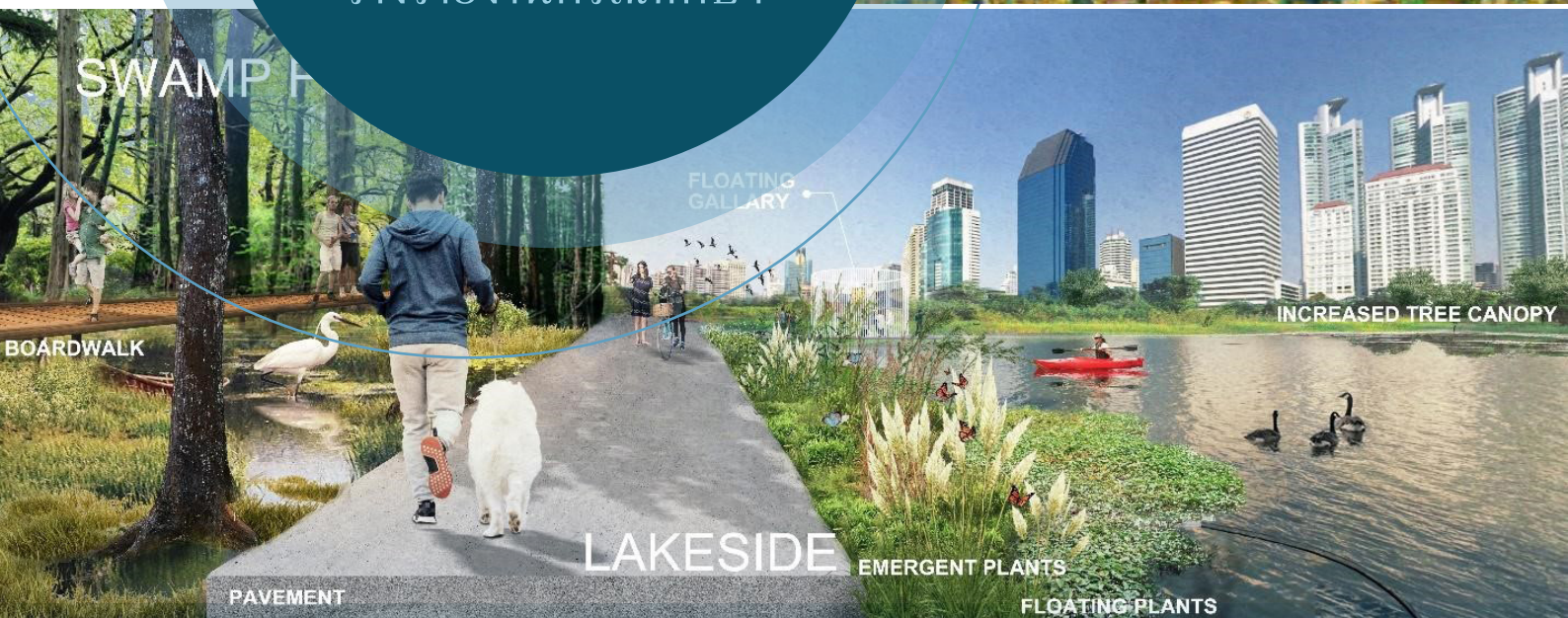


การศึกษาประเมินแนวทางธรรมชาติในการบริหารจัดการน้ำท่วม
ในเขตเมืองในอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง

สามเหลี่ยมสีเขียว ย่านสุขุมวิท

ร่างรายงานกรณีศึกษา



กุมภาพันธ์ 2022

เสนอ: AWP DFAT และ World Bank

จัดทำโดย: CRCWSC และ ICEM

ข้อจำกัดความรับผิดชอบ

เอกสารนี้จัดทำโดย ศูนย์วิจัยแบบมีส่วนร่วมสำหรับเมืองที่มีความอ่อนไหวด้านน้ำ (Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities: CRCWSC) และศูนย์การจัดการสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ (International Centre for Environment: ICEM) สำหรับโครงการ การศึกษาประเมินแนวทางในการบริหารจัดการน้ำท่วมในเขตเมืองในประเทศลุ่มแม่น้ำโขง โดยจัดทำให้กับกระทรวงการต่างประเทศ และการค้าออสเตรเลีย (Australian Government Department of Foreign Affairs and Trade: DFAT) และ Australian Water Partnership (AWP) ข้อคิดเห็น ข้อสรุป และข้อเสนอแนะในเอกสารนี้ไม่ถือเป็นความคิดเห็นของ DFAT และ AWP

จัดทำโดย	ศูนย์วิจัยแบบมีส่วนร่วมเพื่อเมืองที่มีความอ่อนไหวด้านน้ำ (CRCWSC) และศูนย์การจัดการสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ (ICEM)
เสนอ	กระทรวงการต่างประเทศและการค้าออสเตรเลีย (DFAT) และ Australian Water Partnership (AWP)
การอ้างอิง (Suggested citation)	DFAT, AWP. 2022. Streetscape greening transformation of Rayong's Central Business District. Case Study Report. Valuing the Benefits of Nature-based Solutions for Integrated Urban Flood Management in the Greater Mekong Subregion
คณะทำงาน	Ben Furmage, Jianbin Wang, Chloe Pottinger-Glass, วิเทศ ศรีเนตร, กมลนัทร มีถาวร Tran Viet Hung, Nguyen Thi Hong Sam, Vu Xuan Nguyet Hong, Luong Thi Quynh Mai, Mai Ky Vinh

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ริเริ่มโดยธนาคารโลก (World Bank) และกระทรวงการต่างประเทศและการค้าออสเตรเลีย (Australian Government's Department of Foreign Affairs and Trade: DFAT) ดำเนินการโดย ศูนย์วิจัยแบบมีส่วนร่วมเพื่อเมืองที่มีความอ่อนไหวด้านน้ำ (Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities: CRCWSC) และศูนย์การจัดการสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ (International Centre for Environmental Management: ICEM) ได้รับการสนับสนุนจาก Australian Water Partnership (AWP) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการจัดการน้ำออสเตรเลีย-แม่โขง (Australia-Mekong Water Facility)

ในส่วนของประเทศไทย สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) ทำหน้าที่เป็นหน่วยประสานงานกลาง โดยประสานงานความร่วมมือกับเทศบาลนครระยอง นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนจากกรุงเทพมหานคร (กทม.) สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) และสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (สทนช.) คณะทำงานขอขอบคุณอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

วิสัยทัศน์ของกรณีศึกษานี้คือการปรับปรุงภูมิทัศน์แนวถนนย่านศูนย์การค้าและธุรกิจเมืองระยอง โดยการสร้างพื้นที่สีเขียวเพื่อให้พื้นที่มีอากาศเย็นสบาย บรรเทาปัญหาน้ำท่วม และเพิ่มพื้นที่สำหรับดูดซับน้ำด้วยวิธีธรรมชาติ

จังหวัดระยองเป็นศูนย์กลางของอุตสาหกรรมชั้นนำของประเทศไทย มีรายได้ต่อหัวของประชากรสูงที่สุดในประเทศ ระยองจะเป็นพื้นที่ยุทธศาสตร์สำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจภายใต้แผนพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (EECDP) โดยจะเป็นศูนย์กลางระดับภูมิภาคด้านการค้า การลงทุน การวิจัยและนวัตกรรม และการคมนาคมขนส่ง เนื่องจากการดำเนินมาตรการต่างๆ อย่างที่เคยปฏิบัติมาไม่เพียงพอสำหรับการสนับสนุนให้เกิดการเติบโตทางเศรษฐกิจไปพร้อมกับการปกป้องสิ่งแวดล้อม สุขภาพ รวมถึงความเป็นอยู่ที่ดีของชุมชน กรณีศึกษานี้จึงได้เสนอให้นำแนวทางธรรมชาติ (Nature-based solutions: NbS) มาใช้ในย่านศูนย์การค้าและธุรกิจนครระยอง ผ่านกลยุทธ์ต่างๆ ดังนี้:

1. **การออกแบบถนนสายหลักสำหรับเมืองที่มีความอ่อนไหวต่อน้ำท่วม (Water sensitive urban design on primary roads)** โดยสร้างโครงข่ายการขนส่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเพื่อปรับปรุงการจัดการน้ำท่วมในเส้นทางคมนาคมที่สำคัญ
2. **การออกแบบพื้นที่สีเขียวสำหรับถนนสายธุรกิจที่สำคัญ (Urban canyons)** โดยเพิ่มพื้นที่บังแดด ลดความร้อนอบอ้าว และปรับปรุงพื้นที่ให้มีอากาศเย็นสบาย
3. **ย่านการค้าสีเขียว (Green, cool shopping hubs)** โดยจัดให้มีถังเก็บน้ำฝนรองน้ำจากหลังคาขนาดใหญ่ เพื่อบรรเทาน้ำท่วมในพื้นที่ และลดปริมาณน้ำที่จะไหลลงท่อระบายน้ำทั้งลดการเอ่อท้นของท่อระบายน้ำ
4. **พื้นที่สีเขียวสำหรับที่สาธารณะกลางแจ้งที่เป็นที่ราบลุ่ม (Green of low-lying public space)** เช่น ลานจอดรถ เพื่อเพิ่มความเย็นสบาย เพิ่มพื้นที่ดูดซับน้ำด้วยวิธีธรรมชาติ และลดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่
5. **ถนนสีเขียว-สมาร์ทแพลตฟอร์มระยอง ‘คูไลน์’** สร้างเส้นทางสีเขียวเพื่อให้ผู้ที่อยู่อาศัยในชุมชนมีประสบการณ์ที่ดีขึ้น และส่งเสริมการท่องเที่ยว ช่วยผู้มาเยือนและผู้ที่อยู่อาศัยให้สามารถค้นหาเส้นทางที่ร่มรื่นเย็นสบาย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio :BCR) โดยรวมของโครงการโดยพิจารณากรอบระยะเวลา 20 ปี พบว่ามีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 9.7 กล่าวคือ หากมีการลงทุน 1 ล้านดอลลาร์สหรัฐ จะได้รับผลตอบแทนมากกว่า 9 ล้านดอลลาร์สหรัฐ โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ประมาณ 31 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า NbS สามารถสร้างมูลค่ามหาศาลให้กับผู้มีส่วนได้

ส่วนเสีย ทั้งชุมชนในพื้นที่ ผู้สัญจรไปมา นักท่องเที่ยวผู้มาเยือน รวมถึงภาคเอกชน และหน่วยงาน ภาครัฐบาล (เทศบาลนครระยอง กรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท)

กรณีศึกษานี้ให้ความสำคัญกับข้อดีของกลยุทธ์การดำเนินโครงการโดยแบ่งเป็นระยะ แบ่งระยะเวลา การปรับปรุงถนนสายหลักทุกห้าปี โดยวางแผนปรับปรุงถนนสุขุมวิทในปี พ.ศ. 2579 การดำเนินงาน ดังกล่าวเปิดช่องให้มีการทดสอบการใช้ ตลอดจนประยุกต์ใช้แนวทางธรรมชาติ (NbS) ในการจัดการ กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่กรณีศึกษายานศูนย์การค้าและธุรกิจเมืองระยอง อันจะช่วยลดความเสี่ยง การกระจายการรับภาระการลงทุน และบูรณาการกลยุทธ์การใช้ NbS เข้ากับแผนพัฒนาและ บำรุงรักษาพื้นที่ที่ต้องทำเป็นประจำอยู่แล้ว นอกจากนี้การดำเนินโครงการโดยแบ่งเป็นระยะยังช่วย ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้เรียนรู้จากการดำเนินงานในระยะแรกๆ จนเกิดความเชื่อมั่นและสามารถประยุกต์ แนวทางการพัฒนาที่เหมาะสมยิ่งขึ้นในอนาคต ซึ่งรวมถึงการปรับแก้กฎระเบียบต่างๆ ที่ไม่มี ประสิทธิภาพ

การมีส่วนร่วมของภาคเอกชนมีความสำคัญมาก – ทั้งการประสานความร่วมมือกับธุรกิจขนาดเล็ก และชุมชนในย่านศูนย์การค้าและธุรกิจเมืองระยอง จนถึงความร่วมมือระดับภูมิภาค ซึ่งอาจดำเนินการ ผ่านกิจกรรมเพื่อสังคมของบริษัทห้างร้าน (Corporate Social Responsibility: CSR) ก็ได้ กรณีศึกษา นี้ช่วยอำนวยความสะดวกให้เกิดการมีส่วนร่วมโดยการใช้ข้อมูลเกี่ยวกับ NbS ที่มีศักยภาพสำหรับพื้นที่ที่กรณีศึกษา รวมถึงมูลค่าและการกระจายผลประโยชน์ กลยุทธ์การใช้ NbS หลายกลยุทธ์ได้มาจากการระดมความคิด เห็นจากการประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เชี่ยวชาญ ตัวอย่างเช่น การรณรงค์ร่วมกับ กระทรวงวัฒนธรรมในการสนับสนุนให้ประชาชนปลูกต้นไม้ประจำครอบครัว ทั้งนี้เพื่อจูงใจให้ผู้คน สร้างพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง แนวทางการระดมทุนโดยใช้แนวคิด 'ผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย' และ 'ผู้รับ ผลประโยชน์เป็นผู้จ่าย' นอกจากนี้การประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เชี่ยวชาญยังเห็นพ้องกันว่า การสร้างพื้นที่สีเขียวและความร่มรื่นเย็นสบายไม่เพียงแต่ทำให้เมืองน่าอยู่ขึ้น แต่ยังดึงดูดธุรกิจและ ผู้ที่มีความสามารถให้เข้ามาทำงานในจังหวัด และสนับสนุนการท่องเที่ยว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ ยุทธศาสตร์การฟื้นฟูการท่องเที่ยวในภูมิภาคจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19

กรณีศึกษานี้เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่กรณีศึกษาในอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง ที่ประยุกต์ใช้กรอบการดำเนินงาน 5 ขั้นตอนของการจัดการน้ำท่วมในเขตเมืองแบบบูรณาการ (Integrated Urban Flood Management: IUFM) ผู้สนใจสามารถหารายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับ IUFM ได้จาก [IUFM Manual](#)

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ.....	3
ความเป็นมาของโครงการ	11
วิธีการศึกษา.....	12
การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	14
1. การกำหนดบริบทเมืองที่ทำการศึกษา	16
1.1 จังหวัดระยอง -จากจังหวัดในพื้นที่ชนบทสู่ศูนย์กลางอุตสาหกรรมที่มีความเจริญรุ่งเรือง	16
1.2 เทศบาลนครระยอง– ความท้าทายในเขตเมือง.....	17
1.3 กรณีศึกษา – ย่านศูนย์กลางธุรกิจเทศบาลนครระยอง.....	17
2. ประเมินความเสี่ยงจากน้ำท่วม	21
3. การระบุแนวทางการบริหารจัดการน้ำท่วมที่เหมาะสมกับบริบท.....	24
3.1 แนวทางแบบผสมผสาน	24
3.1.1. การออกแบบถนนในเมืองที่มีความอ่อนไหวด้านน้ำ.....	24
3.1.2. หุบเขาในเมือง	29
3.1.3. แหล่งซัปปิงสีเขียวที่เย็นสบาย	31
3.1.4. การเปลี่ยนพื้นที่ราบต่ำสาธารณะให้เป็นพื้นที่สีเขียว	33
3.1.5. แพลตฟอร์มอัจฉริยะ ระยอง 'Cool Lines'	34
4. การประเมินมูลค่าและการเลือกแนวทางแก้ไขปัญหาน้ำ.....	36
4.1 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนโดยรวม (Overall BCR)	36
4.2 สรุปต้นทุนในการลงทุน.....	37
4.3 สรุปผลประโยชน์	39
4.4 การกระจายต้นทุนและผลประโยชน์.....	41
4.5 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว	41
5. การระบุกลไกการจัดหาเงินทุนและการใช้จ่ายเงินที่เหมาะสม.....	44
5.1 นโยบายและยุทธศาสตร์ที่เอื้อ.....	44
5.2 สร้างสมดุลระหว่างแนวทางแก้ไขปัญหบบรรวมศูนย์และกระจายอำนาจ	47
5.4 การใช้ประโยชน์จากการลงทุนของภาคเอกชนและทุนทางสังคม	48

กล่องที่ 1: การควบคุมการดำเนินการของภาคเอกชนเพื่อสาธารณประโยชน์	50
5.5 แผนฉุกเฉิน	51
5.5 การใช้ประโยชน์จากระบบการเงินสีเขียวที่กำลังเติบโต	53
6. ข้อเสนอแนะ และการดำเนินการขั้นต่อไป	54
ภาคผนวก 1: องค์ประกอบต้นทุนและข้อสมมติ	58
ภาคผนวก 2: องค์ประกอบของผลประโยชน์และข้อสมมติ	65
 สารบัญภาพ	
ภาพที่ 1 : กระบวนการ IUFM	12
ภาพที่ 2 : ระเบียบเศรษฐกิจภาคตะวันออกของประเทศไทย	16
ภาพที่ 3 : ย่านศูนย์กลางธุรกิจเทศบาลนครระยอง (บน) กรณีสืบหาพื้นที่ภายในย่านศูนย์กลางธุรกิจ (ล่าง) 18	
ภาพที่ 4 : พื้นที่ตลาดกลางแจ้ง (ตำแหน่ง #4 บนแผนที่) (ซ้าย) และถนนข้อปึง (ตำแหน่ง #5 บนแผนที่) (ขวา)	19
ภาพที่ 5 : ลุ่มน้ำและแหล่งน้ำในจังหวัดระยอง	21
ภาพที่ 6 : เหตุการณ์น้ำท่วมในจังหวัดระยอง พ.ศ. 2558: ฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องหลังเกิดพายุโซนร้อน Vamco ทำให้เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม สร้างความเสียหายให้กับบ้านเรือน และสร้างความโกลาหลบนท้องถนน 22	
ภาพที่ 7 : ใบไม้และถังขยะวางที่ระบายน้ำบางส่วน (ซ้าย) และท่อน้ำทิ้งจากหลังคาที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับระบบระบายน้ำ (ขวา)	23
ภาพที่ 8 : ถนนในพื้นที่กรณีสืบหา (ซ้าย) แบบปัจจุบันของถนน จันทอุดม (ขวา)	25
ภาพที่ 9 : ภาพตัดขวางของเกาะกลางที่กีดขวางและเป็นร่องและระบบกรองชีวภาพบนถนนสายหลักในจังหวัดระยอง	26
ภาพที่ 10 : ภาพประกอบของเกาะกลางที่กีดขวางและเป็นร่องและระบบกรองชีวภาพบนถนนสายหลักในจังหวัดระยอง	28
ภาพที่ 11 : ภาพตัดขวางแสดงการออกแบบหุบเขาในเมือง	29
ภาพที่ 12 : ถนนในย่านศูนย์กลางธุรกิจของเมืองระยองแสดงท่อน้ำทิ้งสิ้นสุดในระดับหลังคาของอาคารพาณิชย์ (ซ้าย) และกระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน (ขวา)	30
ภาพที่ 13 : ตัวอย่างสวนที่ผู้คิดขึ้นมา	30

ภาพที่ 14 : ภาพตัดขวางของการกักเก็บน้ำฝนบนหลังคาของตลาด	32
ภาพที่ 15 : ภาพถ่ายคลื่นความร้อนในเดือนมกราคม 2560 แสดงผลกระทบบนเกาะที่มีความร้อนในเมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย	32
ภาพที่ 16 : ภาพตัดขวางแสดงการออกแบบสวนรับน้ำฝนในสถานีขนส่ง (ซ้าย) ลานจอดรถทั่วไปในย่าน CBD ของระยอง (ขวา).....	34
ภาพที่ 17 : แพลตฟอร์ม Cool Lines ในออสเตรเลีย	35
ภาพที่ 18 : สรุปต้นทุนในการลงทุน	37
ภาพที่ 19 : สรุปผลประโยชน์	40
ภาพที่ 20 : ผลประโยชน์สุทธิสะสมเมื่อเวลาผ่านไป	40
ภาพที่ 21 : การกระจายต้นทุนและผลประโยชน์.....	41
ภาพที่ 22 : ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อ BCR โดยรวมและ BCR ของหน่วยงานผู้ดำเนินโครงการ.....	42
ภาพที่ 23 : การทดสอบว่าการลงทุนแบบเร่งรัดจะให้ผลประโยชน์สุทธิมากกว่าหรือไม่.....	43
ภาพที่ 24: เว็บไซต์ 10,000 raingardens.....	49
ภาพที่ 25 : สัญญาซื้อขายน้ำฝนฉบับแรกในจีน	53

อักษรย่อ

ARI	รอบอุบัติซ้ำเฉลี่ย (Average recurrence interval)
AQI	ดัชนีคุณภาพอากาศ
AWP	สำนักงานความร่วมมือด้านน้ำของออสเตรเลีย (Australian Water Partnership)
BCA	การวิเคราะห์ผลประโยชน์-ต้นทุน (Benefit-Cost Analysis)
BCR	อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio)
BMA	กรุงเทพมหานคร (Bangkok Metropolitan Authority)
CBD	ย่านศูนย์กลางธุรกิจ
CCMC	กองประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (กปอ.) (Climate Change Management and Coordination Division)
CRCWSC	ศูนย์วิจัยแบบมีส่วนร่วมเพื่อเมืองที่มีความอ่อนไหวด้านน้ำ (Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities: CRCWSC)
CSR	นโยบายความรับผิดชอบต่อสังคมของบริษัท (Corporate Social Responsibility)
DFAT	กระทรวงการต่างประเทศและการค้าออสเตรเลีย
EECDP	แผนพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก
FAR	อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio)
GHG	ก๊าซเรือนกระจก
ICEM	ศูนย์การจัดการสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ (International Centre for Environmental Management)
INFFEWS	กรอบการลงทุนทางเศรษฐกิจของเมืองที่มีความอ่อนไหวด้านน้ำ (Investment Framework for Economics of Water Sensitive cities)
IOT	เทคโนโลยีหรืออินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง (Internet-of-things)
IUFM	การจัดการน้ำท่วมในเขตเมืองแบบบูรณาการ
NAP	แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ (National Climate Adaptation Plan)
NbS	แนวทางธรรมชาติในการบริหารจัดการน้ำ (Nature-based solutions)

NESDC	สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (Office of the National Economic and Social Development Board)
NESDP	แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (National Economic and Social Development)
NGOs	องค์กรพัฒนาเอกชน (Non-governmental organizations)
NPV	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
OECD	องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (The Organisation for Economic Cooperation and Development)
ONEP	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) (Office of Natural Resources and Environmental Policy)
ONWR	สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (สทน.) (Office of National Water Resources)
PPP	การร่วมลงทุนระหว่างรัฐและเอกชน (Public-Private-Partnership)
UNFCCC	กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change)

ความเป็นมาของโครงการ

เมืองในปัจจุบันและในอนาคตจำเป็นต้องมีวิธีการบริหารจัดการแบบบูรณาการเพื่อรับมือกับความท้าทายที่ซับซ้อน น้ำท่วมเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุดทั่วโลก และสร้างความเสียหายมากกว่าภัยธรรมชาติอื่น ๆ ทั้งภัยที่มีสาเหตุมาจากสภาพอากาศและไม่เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศ อย่างไรก็ตาม มีการคาดการณ์ว่าความเสียหายจากน้ำท่วมจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อันเนื่องมาจากการขยายตัวของเมือง การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและความไม่แน่นอนของสภาพภูมิอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการน้ำโดยใช้วิธีการทางวิศวกรรมแล้วจะเห็นว่า การใช้แนวทางธรรมชาติในการบริหารจัดการน้ำ (Nature-based Solutions: NbS) อาทิเช่น สวนชุ่มน้ำ หรือบึงประดิษฐ์ (wetland parks) สวนรับน้ำฝน (raingardens) ร่องน้ำปลูกพืช (bioswales) หลังคาและกำแพงสีเขียว (green roofs and walls) ใช้เงินลงทุนน้อยกว่า งบประมาณของโครงการได้ง่ายกว่า และมีความยืดหยุ่นมากกว่า นอกเหนือจากประโยชน์ด้านการบริหารจัดการน้ำแล้ว NbS ยังก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมด้วย

ปัจจุบันมีการนำนวัตกรรมแนวทางธรรมชาติแบบบูรณาการมาใช้ในการบริหารจัดการน้ำในเขตเมืองอย่างแพร่หลายในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก แนวคิดการใช้ NbS แบบบูรณาการในการบริหารจัดการน้ำได้รับการยอมรับมากขึ้น สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสังคมทั่วเอเชียที่มีความมุ่งมั่นมากขึ้นในการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อม สุขภาพของคนในชุมชน และส่งเสริมการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม บางครั้งผู้ที่มีอำนาจตัดสินใจก็ยังคงมีความยากลำบากในการเลือกที่จะใช้แนวทาง NbS หรือใช้แนวทางแบบผสมผสาน เงินทุนของเทศบาลมีจำกัด และขาดฐานหลักฐานการศึกษาในพื้นที่เมื่อเทียบกับมาตรการทั่วไปที่ได้รับการ "ทดลองและทดสอบแล้ว"

