารณา

3. การจัดทำแผนที่

4. การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสม

4.2.1 การเลือกปัจจัยและเกณฑ์พิจารณา

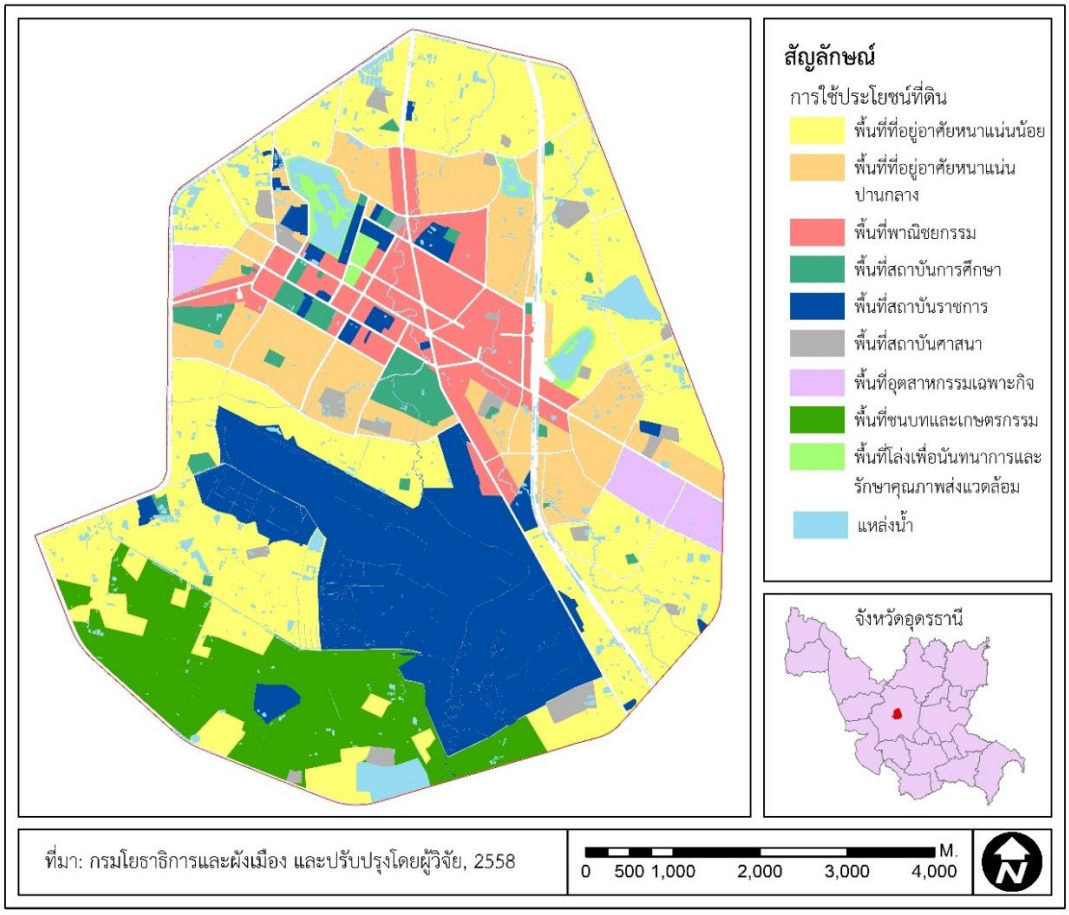
ปัจจัยที่นำมาใช้วิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมจะเป็นปัจจัยด้านกายภาพของพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี โดยการเลือกปัจจัยที่มาวิเคราะห์ จะแบ่งกลุ่มปัจจัยออกเป็น 3 กลุ่ม ตามองค์ประกอบของแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว ซึ่งประกอบด้วย (1) พื้นที่หลัก (Hub) (2) พื้นที่ตั้ง (Site) และ (3) พื้นที่เชื่อมต่อ (Link) โดยในแต่ละองค์ประกอบจะใช้จำนวนปัจจัยที่ไม่เท่ากันตามความเหมาะสมของลักษณะองค์ประกอบแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว โดยมีรายละเอียดปัจจัยของแต่ละองค์ประกอบดังนี้

4.2.1.1 ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub)

พื้นที่หลักของแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว ที่เป็นพื้นที่ส่งเสริมการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อม พื้นที่ธรรมชาติ พื้นที่แหล่งน้ำ สนับสนุนให้ระบบนิเวศยังคงดำรงอยู่อย่างยั่งยืน เน้นการรักษาพื้นที่แหล่งน้ำเพื่อสามารถนำน้ำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิ์ภาพ (Benedict, 2001) โดยคำนึงถึงสภาพของพื้นที่ปัจจุบัน รวมทั้งพื้นที่สำคัญในการรักษาระบบนิเวศ เช่น แหล่งน้ำ พื้นที่ทางประวัติศาสตร์ ในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดให้มีปัจจัยสำหรับการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก (Hub) ทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่

1. การใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นปัจจัยเพื่อศึกษารูปแบบของการใช้ที่ดินในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเชื่อมโยงกับความสามารถในการดำเนินการจัดการพัฒนาปรับปรุงพื้นที่ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน ซึ่งการแบ่งเกณฑ์พิจารณาจะแบ่งตามเกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ. 2549 โดยมีรายละเอียดเกณฑ์พิจารณาปัจจัยของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนี้ (ภาพที่ 4.2)

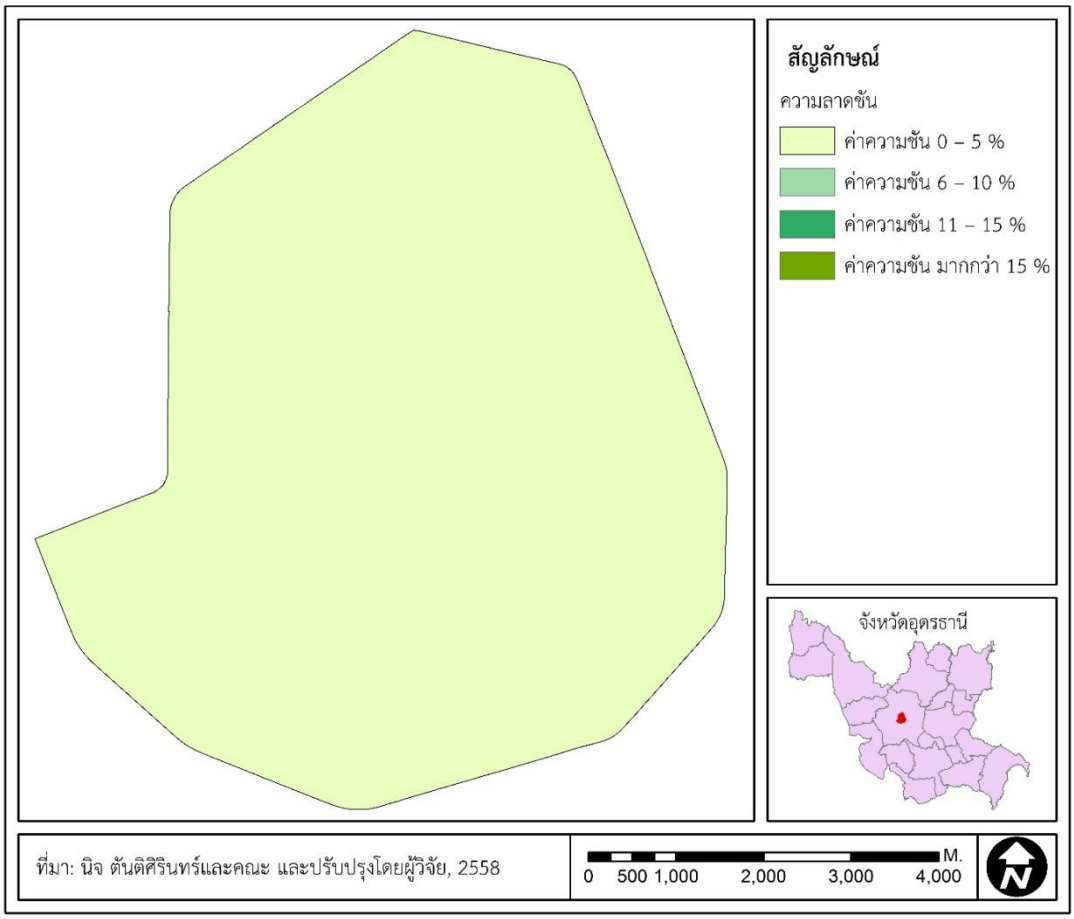
- ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย
- ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง
- ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม
- ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ
- ที่ดินประเภทสถาบันราชการ
- ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา
- ที่ดินประเภทสถาบันศาสนา
- ที่ดินประเภทที่ชนบทและเกษตรกรรม
- ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 4.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน เทศบาลนครอุดรธานี

2. ความลาดชัน มีความสำคัญในการหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการพัฒนาปรับปรุงพื้นที่ หรือสิ่งปลูกสร้างของเมือง โดยการแบ่งเกณฑ์พิจารณาระดับความชันจะแบ่งตามความเหมาะสมในการพัฒนาพื้นที่ ซึ่งระดับความลาดชันที่ต่ำกว่า 5 จะมีความเหมาะสมที่สุดในการพัฒนาพื้นที่เปิดโล่ง แต่ถ้าความลาดชันมากกว่า 15 จะไม่เหมาะแก่พัฒนาพื้นที่หรือดำเนินการสร้างโครงสร้างของเมือง (พรภัทร อธิวิทวัส, 2549) ดังนั้นจึงตั้งเกณฑ์พิจารณาเป็น 3 ช่วงที่อยู่ระกว่าง ค่าความชันที่เหมาะสมตามความสามารถในการพัฒนาปรังปรุงพื้นที่ โดยมีรายละเอียดเกณฑ์พิจารณาปัจจัยของความลาดชันดังนี้ (ภาพที่ 4.3)

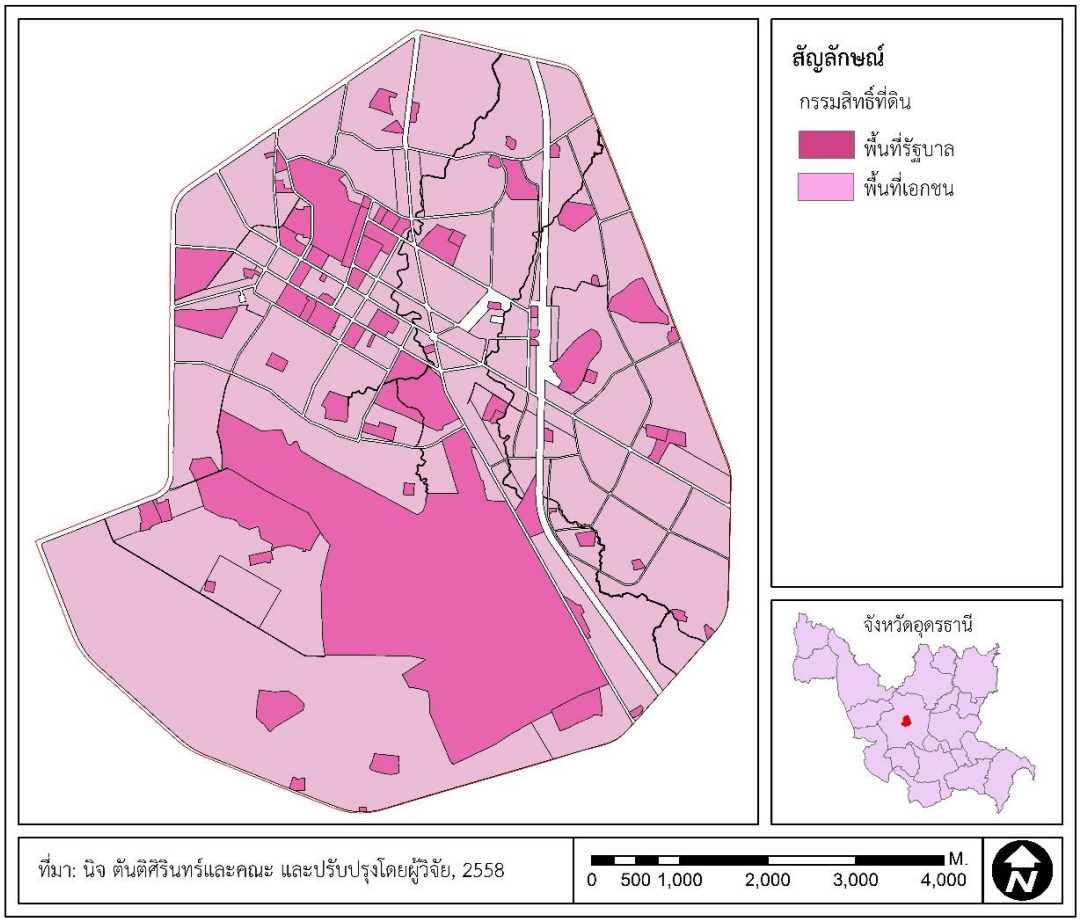
- ค่าความชัน 0 – 5 %
- ค่าความชัน 6 – 10 %
- ค่าความชัน 11 – 15 %



ภาพที่ 4.3 ความลาดชัน เทศบาลนครอุดรธานี

3. กรรมสิทธิ์ที่ดิน การดำเนินการพัฒนาปรับปรุงพื้นที่ต้องพิจารณาถึงเจ้าของที่ดิน เพราะมีผลต่อการดำเนินการปรับปรุงพื้นที่ หรืออาจจะสามารถประสานงานขอความร่วมมือการปรังปรุงหรือพัฒนาพื้นที่ได้อย่างราบรื่น ดังนั้นเกณฑ์การพิจารณาของด้านกรรมสิทธิ์ที่ดินได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ประเภท คือ ที่ดินของรัฐ และที่ดินของเอกชน (วสันต์ คงจันทร์, 2559) โดยมีเกณฑ์พิจารณาปัจจัยกรรมสิทธิ์ที่ดิน ดังนี้ (ภาพที่ 4.4)

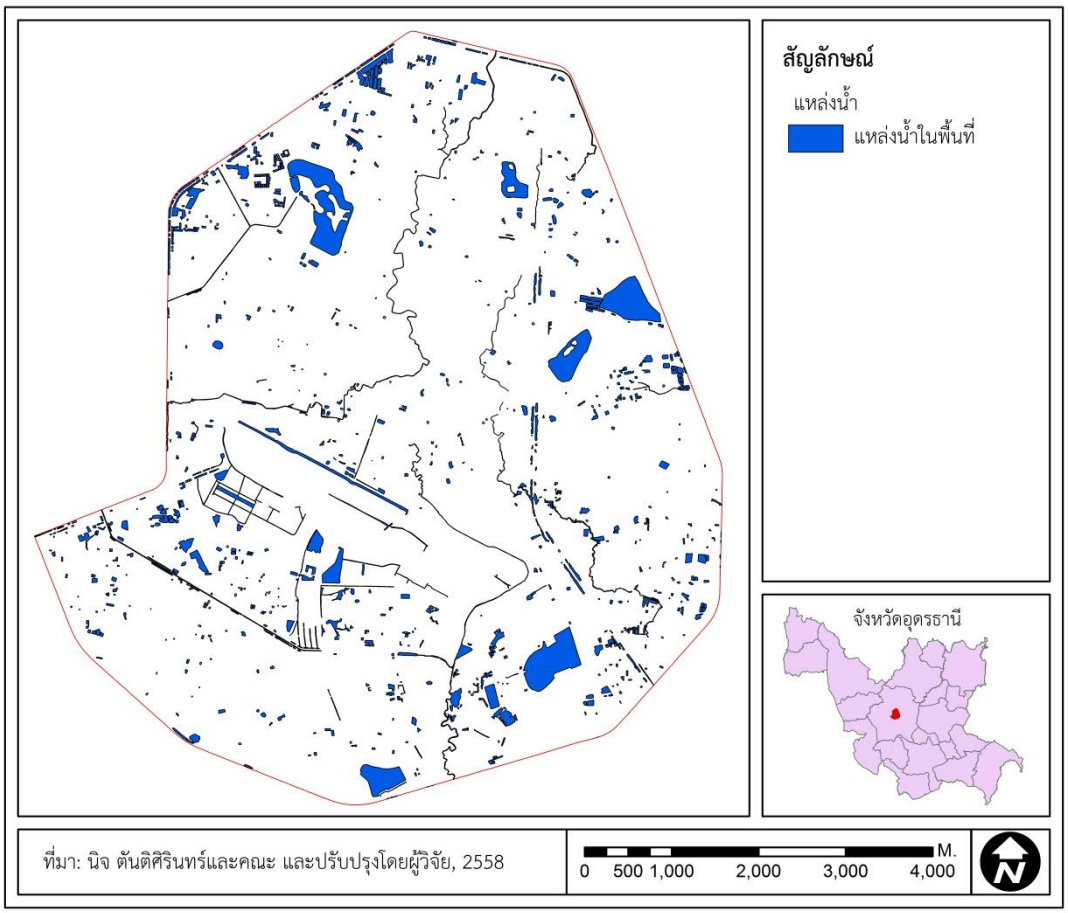
- พื้นที่ของรัฐบาล
- พื้นที่เอกชน



ภาพที่ 4.4 กรรมสิทธิ์ที่ดิน เทศบาลนครอุดรธานี

4. แหล่งน้ำ พื้นที่แหล่งน้ำที่มีพื้นที่จะแบ่งเกณฑ์พิจารณาตามขนาดจริงของแหล่งน้ำ ด้วยการเรียงขนาดใหญ่สุดไปขนาดเล็กสุดและคะแนนตามขนาดจริงของพื้นที่ (ภาพที่ 4.5)

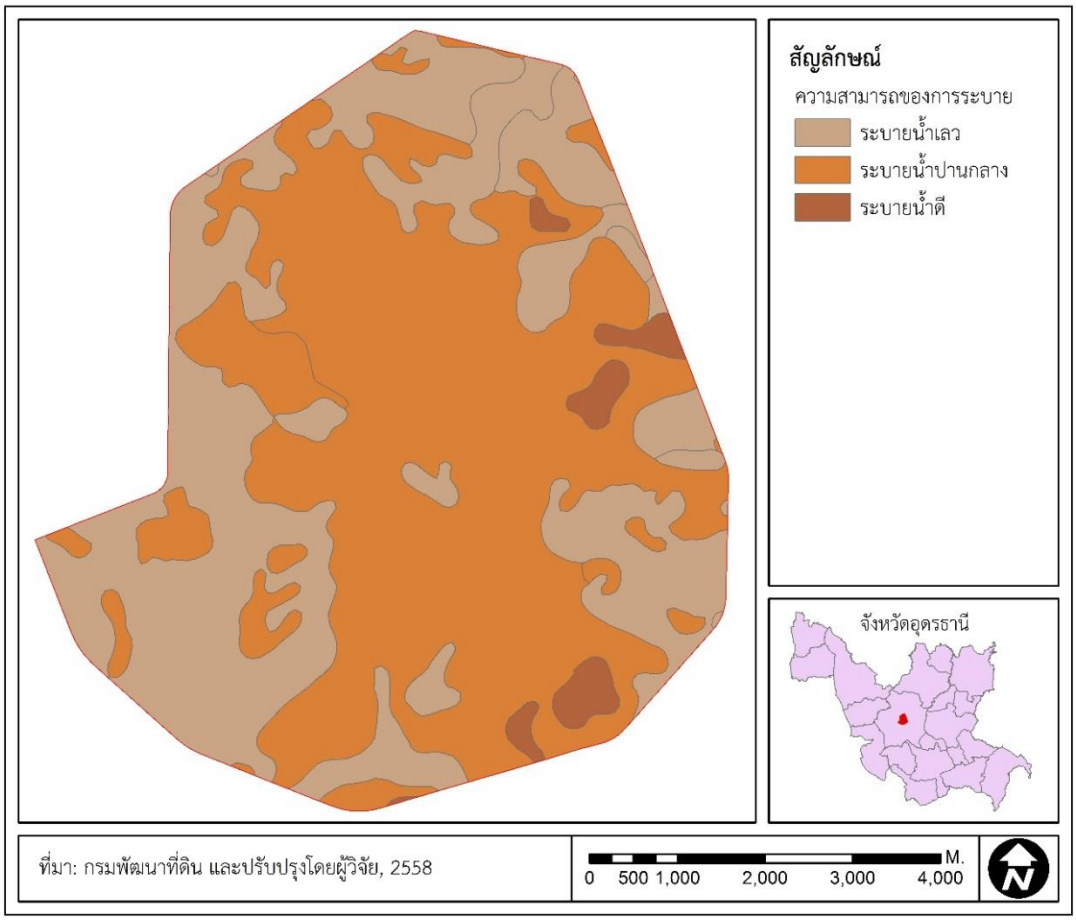
- แหล่งน้ำใหญ่สุด ขนาด 311,400 ตารางเมตร
- แหล่งน้ำเล็กสุด ขนาด 21 ตารางเมตร



ภาพที่ 4.5 แหล่งน้ำ เทศบาลนครอุดรธานี

5. การระบายน้ำของดิน เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการระบายน้ำของดิน และประเภทของดินที่สามารถซึมซับน้ำได้มากหรือน้อย เพื่อส่งเสริมในการกักเก็บน้ำและการลดการไหลบ่าของน้ำในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับความสามารถในการกักเก็บน้ำของพื้นที่ ช่วยส่งเสริมน้ำให้ไหลเข้าสู่ระบบนิเวศ โดยใช้ของมูลของชุดดินเพื่อใช้อธิบายความสามารถในการระบายน้ำ แบ่งเกณฑ์พิจารณาได้ 3 ระดับ คือการระบายน้ำดี การระบายน้ำปานกลาง และการระบายน้ำเลว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) ดังนี้ (ภาพที่ 4.6)

- ระบายน้ำได้ดี
- ระบายน้ำได้ปานกลาง
- ระบายน้ำได้เลว



ภาพที่ 4.6 การระบายน้ำของดิน เทศบาลนครอุดรธานี

4.2.1.2 ปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site)

พื้นที่ตั้งเป็นพื้นที่ซึมซับน้ำหรือพื้นที่ประเภทพื้นที่สวนสาธารณะ พื้นที่ว่างหรือพื้นที่สีเขียวขนาดเล็กที่ส่งเสริมการเพิ่มของน้ำใต้ดิน จึงต้องเป็นพื้นที่ที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำผิวดินได้ เป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาน้ำท่วมขังและแก้ไขปัญหาน้ำขาดแคลนได้ จึงได้กำหนดให้พื้นที่ตั้ง (Site) มีปัจจัยสำหรับการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่

1. การใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งการแบ่งเกณฑ์พิจารณาจะแบ่งตามเกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ. 2549 (ภาพที่ 4.2) โดยมีรายละเอียดเกณฑ์พิจารณาปัจจัยเหมือนในพื้นที่หลัก (Hub) ดังนี้

- ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย
- ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง
- ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม
- ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ

- ที่ดินประเภทสถาบันราชการ
- ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา
- ที่ดินประเภทสถาบันศาสนา
- ที่ดินประเภทที่พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม
- ที่ดินประเภทที่พื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

2. กรรมสิทธิ์ที่ดิน มีการพิจารณาของด้านกรรมสิทธิ์ที่ดินจึงจะใช้ค่าคะแนนเหมือนกัน โดยได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ประเภท คือ ที่ดินของรัฐ และที่ดินของเอกชน (วสันต์ คงจันทร์, 2559) (ภาพที่4.4) โดยมีเกณฑ์พิจารณาปัจจัยกรรมสิทธิ์ที่ดิน ดังนี้

