

กรณีศึกษาการออกแบบระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท ไฮ-เทค ซิปเปอร์แบ็ก จำกัด
 ที่อยู่ตั้งอยู่ ณ เลขที่ 432 หมู่ที่ 2 ซอย แก้วสุโข ถนน บ้านคลองสวน
 ตำบล/แขวง บ้านคลองสวน อำเภอ/เขต พระสมุทรเจดีย์ จังหวัด สมุทรปราการ
 ประเภทของกิจการ อุตสาหกรรมพลาสติก ประเภทของผลิตภัณฑ์ ถุงพลาสติก
 พื้นที่โรงงาน 10 ไร่ จำนวนพนักงาน 70 คน การดำเนินงานของโรงงานทำงานวันละ 8 ชั่วโมง



ภาพที่ 45 ขั้นตอนกระบวนการผลิต

ในกระบวนการผลิตถุงพลาสติกประเภทถุงชีปนั้น เริ่มจากการตรวจรับวัตถุดิบคือเม็ดพลาสติก(PE)จากผู้ขาย โดยฝ่ายตรวจสอบจะทำการสุ่มตรวจ นำเม็ดพลาสติกไปทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีก่อนเช่นความทนกัดกร่อนจากกรดหรือด่าง การหลอมเหลว การติดไฟ หรือการเปลี่ยนแปลงทางสร้างโมเลกุล เป็นต้น จากนั้นจึงทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม เช่น ความเหนียว ความทนแรงดึง แรงบิด เป็นต้น ให้ได้ค่าตามสเปกที่ลูกค้ากำหนด นอกจากนั้นหากเป็นเม็ดพลาสติกสี ก็จะต้องทำการทดสอบเป่าเทียบสีให้ได้เป็นเฉดเดียวกับสีที่ลูกค้ากำหนดมา ซึ่งหากคุณสมบัติข้อหนึ่งข้อใดข้างต้นบกพร่อง บริษัทฯ ก็จะปฏิเสธวัตถุดิบล็อตนั้น หากได้คุณสมบัติตามต้องการแล้วจึงจะส่งให้แผนกสโตร์เก็บไว้ต่อไป

จากนั้นฝ่ายผลิตของโรงงานโดยแผนกเป่า ก็จะมีการเบิกเม็ดพลาสติกมาไหลลงในฮอปเปอร์ของเครื่องเป่า ในฮอปเปอร์นี้จะมีขดลวดความร้อนคอยอุ่นเม็ดพลาสติกเพื่อไล่ความชื้นและเตรียมอุณหภูมิให้เหมาะสมเพื่อจะลำเลียงเข้าเครื่องเป่าต่อไป ซึ่งอุณหภูมิจะอยู่ในระหว่าง 100-120 องศาเซลเซียส

ในเครื่องเป่าพลาสติก จะมีฮีตเตอร์ทำให้เม็ดพลาสติกที่ลำเลียงผ่านสกรูมาเกิดความร้อนขนาด 450 องศาเซลเซียส ทำให้เม็ดพลาสติกเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ในขณะเดียวกันจะมีสายลมจากแอร์คอมเพรสเซอร์เป่าเข้ามา ทำให้พลาสติกเหลวนั้นเป็นฟิล์มบาง ๆ ขึ้นรูปเป็นถุงพลาสติกทรงกระบอกยาวไหลทอดไปอย่างต่อเนื่อง

ถุงพลาสติกที่ได้ในขั้นตอนนี้ยังเป็นแค่รูปทรงกระบอกยาว จึงต้องนำไปผ่านการรีดขึ้นรูปให้เป็นถุงพลาสติกก่อน แต่โดยที่ยังมีอุณหภูมิสูงอยู่จึงต้องผ่านขั้นตอนการลดอุณหภูมิโดยชุดคูลเลอร์จนลดถึงอุณหภูมิห้องแล้ว จึงทำการม้วนเก็บในสโตร์ โดยระหว่างกระบวนการทั้งหมดนี้จะต้องทำการตรวจสอบอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา

ขั้นตอนการตัดและติดถุง ซึ่งเป็นการขึ้นรูปจากพลาสติกที่เป็นฟิล์มทรงกระบอกให้เป็นถุงพลาสติกที่พร้อมสำหรับการใช้งาน โดยแผนกตัดข้างต้นจะเบิกม้วนพลาสติกจาก สโตร์มาป้อนเข้าเครื่องตัด

ในเครื่องจักรตัดและติดถุงพลาสติกนั้นจะใช้ลวดความร้อนแทนเปรียบเสมือนไ้มด โดยเมื่อป้อนถุงพลาสติกให้ไหลผ่านมาอยู่ในตำแหน่งที่ตั้งไว้แล้ว ลวดความร้อนจะกดตัวลงมาประทับเป็นการตัดและติดชิดกันถุงและข้างถุงไปพร้อมกัน และอาจมีการเจาะรูหรือหุ้หวในขั้นตอนนี้ด้วย

ตามชนิดของถุงและตามคำสั่งของลูกค้า ซึ่งทั้งหมดจะต้องใช้ความร้อนจากขดลวดไฟฟ้าที่มีการควบคุมอุณหภูมิอย่างละเอียดอ่อน หากใช้ความร้อนไม่เหมาะสมจะทำให้ซีลกันถุงไม่แน่น หรือหากป้อนม้วนถุงพลาสติกวางไม่ตรงตำแหน่งก็จะทำให้การตัดไม่ได้ถุงตามรูปทรงที่ต้องการ หรือทำให้ถุงพลาสติกย้วยหรือยับย่น เสียหายได้ทันที

เมื่อได้ถุงพลาสติกที่ตัดเสร็จแล้ว จะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งอาจผิดพลาดได้ตลอดมาจากระบวนการก่อนหน้านี้ทั้งหมด เช่น ความหนาบางสม่ำเสมอของเนื้อพลาสติกไม่เท่ากัน (แสดงว่าความผิดพลาดเกิดจากขั้นตอนการเป่า) รูปที่พิมพ์ทับซ้อนหรือเอียง (แสดงว่าความผิดพลาดเกิดขึ้นจากขั้นตอนการการพิมพ์) กันถุงย้วย ยับย่น หรือติดไม่แน่น (แสดงว่าความผิดพลาดเกิดจากขั้นตอนการตัดและติดถุง) เป็นต้น

ในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตถุงชิป คือการบรรจุถุงพลาสติกลงในหีบห่อ ผนึกเครื่องหมายตราของบริษัทฯ จากนั้นตรวจสอบความเรียบร้อยอีกครั้งหนึ่งจนแน่ใจแล้วจึงนำไปเก็บในสโตร์หรือบรรจุในตู้คอนเทนเนอร์เพื่อรอส่งจำหน่ายแก่ลูกค้าต่อไป



ภาพที่ 46 เครื่องเป่าถุงพลาสติก



ภาพที่ 47 เครื่องตัดถุงพลาสติก



ภาพที่ 48 พื้นที่ในการใช้เครื่องตัดพลาสติก



ภาพที่ 49 พื้นที่ในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ใกล้เครื่องเป่าถุงพลาสติก



ภาพที่ 50 พื้นที่ในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์หลังจากกระบวนการเป่าถุงพลาสติก



ภาพที่ 51 พื้นที่ในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 52 พื้นที่ในการจัดวางถังดับเพลิง



ภาพที่ 53 พื้นที่ในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์และการจัดวางถังดับเพลิง



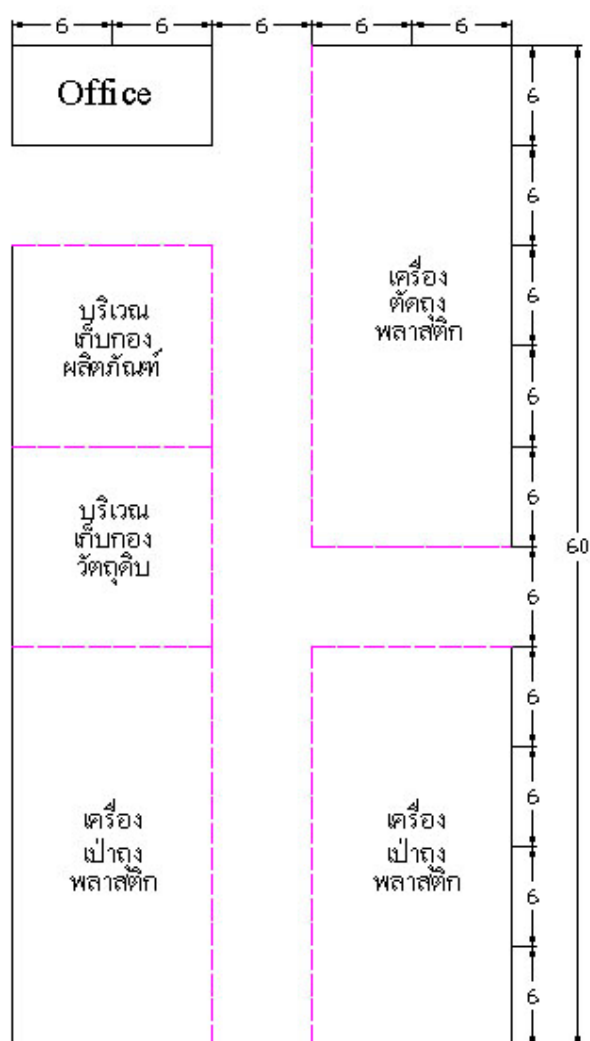
ภาพที่ 54 พื้นที่ในการจัดวางถังดับเพลิงบริเวณหลังเครื่องเป่าถุงพลาสติก