เพื่อรับมือกับความท้าทายดังกล่าว ศูนย์วิจัยแบบมีส่วนร่วมเพื่อเมืองที่มีความอ่อนไหวด้านน้ำ (Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities: CRCWSC) และ ศูนย์การจัดการสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ (International Centre for Environmental Management: ICEM) ได้ทำงานร่วมกับหน่วยงานของรัฐบาลไทย และเวียดนามอย่างใกล้ชิด เพื่อระบุและประเมินผลประโยชน์ของ NbS อย่างครอบคลุมทุกด้าน ทั้งผลประโยชน์ที่มีมูลค่าตลาดและไม่มีมูลค่าตลาด (market and non-market values) ตลอดจนพิจารณารูปแบบการจัดหาเงินทุนและการลงทุนที่เหมาะสม

CRCWSC ได้พัฒนาและทดลองใช้นวัตกรรมที่เรียกว่า "Investment Framework For Economics of Water Sensitive Cities (INFEWS)" ซึ่งมีแบบจำลองที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลประโยชน์-ต้นทุน (Benefit-Cost Analysis: BCA) และมีเครื่องมือประเมินมูลค่า (Value Tool) ที่สามารถใช้ประเมินผลประโยชน์ที่ไม่มีมูลค่าตลาดได้ เครื่องมือนี้ได้ถูกนำมาทดลองใช้อย่างกว้างขวางในออสเตรเลียและในหลายเมืองของประเทศไทย ปัจจุบันนวัตกรรมนี้ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในภูมิภาคลุ่มน้ำโขงโดยมุ่งเน้นที่ประเทศไทยและเวียดนาม มีการสาธิตการนำกระบวนการจัดการน้ำท่วมในเขตเมืองแบบบูรณาการ (Integrated Urban Flood Management process: IUFM) และประเมินผลประโยชน์ทั้งที่มีมูลค่าตลาด (market value) และที่ไม่มีมูลค่าตลาด (non-market value) โดยมีกรณีศึกษาจำนวน 4 กรณีศึกษาในประเทศไทยและเวียดนาม

วิธีการศึกษา

การศึกษาดำเนินการตาม 5 ขั้นตอนของกระบวนการจัดการน้ำท่วมในเขตเมืองแบบบูรณาการ (Integrated Urban Flood Management: IUFM) เพื่อระบุ ประเมินมูลค่า และเลือกแนวทางแบบผสมผสานที่เหมาะสมกับบริบทในการบริหารจัดการน้ำท่วม

การวิเคราะห์ผลประโยชน์-ต้นทุน (BCA) ถูกนำมาใช้เนื่องจากเป็นวิธีที่รัดกุมและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ในการเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่ชุมชนได้ เราสามารถนำการวิเคราะห์ผลประโยชน์และต้นทุนมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย อาทิเช่น การกำหนดขอบเขตของแนวคิดเชิงกลยุทธ์ การเปรียบเทียบทางเลือก หรือการทบทวนว่าโครงการ แผนงาน หรือกฎระเบียบให้ประโยชน์ตามที่ระบุไว้หรือไม่ การวิเคราะห์นี้ช่วยให้สามารถประเมินแนวทางเชิงกลยุทธ์ที่เสนอไว้

1. การศึกษาบริบทของเมือง

สิ่งที่พิจารณา:

- วัตถุประสงค์ของการใช้พื้นที่คืออะไร ฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องมีอะไรบ้าง? เน้นพิจารณาด้านอุทกวิทยา สังคม สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ
- วัตถุประสงค์ของการใช้พื้นที่และฟังก์ชันต่างๆ เกี่ยวข้องหรือมีผลต่อพื้นที่กักเก็บน้ำในพื้นที่รับน้ำ ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ อย่างไร



Manual reference:
Section 1.4 (Defining
context and values)

2. การประเมินความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วม

สิ่งที่พิจารณา:

- น้ำท่วมที่เกิดขึ้นในพื้นที่เป็นน้ำท่วมประเภทใด?
- มีการจัดการพื้นที่ และพื้นที่กักเก็บน้ำ/พื้นที่รับน้ำในช่วงฤดูแล้ง ฤดูฝน หรือช่วงที่มีสถานการณ์น้ำท่วมรุนแรงอย่างไร?
- มีความเสี่ยงด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม หรือไม่ อย่างไร?



Manual reference:
Section 1.5 (Flood risk
assessments)

3. ระบุมาตรการแก้ไขที่เหมาะสมตามบริบท

สิ่งที่พิจารณา:

- ระบุการเลือกมาตรการแก้ไขในการบริหารจัดการน้ำท่วมที่เหมาะสมตามบริบท โดยใช้สามกลยุทธ์ ได้แก่ การถอย การปรับตัว และการป้องกัน

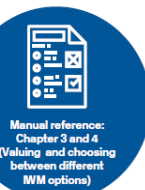


Manual reference:
Chapter 2 (Integrated
water management
approaches)

4. ประเมินมูลค่าและเลือกมาตรการแก้ไข

สิ่งที่พิจารณา:

- จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับผลประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ต้นทุน และความเสี่ยงของแต่ละทางเลือก ทั้งในปัจจุบันและในอนาคตเมื่อเวลาผ่านไป
- พิจารณาผลกระทบที่ซับซ้อน ความอ่อนไหว และการกระจายตัวของผลกระทบที่เกิดขึ้น ทั้งผลกระทบด้านผลประโยชน์และต้นทุน

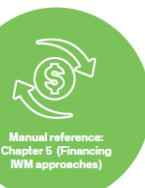


Manual references:
Chapter 3 and 4
(Valuing and choosing
between different
IWM options)

5. ระบุกลไกที่เหมาะสมเกี่ยวกับการใช้เงินทุนและการจัดหาทุน

สิ่งที่พิจารณา:

- เมื่อพิจารณาตัวเลือกมาตรการแล้ว จะต้องระบุแนวทาง/ทางเลือกที่ยุติธรรมและมีประสิทธิภาพในการใช้เงินและจัดหาเงินทุน พร้อมทั้งมีการประเมินแต่ละทางเลือกดังกล่าว



Manual reference:
Chapter 5 (Financing
IWM approaches)

ภาพที่ 1 : กระบวนการ IUFM

ที่มา: คณะทำงาน

การศึกษานี้เริ่มต้นด้วยการสำรวจพื้นที่และหารือกับหน่วยงานของเทศบาลนครระยอง เพื่อกำหนดพื้นที่กรณีศึกษา และทำความเข้าใจถึงความเป็นไปได้ในการใช้แนวทางธรรมชาติ (NbS) ผลการศึกษาจากโครงการของ ICEM [การประเมินสิ่งแวดล้อมเชิงกลยุทธ์ \(Strategic Environmental Assessment: SEA\) ของแผนพัฒนาจังหวัดระยอง และการแก้ไขร่างแนวทาง SEA ของไทย](#) เสริมด้วยข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การประเมินความเสี่ยงของภัยน้ำท่วมและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ตามขั้นตอนที่ 2 มีการพัฒนามาตรการแทรกแซงที่เหมาะสมกับบริบทตามแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดในระดับประเทศและระดับสากลและความคิดเห็นของคณะทำงานที่เป็นผู้เชี่ยวชาญของโครงการ

การประมาณการส่วนประกอบต้นทุนของแนวทางแก้ไขปัญหาแบบผสมผสานได้รับการพัฒนาโดยอ้างอิงจากข้อมูลระดับประเทศและค่าเฉลี่ยของต้นทุน เสริมด้วยข้อมูลจากประเทศอื่น ๆ ในเอเชีย การศึกษาก่อนหน้านี้ที่ดำเนินการโดย CRCWSC เกี่ยวกับการประเมินผลประโยชน์ที่เกิดจากการใช้แนวทาง NbS เพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วมในเขตเมืองของเมืองคุนชาน ประเทศจีนซึ่งได้รับการสนับสนุนจากธนาคารโลก เป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญ¹ ถัดไป ก็จะเป็นการประมาณการผลประโยชน์ โดยดึงข้อมูลมาจากส่วนผสมของมูลค่าตลาด (เช่น ต้นทุนที่สามารถเลี่ยงได้ของการลงทุนในระบบโครงสร้างพื้นฐาน และความล่าช้าในการเดินทางที่ลดลงอันเนื่องมาจากน้ำท่วม) นอกจากนี้มีการใช้เครื่องมือ INFFEWS Value Tool² เพื่อประเมินผลประโยชน์อื่น ๆ เช่น ผลประโยชน์จากการพักผ่อนหย่อนใจที่ผู้ใช้บริการได้รับ การปรับปรุงทางสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น (โดยอิงจากความเต็มใจที่จะจ่ายเงินเพื่อทำการศึกษา และราคาของอสังหาริมทรัพย์ที่เพิ่มขึ้น (อ้างอิงจากการศึกษาแบบจำลองราคาแฮตดอนิค)

ข้อพิจารณาที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการเปลี่ยนแปลงของผลประโยชน์และต้นทุนเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ผลประโยชน์บางอย่างเกิดขึ้นครั้งเดียว (one-off) เช่น มูลค่าที่เพิ่มขึ้นของทรัพย์สิน (อสังหาริมทรัพย์) ผลประโยชน์บางอย่างเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น มูลค่าความเสียหายจากน้ำท่วมที่สามารถเลี่ยงได้หรือสามารถประหยัดได้ เป็นต้น อีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญคือ การสร้างขีดความสามารถทางเทคนิคและการเงิน และการกำหนดผู้รับผิดชอบ เพื่อดำเนินการบำรุงรักษาสังก่อสร้างตามแนวทาง NbS ให้สามารถใช้งานได้ นอกจากนี้แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์กรณีศึกษานี้ ยังประเมินมูลค่าผลประโยชน์โดยคำนึงถึงมูลค่าของเงินตามเวลา กล่าวคือ ผลประโยชน์ที่ได้รับในวันนี้ย่อมมีมูลค่ามากกว่าผลประโยชน์มูลค่าเท่ากันที่จะได้รับในอนาคตข้างหน้า มีการกำหนด “อัตราคิดลด (discount rate)” ตามอัตรามาตรฐานของประเทศ ซึ่งอยู่ระหว่าง 2 – 6% กรณีศึกษานี้มีข้อสมมติว่า อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการกำหนดอัตราคิดลดเท่ากับ 4% ทั้งนี้การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity testing) โดย

¹ Wishart, M. , Wong, T. , Furnage, B. , Liao, X. , Pannell, D. , & Wang, J. (2021) การประเมินผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินการด้วยแนวทางธรรมชาติ

² เครื่องมือ INFFEWS (กรอบการลงทุนเพื่อเศรษฐกิจของเมืองที่มีความอ่อนไหวด้านน้ำ) ได้รับการพัฒนาโดย ศูนย์วิจัยแบบมีส่วนร่วมเพื่อเมืองที่มีความอ่อนไหวด้านน้ำ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยแบบบูรณาการ 2 (กรอบการประเมินทางเศรษฐกิจที่ครอบคลุม) ดูข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่: https://drive.google.com/file/d/1f_cbHpOWToeAA63qbnsEmI89v0phVu4a/view?usp=sharing

อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวครอบคลุมอัตราผลตอบแทนพันธบัตรรัฐบาลของไทย อายุ 20 ปี ซึ่งเท่ากับ 2.4% ด้วย

หลังจากใช้แบบจำลองวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์แล้ว ขั้นตอนสุดท้ายที่มีความสำคัญมากคือการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity testing) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวจะชี้ให้เห็นว่าหากเงื่อนไขต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญแล้ว บทสรุปหรือผลการวิเคราะห์สัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีการเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเพียงใด ยังคุ้มค่าหรือไม่ ในกรณีที่ขาดข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ที่ชัดเจนแน่นอน การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจึงมีความสำคัญมากเพื่อยืนยันความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ กรณีศึกษาวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยการปรับต้นทุนให้เพิ่มขึ้นและปรับผลประโยชน์ให้ลดลงในช่วง 30% โดยใช้แบบจำลองวิเคราะห์ข้อมูลซ้ำ 1,000 ครั้ง และแจกแจงค่าความน่าจะเป็น นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยกำหนดให้อัตราคิดลดและข้อสมมติหลักต่าง ๆ เปลี่ยนแปลง เช่น สมมติให้มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนหรืออัตราการใช้ NbS ขนาดเล็กของภาคเอกชน และระยะเวลาของโครงการ เป็นต้น สามารถศึกษารายละเอียดผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวได้ในบทที่ 5

ข้อเสนอแนะแนวทางการใช้จ่ายเงินทุนและแหล่งทุน ได้มาจากการประสบการณ์ของโครงการที่ใช้ NbS ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น มาตรการเกี่ยวกับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) ที่มีการใช้ในประเทศไทย นอกจากนี้ยังอาศัยข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองการวิเคราะห์ผลประโยชน์-ต้นทุน (BCA) เช่น ข้อมูลการกระจายตัวของต้นทุนและผลประโยชน์ เป็นต้น เพื่อหาแนวทางที่มีประสิทธิภาพและเป็นธรรม

การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและการพิจารณาแนวทางแก้ปัญหาาร่วมกันเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากการส่งเสริมแนวทาง IUFM แล้ว โครงการยังมีเป้าหมายที่จะสร้างความสามารถและสร้างคณะทำงานภายในประเทศที่มีความรู้และเครื่องมือที่จำเป็นในการระบุและประเมินผลประโยชน์และต้นทุนการใช้แนวทางธรรมชาติภายในกรอบการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

สำหรับการดำเนินการเบื้องต้นที่สำคัญนั้นมีการจัดตั้งคณะกรรมการกำกับโครงการ ซึ่งประกอบด้วยผู้แทนระดับสูงจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง โดยมีผู้แทนจากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) เป็นประธานในฐานะหน่วยงานที่มีภารกิจหลักด้านนโยบายการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) และสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (สทน.)

โครงการนี้มีการประชุมเชิงปฏิบัติการ 3 ครั้ง โดยได้มีการเชิญผู้แทนจากหน่วยงานของคณะกรรมการขับเคลื่อนแต่ละหน่วยงานในประเทศไทยเข้าร่วมการศึกษา รวมทั้งหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมโยธาธิการและผังเมือง กองงานสุขาภิบาลระยอง กรมชลประทาน และสถาบันวิชาการและวิจัย (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง มหาวิทยาลัยมหิดล) นอกจากนี้ ผู้แทนคนเดียวกันยังได้รับเชิญให้เข้าร่วมประชุมเพื่อความต่อเนื่องของผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้และเพื่อสนับสนุนการพัฒนาแนวทางปฏิบัติของชุมชน

- **1. การฝึกอบรมพื้นฐานสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง (8-9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564):** การฝึกอบรมครั้งที่ 1 เป็นการแลกเปลี่ยนความรู้ที่ใช้ระยะเวลาสองวันออกแบบมาเพื่อให้ผู้บริหารระดับสูงของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเห็นภาพรวม และเพื่อนำเสนอตัวอย่างของ NbS ซึ่งเป็นเครื่องมือเอนกประสงค์สำหรับการบริหารจัดการน้ำในประเทศ ออสเตรเลีย จีน และไทย เนื้อหาการฝึกอบรมประกอบด้วยคำแนะนำกรณีศึกษา การพิจารณา ขั้นตอนที่ 1 และ 2 ของกระบวนการ IUFM และการขอความคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมอบรมเพื่อให้ คณะทำงานมีความรู้ความเข้าใจในบริบทและประเด็นปัญหาของพื้นที่กรณีศึกษาอย่างเพียงพอ การฝึกอบรมในครั้งนี้ครอบคลุมทั้งกรณีศึกษาในพื้นที่จังหวัดระยองและสุขุมวิท
- **2. การระบุกระบวนการ IUFM และแนวทางธรรมชาติ NbS แบบบูรณาการ (Identifying Integrated IUFM and NbS Interventions) (22-23 มีนาคม พ.ศ. 2564):** การฝึกอบรมครั้งที่สองมุ่งเน้นไปที่ขั้นตอนที่ 3 ของกระบวนการ IUFM โดยนำเสนอแนวทางแบบผสมผสานและผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ มีการตั้งคำถามที่สำคัญเกี่ยวกับศักยภาพของ NbS ความเป็นไปได้ในการนำ NbS มาใช้ในพื้นที่ ตลอดจนความสามารถและประโยชน์ของ NbS ในการแก้ปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่กรณีศึกษา เพื่อให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องร่วมพิจารณา การฝึกอบรมในครั้งนี้ครอบคลุมทั้งกรณีศึกษาในพื้นที่จังหวัดระยองและสุขุมวิท
- **3. การประเมินมูลค่าและเปรียบเทียบมาตรการที่ได้จากกระบวนการ IUFM (Valuing and comparing IUFM solutions) (11 มิถุนายน พ.ศ. 2564):** การฝึกอบรมครั้งสุดท้ายมุ่งเน้นไปที่ขั้นตอนที่ 4 และ 5 ของกระบวนการ IUFM โดยมีการนำเสนอผลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลประโยชน์-ต้นทุน และนำเสนอรูปแบบการใช้จ่ายเงินทุนและแหล่งทุนที่เป็นไปได้ เป้าหมายหลักของการอบรมนี้คือการตรวจสอบข้อสมมติฐานที่ใช้ในแบบจำลองว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ มีการจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการแยกสำหรับพื้นที่กรณีศึกษาแต่ละแห่ง ทั้งนี้ ผู้เข้าร่วมอบรมจากพื้นที่กรณีศึกษาระยองและสุขุมวิทต่างเข้าร่วมการอบรมของกันและกันด้วย

1. การกำหนดบริบทเมืองที่ทำการศึกษา

1.1 จังหวัดระยอง -จากจังหวัดในพื้นที่ชนบทสู่ศูนย์กลางอุตสาหกรรมที่มีความเจริญรุ่งเรือง

ก่อนปี พ.ศ. 2523 จังหวัดระยองมีประชากรที่ค่อนข้างเบาบาง ซึ่งมีการเกษตรและการประมงเป็นเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของจังหวัด การค้นพบก๊าซธรรมชาติปริมาณมากในอ่าวไทยในช่วงกลางทศวรรษ 1980 นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงชั้นพื้นฐานในด้านเศรษฐกิจและประชากรของภูมิภาค พื้นที่อุตสาหกรรมของจังหวัดระยองมีกำลังการผลิตน้ำมันมากกว่าครึ่งหนึ่งของกำลังการผลิตน้ำมันในประเทศไทย โดยมีกำลังการผลิตปิโตรเคมีมากกว่า 90% และมีกำลังการผลิตไฟฟ้าประมาณ 25% ของกำลังการผลิตทั้งประเทศ รวมทั้งมีอุตสาหกรรมยานยนต์ อิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงจากการผลิตในภาคอุตสาหกรรมหลักเป็นภาคบริการและภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ส่งผลให้จังหวัดระยองมี GDP ต่อหัวสูงสุดในประเทศไทย คิดเป็นเกือบสองเท่าของกรุงเทพฯ

ภายใต้แผนพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (EEC) ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากสมานิติบัญญัติของไทยในปี 2561 สามจังหวัดของภาคตะวันออก ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง จะเป็นจุดสำคัญของการเติบโตทางเศรษฐกิจที่รวดเร็ว รวมถึงเขตอุตสาหกรรมใหม่ ศูนย์กลางความเป็นเมือง การขยายท่าเรือ และสนามบินและเส้นทางรถไฟสายใหม่ ล้วนมุ่งสู่เป้าหมายในการพัฒนาภูมิภาคนี้ให้กลายเป็นศูนย์กลางทางการค้า การลงทุน การวิจัย และนวัตกรรม และการคมนาคมขนส่งในภูมิภาค ภายใต้แผนพัฒนา EEC มอเตอร์เวย์ใหม่ รถไฟความเร็วสูง และสนามบินนานาชาติอู่ตะเภาที่ปรับปรุงใหม่ จะทำให้การเชื่อมต่อในพื้นที่จังหวัดระยองนั้นง่ายยิ่งขึ้น สิ่งที่สรุปได้จากแผนนี้คือโอกาสในการจ้างงานที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น หุ่นยนต์และการบิน ตลอดจนการขยายตัวของเมืองระยองอย่างต่อเนื่อง ด้วยจังหวัดที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจ ในปี 2560 ระยองได้รับการขนานนามจาก Financial Times ให้เป็น“เมืองแห่งอนาคตของเอเชียแปซิฟิก”



ภาพที่ 2 : ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออกของประเทศไทย
ที่มา: Straits Times

แต่ระยองไม่ใช่เมืองที่มีแค่โรงงานและมอเตอร์เวย์เท่านั้น การเติบโตทางเศรษฐกิจที่สำคัญยังได้รับแรงหนุนจากอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวที่เฟื่องฟู เมืองระยองเป็นจุดหมายปลายทางที่สะดวกในการเดินทาง

จากกรุงเทพฯ โดยมีหาดทรายยาวและสถานที่ท่องเที่ยวริมชายฝั่งอยู่ใกล้เคียง รวมทั้งเกาะยอดนิยมอย่างเกาะเสม็ด อย่างไรก็ตาม การเติบโตของประชากรอย่างรวดเร็ว การพัฒนาอุตสาหกรรม และการควบคุมมลพิษที่มีขีดจำกัด ก่อให้เกิดความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง ซึ่งคุกคามระบบนิเวศที่มีความเปราะบาง ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของประชาชน และขัดขวางการเติบโตของภาคการท่องเที่ยว

แผนพัฒนา EEC เป็นทั้งโอกาสและความท้าทายสำหรับจังหวัดระยอง เพื่อเป็นการสนับสนุนการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วพร้อมกับปกป้องสิ่งแวดล้อม สุขภาพ และความเป็นอยู่ที่ดีของชุมชน ระยองจำเป็นต้องมีมาตรการที่แน่วแน่และมองการณ์ไกลเพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน ในขณะเดียวกัน ระยองมีสิ่งดึงดูดใจมากมาย และมีศักยภาพทางเศรษฐกิจและการเมืองที่แสดงให้เห็นถึงแนวทางแก้ไขเชิงนวัตกรรม ระยองเป็นจังหวัดที่สำคัญต่อแผนการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศไทย และเป็น "เมืองแห่งอนาคต" ที่ได้รับการยอมรับทั่วโลก

1.2 เทศบาลนครระยอง– ความท้าทายในเขตเมือง

ปัจจุบันเทศบาลนครระยองมีประชากรประมาณ 63,406 คน เมืองชายฝั่งทะเลขนาดเล็ก ซึ่งปัจจุบันเป็นที่รู้จักเพราะเป็นเมืองที่มีบรรยากาศสบาย มีร้านอาหารทะเล และตลาดงานฝีมือ รวมถึงโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่งที่สำคัญ อย่างไรก็ตาม การขาดการวางแผนการเติบโตของเมืองทำให้เกิดความท้าทายมากมาย บริการสาธารณะเช่นการระบายน้ำทิ้งและการบำบัดน้ำเสียไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้นได้ เทศบาลนครเมืองระยองมีแผนการบำบัดน้ำเสียหนึ่งแผนซึ่งบำบัดได้ต่ำกว่ากำลังการบำบัดที่มี ด้วยเทศบาลมีงบประมาณที่จำกัดและมีประเด็นด้านการออกแบบและการจัดวางพื้นที่ซึ่งทำให้น้ำที่เข้ามาในพื้นที่ไม่สามารถไหลตามแรงโน้มถ่วงได้ จึงเป็นผลทำให้น้ำเสียที่ไม่ได้รับการบำบัดไหลลงสู่ทะเลโดยตรง นอกจากนี้ ระยองยังมีปัญหาด้านความร้อน เนื่องจากมีต้นไม้ขนาดเล็กที่ให้ร่มเงาและมีสิ่งก่อสร้างที่เป็นคอนกรีตจำนวนมากซึ่งเป็นผลทำให้พื้นที่ในบริเวณเมืองนั้นมีความร้อนที่สูงขึ้น เกิดน้ำท่วมเป็นประจำในช่วงที่มีฝนตกหนัก ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุข อันเนื่องมาจากการไหลบ่าของน้ำที่เป็นมลพิษ