- พื้นที่ของรัฐบาล
- พื้นที่เอกชน

3. ความลาดชัน เป็นปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ในการพิจารณาพื้นที่เพื่อพัฒนาปรับปรุง หรือสร้างสิ่งปลูกสร้างของเมือง ซึ่งการวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับพื้นที่ตั้ง (Site) โดยการแบ่งเกณฑ์พิจารณาระดับความชันจะแบ่งตามความเหมาะสมในการพัฒนาพื้นที่ ให้ระดับความลาดชันที่ต่ำกว่า 5 จะมีความเหมาะสมที่สุด แต่ถ้าความลาดชันมากกว่า 16 จะไม่เหมาะแก่พัฒนาพื้นที่หรือดำเนินการสร้างโครงสร้างของเมือง (พรภัทร อธิวิทวัส, 2549) จึงตั้งเกณฑ์พิจารณาเช่นเดียวกับพื้นที่หลัก (Hub) (ภาพที่ 4.3) โดยมีรายละเอียดเกณฑ์พิจารณาปัจจัยของความลาดชัน ดังนี้

- ค่าความชัน 0 – 5 %
- ค่าความชัน 6 – 10 %
- ค่าความชัน 11 – 15 %

4. การระบายน้ำของดิน เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการระบายน้ำของดิน และประเภทของดินที่สามารถซึมซับน้ำได้มากหรือน้อย เพื่อส่งเสริมในการซึมซับน้ำและลดค่าการไหลบ่าของน้ำในพื้นที่ศึกษา มีความเชื่อมโยงกับความสามารถในการระบายน้ำของดินในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมน้ำให้ไหลเข้าสู่ระบบนิเวศ จึงใช้ปัจจัยของการระบายน้ำของดิน เพื่อพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมดังกล่าว ใช้ข้อมูลชุดดินเพื่อแบ่งระดับการระบายน้ำ โดยแบ่งระดับการระบายน้ำเป็น 3 ระดับ (กรมพัฒนาที่ดิน , 2558) เช่นเดียวกับพื้นที่หลัก (Hub) (ภาพที่ 4.6) โดยมีรายละเอียดเกณฑ์พิจารณาปัจจัยของการระบายน้ำ ดังนี้

- ระบายน้ำได้ดี
- ระบายน้ำได้ปานกลาง
- ระบายน้ำได้เลว

4.2.1.3 ปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

พื้นที่ที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ดีเช่นเดียวกันกับพื้นที่ตั้ง (Site) โดยพื้นที่เชื่อมต่อจะเป็นเส้นทางเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่หลักและพื้นที่ตั้ง ด้วยเส้นทางการสัญจรที่มีการส่งเสริมให้รักษาสภาพแวดล้อม หรือเป็นพื้นที่ที่ส่งเสริมการไหลของน้ำไปสู่แหล่งกักเก็บน้ำ ที่เป็นเส้นทางสัญจรและเส้นทางท่อน้ำที่ส่งน้ำเข้าสู่พื้นที่แหล่งน้ำ โดยมีการใช้พืชพรรณช่วยกรองสิ่งปนเปื้อนในน้ำก่อนจะเข้าสู่แหล่งน้ำ (นิคม บุญญานุสิทธิ์, 2558) ดังนั้นจึงมีการกำหนดให้มีปัจจัยสำหรับการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่ (Site) ทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่

1. การใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นปัจจัยเพื่อศึกษารูปแบบของการใช้ที่ดินในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน ซึ่งการแบ่งเกณฑ์พิจารณาจะแบ่งตามเกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ.2549 เช่นเดียวกับองค์ประกอบ 2 องค์ประกอบข้างต้น (ภาพที่ 4.2) โดยมีรายละเอียดเกณฑ์พิจารณาปัจจัยของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนี้

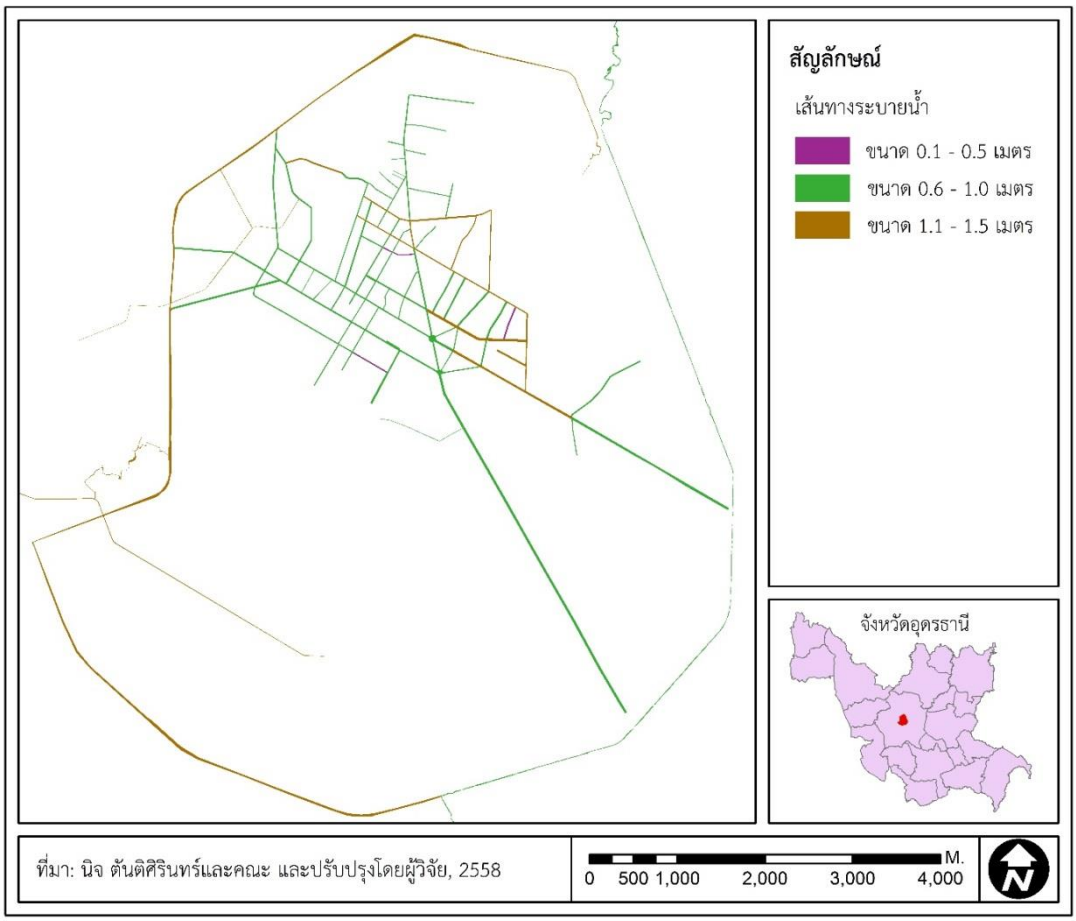
- ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย
- ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง
- ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม
- ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ
- ที่ดินประเภทสถาบันราชการ
- ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา
- ที่ดินประเภทสถาบันศาสนา
- ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม
- ที่ดินประเภทเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

2. กรรมสิทธิ์ที่ดิน เพื่อการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่จะนำมาดำเนินการพัฒนาปรับปรุงพื้นที่ จึงต้องพิจารณาถึงเจ้าของที่ดิน เพราะมีผลต่อการดำเนินการปรับปรุงพื้นที่ หรืออาจจะสามารถประสานงานขอความร่วมมือการปรังปรุงหรือพัฒนาพื้นที่ได้อย่างราบรื่น ดังนั้นเกณฑ์การพิจารณาของด้านกรรมสิทธิ์ที่ดินได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ประเภท คือ ที่ดินของรัฐ และที่ดินของเอกชน (วสันต์ คงจันทร์, 2559) โดยมีเกณฑ์พิจารณาปัจจัยกรรมสิทธิ์ที่ดินดังนี้ (ภาพที่ 4.4)

- พื้นที่ของรัฐบาล
- พื้นที่เอกชน

3. คลองระบายน้ำ ถ้ามีทางรองรับน้ำที่จะไหลไปสู่แหล่งพื้นที่กักเก็บน้ำ เช่น ลำธาร คลอง ทางระบายน้ำ ภายในพื้นที่ศึกษา จะสามารถส่งเสริมสร้างทางเชื่อมโยงพื้นที่กักเก็บน้ำได้มากขึ้น จึงตั้งเกณฑ์พิจารณาปัจจัยของคลองระบาย โดยแบ่งขนาดทางระบายน้ำที่เล็กสุดคือ ไม่น้อยกว่า 0.3 เมตร (กรมส่งเสริมการปกคลองท้องถิ่น, 2559) และด้วยความกว้างของคลองระบายน้ำภายในเทศบาลนครอุดรธานี มีความกว้าที่สุดขนาดประมาน 1.5 เมตร จึงใช้ช่วง 0.3 – 1.5 เมตร ออกเป็น 3 ช่วง มาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา (ภาพที่ 4.7) ดังนี้

- ขนาด 0.4 – 0.7 เมตร
- ขนาด 0.8 – 1.1 เมตร
- ขนาด 1.2 – 1.5 เมตร



ภาพที่ 4.7 เส้นทางระบายน้ำ

4. การระบายน้ำของดิน เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการระบายน้ำของดิน และประเภทของดินที่สามารถซึมซับน้ำได้มากหรือน้อย หรือพื้นที่ดูดซึมน้ำได้ดีที่เป็นเส้นทางเชื่อมระหว่างพื้นที่หลักและพื้นที่ตั้ง ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับความสามารถในการระบายน้ำของดินในพื้นที่ แบ่งการระบายน้ำ

ของดินตามระดับความสามารถในการบายน้ำตามกรมพัฒนาที่ดิน (2548) โดยมีรายละเอียดเกณฑ์พิจารณาปัจจัยของการระบายน้ำ ดังนี้ (ภาพที่ 4.6)

- ระบายน้ำได้ดี
- ระบายน้ำได้ปานกลาง
- ระบายน้ำได้เลว

4.2.2 การกำหนดค่า

การประเมินของการวิจัยครั้งนี้ ใช้การพิจารณาปัจจัยต่างๆ ข้างต้น โดยจะแยกพิจารณาเป็น 3 กลุ่ม ตามองค์ประกอบของแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว โดยปัจจัยที่เลือกตามความเหมาะสมเพื่อจะนำมาพิจารณาเป็นพื้นที่ของ 3 องค์ประกอบ ใช้หลักการวิเคราะห์พื้นที่ตามแบบการหาพื้นที่ที่เหมาะสม (suitability analysis) โดยการรวมค่าคะแนนของคะแนนของเกณฑ์พิจารณาแต่ละปัจจัยและแต่ละพื้นที่เพื่อหา ซึ่งการคิดคะแนนรวมของการหาพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว มีสมการดังนี้

$$S = W_1R_1 + W_2R_2 + W_3R_3 + \ldots + W_nR_n$$

โดย S คือ ค่าคะแนนรวมศักยภาพของพื้นที่
W คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย
R คือ ค่าคะแนนเกณฑ์พิจารณาของปัจจัย
n คือ จำนวนปัจจัย

ดังนั้น เพื่อการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมได้ตามสมการดังกล่าว จึงต้องมีการกำหนดค่าคะแนน ซึ่งมี 2 ขั้นตอนย่อย คือ การกำหนดค่าถ่วงคะแนนปัจจัย และการให้ค่าคะแนนปัจจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.2.1 การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัย

การกำหนดค่าในขั้นตอนที่1 คือ การถ่วงน้ำหนักปัจจัย ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 3 ด้าน คือ ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 คือ อาจารย์พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำ ผู้เชียวชาญคนที่ 2 คือ คุณวิชา จันทร์กลม ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเมือง และผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 คุณดาวเรือง หากันได้ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการจัดการน้ำ เมื่อสัมภาษณ์และถ่วงน้ำหนักปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว หลังจากนั้นจะเป็นการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก โดยการคำนวณใช้วิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ (Pairwise Comparison) ที่เป็นส่วนหนึ่งของวิธีกระบวนการตัดสินใจเชิงลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process: AHP) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจเลือกปัจจัยที่สำคัญที่สุด โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยทีละคู่ เพื่อให้ง่ายต่อการให้ค่าน้ำหนักว่าปัจจัยใดมีค่าความสำคัญ

มากกว่า โดยการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักปัจจัยจะใช้การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จึงจะได้คะแนนความสำคัญของปัจจัยของทั้ง 3 องค์ประกอบ โดยสามารถสรุปวิธีการคิดค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1. ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub)

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำ จากการสัมภาษณ์และคำนวณตามขั้นตอนวิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ (Pairwise Comparison) ได้สรุปเป็นตารางค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	แหล่งน้ำ	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าถ่วงน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.130	0.077	0.200	0.294	0.200	0.901	0.180
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.652	0.385	0.333	0.294	0.333	1.998	0.400
ความลาดชัน	0.043	0.077	0.067	0.059	0.067	0.313	0.063
แหล่งน้ำ	0.130	0.385	0.333	0.294	0.333	1.476	0.295
การระบายน้ำของดิน	0.043	0.077	0.067	0.059	0.067	0.313	0.063

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ได้ให้ปัจจัยของกรรมสิทธิ์ที่ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัยแหล่งน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความลาดชัน และการระบายน้ำของดิน ตามลำดับ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเมือง จากการสัมภาษณ์และคำนวณตามขั้นตอนการตัดสินใจเชิงลำดับชั้นได้สรุปเป็นตารางค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	แหล่งน้ำ	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.533	0.378	0.370	0.660	0.329	2.271	0.454
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.076	0.054	0.148	0.044	0.013	0.336	0.067
ความลาดชัน	0.107	0.027	0.074	0.044	0.132	0.383	0.077
แหล่งน้ำ	0.178	0.270	0.370	0.220	0.461	1.499	0.300
การระบายน้ำของดิน	0.107	0.270	0.037	0.031	0.066	0.511	0.102

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ได้ให้ปัจจัยของการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด รองลงมาคือ แหล่งน้ำ การระบายน้ำของดิน ความลาดชัน และ กรรมสิทธิ์ที่ดิน ตามลำดับ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ผู้เชียวชาญด้านการจัดการเมือง จากการสัมภาษณ์และคำนวณตามขั้นตอนของวิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ ได้สรุปเป็นตารางค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	แหล่งน้ำ	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.133	0.200	0.112	0.075	0.108	0.629	0.126
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.067	0.100	0.112	0.075	0.032	0.387	0.077
ความลาดชัน	0.400	0.200	0.337	0.377	0.323	1.637	0.327
แหล่งน้ำ	0.267	0.200	0.337	0.377	0.430	1.611	0.322
การระบายน้ำของดิน	0.133	0.300	0.101	0.094	0.108	0.736	0.147

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ให้ปัจจัยของความลาดชันเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด รองลงมาคือ แหล่งน้ำ การระบายน้ำของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และ กรรมสิทธิ์ที่ดิน ตามลำดับ

เมื่อได้ค่าถ่วงน้ำหนักนำไปสู่ขั้นตอนต่อไปคือการเอาค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนมารวมค่าคะแนน และหาค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub

ตารางที่ 4.4 สรุปถ่วงคะแนนปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub)

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	แหล่งน้ำ	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.176	0.296	0.265	0.396	0.200	1.333	0.2666
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.331	0.096	0.233	0.132	0.333	1.126	0.2252
ความลาดชัน	0.207	0.087	0.095	0.132	0.067	0.588	0.1177
แหล่งน้ำ	0.196	0.257	0.350	0.283	0.333	1.419	0.2838
การระบายน้ำของดิน	0.090	0.264	0.057	0.056	0.067	0.533	0.1067

จากตารางที่ 4.4 สามารถสรุปถ่วงคะแนนปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) ที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน เพื่อถ่วงน้ำหนักปัจจัยเพื่อให้ความสำคัญของปัจจัยที่จะนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสม และเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจจะกำหนดให้ค่าคะแนนความเหมาะสมทั้งหมดมี 100 คะแนน ดังนั้นจะสามารถสรุปค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) ได้ดังนี้ ปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด คือ ปัจจัยด้านแหล่งน้ำ 28.4 คะแนน รองลงมาคือ ปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน 26.6 คะแนน ปัจจัยด้านกรรมสิทธิ์ที่ดิน 22.5 คะแนน ปัจจัยด้านความลาดชัน 11.8 คะแนน และปัจจัยด้านการระบายน้ำของดิน 10.7 คะแนน ตามลำดับ

2. ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site)

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำ จากการสัมภาษณ์และคำนวณตามขั้นตอนวิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ (Pairwise Comparison) ได้สรุปเป็นตารางค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.513	0.543	0.308	0.545	1.909	0.477
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.103	0.109	0.385	0.091	0.687	0.172
ความลาดชัน	0.128	0.022	0.077	0.091	0.318	0.079
การระบายน้ำของดิน	0.256	0.326	0.231	0.273	1.086	0.271

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ได้ให้ปัจจัยของการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัยการระบายน้ำของดิน กรรมสิทธิ์ที่ดิน และความลาดชัน ตามลำดับ

ผู้เชียวชาญคนที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเมือง จากการสัมภาษณ์และคำนวณตามขั้นตอนวิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ ได้สรุปเป็นตารางค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.536	0.375	0.429	0.526	1.866	0.466
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.179	0.125	0.143	0.316	0.762	0.191
ความลาดชัน	0.179	0.125	0.143	0.053	0.499	0.125
การระบายน้ำของดิน	0.107	0.375	0.286	0.105	0.873	0.218

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ได้ให้ปัจจัยของการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด รองลงมาคือ การระบายน้ำของดิน กรรมสิทธิ์ที่ดิน และ ความลาดชัน ตามลำดับ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเมือง จากการสัมภาษณ์และคำนวณตามขั้นตอนของวิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ ได้สรุปเป็นตารางค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.207	0.200	0.179	0.324	0.910	0.227
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.103	0.100	0.179	0.027	0.409	0.102
ความลาดชัน	0.621	0.300	0.536	0.541	1.997	0.499
การระบายน้ำของดิน	0.069	0.400	0.107	0.108	0.684	0.171

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ได้ให้ปัจจัยของความลาดชันเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด รองลงมาคือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน การระบายน้ำของดิน และ กรรมสิทธิ์ที่ดิน ตามลำดับ

เมื่อได้สัมภาษณ์และคำนวณค่าถ่วงปัจจัยด้วยวิธีการตัดสินใจเชิงลำดับชั้น (AHP) สามารถสรุปค่าถ่วงคะแนนปัจจัยเฉลี่ยของพื้นที่ตั้ง (Site) ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.8 สรุปถ่วงคะแนนปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site)

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.347	0.368	0.335	0.446	1.496	0.3740
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.119	0.110	0.290	0.160	0.679	0.1698
ความลาดชัน	0.414	0.154	0.137	0.260	0.966	0.2415
การระบายน้ำของดิน	0.119	0.368	0.238	0.134	0.859	0.2147

จากตางรางที่ 4.8 การถ่วงคะแนนปัจจัยของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน ของพื้นที่ตั้ง (Site) สามารถสรุปได้ดังนี้ ปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด คือ ปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน 37.4 คะแนน รองลงมา คือ ปัจจัยด้านความลาดชัน 24.2 คะแนน ปัจจัยด้านการระบายน้ำของดิน 21.5 คะแนน และปัจจัยด้านกรรมสิทธิ์ที่ดิน 17 คะแนน ตามลำดับ

3. ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Link)

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำ จากการสัมภาษณ์และคำนวณตามขั้นตอนของวิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ (Pairwise Comparison) ได้สรุปเป็นตารางค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	คลองระบายน้ำ	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.156	0.115	0.435	0.455	1.161	0.290
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.781	0.577	0.435	0.273	2.066	0.516
คลองระบายน้ำ	0.031	0.115	0.087	0.182	0.415	0.104
การระบายน้ำของดิน	0.031	0.192	0.043	0.091	0.358	0.089

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ได้ให้ปัจจัยของกรรมสิทธิ์ที่ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด รองลงมาคือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน คลองระบายน้ำ และ การระบายน้ำของดิน ตามลำดับ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเมือง จากการสัมภาษณ์และคำนวณตามวิธีตอนของการเปรียบเทียบทีละคู่ ได้สรุปเป็นตารางค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	คลองระบายน้ำ	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.230	0.519	0.179	0.455	1.382	0.345
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.033	0.074	0.107	0.182	0.396	0.099
คลองระบายน้ำ	0.691	0.370	0.536	0.273	1.870	0.467
การระบายน้ำของดิน	0.046	0.037	0.178	0.091	0.352	0.088

จากตารางที่ 4.10 สามารถสรุปได้ว่าผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ได้ให้ปัจจัยของ คลองระบายน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุด รองลงมา คือ ปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรรมสิทธิ์ที่ดิน และการระบายน้ำของดิน

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการน้ำเสีย จากการสัมภาษณ์และคำนวณตามขั้นตอนของวิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ ได้สรุปเป็นตารางค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	คลองระบายน้ำ	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.136	0.300	0.192	0.045	0.674	0.169
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.045	0.100	0.115	0.136	0.397	0.099
คลองระบายน้ำ	0.409	0.500	0.577	0.682	2.168	0.542
การระบายน้ำของดิน	0.409	0.100	0.115	0.136	0.761	0.190

จากตารางที่ 4.11 สามารถสรุปได้ว่าผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ได้ให้ปัจจัยด้านคลองระบายน้ำคือปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัยด้านการระบายน้ำของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และกรรมสิทธิ์ที่ดิน

เมื่อได้ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ จากทั้ง 3 ผู้เชี่ยวชาญ ที่ได้จากการสัมภาษณ์และคำนวณตามขั้นตอนของวิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ ได้สรุปเป็นตารางค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.12 สรุปถ่วงคะแนนปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	คลองระบายน้ำ	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.166	0.404	0.375	0.352	1.298	0.324
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.303	0.119	0.358	0.205	0.984	0.246
คลองระบายน้ำ	0.343	0.404	0.199	0.341	1.287	0.322
การระบายน้ำของดิน	0.188	0.073	0.068	0.102	0.431	0.108

สำหรับการถ่วงคะแนนปัจจัยของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน ของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) สามารถสรุปได้ดังนี้ ปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด คือ ปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน 32.4 คะแนน รองลงมา คือ ปัจจัยด้านคลองระบายน้ำ 32.2 คะแนน ปัจจัยด้านกรรมสิทธิ์ที่ดิน 24.6 คะแนน และปัจจัยด้านการระบายน้ำของดิน 10.8 คะแนน ตามลำดับ

4.2.2.2 การกำหนดค่าคะแนนจากเกณฑ์พิจารณา

การกำหนดค่าในขั้นตอนที่ 2 คือ ให้การให้ค่าคะแนนปัจจัยจากเกณฑ์พิจารณา โดยพิจารณาการให้คะแนนตามความเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เพื่อสามารถนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมของทั้ง 3 องค์ประกอบ โดยกำหนดให้ค่าคะแนนอยู่ในช่วงค่าคะแนนตามลำดับค่าคะแนนความเหมาะสมของเกณฑ์พิจารณาในแต่ละปัจจัย ของทั้ง 3 องค์ประกอบ ที่ใช้เกณฑ์พิจารณาคล้ายกัน แต่ค่าคะแนนมีความแตกต่างกัน ซึ่งกำหนดให้มีเกณฑ์พิจารณามีระดับความเหมาะสม 5 ระดับ คือ

ความเหมาะสมน้อยที่สุด แทนด้วยคะแนน 1 คะแนน
ความเหมาะสมน้อย แทนด้วยคะแนน 2 คะแนน
ความเหมาะสมปานกลาง แทนด้วยคะแนน 3 คะแนน
ความเหมาะสมมาก แทนด้วยคะแนน 4 คะแนน
ความเหมาะสมมากที่สุด แทนด้วยคะแนน 5 คะแนน

การพิจารณาเพื่อกำหนดค่าคะแนนปัจจัยจะใช้คะแนนความเหมาะสมทั้ง 5 ระดับดังกล่าว สามารถสรุปค่าคะแนนแต่ละปัจจัยได้ ดังตารางต่อไปนี้

1. การกำหนดค่าคะแนนปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub)

จากการให้ค่าคะแนนปัจจัยตามเกณฑ์พิจารณา ทั้ง 5 ปัจจัย ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่กิน ความลาดชัน กรรมสิทธิ์ที่ดิน การระบายน้ำของดิน และแหล่งน้ำ มีการกำหนดค่าคะแนนตามเกณฑ์พิจารณา ดังนี้ (ตาราง4.13)