ขั้นตอนการออกแบบ

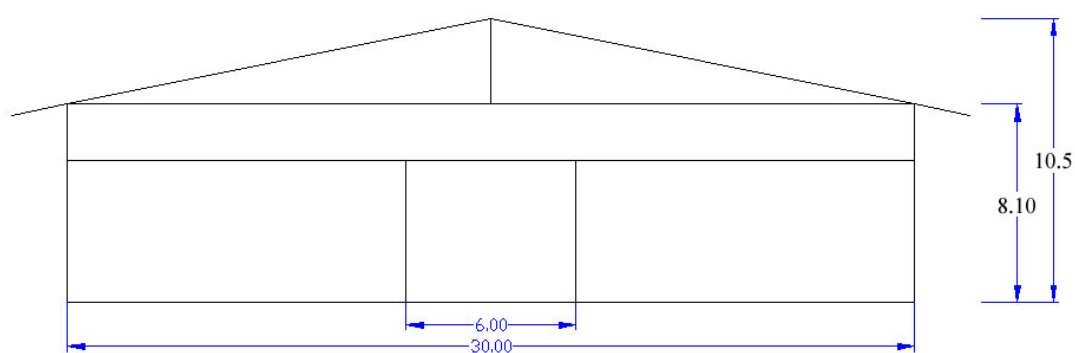
1. พิจารณาสถานที่การใช้ประโยชน์ของสถานที่ บริษัท ไฮเทค ซิปเปอร์ แบค จำกัด

ลักษณะสถานที่ เป็นอาคาร 1 หลัง สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก(ถุงพลาสติก) และมีสำนักงานอยู่ภายใน ขนาดอาคาร กว้าง 30.0 เมตร ยาว 60.0 เมตร (1,800 ตารางเมตร) สำนักงาน ขนาดกว้าง 6.0 เมตร ยาว 12.0 เมตร

2. ตรวจสอบรายละเอียดแบบแปลนของอาคาร (Building details)



ภาพที่ 55 แผนผังภายในอาคารโรงงาน



ภาพที่ 56 แผนผังด้านหน้าอาคารโรงงาน

3. พิจารณาจำแนกประเภทความอันตรายของพื้นที่ความเสี่ยงแต่ละพื้นที่ใช้งาน (Hazard class of the occupancy)

พื้นที่ผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก(ถุงพลาสติก) มีวัตถุดิบคือเม็ดพลาสติก ซึ่งพื้นที่นี้เป็นพื้นที่ความเสี่ยงสูงกลุ่มที่ 2 (Extra Hazard Group 2) ตามการแบ่งลักษณะพื้นที่ความเสี่ยงและมีสำนักงานซึ่งพื้นที่นี้เป็นพื้นที่ความเสี่ยงต่ำ

4. พิจารณาเลือกประเภทของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง(Type of System)

กำหนดให้ใช้ระบบท่อเปียก(Wet Pipe System) ระบบนี้เหมาะสมที่จะใช้งานกับพื้นที่ป้องกันเพลิงไหม้ที่อุณหภูมิแวดล้อม(Ambient Temperature)ไม่ทำให้น้ำในเส้นท่อเกิดการแข็งตัว (เหมาะสมกับประเทศไทย) น้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะฉีดออกมาดับเพลิงทันทีที่เกิดเพลิงไหม้

5. พิจารณาพื้นที่ป้องกันสูงสุดต่อระบบท่อเมนแนวดิ่ง (System Riser)

กำหนดให้ระบบท่อเมนแนวดิ่ง ของพื้นที่ Extra Hazard Group 2 ที่คำนวณ Hydraulic Calculation ตาม ตารางที่ 18 คือ 1 Riser 40,000 (3716) ตารางฟุต(ตารางเมตร) เพราะฉะนั้นใช้ 1 Riser เพียงพอสำหรับ 1,800 ตารางเมตร

6. พิจารณาพื้นที่ป้องกันสูงสุดต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิง(Protection area)

จาก ตารางที่ 21 พื้นที่ป้องกันสูงสุดและระยะห่างสูงสุดต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิงของพื้นที่ครองครองประเภทที่ 3 (Extra Hazard) Hydraulic Calculation สำหรับ $Density \geq 0.25$ พื้นที่ป้องกันสูงสุดต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิง 100 (9.3) ตารางฟุต(ตารางเมตร) เลือกใช้ 9.0 (96.83) ตารางเมตร (ตารางฟุต) เพื่อเป็นการ Safety และสะดวกในการใช้งานจริง

7. พิจารณาการจัดระยะห่างสูงสุดของหัวกระจายน้ำดับเพลิง(Maximum spacing)

จาก ตารางที่ 21 พื้นที่ป้องกันสูงสุดและระยะห่างสูงสุดต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิงของพื้นที่ครองครองประเภทที่ 3 (Extra Hazard) Hydraulic Calculation สำหรับ $Density \geq 0.25$

ระยะห่างสูงสุดต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิง 12 (3.7) ฟุต(เมตร) เลือกใช้ 3 (9.84) เมตร (ฟุต) เพื่อเป็นการ Safety และสะดวกในการใช้งานจริง

8. คำนวณหาระยะห่างระหว่างท่อย่อย

เมื่อพิจารณาจาก ข้อ 6. เลือกใช้ 9.0 (96.83) ตารางเมตร (ตารางฟุต) และข้อ 7. เลือกใช้ 3 (9.84) เมตร (ฟุต)

จากสมการ การคำนวณพื้นที่ป้องกันต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิง (A) หาได้จาก

$$A = S \times L$$

$$A = \text{พื้นที่ป้องกันต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิง (ft}^2, \text{m}^2)$$

$$S = \text{ระยะห่างของหัวกระจายน้ำดับเพลิงบนท่อย่อยเดียวกัน (ft , m)}$$

$$L = \text{ระยะห่างของหัวกระจายน้ำดับเพลิงบนท่อย่อยแต่ละท่อ (ft , m)}$$

$$9 (\text{เมตร}) = 3 (\text{เมตร}) \times L (\text{เมตร})$$

$$L = 3 \text{ เมตร (9.84 ฟุต)}$$

9. คำนวณหาจำนวนของท่อย่อย(Number of Branch line) หาได้จาก

$$\text{Number of Branch line} = (\text{Width of bay}) / (L_{\max})$$

$$\text{Number of Branch line} = 60 (\text{เมตร}) / 3 (\text{เมตร})$$

$$\text{Number of Branch line} = 20 \text{ Branch line}$$

10. คำนวณหาระยะห่างของหัวกระจายน้ำดับเพลิงในแต่ละท่อย่อย

$$\text{จากข้อ 7. ระยะห่างของหัวกระจายน้ำดับเพลิงในแต่ละท่อย่อย} = 3 \text{ เมตร (9.84 ฟุต)}$$

11. คำนวณหาจำนวนหัวกระจายน้ำดับเพลิงทั้งหมด

$$\text{จากความกว้างของอาคารโรงงาน} = 30 \text{ เมตร}$$

$$\text{จากข้อ 10. ระยะห่างของหัวกระจายน้ำดับเพลิงในแต่ละท่อย่อย} = 3 \text{ เมตร (9.84 ฟุต)}$$

$$\text{จำนวนหัวกระจายน้ำดับเพลิงในแต่ละท่อย่อย} = 30 \text{ เมตร} / 3 \text{ เมตร}$$

$$\text{จำนวนหัวกระจายน้ำดับเพลิงในแต่ละท่อย่อย} = 10 \text{ หัว}$$

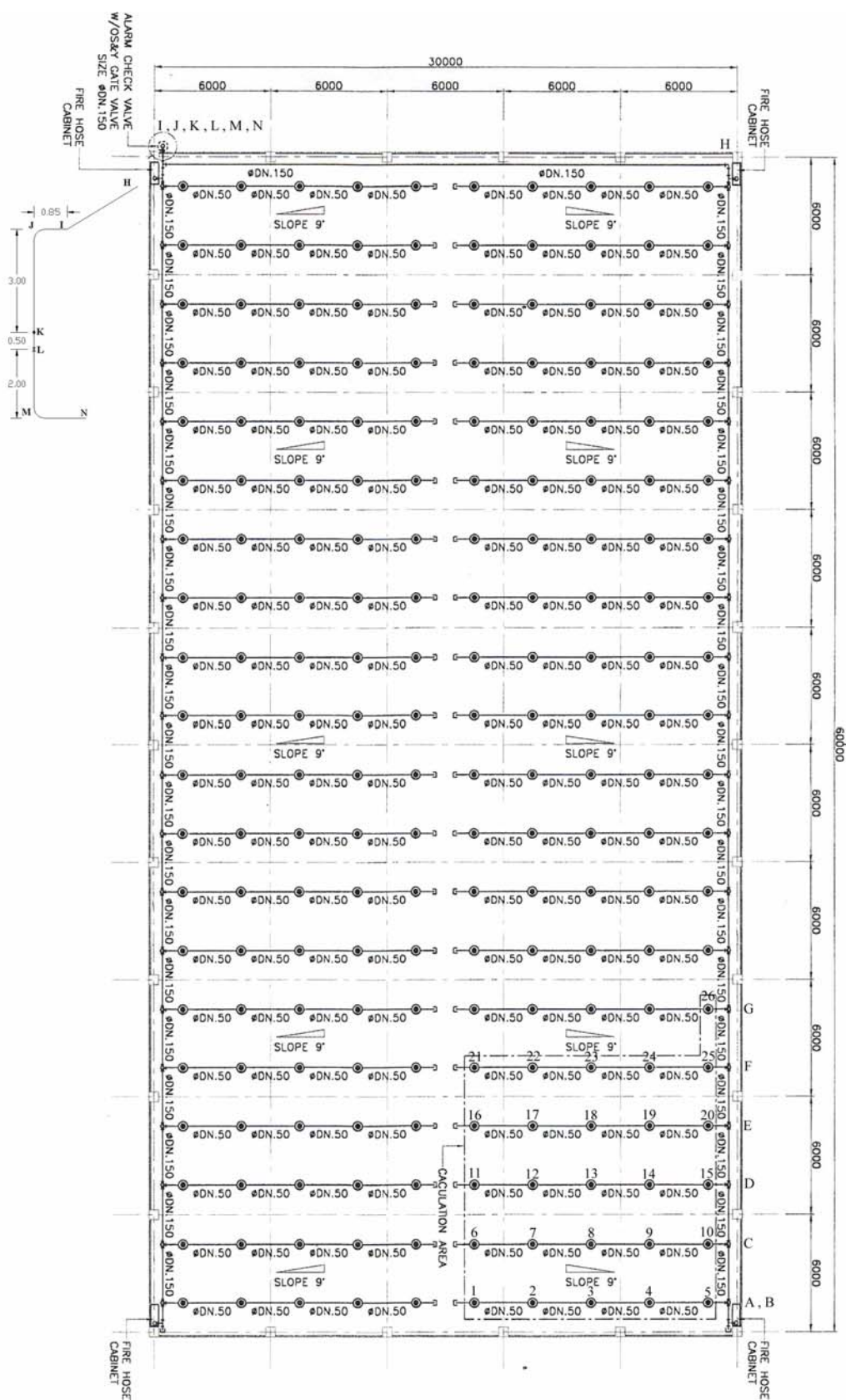
12. จัดวางแบบแปลนหัวกระจายน้ำดับเพลิงและท่อย่อย