1.3 กรณีศึกษา – ย่านศูนย์กลางธุรกิจเทศบาลนครระยอง

กรณีศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่ย่านศูนย์กลางธุรกิจ (CBD) ของเทศบาลนครระยองในจังหวัดระยอง ประเทศไทย (รูปที่ 3 บน) คณะทำงานเลือกพื้นที่นี้เนื่องจากมีโครงสร้างพื้นฐานและบริการต่าง ๆ ที่สำคัญของชุมชน เช่น สถานีขนส่งจังหวัดระยอง โรงพยาบาลประจำจังหวัด ตลาดขนาดใหญ่หลายแห่ง โรงแรม และห้างสรรพสินค้า เนื่องจากพื้นที่ตรงนี้เป็นย่านศูนย์กลางธุรกิจ จึงมีศักยภาพสูงที่จะพัฒนาเป็นสถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดระยอง การคำนึงถึงความอ่อนไหวด้านน้ำและแนวทาง NbS ทำให้เมืองน่าอยู่มากขึ้น ดึงดูดผู้ที่มีความสามารถให้เข้ามาทำงานซึ่งสอดคล้องกับความต้องการที่จะเป็นภูมิภาค

ไฮเทค ประกอบกับการส่งเสริมฟื้นฟูภาคการท่องเที่ยวในภูมิภาค ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของยุทธศาสตร์การฟื้นฟูจาก COVID-19



ภาพที่ 3 : ย่านศูนย์กลางธุรกิจเทศบาลนครระยอง (บน) กรณีศึกษาพื้นที่ภายในย่านศูนย์กลางธุรกิจ (ล่าง)
ที่มา: Google Maps/คณะทำงาน

ดังแสดงในภาพที่ 3 (ล่าง) ภายใน CBD กรณีศึกษานี้เน้นที่ถนนสายหลักและสายรอง พื้นที่ของภาคเอกชน พื้นที่เชิงพาณิชย์ (ศูนย์การค้า) และพื้นที่ราบต่ำสาธารณะ (ลานจอดรถ) จะเห็นได้ว่าโครงข่ายของแนวทางแบบธรรมชาติและแบบผสมผสานสามารถต้านทานภัยน้ำท่วมได้ และมีส่วนช่วยในการสร้างเมืองให้เป็นพื้นที่สีเขียวที่ยั่งยืนสำหรับผู้คนต้องการอยู่อาศัยและทำงาน และนักท่องเที่ยวต้องการเข้ามาเยี่ยมชม



ภาพที่ 4 : พื้นที่ตลาดกลางแจ้ง (ตำแหน่ง #4 บนแผนที่) (ซ้าย) และถนนห้วยป่า (ตำแหน่ง #5 บนแผนที่) (ขวา)
ที่มา: คณะทำงาน ธันวาคม 2563

ภายในพื้นที่การศึกษา ความรับผิดชอบต่อโครงสร้างพื้นฐานและการถือครองที่ดินนั้นเป็นเรื่องที่ซับซ้อน เมื่อ 30 กว่าปีที่แล้ว การพัฒนาย่านศูนย์กลางธุรกิจของระยองส่วนใหญ่ขับเคลื่อนโดยธุรกิจของภาคเอกชน โดยมีการสร้างโครงข่ายถนน การระบายน้ำทิ้งเพื่อรองรับการขยายสินค้าและบริการ

ตั้งแต่นั้นมา ถนนสายรองและโครงสร้างพื้นฐานในเขต CBD จึงได้รับการปรับปรุงและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอโดยเทศบาลนครระยอง แม้ว่าลักษณะเฉพาะของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานก่อนหน้านี้ได้ก่อให้เกิดความท้าทายต่าง ๆ ตามมา

ถนนสายหลักที่ล้อมรอบ CBD เป็นความรับผิดชอบร่วมกันของกรมทางหลวงชนบท (ถนนสายหลักในภาคเหนือ) เทศบาลนครระยอง (ถนนสายหลักในภาคตะวันออก) และกรมทางหลวง (ถนนสายหลักในภาคใต้)

การถือครองที่ดินในย่าน CBD ก็ซับซ้อนเช่นกัน ที่ดินบางแห่งเป็นของเอกชนและอยู่ภายใต้สัญญาเช่าระยะยาว (20-30 ปี) แม้ว่าข้อบังคับของเทศบาลนครระยองจะครอบคลุมผู้อยู่อาศัยทั้งหมดในย่าน CBD แต่มีเพียงไม่กี่แห่งที่อยู่ภายใต้กรรมสิทธิ์โดยตรงของเทศบาลนครระยอง สถานประกอบการสำคัญแห่งเดียวของเทศบาลนครระยองคือ ศูนย์คมนาคมขนส่งจังหวัดระยองซึ่งเป็นที่ตั้งของการขนส่งสาธารณะของจังหวัดระยอง นี่คือศูนย์กลางที่สำคัญที่ผู้สัญจรใช้เพื่อเดินทางไปยังพื้นที่อื่น ๆ ของจังหวัด

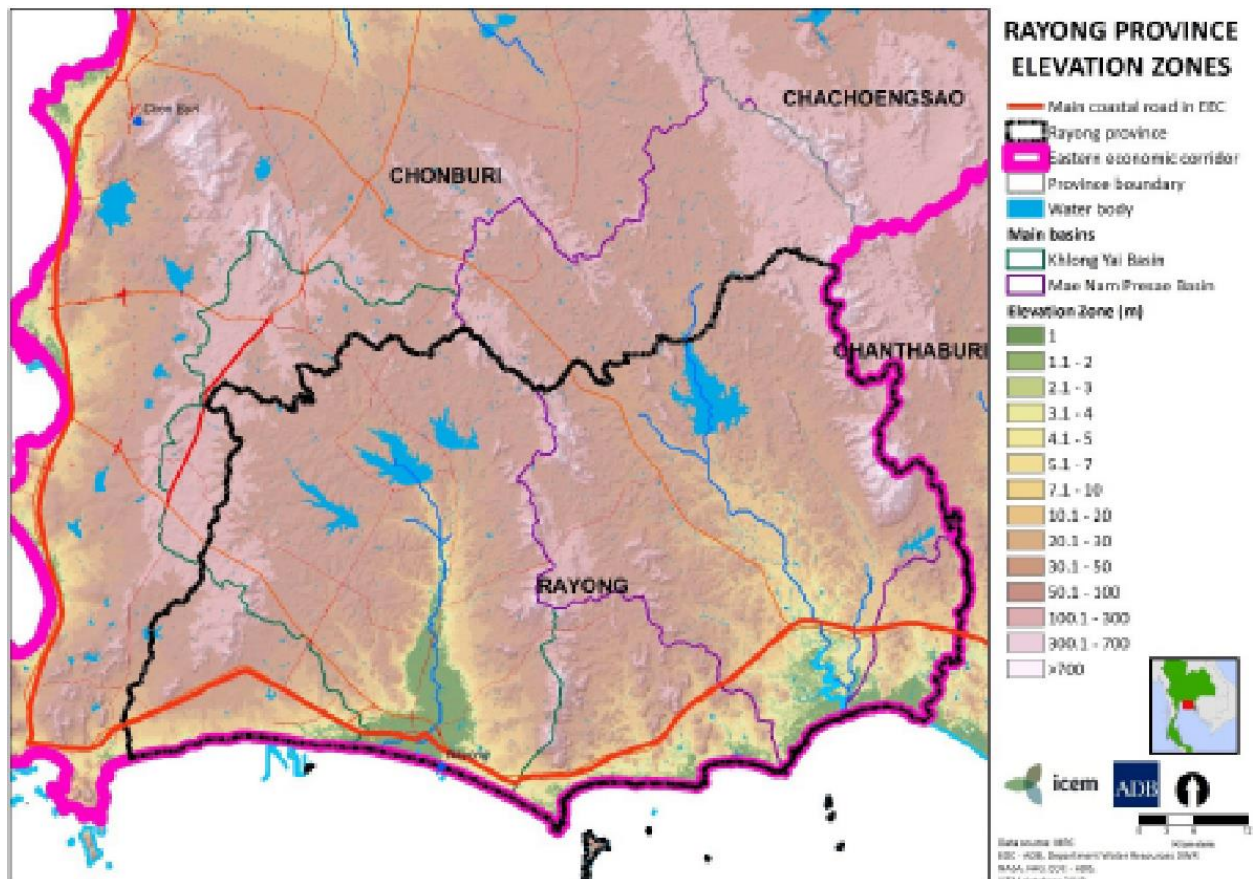
สำหรับภาคเอกชน มีตลาดหลักสามแห่งซึ่งเต็มไปด้วยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมจำนวนมาก และผู้จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในตลาดท้องถิ่น ผู้ประกอบธุรกิจรายใหญ่ ได้แก่ 'mega superstores' ทั้งสองแห่ง นอกจากนี้ยังมีโรงแรมหลายแห่งใน CBD

การที่จะให้ภาคเอกชนทั้งหมดเห็นด้วยและยอมที่จะลงทุนเพื่อสนับสนุนแนวทาง NbS จึงเป็นเรื่องที่ท้าทาย กระบวนการพัฒนากลยุทธ์ 'ระยองสีเขียว' แบบมีส่วนร่วมได้รับการสนับสนุนด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงผลประโยชน์ต่าง ๆ ตลอดจนการเติบโตของธุรกิจของภาคเอกชนควบคู่ไปกับการสร้างขีดความสามารถและการสนับสนุนเพื่อดำเนินการซึ่งอาจเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในอนาคต กลยุทธ์นี้จะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการพัฒนาให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ระดับภูมิภาคและระดับชาติที่มีอยู่ในปัจจุบัน ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลยุทธ์และรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับการระดมทุนมีอยู่ในส่วนที่ 5.1

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอื่น ๆ ที่ควรมีส่วนร่วมในการพัฒนากลยุทธ์ NbS ได้แก่ หอการค้าจังหวัดระยองและผู้พัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออกซึ่งจะเป็นผู้สนับสนุนหลักต่อการเติบโตในอนาคต

2. ประเมินความเสี่ยงจากน้ำท่วม

จังหวัดระยองล้อมรอบด้วยลุ่มน้ำสองแห่งที่ไหลลงมาจากเหนือจรดใต้สู่อ่าวไทย – คลองยาง (หรือแม่น้ำระยอง) และแม่น้ำประแส (ภาพที่ 5) ลุ่มน้ำดังกล่าวล้อมรอบด้วยพื้นที่เนินเขาทางทิศตะวันตก กลาง และตะวันออกของจังหวัด อ่างเก็บน้ำหลักของจังหวัดระยองตั้งอยู่บนบนของแม่น้ำทั้งสองสายซึ่งมีแหล่งกำเนิดอยู่ในจังหวัดชลบุรีซึ่งเป็นจังหวัดใกล้เคียง



ภาพที่ 5 : ลุ่มน้ำและแหล่งน้ำในจังหวัดระยอง

ที่มา: คณะทำงาน

ระยองประสบภัยแล้งและน้ำท่วมบ่อยครั้ง รวมทั้งการกัดเซาะชายฝั่งและระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น ตามการคาดการณ์จาก SEA ของแผนพัฒนาจังหวัดระยอง (สชช. ADB และ ICEM พ.ศ. 2562) นอกจากนี้ยังมีการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจนถึงปี พ.ศ. 2593 ว่าจะมีช่วงฤดูแล้งที่รุนแรงมากขึ้นและอาจเกิดน้ำท่วมรุนแรงอย่างกว้างขวางและบ่อยครั้งมากขึ้นในช่วงฤดูฝนซึ่งเกิดจากฝนตกในบริเวณพื้นที่รับน้ำเป็นวงกว้าง พายุที่โหมกระหน่ำ และระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น



ภาพที่ 6 : เหตุการณ์น้ำท่วมในจังหวัดระยอง พ.ศ. 2558: ฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องหลังเกิดพายุโซนร้อน Vamco ทำให้เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม สร้างความเสียหายให้กับบ้านเรือน และสร้างความโกลาหลบนท้องถนน ที่มา: The Nation/Asia News Network

เทศบาลนครระยองได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมขังและน้ำท่วมล้นตลิ่งอันเกิดจากอิทธิพลของชายฝั่ง ถนนสายหลัก – ถนนสุขุมวิท – วิ่งจากตะวันตกไปตะวันออกซึ่งแยกย่าน CBD ออกจากกัน การพัฒนาเมืองอย่างรวดเร็วทำให้พื้นผิวดินนั้นถูกปกคลุมไปด้วยพื้นคอนกรีตในหลาย ๆ พื้นที่และมีการระบายน้ำตามธรรมชาติเพียงเล็กน้อย ยิ่งไปกว่านั้น ขอบกั้นที่ได้มีการหิบบกขึ้นมาหรือในที่ประชุมสำหรับกรณีศึกษานี้คือ ระบบระบายน้ำที่มีความซับซ้อนและการบำรุงรักษาที่ไม่เพียงพอ ผสมกับความท้าทายอย่างต่อเนื่องอันเนื่องมาจากการอุดตันของท่อระบายน้ำ และระบบโครงสร้างพื้นฐานที่เก่าในเขต CBD ของระยอง (ภาพที่ 7 ซ้าย) น้ำไหลโดยตรงจากท่อน้ำทิ้งของอาคารซึ่งไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับระบบระบายน้ำ น้ำจึงไหลลงสู่พื้นคอนกรีตและถนนแทน (ภาพที่ 7, ขวา)

น้ำท่วมที่อยู่บนตอนเหนือของถนนสุขุมวิทนั้นเลวร้ายยิ่งกว่า ในขณะที่น้ำที่ไหลมาจากตอนใต้สามารถระบายลงทะเลได้ง่ายกว่า อย่างไรก็ตาม การประมงชายฝั่งและสัตว์น้ำย่อมได้รับอันตรายเมื่อมีฝนตกหนักในตัวเมืองระยอง อันเนื่องมาจากท่อระบายน้ำที่เอ่อล้นและมลพิษจากน้ำฝน ซึ่งเป็นภัยคุกคามต่อสาธารณสุข



ภาพที่ 7 : ใบไม้และถังขยะวางท่อระบายน้ำบางส่วน (ซ้าย) และท่อน้ำทิ้งจากหลังคาที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับระบบระบายน้ำ (ขวา)

ที่มา: คณะทำงาน ธันวาคม 2563

3. การระบุแนวทางการบริหารจัดการน้ำท่วมที่เหมาะสมกับบริบท

3.1 แนวทางแบบผสมผสาน

กรณีฐานในการศึกษานี้คือ "การไม่ทำอะไรเลย" แนวทางแบบผสมผสานเสนอโครงข่ายพื้นที่สีเขียวเพื่อบรรเทาภัยน้ำท่วม ลดมลพิษทางน้ำที่อยู่ในตัวเมืองแม่น้ำลำคลองและสิ่งแวดล้อมตามชายฝั่ง เพิ่มการดูดซึมของน้ำตามธรรมชาติ เพิ่มความเย็นสบาย และสร้างพื้นที่ที่สวยงามและเย็นสบายที่ผู้อยู่อาศัยและนักท่องเที่ยวสามารถใช้ประโยชน์ได้ ความท้าทายของแนวทางนี้คือการสร้างและการบำรุงรักษาพื้นที่สีเขียวในเขตพื้นที่แออัดและยังไม่ได้มีการสร้างพื้นที่สีเขียว เช่น สวนสาธารณะอยู่แล้ว

กลยุทธ์ดังกล่าวประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลัก:

1. **การออกแบบเมืองที่มีความอ่อนไหวด้านน้ำบนถนนสายหลัก** เพื่อสร้างเครือข่ายการขนส่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ปรับปรุงการจัดการน้ำท่วม และลดการหยุดชะงักในเส้นทางคมนาคมที่สำคัญ
2. **'หุบเขาในเมือง'** บนถนนในย่านการค้า เพิ่มพื้นที่บังแดดและปรับปรุงพื้นที่ให้มีอากาศเย็นสบาย
3. **แหล่งซัปปิงสีเขียวที่เย็นสบาย** ถึงเก็บน้ำฝนและสวนรับน้ำฝนที่จะติดตั้งบนหรือใต้พื้นดินของอาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่ ประกอบด้วยศูนย์การค้าและตลาด เพื่อบรรเทาน้ำท่วมในพื้นที่และลดการเอ่อล้นของท่อระบายน้ำทั้งหมด
4. **เปลี่ยนพื้นที่ราบต่ำสาธารณะให้เป็นพื้นที่สีเขียว** รวมถึงลานจอดรถเพื่อการใช้งานที่อเนกประสงค์มากขึ้น รองรับการระบายความร้อนในเมือง ปรับปรุงสิ่งแวดล้อมความสะดวกและอากาศที่เย็นสบาย เพิ่มการดูดซึมของน้ำด้วยวิธีธรรมชาติ และลดน้ำท่วมในพื้นที่
5. **แพลตฟอร์มอัจฉริยะ ระเบียง 'คูลไลน์ (Cool Lines)'** เพื่อยกระดับประสบการณ์ของผู้คนที่อยู่ในชุมชนและการท่องเที่ยว ช่วยให้ผู้อยู่อาศัยและผู้มาเยือนสามารถค้นหาเส้นทางที่เย็นสบายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ใน CBD

นอกจากประโยชน์ที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นแล้ว กลยุทธ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแต่ละกลยุทธ์จะนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าที่คาดว่าจะได้รับอย่างมีนัยสำคัญในพื้นที่โดยรอบ อันเนื่องมาจากการปรับปรุงภูมิทัศน์และคุณภาพของพื้นที่เปิดโล่ง นอกจากนี้ ผลกระทบอันเกิดจากการไหลบ่าของน้ำฝนที่ลดลงและการเอ่อล้นของท่อระบายน้ำทั้งหมดที่ลดลงในย่านศูนย์กลางธุรกิจ (CBD) จะช่วยปกป้องพื้นที่ชายฝั่งทะเลจากมลพิษทางน้ำและลดต้นทุนในการระบายน้ำและเครื่องสูบน้ำเสีย

3.1.1. การออกแบบถนนในเมืองที่มีความอ่อนไหวด้านน้ำ

จากกลยุทธ์ คณะทำงานได้พิจารณาถนนสายหลัก 3 สายในจังหวัดระยอง – ซึ่งเป็นเหมือนกับหลอดเลือดแดงใหญ่ของถนนสุขุมวิทที่วิ่งผ่าน EEC (แสดงเป็นสีน้ำเงินทางใต้สุดของแผนที่ในภาพที่ 8), ถนน

ราชชุมพล (เหนือ) ถนนจันทอุดม (ตะวันออก) และถนนสายรองเส้นเล็กหลายเส้นทั่วย่านศูนย์กลางธุรกิจ ที่แสดงเป็นสีเขียว



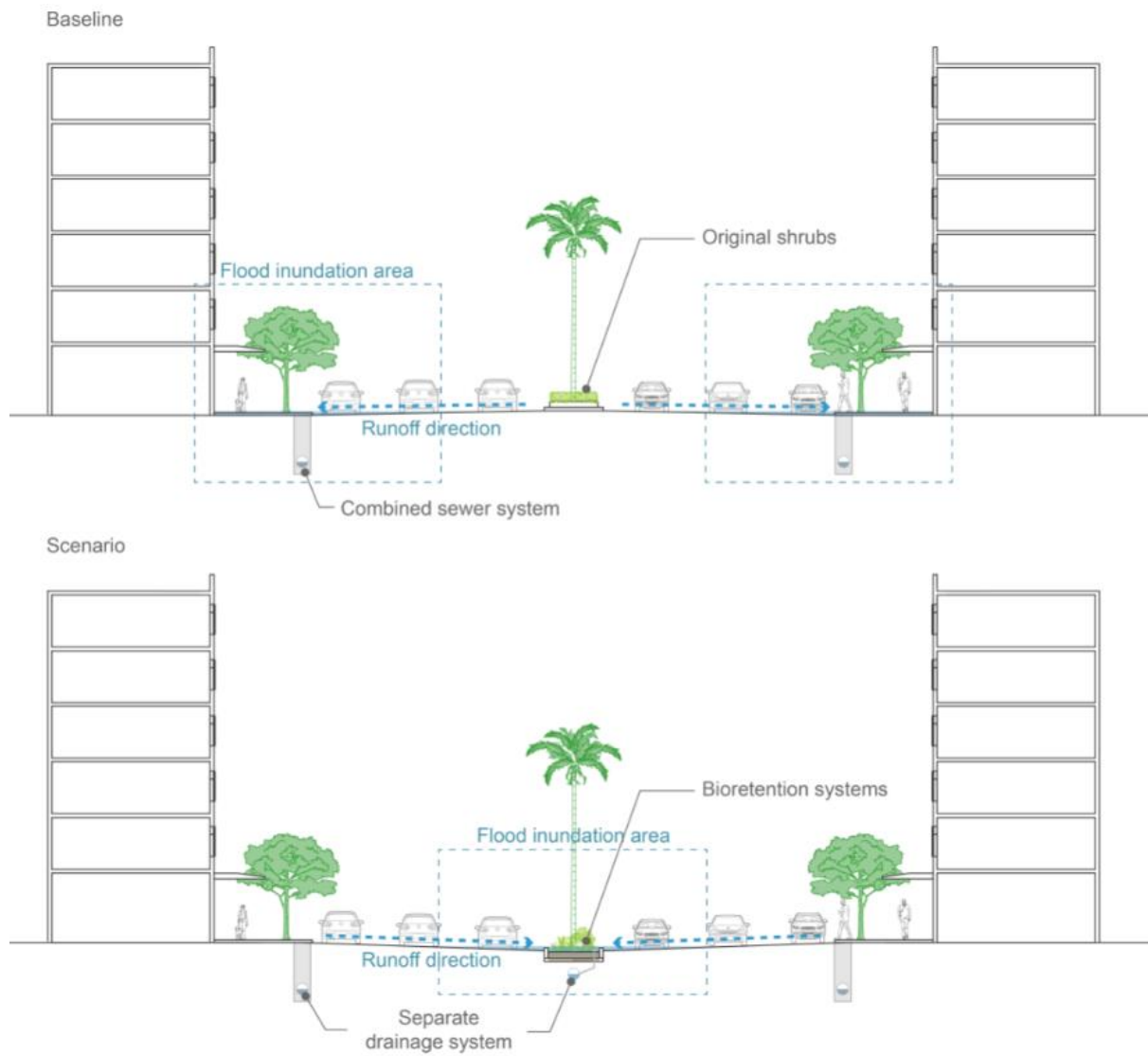
ภาพที่ 8 : ถนนในพื้นที่การศึกษา (ซ้าย) แบบปัจจุบันของถนน จันทอุดม (ขวา)

ที่มา: Google Maps/คณะทำงาน ธันวาคม 2563

ปัจจุบันในระยของบริเวณถนนสุขุมวิท และถนนจันทอุดม มีการปลูกต้นไม้บนเกาะกลางเพื่อแยกเลนถนน และเพื่อความสวยงาม ถ.ราชชุมพลไม่ได้มีการปลูกต้นไม้แต่อย่างใด การปรับปรุงถนนทั้งสามเส้นนี้มีการกจัดให้พื้นที่บริเวณเกาะกลางเป็นร่องที่มีระบบกักเก็บชีวภาพ(ตัวกรองชีวภาพ) และขอบถนนที่หักเป็นระยะ ๆ (และรักษาต้นไม้ริมถนนที่มีอยู่ไว้) น้ำฝนที่ไหลบ่าจากถนนจะระบายออกไปจากอาคารและทางทำได้ง่ายตาย ไปจนถึงเกาะกลางที่ซึ่งน้ำจะดูดซึมลงสู่ดินตามธรรมชาติ ซึ่งในระยจะมีชั้นดินทรายที่อยู่ด้านล่างคอยอุ้มน้ำไว้ ด้วยวิธีนี้จะเป็นการลดปริมาณการไหลบ่าของน้ำบนถนนสู่ระบบท่อน้ำทิ้งรวมของระย ซึ่งในตอนนั้นระบบท่อน้ำทิ้งอาจใกล้ที่จะเต็มแล้ว

ในช่วงที่เกิดน้ำท่วม ความสามารถในการดูดซึมน้ำจะเกินขีดจำกัด น้ำจะถูกส่งผ่านท่อระบายน้ำไปยังท่อระบายน้ำฝนขนาดใหญ่ที่อยู่ใต้เกาะกลาง ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการระบายน้ำและระดับการป้องกันน้ำท่วม ควรมีการติดตั้งแผ่นกรองชีวภาพระหว่างต้นปาล์มเพื่อบำบัดมลพิษจากพื้นผิวถนน นอกจากนี้ ควรอนุรักษ์ต้นไม้ที่มีอยู่ไว้ตรงกลาง เพื่อให้ร่มเงาและคุณค่าทางสุนทรียภาพ โดยถือว่าเป็นการรดน้ำไปในตัวจากน้ำทิ้ง

ภาพตัดขวางและภาพประกอบต่อไปนี้แสดงถึงการประยุกต์ใช้กลยุทธ์ดังกล่าว



ภาพที่ 9 : ภาพตัดขวางของเกาะกลางที่กีดเป็นร่องและระบบกรองชีวภาพบนถนนสายหลักในจังหวัดระยอง
ที่มา: คณะทำงาน