1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน การพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่หลัก (Hub) จะเน้นพื้นที่ที่สามารถกักเก็บน้ำไว้เพื่อใช้อุปโภคได้ หรือพื้นที่สาธารณะ (Benedict, 2001) ดังนั้นจึงพิจารณาให้ค่าคะแนนจากความหนาแน่นของอาคารในพื้นที่ ซึ่งพื้นที่ที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าความเหมาะสมมากที่สุด ดังนั้นที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ส่วนพื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม อยู่เกณฑ์ที่มีค่าคะแนนความเหมาะสมสูงสุด ที่มีศักยภาพในการส่งเสริมให้เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำ รองลงมา คือ ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง สถาบันราชการ สถาบันการศึกษา เพราะสามารถส่งเสริมให้เกิดพื้นที่กักเก็บน้ำได้ ส่วนพื้นที่พาณิชยกรรม มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง เพราะพื้นที่มีความหนาแน่นของอาคารสูง ที่อาจจะยากในการพัฒนาพื้นที่ ส่วนพื้นที่สถาบันศาสนา มีในระดับความเหมาะสมน้อย และพื้นที่อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ มีระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด เพราะสารปนเปื้อนในพื้นที่ที่อาจจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำให้แย่ลงได้

1.2 ความลาดชัน การวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับพื้นที่หลัก เพื่อเป็นพื้นที่ส่งเสริมการกักเก็บน้ำ สามารถใช้ข้อมูลความลาดชันของภูมิประเทศเพื่อส่งเสริมด้านการดำเนินการพัฒนาโดยพื้นที่ที่ สำหรับการพัฒนา เช่น ห้วย หนอง คลอง บึง พิจารณาการให้ค่าคะแนนตามความสามารถในการก่อสร้างโครงการคือพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยจะมีค่าความเหมาะสมมากที่สุด ดังนั้นจะให้พื้นที่ที่มีความชัน 0-5 % มีค่าความเหมาะสมมากที่สุด เพราะไม่ต้องเสียเวลาในการปรับระดับพื้นที่ ส่วนความชัน 6-10 % ให้มีค่าความเหมาะสมปานน้อย เพราะมีความลาดชันที่เริ่มไม่เหมาะกับการสร้างสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ และความลาดชัน 11-15 % มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุดสำหรับพื้นที่หลัก (Hub)

1.3 แหล่งน้ำ เป็นข้อมูลที่เป็นที่สำคัญเพื่อเป็นพื้นที่สำหรับการกักเก็บน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถและข้อจำกัดของแต่ละพื้นที่ พิจารณาให้ความเหมาะสมตามขนาดจริงของพื้นที่แหล่งน้ำ จากใหญ่สุดมีค่าความเหมาะสมมากที่สุดและขนาดเล็กสุดมีค่าความเหมาะสมน้อยสุด

1.4 กรรมสิทธิ์ที่ดิน พิจารณาการให้ค่าคะแนนจากความสามารถในการติดต่อประสานงานโดยเทศบาลนครอุดรธานี ดังนั้นพื้นที่ของภาครัฐจึงจะมีคามเหมาะสมมากกว่าพื้นที่เอกชน เพราะง่ายต่อการดำเนินการพัฒนาด้วยแผนพัฒนาหรือโครงการโดยรัฐบาล และได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่าย

1.5 การระบายน้ำของดิน พิจารณาให้ค่าคะแนนตามความสามารถในกักเก็บน้ำ ซึ่งพื้นที่หลักเป็นพื้นที่ที่จะพัฒนาให้สามารถกักเก็บน้ำได้จึงควรเป็นพื้นที่ที่ไม่เกิดการสูญเสียน้ำจากการระบายน้ำลงสู่ผิวดิน ดังนั้น จากเกณฑ์การพิจารณาจึงให้พื้นที่ที่มีการระบายน้ำได้เลวจะมีความเหมาะสมมากกว่าที่สุด ส่วนระบายน้ำปานกลางมีความเหมาะสมปานกลาง และพื้นที่ที่มีการระบายน้ำได้ดีให้มีระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.13 แสดงการถ่วงน้ำหนักปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub)

ปัจจัยใช้วิเคราะห์	ประเภทปัจจัย	การกำหนดค่าคะแนนปัจจัย (R)
1.การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	4
	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	3
	พาณิชยกรรม	3
	สถาบันการศึกษา	4
	สถาบันราชการ	4
	สถาบันศาสนา	2
	อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ	1
	พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม	5
	พื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม	5
2.ความลาดชัน	ค่าความชัน 0 – 5 %	5
	ค่าความชัน 6 – 10 %	3
	ค่าความชัน 11 – 15 %	2
	ค่าความชันมากกว่า 15 %	1
3.แหล่งน้ำ	ตามขนาดจริงของพื้นที่แหล่งน้ำ	ขนาดเล็กสุดได้ 1 และขนาดใหญ่สุดได้ 5
4.กรรมสิทธิ์ที่ดิน	พื้นที่ของรัฐบาล	5
	พื้นที่เอกชน	3
5. การระบายน้ำของดิน	ระบายน้ำดี	1
	ระบายน้ำปานกลาง	3
	ระบายน้ำเลว	5

2. การกำหนดค่าคะแนนปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site)

จากการกำหนดปัจจัยพิจารณาของพื้นที่ตั้งทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน กรรมสิทธิ์ที่ดิน ความลาดชัน และการระบายน้ำของดิน มีเกณฑ์พิจารณาของแต่ละปัจจัย โดยมีเกณฑ์พิจารณาของแต่ละปัจจัยและเหตุผลของการให้ค่าคะแนนพิจารณา (ตารางที่ 4.14)

2.1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ตั้ง (Site) จะเน้นพื้นที่ที่สามารถซึมน้ำได้ดี เพื่อส่งเสริมให้เกิดน้ำใต้ดินที่สนับสนุนให้ดินมีความชุ่มชื่น ช่วยสร้างความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน และมีส่วนช่วยลดปัญหาน้ำคาดแคลนได้ (Benedict, 2001) พิจารราให้ค่าคะแนนจากความหนาแน่นของอาคารในพื้นที่ ดังนั้นพื้นที่นันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมมีค่าคะแนนปัจจัยที่ได้คะแนนมากที่สุด เพราะซึ่งส่งเสริมให้เป็นพื้นที่ส่งเสริมการซึมซับน้ำ รองลงมาคือ พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง สถาบันราชการ มีความเหมาะสมมาก ที่เป็นพื้นที่สวนสาธารณะในพื้นที่ที่ส่งเสริมพื้นที่สีเขียวในเมืองได้ ส่วนพื้นที่พาณิชยกรรม สถาบันการศึกษา มีความเหมาะสมปานกลาง รองลงมา สถาบันศาสนา จะมีความเหมาะสมน้อย และอุตสาหกรรมเฉพาะกิจมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

2.2 กรรมสิทธิ์ที่ดิน พิจารณาการให้ค่าคะแนนเช่นเดียวกันกับพื้นที่หลัก (Hub) คือ พิจารณาจากการติดต่อประสานงานที่สะดวก ดังนั้นพื้นที่ของภาครัฐจะมีการดำเนินการพัฒนาปรับปรุงพื้นที่สะดวกหรืออาจจะสามารถประสานงานขอความร่วมมือการปรังปรุงหรือพัฒนาพื้นที่ได้อย่างราบรื่นมากว่าที่ดินของเอกชน

2.3 ความลาดชัน พิจารณาตามความสามารถในการก่อสร้างโครงการเช่นเดียวกันกับพื้นที่หลัก (Hub) จึงให้พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยมีค่าความเหมาะสมมากที่สุด ดังนั้นค่าความชัน 0 – 5 % มีค่าคะแนนความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือ ความชัน 6 – 10 % ให้มีความเหมาะสมปานกลาง เพราะเมื่อต้องจัดการพัฒนาพื้นที่อาจจะต้องมีงบประมาณด้านการปรับหน้าดิน และความชัน 11 – 15 % มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

2.4 การระบายน้ำของดิน จากเกณฑ์การพิจารณาของการระบายน้ำของดิน พิจารณาการให้คะแนนความเหมาะสมตามความสามารถในการระบายน้ำของดิน ดังนั้นกำหนดให้พื้นที่ที่มีการระบายน้ำของดินที่เหมาะสมเป็นพื้นที่ต้องมีการระบายน้ำได้ดี มีค่าคะแนนความเหมาะสมมากสุด ที่จะส่งเสริมการรักษาน้ำในแหล่งกักเก็บน้ำ รองลงมาคือ การระบายน้ำได้ปานกลาง มีความเหมาะสมปานกลาง และการระบายน้ำเลว มีความเหมาะสมน้อยที่สุด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

ตารางที่ 4.14 แสดงการถ่วงน้ำหนักปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site)

ปัจจัยใช้วิเคราะห์	ประเภทปัจจัย	การกำหนดค่า
		คะแนนปัจจัย (R)
1.การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	4
	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	3
	พาณิชยกรรม	3
	สถาบันการศึกษา	3
	สถาบันราชการ	4
	สถาบันศาสนา	2
	อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ	1
	พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม	4
	พื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม	5
2.กรรมสิทธิ์ที่ดิน	พื้นที่ของรัฐบาล	5
	พื้นที่เอกชน	3
3.ความลาดชัน	ค่าความชัน 0 – 5 %	5
	ค่าความชัน 6 – 10 %	3
	ค่าความชัน 11 – 15 %	2
	ค่าความชันมากกว่า 15 %	1
4.การระบายน้ำ	ระบายน้ำได้ดี	5
	ระบายน้ำได้ปานกลาง	3
	ระบายน้ำได้เลว	1

3. การกำหนดค่าคะแนนปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

จากการให้ค่าคะแนนปัจจัยตามเกณฑ์พิจารณา ทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน กรรมสิทธิ์ที่ดิน คลองระบายน้ำ และการระบายน้ำของดิน มีการกำหนดค่าคะแนนตามเกณฑ์พิจารณาดังตารางที่ 4.15 และจากตารางค่าคะแนนปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) มีเกณฑ์พิจารณาของแต่ละปัจจัยและเหตุผลของการให้ค่าคะแนนพิจารณา ดังนี้

3.1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เชื่อมต่อ เน้นพื้นที่ที่สามารถจัดการการไหลของน้ำได้ดี เช่น เส้นทางการเดินเท้า ทางระบายน้ำ ที่สามารถซึมซับน้ำได้

หรือเป็นเส้นทางน้ำไหล (Benedict, 2001) ดังนั้น จึงพิจารณาให้ค่าคะแนนความเหมาะสมเช่นเดียวกับในพื้นที่หลักและพื้นที่ตั้ง ดังนั้น พื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและพื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาเป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย ที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก สถาบันราชการ มีระดับความเหมาะสมมาก ส่วนพื้นที่สถาบันการศึกษาและสถาบันศาสนาให้มีระดับความเหมาะสมปานกลาง พื้นที่พาณิชกรรมมีระดับความเหมาะสมน้อย และพื้นที่อุตสาหกรรมมีระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

3.2 กรรมสิทธิ์ที่ดิน พิจารณาให้ค่าคะแนนจากความสามารถในการติดต่อประสานงานเพื่อดำเนินการพัฒนาพื้นที่โดยเทศบาลนครอุดรธานี ดังนั้นพื้นที่ของภาครัฐจึงจะมีความเหมาะสมมากกว่าพื้นที่ของเอกชน

3.3 คลองระบายน้ำ ด้วยพื้นที่ของเส้นทางเชื่อมต่อ (Link) สามารถเป็นเส้นทางของทางเดินเท้าหรือเส้นทางน้ำ ลำธาร ที่สามารถเชื่อมพื้นที่หลัก (Hub) และพื้นที่ตั้ง (Site) ได้ (นิคม บุญญานุสิทธิ์, 2558) จึงพิจารณาให้ค่าคะแนนจากขนาดของคลองระบายน้ำ โดยพื้นที่ที่เป็นพื้นที่คลองระบายน้ำที่กว้าง เป็นพื้นที่ส่งเสริมการรองรับน้ำเพื่อส่งสู่แหล่งน้ำ หรือสามารถขนส่งน้ำได้จำนวนมากกว่าคลองระบายน้ำขนาดเล็ก จึงให้คลองระบายน้ำหรือท่อระบายน้ำที่มีขนาด 1.2 – 1.5 เมตร มีค่าคะแนนความเหมาะสมมากสุด รองลงมาคือ คลองระบายน้ำขนาด 0.8 – 1.1 เมตร มีระดับความเหมาะสมมาก และคลองระบายน้ำขนาด 0.4 – 0.7 เมตร มีระดับความเหมาะสมปานกลาง

3.4 การระบายน้ำของดิน จากเกณฑ์การพิจารณาการระบายน้ำของดินเหมือนกับพื้นที่หลัก (Site) โดยให้พื้นที่ที่มีการระบายน้ำได้ดี มีค่าคะแนนความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือ ระบายน้ำได้ปานกลาง มีระดับความเหมาะสมปานกลาง และระบายน้ำได้เลว มีระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.15 แสดงการถ่วงน้ำหนักปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

ปัจจัยใช้วิเคราะห์	ประเภทปัจจัย	การกำหนดค่า
		คะแนนปัจจัย (R)
1.การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	4
	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	3
	พาณิชยกรรม	2
	สถาบันการศึกษา	3
	สถาบันราชการ	4
	สถาบันศาสนา	3
	อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ	1
	พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม	5
	พื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม	5
2.กรรมสิทธิ์ที่ดิน	พื้นที่ของรัฐบาล	5
	พื้นที่เอกชน	3
3. คลองระบายน้ำ ลำธาร	ขนาด 0.1 - 0.5 เมตร	3
	ขนาด 0.6 - 1.0 เมตร	4
	ขนาด 1.1 - 1.5 เมตร	5
4.การระบายน้ำ	ระบายน้ำได้ดี	5
	ระบายน้ำได้ปานกลาง	3
	ระบายน้ำได้เลว	1

4.2.3 การจัดทำแผนที่

ขั้นตอนของการจัดทำแผนที่ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสม จึงต้องนำปัจจัยที่เลือกมาซ้อนทับกันหาพื้นที่ที่เหมาะสม โดยการนำค่าถ่วงน้ำหนักที่จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และค่าคะแนนเกณฑ์พิจารณาปัจจัยที่กำหนด นำมาแทนค่าตามระดับความเหมาะสมในพื้นที่ในของแต่ละปัจจัย เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมทั้ง 3 องค์ประกอบโครงสร้างพื้นฐานเขียว เพื่อนำมาพัฒนาให้เกิดการจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.4 วิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสม

การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสม ด้วยการนำปัจจัยของแต่ละองค์ประกอบมาซ้อนทับกัน เพื่อหาพื้นที่ที่อยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งจะวัดจากการพื้นที่ที่มีค่าคะแนนรวมทุกปัจจัยมากที่สุด จึงจะมีความเหมาะสมที่นำพื้นที่ที่บริเวณนั้น มาพัฒนาให้เกิดการจัดการตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว โดยได้เป็น 3 กลุ่มพื้นที่ที่เหมาะสม คือ พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่ตั้ง และพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่เชื่อมต่อ

4.3 การเสนอแนะแนวทางการพัฒนาพื้นที่

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยปัจจัยด้านกายภาพของพื้นที่เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสม จากนั้นจะนำมาสู่ขั้นตอนของการเสนอแนะแนวทางการพัฒนาพื้นที่ ทั้ง 3 องค์ประกอบ ที่ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาทั้งน้ำขาดแคลนหรือน้ำไม่เพียงพอ ปัญหาน้ำท่วมขัง และการสร้างทัศนียภาพให้สวยงาม โดยจะเสนอแนะวิธีการจัดการพื้นที่ในรูปแบบต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่จะช่วยการพัฒนาพื้นที่ของเทศบาลนครอุดรธานีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.4 การเปรียบเทียบข้อมูลการพัฒนา

การพัฒนาพื้นที่ที่ได้มีการเสนอแนะจะทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการพัฒนา เพื่อสามารถเห็นความแตกต่างของการพัฒนา และผลที่ได้จากการส่งเสริมการพัฒนาสร้างประสิทธิภาพของพื้นที่ได้มากน้อยเพียงใด ใน 3 ด้าน คือ ด้านปริมาณการกักเก็บน้ำ ด้านขนาดพื้นที่สีเขียว และด้านเศรษฐกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลด้านกายภาพ และจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมตามขั้นตอนวิธีวิจัยในบทที่4 นำมาสู่ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสม เพื่อนำมาหาวิธีการพัฒนาพื้นที่และการจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว ดังนี้

5.1 ผลสรุปการกำหนดค่าปัจจัย

จากการกำหนดค่าปัจจัยมี 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนของการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัย ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 3 ด้าน คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการน้ำ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเมือง และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการจัดการน้ำเสีย โดยการคำนวณใช้วิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ (Pairwise Comparison) ที่เป็นส่วนหนึ่งของวิธีกระบวนการตัดสินใจเชิงลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process: AHP) และการให้ค่าคะแนนจากค่าความเหมาะสมตามเกณฑ์พิจารณา โดยจะสรุปเป็นตารางของการกำหนดค่าปัจจัยของทั้ง 3 องค์ประกอบ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว ดังนี้

ตารางที่ 5.1 สรุปการกำหนดค่าปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัย ของพื้นที่หลัก (Hub)

ปัจจัยใช้วิเคราะห์	ประเภทปัจจัย	การกำหนดค่า		ค่าคะแนนรวม (S)
		น้ำหนักปัจจัย (W)	คะแนนปัจจัย (R)	
1.การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	26.6	4	106.4
	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง		3	79.8
	พาณิชยกรรม		3	79.8
	สถาบันการศึกษา		4	106.4
	สถาบันราชการ		4	106.4
	สถาบันศาสนา		2	53.2
	อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ		1	26.6
	พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม		5	133

ตารางที่ 5.1 สรุปการกำหนดค่าปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัย ของพื้นที่หลัก (Hub) (ต่อ)

ปัจจัยใช้วิเคราะห์	ประเภทปัจจัย	การกำหนดค่า		ค่าคะแนนรวม (S)
		น้ำหนักปัจจัย (W)	คะแนนปัจจัย (R)	
1.การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม	26.6	5	133
2.ความลาดชัน	ค่าความชัน 0 – 5 %	11.8	5	59
	ค่าความชัน 6 – 10 %		3	35.4
	ค่าความชัน 11 – 15 %		2	23.6
	ค่าความชันมากกว่า 15 %		1	11.8
3.แหล่งน้ำ	ตามขนาดจริงของพื้นที่แหล่งน้ำ	28.4	เล็กได้คะแนนมากสุด และใหญ่ได้คะแนนมากสุด	85.2 - 142
4.กรรมสิทธิ์ที่ดิน	พื้นที่ของรัฐบาล	22.5	5	112.5
	พื้นที่เอกชน		3	67.5
5. การระบายน้ำของดิน	ระบายน้ำดี	10.7	1	10.7
	ระบายน้ำปานกลาง		3	32.1
	ระบายน้ำเลว		5	53.5

ตารางที่ 5.1 สรุปค่ากำหนดปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) ปัจจัยที่มีค่าคะแนนรวมมากที่สุด 3 อันดับแรกของพื้นที่หลัก คือ ปัจจัยแหล่งน้ำประเภทแหล่งน้ำขนาดใหญ่ มีคะแนนรวม 142 คะแนน รองลงมาคือ ปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทการใช้พื้นที่แบบพื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม รวมถึงพื้นที่ชนบทและการเกษตรที่มีคะแนนรวมเท่ากัน คือ 133 คะแนน และปัจจัยแหล่งน้ำ ประเภทแหล่งน้ำขนาดกลาง มีคะแนนรวม 113.6 คะแนน

ตารางที่ 5.2 สรุปการกำหนดค่าปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site)

ปัจจัยใช้วิเคราะห์	ประเภทปัจจัย	การกำหนดค่า		ค่าคะแนนรวม (S)
		น้ำหนักปัจจัย (W)	คะแนนปัจจัย (R)	
1.การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	37.4	4	149.6
	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง		3	112.2
	พาณิชยกรรม		3	112.2
	สถาบันการศึกษา		3	112.2
	สถาบันราชการ		4	149.6
	สถาบันศาสนา		2	74.8
	อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ		1	37.4
	พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม		4	149.6
	พื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม		5	187
2.กรรมสิทธิ์ที่ดิน	พื้นที่ของรัฐบาล	17	5	85
	พื้นที่เอกชน		3	51
3.ความลาดชัน	ค่าความชัน 0 – 5 %	24.2	5	121
	ค่าความชัน 6 – 10 %		3	72.6
	ค่าความชัน 11 – 15 %		2	48.4
	ค่าความชันมากกว่า 15 %		1	24.2
4.การระบายน้ำ	ระบายน้ำได้ดี	21.4	5	107
	ระบายน้ำได้ปานกลาง		3	64.2
	ระบายน้ำได้เลว		1	21.4

ตารางที่ 5.2 สรุปค่ากำหนดปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) สามารถสรุปค่าคะแนนรวม โดยพบว่า ค่าคะแนนรวมที่มีค่ามากสุด 3 อันดับแรกของพื้นที่ตั้ง คือ ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทพื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม มีคะแนน 187 คะแนน รองลงมาคือ

การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม มีคะแนน 149 คะแนน และปัจจัยความลาดชัน ที่มีค่าความชัน 0 – 5 % มีคะแนน 121 คะแนน

ตารางที่ 5.3 สรุปการกำหนดค่าปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

ปัจจัยใช้วิเคราะห์	ประเภทปัจจัย	การกำหนดค่า		ค่าคะแนนรวม (S)
		น้ำหนักปัจจัย (W)	คะแนนปัจจัย (R)	
1.การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	32.4	4	129.6
	ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง		3	97.2
	พาณิชยกรรม		2	64.8
	สถาบันการศึกษา		3	97.2
	สถาบันราชการ		4	129.6
	สถาบันศาสนา		3	97.2
	อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ		1	32.4
	พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม		5	162
	พื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม		5	162
2.กรรมสิทธิ์ที่ดิน	พื้นที่ของรัฐบาล	24.6	5	123
	พื้นที่เอกชน		3	73.8
3. คลองระบายน้ำ ลำธาร	ขนาด 0.1 - 0.5 เมตร	32.2	3	96.6
	ขนาด 0.6 - 1.0 เมตร		4	128.8
	ขนาด 1.1 - 1.5 เมตร		5	161
4.การระบายน้ำ	ระบายน้ำได้ดี	10.8	5	54
	ระบายน้ำได้ปานกลาง		3	32.4
	ระบายน้ำได้เลว		1	10.8

