

## ภาคผนวก ก

### ตัวอย่างการคำนวณทางระบายน้ำแบบรวม

ทางระบายน้ำรวม หมายถึง น้ำฝนและน้ำเสียจะระบายรวมอยู่ในท่อเดียวกัน ดังนั้น ปริมาณน้ำออกแบบทางระบายน้ำจะประกอบด้วย ปริมาณน้ำท่าผิวดินในพื้นที่การระบายน้ำ และ ปริมาณน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน และสถานที่ประกอบการต่างๆ แต่สำหรับในเขตชุมชนที่มีความหนาแน่นไม่มากนัก และขนาดชุมชนไม่ใหญ่ พิจารณาเฉพาะปริมาณน้ำท่าผิวดินที่เกิดจากฝนออกแบบในพื้นที่ระบายน้ำเท่านั้น

#### 1.1 รายการคำนวณขนาดทางระบายน้ำ

##### 1.1.1 พื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็ก

เพื่อให้ผู้ออกแบบมีความเข้าใจมากขึ้นจะใช้ตัวอย่างการออกแบบทางระบายน้ำของชุมชนแห่งหนึ่ง ดังแสดงในรูปผนวกที่ 1-1 เพื่อเป็นการอธิบายถึงรายการคำนวณขนาดท่อระบายน้ำ (พื้นที่ขนาดเล็ก) โดยมีรายละเอียดดังนี้

##### 1) ข้อมูลพื้นฐาน

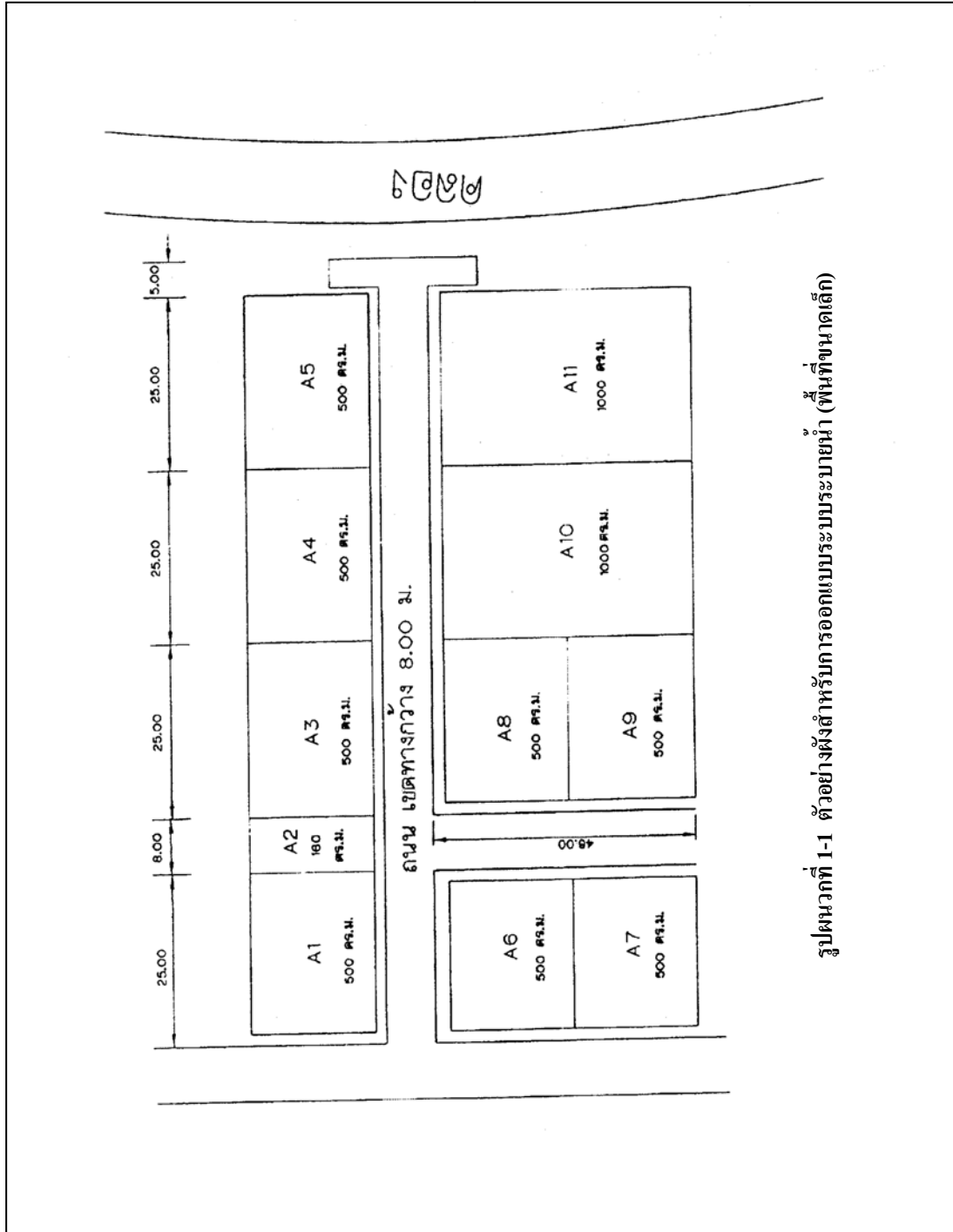
ผู้ออกแบบจะต้องจัดหา จัดเตรียม ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสภาพพื้นที่จุดระบายน้ำออก ทางระบายน้ำสาธารณะหรือบริเวณจุดเชื่อมต่อต่างๆ ข้อมูลสำหรับการออกแบบท่อระบายน้ำอย่างน้อยต้องประกอบด้วย