จัดวางแบบแปลนตามความเหมาะสมของอาคาร หลังคา หรือพิจารณาจาก ภาพที่ 48 แสดงการจัดหัวกระจายน้ำดับเพลิง แบบ Branch Lines ภาพที่ 49 แสดงการจัด Sprinklers แบบ Gridded system. ภาพที่ 50 แสดงการจัด Sprinklers แบบ Looped System.

13. จัดวางขนาดท่อในแบบแปลน พิจารณาจากตารางที่ 24 Extra Hazard Pipe Schedule

14. จัดวางตำแหน่งของท่อแนวขวาง (Cross main location)

15. จัดวางตำแหน่งของท่อเมนแนวตั้ง (System riser)



ภาพที่ 57 การจัดวางตำแหน่งท่อและหัวกระจายน้ำดับเพลิงสำหรับการคำนวณ

ขั้นตอนการคำนวณ HYDRAULIC CALCULATION สำหรับระบบ SPRINKLER

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณจากหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ 1 → 2

- (1) คำนวณอัตราการไหลน้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากสมการที่ 5

$$Q = (\text{Area of operation}) \times (\text{Density})$$

$$Q = 9 \times 16.30 = 146.70 \text{ (ลิตร/นาที่)}$$

- (2) ใส่ขนาดท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 52.48 มิลลิเมตร

- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง

$$\text{ความยาวท่อ} = 3.037 \text{ (เมตร)}$$

- (4) คำนวณหา ความดันที่ต้องการสำหรับอัตราการไหลเริ่มต้น จากสมการ 16

$$K = 115, P_i = 1.627 \text{ (บาร์)}$$

- (5) คำนวณหาความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูงโดยใช้สมการที่ 10

$$P_e = 0.098 \times h = 0.098 \times 0.475 \text{ (เมตร)} = 0.047 \text{ (บาร์)}$$

- (6) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14

$$Q = 146.70 \text{ (ลิตร/นาที่)}, D = 52.48 \text{ (มิลลิเมตร)}, P = 0.0037 \text{ (บาร์ / เมตร)}$$

- (7) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11

$$P_f = (3) \times (6) = 3.037 \text{ (เมตร)} \times 0.0037 \text{ (บาร์ / เมตร)} = 0.011 \text{ (บาร์)}$$

- (8) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป

$$P_i = (4) + (5) + (7) = (1.627) + (0.05) + (0.011) = 1.685 \text{ (บาร์)}$$

Manual Hydraulic Calculation Form														
Operating Area		Area Sprinkler			Density		K	C						
234.00 sq.m		9.000	sq.m/ head		16.30	(L/min)m2	115.000	120						
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary					End		
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations					Node		
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar								
1			SCH-40 LINE	L ⁽³⁾ 3.037	(6) 0.0037	Pt ⁽⁴⁾ 1.627	q =	9.000	x	16.300		=	146.70	2
	q	-	2"	F		Pe ⁽⁵⁾ 0.047	Pe=	h x 0.098	=	0.475	x 0.098	=	0.05	
	Q ⁽¹⁾ 146.70	(2) 52.480		T 3.037		Pf ⁽⁷⁾ 0.011	Pt=	(q / K) ²	=	1.627				
						Pt ⁽⁸⁾ 1.685								

ภาพที่ 58 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 จำนวนจากหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ 2 → 3

- (1) จำนวนอัตราการไหลน้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากสมการที่ 15

$$Q = 115 \times \sqrt{P} = 115 \times 1.685 = 149.70 \text{ (ลิตร/นาที่)}$$

- (2) จำนวนอัตราการไหลน้ำรวม $Q = [\text{ขั้นตอนที่ 1(1)}] + (1) = 295.98 \text{ (ลิตร/นาที่)}$

- (3) ใส่นาฬิกาที่แท้จริง (Internal Diameter) = 52.48 มิลลิเมตร

- (4) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง

$$\text{ความยาวท่อ} = 3.037 \text{ (เมตร)}$$

- (5) จำนวนหาความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูงโดยใช้สมการที่ 10

$$P_e = 0.098 \times h = 0.098 \times 0.475 \text{ (เมตร)} = 0.047 \text{ (บาร์)}$$

- (6) จำนวนหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14

$$Q = (2) = 295.98 \text{ (ลิตร/นาที่)}, D = 52.48 \text{ (มิลลิเมตร)}, P = 0.0135 \text{ (บาร์ / เมตร)}$$

- (7) จำนวนหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11

$$P_f = (4) \times (6) = 3.037 \text{ (เมตร)} \times 0.0135 \text{ (บาร์ / เมตร)} = 0.041 \text{ (บาร์)}$$

- (8) จำนวนหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป

$$P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 1(8)}] + (5) + (7) = (1.685) + (0.047) + (0.041) = 1.773 \text{ (บาร์)}$$

Manual Hydraulic Calculation Form																
Operating Area		Area Sprinkler				Density		K	C							
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head			16.30	(L/min)m2	115.000	120							
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary							End		
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations							Node		
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar										
1			SCH-40 LINE	L 3.037	0.0037	Pt 1.627	q =	9.000	x	16.300		=	146.70	2		
	q	-	2"	F		Pe 0.047	Pe=	h x 0.098	=	0.475	x 0.098	=	0.05			
	Q	146.70	52.480	T 3.037		Pf 0.011	Pt=	(q / K) ²	=	1.627						
2			SCH-40 LINE	L(4)3.037	(6) 0.0135	Pt 1.685	q =	K x Pt ^{1/2}				=	149.28	3		
	q	(1) 149.28	2"	F		Pe(5) 0.047	Pe=	h x 0.098	=	0.475	x 0.098	=	0.05			
	Q	(2) 295.98	(3) 52.480	T 3.037		Pf(7) 0.041										
						Pt (8) 1.773										

ภาพที่ 59 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณจากหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ 3 → 4

- (1) คำนวณอัตราการไหลน้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากสมการที่ 15

$$Q = Kx\sqrt{p} = 153.11 \text{ (ลิตร/นาทีย)}$$

- (2) คำนวณอัตราการไหลน้ำรวม $Q = [\text{ขั้นตอนที่ 1(2)}] + (1) = 449.09 \text{ (ลิตร/นาทีย)}$

- (3) ใส่ขนาดท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 52.48 มิลลิเมตร

- (4) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง = 3.037 (เมตร)

- (5) คำนวณหาความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูงโดยใช้สมการที่ 10

$$P_e = 0.098 \times h = 0.098 \times 0.475 \text{ (เมตร)} = 0.047 \text{ (บาร์)}$$

- (6) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14

$$Q = 449.09 \text{ (ลิตร/นาทีย)}, D = 52.48 \text{ (มิลลิเมตร)}, P = 0.0292 \text{ (บาร์ / เมตร)}$$

- (7) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11

$$P_f = (4) \times (6) = 3.037 \text{ (เมตร)} \times 0.0292 \text{ (บาร์ / เมตร)} = 0.089 \text{ (บาร์)}$$

- (8) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป

$$P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 2(8)}] + (5) + (7) = (1.773) + (0.047) + (0.089) = 1.908 \text{ (บาร์)}$$

