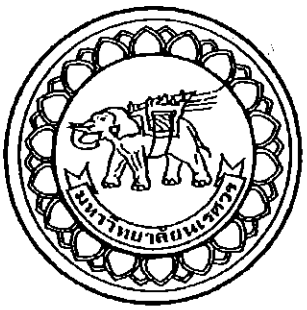


การสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำ
ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 1

DRAINAGE SYSTEM SURVEY AND DESIGN FOR
NARESUAN UNIVERSITY AREA (AREA 1)

นายไกรภพ แก้วสารพัด รหัส 49370043

นายณัฐพล ไพรวรรณ์ รหัส 49370135

นายสาธิต ทิมจันทร์ รหัส 49370388

นายอมรศักดิ์ สุรยศ รหัส 49370432

สมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
ที่รับ 14 ก.ย. 2553
เลขทะเบียน 1507284O ค.2
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ ๑

ผู้ดำเนินโครงงาน

นายไกรภพ	แก้วสารพัด	รหัส 49370043
นายณัฐพล	ไพรวรรณ์	รหัส 49370135
นายสาธิต	ทิบจันทร์	รหัส 49370388
นายอมรศักดิ์	สุรยศ	รหัส 49370432

ที่ปรึกษาโครงงาน รศ.ดร. ศรินทร์ทิพย์ แทนธานี

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2552

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(รศ.ดร. ศรินทร์ทิพย์ แทนธานี)

.....กรรมการ
(ดร. กำพล ทรัพย์สมบูรณ์)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร. สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 1		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายไกรภพ	แก้วสารพัด	รหัส 49370043
	นายณัฐพล	ไพรวรรณ์	รหัส 49370135
	นายสาธิต	ทิมจันทร์	รหัส 49370388
	นายอมรศักดิ์	สุรยศ	รหัส 49370432
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร. สรินทร์ทิพย์ แทนธานี		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2552		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาระบบระบายน้ำของพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 4 ส่วนคือ บริเวณถนนประตู 1 ถึงทางแยกประตู 5 บริเวณถนนประตู 2 ถึงทางแยกตึกคณิตศาสตร์ บริเวณถนนประตู 5 และบริเวณถนนหอพักแพทย์ ในการศึกษาประกอบด้วย (1) การสำรวจตำแหน่ง ความยาว ขนาดของหน้าตัด ค่าระดับของท่อระบายน้ำและทิศทางการไหลของน้ำ (2) การคำนวณอัตราการไหลของน้ำในพื้นที่ เพื่อนำไปออกแบบขนาดท่อระบายน้ำที่เหมาะสม (3) วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการระบายน้ำของท่อระบายน้ำภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร และ (4) ประเมินปัญหาและนำเสนอแนวทางปรับปรุงท่อระบายน้ำ

ผลจากการสำรวจพบว่า การระบายน้ำในท่อที่สำรวจจะไหลจากทางด้านหลังมหาวิทยาลัยไปทางสนามกีฬาของมหาวิทยาลัยไปสู่ทางด้านหอพักแพทย์ไหลลงคลองหนองเหล็กตามลำดับ ขนาดของท่อระบายภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรสามารถรับอัตราการไหลของน้ำฝนที่ 5 ปี แต่จะมีบางช่วงเกิดปัญหามีตะกอนภายในท่อระบายน้ำ มีกลิ่นเหม็นและเกิดการทรุดตัวของท่อ

Project title	DRAINAGE SYSTEM SURVEY AND DESIGN FOR NARESUAN UNIVERSITY AREA (AREA 1)		
Name	Mr. Kripop	Kaewsarapat	ID. 49370043
	Mr. Natthaphol	Priwan	ID. 49370135
	Mr. Sathit	Thimchun	ID. 49370388
	Mr. Amonsuk	Surayot	ID. 49370432
Project advisor	Assc. Prof. Dr. Sarintip Tantanee		
Major	Civil Engineering		
Department	Civil Engineering		
Academic year	2009		

Abstract

The project is to study the drainage system of Naresuan University area. The study area is divided into 4 parts; along the road from gate No.1 to the lane approaching gate 5 , along the road from gate No.2 to the lane approaching Mathematic Building , along the road to gate No.5 and along the road approaching Medical student dormitory. The study comprises of : (1) the survey of locations , length , cross-sections level and flow direction of drainage pipeline, (2) the analysis of drainage flowrate and the appropriate size for drainage pipe, (3) drainage performance evaluation over the study area, and (4) recommendation for drainage system improvement.

The results show that the flow of excess water flows from the back area of the university through the stadium , medical student dormitory and drains into the Nong –Lek canal , respectively. The existing pipes capacity can support the flowrate of 5 years return period rainfall intensity. There are some problems occurred along the pipelines such as; over accumulated sediment , bad smell from fermentation and lowering pipe level.

กิตติกรรมประกาศ

ที่โครงงานนี้สำเร็จได้ ทางคณะผู้ดำเนินงาน ต้องขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ศรินทร์ทิพย์ แทนธานี ที่ปรึกษาโครงงานสำหรับการให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการต่างๆ และข้อมูล กระทั่งทางคณะผู้จัดทำสามารถทำโครงงานนี้จนสำเร็จสิ้นโดยดี

ขอขอบพระคุณครูช่างของคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่มีความอนุเคราะห์ให้ยืมอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยครั้งนี้ อาทิเช่น กล้องระดับ ไม้สต๊าฟ เทปวัดระยะ ค้อน ตะปู เป็นต้น

ขอขอบพระคุณพี่วิศวกรประจำมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อนุเคราะห์ให้แผนที่ของมาหาวิทยาลัยนเรศวร

ขอขอบพระคุณคณะท่านอาจารย์มหาวิทยาลัยนเรศวร และอาจารย์พิเศษทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ทางคณะผู้ดำเนินงาน

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาและผู้ปกครอง ที่ให้การอุปการะ ทั้งด้านการเงินและทางด้านจิตใจ จนกระทั่งทำให้โครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายไกรภพ แก้วสารพัด
นายณัฐพล ไพรวรรณ์
นายสาธิต ทิมจันทร์
นายอมรศักดิ์ สุรยศ
มีนาคม 2553

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....ฉ

สารบัญรูป.....ช

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....ซ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน.....2

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2

1.6 แผนการดำเนินงาน.....2

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....4

2.1 สภาพภูมิอากาศ.....4

2.2 ปริมาณน้ำฝนไหลนอง.....4

2.3 ฝน.....5

2.4 รูปแบบของฝน.....5

2.5 ความเข้ม ความนาน ความถี่ของฝน.....7

2.6 การคำนวณปริมาณน้ำท่าในบริเวณพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร.....8

2.7 เวลาน้ำไหลนอง.....11

2.8 การตรวจสอบทางด้านชลศาสตร์.....14

2.9 อัตราการไหลของปริมาตร.....15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 16

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ 16

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง 16

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ 17

4.1 รายละเอียดการสำรวจข้อมูล 17

4.2 สภาพทางกายภาพของพื้นที่ 17

4.3 การคำนวณอัตราน้ำฝนในพื้นที่ 19

4.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการระบายน้ำของท่อเดิม 19

4.5 การคำนวณความสามารถในการระบายน้ำของท่อ 19

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 23

5.1 สรุปผลวิจัยทางกายภาพ 23

5.2 ข้อเสนอแนะ 23

เอกสารอ้างอิง 24

ภาคผนวก ก. รูปภาพของบริเวณพื้นที่กายในมหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 1 25

ภาคผนวก ข. ข้อมูลค่าระดับท่อและ Profile ท่อ 29

ภาคผนวก ค. ตารางรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ 52

ภาคผนวก ง. ตัวอย่างการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ 73

ประวัติผู้เขียน 77

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 แผนการศึกษาโครงงาน....2

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำย่อย....8

4.1 ตารางเปรียบเทียบขนาดท่อจริงและขนาดท่อจากการคำนวณ.... 19

4.2 ตารางเปรียบเทียบอัตราการไหลที่ท่อรับได้กับอัตราการไหลจากการคำนวณ.... 20

ข.1 ตารางข้อมูลค่าระดับของท่อ BM 1 – BM 3....30

ข.2 ตารางข้อมูลค่าระดับของท่อ BM 6 – BM 8....39

ข.3 ตารางข้อมูลค่าระดับของท่อ BM 5 – BM 7....42

ข.4 ตารางข้อมูลค่าระดับของท่อ BM 5 – BM 6....44

ค.1 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 1 – BM 3 ด้านซ้าย....53

ค.2 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 1 – BM 3 ด้านขวา....57

ค.3 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 5 – BM 7 ด้านซ้าย....61

ค.4 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 5 – BM 7 ด้านขวา....64

ค.5 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 2 – BM 4 ด้านขวา....67

ค.6 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 2 – BM 4 ด้านซ้าย....68

ค.7 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 6 – BM 8 ด้านซ้าย....69

ค.8 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 6 – BM 8 ด้านขวา....71

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะฝนที่ตกตามปกติ....6

2.2 กราฟ IDF Curve ของพื้นที่ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก....10

4.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่....21

4.2 แสดงทิศทางการไหลของน้ำ....22

ก.1 แสดงพื้นที่บริเวณถนนประตู 2 มหาวิทยาลัยนเรศวร....26

ก.2 แสดงพื้นที่บริเวณถนนประตู 1 มหาวิทยาลัยนเรศวร....26

ก.3 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าตึกคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร....27

ก.4 แสดงพื้นที่บริเวณถนนข้างหอพักแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร....27

ก.5 แสดงพื้นที่บริเวณถนนประตู 5 มหาวิทยาลัยนเรศวร....28

ก.6 แสดงพื้นที่บริเวณทางแยกตึกมนุษย์สาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร....28

ข.1 รูปแสดง profile ท่อ....51

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

Q = ปริมาณน้ำไหลนองสูงสุดหรือการออกแบบอัตราระบายน้ำ มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

C = ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง (Coefficient of Runoff)

I = ความเข้มของฝน (Rainfall Intensity) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

A = พื้นที่รับน้ำฝน มีหน่วยเป็นตารางเมตร

t_c = เวลาน้ำไหลเข้าท่อ (Inlet Time) มีหน่วยเป็นนาที

S = ความลาดชันท่อออกแบบ

P = เส้นขอบเปียก (Wetted Perimeter) มีหน่วยเป็นเมตร

R = รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic Radius) = A/P มีหน่วยเป็นเมตร

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง

= 0.016 – 0.018 สำหรับท่อคอนกรีต

= 0.025 สำหรับคลองดิน

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

สืบเนื่องมาจากมหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นมหาวิทยาลัยที่มีชื่อเสียงแห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง และได้มีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจรอบๆ มหาวิทยาลัย โครงสร้างอาคารต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการปรับพัฒนาพื้นที่ทั้งภายในและรอบๆ มหาวิทยาลัย ซึ่งในการพัฒนานั้นจะประกอบไปด้วยสิ่งก่อสร้างต่างๆ มากมาย เช่น ร้านค้า อาคารบ้านเรือน หอพักอาศัย ตึกเรียน ถนน ฯลฯ ซึ่งสิ่งก่อสร้างต่างๆ ที่กล่าวมานี้ล้วนแล้แต่ส่งผลกระทบต่อการระบายน้ำของผิวดิน เนื่องจากสิ่งก่อสร้างต่างๆ เหล่านี้ปกคลุมผิวดินเดิม ทำให้ผิวดินเดิมมีพื้นที่ในการดูดซึมน้ำลดลงและเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขัง รวมไปถึงปริมาณน้ำเสียจากบริเวณรอบๆ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการระบายน้ำเหล่านี้ออกจากพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร รวมถึงบริเวณรอบๆ มหาวิทยาลัย เพื่อป้องกันการท่วมขังของน้ำ โดยการสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำให้สามารถระบายน้ำออกไปได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 1

1.2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงระบบระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวรให้ดีขึ้น

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 พัฒนาศักยภาพในการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำด้วยท่อระบาย

1.3.2 วางระบบท่อระบายน้ำที่เหมาะสมในการระบายน้ำที่ท่วมขังในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.4.1 การสำรวจพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 1

1.4.2 ออกแบบคำนวณระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 1

1.4.3 ศึกษาลักษณะพื้นที่ พื้นที่รับน้ำ ความเป็นไปได้ในการระบายน้ำตามสภาพทางภูมิประเทศ

1.4.4 นำข้อมูลจากการศึกษาขั้นต้นทั้งหมด มาวิเคราะห์ และคำนวณโดยใช้ทฤษฎีต่างๆ เพื่อทำการออกแบบระบบระบายน้ำ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ทำการศึกษาข้อมูลต่างๆ จากแผนที่ เช่น สภาพพื้นที่ ค่าระดับ

1.5.2 ทำการสำรวจภาคสนาม เช่น การหาค่าระดับของท่อระบายน้ำ ความลาดของพื้นที่ แนวท่อ ระดับถนน สภาพภายในของท่อระบายน้ำ

1.5.3 ทำการศึกษาทฤษฎี การวิเคราะห์ปริมาณน้ำ และการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูลรวมทั้งศึกษาปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น

1.5.4 ออกแบบคำนวณระบบระบายน้ำให้มีความเหมาะสมต่อสภาพทางภูมิประเทศ

1.5.5 วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้ รวมถึงการเสนอแนวทางการปรับปรุงพัฒนาระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	เดือน					หมายเหตุ
	พ.ย. 52	ธ.ค. 52	ม.ค. 53	ก.พ. 53	มี.ค. 53	
1.ศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบระบายน้ำ	←	→				
2.ทำการสำรวจภาคสนามจากพื้นที่ที่ได้รับมอบหมายเพื่อเก็บข้อมูลต่างๆ		←	→			
3.ออกแบบระบบระบายน้ำเพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำ			←	→		
4.วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการคำนวณออกแบบ				←	→	
5.สรุปจัดทำรายงาน เตรียมนำเสนอผลงาน					↔	

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. ค่าวัสดุสำนักงาน	700 บาท
2. ค่าถ่ายเอกสาร	300 บาท
3. ค่าล้างอัดรูป	200 บาท
4. ค่าพิมพ์แบบแผนที่	100 บาท
5. ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	600 บาท
6. ค่าจัดทำรูปเล่ม	2100 บาท
รวมเป็นเงิน	4000 บาท (สี่พันบาทถ้วน)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

การศึกษาการระบายน้ำของท่อระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรสิ่งที่จะต้องพิจารณา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งทางอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา หลายประการอันได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลการวิเคราะห์สภาพฝน ปริมาณน้ำที่ระบายลงสู่คลองระบายน้ำ ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกมานั้นจะนำมาใช้พิจารณาว่า การระบายน้ำของท่อระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรมีการระบายน้ำเหมาะสมเพียงใด

2.1 สภาพภูมิอากาศ

2.1.1 สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป

ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก อาจวัดได้ในลักษณะแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู เขตร้อนชื้น ปริมาณและการกระจายตัวของฝนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ (ระหว่างเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม) และลมตะวันตกเฉียงเหนือ (ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน – เมษายน) โดยจะนำเอาอากาศหนาวแห้งแล้งมาให้

2.1.2 สภาพฝน

การศึกษาสภาพฝนตก ในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรพบว่า ปริมาณน้ำฝนของจังหวัดพิษณุโลกอยู่ในระดับปานกลาง แต่ในบางปี จะมีปริมาณน้ำฝนตกสูงมากบ้าง

2.2 ปริมาณน้ำฝนไหลนอง

การประมาณปริมาณน้ำฝนไหลนองเพื่อประกอบการออกแบบระบบท่อระบายน้ำกระทำได้ยากมาก ด้วยสาเหตุหลายประการ อัตราและปริมาณน้ำฝนเองที่มีที่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกฤดูและทุกปี ประการต่อไปได้แก่ พื้นที่ผิวที่ฝนตกลงไปนั้นมีขีดความสามารถในการอุ้มน้ำ (retention) และให้น้ำซึมลงดิน (infiltration) ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับต้นไม้ใบหญ้าและพื้นที่ผิวคอนกรีตหรือวัสดุอื่นๆ ที่ซึมลงไม่ได้ ฯลฯ ว่ามีอยู่มากน้อยเพียงใด โดยปกติปริมาณน้ำไหลนองเท่ากับปริมาณน้ำฝน ลบด้วยปริมาณน้ำซึมลงดิน และปริมาณน้ำที่ระเหยทั้งโดยธรรมชาติและผ่านต้นไม้ (evaporation and evaportranspiration) รวมทั้งส่วนที่ถูกกักเก็บเอาไว้ในผิวดิน ในแอ่ง ในส่วนพื้นที่ลุ่ม ฯลฯ ดังนั้นสภาพพื้นที่ผิวและใต้พื้นที่ผิว (subsurface) ทั้งในรูปธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น มีผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำไหลนองมาก

หลักการในการประมาณปริมาณน้ำฝนไหลนองมีอยู่สองแนวความคิดด้วยกัน ในหลักการแรกกำหนดปริมาณน้ำไหลนองมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนโดยตรง โดยให้เป็นสัดส่วนกับปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่ที่คำนึงถึง ส่วนในแนวความคิดที่สองจะประมาณน้ำไหลนองโดยคิดหักปริมาณน้ำที่ซึมลงดิน ปริมาณน้ำที่ถูกอุ้มไว้ในดิน ในพืชและระหว่างการไหลออกจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา ในวิธีแรกซึ่งนิยมเรียกว่า วิธีเรชันแนล หรืออาร์เอ็ม (Rational Method R.M.) ได้ใช้กันมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2432 และยังเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายในปัจจุบัน แม้จะเป็นวิธีที่ประมาณปริมาณน้ำฝนไหลนองได้ไม่ตรงกับความเป็นจริงก็ตาม ส่วนในแนวความคิดที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้คำนวณหาปริมาณน้ำไหลนองที่แม่นยำขึ้น วิธีที่สองนี้มีผลสืบเนื่องไปยังการก่อสร้างท่อระบายน้ำให้ถูกต้องในเชิงเศรษฐศาสตร์มากยิ่งขึ้นด้วย

2.3 ฝน

เมื่อเกิดฝนตกขึ้น ฝนนี้มักจะไม่ตกลงบนพื้นที่ขนาดใหญ่ด้วยความเข้มของฝน (rainfall intensity) และความนานของฝน (duration) ที่เท่ากันตลอดเวลา ในบางท้องที่อาจมีฝนเข้มมากหรือฝนตกหนักและนาน ในขณะที่บางท้องที่จะมีฝนเบาและตกในช่วงสั้นๆ หรืออาจไม่มีฝนเลยก็ได้ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วฝนที่ตกเป็นห่าใหญ่มักจะตกเพียงในช่วงสั้นๆ ยกเว้นจะเป็นฝนที่ตกเห็นห่าใหญ่ในรอบหลายๆ ปี ซึ่งในกรณีนี้อาจเป็นฝนที่ตกหนักและนานได้ และฝนในประเภทหลังนี้ทางวิศวกรพึงระวังอันตรายจากการที่ระบายน้ำไม่ทันและเกิดปัญหาน้ำท่วมขึ้น

2.4 รูปแบบของฝน

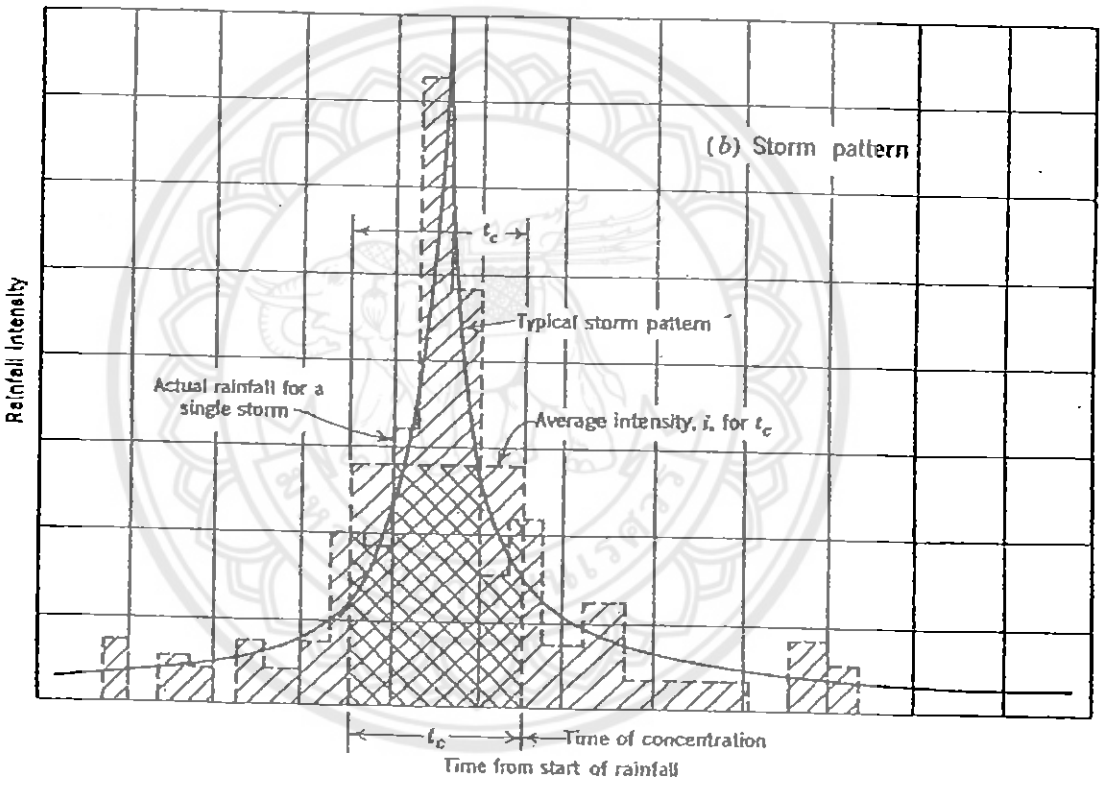
ในสถานที่หนึ่งๆ โดยปกติเมื่อฝนห่าหนึ่งๆ เริ่มตก จะตกด้วยอัตราความเข้มต่ำและเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงจุดๆ หนึ่ง จะได้ฝนที่ความเข้มสูงสุด หลังจากจุดนี้ไปแล้วฝนจึงเริ่มซาเม็ดลงจนถึงจุดฝนหยุดในที่สุด ลักษณะฝนที่ตกปกติแสดงได้ดังรูป 2.1

จากรูปดังกล่าว เห็นได้ว่าเวลาที่ฝนตกจริงจะยาวนาน นอกจากนี้ในช่วงต้นๆ และหลังๆ ของห่าหนึ่งๆ มีความเข้มของฝนเบาบางมาก ซึ่งฝนเบาบางในลักษณะนี้ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการไหลนองอย่างมีนัยสำคัญเลย จึงกำหนดให้คำนึงถึงเฉพาะช่วงเวลาที่ฝนจะมีผลกระทบต่อการระบายน้ำเท่านั้น ซึ่งในกรณีนี้ขอเรียกว่า " ช่วงเวลานับว่าฝนตก " (time of concentration, t_0) พึงระวังไว้ว่าเวลานับว่าฝนตก (t_0) นี้ไม่ใช่เวลาที่ฝนตกจริงๆ แต่จะมีระยะเวลาสั้นกว่าฝนตกจริงส่วนจะมีระยะเวลาสั้นกว่าฝนตกจริงเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของฝนแต่ละท้องถิ่น ฝนในแต่ละฤดู และฝนในแต่ละปี

ในช่วงเวลานับว่าฝนตก (t_0) นี้มีอัตราความเข้มของฝนแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและรูปแบบของฝนนั้นๆ การที่จะบ่งบอกว่าฝนห่าหนึ่งตกด้วยความเข้มห่าเท่ากับความเข้มสูงสุด