- ขนาดพื้นที่ใช้สอย แยกตามประเภทหรือลักษณะอาคาร ลักษณะชนิดของถนนและตำแหน่งสาธารณูปโภคอื่นๆ
- แบบแผนผัง ข้อมูลค่าระดับพื้นที่ และสภาพภูมิประเทศ

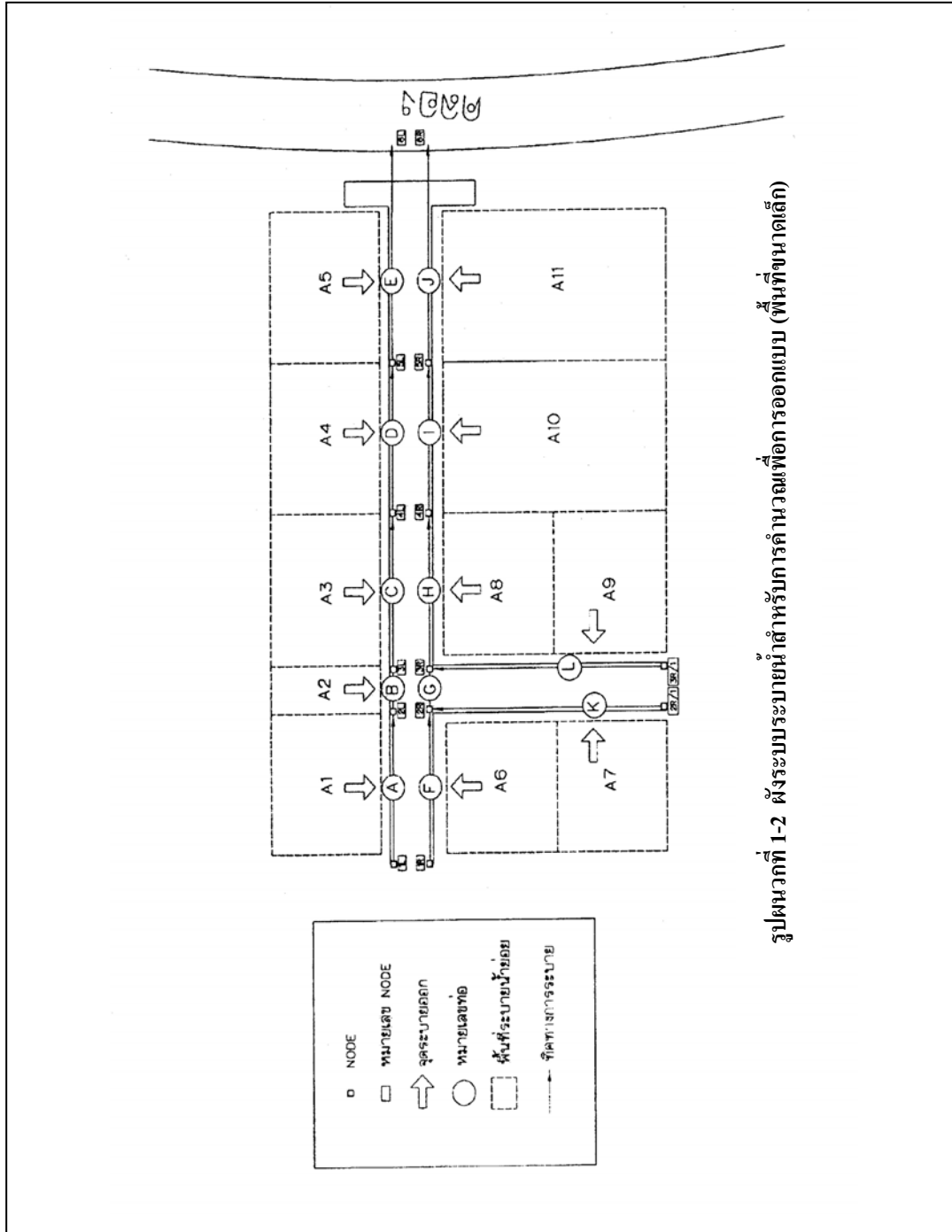
สำหรับข้อมูลพื้นฐานของตัวอย่างสำหรับการออกแบบ (รูปผนวกที่ 1-1) กำหนดดังนี้