ภาพที่ 10 : ภาพประกอบของเกาะกลางที่ก่เป็นร่องและระบบกรองชีวภาพบนถนนสายหลักในจังหวัดระยอง
ที่มา: Tiange Wu, Water Sensitive Cities Australia

ความคิดเห็นจากการประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับกลยุทธ์นี้ทำให้เห็นถึงความท้าทายที่สำคัญบางประการ ในกลยุทธ์นี้ ถนนสายหลัก เช่น ถนนสุขุมวิท เลนด่วนจะอยู่ตรงกลางซึ่งอาจถูกน้ำท่วมขังในช่วงที่มีฝนตกรุนแรง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเน้นว่าการออกแบบนั้นจะต้องไม่ลดความจุของถนน นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงใด ๆ บนถนนสายหลักในเทศบาลนครระยองอาจจะดำเนินการได้ยาก เนื่องจากต้องมีการปรับปรุงกฎหมายควบคุมอาคารในระดับประเทศ

เพื่อเป็นการตอบกลับความคิดเห็นนี้ คณะทำงานได้ตั้งข้อสังเกตว่าในสภาพอากาศที่เปียกชื้น การจราจรมักจะชะลอตัวลงไม่ว่าการออกแบบถนนจะมีลักษณะอย่างไร ด้วยกลยุทธ์แบบผสมผสาน น้ำที่ขังอยู่บริเวณถนนจะไหลลงสู่ท่อระบายน้ำที่อยู่ตรงเกาะกลาง แทนที่จะไหลเข้าร้านค้าและบ้านเรือน ในสถานะที่น้ำท่วมรุนแรง มีเพียงเลนด้านในเท่านั้นที่น้ำจะท่วม โดยที่เลนที่อยู่ด้านนอกทั้งสองเลนนั้นจะแห้ง ในสถานะที่แห้ง จะมีการป้องกันน้ำท่วมถนนทั้งสามเลน การให้ความรู้และป้ายข้อมูลจะสนับสนุนการใช้ถนนทั้งแบบเปียกและแบบแห้ง

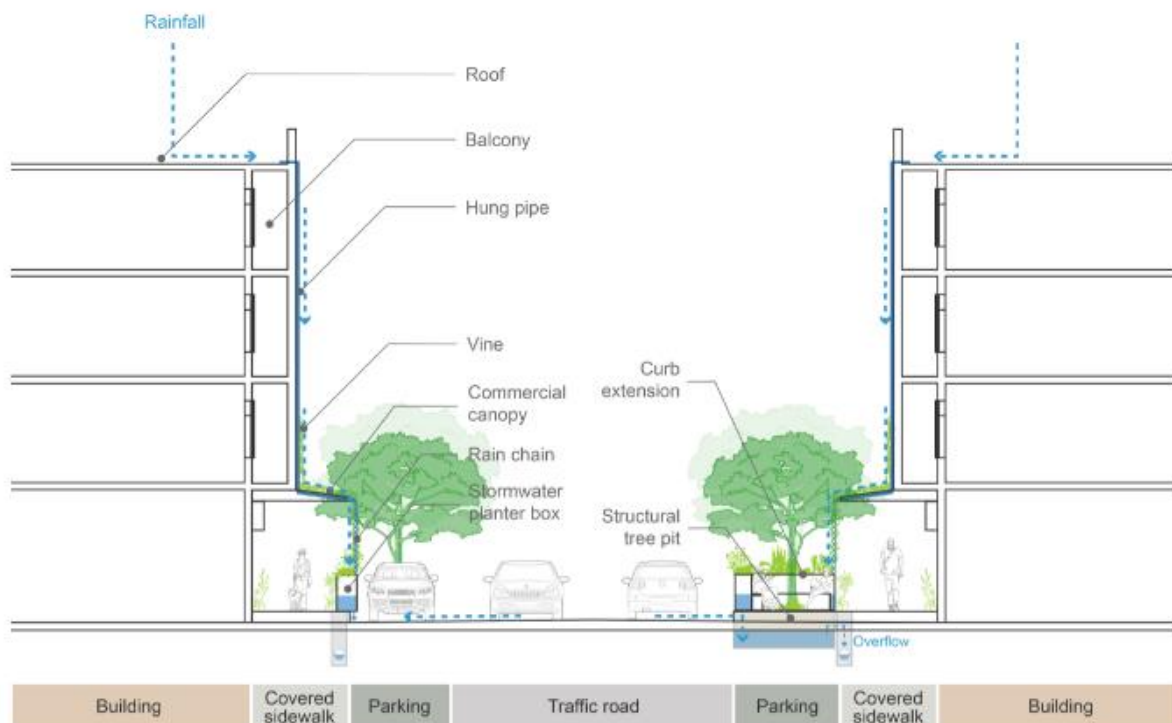
สำหรับการปรับปรุงกฎหมายควบคุมอาคาร กลยุทธ์นี้ยังประกอบไปด้วยการปรับปรุงถนนแบบเป็นระยะ โดยเริ่มจากถนนสายรอง และถนนจันทอุดมเป็นถนนสายหลักเส้นแรก (ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับแผนการดำเนินงานเป็นระยะดูได้ในตารางที่ 1 ส่วนที่ 4.2) การดำเนินการแบบเป็นระยะนี้จะช่วยในการตรวจสอบและพิจารณาถึงผลประโยชน์และความเป็นไปได้ในเชิงเทคนิคของแนวทางดังกล่าว

การเรียนรู้จากขั้นตอนนี้จะเป็ข้อมูลที่สำคัญให้กับการดำเนินงานในขั้นตอนถัดไป และการขยายผลในพื้นที่อื่น ๆ โดยระยะจะเป็นผู้นำในการปรับปรุงกฎหมายควบคุมอาคารในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศหากแนวทางดังกล่าวประสบความสำเร็จในระยะนำร่อง

ในกลยุทธ์นี้ จะไม่มีการวางแผนงานก่อสร้างถนนสายที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งก็คือถนนสุขุมวิท จนถึงปี 2579 และเพื่อเป็นการทดลองบนถนนที่มีความสำคัญน้อยกว่า อาจจะต้องมีการวิเคราะห์ BCA เพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบถนนที่มีและไม่มีแก๊ไขปัญหา นอกจากนี้ ควรมีการแบ่งการปรับปรุงพื้นที่ต่าง ๆ ออกเป็นระยะ ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับแผนการปรับปรุงถนนที่วางไว้ เพื่อไม่ให้การใช้ถนนหยุดชะงักและมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม สำหรับวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คณะทำงานได้สันนิษฐานว่าจะต้องปรับปรุงถนนสายหลัก 3 สายทั้งหมด (จันทอุดม ราชชุมพล และสุขุมวิท) โดยจะมีการปรับปรุงถนน 1 สายในทุกๆ 5 ปีของรอบงบประมาณ

3.1.2. หุบเขาในเมือง

'หุบเขาในเมือง' หมายถึงแนวทางการทำภูมิทัศน์ให้เป็นพื้นที่สีเขียว การศึกษานี้เสนอแนวคิดหลักสองประการในการประยุกต์ใช้หุบเขาในเมืองกับย่านศูนย์กลางธุรกิจของระยะ ได้แก่ กระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน และสวนที่ผุดขึ้นตามถนนสายรอง



ภาพที่ 11 : ภาพตัดขวางแสดงการออกแบบหุบเขาในเมือง

ที่มา: คณะทำงาน



ภาพที่ 12 : ถนนในย่านศูนย์กลางธุรกิจของเมืองระยองแสดงท่อน้ำทิ้งสิ้นสุดในระดับหลังคาของอาคารพาณิชย์ (ซ้าย) และกระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน (ขวา)

ที่มา: คณะทำงาน ธันวาคม 2563 (ซ้าย), *Water Sensitive Cities Australia* (ขวา)

ภาพที่ 12 (ซ้าย) แสดงถนนในย่านการค้าของตัวเมืองระยองที่มีย่านการค้าที่มีท่อระบายน้ำทิ้งอยู่บนระดับหลังคาของอาคารพาณิชย์ เมื่อฝนตก น้ำจะไหลลงสู่ถนนโดยตรงเหมือนน้ำตก กระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝนดังแสดงในภาพที่ 12 (ขวา) เป็นถังเก็บน้ำที่ปลูกพืชซึ่งสกัดกั้นการไหลของน้ำจากหลังคาและสามารถเชื่อมต่อโดยตรงกับท่อระบายน้ำทิ้งได้ เมื่อมีกระถางต้นไม้ที่เชื่อมต่อกับท่อน้ำทิ้งจากหลังคาตามถนนสายหลักที่อยู่ในย่านการค้า น้ำที่ไหลบ่าจากหลังคาส่วนใหญ่จะถูกกักและเก็บไว้ใช้ได้ซึ่งจะช่วยลดปัญหาน้ำท่วมและการระบายน้ำที่ท่อระบายน้ำทิ้งรวม

การศึกษานี้เสนอให้เจ้าของธุรกิจติดตั้งกระถางปลูกต้นไม้ โดยหน่วยงานของเทศบาลจะเป็นผู้ให้การสนับสนุนทางการเงินและทางเทคนิคเบื้องต้น ตลอดจนอาจให้สิ่งจูงใจทางการเงิน (เช่น ภาษี) สิ่งจูงใจอีกประการหนึ่งก็คือ เราสามารถใช้กระถางปลูกต้นไม้ร่วมกับที่นั่ง ซึ่งอาจจะเหมาะสำหรับร้านค้าแฟและ



ภาพที่ 13 : ตัวอย่างสวนที่ผู้เดินมา

ที่มา: *Mint Plaza architonic.com*

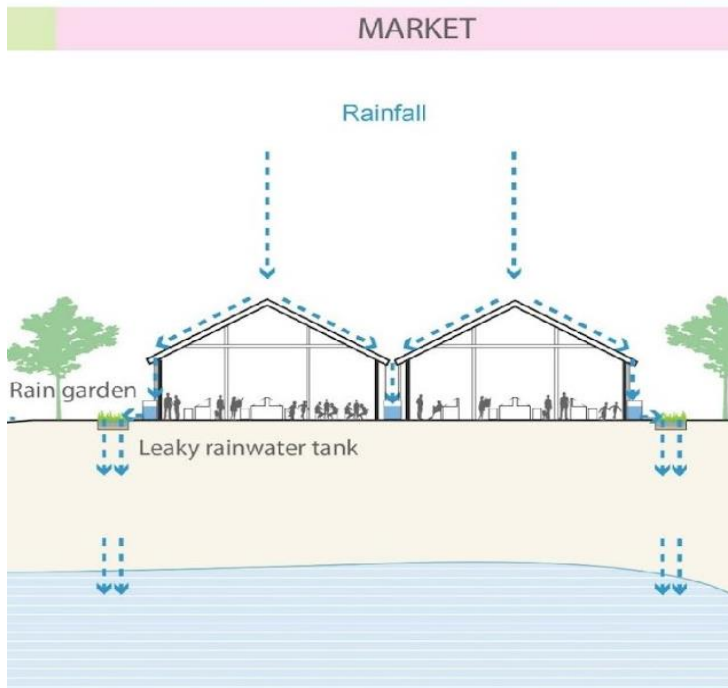
ตลาด หรือป้ายโฆษณาและป้ายร้านค้าต่าง ๆ กระถางปลูกต้นไม้สามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับความต้องการในเชิงพาณิชย์ได้

สุดท้าย จะมีการปลูกต้นไม้ริมถนนเป็นช่วง ๆ ในลักษณะของ'สวนผุด' ในด้านที่น้ำฝนจะไหลเข้าได้ในแต่ละช่อง น้ำส่วนเกินจากกระถางปลูกต้นไม้และน้ำที่ไหลบ่าบนถนนจะไหลลงสู่สวนผุดและจะแทรกซึมลงสู่พื้นดินตามธรรมชาติ สวนต่าง ๆ ยังสามารถใช้เพื่อประดับถนน เช่น ใช้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของหน้าร้าน หรือที่จอดรถมอเตอร์ไซด์

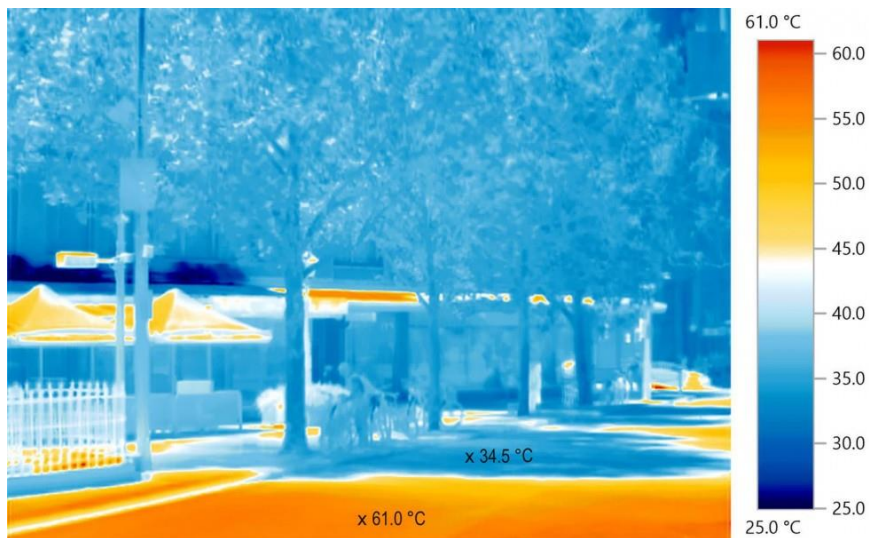
จะไม่มีทางเท้าแบบมีรูปทรงเพื่อดูดซับน้ำฝนในตัวเมืองระยอง เนื่องจากอาจมีปริมาณของสารแขวนลอยสูงในน้ำฝนและน้ำที่เอ่อล้นจากท่อระบายน้ำทิ้งรวมซึ่งทำให้อัตราการแทรกซึมลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไปอันเนื่องมาจากการอุดตันภายในช่องว่างของวัสดุที่มีรูปทรง มาตรการนี้จึงจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาอยู่บ่อยครั้งเพื่อรักษาความพรุนของวัสดุ

3.1.3. แหล่งซบซับสีเขียวที่เย็นสบาย

กลยุทธ์ส่วนนี้เสนอให้มีการจัดทำสวนรับน้ำฝนและการกักเก็บน้ำฝนโดยใช้ถังเก็บน้ำที่สามารถติดตั้งได้ทั้งบนดินหรือใต้ดินในตลาดและศูนย์การค้าในย่าน CBD ซึ่งจะช่วยบรรเทาภัยน้ำท่วมในพื้นที่และลดการเอ่อล้นของท่อระบายน้ำทิ้งรวม น้ำที่กักเก็บไว้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ด้วยวัตถุประสงค์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่การดื่ม เช่น เพื่อล้างห้องน้ำและทำความสะอาดพื้นผิว เพื่อความสวยงาม เช่น น้ำพุ หรือผ่านการบำบัดเพิ่มเติมเพื่อผลิตหมอกเพื่อเพิ่มความเย็นสบายในร้านอาหารและแผงขายอาหารที่จะดึงดูดผู้คนให้เข้ามาในในพื้นที่ อีกทางหนึ่งคือ ปล่อยน้ำที่กักเก็บไว้ให้ไหลไปยังสวนรับน้ำฝนเพื่อให้ถังเก็บน้ำว่างสำหรับการกักเก็บน้ำฝนในครั้งต่อไป การปลูกต้นไม้และใบไม้ในแหล่งซบซับซึ่งขณะนี้ถูกปกคลุมไปด้วยคอนกรีตที่มีร่มเงาไม่มาก สามารถช่วยลดอุณหภูมิลงได้อย่างมาก ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 14 : ภาพตัดขวางของการกักเก็บน้ำฝนบนหลังคาของตลาด
ที่มา: คณะทำงาน



ภาพที่ 15 : ภาพถ่ายคลื่นความร้อนในเดือนมกราคม 2560 แสดงผลกระทบบนเกาะที่มีความร้อนในเมือง
เมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย

ที่มา: กรมสิ่งแวดล้อม ที่ดิน น้ำ และการวางแผนของรัฐวิกตอเรีย (2019)³

³ ดู CRCWSC (2014) https://watersensitivecities.org.au/wp-content/uploads/2016/07/TMR_B3-1_WSUD_thermal_comfort_no2.pdf
และ https://www.planning.vic.gov.au/__data/assets/pdf_file/0034/439297/Trees-for-Cooler-and-Greener-Streetscapes-21112019.pdf

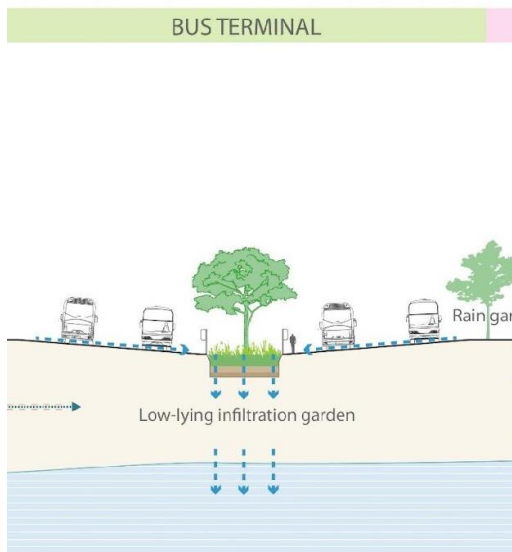
ความคิดเห็นจากการประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับกลยุทธ์นี้ทำให้แนวคิดหลังคาสีเขียวมีความเป็นไปได้มากขึ้น เมื่อพิจารณาจากอายุและสภาพของอาคารหลายแห่งในพื้นที่ศึกษา ตลอดจนน้ำหนักที่รองรับได้ของโครงสร้างเพิ่มเติมและต้นทุนในการสร้างและการบำรุงรักษาหลังคาสีเขียว ซึ่งไม่ได้รวมอยู่ในการศึกษาเชิงกลยุทธ์นี้ แต่สามารถนำมาพิจารณาในการประเมินรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในอนาคต

3.1.4. การเปลี่ยนพื้นที่ราบต่ำสาธารณะให้เป็นพื้นที่สีเขียว

องค์ประกอบที่สี่ของกลยุทธ์นี้มุ่งเน้นไปที่พื้นที่สาธารณะที่มีพื้นที่ราบต่ำ เช่น ลานจอดรถและศูนย์กลางการคมนาคมขนส่ง ลักษณะของพื้นดินที่เป็นพื้นที่ราบต่ำมีแนวโน้มที่จะเกิดน้ำท่วมขังอยู่บ่อยครั้ง ลานจอดรถถือว่าเป็นหนึ่งในพื้นที่ขนาดใหญ่ในย่านศูนย์กลางธุรกิจ ซึ่งปัจจุบันถูกปกคลุมด้วยคอนกรีตหรือยางมะตอย แต่สามารถปรับปรุงใหม่ได้อย่างง่ายดายเพื่อให้สามารถใช้งานได้ยาวนานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีความเขียวขจีและสวยงามมากขึ้น

ตัวอย่างเช่น สถานีขนส่งจังหวัดระยอง ซึ่งคณะทำงานพิจารณาแล้วว่าเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงที่จะเปลี่ยนให้เป็นพื้นที่สีเขียว เนื่องจากมีน้ำท่วมขังอยู่บ่อยครั้งและมีอุณหภูมิที่ร้อนจัด เมื่อเทียบกับการแก้ไขปัญหานถนนซอปปิง การเปลี่ยนสถานีขนส่งให้เป็นพื้นที่สีเขียวสามารถทำได้ง่ายกว่าเนื่องจากเป็นทรัพย์สินสาธารณะ และสามารถใช้เป็นสถานที่เพื่อการสาธิตเบื้องต้นเพื่อให้ภาคเอกชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในภายหลังและสามารถคัดลอกแนวทางดังกล่าวไปปรับใช้กับพื้นที่ของตนได้

การก่อสร้างสวนรับน้ำฝนในลานจอดรถจะช่วยให้มีที่บังแดด เพิ่มการแทรกซึมของน้ำตามธรรมชาติ และลดปัญหาน้ำท่วมได้ กลยุทธ์นี้จะช่วยลดปริมาณฝุ่นในอากาศซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนอีกด้วย นอกจากนี้ ควรมีการติดตั้งแผ่นกรองชีวภาพเพื่อบำบัดสิ่งปนเปื้อนจากน้ำที่ไหลบ่าอยู่บนถนน โดยที่เจ้าน้ำนั้นไปใช้เพื่อรดน้ำต้นไม้ในสวนต่อไป



ภาพที่ 16 : ภาพตัดขวางแสดงการออกแบบสวนรับน้ำฝนในสถานีขนส่ง (ซ้าย) ลานจอดรถทั่วไปในย่าน CBD ของระยอง (ขวา)

ที่มา: คณะทำงาน

3.1.5. แพลตฟอร์มอัจฉริยะ ระยอง 'Cool Lines'

องค์ประกอบสุดท้ายของกลยุทธ์นี้เสนอให้มีการใช้แพลตฟอร์ม 'Cool Lines' ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ ซึ่งจะแสดงเป็นแผนที่ในรูปแบบดิจิทัล (เช่น ในแอปมือถือ เป็นต้น) มีการใช้ระบบอัจฉริยะอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง (Internet- of-things) ที่มาพร้อมเซ็นเซอร์ในการตรวจจับ และคาดการณ์ความร้อนในตัวเมืองและแนะนำผู้อยู่อาศัยและผู้มาเยือนให้ทราบถึงเส้นทางที่เย็นสบายที่สุดและร่มรื่นที่สุดแบบเรียลไทม์

“อินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง”

(Internet-of things) คืออะไร?

อินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่งหรือ IOT หมายถึงอุปกรณ์หลายพันล้านเครื่องที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตซึ่งรวบรวมและแบ่งปันข้อมูลทั้งหมด การเชื่อมต่อกับ "สรรพสิ่ง" เหล่านี้และการติดตั้งเซ็นเซอร์จะทำให้เกิดการสื่อสารข้อมูลแบบเรียลไทม์อันเป็นส่วนหนึ่งของแพลตฟอร์ม "อัจฉริยะ"

นอกจากนี้ ยังสามารถนำพื้นที่สีเขียวไปปรับใช้ในวงกว้างเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศให้ดีขึ้นด้วยการกรองมลพิษที่เป็นอันตรายออกจากอากาศ แพลตฟอร์ม Cool Lines ยังสามารถติดตั้งตัววัด AQI ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในช่วงเดือนธันวาคมถึงมีนาคม เนื่องจากเป็นช่วงที่คุณภาพอากาศในภูมิภาคนี้มีแนวโน้มที่จะแย่ลงเนื่องจากการเผาไร่จำนวนมาก

นอกจากนี้ จะมีการทำเครื่องหมายสถานที่ท่องเที่ยวรวมทั้งสถานที่สำหรับนั่งเล่นไว้ด้วย เช่น ที่นั่งที่เชื่อมกับกระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน กลยุทธ์นี้จะดึงดูดนักท่องเที่ยวให้เข้ามาสำรวจจังหวัดระยองตลอดจนสร้างแรงจูงใจ โดยการรวมเอาธุรกิจท้องถิ่นที่เข้าร่วมโครงการไว้ในแผนที่ Cool Lines ด้วย นอกจากนี้ แพลตฟอร์มดังกล่าวยังเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญสำหรับนักวางแผนเมืองเมื่อพิจารณาถึงการเชื่อมต่อและขยายโครงข่ายสีเขียวในเมืองระยองและที่อื่นๆ



ภาพที่ 17 : แพลตฟอร์ม *Cool Lines* ในออสเตรเลีย

ที่มา: CRC for Water Sensitive Cities (บน) spatialvision.com.au (ล่าง)

4. การประเมินมูลค่าและการเลือกแนวทางแก้ไขปัญห

เนื้อหาส่วนนี้นำเสนอภาพรวมผลการวิเคราะห์ผลประโยชน์-ต้นทุน (Benefit-Cost Analysis: BCA) มีการเปรียบเทียบแนวทางแบบผสมผสานกับกรณีฐานหรือสถานการณ์ที่ "ไม่ดำเนินการใดๆ เลย" ในแบบจำลองทางเศรษฐกิจ มีการประมาณการต้นทุนเป็นสกุลเงินบาทและแปลงเป็น USD สามารถดูส่วนประกอบของต้นทุนและผลประโยชน์และสมมติฐานได้ในภาคผนวก

นอกจากนี้ เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินเชิงยุทธศาสตร์ระดับสูงโดยมีข้อจำกัดด้านข้อมูล วัตถุประสงค์หลักจึงเป็นการตั้งคำถามว่าจากข้อมูลที่มีในปัจจุบันว่าควรดำเนินการตามยุทธศาสตร์ที่กำหนดไว้ต่อไปหรือไม่ ผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยในการจัดลำดับความสำคัญของวิธีการแก้ไขปัญหาดตามแนวทางธรรมชาติ (NbS) โดยพิจารณาว่ามาตรการใดมีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) ที่ดีที่สุด และจัดทำแผนจัดหาเงินทุนและแหล่งทุนที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการกระจายต้นทุนและผลประโยชน์อย่างเป็นธรรม ทั้งนี้ การประเมินที่เป็นการประเมินโดยละเอียด เช่น ปริมาณและการไหลของน้ำที่แน่นอน เป็นต้น ไม่อยู่ในขอบเขตของโครงการนี้ และควรดำเนินการต่อไปเป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ก่อนเริ่มโครงการและการจัดทำ โครงการนำร่อง

4.1 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนโดยรวม (Overall BCR)

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึง อัตราส่วน BCR โดยรวมที่ 9.7 ในช่วงระยะเวลา 20 ปี กล่าวคือ สำหรับการลงทุน 1 ดอลลาร์ ชุมชนจะได้รับผลประโยชน์มากกว่า 9 ดอลลาร์ ซึ่งเทียบเท่ากับ **มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ประมาณ 31 ล้านดอลลาร์สหรัฐ** ผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่า NbS สามารถสร้างมูลค่ามหาศาลให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในวงกว้าง อันประกอบไปด้วยชุมชนท้องถิ่น ผู้สัญจร ผู้มาเยือน ภาคเอกชน ซึ่งประกอบไปด้วย ห้างสรรพสินค้า ตลาด โรงแรม และภาครัฐบาล ซึ่งประกอบไปด้วย เทศบาลนครระยอง กรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท

คำศัพท์เศรษฐศาสตร์ที่สำคัญ

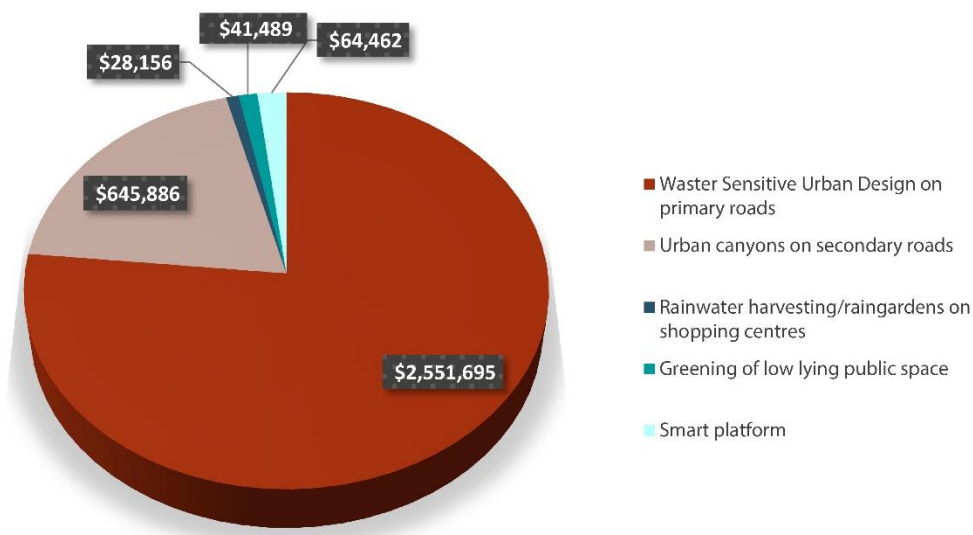
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value): เป็นวิธีคำนวณมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดทั้งต้นทุนและผลประโยชน์ที่จะได้รับในอนาคตตลอดอายุโครงการ

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio): เป็นการเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์กับต้นทุน อัตราส่วน BCR ที่ให้เกินกว่าจะได้ผลประโยชน์กลับมาจากเงินลงทุนเท่าไร

หากพิจารณาอัตราส่วน BCR แยกตามรายการ จะเห็นว่าผลประโยชน์สุทธิที่ชุมชนจะได้รับจากเงินที่ เทศบาลนครระยอง กรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบทลงทุนเท่ากับ 1.6 โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 600,000 ดอลลาร์ ถึงแม้ว่าเลขจะชี้ว่าอัตราผลตอบแทนต่อการลงทุนน้อย แต่ผลประโยชน์ที่ได้ก็ยังสูงกว่าต้นทุน และการพิจารณาโครงการสาธารณูปโภคพื้นฐานจะต้องมุ่งเน้นการสร้างผลประโยชน์แก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยรวม (มากกว่าผลประโยชน์ของหน่วยงานผู้ดำเนินโครงการ) นอกจากนี้ ยังมีโอกาสที่จะพิจารณาหาวิธีการกระจายต้นทุนให้มีความเป็นธรรมยิ่งขึ้นด้วย สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลยุทธ์การจัดหาเงินทุนและแหล่งทุนดูได้ในบทที่ 5

4.2 สรุปต้นทุนในการลงทุน

สรุปต้นทุนที่เกี่ยวข้องในแต่ละกลยุทธ์แสดงในภาพที่ 18 สิ่งที่สำคัญคือ ต้นทุนในการลงทุนตามมูลค่า ปัจจุบันสุทธิประกอบไปด้วยต้นทุนการติดตั้ง / ต้นทุนการก่อสร้างที่จ่ายตั้งแต่เริ่มโครงการ และต้นทุนการบำรุงรักษาตลอดระยะเวลา 20 ปี ต้นทุนที่สูงสุดได้แก่การเปลี่ยนถนนสายหลักให้เป็นพื้นที่สีเขียว การก่อสร้างพื้นที่เกาะกลางแบบกดเป็นร่องจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงซึ่งเป็นงานด้านวิศวกรรมที่สำคัญ ในทางกลับกัน การดำเนินการแก้ไขปัญหสำหรับถนนสายรอง (การทำหุบเขาในเมืองให้เป็นพื้นที่สีเขียว) รวมถึงการปลูกและบำรุงรักษาหลุมปลูกต้นไม้ริมทาง การก่อสร้างและบำรุงรักษากระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝนซึ่งมีต้นทุนที่ถูกกว่ามาก ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบอื่น ๆ ของกลยุทธ์นี้ เช่น ถังเก็บน้ำฝน สำหรับศูนย์การค้า สวนรับน้ำฝนในพื้นที่สาธารณะที่เป็นที่ราบต่ำและการจัดทำแพลตฟอร์มอัจฉริยะก็เป็นแนวทางแก้ไขปัญหามีต้นทุนที่ไม่แพงตลอดช่วงระยะเวลา 20 ปี



ภาพที่ 18 : สรุปต้นทุนในการลงทุน

ที่มา: คณะทำงาน

สำหรับถนนสายหลักและสายรอง การศึกษาครั้งนี้เสนอแนะให้แบ่งการดำเนินการเป็นระยะๆ โดยใช้โครงการนำร่อง (รวมถึงการวิเคราะห์ BCA เพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบถนนที่มีและไม่มี การดำเนินการแก้ไข) ซึ่งจะต้องมีการแจกแจงต้นทุน และทำการปรับปรุงซ่อมแซมถนนตามแผนและตามรอบงบประมาณทุกๆ 5 ปี การดำเนินการปรับปรุงแบบเป็นระยะนี้แสดงในตารางที่ 1 ควบคู่ไปกับการดำเนินการส่วนอื่นๆ

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
ถนนสายหลัก															
1.1 ถ.สุขุมวิท															
1.2 ถ.ราชชุมพล															
1.3 ถ.จันทอุดม															
ถนนสายรองเปรียบเสมือนหุบเขาในเมือง															
2.1 ระยะ #1															
2.2 ระยะ #2															
2.3 ระยะ #3															
2.4 ระยะ #4															
แหล่งข้อป้ังสี่เหลี่ยมที่เ็นสบาย															
4.สวนรับน้ำฝนในที่ราบต่ำสาธารณะ															
แพลตฟอร์มอัจฉริยะ ระยะของ 'Cool Lines'															

ตารางที่ 1 : ระยะของการดำเนินการแก้ไขปัญห

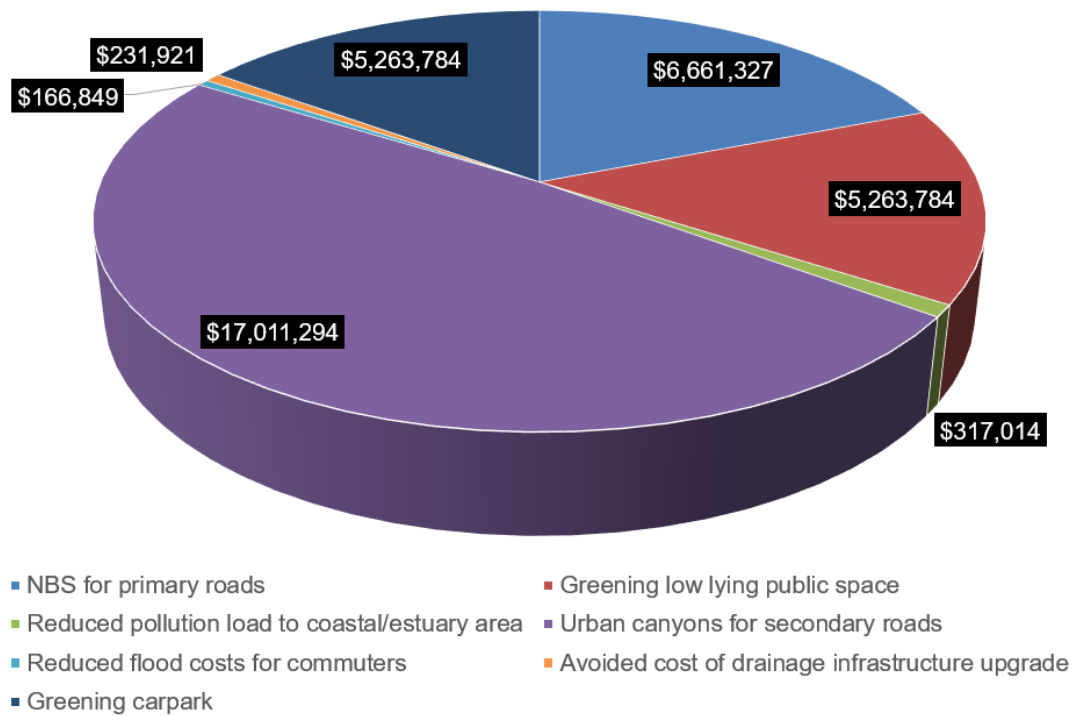
ที่มา: คณะทำงาน

4.3 สรุปผลประโยชน์

การประมาณการผลประโยชน์ของโครงการมีหลายวิธี เช่น

- การหามูลค่าตลาดเพื่อประมาณการการลดต้นทุนการเดินทางสำหรับผู้สัญจร
- การหามูลค่าตลาดสำหรับการหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายในการเดินทางสำหรับผู้สัญจรและหลีกเลี่ยงการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน (เช่น ที่สูบน้ำ/ท่อระบายน้ำรวมที่ถือว่าจำเป็นต้องใช้ขึ้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ)
- การถ่ายโอนมูลค่าโดยใช้การศึกษาจากสถานที่อื่น ผ่านเครื่องมือประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ INFFEWS เพื่อประเมินผลประโยชน์ของพื้นที่สีเขียวที่มีให้กับเจ้าของที่ดินตามมูลค่าที่เพิ่มขึ้นของอสังหาริมทรัพย์และที่ดิน
- การถ่ายโอนมูลค่า (Value transfer) เพื่อประเมินผลประโยชน์จากแนวทางธรรมชาติซึ่งเป็นผลมาจากความเต็มใจของผู้มาเยือนที่จะยอมจ่ายเงินเพื่อเข้าถึงพื้นที่สีเขียว
- การถ่ายโอนมูลค่า เพื่อประเมินผลประโยชน์ที่ได้จากการที่มลพิษตามชายฝั่งลดลง

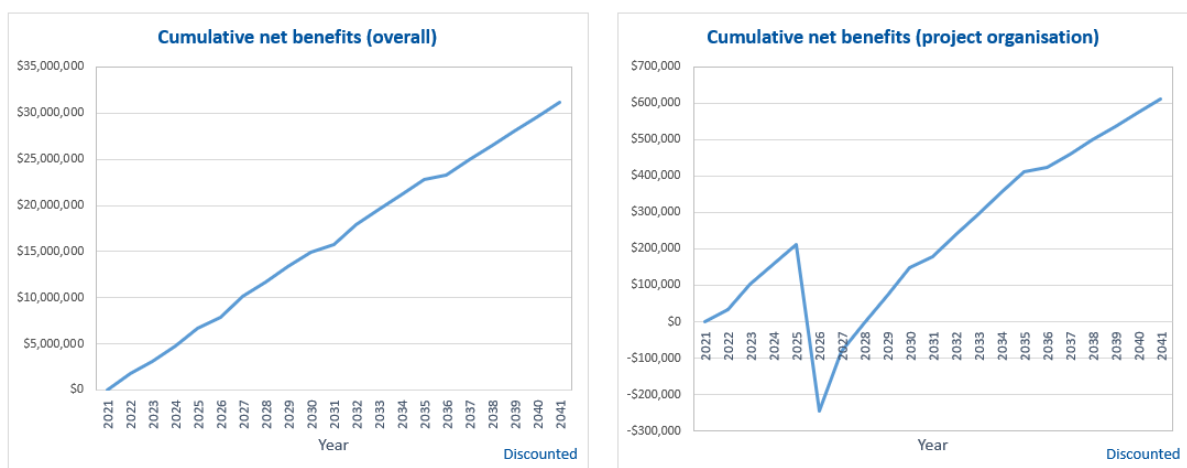
สรุปผลประโยชน์และมูลค่าที่จะได้รับตลอดช่วงเวลา 20 ปีดังแสดงไว้ในภาพที่ 19 ผลการวิจัยพบว่า 57% ของมูลค่าที่ได้รับทั้งหมดมาจากการเปลี่ยนถนนสายรองให้เป็นพื้นที่สีเขียวในบริเวณพื้นที่ที่ทำเป็น “urban canyon” ‘ผลประโยชน์ที่ได้จากพื้นที่สีเขียว’ สะท้อนให้เห็นถึงมูลค่าที่สูงขึ้นของอสังหาริมทรัพย์เพื่อการอยู่อาศัยและการพาณิชย์ เนื่องจาก ความเสียหายจากน้ำท่วมจะลดลง มีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ และกิจกรรมเชิงพาณิชย์ที่มากขึ้น



ภาพที่ 19 : สรุปผลประโยชน์

ที่มา: คณะทำงาน

ภาพที่ 20 แสดงผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 20 ปี โดยรวมแล้วผลประโยชน์จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ผลประโยชน์ที่สะสมมาตลอด 20 ปี ส่วนใหญ่เป็นผลดีต่อเทศบาลนครระยอง และจะสามารถเห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นในระยะสั้นได้อย่างชัดเจนจากการปรับปรุงถนนสายหลักครั้งแรกในปี 2569 (ถนนจันทอุดม)



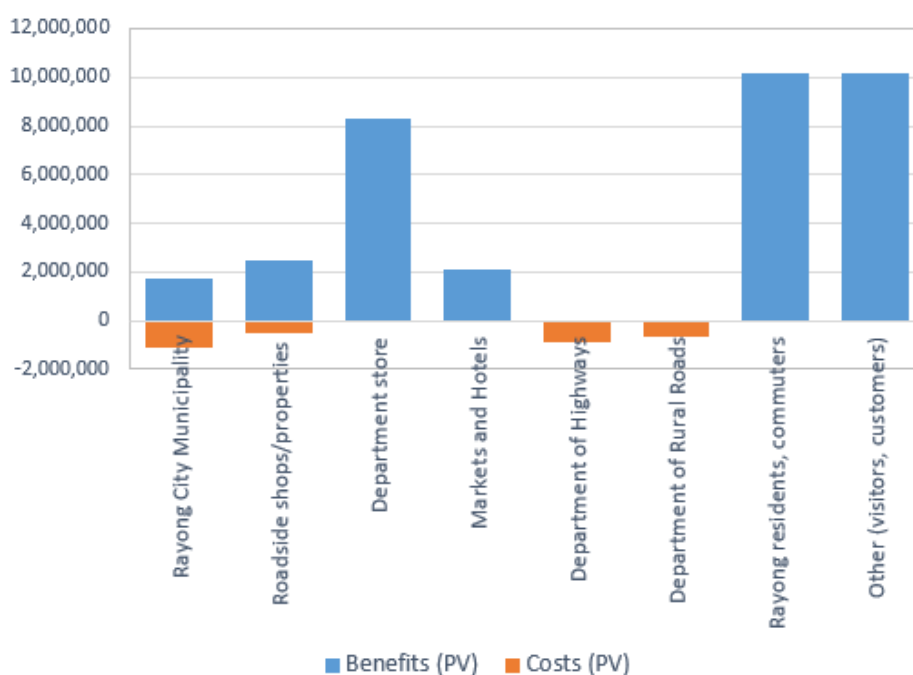
ภาพที่ 20 : ผลประโยชน์สุทธิสะสมเมื่อเวลาผ่านไป

ที่มา: คณะทำงาน

4.4 การกระจายต้นทุนและผลประโยชน์

หลังจากวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์แยกตามรายการแล้ว คำถามที่สำคัญต่อไปคือ การกระจายต้นทุนและผลประโยชน์ในหมู่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เป็นอย่างไร กล่าวคือใครจะเป็นผู้จ่ายและใครจะได้รับผลประโยชน์ ซึ่งข้อมูลนี้มีความสำคัญอย่างมากต่อการรับผิดชอบต้นทุนค่าใช้จ่ายร่วมกันโดยอาศัยมาตรการทางภาษีหรือมาตรการอื่น ๆ เพื่อลดภาระของหน่วยงานผู้ดำเนินโครงการ

ภาพที่ 21 แสดงให้เห็นว่าผู้ได้รับผลประโยชน์ที่มากที่สุดคือชุมชนในท้องถิ่นและชุมชนอื่น ๆ ในวงกว้าง เช่นเดียวกับภาคเอกชน จริงอยู่ว่าสาธารณชนควรเป็นผู้รับผลประโยชน์หลักจากโครงการของเทศบาล สิ่งนี้อาจเป็นหลักฐานที่ให้เหตุผลเพียงพอที่จะเริ่มพิจารณาแผนการหักคืนค่าใช้จ่าย (cost-recovery scheme) เช่น การเก็บภาษีน้ำท่วมแบบอัตราคงที่ นอกจากนี้ ข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษานี้เป็นหลักฐานที่จูงใจให้เทศบาลนครระยองร่วมงานกับภาคเอกชนในการดำเนินการตามกลยุทธ์นี้ อันเนื่องมาจากผลประโยชน์ที่คาดว่าภาคเอกชนจะได้รับนั้นมหาศาลมาก



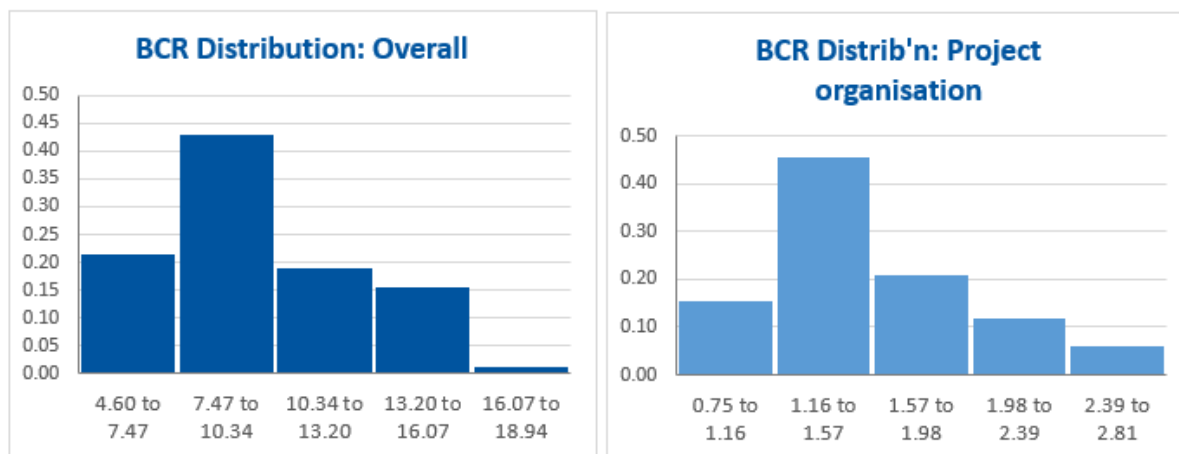
ภาพที่ 21 : การกระจายต้นทุนและผลประโยชน์

ที่มา: คณะทำงาน

4.5 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว

สำหรับการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity testing) โดยใช้ แบบจำลองวิเคราะห์ข้อมูลซ้ำมากกว่า 1,000 ครั้ง โดยปรับต้นทุนและผลประโยชน์ลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วง 30% มีผลการวิเคราะห์ที่ชี้ว่า โอกาสที่อัตราส่วน BCR โดยรวมจะสูงกว่า 1 กล่าวคือผลประโยชน์โดยรวมที่ได้รับมากกว่าต้นทุนโดยมีอัตราส่วน BCR ที่ต่ำสุด คือ 4.6 และที่สูงสุดคือ 18

สำหรับผู้ดำเนินโครงการ ผลลัพธ์ที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดคือ BCR ระหว่าง 1.16 ถึง 1.57 แต่มีความเป็นไปได้ต่ำ (0.06) ที่ BCR สูงสุดจะเท่ากับ 2.81 และมีความน่าจะเป็นต่ำ (0.16) ที่จะมี BCR อยู่ระหว่าง 0.75-1.16

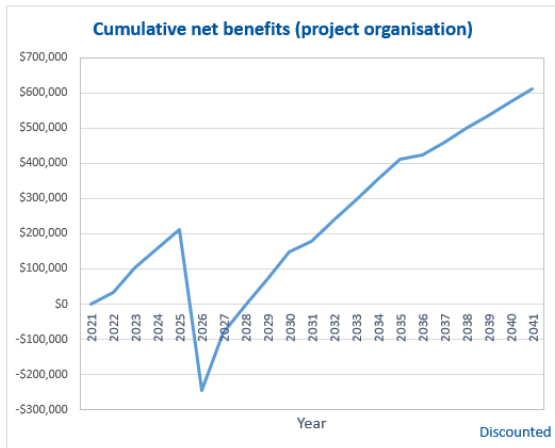


ภาพที่ 22 : ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อ BCR โดยรวมและ BCR ของหน่วยงานผู้ดำเนินโครงการ
ที่มา: คณะทำงาน

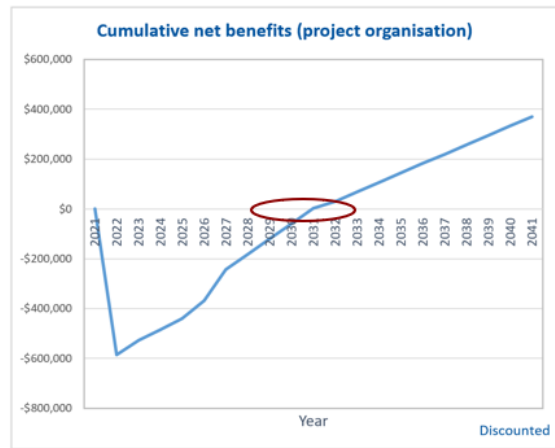
ในกรณีศึกษา ได้มีการสันนิษฐานว่าการมีส่วนร่วมของภาคเอกชนที่มีประสิทธิภาพและการสร้างขีดความสามารถจะทำให้ภาคเอกชนที่เป็นเจ้าของพื้นที่บริเวณถนนสายหลักและสายรองได้รับประโยชน์จากแนวทาง NbS อย่างน้อย 80% ของผลประโยชน์ที่เป็นไปได้ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าอัตราการนำไปปฏิบัติใช้จะต่ำกว่า 20% แต่อัตราส่วน BCR โดยรวมยังคงสูงกว่า 5

เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงข้อเท็จจริงที่ว่าเงินในปัจจุบันมีค่ามากกว่าเงินในอนาคต การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จะต้องมีการคิดลดผลประโยชน์และต้นทุนในอนาคตตามวิธีการคำนวณที่เป็นมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์นี้ คณะทำงานใช้อัตราคิดลดที่ 0.04 หรือ 4% การวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยใช้อัตราคิดลดที่ 0.02 และ 0.06 ไม่ได้เปลี่ยนแปลงข้อสรุปของการวิเคราะห์ อัตราคิดลดที่ลดลงส่งผลให้มีอัตราส่วน BCR สูงขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงข้อเท็จจริงที่ว่าต้นทุนของกลยุทธ์ที่เสนอมานั้นใกล้เคียงขำระคืนหมดแล้ว ในขณะที่ผลประโยชน์จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป

นอกจากนี้ยังมีการทดสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาของการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญ ในกรณีนี้คือการปรับปรุงถนนสายหลัก กรณีศึกษานี้สันนิษฐานว่าการปรับปรุงถนนสายหลักแต่ละครั้งจะเกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดรอบปีงบประมาณแต่ละรอบซึ่งมีระยะเวลาห้าปี หากการปรับปรุงเหล่านี้เกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้นของรอบปีงบประมาณ ก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเกิดเร็วขึ้น และการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานก่อนหน้านี้จะเกิดขึ้นในปีที่ 1 ของปีงบประมาณ แทนที่จะได้ดอกเบี้ยจากธนาคารเพิ่มขึ้นจนถึงปีที่ 5 ภาพที่ 22 แสดงประโยชน์ของการชะลอการลงทุนในถนนสายหลัก นอกจากนี้ การลงทุนปรับปรุงถนนสายรองซึ่งมีความเสี่ยงที่ต่ำกว่า ทำให้สามารถเรียนรู้และนำมาพิจารณาในการปรับปรุงถนนสายหลักซึ่งอาจช่วยลดต้นทุนและความเสี่ยงได้อีกด้วย



กรณีฐาน: ผลประโยชน์สะสมเมื่อมีการลงทุน
ในช่วงปีสุดท้ายของรอบปีงบประมาณซึ่งมีระยะ



การวิเคราะห์ความอ่อนไหว: การเร่งการลงทุนในถนนสายหลัก
ตั้งแต่ปีแรกของปีงบประมาณในแต่ละรอบส่งผลให้มีต้นทุนที่
มากกว่า ซึ่งต้นทุนดังกล่าวจะมากกว่าการได้รับผลประโยชน์
ก่อนหน้านี้ และระยะเวลานานในการคุ้มทุนจะนานกว่า

ภาพที่ 23 : การทดสอบว่าการลงทุนแบบเร่งรัดจะให้ผลประโยชน์สุทธิมากกว่าหรือไม่
ที่มา: คณะทำงาน

5. การระบุงบกลไกการจัดหาเงินทุนและการใช้จ่ายเงินที่เหมาะสม

ตั้งแต่ทศวรรษ 1960 เป็นต้นมา เศรษฐกิจไทยเติบโตอย่างรวดเร็วเนื่องจากการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานซึ่งโครงการส่วนใหญ่เป็นโครงการที่รัฐบาลลงทุนโดยอาศัยงบประมาณจากเงินภาษีอากร รัฐบาลยังเป็นผู้ลงทุนรายใหญ่ที่สุดในช่วงหลายปีมานี้ นับตั้งแต่การลงทุนภาคเอกชนชะลอตัว อย่างไรก็ตามงบประมาณลงทุนของภาครัฐเริ่มไม่เพียงพอต่อความต้องการด้านโครงสร้างพื้นฐานที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเติบโตของประชากรและการขยายตัวของเมือง ส่งผลให้การจัดหาเงินทุนด้วยวิธีเดิมหรือแหล่งทุนเดิมไม่เพียงพอที่จะตอบสนองต่อความต้องการในอนาคต นอกจากนี้ รัฐบาลยังจำเป็นต้องเพิ่มการลงทุนเพื่อความยั่งยืนและความเท่าเทียมกัน เพื่อบรรลุเป้าหมายตามนโยบายและยุทธศาสตร์ชาติอีกด้วย

กรณีศึกษาที่น่าสนใจพื้นฐานว่าความต้องการด้านน้ำในอนาคต การป้องกันน้ำท่วม และความต้องการด้านสุขอนามัยในจังหวัดระยอง ก็ประสบปัญหาด้านการลงทุนเช่นกัน การลงทุนของภาคเอกชนเพื่อผลประโยชน์ส่วนตัวและสาธารณะเป็นองค์ประกอบสำคัญของกลยุทธ์ที่ร่างไว้ในกรณีศึกษา นี้ ข้อเสนอในกรณีศึกษาจึงชี้ให้เห็นถึงโอกาสที่จะเพิ่มการลงทุนและขยายช่องทางการจัดหาทุนจากแหล่งต่าง ๆ เนื่องจากระยองมีปัจจัยหลายอย่าง ที่เอื้อต่อการระดมทุนและส่งเสริมการลงทุนเพื่อสนับสนุนการเติบโตสีเขียวอย่างยั่งยืน (sustainable green growth) อยู่แล้ว จึงต้องนำองค์ประกอบเหล่านั้นมาพัฒนาให้ก้าวหน้าต่อไป เช่น

5.1 นโยบายและยุทธศาสตร์ที่เอื้อ

วิสัยทัศน์การพัฒนาประเทศที่ระบุไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 12) โดยแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 12 ได้ถูกผนวกเข้ากับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปีซึ่งเป็นแผนแม่บทหลักในการพัฒนาประเทศและกำหนดวิสัยทัศน์ระยะยาวของการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยมีการแปลง ยุทธศาสตร์ชาติสู่การปฏิบัติผ่านแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติระยะเวลา 5 ปี แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 มุ่งเน้นประเด็นต่าง ๆ ต่อไปนี้

- การแก้ไขปัญหาความยากจนและความเหลื่อมล้ำ
- ปรับปรุงความสามารถในการแข่งขัน ปรับโครงสร้างเศรษฐกิจภายในประเทศให้ ก้าวสู่เศรษฐกิจดิจิทัลและ
- ส่งเสริมการเติบโตสีเขียวซึ่งตั้งเป้าหมายเพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าของประเทศ 40% และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิลง 7% เป็นต้น

นอกจากนี้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ได้รับการสนับสนุนจาก⁴

- นโยบายไทยแลนด์ 4.0 นำเสนอรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจใหม่เพื่อปรับทิศทางประเทศไทยให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 และยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปีสาระสำคัญของนโยบายไทยแลนด์ 4.0 คือการพัฒนาเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยีสร้างสังคมที่มีคุณภาพและรักษาสิ่งแวดล้อมด้วยการสร้างสังคมคาร์บอนต่ำและมีระบบเศรษฐกิจที่สามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ พ.ศ 2562 เป็นแผนการปรับตัวของ 6 สาขาหลักที่ระบุไว้ในแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พ.ศ 2558-2593) ได้แก่ การจัดการน้ำ สาธารณสุข การตั้งถิ่นฐานและความมั่นคงของมนุษย์ การท่องเที่ยว การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร

แนวทางแก้ไขปัญหที่ระบุไว้ในกรณีศึกษานี้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เป็นแนวทางที่ส่งเสริมความยืดหยุ่นในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งเสริมนวัตกรรมและ สร้างเมืองที่น่าอยู่ด้วยการออกแบบย่านกลางเมืองที่น่าเดิน มีพื้นที่สีเขียว และมีความยืดหยุ่นในการรับมือกับปัญหาน้ำท่วม กลยุทธ์ต่าง ๆ ในกรณีศึกษาจังหวัดระยองให้แนวคิดริเริ่มในการนำร่องที่มีคุณค่าซึ่งเชื่อมโยงกับเป้าหมายระดับชาติและศักยภาพในการทดสอบและขยายผลการใช้แนวทาง NbS ในพื้นที่อื่น ๆ ของภูมิภาคที่กำลังเติบโตได้อย่างชัดเจน การบูรณาการหลักการ IUFM และ NbS เข้ากับกระบวนการจัดทำงบประมาณและทรัพยากร เช่น แนวทางสำหรับการวิเคราะห์งบประมาณการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (CCBA)⁵ สามารถส่งเสริมกลยุทธ์เหล่านี้ได้⁶ การแปลงวิสัยทัศน์ดังกล่าวให้เป็นจริงต้องอาศัยการระดมทุนในขนาดที่พอเหมาะโดยอาศัยเครื่องมือทางการเงินหลายรูปแบบเพื่อเข้าถึงแหล่งเงินทุนทั้งของภาครัฐและเอกชนทั้งจากทั้งในและนอกประเทศ

รายงาน OECD ระบุว่า

“การเติบโตสีเขียว (Green growth) และการลงทุนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเป็นกุญแจสำคัญที่จะบรรลุวิสัยทัศน์ไทยแลนด์ 4.0 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของการฟื้นตัวจากการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ (โควิด-19) แนวทางการเติบโตสีเขียวจะทำให้ประเทศไทยเติบโตและพัฒนาต่อไป

⁴ UNDP. *Development Finance Assessment Snapshot – Thailand. 2021*. Retrieved from

<https://www.th.undp.org/content/thailand/en/home/library/development-finance-assessment-snapshot---thailand-.html>

⁵ UNDP (2016). *Climate Change Benefit Analysis CCBA Guidelines*. Retrieved from

https://www.th.undp.org/content/thailand/en/home/library/environment_energy/climate_change_benefit_analysis_ccba_guidelines.html

⁶ https://www.th.undp.org/content/thailand/en/home/library/environment_energy/climate_change_benefit_analysis_ccba_guidelines.html

ในขณะที่สินทรัพย์ตามธรรมชาติยังคงเป็นแหล่งทรัพยากรและให้บริการด้านสิ่งแวดล้อมแก่คนรุ่นต่อไปในอนาคต เส้นทางการเติบโตเช่นนี้จะทำให้ประเทศไทยมีความยืดหยุ่นเมื่อต้องรับมือวิกฤติระดับโลก เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือโรคระบาดในอนาคต ก้าวอย่างสำคัญเพื่อส่งเสริมการเติบโตสีเขียวคือการเร่งรัดการลงทุนและการพัฒนานวัตกรรม เทคโนโลยีและโครงสร้างพื้นฐานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะช่วยให้เศรษฐกิจเติบโตอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดโอกาสใหม่ ๆ ทางเศรษฐกิจ และส่งเสริมการสร้างงานที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม (OECD, 2011)”⁷

ตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 นโยบายหลักที่ชี้แนะการพัฒนาเศรษฐกิจของระยองคือแผนพัฒนา EEC ซึ่งได้รับการอนุมัติจากสภานิติบัญญัติของไทยในปี 2561 โดยที่ 3 จังหวัดทางภาคตะวันออก ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง จะเป็นจังหวัดที่สำคัญต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วใน ภาค การขนส่งและอุตสาหกรรม

นโยบายที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือแผนพัฒนาจังหวัดระยองที่กำลังดำเนินการอยู่ (พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2565) ซึ่งจะมีการพัฒนาตามหลักการทั้งหมดสี่ประการ

1. การพัฒนาที่สมดุล ระหว่างภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การท่องเที่ยว และการค้า
2. “ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ” ซึ่งยึดแนวทางการพัฒนาที่สมดุลและทางสายกลาง เพื่อให้แน่ใจว่าประเทศไทยไม่ได้รับผลกระทบจากความผันผวนของตลาดและระบบการเงินโลก
3. โครงสร้างพื้นฐานจะสนับสนุนการเติบโตทางเศรษฐกิจโดยมุ่งเน้นที่ **นวัตกรรม** ในภาคอุตสาหกรรม
4. เน้นเรื่อง สุขภาพ สวัสดิการ และความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม

แผนดังกล่าวมีเป้าหมายการพัฒนาที่ประกอบด้วย 5 หมวดหลัก ได้แก่ 1) เกษตรกรรม 2) การท่องเที่ยวและบริการ 3) อุตสาหกรรม 4) ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ 5) การพัฒนาภาคสังคมและภาครัฐ

กลยุทธ์ที่สรุปไว้ในกรณีศึกษานี้มีส่วนสนับสนุนทั้งห้าหมวดที่กล่าวมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้หมวดที่ 4 – ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอันมีเป้าหมายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในจังหวัดตลอดจนการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

⁷ OECD (2021). *OECD investment policy reviews: Thailand*. Paris: OECD. Retrieved from <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/6091762f-en/index.html?itemId=/content/component/6091762f-en>

- บริหารจัดการแหล่งน้ำเพื่อให้แน่ใจว่ามีปริมาณน้ำประปาที่เพียงพอและเป็นน้ำประปาที่มีมาตรฐานที่ดี
- จัดการขยะมูลฝอยและของเสียที่เป็นอันตราย รวมถึงการดูแล/กำจัดของเสียอย่างเหมาะสม เช่น การรีไซเคิลและการรวบรวมและกำจัดขยะในชุมชน
- ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและปรับตัวให้เข้ากับผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- ติดตามและประเมินการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในทุกภาคส่วน

มูลค่ารวมการลงทุนตามแผนฯ คิดเป็นประมาณ 18.2 ร้อยล้านบาท ในจำนวนนี้มีการจัดสรรงบประมาณจำนวน 2,033 ล้านบาท เพื่อการปรับปรุงถนน 1,838 ล้านบาท เพื่อการยกระดับโครงสร้างพื้นฐานของถนนและอีก 2,189 ล้านบาท เพื่อการจัดการด้านน้ำซึ่งรวมถึงโครงการระบายน้ำ การจ่ายน้ำและการกักเก็บน้ำ และสถานีสูบน้ำทั่วจังหวัด⁸

โดยจะมีการทบทวนและแก้ไขแผนพัฒนาในอีกห้าปีถัดไป (พ.ศ. 2565 - พ.ศ. 2569) ซึ่งถือเป็นโอกาสอันดีที่จะนำเสนอแนวทางเพื่อความยั่งยืนในรูปแบบใหม่ กรณีธุรกิจที่แข็งแกร่งซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของนโยบายของรัฐบาลอย่างชัดเจนยังช่วยเพิ่มโอกาสที่จะได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากทางภาครัฐอีกด้วย นอกจากนี้ แนวทาง NbS มีศักยภาพที่จะก่อให้เกิดผลประโยชน์ร่วม ดังนั้นการรวมเอาแผนการปรับปรุงตามแนวทาง NbS เข้าไปในช่วงการวางแผนครั้งถัดไป จะทำให้การจัดทำงบประมาณมีการบูรณาการมากขึ้น

5.2 สร้างสมดุลระหว่างแนวทางแก้ไขปัญหาแบบรวมศูนย์และกระจายอำนาจ

การสนับสนุนด้านเงินทุนและการเข้าถึงแหล่งเงินทุนจำเป็นต้องมีแนวทางที่ชัดเจนในการพัฒนาข้อเสนอโครงการและการประเมินทางเลือกในการดำเนินนโยบายและเป้าหมายในเชิงกลยุทธ์ รวมถึงการยอมรับต้นทุนที่เกี่ยวข้องทั้งหมดตลอดวงจรชีวิตของโครงการ และการพิจารณาโอกาสในการเพิ่มมูลค่าที่กว้างขึ้น การประเมินค่าทั้งการประหยัดต่อขนาด และการประหยัดต่อขอบเขต ดังที่แสดงโดยกรณีศึกษาแนวทางของ IUFM สามารถสร้างสมดุลให้กับระบบโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่และแนวทางการแก้ไขปัญหาแบบกระจายอำนาจที่มีขนาดย่อมกว่า ตลอดจนแนวทางแก้ไขปัญหาแบบโครงสร้างสีเขียว สีเทา และแบบไม่มีโครงสร้างซึ่งจะช่วยลดต้นทุนโดยรวมได้ กรณีศึกษาระยะยอนเน้นที่มูลค่าเพิ่มของการแก้ไขปัญหาโดยใช้แนวทางธรรมชาติและโครงการริเริ่มแบบกระจายอำนาจ (เช่น หุบเขาในเมืองบนถนนสายรอง) เพื่อสนับสนุนการลงทุนขนาดใหญ่ (การแก้ไขปัญหามลพิษบนถนนสายหลัก)

⁸ แผนพัฒนาจังหวัดระยอง พ.ศ. 2561

5.3 ภาษีอากรและงบประมาณ

กระบวนการวิเคราะห์ BCA ในกรณีศึกษาเน้นถึงผลประโยชน์ที่กระจายไปยังธุรกิจของภาคเอกชนและชุมชนต่าง ๆ ทั่วเมืองระยอง ซึ่งเป็นหลักฐานที่อาจแสดงให้เห็นถึงการยอมรับวิธีการจ่ายเงินของผู้รับผลประโยชน์ผ่านการชำระอัตราค่าภาษีและบริการทั่วไปเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย หรือการนำเสนอมาตรการการเก็บภาษีที่มีเป้าหมายชัดเจนเช่น การเรียกเก็บภาษีน้ำท่วมแบบอัตราคงที่ หรือภาษีทางหลวง เป็นต้น

5.4 การใช้ประโยชน์จากการลงทุนของภาคเอกชนและทุนทางสังคม

การเงินและการระดมทุนจะยังคงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเติบโตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและแนวทาง IUFM กระบวนการ IUFM ยังเป็นตัวเชื่อมช่องว่างของระบบโครงสร้างพื้นฐานสาธารณะโดยการระบุและสร้างรายได้เพิ่มเติม ลดความจำเป็นในการระดมทุนและเพิ่มความสามารถทางการเงินและการขยายผล

ในการประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เชี่ยวชาญ เทศบาลนครระยองได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมกับภาคเอกชน แบบจำลองจากภาคส่วนที่เกี่ยวข้องซึ่งมีการนำไปใช้แล้วในจังหวัดระยองคือ โครงการความร่วมมือภาครัฐ ภาคธุรกิจ ภาคประชาสังคม เพื่อจัดการพลาสติก และขยะอย่างยั่งยืน (PPP Plastic) ซึ่งมุ่งเป้าไปที่การดำเนินการของภาคเอกชนและชุมชนเพื่อการจัดการขยะพลาสติกให้ดียิ่งขึ้น⁹

ผู้ว่าราชการจังหวัดระยอง นาย สุรศักดิ์กล่าวในงานฉลองครบรอบ 1 ปี ของการดำเนินโครงการที่จังหวัดระยอง ว่า:

' ระยองมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม การท่องเที่ยว และการเกษตรของประเทศ ดังนั้น จังหวัดจึงตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการการเติบโตอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพโดยเน้นและจัดการกับขยะมูลฝอยและปัญหาสิ่งแวดล้อมผ่านความร่วมมือและความมุ่งมั่นอย่างแรงกล้าของทุกภาคส่วน ด้วยเหตุนี้ โครงการ “PPP Plastic” ซึ่งเป็นโครงการความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาสังคมในการจัดการปัญหาขยะพลาสติกอย่างยั่งยืนในพื้นที่นำร่องของจังหวัดระยอง ซึ่งมีการลงนามบันทึกความเข้าใจอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม 2561 โครงการนี้สอดคล้องกับแนวคิดของเศรษฐกิจหมุนเวียน ซึ่งดำเนินการมาเป็นเวลากว่าหนึ่งปีเพื่อลดปริมาณขยะ ในขณะเดียวกันก็เป็นการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นที่การพัฒนาการจัดการแบบบูรณาการของทุกภาคส่วน เพิ่มพูนความรู้และความเข้าใจ เช่น การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการกำจัดขยะ

⁹ GC (2020). Thailand public-private partnership for plastic waste management. Retrieved from

<https://gccircularliving.pttgcgroup.com/en/collaborative-projects/321/thailand-public-private-partnership-for-plastic-and-waste-management>

การลดและคัดแยกขยะ การพัฒนาระบบคัดแยกขยะและรีไซเคิล และการลดการใช้พลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง”¹⁰

ในทางกลับกัน มีการบันทึกระยะเวลาและต้นทุนทางธุรกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมการในการประชุม แลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เชี่ยวชาญ เช่น โครงการความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชนในการลงทุนระบบโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ นอกจากนี้ ยังมีการหารือถึงการมีส่วนร่วมของภาคเอกชนในรูปแบบที่เป็นทางการมากขึ้น เช่น การจัดทำบันทึกความเข้าใจ (MoUs) การร่วมทุน แผนงานใจ โครงการรับรองคุณภาพ หรือการสร้างโครงการริเริ่มร่วมกัน ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของโครงการความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กร (CSR) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับองค์กรธุรกิจขนาดใหญ่

แนวคิดริเริ่ม "ศูนย์การค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม" สามารถกระตุ้นการมีส่วนร่วมของชุมชนในท้องถิ่น และการดำเนินการของภาคเอกชนซึ่งสอดคล้องกับวิสัยทัศน์ของระยองได้

“ในจังหวัดระยอง ผู้คนมีความเชื่อในการปลูกต้นไม้ของครอบครัว ซึ่งอาจเป็นแรงจูงใจที่ดีให้ชุมชนและภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วม ในระยอง มีต้นไม้ขึ้นชื่อที่สามารถนำไปใช้เป็นสัญลักษณ์ได้ และกระทรวงวัฒนธรรมอาจเข้ามามีส่วนร่วมในการส่งเสริมการปลูกต้นไม้ของจังหวัดได้”

-- นายพิพัฒน์ เรืองงาม กรมทรัพยากรน้ำ กรุงเทพมหานคร¹¹

กล่องที่ 1 แสดงตัวอย่างการมีส่วนร่วมของภาคเอกชนและชุมชนที่มีประสิทธิภาพและการลงทุนเพื่อปรับปรุงการจัดการน้ำฝนจากประเทศออสเตรเลีย

ภาพที่ 24: เว็บไซต์ 10,000 raingardens

ที่มา: Melbourne Water

¹⁰ GC (2019). Rayong announces its one-year waste management performance in developing a circular economic model. Retrieved from <https://gccircularliving.pttgcgroup.com/en/news/better-chemistry/421>

¹¹ 2nd Knowledge Exchange for Executives and Experts – Thailand, Identifying IUFM solutions and benefits, 22–23 March 2021.

กล่องที่ 1: การควบคุมการดำเนินการของภาคเอกชนเพื่อสาธารณประโยชน์

โครงการสร้างสวนรับน้ำฝน 10,000 แห่ง (10,000 Raingardens) ของ Melbourne Water แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมและกระตุ้นให้ชุมชนดำเนินการต่าง ๆ ที่เป็นสาธารณประโยชน์

โครงการนี้สนับสนุนให้เจ้าของที่ดินเอกชนสร้างสวนรับน้ำฝนบนที่ดินของตนเอง สวนที่จัดทำขึ้นเหล่านี้ออกแบบมาเพื่อรับน้ำ ชะลอ และกรองน้ำฝนที่ไหลบ่าจากหลังคาหรือพื้นที่ที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ เช่น ทางวิ่งหรือทางเท้า การไหลบ่าของน้ำฝนนี้สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของแม่น้ำและลำห้วยของเรามาก เนื่องจากอาจมีสารมลพิษที่เป็นอันตราย เช่น ขยะ สารเคมี มูลสัตว์ และน้ำมัน ปนเปื้อนอยู่ สวนรับน้ำฝนจะช่วยลดปริมาณและปรับปรุงคุณภาพของน้ำฝนที่ไหลบ่าเข้าสู่แหล่งน้ำในพื้นที่



โครงการนี้ส่งเสริมรูปแบบการบำบัดน้ำฝนที่ง่ายและมีประสิทธิภาพโดยให้ผู้คนตระหนักว่า:

- น้ำฝนนั้นมีความเกี่ยวข้องกับวัฏจักรของน้ำอย่างไร
- การจัดการน้ำฝนที่ดีมีส่วนช่วยให้สายน้ำมีคุณภาพดีได้อย่างไร และ
- สิ่งที่สามารถทำได้ง่าย ๆ ที่บ้านเพื่อจัดการกับน้ำฝนมีอะไรบ้าง
- Melbourne Water ไม่ได้ยื่นข้อเสนอที่จูงใจทางการเงินให้แก่เจ้าของที่ดินในการสร้างสวนรับน้ำฝน แต่เน้นที่การให้การสนับสนุนผ่านการให้ความรู้ สิ่งสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการคือการจัดการกับอุปสรรคทั่วไปในการติดตั้งสวนรับน้ำฝน
- การขาดความตระหนักรู้ว่าน้ำฝนคือปัญหา – Melbourne Water ได้สร้างเว็บไซต์และจัดทำแผ่นพับที่อธิบายว่าน้ำฝนที่ไหลบ่าส่งผลกระทบต่อสายน้ำอย่างไรและสวนรับน้ำฝนสามารถช่วยได้อย่างไร
- การขาดความเข้าใจในชุมชนเกี่ยวกับสวนรับน้ำฝน – Melbourne Water ให้การสนับสนุนด้านเทคนิคแก่เจ้าของที่ดินเกี่ยวกับวิธีการสร้างสวนรับน้ำฝน ผ่านโบรชัวร์และเว็บไซต์ นอกจากนี้ยังทำงานร่วมกับสภาต่าง ๆ ในโครงการสาธิตเพื่อสร้างสวนรับน้ำฝนในที่สาธารณะ เช่น ถนนสวนสาธารณะ และโรงเรียน
- การขาดความรู้ในเชิงอุตสาหกรรมของระดับครัวเรือน – Melbourne Water ยังจัดให้มีการฝึกอบรมด้านเทคนิคสำหรับช่างประปาและนักตกแต่งภูมิทัศน์

สวนรับน้ำฝนจำนวน – 10,000 – แห่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสนใจ ทำให้เกิดการหารือ และกระตุ้นความสนใจของชุมชนรากหญ้า การแข่งขันเพื่อชิงบัตรกำนัลจากร้านขายอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์กระตุ้นให้เจ้าของที่ดินร่วมกันลงทะเลเบียนสวนรับน้ำฝนได้อย่างสำเร็จ โครงการนี้เริ่มดำเนินการในปี 2551 บรรลุเป้าหมายการจัดสร้างสวนรับน้ำฝน 10,000 แห่งทั่วเมลเบิร์นในปี 2559 โครงการนี้ได้ถูกรวมเข้ากับโครงการเกี่ยวกับน้ำฝนของ Melbourne Water แล้ว

ที่มา: K Milenkovic, M Potter และ P Morison (2012) *การมีส่วนร่วมของชุมชน: เรื่องราวของโครงการสวนรับน้ำฝน 10,000 แห่ง (10,000 Raingardens Program)* งานวิจัยที่นำเสนอในงานสัมมนาทางวิชาการ Stormwater '12 วันที่ 15-19 ตุลาคม เมือง เมลเบิร์น; เมลเบิร์นวอเตอร์ (2016). *Melbourne's Water Future Green Paper, Melbourne Water's Submission.* เมลเบิร์น.