อันหาได้จากรูปแบบของฝน ย่อมไม่ตรงกับความเป็นจริง และให้ค่าความเข้มของฝนห่านี้สูงเกินไป ทางที่ถูกคือ ต้องแสดงระดับความเข้มของฝนห่านี้เท่ากับความเข้มเฉลี่ยของฝน ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำฝนทั้งหมดของฝนห่านั้นหารด้วยเวลาที่นับว่าฝนตก อันมีผลกระทบในทางปฏิบัติหรือ t_0 นั่นเอง

ด้วยวิธีนี้ จะแสดงลักษณะของฝนห่าหนึ่งๆ ได้อย่างเด่นชัดขึ้นว่าตกด้วยความเข้มเท่าใดและนานเท่าใด ทั้งนี้อย่างมีนัยสำคัญในทางผลกระทบที่จะตามมา แต่ผู้ออกแบบระบบระบายน้ำต้องระลึกไว้เสมอว่าความเข้มและความนานของฝนที่ว่านี้เป็นลักษณะของฝนห่าหนึ่งเท่านั้น มิใช่เป็นอัตราการไหลนองที่จะไหลเข้าสู่ท่อระบายน้ำ ซึ่งต้องคำนึงถึงในการออกแบบ



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะฝนที่ตกตามปกติ

2.5 ความเข้ม ความนาน ความถี่ของฝน

โดยปกติทางธรรมชาติ ฝนที่ตกหนักมักจะตกในช่วงเวลาสั้นๆ ในทางกลับกันฝนที่ตกเบาบางมักตกเป็นระยะเวลานาน ความสัมพันธ์ของความเข้มเฉลี่ยของฝนกับความนานของเวลาที่นับว่าฝนตก (t_0) ความสัมพันธ์

เมื่อ t_c = เวลาในการรวมตัวของน้ำท่า มีหน่วยเป็นนาทีของฝนในลักษณะนี้จะต้องสร้างขึ้นสำหรับเฉพาะแห่ง เช่น ท่อมีอายุการใช้งานเพียง 5 ปี สำหรับฝนความถี่ 100 ปี แม้ว่าโอกาสเกิดฝนลักษณะนี้จะเป็นไปได้ก็ตาม แต่โครงสร้างสำหรับท่อระบายน้ำของฝนความถี่ 100 ปี จะมีขนาดใหญ่มาก และคงไม่คุ้มทุนที่จะออกแบบให้ใช้งานได้เพียง 5 ปี เพราะในช่วง 5 ปีนี้ ฝนความถี่ 100 ปี อาจจะยังไม่เกิดขึ้นเลยก็ได้

ความเข้มฝนของแต่ละพื้นที่ย่อมไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับความถี่ และระยะเวลาที่ฝนตก ซึ่งในบางพื้นที่อาจมีฝนตกหนักและนาน แต่บางพื้นที่อาจมีฝนตกเบาบางและใช้เวลาสั้นๆ

เนื่องจากความเข้มข้นของฝนมีผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการไหลนองของน้ำและการระบายน้ำ ดังนั้นในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝนในช่วงเวลาต่างๆ สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝนและช่วงความถี่ของฝน

ซึ่งเมื่อกำหนดรอบของการเกิดซ้ำในแต่ละรอบปีแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จะนำไป plot ลงบนกราฟ log – log จะได้ Rainfall Intensity – Duration – Frequency Curve ของฝนนี้ซึ่งจะใช้ในการคำนวณหาปริมาณฝนในสูตร Rational Method (R.M.) ได้ต่อไป (ดังกราฟ IDF Curve ของพื้นที่ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลกรูปที่ 2.2)

(1) คาบความถี่การเกิดซ้ำของน้ำฝนที่ใช้ในการออกแบบ

ความถี่ของฝนที่ใช้ในการออกแบบ ใช้เกณฑ์ดังนี้

การตรวจสอบท่อระบายน้ำเดิม และการออกแบบท่อระบายน้ำได้ทำการออกแบบให้สามารถระบายน้ำฝนที่ความถี่ของการเกิดซ้ำ 5 ปี

(2) คาบเวลาและความเข้มของฝนที่ใช้คำนวณ

สูตร

$$t_c = t_0 + t_{pipe}$$

t_0 = เวลาในการไหลของน้ำบนผิวดิน มีหน่วยเป็นนาที

t_{pipe} = เวลาในการไหลในท่อ มีหน่วยเป็นนาที

$$t_0 = (1.8(1.1-c)L^{0.50}) / S^{0.33}$$

เมื่อ S = ความลาดของพื้นที่

C = ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล

L = ความยาวจากพื้นที่ระบายน้ำถึงท่อ มีหน่วยเป็นเมตร

เมื่อได้คาบเวลาแล้ว สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของฝนออกแบบ โดยใช้ความสัมพันธ์ของความเข้มกับช่วงเวลา และความถี่ของฝน

2.6 การคำนวณปริมาณน้ำท่าในบริเวณพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$Q = 0.278CIA$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลสูงสุด มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

C = สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า

I = ความเข้มข้นของฝน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

A = พื้นที่รับน้ำฝนหรือพื้นที่ระบายน้ำ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

ทั้งนี้ สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า สำหรับพื้นที่รับน้ำย่อยในแต่ละแห่ง ได้เลือกใช้จากตาราง 2.1 ตามลักษณะเขตพื้นที่ที่ได้การสำรวจภาคสนามในปัจจุบัน

เนื่องจากพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรส่วนใหญ่มีพื้นที่หลากหลายลักษณะทั้ง คอนกรีต พื้นที่เป็นสนามหญ้า ป่ารกล้าง ฯลฯ ดังนั้นคณะจัดทำได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่าจากการแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ และกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองออกตามแต่ละพื้นที่

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำย่อย

ชนิดของการใช้พื้นที่	สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า, C
พาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก	0.55 – 0.70
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	0.45 – 0.55
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	0.30 – 0.45
สถานที่ราชการ สถาบัน และอุตสาหกรรม	0.40 – 0.70
สวนสาธารณะ พื้นที่เกษตรกรรมและที่ว่างเปล่า	0.20 – 0.30

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า ใช้ค่าเฉลี่ยตามสภาพการใช้พื้นที่

วิธีอาร์เอ็มนี้ใช้ประมาณอัตราน้ำไหลนองให้ถูกต้องแม่นยำได้ไม่ดีนัก จะใช้ได้ดีก็เฉพาะกับพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็กๆ และเมื่อนำไปใช้อย่างมีความเข้าใจถูกต้องเท่านั้น ซึ่งต้องตระหนักให้ดีว่าวิธีอาร์เอ็มนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่สำคัญ 4 ประการ คือ

(ก) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองเป็นค่าคงที่

ค่า C นี้แม้จะเป็นค่าคงที่สำหรับลักษณะพื้นที่ขนาดเล็กหนึ่งๆ ในสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ ก็ตาม ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.1 แต่เมื่อพิจารณาพื้นที่ระบายน้ำขนาดใหญ่ขึ้นไปแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์นี้จะแปรผันไปได้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่นั้นว่ามีความสามารถในการไหลนองอย่างไร ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองนี้เป็นค่าคงที่ได้ก็เฉพาะสำหรับพื้นที่หนึ่งๆ ในภาวะหนึ่งๆ เท่านั้น ในบริเวณที่มีขอบเขตจำกัดและมีข้อมูลพื้นที่ผิวรวมทั้งใต้พื้นที่ผิวดินดีเพียงพอ เราอาจทดลองหาค่า C ของบริเวณนั้นๆ ได้โดยไม่ยากนัก แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือเมื่อพิจารณาพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีพื้นที่หลายลักษณะประกอบเข้าด้วยกัน ค่า C นี้จะมีการแปรผันได้มาก ดังนั้นการที่จะกำหนดค่า C ให้เป็นค่าคงที่หนึ่งๆ ได้แม่นยำจึงกระทำได้ยาก แต่ในทางปฏิบัติ ในวิธีอาร์เอ็ม จำต้องกำหนดค่าคงที่ C นี้ขึ้นมาสำหรับการคำนวณหาอัตราการไหลนอง ค่า C กำหนดให้เป็นค่าคงที่นี้สามารถมีความคลาดเคลื่อนได้มาก ซึ่งนั่นก็หมายถึงการคำนวณขนาดท่อระบายน้ำและงบประมาณค่าลงทุนจะผิดตามไปด้วย

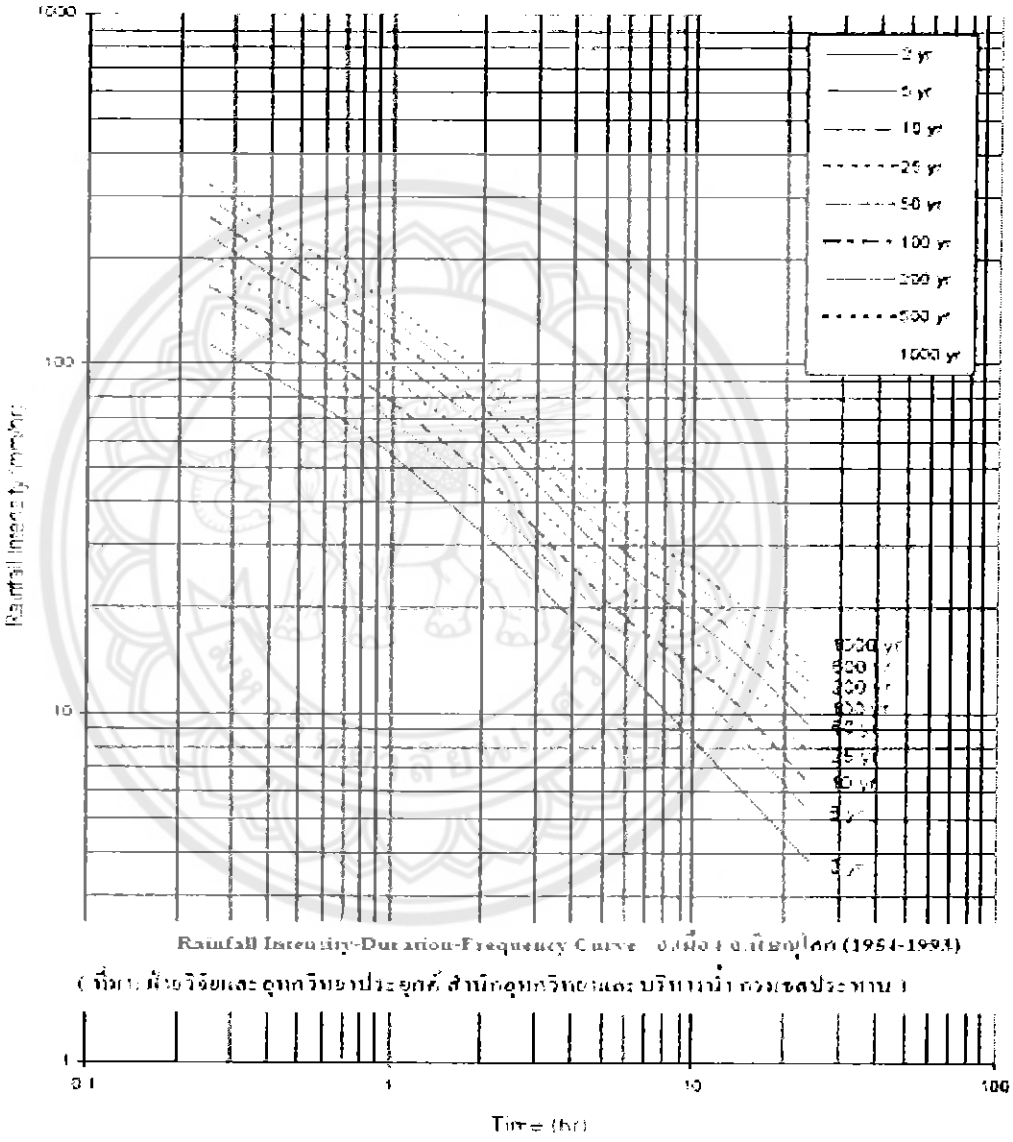
(ข) อัตราไหลนองสูงสุดที่จุดใดๆ (Q) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มเฉลี่ยของฝนที่ตก (I) และไหลมาจนถึงจุดนั้นๆ

นั่นคือค่า Q จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า I จากรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าอัตราสูงสุดของฝนห่าหนึ่งๆ มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของฝนห่านั้นๆ ได้มาก แต่ถ้ากำหนดให้อัตราน้ำไหลนองสูงสุดเป็นสัดส่วนกับอัตราสูงสุดของฝน ก็จะไม่ตรงกับความเป็นจริงเพราะฝนสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ เพียงจุดหนึ่งเท่านั้น ในขณะที่น้ำไหลนองเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาที่นานกว่าช่วงเวลาที่เกิดอัตราเฉลี่ยของฝนในช่วง (t_c) นั้นๆ เท่านั้น ซึ่งแน่นอนที่สมมติฐานนี้ย่อมมีความคลาดเคลื่อนแต่ก็ให้ผลลัพธ์ที่น่าจะยอมรับได้ในทางปฏิบัติ

(ค) เวลานับว่าฝนตก (t_c) ให้ถือว่าเท่ากับเวลาที่น้ำไหลนองก่อตัวเป็นรูปร่างและไหลจากจุดที่ไกลที่สุดของพื้นที่ระบายน้ำมายังจุดที่กำลังพิจารณาหรือออกแบบ

สมมติฐานข้อนี้ยังเป็นที่ถกเถียงกันมาก เพราะไม่มีข้อพิสูจน์อย่างแน่ชัดว่าเป็นจริงตามนี้ และต้องเข้าใจว่าจุด "ไกลที่สุด" ในกรณีนี้หมายถึงทางด้านเวลาในการไหลนองของน้ำบนพื้นผิวที่ระบายมาเข้าท่อ และไหลตามท่อต่อมายังจุดที่คำนึง ไม่ใช่ระยะทาง กล่าวคือขึ้นอยู่กับความเร็วของการไหลของน้ำไหลนองบนผิวดินและการไหลในเส้นท่อระบายน้ำด้วย ถ้าระยะทางสั้นแต่ไหลช้าก็อาจมีค่า t_c มากกว่า t_c ในกรณีที่ระยะทางยาวแต่ไหลเร็วได้ นอกจากนี้การไหลนองของการระบายน้ำของพื้นที่ระบายขนาดเล็กจะใช้เวลาน้อยกว่าการไหลนองของพื้นที่ขนาดใหญ่ นั่นหมายความว่าในพื้นที่ระบายน้ำเล็กจะมีค่า t_c ต่ำและมีความเข้มเฉลี่ยของฝนหรือค่า I สูงนั่นเอง

หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง พื้นที่ระบายน้ำยิ่งมีขนาดใหญ่จะยิ่งมีค่า I ลดลง ซึ่งนั่นก็ควรสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ เพราะฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้งจะไม่ครอบคลุม ยกตัวอย่าง เช่น ฝนที่ตกลงบนท้องที่หนึ่งๆ เช่น ในอำเภอเมือง หรือบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร อาจตกไม่พร้อมกัน หรือถ้าตกพร้อมกันฝนนี้ก็มีความเข้มสูงกว่าห่าเดียวกันนี้เมื่อเทียบนับเฉลี่ยเป็นฝนของทั้งจังหวัดพิษณุโลก



Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curve จังหวัดพิษณุโลก (1954-1993)

(ที่มา: ฝ่ายวิจัยและอุทกวิทยาประยุกต์ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน)

รูปที่ 2.2 กราฟ IDF Curve ของพื้นที่ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก

ที่มา: ฝ่ายวิจัยและอุทกวิทยาประยุกต์ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน

ในวิธีอาร์เอ็ม จะต้องระลึกเสมอว่าค่าความเข้มเฉลี่ยของฝนหรือค่า I ไม่มีความสัมพันธ์แบบ time sequence relation กับรูปแบบฝนที่ตกลงมาจริงๆ ในฝนห่าหนึ่งๆ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า I กับค่า t_c ที่ใช้ในการประมาณอัตราการไหลนองของวิธีนี้ไม่ใช่ time sequence curve ของฝนนั้นด้วย กล่าวคือ เมื่อฝนห่าหนึ่งๆ ตกลงมา จะไม่มีทางทราบได้ว่าจะเกิดช่วงเวลา t_c อันก่อให้เกิดเป็นความเข้มเฉลี่ยของฝนที่เวลาใด นับจากฝนเริ่มตกเพราะค่า I และรูปแบบของฝนไม่มีความสัมพันธ์แบบสืบเนื่องต่อกันและก็ไม่มีความจำเป็นใดๆ ทั้งสิ้น เวลาน้ำไหลเจิ่งนองเพื่อวิ่งเข้าท่อรวมทั้งไหลตามท่อมายังจุดที่คำนึงต้องมีค่าเท่ากับ t_c โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าฝนห่าหนึ่งๆ ไม่อยู่กับที่และมีอัตราการเคลื่อนตัวของมวลฝนหรือเมฆฝนบริเวณพื้นที่ระบายน้ำไปทางต้นน้ำหรือขวางกับทิศทางการไหลนองอย่างรวดเร็ว ในกรณีนี้เวลาที่อัตราการไหลนองสูงสุดจะก่อตัวและไหลมาถึงจุดที่พิจารณาจะนานกว่าค่า t_c ในกรณีปกติได้มาก

หากละเลยความข้อนี้ จะประเมินผลกระทบของฝนที่ตกลงมาก่อนหน้าจะเกิดการไหลนองและซึมลงดินอย่างผิดพลาด ซึ่งทำให้การใช้สูตรอาร์เอ็มไม่ตรงกับแนวความคิดดั้งเดิม อนึ่ง สมมติฐานข้อนี้ แม้จะมีแนวเหตุผลที่เป็นไปได้ แต่ก็ไม่มีสิ่งใดๆ มายืนยันแนวความคิดนี้ได้ว่าถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดที่คำนวณได้จึงอาจผิดแผกไปจากความจริงได้

(ง) ความถี่ของอัตราน้ำไหลนองสูงสุดเท่ากับความถี่ของฝนที่ความเข้มเฉลี่ยนั้นๆ สมมติฐานข้อนี้ก็เช่นกัน แม้จะมีแนวความคิดของ " ความควรเป็น " มาสนับสนุน แต่ก็ไม่สามารถยืนยันให้เป็นที่แน่ชัดไว้ว่าจะเป็นเช่นนี้เสมอ

จากการวิเคราะห์สมมติฐานเหล่านี้ เห็นได้ว่าวิธีอาร์เอ็มนี้ยังมีช่องโหว่ในแนวความคิดและเหตุผลที่จะมาสนับสนุนอยู่มาก อย่างไรก็ตามพบว่าวิธีนี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจมากสำหรับพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็ก (มณฑา , วิภาค และ บรรจบ , 2540)

2.7 เวลาน้ำไหลนอง

เวลาน้ำไหลนองจากบริเวณที่ไกลที่สุดมาเข้าท่อและวิ่งในท่อมายังจุดที่พิจารณา กำหนดให้เป็น t_c ซึ่งให้เท่ากับเวลาที่นับว่าฝนตกด้วย เวลาที่วิ่งในเส้นท่ออาจคำนวณหาได้โดยสูตรทางชลศาสตร์ ส่วนเวลาไหลนองบนพื้นดินจนกว่าจะเข้ามายังจุดเข้าท่อ (inlet) นั้น คำนวณหาได้ยากเพราะขึ้นอยู่กับ

(ก) ความลาดของพื้นที่ผิว

(ข) ลักษณะปกคลุมของพื้นผิวนั้นๆ (เป็นหญ้า ต้นไม้ ดินธรรมชาติ คอนกรีต ลูกรัง)

(ค) ระยะทางที่น้ำวิ่งก่อนถึงจุดเข้าท่อ

(ง) ระยะห่างระหว่างจุดให้น้ำเข้าท่อ

(จ) ปัจจัยอื่นๆ อีก ที่อาจได้รับผลกระทบจากความเข้มและความนานของฝนที่ตกลงมาก่อนหน้านี้ เช่น ความอิ่มน้ำของใต้ผิวดิน การซึมลงดิน การอุ้มน้ำของดิน เป็นต้น

แต่โดยปกติถ้าฝนมีความเข้มสูงมักมีเวลาวิ่งเข้าท่อสั้น เวลาไหลนองจะสั้นที่สุดสำหรับพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็ก มีแนวระบายน้ำกว้าง ชัน และมีพื้นที่ผิวที่ราบเรียบ และจะเนิ่นนานออกไปถ้าพื้นที่ผิวมีดินแห้ง พื้นผิวไม่สม่ำเสมอ มีพืชหญ้าปกคลุมมาก และมีการกักน้ำตามแอ่งหรือบริเวณที่ลุ่มต่างๆ

ในการออกแบบอาจเลือกใช้เวลาวิ่งเข้าท่อในช่วง 5 – 30 นาที (นิยมใช้ 5 – 15 นาที) สำหรับกรณีทั่วๆ ไป ในกรณีพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนามามากแล้วและมีการก่อสร้างอย่างหนาแน่น พื้นที่ผิวส่วนใหญ่เป็นชนิดน้ำซึมลงดินไม่ได้ และมีช่องให้น้ำเข้าระบบระบายน้ำอยู่อย่างถี่ อาจเลือกใช้เวลาเข้าท่อสั้นเพียง 5 นาที สำหรับพื้นที่ที่มีการพัฒนามามากและระดับค่อนข้างราบเรียบให้ใช้เวลาเข้าท่อนาน 10 – 15 นาที แต่ในบริเวณชุมชนที่พักอาศัยและภูมิประเทศราบเรียบให้ใช้ 20 – 30 นาที เป็นเกณฑ์

การคำนวณหาอัตราการไหลนองด้วยวิธีอื่น

ได้มีการศึกษา วิจัย ด้านอุทกศาสตร์ที่ผ่านมา วิธีคำนวณหาอัตราการไหลนองได้แม่นยำและใกล้เคียงกับความจริงกว่าวิธีอาร์เอ็มและควรนำมาใช้กับพื้นที่ระบายน้ำขนาดใหญ่เพราะการใช้วิธีอาร์เอ็มกับพื้นที่ขนาดใหญ่มักให้ค่าการไหลนองมากกว่าที่เกิดขึ้นจริง ทำให้การลงทุนระบบระบายน้ำสูงเกินกว่าที่ควร วิธีใหม่ดังกล่าวนี้ใช้หาประมาณการไหลนองโดยอาศัยข้อมูลพายุฝนจากรูปแบบของฝนที่เลียนสภาพความจริงให้ใกล้เคียงที่สุดเท่าที่เป็นได้ รูปแบบฝนที่ว่านี้อาจไม่ถือเป็นความถี่ที่พึงบังเกิดขึ้นในระยะเวลาหนึ่ง แต่ปริมาณฝนที่ตามมาทั้งหมดในคาบเวลาหนึ่งๆ อาจถือเป็นความถี่นั้นๆ (หรือความถี่ในการออกแบบ)

ได้มาตรการดังกล่าวมีอยู่หลายวิธี ได้แก่

(1) วิธีไฮโดรกราฟหรือน้ำไหลเจิ่ง (over – land flow)

(2) วิธีน้ำไหลเข้า (inlet method)

(3) วิธียูนิตไฮโดรกราฟ

(4) วิธีอื่นๆที่อาศัยสถิติน้ำท่วมในปีที่ผ่านมา

วิธีไฮโดรกราฟ (over – land flow)