- พื้นที่ A3-A9 และ A1 เป็นบ้านเดี่ยวมีบริเวณมีพื้นที่ขนาด 500 ตารางเมตร
- พื้นที่ A10 และ A11 เป็นบ้านเดี่ยวมีบริเวณมีพื้นที่ขนาด 1,000 ตารางเมตร

- สนามเด็กเล่น (พื้นที่ A2) ขนาดพื้นที่ 160 ตารางเมตร
  - ถนนในพื้นที่เป็นถนน คสล. ความกว้างเขตทาง 8.00 เมตร โดยเป็นความกว้างผิวจราจร 6.00 เมตร และทางเท้ายกระดับข้างละ 1.00 เมตร
  - ค่าระดับในพื้นที่ออกแบบ กำหนดศูนย์กลางถนน +1.50 เมตร
- 2) การวางผังระบบระบายน้ำและผังสำหรับการคำนวณ
- วางผังกำหนดทิศทางการระบายน้ำในพื้นที่
  - เลือกทางออก (outlet) ที่จะระบายน้ำออกจากพื้นที่เป้าหมายของท่อระบายน้ำสายหลักและสายรองแล้วจึงแบ่งพื้นที่ระบายน้ำออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ ให้สัมพันธ์กับท่อระบายน้ำสายต่างๆ
  - กำหนดโหนด (node) (จุดที่เชื่อมต่อระหว่างท่อระบายน้ำหลักกับท่อระบายน้ำรอง) ในโครงข่ายท่อที่จะออกแบบให้สัมพันธ์กับการต่อเชื่อมและขนาดพื้นที่ระบายน้ำ และสร้างผังออกแบบระบบระบายน้ำ ดังแสดงในรูปผนวกที่ 1-2



รูปผนวกที่ 1-1 ตัวอย่างผังสำหรับการออกแบบระบบระบายน้ำ (พื้นที่ขนาดเล็ก)



รูปผนวกที่ 1-2ผังระบบระบายน้ำสำหรับการคำนวณเพื่อการออกแบบ (พื้นที่ขนาดเล็ก)

### 3) ขั้นตอนการคำนวณปริมาณน้ำออกแบบสำหรับระบบระบายน้ำ

สร้างตารางคำนวณดังแสดงใน ตารางผนวกที่ 1-3 โดยเริ่มจากท่อระบายน้ำสายย่อยก่อน แล้วจึงคำนวณท่อระบายน้ำสายหลัก ลักษณะตารางจะต้องประกอบด้วย ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบและข้อมูล พื้นฐานของพื้นที่ต่างๆ