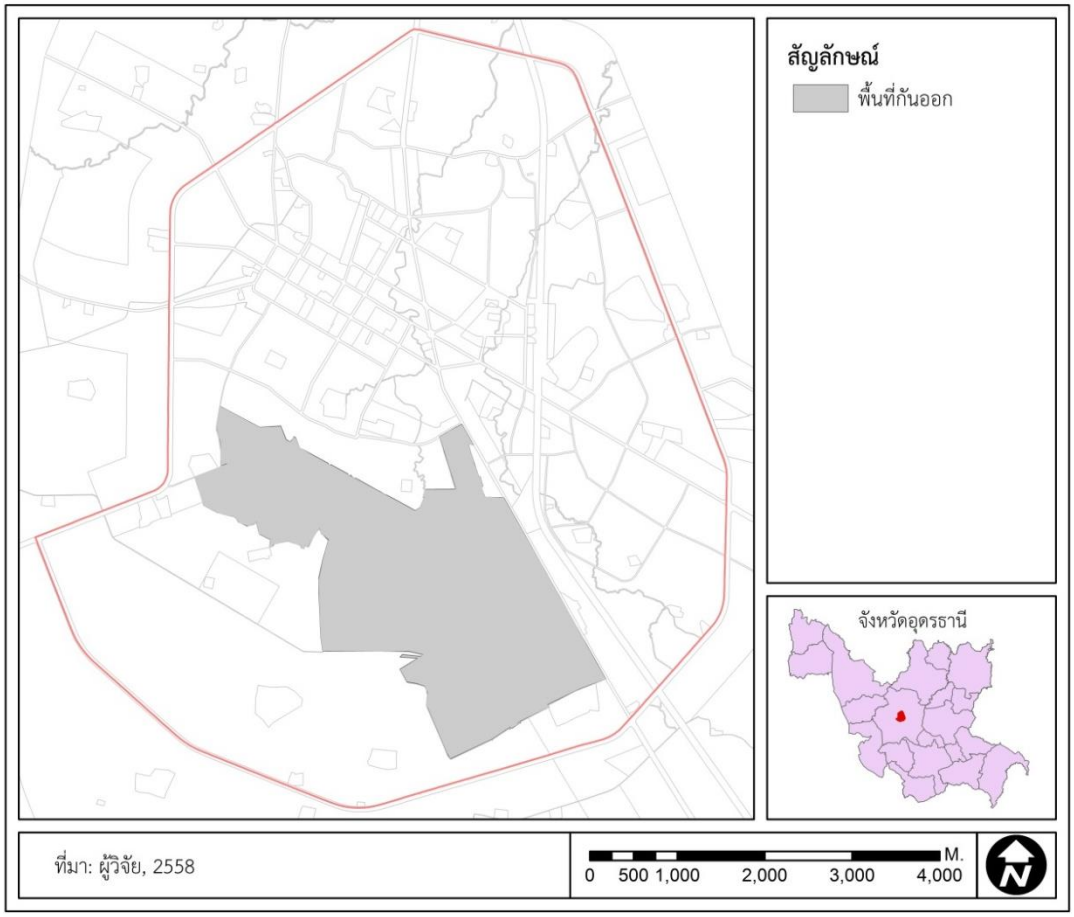
ตารางที่ 5.3 สรุปค่าปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) สามารถสรุปค่าคะแนนรวม คือ ได้ปัจจัยที่มีค่าคะแนนรวม 3 อันดับแรกของพื้นที่เชื่อมต่อ คือ ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทพื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม กับ พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม ที่มีค่าคะแนนรวมเท่ากัน คือ 162 คะแนน รองลงมา คือ ปัจจัยคลองระบายน้ำที่มีขนาดขนาด 1.1 - 1.5

เมตร มีคะแนน 161 คะแนน และปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง และสถาบันราชการ มีคะแนน 129.6 คะแนน

เมื่อได้กำหนดค่าทั้งจากการถ่วงน้ำหนักและจากเกณฑ์พิจารณาแต่ละปัจจัย นำไปสู่ขั้นตอนของการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมของทั้ง 3 องค์ประกอบของแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว ที่ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

5.2 ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสม

การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อนำไปพัฒนาตามแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว ที่ต้องดำเนินการวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยการรวมคะแนนความเหมาะสมในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี แต่เนื่องจากพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีมีพื้นที่สนามบินและพื้นที่ค่ายทหาร (ภาพที่ 5.1) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่ในการปกครองพิเศษที่ไม่สามารถนำมาพัฒนาได้จึงต้องกันพื้นที่ดังกล่าวออก จึงทำการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่ทั้ง 3 องค์ประกอบตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว

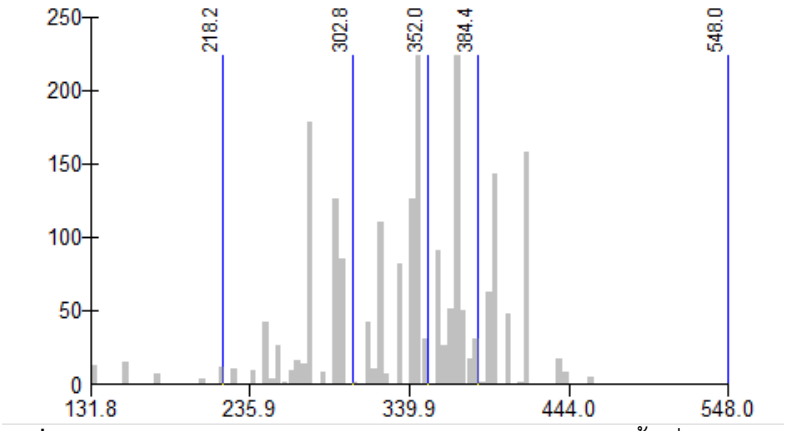


ภาพที่ 5.1 แสดงพื้นที่ที่กันออก

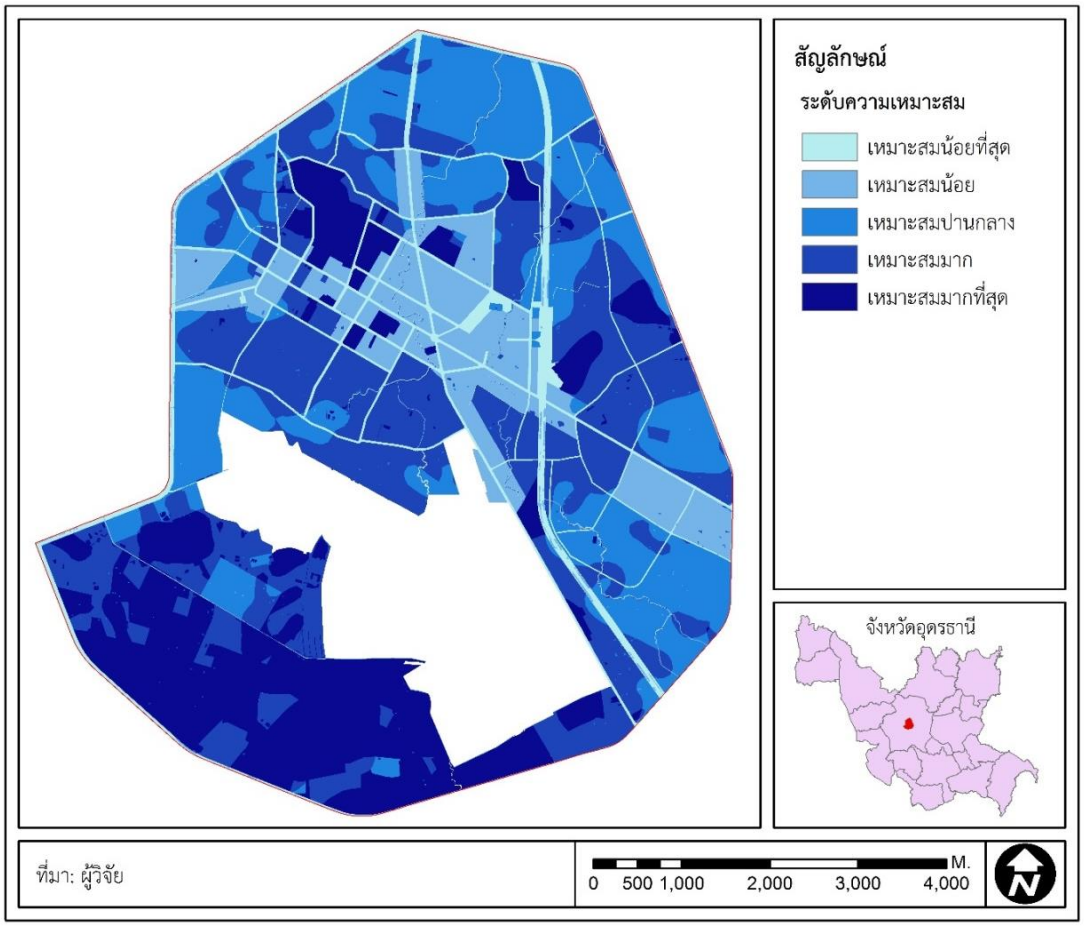
การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมทั้ง 3 องค์ประกอบ เมื่อกันพื้นที่ไม่สามารถพัฒนาได้ออกและทำการซ้อนแผนที่ปัจจัยเพื่อคำนวณและวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสม และในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมของทั้ง 3 องค์ประกอบ ซึ่งในการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาตามแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว จะเลือกเฉพาะพื้นที่ที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดมาเสนอแนะวิธีการพัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำไม่เพียงพอ และส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของพื้นที่สีเขียวตามแนวทางการพัฒนาของเทศบาลนครอุดรธานี ด้วยการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในเครื่องมือสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เมื่อรวมคะแนนแต่ละปัจจัยจากการซ้อนทับของข้อมูลตามวิธีการหาพื้นที่ที่เหมาะสม (Suitability Analysis) จึงได้พื้นที่ที่เหมาะสมตามค่าระดับความเหมาะสมที่กำหนดให้มี 5 ระดับ คือ ระดับที่1 คือ ความเหมาะสมน้อยที่สุด ระดับที่ 2 คือ ความเหมาะสมน้อย ระดับที่ 3 คือ ความเหมาะสมปานกลาง ระดับที่ 4 คือ ความเหมาะสมมาก และระดับที่ 5 คือ ความเหมาะสมมากที่สุด สามารถสรุปพื้นที่ที่เหมาะสมของทั้ง 3 องค์ประกอบได้ ดังนี้

5.2.1 พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก (Hub)

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีหาพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก (Hub) ซึ่งได้ใช้ปัจจัยทั้ง 5 ให้ปัจจัย คือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความลาดชัน กรรมสิทธิ์ที่ดิน แหล่งน้ำ และการระบายน้ำของดิน เมื่อได้ซ้อนทับข้อมูลและรวมค่าคะแนนด้วยการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมโดยใช้การคำนวณในโปรแกรม GIS จะใช้การแบ่งค่าคะแนนความเหมาะสมแบบ Natural Breaks ซึ่งเป็นการแบ่งค่าคะแนนตามลักษณะของข้อมูลโดยสังเกตจากช่วงของข้อมูล เนื่องจากค่าคะแนนในพื้นที่หลักมีค่าคะแนนห่างกันหลายช่วงคะแนน จึงเลือกวิธีที่สามารถกำหนดช่วงคะแนนได้จากจำนวนของข้อมูลซึ่งอาจจะมีช่วงที่ไม่เท่ากันทุกช่วง เพื่อให้สามารถกำหนดระดับคะแนนใน 5 ระดับตามที่กำหนดไว้ได้ (ภาพที่ 5.2) จะได้พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่หลัก (Hub) (ภาพที่ 5.3)



ภาพที่ 5.2 แสดงการแบ่งช่วงค่าคะแนนความเหมาะสมของพื้นที่หลัก (Hub)

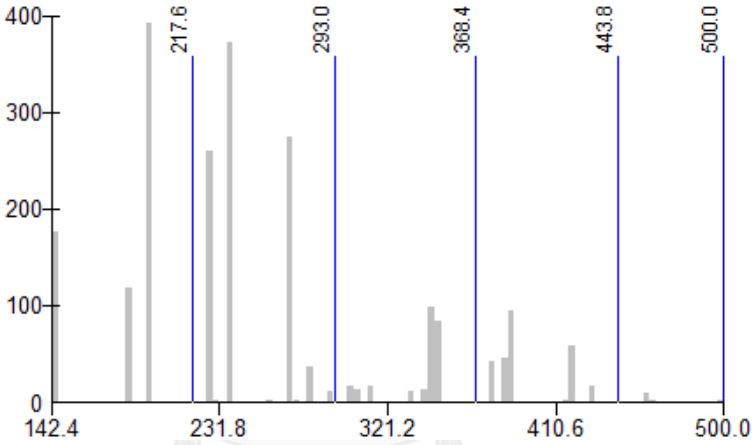


ภาพที่ 5.3 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่หลัก (Hub)

พื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่หลัก (Hub) พบว่า พื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมมากที่สุดส่วนใหญ่อยู่ในทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา พื้นที่บริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชนบทและการเกษตร และมีพื้นที่โล่งเพื่อนันทนาการและรักษาสภาพแวดล้อม มีพื้นที่แหล่งน้ำ คือ หนองใหญ่ ส่วนพื้นที่ที่เหมาะสมในทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลางและพื้นที่พาณิชยกรรม ที่มีทั้งหนองประจักษ์ หนองสิม หนองเหล็ก หนองบัว ที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติและมีสวนสาธารณะในพื้นที่ นอกจากนั้นยังมีพื้นที่ในเขตราชการของสำนักงานชลประทานอุดรธานี สถานีตำรวจ โครงการชลประทาน และเรือนจำกลาง โดยพื้นที่เหล่านี้มีพื้นที่ที่เหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นพื้นที่หลัก (Hub) ตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว สามารถพัฒนาเป็นแหล่งกักเก็บน้ำสำรอง เพื่อใช้ในการอุปโภคในเมืองได้ โดยเลือกพื้นที่ที่สอดคล้องกับพื้นที่ทั้ง 3 องค์ประกอบ เพื่อให้เกิดการพัฒนาพื้นที่ให้ได้ประสิทธิภาพที่สุด

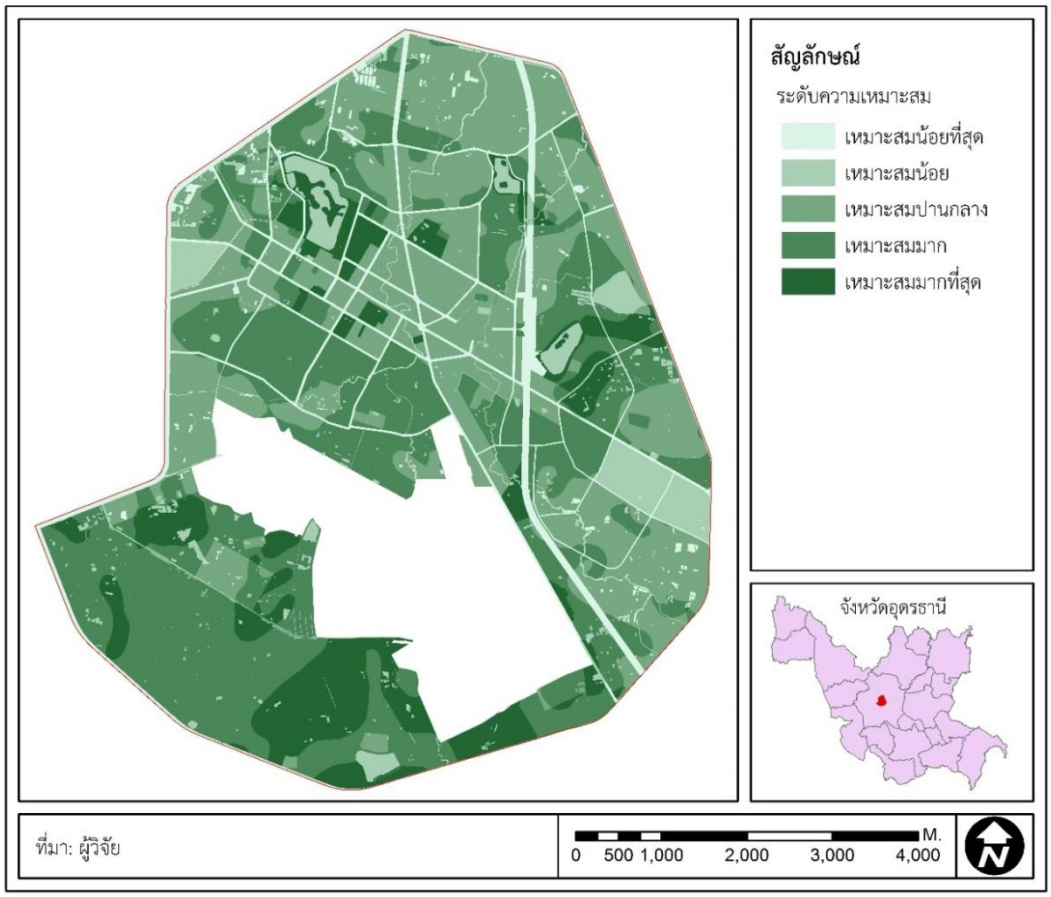
5.2.2 พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก (Site)

การวิเคราะห์ด้วยวิธีหาพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่ตั้ง (Site) ซึ่งได้ใช้ปัจจัยทั้ง 4 ให้ปัจจัย คือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความลาดชัน กรรมสิทธิ์ที่ดิน และการระบายน้ำของดิน ผ่านการวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะได้พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะพัฒนาเป็นพื้นที่ตั้ง (Site) และในการแบ่งช่วงค่าคะแนนที่ได้จากการรวมค่าคะแนนพื้นที่ทั้งหมดในโปรแกรมGIS จะกำหนดช่วงคะแนนตามระดับความเหมาะสม 5 ระดับ และใช้วิธีการแบ่งช่วงความเหมาะสมแบบ Standard Deviation ซึ่งเป็นการกำหนดช่วงคะแนนตามค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด เนื่องจากพื้นที่ตั้งมีช่วงห่างของค่าคะแนนของที่ใกล้เคียงกัน จึงเลือกวิธีการแบ่งคะแนนในช่วงที่เท่าๆ กัน โดยจะแสดงผลในภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.4 แสดงการแบ่งช่วงค่าคะแนนความเหมาะสมของพื้นที่ตั้ง (Site)

Chulalongkorn University



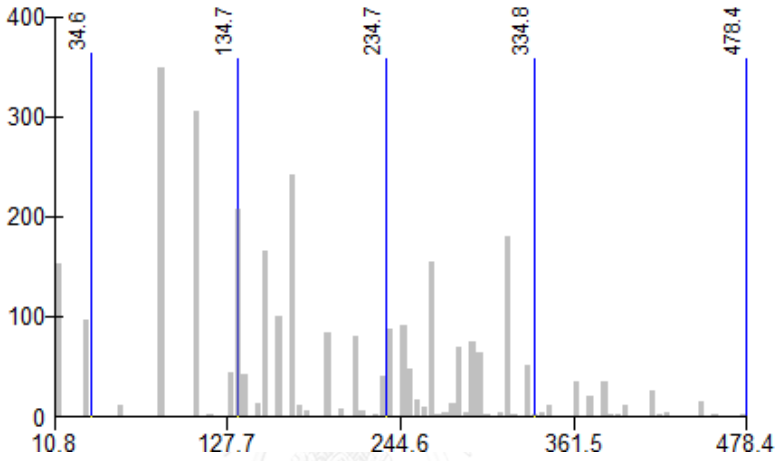
ภาพที่ 5.5 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่ตั้ง (Site)

ภาพที่ 5.5 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่ตั้ง (Site) พบว่าพื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด ในทางทิศเหนือของพื้นที่ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่ตัวเมืองเทศบาลนครอุดรธานี บริเวณสวนสาธารณะบริเวณหนองประจักษ์ สวนสาธารณะบริเวณหนองสิม สวนสาธารณะบริเวณหนองบัว และสวนสาธารณะบริเวณทุ่งศรีเมือง และพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดในทางทิศใต้มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม พื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย โดยพื้นที่เหล่านี้มีลักษณะการระบายน้ำของดินที่ดี มีความเหมาะสมในการซึมซับน้ำได้ดี โดยพื้นที่เหล่านี้สามารถนำมาพัฒนาเป็นพื้นที่ส่งเสริมให้เกิดพื้นที่ตั้ง (Site) ที่ส่งเสริมการรักษาทั้งสภาพแวดล้อม ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำในพื้นที่ศึกษา ส่งเสริมให้เมืองมีความน่าอยู่มากขึ้น

5.2.3 พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

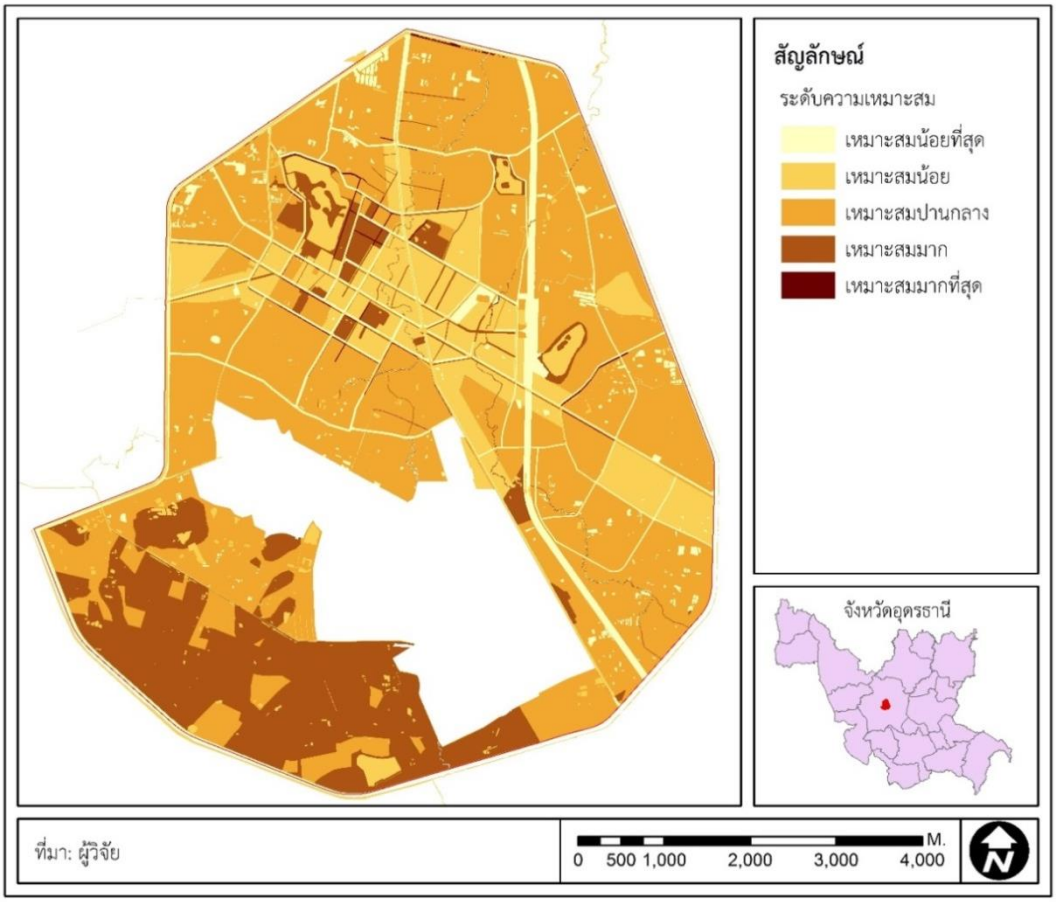
จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีหาพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ซึ่งได้ใช้ปัจจัยทั้ง 4 ให้ปัจจัย คือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน กรรมสิทธิ์ที่ดิน คลองระบายน้ำ และการระบายน้ำของดิน ผ่านการวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะได้พื้นที่เหมาะสมมากที่สุด และเพื่อให้สามารถพัฒนาพื้นที่

ให้มีความเชื่อมโยงหรือสัมพันธ์กันตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว จึงต้องพิจารณาร่วมกับพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก (Hub) และพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่ตั้ง (Site) ดังนั้นพื้นที่ที่เชื่อมต่อหรือติดกับพื้นที่หลักและพื้นที่ตั้งจะมีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาพัฒนาเป็นพื้นที่เชื่อมต่อ และเมื่อรวมค่าคะแนนแต่ละพื้นที่ทั้งหมด จะกำหนดช่วงคะแนนตามระดับความเหมาะสม 5 ระดับ ใช้วิธีการแบ่งช่วงคะแนนความเหมาะสมแบบ Standard Deviation ซึ่งค่าคะแนนของพื้นที่ตั้งมีช่วงห่างที่ใกล้เคียงกันเช่นเดียวกับในพื้นที่ตั้ง จึงเลือกวิธีการแบ่งคะแนนในช่วงที่เท่าๆ กัน ดังในภาพที่ 5.6



ภาพที่ 5.6 แสดงการแบ่งช่วงค่าคะแนนความเหมาะสมของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