วิธีนี้ใช้มาตรการวัดปริมาณน้ำฝนหรือปริมาณน้ำไหลนอง (วัดในท่อรายน้ำ) ที่เกิดจริงและนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน จึงค่อนข้างยากในทางปฏิบัติ เพราะจำเป็นต้องพึ่งข้อมูลสนามของแต่ละแห่งซึ่งมักไม่มีมากนักโดยเฉพาะในประเทศเรา ในทางปฏิบัติมักทดลองในแปลงเขตเล็กๆ เพื่อสะดวกในการควบคุมตัวแปรต่างๆ แล้วหาข้อมูลไปประยุกต์สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ต่อไป อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีคุณค่าแตกต่างจากวิธีใช้สูตรสำเร็จรูปที่หาได้จากงานสนาม

(empirical formula) หรือวิธีอาร์เอ็มที่ในวิธีนี้เราสามารถมองเห็นรูปร่างของไฮโดรกราฟ และจากหลักการที่ว่าปริมาตรฝนเท่ากับอัตราฝนคูณกับเวลาตก เราจะล่วงรู้ปริมาณฝนได้อย่างไม่ยาก

วิธีน้ำไหลเข้า (inlet method)

วิธีนี้มีมาตรการ 3 ส่วน ได้แก่

(ก) หาข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลที่จุดเข้า (ท่อ) แต่ละจุด

(ข) ลดปริมาณน้ำไหลสูงสุดจากพื้นที่ระบายขนาดเล็ก (กลุ่มของจุดน้ำเข้าหลายจุด) แต่ละพื้นที่เมื่อน้ำไหลไปตามท่อระบายน้ำตามลำดับ

(ค) รวมปริมาณน้ำสูงสุดที่ลดปริมาณลงแล้วตามข้อ (ข) เข้าด้วยกันเป็นปริมาณน้ำสูงสุดทั้งหมดที่พึงบังเกิดขึ้นที่จุดที่กำลังพิจารณา

วิธียูนิตไฮโดรกราฟ

วิธียูนิตไฮโดรกราฟขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างไฮโดรกราฟของน้ำที่วัดได้ขณะไหลออกจากท่อระบายน้ำจากบริเวณเขตพื้นที่ระบายน้ำชนิดต่างๆ กัน จากความสัมพันธ์นี้สามารถนำมาสร้างยูนิตไฮโดรกราฟสำหรับพื้นที่ที่จะออกแบบระบบระบายน้ำหนึ่งๆ ได้ มีข้อสังเกตว่ายูนิตไฮโดรกราฟของน้ำไหลออกจากท่อระบายน้ำนี้ใช้ประกอบการออกแบบขนาดของอ่างกักเก็บน้ำ (impounding basin) และสถานีสูบระบายน้ำได้ด้วย ในขณะที่การคำนวณในวิธีอาร์เอ็มจะไม่สามารถกระทำเช่นว่านี้ได้เลย แต่วิธีการสร้างยูนิตไฮโดรกราฟจำเป็นต้องมีข้อมูลอัตราน้ำไหลในเส้นท่อจริงๆ เทียบกับฝนห่าหนึ่งๆ มาตรการนี้จึงดูมีแนวทางการประยุกต์ใช้ในประเทศค่อนข้างน้อยเช่นกัน ถ้าผู้สนใจมีข้อมูลเพียงพอก็อาจสร้างยูนิตไฮโดรกราฟนี้ได้เอง

คาบเวลาและความเข้มของฝนที่ใช้ในการคำนวณสูตร

$$t_c = t_0 + t_{pipe}$$

เมื่อ t_c = เวลาในการรวมตัวของน้ำท่า มีหน่วยเป็นนาที

t_0 = เวลาในการไหลของน้ำบนผิวดิน มีหน่วยเป็นนาที

t_{pipe} = เวลาในการไหลในท่อ มีหน่วยเป็นนาที

$$t_0 = (1.8(1.1-c)L^{0.50}) / S^{0.33}$$

เมื่อ S = ความลาดของพื้นที่

C = ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล

L = ความยาวจากพื้นที่ระบายน้ำถึงท่อ มีหน่วยเป็นเมตร

เนื่องจากสูตรนี้เป็นสูตรที่ใช้ในการออกแบบรางระบายน้ำของสนามบินในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพื้นที่เป็นพื้นคอนกรีต มีลักษณะพื้นใกล้เคียงกับพื้นที่โครงการวิจัยจึงนำสูตรนี้มาใช้ เมื่อได้คาบเวลาแล้ว สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของฝนออกแบบ โดยใช้ความสัมพันธ์ของความเข้มกับช่วงเวลา และความถี่ของฝน

2.8 การตรวจสอบทางด้านชลศาสตร์

ใช้สูตรของแมนนิ่ง ดังนี้

$$Q = (1/n)AR^{(2/3)}S^{(1/2)}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล มีหน่วยเป็นตารางเมตร

R = รัศมีทางชลศาสตร์ของหน้าตัดการไหล มีหน่วยเป็นเมตร

S = ความลาดชันของเส้นลาดพลังงาน

n = สัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง (Manning's Coefficient)

ค่าสัมประสิทธ์ของแมนนิ่ง (n) ใช้ 0.016 สำหรับพื้นที่ผิวที่เป็นคอนกรีต โดยตั้งสมมติฐานว่า เป็นท่อระบายน้ำตรง (มีมุมเบี่ยงไม่เกิน 5 องศา) และค่าความสูญเสีย (Minor Loss) ต่างๆ เช่น รอยต่อระหว่างท่อกับบ่อพัก ถือว่าน้อยมาก จึงไม่นำมาคิด สำหรับพื้นที่หน้าตัดคลองดินใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง 0.025 – 0.030 ขึ้นอยู่กับสภาพของความขรุขระของท่อ

2.9 อัตราการไหลของปริมาตร (Volume Flow Rate)

$$Q = AV$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของปริมาตร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A = พื้นที่ภาคตัดขวาง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

V = ความเร็วการไหล มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 อุปกรณ์

1. กล้องระดับพร้อมขาตั้งกล้อง	1 ชุด
2. ไม้สต๊าฟ 3 เมตร	2 ชุด
3. เทปวัดระยะ	1 ม้วน
4. ค้อน	1 อัน
5. ตะปู	1 ชุด
6. กล้องถ่ายรูป	1 ตัว

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาแนวทางวางแผน และศึกษาทฤษฎีที่ต้องใช้
2. ทำการสำรวจพื้นที่เพื่อหาค่าระดับของพื้นถนน และค่าระดับของฝาท่อระบายน้ำ
3. ทำการเปิดฝาท่อเพื่อหาค่าระดับความลึกของการวางท่อระบายน้ำที่มีอยู่แล้ว
4. นำค่าระดับต่างๆ ที่ได้ทำการสำรวจมา plot กราฟ เพื่อตรวจสอบระดับของท่อที่อยู่ลึกลงไปจากระดับผิวถนน
5. ตรวจสอบขนาดของท่อระบายน้ำ ทิศทางการไหล สภาพของท่อระบายน้ำและปัญหาต่างๆ ของระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรว่าสามารถระบายน้ำฝนจากพื้นที่รอบข้างมหาวิทยาลัยได้เหมาะสมหรือไม่
6. ออกแบบระบบระบายน้ำเพื่อนำไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับท่อเดิมเพื่อหาแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 1

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 รายละเอียดการสำรวจข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจพื้นที่และเก็บข้อมูลภาคสนามของพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยได้แบ่งพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลออกเป็น 4 พื้นที่ คือ พื้นที่บริเวณสองฝั่งของถนนประตู 1 ถึงทางแยกเข้าประตู 4 พื้นที่บริเวณสองฝั่งของถนนประตู 5 ถึงทางแยกคณะมนุษย์ศาสตร์ พื้นที่บริเวณสองฝั่งของถนนประตู 2 ถึงทางแยกตึกคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ และพื้นที่บริเวณสองฝั่งของถนนทางเข้าพักแพทย์ข้างโรงพยาบาลซึ่งเป็นจุดระบายน้ำออกนอกพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร ทำการเก็บข้อมูลหลัก 2 ส่วน ส่วนแรก คือ สภาพทางกายภาพที่สังเกตเห็น ได้แก่ สภาพพื้นที่โดยทั่วๆ ไป ซึ่งเป็นพื้นที่รับน้ำ สภาพท่อระบายน้ำ ทิศทางและสภาพการระบายน้ำ ดังแสดงในภาคผนวก ก. ส่วนที่สอง ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์สำรวจเก็บข้อมูล ได้แก่ การหาค่าระดับของถนน การหาค่าระดับของท่อระบายน้ำทุกๆ ระยะ 25 เมตร เพื่อนำข้อมูลในภาคผนวก ข. ดังกล่าวมาวิเคราะห์ความสามารถในการระบายน้ำของท่อที่มีอยู่ในปัจจุบัน และนำเสนอแนวทางการปรับปรุงพัฒนาระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร

4.2 สภาพทางกายภาพของพื้นที่

พื้นที่รับน้ำบริเวณที่ทำการศึกษาจะมีอยู่ด้วยกันสองลักษณะ คือ ส่วนที่เป็นพื้นที่ว่างเปล่า เป็นสนามหญ้า หรือมีลักษณะเป็นป่าปลูก ซึ่งพื้นที่ลักษณะนี้จะมีอยู่บริเวณด้านหน้า และด้านข้าง ของมหาวิทยาลัย และอีกลักษณะหนึ่งคือ พื้นที่ส่วนที่เป็นอาคาร ตึกต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย ส่วนใหญ่พื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยจะเป็นพื้นที่ราบเรียบ น้ำที่ไหลลงท่อส่วนใหญ่จึงเป็นน้ำทิ้งที่มาจากตึกอาคารต่างเป็นส่วนมาก (ดังแสดงในรูป 4.1)

4.2.1 สภาพพื้นที่รับน้ำ

4.2.1.1 พื้นที่บริเวณสองฝั่งของถนนประตู 1 ถึงทางแยกเข้าประตู 4 (BM 1 – BM 3)

ในช่วงแรกของพื้นที่รับน้ำของพื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นดินที่มีหญ้าและต้นไม้ปกคลุม โดยเริ่มจากบริเวณประตู 1 ถึงคณะมนุษย์ศาสตร์ ต่อจากนั้นฝั่งซ้ายของถนนยังคงเป็นสนามหญ้า สนามฟุตบอล และเว้นระยะอาคารอเนกประสงค์ สระว่ายน้ำ ก่อนจะถึงทางแยกประตู 4 ส่วนพื้นที่บริเวณฝั่งขวาโดยส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ลักษณะเป็นอาคาร ตึกเรียนเกือบทั้งหมด จะมีพื้นหญ้าอยู่บ้างเป็นบางช่วง

4.2.1.2 พื้นที่บริเวณทางแยกตึกคณิตศาสตร์ ถึงพื้นที่บริเวณสองฝั่งของถนนประตู 2 (BM 5 – BM 7)

เริ่มต้นของขอบเขตนี้ พื้นที่รับน้ำฝั่งซ้ายและขวาจะมีสระน้ำ ต่อจากนั้นจะเป็นตึกอาคารเรียน โดยฝั่งขวาจะเป็นอาคารจนถึงสระน้ำข้างลานสมเด็จพระนเรศวร และต่อไปจะเป็นพื้นหญ้าปกคลุม จนสิ้นสุดของถนนฝั่งซ้ายเป็นตึกโรงพยาบาล ก่อนสิ้นสุดถนนประตู 2 ประมาณ 250 - 400 เมตร ทางฝั่งซ้ายจะมีคลองเล็กๆ ซึ่งเป็นพื้นที่รับน้ำทั้งหมดก่อนที่จะระบายลงสู่คลองหนองเหล็ก

4.2.1.3 พื้นที่บริเวณสองฝั่งของถนนประตู 5 (BM 2 – BM 4)

พื้นที่รับน้ำบริเวณนี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นดิน (สนามฟุตบอล) มีตึกอาคารอยู่เพียงที่เดียวคือสถานีตำรวจ

4.2.1.4 พื้นที่บริเวณสองฝั่งของถนนทางเข้าหอพักแพทย์ (BM 6 – BM 8)

ฝั่งขวาของพื้นที่รับน้ำบริเวณนี้เป็นตึกอาคาร ฝั่งซ้ายจะเป็นคลองเล็กๆ ตลอดทั้งเส้น ซึ่งจะเป็นที่ระบายน้ำลงสู่คลองหนองเหล็ก

4.2.2 สภาพท่อระบายน้ำ

สภาพท่อระบายน้ำเป็นท่อคอนกรีต ภายในท่อส่วนใหญ่มีตะกอนที่มีลักษณะเป็นโคลนและสิ่งปฏิกูลต่างๆ สะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจเกิดจากค่าความชันของท่อ (slope) ที่ไม่ได้ระดับ หรือไม่มีการดูแลรักษา การขุดลอกท่อระบายน้ำตามความเหมาะสม

4.2.3 ทิศทางและสภาพการระบายน้ำ

จากการสำรวจพบว่า ทิศทางการไหลของน้ำในท่อระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร น้ำฝนส่วนใหญ่จะระบายลงสู่คลองหนองเหล็กทั้งหมด โดยจะมีจุดระบายน้ำลงสู่คลองหนองเหล็กที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนคือ บริเวณด้านข้างโรงพยาบาลติดกับถนนทางเข้าหอพักแพทย์ ส่วนสภาพการระบายน้ำค่อนข้างเป็นไปอย่างช้าๆ และมีบางช่วงมีน้ำถูกกักขังอยู่ภายในท่อ ซึ่งระดับน้ำภายในท่อค่อนข้างสูงมาก เนื่องจากมีตะกอนและสิ่งปฏิกูลสะสมอยู่ภายในท่อเป็นจำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.2

4.3 การคำนวณอัตราน้ำฝนในพื้นที่

ได้คำนวณอัตราการไหลของน้ำฝนในพื้นที่รับน้ำ โดยแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อยแล้วคำนวณอัตราการไหลของน้ำฝนในแต่ละพื้นที่จากสูตรการหาค่าเวลาในการไหลของน้ำ แล้วนำมาหาค่าความเข้มฝนที่ 5 ปี และพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) นำมาคำนวณอัตราน้ำไหลจากสูตรของแมนนิ่ง ดังแสดงในภาคผนวก ค.

4.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการระบายน้ำของท่อเดิม

จากสมมติฐานการคำนวณอัตราการไหลของน้ำฝน โดยคำนวณจากความถี่ฝน 5 ปี แล้วเปรียบเทียบขนาดท่อที่ได้จากการคำนวณกับขนาดท่อเดิม ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งไม่รวมน้ำจากพื้นที่ภายนอกมหาวิทยาลัยมาเสริม พบว่าท่อเดิมมีขนาดใหญ่กว่าจากการคำนวณ แสดงว่าท่อเดิมทำหน้าที่ระบายน้ำได้ดี อย่างไรก็ตาม อาจต้องทำการขุดลอกเศษดินตะกอนในท่อระบายน้ำออกเพื่อให้ท่อมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบขนาดท่อจริงและขนาดท่อจากการคำนวณ

ตำแหน่งท่อ	ขนาดท่อจริง (m)	ขนาดท่อจากการคำนวณ (m)
BM 1 – BM 3 (R)	1.00	0.60
BM 1 – BM 3 (L)	1.00	0.60
BM 2 – BM 4 (R)	1.00	0.60
BM 2 – BM 4 (L)	1.00	0.50
BM 5 – BM 7 (R)	1.00	0.60
BM 5 – BM 7 (L)	1.00	0.50
BM 6 – BM 8 (R)	1.00	0.40
BM 6 – BM 8 (R)	1.00	0.60

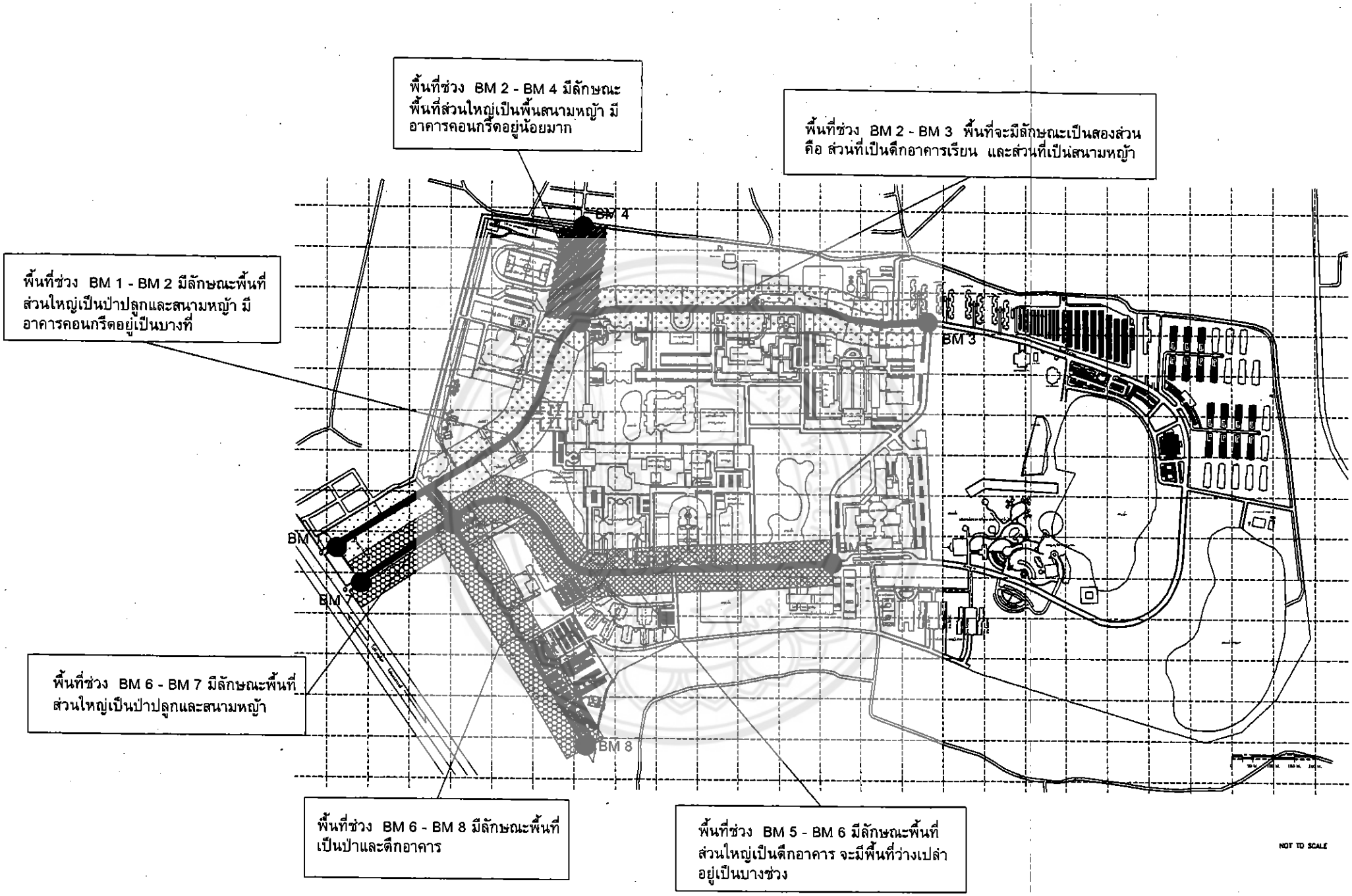
4.5 การคำนวณความสามารถในการระบายน้ำของท่อ

ได้ทำการคำนวณความสามารถในการระบายน้ำของท่อ โดยคำนวณความลาดชัน (slope) เฉลี่ยจากค่าระดับท่อ แล้วคำนวณอัตราการไหลของน้ำที่ระบายลงสู่ท่อจากพื้นที่รับน้ำต่างๆ คำนวณอัตราการไหลที่ท่อรับได้จากสมการแมนนิ่ง เทียบกับอัตราการไหลจากพื้นที่รับน้ำฝนที่ 5 ปี ดังตารางที่ 4.2 พบว่า ท่อทั้งสองฝั่งสามารถระบายน้ำได้ดี

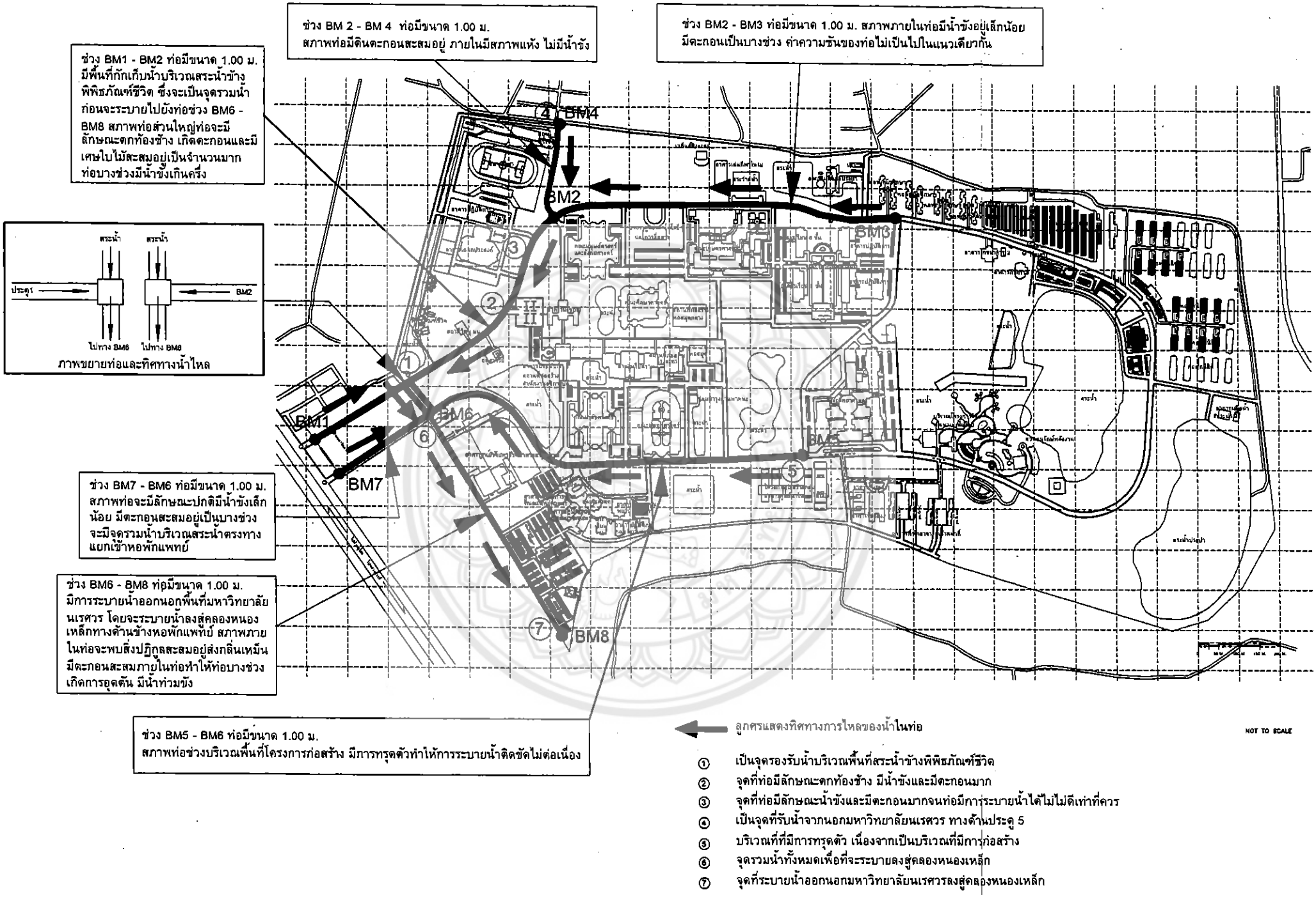
ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบอัตราการไหลที่ท่อรับได้กับอัตราการไหลจากการคำนวณ