ตารางคำนวณประกอบด้วย 17 ช่อง ความหมายและคำอธิบายในแต่ละช่องมีดังนี้

- ช่องที่ 1 หมายถึง จุดเริ่มต้น **node**
- ช่องที่ 2 หมายถึง จุดสิ้นสุด **node**
- ช่องที่ 3 หมายถึง หมายเลขท่อระบายน้ำ
- ช่องที่ 4 หมายถึง ความยาวช่วงท่อระบายน้ำ
- ช่องที่ 5 หมายถึง ความยาวสะสมของท่อระบายน้ำ
- ช่องที่ 6-9 หมายถึง ขนาดและ สัมประสิทธิ์น้ำไหลนองของแต่ละพื้นที่
- ช่องที่ 10 หมายถึง สัมประสิทธิ์น้ำไหลนองเฉลี่ยที่เป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตัวแทนทั้งหมด ตั้งแต่ **node** เริ่มต้นจนถึงช่วงท่อที่พิจารณา
- ช่องที่ 11 หมายถึง พื้นที่ระบายรวมที่ก่อให้เกิดปริมาณน้ำท่าผิวดินของช่วงท่อที่พิจารณา
- ช่องที่ 12 หมายถึง พื้นที่ระบายน้ำย่อยสะสมตั้งแต่ **node** เริ่มต้น จนถึง **node** ที่พิจารณาหรือช่วงท่อที่พิจารณา
- ช่องที่ 13 หมายถึง เวลาทางเข้า (**inlet time**) กำหนดให้เท่ากับ 15 นาที
- ช่องที่ 14 หมายถึง เวลาที่น้ำเดินทางในเส้นท่อกำหนดให้เท่ากับ  $L/45$  เมื่อ  $L$  คือความยาวท่อ ในกรณีความยาวต่อเนื่องกันไป ให้ใช้ค่าความยาวสะสม ( $L_s$ ) ในการคำนวณ และในกรณีที่จุดเดียวกัน มีค่า  $L$  มากกว่า 1 ค่า (เช่นจุดที่มีการบรรจบกันของเส้นท่อสายย่อย และสายหลัก) ให้เลือกใช้  $L$  ของเส้นท่อเหนือจุดที่พิจารณาที่มีความยาวมากกว่าเป็นค่าออกแบบ
- ช่องที่ 15 หมายถึง เวลาของการรวมจุด มีค่าเท่ากับช่องที่ 13 + ช่องที่ 14

- ช่องที่ 16 หมายถึง ค่าความเข้มนอกแบบ จะสัมพันธ์กับค่า  $T_c$  ในช่องที่ 15 (นำค่าจากช่องที่ 15 ไปอ่านค่าความสัมพันธ์ ที่กราฟรอบปี การเกิดซ้ำที่ 5 ปี จากภาคผนวก ข.)
- ช่องที่ 17 หมายถึง ปริมาณน้ำที่ออกแบบ คำนวณจากสูตร **Rational Formula**

$$Q = 0.278 \cdot 10^{-6} CIA \quad C \text{ จากช่อง 10, } A \text{ จากช่อง 12, } I \text{ จากช่อง 16}$$

ตารางผนวกที่ 1-3 การคำนวณอัตราการระบายน้ำออกแบบสำหรับท่อระบายน้ำสายหลักและสายย่อย

NODE		ท่อระบายน้ำ หมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่คิดปริมาณน้ำที่ออกแบบ				สปส. เฉลี่ย C	พื้นที่รวม (ตร.ม.) $A_T$	พื้นที่สะสม (ตร.ม.) $A_S$	เวลา (นาที)			I มม./ชม. ออกแบบ (อบ.ม./วินาที)	อัตราระบายน้ำ (อบ.ม./วินาที)
เริ่มต้น	จุดปลาย		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	พื้นที่ที่ย่อย		ถนน					$t_o$	$t_{pipe}$	$T_c$		
					ขนาด(A1) $C_1$ (ตร.ม.)	สปส. $C_2$	ขนาด(A2) $C_2$ (ตร.ม.)	สปส.								
<b>ท่อระบายน้ำสายหลักทางด้านซ้าย</b>																
1L	2L	A	25.00	25.00	A1 500	0.6	ถนน คสล 4x25 = 100	0.85	0.64	600	600	15	-	15	140	<b>0.0150</b>
2L	3L	B	8.00	33.00	A2 (สนาม) 160	0.3	ถนน คสล 4x8 = 32	0.85	0.39	192	792	15	0.733	15.733	138	<b>0.0119</b>
3L	4L	C	25.00	58.00	A3 500	0.6	ถนน คสล 4x25 = 100	0.85	0.64	600	1392	15	1.289	16.289	137	<b>0.0340</b>
4L	5L	D	25.00	83.00	A4 500	0.6	ถนน คสล 4x25 = 100	0.85	0.64	600	1992	15	1.844	16.844	135	<b>0.0480</b>
5L	6L	E	30.00	113.00	A5 500	0.6	ถนน คสล 4x30 = 120 5x8 = 40	0.85	0.66	660	2652	15	2.511	17.511	134	<b>0.0653</b>
<b>ท่อระบายน้ำสายหลักทางด้านขวา</b>																
1R	2R	F	25.00	25.00	A6 500	0.6	ถนน คสล 4x25 = 100	0.85	0.64	600	600	15	-	15	140	<b>0.0150</b>
2R	3R	G	8.00	46.00 (33.00)	A7 500	0.6	ถนน คสล 4x8 = 32 4x46=184	0.85	0.68	716	1316	15	1.022	16.022	138	<b>0.0341</b>
3R	4R	H	25.00	71.00 (58.00)	A8-A9 500	0.6	ถนน คสล 4x25 = 100 4x46=184	0.85	0.66	1284	2600	15	1.578	16.578	137	<b>0.0649</b>
4R	5R	I	25.00	96.00 (83.00)	A10 1000	0.6	ถนน คสล 4x25 = 100	0.85	0.62	1100	3700	15	2.133	17.133	134	<b>0.0858</b>
5R	6R	J	30.00	126.00 (113.00)	A11 1000	0.6	ถนน คสล 4x30 = 120 5x8 = 40	0.85	0.63	1160	4860	15	2.800	17.800	134	<b>0.1149</b>
<b>ท่อระบายน้ำสายย่อย</b>																
2R/1	2R	K	46.00	46.00	A7 500	0.6	ถนน คสล 4x46=184	0.85	0.67	684	684	15	-	15	140	<b>0.0178</b>
3R/1	3R	L	46.00	46.00	A9 500	0.6	ถนน คสล 4x46=184	0.85	0.67	684	684	15	-	15	140	<b>0.0178</b>