Manual Hydraulic Calculation Form																
Operating Area		Area Sprinkler				Density		K	C							
234.00 sq.m		9.000 sq.m/ head				16.30	(L/min)m2	115.000	120							
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary								End	
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations								Node	
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar										
1			SCH-40 LINE	L 3.037	0.0037	Pt	1.627	q =	9.000	×	16.300		=	146.70	2	
	q	-	2"	F			Pe	0.047	Pe=	h × 0.098	=	0.475	× 0.098	=		0.05
	Q	146.70	52.480	T 3.037			Pf	0.011	Pt =	(q / K) ²	=	1.627				
2			SCH-40 LINE	L 3.037	0.0135	Pt	1.685	q =	K × Pt ^{1/2}				=	149.28	3	
	q	149.28	2"	F			Pe	0.047	Pe=	h × 0.098	=	0.475	× 0.098	=		0.05
	Q	295.98	52.480	T 3.037			Pf	0.041								
3			SCH-40 LINE	L (4) 3.037	(6) 0.0292	Pt	1.773	q =	K × Pt ^{1/2}				=	153.11	4	
	q	(1) 153.11	2"	F			Pe(5)	0.047	Pe=	h × 0.098	=	0.475	× 0.098	=		0.05
	Q	(2) 449.09	(3) 52.480	T 3.037			Pf(7)	0.089								
						Pt(8)	1.908									

ภาพที่ 60 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณจากหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ 4 → 5

- (1) คำนวณอัตราการไหลน้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากสมการที่ 15

$$Q = Kx\sqrt{p} = 158.85 \text{ (ลิตร/นาทีย)}$$

- (2) ใส่ขนาดท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 52.48 มิลลิเมตร

- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 3.037 (เมตร)

- (4) คำนวณหาความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูงโดยใช้สมการที่ 10

$$P_e = 0.098 \times h = 0.098 \times 0.475 \text{ (เมตร)} = 0.047 \text{ (บาร์)}$$

- (5) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14

$$P = \frac{86.153 \times Q^{1.85}}{D^{4.87}} \quad Q = 607.94 \text{ (ลิตร/นาทีย)}, D = 52.48 \text{ (มิลลิเมตร)}, P = 0.0512 \text{ (บาร์/เมตร)}$$

- (6) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11

$$P_f = (3) \times (5) = 3.037 \text{ (เมตร)} \times 0.0512 \text{ (บาร์ / เมตร)} = 0.155 \text{ (บาร์)}$$

- (7) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป

$$P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 3(8)}] + (4) + (6) = (1.908) + (0.047) + (0.155) = 2.110 \text{ (บาร์)}$$

Manual Hydraulic Calculation Form														
Operating Area	Area Sprinkler			Density		K	C							
234.00 sq.m	9.000	sq.m/ head		16.30	(L/min)/m ²	115.000	120							
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary					End		
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations					Node		
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar								
1			SCH-40 LINE	L 3.037		Pt 1.627	q = 9.000	x	16.300		=	146.70	2	
	q	-		F		Pe 0.047	Pe = h x 0.098	=	0.475	x 0.098	=	0.05		
	Q	146.70		T 3.037		Pf 0.011	Pf = (q / K) ²	=	1.627					
2			SCH-40 LINE	L 3.037		Pt 1.685	q = K x Pt ^{1/2}				=	149.28	3	
	q	149.28		F		Pe 0.047	Pe = h x 0.098	=	0.475	x 0.098	=	0.05		
	Q	295.98		T 3.037		Pf 0.041								
3			SCH-40 LINE	L 3.037		Pt 1.773	q = K x Pt ^{1/2}				=	153.11	4	
	q	153.11		F		Pe 0.047	Pe = h x 0.098	=	0.475	x 0.098	=	0.05		
	Q	449.09		T 3.037		Pf 0.089								
4			SCH-40 LINE	L (3) 3.037		Pt 1.908	q = K x Pt ^{1/2}				=	158.85	5	
	q (1)	158.85		F		Pe (4) 0.047	Pe = h x 0.098	=	0.475	x 0.098	=	0.05		
	Q	607.94	(2) 52.480	T 3.037		Pf (6) 0.155								
						Pt (7) 2.110								

ภาพที่ 61 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณจากหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ 5 → จุด A

- (1) คำนวณอัตราการไหลน้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากสมการที่ 15

$$Q = Kx\sqrt{p} = 167.04 \text{ (ลิตร/นาท)}$$

- (2) ใส่ขนาดท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 52.48 มิลลิเมตร

- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 1.519 (เมตร)

- (4) คำนวณหาความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูงโดยใช้สมการที่ 10

$$P_e = 0.098 \times h = 0.098 \times 0.238 \text{ (เมตร)} = 0.023 \text{ (บาร์)}$$

- (5) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14

$$Q = 774.98 \text{ (ลิตร/นาท)}, D = 52.48 \text{ (มิลลิเมตร)}, P = 0.0802 \text{ (บาร์/เมตร)}$$

- (6) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11

Equivalent Pipe Length ของ ข้อต่อท่อ Standard Elbow 2"

จากตารางที่ 28 โดยนำค่าที่ได้ซึ่งมีหน่วยเป็นฟุตแปลงเป็นเมตร = 1.524 (เมตร)

$$\text{Total Equivalent Pipe Length} = 1.519 + 1.524 = 3.043 \text{ (เมตร)}$$

$$P_f = \text{Total Equivalent Pipe Length} \times (5) = 3.043 \text{ (เมตร)} \times 0.0802 \text{ (บาร์/เมตร)} = 0.244 \text{ (บาร์)}$$

- (7) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป

$$P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 4(7)}] + (4) + (6) = (2.110) + (0.023) + (0.244) = 2.377 \text{ (บาร์)}$$

Manual Hydraulic Calculation Form													
Operating Area	Area Sprinkler				Density		K	C					
234.00 sq.m	9.000	sq.m/ head			16.30	(L/min)m2	115.000	120					
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings and Devices	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary				End		
Node	in	Size		Pipe	Loss	Summary	Calculations				Node		
Number	L / Min			Length in m	Bar / m	Bar							
4	q	158.85	2"	F		0.0512	P _e	0.047	P _e = h x 0.098 =	0.475	x 0.098 =	0.05	5
	Q	607.94	52.480	T	3.037		P _f	0.155					
5		(1)	SCH-40 LINE	L ⁽³⁾	1.519	(5)	P _t	2.110	q = K x P _t ^{1/2}			= 167.04	A
	q	167.04	2"	F	1.524	0.0802	P _e ⁽⁴⁾	0.023	P _e = h x 0.098 =	0.238	x 0.098 =	0.02	
	Q	774.98	52.480	T	3.043		P _f ⁽⁶⁾	0.244					
							P _t ⁽⁷⁾	2.377					

ภาพที่ 62 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณจากจุด A → จุด B

- (1) ใส่นาฬาท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 52.48 มิลลิเมตร
- (2) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 2.50 (เมตร)
- (3) Equivalent Pipe Length ของ ข้อต่อท่อ Tee-Flow Turned 90 (2")
จากตารางที่ 28 โดยนำค่าที่ได้ซึ่งมีหน่วยเป็นฟุตแปลงเป็นเมตร = 3.048 (เมตร)
- (4) คำนวณหาความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูงโดยใช้สมการที่ 10
 $P_e = 0.098 \times h = 0.098 \times 2.5 \text{ (เมตร)} = 0.245 \text{ (บาร์)}$
- (5) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14
 $Q = 774.98 \text{ (ลิตร/นาท)} , D = 52.48 \text{ (มิลลิเมตร)} , P = 0.0802 \text{ (บาร์/เมตร)}$
- (6) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11
Total Equivalent Pipe Length = (2) + (3) = 5.548 (เมตร)
 $P_f = \text{Total Equivalent Pipe Length} \times (5) = 5.548 \text{ (เมตร)} \times 0.0802 \text{ (บาร์/เมตร)} = 0.445 \text{ (บาร์)}$
- (7) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป
 $P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 5(7)}] + (4) + (6) = (2.377) + (0.245) + (0.445) = 3.067 \text{ (บาร์)}$

Manual Hydraulic Calculation Form																
Operating Area		Area Sprinkler				Density		K	C							
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head			16.30	(L/min)m2	115.000	120							
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary					End				
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations					Node				
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar										
5			SCH-40 LINE	L	1.519	0.0802	Pt	2.110	$q = K \times Pt^{1/2}$			=	167.04	A		
	q	167.04	2"	Standard Elbow	F		1.524	Pe	0.023	$Pe = h \times 0.098$	=	0.238	$\times 0.098$		=	0.02
	Q	774.98	52.480		T		3.043	Pf	0.244							
A			SCH-40 LINE	L	(2) 2.500	(5) 0.0802	Pt	2.377	$q = K \times Pt^{1/2}$			=	177.31	B		
	q	-	(1) 2"	Tee-Flow Turned 90	F		(3) 3.048	Pe	(4) 0.245	$Pe = h \times 0.098$	=	2.500	$\times 0.098$		=	0.25
	Q	774.98	52.480		T		5.548	Pf	(6) 0.445							
							Pt	(7) 3.067								

ภาพที่ 63 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณจากจุด B → จุด C

- (1) อัตราการไหลน้ำจาก Hose 1 ตัว 250 gpm = 945 (ลิตร/นาที)
- (2) ใส่นาฬาท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร
- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 3.00 (เมตร)
- (4) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14
 $Q = 1719.98$ (ลิตร/นาที) , $D = 154.080$ (มิลลิเมตร) $P = 0.0018$ (บาร์/เมตร)
- (5) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11
 $P_f = (3) \times (4) = 3.00$ (เมตร) $\times 0.0018$ (บาร์ / เมตร) = 0.006 (บาร์)
- (6) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป
 $P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 6(7)}] + (5) = (3.067) + (0.006) = 3.073$ (บาร์)