5.5 แผนจูงใจ

มาตรการจูงใจทางภาษียังคงเป็นมาตรการที่มีศักยภาพสูงในการเพิ่มการใช้แนวทาง NbS และ/หรือแนวทางที่ลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดน้ำท่วมและความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น หากกลุ่มบริษัทเอกชนต้องการสร้างที่จอดรถ อาจมีการให้สิ่งจูงใจเมื่อมีการใช้วัสดุหรือเทคนิคในการก่อสร้างบางอย่าง (เช่น ทางเท้าที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ หรือการสร้างสวนรับน้ำฝน ควรมีมาตรการที่จูงใจควบคู่ไปกับการสร้างขีดความสามารถและการให้ความรู้เพื่อให้แน่ใจว่า การก่อสร้างและการบำรุงรักษาส่งก่อสร้างนั้นเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม บรรลุผลตามที่คาดไว้

นอกจากนี้ ยังสามารถส่งเสริมนวัตกรรมและการลงทุนของภาคเอกชนได้ด้วยมาตรการที่จูงใจ เช่น การให้สิ่งจูงใจผ่านสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ตัวอย่างเช่น ปัจจุบัน BOI ได้มีการจัดทำรายการการผลิตพลังงานหมุนเวียนและการบำบัดของเสียในกิจกรรมของภาคธุรกิจที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับแนวคิด BCG เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular) เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy)¹² องค์กรสามารถขยายการดำเนินกิจกรรมดังกล่าวให้สอดคล้องกับแนวทาง NbS เพื่อจัดการปัญหาต่าง ๆ เช่น น้ำท่วมในเมือง การมีผลลัพธ์ด้านสุขภาพที่ดีขึ้น การปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้น การท่องเที่ยว และการบรรเทาความร้อน

แผนจูงใจอีกรูปแบบหนึ่งที่เริ่มดำเนินการแล้วในประเทศไทยคือการให้โบนัสอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) โบนัส FAR ประกอบด้วยข้อจำกัดเกี่ยวกับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพื่อการพัฒนา ปัจจุบัน FAR ที่สูงสุดคือ 10:1 แต่สามารถรับโบนัสได้สูงสุดถึง 20% หากมีคุณสมบัติบางอย่างรวมอยู่ในการออกแบบอาคาร รวมถึงที่อยู่อาศัยสำหรับผู้ที่มีรายได้น้อย พื้นที่สีเขียว ที่กักเก็บน้ำฝน และการเข้าร่วมในโครงการรับรองของสถาบันอาคารเขียวไทย (Thai Green Build Institute) การนำแนวทาง NbS ไปประยุกต์ใช้ เช่น การกักเก็บน้ำฝน กระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน และสวนรับ

¹² Thailand Board of Investment (2021). *BOI Go Green*. Retrieved from https://www.boi.go.th/upload/content/BOIBCGEN2021_60827220decab.pdf

น้ำฝน ร่วมกับการจัดให้มีโครงการฝึกอบรมและสร้างขีดความสามารถจะช่วยให้นักพัฒนาสามารถนำแนวทาง NbS ไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

แม้ว่าโบนัส FAR จะให้สิ่งจูงใจในเชิงบวก แต่วิธีที่ 'ผู้ก่อมลพิษจ่าย (polluter pays)' สำหรับการปล่อยให้น้ำฝนไหลทิ้งไปก็สามารถนำไปใช้ได้เช่นกัน ในกรณีของจังหวัดระยอง จะเห็นว่าเจ้าของอสังหาริมทรัพย์ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ (เช่น ศูนย์การค้าที่มีที่จอดรถขนาดใหญ่) มีส่วนให้การสนับสนุนมาตรการจัดการน้ำท่วมโดยอาจได้รับการยกเว้นใด ๆ หรือส่วนลดใด ๆ เมื่อมีการลงทุนพัฒนาสิ่งก่อสร้างตามแนวทาง NbS โดยอาจจะมีการคิดค่าธรรมเนียม/สร้างแรงจูงใจสำหรับพื้นที่ที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ เช่น DC Water มีการคิดค่าธรรมเนียมพื้นที่ที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ (Clean Rivers Impervious Area Charge: CRIAC)¹³

การคิดค่าธรรมเนียมของพื้นที่ที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้อาจคิดเป็นค่าธรรมเนียมคงที่สำหรับอสังหาริมทรัพย์ในแต่ละประเภทได้ (เช่น ที่อยู่อาศัย อาคารพาณิชย์ และอุตสาหกรรม) ซึ่งอสังหาริมทรัพย์นั้นอาจมีลักษณะของพื้นที่ที่คล้ายกันและน้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ หรือ คิดค่าธรรมเนียมจากแบบจำลองที่มีความซับซ้อนมากขึ้นโดยพิจารณาจากข้อมูลการปล่อยน้ำฝนไหลทิ้งของภาคเอกชน สำหรับกรณีทั้งสองนี้ สามารถเสนอส่วนลดให้แก่ภาคเอกชนในการลงทุนสร้างพื้นที่ที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ นอกจากนี้ การคิดค่าธรรมเนียมด้วยทั้งสองวิธีนี้จะต้องอาศัยข้อมูลที่ดีเกี่ยวกับพื้นที่ที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ การจัดทำโครงการนาร่อง และการเตรียมการเพื่อการเปลี่ยนผ่านที่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบในแง่ลบ และผลกระทบที่ไม่เป็นธรรม

¹³ DC Water (2017). *Impervious water charge*. Retrieved from <https://www.dewater.com/impervious-area-charge>. See also City of Raleigh (2021). *Stormwater fee frequently asked questions*. Retrieved from <https://raleighnc.gov/SupportPages/stormwater-fee-frequently-asked-questions>

“แนวทางการวางแผนระบบการใช้น้ำฝนในเมืองเซินเจิ้น” ของประเทศจีนแสดงให้เห็นถึงมาตรการทางเลือกหรือมาตรการเพิ่มเติมที่กำหนดให้มีการกักเก็บและการใช้น้ำฝนในเขตที่อยู่อาศัย เขตที่อยู่อาศัยใดที่ไม่ได้ลงทุนในอุปกรณ์และเครื่องมือเพื่อใช้น้ำฝนหรือใช้น้ำฝนไม่ได้ตามเป้าหมาย จะถูกเรียกเก็บ “ค่าธรรมเนียมการกักเก็บน้ำฝน” เขตใดที่จัดการน้ำฝนได้ดีเกินคาดอาจได้รับเครดิตน้ำฝนซึ่งสามารถขายให้กับเขตที่ไม่ทำตามข้อกำหนดอย่างเต็มที่

ข้อบังคับดังกล่าวเปิดโอกาสให้มีการส่งเสริมการใช้แนวทาง NbS โดยเอื้อให้เจ้าของหรือนักพัฒนาอสังหาริมทรัพย์มีส่วนรับผิดชอบโดยการซื้อ “เครดิตน้ำฝน” ตามปริมาณการลงทุนสีน้ำเงินและสีเขียวในพื้นที่ที่ไม่ได้มีการดำเนินการตามแนวทาง NbS เพื่อให้ประสบความสำเร็จ โครงการริเริ่มดังกล่าวจำเป็นต้องมีรากฐานด้านกฎระเบียบที่เข้มแข็งและการพัฒนาในท้องถิ่นที่เพียงพอเพื่อขับเคลื่อนความต้องการเครดิตน้ำฝนตามแนวทางที่มีการพัฒนาขึ้นตามสภาพของพื้นที่

ขอบเขตของโครงการที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน และหน่วยงานกำกับดูแลที่เป็นอิสระ ข้อกำหนดด้านข้อมูลก็ต้องครอบคลุมเช่นกัน แนวทางที่เหมาะสมสำหรับระยองอาจเป็นการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมในอัตราคงที่เพียงเล็กน้อย โดยมีความเป็นไปได้ที่จะขยายไปสู่รูปแบบของการซื้อขายเครดิตน้ำฝนเพื่อเป็นทางเลือกในอนาคต การดำเนินการควรพิจารณาระดับรายได้/ราคาของอสังหาริมทรัพย์เพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่มีการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมดังกล่าวจากชุมชนต่าง ๆ ที่มีรายได้ต่ำซึ่งอาจมีปัญหาในการชำระเงิน

5.5 การใช้ประโยชน์จากระบบการเงินสีเขียวที่กำลังเติบโต

การเปลี่ยนพื้นที่ CBD ของระยองให้เป็นพื้นที่สีเขียว เป็นโครงการสำคัญ การจัดหาเงินทุนเป็นการต่อยอดถึงการเติบโตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น กลยุทธ์ต่าง ๆ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่รวมอยู่ในกรณีศึกษานี้สามารถนำไปผนวกกับโครงการริเริ่มอื่น ๆ ที่มุ่งเน้นด้านความยั่งยืนในพื้นที่อื่น ๆ ได้ (เช่น การบำบัดของเสียตามแนวทาง NbS และการผลิตพลังงานหมุนเวียน) อาจมีการออกตราสารหนี้เพื่อสิ่งแวดล้อม (Green Bond) ซึ่งเปิดโอกาสให้นักการเงินและนักลงทุนได้ลงทุนอย่างมีจริยธรรมในโครงการต่าง ๆ เพื่อลดต้นทุนทางธุรกรรมและลดความเสี่ยงผ่านการลงทุนที่มีความหลากหลาย

THE FIRST STORMWATER PURCHASE AGREEMENT IN CHINA

On September 25 2020, Changsha Gaoxin District Park Company and the Hunan Yuchuang Environmental Protection Company signed the first stormwater purchase agreement in China at the Hunan Province Green Development Exhibition Sponge City Forum.

According to the agreement, the Changsha Gaoxin District Park Company will purchase stormwater from the Hunan Yuchuang Environmental Protection Company at a 20 percent of the piped water price for landscaping and cleaning purposes. The Hunan Yuchuang Environmental Protection Company has worked on rainwater retention and utilization from 2014 and has since utilized 0.5 million cubic meters of rainwater, which amounts to 2 percent of the total rainwater during the last 6 years, which means there is still large potential for rainwater utilization.

ภาพที่ 25 : สัญญาซื้อขายน้ำฝนฉบับแรกในจีน

ที่มา: สำนักข่าว Chansha Evening News 2020

6. ข้อเสนอแนะ และการดำเนินการขั้นต่อไป

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริหารต่อไปนี้ได้จากกรณีศึกษายานศูนย์การค้าและธุรกิจเมืองระยอง จากหลายภาคส่วน โดยความร่วมมือระหว่างหน่วยงานของภาครัฐซึ่งเป็นผู้ดำเนินการในระดับจังหวัด (เทศบาลนครระยอง กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท และผู้กำหนดนโยบายระดับชาติ (สผ.) นักวางแผนและนักยุทธศาสตร์ ผู้ผลิต (สศช. สททช.) ร่วมกับภาคเอกชนและชุมชน ซึ่งจำเป็นจะต้องร่วมมือกันเพื่อให้วิสัยทัศน์ดังกล่าวเป็นจริง

- **การวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อถ่วงดุลผลประโยชน์และต้นทุนเพิ่มเติม** การประเมินเชิงกลยุทธ์สำหรับกรณีศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงข้อดีของแนวทางแบบบูรณาการ โดยมีข้อเสนอแนะให้มีการถ่วงดุลข้อมูลโดยละเอียด เช่น อาจมีการพิจารณาให้มีการศึกษาผลประโยชน์หลักโดยหน่วยงานในท้องถิ่นหรือหน่วยงานของภาครัฐ การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์เพิ่มเติมไม่เพียงแต่จะเพิ่มความเชื่อมั่นที่มีต่อแนวทางที่นำเสนอ แต่ยังเป็นการให้ข้อมูลเพิ่มเติมแก่การวิจัยในระดับท้องถิ่นซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการขยายผลแนวทางแบบผสมผสานนี้ไปยังพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทย
- **ข้อดีของการจัดตั้งโครงการสาธิตและการดำเนินงานแบบเป็นระยะ** การนำร่องเป็นส่วนสำคัญในการพิสูจน์แนวคิดใหม่ และเป็นการสร้างขีดความสามารถในท้องถิ่นและเป็นการสร้างโอกาสเพื่อดึงดูดการลงทุนจากภาคเอกชน อย่างไรก็ตาม สำหรับโครงการที่ดำเนินงานตามแนวทาง NbS และแบบผสมผสาน อาจเป็นเรื่องยากที่จะคาดการณ์ผลประโยชน์ที่ได้รับหากเป็นโครงการที่มีขนาดเล็ก และไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการอื่น ๆ เลย (standalone) บ่อยครั้งดังที่แสดงให้เห็นในกรณีศึกษาที่ ผลประโยชน์มักเกิดขึ้นจากการนำไปปฏิบัติในวงกว้าง

กรณีศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการดำเนินงานแบบเป็นระยะมีส่วนสนับสนุนการเริ่มต้นใช้แนวทาง NbS ในพื้นที่ CBD ของระยอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับปรุงถนนสายหลัก โดยเริ่มต้นการนำร่องจากถนนสายหลักหนึ่งเส้น จากนั้นจึงค่อย ๆ ปรับปรุงถนนอื่น ๆ เพิ่มเติมทุก ๆ ห้าปี การดำเนินงานแบบเป็นระยะ เป็นวิธีที่ช่วยในการบริหารความเสี่ยง เป็นการกระจายต้นทุนและและยังใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่จากการบำรุงรักษาถนนตามรอบปกติ เพื่อหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายส่วนเกินและลดปัญหาที่ทำให้การดำเนินงานนั้นหยุดชะงักให้น้อยที่สุด นอกจากนี้ ยังเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในมาตรการ และเรียนรู้จากการนำร่องเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาในอนาคต สำหรับถนนสายสำคัญ เช่น ถนนสุขุมวิท ที่จำเป็นจะต้องใช้เวลานานได้ตลอดเวลา การนำร่องบนถนนสายหลักที่มีความสำคัญน้อยกว่าอาจเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำไปสู่การปฏิรูปกฎหมายควบคุมอาคารในระดับประเทศ

การพัฒนาและการบำรุงรักษาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว ควบรวมถึงการเฝ้าติดตามและวิเคราะห์ประสิทธิภาพขององค์ประกอบตามแนวทาง NbS เพื่อสนับสนุนการปรับเปลี่ยนในพื้นที่ และการขยายผลการใช้แนวทาง NbS ซึ่งอาจรวมถึงการมีส่วนร่วมของชุมชนและโอกาสที่ชุมชนจะเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการวิจัยเชิงวิทยาศาสตร์ (Citizen Science)

- **ความล่าช้าในการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานจะนำไปสู่ต้นทุนที่สูงขึ้นในระยะยาว** แม้ว่า การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานจะมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง แต่การล่าช้าจะก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นมากเมื่อเวลาผ่านไป ปัจจุบัน สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมในจังหวัดระยองคือ ระบบระบายน้ำที่ล้าสมัยและซับซ้อนซึ่งทำให้เกิดการอุดตันอยู่บ่อยครั้ง ระยองถูกมองว่าเป็น ศูนย์กลางของ EEC หากเมืองขยายตัวภายใต้การดำเนินธุรกิจตามปกติโดยไม่มีการปรับปรุง ครั้งใหญ่ ความเสียหายในอนาคตจากน้ำท่วมและอันตรายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศจะ เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

เช่นเดียวกับการบรรเทาปัญหาน้ำท่วมโดยตรง กรณีศึกษาที่ยังแสดงให้เห็นว่าแนวทางแก้ไข ปัญหาแบบผสมผสานสามารถลดค่าใช้จ่ายตั้งต้นและค่าใช้จ่ายต่อเนื่องได้ ตัวอย่างเช่น ปัจจุบัน น้ำฝนที่ไหลป่าต้องไหลผ่านตัวเมืองก่อนที่จะถูกสูบลงสู่ทะเล เมื่อเมืองขยายตัว จะต้องมีการ สร้างเครื่องสูบน้ำเพิ่มเติมหรือจะต้องจัดหาเครื่องสูบน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้น อย่างไรก็ตาม ด้วย แนวทางที่วางไว้ในกรณีศึกษา – ระยองสามารถหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้เนื่องจากน้ำจะ ถูกดูดซึมตามธรรมชาติ มีการกักเก็บน้ำและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้ อาจมีการศึกษา เพิ่มเติมเพื่อประเมินค่าใช้จ่ายที่ลดลงอันเนื่องมาจากการวางผังเมืองและการจัดการทรัพยากร น้ำในรูปแบบต่างๆ

ในระหว่างการประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เชี่ยวชาญ ผู้เข้าร่วมประชุมยกประเด็น เกี่ยวกับความสำคัญของการใช้วัสดุในท้องถิ่น การออกแบบที่เรียบง่าย ร่วมกับการให้แรงจูงใจ ที่เหมาะสม การสร้างศักยภาพ และการสนับสนุนทางเทคนิค ประเด็นนี้มีความสำคัญต่อพื้นที่ กรณีศึกษายานศูนย์การค้าและธุรกิจนครระยอง เพราะผู้ประกอบการรายเล็กและรายย่อยที่อยู่ใน พื้นที่อาจไม่มีกำลัง/เงินทุนเพียงพอสำหรับจัดหา NbS ดังนั้นการใช้ NbS ขนาดเล็กติดตั้ง กระจายตัวตามแนวถนน หน้าร้าน และพื้นที่โล่งแจ้งจึงมีความเหมาะสมกับพื้นที่

จังหวัดระยองประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำและการแก่งแย่งด้านทรัพยากรน้ำเนื่องจากการ พัฒนาทางอุตสาหกรรม สถานการณ์นี้จะเลวร้ายมากขึ้นในอนาคตตามการคาดการณ์การ เปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่ส่งสัญญาณว่าฤดูแล้งจะมีความรุนแรงมากขึ้น การ ดำเนินการแก้ไขปัญหาน้ำผ่านแผนการดำเนินงานแบบเป็นระยะ ทำให้จังหวัดระยองมีความ อ่อนไหวด้านน้ำมากขึ้น และจะทำให้ระยองจะเป็นจังหวัดที่มีการเติบโตอย่างยั่งยืน

- **การเปลี่ยนผ่านสู่ระบบการระบายชนิดท่อแยก** เพื่อให้สอดคล้องกับคำแนะนำก่อนหน้านี้ ขั้นตอนต่อไปที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการสร้างระบบระบายน้ำที่แยกน้ำฝนและน้ำเสียออกจากกัน ระบบระบายน้ำที่เป็นแบบท่อรวมเป็นระบบที่ล้าสมัยซึ่งยังคงมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ถือเป็นข้อจำกัดที่สำคัญต่อการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน ระยองควรพิจารณาเรื่องนี้เป็นเรื่องเร่งด่วนและเริ่ม ดำเนินการเปลี่ยนระบบระบายน้ำเป็นระบบชนิดท่อแยก เพื่อแยกท่อระบายน้ำเสียออกจากท่อระบายน้ำฝน รวมทั้งปรับปรุงระบบเดิมให้เป็นระบบท่อแยก และก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำเสียชนิดท่อแยกในแหล่งที่อยู่อาศัยใหม่ แมตต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนช่วงแรกจะสูงและการดำเนินการอาจต้องใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนระบบทั้งหมด แต่มูลค่าความเสียหายที่เกิดจากการดำเนินการล่าช้าจะยิ่งสูงกว่ามาก การแยกน้ำฝนออกจากน้ำเสียจะช่วยลดแรงดันในการทำงานของเครื่องสูบน้ำและลดปัญหาน้ำล้นในท่อระบายน้ำรวม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แนะนำให้ใช้ระบบที่มีท่อแรงดันเนื่องจากพื้นที่ในจังหวัดระยองเป็นพื้นที่ราบ

- **การระบุบทบาทและความรับผิดชอบในการบำรุงรักษาที่ชัดเจน**

ประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่งในประเทศไทยที่เกิดขึ้นระหว่างในการประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เชี่ยวชาญก็คือความรับผิดชอบในการบำรุงรักษา ในจังหวัดระยอง กลยุทธ์แบบผสมผสานอาจต้องอาศัยความร่วมมือและความยินยอมจากผู้คนจำนวนมาก

ข้อกำหนดในการก่อสร้างและการบำรุงรักษามีความซับซ้อนมากขึ้น เนื่องจากหน่วยงานของภาครัฐคาดว่าจะดำเนินการสร้างและปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ บนที่ดินสาธารณะ (เช่น การแก้ไขปัญหาบนถนนสายหลัก) และบนที่ดินของภาคเอกชน (เช่น หุบเขาในเมืองและถังเก็บน้ำฝนบนถนนซอปปิงและศูนย์การค้า)

การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในวงกว้างและการกำหนดบทบาทและความรับผิดชอบที่ชัดเจนควรเป็นส่วนสำคัญของขั้นตอนก่อนการศึกษาความเป็นไปได้และการดำเนินโครงการนำร่องใด ๆ ควรเปิดโอกาสให้เทศบาลอื่น ๆ ในระดับจังหวัดเข้ามามีส่วนร่วมเพื่อแบ่งปันการเรียนรู้และสร้างความร่วมมือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีศึกษาเน้นการปรับปรุงบนถนนสายหลักซึ่งถือเป็นโครงข่ายของถนนในระดับภูมิภาคและระดับประเทศ

- **การบูรณาการแนวทาง NbS กับแนวทางการจัดทำงานประมาณและแผนงาน**

ประเทศไทยอาจมีตัวอย่างระเบียบนโยบายและยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเติบโตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการพัฒนาที่ยั่งยืน กรณีศึกษานี้ระบุโอกาสหลายประการที่สำคัญสำหรับการรวมหลักการ IUFM และแนวทาง NbS เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อส่งเสริมโครงการริเริ่มเหล่านี้:

- ระดับงบประมาณของประเทศ (เช่น การบูรณาการหลักการ IUFM เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์งบประมาณสำหรับการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ CCBA)
- ระดับการวางแผนในระดับภูมิภาค (เช่น การเพิ่มโครงการโบนัส FAR)
- ระดับการพัฒนาอุตสาหกรรม (เช่น สิทธิประโยชน์ที่จะได้รับจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน)
- ระดับการระดมเงินทุนของเทศบาล (เช่น การพิจารณาว่าผู้รับผลประโยชน์ต้องจ่ายภาษีให้กับเทศบาลมากขึ้น หรือผู้ก่อมลพิษจ่ายค่าธรรมเนียมสำหรับพื้นที่ที่น้ำไม่สามารถแทรกซึมผ่านได้)