4) การคำนวณความจุที่ระบายน้ำ และการตรวจสอบการไหลของที่ระบายน้ำ

- กำหนดอัตราการไหลสูงสุดในเส้นท่อหรือความจุที่ระบายน้ำขนาดต่างๆ โดยใช้สูตรแมนนิง

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad \text{ค่า } n \text{ ที่แนะนำระหว่าง } (0.016-0.018)$$

- กำหนดความเร็วการไหลโดยใช้สูตร  $V = Q/A$

ตารางผนวกที่ 1-4 ตารางค่าความจุที่ระบายน้ำกลมและความเร็วการไหลสำหรับท่อคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดต่างๆ (กรณีการไหลเต็มท่อ และกำหนดให้  $n=0.016$ )

Dimeter $\varnothing$ (ม.)	อัตราการไหลและความเร็ว กรณีการไหลเต็มท่อ ตามความลาดชันต่างๆ					
	SLOPE 1:500 = 0.0020		SLOPE 1:700 = 0.0014		SLOPE 1:1000 = 0.0010	
	Q ( $m^3/s$ )	V (m/s)	Q ( $m^3/s$ )	V (m/s)	Q ( $m^3/s$ )	V (m/s)
0.40	0.076	0.602	0.064	0.509	0.054	0.426
0.60	0.223	0.789	0.189	0.667	0.158	0.558
0.80	0.481	0.956	0.406	0.808	0.34	0.676
1.00	0.872	1.109	0.737	0.937	0.616	0.784
1.20	1.417	1.253	1.198	1.059	1.002	0.886
1.50	2.570	1.454	2.172	1.228	1.817	1.028
1.75	3.876	1.611	3.276	1.361	2.741	1.139
2.00	5.534	1.761	4.677	1.488	3.913	1.245

- เลือกขนาดท่อให้สัมพันธ์กับอัตราการระบายน้ำที่ออกแบบและตรวจสอบความเร็วการไหล ในเส้นท่อ

จากการคำนวณอัตราการระบายน้ำออกแบบสำหรับท่อระบายน้ำสายหลักและสายย่อยที่แสดงในตารางผนวกที่ 1-3 แสดงท่อระบายน้ำหมายเลข E และ J ซึ่งมีอัตราการระบายน้ำออกแบบเท่ากับ 0.0653 และ 0.1149 ลบ.ม./วินาที สามารถเลือกท่อระบายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.40 เมตร โดยวางแนวท่อให้มีความลาดชัน 1:500 สำหรับท่อระบายหมายเลขอื่น และใช้ท่อขนาด 0.40 เมตร ซึ่งเป็นขนาดเล็กที่สุดสำหรับเกณฑ์กำหนดทางด้าน การบำรุงรักษาจะให้น้ำไหลไม่เต็มท่อและความเร็วไม่น้อยกว่า 0.75 เมตร/วินาที ดังนั้นสามารถเพิ่มความลาดชัน และใช้ท่อขนาดเล็กลงได้