Manual Hydraulic Calculation Form															
Operating Area		Area Sprindler			Density			K	C						
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head			16.30	(L/min)m2	115.000	120						
Sprindler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary						End		
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations						Node		
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar									
A			SCH-40 LINE	L 2.500	0.0802	Pt 2.377	$q = K \times Pt^{1/2}$				=	177.31	B		
	q -	2"	Tee-Flow Turned 90	F 3.048		Pe 0.245	$Pe = h \times 0.098$	=	2.500	$\times 0.098$	=	0.25			
	Q 774.98	52.480		T 5.548		Pf 0.445									
B			SCH-40 LINE	L (3) 3.000	(4) 0.0018	Pt 3.067	$K = Q(Pt^{1/2})$				=	442.52	C		
Hose	q (1) 945.00	6"		F		Pe 0.000	$Pe = h \times 0.098$	=		$\times 0.098$	=	0.00			
250 gpm	Q 1719.98	(2) 154.080		T 3.000		Pf (5) 0.006									
						Pf (6) 3.073									

ภาพที่ 64 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 7

ขั้นตอนที่ 8 คำนวณจากจุด C → จุด D

- (1) คำนวณหาค่า K จากสมการที่ 16

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} = 774.68 / \sqrt{3.067} = 442.52$$

- (2) คำนวณอัตราการไหลน้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากสมการที่ 15

$$Q = K \times \sqrt{P} = 775.68 \text{ (ลิตร/นาที)}$$

- (3) ใส่นขนาดท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร

- (4) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 3.00 (เมตร)

- (5) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14

$$Q = 2495.66 \text{ (ลิตร/นาที)}, D = 154.080 \text{ (มิลลิเมตร)} P = 0.0037 \text{ (บาร์/เมตร)}$$

- (6) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11

$$P_f = (4) \times (5) = 3.00 \text{ (เมตร)} \times 0.0037 \text{ (บาร์ / เมตร)} = 0.011 \text{ (บาร์)}$$

- (7) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป

$$P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 7(6)}] + (6) = (3.00) + (0.011) = 3.084 \text{ (บาร์)}$$

Manual Hydraulic Calculation Form																
Operating Area		Area Sprinkler			Density			K	C							
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head			16.30	(L/min)m2	115.000	120							
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary						End			
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations						Node			
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar										
B			SCH-40 LINE	L 3.000	0.0018	Pt 3.067	K= $Q/(Pt^{1/2})$						(1) 442.52	C		
Hose	q 945.00	6"		F		Pe 0.000	Pe= $h \times 0.098$	=			$\times 0.098$	= 0.00				
250 gpm	Q 1719.98	154.080		T 3.000		Pf 0.006										
C	(2)		SCH-40 LINE	L (4) 3.000	(5) 0.0037	Pt 3.073	q = $K \times Pt^{1/2}$					= 775.68	D			
	q 775.68	6"		F		Pe 0.000	Pe= $h \times 0.098$	=			$\times 0.098$	= 0.00				
	Q 2495.66	(3) 154.080		T 3.000		Pf (6) 0.011										
						Pt (7) 3.084										

ภาพที่ 65 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 8

ขั้นตอนที่ 9 จำนวนจากจุด D → จุด E

- (1) จำนวนอัตราการไหลน้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากสมการที่ 15

$$Q = Kx\sqrt{p} = 777.07 \text{ (ลิตร/นาทีย)}$$

- (2) ใส่ขนาดท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร

- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 3.00 (เมตร)

- (4) จำนวนหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14

$$Q = 3272.74 \text{ (ลิตร/นาทีย)}, D = 154.080 \text{ (มิลลิเมตร)} P = 0.0061 \text{ (บาร์/เมตร)}$$

- (5) จำนวนหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11

$$P_f = (3) \times (4) = 3.00 \text{ (เมตร)} \times 0.0061 \text{ (บาร์ / เมตร)} = 0.018 \text{ (บาร์)}$$

- (6) จำนวนหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป

$$P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 8(7)}] + (5) = (3.084) + (0.018) = 3.102 \text{ (บาร์)}$$

Manual Hydraulic Calculation Form														
Operating Area		Area Sprindler			Density			K	C					
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head			16.30	(L/min)m2	115.000	120					
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary					End		
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations					Node		
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar								
C			SCH-40 LINE	L 3.000	0.0037	Pt 3.073	$q = K \times Pt^{1/2}$				=	775.68	D	
	q 775.68	6"		F		Pe 0.000	$Pe = h \times 0.098$	=		$\times 0.098$	=	0.00		
	Q 2495.66	154.080		T 3.000		Pf 0.011								
D	(1)		SCH-40 LINE	L (3) 3.000	(4) 0.0061	Pt 3.084	$q = K \times Pt^{1/2}$				=	777.07	E	
	q 777.07	(2) 6"		F		Pe (5) 0.000	$Pe = h \times 0.098$	=		$\times 0.098$	=	0.00		
	Q 3272.74	154.080		T 3.000		Pf 0.018								
						Pt (6) 3.102								

ภาพที่ 66 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 9

ขั้นตอนที่ 10 จำนวนจากจุด E → จุด F

- (1) จำนวนอัตราการไหลน้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากสมการที่ 15
 $= 779.37$ (ลิตร/นาที่)
- (2) ใส่นาตท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร
- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 3.00 (เมตร)
- (4) จำนวนหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14
 $Q = 4052.10$ (ลิตร/นาที่), $D = 154.080$ (มิลลิเมตร) $P = 0.0090$ (บาร์/เมตร)
- (5) จำนวนหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11
 $P_f = (3) \times (4) = 3.00$ (เมตร) $\times 0.0090$ (บาร์ / เมตร) = 0.027 (บาร์)
- (6) จำนวนหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป
 $P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 9(6)}] + (5) = (3.102) + (0.027) = 3.129$ (บาร์)

Manual Hydraulic Calculation Form															
Operating Area		Area Sprinkler				Density				K	C				
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head			16.30	(L/min)m2			115.000	120				
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary						End		
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations						Node		
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar									
D			SCH-40 LINE	L 3.000	0.0061	Pt 3.084	$q = K \times Pt^{1/2}$					= 777.07	E		
	q 777.07	6"		F		Pe 0.000	$Pe = h \times 0.098$	=		x 0.098	= 0.00				
	Q 3272.74	154.080		T 3.000		Pf 0.018									
E	(1)		SCH-40 LINE	L (3) 3.000	(4) 0.0090	Pt 3.102	$q = K \times Pt^{1/2}$					= 779.37	F		
	q 779.37	(2) 6"		F		Pe 0.000	$Pe = h \times 0.098$	=		x 0.098	= 0.00				
	Q 4052.10	154.080		T 3.000		Pf (5) 0.027									
						Pt (6) 3.129									

ภาพที่ 67 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 10

ขั้นตอนที่ 11 จำนวนจากจุด F → จุด G

- (1) จำนวนอัตราการไหลน้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากสมการที่ 15

$$Q = Kx\sqrt{p} = 782.76 \text{ (ลิตร/นาท)}.$$

- (2) ใส่ขนาดท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร

- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 3.00 (เมตร)

- (4) จำนวนหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14

$$Q = 4834.86 \text{ (ลิตร/นาท)}, D = 154.080 \text{ (มิลลิเมตร)} P = 0.0125 \text{ (บาร์/เมตร)}$$

- (5) จำนวนหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11

$$P_f = (3) \times (4) = 3.00 \text{ (เมตร)} \times 0.0125 \text{ (บาร์ / เมตร)} = 0.038 \text{ (บาร์)}$$

- (6) จำนวนหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป

$$P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 10(6)}] + (5) = (3.129) + (0.038) = 3.166 \text{ (บาร์)}$$

Manual Hydraulic Calculation Form															
Operating Area		Area Sprinkler		Density		K		C							
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head	16.30	(L/min)/m ²	115.000	120								
Sprinkler		Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary						End	
Node		in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations						Node	
Number		L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar								
E				SCH-40 LINE	L 3.000		Pt 3.102	q = K x Pt ^{1/2}				=	779.37	F	
	q	779.37	6"		F	0.0090	Pe 0.000	Pe= h x 0.098	=		x 0.098	=	0.00		
	Q	4052.10	154.080		T 3.000		Pf 0.027								
F		(1)		SCH-40 LINE	L (3) 3.000		Pt 3.129	q = K x Pt ^{1/2}				=	782.76	G	
	q	782.76	(2) 6"		F	(4) 0.0125	Pe 0.000	Pe= h x 0.098	=		x 0.098	=	0.00		
	Q	4834.86	154.080		T 3.000		Pf (5) 0.038								
							Pt (6) 3.166								

ภาพที่ 68 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 11

ขั้นตอนที่ 12 จำนวนจากจุด G → จุด H

- (1) จำนวนอัตราการไหลน้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากสมการที่ 5

$$Q = (\text{Area of operation}) \times (\text{Density})$$

Area of operation = 9 ตารางเมตร จากตารางที่ 21 พื้นที่ป้องกันสูงสุด

Density = 16.30 (ลิตร/นาที่) / ตารางเมตร

จากภาพที่ 53 แสดงพื้นที่ทำงานและความหนาแน่นน้ำดับเพลิง

$$Q = 9 \times 16.30 = 146.70 \text{ (ลิตร/นาที่)}$$

- (2) ใส่ขนาดท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 52.48 มิลลิเมตร

- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง

ความยาวท่อ = 1.519 (เมตร)

- (4) จำนวนหา ความดันที่ต้องการสำหรับอัตราการไหลเริ่มต้น จากสมการ 16

$$K = 115 , P_i = 1.627 \text{ (บาร์)}$$

- (5) จำนวนหาความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูงโดยใช้สมการที่ 10

$$P_e = 0.098 \times h = 0.098 \times 0.238 \text{ (เมตร)} = 0.023 \text{ (บาร์)}$$