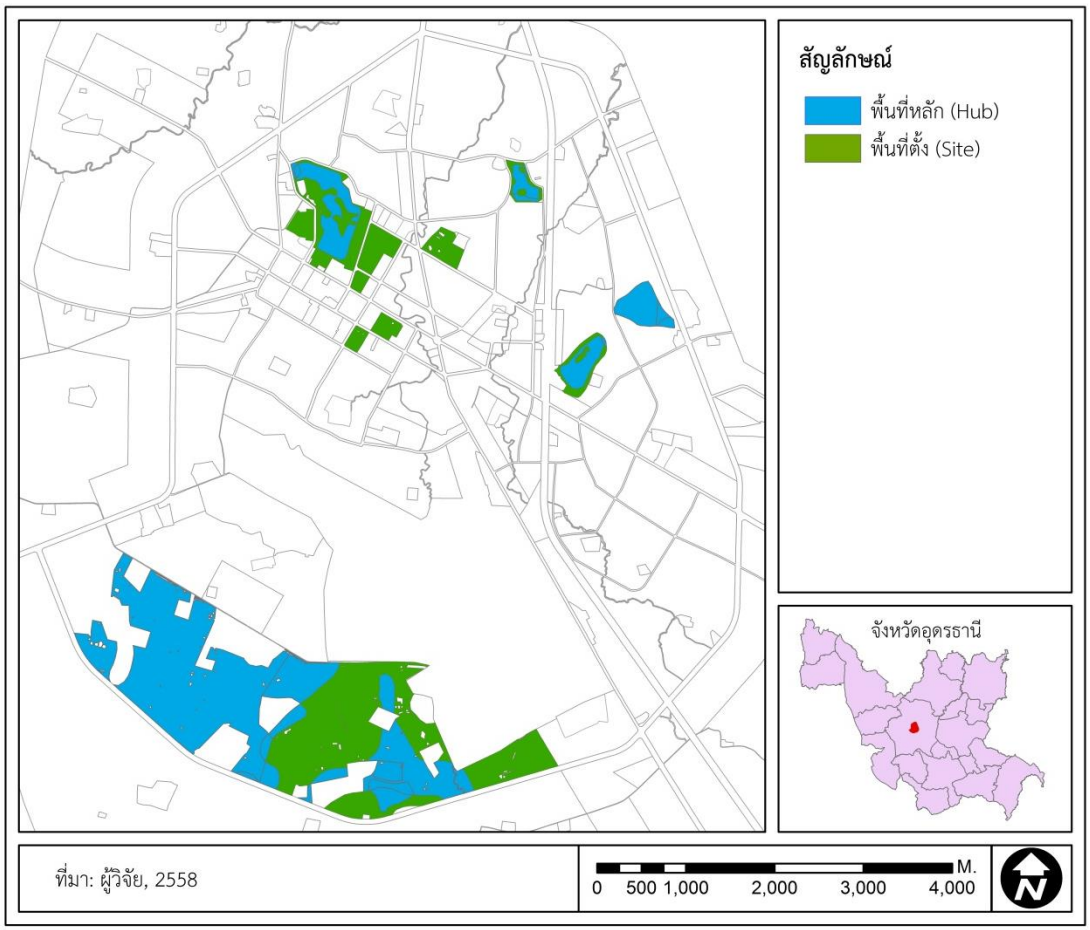
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 5.7 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

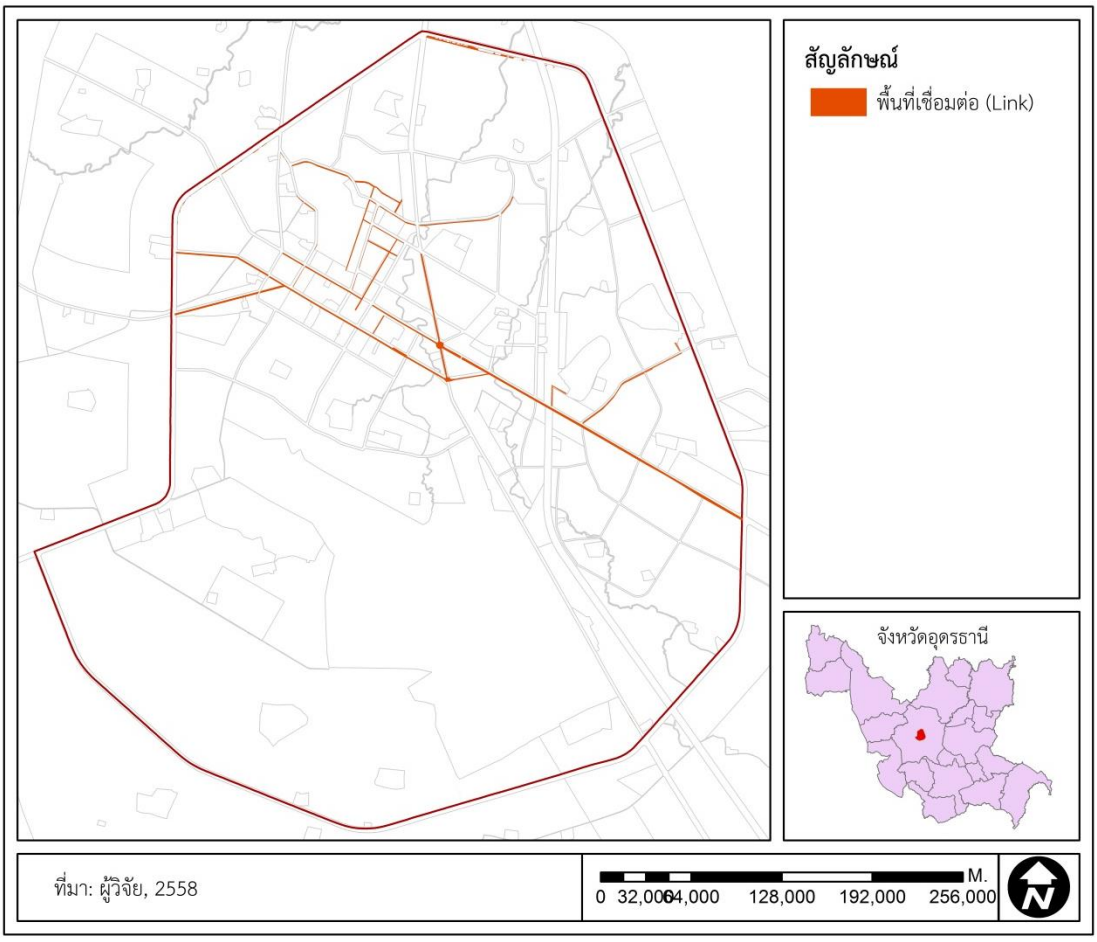
ภาพที่ 5.7 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) พบว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดอยู่บริเวณทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นยังมีพื้นที่ตามเส้นทางน้ำในพื้นที่ตัวเมืองเทศบาลนครอุดรธานี ในทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา และพื้นที่บริเวณพื้นที่สาธารณะรอบหนองประจักษ์ พื้นที่ทุ่งศรีเมือง พื้นที่สวนสาธารณะหนองบัว โดยพื้นที่เหล่านี้มีความเหมาะสมเป็นพื้นที่เชื่อมต่อตามแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว โดยพัฒนาเป็นพื้นที่ทางเดินเท้า พื้นที่สวนสาธารณะ ที่สามารถส่งเสริมการรักษาน้ำก่อนจะลงสู่พื้นที่แหล่งน้ำในพื้นที่หลัก โดยช่วยรักษาคุณภาพของน้ำ และส่งเสริมสภาพแวดล้อมของเมืองให้น่าอยู่

การพิจารณาเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่เชื่อมต่อ จะพิจารณาโดยการใช้พื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดของพื้นที่หลัก (Hub) และพื้นที่ตั้ง (Site) ด้วย (ภาพที่ 5.8) เพื่อให้มีการเชื่อมต่อของพื้นที่ทั้ง 3 องค์ประกอบตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว



ภาพที่ 5.8 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดของพื้นที่หลัก (Hub) และพื้นที่ตั้ง (Site)

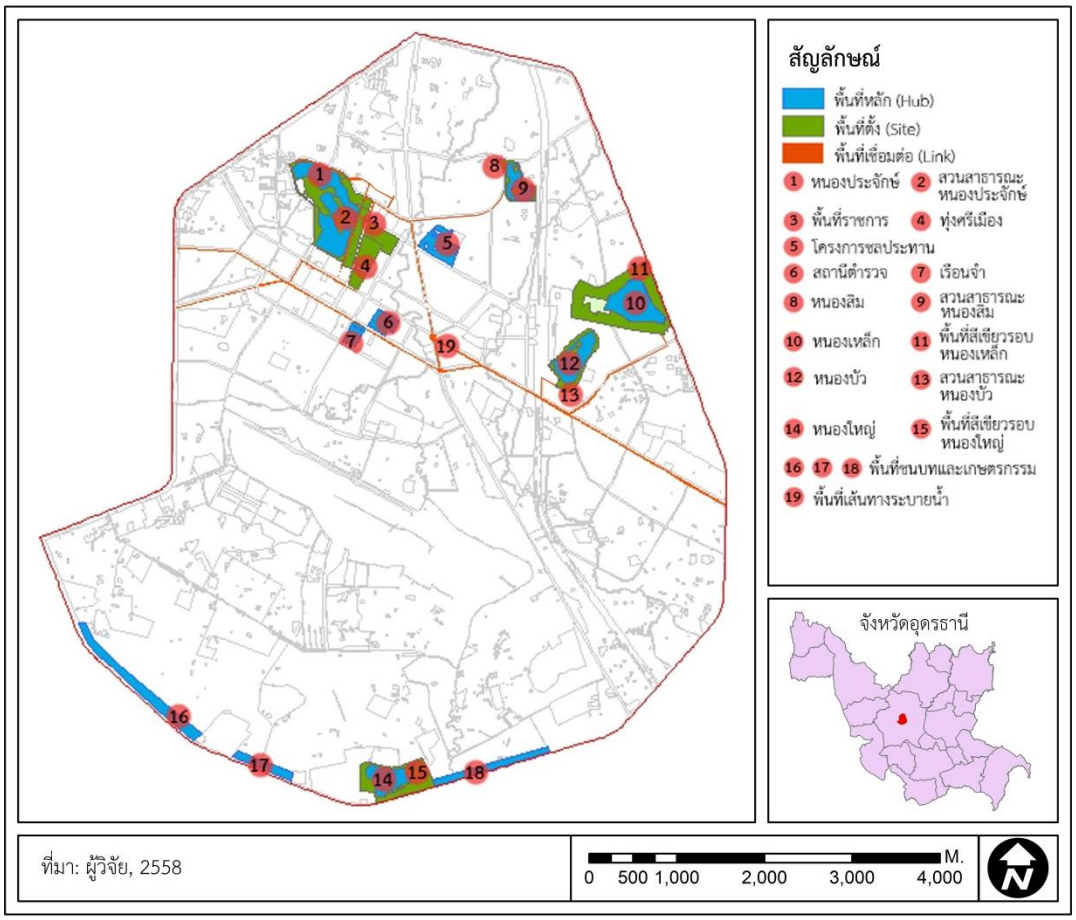
เมื่อพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ที่จะเชื่อมต่อพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดของพื้นที่หลัก (Hub) และพื้นที่ตั้ง (Site) จึงจะได้พื้นที่ที่เหมาะสมที่มีศักยภาพในการพัฒนาให้เป็นพื้นที่เชื่อมต่อตามแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวแต่ในบางพื้นที่ของพื้นที่หลักและพื้นที่ตั้งไม่มีเส้นทางเชื่อมต่อที่เหมาะสมมากที่สุด จึงจำเป็นต้องเพิ่มเชื่อมต่อเชื่อมต่อเพื่อให้สามารถพัฒนาพื้นที่ให้มีความสัมพันธ์กัน (ภาพที่ 5.9)



ภาพที่ 5.9 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดของพื้นที่เชื่อมต่อ

5.3 สรุปพื้นที่ที่เลือกพัฒนา

พื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุด ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณพื้นที่ทางทิศใต้และบริเวณทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา ในเขตตัวเมืองเทศบาลนครอุดรธานี การเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อนำมาเสนอแนะพัฒนาปรับปรุง เลือกจากพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดของพื้นที่ทั้ง 3 องค์ประกอบ และนำการพัฒนาพื้นที่ให้มีประโยชน์ต่อการแก้ไขปัญหาน้ำแล้งในพื้นที่ศึกษา ลดปัญหาน้ำท่วมขัง และส่งเสริมให้เกิดพื้นที่สีเขียวเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมของพื้นที่ โดยรายละเอียดการเลือกพื้นที่เหมาะสมในแต่ละองค์ประกอบดังนี้ (ภาพที่ 5.10)



ภาพที่ 5.10 พื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อนำมาพัฒนาตามแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว

5.3.1 พื้นที่ที่เลือกพัฒนาเป็นพื้นที่หลัก (Hub)

การสนับสนุนเพื่อให้เกิดการพัฒนาพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเลือกพื้นที่ที่จะเสนอแนะแนวการพัฒนาจากความเหมาะสม ทั้งในด้านความสามารถในการพัฒนา เช่น ในพื้นที่ชนบทและพื้นที่เกษตรกรรมทางทิศใต้ของพื้นที่ บางพื้นที่ไม่สามารถเข้าไปพัฒนาได้เพราะเป็นพื้นที่ของประชาชนไว้เพื่อประกอบอาชีพ จึงมีความยากในการพัฒนาพื้นที่ จึงเลือกพื้นที่จะสามารถพัฒนาและส่งเสริมให้เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำเป็นน้ำสำรองได้ โดยจะมีพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ คือ หนองประจักษ์ หนองสิม หนองเหล็ก หนองบัว และหนองใหญ่ พื้นที่ของสำนักงานราชการ ได้แก่ สำนักงานชลประทาน สถานีตำรวจ และเรือนจำกลาง พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรมบางส่วนที่อยู่ติดกับคลองระบายน้ำรอบถนนวงแหวน โดยการพัฒนาพื้นที่หลักจะเน้นสนับสนุนการกักเก็บน้ำไว้เพื่อใช้ในการอุปโภคทดแทนการใช้น้ำประปาเพื่อดูแลจัดการพื้นที่สีเขียว ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนน้ำหรือน้ำไม่เพียงพอในช่วงที่ประสบภัย

5.3.2 พื้นที่ที่เลือกพัฒนาเป็นพื้นที่ตั้ง (Site)

พื้นที่ที่เลือกนำมาพัฒนาจากพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดของพื้นที่ตั้ง ได้เลือกจากการวิเคราะห์และความสามารถในการปรับปรุงพื้นที่ ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่บริเวณสวนสาธารณะ ได้แก่ สวนสาธารณะหนองประจักษ์ สวนสาธารณะหนองสิม และสวนสาธารณะหนองบัว เพื่อส่งเสริมการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเมืองตามวัตถุประสงค์ของแผนพัฒนาเทศบาลนครอุดรธานี จึงกำหนดให้พัฒนาพื้นที่สีเขียวเพิ่มในพื้นที่รอบหนองใหญ่ หนองเหล็ก พื้นที่ทุ่งศรีเมือง รวมทั้งพื้นที่ราชการที่ตั้งอยู่ระหว่างหนองประจักษ์และทุ่งศรีเมือง โดยการพัฒนาพื้นที่เหล่านี้เพื่อส่งเสริมการเพิ่มพื้นที่สีเขียวที่สามารถซึมซับน้ำและกรองน้ำก่อนไหลไปสู่แหล่งกักเก็บน้ำได้ และลดค่าการไหลบ่าของน้ำในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี รวมทั้งช่วยแก้ไขปัญหาทั้งน้ำท่วมขังพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี

5.3.3 พื้นที่ที่เลือกพัฒนาเป็นพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

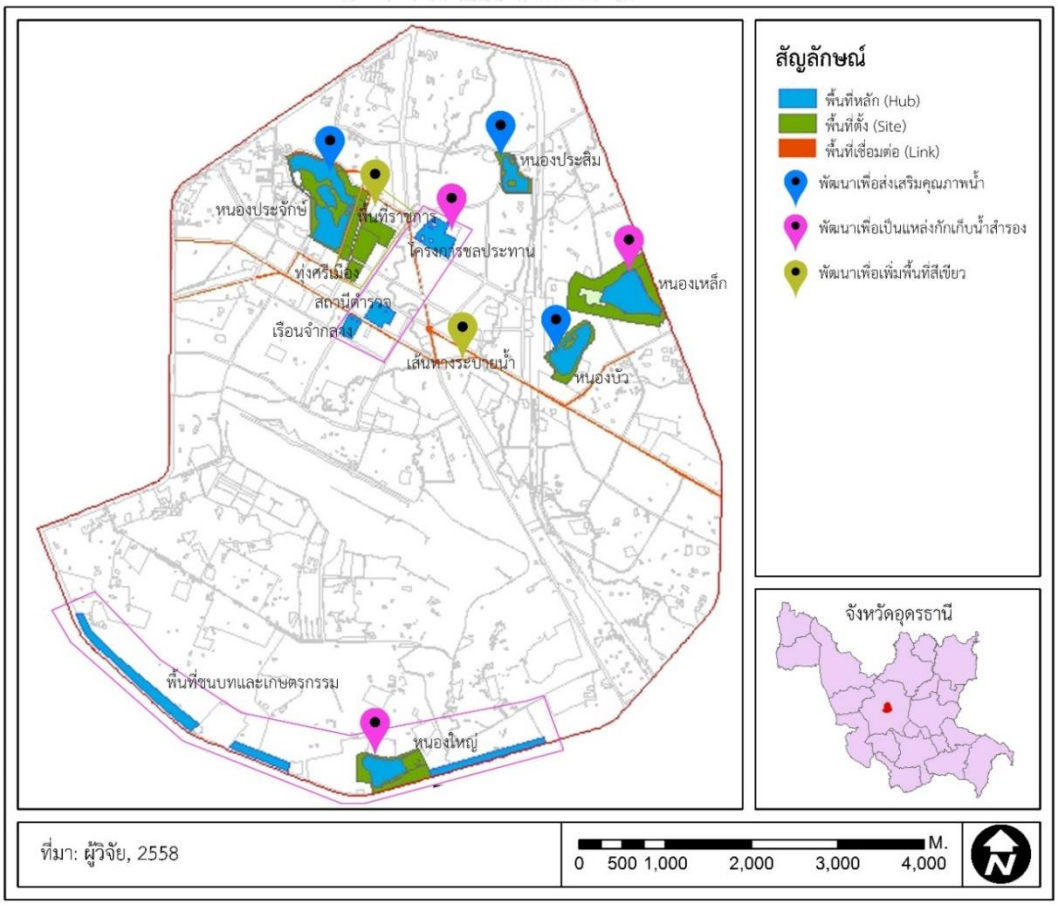
จากการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมที่ได้พื้นที่ทางระบายน้ำหรือเส้นทางน้ำภายในพื้นที่ตัวเมืองเทศบาลนครอุดรธานีในทางทิศเหนือ เชื่อมกับพื้นที่หลักและพื้นที่ตั้งภายในเมือง รวมทั้งเชื่อมต่อกับคลองระบายน้ำรอบถนนวงแหวน โดยการพัฒนาของพื้นที่เชื่อมต่อจะส่งเสริมให้เกิดการรักษาคุณภาพของน้ำในเส้นทางน้ำเหล่านี้ ด้วยการพัฒนาพื้นคอนกรีตด้านบนของเส้นทางน้ำ เป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวที่ช่วยกรองสิ่งปนเปื้อนก่อนระบายไปสู่แหล่งน้ำ และส่งเสริมการลดการไหลบ่าของน้ำ เพิ่มพื้นที่สีเขียวภายในเมือง ช่วยส่งเสริมให้ทัศนียภาพของเมืองมีความสวยงามมากขึ้นได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
ข้อเสนอแนะ

จากการคำนวณหาพื้นที่ด้วยวิธีการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสม ด้วยเครื่องมือทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และได้เลือกพื้นที่จากพื้นที่ที่เหมาะสมของทั้ง 3 องค์ประกอบ นำมาพัฒนาตามแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว (Green Infrastructure) ซึ่งประกอบด้วย พื้นที่หลัก (Hub) พื้นที่ตั้ง (Site) และพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) จากภาพที่ 6.1 แสดงพื้นที่ที่เลือกเพื่อนำมาพัฒนา โดยได้กำหนดให้พื้นที่สีฟ้าเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก พื้นที่สีเขียวเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่ตั้ง และพื้นที่สีส้มเป็นพื้นที่ของพื้นที่เชื่อมต่อ โดยพื้นที่ที่เลือกนำมาพัฒนาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. พื้นที่ด้านเหนือ ประกอบด้วย หนองประจักษ์และพื้นที่สวนสาธารณะโดยรอบ หนองสิมและพื้นที่สวนสาธารณะโดยรอบ หนองบัวและพื้นที่สวนสาธารณะโดยรอบ หนองใหญ่ ทุ่งศรีเมือง พื้นที่ราชการ อาคารสำนักงานราชการและเส้นทางระบายน้ำ
2. พื้นที่ทางใต้ ประกอบด้วย หนองใหญ่และพื้นที่ชนบทและการเกษตร



ภาพที่ 6.1 พื้นที่ที่เลือกเพื่อนำมาพัฒนา

ภาพที่ 6.1 แสดงพื้นที่ที่เลือกเพื่อนำมาพัฒนา ได้เสนอแนะการพัฒนาในแต่ละพื้นที่จะเน้นการส่งเสริมพื้นที่ให้สามารถแก้ไขปัญหาทั้งน้ำขาดแคลนและน้ำไม่เพียงพอ แบ่งการพัฒนาเป็น 3 รูปแบบ คือ (1) การพัฒนาเพื่อส่งเสริมคุณภาพน้ำ คือพื้นที่ที่เป็นหนองน้ำธรรมชาติและมีสวนสาธารณะรอบข้าง ได้แก่ หนองประจักษ์ หนองสิมและหนองบัว (2) การพัฒนาเพื่อเป็นแหล่งกักเก็บน้ำสำรอง ได้แก่ หนองเหล็ก กลุ่มพื้นที่ในเส้นสีชมพูในทางทิศเหนือ คือ สำนักงานตำรวจ โครงการชลประทานและเรือนจำกลาง และกลุ่มพื้นที่ในเส้นสีชมพูทางทิศใต้ คือ หนองใหญ่และพื้นที่ชนบทและการเกษตร (3) การพัฒนาเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว ได้แก่ พื้นที่รอบหนองประจักษ์ เส้นทางคลองระบายน้ำหรือเส้นทางน้ำ และกลุ่มพื้นที่ในเส้นสีเขียว ได้แก่ ทุ่งศรีเมืองและเขตสถาบันราชการ

หลังจากการเสนอแนะการพัฒนาจะเปรียบเทียบผลจากการพัฒนาใน 3 ด้าน คือ ขนาดพื้นที่สีเขียวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่กักเก็บน้ำเพิ่มขึ้น และมูลค่าทางเศรษฐกิจ ดังนั้น จะอธิบายขั้นตอนของแนวทางการพัฒนาพื้นที่ทั้ง 3 องค์ประกอบโครงสร้างพื้นฐานเขียวได้ ดังต่อไปนี้

6.1 แนวทางการพัฒนาพื้นที่หลัก (Hub)

พื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด ในทางทิศเหนือส่วนใหญ่พื้นที่ที่เหมาะสมจะเป็นพื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่

1. หนองประจักษ์ เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดอุดรธานีและพื้นที่ที่ประชาชนใช้ทำกิจกรรมเพื่อพักผ่อนหย่อนใจ สามารถกักเก็บน้ำได้ประมาณ 1,557,000 ลูกบาศก์เมตร

2. หนองสิม เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ทางทิศเหนือของพื้นที่ มีสวนสาธารณะอยู่รอบหนองสิมที่ประชาชนใช้ทำกิจกรรม เช่น ออกกำลังกาย สามารถกักเก็บน้ำประมาณ 671,000 ลูกบาศก์เมตร