ตำแหน่งท่อ	อัตราการไหลสูงสุดที่ท่อรับได้ (m^3/s)	อัตราการไหลจากการคำนวณ (m^3/s)
BM 1 – BM 3 (R)	0.212	0.189
BM 1 – BM 3 (L)	0.212	0.173
BM 2 – BM 4 (R)	0.212	0.209
BM 2 – BM 4 (L)	0.147	0.142
BM 5 – BM 7 (R)	0.147	0.115
BM 5 – BM 7 (L)	0.147	0.142
BM 6 – BM 8 (R)	0.094	0.044
BM 6 – BM 8 (L)	0.212	0.205

อย่างไรก็ดี พบว่าท่อบางช่วงมีความลาดชันไม่เป็นไปในแนวเดียวกัน ท่อบางช่วงมีพื้นที่หน้าตัดที่น้อยมากซึ่งอาจเกิดจาก มีตะกอนหรือสิ่งปฏิกูลภายในท่อ ทำให้การระบายน้ำบริเวณนั้นอาจมีปัญหา ผู้วิจัยจึงเสนอให้มีการขุดลอกท่อประมาณปีละสองครั้งเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่



รูปที่ 4.2 แสดงทิศทางการไหลของน้ำในท่อ และสภาพของท่อแต่ละช่วง

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัยทางกายภาพ

5.1.1 ประสิทธิภาพการระบายน้ำ

ประสิทธิภาพการระบายน้ำจากพื้นที่บริเวณถนนประตู 1 ประตู 2 และพื้นที่บริเวณถนนหอพักแพทย์มีประสิทธิภาพการระบายน้ำที่ดี ส่วนพื้นที่บริเวณถนนประตู 5 จะมีประสิทธิภาพในการระบายน้ำที่ต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ ที่ทำการสำรวจ จะสังเกตได้ว่าการระบายน้ำของท่อเป็นไปอย่างช้าๆ เนื่องจากสภาพภายในท่อมีสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ เช่น วัชพืช เศษใบไม้ รวมถึงมีตะกอนและสิ่งปฏิกูลบริเวณก้นท่อ

5.1.2 สรุปข้อมูลทางกายภาพ

ระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรในปัจจุบันค่อนข้างที่จะเสื่อมโทรมและขาดการดูแล ท่อบางช่วงเมื่อทำการเปิดดูจะพบดินตะกอนและสิ่งปฏิกูลต่างๆ มากมาย ส่งผลให้เกิดกลิ่นเหม็นสร้างความรำคาญใจและเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคต่างๆ ท่อบางช่วงค่าระดับความชันของท่อไม่เป็นไปในแนวเดียวกัน สูงๆ ต่ำๆ บางช่วงเกิดการทรุดตัวของดิน ทำให้ความสามารถในการระบายน้ำของท่อไม่เต็ม 100 เปอร์เซ็นต์

แต่ผลจากการคำนวณออกแบบขนาดของท่อ อัตราการไหลของท่อ โดยนำมาเปรียบเทียบกับขนาดของท่อจริง พบว่าท่อจริงสามารถระบายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะขนาดท่อจริงมีขนาดใหญ่และสามารถระบายน้ำออกนอกพื้นที่ได้อย่างรวดเร็ว

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการปรับปรุงสภาพของท่อระบายน้ำภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร เนื่องจากภายในท่อมีตะกอนและสิ่งปฏิกูลสะสมอยู่ซึ่งจะไปกีดขวางทางเดินน้ำ เมื่อสะสมไปนานๆ อาจทำให้ท่อเกิดการอุดตันได้ โดยควรจะทำการขุดลอกท่อประมาณปีละ 2 ครั้ง เพื่อที่จะขยายทางน้ำไหลของท่อและป้องกันการอุดตันของท่อ ในส่วนของบริเวณพื้นที่ถนนหอพักแพทย์จะรับน้ำจากโรงพยาบาลและรับน้ำทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยก่อนจะระบายลงสู่คลองหนองเหล็กซึ่งจะประสบปัญหามีกลิ่นเหม็นเน่า จึงควรจะมีการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลก่อนปล่อยลงสู่ระบบระบายน้ำ ในส่วนของบริเวณพื้นที่ทางแยกตึกคณิตศาสตร์ซึ่งจะมีโครงการก่อสร้างอาคาร ทำให้เกิดการทรุดตัวของท่อจากการก่อสร้าง จึงควรมีการซ่อมแซมปรับปรุงท่อให้มีสภาพดังเดิม

เอกสารอ้างอิง

ดร. นภดล อินนา : ทฤษฎีการคำนวณ กลศาสตร์ของไหล . บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) 2536

ธีรธร อัศวรุจานนท์ : การสำรวจเบื้องต้น . ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มณฑา ตันติพรหมมินทร์ , วิภาค แสนหาญ , บรรจบ คงทอง : การศึกษาและตรวจสอบการออกแบบระบบรางระบายน้ำภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ปี 2540

Handbook of hydraulics for the solution of Hydraulic engineering problems / Ernest F.Brater , Horace Williams King ; Jame E . Lindell , editor in chief ; C.Y. Wei , coeditor

Streeter V.L. and Wylie E.J. : Fluid Mechanics . MCGraw Hill book Company , New York. 1979

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

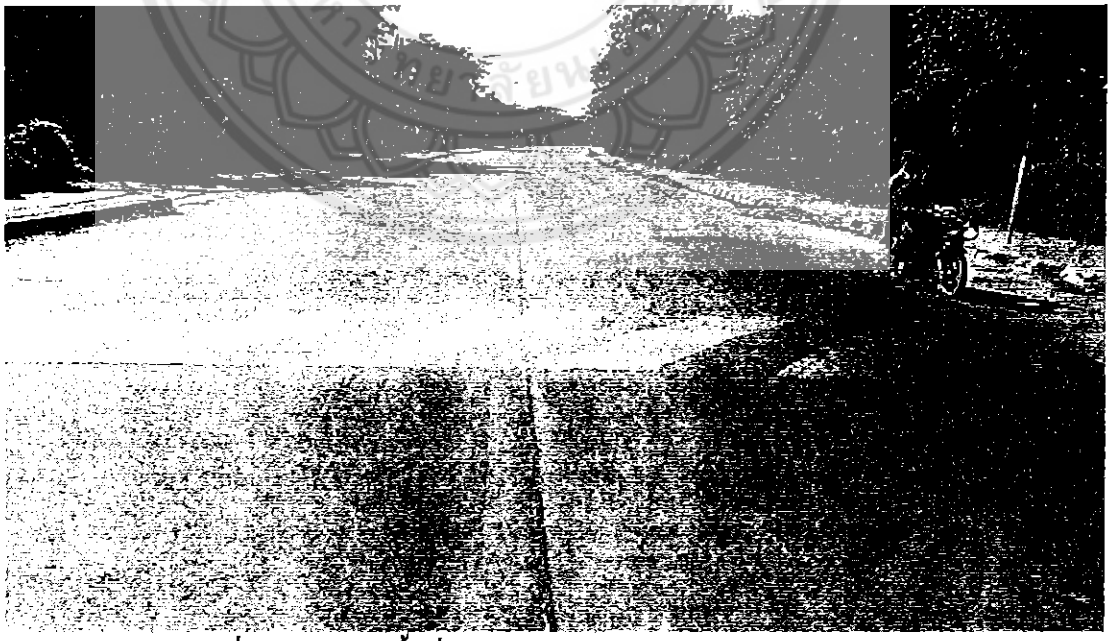
1507284 e.2

ปร
ก๑๗๕๐
๒๕๕๒

ภาคผนวก ก

รูปภาพของบริเวณพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 1

รูปที่ ก. 1 แสดงพื้นที่บริเวณถนนประตู 2 มหาวิทยาลัยนเรศวร

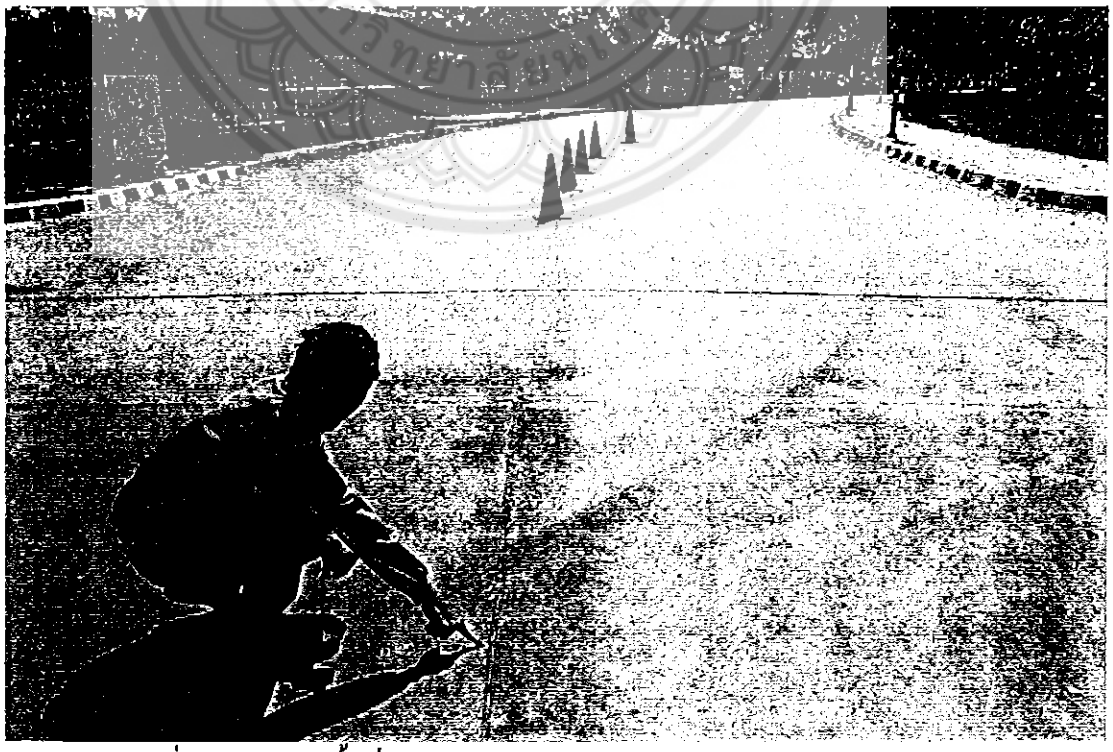


รูปที่ ก. 2 แสดงพื้นที่บริเวณถนนประตู 1 มหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ ก. 3 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าตึกคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ ก. 4 แสดงพื้นที่บริเวณถนนข้างหอพักแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ ก. 5 แสดงพื้นที่บริเวณถนนประตู 5 มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ ก. 6 แสดงพื้นที่บริเวณทางแยกตึกมนุษย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ข

ข้อมูลค่าระดับท่อและ Profile ท่อ

ตารางที่ ข. 1 ข้อมูลค่าระดับของท่อ BM 1 – BM 3

ระยะ (m)	BS	ระยะเพิ่มลด			FS		Elevation	ความลึกท่อ	ระดับพื้นท่อ	slope
BM	1.133			รวม			101			
เสาธง					0.789	0.344	101.344			
0	0.717									
						-				
BM 1					1.256	0.539	100.805			
						-				
		ซ้าย	2.20	2.20	1.299	0.582	100.762	1.9	98.862	
						-				
		ขวา	2.00	2.00	1.258	0.541	100.803	1.87	98.933	
25	0.973		L	0.09						0.00713
						-				
			R	0.08	1.158	0.185	100.62			0.00584
						-				
		ซ้าย	6.10	31.10	1.252	0.279	100.526	1.87	98.656	
						-				
		ขวา	6.10	31.10	1.165	0.192	100.613	1.85	98.763	
50	1.013		L	1.24						0.00488
			R	1.24	1.173	-0.16	100.46			0.00215
						-				
		ซ้าย	7.10	57.10	1.194	0.181	100.439	1.91	98.529	
						-				
		ขวา	7.10	57.10	1.066	0.053	100.567	1.86	98.707	
75	1.08		L	2.28						0.00684
						-				
			R	2.28	1.249	0.169	100.291			0.00801
						-				
		ซ้าย	1.70	76.70	1.255	0.175	100.285	1.89	98.395	
		ขวา	1.70	76.70	1.17	-0.09	100.37	1.82	98.55	
100	1.165		L	3.07						0.00364
						-				
			R	3.07	1.191	0.026	100.265			0.00000
						-				
		ซ้าย	0.90	100.90	1.239	0.074	100.217	1.91	98.307	
		ขวา	0.90	100.90	1.103	0.062	100.353	1.79	98.563	
125	1.144		L	4.04						0.00000
			R	4.04	1.126	0.018	100.283			0.00000
		ซ้าย	2.50	127.50	1.178	-	100.231	1.87	98.361	

						0.034				
		ขวา	0.00	125.00	1.045	0.099	100.364	1.76	98.604	
150	1.093		L	5.10						0.00041
			R	5.00	1.103	-0.01	100.273			0.00000
						-				
		ซ้าย	1.60	151.60	1.125	0.032	100.251	1.9	98.351	
		ขวา	2.10	152.10	1.037	0.056	100.339	1.71	98.629	
175	1.159		L	6.06						0.00000
			R	6.08	1.132	0.027	100.3			0.00046
		ซ้าย	0.00	175.00	1.145	0.014	100.287	1.92	98.367	
		ขวา	7.40	182.40	1.107	0.052	100.325	1.71	98.615	
200	1.161		L	7.00						0.00000
						-				
			R	7.30	1.17	0.009	100.291			0.00000
		ซ้าย	-2.20	197.80	1.103	0.058	100.358	1.89	98.468	
		ขวา	-1.00	199.00		1.161	101.461	1.69	99.771	
225	1.432		L	7.91						0.00318
			R	7.96	1.429	0.003	100.294			0.05430
						-				
		ซ้าย	-3.90	221.10	1.459	0.027	100.264	1.87	98.394	
		ขวา	-3.90	221.10			100.291	1.72	98.571	
250	1.117		L	8.84						0.00000
			R	8.84	1.109	0.008	100.302			0.00056
						-				
		ซ้าย	1.30	251.30	1.153	0.036	100.258	1.76	98.498	
		ขวา	1.30	251.30			100.294	1.74	98.554	
275	1.212		L	10.05						0.01207
						-				
			R	10.05	1.237	0.025	100.277			0.00000
		ซ้าย		275.00	1.302	-0.09	100.212	2	98.212	
		ขวา	-3.50	271.50	1.125	0.087	100.389	เปิดไม่ได้		
300	1.216		L	11.00						0.00000
			R	10.86	1.21	0.006	100.283			0.00000
						-				
		ซ้าย	7.60	307.60	1.248	0.032	100.245	1.95	98.295	
		ขวา	7.60	307.60	1.12	0.096	100.373	1.76	98.613	
325	1.374		L	12.30						0.00000
			R	12.30	1.355	0.019	100.302			0.00080
		ซ้าย	0.00	325.00	1.291	0.083	100.366	1.91	98.456	

		ขวา	0.00	325.00	1.288	0.086	100.369	1.77	98.599	
350	1.118		L	13.00						0.00064
			R	13.00	1.103	0.015	100.317			0.00000
		ซ้าย	0.00	350.00	1.1	0.018	100.32	1.88	98.44	
		ขวา	0.00	350.00	1.03	0.088	100.39	1.74	98.65	
375	1.224		L	14.00						0.00000
			R	14.00	1.217	0.007	100.324			0.00000
		ซ้าย	3.30	378.30	1.164	0.06	100.377	1.92	98.457	
		ขวา	0.00	375.00	1.161	0.063	100.38	เปิดไม่ได้		
400	1.325		L	15.13						0.00147
			R	15.00	1.328	0.003	100.321			0.00000
		ซ้าย	0.00	400.00	1.274	0.051	100.375	1.95	98.425	
		ขวา	5.65	405.65			100.324	1.87	98.454	
425	1.214		L	16.00						0.00141
			R	16.23	1.216	0.002	100.319			0.00000
		ซ้าย	6.20	431.20	1.184	0.03	100.351	1.97	98.381	
		ขวา	11.30	436.30	1.146	0.068	100.389	1.81	98.579	
450	1.187		L	17.25						0.00000
			R	17.45	1.184	0.003	100.322			0.00000
		ซ้าย	0.00	450.00	1.126	0.061	100.38	1.94	98.44	
		ขวา	1.60	451.60	1.093	0.094	100.413	1.78	98.633	
475	1.195		L	18.00						0.00000
			R	18.06	1.203	0.008	100.314			0.00137
		ซ้าย	2.10	477.10	1.157	0.038	100.36	เปิดไม่ได้		
		ขวา	7.20	482.20	1.116	0.079	100.401	1.81	98.591	
500	1.126		L	19.08						0.00000
			R	19.29	1.114	0.012	100.326			0.00770
		ซ้าย	0.00	500.00	1.059	0.067	100.381	1.91	98.471	
		ขวา	0.00	500.00			100.314	1.86	98.454	
525	1.189		L	20.00						0.00000
			R	20.00	1.19	0.001	100.325			0.00000
		ซ้าย	0.85	525.85	1.12	0.069	100.395	1.92	98.475	
		ขวา	2.80	527.80	1.115	0.074	100.4	1.8	98.6	
550	1.184		L	21.03						0.00000
			R	21.11	1.177	0.007	100.332			0.00045

		ซ้าย	0.00	550.00	1.123	0.061	100.386	1.9	98.486	
		ขวา	0.00	550.00	1.109	0.075	100.4	1.81	98.59	
575	1.374		L	22.00						0.00000
			R	22.00	1.374	0	100.332			0.00164
		ซ้าย	-3.00	572.00	1.313	0.061	100.393	1.89	98.503	
		ขวา	-3.00	572.00	1.322	0.052	100.384	1.83	98.554	
600	1.169		L	22.88						0.00000
			R	22.88	1.183	0.014	100.318			0.00000
		ซ้าย	3.30	603.30	1.095	0.074	100.406	เปิดไม่ได้		
		ขวา	3.30	603.30	1.099	0.07	100.402	1.79	98.612	
625	1.113		L	24.13						0.00000
			R	24.13	1.124	0.011	100.307			0.00000
		ซ้าย	0.00	625.00	1.059	0.054	100.372	1.93	98.442	
		ขวา	9.30	634.30	1	0.113	100.431	1.81	98.621	
650	1.109		L	25.00						0.00105
			R	25.37	1.098	0.011	100.318			0.00020
		ซ้าย	-2.20	647.80	1.018	0.091	100.398	1.98	98.418	
		ขวา	-1.00	649.00	1.008	0.101	100.408	1.79	98.618	
675	1.085		L	25.91						0.00039
			R	25.96	1.11	0.025	100.293			0.00000
		ซ้าย	-3.90	671.10	1.024	0.061	100.379	1.97	98.409	
		ขวา	-3.90	671.10	1.007	0.078	100.396	1.73	98.666	
700	1.136		L	26.84						0.00000
			R	26.84	1.159	0.023	100.27			0.00000
		ซ้าย	1.30	701.30	1.025	0.111	100.404	1.96	98.444	
		ขวา	1.30	701.30	1.025	0.111	100.404	เปิดไม่ได้		
725	1.205		L	28.05						0.00641
			R	28.05	1.162	0.043	100.313			0.00000
		ซ้าย		725.00	1.233	0.028	100.242	1.95	98.292	
		ขวา	-3.50	721.50	1.073	0.132	100.402	1.83	98.572	
750	1.159		L	29.00						0.00000
			R	28.86	1.162	0.003	100.31			0.00000
		ซ้าย	7.60	757.60	1.003	0.156	100.469	1.93	98.539	

		ขวา	7.60	757.60	1.065	0.094	100.407	1.81	98.597	
775	1.223		L	30.30						0.00672
			R	30.30	1.209	0.014	100.324			0.00000
		ซ้าย	0.00	775.00	1.121	0.102	100.412	1.99	98.422	
		ขวา	0.00	775.00	1.11	0.113	100.423	1.79	98.633	
800	1.377		L	31.00						0.00000
			R	31.00	1.378	0.001	100.323			0.00000
		ซ้าย	0.00	800.00	1.234	0.143	100.467	1.93	98.537	
		ขวา	0.00	800.00	1.234	0.143	100.467	เปิดไม่ได้		
825	1.305		L	32.00						0.00962
BM 2			R	32.00	1.313	0.008	100.315			0.00000
		ซ้าย	5.25	830.25	1.422	0.117	100.206	1.96	98.246	
		ขวา		825.00	0					
850	1.138		L	33.21						0.00293
			R	33.00	1.135	0.003	100.318			0.00000
		ซ้าย	12.00	862.00	1.17	0.032	100.283	2.13	98.153	
		ขวา		850.00	1.165	0.027	100.288	1.76	98.528	
875	1.261		L	34.48						0.00000
			R	34.00	1.254	0.007	100.325			0.00000
		ซ้าย	3.10	878.10	1.178	0.083	100.401	2.1	98.301	
		ขวา		875.00	1.197	0.064	100.382	1.81	98.572	
900	1.1		L	35.12						0.00000
			R	35.00	1.113	0.013	100.312			0.00070
		ซ้าย	0.00	900.00	1.033	0.067	100.392	2.06	98.332	
		ขวา	3.58	903.58	0		100.382	1.83	98.552	
925	1.537		L	36.00						0.00000
			R	36.14	1.522	0.015	100.327			0.00000
		ซ้าย	0.00	925.00	0					
		ขวา	0.00	925.00	1.259	0.278	100.59	1.87	98.72	
950	1.239		L	37.00						0.00000
			R	37.00	1.239	0	100.327			0.03376
		ซ้าย	3.30	953.30	1.18	0.059	100.386	2.09	98.296	
		ขวา	0.00	950.00	1.85	0.611	99.716	1.84	97.876	

975	1.404		L	38.13						0.00051
			R	38.00	1.414	-0.01	100.317			0.00000
		ซ้าย	0.00	975.00	1.346	0.058	100.385	2.1	98.285	
		ขวา	5.65	980.65	0					
1000	1.458		L	39.00						0.00000
			R	39.23	1.441	0.017	100.334			0.00000
		ซ้าย	6.20	1006.20	1.414	0.044	100.361	2.06	98.301	
		ขวา	11.30	1011.30	1.385	0.073	100.39	1.84	98.55	
1025	1.383		L	40.25						0.00000
			R	40.45	1.383	0	100.334			0.00000
		ซ้าย	0.00	1025.00	1.316	0.067	100.401	2.01	98.391	
		ขวา	1.60	1026.60	1.325	0.058	100.392	1.8	98.592	
1050	1.432		L	41.00						0.00077
			R	41.06	1.434	0.002	100.332			0.00016
		ซ้าย	2.10	1052.10	1.366	0.066	100.4	2.03	98.37	
		ขวา	7.20	1057.20	1.369	0.063	100.397	1.81	98.587	
1075	1.443		L	42.08						0.00000
			R	42.29	1.463	-0.02	100.312			0.00090
		ซ้าย	0.00	1075.00	1.385	0.058	100.39	2	98.39	
		ขวา	0.00	1075.00	1.414	0.029	100.361	1.79	98.571	
1100	1.397		L	43.00						0.00000
			R	43.00	1.379	0.018	100.33			0.00000
		ซ้าย	0.85	1100.85	1.335	0.062	100.374	1.98	98.394	
		ขวา	2.80	1102.80	1.307	0.09	100.402	1.8	98.602	
1125	1.422		L	44.03						0.00000
			R	44.11	1.423	0.001	100.329			0.00000
		ซ้าย	0.00	1125.00	0					
		ขวา	0.00	1125.00	0					
1150	1.699		L	45.00						0.00000
			R	45.00	1.684	0.015	100.344			0.00000
		ซ้าย	-3.00	1147.00	0			เปิดไม่ได้		
		ขวา	-3.00	1147.00	1.556	0.143	100.472	1.74	98.732	
1175	1.514		L	45.88						0.00000
			R	45.88	1.474	0.04	100.384			0.00000
		ซ้าย	3.30	1178.30	1.365	0.149	100.493	1.91	98.583	
		ขวา	3.30	1178.30	1.373	0.141	100.485	1.72	98.765	
1200	1.435		L	47.13						0.00249