- (6) จำนวนหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14

$$Q = 146.70 \text{ (ลิตร/นาที่)} , D = 52.48 \text{ (มิลลิเมตร)} P = 0.0037 \text{ (บาร์ / เมตร)}$$

- (7) Equivalent Pipe Length ของ ข้อต่อท่อ Standard Elbow (2")

จากตารางที่ 28 โดยนำค่าที่ได้ซึ่งมีหน่วยเป็นฟุตแปลงเป็นเมตร = 1.524 (เมตร)

- (8) จำนวนหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11

$$\text{Total Equivalent Pipe Length} = (2) + (8) = 3.043 \text{ (เมตร)}$$

$$P_f = \text{Total Equivalent Pipe Length} \times (6) = 3.043 \text{ (เมตร)} \times 0.0037 \text{ (บาร์/เมตร)} = 0.011 \text{ (บาร์)}$$

- (9) จำนวนหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป

$$P_i = (4) + (5) + (8) = (1.627) + (0.023) + (0.011) = 1.662 \text{ (บาร์)}$$

- (10) ใส่ขนาดท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 52.48 มิลลิเมตร

- (11) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 2.50 (เมตร)

- (12) Equivalent Pipe Length ของ ข้อต่อท่อ Tee-Flow Turned 90 (2")

จากตารางที่ 28 โดยนำค่าที่ได้ซึ่งมีหน่วยเป็นฟุตแปลงเป็นเมตร = 3.048 (เมตร)

- (13) จำนวนหาความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูงโดยใช้สมการที่ 10

$$P_e = 0.098 \times h = 0.098 \times 2.5 \text{ (เมตร)} = 0.245 \text{ (บาร์)}$$

- (14) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14

$$Q = 146.70 \text{ (ลิตร/นาทีย)}, D = 52.48 \text{ (มิลลิเมตร)} \quad P = 0.0037 \text{ (บาร์/เมตร)}$$

- (15) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11

$$\text{Total Equivalent Pipe Length} = (11) + (12) = 5.548 \text{ (เมตร)}$$

$$P_f = \text{Total Equivalent Pipe Length} \times (14) = 5.548 \text{ (เมตร)} \times 0.0037 \text{ (บาร์/เมตร)} = 0.02 \text{ (บาร์)}$$

- (16) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป

$$P_t = (9) + (13) + (15) = (1.662) + (0.245) + (0.020) = 1.927 \text{ (บาร์)}$$

- (17) คำนวณปรับแก้อัตราการไหลน้ำสะสมของด้านที่มีความดันน้อยกว่า จากการที่ความดันที่จุดเดียวกันแต่ความดันที่จะต่างกัน โดยใช้สมการที่ 17

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{p_1}{p_2}}$$

$$P_1 = \text{ความดันด้านมากกว่า} = \text{ขั้นตอนที่ 11(6)} = 3.166 \text{ (บาร์)}$$

$$P_2 = \text{ความดันด้านน้อยกว่า} = (16) = 1.927 \text{ (บาร์)}$$

$$Q_2 = \text{อัตราการไหลน้ำด้านน้อยกว่า} = (1) = 146.70 \text{ (ลิตร/นาทีย)}$$

$$Q_1 = \text{อัตราการไหลน้ำปรับแก้} = 188.036 \text{ (ลิตร/นาทีย)}$$

- (18) อัตราการไหลน้ำจาก(17) $Q_1 = 188.036 \text{ (ลิตร/นาทีย)}$

- (19) ใส่ขนาดท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร

- (20) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 43.00 (เมตร)

- (21) Equivalent Pipe Length ของ ข้อต่อท่อ Long Turn Elbow (6")

$$\text{จากตารางที่ 28 โดยนำค่าที่ได้ซึ่งมีหน่วยเป็นฟุตแปลงเป็นเมตร} = 2.740 \text{ (เมตร)}$$

- (22) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14

$$Q = 5022.90 \text{ (ลิตร/นาทีย)}, D = 154.080 \text{ (มิลลิเมตร)}$$

$$P = 0.0134 \text{ (บาร์/เมตร)}$$

- (23) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11

$$\text{Total Equivalent Pipe Length} = (20) + (21) = 46.240 \text{ (เมตร)}$$

$$P_f = \text{Total Equivalent Pipe Length} \times (22) = 46.240 \text{ (เมตร)} \times 0.0134 \text{ (บาร์/เมตร)} = 0.62 \text{ (บาร์)}$$

- (24) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป

$$P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 11(6)}] + (23) = (3.166) + (0.620) = 3.787 \text{ (บาร์)}$$

Manual Hydraulic Calculation Form																
Operating Area		Area Sprinkler		Density		K		C								
234.00	sq.m	9.000	sq.m/head	16.30		L/min/m2		115.000	120							
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent		Friction	Pressure	Supplementary					End			
Node	in	Size	and	Pipe		Loss	Summary	Calculations					Node			
Number	L / Min		Devices	Length in m		Bar / m	Bar									
F			SCH-40 LINE	L	3.000	0.0125	Pt 3.129	$q = K \times P_t^{1/2}$					= 782.76	G		
	q	782.76	6"		F		Pt 0.000	$P_t = h \times 0.098$	=		$\times 0.098$	= 0.00				
	Q	4834.86	154.080		T		3.000	Pf 0.038								
G	(18)		SCH-40 LINE	L (20)	43.500	(22)	Pt 3.166	$q = Q(Adj)$						H		
	q	188.04	6"	Long Turn Elbow	F (21)		2.740	Pt 0.000	$P_t = h \times 0.098$	=		$\times 0.098$	= 0.00			
	Q	5022.90	154.080		T		46.240	Pf 0.620								
							Pt 3.787									
26			SCH-40 LINE	L (3)	1.519	(6)	Pt 1.627	$q = 9.000 \times 16.300$					= 146.70	G(Top)		
	q	(1)	(2)	Standard Elbow	F (7)		1.524	Pt 0.023	$P_t = h \times 0.098$	= 0.238	$\times 0.098$	= 0.02				
	Q	146.70	52.480		T		3.043	Pf 0.011	$P_t = (q/K)^2$							
G(Top)			SCH-40 LINE	L (11)	2.500	(14)	Pt 1.662							G		
	q	-	(10)	Tee-Flow Turn 90	F (12)		3.048	Pt 0.245	$P_t = h \times 0.098$	= 2.500	$\times 0.098$	= 0.25				
	Q	146.70	52.480		T		5.548	Pf 0.020								
			$Q(Adj) = Q(L) \times ((P_t/P_t)^{0.5})$	$Q(L) = 146.700$			Pt 1.927									
	q	-	$Q(Adj) =$	(17)	$F(H) = 3.166$											
	Q	146.70	$Q(Adj) =$	188.036	$F(L) = 1.927$											

ภาพที่ 69 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 12

ขั้นตอนที่ 13 จำนวนจากจุด H → จุด I

- (1) อัตราการไหลน้ำ $Q = (\text{ขั้นตอนที่ 12}) = 5022.90$ (ลิตร/นาท)
- (2) ใส่นาฬาท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร
- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 30 (เมตร)
- (4) Equivalent Pipe Length ของ ข้อต่อท่อ Tee-Flow Turned 90 (6")
จากตารางที่ 28 โดยนำค่าที่ได้ซึ่งมีหน่วยเป็นฟุตแปลงเป็นเมตร = 9.140 (เมตร)
- (5) จำนวนหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14
 $Q_{(1)} = 774.98$ (ลิตร/นาท) , $D = 154.080$ (มิลลิเมตร) $P = 0.0134$ (บาร์/เมตร)
- (6) จำนวนหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11
Total Equivalent Pipe Length = (3) + (4) = 39.140 (เมตร)
 $P_f = \text{Total Equivalent Pipe Length} \times (5) = 39.140(\text{เมตร}) \times 0.0134$ (บาร์/เมตร)
 $P_f = 0.525$ (บาร์)
- (7) จำนวนหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป
 $P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 12}(24)] + (6) = (3.787) + (0.525) = 4.312$ (บาร์)

Manual Hydraulic Calculation Form															
Operating Area		Area Sprinkler			Density			K	C						
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head			16.30	(L/min)/m2	115.000	120						
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary							End	
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations							Node	
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar									
G			SCH-40 LINE	L 43.500	0.0134	Pt 3.166	q =	Q(adj)						H	
	q 188.04	6"	Long Turn Elbow	F 2.740		Pe 0.000	Pe=	h x 0.098	=		x 0.098	=	0.00		
	Q 5022.90	154.080		T 46.240		Pf 0.620									
H			SCH-40 LINE	L (3) 30.000	(5) 0.0134	Pt 3.787								I	
	q (1)	6"		F (4) 9.140		Pe 0.000	Pe=	h x 0.098	=		x 0.098	=	0.00		
	Q 5022.90	(2) 154.080		T 39.140		Pf (6) 0.525									
						P(7) 4.312									