3. หนองเหล็ก เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกของพื้นที่ สามารถกักเก็บน้ำประมาณ 1,020,000 ลูกบาศก์เมตร

4. หนองบัว เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติมีสวนสาธารณะอยู่รอบพื้นที่ ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออก สามารถกักเก็บน้ำประมาณ 372,000 ลูกบาศก์เมตร

5. หนองใหญ่ เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของพื้นที่ สามารถกักเก็บน้ำได้ประมาณ 560,000 ลูกบาศก์เมตร

6. พื้นที่สถาบันราชการที่มีความเหมาะสมพัฒนาเป็นพื้นที่หลัก ได้แก่ พื้นที่โครงการชลประทานอุดรธานี สถานีตำรวจ และเรือนจำกลาง ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกันบริเวณทางทิศเหนือของเทศบาลนครอุดรธานี

7. พื้นที่ชนบทและการเกษตรในทางทิศใต้ ที่จะส่งเสริมให้เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำใต้ดิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การพัฒนาพื้นที่เพื่อส่งเสริมให้เป็นไปตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว สามารถให้พื้นที่หลักซึ่งเป็นพื้นที่แหล่งน้ำสามารถรักษาน้ำไว้และเพื่อสภาพแวดล้อมที่ดีของเมือง โดยการส่งเสริมให้เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำไว้ใช้ในช่วงที่เกิดวิกฤตภัยแล้ง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะเสนอแนะการพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำไว้เพื่อรองรับความต้องการการใช้น้ำของประชาชนในช่วงเวลา 1 เดือน ในช่วงที่เทศบาลนครอุดรธานีประสบปัญหาขาดแคลนหรือน้ำไม่เพียงพอมากที่สุด เพื่อช่วยบรรเทาภัยและส่งเสริมให้เทศบาลนครอุดรธานีสามารถจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปริมาณน้ำที่ประชาชนต้องการในช่วงที่ประสบภัยน้ำขาดแคลนหรือน้ำไม่เพียงพอ คิดเป็นปริมาณน้ำประมาณ 970,000 ลูกบาศก์เมตร (รายละเอียดในบทที่3) จะสามารถช่วยบรรเทาหรือแบ่งเบาความต้องการการใช้น้ำจากการประปาส่วนภูมิภาคได้ในระยะเวลาที่กำหนด เป็นการลดการใช้น้ำจากประปา เพื่อให้สามารถบริการน้ำได้ทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ จึงเสนอการพัฒนาการพัฒนาพื้นที่ 2 วิธี คือ การพัฒนาพื้นที่หลัก (Hub) เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำ และ พัฒนาพื้นที่หลัก (Hub) เพื่อเป็นแหล่งน้ำสำรอง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

6.1.1 พัฒนาพื้นที่หลัก (Hub) เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำ

พื้นที่แหล่งน้ำที่ส่งเสริมเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำ คือ พื้นที่หนองประจักษ์ พื้นที่หนองสิม และพื้นที่หนองบัวที่ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีสวนสาธารณะอยู่รอบๆ ดังนั้นเพื่อส่งเสริมให้น้ำมีคุณภาพที่ดี สามารถนำไปใช้ในการอุปโภค เช่น การลดน้ำต้นไม้ภายในสวนสาธารณะ แต่ไม่สามารถนำไปใช้ในการบริโภคได้ เพราะคุณภาพของน้ำอาจจะไม่สะอาดเพียงพอ แต่เพื่อส่งเสริมให้คงสภาพแวดล้อมที่ดีมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงเสนอแนะวิธีการพัฒนาเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำด้วยวิธีการใช้ระบบกักเก็บน้ำด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Stormwater wetland) ดังนี้

6.1.1.1 การใช้ระบบกักเก็บน้ำด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Stormwater wetland)

วิธีการพัฒนาแบบพืชพรรณปลูกไว้รอบๆหนองน้ำ และใช้พืชกรองก่อนลงสู่แหล่งน้ำ เป็นระบบการเก็บน้ำด้วยพืชพรรณ (ดูรายละเอียดในบทที่ 2) ที่ใช้พืชพรรณ เช่น ธูปฤาษี กกกลม ช่วยรักษาคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำ อีกทั้งช่วยกรองมลพิษและสิ่งปนเปื้อนก่อนที่น้ำจะไหลลงมาสู่แหล่งน้ำ ทั้งยังช่วยในการรักษาสภาพแวดล้อม สามารถส่งเสริมให้แหล่งน้ำมีความสวยงามและมีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น (ภาพที่ 6.2) (City of Sydney., 2012)

ภาพที่ 6.2 การพัฒนาพื้นที่ด้วยวิธีพื้นที่ชุ่มน้ำ (Stormwater wetland)
ที่มา: City of Sydney, 2016

6.1.2 พัฒนาพื้นที่หลัก (Hub) เพื่อเป็นแหล่งน้ำสำรอง

การพัฒนาเพื่อการกักเก็บน้ำไว้ใช้เป็นน้ำสำรองเพื่อใช้ในช่วงที่ประสบปัญหาน้ำขาดแคลนหรือน้ำไม่เพียงพอ ได้แก่ พื้นที่หนองเหล็ก หนองใหญ่ อาคารสำนักงานราชการ และพื้นที่ชนบทและเกษตรกรรมในทางทิศใต้ของพื้นที่ โดยจะแบ่งพื้นที่พัฒนาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. พื้นที่สีเขียวรอบหนองเหล็ก หนองใหญ่ และพื้นที่ชนบทและเกษตรกรรมทางทิศใต้ เสนอแนะให้พัฒนาเป็นพื้นที่แหล่งกักเก็บน้ำสำรอง ไว้ใช้ในช่วงน้ำขาดแคลนหรือน้ำไม่เพียงพอ ด้วยขนาดของพื้นที่ที่สามารถกักเก็บน้ำได้ปริมาณมากและโดยรอบของพื้นที่เป็นพื้นที่สีเขียว พื้นที่ป่า นอกจากนั้นเพื่อส่งเสริมให้เกิดการกักเก็บน้ำอย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ควรมีการพัฒนาพื้นที่โดยรอบพื้นที่แหล่งน้ำ ให้ส่งเสริมการรักษาคุณภาพของน้ำดังนั้นจึงเสนอแนะวิธีการพัฒนาพื้นที่เพื่อกักเก็บน้ำ 2 วิธี คือ วิธีกักเก็บน้ำแบบใช้พืชพรรณ (Bioretention) และวิธีสวนฝน (Rain Garden) โดยมีรายละเอียดดังนี้

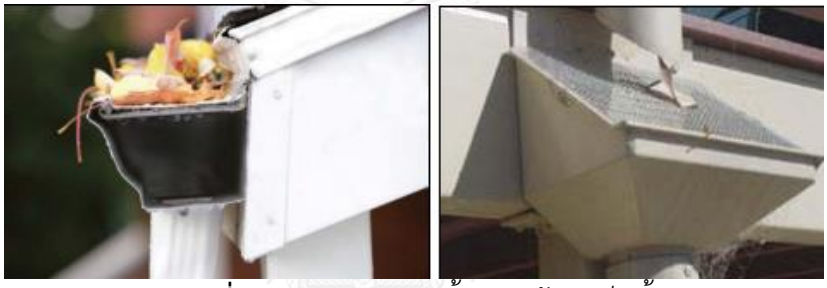
1.1 วิธีกักเก็บน้ำแบบใช้พืชพรรณ (Bioretention) เป็นพื้นที่รองรับการระบายน้ำฝน โดยออกแบบให้มีการปลูกพืชบนดิน จะมีหรือไม่มีระบบท่อกักเก็บน้ำใต้ดินได้ด้วย (ดูรายละเอียดในบทที่ 2) ซึ่งการออกแบบพื้นที่ลักษณะดังกล่าวสามารถปรับใช้ได้ทั้งในพื้นที่หลักและพื้นที่ตั้ง ถ้าต้องการพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำ สามารถใช้ท่อต่อเชื่อมกับแหล่งกักเก็บน้ำได้ ซึ่งวิธีการพัฒนาแบบใช้พืชพรรณมีประโยชน์หลัก 2 อย่าง คือ ช่วยซึมซับน้ำลดค่าการไหลบ่า และช่วยกักเก็บน้ำด้วยคุณภาพน้ำที่ดี (Gruber, 2013) ซึ่งการออกแบบพื้นที่ลักษณะดังกล่าวสามารถปรับใช้ได้ทั้งในพื้นที่หลักและพื้นที่ตั้ง ถ้าต้องการพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำ สามารถใช้ท่อต่อเชื่อมกับแหล่งกักเก็บน้ำได้ (ภาพที่ 6.3)

ภาพที่ 6.3 การพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำแบบใช้พืชพรรณ (Bioretention) มหานครนิวยอร์ก
ที่มา: Gruber, 2013

1.2 วิธีสวนฝน (Rain Garden) เน้นการกักเก็บน้ำใต้ดินและกรองน้ำก่อนลงสู่แหล่งน้ำ สำหรับการพัฒนาพื้นที่ติดกับพื้นที่แหล่งน้ำเพื่อส่งน้ำไปสู่แหล่งน้ำหรือสามารถกักเก็บได้ด้วยถังเก็บน้ำใต้ดินและเมื่อต้องการใช้น้ำสามารถนำมาใช้งานได้ ซึ่งในพื้นที่ชนบทและเกษตรกรรมส่งเสริมให้เป็นแหล่งเก็บน้ำใต้ดินใน เนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้ตั้งอยู่ทางทิศใต้ ซึ่งการไหลของน้ำก่อนจะเข้าสู่พื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี จะเข้ามาในทางตะวันตกเฉียงใต้ (เอกสิทธิ์ โฆษิตสกุลชัย, 2558) อีกทั้งยังติดกับเส้นทางระบายน้ำรอบถนนวงแหวน เหมาะแก่การพัฒนาพื้นที่ชนบทและเกษตรกรรมส่งเสริมให้เป็นแหล่งเก็บน้ำใต้ดิน เพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ในครัวเรือนและในการเกษตรกรรมได้ โดยขนาดของพื้นที่กักเก็บน้ำใต้ดินขึ้นอยู่กับความสามารถของการพัฒนาพื้นที่ ด้วยพื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่เพาะปลูก ทำเกษตรกรรมของประชาชน จึงต้องได้รับความร่วมมือจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีจำนวนมาก แต่เป็นการพัฒนาเพื่อเก็บน้ำไว้ให้ประชาชนในพื้นที่ได้ใช้ในช่วงที่เกิดภัยแล้ง ดังนั้นการจัดการพัฒนาพื้นที่ควรมีการใช้กระบวนการการมีส่วนรวมของประชาชนในการพัฒนาจึงจะประสบผลสำเร็จในการพัฒนามากขึ้น

2. พื้นที่อาคารสำนักงานราชการ ได้แก่ สถานีตำรวจ ชลประทาน และพื้นที่สถานีตำรวจ เสนอแนะให้พัฒนาพื้นที่เพื่อส่งเสริมให้ใช้ทรัพยากรน้ำได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีการพัฒนาพื้นที่อาคาร 2 วิธี คือ (1) วิธีระบบหลังคาเขียว (Green roofs) และ (2) ถังเก็บน้ำฝน (Rain Barrels)

โดยเสนอแนะให้ใช้พื้นที่อาคารสำนักงานของราชการที่ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของพื้นที่ ให้เป็นพื้นที่ส่งเสริมการกักเก็บน้ำไว้ใช้ โดยพัฒนาให้สามารถนำน้ำจากหลังคามาใช้เป็นน้ำสำรองได้ ซึ่งอาจจะใช้เพื่อการอุปโภคในสำนักงาน โดยจะใช้การพัฒนาด้วยระบบหลังคาเขียว (Green roofs) และถังเก็บน้ำฝน (Rain Barrels) มาใช้ในการพัฒนาพื้นที่ราชการ เพื่อพัฒนาเป็นตัวอย่างแก่สำนักงานอื่นและเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ โดยมีการพัฒนาดังนี้ เริ่มจากการออกแบบชั้นหลังคาให้สามารถปลูกพืช หญ้า บนหลังคาได้ มีชั้นกรองน้ำและส่งน้ำเข้าสู่ทางระบายน้ำและไหลไปรวมกันในถังเก็บน้ำที่เชื่อมต่อกันด้วยท่อ เมื่อเข้าไปรวมกันในถังเก็บน้ำที่เตรียมไว้ สามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ภายในอาคารได้ (ดูรายละเอียดในบทที่ 2) และเพื่อการระบายน้ำไปสู่ถังจากหลังคาอาจจะมีเศษตะกรองหรือเศษหญ้าผสมอยู่ด้วย ดังนั้นควรมีตะแกรงกรองน้ำก่อนที่จะส่งไปสู่ถังเก็บน้ำฝนอีกทีจะช่วยเพิ่มคุณภาพของน้ำมากขึ้น (ภาพที่ 6.4)



ภาพที่ 6.4 ตะแกรงกรองน้ำก่อนเข้าถังเก็บน้ำ

ที่มา: Credit Valley Conservation & Toronto and Region Conservation Authority, 2010

การพัฒนาส่งเสริมให้อาคารสำนักงานสามารถกักเก็บน้ำไว้ใช้ได้ พื้นที่อาคารละ 10,000 ลิตร หรือประมาน 10 ลูกบาศก์เมตร ช่วยลดความต้องการการใช้น้ำภายในเขตพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีให้น้อยลงได้ และช่วยภาครัฐประหยัดงบประมาณค่าใช้จ่าย ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้มีประโยชน์

6.2 แนวทางการพัฒนาพื้นที่ตั้ง (Site)

ส่งเสริมการพัฒนาพื้นที่ในเขตเทศบาลนครอุดรธานี ที่เป็นไปตามยุทธศาสตร์การพัฒนาเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2559 – พ.ศ.2561 ให้มีพื้นที่สีเขียว สวนสาธารณะ สถานที่โล่งว่าง (open space) และพัฒนาพื้นที่รกร้างว่างเปล่าเพื่อการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมมากขึ้น โดยแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวได้เน้นการพัฒนาพื้นที่สีเขียว ที่ไม่เพียงแต่ส่งเสริมด้านทัศนียภาพของเมือง ยังช่วยลดการไหลบ่าของน้ำฝนในพื้นที่ สามารถแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่ได้ โดยเฉพาะในช่วงที่เกิดฝนตกหนัก และสามารถส่งเสริมการรักษาคุณภาพของน้ำ จากพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่ตั้งทั้งหมด 5 พื้นที่ ได้แก่

1. สวนสาธารณะหนองประจักษ์ที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่

2. สวนสาธารณะหนองสิมที่ตั้งอยู่ทางทิศเหนือ

3. สวนสาธารณะหนองบัว (สวนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ) ที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของพื้นที่

4. ทุ่งศรีเมือง ที่ทำกิจกรรมเพื่อพักผ่อนหย่อนใจของประชาชนเทศบาลนครอุดรธานี ตั้งอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ ใกล้พื้นที่หนองประจักษ์

5. พื้นที่ราชการที่อยู่ติดกับพื้นที่ทุ่งศรีเมืองและหนองประจักษ์ นอกจากนั้นยังเสนอแนะการเพิ่มพื้นที่สีเขียวรอบหนองเหล็กและหนองใหญ่เพื่อกักเก็บน้ำใต้ดินด้วย

การพัฒนาพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีเพื่อส่งเสริมให้มีพื้นที่สีเขียวเพิ่มมากขึ้น สีเขียวที่สามารถสร้างประโยชน์ทั้งสิ่งแวดล้อมและเป็นประโยชน์ต่อประชาชน เพื่อเพิ่มคุณภาพของน้ำและลดการไหลบ่าของน้ำฝนที่ช่วยแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขัง จึงเสนอแนะการพัฒนาพื้นที่ 2 วิธี คือ (1) พัฒนาพื้นที่โดยใช้รูปแบบหลุมต้นไม้ (Bioswales) และ(2) พัฒนาพื้นที่โดยใช้รูปแบบใช้พื้นผิวแบบรูพรุน (Permeable Pavers) โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.2.1 พัฒนาพื้นที่โดยใช้รูปแบบหลุมต้นไม้ (Bioswales)

การพัฒนาแบบหลุมต้นไม้ เป็นการพัฒนาพื้นที่บริเวณทางเดินหรือริมถนน โดยสร้างหลุมต้นไม้ให้มีความลึก และสร้างชั้นดินและหินเพื่อรองรับน้ำไหลบ่าเข้ามาในพื้นที่ น้ำที่แทรกซึมผ่านรากต้นไม้ ชั้นหิน และชั้นดินจะช่วยกรองมลพิษ ก่อนเข้าท่อระบายน้ำที่ฝังดิน และนำน้ำไหลไปสู่แหล่งน้ำได้ เป็นการลดปัญหาน้ำท่วมขังได้ โดยเสนอให้พัฒนาพื้นที่บริเวณริมทางเดินรอบพื้นที่สวนสาธารณะ (ภาพที่ 6.5)

ภาพที่ 6.5 พัฒนาพื้นที่แบบหลุมต้นไม้ (Bioswales)

ที่มา: United States Environmental Agency, 2004

6.2.2 พัฒนาพื้นที่โดยใช้รูปแบบใช้พื้นผิวแบบรูพรุน (Permeable Pavers)

บริเวณพื้นที่บริเวณทุ่งศรีเมืองที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ ที่เป็นพื้นที่ทำกิจกรรมต่างๆของประชาชนในเทศบาลนครอุดรธานี ทั้งกิจกรรมออกกำลังกาย การค้าขาย เป็นต้น แต่ด้วยพื้นของพื้นที่ทุ่งศรีเมืองมีการลาดพื้นด้วยคอนกรีตเกือบทั้งหมด ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ทำให้การไหลบ่าของน้ำสูงขึ้น ดังนั้น ควรมีการปรับปรุงพื้นที่บริเวณลานทุ่งศรีเมือง ดังนั้น เสนอให้มีการพัฒนาพื้นด้วยการส่งเสริมการแทรกซึมของน้ำ ด้วยรูปแบบพื้นผิวแบบรูพรุน (Permeable Pavers) โดยเป็นพื้นคอนกรีตที่มีรูหรือช่อง ในช่องจะดิน ทราย กรวด ทับลงไปเพื่อให้เกิดการแทรกซึมลงน้ำได้ (ภาพที่ 6.6) หรือในปัจจุบันมีพื้นที่คอนกรีตที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ (ภาพที่ 6.7) ทำมาจากปูซีเมนต์ผสมกับกินกรวด ซึ่งเหมาะสำหรับพัฒนาเป็นพื้นที่ทางเดินหรือลานจอดรถ และสามารถพัฒนาบนพื้นที่ที่เป็นที่กักเก็บน้ำใต้ดินได้ (ซีเพล็ก, 2557)

ภาพที่ 6.6 การพัฒนาพื้นผิวแบบรูพรุน (Permeable Pavers)
ที่มา: United States Environmental Agency, 2004

ภาพที่ 6.7 พื้นที่คอนกรีตน้ำสามารถซึมผ่านได้
ที่มา: ซีเพล็ก, 2557

6.3 แนวทางการพัฒนาพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับนำมาพัฒนาเป็นเส้นทางเชื่อมต่อ คือ เส้นทางระบายน้ำบริเวณพื้นที่ตัวเมืองในทางทิศเหนือของพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี ลักษณะพื้นที่ด้านบนของเส้นทางน้ำเป็นทางเดินเท้าและฟุตบาทที่ทำด้วยพื้นคอนกรีต และพื้นที่เหล่านี้มีความเหมาะสมเป็นพื้นที่เชื่อมต่อตามแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว คือสร้างความสัมพันธ์ของพื้นที่ตั้งและพื้นที่หลัก เป็นพื้นที่ทางเดินเท้า พื้นที่สีเขียวขนาดเล็ก ช่วยส่งเสริมการซึมซับของน้ำลงสู่ใต้ดิน เพิ่มคุณภาพของคลองระบายน้ำให้มีความสะอาดมากขึ้นและสร้างทัศนียภาพของเทศบาลนครอุดรธานีให้สวยงาม

เพื่อส่งเสริมให้เส้นทางการระบายน้ำทางแนวถนน สามารถระบายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงต้องพัฒนาพื้นที่ที่ช่วยในการกรองสิ่งปนเปื้อนในน้ำ โดยวิธีการพัฒนา 2 วิธี คือ 1.วิธีแบบการใช้ต้นไม้เป็นตัวกรอง (Tree Filters) และ2.วิธีแบบกระถางจัดการน้ำฝน (Stormwater Planters) ทั้ง 2 วิธี รูปแบบการพัฒนา โดยใช้ต้นไม้ใหญ่หรือพืชหญ้า ช่วยในการกรองน้ำฝนที่ไหลลงสู่กรองระบายน้ำ (ดูรายละเอียดในบทที่ 2)

6.3.1 การพัฒนาพื้นที่ในรูปแบบการใช้ต้นไม้เป็นตัวกรอง (Tree Filters)

เป็นพื้นที่ขนาดเล็กที่มีการปลูกต้นไม้ ที่ใช้พืชพรรณต่างๆ และมีระบบการระบายน้ำอยู่ด้านล่างดิน ช่วยการไหลบ่าของน้ำและช่วยกรองมลพิษทางน้ำได้

6.3.2 การพัฒนาพื้นที่ในรูปแบบกระถางจัดการน้ำฝน (Stormwater Planters)

คล้ายกับการพัฒนาแบบแรก โดยจะเป็นลักษณะเป็นกระถาง ที่มีกำแพงคอนกรีตกั้นเพื่อใส่ดินและพืชพรรณ ช่วยรักษาระดับการไหลบ่าของน้ำ จากการออกแบบพื้นที่การใช้ต้นไม้เป็นตัวกรองที่รูปแบบที่เป็นกระถางหรือบล็อกสำหรับต้นไม้ มีดินและกรวดที่ใช้ในการกรองมลพิษจากน้ำที่ไหลจากหลังคาหรืออาคารบ้าน ก่อนจะไหลลงสู่ทางระบายน้ำที่มีอยู่เดิม ส่งเสริมให้ทางเดินเท้าหรือฟุตบาทมีพื้นที่สีเขียวเพิ่มขึ้น และช่วยสร้างทัศนียภาพของเมืองให้สวยงาม

ดังนั้นการพัฒนาพื้นที่เชื่อมต่อทั้ง 2 วิธี คือ พัฒนาพื้นที่ในรูปแบบการใช้ต้นไม้เป็นตัวกรอง (Tree Filters) และการพัฒนาพื้นที่ในรูปแบบกระถางจัดการน้ำฝน (Stormwater Planters) ช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้เทศบาลนครอุดรธานี ส่งเสริมการสร้างทัศนียภาพให้สวยงาม ทั้งยังส่งเสริมการเชื่อมต่อพื้นที่หลักและพื้นที่ตั้งให้สามารถเข้าถึง หรือส่งเสริมให้พื้นที่สีความนาสนใจและความดึงดูดเพิ่มมากขึ้น

6.4 เปรียบเทียบพื้นที่จากการประยุกต์ใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว

จากการประยุกต์ใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว เพื่อใช้ในการปรับปรุงพื้นที่ช่วยส่งเสริมด้านการจัดการทรัพยากรน้ำภายในเขตเทศบาลนครอุดรธานี และเพิ่มพื้นที่สีเขียวเพื่อให้

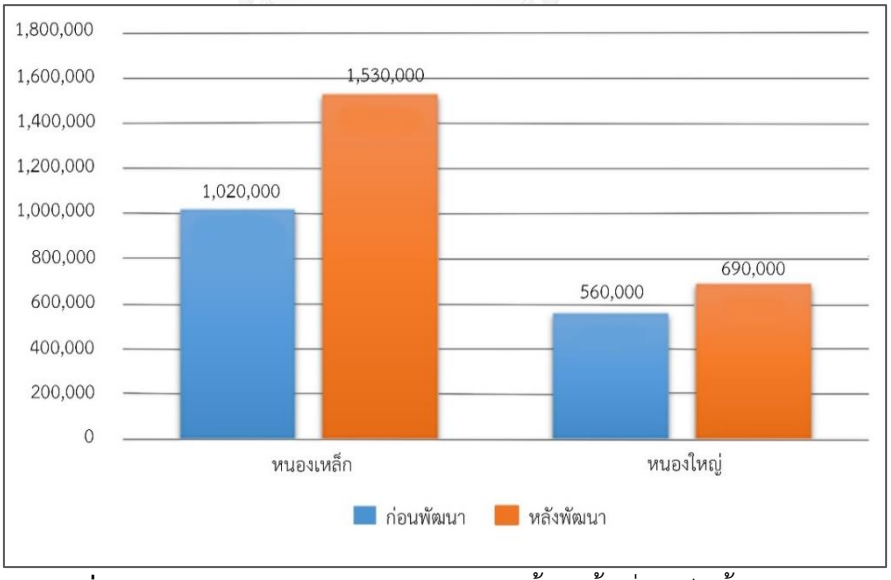
ส่งเสริมแผนพัฒนาของเทศบาลนครอุดรธานี ได้เสนอแนะแนวทางการพัฒนาพื้นที่ในรูปแบบต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพและผลประโยชน์จากการพัฒนาพื้นที่ในอนาคต จะทำการเปรียบเทียบพื้นที่ก่อนและหลังการพัฒนาใน 3 ด้าน ได้แก่ 1.เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ 2.เปรียบเทียบขนาดพื้นที่สีเขียว และ3.เปรียบเทียบมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยมีรายละเอียดของการเปรียบเทียบแต่ละด้าน ดังนี้

6.4.1 เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่กักเก็บได้

พื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติ ที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นพื้นที่หลัก ได้แก่

1. พื้นที่หนองเหล็ก มีขนาดพื้นที่ 204,000 ตารางเมตร สามารถจุน้ำได้ประมาณ 1,020,000 ลูกบาศก์เมตร หลังจากการพัฒนาพื้นที่โดยการขยายพื้นที่เป็น 240,000 ตารางเมตร สามารถจุน้ำได้ 1,200,000 และพัฒนาพื้นที่รอบๆ ลึก 2 เมตร ให้เป็นสีเขียวและกักเก็บน้ำใต้ดิน สามารถกักเก็บน้ำได้ประมาณ 330,000 ลูกบาศก์เมตร รวมพื้นที่หนองเล็กสามารถกักเก็บน้ำได้ทั้งหมดประมาณ 1,530,000 ลูกบาศก์เมตร (ภาพที่ 6.8)

2. พื้นที่หนองใหญ่มีขนาด 112,000 ตารางเมตร สามารถจุน้ำได้ 560,000 ลูกบาศก์เมตร หลังจากการพัฒนาพัฒนาพื้นที่รอบๆ ลึก 2 เมตร ให้เป็นสีเขียวและกักเก็บน้ำใต้ดินเช่นเดียวกัน สามารถกักเก็บน้ำได้ประมาณ 130,000 ลูกบาศก์เมตร รวมพื้นที่หนองใหญ่สามารถกักเก็บน้ำได้ทั้งหมดประมาณ 690,000 ลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 6.8 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณน้ำในพื้นที่กักเก็บน้ำสำรองใหม่

ดังนั้น รวมพื้นที่เขตเทศบาลนครอุดรธานีมีน้ำสำรองไว้ใช้ในช่วงประสบปัญหาภัยน้ำไม่เพียงพอ จำนวน 2,220,000 ลูกบาศก์เมตร โดยจะกำหนดให้แหล่งกักเก็บน้ำเหล่านี้ไว้ใช้เพื่อดูแลจัดการพื้นที่สีเขียว ช่วยบรรเทาปัญหาภัยแล้งส่งเสริมให้เมืองน่าอยู่โดยการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า และปัจจุบันพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีมีพื้นที่สีเขียวจำนวน 423,000 ตารางเมตร จากค่าเฉลี่ยใช้น้ำเพื่อรดดูแลจัดการพื้นที่สีเขียวประมาณ 5 ลิตร/ตารางเมตร/วัน ดังนั้นพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีจึงต้องเตรียมปริมาณน้ำเพื่อพื้นที่สีเขียวอย่างน้อย 2,115 ลูกบาศก์เมตร/วัน หรือคิดเป็น 63,450 ลูกบาศก์เมตร/เดือน หลังจากพัฒนาพื้นที่สีเขียวที่เพิ่มขึ้นเป็น 793,000 ตารางเมตร ดังนั้นปริมาณน้ำที่ต้องการใช้เพื่อพื้นที่สีเขียวหลังจากการพัฒนาประมาณ 118,950 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ซึ่งจากการพัฒนาแหล่งกักเก็บน้ำสามารถกักเก็บได้ จำนวน 2,220,000 ลูกบาศก์เมตร จึงเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำเพื่อดูแลจัดการพื้นที่สีเขียวในเทศบาลนครอุดรธานี

6.4.2 เปรียบเทียบขนาดพื้นที่สีเขียว

จากเกณฑ์มาตรฐานขนาดพื้นที่สีเขียวในเขตชุมชนเมืองขนาดใหญ่สำหรับเมืองที่เป็นเทศบาลนครควรมีพื้นที่สีเขียวอย่างน้อย 4 ตารางเมตรต่อคน หรือ 2.5 ไร่ต่อประชากร 1,000 คน (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2557) และในปัจจุบันพ.ศ.2558 เทศบาลนครอุดรธานีมีประชากรจำนวน 132,106 คน ดังนั้นในพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีควรมีพื้นที่สีเขียว 528,482 ตารางเมตร หรือ 330.27 ไร่ ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานียังมีพื้นที่สีเขียวไม่เพียงพอตามค่ามาตรฐานพื้นที่สีเขียวสำหรับเมืองที่เป็นเทศบาลนคร

ดังนั้นการเสนอแนะการพัฒนาพื้นที่จากการประยุกต์ใช้แนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวส่งเสริมให้เทศบาลนครอุดรธานีมีพื้นที่สีเขียวตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ด้วยการพัฒนาในรูปแบบต่างๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว สามารถแบ่งประเภทของพื้นที่สีเขียวที่เพิ่มขึ้นได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

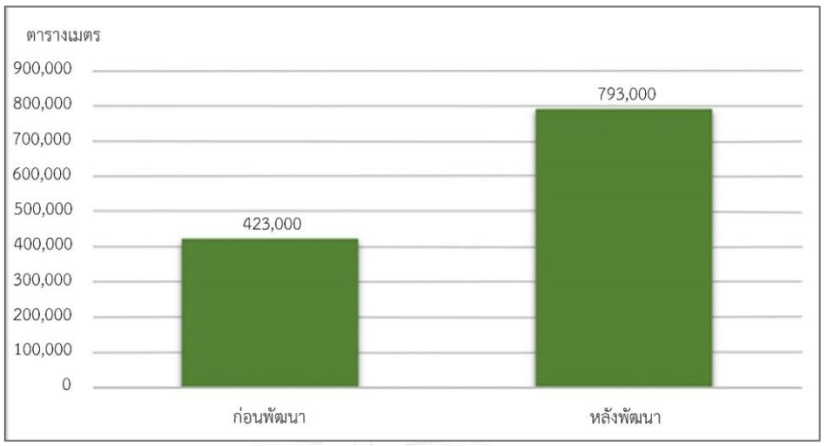
6.4.2.1 พื้นที่สีเขียวที่น้ำซึมผ่านลงใต้ดิน

จากการพัฒนาพื้นที่ที่ส่งเสริมให้เปลี่ยนจากพื้นที่ปิดทึบหรือพื้นที่คอนกรีตที่น้ำซึมผ่านไม่ได้พัฒนาให้เป็นพื้นที่ที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ ได้แก่ (1) พื้นที่สีเขียวในบริเวณทุ่งศรีเมืองมีขนาดพื้นที่ 109,000 ตารางเมตร เนื่องจากพื้นลานทุ่งศรีเมืองส่วนใหญ่เป็นคอนกรีต ดังนั้น เสนอแนะการพัฒนาพื้นที่ที่ส่งเสริมให้เกิดพื้นที่สีเขียวและพื้นที่ที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ (2) พื้นที่ศาลหลักเมือง คิดเป็นพื้นที่ 154,000 ตารางเมตร

6.4.2.2 พื้นที่สีเขียวส่งเสริมการกักเก็บน้ำใต้ดิน

การพัฒนาพื้นที่ที่ส่งเสริมให้เป็นพื้นที่สีเขียวที่สามารถกักเก็บน้ำใต้ดินได้ เป็นพื้นที่สีเขียวบริเวณหนองเหล็ก 330,000 ตารางเมตร และหนองใหญ่ 130,000 ตารางเมตร นอกจากนั้นยังมีพื้นที่

สีเขียวจากการพัฒนาพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) คิดเป็นพื้นที่ 70,000 ตารางเมตร ดังนั้นการพัฒนาพื้นที่ตามแนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว สามารถเพิ่มพื้นที่สีเขียวภายในเมืองมากขึ้นประมาณ 793,000 ตารางเมตร (ภาพที่ 6.9)



ภาพที่ 6.9 แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่สีเขียว

จากก่อนพัฒนามีพื้นที่สีเขียวประมาณ 423,000 ตารางเมตร เมื่อคำนวณตามความต้องการจากเกณฑ์มาตรฐานขนาดพื้นที่สีเขียวในเมืองประเภทเทศบาลนคร พบว่าพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีต้องการพื้นที่สีเขียวอย่างน้อย 528,482 ตารางเมตร หรือ 330.27 ไร่ ดังนั้นจากการพัฒนาเพิ่มพื้นที่สีเขียวจากเดิมเพิ่มขึ้นประมาณ 370,000 ตารางเมตร ซึ่งมีพื้นที่สีเขียวเพียงพอตามมาตรฐานพื้นที่สีเขียวภายในเมืองที่กำหนดไว้

6.4.3 เปรียบเทียบมูลค่าทางเศรษฐกิจ

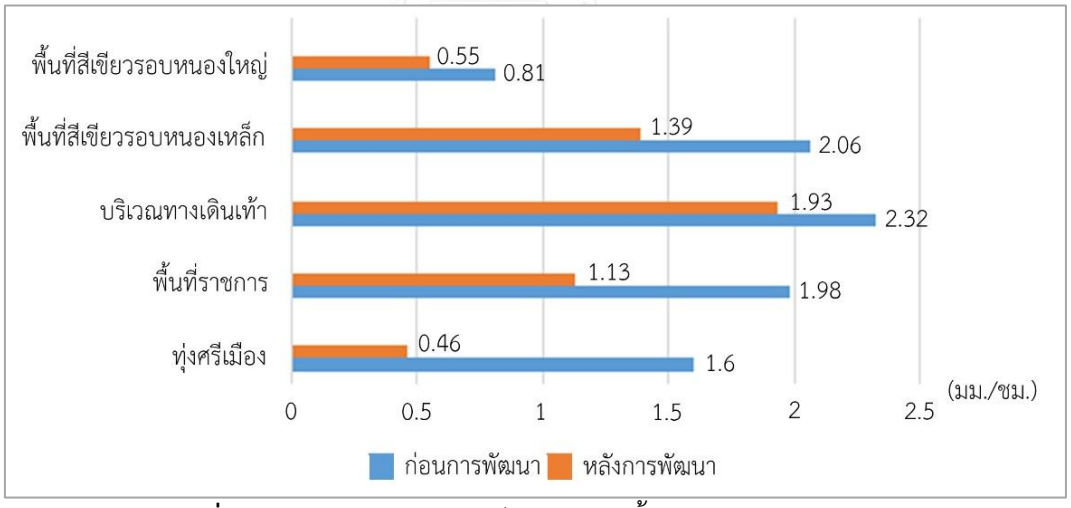
การพัฒนาพื้นที่ส่งเสริมด้านการจัดการน้ำเพื่อบรรเทาปัญหาน้ำขาดแคลนหรือน้ำไม่เพียงพอ โดยการพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำเพื่อเป็นน้ำสำรองไว้ใช้ในช่วงที่ประสบปัญหา ดังนั้น ในการเปรียบเทียบมูลค่าทางเศรษฐกิจของการพัฒนาพื้นที่ จะใช้ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำของประชาชนเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างในการพัฒนา โดยในปัจจุบันอัตราค่าบริการการใช้น้ำ คิดเป็น 19.76 บาท/หน่วย และ เมื่อพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำได้เพื่อส่งเสริมให้นำน้ำไปใช้สำหรับพื้นที่สีเขียว ปัจจุบันพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีปัจจุบันมีพื้นที่สีเขียวจำนวน 423,000 ตารางเมตร หลังจากการเสนอแนะการพัฒนาพื้นที่จึงมีพื้นที่สีเขียวเพิ่มขึ้นเป็น 793,000 ตารางเมตร ดังนั้นปริมาณน้ำที่ต้องการใช้เพื่อพื้นที่สีเขียวหลังจากการพัฒนาประมาณ 118,950 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน จากความต้องการการใช้น้ำในเทศบาลนครอุดรธานีทั้งหมด 970,000 ลูกบาศก์เมตร/เดือน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนของการใช้น้ำเพื่อพื้นที่สีเขียวเป็นร้อยละ 12.26 โดยจะนำน้ำที่กักเก็บเป็นน้ำสำรองช่วยลดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 2,350,452 บาท/

เดือน ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ลดลงทางหน่วยงานภาครัฐที่เป็นผู้ดูแลพื้นที่สีเขียวภายในเมือง จะสามารถนำไปส่งเสริมการพัฒนาพื้นที่ให้มีรองรับการเข้าใช้พื้นที่ของประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้เพื่อให้เห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาพื้นที่ที่ส่งเสริมให้มีพื้นที่สีเขียวมากขึ้น จะช่วยลดปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่ได้ดีขึ้น ด้วยการเปรียบเทียบค่าการไหลบ่าของพื้นที่ ซึ่งคิดเฉพาะพื้นที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาพัฒนาตามแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว

6.4.4 เปรียบเทียบค่าการไหลบ่า

จากการเสนอแนะการพัฒนาพื้นที่ทั้ง 3 องค์ประกอบของแนวความคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว ส่งผลให้พื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีมีการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นเพื่อให้เห็นความแตกต่างของการพัฒนาที่ดิน จึงจะเปรียบเทียบค่าการไหลบ่าของน้ำ เฉพาะในพื้นที่ที่มีการเสนอแนะการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ที่มีทั้งหมด 5 พื้นที่ (ภาพที่ 6.10) พื้นที่มีการพัฒนาพื้นที่สีเขียวจากเดิมที่เป็นพื้นที่คอนกรีตหรือพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ยาก จะช่วยปรับเปลี่ยนความสามารถของการระบายน้ำซึ่งสามารถช่วยลดค่าการไหลบ่าของน้ำ ซึ่งค่าการไหลบ่าของน้ำที่ช้าลงหมายถึงความสามารถที่พื้นที่ที่สามารถกักเก็บน้ำได้เพิ่มขึ้นหรือมีน้ำไหลลงสู่ใต้ดินได้มากขึ้น และเมื่อคำนวณหาค่าการไหลบ่าของน้ำก่อนและหลังการพัฒนาพื้นที่สามารถสรุปได้ ดังนี้



ภาพที่ 6.10 เปรียบเทียบค่าการไหลบ่าของน้ำก่อนและหลังการพัฒนา

จากแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าการไหลบ่าของน้ำก่อนและหลังการพัฒนา ในพื้นที่ที่กำหนดไว้ดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีการพัฒนาพื้นที่สีเขียวจะช่วยลดค่าการไหลบ่าน้ำได้ โดยสำหรับพื้นที่ทุ่งศรีเมือง มีค่าการไหลบ่าลดลง 1.14 มิลลิเมตร/ชั่วโมง พื้นที่ราชการมีค่าการไหลบ่าลดลง 0.85 มิลลิเมตร/ชั่วโมง พื้นที่บริเวณทางเดินเท้า/ฟุตบาทมีค่าการไหลบ่าลดลง 0.39 มิลลิเมตร/

ชั่วโมง พื้นที่สีเขียวรอบหนองเหล็กมีค่าการไหลบ่าลดลง 0.67 มิลลิเมตร/ชั่วโมง และพื้นที่สีเขียวรอบหนองใหญ่มีค่าการไหลบ่าลดลง 0.26 มิลลิเมตร/ชั่วโมง

6.5 ประโยชน์ที่ได้จากการพัฒนาพื้นที่

1. พื้นที่ในเขตเทศบาลนครอุดรธานีที่มีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำขาดแคลน โดยใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว คือ (1) พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก (Hub) ได้แก่ บริเวณหนองประจักษ์ บริเวณหนองสิม บริเวณหนองบัว พื้นที่หนองเหล็ก หนองใหญ่ พื้นที่อาคารสำนักงานราชการ และพื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม (2) พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่ตั้ง (Site) ได้แก่ พื้นที่ทุ่งศรีเมือง พื้นที่สถาบันราชการ พื้นที่สีเขียวรอบหนองเหล็กและหนองใหญ่ และ (3) พื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ได้แก่ พื้นที่เส้นทางน้ำหรือเส้นทางคลองระบายน้ำ บริเวณกลางพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี

2. เป็นประโยชน์แก่หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นกรณีศึกษาของแนวทางในการวางแผนการจัดการน้ำของพื้นที่

3. การพัฒนาพื้นที่โดยการพิจารณาด้านผังเมืองไปพร้อมกับการพัฒนาด้านทรัพยากรน้ำสามารถส่งเสริมศักยภาพและแก้ไขข้อบกพร่องของเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถพัฒนาสร้างที่ดีโครงสร้างพื้นฐานแก่พื้นที่ได้

4. การพัฒนาพื้นที่ที่เสนอแนะช่วยส่งเสริมแก้ไขปัญหาน้ำไม่เพียงพอและส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่ดีภายในเมือง เป็นประโยชน์ต่อประชาชนและภาครัฐ ดังนี้

4.1 ภาคประชาชน จะได้รับผลประโยชน์จากการมีพื้นที่ทำกิจกรรมอยู่ในภูมิทัศน์ที่ดี สร้างคุณภาพชีวิตที่ดีมากขึ้น และยังมีพื้นที่กักเก็บน้ำสำรองที่สามารถใช้แทนน้ำประปาเพื่อใช้ในการลดน้ำต้นไม้หรือใช้ในการอุปโภคอื่นๆ

4.2 ภาครัฐ จะได้รับประโยชน์จากการลดงบประมาณในการดูแลจัดการพื้นที่สีเขียว ทั้งงบประมาณในการใช้น้ำและค่าจ้างบุคลากรสำหรับดูแลจัดการพื้นที่สวนสาธารณะและพื้นที่สีเขียวภายในเทศบาลนครอุดรธานีทั้งหมด

6.6 ข้อจำกัดในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้

1. การคำนวณค่าการไหลบ่าของน้ำในพื้นที่ต้องซึ่งต้องใช้ข้อมูลของความเข้มฝนของพื้นที่จังหวัดอุดรธานี แต่เนื่องจากมีเวลาที่จำกัด จึงไม่สามารถขอข้อมูลจากหน่วยงานราชการได้ทันเวลาที่กำหนด ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยความเข้มฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือแทนข้อมูลจังหวัดอุดรธานี

2. ค่าการถ่วงน้ำหนักปัจจัยที่ใช้เพื่อการคำนวณหาพื้นที่ที่เหมาะสม ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านที่มีความเชี่ยวชาญใน 3 ด้านเพียงเท่านั้น ซึ่งอาจจะยังขาดความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านอื่นๆ เพราะมีเวลาในการดำเนินการศึกษาที่จำกัดจึงเลือกสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่มีความสำคัญมากที่สุด

6.7 ข้อเสนอแนะของการศึกษาในขั้นต่อไป

1. สำหรับการหาพื้นที่ที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ปัจจัยที่นำมาใช้ด้านข้อมูลชุดดิน เพื่อศึกษาความสามารถของการระบายน้ำของดิน ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาข้อมูลชุดดินในพื้นที่ ควรมีการศึกษาในประเด็นของข้อมูลชั้นดิน เพื่อให้ศึกษาด้านความสามารถของการซึมผ่านของน้ำได้ลึกมากน้อยเพียงใด ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาพื้นที่เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำใต้ดิน

2. ควรมีการนำกระบวนการการมีส่วนร่วมของประชาชนมาใช้ในการพัฒนาพื้นที่ด้วย โดยการลงพื้นที่สำรวจความต้องการและปัญหาที่พบที่แท้จริงในพื้นที่ เพื่อให้สามารถออกแบบการพัฒนาพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม และให้สามารถดำเนินการพัฒนาให้เกิดประโยชน์ได้จริง ควรได้รับการประสานงานทั้งจากหน่วยงานท้องถิ่น นักพัฒนา และประชาชนที่มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อให้สามารถนำเดินโครงการการพัฒนาได้อย่างสะดวกและประสบความสำเร็จ

3. การเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการพัฒนาที่ศึกษา บางพื้นที่อาจมีผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายฝ่าย ดังนั้นการที่จะดำเนินโครงการให้ประสบความสำเร็จ นอกจากใช้การส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการพัฒนาของทุกฝ่าย ควรต้องมีการออกแบบรูปแบบวิธีการสื่อสารให้กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งภาครัฐ เอกชน และประชาชน เข้าใจในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้สามารถพัฒนาเมืองในแนวทางที่กำหนดไว้ได้ และแก้ไขเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อคนทุกกลุ่มในพื้นที่

4. สามารถนำงานวิจัยครั้งนี้ไปพัฒนาต่อในด้านการออกแบบเมือง ในการพัฒนาพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี ให้เป็นไปตามแผนพัฒนาสำหรับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือสามารถนำวิธีการพัฒนาไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นๆ ที่มีกายภาพที่ใกล้เคียงกับพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานี เพื่อส่งเสริมการจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพ

5. สำหรับการพัฒนาพื้นที่เทศบาลนครอุดรธานีซึ่งมีความสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ ดังนั้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่อาจจะส่งผลกระทบทั้งประชาชนและเศรษฐกิจ จึงควรมีการวางแผนอย่างรอบคอบเพื่อสร้างประโยชน์ได้ทั่วทุกด้าน ซึ่งการพัฒนาเปลี่ยนแปลงพื้นที่โดยใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียวอาจจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในบางพื้นที่ จึงอาจจะต้องคำนึงถึงผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ในทางเศรษฐศาสตร์ งบประมาณและผลกำไรที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทั้งหมดช่วยลดค่าใช้จ่ายของหน่วยงานราชการอย่างไรบ้าง ถ้าเทศบาลนครอุดรธานีเลือกที่จะพัฒนาพื้นที่โดยใช้แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานเขียว

รายการอ้างอิง

Beatley, T. (2000). Preserving Biodiversity. *Journal of the American Planning Association,* 66, 5-21.

Benedict, M.A. and McMohan, E.D. (2001). *Green Infrastructure: Smart Conservation for the* 21*st Century*: Sprawl Watch Clearinghouse.

City of Sydney. (2012). Sydney Park. Retrieved from http://sydneyyoursay.com.au/

Coffman, L.S. (2002). *Low-Impact Development: An Alternative Stormwater Management Technology*. Paper presented at the Handbook of Water Sensitive Planning and Design, Washington, DC.

Credit Valley Conservation & Toronto and Region Conservation Authority. (2010). Low Impact Development stromwater Management Planning and Design Guide. Retrieved from http://sustainabletechnologies.ca/wp/wp-content/uploads/2013/01/LID-SWM-Guide-v1.0_2010_1_no-appendices.pdf

Gruber, S. (2013). Wappingers Falls Stormwater Wetland. Retrieved from http://www.dec.ny.gov/lands/101193.html

Hager, M.C. (2011). Lot-level approaches to Stormwater Management are Gaining Ground. Journal of Surface Water Quality Professionals. Retrieved from http://www.stormwater.kytc.ky.gov/mcm1/documents/LID%20Article.pdf

Harris County Public Infrastructure Department & Harris County Flood Control District. (2011). Harris County Low Impact Development & Green Infrastructure Design Criteria for Storm Water Management. Retrieved from http://texaslid.org/pdfs/Harris%20County%20LID%20Criteria.pdf

New York City Department of Environmental Protection. (2009). *NYC Green Infrastructure Plan*. United States of America: Department of Environmental Protection.

Randolph, J. (2004). *Environmental Land Use Planning and Management*. Washington D.C.: Island Press.

State of New Jersey Department of Environmental Portion. (2004). The New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual. Retrieved from http://www.njstormwater.org/bmp_manual2.htm

United States Environmental Agency. (2004). *Green Infrastructure Implementation Strategy for the Town of Franklin Massachusetts*. Massachusetts: U.S. Environmental Agency.

การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี. (2558). ข้อมูลการผลิตน้ำประปา. สืบค้นข้อมูลจาก http://www.pwa.co.th/province/branch/5520311

กนกวลี สุธีธร. (2548). หลังคาเขียว: ทางเลือกในเพื่อการจัดการน้ำฝน. สืบค้นข้อมูลจาก http://www.land.arch.chula.ac.th/pdf/greenroof.pdf

กรมชลประทาน. (2544). ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่ฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: กรมชลประทาน.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2548). ลักษณะและสมบัติของชุมดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน.

กรมส่งเสริมการปกคลองท้องถิ่น. (2559). มาตรฐานการก่อสร้าง บูรณะและการบำรุงรักษาแหล่งน้ำ. สืบค้าข้อมูลจาก http://www.dla.go.th/work/e_book/eb1/stan12/stan12.htm

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2552). การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดอุดรธานี (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: จันวาณิชย์ซีเคียวริตี้พริ้นท์ติ้ง จำกัด.

ซีเพล็ก. (2557). คอนกรีตพรุน. สืบค้นข้อมูลจาก http://www.cpacacademy.com/index.php?tpid=0145

นิคม บุญญานุสทธิ์, และ Shiann-Far Kung. (2558). ทางสัญจรสีเขียวองค์ประกอบสำคัญในการพัฒนาเป็นโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว. . วารสารหน้าจั่ว: สถาปัตยกรรมการออกแบบและสภาพแวดล้อม, 29, 387 – 404.

นิจ ตันติศิรินทร์, สุธี อนันต์สุขสมศรี, และวิจิตรบุษบา มารมย์. (2559). รูปแบบความเสี่ยงของเมืองอุดรธานีจากภาวะน้ำท่วมและการขาดแคลนน้ำ. เอกสารประกอบการประชุมอนาคตของเมืองอุดรธานีและลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ, กรุงเทพมหานคร.

บาศมน รักษาจันทร์. (2550). แนวทางการออกแบบเพื่อลดปัญหาน้ำท่วม (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: บิลเดอร์นิวส์.

ปธาน สุวรรณมงคล. (2540). การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: กองกลางสำนักคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน.

พรภัทร อธิวิทวัส, และสุวดี ทองสุกปลั่ง. (2549). การวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพทางพื้นที่รองรับการตั้งถิ่นฐานและการพัฒนาความเป็นเมืองในจังหวัดสมุทรสาคร นครปฐม สมุทรสงคราม เพชรบุรี และอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขัน โดยใช้วิธี Potential Surface Analysis. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง, 4, 35 – 50.

ราตรี ถารา. (2543). ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: ทิพยวิสุทธิ์.

เลิศ พัดฉวี. (2554). การออกแบบแก้ไขการระบายน้ำและจัดทิศทางการไหลของน้ำด้วยท่อHDPEในพื้นที่มีความลาดชันสูง. สืบค้นข้อมูลจาก http://irrigation.rid.go.th/rid3/km_3/files/1406528463.pdf

วสันต์ คงจันทร์, ชนินทร์ บัวทอง, เอกชัย เปลี่ยนโพธิ์, สัญญา นาคบุตร, และสงครามชัย ธำรงธิติเดช. (2559). ความรู้เกี่ยวกับเอกสารสิทธิ์ในประเทศไทย. สืบค้นข้อมูลจาก http://www.mproperty.co.th/PDF/articles/บทความความรู้เกี่ยวกับเอกสิทธิ์ในประเทศไทย.pdf

ศนิ ลิ้มทองสกุล. (2554). ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้แนวทางการบริหารจัดการน้ำผิวดินด้วยแนวคิด LID ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. วารสารคณะสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 60, 85-98.

สำนักงานการน้ำเสียสาขาอุดรธานี. (2559). การเปรียบเทียบผลการดำเนินการน้ำประปา. อุดรธานี: สำนักงานการน้ำเสีย สาขาอุดรธานี.

สำนักงานกรมโยธาธิการและผังเมือง. (2559). เกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ.2549 (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: กรมโยธาธิการและผังเมือง.

สำนักงานจังหวัดอุดรธานี. (2558). แผนพัฒนาจังหวัดอุดรธานี พ.ศ.2557-2560. อุดรธานี: กลุ่มงานยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด.

สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี. (2558). แผนพัฒนาสามปีเทศบาลนครอุดรธานี พ.ศ.2559-2561 (พิมพ์ครั้งที่ 1). อุดรธานี: กองวิชาการและแผนงานเทศบาลนครอุดรธานี.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2557). มาตรฐานพื้นที่สีเขียวในเมืองและชนิดพรรณไม้ที่เหมาะสมกับพื้นที่สีเขียว (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2558). จำนวนประชากรจากทะเบียน/การเกิด/การตาย. สืบค้นข้อมูลจาก http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries01.html

สุธี อนันต์สุขสมศรี. (2558). การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคนิคการวิเคราะห์สำหรับวางแผน, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสิทธิ์ โฆษิตสกุลชัย, ยุทธนา ตาละลักษมณ์, ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์, สถาพร เตมีพัฒนพงษา, และธัญดร ออกวะลา. (2558). โครงการวิจัยการประเมินภาวะน้ำท่วมในเขตชุมชนอำเภอเมืองอุดรธานี ภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำลังเปลี่ยนแปลง. เอกสารประกอบการประชุมอนาคตของเมืองอุดรธานีและลุ่มน้ำห้วยหลวงภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ, กรุงเทพมหานคร.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การคำนวณการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก

การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ด้าน คือ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 คือ อาจารย์พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 คือ คุณวิชา จันทร์กลม ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเมือง

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 คุณดาวเรือง หากันได้ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการจัดการน้ำ

เมื่อสัมภาษณ์เพื่อถ่วงน้ำหนักปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว หลังจากนั้นจะเป็นการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก โดยการคำนวณใช้วิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ (Pairwise Comparison) ซึ่งให้ค่าถ่วงน้ำหนักอยู่ในระหว่าง -9 ถึง 9 โดยให้ คะแนนที่คิดลบเป็นค่าคะแนนที่มีความสำคัญน้อยกว่า และค่าคะแนนไม่ติดลบคือค่าคะแนนที่มีความสำคัญมากกว่า ในระดับ1-9 จะเป็นระดับบอกความสำคัญว่ามากกว่าหรือน้อยกว่าเท่าใด และในคะแนน 1 แทนค่าปัจจัยมีค่าสำคัญเท่ากัน มีรายละเอียดของขั้นตอนการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัย ดังนี้

1.1 การถ่วงน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub)

ปัจจัยที่นำมาใช้เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลักมีทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน กรรมสิทธิ์ที่ดิน การระบายน้ำของดิน ความลาดชัน และแหล่งน้ำ นำมาเปรียบเทียบทีละคู่ของปัจจัยในการสัมภาษณ์ผู้เชียวชาญทั้ง 3 ด้าน ซึ่งสรุปเป็นตารางได้ต่อไปนี้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงการถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

ปัจจัย	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัย
การใช้ประโยชน์ที่ดิน					✓													กรรมสิทธิ์ที่ดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน											✓							ความลาดชัน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน									✓									แหล่งน้ำ
การใช้ประโยชน์ที่ดิน											✓							การระบายน้ำของดิน

ตารางที่ 1 แสดงการถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 (ต่อ)

ปัจจัย	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัย
กรรมสิทธิ์ที่ดิน													✓					ความลาดชัน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน									✓									แหล่งน้ำ
กรรมสิทธิ์ที่ดิน													✓					การระบายน้ำของดิน
ความลาดชัน					✓													แหล่งน้ำ
ความลาดชัน									✓									การระบายน้ำของดิน
แหล่งน้ำ													✓					การระบายน้ำของดิน

จากตารางแสดงการถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) จากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 พบว่า ได้ให้ความสำคัญกับด้านกรรมสิทธิ์ที่ดิน รองลงมาเป็นด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตัวอย่างการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก เช่น ปัจจัยคู่ที่ 1 ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยกรรมสิทธิ์ที่ดิน ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ได้ให้ความสำคัญกับปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินน้อยกว่าปัจจัยด้านกรรมสิทธิ์ที่ดินอยู่ 5 คะแนน ดังนั้นเมื่อนำไปเปลี่ยนค่าเป็นตัวเลขในตารางค่าถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ ค่าการใช้ประโยชน์ที่ดินจะได้เป็นส่วนกลับของ 5 คือ 1 หารด้วย 5 เท่ากับ 0.2 ส่วนของกรรมสิทธิ์ที่ดินจะมี 5 คะแนน เป็นต้น หลังจากนั้นนำมาเปลี่ยนค่าให้อยู่ในรูปของตารางข้อมูลตัวเลขให้ง่ายต่อการคำนวณรวมกับปัจจัยของพื้นที่อื่นได้ (ตารางที่ 2) ซึ่งวิธีเช่นนี้จะทำเหมือนกันในขั้นตอนของปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) และพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ดังตารางต่อไปนี้ (ตารางที่ 3 – ตารางที่ 6)

ตารางที่ 2 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	แหล่งน้ำ	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	1	0.2	3	1	3
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	5	1	5	1	5
ความลาดชัน	0.333	0.2	1	0.2	1
แหล่งน้ำ	1	1	5	1	5
การระบายน้ำของดิน	0.333	0.2	1	0.2	1
รวม	7.67	2.60	15.00	3.40	15.00

ตารางที่ 3 แสดงการถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ปัจจัย	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัย
การใช้ประโยชน์ที่ดิน															✓			กรรมสิทธิ์ที่ดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน													✓					ความลาดชัน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน											✓							แหล่งน้ำ
การใช้ประโยชน์ที่ดิน													✓					การระบายน้ำของดิน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน										✓								ความลาดชัน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน								✓										แหล่งน้ำ
กรรมสิทธิ์ที่ดิน								✓										การระบายน้ำของดิน
ความลาดชัน								✓										แหล่งน้ำ
ความลาดชัน											✓							การระบายน้ำของดิน
แหล่งน้ำ											✓							การระบายน้ำของดิน

ตารางที่ 4 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	แหล่งน้ำ	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	1	7	5	3	5
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.143	1	2	0.200	0.200
ความลาดชัน	0.2	0.5	1	0.2	2
แหล่งน้ำ	0.333	5	5	1	7
การระบายน้ำของดิน	0.200	5	0.5	0.143	1
รวม	1.876	18.500	13.500	4.543	15.200

ตารางที่ 5 แสดงการถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ปัจจัย	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัย
การใช้ประโยชน์ที่ดิน										✓								กรรมสิทธิ์ที่ดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน							✓											ความลาดชัน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน								✓										แหล่งน้ำ
การใช้ประโยชน์ที่ดิน									✓									การระบายน้ำของดิน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน							✓											ความลาดชัน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน								✓										แหล่งน้ำ
กรรมสิทธิ์ที่ดิน							✓											การระบายน้ำของดิน
ความลาดชัน									✓									แหล่งน้ำ
ความลาดชัน											✓							การระบายน้ำของดิน
แหล่งน้ำ												✓						การระบายน้ำของดิน

ตารางที่ 6 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ ปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	แหล่งน้ำ	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	1	7	5	3	5
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.143	1	2	0.200	0.200
ความลาดชัน	0.2	0.5	1	0.2	2
แหล่งน้ำ	0.333	5	5	1	7
การระบายน้ำของดิน	0.200	5	0.5	0.143	1
รวม	1.876	18.500	13.500	4.543	15.200

เมื่อได้ข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักจากทั้งผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด นำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักปัจจัยปัจจัย โดยนำข้อมูลตัวเลขจากตารางแสดงค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) มาหาค่าเฉลี่ยได้ผลดังตารางต่อไปนี้ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนของน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub)

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	แหล่งน้ำ	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	3	9.2	8.33	4.2	9
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	5.64	3	7.33	1.4	5.5
ความลาดชัน	3.53	2.7	3	1.4	6
แหล่งน้ำ	3.33	8	11	3	16
การระบายน้ำของดิน	1.53	8.2	1.8	0.59	3
รวม	17.04	31.10	31.47	10.59	39.50

การหาค่าเฉลี่ยของค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักโดยการนำคะแนนในช่องการจับคู่ปัจจัยเดียวกันมาบวกกัน หลังจากนั้นค่ารวมของตารางค่าเฉลี่ยคะแนนของน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub) ไปหารคะแนนในตัวแปรช่องเดียวกันเพื่อหาสัดส่วนความสำคัญในแถวเดียวกัน หลังจากนั้นนำมาหาค่าความสำคัญหรือค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยของปัจจัย 5 ดังใจ ซึ่งสามารถสรุปเป็นตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8 ตารางสรุปค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่หลัก (Hub)

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	แหล่งน้ำ	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.176	0.296	0.265	0.396	0.228	1.361	0.2722
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.331	0.096	0.233	0.132	0.139	0.932	0.1864
ความลาดชัน	0.207	0.087	0.095	0.132	0.152	0.674	0.1347
แหล่งน้ำ	0.196	0.257	0.350	0.283	0.405	1.491	0.2981
การระบายน้ำของดิน	0.090	0.264	0.057	0.056	0.076	0.543	0.1086
รวม	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	5.000	1.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 สรุปในช่องสีแดง คือค่าสรุปการถ่วงน้ำหนักปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน พบว่า ได้ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านแหล่งน้ำมากที่สุดของพื้นที่หลัก นองลงมาคือปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจัยด้านแหล่งน้ำ ปัจจัยด้านกรรมสิทธิ์ที่ดิน ปัจจัยความลาดชันและปัจจัยการระบายน้ำของดิน ตามลำดับ

1.2 การถ่วงน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site)

ปัจจัยที่นำมาใช้เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก มีทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน กรรมสิทธิ์ที่ดิน การระบายน้ำของดิน และความลาดชัน นำมาเปรียบเทียบทีละคู่ของปัจจัยในการสัมภาษณ์ผู้เชียวชาญทั้ง 3 ด้าน ซึ่งสรุปเป็นตารางได้ต่อไปนี้ (ตารางที่ 9 – ตารางที่ 14)

ตารางที่ 9 แสดงการถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

ปัจจัย	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัย
การใช้ประโยชน์ที่ดิน													✓					กรรมสิทธิ์ที่ดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน												✓						ความลาดชัน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน										✓								การระบายน้ำของดิน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน													✓					ความลาดชัน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน							✓											การระบายน้ำของดิน
ความลาดชัน							✓											การระบายน้ำของดิน

ตารางที่ 10 ตารางแสดงค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	1	5	4	2
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.2	1	5	0.333
ความลาดชัน	0.25	0.2	1	0.333
ประเภทของดิน	0.5	3	3	1
รวม	1.95	9.2	13	3.67

ตารางที่ 11 แสดงการถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ปัจจัย	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัย
การใช้ประโยชน์ที่ดิน											✓							กรรมสิทธิ์ที่ดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน											✓							ความลาดชัน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน													✓					การระบายน้ำของดิน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน									✓									ความลาดชัน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน											✓							การระบายน้ำของดิน
ความลาดชัน									✓									การระบายน้ำของดิน

ตารางที่ 12 ตารางแสดงค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	1	3	3	5
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.333	1	1	3
ความลาดชัน	0.333	1	1	0.5
ประเภทของดิน	0.2	3	2	1
รวม	1.87	8.00	7.00	9.50

ตารางที่ 13 แสดงการถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ปัจจัย	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัย
การใช้ประโยชน์ที่ดิน										✓								กรรมสิทธิ์ที่ดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน							✓											ความลาดชัน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน											✓							การระบายน้ำของดิน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน							✓											ความลาดชัน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน						✓												การระบายน้ำของดิน
ความลาดชัน													✓					การระบายน้ำของดิน

ตารางที่ 14 ตารางแสดงค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	1	2	0.33	3
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.5	1	0.33	0.25
ความลาดชัน	3	3	1	5
การระบายน้ำของดิน	0.333	4	0.2	1
รวม	4.833	10.000	1.867	9.250

เมื่อได้ข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักจากทั้งผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด นำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักปัจจัย โดยนำข้อมูลตัวเลขจากตารางแสดงค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 มาหาค่าเฉลี่ยได้ผลดังตารางที่ 13 โดยการนำค่าปัจจัยที่เหมือนกันมารวมกัน ดังตารางต่อไปนี้ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนของน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site)

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	3.000	10.000	7.333	10.000
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	1.033	3.000	6.333	3.583
ความลาดชัน	3.583	4.200	3.000	5.833
การระบายน้ำของดิน	1.033	10.000	5.200	3.000
รวม	8.650	27.200	21.867	22.417

เมื่อได้ตารางแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนของน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site) นำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย โดยการนำค่ารวมไปหารกับแต่ละปัจจัยในช่องเดียวกัน และหาค่าเฉลี่ยความสำคัญหรือการถ่วงน้ำหนักของปัจจัยของพื้นที่หลัก ดังนี้

ตารางที่ 16 ตารางสรุปค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่ตั้ง (Site)

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	ความลาดชัน	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.347	0.368	0.335	0.446	1.496	0.3740
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.119	0.110	0.290	0.160	0.679	0.1698
ความลาดชัน	0.414	0.154	0.137	0.260	0.966	0.2415
การระบายน้ำของดิน	0.119	0.368	0.238	0.134	0.859	0.2147
รวม	1.000	1.000	1.000	1.000	4.000	1.000

ตารางที่ 16 สรุปในช่องสีแดง คือค่าสรุปการถ่วงน้ำหนักปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน พบว่าการหาพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก ปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุด คือ ปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจัยด้านความลาดชัน ปัจจัยการระบายน้ำของดิน และปัจจัยด้านความลาดชัน ตามลำดับ

1.3 การถ่วงน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

ปัจจัยที่นำมาใช้เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่หลัก มีทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน กรรมสิทธิ์ที่ดิน การระบายน้ำของดิน และคลองระบายน้ำ นำมาเปรียบเทียบทีละคู่ของปัจจัยในการสัมภาษณ์ผู้เชียวชาญทั้ง 3 ด้าน ซึ่งสรุปเป็นตารางได้ต่อไปนี้ (ตารางที่ 17 – ตารางที่ 23)

ตารางที่ 17 แสดงการถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

ปัจจัย	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัย
การใช้ประโยชน์ที่ดิน								✓										กรรมสิทธิ์ที่ดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน													✓					การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน													✓					คลองระบายน้ำ
กรรมสิทธิ์ที่ดิน											✓							การระบายน้ำของดิน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน													✓					คลองระบายน้ำ
คลองระบายน้ำ									✓									การระบายน้ำของดิน

ตารางที่ 18 ตารางแสดงค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	คลองระบายน้ำ	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	1	0.2	5	5
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	5	1	5	3
คลองระบายน้ำ	0.2	0.2	1	2
การระบายน้ำของดิน	0.2	0.333	0.5	1
รวม	6.4	1.733	11.5	11

ตารางที่ 19 แสดงการถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ปัจจัย	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัย
การใช้ประโยชน์ที่ดิน															✓			กรรมสิทธิ์ที่ดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน													✓					การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน							✓											คลองระบายน้ำ
กรรมสิทธิ์ที่ดิน										✓								การระบายน้ำของดิน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน					✓													คลองระบายน้ำ
คลองระบายน้ำ											✓							การระบายน้ำของดิน

ตารางที่ 20 ตารางแสดงค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	คลองระบายน้ำ	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	1	7	0.33	5
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.14	1	0.20	2
คลองระบายน้ำ	3	5	1	3
การระบายน้ำของดิน	0.2	0.5	0.333	1
รวม	4.343	13.50	1.86	11.0

ตารางที่ 21 แสดงการถ่วงน้ำหนักโดยเทียบทีละคู่ปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ปัจจัย	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัย
การใช้ประโยชน์ที่ดิน											✓							กรรมสิทธิ์ที่ดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน							✓											การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน							✓											คลองระบายน้ำ
กรรมสิทธิ์ที่ดิน											✓							การระบายน้ำของดิน
กรรมสิทธิ์ที่ดิน					✓													คลองระบายน้ำ
คลองระบายน้ำ													✓					การระบายน้ำของดิน

ตารางที่ 22 ตารางแสดงค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	คลองระบายน้ำ	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	1	3	0.333	0.333
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.333	1	0.2	1
คลองระบายน้ำ	3	5	1	5
การระบายน้ำของดิน	3	1	0.2	1
รวม	7.333	10.000	1.733	7.333

เมื่อได้ข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักจากทั้งผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักปัจจัย โดยนำข้อมูลตัวเลขจากตารางที่20 มาหาค่าเฉลี่ยได้ผลดังตารางที่ 21 โดยการนำค่าปัจจัยที่เหมือนกันมารวมกัน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 23 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนของน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	คลองระบายน้ำ	การระบายน้ำของดิน
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	3	10.2	5.667	10
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	5.476	3	5.4	6
คลองระบายน้ำ	6.2	10.2	3	10
การระบายน้ำของดิน	3.4	1.833	1.033	3
รวม	18.07	25.23	15.10	29.33

เมื่อได้ตารางแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนของน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) นำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย โดยการนำค่ารวมไปหารกับแต่ละปัจจัยในช่องเดียวกัน และหาค่าเฉลี่ยความสำคัญหรือการถ่วงน้ำหนักของปัจจัยได้ ดังนี้

ตารางที่ 24 ตารางสรุปค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link)

ปัจจัย	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรรมสิทธิ์ที่ดิน	คลองระบายน้ำ	การระบายน้ำของดิน	รวม	ค่าน้ำหนัก
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.166	0.404	0.375	0.352	1.298	0.324
กรรมสิทธิ์ที่ดิน	0.303	0.119	0.358	0.205	0.984	0.246
คลองระบายน้ำ	0.343	0.404	0.199	0.341	1.287	0.322
การระบายน้ำของดิน	0.188	0.073	0.068	0.102	0.431	0.108
รวม	1.000	1.000	1.000	1.000	4.000	1.000

ตารางที่ 24 สรุปค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่เชื่อมต่อ (Link) ในช่องสีแดง คือค่าสรุปการถ่วงน้ำหนักปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน พบว่า การหาพื้นที่ที่เหมาะสมของพื้นที่เชื่อมต่อ ปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุด คือ ปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจัยคลองระบายน้ำ ปัจจัยกรรมสิทธิ์ที่ดิน และปัจจัยด้านการระบายน้ำของดิน ตามลำดับ

การนำค่าถ่วงน้ำหนักไปปัจจัยไปใช้ในการหาพื้นที่ที่เหมาะสมของทั้ง 3 องค์ประกอบ จะใช้ข้อมูลตัวเลขในตารางสรุปค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่ โดยเปลี่ยนค่าคะแนนให้มีค่าเต็ม 100 คะแนนเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณและเทียบค่าคะแนน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นางสาวศิริพร หมอกใส

วันเดือนปีเกิด วันที่ 19 เดือน มีนาคม พ.ศ.2534

การศึกษา พ.ศ.2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
จากโรงเรียนนาแกสามัคคีวิทยา จังหวัดนครพนม
พ.ศ.2552 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช จังหวัดอุบลราชธานี
พ.ศ.2557 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาการผังเมือง
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ.2558 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาการวางแผนภาคและเมือง
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ 41 หมู่ 9 ตำบลบ้านแก้ง อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม
48130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University