			R	47.13	1.48	0.045	100.339			0.00000
		ซ้าย	0.00	1200.00	1.4	0.035	100.419	1.89	98.529	
		ขวา	9.30	1209.30	1.333	0.102	100.486	1.7	98.786	
1225	1.567		L	48.00						0.00000
			R	48.37	1.48	0.087	100.426			0.00000
		ซ้าย	0.00	1225.00	1.4	0.167	100.506	1.86	98.646	
		ขวา	0.00	1225.00	1.323	0.244	100.583	1.69	98.893	
1250	1.648		L	49.00						0.00070
			R	49.00	1.646	0.002	100.428			0.00154
		ซ้าย	9.20	1259.20	1.562	0.086	100.512	1.89	98.622	
		ขวา	2.30	1252.30	1.533	0.115	100.541	1.69	98.851	
1275	1.527		L	50.37						0.00000
			R	50.09	1.57	0.043	100.385			0.00000
		ซ้าย	4.40	1279.40	1.399	0.128	100.556	1.93	98.626	
		ขวา	8.90	1283.90	1.412	0.115	100.543	1.65	98.893	
1300	1.541		L	51.18						0.01121
			R	51.36	1.514	0.027	100.412			0.00000
		ซ้าย	0.00	1300.00	1.581	-0.04	100.345	1.95	98.395	
		ขวา	0.00	1300.00	1.397	0.144	100.529	1.62	98.909	
1325	1.564		L	52.00						0.00000
			R	52.00	1.542	0.022	100.434			0.00000
		ซ้าย		1325.00	1.447	0.117	100.529	1.92	98.609	
		ขวา	4.80	1329.80	0					
1350	1.525		L	53.00						0.00000
			R	53.19	1.529	0.004	100.43			0.00000
		ซ้าย	6.10	1356.10	1.413	0.112	100.546	1.93	98.616	
		ขวา	10.20	1360.20	1.445	0.08	100.514	1.69	98.824	
1375	1.505		L	54.24						0.00000
			R	54.41	1.513	0.008	100.422			0.00014
		ซ้าย	12.60	1387.60	1.395	0.11	100.54	1.91	98.63	
		ขวา		1375.00	1.433	0.072	100.502	1.68	98.822	
1400	1.553		L	55.50						0.00006
			R	55.00	1.556	0.003	100.419			0.00070
		ซ้าย	3.60	1403.60	1.446	0.107	100.529	1.9	98.629	

		ขวา	4.90	1404.90	1.454	0.099	100.521	1.72	98.801	
1425	1.45		L	56.14						0.00000
			R	56.20	1.449	0.001	100.42			0.00000
		ซ้าย	10.10	1435.10	1.339	0.111	100.53	1.9	98.63	
		ขวา	9.20	1434.20	1.324	0.126	100.545	1.74	98.805	
1450	1.58		L	57.40						0.00000
			R	57.37	1.556	0.024	100.444			0.00333
		ซ้าย		1450.00	0					
		ขวา	1.60	1451.60	1.433	0.147	100.567	1.82	98.747	
1475	1.597		L	58.00						0.00000
			R	58.06	1.575	0.022	100.466	ตามลึก		0.00000
		ซ้าย	10.40	1485.40	0	1.597				
		ขวา		1475.00	1.459	0.138	100.582	1.78	98.802	
1500	1.612		L	59.42						0.00000
			R	59.00	1.586	0.026	100.492			0.00000
		ซ้าย		1500.00	1.508	0.104	100.57	1.8	98.77	
		ขวา	3.30	1503.30	1.462	0.15	100.616	1.8	98.816	
1525	1.559		L	60.00						0.00000
			R	60.13	1.5	0.059	100.551			0.00000
		ซ้าย	8.80	1533.80	1.413	0.146	100.638	1.82	98.818	
		ขวา		1525.00	1.343	0.216	100.708	1.84	98.868	
1550	1.591		L	61.35						0.00000
			R	61.00	1.467	0.124	100.675			0.00000
		ซ้าย	13.00	1563.00	1.362	0.229	100.78	1.82	98.96	
		ขวา	5.60	1555.60	1.335	0.256	100.807	1.86	98.947	
1575	1.577		L	62.52						0.00591
			R	62.22	1.52	0.057	100.732			0.00029
		ซ้าย	3.40	1578.40	1.533	0.044	100.719	1.85	98.869	
		ขวา	11.60	1586.60	1.394	0.183	100.858	1.92	98.938	
1600	1.58		L	63.14						0.00000
			R	63.46	1.503	0.077	100.809			0.00179
		ซ้าย	9.00	1609.00	1.415	0.165	100.897	1.87	99.027	
		ขวา	1.70	1601.70	1.411	0.169	100.901	1.99	98.911	
1625	1.45		L	64.36						0.00219
			R	64.07	1.424	0.026	100.835			0.00013
		ซ้าย		1625.00	1.357	0.093	100.902	1.91	98.992	
		ขวา	7.30	1632.30	1.362	0.088	100.897	1.99	98.907	
1650	1.495		L	65.00						0.00063

			R	65.29	1.498	-0.003	100.832			0.00000
		ซ้าย	5.30	1655.30	1.427	0.068	100.903	1.93	98.973	
		ขวา	12.60	1662.60	1.389	0.106	100.941	1.97	98.971	
1675	1.491		L	66.21						0.00000
			R	66.50	1.515	-0.024	100.808			0.00243
		ซ้าย	8.30	1683.30	1.418	0.073	100.905	1.93	98.975	
		ขวา	2.40	1677.40	1.418	0.073	100.905	1.97	98.935	
1700	1.414		L	67.33						0.00000
BM 3			R	67.10	1.438	-0.024	100.784			0.00000
		ซ้าย	8.30	1708.30	0				0	
		ขวา	2.40	1702.40	0				0	
			L	68.33				ค่าเฉลี่ยslope (L)		0.00373
			R	68.10				ค่าเฉลี่ยslope (R)		0.00539

ตารางที่ ข. 2 ข้อมูลค่าระดับท่อ BM 6 - BM 8

ระยะ (m)	BS	ระยะเพิ่มลด			FS		Elevation	ความลึกท่อ	ระดับพื้นท่อ	slope
1525	1.731									
BM 8				รวม	1.668	0.063	99.992			
		ซ้าย	9.2	1534.2	1.585	0.146	100.075	2.01	98.065	
		ขวา		1525	0			0		
1500	1.671		L	61.37						0.00000
						-				
			R	61.00	1.694	0.023	99.929			0.00000
		ซ้าย	5.4	1505.4	1.623	0.048	100	1.93	98.07	
		ขวา	5.4	1505.4	1.615	0.056	100.008	1.95	98.058	
1475	1.48		L	60.22						0.00000
						-				
			R	60.22	1.502	0.022	99.952			0.00000
		ซ้าย	2.3	1477.3	1.37	0.11	100.084	1.91	98.174	
		ขวา	2.3	1477.3	1.355	0.125	100.099	1.9	98.199	
1450	1.618		L	59.09						0.00000
			R	59.09	1.577	0.041	99.974			0.00070
		ซ้าย	0	1450	1.48	0.138	100.071	1.89	98.181	
		ขวา	0	1450	1.468	0.15	100.083	1.9	98.183	
1425	1.442		L	58.00						0.00077
						-				
			R	58.00	1.455	0.013	99.933			0.00199
		ซ้าย	6.1	1431.1	1.341	0.101	100.047	1.89	98.157	
		ขวา	6.1	1431.1	1.397	0.045	99.991	1.87	98.121	
1400	1.544		L	57.24						0.00000
						-				
			R	57.24	1.629	0.085	99.946			0.00000
		ซ้าย	7.1	1407.1	1.451	0.093	100.124	1.91	98.214	
		ขวา	7.1	1407.1	1.45	0.094	100.125	1.91	98.215	
1375	1.587		L	56.28						0.00000
			R	56.28	1.522	0.065	100.031			0.00000
		ซ้าย	1.7	1376.7	1.45	0.137	100.103	1.87	98.233	
		ขวา	1.7	1376.7	1.425	0.162	100.128	1.9	98.228	
1350	1.644		L	55.07						0.00000
						-				
			R	55.07	1.748	0.104	99.966			0.00000

		ซ้าย	0.9	1350.9	1.543	0.101	100.171	1.85	98.321	
		ขวา	0.9	1350.9	1.55	0.094	100.164	1.86	98.304	
1325	1.671		L	54.04						0.00000
			R	54.04	1.671	0	100.07			0.00000
		ซ้าย	2.5	1327.5	1.524	0.147	100.217	1.83	98.387	
		ขวา	0	1325	1.497	0.174	100.244	1.81	98.434	
1300	1.523		L	53.10						0.00548
			R	53.00	1.525	-0.002	100.07			0.00295
		ซ้าย	1.6	1301.6	1.5	0.023	100.095	1.84	98.255	
		ขวา	2.1	1302.1	1.481	0.042	100.114	1.76	98.354	
1275	1.502		L	52.06						0.00000
			R	52.08	1.496	0.006	100.072			0.00168
		ซ้าย	5.3	1280.3	1.448	0.054	100.12	1.83	98.29	
		ขวา	8.7	1283.7	1.477	0.025	100.091	1.79	98.301	
1250	1.555		L	51.21						0.00096
			R	51.35	1.637	-0.082	100.066			0.00000
		ซ้าย	0	1250	1.622	-0.067	100.081	1.81	98.271	
		ขวา	0	1250	1.524	0.031	100.179	1.79	98.389	
1225	1.531		L	50.00						0.00000
			R	50.00	1.562	-0.031	100.148			0.00000
		ซ้าย	0	1225	1.533	-0.002	100.177	1.79	98.387	
		ขวา	0	1225	1.462	0.069	100.248	1.81	98.438	
1200	1.424		L	49.00						0.00000
			R	49.00	1.387	0.037	100.179			0.00000
		ซ้าย	5.3	1205.3	1.33	0.094	100.236	1.82	98.416	
		ขวา	5.3	1205.3	1.314	0.11	100.252	1.8	98.452	
1175	1.453		L	48.21						0.00617
			R	48.21	1.465	-0.012	100.142			0.00272
		ซ้าย	1.7	1173.3	1.492	0.039	100.115	1.81	98.305	
		ขวา	1.7	1173.3	1.384	0.069	100.223	1.82	98.403	
1150	1.43		L	46.93						0.00000
			R	46.93	1.379	0.051	100.154			0.00000

		ซ้าย	0.9	1350.9	1.543	0.101	100.171	1.85	98.321	
		ขวา	0.9	1350.9	1.55	0.094	100.164	1.86	98.304	
1325	1.671		L	54.04						0.00000
			R	54.04	1.671	0	100.07			0.00000
		ซ้าย	2.5	1327.5	1.524	0.147	100.217	1.83	98.387	
		ขวา	0	1325	1.497	0.174	100.244	1.81	98.434	
1300	1.523		L	53.10						0.00548
			R	53.00	1.525	-0.002	100.07			0.00295
		ซ้าย	1.6	1301.6	1.5	0.023	100.095	1.84	98.255	
		ขวา	2.1	1302.1	1.481	0.042	100.114	1.76	98.354	
1275	1.502		L	52.06						0.00000
			R	52.08	1.496	0.006	100.072			0.00168
		ซ้าย	5.3	1280.3	1.448	0.054	100.12	1.83	98.29	
		ขวา	8.7	1283.7	1.477	0.025	100.091	1.79	98.301	
1250	1.555		L	51.21						0.00096
			R	51.35	1.637	-0.082	100.066			0.00000
		ซ้าย	0	1250	1.622	-0.067	100.081	1.81	98.271	
		ขวา	0	1250	1.524	0.031	100.179	1.79	98.389	
1225	1.531		L	50.00						0.00000
			R	50.00	1.562	-0.031	100.148			0.00000
		ซ้าย	0	1225	1.533	-0.002	100.177	1.79	98.387	
		ขวา	0	1225	1.462	0.069	100.248	1.81	98.438	
1200	1.424		L	49.00						0.00000
			R	49.00	1.387	0.037	100.179			0.00000
		ซ้าย	5.3	1205.3	1.33	0.094	100.236	1.82	98.416	
		ขวา	5.3	1205.3	1.314	0.11	100.252	1.8	98.452	
1175	1.453		L	48.21						0.00617
			R	48.21	1.465	-0.012	100.142			0.00272
		ซ้าย	1.7	1173.3	1.492	0.039	100.115	1.81	98.305	
		ขวา	1.7	1173.3	1.384	0.069	100.223	1.82	98.403	
1150	1.43		L	46.93						0.00000
			R	46.93	1.379	0.051	100.154			0.00000

ตารางที่ ข. 3 ข้อมูลค่าระดับท่อ BM 5 – BM 7

ระยะ (m)	BS	ระยะเพิ่มลด			FS		Elevation	ความลึกท่อ	ระดับพื้นท่อ	slope
825	1.305			รวม						
					1.313	-0.008	100.315			
		ซ้าย	5.25	830.25	1.422	-0.117	100.206	1.96	98.246	
		ขวา	0	825	0		0			
850	1.529		L	33.21						0.0000
			R	33.00	1.707	-0.178	100.137			0.0000
		ซ้าย	0	850	1.536	-0.007	100.308	1.86	98.448	
		ขวา	7.4	857.4	1.54	-0.011	100.304	1.91	98.394	
875	1.695		L	34.00						0.0011
			R	34.30	1.649	0.046	100.183			0.0002
		ซ้าย	-2.2	872.8	1.528	0.167	100.304	1.88	98.424	
		ขวา	-1	874	1.522	0.173	100.31	1.92	98.39	
900	1.662		L	34.91						0.0000
			R	34.96	1.672	-0.01	100.173			0.0000
		ซ้าย	-3.9	896.1	1.543	0.119	100.302	1.87	98.432	
		ขวา	-3.9	896.1	1.55	0.112	100.295	1.9	98.395	
925	1.667		L	35.84						0.0000
			R	35.84	1.658	0.009	100.182			0.0008
		ซ้าย	1.3	926.3	1.463	0.204	100.377	1.9	98.477	
		ขวา	1.3	926.3	1.598	0.069	100.242	1.87	98.372	
950	1.622	BM	L	37.05						0.0043
			R	37.05	1.637	-0.015	100.167			0.0019
		ซ้าย		950	1.518	0.104	100.286	1.91	98.376	
		ขวา	-3.5	946.5	1.57	0.052	100.234	1.9	98.334	
975	1.672		L	38.00						0.0000
			R	37.86	1.687	-0.015	100.152			0.0000
		ซ้าย	7.6	982.6	1.533	0.139	100.306	1.93	98.376	
		ขวา	7.6	982.6	1.561	0.111	100.278	1.89	98.388	

1000	1.803		L	39.30						0.0000
			R	39.30	1.775	0.028	100.18			0.0001
		ซ้าย	0	1000	1.595	0.208	100.36	1.89	98.47	
		ขวา	0	1000	1.668	0.135	100.287	1.9	98.387	
1025	1.861		L	40.00						0.0000
			R	40.00	1.693	0.168	100.348			0.0000
		ซ้าย	12.6	1037.6	1.412	0.449	100.629	1.91	98.719	
		ขวา	12.6	1037.6	1.405	0.456	100.636	1.93	98.706	
			L	41.50						0.0000
1050	1.739		R	41.50						0.0000
					0.598	1.141	101.489	ค่าเฉลี่ยslope (L)		0.0018
								ค่าเฉลี่ยslope (R)		0.0007

ตารางที่ ข. 4 ข้อมูลค่าระดับท่อ BM 5 – BM 6

ระยะ (m)	หน้า BS	ระยะเพิ่มลด		FS		Elevation	ความลึกท่อ	ระดับท่อ	
0	1.358					100.472			
BM 5			รวม						
					-				
				1.436	0.078	100.394			
		ซ้าย 9.4	9.4	1.408	-0.05	100.422	0	100.422	
					-				
		ขวา 9.4	9.4	1.39	0.032	100.44	0	100.44	
25	1.305	L	0.38						0.12141
		R	0.38	1.297	0.008	100.402			0.12776
		ซ้าย 0	25	1.251	0.054	100.448	1.92	98.528	
		ขวา 0	25	1.252	0.053	100.447	2	98.447	
50	1.314	L	1.00						0.00000
		R	1.00	1.242	0.072	100.474			0.00000
		ซ้าย 0	50	1.282	0.032	100.434	1.89	98.544	
		ขวา 1.5	51.5	1.229	0.085	100.487	1.96	98.527	
75	1.388	L	2.00						0.00000
					-				
		R	2.06	1.463	0.075	100.399			0.00054
					-				
		ซ้าย 5.9	80.9	1.43	0.042	100.432	1.87	98.562	
					-				
		ขวา 5.9	80.9	1.441	0.053	100.421	1.91	98.511	
100	1.488	L	3.24						0.00125
					-				
		R	3.24	1.525	0.037	100.362			0.00000
		ซ้าย 11.4	111.4	1.483	0.005	100.404	1.88	98.524	
		ขวา 11.4	111.4	1.46	0.028	100.427	1.86	98.567	
125	1.5	L	4.46						0.00000
		R	4.46	1.478	0.022	100.384			0.00000
		ซ้าย 1.6	126.6	1.426	0.074	100.436	1.86	98.576	
		ขวา 1.3	126.3	1.474	0.026	100.388	1.77	98.618	
150	1.505	L	5.06						0.00369
					-				
		R	5.05	1.511	0.006	100.378			0.00062
					-				
		ซ้าย 7.5	157.5	1.617	0.112	100.272	1.81	98.462	

		ขวา	6.8	156.8	1.51	0.005	100.379	1.78	98.599	
175	1.353		L	6.30						0.00000
			R	6.27	1.427	0.074	100.304			0.00042
		ซ้าย	13.1	188.1	1.311	0.042	100.42	0	100.42	
		ขวา	13.1	188.1	1.385	0.032	100.346	1.76	98.586	
200	1.309		L	7.52						0.14857
			R	7.52	1.288	0.021	100.325			0.00163
		ซ้าย	0	200	1.201	0.108	100.412	1.76	98.652	
		ขวา	1	201	1.288	0.021	100.325	1.76	98.565	
225	1.529		L	8.00						0.00224
			R	8.04	1.578	0.049	100.276			0.00072
		ซ้าย	0	225	1.458	0.071	100.396	1.8	98.596	
		ขวา	6.5	231.5	1.561	0.032	100.293	1.75	98.543	
250	1.553		L	9.00						0.00474
			R	9.26	1.545	0.008	100.284			0.00000
		ซ้าย	6.2	256.2	1.521	0.032	100.308	1.86	98.448	
		ขวา	1.6	251.6	0					
275	1.501		L	10.25						0.00386
			R	10.06	1.486	0.015	100.299			0.00000
		ซ้าย	10.7	285.7	1.441	0.06	100.344	2.01	98.334	
		ขวา	0	275	1.369	0.132	100.416	1.73	98.686	
300	1.524		L	11.43						0.00091
			R	11.00	1.517	0.007	100.306			0.00018
		ซ้าย	1.1	301.1	1.483	0.041	100.34	2.02	98.32	
		ขวา	9	309	1.403	0.121	100.42	1.74	98.68	
325	1.455		L	12.04						0.00000
			R	12.36	1.486	0.031	100.275			0.00356
		ซ้าย	6.9	331.9	1.453	0.002	100.308	1.98	98.328	
		ขวา	0	325	1.418	0.037	100.343	1.72	98.623	
350	1.51		L	13.28						0.00000
			R	13.00	1.466	0.044	100.319			0.00000
		ซ้าย	0	350	1.46	0.05	100.325	1.94	98.385	
		ขวา	5.3	355.3	1.361	0.149	100.424	1.73	98.694	

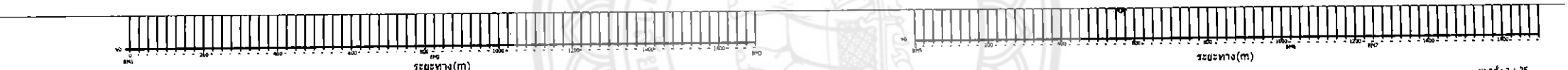
375	1.486		L	14.00						0.00036
			R	14.21	1.526	-0.04	100.279			0.00105
		ซ้าย	2.9	377.9	1.46	0.026	100.345	1.97	98.375	
		ขวา	10.9	385.9	1.393	0.093	100.412	1.75	98.662	
400	1.401		L	15.12						0.00065
			R	15.44	1.405	0.004	100.275			0.00000
		ซ้าย	8.6	408.6	1.325	0.076	100.355	2	98.355	
		ขวา	0	400	1.245	0.156	100.435	1.72	98.715	
425	1.577		L	16.34						0.00000
			R	16.00	1.52	0.057	100.332			0.00164
		ซ้าย	0	425	1.467	0.11	100.385	1.93	98.455	
		ขวา	0	425	1.468	0.109	100.384	1.71	98.674	
450	1.316		L	17.00						0.00000
			R	17.00	1.327	0.011	100.321			0.00363
		ซ้าย	4.5	454.5	1.224	0.092	100.424	1.95	98.474	
		ขวา	4.5	454.5	1.301	0.015	100.347	1.78	98.567	
475	1.444		L	18.18						0.00000
			R	18.18	1.43	0.014	100.335			0.00000
		ซ้าย	10.4	485.4	1.358	0.086	100.407	1.96		
		ขวา	6.9	481.9	1.406	0.038	100.359	1.75	98.609	
500	1.414		L	19.42						0.00000
			R	19.28	1.408	0.006	100.341			0.00052
		ซ้าย	0	500	1.335	0.079	100.414	1.96	98.454	
		ขวา	12.7	512.7	1.396	0.018	100.353	1.76	98.593	
525	1.398		L	20.00						0.00000
			R	20.51	1.404	0.006	100.335			0.00000
		ซ้าย	6.2	531.2	1.325	0.073	100.414	1.94	98.474	
		ขวา	3.2	528.2	1.363	0.035	100.376	1.75	98.626	
550	1.289		L	21.25						0.00163
			R	21.13	1.303	0.014	100.321			0.00000
		ซ้าย	11.9	561.9	1.24	0.049	100.384	1.96	98.424	
		ขวา	8.9	558.9	1.246	0.043	100.378	เปิดไม่ได้		
575	1.325		L	22.48						0.00000
			R	22.36	1.397	0.072	100.249			0.00000