ภาพที่ 70 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 13

ขั้นตอนที่ 14 จำนวนจากจุด I → จุด J

- (1) อัตราการไหลน้ำจาก Hose 1 ตัว 250 gpm = 945 (ลิตร/นาที)
- (2) อัตราการไหลน้ำ $Q = [(ขั้นตอนที่ 13(1))] + (1) = 5967.90$ (ลิตร/นาที)
- (3) ใส่นาฬาท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร
- (4) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 0.85 (เมตร)
- (5) Equivalent Pipe Length ของ ข้อต่อท่อ Long Turn Elbow (6")
จากตารางที่ 28 โดยนำค่าที่ได้ซึ่งมีหน่วยเป็นฟุตแปลงเป็นเมตร = 2.740 (เมตร)
- (6) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14
 $Q = (2) = 5967.90$ (ลิตร/นาที) , $D = 154.080$ (มิลลิเมตร) $P = 0.0185$ (บาร์/เมตร)
 $P_f = 0.066$ (บาร์)
- (7) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11
Total Equivalent Pipe Length = (4) + (5) = 3.590 (เมตร)
 $P_f = \text{Total Equivalent Pipe Length} \times (6) = 3.590(\text{เมตร}) \times 0.0185$ (บาร์/เมตร)
 $P_f = 0.066$ (บาร์)
- (8) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป
 $P_t = [ขั้นตอนที่ 13(7)] + (7) = (4.312) + (0.066) = 4.378$ (บาร์)

Manual Hydraulic Calculation Form															
Operating Area		Area Sprindler			Density			K	C						
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head		16.30	(L/min)m2		115.000	120						
Sprindler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary						End		
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations						Node		
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar									
H			SCH-40 LINE	L 30.000	0.0134	Pt 3.787								I	
	q -	6"		F 9.140		Pe 0.000	Pe= h x 0.098	=		x 0.098	=	0.00			
	Q 5022.90	154.080		T 39.140		Pf 0.525									
I	(1)		SCH-40 LINE	L (4) 0.850	(6)	Pt 4.312							J		
Hose	q 945.00	6"	Long Turn Elbow	F (5) 2.740		Pe 0.000	Pe= h x 0.098	=		x 0.098	=	0.00			
250 gpm	Q 5967.90	(3) 154.080		T 3.590		Pf (7) 0.066									
						Pt(8)4.378									

ภาพที่ 71 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 14

ขั้นตอนที่ 15 จำนวนจากจุด J → จุด K

- (1) อัตราการไหลน้ำ $Q = [\text{ขั้นตอนที่ 14(2)}] = 5967.90$ (ลิตร/นาท)
- (2) ใส่นาฬาท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร
- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 3 (เมตร)
- (4) จำนวนหาความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูงโดยใช้สมการที่ 10
 $P_e = 0.098 \times h = 0.098 \times 3.00$ (เมตร) = 0.294 (บาร์)
- (5) จำนวนหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14 $P = 0.0185$ (บาร์/เมตร)
- (6) จำนวนหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11
 $P_f = (3) \times (5) = 3.00$ (เมตร) $\times 0.0185$ (บาร์/เมตร) = 0.055 (บาร์)
- (7) จำนวนหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป
 $P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 14(8)}] + (4) + (6) = (4.378) + (0.294) + (0.055) = 4.728$ (บาร์)

Manual Hydraulic Calculation Form																
Operating Area		Area Sprinkler			Density			K	C							
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head			16.30	(L/min)/m2	115.000	120							
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary								End	
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations								Node	
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar										
I			SCH-40 LINE	L 0.850	0.0185	Pt 4.312										J
Hose	q 945.00	6"	Long Turn Elbow	F 2.740		Pe 0.000	Pe=	h x 0.098	=		x 0.098	=	0.00			
250 gpm	Q 5967.90	154.080		T 3.590		Pf 0.066										
J			SCH-40 LINE	L (3) 3.000	(5) 0.0185	Pt 4.378										K
	q (1)	6"		F		Pe (4) 0.294	Pe=	h x 0.098	=	3.000	x 0.098	=	0.29			
	Q (2)	154.080		T 3.000		Pf (6) 0.055										
						Pf (7) 4.728										

ภาพที่ 72 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 15

ขั้นตอนที่ 16 คำนวณจากจุด K → จุด L

- (1) อัตราการไหลน้ำ $Q = [\text{ขั้นตอนที่ 15(1)}] = 5967.90$ (ลิตร/นาท)
- (2) ใส่นาฬาท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร
- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 0.50 (เมตร)
- (4) Equivalent Pipe Length ของ ข้อต่อท่อ Alarm Valve (6") + Standard Elbow (6")
จากตารางที่ 28 โดยนำค่าที่ได้ซึ่งมีหน่วยเป็นฟุตแปลงเป็นเมตร = 9.754 (เมตร)
- (5) คำนวณหาความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูงโดยใช้สมการที่ 10
 $P_e = 0.098 \times h = 0.098 \times 0.50(\text{เมตร}) = 0.049$ (บาร์)
- (6) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14
 $Q = (1) = 5967.90$ (ลิตร/นาท) , $D = 154.080$ (มิลลิเมตร) $P = 0.0185$ (บาร์/เมตร)
- (7) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11
Total Equivalent Pipe Length = (3) + (4) = 10.254 (เมตร)
 $P_f = \text{Total Equivalent Pipe Length} \times (5) = 10.254$ (เมตร) $\times 0.0185$ (บาร์/เมตร)
 $P_f = 0.189$ (บาร์)
- (8) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป
 $P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 15(7)}] + (5) + (7) = (4.728) + (0.049) + (0.189) = 4.966$ (บาร์)

Manual Hydraulic Calculation Form																
Operating Area		Area Sprinkler				Density				K	C					
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head			16.30	(L/min)/m2	115.000	120							
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary						End			
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations						Node			
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar										
J			SCH-40 LINE	L 3.000	0.0185	Pt 4.378										K
	q -	6"		F		Pe 0.294	Pe=	h x 0.098	=	3.000	x 0.098	=	0.29			
	Q 5967.90	154.080		T 3.000		Pf 0.055										
K			SCH-40 LINE	L (3) 0.500	(6) 0.0185	Pt 4.728										L
	q (1)	6"	Alarm Valve	F (4) 9.754		Pe (5) 0.049	Pe=	h x 0.098	=	0.500	x 0.098	=	0.05			
	Q (2)	154.080	Standard Elbow	T 10.254		Pf (7) 0.189										
						Pf (8) 4.966										

ภาพที่ 73 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 16

ขั้นตอนที่ 17 คำนวณจากจุด L → จุด M

- (1) อัตราการไหลน้ำ $Q = [\text{ขั้นตอนที่ 16(1)}] = 5967.90$ (ลิตร/นาที่)
- (2) ใส่นาฬาท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร
- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 2.00 (เมตร)
- (4) Equivalent Pipe Length ของ ข้อต่อท่อ Gate Valve (6") + Long Turn Elbow (6") จากตารางที่ 28 โดยนำค่าที่ได้ซึ่งมีหน่วยเป็นฟุตแปลงเป็นเมตร = 3.658 (เมตร)
- (5) คำนวณหาความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูงโดยใช้สมการที่ 10
 $P_e = 0.098 \times h = 0.098 \times 2.00$ (เมตร) = 0.196 (บาร์)
- (6) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14
 $Q = (1) = 5967.90$ (ลิตร/นาที่), $D = 154.080$ (มิลลิเมตร) $P = 0.0185$ (บาร์/เมตร)
- (7) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11
 $\text{Total Equivalent Pipe Length} = (3) + (4) = 5.658$ (เมตร)
 $P_f = \text{Total Equivalent Pipe Length} \times (5) = 5.658$ (เมตร) $\times 0.0185$ (บาร์/เมตร)
 $P_f = 0.104$ (บาร์)
- (8) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป
 $P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 16(8)}] + (5) + (7) = (4.966) + (0.196) + (0.104) = 5.266$ (บาร์)

Manual Hydraulic Calculation Form																		
Operating Area		Area Sprinkler				Density				K	C							
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head			16.30	(L/min)m2		115.000	120								
Sprinkler		Flow	Pipe	Pipe fittings		Equivalent		Friction	Pressure	Supplementary							End	
Node		in	Size	and		Pipe		Loss	Summary	Calculations							Node	
Number		L / Min		Devices		Length in m		Bar / m	Bar									
K				SCH-40 LINE		L	0.500	0.0185	Pt	4.728							L	
	q	-	6"	Alarm Valve		F	9.754		Pe	0.049	Pe=	h x 0.098	=	0.500	x 0.098	=		0.05
	Q	5967.90	154.080	Standard Elbow		T	10.254		Pf	0.189								
L				SCH-40 LINE		L (3)	2.000	(6) 0.0185	Pt	4.966							M	
	q	(1)	6"	Long Turn Elbow		F (4)	3.658		Pe (5)	0.196	Pe=	h x 0.098	=	2.000	x 0.098	=		0.20
	Q	5967.90	(2) 154.080	Gate Valve		T	5.658		Pf (7)	0.104								
									Pt (8)	5.266								

ภาพที่ 74 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 17

ขั้นตอนที่ 18 คำนวณจากจุด M → จุด N

- (1) อัตราการไหลน้ำ $Q = [\text{ขั้นตอนที่ 17(1)}] = 5967.90$ (ลิตร/นาท)
- (2) ใส่นาฬาท่อที่แท้จริง (Internal Diameter) = 154.080 มิลลิเมตร
- (3) หาขนาดความยาวท่อระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง ความยาวท่อ = 1.50 (เมตร)
- (4) คำนวณหา Friction Loss โดยใช้ สมการที่ 14
 $Q = (1) = 5967.90$ (ลิตร/นาท) , $D = 154.080$ (มิลลิเมตร) $P = 0.0185$ (บาร์/เมตร)
- (5) คำนวณหา Pressure Drop ของเส้นท่อโดยใช้สมการที่ 11
 $P_f = (3) \times (5) = 1.50$ (เมตร) $\times 0.0185$ (บาร์/เมตร)
 $P_f = 0.028$ (บาร์)
- (6) คำนวณหาความดันที่ต้องการสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวถัดไป
 $P_t = [\text{ขั้นตอนที่ 17(8)}] + (5) = (5.266) + (0.028) = 5.294$ (บาร์)