### 1.1.2 พื้นที่ระบายน้ำขนาดใหญ่

กำหนดให้พื้นที่ระบายตั้งอยู่บริเวณรอบๆ เขตธุรกิจซึ่งได้รับการพัฒนาแล้ว พื้นที่ผิวและระดับก่อนข้างราบเรียบ โดยกำหนดรอบปีในการออกแบบ 10 ปี และใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ระยะเวลาที่ฝนตก-ความถี่ปริมาณน้ำฝน จำนวนอัตราการไหลนองสูงสุด (Q) ในเทอมของพื้นที่ระบาย (A) โดยไม่พิจารณาปริมาณน้ำเสียเข้าท่อระบายน้ำ

ตัวอย่างขั้นตอนและรายละเอียดในการออกแบบและการใช้แบบมาตรฐานของพื้นที่ที่จะใช้เป็นตัวอย่างในการพิจารณา ดังแสดงไว้ในรูปผนวกที่ 1-5 สรุปขั้นตอนในการพิจารณาออกแบบได้ดังนี้

#### 1) การคำนวณอัตราการระบายน้ำออกแบบ (Q)

ขั้นตอนที่ 1 : รวบรวมข้อมูลลักษณะพื้นที่ระบายและลักษณะฝน

- พื้นที่ระบายน้ำ (A)
- ลักษณะใช้สอยเป็นแบบพื้นที่รอบๆ เขตธุรกิจหนาแน่น
- พื้นที่ผิวมีการพัฒนามากและระดับก่อนข้างราบเรียบ
- กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ระยะเวลาฝนตก-ความถี่ปริมาณน้ำฝน

ขั้นตอนที่ 2 : วางผังระบบระบายน้ำและผังสำหรับการคำนวณเพื่อการออกแบบ

(วางผังระบบระบายน้ำของพื้นที่โครงการ (รูปผนวกที่ 1-5)

(วางผังสำหรับการคำนวณเพื่อการออกแบบ (รูปผนวกที่ 1-6)



**ขั้นตอนที่ 3 : กำหนดเกณฑ์ในการออกแบบ**

- รอบปีการเกิดที่ออกแบบ 10 ปี
- เวลาน้ำไหลนองบนพื้นที่ระบายเข้าท่อ ( $t_0$ ) กำหนดให้เท่ากับ 15 นาที ตามลักษณะพื้นที่ผิว  
เวลาน้ำไหลนองถึงจุดออก ( $T_c$ ) =  $15+(L/45)$  นาที  
เมื่อ L คือความยาวท่อ (เมตร)
- ไม่พิจารณาปริมาณน้ำเสียเข้าระบบระบายน้ำ

**ขั้นตอนที่ 4 : คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง (C)**

- เนื่องจากลักษณะการใช้สอยพื้นที่เป็นแบบตั้งอยู่รอบๆ บริเวณเขตธุรกิจ จาก ตารางที่ ก-2 กำหนดให้  $C = 0.60$

**ขั้นตอนที่ 5 : คำนวณความเข้มของฝนออกแบบ**

- รอบปีการเกิดที่ออกแบบความเข้มฝน 10 ปี
- ระยะเวลาฝนตก กำหนดให้เท่ากับเวลาน้ำไหลนองถึงจุดออก ( $T_c$ )
- อ่านค่าความเข้มฝนจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม – ระยะเวลาฝนตก – รอบปีการเกิดของฝน

**ขั้นตอนที่ 6 : คำนวณอัตราการไหลนองสูงสุด (Q), หน่วย ลบ.ม./วินาที**

$$\begin{aligned} Q &= 0.278 \times 10^{-6} CIA \\ &= 0.278 \times 0.60 \times 10^{-6} IA \\ &= 0.1668 \times 10^{-6} IA \end{aligned}$$

เมื่อ A = พื้นที่ระบายน้ำ, ตารางเมตร

I = ความเข้มฝนออกแบบ, มิลลิเมตร/ชั่วโมง

รายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดหรืออัตราการระบายน้ำออกแบบ (Q) แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1-7 โดยผลการคำนวณอัตราการระบายน้ำออกแบบที่แสดงในช่องที่ 17 จะใช้ในการออกแบบขนาดทางระบายน้ำต่อไป