		ซ้าย	0	575	1.28	0.045	100.366	1.93	98.436	
		ขวา	0	575	1.313	0.012	100.333	1.75	98.583	
600	1.586		L	23.00						0.00000
			R	23.00	1.537	0.049	100.298			0.00000
		ซ้าย	4.4	604.4	1.501	0.085	100.334	1.95		
		ขวา	4.4	604.4	1.469	0.117	100.366	1.77	98.596	
625	1.716		L	24.18						0.00000
			R	24.18	1.741	0.025	100.273			0.00000
		ซ้าย	8.3	633.3	1.644	0.072	100.37	1.93	98.44	
		ขวา	13.1	638.1	1.65	0.066	100.364	1.75	98.614	
650	1.755		L	25.33						0.00126
			R	25.52	1.74	0.015	100.288			0.00216
		ซ้าย	12.6	662.6	1.665	0.09	100.363	1.96	98.403	
		ขวา	4.8	654.8	1.66	0.095	100.368	1.79	98.578	
675	1.705		L	26.50						0.00182
			R	26.19	1.726	0.021	100.267			0.00117
		ซ้าย	3	678	1.628	0.077	100.365	1.99	98.375	
		ขวา	10.7	685.7	1.641	0.064	100.352	1.81	98.542	
700	1.428		L	27.12						0.00000
			R	27.43	1.423	0.005	100.272			0.00136
		ซ้าย	8.5	708.5	1.338	0.09	100.357	1.95	98.407	
		ขวา	1.1	701.1	1.344	0.084	100.351	1.83	98.521	
725	1.448		L	28.34						0.00285
			R	28.04	1.433	0.015	100.287			0.00000
		ซ้าย	0	725	1.36	0.088	100.36	2	98.36	
		ขวา	6.9	731.9	1.354	0.094	100.366	1.84	98.526	
750	1.401		L	29.00						0.00000
			R	29.28	1.393	0.008	100.295			0.00010
		ซ้าย	12	762	1.311	0.09	100.377	2.01	98.367	
		ขวา	12	762	1.315	0.086	100.373	1.85	98.523	
775	1.355		L	30.48						0.00000
			R	30.48	1.365	-0.01	100.285			0.00000
		ซ้าย	1.6	776.6	1.295	0.06	100.355	1.98	98.375	
		ขวา	1.3	776.3	1.295	0.06	100.355	1.82	98.535	
800	1.354		L	31.06						0.00000
			R	31.05	1.393	0.039	100.246			0.00130

		ซ้าย	3.2	803.2	1.315	0.039	100.324	เปิดไม่ได้		
		ขวา	4	804	1.31	0.044	100.329	1.83	98.499	
825	1.318		L	32.13						0.00000
			R	32.16	1.321	-0.003	100.243			0.00040
		ซ้าย	8.5	833.5	1.252	0.066	100.312	2	98.312	
		ขวา	6.2	831.2	1.236	0.082	100.328	1.84	98.488	
850	1.359		L	33.34						0.00000
			R	33.25	1.354	0.005	100.248			0.00000
		ซ้าย	4.2	854.2	1.267	0.092	100.335	1.97	98.365	
		ขวา	5.5	855.5	1.279	0.08	100.323	1.81	98.513	
875	1.743		L	34.17						0.00000
			R	34.22	1.753	-0.01	100.238			0.00000
		ซ้าย	10.9	885.9	1.633	0.11	100.358	1.99	98.368	
		ขวา	7.6	882.6	1.655	0.088	100.336	1.8	98.536	
900	1.784		L	35.44						0.00227
			R	35.30	1.783	0.001	100.239			0.00015
		ซ้าย	9.7	909.7	1.698	0.086	100.324	2.01	98.314	
		ขวา	3.2	903.2	1.699	0.085	100.323	1.79	98.533	
925	1.775		L	36.39						0.01353
			R	36.13	1.772	0.003	100.242			0.00005
		ซ้าย	0	925	1.867	-0.092	100.147	2.04	98.107	
		ขวา	0	925	1.682	0.093	100.332	1.8	98.532	
950	1.759		L	37.00						0.00000
			R	37.00	1.769	-0.01	100.232			0.00000
		ซ้าย	11.1	961.1	1.662	0.097	100.339	2	98.339	
		ขวา	0	950	1.676	0.083	100.325	1.76	98.565	
975	1.433		L	38.44						0.00187
			R	38.00	1.475	-0.042	100.19			0.00000
		ซ้าย	0	975	1.342	0.091	100.323	2.01	98.313	
		ขวา	7.5	982.5	0	1.433	101.665	1.74	99.925	
1000	1.581		L	39.00						0.00121
			R	39.30	1.331	0.25	100.44			0.06009
		ซ้าย	3.2	1003.2	1.472	0.109	100.299	2.02	98.279	
		ขวา	4.8	1004.8	1.436	0.145	100.335	1.75	98.585	
1025	1.598		L	40.13						0.00000
BM 6			R	40.19	1.624	-	100.414			0.00000

						0.026				
		ซ้าย	0	1025	1.515	0.083	100.523	2.06	98.463	
		ขวา	0	1025	1.576	0.022	100.462	1.73	98.732	
1050	1.63		L	41.00						0.00000
			R	41.00	1.612	0.018	100.432			0.00000
		ซ้าย	0	1050	1.581	0.049	100.463	1.99	98.473	
		ขวา	0	1050	1.53	0.1	100.514	1.72	98.794	
1075	1.597		L	42.00						0.00000
			R	42.00	1.624	0.027	100.405			0.00000
		ซ้าย	1.1	1076.1	1.557	0.04	100.472	1.98	98.492	
		ขวา	2	1077	1.503	0.094	100.526	1.72	98.806	
1100	1.557		L	43.04						0.00243
			R	43.08	1.537	0.02	100.425			0.00498
		ซ้าย	0	1100	1.538	0.019	100.424	1.99	98.434	
		ขวา	1.5	1101.5	1.528	0.029	100.434	1.75	98.684	
1125	1.566		L	44.00						0.00000
			R	44.06	1.606	-0.04	100.385			0.00000
		ซ้าย	0	1125	1.489	0.077	100.502	1.86	98.642	
		ขวา	0	1125	1.454	0.112	100.537	1.76	98.777	
1150	1.647		L	45.00						0.00063
			R	45.00	1.568	0.079	100.464			0.00000
		ซ้าย	0.25	1150.25	1.486	0.161	100.546	1.92	98.626	
		ขวา	0.25	1150.25	1.387	0.26	100.645	1.73	98.915	
1175	1.813		L	46.01						0.00000
			R	46.01	1.572	0.241	100.705			0.00000
		ซ้าย	0.26	1175.26	1.508	0.305	100.769	1.98	98.789	
		ขวา	0.26	1175.26	1.431	0.382	100.846	1.74	99.106	
1200	1.613		L	47.01						0.00000
			R	47.01	1.525	0.088	100.793			0.00000
		ซ้าย	1.7	1201.7	1.397	0.216	100.921	1.99	98.931	
		ขวา	1.2	1201.2	1.336	0.277	100.982	เปิดไม่ได้		
1225	1.635		L	48.07						0.00009
			R	48.05	1.518	0.117	100.91			0.00000
		ซ้าย	0	1225	1.439	0.196	100.989	2.06	98.929	
		ขวา	0	1225	1.374	0.261	101.054	1.9	99.154	
1250	1.708		L	49.00						0.00000
BM 7			R	49.00	1.438	0.27	101.18			0.00000

		ซ้าย	0	1250	1.301	0.407	101.317	2.03	99.287	
		ขวา	0	1250	1.277	0.431	101.341	1.91	99.431	
			L	50.00				[illegible]		
			R	50.00				[illegible]		



แนวตั้ง 1 : 25
แนวนอน 1 : 1

แนวตั้ง 1 : 25
แนวนอน 1 : 1

ภาคผนวก ค

ตารางรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ

ตาราง ค. 1 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 1 – BM 3 ด้านซ้าย

ท่อระบายน้ำทางด้านซ้าย (ถนนประตู 1)																	กำหนด			
Node		ท่อ	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่	เวลา(นาที)			I	Q	V=	0.75		
					พื้นที่ย่อย		ถนน				สะสม						n=	0.016		
(L)	(L)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.		D	D ประมาณ	Qรับได้	Slope
1	2	1	28.9	28.9	1088.4	0.2	159.0	0.85	0.28	1247.3	1247.3	20	0.64	20.64	134.9	0.013	0.15	0.2	0.024	0.0078
2	3	2	26.0	54.9	901.1	0.2	143.0	0.85	0.29	1044.1	2291.4	20	1.22	21.22	133.2	0.025	0.20	0.2	0.024	0.0078
3	4	3	19.6	74.5	686.2	0.2	107.8	0.85	0.29	794.0	3085.4	20	1.66	21.66	131	0.032	0.23	0.25	0.037	0.0058
4	5	4	24.2	98.7	800.7	0.2	133.1	0.85	0.29	933.8	4019.2	20	2.19	22.19	130.3	0.043	0.27	0.4	0.094	0.0031
5	6	5	26.6	125.3	426.1	0.2	146.3	0.85	0.37	572.4	4591.6	20	2.78	22.78	129	0.060	0.32	0.4	0.094	0.0031
6	7	6	24.1	149.4	812.8	0.2	132.6	0.85	0.29	945.3	5536.9	20	3.32	23.32	127.7	0.057	0.31	0.4	0.094	0.0031
7	8	7	23.4	172.8	806.7	0.2	128.7	0.85	0.29	935.4	6472.3	20	3.84	23.84	126.5	0.066	0.33	0.4	0.094	0.0031
8	9	8	22.8	195.6	811.1	0.2	125.4	0.85	0.29	936.5	7408.7	20	4.35	24.35	124	0.073	0.35	0.4	0.094	0.0031
9	10	9	23.3	218.9	819.1	0.2	128.2	0.85	0.29	947.3	8356.0	20	4.86	24.86	123.2	0.082	0.37	0.4	0.094	0.0031
10	11	10	30.2	249.1	820.6	0.2	166.1	0.85	0.31	986.7	9342.7	20	5.54	25.54	121.3	0.097	0.41	0.5	0.147	0.0023
11	12	11	27.7	276.8	987.3	0.2	152.4	0.85	0.29	1139.7	10482.4	20	6.15	26.15	120	0.100	0.41	0.5	0.147	0.0023
12	13	12	32.6	309.4	1986.9	0.2	179.3	0.85	0.25	2166.2	12648.6	20	6.88	26.88	118	0.105	0.42	0.5	0.147	0.0023
13	14	13	17.4	326.8	1540.4	0.2	95.7	0.85	0.24	1636.1	14284.7	20	7.26	27.26	117.5	0.111	0.43	0.5	0.147	0.0023

14	15	14	25.0	351.8	3056.1	0.2	137.5	0.85	0.23	3193.6	17478.3	20	7.82	27.82	115	0.127	0.46	0.5	0.147	0.0023
15	16	15	28.3	380.1	3958.3	0.2	155.7	0.85	0.22	4113.9	21592.2	20	8.45	28.45	113	0.152	0.51	0.525	0.162	0.0022
16	17	16	21.7	401.8	3238.2	0.2	119.4	0.85	0.22	3357.5	24949.7	20	8.93	28.93	111.7	0.173	0.54	0.6	0.212	0.0018
17	18	17	31.2	433.0	3357.7	0.2	171.6	0.85	0.23	3529.3	28478.9	20	9.62	29.62	108.6	0.199	0.58	0.6	0.212	0.0018
18	19	18	18.8	451.8	3701.9	0.2	103.4	0.85	0.22	3805.3	32284.3	20	10.04	30.04	105	0.205	0.59	0.6	0.212	0.0018
19	20	19	27.1	478.9	3231.0	0.2	149.1	0.85	0.23	3380.1	35664.3	20	10.64	30.64	103.4	0.234	0.63	1	0.589	0.0009
20	21	20	22.9	501.8	226.2	0.2	126.0	0.85	0.43	352.1	36016.5	20	11.15	31.15	100	0.433	0.86	1	0.589	0.0009
21	22	21	25.9	527.7	4087.1	0.2	142.2	0.85	0.22	4229.3	40245.8	20	11.73	31.73	99.7	0.247	0.65	1	0.589	0.0009
22	23	22	24.2	551.8	3125.4	0.2	132.8	0.85	0.23	3258.2	43504.0	20	12.26	32.26	98.4	0.269	0.68	1	0.589	0.0009
23	24	23	22.0	573.8	3756.4	0.2	121.0	0.85	0.22	3877.4	47381.4	20	12.75	32.75	97.2	0.282	0.69	1	0.589	0.0009
24	25	24	31.3	605.1	3691.7	0.2	172.2	0.85	0.23	3863.8	51245.2	20	13.45	33.45	96.7	0.315	0.73	1	0.589	0.0009
25	26	25	21.7	626.8	4445.5	0.2	119.4	0.85	0.22	4564.9	55810.1	20	13.93	33.93	95	0.320	0.74	1	0.589	0.0009
26	27	26	22.8	649.6	3871.4	0.8	125.4	0.85	0.80	3996.8	59806.9	20	14.44	34.44	94.1	1.253	1.46	1.5	1.325	0.0005
27	28	27	23.3	672.9	4644.3	0.8	128.2	0.85	0.80	4772.4	64579.3	20	14.95	34.95	93.5	1.344	1.51	2	2.355	0.0004
28	29	28	30.2	703.1	6952.7	0.8	166.1	0.85	0.80	7118.8	71698.1	20	15.62	35.62	92	1.468	1.58	2	2.355	0.0004
29	30	29	23.7	726.8	5057.3	0.8	130.4	0.85	0.80	5187.6	76885.7	20	16.15	36.15	91	1.557	1.63	2	2.355	0.0004
30	31	30	32.6	759.4	7321.3	0.8	179.3	0.85	0.80	7500.6	84386.3	20	16.88	36.88	90.4	1.698	1.70	2	2.355	0.0004
31	32	31	17.4	776.8	4916.0	0.8	95.7	0.85	0.80	5011.7	89398.0	20	17.26	37.26	90.2	1.794	1.75	2	2.355	0.0004
32	33	32	25.0	801.8	7711.8	0.8	137.5	0.85	0.80	7849.3	97247.3	20	17.82	37.82	90	1.947	1.82	2	2.355	0.0004
33	34	33	30.2	832.0	5015.1	0.8	166.1	0.85	0.80	5181.2	102428.5	20	18.49	38.49	89.7	2.046	1.86	2	2.355	0.0004
34	35	34	31.5	863.5	764.8	0.2	173.3	0.85	0.32	938.1	103366.5	20	19.19	39.19	89.4	0.822	1.18	1.2	0.848	0.0007
35	36	35	16.1	879.6	368.1	0.2	88.6	0.85	0.33	456.6	103823.1	20	19.55	39.55	89	0.837	1.19	1.2	0.848	0.0007
36	37	36	21.9	901.5	325.3	0.2	120.5	0.85	0.38	445.8	104268.9	20	20.03	40.03	87.6	0.953	1.27	1.5	1.325	0.0005
37	38	37	25.0	926.5	317.3	0.2	137.5	0.85	0.40	454.8	104723.7	20	20.59	40.59	87.2	1.006	1.31	1.5	1.325	0.0005
38	39	38	28.3	954.8	1103.9	0.2	155.7	0.85	0.28	1259.5	105983.2	20	21.22	41.22	86.8	0.716	1.10	1.2	0.848	0.0007

39	40	39	21.7	976.5	2473.0	0.2	119.4	0.85	0.23	2592.3	108575.5	20	21.70	41.70	86.5	0.600	1.01	1.2	0.848	0.0007
40	41	40	31.2	1007.7	3515.8	0.2	171.6	0.85	0.23	3687.4	112262.9	20	22.39	42.39	85.9	0.617	1.02	1.2	0.848	0.0007
41	42	41	18.8	1026.5	2118.1	0.2	103.4	0.85	0.23	2221.5	114484.4	20	22.81	42.81	85.2	0.624	1.03	1.2	0.848	0.0007
42	43	42	27.1	1053.6	2990.7	0.2	149.1	0.85	0.23	3139.8	117624.1	20	23.41	43.41	84.7	0.639	1.04	1.2	0.848	0.0007
43	44	43	22.9	1076.5	2556.5	0.2	126.0	0.85	0.23	2682.5	120306.6	20	23.92	43.92	84.1	0.648	1.05	1.2	0.848	0.0007
44	45	44	25.9	1102.4	2867.9	0.2	142.2	0.85	0.23	3010.1	123316.6	20	24.50	44.50	83.7	0.661	1.06	1.2	0.848	0.0007
45	46	45	24.2	1126.5	2660.7	0.2	132.8	0.85	0.23	2793.5	126110.1	20	25.03	45.03	83.5	0.675	1.07	1.2	0.848	0.0007
46	47	46	22.0	1148.5	2422.3	0.2	121.0	0.85	0.23	2543.3	128653.4	20	25.52	45.52	82.9	0.684	1.08	1.2	0.848	0.0007
47	48	47	31.3	1179.8	3437.7	0.2	172.2	0.85	0.23	3609.9	132263.3	20	26.22	46.22	82.2	0.698	1.09	1.2	0.848	0.0007
48	49	48	21.7	1201.5	2281.2	0.2	119.4	0.85	0.23	2400.6	134663.9	20	26.70	46.70	81.5	0.708	1.10	1.2	0.848	0.0007
49	50	49	25.0	1226.5	2793.0	0.2	137.5	0.85	0.23	2930.5	137594.4	20	27.26	47.26	81	0.714	1.10	1.2	0.848	0.0007
50	51	50	34.2	1260.7	3678.3	0.75	188.1	0.85	0.75	3866.4	141460.8	20	28.02	48.02	79.7	2.364	2.00	2	2.355	0.0004
51	52	51	20.2	1280.9	2144.9	0.8	111.1	0.85	0.80	2256.0	143716.8	20	28.46	48.46	79.3	2.540	2.08	2.5	3.680	0.0003
52	53	52	20.6	1301.5	2176.9	0.8	113.3	0.85	0.80	2290.2	146007.0	20	28.92	48.92	78.6	2.558	2.08	2.5	3.680	0.0003
53	54	53	25.0	1326.5	2642.2	0.8	137.5	0.85	0.80	2779.7	148786.7	20	29.48	49.48	78.2	2.594	2.10	2.5	3.680	0.0003
54	55	54	31.1	1357.6	3233.7	0.8	171.1	0.85	0.80	3404.8	152191.5	20	30.17	50.17	77.7	2.636	2.12	2.5	3.680	0.0003
55	56	55	31.5	1389.1	3322.6	0.2	173.3	0.85	0.23	3495.9	155687.4	20	30.87	50.87	77	0.773	1.15	1.2	0.848	0.0007
56	57	56	16.0	1405.1	1704.6	0.2	88.0	0.85	0.23	1792.6	157480.0	20	31.22	51.22	76.1	0.772	1.14	1.2	0.848	0.0007
57	58	57	31.5	1436.6	3372.5	0.2	173.3	0.85	0.23	3545.7	161025.7	20	31.92	51.92	75.2	0.780	1.15	1.2	0.848	0.0007
58	59	58	14.9	1451.5	1635.7	0.2	82.0	0.85	0.23	1717.7	162743.4	20	32.26	52.26	74.7	0.780	1.15	1.2	0.848	0.0007
59	60	59	35.4	1486.9	4007.2	0.2	194.7	0.85	0.23	4201.9	166945.3	20	33.04	53.04	74.3	0.793	1.16	1.2	0.848	0.0007
60	61	60	14.6	1501.5	1712.2	0.75	80.3	0.85	0.75	1792.5	168737.8	20	33.37	53.37	74	2.617	2.11	2.5	3.680	0.0003
61	62	61	33.8	1535.3	4172.2	0.75	185.9	0.85	0.75	4358.1	173095.9	20	34.12	54.12	72.6	2.633	2.11	2.5	3.680	0.0003
62	63	62	29.2	1564.5	3893.1	0.75	160.6	0.85	0.75	4053.7	177149.6	20	34.77	54.77	72.3	2.682	2.13	2.5	3.680	0.0003
63	64	63	15.4	1579.9	2069.1	0.75	84.7	0.85	0.75	2153.8	179303.4	20	35.11	55.11	72	2.704	2.14	2.5	3.680	0.0003

64	65	64	30.6	1610.5	4198.2	0.75	168.3	0.85	0.75	4366.5	183669.8	20	35.79	55.79	71.9	2.765	2.17	2.5	3.680	0.0003
65	66	65	16.0	1626.5	1154.9	0.85	88.0	0.85	0.85	1242.9	184912.7	20	36.14	56.14	71.8	3.135	2.31	2.5	3.680	0.0003
66	67	66	30.3	1656.8	2055.3	0.8	166.7	0.85	0.80	2221.9	187134.6	20	36.82	56.82	71.4	2.983	2.25	2.5	3.680	0.0003
67	68	67	28.0	1684.8	1896.5	0.8	154.0	0.85	0.80	2050.5	189185.2	20	37.44	57.44	71	2.999	2.26	2.5	3.680	0.0003
68	69	68	16.7	1701.5	1211.4	0.8	91.9	0.85	0.80	1303.3	190488.4	20	37.81	57.81	70	2.976	2.25	2.5	3.680	0.0003

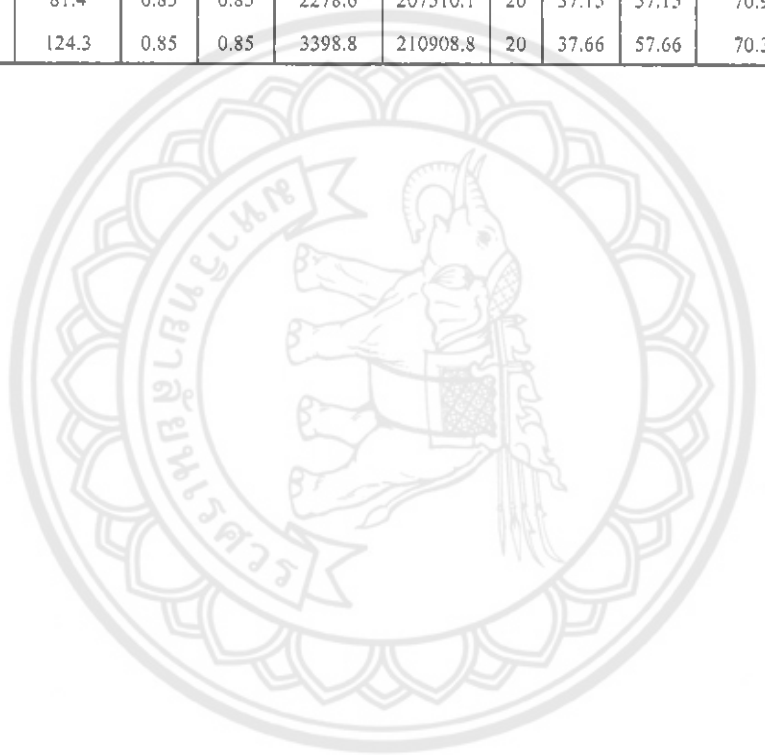
ตาราง ค. 2 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 1 – BM 3 ด้านขวา

ท่อระบายน้ำทางด้านขวา (ถนนประตู 1)																กำหนด			
Node		ท่อ	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่	พื้นที่	เวลา(นาที)			I	Q	V=	0.75		
					พื้นที่ย่อย		ถนน		เฉลี่ย	รวม	สะสม						n=	0.016		
(R)	(R)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	C	(ตร.ม.) A1	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.		D	D ประมาณ	Qรับได้	Slope
1	2	1	29.1	29.1	1477.7	0.2	160.1	0.85	0.26	1637.8	1637.8	20	0.65	20.65	134.6	0.016	0.17	0.2	0.024	0.0078
2	3	2	26.0	55.1	1396.4	0.2	143.0	0.85	0.26	1539.4	3177.2	20	1.22	21.22	133.3	0.031	0.23	0.25	0.037	0.0058
3	4	3	19.6	74.7	1000.2	0.2	107.8	0.85	0.26	1108.0	4285.2	20	1.66	21.66	131.4	0.041	0.26	0.4	0.094	0.0031
4	5	4	24.2	98.9	1264.6	0.2	133.1	0.85	0.26	1397.7	5682.9	20	2.20	22.20	130.5	0.054	0.30	0.4	0.094	0.0031
5	6	5	24.1	123.0	1258.3	0.2	132.6	0.85	0.26	1390.8	7073.8	20	2.73	22.73	129.7	0.067	0.34	0.4	0.094	0.0031
6	7	6	27.1	150.1	1412.3	0.2	149.1	0.85	0.26	1561.3	8635.1	20	3.34	23.34	128.2	0.081	0.37	0.4	0.094	0.0031
7	8	7	30.3	180.4	1579.1	0.2	166.7	0.85	0.26	1745.7	10380.8	20	4.01	24.01	125.4	0.095	0.40	0.4	0.094	0.0031
8	9	8	16.6	197.0	861.7	0.2	91.3	0.85	0.26	953.0	11333.8	20	4.38	24.38	124.6	0.103	0.42	0.5	0.147	0.0023
9	10	9	22.1	219.1	1150.8	0.2	121.6	0.85	0.26	1272.3	12606.2	20	4.87	24.87	123.3	0.113	0.44	0.5	0.147	0.0023
10	11	10	30.2	249.3	1562.4	0.2	166.1	0.85	0.26	1728.5	14334.7	20	5.54	25.54	121.4	0.127	0.46	0.5	0.147	0.0023
11	12	11	20.2	269.5	1044.6	0.85	111.1	0.85	0.85	1155.7	15490.4	20	5.99	25.99	120.7	0.441	0.87	1	0.589	0.0009
12	13	12	36.1	305.6	1870.0	0.85	198.6	0.85	0.85	2068.6	17558.9	20	6.79	26.79	119.3	0.495	0.92	1	0.589	0.0009

13	14	13	17.4	323.0	900.8	0.2	95.7	0.85	0.26	996.5	18555.4	20	7.18	27.18	117.8	0.159	0.52	0.525	0.162	0.0022
14	15	14	25.0	348.0	1291.8	0.2	137.5	0.85	0.26	1429.3	19984.7	20	7.73	27.73	115.9	0.169	0.54	0.6	0.212	0.0018
15	16	15	25.0	373.0	1291.8	0.2	137.5	0.85	0.26	1429.3	21414.0	20	8.29	28.29	114.2	0.178	0.55	0.6	0.212	0.0018
16	17	16	30.7	403.7	1565.7	0.2	168.6	0.85	0.26	1734.3	23148.3	20	8.97	28.97	111.8	0.189	0.57	0.6	0.212	0.0018
17	18	17	30.7	434.3	1565.7	0.85	168.6	0.85	0.85	1734.3	24882.6	20	9.65	29.65	109.3	0.642	1.04	1.2	0.848	0.0007
18	19	18	15.3	449.6	783.8	0.85	84.2	0.85	0.85	868.0	25750.6	20	9.99	29.99	107.5	0.654	1.05	1.2	0.848	0.0007
19	20	19	27.1	476.7	1400.2	0.85	149.1	0.85	0.85	1549.2	27299.8	20	10.59	30.59	104.8	0.676	1.07	1.2	0.848	0.0007
20	21	20	17.8	494.5	936.7	0.85	97.9	0.85	0.85	1034.6	28334.4	20	10.99	30.99	101.7	0.680	1.07	1.2	0.848	0.0007
21	22	21	27.8	522.3	1536.3	0.2	152.9	0.85	0.26	1689.2	30023.6	20	11.61	31.61	99.9	0.216	0.61	1	0.589	0.0009
22	23	22	22.2	544.5	1558.2	0.2	122.1	0.85	0.25	1680.3	31703.9	20	12.10	32.10	98.7	0.215	0.60	0.6	0.212	0.0018
23	24	23	22.0	566.5	1376.2	0.8	121.0	0.85	0.80	1497.2	33201.1	20	12.59	32.59	97.8	0.725	1.11	1.2	0.848	0.0007
24	25	24	31.3	597.8	2767.2	0.85	172.2	0.85	0.85	2939.4	36140.5	20	13.28	33.28	97	0.828	1.19	1.2	0.848	0.0007
25	26	25	31.0	628.8	2057.3	0.85	170.5	0.85	0.85	2227.8	38368.3	20	13.97	33.97	94.6	0.857	1.21	1.5	1.325	0.0005
26	27	26	14.7	643.5	2136.6	0.85	80.9	0.85	0.85	2217.4	40585.7	20	14.30	34.30	93.8	0.899	1.24	1.5	1.325	0.0005
27	28	27	22.1	665.6	2157.4	0.85	121.6	0.85	0.85	2278.9	42864.7	20	14.79	34.79	93.3	0.944	1.27	1.5	1.325	0.0005
28	29	28	30.2	695.8	3928.3	0.2	166.1	0.85	0.23	4094.4	46959.1	20	15.46	35.46	91.4	0.270	0.68	1	0.589	0.0009
29	30	29	20.2	716.0	2478.9	0.2	111.1	0.85	0.23	2590.0	49549.0	20	15.91	35.91	91.1	0.286	0.70	1	0.589	0.0009
30	31	30	36.1	752.1	6663.2	0.2	198.6	0.85	0.22	6861.7	56410.8	20	16.71	36.71	90.8	0.311	0.73	1	0.589	0.0009
31	32	31	17.4	769.5	1391.2	0.85	95.7	0.85	0.85	1486.9	57897.6	20	17.10	37.10	90.3	1.234	1.45	1.5	1.325	0.0005
32	33	32	25.0	794.5	1929.2	0.85	137.5	0.85	0.85	2066.7	59964.3	20	17.66	37.66	90.1	1.276	1.47	1.5	1.325	0.0005
33	34	33	25.0	819.5	2135.2	0.85	137.5	0.85	0.85	2272.7	62237.0	20	18.21	38.21	89.9	1.321	1.50	1.5	1.325	0.0005
34	35	34	25.0	844.5	2134.2	0.85	137.5	0.85	0.85	2271.7	64508.7	20	18.77	38.77	89.4	1.362	1.52	2	2.355	0.0004
35	36	35	25.0	869.5	2109.0	0.85	137.5	0.85	0.85	2246.5	66755.1	20	19.32	39.32	89.2	1.406	1.54	2	2.355	0.0004
36	37	36	28.6	898.1	2512.0	0.85	157.2	0.85	0.85	2669.2	69424.4	20	19.96	39.96	88.4	1.449	1.57	2	2.355	0.0004
37	38	37	21.4	919.5	1835.7	0.85	117.8	0.85	0.85	1953.5	71377.9	20	20.43	40.43	87.4	1.473	1.58	2	2.355	0.0004

38	39	38	25.0	944.5	2159.5	0.85	137.5	0.85	0.85	2297.0	73674.8	20	20.99	40.99	87	1.513	1.60	2	2.355	0.0004
39	40	39	30.7	975.2	6228.6	0.85	168.6	0.85	0.85	6397.1	80072.0	20	21.67	41.67	86.6	1.637	1.67	2	2.355	0.0004
40	41	40	30.7	1005.8	5757.6	0.85	168.6	0.85	0.85	5926.2	85998.1	20	22.35	42.35	85.9	1.744	1.72	2	2.355	0.0004
41	42	41	15.3	1021.1	2874.1	0.85	84.2	0.85	0.85	2958.3	88956.4	20	22.69	42.69	85.7	1.800	1.75	2	2.355	0.0004
42	43	42	30.6	1051.7	5748.2	0.85	168.3	0.85	0.85	5916.5	94872.9	20	23.37	43.37	84.9	1.902	1.80	2	2.355	0.0004
43	44	43	17.8	1069.5	3343.7	0.85	97.9	0.85	0.85	3441.6	98314.5	20	23.77	43.77	84.3	1.957	1.82	2	2.355	0.0004
44	45	44	27.8	1097.3	5222.2	0.85	152.9	0.85	0.85	5375.1	103689.7	20	24.38	44.38	83.9	2.054	1.87	2	2.355	0.0004
45	46	45	22.2	1119.5	4170.3	0.85	122.1	0.85	0.85	4292.4	107982.0	20	24.88	44.88	83.6	2.131	1.90	2	2.355	0.0004
46	47	46	22.0	1141.5	4132.7	0.85	121.0	0.85	0.85	4253.7	112235.7	20	25.37	45.37	83.2	2.205	1.93	2	2.355	0.0004
47	48	47	31.3	1172.8	5879.7	0.85	172.2	0.85	0.85	6051.9	118287.6	20	26.06	46.06	82.5	2.304	1.98	2	2.355	0.0004
48	49	48	31.0	1203.8	5823.4	0.85	170.5	0.85	0.85	5993.9	124281.4	20	26.75	46.75	81.3	2.386	2.01	2.5	3.680	0.0003
49	50	49	15.7	1219.5	2949.2	0.85	86.4	0.85	0.85	3035.6	127317.0	20	27.10	47.10	81.1	2.438	2.03	2.5	3.680	0.0003
50	51	50	27.3	1246.8	5128.3	0.85	150.2	0.85	0.85	5278.5	132595.5	20	27.71	47.71	79.9	2.501	2.06	2.5	3.680	0.0003
51	52	51	31.6	1278.4	5936.1	0.85	173.8	0.85	0.85	6109.9	138705.4	20	28.41	48.41	79.4	2.600	2.10	2.5	3.680	0.0003
52	53	52	16.1	1294.5	3024.4	0.85	88.6	0.85	0.85	3112.9	141818.3	20	28.77	48.77	78.9	2.642	2.12	2.5	3.680	0.0003
53	54	53	29.8	1324.3	5597.9	0.85	163.9	0.85	0.85	5761.8	147580.1	20	29.43	49.43	78.3	2.728	2.15	2.5	3.680	0.0003
54	55	54	30.4	1354.7	5710.6	0.85	167.2	0.85	0.85	5877.8	153458.0	20	30.10	50.10	77.6	2.812	2.18	2.5	3.680	0.0003
55	56	55	14.8	1369.5	2780.2	0.85	81.4	0.85	0.85	2861.6	156319.5	20	30.43	50.43	77.4	2.857	2.20	2.5	3.680	0.0003
56	57	56	29.9	1399.4	5616.7	0.85	164.5	0.85	0.85	5781.2	162100.7	20	31.10	51.10	76.7	2.936	2.23	2.5	3.680	0.0003
57	58	57	29.3	1428.7	5050.2	0.85	161.2	0.85	0.85	5211.3	167312.0	20	31.75	51.75	75.8	2.994	2.25	2.5	3.680	0.0003
58	59	58	17.4	1446.1	5051.6	0.85	95.7	0.85	0.85	5147.3	172459.3	20	32.14	52.14	74.9	3.050	2.28	2.5	3.680	0.0003
59	60	59	23.4	1469.5	3735.5	0.85	128.7	0.85	0.85	3864.2	176323.5	20	32.66	52.66	74.4	3.097	2.29	2.5	3.680	0.0003
60	61	60	28.3	1497.8	4316.1	0.85	155.7	0.85	0.85	4471.8	180795.2	20	33.28	53.28	74.1	3.163	2.32	2.5	3.680	0.0003
61	62	61	21.7	1519.5	3221.0	0.85	119.4	0.85	0.85	3340.3	184135.6	20	33.77	53.77	73.3	3.187	2.33	2.5	3.680	0.0003
62	63	62	30.6	1550.1	4800.5	0.85	168.3	0.85	0.85	4968.8	189104.3	20	34.45	54.45	72.5	3.237	2.34	2.5	3.680	0.0003

63	64	63	31.0	1581.1	4472.6	0.85	170.5	0.85	0.85	4643.1	193747.4	20	35.14	55.14	72.1	3.298	2.37	2.5	3.680	0.0003
64	65	64	15.1	1596.2	2167.9	0.85	83.1	0.85	0.85	2250.9	195998.3	20	35.47	55.47	71.9	3.327	2.38	2.5	3.680	0.0003
65	66	65	30.6	1626.8	4431.2	0.85	168.3	0.85	0.85	4599.5	200597.8	20	36.15	56.15	71.7	3.396	2.40	2.5	3.680	0.0003
66	67	66	30.3	1657.1	4467.0	0.85	166.7	0.85	0.85	4633.6	205231.4	20	36.82	56.82	71.5	3.465	2.43	2.5	3.680	0.0003
67	68	67	14.8	1671.9	2197.2	0.85	81.4	0.85	0.85	2278.6	207510.1	20	37.15	57.15	70.9	3.474	2.43	2.5	3.680	0.0003
68	69	68	22.6	1694.5	3274.5	0.85	124.3	0.85	0.85	3398.8	210908.8	20	37.66	57.66	70.3	3.501	2.44	2.5	3.680	0.0003



ตาราง ค. 3 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 5 – BM 7 ด้านซ้าย

ท่อระบายน้ำทางด้านซ้าย (ถนนประตู 2)																กำหนด			
Node		ท่อ	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I		V=	0.75	
					พื้นที่ย่อย		ถนน										n=	0.016	
(L)	(L)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.	Q	D	D ประมาณ	Qรับได้	Slope
1	2	1	15.6	15.6	1473.9	0.8	85.8	0.85	0.80	1559.7	1559.7	20	0.35	20.35	135	0.047	0.28	0.4	0.094	0.0031
2	3	2	25.0	40.6	2331.8	0.8	137.5	0.85	0.80	2469.3	4029.0	20	0.90	20.90	134.1	0.120	0.45	0.5	0.147	0.0023
3	4	3	30.9	71.5	2830.8	0.8	170.0	0.85	0.80	3000.8	7029.8	20	1.59	21.59	132.7	0.208	0.59	0.6	0.212	0.0018
4	5	4	30.5	102.0	2738.6	0.8	167.8	0.85	0.80	2906.3	9936.1	20	2.27	22.27	129.7	0.287	0.70	1	0.589	0.0009
5	6	5	15.2	117.2	1344.2	0.8	83.6	0.85	0.80	1427.8	11363.8	20	2.60	22.60	129.2	0.327	0.75	1	0.589	0.0009
6	7	6	30.9	148.1	2690.2	0.2	170.0	0.85	0.24	2860.2	14224.0	20	3.29	23.29	128.5	0.121	0.45	0.5	0.147	0.0023
7	8	7	30.6	178.7	2608.2	0.2	168.3	0.85	0.24	2776.5	17000.5	20	3.97	23.97	125.3	0.142	0.49	0.5	0.147	0.0023
8	9	8	11.9	190.6	999.7	0.2	65.5	0.85	0.24	1065.2	18065.7	20	4.24	24.24	124.1	0.149	0.50	0.525	0.162	0.0022
9	10	9	25.0	215.6	2082.0	0.2	137.5	0.85	0.24	2219.5	20285.2	20	4.79	24.79	123.8	0.168	0.53	0.6	0.212	0.0018
10	11	10	31.2	246.8	2468.9	0.2	171.6	0.85	0.24	2640.5	22925.6	20	5.48	25.48	122.6	0.189	0.57	0.6	0.212	0.0018
11	12	11	29.5	276.3	2398.5	0.2	162.3	0.85	0.24	2560.7	25486.4	20	6.14	26.14	120.1	0.205	0.59	0.6	0.212	0.0018
12	13	12	15.4	291.7	1241.2	0.2	84.7	0.85	0.24	1325.9	26812.3	20	6.48	26.48	119.3	0.215	0.60	0.6	0.212	0.0018

13	14	13	30.8	322.5	2460.1	0.2	169.4	0.85	0.24	2629.5	29441.8	20	7.17	27.17	117.9	0.233	0.63	1	0.589	0.0009
14	15	14	18.1	340.6	1431.8	0.2	99.6	0.85	0.24	1531.3	30973.1	20	7.57	27.57	116.4	0.243	0.64	1	0.589	0.0009
15	16	15	27.9	368.5	2186.8	0.2	153.5	0.85	0.24	2340.3	33313.4	20	8.19	28.19	112.7	0.253	0.66	1	0.589	0.0009
16	17	16	30.7	399.2	2368.2	0.85	168.9	0.85	0.85	2537.0	35850.4	20	8.87	28.87	112.3	0.951	1.27	1.5	1.325	0.0005
17	18	17	16.4	415.6	1242.6	0.2	90.2	0.85	0.24	1332.8	37183.2	20	9.24	29.24	109.4	0.276	0.68	1	0.589	0.0009
18	19	18	29.5	445.1	2191.0	0.2	162.3	0.85	0.24	2353.3	39536.5	20	9.89	29.89	107.3	0.288	0.70	1	0.589	0.0009
19	20	19	30.9	476.0	2238.9	0.2	170.0	0.85	0.25	2408.9	41945.4	20	10.58	30.58	103.7	0.297	0.71	1	0.589	0.0009
20	21	20	14.6	490.6	1040.1	0.2	80.3	0.85	0.25	1120.4	43065.7	20	10.90	30.90	102.2	0.301	0.72	1	0.589	0.0009
21	22	21	31.2	521.8	2189.7	0.2	171.6	0.85	0.25	2361.3	45427.1	20	11.60	31.60	99.9	0.312	0.73	1	0.589	0.0009
22	23	22	30.7	552.5	2110.9	0.8	168.9	0.85	0.80	2279.7	47706.8	20	12.28	32.28	97.5	1.038	1.33	1.5	1.325	0.0005
23	24	23	13.1	565.6	893.1	0.8	72.1	0.85	0.80	965.2	48671.9	20	12.57	32.57	97.7	1.062	1.34	1.5	1.325	0.0005
24	25	24	29.4	595.0	2007.8	0.85	161.7	0.85	0.85	2169.5	50841.5	20	13.22	33.22	97	1.164	1.41	1.5	1.325	0.0005
25	26	25	28.9	623.9	1983.3	0.85	159.0	0.85	0.85	2142.2	52983.7	20	13.86	33.86	95.4	1.193	1.42	1.5	1.325	0.0005
26	27	26	29.3	653.2	2139.3	0.85	161.2	0.85	0.85	2300.5	55284.1	20	14.52	34.52	93.9	1.226	1.44	1.5	1.325	0.0005
27	28	27	15.4	668.6	1029.8	0.85	84.7	0.85	0.85	1114.5	56398.7	20	14.86	34.86	93.7	1.248	1.46	1.5	1.325	0.0005
28	29	28	30.5	699.1	10683.3	0.8	167.8	0.85	0.80	10851.0	67249.7	20	15.54	35.54	92.5	1.384	1.53	2	2.355	0.0004
29	30	29	16.5	715.6	1782.9	0.8	90.8	0.85	0.80	1873.6	69123.3	20	15.90	35.90	91.7	1.413	1.55	2	2.355	0.0004
30	31	30	37.0	752.6	3837.3	0.8	203.5	0.85	0.80	4040.8	73164.1	20	16.72	36.72	90.7	1.479	1.58	2	2.355	0.0004
31	32	31	14.6	767.2	1453.3	0.8	80.3	0.85	0.80	1533.6	74697.7	20	17.05	37.05	90.3	1.504	1.60	2	2.355	0.0004
32	33	32	26.6	793.8	2516.5	0.8	146.3	0.85	0.80	2662.8	77360.5	20	17.64	37.64	90.1	1.554	1.62	2	2.355	0.0004
33	34	33	30.3	824.1	2494.1	0.8	166.7	0.85	0.80	2660.8	80021.2	20	18.31	38.31	89.8	1.603	1.65	2	2.355	0.0004
34	35	34	20.7	844.8	647.5	0.8	113.9	0.85	0.81	761.4	80782.6	20	18.77	38.77	89.6	1.624	1.66	2	2.355	0.0004
35	36	35	31.7	876.5	907.4	0.8	174.4	0.85	0.81	1081.8	81864.3	20	19.48	39.48	89.3	1.641	1.67	2	2.355	0.0004
36	37	36	23.8	900.3	621.4	0.8	130.9	0.85	0.81	752.3	82616.6	20	20.01	40.01	88.6	1.644	1.67	2	2.355	0.0004
37	38	37	15.3	915.6	387.0	0.8	84.2	0.85	0.81	471.2	83087.8	20	20.35	40.35	87.5	1.634	1.67	2	2.355	0.0004

38	39	38	36.1	951.7	1474.6	0.8	198.6	0.85	0.81	1673.2	84760.9	20	21.15	41.15	87.1	1.653	1.67	2	2.355	0.0004
39	40	39	13.9	965.6	803.1	0.8	76.5	0.85	0.80	879.6	85640.5	20	21.46	41.46	86.6	1.657	1.68	2	2.355	0.0004
40	41	40	28.2	993.8	1643.0	0.8	155.1	0.85	0.80	1798.1	87438.6	20	22.08	42.08	86.1	1.682	1.69	2	2.355	0.0004
41	42	41	21.8	1015.6	1403.3	0.8	119.9	0.85	0.80	1523.2	88961.8	20	22.57	42.57	85.7	1.703	1.70	2	2.355	0.0004
42	43	42	25.0	1040.6	1338.5	0.2	137.5	0.85	0.26	1476.0	90437.8	20	23.12	43.12	84.9	0.556	0.97	1	0.589	0.0009
43	44	43	26.2	1066.8	1536.0	0.2	143.9	0.85	0.26	1679.8	92117.7	20	23.71	43.71	84.5	0.553	0.97	1	0.589	0.0009
44	45	44	23.9	1090.7	1404.1	0.2	131.5	0.85	0.26	1535.6	93653.2	20	24.24	44.24	83.9	0.558	0.97	1	0.589	0.0009
45	46	45	25.0	1115.7	1484.7	0.2	137.5	0.85	0.26	1622.2	95275.5	20	24.79	44.79	83.6	0.564	0.98	1	0.589	0.0009
46	47	46	25.0	1140.7	1491.5	0.2	137.5	0.85	0.25	1629.0	96904.5	20	25.35	45.35	83.2	0.571	0.98	1	0.589	0.0009
47	48	47	25.0	1165.7	1498.5	0.2	137.5	0.85	0.25	1636.0	98540.4	20	25.90	45.90	82.7	0.576	0.99	1	0.589	0.0009
48	49	48	26.7	1192.4	1604.3	0.2	146.9	0.85	0.25	1751.1	100291.6	20	26.50	46.50	81.9	0.581	0.99	1	0.589	0.0009

ตาราง ค. 4 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 5 – BM 7 ด้านขวา

ท่อระบายน้ำทางด้านขวา (ถนนประตู 2)																	กำหนด			
Node		ท่อ	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่	เวลา(นาที)			I	Q	V=	0.75		
					พื้นที่ย่อย		ถนน				สะสม						n=	0.016		
(R)	(R)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.		D	D ประมาณ	Qรับได้	Slope
1	2	1	15.6	15.6	895.4	0.2	85.8	0.85	0.26	981.2	981.2	20	0.35	20.35	133.5	0.009	0.21	0.25	0.037	0.0058
2	3	2	26.5	42.1	1690.9	0.2	145.8	0.85	0.25	1836.6	2817.8	20	0.94	20.94	133.2	0.026	0.28	0.4	0.094	0.0031
3	4	3	29.4	71.5	1924.7	0.2	161.7	0.85	0.25	2086.4	4904.3	20	1.59	21.59	131.7	0.045	0.33	0.4	0.094	0.0031
4	5	4	30.5	102	2051.0	0.2	167.8	0.85	0.25	2218.7	7123.0	20	2.27	22.27	129.7	0.064	0.35	0.4	0.094	0.0031
5	6	5	14.9	116.9	1022.1	0.2	82.0	0.85	0.25	1104.0	8227.0	20	2.60	22.60	129.5	0.073	0.40	0.4	0.094	0.0031
6	7	6	30.5	147.4	2647.6	0.2	167.8	0.85	0.24	2815.3	11042.4	20	3.28	23.28	128.6	0.094	0.44	0.5	0.147	0.0023
7	8	7	31.3	178.7	2246.7	0.2	172.2	0.85	0.25	2418.8	13461.2	20	3.97	23.97	125.3	0.115	0.46	0.5	0.147	0.0023
8	9	8	12.9	191.6	942.9	0.2	71.0	0.85	0.25	1013.9	14475.0	20	4.26	24.26	123.9	0.122	0.91	1	0.589	0.0009
9	10	9	30.5	222.1	2258.0	0.85	167.8	0.85	0.85	2425.7	16900.8	20	4.94	24.94	122.8	0.490	0.51	0.6	0.212	0.0018
10	11	10	20.1	242.2	1501.3	0.2	110.6	0.85	0.24	1611.8	18512.6	20	5.38	25.38	122.7	0.154	0.53	0.6	0.212	0.0018
11	12	11	23.4	265.6	1760.3	0.2	128.7	0.85	0.24	1889.0	20401.6	20	5.90	25.90	120.6	0.167	1.02	1.2	0.848	0.0007
12	13	12	34	299.6	2580.8	0.8	187.0	0.85	0.80	2767.8	23169.4	20	6.66	26.66	118.2	0.611	1.05	1.2	0.848	0.0007

13	14	13	16	315.6	1225.5	0.8	88.0	0.85	0.80	1313.5	24482.9	20	7.01	27.01	118.1	0.645	1.09	1.2	0.848	0.0007
14	15	14	30.3	345.9	2349.6	0.8	166.7	0.85	0.80	2516.2	26999.1	20	7.69	27.69	115.5	0.696	1.12	1.2	0.848	0.0007
15	16	15	30	375.9	2364.3	0.8	165.0	0.85	0.80	2529.3	29528.4	20	8.35	28.35	112.5	0.741	1.14	1.2	0.848	0.0007
16	17	16	14.1	390	1123.8	0.8	77.6	0.85	0.80	1201.3	30729.8	20	8.67	28.67	112.3	0.770	1.17	1.2	0.848	0.0007
17	18	17	25	415	2021.3	0.8	137.5	0.85	0.80	2158.8	32888.6	20	9.22	29.22	110.2	0.809	1.20	1.2	0.848	0.0007
18	19	18	29.5	444.5	2438.4	0.8	162.3	0.85	0.80	2600.7	35489.2	20	9.88	29.88	107.6	0.852	1.23	1.5	1.325	0.0005
19	20	19	27.4	471.9	2314.8	0.8	150.7	0.85	0.80	2465.5	37954.7	20	10.49	30.49	105.6	0.894	1.27	1.5	1.325	0.0005
20	21	20	30.8	502.7	2650.6	0.8	169.4	0.85	0.80	2820.0	40774.7	20	11.17	31.17	103.8	0.944	1.28	1.5	1.325	0.0005
21	22	21	15.5	518.2	1350.7	0.8	85.3	0.85	0.80	1435.9	42210.7	20	11.52	31.52	102.2	0.962	1.32	1.5	1.325	0.0005
22	23	22	30.7	548.9	2796.9	0.8	168.9	0.85	0.80	2965.7	45176.4	20	12.20	32.20	101.6	1.024	1.33	1.5	1.325	0.0005
23	24	23	16.1	565	1438.0	0.8	88.6	0.85	0.80	1526.5	46702.9	20	12.56	32.56	100.3	1.045	1.36	1.5	1.325	0.0005
24	25	24	29.4	594.4	2624.4	0.8	161.7	0.85	0.80	2786.1	49488.9	20	13.21	33.21	98.3	1.085	1.43	1.5	1.325	0.0005
25	26	25	33.7	628.1	2553.0	0.85	185.4	0.85	0.85	2738.3	52227.2	20	13.96	33.96	97.2	1.199	0.82	1	0.589	0.0009
26	27	26	16.7	644.8	632.9	0.2	91.9	0.85	0.28	724.7	52952.0	20	14.33	34.33	95.4	0.396	0.88	1	0.589	0.0009
27	28	27	30.9	675.7	731.1	0.2	170.0	0.85	0.32	901.0	53853.0	20	15.02	35.02	93.9	0.453	0.88	1	0.589	0.0009
28	29	28	15.4	691.1	353.9	0.2	84.7	0.85	0.33	438.6	54291.6	20	15.36	35.36	93.7	0.460	0.88	1	0.589	0.0009
29	30	29	30.8	721.9	722.8	0.2	169.4	0.85	0.32	892.2	55183.8	20	16.04	36.04	92.5	0.459	0.89	1	0.589	0.0009
30	31	30	30.1	752	692.4	0.2	165.6	0.85	0.33	857.9	56041.7	20	16.71	36.71	91.7	0.465	0.75	1	0.589	0.0009
31	32	31	14.3	766.3	1606.9	0.2	78.7	0.85	0.23	1685.6	57727.3	20	17.03	37.03	90.7	0.335	0.77	1	0.589	0.0009
32	33	32	27.7	794	4087.3	0.2	152.4	0.85	0.22	4239.7	61966.9	20	17.64	37.64	90.3	0.347	0.80	1	0.589	0.0009
33	34	33	27.2	821.2	3083.3	0.2	149.6	0.85	0.23	3232.9	65199.8	20	18.25	38.25	90.1	0.375	0.96	1	0.589	0.0009
34	35	34	24.3	845.5	537.1	0.2	133.7	0.85	0.33	670.8	65870.6	20	18.79	38.79	89.4	0.539	1.01	1.2	0.848	0.0007
35	36	35	27.1	872.6	432.1	0.2	149.1	0.85	0.37	581.2	66451.8	20	19.39	39.39	89.6	0.607	1.05	1.2	0.848	0.0007
36	37	36	20.6	893.2	264.0	0.2	113.3	0.85	0.40	377.3	66829.0	20	19.85	39.85	89.1	0.654	1.03	1.2	0.848	0.0007
37	38	37	21.8	915	310.3	0.2	119.9	0.85	0.38	430.2	67259.2	20	20.33	40.33	88.6	0.631	0.92	1	0.589	0.0009

38	39	38	25	940	718.0	0.2	137.5	0.85	0.30	855.5	68114.7	20	20.89	40.89	87.5	0.504	0.94	1	0.589	0.0009
39	40	39	32.5	972.5	872.9	0.2	178.8	0.85	0.31	1051.7	69166.4	20	21.61	41.61	87.1	0.520	0.93	1	0.589	0.0009
40	41	40	22.3	994.8	671.7	0.2	122.7	0.85	0.30	794.4	69960.8	20	22.11	42.11	86.6	0.505	1.52	2	2.355	0.0004
41	42	41	20.2	1015	640.9	0.8	111.1	0.85	0.81	752.0	70712.8	20	22.56	42.56	86.1	1.365	1.53	2	2.355	0.0004
42	43	42	25	1040	748.3	0.8	137.5	0.85	0.81	885.8	71598.6	20	23.11	43.11	85.7	1.377	0.93	1	0.589	0.0009
43	44	43	27	1067	867.8	0.2	148.5	0.85	0.29	1016.3	72614.9	20	23.71	43.71	84.9	0.505	0.92	1	0.589	0.0009
44	45	44	21.5	1088.5	722.0	0.2	118.3	0.85	0.29	840.2	73455.1	20	24.19	44.19	84.5	0.503	0.92	1	0.589	0.0009
45	46	45	23.5	1112	798.2	0.2	129.3	0.85	0.29	927.5	74382.6	20	24.71	44.71	83.9	0.504	0.93	1	0.589	0.0009
46	47	46	24.9	1136.9	846.9	0.2	137.0	0.85	0.29	983.9	75366.4	20	25.26	45.26	83.6	0.508	0.93	1	0.589	0.0009
47	48	47	25	1161.9	886.8	0.2	137.5	0.85	0.29	1024.3	76390.7	20	25.82	45.82	83.5	0.509	0.92	1	0.589	0.0009
48	49	48	26.2	1188.1	994.0	0.2	144.1	0.85	0.28	1138.1	77528.7	20	26.40	46.40	82.4	0.501	0.92	1	0.589	0.0009

ตาราง ค. 5 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 2 – BM 4 ด้านขวา

ท่อระบายน้ำทางด้านขวา (ถนนประตู 5)																	กำหนด			
Node		ท่อ	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่	เวลา(นาที)			I	Q	V=	0.75		
					พื้นที่ย่อย		ถนน		เฉลี่ย	(ตร.ม.)	สะสม						n=	0.016		
(R)	(R)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	C	At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.		D	D ประมาณ	Qรับได้	Slope
1	2	1	19.8	19.8	4127.0	0.2	108.6	0.85	0.22	4235.6	4235.6	20	0.44	20.44	135	0.034	0.24	0.25	0.037	0.0058
2	3	2	22.8	42.6	1891.2	0.2	125.4	0.85	0.24	2016.6	6252.2	20	0.95	20.95	134.6	0.056	0.31	0.4	0.094	0.0031
3	4	3	23.3	65.9	4080.1	0.2	128.2	0.85	0.22	4208.2	10460.5	20	1.46	21.46	131	0.084	0.38	0.4	0.094	0.0031
4	5	4	30.3	96.2	5147.1	0.2	166.7	0.85	0.22	5313.7	15774.2	20	2.14	22.14	130.6	0.126	0.46	0.5	0.147	0.0023
5	6	5	23.7	119.9	2973.0	0.2	130.4	0.85	0.23	3103.4	18877.6	20	2.66	22.66	129.5	0.154	0.51	0.525	0.162	0.0022
6	7	6	32.6	152.5	4858.7	0.2	179.3	0.85	0.22	5038.0	23915.5	20	3.39	23.39	127.4	0.189	0.57	0.6	0.212	0.0018
7	8	7	17.4	169.9	2819.4	0.2	95.7	0.85	0.22	2915.1	26830.6	20	3.77	23.77	126.8	0.209	0.60	0.6	0.212	0.0018
8	9	8	37.6	207.5	4729.3	0.8	206.8	0.85	0.80	4936.1	31766.7	20	4.61	24.61	124.8	0.883	1.22	1.25	0.920	0.0007

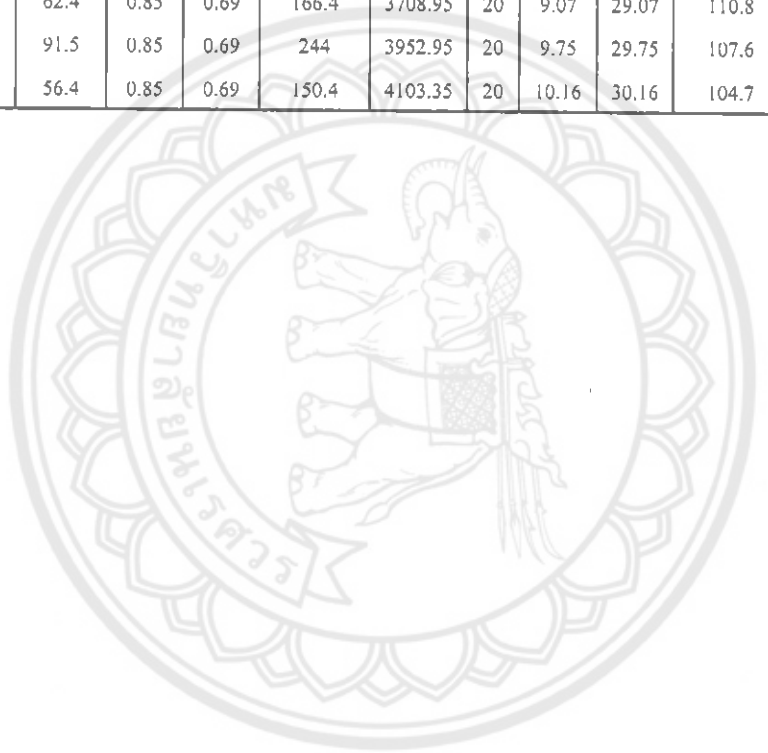
ตาราง ค. 6 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 2 – BM 4 ด้านซ้าย

ท่อระบายน้ำทางด้านซ้าย (ถนนประดู่ 5)																กำหนด			
Node		ท่อ	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่	พื้นที่	เวลา(นาที)			I	Q	V=	0.75		
					พื้นที่ย่อย		ถนน			รวม	สะสม						n=	0.016		
(L)	(L)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.		D	D ประมาณ	Qรับได้	Slope
1	2	1	32.4	32.4	2390.6	0.2	178.2	0.85	0.25	2568.8	2568.8	20	0.72	20.72	134.8	0.024	0.20	0.2	0.024	0.0078
2	3	2	16.6	49	1034.5	0.2	91.3	0.85	0.25	1125.8	3694.6	20	1.09	21.09	132.7	0.034	0.24	0.25	0.037	0.0058
3	4	3	22.1	71.1	1942.5	0.2	121.6	0.85	0.24	2064.0	5758.6	20	1.58	21.58	131.9	0.050	0.29	0.4	0.094	0.0031
4	5	4	30.2	101.3	3340.3	0.2	166.1	0.85	0.23	3506.4	9265.0	20	2.25	22.25	130.4	0.077	0.36	0.4	0.094	0.0031
5	6	5	20.2	121.5	2159.3	0.2	111.1	0.85	0.23	2270.4	11535.4	20	2.70	22.70	129.3	0.096	0.40	0.5	0.147	0.0023
6	7	6	36.1	157.6	3741.9	0.2	198.6	0.85	0.23	3940.4	15475.8	20	3.50	23.50	127.2	0.127	0.46	0.5	0.147	0.0023
7	8	7	17.4	175	1779.0	0.2	95.7	0.85	0.23	1874.7	17350.5	20	3.89	23.89	126.6	0.142	0.49	0.5	0.147	0.0023
8	9	8	37.6	212.6	3799.5	0.2	206.8	0.85	0.23	4006.3	21356.9	20	4.72	24.72	123.6	0.171	0.54	0.6	0.212	0.0018

ตาราง ค. 7 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 6 – BM 8 ด้านซ้าย

ท่อระบายน้ำทางด้านขวา (ถนนหอพักเพทย์)																	กำหนด			
Node		ท่อ	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่	เวลา(นาที)			I	Q	V=	0.75		
					พื้นที่ย่อย		ถนน				สะสม						n=	0.016		
(L)	(L)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.		D	D ประมาณ	Qรับได้	Slope
1	2	1	21	21	549.2	0.6	63	0.85	0.63	612.15	612.15	20	0.47	20.47	134.6	0.014	0.16	0.25	0.037	0.0058
2	3	2	22	43	110.0	0.6	66	0.85	0.69	176	788.15	20	0.96	20.96	134.7	0.020	0.19	0.25	0.037	0.0058
3	4	3	22.7	65.7	113.5	0.6	68.1	0.85	0.69	181.6	969.75	20	1.46	21.46	132.4	0.025	0.20	0.25	0.037	0.0058
4	5	4	31.1	96.8	155.5	0.6	93.3	0.85	0.69	248.8	1218.55	20	2.15	22.15	130.5	0.031	0.23	0.25	0.037	0.0058
5	6	5	26	122.8	130.0	0.6	78	0.85	0.69	208	1426.55	20	2.73	22.73	129.4	0.036	0.25	0.25	0.037	0.0058
6	7	6	19.6	142.4	98.0	0.6	58.8	0.85	0.69	156.8	1583.35	20	3.16	23.16	128.2	0.039	0.26	0.4	0.094	0.0031
7	8	7	24.2	166.6	121.0	0.6	72.6	0.85	0.69	193.6	1776.95	20	3.70	23.70	127.6	0.044	0.27	0.4	0.094	0.0031
8	9	8	26.6	193.2	133.0	0.6	79.8	0.85	0.69	212.8	1989.75	20	4.29	24.29	125.2	0.048	0.29	0.4	0.094	0.0031
9	10	9	24.1	217.3	120.5	0.6	72.3	0.85	0.69	192.8	2182.55	20	4.83	24.83	123.7	0.052	0.30	0.4	0.094	0.0031
10	11	10	28.7	246	143.5	0.6	86.1	0.85	0.69	229.6	2412.15	20	5.47	25.47	122.3	0.057	0.31	0.4	0.094	0.0031
11	12	11	19.7	265.7	98.5	0.6	59.1	0.85	0.69	157.6	2569.75	20	5.90	25.90	120.9	0.060	0.32	0.4	0.094	0.0031
12	13	12	25	290.7	125.0	0.6	75	0.85	0.69	200	2769.75	20	6.46	26.46	119.6	0.064	0.33	0.4	0.094	0.0031

13	14	13	25	315.7	125.0	0.6	75	0.85	0.69	200	2969.75	20	7.02	27.02	117.9	0.067	0.34	0.4	0.094	0.0031
14	15	14	30.3	346	151.5	0.6	90.9	0.85	0.69	242.4	3212.15	20	7.69	27.69	116.7	0.072	0.35	0.4	0.094	0.0031
15	16	15	18	364	90.0	0.6	54	0.85	0.69	144	3356.15	20	8.09	28.09	114.6	0.074	0.35	0.4	0.094	0.0031
16	17	16	23.3	387.3	116.5	0.6	69.9	0.85	0.69	186.4	3542.55	20	8.61	28.61	112.2	0.077	0.36	0.4	0.094	0.0031
17	18	17	20.8	408.1	104.0	0.6	62.4	0.85	0.69	166.4	3708.95	20	9.07	29.07	110.8	0.079	0.37	0.4	0.094	0.0031
18	19	18	30.5	438.6	152.5	0.6	91.5	0.85	0.69	244	3952.95	20	9.75	29.75	107.6	0.082	0.37	0.4	0.094	0.0031
19	20	19	18.8	457.4	94.0	0.6	56.4	0.85	0.69	150.4	4103.35	20	10.16	30.16	104.7	0.083	0.37	0.4	0.094	0.0031



ตาราง ค. 8 ตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 6 – BM 8 ด้านขวา

ท่อระบายน้ำทางด้านซ้าย (ถนนหอพักแพทย์)																	กำหนด			
Node		ท่อ	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	Q	V=	0.75		
					พื้นที่ย่อย		ถนน										n=	0.016		
(R)	(R)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.		D	D ประมาณ	Qรับได้	Slope
1	2	1	21.9	21.9	446.10	0.8	65.70	0.85	0.81	511.80	511.80	20	0.49	20.49	134.5	0.015	0.16	0.25	0.037	0.0058
2	3	2	22.7	44.6	1036.94	0.8	68.10	0.85	0.80	1105.04	1616.84	20	0.99	20.99	133	0.048	0.29	0.4	0.094	0.0031
3	4	3	31.1	75.7	1443.94	0.8	93.30	0.85	0.80	1537.24	3154.08	20	1.68	21.68	131.6	0.093	0.40	0.4	0.094	0.0031
4	5	4	22	97.7	938.96	0.8	66.00	0.85	0.80	1004.96	4159.04	20	2.17	22.17	129.3	0.120	0.45	0.5	0.147	0.0023
5	6	5	23.6	121.3	1007.25	0.8	70.80	0.85	0.80	1078.05	5237.09	20	2.70	22.70	127.6	0.149	0.50	0.525	0.162	0.0022
6	7	6	24.2	145.5	1032.86	0.8	72.60	0.85	0.80	1105.46	6342.55	20	3.23	23.23	125.5	0.178	0.55	0.6	0.212	0.0018
7	8	7	24.1	169.6	1028.59	0.8	72.30	0.85	0.80	1100.89	7443.43	20	3.77	23.77	123.6	0.205	0.59	0.6	0.212	0.0018
8	9	8	27.1	196.7	1156.63	0.8	81.30	0.85	0.80	1237.93	8681.36	20	4.37	24.37	124	0.240	0.64	1	0.589	0.0009
9	10	9	31.6	228.3	1348.69	0.8	94.80	0.85	0.80	1443.49	10124.85	20	5.07	25.07	122.3	0.276	0.68	1	0.589	0.0009
10	11	10	33.7	262	1438.32	0.8	101.10	0.85	0.80	1539.42	11664.27	20	5.82	25.82	119.5	0.311	0.73	1	0.589	0.0009
11	12	11	25	287	1067.00	0.8	75.00	0.85	0.80	1142.00	12806.27	20	6.38	26.38	118	0.337	0.76	1	0.589	0.0009
12	13	12	30.3	317.3	1293.20	0.8	90.90	0.85	0.80	1384.10	14190.37	20	7.05	27.05	117.6	0.372	0.80	1	0.589	0.0009

13	14	13	18	335.3	768.24	0.8	54.00	0.85	0.80	822.24	15012.61	20	7.45	27.45	117	0.392	0.82	1	0.589	0.0009
14	15	14	30.1	365.4	1284.67	0.8	90.30	0.85	0.80	1374.97	16387.58	20	8.12	28.12	115	0.421	0.84	1	0.589	0.0009
15	16	15	20.8	386.2	887.74	0.8	62.40	0.85	0.80	950.14	17337.72	20	8.58	28.58	114	0.441	0.87	1	0.589	0.0009
16	17	16	30.5	416.7	1301.74	0.8	91.50	0.85	0.80	1393.24	18730.96	20	9.26	29.26	112	0.468	0.89	1	0.589	0.0009
17	18	17	20.3	437	866.40	0.8	60.90	0.85	0.80	927.30	19658.27	20	9.71	29.71	108.7	0.477	0.90	1	0.589	0.0009

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ

ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำที่ความถี่ฝน 5 ปี

จากตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 6 – BM 8 ด้านขวา

$$Q = CIA$$

C = 0.81 (ค่าจากตาราง ค. 8 สปส. เฉลี่ย)

$A_{สะสม}$ = 511.80 ตร.ม.

t_0 = 20 นาที (ชุมชนที่พักอาศัยมีภูมิประเทศราบเรียบ)

t_{pipe} = S/V

S = ความยาวของท่อจากจุดที่พิจารณา

V = ความเร็วการไหลในท่อ = 0.75 ม./วินาที หรือ 45 ม./นาที

t_{pipe} = 21.9/45 = 0.49 นาที

$t_c = t_0 + t_{pipe}$

= 20 + 0.49 = 20.49 นาที

นำค่า t_c = 20.49 นาที ไปหาค่า I จากกราฟความเข้มฝน

จะได้ I = 134.5 มม./ชม.

ดังนั้น Q = (0.81*134.5*511.80)/(1000*60*60)

Q = 0.015 ลบ.ม./วินาที

ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดท่อ (D)

จากตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 6 – BM 8 ด้านขวา

$$Q = AV$$

เมื่อ Q = อัตราระบายน้ำออกแบบ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

V = ความเร็วการไหลในท่อ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

กำหนด Q = 0.015 ลบ.ม./วินาที

V = 0.75 ม./วินาที

$A = (\pi/4) * D^2$

$D = [(0.015*4)/(0.75*3.1416)]^{(1/2)}$

D = 0.16 ประมาณ 0.25

ดังนั้น ท่อที่ออกแบบมีขนาด 0.25 ม.

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า Q ที่รับได้ และ S

จากตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 6 – BM 8 ด้านขวา

เมื่อ Q = อัตราระบายน้ำออกแบบ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

V = ความเร็วการไหลในท่อ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

D = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อที่ออกแบบ มีหน่วยเป็นเมตร

S = ความลาดชันออกแบบ

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง

= 0.016 – 0.018 (สำหรับท่อคอนกรีต)

$Q = (\pi/4)*0.25^2*0.75$

Q = 0.037 ลบ.ม./วินาที

จาก Manning Equation

$Q = (0.312/n)*D^{(8/3)}*S^{(1/2)}$ (สมมติให้น้ำไหลเต็มท่อ)

$S = [(0.037*0.016)/(0.312*0.25^{(8/3)}]^2$

S = 0.0058

ตัวอย่างการคำนวณค่า Q จากขนาดท่อจริง

จากตารางแสดงรายการคำนวณอัตราการไหลของน้ำของท่อช่วง BM 6 – BM 8 ด้านขวา

ขนาดท่อจริง = 1.00 ม.

$$Q = (1/n)*A*R^{(2/3)}S^{(½)}$$ (S = ค่าความชันของท่อจากตารางค่าระดับ)

$$Q = (1/0.016)*[(\pi/4)(1^2)]*[[(\pi/4)(1^2)]/(2*3.1416*0.5)]^{(2/3)}*(0.00175)^{1/2}$$

$$Q = 62.5*0.79*0.4*0.042$$

$$Q = 0.83 \text{ ลบ.ม./วินาที}$$

ดังนั้น ขนาดท่อจริงมีประสิทธิภาพในการระบายน้ำได้ดี

$Q_{\text{ท่อ 1.00 ม.}} = 0.83$ ลบ.ม./วินาที

$Q_{\text{ท่อ 0.25 ม.}} = 0.037$ ลบ.ม./วินาที