Manual Hydraulic Calculation Form															
Operating Area		Area Sprinkler		Density		K		C							
234.00	sq.m	9.000	sq.m/ head	16.30	(L/min)/m ²	115.000	120								
Sprinkler	Flow	Pipe	Pipe fittings	Equivalent	Friction	Pressure	Supplementary								End
Node	in	Size	and	Pipe	Loss	Summary	Calculations								Node
Number	L / Min		Devices	Length in m	Bar / m	Bar									
L			SCH-40 LINE	L 2.000	0.0185	Pt 4.966									M
	q	-	Long Turn Elbow	F 3.650		Pe 0.196	Pe=	h x 0.098	=	2.000	x 0.098	=	0.20		
	Q	5967.90	Gate Valve	T 5.650		Pf 0.104									
M			SCH-40 LINE	L (3) 1.500	(4) 0.0185	Pt 5.266									N
	q	(1)		F		Pe 0.000	Pe=	h x 0.098	=		x 0.098	=	0.00		
	Q	(2) 5967.90		T 1.500		Pf (5) 0.028									
						Pt (6) 5.294									

ภาพที่ 75 การคำนวณตามขั้นตอนที่ 18

จากการคำนวณ HYDRAULIC CALCULATION สำหรับระบบ SPRINKLER ได้ปริมาณน้ำที่ต้องการของระบบ 5967.90 (ลิตร/นาท) ความดัน 5.294 (บาร์)

ปริมาณน้ำสำรองที่ระบบต้องการจะต้องใช้ได้ 2 ชั่วโมง ดังนั้นจะต้องเตรียมการกักเก็บปริมาณน้ำ 716,148 ลิตร

ตารางที่ 32 การเปรียบเทียบระหว่างการคำนวณด้วยวิธี Hydraulic Calculation กับ
โปรแกรม FHC Hydraulic Analysis Software Version : 1.3.2.

	Hydraulic Calculation	โปรแกรม FHC Hydraulic Analysis Software Version : 1.3.2.	ความคลาดเคลื่อน
อัตราการไหลน้ำ Q (ลิตร/นาที่)	5967.90 (ลิตร/นาที่)	5980.10 (ลิตร/นาที่)	0.204 %
ความดัน P (บาร์)	5.294 (บาร์)	5.300 (บาร์)	0.113 %

Manual Hydraulic Calculation Form											
Operating Area 234.00 sq.m	Area Sprinkler 9.000 sq.m / head		Density 16.30 (L/min)m ²	K 115.000	C 120						
Sprinkler Node Number	Flow in L / Min	Pipe Size	Pipe fittings and Devices	Equivalent Pipe Length in m	Friction Loss Bar / m	Pressure Summary Bar	Supplementary Calculations				End Node
1	q - Q 146.70	2" 52.480	SCH-40 LINE	L 3.037 F T 3.037	0.0037	Pt 1.627 Pe 0.047 Pf 0.011	q = 9.000 x 16.300 = 146.70 Pe = h x 0.098 = 0.475 x 0.098 = 0.05 Pf = (q / K) ² = 1.627			2	
2	q 149.28 Q 295.98	2" 52.480	SCH-40 LINE	L 3.037 F T 3.037	0.0135	Pt 1.685 Pe 0.047 Pf 0.041	q = K x Pt ^{1/2} = 149.28 Pe = h x 0.098 = 0.475 x 0.098 = 0.05 Pf =			3	
3	q 153.11 Q 449.09	2" 52.480	SCH-40 LINE	L 3.037 F T 3.037	0.0292	Pt 1.773 Pe 0.047 Pf 0.089	q = K x Pt ^{1/2} = 153.11 Pe = h x 0.098 = 0.475 x 0.098 = 0.05 Pf =			4	
4	q 158.85 Q 607.94	2" 52.480	SCH-40 LINE	L 3.037 F T 3.037	0.0512	Pt 1.908 Pe 0.047 Pf 0.155	q = K x Pt ^{1/2} = 158.85 Pe = h x 0.098 = 0.475 x 0.098 = 0.05 Pf =			5	
5	q 167.04 Q 774.98	2" 52.480	SCH-40 LINE Standard Elbow	L 1.519 F 1.524 T 3.043	0.0802	Pt 2.110 Pe 0.023 Pf 0.244	q = K x Pt ^{1/2} = 167.04 Pe = h x 0.098 = 0.238 x 0.098 = 0.02 Pf =			A	
A	q - Q 774.98	2" 52.480	SCH-40 LINE Tee-Flow Turned 90	L 2.500 F 3.048 T 5.548	0.0802	Pt 2.377 Pe 0.245 Pf 0.445	q = K x Pt ^{1/2} = - Pe = h x 0.098 = 2.500 x 0.098 = 0.25 Pf =			B	
B Hose 250 gpm	q 945.00 Q 1719.98	6" 154.080	SCH-40 LINE	L 3.000 F T 3.000	0.0018	Pt 3.067 Pe 0.000 Pf 0.006	K = Q / (Pt ^{1/2}) = 442.52 Pe = h x 0.098 = x 0.098 = 0.00 Pf =			C	
C	q 775.68 Q 2495.66	6" 154.080	SCH-40 LINE	L 3.000 F T 3.000	0.0037	Pt 3.073 Pe 0.000 Pf 0.011	q = K x Pt ^{1/2} = 775.68 Pe = h x 0.098 = x 0.098 = 0.00 Pf =			D	
D	q 777.07 Q 3272.74	6" 154.080	SCH-40 LINE	L 3.000 F T 3.000	0.0061	Pt 3.084 Pe 0.000 Pf 0.018	q = K x Pt ^{1/2} = 777.07 Pe = h x 0.098 = x 0.098 = 0.00 Pf =			E	
E	q 779.37 Q 4052.10	6" 154.080	SCH-40 LINE	L 3.000 F T 3.000	0.0090	Pt 3.102 Pe 0.000 Pf 0.027	q = K x Pt ^{1/2} = 779.37 Pe = h x 0.098 = x 0.098 = 0.00 Pf =			F	
F	q 782.76 Q 4834.86	6" 154.080	SCH-40 LINE	L 3.000 F T 3.000	0.0125	Pt 3.129 Pe 0.000 Pf 0.038	q = K x Pt ^{1/2} = 782.76 Pe = h x 0.098 = x 0.098 = 0.00 Pf =			G	
G	q 188.04 Q 5022.90	6" 154.080	SCH-40 LINE Long Turn Elbow	L 43.500 F 2.740 T 46.240	0.0134	Pt 3.166 Pe 0.000 Pf 0.620	q = Q(adj) = Pe = h x 0.098 = x 0.098 = 0.00 Pf =			H	
H	q - Q 5022.90	6" 154.080	SCH-40 LINE Tee (flow turned 90°)	L 30.000 F 9.140 T 39.140	0.0134	Pt 3.787 Pe 0.000 Pf 0.525	Pe = h x 0.098 = x 0.098 = 0.00 Pf =			I	
I Hose 250 gpm	q 945.00 Q 5967.90	6" 154.080	SCH-40 LINE Long Turn Elbow	L 0.850 F 2.740 T 3.590	0.0185	Pt 4.312 Pe 0.000 Pf 0.066	Pe = h x 0.098 = x 0.098 = 0.00 Pf =			J	
J	q - Q 5967.90	6" 154.080	SCH-40 LINE	L 3.000 F T 3.000	0.0185	Pt 4.378 Pe 0.294 Pf 0.055	Pe = h x 0.098 = 3.000 x 0.098 = 0.29 Pf =			K	
K	q - Q 5967.90	6" 154.080	SCH-40 LINE Alarm Valve Standard Elbow	L 0.500 F 9.754 T 10.254	0.0185	Pt 4.728 Pe 0.049 Pf 0.189	Pe = h x 0.098 = 0.500 x 0.098 = 0.05 Pf =			L	
L	q - Q 5967.90	6" 154.080	SCH-40 LINE Long Turn Elbow Gate Valve	L 2.000 F 3.658 T 5.658	0.0185	Pt 4.966 Pe 0.196 Pf 0.104	Pe = h x 0.098 = 2.000 x 0.098 = 0.20 Pf =			M	
M	q - Q 5967.90	6" 154.080	SCH-40 LINE	L 1.500 F T 1.500	0.0185	Pt 5.266 Pe 0.000 Pf 0.028	Pe = h x 0.098 = x 0.098 = 0.00 Pf =			N	
						Pt 5.294					
26	q - Q 146.70	2" 52.480	SCH-40 LINE Standard Elbow	L 1.519 F 1.524 T 3.043	0.0037	Pt 1.627 Pe 0.023 Pf 0.011	q = 9.000 x 16.300 = 146.70 Pe = h x 0.098 = 0.238 x 0.098 = 0.02 Pf = (q / K) ² = 1.627			G(Top)	
G(Top)	q - Q 146.70	2" 52.480	SCH-40 LINE Tee-Flow Turned 90	L 2.500 F 3.048 T 5.548	0.0037	Pt 1.662 Pe 0.245 Pf 0.020	Pe = h x 0.098 = 2.500 x 0.098 = 0.25 Pf =			G	
	q - Q 146.70	Q(adj) = Q(L) x ((Ph/Pt) ^{0.5}) = 188.036		Q(L) = 146.700 P(H) = 3.166 P(L) = 1.927		Pt 1.927 Pe Pf					
Flow Rate										5967.90 LPM	
Total Static Pressure										5.29 Bar	

ภาพที่ 76 สรุปการคำนวณด้วยวิธี Hydraulic Calculation