ภาคผนวก 1: องค์ประกอบต้นทุนและข้อสมมติ

1. ถนนสายหลัก	ข้อสมมติ
1.1. ต้นทุนการปรับปรุงถนนสุขุมวิท	ระบบระบายน้ำของเกาะกลางแบบกตเป็นร่องที่มีขอบถนนหัก (ความยาว = 1,175 ม.) ค่าบำรุงรักษาโดยประมาณ = 35,795.454 บาทต่อเมตร
	ความยาวของ ถนน = 1,175 ม. ระยะห่างระหว่างร่องน้ำปลูกพืชหรือหลุมปลูกต้นไม้ริมทางในแต่ละช่วง = 6 ม. $1,175 \text{ ม.} \div 6 \text{ ม.} \approx 196$ หน่วย ทั้งสองข้างทาง $196 \times 2 = 392$ หน่วย ปัจจุบันมี 30 ต้น จะต้องเพิ่มหลุมปลูกต้นไม้ริมทางอีก 362 หน่วย ขนาดของร่องน้ำปลูกพืชหรือหลุมปลูกต้นไม้ริมทางแต่ละหน่วย = 1 ม. x 1 ม. = 1 ตร.ม. รวม = 362 หน่วย x 1 ตร.ม. = 362 ตร.ม. ราคาต่อหน่วยอยู่ที่ 450 หยวนจีนต่อตร.ม.
	ต้นไม้สำหรับปลูกในร่องน้ำปลูกพืช/หลุมปลูกต้นไม้ริมทางและอุปกรณ์ป้องกันรากไม้ขึ้นสูง 362 ชุด ราคาต่อหน่วย 750 บาท
	ค่าเสียโอกาสในการขายสินค้าระหว่างการก่อสร้าง = หน่วยละ 3,000 บาท
1.1.2 การซ่อมบำรุงถนนสุขุมวิท	ค่าบำรุงรักษาระบบระบายน้ำขอบเกาะกลางแบบกตเป็นร่องบริเวณสุขุมวิทตอนกลางคิดเป็น 10% ของต้นทุน
	ค่าบำรุงรักษาหลุมปลูกต้นไม้ 6 หยวนจีนต่อตร.ม. ต่อปี
	การรดน้ำต้นไม้ (สำหรับปีแรก) ใช้น้ำ 16 ลิตรต่อวันต่อต้น หรือ 32 ลิตร ต่อต้น ต่อ 2 วัน ค่าน้ำ = 9 บาทต่อลูกบาศก์เมตร = 0.288 บาทต่อลิตร) ค่าทำสวน ชม.ละ 50 บาท ครั้งละ 0.5 ชม. เดือนละ 15 ครั้ง ปีละ 10 เดือน ค่าน้ำ = 0.288 บาท x 48 ลิตรต่อต้นต่อครั้ง x 340 ต้น x 10 ครั้งต่อเดือน x 10 เดือนต่อปี = 470,016 บาทต่อปี ค่าทำสวน = 50 บาทต่อชั่วโมง x 0.5 ชม. ต่อครั้ง x 10 ครั้งต่อเดือน x 10 เดือนต่อปี = 2,500 บาทต่อปี รวม ค่ารดน้ำ = 472,516 บาท
1.2.1 ต้นทุนในการปรับปรุงถนนราชชุมพล	ระบบระบายน้ำของเกาะกลางแบบกตเป็นร่องที่มีขอบถนนหัก (ความยาว = 1,080 ม.) ค่าบำรุงรักษาโดยประมาณ = 23,559.725 บาท ต่อเมตร

1. ถนนสายหลัก	ข้อสมมติ
	ความยาวของถนน = 1,080 ม. ระยะห่างระหว่างร่องน้ำปลูกพืชหรือหลุมปลูกต้นไม้ริมทางในแต่ละช่วง = 6 ม. $1,080 \text{ ม.} \div 6 \text{ ม.} \approx 180$ หน่วย ทั้งสองข้างทาง $180 \times 2 = 360$ หน่วย ปัจจุบันมีทั้งหมด 20 ต้น จะต้องเพิ่มหลุมปลูกต้นไม้อีก 340 หน่วย ขนาดของร่องน้ำปลูกพืชหรือหลุมปลูกต้นไม้ริมทางแต่ละหน่วย = 1 ม. x 1 ม. = 1 ตร.ม. รวม = 340 หน่วย x 1 ตร.ม. = 340 ตร.ม. ราคาต่อหน่วยอยู่ที่ 450 หยวนจีนต่อตร.ม.
	ต้นไม้สำหรับปลูกในร่องน้ำปลูกพืช/หลุมปลูกต้นไม้ริมทางและอุปกรณ์ป้องกันรากไม้ขึ้นสูง 340 ชุด ราคาต่อหน่วย 750 บาท
	ค่าเสียโอกาสในการขายสินค้าระหว่างการก่อสร้าง = หน่วยละ 3,000 บาท
1.2.2 การซ่อมบำรุง ถ.ราชชุมพล	ค่าบำรุงรักษาระบบระบายน้ำขอบเกาะกลางแบบกตเป็นร่องบริเวณสุขุมวิทตอนกลางคิดเป็น 10% ของต้นทุน
	ค่าบำรุงรักษาหลุมปลูกต้นไม้ 6 หยวนจีนต่อตร.ม. ต่อปี
	การรดน้ำต้นไม้ (สำหรับปีแรก) ใช้น้ำ 16 ลิตรต่อวันต่อต้น หรือ 32 ลิตร ต่อต้น ต่อ 2 วัน คำนวณ = 0.288 บาท x 48 ลิตรต่อต้นต่อครั้ง x 340 ต้น x 10 ครั้งต่อเดือน x 10 เดือนต่อปี = 470,016 บาทต่อปี ค่าทำสวน = 50 บาทต่อชั่วโมง x 0.5 ชม. ต่อครั้ง x 10 ครั้งต่อเดือน x 10 เดือนต่อปี = 2,500 บาทต่อปี รวม ค่ารดน้ำ = 472,516 บาท
1.3.1 ต้นทุนในการปรับปรุงถนนจันทอุดม	ระบบระบายน้ำของเกาะกลางแบบกตเป็นร่องที่มีขอบถนนหัก (ความยาว = 650 ม.) ค่าบำรุงรักษาโดยประมาณ = 23,559.725 บาทต่อเมตร.
	ความยาวของถนน = 650 ม. ระยะห่างระหว่างร่องน้ำปลูกพืชหรือหลุมปลูกต้นไม้ริมทางในแต่ละช่วง = 6 ม., $650 \text{ ม.} \div 6 \text{ ม.} \approx 108$ ต้น ทั้งสองข้างทาง 108×216 ต้น ปัจจุบันมีทั้งหมด 20 ต้น จะต้องเพิ่มหลุมปลูกต้นไม้ริมทางอีก 200 หน่วย ขนาดของร่องน้ำปลูกพืชหรือหลุมปลูกต้นไม้ริมทางแต่ละหน่วย = 1 ม. x 1 ม. = 1 ตร.ม. ขนาดรวม = 100 หน่วย x 1 ตร.ม. = 200 ตร.ม.
	ต้นไม้สำหรับปลูกในร่องน้ำปลูกพืช/หลุมปลูกต้นไม้ริมทางและอุปกรณ์ป้องกันรากไม้ขึ้นสูง 200 ชุด ราคาต่อหน่วย 750 บาท

1. ถนนสายหลัก	ข้อสมมติ
	ค่าเสียโอกาสในการขายสินค้าระหว่างการก่อสร้าง = หน่วยละ 3,000 บาท
1.3.2 การซ่อมบำรุง ถนนจันทอุดม	ค่าบำรุงรักษาระบบระบายน้ำขอบเกาะกลางแบบกบเป็นร่องบริเวณสุขุมวิทตอนกลางคิดเป็น 10% ของต้นทุน
	ค่าบำรุงรักษาหลุมปลูกต้นไม้ 6 หยวนจีนต่อตร.ม. ต่อปี
	การรดน้ำต้นไม้ (สำหรับปีแรก) ใช้น้ำ 16 ลิตรต่อวันต่อต้น หรือ 32 ลิตร ต่อต้น ต่อ 2 วัน คำนวณ = 0.288 บาท x 48 ลิตรต่อต้นต่อครั้ง x 200 ต้น x 10 ครั้งต่อเดือน x 10 เดือนต่อปี = 276,480 บาทต่อปี ค่าทำสวน = 50 บาทต่อชั่วโมง x 0.5 ชม. ต่อครั้ง x 10 ครั้งต่อเดือน x 10 เดือนต่อปี = 2,500 บาทต่อปี รวม ค่ารดน้ำ = 278,980 บาท

2. ถนนสายรองกลายเป็นหุบเขาในเมือง	ข้อสมมติ
2.1.1 ต้นทุนในการปรับปรุงซอยสุขุมวิท นครระยอง 35 (565 ม.), ถ.สุขุมวิทนครระยอง 43 (615 ม.) และ ซอย 2 (395 ม.)	หลุมปลูกต้นไม้ริมทาง 589 หน่วย ขนาดของร่องน้ำปลูกพืชหรือหลุมปลูกต้นไม้ริมทางแต่ละหน่วย = 1 ม. x 1 ม. = 1 ตร.ม. รวม = 340 หน่วย x 1 ตร.ม. = 340 ตร.ม. ราคาต่อหน่วยอยู่ที่ 900 หยวนจีนต่อตร.ม.
	ต้นไม้สำหรับปลูกในร่องน้ำปลูกพืช/หลุมปลูกต้นไม้ริมทางและอุปกรณ์ป้องกันรากไม้ขึ้นสูง 589 ชุด ราคาต่อหน่วย 750 บาท
	ค่าเสียโอกาสในการขายสินค้าระหว่างการก่อสร้าง = หน่วยละ 3,000 บาท
	กระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน 307 หน่วย ขนาดกระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝนแต่ละหน่วย = 1.5 ฟุต x 4 ฟุต = 6 ตร.ฟ. ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ = 168 เหรียญต่อหน่วย
2.1.2 การบำรุงรักษาถนนรอง ระยะที่ 1	ค่าบำรุงรักษาหลุมปลูกต้นไม้ริมทาง 6 หยวนจีนต่อตร.ม. ต่อปี

2. ถนนสายรองกลายเป็นหุบเขาในเมือง	ข้อสมมติ
	การบำรุงรักษากระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน รวมเปลี่ยนดิน (24 ถู x 20 บาท) 4 ครั้งต่อปี ค่าทำความสะอาดและซ่อมแซม (200 บาทต่อครั้ง) 4 ครั้งต่อปี = 2,720 บาทต่อหน่วยต่อปี
2.2.1 ต้นทุนการปรับปรุงซอยสุขุมวิท นคร ระยอง 37 (575 ม.) ซอยสุขุมวิทนครระยอง 39 (410 ม.) และ ซอยสุขุมวิทนครระยอง 41 (110 ม.)	หลุมปลูกต้นไม้ริมทาง 92 หน่วย ขนาดของร่องน้ำปลูกพืชหรือหลุมปลูกต้นไม้ริมทางแต่ละหน่วย = 1 ม. x 1 ม. = 1 ตร.ม. รวม = 92 หน่วย x 1 ตร.ม. = 92 ตร.ม. ราคาต่อหน่วยอยู่ที่ 900 หยวนจีนต่อตร.ม.
	ต้นไม้สำหรับปลูกในร่องน้ำปลูกพืช/หลุมปลูกต้นไม้ริมทางและอุปกรณ์ป้องกันรากไม้ขึ้นสูง 92 ชุด ราคาต่อหน่วย 750 บาท
	ค่าเสียโอกาสในการขายสินค้าระหว่างการก่อสร้าง = หน่วยละ 3,000 บาท
	กระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน 269 หน่วย ขนาดกระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝนแต่ละหน่วย = 1.5 ฟุต x 4 ฟุต = 6 ตร.ฟ. ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ = 168 เหรียญต่อหน่วย
2.2.2 การบำรุงรักษาถนนสายรองระยะที่ 2	ค่าบำรุงรักษาหลุมปลูกต้นไม้ริมทาง 6 หยวนจีนต่อตร.ม. ต่อปี
	การบำรุงรักษากระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน รวมเปลี่ยนดิน (24 ถู x 20 บาท) 4 ครั้งต่อปี ค่าทำความสะอาดและซ่อมแซม (200 บาทต่อครั้ง) 4 ครั้งต่อปี = 2,720 บาทต่อหน่วยต่อปี
2.3.1 ต้นทุนการปรับปรุงซอย 1 (280 ม.), ซอย 3 (220 ม.), ซอย 4 และ ซอย 5 (510 ม.) และ ซอย 6 (325 ม.)	หลุมปลูกต้นไม้ริมทาง 331 หน่วย ขนาดของร่องน้ำปลูกพืชหรือหลุมปลูกต้นไม้ริมทางแต่ละหน่วย = 1 ม. x 1 ม. = 1 ตร.ม. รวม = 331 หน่วย x 1 ตร.ม. = 331 ตร.ม. ราคาต่อหน่วยอยู่ที่ 900 หยวนจีนต่อตร.ม.
	ต้นไม้สำหรับปลูกในร่องน้ำปลูกพืช/หลุมปลูกต้นไม้ริมทางและอุปกรณ์ป้องกันรากไม้ขึ้นสูง 331 ชุด ราคาต่อหน่วย 750 บาท

2. ถนนสายรองกลายเป็นหุบเขาในเมือง	ข้อสมมติ
	ค่าเสียโอกาสในการขายสินค้าระหว่างการก่อสร้าง = หน่วยละ 3,000 บาท
	กระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน 376 หน่วย ขนาดกระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝนแต่ละหน่วย = 1.5 ฟุต x 4 ฟุต = 6 ตร.ฟ. ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ = 168 เหรียญต่อหน่วย
2.3.2 การบำรุงรักษาถนนสายรอง ระยะที่ 3	ค่าบำรุงรักษาหลุมปลูกต้นไม้ริมทาง 6 หยวนจีนต่อตร.ม. ต่อปี
	การบำรุงรักษากระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน รวมเปลี่ยนดิน (24 ถัง x 20 บาท) 4 ครั้งต่อปี ค่าทำความสะอาดและซ่อมแซม (200 บาทต่อครั้ง) 4 ครั้งต่อปี = 2,720 บาทต่อหน่วยต่อปี
2.4.1 ต้นทุนการปรับปรุงถนนซอยเล็กอื่นๆ (1,400 ม.)	หลุมปลูกต้นไม้ริมทาง 350 หน่วย ขนาดของร่องน้ำปลูกพืชหรือหลุมปลูกต้นไม้ริมทางแต่ละหน่วย = 1 ม. x 1 ม. = 1 ตร.ม. รวม = 350 หน่วย x 1 ตร.ม. = 350 ตร.ม. ราคาต่อหน่วยอยู่ที่ 900 หยวนจีนต่อตร.ม.
	ต้นไม้สำหรับปลูกในร่องน้ำปลูกพืช/หลุมปลูกต้นไม้ริมทางและอุปกรณ์ป้องกันรากไม้ขึ้นสูง 350 ชุด ราคาต่อหน่วย 750 บาท
	ค่าเสียโอกาสในการขายสินค้าระหว่างการก่อสร้าง = หน่วยละ 3,000 บาท
	กระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน 466 หน่วย ขนาดกระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝนแต่ละหน่วย = 1.5 ฟุต x 4 ฟุต = 6 ตร.ฟ. ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ = 168 เหรียญต่อหน่วย
2.4.2 การบำรุงรักษาถนนสายรองระยะที่ 4	ค่าบำรุงรักษาหลุมปลูกต้นไม้ริมทาง 6 หยวนจีนต่อตร.ม. ต่อปี
	การบำรุงรักษากระถางปลูกต้นไม้รับน้ำฝน รวมเปลี่ยนดิน (24 ถัง x 20 บาท) 4 ครั้งต่อปี ค่าทำความสะอาดและซ่อมแซม (200 บาทต่อครั้ง) 4 ครั้งต่อปี = 2,720 บาทต่อหน่วยต่อปี

3.แหล่งข้อปั้งสีเขียวที่เย็นสบาย	ข้อสมมติ
3.1.1 ต้นทุนในการปรับปรุงที่จอดรถสีเขียว	ถังเก็บน้ำบนหลังคาห้างสรรพสินค้า = 2 หน่วย ขนาดถัง 30,000 ลิตร นอก: เหล็กเคลือบซิงคาลูม (Zincalume(R)) ยึดขายึดให้พอดีกับคานคอนกรีตเสริมเหล็กวงแหวน (Ring Beam) รับประกัน 20 ปี ด้านใน : วัสดุ LLDPE Composite Polyester 5 ชั้น รับประกัน 10 ปี ราคาต่อหน่วย – 218,000 บาท
	หลุมปลูกต้นไม้ริมทาง 117 หน่วย ขนาดของร่องน้ำปลูกพืชหรือหลุมปลูกต้นไม้ริมทางแต่ละหน่วย = 1 ม. x 1 ม. = 1 ตร.ม. รวม = 117 หน่วย x 1 ตร.ม. = 117 ตร.ม. ราคาต่อหน่วยอยู่ที่ 450 หยวนจีนต่อตร.ม.
	ต้นไม้สำหรับปลูกในร่องน้ำปลูกพืช/หลุมปลูกต้นไม้ริมทางและอุปกรณ์ป้องกันรากไม้ขึ้นสูง 117 ชุด ราคาต่อหน่วย 750 บาท
3.1.2 การบำรุงรักษาที่จอดรถสีเขียว	ค่าบำรุงรักษาถังเก็บน้ำบนหลังคาห้างสรรพสินค้า = 10% ของราคาต่อหน่วยต่อปี
	ค่าบำรุงรักษาหลุมปลูกต้นไม้ริมทาง 6 หยวนจีนต่อตร.ม. ต่อปี
3.2.1 ต้นทุนในการปรับปรุงตลาดสีเขียว	ถังเก็บน้ำบนหลังคาตลาดสตาร์ = 2 หน่วย, ถังเก็บน้ำบนหลังคาใหญ่ของตลาดแม่แดง = 1 หน่วย ขนาดถัง 30,000 ลิตร นอก: เหล็กเคลือบซิงคาลูม (Zincalume(R)) ยึดขายึดให้พอดีกับคานคอนกรีตเสริมเหล็กวงแหวน (Ring Beam) รับประกัน 20 ปี ด้านใน : วัสดุ LLDPE Composite Polyester 5 ชั้น รับประกัน 10 ปี ราคาต่อหน่วย – 218,000 บาท
	สวนรับน้ำฝนข้างตลาดสตาร์ พื้นที่ทั้งหมด = 7,000 ตร.ม. สมมติว่ามีสวนรับน้ำฝน = 30% ของพื้นที่ทั้งหมด = 7,000 ตร.ม. x 30% = 2,100 ตร.ม. ปลูกต้นไม้ 6 ม. x 6 ม. จำนวนต้นไม้ = $2,100 \div 36 \approx 158$ หน่วย
	อุปกรณ์ป้องกันรากไม้ขึ้นสูง = 158 หน่วย ราคาต่อหน่วย – 500 บาท
3.2.2 การบำรุงรักษาตลาดสีเขียว	ค่าบำรุงรักษาถังเก็บน้ำบนหลังคาห้างสรรพสินค้า = 10% ของราคาต่อหน่วยต่อปี
	ค่าบำรุงสวนรับน้ำฝน = 20% ของราคาดำเนินการและอุปกรณ์ (ค่าบำรุงรักษาดำเนินการ อุปกรณ์ และพื้นที่)

4. การเปลี่ยนพื้นที่สาธารณะที่ราบต่ำให้เป็นพื้นที่สีเขียว	ข้อสมมติ
4.1.1 ต้นทุนการปรับปรุงสถานีขนส่งที่ราบต่ำ	ถังเก็บน้ำที่สถานีขนส่งและบนหลังคาใหญ่ = 1 หน่วย ขนาดถัง 30,000 ลิตร นอก: เหล็กเคลือบซิงคาลูม (Zincalume(R)) ยึดชายใต้ให้พอดีกับคานคอนกรีตเสริมเหล็กวงแหวน (Ring Beam) รับประกัน 20 ปี ด้านใน : วัสดุ LLDPE Composite Polyester 5 ชั้น รับประกัน 10 ปี ราคาต่อหน่วย – 218,000 บาท
	สวนรับน้ำฝนในสถานีขนส่ง พื้นที่ทั้งหมด = 8,000 ตร.ม. สมมติว่ามีสวนรับน้ำฝน = 30% ของพื้นที่ทั้งหมด = 8,000 ตร.ม. x 10% = 800 ตร.ม. ปลูกลำไย 6 ม. x 6 ม. จำนวนต้นไม้ = $800 \div 36 \approx 22$ หน่วย ราคาต่อหน่วย = 250 บาท
	อุปกรณ์ป้องกันรากไม้ขึ้นสูง = 22 หน่วย ราคาต่อหน่วย – 500 บาท
4.1.1 การบำรุงรักษาสถานีขนส่งที่ราบต่ำ	ค่าบำรุงรักษาถังเก็บน้ำบนหลังคาทางสรรพสินค้า = 10% ของราคาต่อหน่วยต่อปี
	ค่าบำรุงสวนรับน้ำฝน = 20% ของราคาต้นไม้และอุปกรณ์ (ค่าบำรุงรักษาต้นไม้ อุปกรณ์ และพื้นที่)
4.2.1 ต้นทุนการปรับปรุงที่จอดรถที่ราบต่ำ	สวนรับน้ำฝนข้างตลาดสตาร์ พื้นที่ทั้งหมด = 20,000 ตร.ม. สมมติว่าสวนรับน้ำฝน = 30% ของพื้นที่ทั้งหมด = 20,000 ตร.ม. x 30% = 6,000 ตร.ม. ปลูกลำไย 6 ม. x 6 ม. จำนวนต้นไม้ = $6,000 \div 36 \approx 166$ หน่วย ราคาต่อหน่วย – 250 บาท
	อุปกรณ์ป้องกันรากไม้ขึ้นสูง = 166 หน่วย ราคาต่อหน่วย – 500 บาท
4.2.2 การบำรุงรักษาที่จอดรถที่ราบต่ำ	ค่าบำรุงสวนรับน้ำฝน = 20% ของราคาต้นไม้และอุปกรณ์ (ค่าบำรุงรักษาต้นไม้ อุปกรณ์ และพื้นที่)

5. แพลตฟอร์มอัจฉริยะ ระยะของ 'Cool Lines'	ข้อสมมติ
5.1 ต้นทุนการพัฒนาแพลตฟอร์มอัจฉริยะ (ระยะทาง 2.2 กม.)	ชุด Wifi = 11 เครื่อง ราคาต่อหน่วย – 4,000 บาท
5.2 การบำรุงรักษาแพลตฟอร์มอัจฉริยะ	การบำรุงรักษาหน้าเว็บและ Wifi (การจัดการ ปรับปรุง และบำรุงรักษา) = 120,000 บาทต่อปี

ภาคผนวก 2: องค์ประกอบของผลประโยชน์และข้อสมมติ

1. ถนนสายหลักและ 2. ถนนสายรอง	ข้อสมมติ
การปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวก	สมมติว่าผู้อยู่อาศัยและผู้มาเยือนยินดีที่จะจ่าย 5.42 ดอลลาร์สหรัฐ/คน/ปี โดยมีอัตราการเพิ่มของประชากรอยู่ที่ 2% อ้างอิงจากการศึกษาการประเมินมูลค่าของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (Contingent valuation study)
การเพิ่มมูลค่าของอสังหาริมทรัพย์สำหรับเจ้าของร้านค้า	เมื่อมูลค่าที่ดินและอาคารเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 7.1% ซึ่งคิดเป็นมูลค่า 266 เหรียญสหรัฐ/ตร.ม. ² จากการศึกษาการตั้งราคาอสังหาริมทรัพย์
ลดความล่าช้าในการเดินทางโดยประมาณเป็นค่าเสียโอกาสของเวลาที่เสียไป	325,500 บาทต่อปี (0.5 ชม. x 4340 คน x 50 บาท x น้ำท่วม 3 ครั้ง)

3. แหล่งข้อปั้งสี่เขียวที่เย็นสบาย	ข้อสมมติ
การปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกให้กับผู้ซื้อ	สมมติว่าผู้อยู่อาศัยและผู้มาเยือนยินดีที่จะจ่าย 5.42 ดอลลาร์สหรัฐ/คน/ปี โดยมีอัตราการเพิ่มของประชากรอยู่ที่ 2% อ้างอิงจากการศึกษาการประเมินมูลค่าของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (Contingent valuation study)

ประโยชน์ของแนวทาง NbS:	ข้อสมมติ
เสี่ยงการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐาน	ตามแผน SEA ของแผนพัฒนาจังหวัดระยอง - การประเมินเส้นฐาน (สศช., ADB และ ICEM, 2019) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจทำให้เกิดน้ำท่วมมากขึ้น สมมติว่าความถี่ในการเกิดน้ำท่วมเพิ่มขึ้นจาก 3 ครั้งต่อปีเป็น 5 ครั้งต่อปี ปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มขึ้นจากสถานการณ์ปัจจุบัน 50% ในกรณีนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องสูบน้ำ 12.5 ตัว สมมติว่าโครงการนี้ช่วยลดปริมาณน้ำฝนและต้องใช้เครื่องสูบน้ำเพียง 5 เครื่อง นั่นคือสามารถประหยัดเครื่องสูบน้ำได้ 7.5 เครื่อง
การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมบริเวณปากแม่น้ำ	ความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ 10% = US\$ 8.71/คน/ปี * 2,140 ผู้ที่มีทะเบียนราษฎรอยู่ในพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง