



การประยุกต์โปรแกรมการไหลไม่คงตัวสำหรับลุ่มแม่น้ำป่าและลำน้ำสาขา

Application of unsteady flow program in Pua watershed

นายกฤษดา	หนูคอนทราย	รหัส 51370027
นายฐิติเวช	กฤตการักษ์	รหัส 51370164
นายณัฐพงษ์	คำทา	รหัส 51370171

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน..... 16073852
เลขเรียกหนังสือ..... ฟร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 1284 9

2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร

ปีการศึกษา 2554



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ	การประยุกต์โปรแกรมการไหลไม่คงตัวสำหรับดุ่มน้ำปัวและลำน้ำสาขา		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายกฤษดา หนูคอนทราย	รหัส	51370027
	นายฐิติเวช ถฤตติการักษ์	รหัส	51370164
	นายณัฐพงษ์ คำทา	รหัส	51370171
ที่ปรึกษาโครงการ	รศ.ดร. สมบัติ ชื่นชุกกลิ่น		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2554		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(รศ.ดร. สมบัติ ชื่นชุกกลิ่น)

.....กรรมการ
(รศ.ดร. สงวน ปัทมธรรมกุล)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.ทวีศักดิ์ ตะกะระ โทก)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การประยุกต์โปรแกรมการไหลไม่คงตัวสำหรับลุ่มน้ำปิวและลำน้ำสาขา		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายกฤษดา หนูคอนทราย	รหัส	51370027
	นายฐิติเวช กฤติการักษ์	รหัส	51370164
	นายณัฐพงษ์ คำทา	รหัส	51370171
ที่ปรึกษาโครงการ	รศ.ดร. สมบัติ ชื่นชุกกลิ่น		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2554		

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมการจำลอง HEC-RAS หาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำรายวันในลุ่มแม่น้ำปิว เป็นแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ ประกอบด้วยการจำลองการไหลแบบไม่คงตัว Unsteady Flow

โดยการวิเคราะห์โปรแกรมได้นำผลไปประยุกต์กับลำน้ำปิว กิโลเมตรที่ 19+063.59 ใล่ค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งต้นน้ำที่ท้ายฝายปิวและจุดบรรจบลำน้ำขวังกับลำน้ำปิว กิโลเมตรที่ 13+234 ส่วนบริเวณปากแม่น้ำปิว ณ จุดบรรจบลำน้ำปิวและแม่น้ำน่าน ได้ใช้ค่าระดับน้ำรายวันแต่ในกรณีศึกษาไม่มีข้อมูลระดับน้ำรายวันในตำแหน่งนั้น จึงใช้การเทียบค่าระดับน้ำรายวันจากสถานี N64 บ้านผาขวาง ตามระยะทาง จากผลการทดสอบได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง 0.025 แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวมาประยุกต์กับ โปรแกรมเพื่อหาพื้นที่น้ำท่วม ปี พ.ศ. 2537 ข้อมูลน้ำรายวันจากสถานี N50 กิโลเมตรที่ 13+034 ไปประยุกต์ใช้กับ ปี พ.ศ. 2553 เพื่อหาค่าระดับน้ำและพื้นที่น้ำท่วมได้พื้นที่น้ำท่วม 2.455 ตารางกิโลเมตร สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการกำหนดระดับความสูงของพนังกั้นน้ำตามแนวราบของตลิ่ง เพื่อป้องกันและบรรเทาปัญหาอุทกภัย

Project title : Application of unsteady flow program for Pua watershed
Name : Mr.Kritsada Nudonsai
: Mr.Thitivet Krittigarux
: Mr.Nuttapong Kumtha
Project adviser : Mr.Sombat chuenchooklin
Major : Civil Engineering
Department : Civil Engineering
Academic Year : 2011



Abstract

This project is a study about the program of HEC-RAS model finding the relationship between water level and daily rainfall in Pua River. This model is to analyze the hydraulics in one dimension which includes unsteady flow model.

In Analysis process, apply the program at kilometer 19+063.59 in Pua River. We will fill the flow value of upstream in the end of Pua Dam and the confluence of Kwang and Pua River at kilometer 13+234. Whereas, the entrance of Pua River at the confluence of Pua and Nan River will use dairy rainfall data. Unless there is the data of case study, we will compare the daily water level from station N64 BanPhaKwang along distance. The test result show the value of roughness coefficient of Manning is 0.025 and then apply this value to the program for detect flooding area. We apply the daily water data from station N50 at kilometer 13+034 in 2537 A.D to this in 2553 A.D. for seeking the water level and flooding area and get the data of flooding area in 2.455 sq. kilometer. This is useful to determine the level of cut-off wall along river bank for flood prevention and mitigation.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จขึ้นมาได้ คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ สมบัติ ชื่นชุกกลิ่น อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยช่วยเหลือและแนะนำแนวทางการปฏิบัติที่ถูกต้อง ให้คำปรึกษา เพื่อแก้ไขปัญหา และขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ ครูช่าง มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่คอยให้ความรู้ ตามหลักวิชาการแก่คณะผู้จัดทำโครงการ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่คอยให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ทั้งทางด้านการเงิน และคอยเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด



คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม

นายกฤษดา หนูคอนทราย

นายฐิติเวช กฤตติการักษ์

นายณัฐพงษ์ คำทา

มีนาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของ โครงการงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการงาน	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบข่ายงาน	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 การแบ่งชนิดของการไหลทางน้ำเปิด	4
2.2 การแบ่งชนิดการไหลตามตำแหน่ง	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการงาน	28
3.1 อุปกรณ์	28
3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย	28
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานตามผังงาน	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	39
4.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์	39
4.2 ข้อมูลและผลการวิเคราะห์วิจัย	43
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	66
5.1 สรุปผล	66
5.2 ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	68



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ชนิดของการไหลในทางน้ำเปิดตามเวลาและตำแหน่ง	8
2.2 สัมประสิทธิ์รูปร่างคอม่อ	18
2.3 ค่าปรับแก้ต่างๆสำหรับคำนวณสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning	19
3.1 อัตราการไหลรายวันที่กำหนดเป็นเงื่อนไข บริเวณต้นน้ำท้ายฝายปัว กิโลเมตรที่ 19+063.59	32
3.2 อัตราการไหลรายวันที่กำหนดเป็นเงื่อนไข ลำน้ำขวัง กิโลเมตรที่ 13+324	33
3.3 ระดับน้ำรายวันที่กำหนดเป็นเงื่อนไขบริเวณปากแม่น้ำ ณ จุดบรรจบแม่น้ำน่าน กิโลเมตรที่ 0+000	34
3.4 ระดับน้ำที่สถานี N50 และการสอบเทียบหาสัมประสิทธิ์ค่าความขรุขระของแมนนิ่ง (ค่า $n = 0.025$) โดยมีค่าใกล้เคียงกับค่าระดับจริงมากที่สุด	35
4.1 ระดับน้ำที่สถานี N50 และการสอบเทียบหาสัมประสิทธิ์ค่าความขรุขระของแมนนิ่ง (สมมติค่า $n = 0.025$)	40
4.2 แสดงตำแหน่ง และค่า n ในกิโลเมตรต่างๆ	45
5.1 การหาค่าระดับน้ำที่สถานี N64 บ้านนาขวางบริเวณปากแม่น้ำปัว ณ จุดบรรจบแม่น้ำน่าน	70
5.2 วันที่น้ำท่วมปี 2553	70
5.3 ค่าอัตราการไหลสูงสุด ณ จุดบรรจบลำน้ำปัวและลำน้ำขวัง	70
5.4 ตำแหน่งค่าพิคคที่เลือก	114
5.5 ระดับน้ำที่สถานี N50 และการสอบเทียบหาสัมประสิทธิ์ค่าความขรุขระของแมนนิ่ง (สมมติค่า $n = 0.035$)	116
5.6 ระดับน้ำที่สถานี N50 และการสอบเทียบหาสัมประสิทธิ์ค่าความขรุขระของแมนนิ่ง (สมมติค่า $n = 0.030$)	118

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1	29
3.2	30
3.3	30
3.4	31
3.5	31
3.6	32
3.7	37
4.1	42
4.2	44
4.3	44
4.4	48
4.5	58
4.6	59
4.7	61
4.8	62
4.9	63
4.10	65

นิยามศัพท์

Q	Volume flow rate คือ อัตราการไหล มีหน่วยเป็น $\text{m}^3/\text{วินาที}$ แยกเป็นการไหลคงที่ (Steady flow) คือ การไหลที่มีความลึกของการไหลที่มีหน้าตัดด้านใดด้านหนึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่พิจารณาหน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่ง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงพิจารณา การไหลไม่คงที่ (Unsteady flow) คือ การไหลที่มีความลึกของการไหลที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา
V	คือความเร็วในการไหลในทางน้ำเปิด มีหน่วยเป็น $\text{m}^2/\text{วินาที}$
g	คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ $9.81 \text{ m}/\text{วินาที}^2$
D	คือ ความลึกชลศาสตร์ (Hydraulic depth) มีค่าเท่ากับ A/T โดยที่ A คือ พื้นที่หน้าตัดการไหล และ T คือ ความกว้างผิวน้ำอิสระบนหน้าตัดการไหล
N_R	Reynolds number หมายถึงอัตราส่วนระหว่างแรงเฉื่อยต่อแรงเนื่องจากความหนืด
R	คือ รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic depth) มีค่าเท่ากับ A/T
P	คือ เส้นขอบเปียก (Watted parameter)
μ	คือ ความหนืดพลวัต (Dynamic viscosity) หรือ สัมประสิทธิ์ความหนืด (Coefficient of viscosity)
Z	คือ ระดับท้องน้ำของทางน้ำเปิดเหนือระดับอ้างอิง (ฟุต, เมตร)

นิยามศัพท์(ต่อ)

y	คือ ความลึกของการไหล (Pressure head= p/y)
H_L	คือ การสูญเสียพลังงาน(Head loss) ระหว่างหน้าตัด A หน้าตัด B
S	คือ ความลาดของเส้นพลังงาน
L	คือ ระยะระหว่างหน้าตัด A และหน้าตัด B
C_d	คือ สัมประสิทธิ์การไหลขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการไหลข้ามฝาย
L	คือ ความยาวสันฝาย
H	คือ ความสูงของระดับน้ำเหนือสันฝาย
V_o	คือ ความเร็วในการไหลในทางน้ำเปิดทางค้ำเหนือฝาย
n	คือ สัมประสิทธิ์ Manning
W.S.P	Water surface profile คือ ค่าระดับผิวน้ำที่วัดได้หรือคำนวณได้ในทางน้ำเปิดที่พิจารณา

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

แม่น้ำปัวและลำน้ำสาขา มีต้นกำเนิดจากธารน้ำในเทือกเขาดอยภูคา ทางด้านทิศตะวันออกของอำเภอปัว ซึ่งมีสภาพพื้นที่เป็นเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนมีป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ที่มีทั้งพืชพรรณและสัตว์ป่าที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศน์ ในแต่ละปีปริมาณน้ำฝนที่ตกมีปริมาณน้ำฝนแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละปี จึงทำให้ประสบปัญหาอุทกภัย มากน้อยแตกต่างกันไป สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นอย่างมาก และเพื่อการกักเก็บน้ำในปริมาณที่สมดุลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในฤดูแล้ง จึงนำปริมาณน้ำฝนรายวันของปีที่ผ่านมาสุคนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาก็เพื่อจะได้ทราบปริมาณน้ำและหาวิธีกักเก็บน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ในการอุปโภคบริโภค อีกทั้งยังใช้เพื่อการเกษตรซึ่งเป็นอาชีพหลักของคนในประเทศ อีกทั้งยังแก้ไขปัญหาก็เพื่อหาวิธีป้องกันการเกิดอุทกภัย เพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน อีกทั้งยังก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการบริหารจัดการน้ำ ในด้านของวิธีแก้ไขปัญหาก็ให้นำโปรแกรม HEC-RAS มาใช้ในการจำลองและออกแบบการไหลของน้ำในลำน้ำ แบบการไหลไม่คงตัว (Unsteady flow)

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ผิวน้ำในลำน้ำปัวด้วยการใช้โปรแกรม HEC-RAS
- 1.2.2 เพื่อทราบถึงแบบจำลองการไหลของน้ำใน แม่น้ำปัว
- 1.2.3 เพื่อทราบถึงลักษณะของลำน้ำปัว และพื้นที่น้ำท่วมบริเวณฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของลำน้ำ
- 1.2.4 เพื่อรวบรวมข้อมูลและศึกษาลักษณะของลำน้ำ และรูปตัดต่างๆของ แม่น้ำปัว

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถใช้โปรแกรม HEC-RAS ในการจำลองการไหลแบบไม่คงตัว

1.3.2 สามารถใช้โปรแกรม HEC-RAS เข้ามาช่วยในงานชลประทาน

1.3.3 ทราบถึงลักษณะผิวน้ำและพื้นที่น้ำท่วมบริเวณลุ่มแม่น้ำปาว รวมทั้งพื้นที่หน้าตัดต่าง ๆ ของลำน้ำปาวและลำน้ำสาขา

1.4 ขอบข่ายงาน

1.4.1 กรอกข้อมูลที่ไปเก็บรวบรวมมาของแม่น้ำปาวและลำน้ำสาขา ลงในโปรแกรม โดยอาศัยข้อมูลน้ำ และพิกัดจุดต่างๆ จากการค้นคว้าข้อมูลและศึกษาแผนที่ เพื่อหารูปตัดของลำน้ำปาวและลำน้ำสาขา เพื่อประเมินพื้นที่น้ำท่วมทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของแม่น้ำปาว โดยใช้โปรแกรม HEC-RAS ในการทำแบบจำลอง



1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
1.การนำเสนอ โครงการ	←→				
2.ตรวจดู/ คัดเลือกปริมาณ น้ำฝนรายวัน	←→				
3.ตรวจสอบ ข้อมูลจาก สำนักงานที่ เกี่ยวข้อง		←→			
4.วิเคราะห์ ข้อมูล/ปัญหาที่ เกิดขึ้น			←→		
5.เขียนโครงการ				←→	

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1. จัดทำรูปเล่ม	1,000 บาท
2. ค่าเดินทาง	1,000 บาท
3. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์	1,000 บาท
รวมเป็นเงิน	3,000 บาท (สามพันบาทถ้วน)

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

โครงการนี้เป็นการศึกษาด้านชลศาสตร์ของการไหลแบบไม่คงตัว โดยใช้ ลุ่มน้ำปิว อำเภอปิว จังหวัดน่าน เป็นกรณีศึกษา โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ในปีที่ผ่านมาสุด เพื่อหาค่าการไหลที่ไม่มีข้อมูลน้ำรายวัน ในช่วงเวลาที่เกิดน้ำหลาก โดยการใช้โปรแกรม HEC-RAS Version 4.1 ในการจำลองรูปแบบการไหลของแม่น้ำปิวและลำน้ำสาขา ด้วยการใช้โปรแกรมวิเคราะห์การไหลหลากและชลศาสตร์หน้าตัดการไหลของน้ำในแม่น้ำ และบนพื้นที่น้ำท่วมถึง โดยแบบจำลอง HEC-RAS ซึ่งพัฒนาโดยศูนย์วิศวกรรมอุทกวิทยา สหพันธ์วิศวกรแห่งสหรัฐอเมริกา (Hydrologic Engineering Center: HEC, US Army Corps of Engineers) ได้นำมาใช้ในการจำลองการไหลของน้ำและการไหลหลากในลำแม่น้ำปิว เพื่อประกอบการวางแผนบรรเทาปัญหาอุทกภัยในท้องที่อำเภอปิว จังหวัดน่าน โดยการจำลองการไหลแบบไม่คงตัวอีกมิติ ด้วยข้อมูลสภาพน้ำจากสถิติที่มีอยู่ แล้วนำผลที่ได้จากการจำลองมาวิเคราะห์แผนยุทธศาสตร์ การจัดการบรรเทาปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ดังกล่าว ที่มีกประสงค์ปัญหาอุทกภัยในช่วงฤดูน้ำหลากเป็นประจำ เนื่องจากยังไม่มีแหล่งเก็บน้ำที่พอเพียงทางตอนบนของพื้นที่ลุ่มน้ำ ในการศึกษาได้นำการสังเคราะห์เส้นชั้นความสูงของพื้นที่จากการแปลภาพถ่ายระยะไกลและจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูง

2.1 การแบ่งชนิดของการไหลทางน้ำเปิด

การไหลในทางน้ำเปิดสามารถแบ่งได้หลายวิธี ได้แบ่งการไหลในทางน้ำเปิดตามการเปลี่ยนแปลงตามความลึกของการไหล ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลา (Time) และตำแหน่ง (Space) ดังนี้ คือ

การแบ่งชนิดการไหลตามเวลา (Classification with respect to time) สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

2.1.1. การไหลคงที่ (Steady flow) คือ การไหลที่มีความลึก ของการไหลที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่ง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่พิจารณา

2.1.2. การไหลไม่คงที่ (Unsteady flow) คือ การไหลที่มีความลึก ของการไหลที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่ง มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่พิจารณา

2.2 การแบ่งชนิดการไหลตามตำแหน่ง (Classification with respect to space)

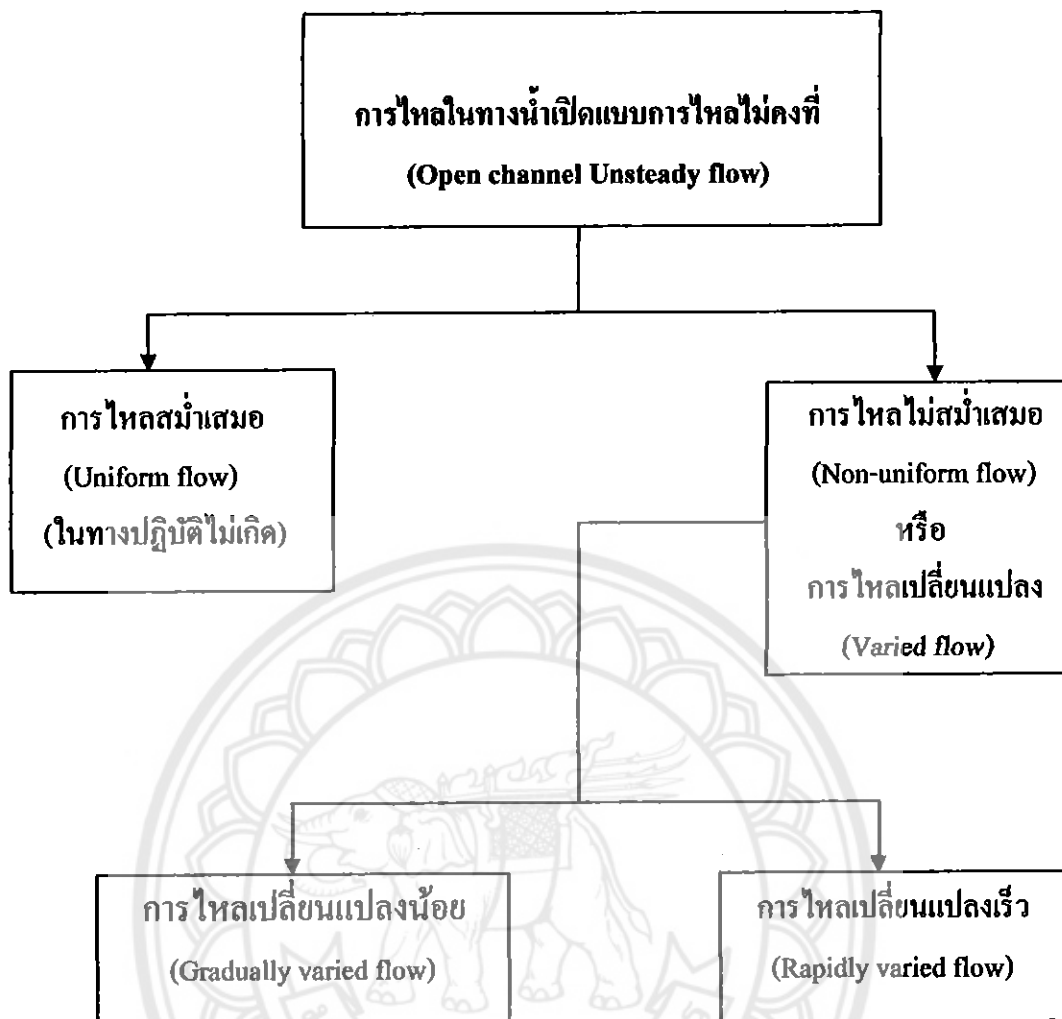
สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.2.1. การไหลแบบสม่ำเสมอ (Uniform flow) คือ การไหลที่มีความลึกของการไหลเท่ากันตลอดความยาวของทางน้ำเปิด ซึ่งการไหลสม่ำเสมอจะเป็นการไหลคงที่หรือไม่คงที่นั้นขึ้นอยู่กับว่าความลึกของการไหลมีความเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยหรือไม่ โดยในทางปฏิบัติแล้วการไหลสม่ำเสมอแบบไม่คงที่ (Uniform unsteady flow) จะไม่เกิดขึ้น

2.2.2. การไหลไม่สม่ำเสมอ (Non-uniform flow) คือ การไหลเปลี่ยนแปลง (Varied flow) คือ การไหลที่มีความลึกของการไหลเปลี่ยนแปลงตามแนวความยาวของทางน้ำเปิด ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งกรณีที่เป็นการไหลคงที่และไม่คงที่ โดยมักจะเกิดขึ้นทั่วไปในทางน้ำเปิดธรรมชาติ การไหลไม่สม่ำเสมอยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

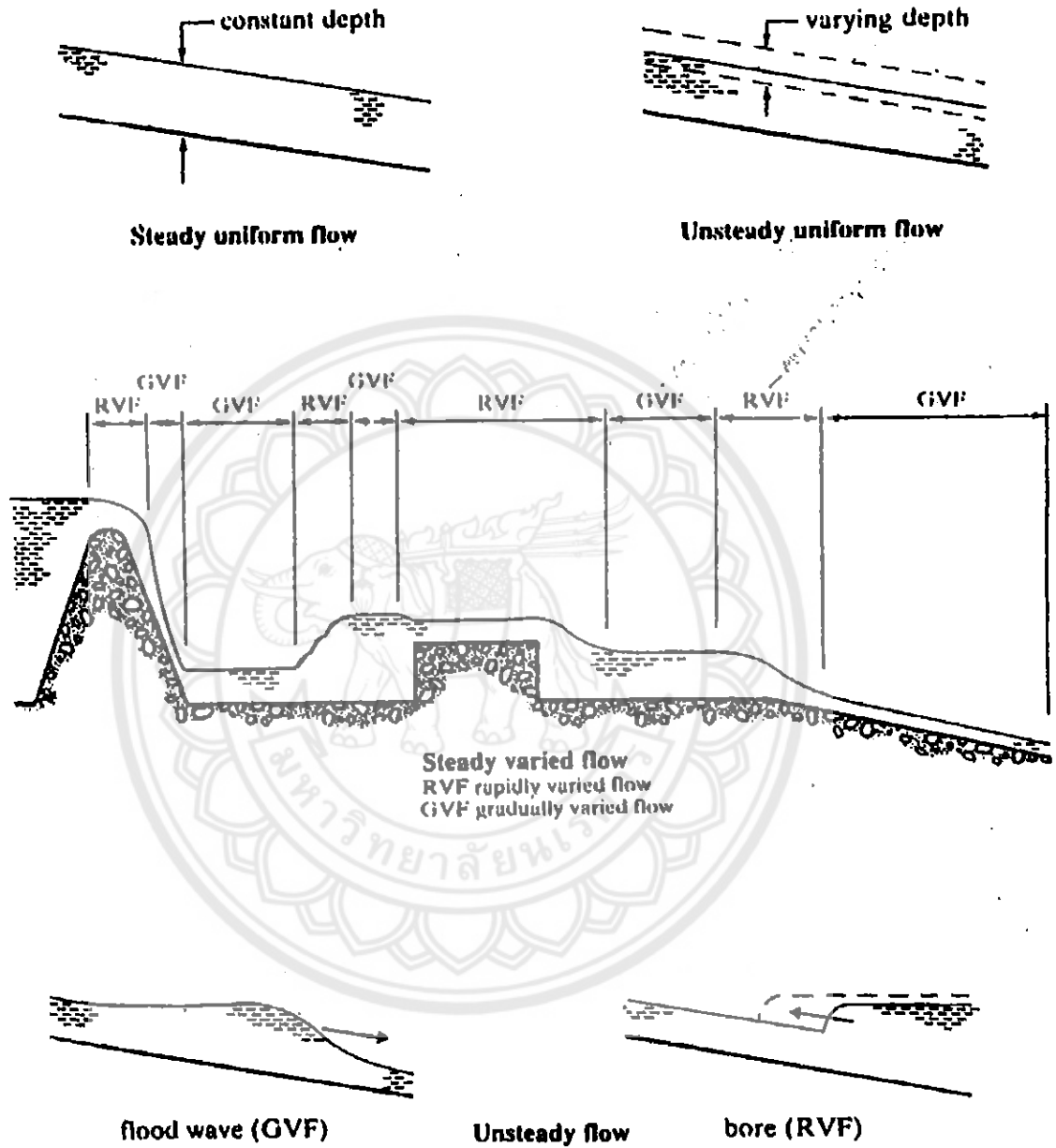
2.2.2.1) การไหลเปลี่ยนแปลงน้อย (Gradually varied flow, GVF) คือ การไหลที่มีความลึกของกระแสน้ำค่อยๆ เปลี่ยนแปลงตามระยะทาง ซึ่งวิเคราะห์การไหลจะอาศัยสมการพลังงาน (Energy equation) และสมการการเสียดทาน (Frictional resistance equation)

2.2.2.2) การไหลแบบเปลี่ยนแปลงเร็ว (Rapidly varied flow, RVF) คือ การไหลที่มีการไหลของกระแสน้ำเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามระยะทาง เช่น การไหลจากสันฝายน้ำล้น การเกิดน้ำกระโดด (Hydraulic jump) และการเกิดน้ำเชี่ยวข้อน (bore) เป็นต้นซึ่งการวิเคราะห์การไหลจะต้องอาศัยสมการพลังงาน (Energy equation) และสมการ โมเมนตัม (Momentum equation) เป็นหลักในการวิเคราะห์โดยสรุปแล้ว การไหลในทางน้ำเปิดสามารถแบ่งได้ตามเวลา และตำแหน่ง โดยสามารถเขียนแผนผังการแบ่งชนิดการไหลในทางน้ำเปิดได้ดังรูปที่ 2.1 โดยพิจารณาเป็นฟังก์ชันอนุพันธ์เทียบกับเวลา (t) และเทียบกับตำแหน่งหรือระยะทาง (x) ได้ดังตารางที่ 2.1 และมีตัวอย่างที่ 2.1 และมีตัวอย่างภาพชนิดของการไหลในทางน้ำเปิดดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 แผนผังการแบ่งชนิดของการไหลในทางน้ำเปิดตามเวลาและตำแหน่ง

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างชนิดของการไหลในทางน้ำเปิด

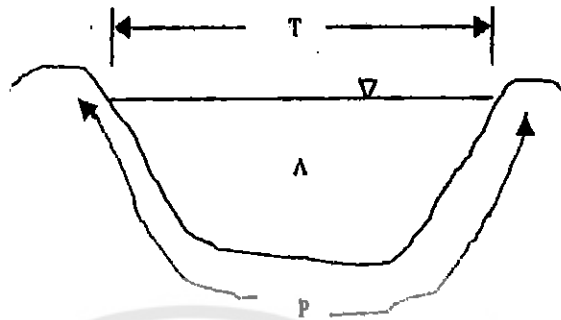


ตารางที่ 2.1 ชนิดของการไหลในทางน้ำเปิดตามเวลาและตำแหน่ง

ชนิดของการไหล	สมการอนุพันธ์
2. การไหลไม่คงที่ (Unsteady flow)	$\frac{d}{dt}(y, Q, V \dots) \neq 0$
2.1. การไหลไม่คงที่สม่ำเสมอ (Uniform unsteady flow)	$\frac{dy}{dx} = 0$
2.2. การไหลไม่คงที่เปลี่ยนแปลงน้อย (Gradually varied unsteady flow)	$\frac{dy}{dx} \approx 0$
2.3. การไหลไม่คงที่เปลี่ยนแปลงเร็ว (Rapidly varied unsteady flow)	$\frac{dy}{dx} \gg 0$

หมายเหตุ y คือ ความลึกของการไหล, Q คือ อัตราการไหล และ V คือ ความเร็วของการไหล
คุณสมบัติพื้นฐานของการไหลในทางน้ำเปิด

พิจารณาหน้าตัดการไหลของทางน้ำเปิดรูปตัดใดๆ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หน้าตัดการไหล

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติพื้นฐานของการไหลในทางน้ำเปิดประกอบด้วย

อัตราการไหล(Q), ความลึกของการไหล (y), ความกว้างของผิวน้ำ (T), และเส้นขอบเปียก

(Wetted parameter : P)

ซึ่งสามารถวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของการไหลในทางน้ำเปิดได้ดังนี้

(1.) ความเร็วในการไหล (ความเร็วเฉลี่ย) $V = \frac{Q}{A}$ (2.1)

(2.) รัศมีชลศาสตร์ (hydraulic radius) $R = \frac{dy}{dx}$ (2.2)

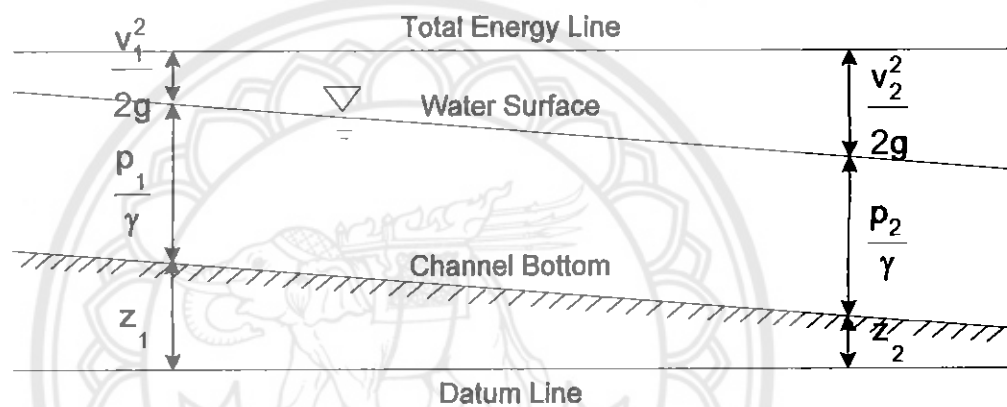
(3.) ความลึกชลศาสตร์ (Hydraulic depth) $D = \frac{dy}{dx}$ (2.3)

(4.) ปัจจัยหน้าตัดสำหรับการไหลวิกฤติ $Z = A\sqrt{D}$ (2.4)
(Section factor for critical flow)

(5.) ปัจจัยหน้าตัดสำหรับการไหลสม่ำเสมอ $U = AR^{2/3}$ (2.5)
(Section factor for uniform flow)

สมการพลังงานของการไหลในทางน้ำเปิด

เนื่องจากการไหลในทางน้ำเปิด เป็นการไหลของการไหลจากบริเวณที่มีพลังงานสูงไปสู่บริเวณที่มีพลังงานต่ำ ซึ่งลักษณะของการไหลจะเกิดแรงเสียดทานระหว่างของไหลกับผนังทางน้ำเปิด และแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคของของไหลจึงเกิดการสูญเสียพลังงาน (Head loss, h_L) ในช่วงระยะทางการไหลที่พิจารณาเช่นลักษณะการไหลในทางน้ำเปิดทั่วไประหว่างหน้าตัด A และหน้าตัด B ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การไหลในทางน้ำเปิดทั่วไป

พิจารณาจากรูปที่ 2.4 สามารถเขียนสมการพลังงานระหว่างหน้าตัด A และหน้าตัด B ได้ดังนี้

$$Z_A + y_A + \frac{V^2}{2g} = Z_B + y_B + \frac{V^2}{2g} + h_L \quad (2.6)$$

เมื่อ Z คือ ระดับท้องน้ำของทางน้ำเปิดเหนือระดับอ้างอิง (ft, m)

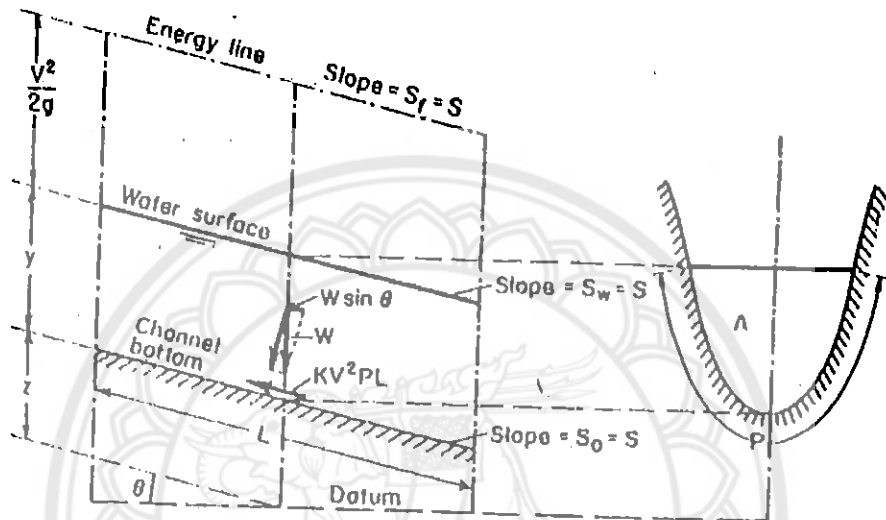
y คือ ความลึกของการไหล หรือความดัน (Pressure head = P/γ)

V คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล (ft/s, m/s)

และ h_L คือ การสูญเสียพลังงาน (Head loss) ระหว่างหน้าตัด A และหน้าตัด B (ft-lb/lb, N-m/N) หรือ (ft, m)

การไหลสม่ำเสมอ (Uniform flow)

การไหลสม่ำเสมอ (Uniform flow) หรือการไหลปกติ (Normal flow) คือการไหลที่เกิดขึ้นบนทางน้ำเปิดทรงรูป (Prismatic channel) หรือทางน้ำที่มีหน้าตัดคงที่ตลอดการไหล โดยมีความลึกเท่ากันในช่วงการไหลที่พิจารณาคงรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การไหลสม่ำเสมอในทางน้ำเปิด

จากรูปจะเห็นได้ว่าการไหลสม่ำเสมอมีลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. ความลึก พื้นที่หน้าตัด ความเร็วและอัตราการไหลทุกๆหน้าตัดของทางน้ำเปิดจะต้องคงที่
2. ความลาดของเส้นระดับพลังงาน (Energy grade line, H.G.L.) ความลาดของเส้นระดับชลศาสตร์ หรือเส้นระดับผิวน้ำ (Hydraulic grade line, H.G.L.) และความลาดของน้ำ จะต้องขนานกันเท่ากันทำให้มีความลาดเท่ากัน หรือ $S_f = S_w = S_0 = S$

สมการการไหลสม่ำเสมอ

ในการไหลสม่ำเสมอจะมี $y_A = y_B$ และ $V_A = V_B$ ดังนั้น

จากสมการที่ (2.6) จะมี

การสูญเสียพลังงาน $h_L = Z_A - Z_B$

$$= SL$$

(2.7)

เมื่อ S คือ ความลาดของสันระดับพลังงาน

L คือ ระยะทางระหว่างหน้าตัด A และหน้าตัด B

สูตรของ Manning ในปี 1889 Robert Manning วิศวกรชาวไอริช ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ของ Chezy และสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning กับรัศมีชลศาสตร์ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายดังนี้

$$\text{ระบบหน่วยอังกฤษ: } C = \frac{1.49}{n} R^{1/6} \quad (2.8)$$

$$\text{ระบบหน่วยแรง SI: } C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (2.9)$$

เมื่อแทนค่า C จากสมการที่ 2.11 และสมการที่ 2.12 ในสมการที่ 2.8 จะได้สมการของ Manning สำหรับ กำหนดความเร็วของการไหลในทางน้ำเปิดดังนี้

$$\text{ระบบหน่วยอังกฤษ: } V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.10)$$

$$\text{ระบบหน่วย SI: } V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.11)$$

จากสมการที่ 2.10 และสมการที่ 2.11 สามารถหาอัตราการไหลในทางน้ำเปิดได้ดังนี้

$$\text{หน่วยอังกฤษ: } Q = \frac{1.49}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.12)$$

$$\text{ระบบหน่วย SI: } Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.13)$$

ในส่วนของสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning (n) สามารถได้จากการทดลองหรือทดสอบจากการวัดตัวแปรต่างๆ ซึ่งในกรณีของการไหลแบบสม่ำเสมอจะต้องวัดค่าต่างๆต่อไปนี้

1. อัตราการไหล (Q) โดยการใช้เครื่องวัดความเร็วของกระแส (Current meter) ที่หน้าตัดย่อยของทางน้ำเปิด ($Q=AV$)

2. พื้นที่หน้าตัด (A) โดยใช้เทป ไม้ระดับ ประกอบกับเครื่องมือวัดความลึกของน้ำโดยอาศัยคลื่นสะท้อน (echosounding) (ถ้ามี) จากนั้นนำผลที่ได้นำมาลงในกระดาษกราฟแล้วใช้เครื่องวัดพื้นที่ (planimeter) หาขนาดพื้นที่หน้าตัดได้ หาขนาดพื้นที่หน้าตัดได้

3. เส้นขอบเปียก (P) สามารถได้จากการใช้เครื่องมือวัดระยะทาง วัดเส้นขอบเปียกได้จากหน้าตัดทางน้ำเปิด

4. ความลาด (S) หาได้จากการใช้กล้องระดับประกอบกับเทปวัดระยะทางเมื่อวัดตัวแปรต่างๆทั้ง 4 ตัวแปรที่กล่าวมานี้ จะสามารถคำนวณหาสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำเปิดได้จากสมการที่ 2.12 หรือสมการที่ 2.13 แล้วแต่ว่าข้อมูลที่วัดจริงเป็นระบบหน่วยอะไร และในกรณีที่ไม่มี การวัดจริงในสนาม ก็มีข้อเสนอแนะในการกำหนดสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำเปิด ดังตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 โดยมีวิธีการเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ n ที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องอาศัยประสบการณ์และการตัดสินใจ (judgement) จากองค์ประกอบต่างๆ (factors) ที่สำคัญดังนี้ 4.1 ความขรุขระของผิวหน้าทางน้ำเปิด (surface roughness) หมายถึงขนาดและรูปร่าง ของวัสดุ ที่เป็นผิวทางน้ำเปิด ถ้าวัสดุเป็นเม็ดละเอียด (fine grain) จะมีค่า n ต่ำในขณะที่เป็นวัสดุเม็ดหยาบ (coarse grain) มีค่า n สูง

4.2 พืชปกคลุม (vegetation) หมายถึงการที่พืชเจริญเติบโตในทางน้ำเปิด เช่น มีหญ้าขึ้นหรือ ผักตบชวาลอย เป็นต้น ลักษณะนี้จะทำให้ค่า n มากขึ้น เพราะขวางทางน้ำ ทำให้ลดพื้นที่หน้าตัด การไหลซึ่งผลของการมีพืชปกคลุมต่อสัมประสิทธิ์ความขรุขระจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสูง ความหนาแน่น และชนิดของพืช เป็นต้น

4.3 ความผันแปรและความคดเคี้ยวของทางน้ำเปิด (channel irregularities and channel alignment) คือ ความผันแปรของทางน้ำเปิดอันเนื่องมาจากความแปรเปลี่ยนของรูปร่าง หน้าตัดและขนาดตามความยาวของทางน้ำเปิด ตลอดจนความคดเคี้ยวของทางน้ำเปิด ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงมาก จะทำให้สัมประสิทธิ์ความขรุขระมากตามไปด้วย

4.4 การกัดเซาะ และการตกตะกอน (scouring and silting) ซึ่งทางน้ำเปิดจะถูกกัดเซาะโดย กระแสน้ำมากก็เท่าเป็นการเพิ่มความขรุขระ ของผนังคลอง ทำให้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ พื้นผิวมากขึ้น ในทางตรงข้าม หากมีการตกตะกอนของวัสดุที่มีความละเอียดกว่าผิวทางน้ำเปิดจะ

ช่วยลดความขรุขระของพื้นผิว ทำให้สภาพการไหลสะดวกยิ่งขึ้น ดังนั้น สัมประสิทธิ์ความขรุขระ จะมีแนวโน้มลดลง

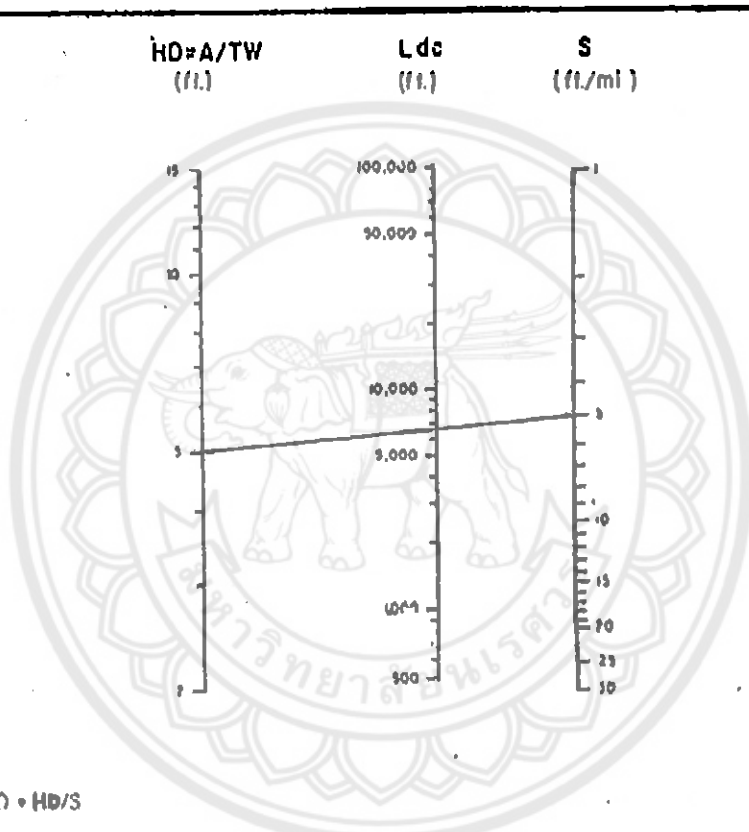
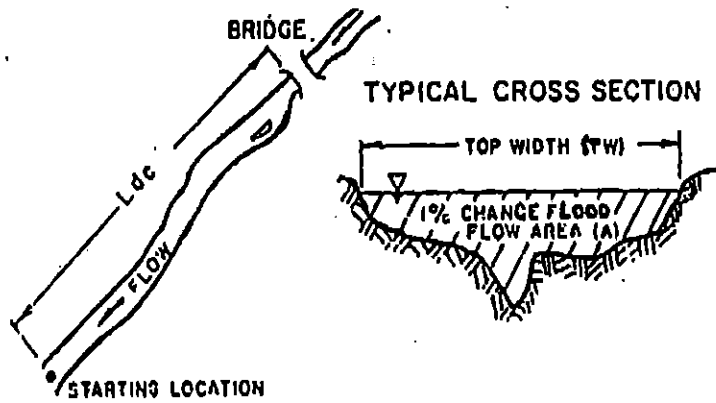
4.5 สิ่งกีดขวางทางน้ำ (obstruction) เช่น ตอม่อสะพาน การรูก่อของสิ่งก่อสร้างต่างๆ เข้าไปในตุลคลองหรือแม่น้ำต่างๆ จะทำให้น้ำไหลได้ลำบากยิ่งขึ้นทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด รูปร่าง จำนวน และการเรียงตัวของสิ่งกีดขวางต่างๆ เป็นต้น

4.6 ความลึกของการไหล และอัตราการไหล (stage and discharge) โดยปกติค่า n ในทางน้ำเปิดต่างๆ ไปจะมีค่า n ลดลงเมื่อมีความลึกมากขึ้น หรือมีอัตราการไหลเพิ่มขึ้น เพราะในขณะที่มีน้ำน้อยในทางน้ำเปิด ในส่วนของปริมาตรน้ำ จะมีการสัมผัสกับผนังทางน้ำเปิดคิดเป็นสัดส่วนกับปริมาตรน้ำทั้งหมดแล้ว เมื่อน้ำน้อยจะมีสัดส่วนการสัมผัสผนังทางน้ำเปิดมากกว่าจึงมีผลทำให้ค่า n ในน้ำน้อยมีแนวโน้มที่สูงกว่าในน้ำมาก แต่ก็ไม่ใช่เสมอไปทุกกรณี ดังเช่น ถ้าความลึกน้ำมากขึ้นแล้วไปพบหรือท่วมตลิ่งที่มีความขรุขระมากก็มีผลที่มีความขรุขระมากก็มีผลทำให้ค่า n สูงขึ้นได้

สัมประสิทธิ์ความขรุขระ และสัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานอื่นๆ

การสูญเสียมีอยู่ 3 แบบที่ใช้กับ HEC เพื่อประเมินค่าการสูญเสียหัว (head loss) (1) ค่า Manning's n ของการสูญเสียการเสียดทาน (2) สัมประสิทธิ์การสอบเข้าและการขยายออกของการสูญเสียที่ช่วงต่อ (transition) และ (3) การสูญเสียที่สะพาน สัมประสิทธิ์การสูญเสียมาจากรูปร่างของฝาย รูปร่างตอม่อ และสถานะการไหลภายใต้ความดันในวิธีวิเคราะห์ special bridge ค่า Manning's n ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ n หามาได้จากแหล่งที่แตกต่างกันออกไป ตารางค่า n มีอยู่ในหนังสือวิชาการทางชลศาสตร์ทั่วไป ตารางและรูปหาได้จากหนังสือ Chow (2) ซึ่ง เป็นที่แพร่หลายอยู่ทั่วไป วิธีอื่นที่ใช้ในการคำนวณค่า n จะมีการใช้สูตรต่างๆ ผลของตัวอย่างในสนาม และการวิเคราะห์ทางปฏิบัติการ และการใช้ HEC-RAS ในการประมาณค่า n จากคราบน้ำระดับสูง HEC-RAS จะสามารถประมาณค่าของ n ได้ถ้ามีคราบน้ำระดับสูง หรือน้ำท่วม ในช่วงลำน้ำที่ต้องการ ถัดเลือกทางเลือก n -value option โปรแกรมจะคำนวณค่า n เพื่อหาระดับพื้นผิวน้ำของอัตราการไหลที่กำหนดให้แต่ละรูปตัดวิธีการนี้มีปัญหาคือความคลาดเคลื่อนทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล จะมีผลสะท้อนต่อการคำนวณค่า n ดังตัวอย่างเช่น อาจจะมีการพิจารณาความไม่แน่นอนของค่าอัตราการไหลที่กำหนดให้แต่ละรูปตัดวิธีการนี้มีปัญหาคือความคลาดเคลื่อนทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลจะมีผลสะท้อนต่อการคำนวณค่า n ดังตัวอย่างเช่น อาจจะมีการพิจารณาความไม่แน่นอนของอัตราการไหลที่สมมุติขึ้นและระดับของคราบน้ำสูงค่าอัตราการไหลที่ได้จากระดับที่รู้อาจจะไม่ได้มาจากน้ำท่วม 100 ปีโดยตรงของน้ำท่วม 100 ปี หรือเหตุการณ์อื่นๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับข้อมูล จะมีผลสะท้อนต่อการคำนวณค่า n ดังตัวอย่างเช่น อาจจะมีการพิจารณาความไม่แน่นอนของค่าอัตราการไหลที่สมมุติขึ้น และระดับของคราบน้ำสูง ค่าอัตราการไหลที่ได้จากระดับที่รู้อาจจะไม่ได้มาจากน้ำท่วม 100 ปี หรือเหตุการณ์อื่นๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับ ระดับของคราบน้ำอาจจะมาจากผล

ของขยะ หรือสิ่งที่พัดมากับน้ำ เมื่อเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น โปรแกรมจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ผลที่ได้จะเหมาะสมกับการปฏิบัติการ ซึ่งจะหาค่า n ที่คำนวณได้ขึ้นลงระหว่างรูปตัดวิธีที่ดีที่สุดคือการใช้การทดลองและหาความคลาดเคลื่อน โดยให้เหมาะสมกับคราบน้ำสูง (high water mark) โดยใช้ HEC-RAS เมื่อเราประมาณค่า n ได้จากคราบน้ำท่วมของเหตุการณ์น้ำท่วมต่างๆ กับสิ่งที่สำคัญที่นำมาพิจารณา คือเวลาในปีที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมต่างๆ นั้น ความแตกต่างอย่างมากของความขรุขระจะมีผลสะท้อนจากค่า n ดังเช่นพื้นดินที่ปลูกข้าวในฤดูฝนกับพื้นดินในหน้าแล้งที่ข้าวโคเต็มทีพร้อมจะเก็บเกี่ยวกับพื้นที่ของชุมชน คลิ่งที่งอกในเวลาต่างๆ กันของปีมีผลกระทบต่อค่า n เช่นกัน ข้อมูลจาก Gage จะสามารถนำมาใช้ในการคำนวณค่า n ได้เช่นกัน เหตุการณ์น้ำท่วมต่างๆ ของมาตราส่วนขนาดเล็ก เพื่อให้การไหล อยู่ในช่องทางสามารถนำมาใช้ในการประมาณค่า n หรือค่า NV คือค่าของตัวแปร n ที่เปลี่ยนแปลงไปตามความลึกที่ใช้กับ HEC-RAS เมื่อเราได้ค่า n ในช่องทางแล้วเราสามารถใช้อัตราส่วนน้ำท่วมอื่นมาประมาณค่าเฉลี่ยของ overbank n ได้ เพราะว่าสัมพันธ์กับความขรุขระ n ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายๆ ตัว ดังเช่นจำนวนของวัชพืช รูปร่างของช่องทาง และระดับ รวมทั้งทางเลือกอื่นๆ ที่ทำให้ค่า n ผันแปรไปถ้าค่า n 3 ค่า n รูปร่างของช่องทางและระดับ รวมถึงทางเลือกอื่นๆ ที่ทำให้ค่า n ผันแปรไป ถ้า n 3 ค่าคือ ค่า n ในช่องทาง ค่า 2 ของค่า overbank เราจะใช้ค่า 3 ค่าเป็นข้อมูลด้านเข้าของรูปตัดถ้าค่าทั้ง 3 ค่าเป็นบ่งบอกค่าได้ถึง 20 ค่า ซึ่งผันแปรไปตามระยะทางในแนวราบตามรูปตัด ในกรณีดังกล่าวนี้ค่า n ในช่องทางที่ผันแปรกับระดับจะบ่งบอกได้

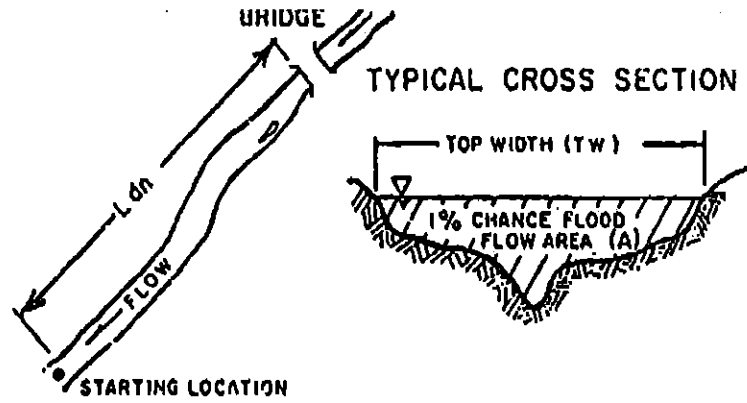


$$L = 6600 \cdot HD/S$$

- etc.*
- L_{dc} : Downstream study length - critical depth starting condition
- HD : Average hydraulic depth (1-percent chance flow)
- S : Average reach slope

The Hydrologic Engineering Cent
December 1986

รูปที่ 2.6 ค่าประมาณของช่วงความยาวของแม่น้ำด้านท้ายน้ำ และมีเกณฑ์ความลึกปกติ



$$HD = A/TW$$

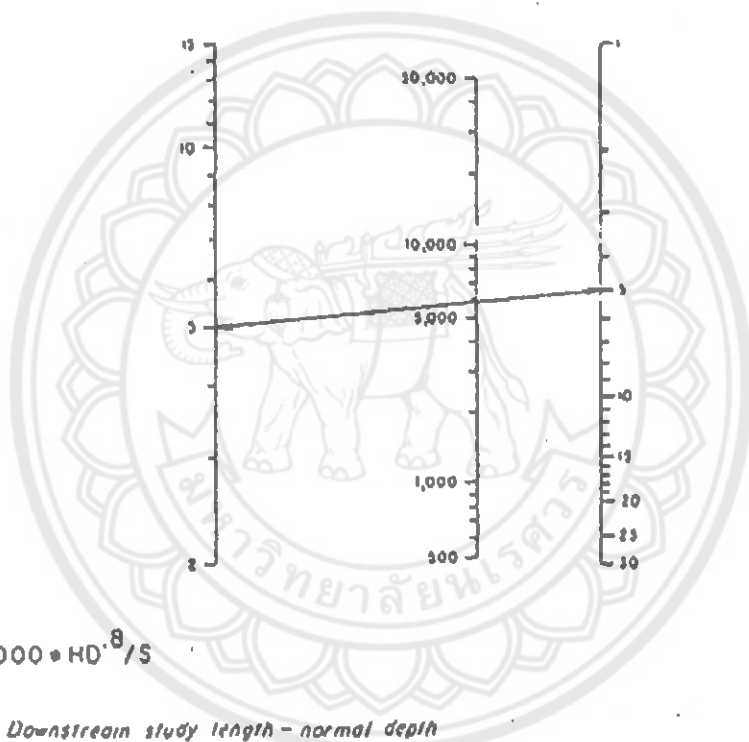
(ft.)

$$Ldn$$

(ft.)

$$S$$

(ft./mi)



$$Ldn = 8000 \cdot HD^3 / S$$

where:

Ldn = Downstream study length - normal depth starting condition

HD = Average reach hydraulic depth (1-percent chance flow)

S = Average reach slope

The Hydrologic Engineering Center
December 1966

รูปที่ 2.7 ค่าประมาณของช่วงความยาวของแม่น้ำด้านท้ายน้ำ โดยมีความลึกวิกฤติ

ตารางที่ 2.2 สัมประสิทธิ์รูปร่างตอม่อ

รูปร่างตอม่อ	K
รูปสี่เหลี่ยมทั้งหน้าและหลัง	1.25
90° ของสามเหลี่ยมทั้งหน้าและหลัง	1.05
ตอม่อทรงกลมคู่ทั้งหน้าและหลัง โดย ไม่มีผนัง	1.05
ตอม่อทรงกลมคู่ทั้งหน้าและหลัง โดยมีผนัง	0.95
ครึ่งทรงกลมทั้งหน้าและหลัง	0.90

ในกรณีที่มีปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัย จะมีผลต่อสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ซึ่ง Woody L. Cowar (1956) ได้เสนอแนะนำสมการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ n ไว้ดังสมการ

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5 \quad (2.14)$$

โดยที่ n_0 คือค่า n พื้นฐานสำหรับทางน้ำเปิดเรียบและมีแนวตรงสม่ำเสมอตามลักษณะของวัสดุทางน้ำเปิด

n_1 คือ ค่าปรับแก้สำหรับผลของความผันแปรของผิวทางน้ำเปิด (surface irregularities)

n_2 คือ ค่าปรับแก้สำหรับของรูปร่างและขนาดหน้าตัดของทางน้ำเปิด

n_3 คือ ค่าปรับแก้สำหรับสิ่งกีดขวางการไหลในทางน้ำเปิด

n_4 คือ ค่าปรับแก้สำหรับมีพืชปกคลุม

m_5 คือ ค่าปรับแก้สำหรับผลของความคดเคี้ยวของทางน้ำเปิด

สำหรับค่า n_0, n_1, n_2, n_3, n_4 , และ m_5 สามารถหาได้จากตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 ค่าปรับแก้ต่างๆ สำหรับคำนวณสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning

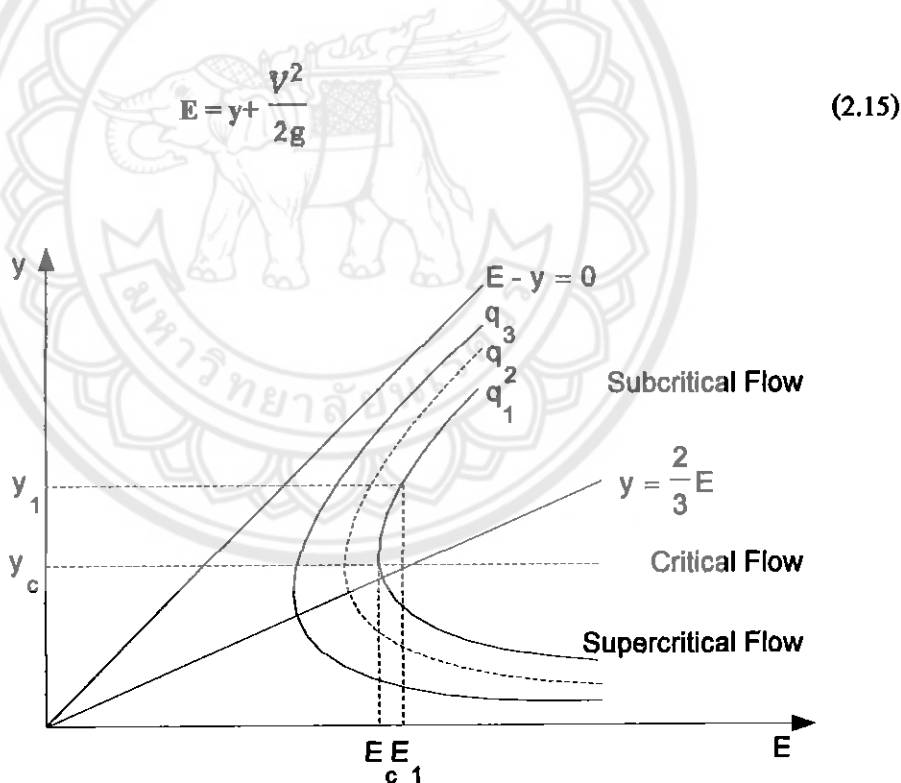
เงื่อนไขทางน้ำเปิด		ค่าปรับแก้	
วัสดุทางน้ำเปิด	ดิน	n_0	0.020
	หิน		0.025
	กรวดละเอียด		0.024
	กรวดหยาบ		0.028
ความแปรของผิวทางน้ำเปิด	เรียบ	n_1	0.000
	ไม่เรียบน้อย		0.005
	ไม่เรียบปานกลาง		0.010
	ไม่เรียบมาก		0.020
ความผันแปรของหน้าตัดทางน้ำเปิด	ค่อยๆ เปลี่ยนแปลง	n_2	0.000
	เปลี่ยนแปลงบางแห่ง		0.005
	เปลี่ยนแปลงบ่อย		0.010-0.015
ผลจากสิ่งกีดขวางการไหล	ไม่มี	n_3	0.000
	มีเล็กน้อย		0.010-0.015
	มีปานกลาง		0.020-0.030
	มีมาก		0.040-0.060
พืชปกคลุม	น้อย	n_4	0.005-0.015
	ปานกลาง		0.010-0.025
	มาก		0.025-0.050
	หนาแน่นมาก		0.050-0.100
ผลของความกดเคี้ยวของทางน้ำเปิด	เล็กน้อย	m_5	1.000
	ปานกลางมาก		1.150
	มาก		1.30

ความลึกวิกฤติและความนัยสำคัญของทอม

ความลึกวิกฤติเป็นคุณลักษณะของการไหลที่มีความสำคัญมากเพราะว่าเป็นตัวแทนของเกณฑ์ในการหาคุณลักษณะของการไหล การไหลที่มีความลึกอยู่เหนือความลึกวิกฤติ จะเป็นการไหลตื้นกว่าวิกฤติจะเป็นการไหลที่หนือกว่าวิกฤติ การไหลที่จุดใกล้เคียงความลึกวิกฤติเรียกว่า การไหลวิกฤติ แต่การไหลนี้จะไม่แน่นอนเพราะว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในพลังงานจำเพาะ โดยจะเป็นสาเหตุให้เปลี่ยนแปลงอย่างมากในความลึกวิกฤติ

พลังงานจำเพาะ (Specific energy , E)

ที่รูปตัดขวางเป็นหัวความดันพลังงานอยู่เหนือจุดต่ำในช่องทาง ดังนั้นผลรวมของความลึก y และหัวความเร็ว $V^2 / 2g$ แสดงอยู่ในสมการที่ 2.15 รูปที่ 2.8 แสดงถึงโค้งพลังงานจำเพาะ เป็นการพล็อตของพลังงานจำเพาะต่อความลึกตามอัตราการไหลออกที่กำหนดให้ โค้งแสดงพลังงานจำเพาะที่กำหนดให้โดยมีความลึกที่เป็นไปได้อยู่ 2 อย่าง ยกเว้นความลึกวิกฤติ ความลึกวิกฤติจะเกิดขึ้นที่จุดที่มีค่าพลังงานจำเพาะต่ำสุดในโค้ง



ภาพที่ 2.8 โค้งพลังงานจำเพาะ

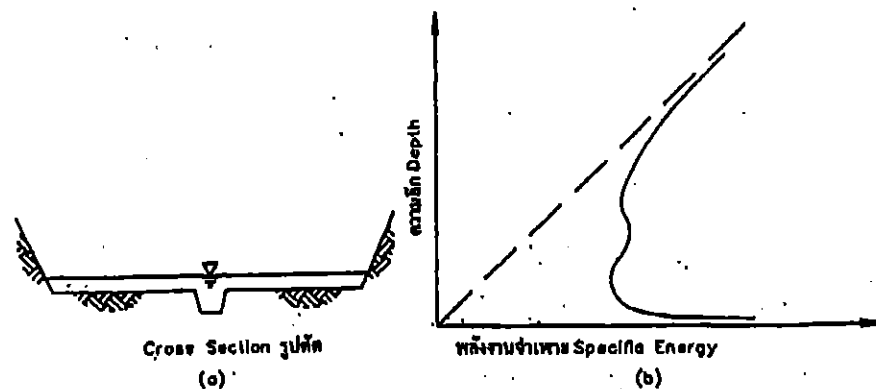
การหาความลึกวิกฤติค่อนข้างยุ่งยากโดยการแผ่กระจายของความเร็วในรูปตัดขวางที่ไม่ปกติที่เกี่ยวกับท่วงน้ำนองหัวความเร็วในสมการพลังงานจำเพาะคูณด้วย Coriolis หรือ สัมประสิทธิ์การแผ่กระจายความเร็ว ขึ้นบัญชีการผันแปรทางราบของความเร็วบนรูปตัดทางขวางและแสดงนิพจน์อย่างละเอียดในพลังงานจำเพาะ (สมการที่ 2.16) การหาสัมประสิทธิ์ของความเร็วนี้ในตอนต่อไป

$$E = y + \frac{v^2}{2g} \quad (2.16)$$

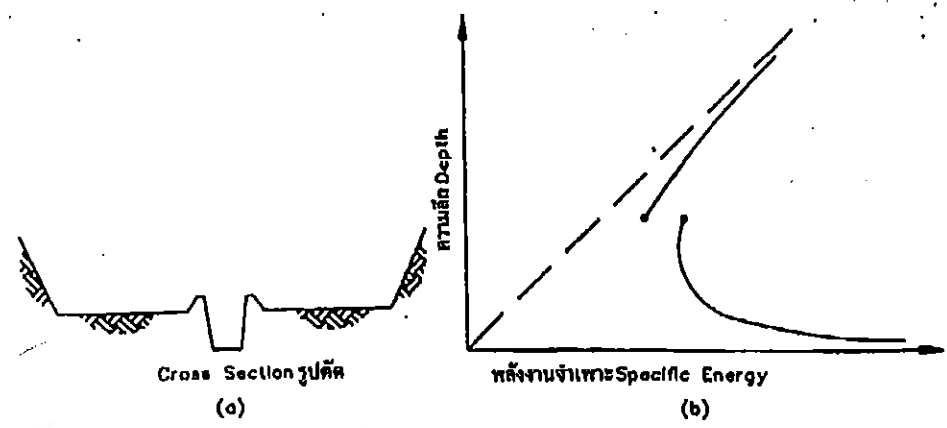
โดยที่; เป็นสัมประสิทธิ์การแผ่กระจายความเร็ว

ท่วงน้ำนองที่แบนและกว้างเป็นสาเหตุปัญหาในการคำนวณความลึกวิกฤติ การไม่เท่ากันในช่องทางและพื้นที่ที่ไหลล้นเหนือฝั้ง เป็นสาเหตุให้มีค่าต่ำสุดหลายค่า และการไม่ต่อเนื่องในโค้งพลังงานจำเพาะ และกฎเกณฑ์การไหลที่ผสมกัน (1,2,3) ปัญหาเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการไหลทางเข้าและความแตกต่างในการไหลระหว่างสองช่องทางและบนฝั้งจะต้องเอาใจใส่โดยเฉพาะในบางกรณี จะต้องหาผลลัพธ์โดยใช้การวิเคราะห์แบบ 2 มิติ

ค่าพลังงานจำเพาะ 2 ค่า อาจเกิดขึ้นที่รูปตัดที่มีพื้นที่ไหลล้นบนฝั้งกว้างๆ ดูรูปที่ 2.9 การเกิดค่าต่ำสุดภายในช่องทาง จะน้อยกว่าบนสุด ขณะที่ความลึกของการไหลเพิ่มขึ้นจะไหลล้นไปบนฝั้งหัวจะลดลงเร็วกว่าหัวระดับเพิ่มขึ้น และค่าสุดอันที่ 2 จะเพิ่มขึ้นเหนือระยะบนสุดของช่องทางถ้าคนเกิดขึ้นระหว่างช่องทางและพื้นที่น้ำนอง โค้งพลังงานจะไม่เพียงมีค่าต่ำสุด 2 ค่า แต่ยังไม่ต่อเนื่องกัน รูปที่ 2.10 ขณะที่เกิดการไหลล้นบนคันพื้นที่ของการไหลไม่ต่อเนื่องจะเพิ่มขึ้น ณ จุดไม่ต่อเนื่อง และอีกจุดหนึ่งจะเกิดขึ้นที่ส่วนต่อของโค้งเป็นได้เหนือและต่ำกว่าระดับคัน



รูปที่ 2.9 โค้งพลังงานจำเพาะที่มีค่าต่ำสุด 2 ค่า



รูปที่ 2.10 การไม่ต่อเนื่องของโค้งพลังงานจำเพาะ

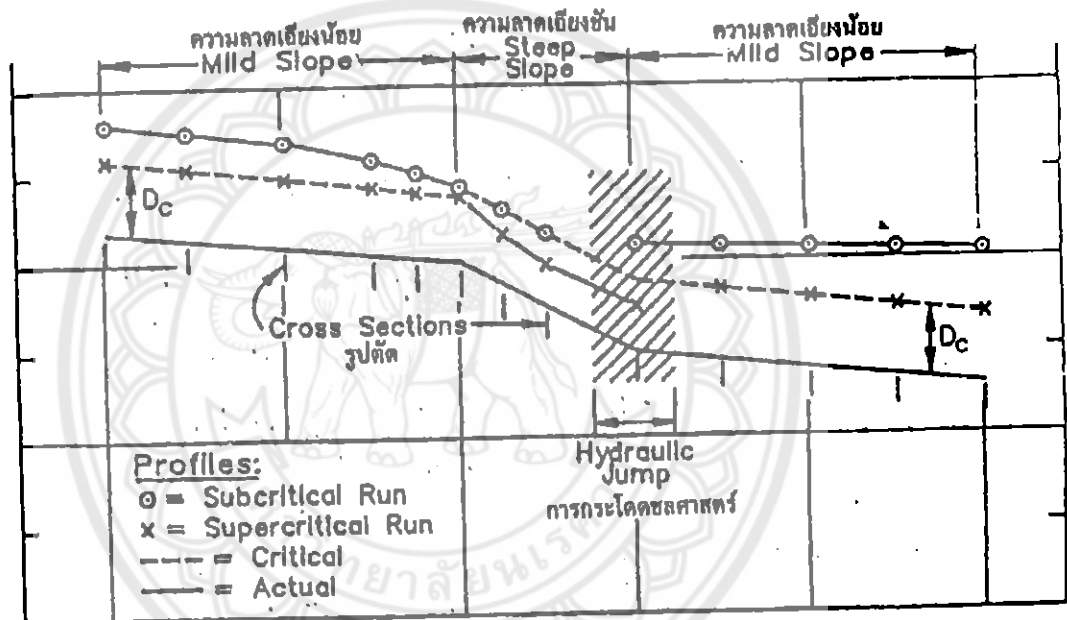
ชนิดของการไหลในท่อน้ำนองแบบนี้จะเป็นกฎเกณฑ์การไหลผสม มีคุณลักษณะทั้งต่ำกว่าวิกฤติ เกิดเป็นระบบในส่วนที่แตกต่างกันของรูปตัด โดยปกติแล้วเมื่อเกิดขึ้นการไหลในช่องทางจะเหนือวิกฤติ และการไหลบนตลิ่งจะต่ำกว่าวิกฤติ การแบ่งย่อยของค่า F_r ซึ่งสามารถชี้ให้เห็นกฎเกณฑ์ของการไหลในการไหลล้นบนพื้นฝั่งทั้งสอง ได้นำมาพัฒนาและตรวจสอบ (4) โดยจะชี้ให้เห็นถึงกฎเกณฑ์การไหลผสมและการไหลล้นบนฝั่งที่ตื้นมาก สามารถจำลองโมเดลด้วยวิธี standard-step ซึ่งใช้ในการคำนวณหน้าข้างการไหลโดยทั่วไป ในโปรแกรม HEC-RAS ระดับพื้นผิวน้ำวิกฤติของรูปตัดหาโดยการคำนวณระดับซึ่งหัวพลังงานทั้งหมด คำนวณโดยใช้สมการที่ 2.17 จนกระทั่งได้ค่าต่ำสุดของ H

$$H = ws + \frac{V^2}{2g} \tag{2.17}$$

ในการเพิ่มอัตราเร็วของขบวนการย้อนซ้ำ วิธีการแบ่งค่าพาราโบลาจะนำมาใช้ในการหาเหตุผลลัพธ์ของค่า H เพื่อหาค่า WS 3ค่าโดยมีช่วงระยะเท่ากัน (5) WS จะสอดคล้องกับค่าต่ำสุดของ H ซึ่งจะอธิบายโดยพลาโบล่า 3 จุดนี้ใช้เป็นพื้นฐานของสมมุติฐานถัดไปในค่าของ WS , HES-RAS จะคำนวณหน้าข้างการไหลที่มีอยู่เหนือวิกฤติหรือต่ำกว่าวิกฤติ ผู้ใช้จะต้องบ่งถึงกฎเกณฑ์การไหลสืบเนื่องมาคือการใส่เพิ่มข้อมูลเนื่องจากว่ามีกฎเกณฑ์การไหล 2 อย่างในส่วนที่ศึกษาจึงจำเป็นที่จะต้องรัน โปรแกรม ในกฎเกณฑ์การไหลทั้ง 2 อย่างเพื่อหาหน้าข้างการไหลที่สมบูรณ์

หน้าข้างการไหลที่แสดงในรูป 2.11 แสดงถึงปัญหานี้ในช่วงค้ำนเหนือน้ำมีความลาดเอียง mild โดยมีความลึกปกติอยู่เหนือวิกฤติในช่วงตอนกลางมี steep slope ซึ่งมีความลึกปกติอยู่ต่ำกว่า

วิกฤติและช่วงท้ายน้ำมี mild slope ซึ่งความลึกวิกฤติ หน้าข้างการไหลของความลึกวิกฤติแสดงเป็นเส้นประ หน้าข้างการไหลที่เป็นความลึกต่ำกว่าวิกฤติจะคำนวณโดยเริ่มจากรูปตัดหน้าท้ายน้ำ และดำเนินจากรูปตัดหนึ่งไปสู่อีกรูปตัดหนึ่ง หน้าข้างการไหลเหนือวิกฤติคำนวณที่รูปตัดด้านเหนือน้ำ และดำเนินไปยังด้านท้ายน้ำ จากรูปที่แสดงจะอธิบายการคำนวณหน้าข้างการไหลที่ต่ำกว่าวิกฤติ ก่อน เริ่มที่ปลายสุดท้ายน้ำ หน้าข้างการไหลจะเป็นเหนือวิกฤติอย่างแท้จริง แต่ในระเบียบวิธีต่ำกว่าวิกฤติ HEC-RAS จะไม่คำนวณพื้นผิวน้ำต่ำกว่าความลึกวิกฤติที่ปลายบนสุดสุดของช่วงนี้ ความลาดเอียงจะกลายเป็น mild อีกครั้งและหน้าข้างการไหลผ่านวิกฤติจากหน้าตัดที่ควบคุมบนด้านเหนือน้ำจะคำนวณหน้าข้างไหลต่ำกว่าวิกฤติออกมา



รูปที่ 2.9 หน้าข้างการไหลเหนือและต่ำกว่าวิกฤติคำนวณ โดยใช้ HEC-RAS

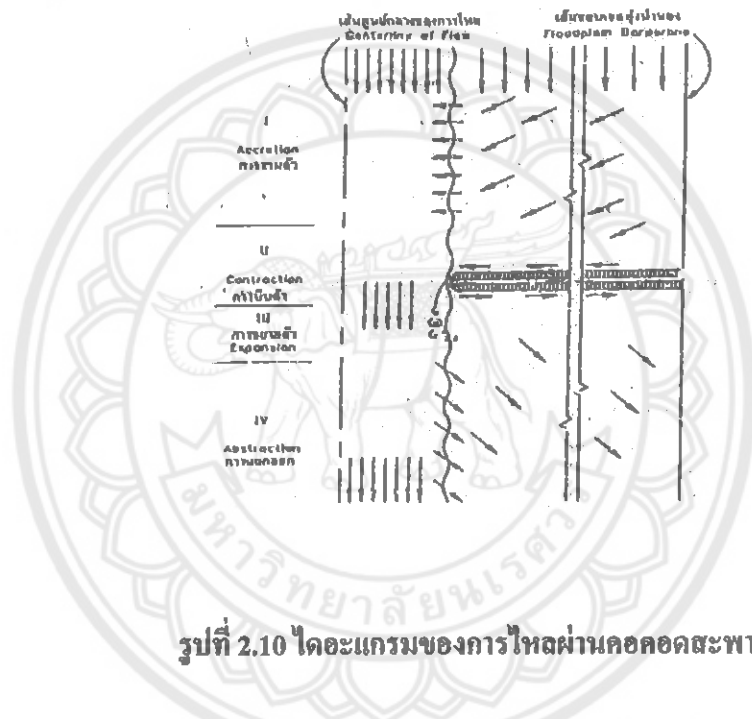
การไหลผ่านของน้ำโดยผ่านสิ่งกีดขวาง

เนื่องจากการศึกษาของการไหลผ่านของท่งน้ำองกระทำบนพื้นที่ชุมชนซึ่งมักจะประกอบด้วยสะพานตลอด ฝ่าย และสะพานในรูปแบบต่างๆ ดังนั้นการวิเคราะห์การไหลผ่านสะพานและอื่นๆจึงถือว่าเป็นเรื่องหลักเพราะว่ามีอยู่หลายแบบและมีสภาวะการไหลที่สลับซับซ้อนเกิดขึ้นที่สะพาน การวิเคราะห์ไหลผ่านจึงเป็น ปัญหาค่อนข้างยากที่เข้ามาเกี่ยวข้องการสูญเสียพลังงานที่สะพานและตลอดจึงประกอบด้วยการสูญเสียในช่วงลำน้ำที่รูปตัดเหนือน้ำ และท้ายน้ำที่ติดอยู่สะพาน และการสูญเสียในควอการของสะพานเอง ในช่วงที่ติดกับสะพานด้านเหนือน้ำ

การไหลอยู่ในช่วงสภาพของช่วงค้ำที่บีบเข้า(contraction) กับสะพานและที่รูปตัดด้านท้ายน้ำที่ติดกับสะพาน การไหลจะถูกขยายขณะที่ไหลออกจากสะพานในช่วงเวลาทั้งสองที่กล่าวมานี้

ธรรมชาติการไหลผ่านสะพาน

ธรรมชาติการไหลผ่านสะพานแสดงดังรูปที่ 2.10 โดยแนวความคิดนี้ การไหลจะแบ่งออกเป็น 4 ฝ่ายด้วยกัน คือ การรวมตัว (accretion), การบีบตัว (contraction), การขยายตัว (expansion), และการแยกออก (abstraction) ถ้าน้ำจะพิจารณาเป็นการสมมูลกันระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปที่ 2.12 จะแสดงแค่ครั้งเดียว



รูปที่ 2.10 โดอะแกรมของการไหลผ่านคอคอดสะพาน

เหนือน้ำจากสะพานจะ ไกลเพียงพอเนื่องจากการไหลที่สอบเข้าสู่สะพานจะมีอิทธิพลมาจาก สะพาน ดังนั้นการไหลจะขนานกัน ขณะที่การไหลเคลื่อนตัวเข้าสู่ช่องทาง เพื่อให้การไหลทั้งหมดสามารถผ่านเข้าสู่รูเปิดของสะพานได้ ในขอบเขตของการรวมตัวการไหลจะกายมาเป็นการไหลผันแปรที่ละเอียด ในขอบเขตของการบีบตัวจะเริ่มต้นที่รูปค้ำที่ติดอยู่กับตัวสะพานค้ำผิวน้ำ โดยที่การไหลจะติดกับทางเข้าของรูเปิดสะพาน โดยที่การไหลจะถูกบีบอย่างรุนแรงที่รูเปิดของสะพาน

ในขอบเขต การแยกออก ทางด้านท้ายน้ำของสะพานเป็นส่วนหนึ่งของขอบเขตการรวมตัวด้านเหนือน้ำซึ่งเป็นลักษณะการผันแปรที่ละเอียด ในขอบเขตนี้การไหลจะเคลื่อนที่ทางเข้าผ่านลำน้ำเอง และครั้งสุดท้ายย้อนกลับ ไปเข้าสู่สภาวะการไหลของน้ำท่วมปกติที่ระยะทางด้านท้ายน้ำ

การแบ่งชั้นการไหลต่ำผ่านของสะพาน

ภาวะการไหลต่ำกว่าที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำทั้งหมดไหลผ่านช่องทางเปิดของสะพานและพื้นที่ที่คิวน้ำอยู่ที่ต่ำกว่า low chord หน้าข้างการไหลแสดงในรูปที่ 2.19 แสดงถึงการไหลต่ำ 3 ชั้นด้วยกัน

Class A low flow

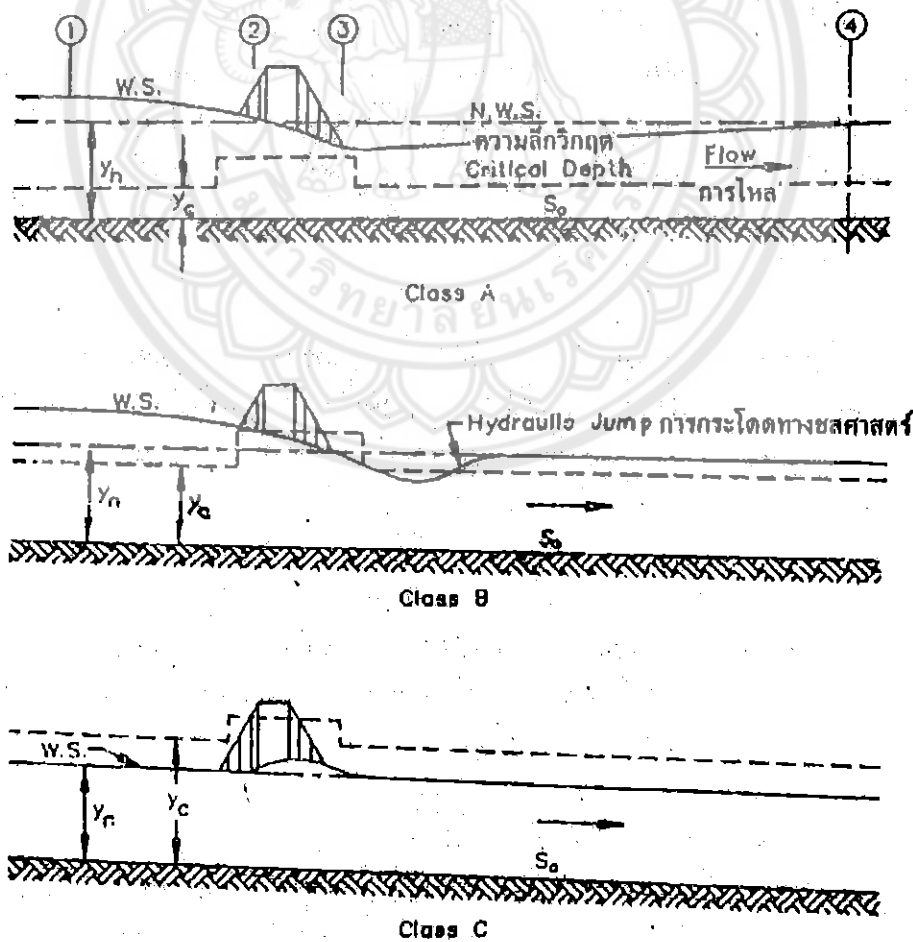
เกิดขึ้นในขอบเขตการไหลต่ำกว่าวิกฤติ เมื่อน้ำข้างการไหลของพื้นที่คิวน้ำผ่านสะพานยังคงอยู่เหนือความลึกวิกฤติ การเปลี่ยนแปลงคิวน้ำสาเหตุมาจากสะพาน

Class B low flow

การไหลของคิวน้ำจะผ่านความลึกวิกฤติ ในกอดคอกของสะพาน โดยจะเกิดทั้งคูในการไหลต่ำกว่าวิกฤติ ดังแสดงในรูป การไหลเหนือวิกฤติจะอยู่ในช่วงระยะทางสั้นๆ ก่อนจะกลับมามีการไหลต่ำกว่าวิกฤติในการกระโดดในชลศาสตร์

Class C low flow

เป็นการไหลแบบเหนือวิกฤติเมื่อผ่านสะพาน ถึงแม้ว่าหน้าข้างของการไหลคิวน้ำเกิดขึ้นเนื่องจากลอคอด และระดับน้ำของการไหลจะไหลสูงขึ้นได้เพียงพอถึงความลึกวิกฤติก็ตาม



รูปที่ 2.11 โค้ดแอมของไหลต่ำผ่านของสะพาน

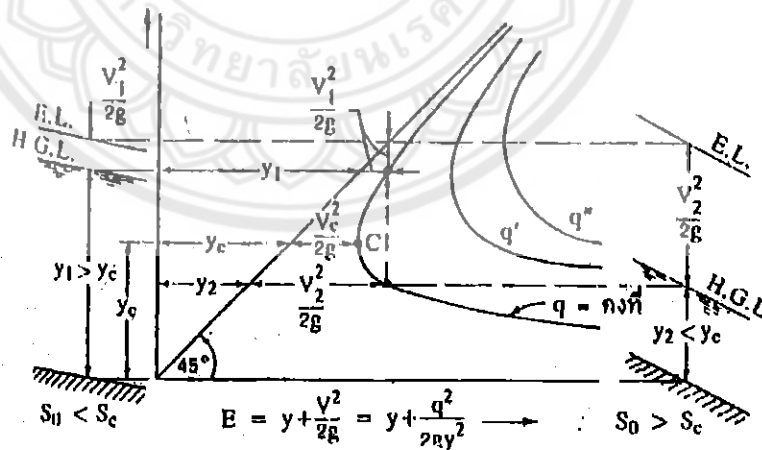
ความลึกวิกฤติ และพลังงานจำเพาะ

ความลึกวิกฤติ เป็นคุณลักษณะของของไหลที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นตัวแทนในการหาคุณสมบัติของการไหล การไหลที่มีความลึกมากกว่าความลึกวิกฤติจะเป็นการไหลได้วิกฤติ (Sub-critical flow) ส่วนการไหลที่มีความลึกน้อยกว่าความลึกวิกฤติ จะเป็นการไหลแบบเหนือวิกฤติ (Sub-critical flow) การไหลที่จุดใกล้เคียงความลึกวิกฤติ เรียกว่า ความลึกวิกฤติ พลังงานจำเพาะ (E) ที่หน้าตัดการไหลใดๆ คือ ค่าหัวพลังงานความดันที่เกิดจากการรวมตัวความลึก (y) และหัวความเร็ว ($v^2/2g$)

$$E = y + \frac{v^2}{2g} \tag{2.18}$$

ถ้าการไหลในช่องทางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสม่ำเสมอ และมีความกว้างของช่องทางมากเมื่อเทียบกับความลึก ผิวด้านข้างจะมีผลกระทบต่อความเร็วในส่วนอื่นๆ น้อยมาก อัตราการไหลต่อหน่วยความกว้างเขียนได้เป็น $q = Q/b$ และ $V = Q/A = q b / by = q/y$ ดังนั้น

$$E = y + \frac{1}{2g} \left(\frac{q^2}{y^2} \right) \tag{2.19}$$



รูปที่ 2.12 เส้นกราฟแสดงค่า q ที่ความลึกต่างๆ

สำหรับอัตราการไหล q ที่กำหนดค่า E จะแปรผันตาม y ดังรูป

เมื่อ $q = 0$; $E = y$ เส้นกราฟจะเป็นเส้นตรง 45

เมื่อ $q > 0$; ที่ค่าใดค่าหนึ่งและพลังงานจำเพาะที่กำหนดให้จะได้ค่าความลึก y อยู่ 2 ค่าเรียกว่า alternate depth

สำหรับเส้นกราฟที่มีค่า q คงที่แต่ละเส้นจะมีความลึก E ค่าหนึ่งที่ได้ค่า y ต่ำสุด สภาวะการไหลที่มีค่า E ต่ำสุดเรียกว่า การไหลวิกฤติ (Critical flow) ความลึกที่สภาวะนี้เรียกว่า ความลึกวิกฤติ (Critical depth) และความเร็วที่สภาวะนี้เรียกว่า ความเร็ววิกฤติ (Critical velocity , V_c) โดย

$$E_{\min} = \frac{3yc}{2}, y_c = \left[\frac{q^2}{g} \right]^{1/3} \quad (2.20)$$

$$V_c = \sqrt{gy_c} \quad (2.21)$$

การไหลจะมีค่าสูงสุดที่ $y = y_c$ คือ

$$q_{\max} = \sqrt{gy_c^3} \quad (2.22)$$

ในกรณีที่ช่องทางการไหลไม่ใช่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าค่าพลังงานจำเพาะคือ

$$E = \frac{V^2}{2g} + y + \frac{Q^2}{2gA^3} + y \quad (2.23)$$

ความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ ที่สภาวะวิกฤติ คือ

$$(Q^2/g) = (A^3/B) \quad (2.24)$$

การหาอัตราการไหล ปี พ.ศ.2553 จากการสำรวจน้ำหลากสูงสุดของฝายบัว ความสูงของระดับน้ำเหนือสันฝายประมาณ 1.5 ม. สามารถนำมาหาอัตราการไหล

$$Q = CLH^{3/2} \quad (2.25)$$

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงการ

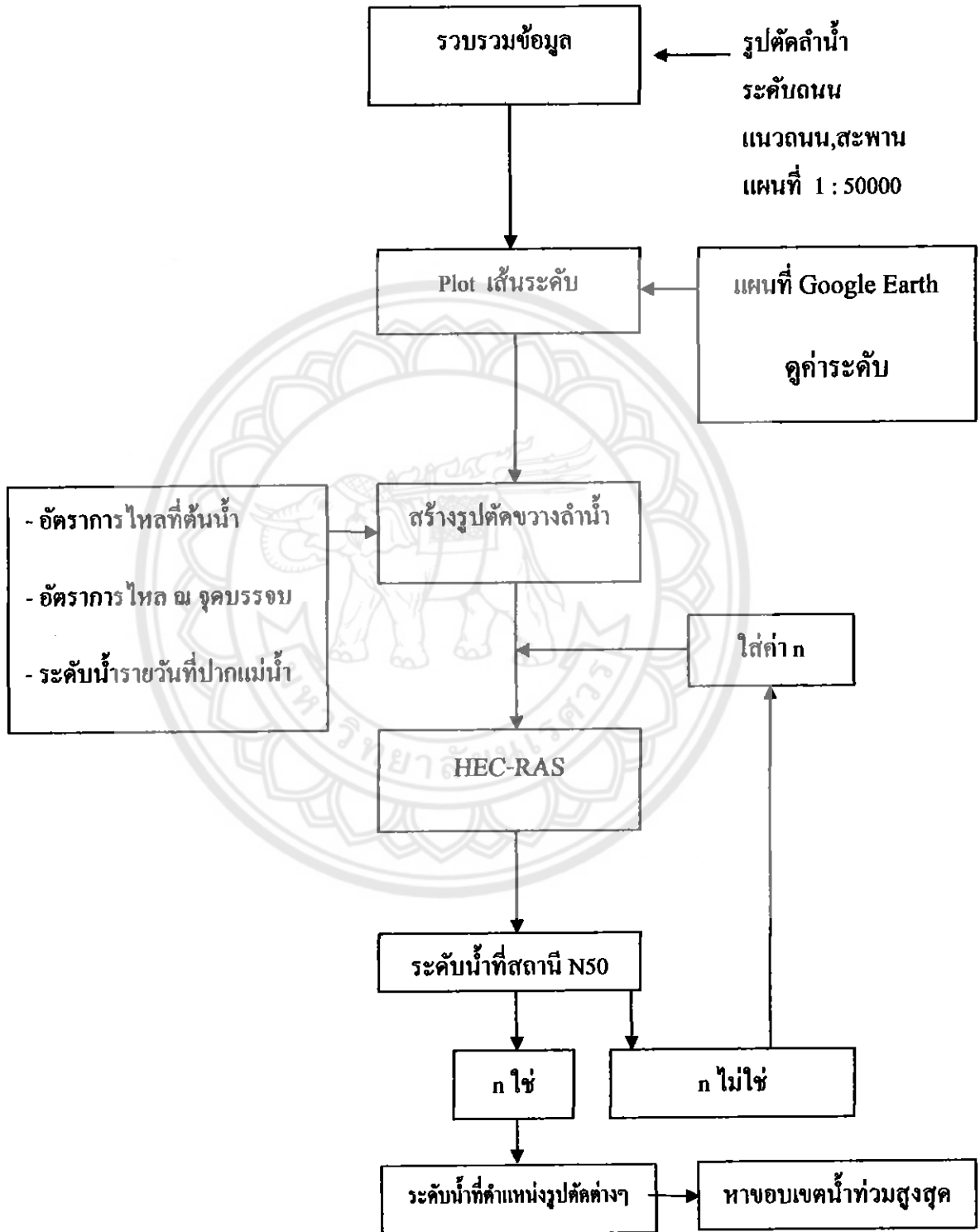
3.1 อุปกรณ์

1. โปรแกรม HEC-RAS V4.1
2. คอมพิวเตอร์
3. เครื่องวัด GPS (Global Positioning System)

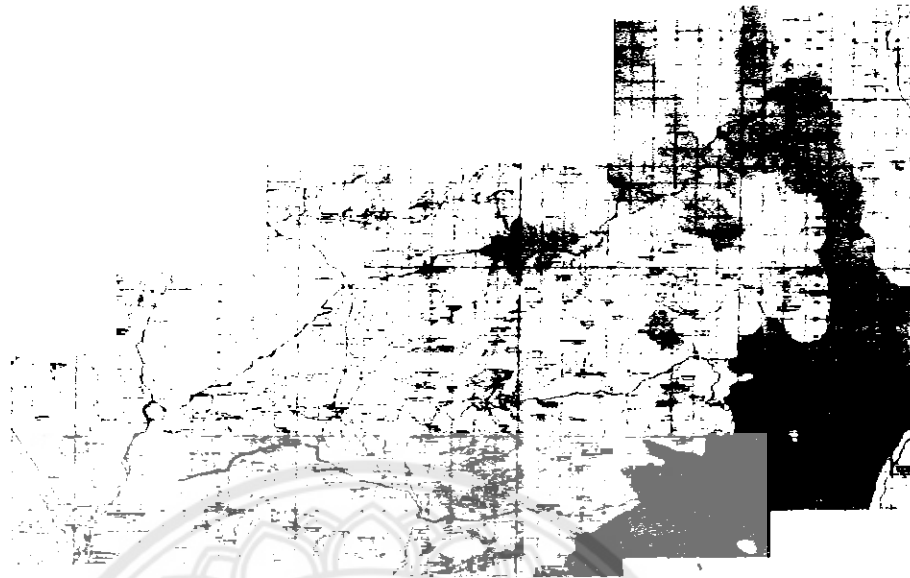
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

- 3.2.1. ศึกษาแนวทางและการวางแผน ทฤษฎีที่ใช้ ข้อมูลที่เกี่ยวกับลุ่มน้ำป่า
- 3.2.2. ศึกษาการใช้โปรแกรม HEC-RAS จากคู่มือการใช้ ในโปรแกรม และทดลองRunโปรแกรมตามคู่มือการใช้
- 3.2.3. รับคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม HEC-RAS จากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
- 3.2.4. หากระดับ Cross-section จากข้อมูลของรุ่นพี่มาเทียบกับของปัจจุบัน และโปรแกรม Google Earth
- 3.2.5. นำค่าระดับ Cross-section ใสลงในโปรแกรม HEC-RAS เพื่อหาพื้นที่น้ำท่วมระดับการไหลล้นตลิ่งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา
- 3.2.6. เก็บค่าระดับสะพาน ขนาดตอม่อ ความกว้างของสะพาน มาใส่ค่าลงในโปรแกรม
- 3.2.7. สมมุติค่าความขรุขระของแมนนิ่ง (n) และทำการสอบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (n) จากค่าอัตราการไหลสถานี N50
- 3.2.8. นำอัตราการไหลในปี 2553 ที่ต้นน้ำท้ายฝายบัว กิโลเมตรที่ 19+063.59 มาใส่ลงในโปรแกรม HEC-RAS เพื่อหาพื้นที่น้ำท่วม
- 3.2.9. จัดทำแผนที่น้ำท่วม โดยใช้ค่าระดับน้ำตำแหน่งหน้าตัดที่ กิโลเมตรต่าง ๆ

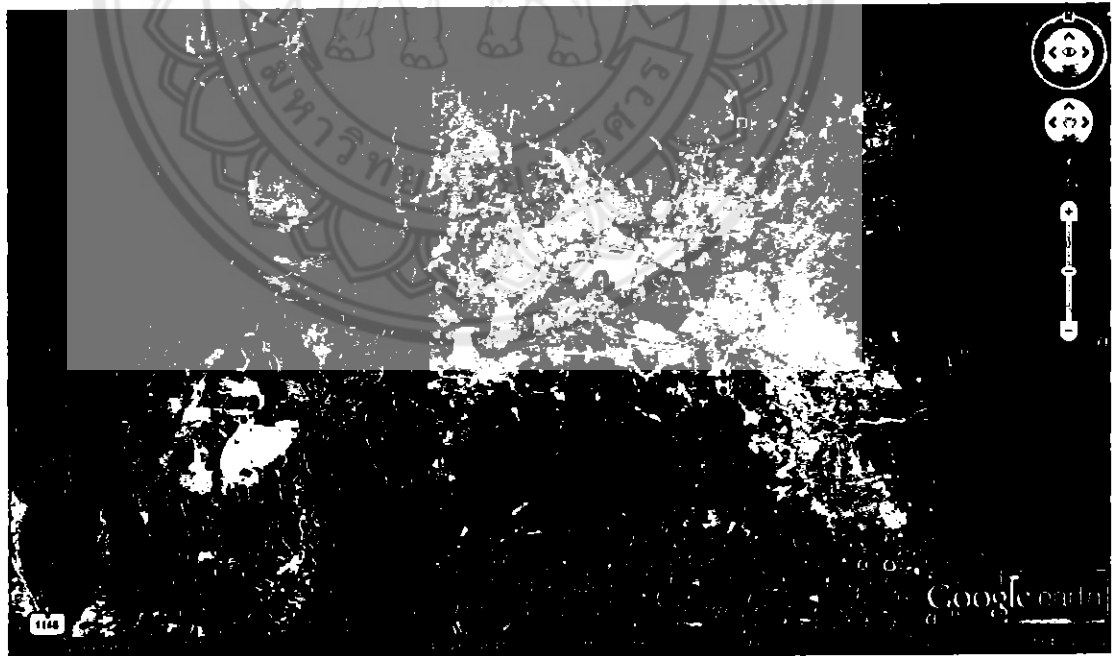
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานตามแผนผังงาน ดังต่อไปนี้



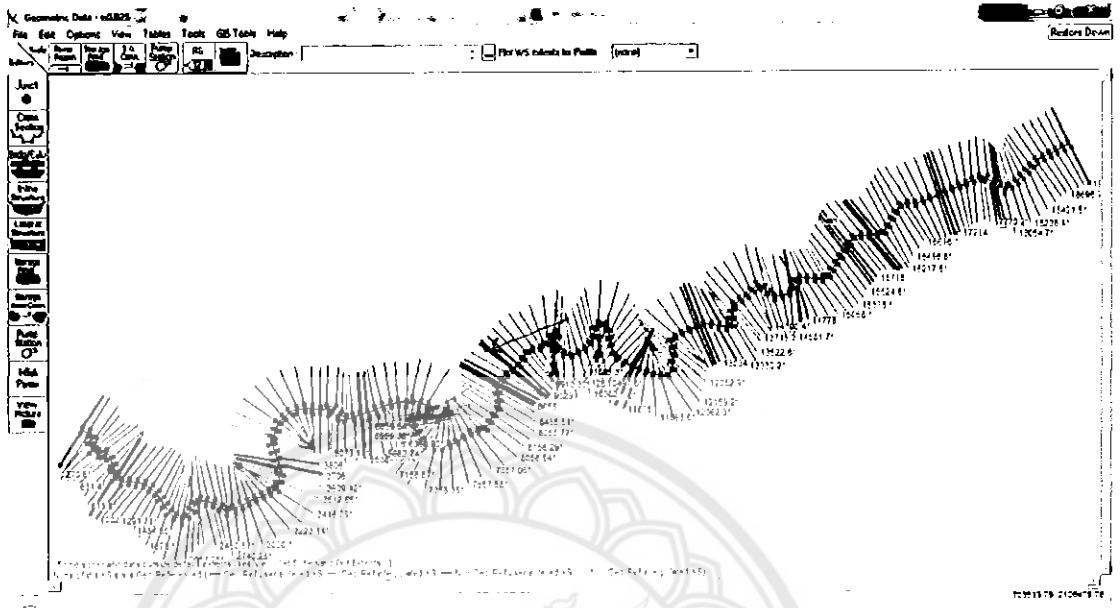
รูปที่ 3.1 ผังแสดงการดำเนินโครงการ



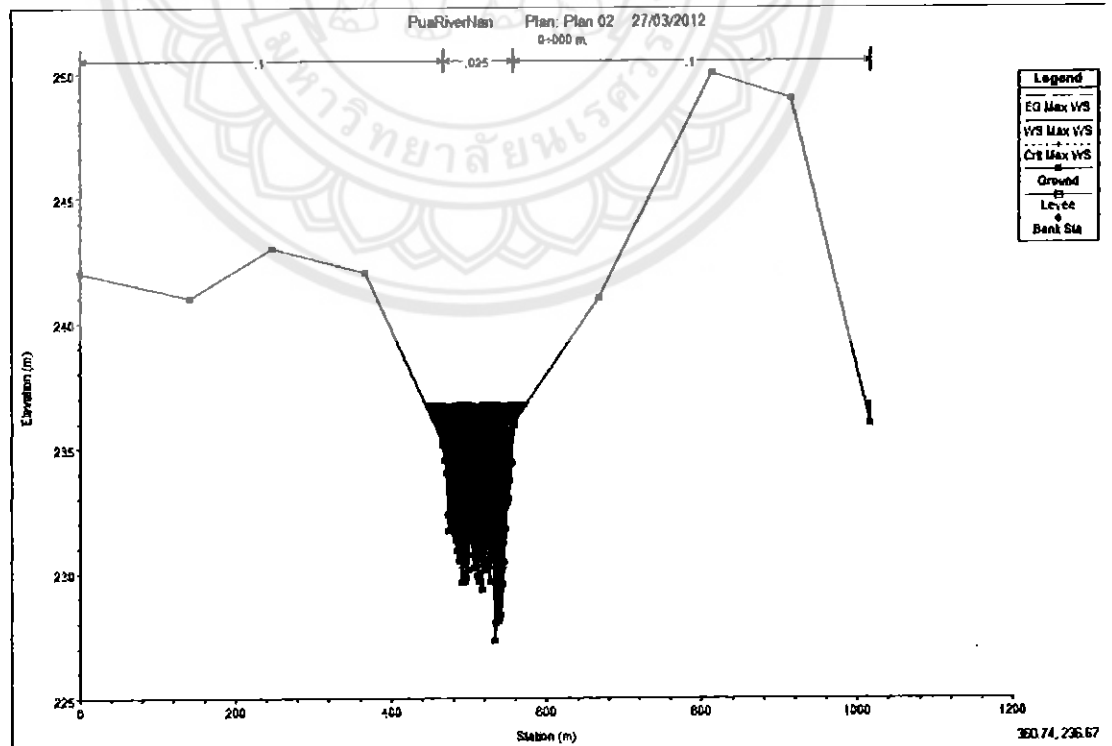
รูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษา แผนที่ภูมิประเทศ จากภาพถ่ายทางอากาศ กรมแผนที่ทหาร อ.ปัว จังหวัดน่าน



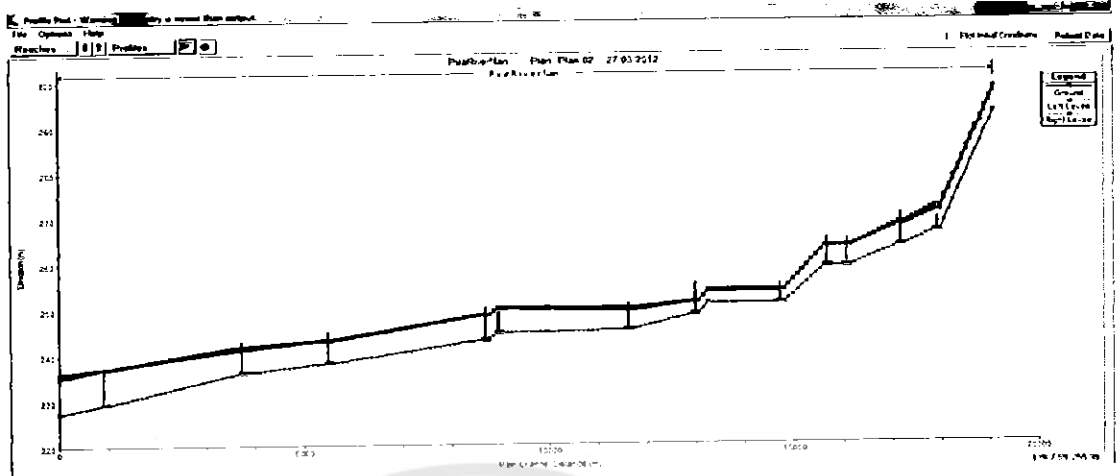
รูปที่ 3.3ภาพถ่ายทางอากาศ Google earth บริเวณแม่น้ำปัว อำเภอปัว จังหวัดน่าน



รูปที่ 3.4 ภาพตัดขวางในแบบจำลอง กลุ่มน้ำปิว จังหวัดน่าน



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างภาพตัดขวางในแบบจำลองที่ กิโลเมตร 0+000 กลุ่มน้ำปิว จังหวัดน่าน



รูปที่ 3.6 หน้าตัดตามยาวแม่น้ำปาว กิโลเมตรที่ 0+000 – 19+063.59 คู่มแม่น้ำปาว จังหวัดน่าน

ตารางที่ 3.1 อัตราการไหลรายวันที่กำหนดเป็นเงื่อนไข บริเวณคันน้ำท้ายฝายปาว
กิโลเมตรที่ 19+063.59 (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

วันที่	ก.ค.	ส.ค.
1	6.68	33.2
2	16.1	28.5
3	64.9	28.5
4	28.5	19.2
5	31.7	28.5
6	25.5	30.9
7	18.7	493
8	69	140
9	31.7	110
10	22.3	100
11	18.7	106
12	16.1	131
13	19.7	116
14	29.3	102
15	18.7	78.1
16	15.5	52.3

17	17.1	38.7
18	75	150
19	96.5	58.4
20	63.6	63.6
21	46.7	47.8
22	39.6	36.8
23	32.4	30.1
24	41.5	28.5
25	39.6	31.7
26	30.9	32.4
27	23.6	33.2
28	19.7	24.2
29	35.9	20.3
30	33.2	18.1
31	34	16.6

ตารางที่ 3.2 อัตราการไหลรายวันที่กำหนดเป็นเงื่อนไข ลำน้ำขวัง
กิโลเมตรที่ 13+234 (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

วันที่	ก.ค.	ส.ค.
1	13.4	107.3
2	7.77	64.6
3	5.6	57.6
4	4.27	92.5
5	4.01	88.5
6	3.21	78.5
7	7.15	50.6
8	5.33	40.6
9	9.46	32.9
10	9.84	31.5
11	19.75	25
12	14.3	21.4
13	11.36	18.48
14	7.46	25
15	7.77	50.6

16	8.39	62.1
17	15.65	64.9
18	74.15	101.5
19	88.1	101.5
20	83.35	75.5
21	39.7	60.3
22	23.8	55.8
23	17.55	49.75
24	9.84	45.5
25	10.6	46.35
26	10.98	41.3
27	21.95	31.5
28	108.5	31.5
29	61.6	26.3
30	40.5	55.8
31	164	51.45

ตารางที่ 3.3 ระดับน้ำรายวันที่กำหนดเป็นเงื่อนไข บริเวณปากแม่น้ำ ณ จุดบรรจบแม่น้ำน่าน
กิโลเมตรที่ 0+000 (เมตร)

วันที่	ก.ค.	ต.ค.
1	230.77	231.57
2	230.84	231.49
3	230.76	233.89
4	230.71	233.14
5	230.65	233.27
6	230.64	236.26
7	230.82	236.83
8	230.71	233.94
9	230.68	233.73
10	230.68	234.06
11	230.7	234.52
12	230.63	234.79
13	230.65	233.32
14	230.65	233.68

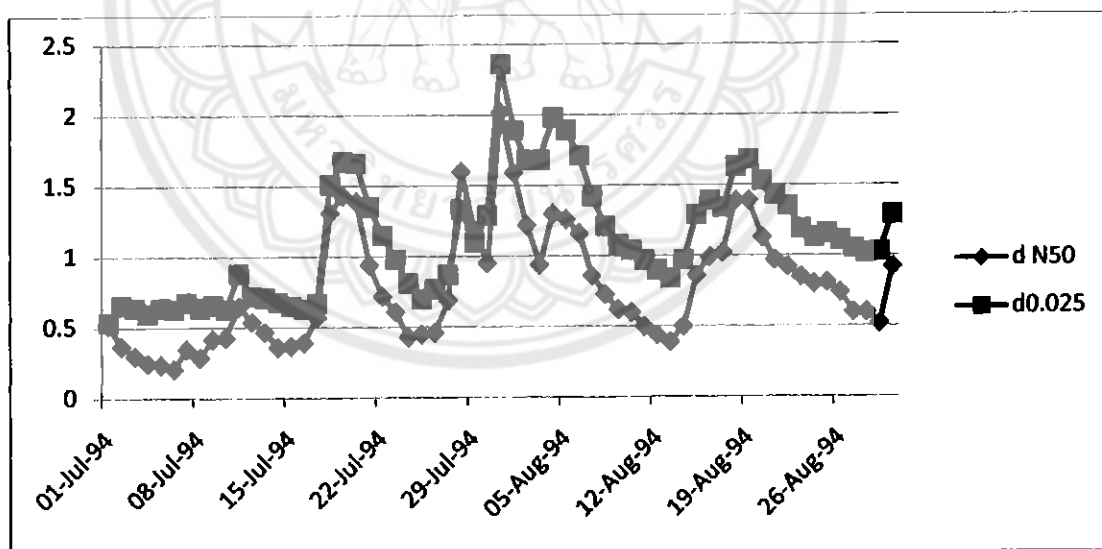
15	230.62	233.99
16	230.63	233.41
17	231.66	233.71
18	235.14	236.32
19	236.46	236.22
20	232.37	234.2
21	231.45	233.46
22	233.25	233.78
23	234.68	233.4
24	232.99	232.78
25	232.98	234.07
26	233.06	235.37
27	232.39	236.04
28	232.44	234.51
29	231.87	234.81
30	231.76	234.93
31	231.65	235.97

ตารางที่ 3.4 ระดับน้ำที่สถานี N50 และการสอบเทียบหาสัมประสิทธิ์ค่าความขรุขระของแอมนิง
(ค่า $\alpha = 0.025$) โดยมีค่าใกล้เคียงกับค่าระดับจริงมากที่สุด

วัน	สถานี N50 (d N50)	ผลการทดลอง (d 0.025)
01-ก.ค.-37	0.52	0.54
02-ก.ค.-37	0.37	0.66
03-ก.ค.-37	0.3	0.64
04-ก.ค.-37	0.25	0.6
05-ก.ค.-37	0.24	0.64
06-ก.ค.-37	0.21	0.63
07-ก.ค.-37	0.35	0.68
08-ก.ค.-37	0.29	0.64
09-ก.ค.-37	0.42	0.66
10-ก.ค.-37	0.43	0.63
11-ก.ค.-37	0.65	0.88
12-ก.ค.-37	0.54	0.72
13-ก.ค.-37	0.47	0.71

14-ก.ค.-37	0.36	0.68
15-ก.ค.-37	0.37	0.65
16-ก.ค.-37	0.39	0.63
17-ก.ค.-37	0.57	0.67
18-ก.ค.-37	1.31	1.51
19-ก.ค.-37	1.43	1.67
20-ก.ค.-37	1.39	1.66
21-ก.ค.-37	0.94	1.35
22-ก.ค.-37	0.72	1.15
23-ก.ค.-37	0.61	0.98
24-ก.ค.-37	0.43	0.81
25-ก.ค.-37	0.45	0.7
26-ก.ค.-37	0.46	0.77
27-ก.ค.-37	0.69	0.87
28-ก.ค.-37	1.6	1.33
29-ก.ค.-37	1.19	1.1
30-ก.ค.-37	0.95	1.29
31-ก.ค.-37	2.02	2.36
01-ส.ค.-37	1.59	1.89
02-ส.ค.-37	1.22	1.68
03-ส.ค.-37	0.94	1.68
04-ส.ค.-37	1.3	1.98
05-ส.ค.-37	1.26	1.89
06-ส.ค.-37	1.16	1.71
07-ส.ค.-37	0.86	1.42
08-ส.ค.-37	0.73	1.21
09-ส.ค.-37	0.62	1.08
10-ส.ค.-37	0.6	1.04
11-ส.ค.-37	0.5	0.97
12-ส.ค.-37	0.44	0.9
13-ส.ค.-37	0.39	0.84
14-ส.ค.-37	0.5	0.97
15-ส.ค.-37	0.86	1.29
16-ส.ค.-37	0.99	1.39
17-ส.ค.-37	1.02	1.34

18-ต.ค.-37	1.39	1.63
19-ต.ค.-37	1.39	1.68
20-ต.ค.-37	1.13	1.53
21-ต.ค.-37	0.97	1.43
22-ต.ค.-37	0.92	1.35
23-ต.ค.-37	0.85	1.19
24-ต.ค.-37	0.8	1.13
25-ต.ค.-37	0.81	1.16
26-ต.ค.-37	0.74	1.11
27-ต.ค.-37	0.6	1.05
28-ต.ค.-37	0.6	1.02
29-ต.ค.-37	0.52	1.03
30-ต.ค.-37	0.92	1.29



รูปที่ 3.7 กราฟเปรียบเทียบระดับน้ำจากค่าจริงและค่าจำลอง

สูตรในการคำนวณหาพื้นที่น้ำท่วมปี 2553

$$\frac{(L1+L2)}{2} \cdot \Delta x_1 + \frac{(L0+L1)}{2} \cdot \Delta x_0 + \frac{(L2+L3)}{2} \cdot \Delta x_2$$

$L0$ = ค่าความยาวของหน้าตัดในช่วงที่ 1

$L1$ = ค่าความยาวทั้งหมดของหน้าตัดในช่วงที่ 1

$L2$ = ค่าความยาวของหน้าตัดในช่วงที่ 2

$L3$ = ค่าความยาวทั้งหมดของหน้าตัดในช่วงที่ 2

Δx_0 = ระยะทาง ของหน้าตัดช่วงที่ 1

Δx_1 = ระยะทาง ของหน้าตัดช่วงที่ 2

Δx_2 = ระยะทาง ของหน้าตัดช่วงที่ 3



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์

การหาอัตราการไหล ปี พ.ศ.2553 จากการสำรวจน้ำหลากสูงสุดของฝายบัว ความสูงของระดับน้ำเหนือสันฝายประมาณ 1.5 ม. สามารถนำมาหาอัตราการไหล $Q = CLH^{3/2}$

$$\begin{aligned} Q &= 2.1 \times 61.5 \times 1.5^{3/2} \\ &= 237.264 \text{ ม}^3/\text{วินาที} \end{aligned}$$

จากการสอบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง(n) จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (n) ในลำน้ำหลักเท่ากับ 0.025 และบริเวณด้านซ้ายและด้านขวาลำน้ำหลักเท่ากับ 0.05 เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (n) แล้ว ก็ทำการ Run โปรแกรม HEC-RAS โดยการใส่ค่าอัตราการไหลลำน้ำบัวและลำน้ำวัง โดยวิธีการเทียบค่าจากสถานีวัดน้ำ N50 และ N64

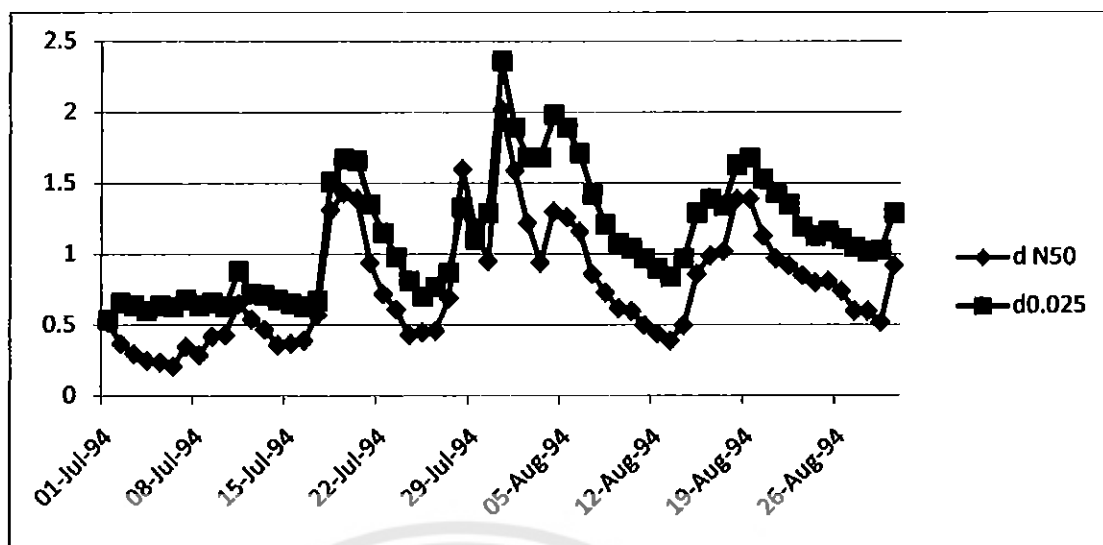
ในการใช้โปรแกรม HEC-RAS นั้น สิ่งที่ต้องการทราบคือระดับพื้นที่น้ำท่วมว่ามีความกว้างเท่าใด แล้วต้องการทราบว่าสูงขึ้นมาจากตลิ่งฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของลำน้ำเป็นความสูงเท่าใด แล้วนำค่าอัตราการไหล ลำน้ำบัวและลำน้ำวัง พบว่ามีพื้นที่น้ำท่วมประมาณ 9.089 ตร.กม.

โดยการวิเคราะห์โปรแกรมได้นำผลไปประยุกต์กับลำน้ำบัว กิโลเมตรที่ 19+063.59 ใส่ค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งคันน้ำที่ท้ายฝายบัวและจุดบรรจบลำน้ำวังกับลำน้ำบัว กิโลเมตรที่ 13+234 ส่วนบริเวณปากแม่น้ำบัว ณ จุดบรรจบลำน้ำบัวและแม่น้ำน่าน ได้ใช้ค่าระดับน้ำรายวันแต่ในกรณีศึกษาไม่มีข้อมูลระดับน้ำรายวันในตำแหน่งนั้น จึงใช้การเทียบค่าระดับน้ำรายวันจากสถานี N64 บ้านผาขวาง ตามระยะทาง แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวมาประยุกต์กับโปรแกรมเพื่อหาพื้นที่น้ำท่วม ปี พ.ศ. 2537 ข้อมูลน้ำรายวันจากสถานี N50 กิโลเมตรที่ 13+034 ไปประยุกต์ใช้กับ ปี พ.ศ. 2553 เพื่อหาค่าระดับน้ำและพื้นที่น้ำท่วม สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการกำหนดระดับความสูงของพนังกั้นน้ำตามแนวราบของตลิ่ง เพื่อป้องกันและบรรเทาปัญหาอุทกภัย

ตารางที่ 4.1 ระดับน้ำที่สถานี N50 และการสอบเทียบหาสัมประสิทธิ์ค่าความขรุขระของแมนนิ่ง
(สมมติค่า $n = 0.025$)

วัน	สถานี N50 (d N50)	ผลการทดลอง (d 0.025)
01-ก.ค.-37	0.52	0.54
02-ก.ค.-37	0.37	0.66
03-ก.ค.-37	0.3	0.64
04-ก.ค.-37	0.25	0.6
05-ก.ค.-37	0.24	0.64
06-ก.ค.-37	0.21	0.63
07-ก.ค.-37	0.35	0.68
08-ก.ค.-37	0.29	0.64
09-ก.ค.-37	0.42	0.66
10-ก.ค.-37	0.43	0.63
11-ก.ค.-37	0.65	0.88
12-ก.ค.-37	0.54	0.72
13-ก.ค.-37	0.47	0.71
14-ก.ค.-37	0.36	0.68
15-ก.ค.-37	0.37	0.65
16-ก.ค.-37	0.39	0.63
17-ก.ค.-37	0.57	0.67
18-ก.ค.-37	1.31	1.51
19-ก.ค.-37	1.43	1.67
20-ก.ค.-37	1.39	1.66
21-ก.ค.-37	0.94	1.35
22-ก.ค.-37	0.72	1.15
23-ก.ค.-37	0.61	0.98
24-ก.ค.-37	0.43	0.81
25-ก.ค.-37	0.45	0.7
26-ก.ค.-37	0.46	0.77
27-ก.ค.-37	0.69	0.87
28-ก.ค.-37	1.6	1.33
29-ก.ค.-37	1.19	1.1
30-ก.ค.-37	0.95	1.29

31-ก.ค.-37	2.02	2.36
01-ก.ค.-37	1.59	1.89
02-ก.ค.-37	1.22	1.68
03-ก.ค.-37	0.94	1.68
04-ก.ค.-37	1.3	1.98
05-ก.ค.-37	1.26	1.89
06-ก.ค.-37	1.16	1.71
07-ก.ค.-37	0.86	1.42
08-ก.ค.-37	0.73	1.21
09-ก.ค.-37	0.62	1.08
10-ก.ค.-37	0.6	1.04
11-ก.ค.-37	0.5	0.97
12-ก.ค.-37	0.44	0.9
13-ก.ค.-37	0.39	0.84
14-ก.ค.-37	0.5	0.97
15-ก.ค.-37	0.86	1.29
16-ก.ค.-37	0.99	1.39
17-ก.ค.-37	1.02	1.34
18-ก.ค.-37	1.39	1.63
19-ก.ค.-37	1.39	1.68
20-ก.ค.-37	1.13	1.53
21-ก.ค.-37	0.97	1.43
22-ก.ค.-37	0.92	1.35
23-ก.ค.-37	0.85	1.19
24-ก.ค.-37	0.8	1.13
25-ก.ค.-37	0.81	1.16
26-ก.ค.-37	0.74	1.11
27-ก.ค.-37	0.6	1.05
28-ก.ค.-37	0.6	1.02
29-ก.ค.-37	0.52	1.03
30-ก.ค.-37	0.92	1.29



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบระดับน้ำจากค่าจริงและค่าจำลอง

โดยข้อมูลอุทกวิทยาประกอบการจำลองการไหลในแม่น้ำปาว ได้อาศัยข้อมูลปริมาณน้ำและระดับน้ำที่มีอยู่เป็นขอบเขตและเงื่อนไขบังคับ ระหว่างสถานี N50, สถานี N64 และข้อมูลอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำปาว นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำท่าจากลำห้วยสาขาต่างๆที่ไม่มีข้อมูลอุทกวิทยภาคเหนือตอนบน ในการคำนวณปริมาณน้ำจึงใช้วิธีเทียบสัดส่วนกับพื้นที่อื่นๆ

ข้อมูลและผลการวิเคราะห์วิจัย

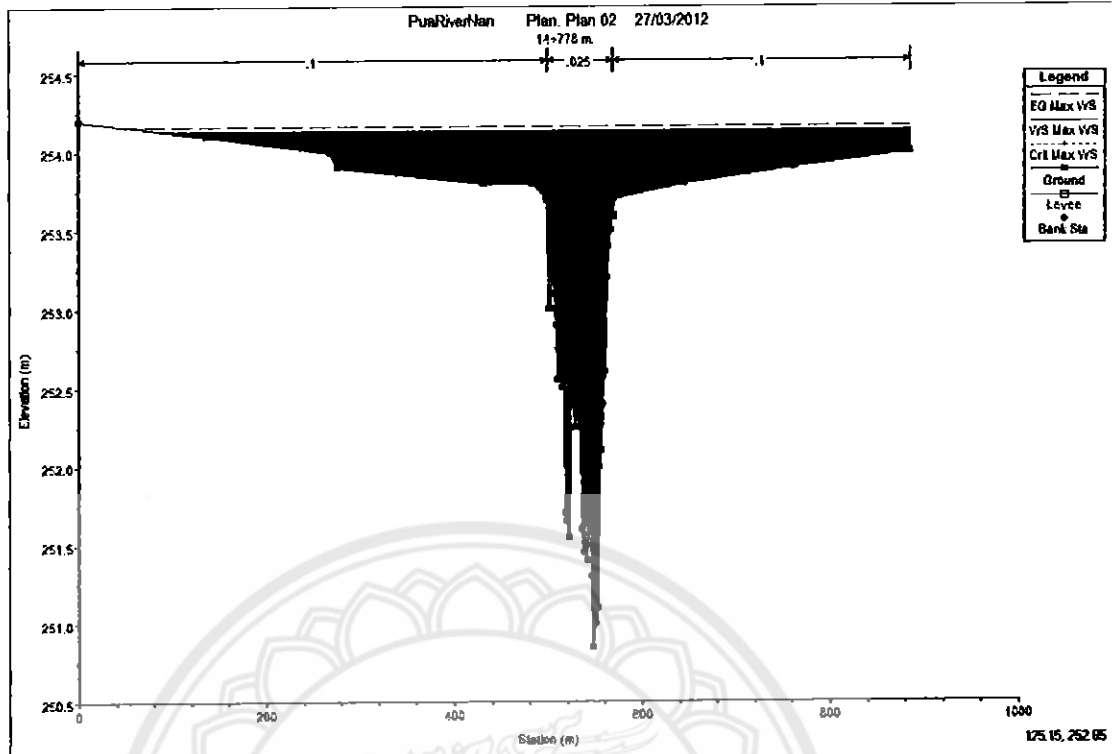
จากข้อมูลน้ำรายวัน ข้อมูลสภาพน้ำในแม่น้ำปัว แผนที่ 1 : 50000 และภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth ในพื้นที่อำเภอปัว จังหวัดน่าน และจากสถิติอุทกวิทยาพบว่า ปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ไหลในแม่น้ำปัว โดยปี พ.ศ. 2553 มีระดับน้ำท่วมสูงสุด

สำหรับข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง HEC-RAS ประกอบไปด้วย รูปตัดขวางแม่น้ำปัว ณ สถานีวัดน้ำท่า 13 หน้าตัด และตำแหน่งที่ดำเนินการเพิ่มเติมจากการศึกษาครั้งนี้ จำนวน 2 หน้าตัด รวมเป็นระยะทางทั้งสิ้นประมาณ 19.063 กิโลเมตร (ในการวิเคราะห์ได้ interpolation รูปตัดเพิ่มเติมโดยใช้ระยะทุกๆ 200 เมตร) อัตราการไหลที่ท้ายฝายปัว กำหนดเป็น Upstream boundary ส่วนระดับน้ำที่สถานี N50 ในช่วงเวลาที่วิเคราะห์เดียวกันเป็น Lateral infrow ของแบบจำลองตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลที่ N50 เพื่อใช้สอบเทียบค่า n ได้ผลของค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (n) ของตัวลำน้ำมีค่า 0.025 และของตลิ่งที่ได้จากการแบบจำลองมีค่า 0.03-0.5

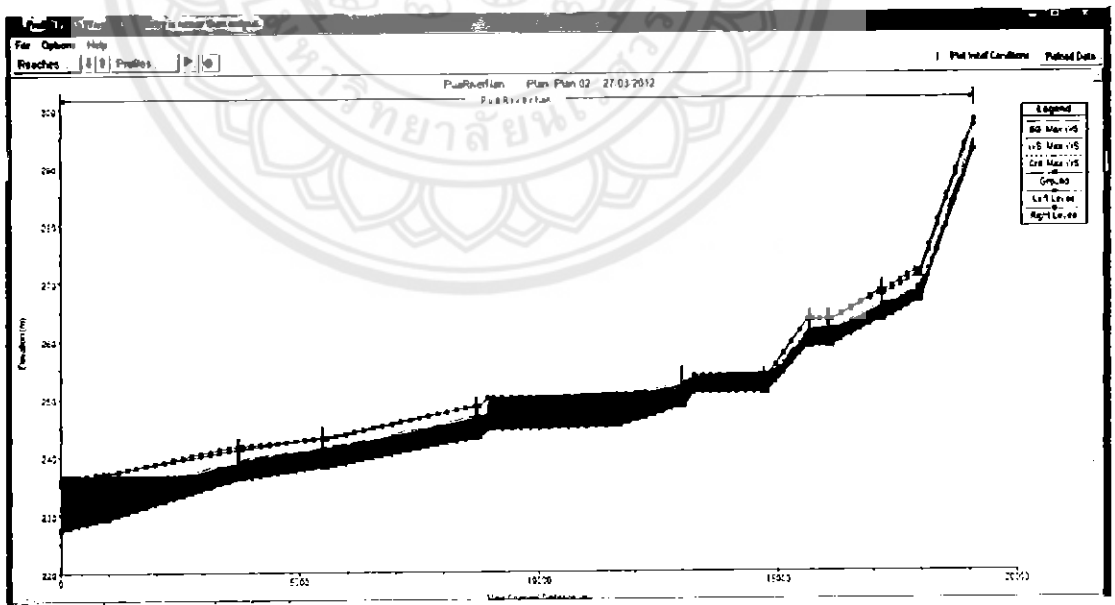
โดยปริมาณน้ำที่ไหลบ่าล้นตลิ่งด้วย ผลการเปรียบเทียบในปี พ.ศ. 2537, 2553 สรุปได้ดังนี้

สภาพน้ำใน แม่น้ำปัว	พ.ศ. 2537		พ.ศ. 2553
	ค่าจริง	จำลอง	จำลอง
อัตราการไหล สูงสุด ม3/วิ	108.50	119	491.20
ระดับน้ำสูงสุด ม.รทก.	292.10	294	297.46
วันที่	28 สิงหาคม	28 สิงหาคม	8 สิงหาคม

*ระดับตลิ่งที่ + 250.85 ม.รทก.



รูปที่ 4.2 Main Channel Distance (km)



Station (m)

รูปที่ 4.3 ผลการจำลองหน้าตัดการไหลที่ฝั้วน้ำ ในแม่น้ำปัว ณ วันที่มีอัตราการไหลสูงสุด

จ 2553

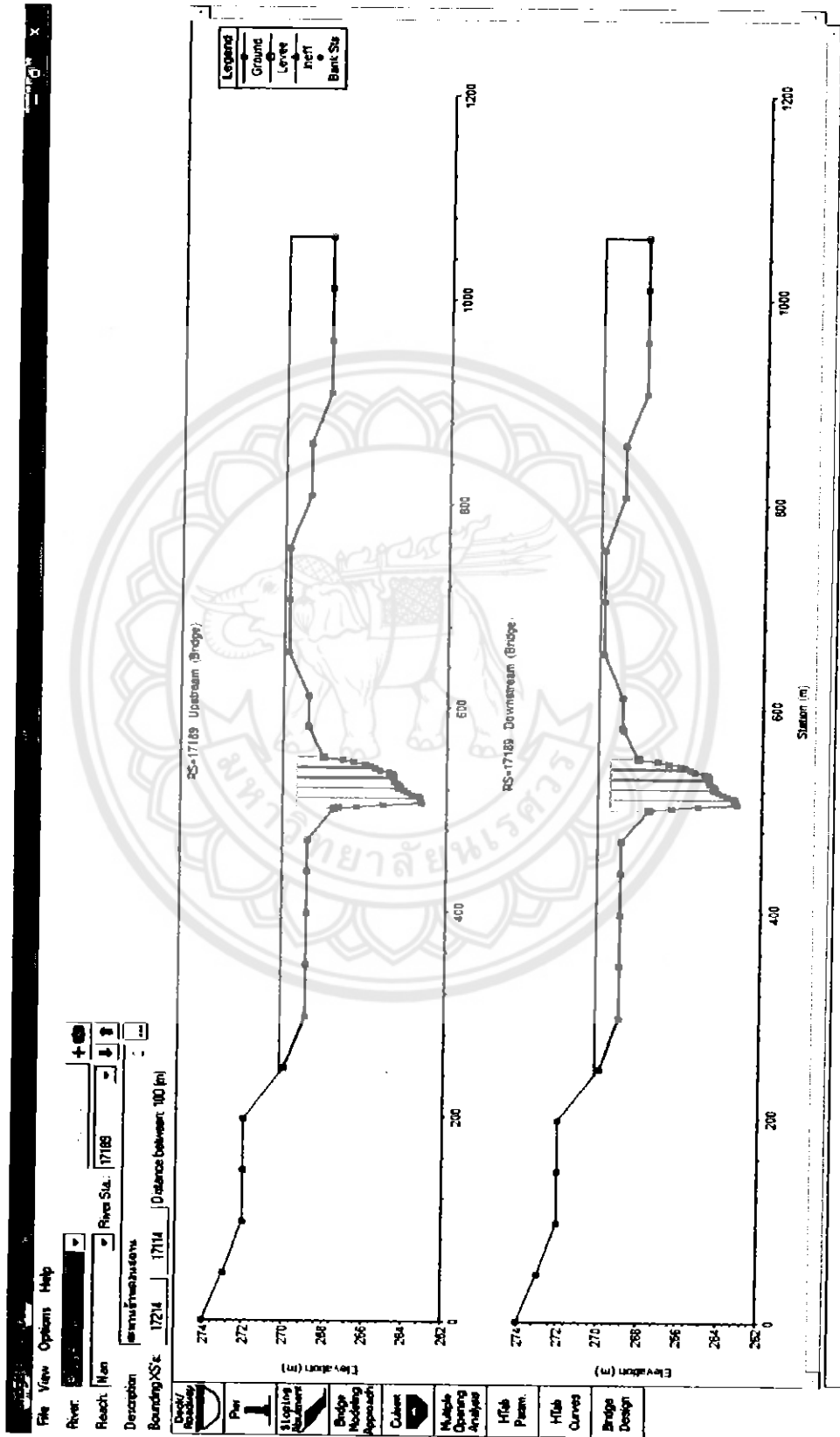
ตารางที่ 4.2 แสดงตำแหน่งและ ค่า n ในกิโลเมตรต่าง ๆ

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	19063.59	n #1	0.1	0.025	0.1
2	18880.1*	n	0.1	0.025	0.1
3	18696.7*	n	0.1	0.025	0.1
4	18513.2*	n	0.1	0.025	0.1
5	18329.8*	n	0.1	0.025	0.1
6	18146.4*	n	0.1	0.025	0.1
7	17963	n	0.1	0.025	0.1
8	17938	Inl Struct			
9	17863	n	0.1	0.025	0.1
10	17700.7*	n	0.1	0.025	0.1
11	17538.5*	n	0.1	0.025	0.1
12	17376.2*	n	0.1	0.025	0.1
13	17214	n	0.1	0.025	0.1
14	17189	Bridge			
15	17114	n	0.1	0.025	0.1
16	16914.8*	n	0.1	0.025	0.1
17	16715.6*	n	0.1	0.025	0.1
18	16516.4*	n	0.1	0.025	0.1
19	16317.2*	n	0.1	0.025	0.1
20	16118	n	0.1	0.025	0.1
21	16093	Bridge			
22	16018	n	0.1	0.025	0.1
23	15868.*	n	0.1	0.025	0.1
24	15718	n	0.1	0.025	0.1
25	15693	Bridge			
26	15618	n	0.1	0.025	0.1
27	15450.*	n	0.1	0.025	0.1
28	15282.*	n	0.1	0.025	0.1
29	15114.*	n	0.1	0.025	0.1
30	14946.*	n	0.1	0.025	0.1
31	14778	n	0.1	0.025	0.1
32	14763	Bridge			
33	14678	n	0.1	0.025	0.1
34	14497.5*	n	0.1	0.025	0.1
35	14317.*	n	0.1	0.025	0.1
36	14136.5*	n	0.1	0.025	0.1
37	13956.*	n	0.1	0.025	0.1
38	13775.5*	n	0.1	0.025	0.1
39	13595.*	n	0.1	0.025	0.1
40	13414.5*	n	0.1	0.025	0.1
41	13234	n	0.1	0.025	0.1

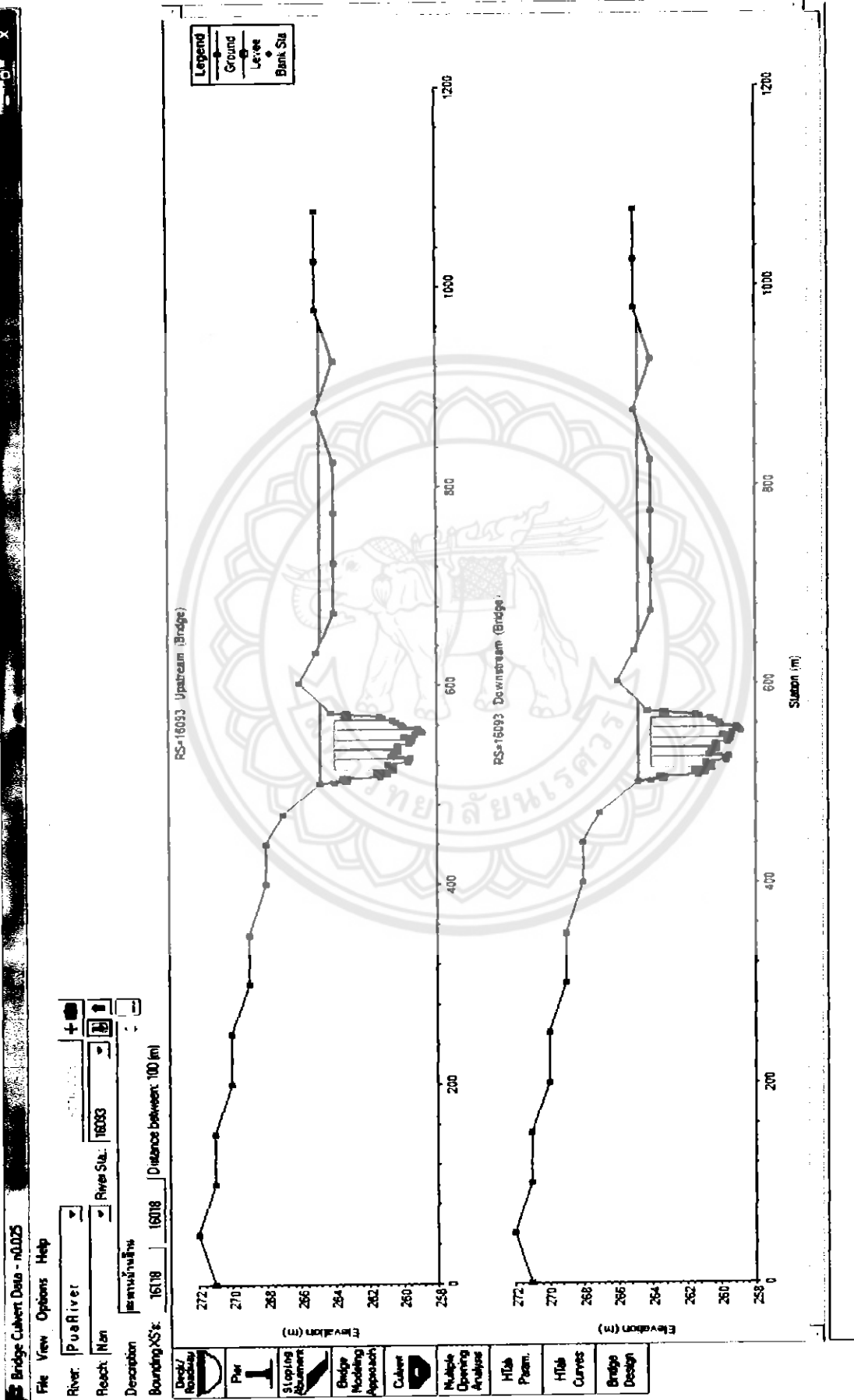
42	13034	n	0.1	0.025	0.1
43	13009	Bridge			
44	12934	n	0.1	0.025	0.1
45	12754.1*	n	0.1	0.025	0.1
46	12574.2*	n	0.1	0.025	0.1
47	12394.4*	n	0.1	0.025	0.1
48	12214.5*	n	0.1	0.025	0.1
49	12034.7*	n	0.1	0.025	0.1
50	11854.8*	n	0.1	0.025	0.1
51	11675	n	0.1	0.025	0.1
52	11650	Bridge			
53	11575	n	0.1	0.025	0.1
54	11379.1*	n	0.1	0.025	0.1
55	11183.3*	n	0.1	0.025	0.1
56	10987.4*	n	0.1	0.025	0.1
57	10791.6*	n	0.1	0.025	0.1
58	10595.7*	n	0.1	0.025	0.1
59	10399.9*	n	0.1	0.025	0.1
60	10204.0*	n	0.1	0.025	0.1
61	10008.2*	n	0.1	0.025	0.1
62	9812.38*	n	0.1	0.025	0.1
63	9616.53*	n	0.1	0.025	0.1
64	9420.69*	n	0.1	0.025	0.1
65	9224.84*	n	0.1	0.025	0.1
66	9029	n	0.1	0.025	0.1
67	9004	Inl Struct			
68	8929	n	0.1	0.025	0.1
69	8755	n	0.1	0.025	0.1
70	8735	Bridge			
71	8655	n	0.1	0.025	0.1
72	8461.75*	n	0.1	0.025	0.1
73	8268.5*	n	0.1	0.025	0.1
74	8075.25*	n	0.1	0.025	0.1
75	7882.*	n	0.1	0.025	0.1
76	7688.75*	n	0.1	0.025	0.1
77	7495.5*	n	0.1	0.025	0.1
78	7302.25*	n	0.1	0.025	0.1
79	7109.*	n	0.1	0.025	0.1
80	6915.75*	n	0.1	0.025	0.1
81	6722.5*	n	0.1	0.025	0.1
82	6529.25*	n	0.1	0.025	0.1
83	6336.*	n	0.1	0.025	0.1
84	6142.75*	n	0.1	0.025	0.1
85	5949.5*	n	0.1	0.025	0.1
86	5756.25*	n	0.1	0.025	0.1
87	5563	n	0.1	0.025	0.1
88	5538	Bridge			

89	5463	n	0.1	0.025	0.1
90	5278.88*	n	0.1	0.025	0.1
91	5094.77*	n	0.1	0.025	0.1
92	4910.66*	n	0.1	0.025	0.1
93	4726.55*	n	0.1	0.025	0.1
94	4542.44*	n	0.1	0.025	0.1
95	4358.33*	n	0.1	0.025	0.1
96	4174.22*	n	0.1	0.025	0.1
97	3990.11*	n	0.1	0.025	0.1
98	3806	n	0.1	0.025	0.1
99	3801	Bridge			
100	3706	n	0.1	0.025	0.1
101	3512.85*	n	0.1	0.025	0.1
102	3319.71*	n	0.1	0.025	0.1
103	3126.57*	n	0.1	0.025	0.1
104	2933.42*	n	0.1	0.025	0.1
105	2740.28*	n	0.1	0.025	0.1
106	2547.14*	n	0.1	0.025	0.1
107	2354.*	n	0.1	0.025	0.1
108	2160.85*	n	0.1	0.025	0.1
109	1967.71*	n	0.1	0.025	0.1
110	1774.57*	n	0.1	0.025	0.1
111	1581.42*	n	0.1	0.025	0.1
112	1388.28*	n	0.1	0.025	0.1
113	1195.14*	n	0.1	0.025	0.1
114	1002	n	0.1	0.025	0.1
115	997	Bridge			
116	902	n	0.1	0.025	0.1
117	721.6*	n	0.1	0.025	0.1
118	541.2*	n	0.1	0.025	0.1
119	360.799*	n	0.1	0.025	0.1
120	180.4*	n	0.1	0.025	0.1
121	0	n	0.1	0.025	0.1

รูปที่ 4.4 แสดงภาคตัดขวางสะพานในกิโลเมตรต่าง ๆ ในลำน้ำปาว



Select the river for Bridge/Culvert Editing



Step to next Bridge/Culvert in the Reach

308.82, 264.34

Bridge Culvert Data - n0.025

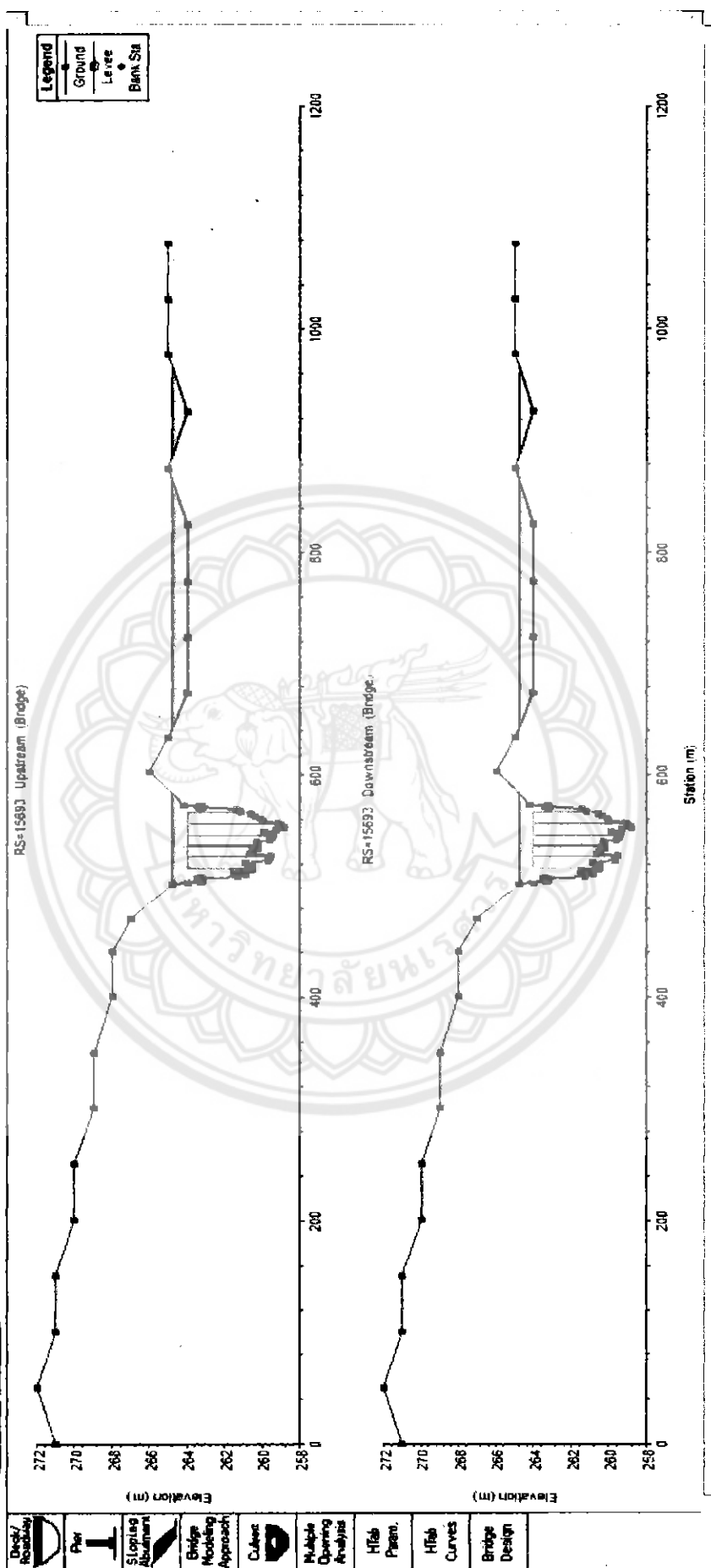
File View Options Help

River:

Reach: River Sta.:

Description:

Bounding XS's: Distance between: (m)



Step to next Bridge/Culvert in the Reach

285.97, 270.80

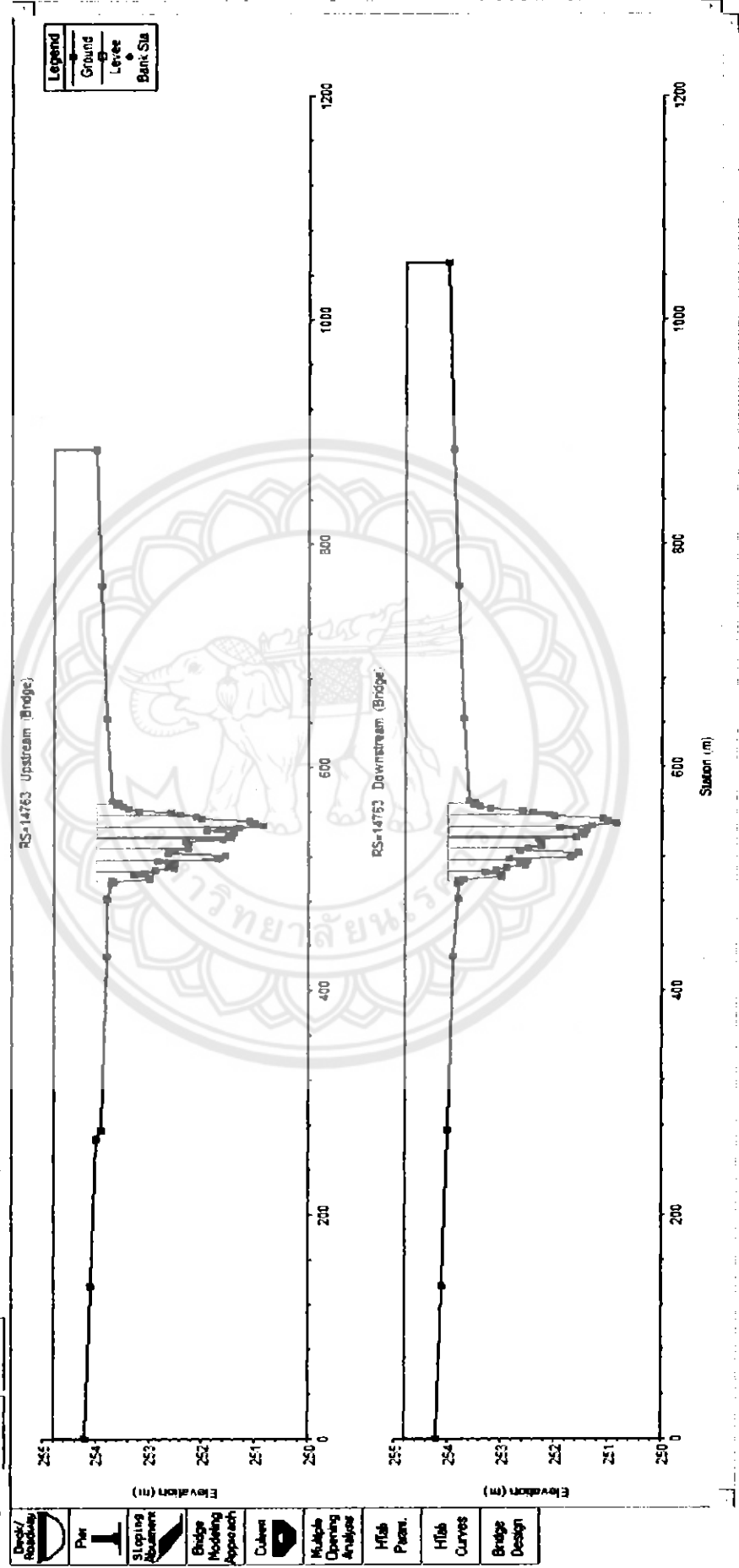
River: PuuRiver

Reach: Nan

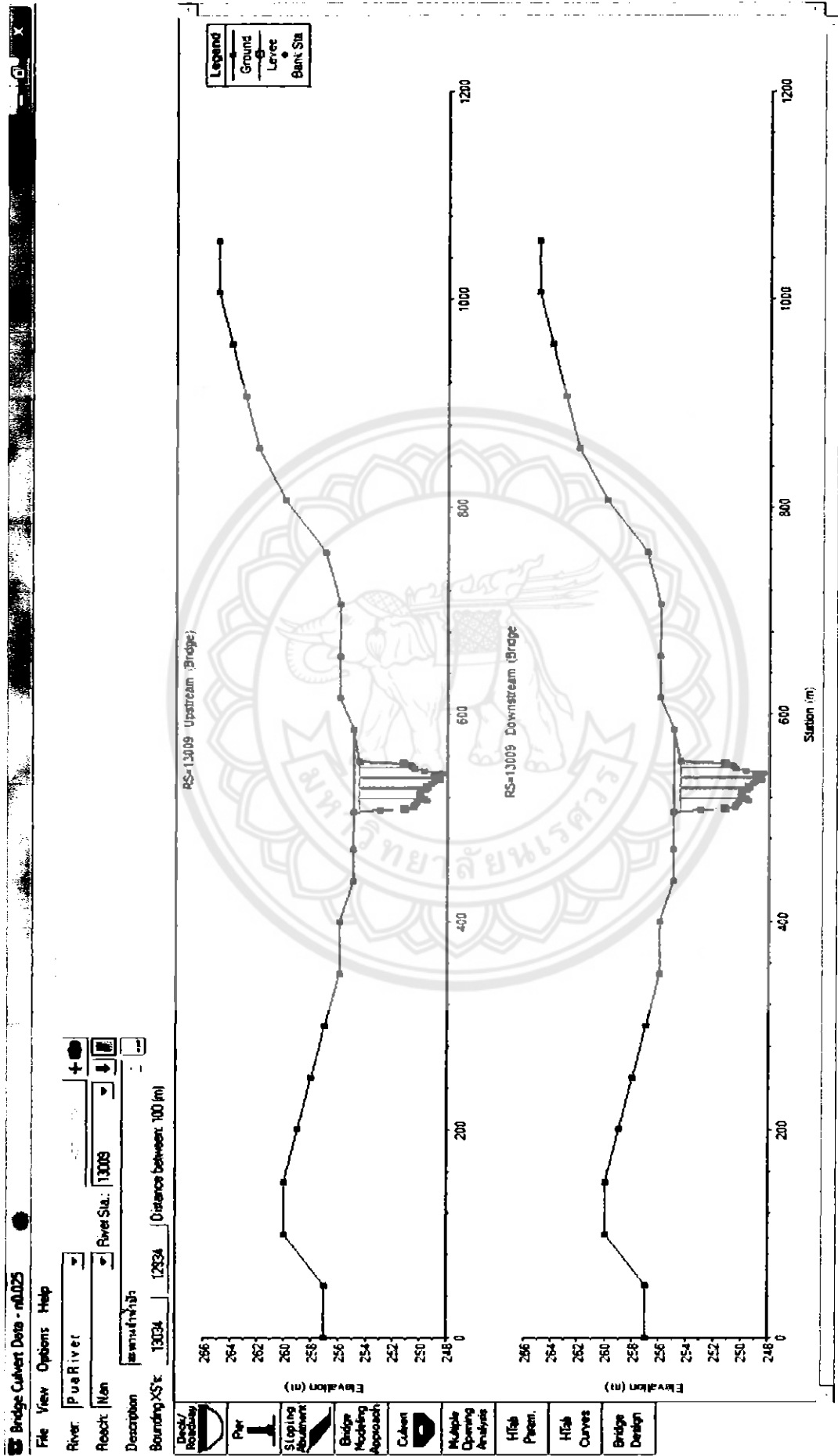
Description: กรมชลประทาน (ว.)

Bounding XS: 14778 14678 (Distances between: 100 (m))

River Sta.: 14783

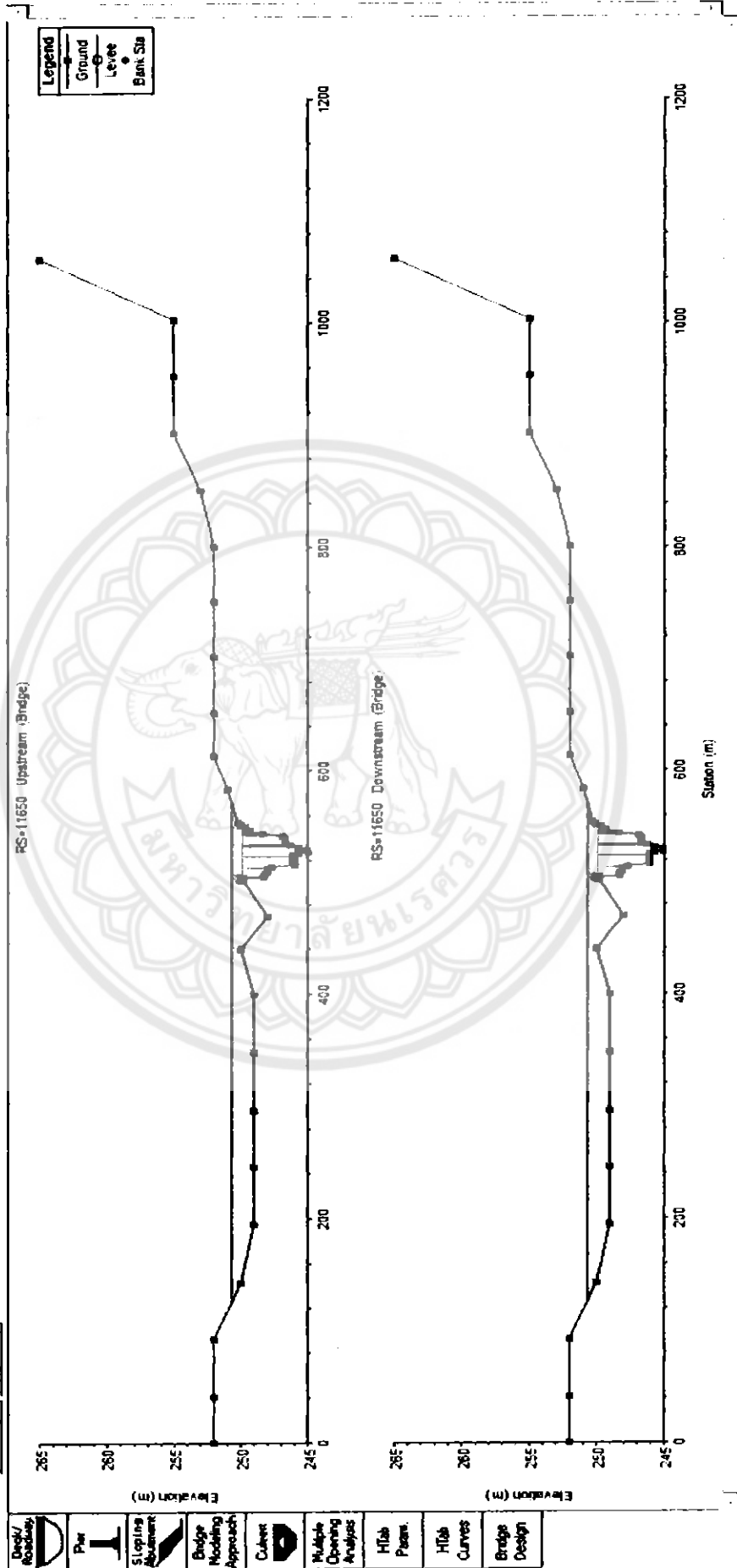


- Deck/ Roadway
- Pier
- Sloping Abutment
- Bridge Modeling Approach
- Culvert
- Multiple Opening Analysis
- File Plans
- File Curves
- Bridge Design

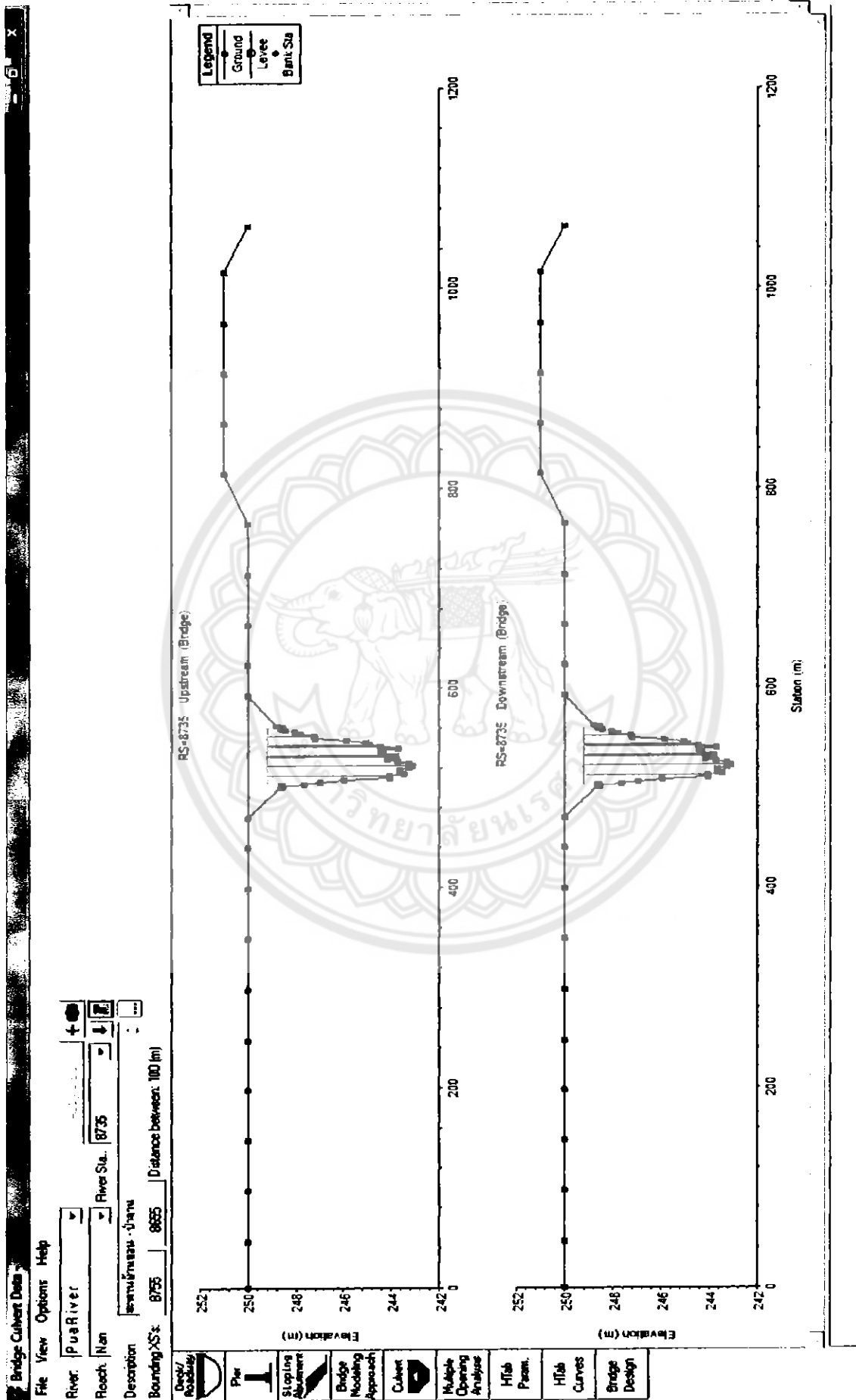


Step to previous Bridge/Culvert in the Reach

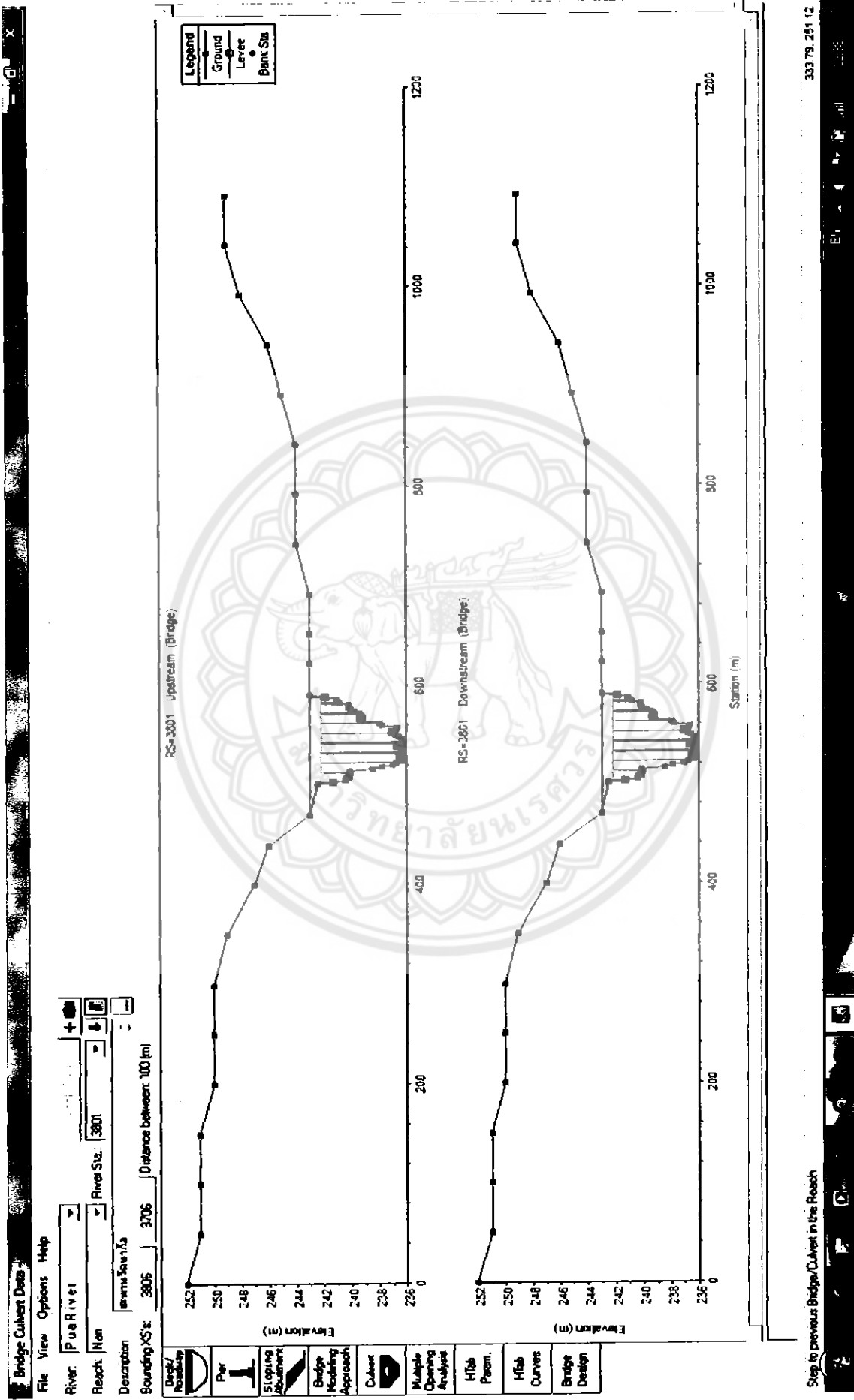
River: Pua River
 Reach: Han
 River Sta.: 11650
 Description:
 Bounding XS: 11675 | 11575 | Distance between: 100 (m)

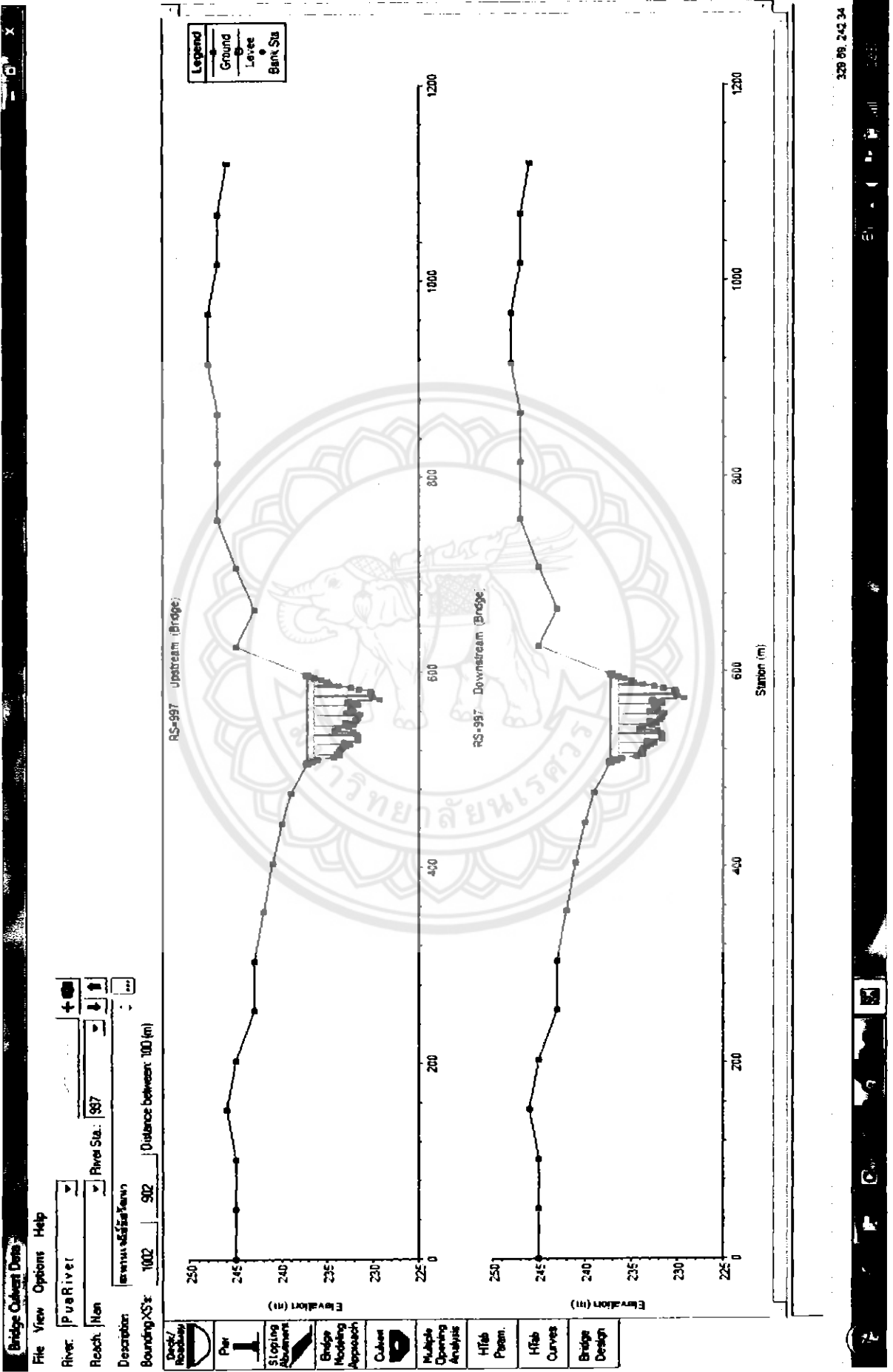


- Deck/Roadway
- Pier
- Sloping Abutment
- Bridge Modeling Approach
- Culvert
- Multiple Opening Analysis
- File Plans
- File Curves
- Bridge Design



Step to previous Bridge/Culvert in the Reach





328.89, 243.34

รูปที่ 4.5 แสดงข้อมูลของฝาย ถ้ำน้ำบิว

Weir and Gate Coefficient Table

Selected Area Edit Options

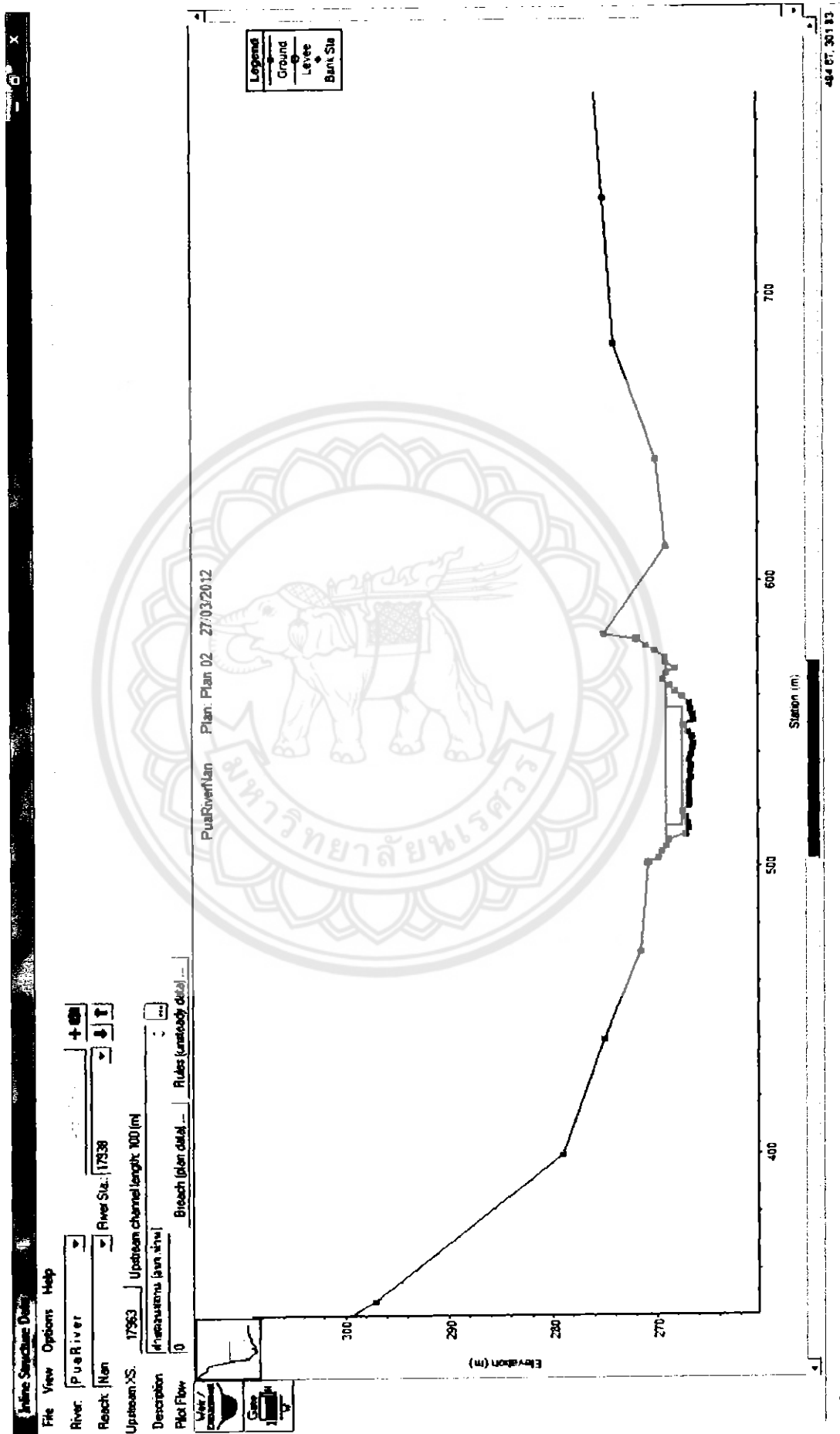
Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace Values ...

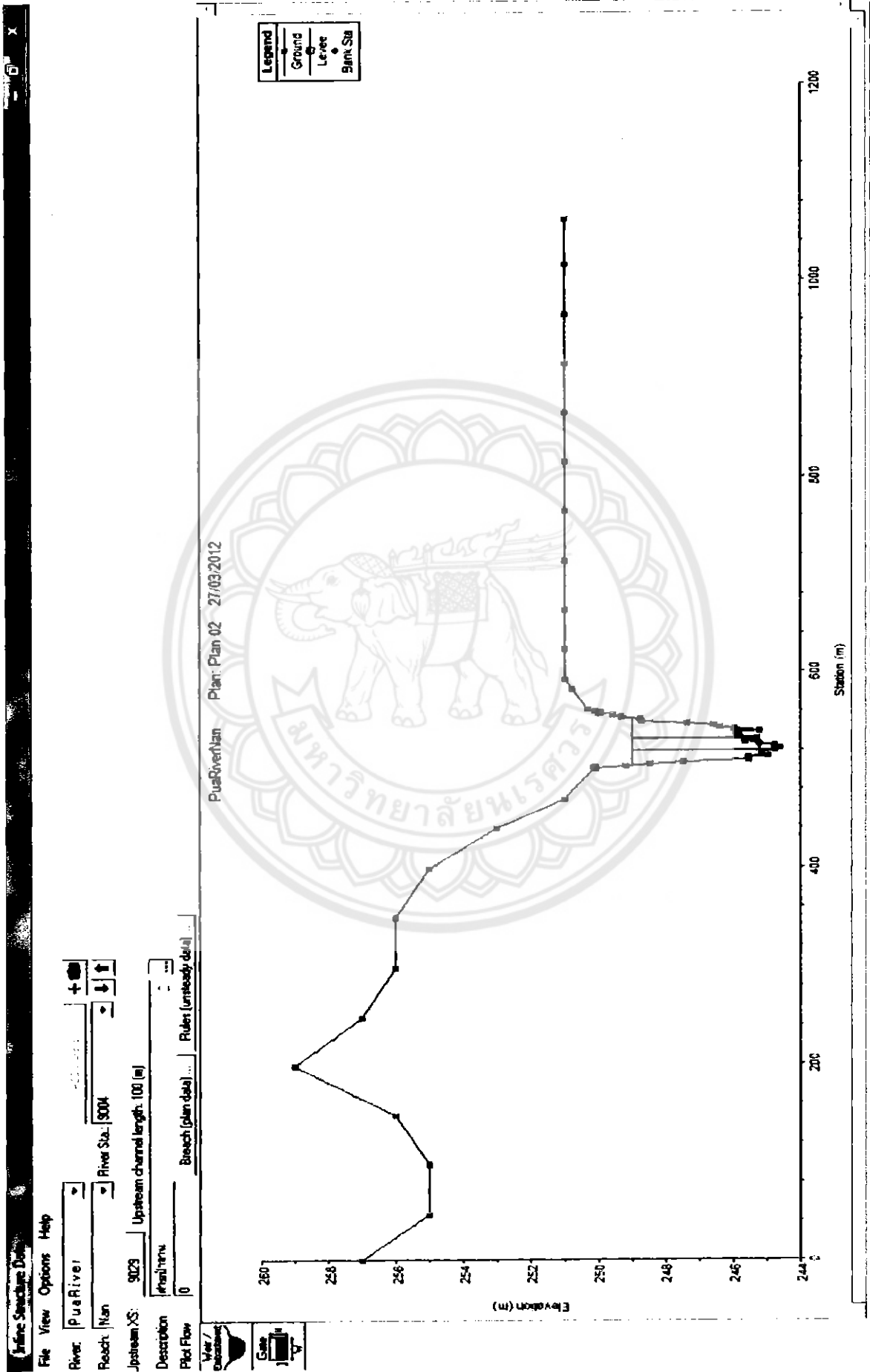
Summary of the weir/gated structures

	Location	Overflow Weir Coef	Sluice Gate Coef	Radial Gate Coef	Gate Orifice Coef	Gate Weir Coef
1	Pua River Nan 17938 IS	2.18	0.6	0.6	0.8	2.18
2	Pua River Nan 9004 IS	1.4	0.6	0.6	0.8	2.18

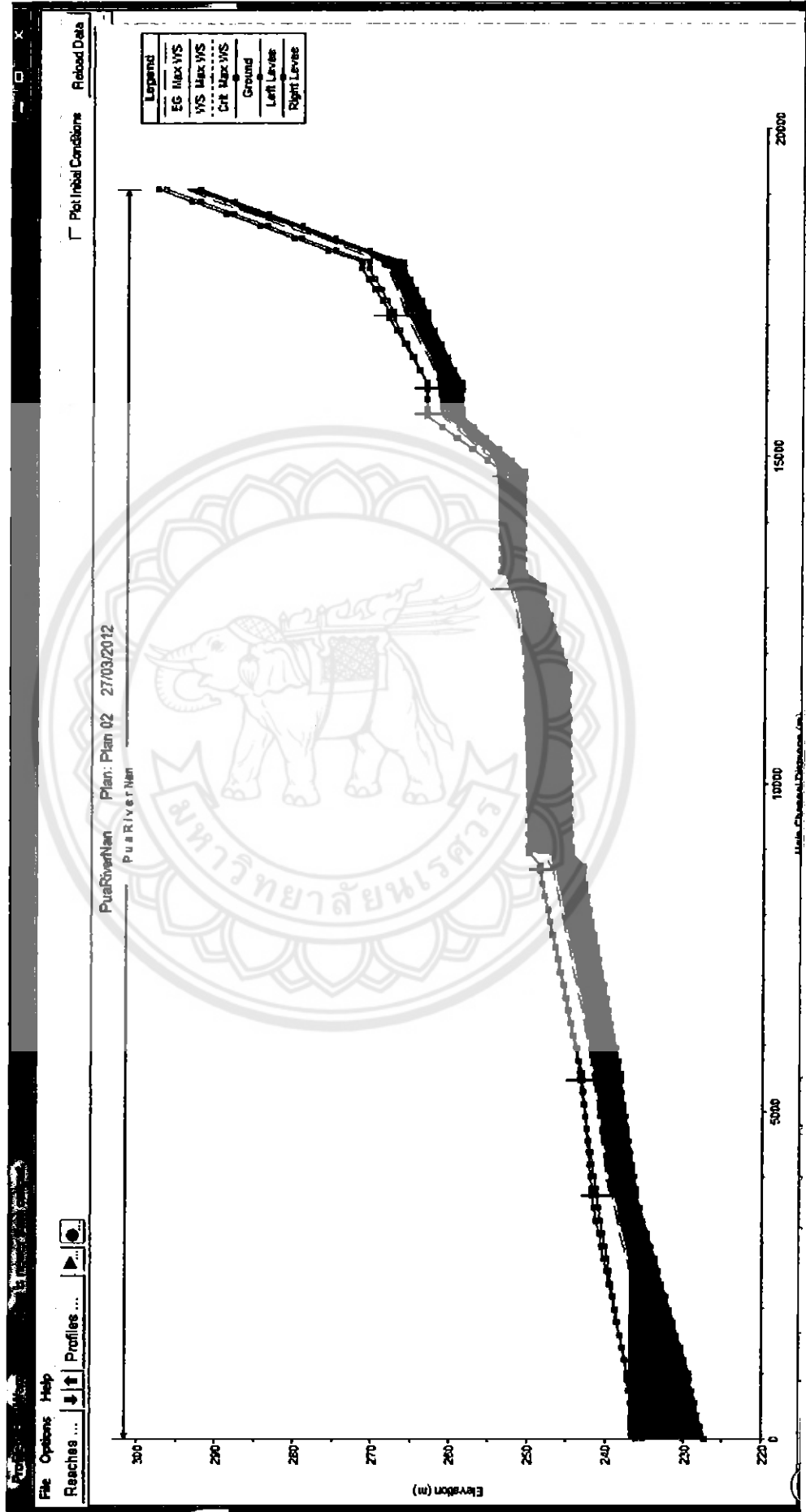
OK Cancel

รูปที่ 4.6 แสดงภาคตัดขวางของฝาย ถ้ำน้ำบิว

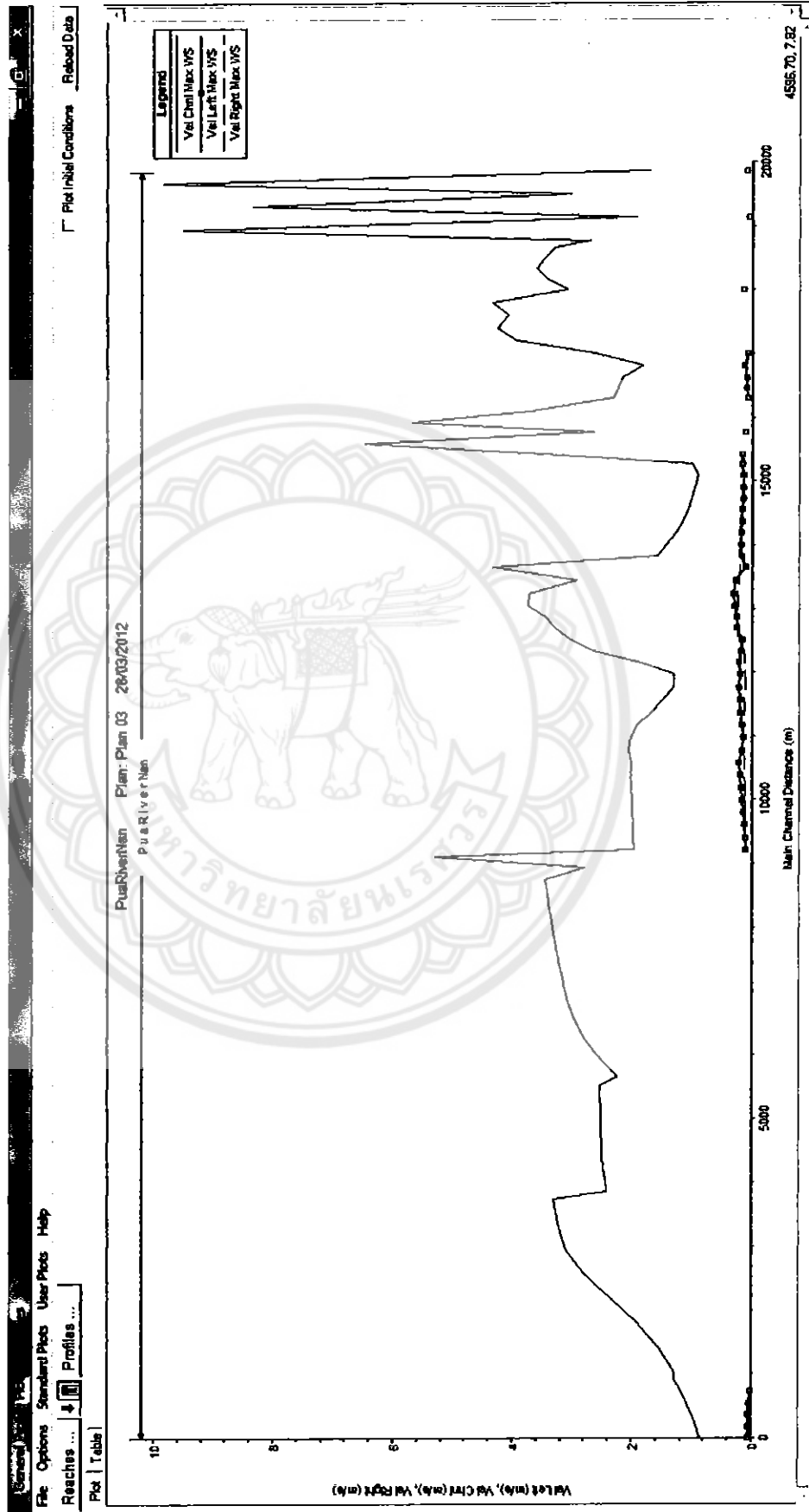




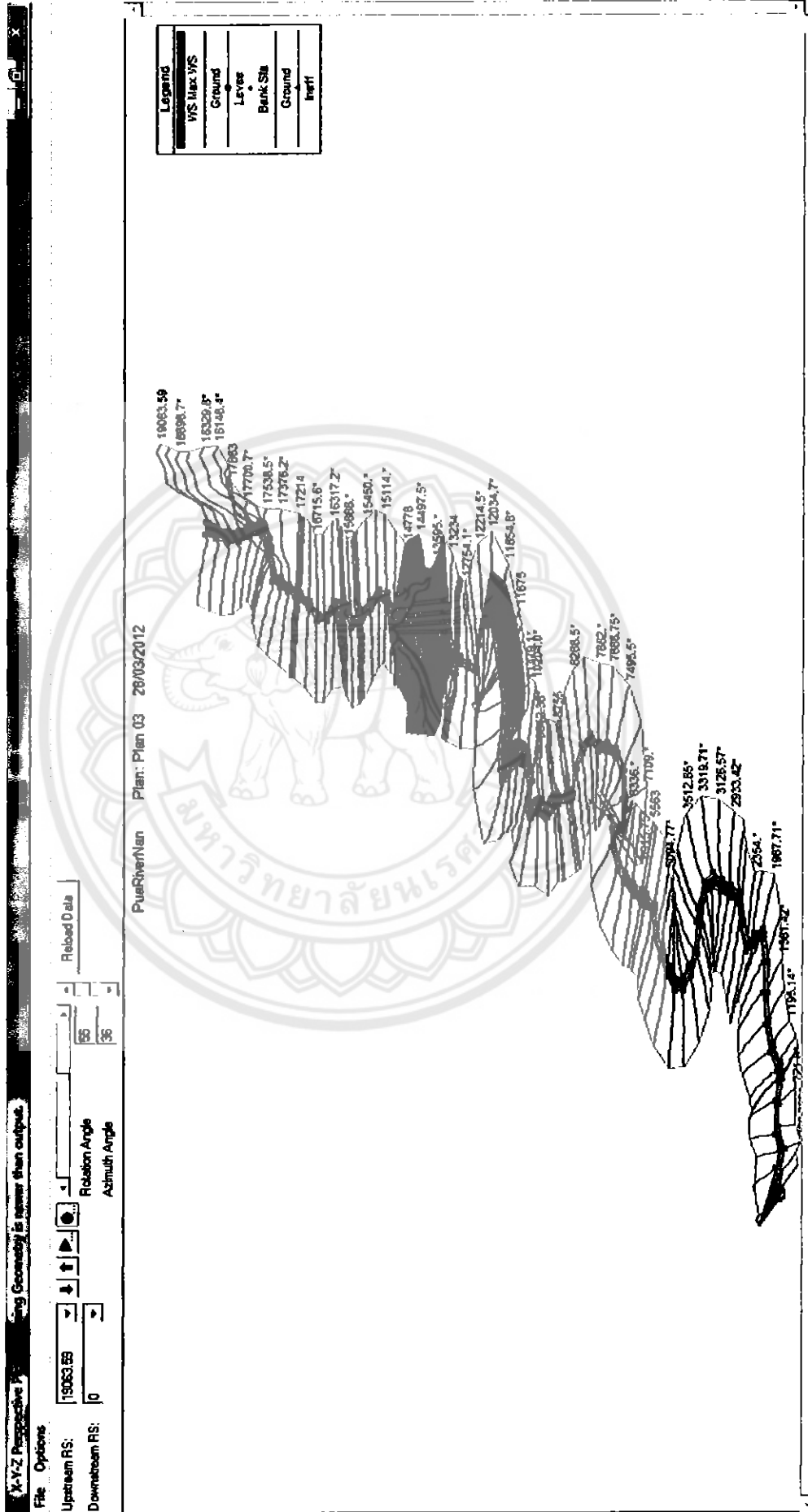
รูปที่ 4.7 แสดงรูปตัดตามยาวในวันที่มีน้ำมาก วันที่ 8 สิงหาคม 2553



รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความเร็วตามระยะทางในวันที่ 8 สิงหาคม ค่าน้ำปัว



รูปที่ 4.9 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำท่วมในวันที่ 8 สิงหาคม 2553 ในวันที่มีปริมาณน้ำมากที่สุด



สูตรในการคำนวณหาพื้นที่น้ำท่วมปี 2553

$$\frac{(L1+L2)}{2} * \Delta x_1 + \frac{(L3+L4)}{2} * \Delta x_2 + \frac{(L5+L6)}{2} * \Delta x_3$$

หน้าตัดที่ 1,2,3

$$\frac{(2014.95+53.8)}{2} * 0.65 + \frac{(6949.11+7106.89)}{2} * 0.25 + \frac{(74.01+1.72)}{2} * 0.69$$

$$672.34 + 1757 + 26.12 = 2455.46 \text{ ตารางเมตร}$$

พื้นที่น้ำท่วมทั้งหมด = 2.455 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.10 ภาพแสดงพื้นที่น้ำท่วมทั้งหมด ปี 2553 ทั้งหมด 2,455 ตารางกิโลเมตร



บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โปรแกรมการจำลอง HEC-RAS หาค่าความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำรายวันในกลุ่มแม่น้ำปัว เป็นแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ ประกอบด้วย การจำลองการไหลแบบไม่คงตัว Unsteady Flow

สามารถนำไปประยุกต์กับลำน้ำปัวได้โดยเริ่มที่ กิโลเมตรที่ 19+063.59 ใส่ค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งต้นน้ำที่ท้ายฝายปัวและจุดบรรจบลำน้ำวังกับลำน้ำปัว กิโลเมตรที่ 13+234 ส่วนบริเวณปากแม่น้ำปัว ณ จุดบรรจบลำน้ำปัวและแม่น้ำน่าน ได้ใช้ค่าระดับน้ำรายวันแต่ในกรณีศึกษาไม่มีข้อมูลระดับน้ำรายวันในตำแหน่งนั้น จึงใช้การเทียบค่าระดับน้ำรายวันจากสถานี N64 บ้านผาขวาง ความระยะทาง จากผลการทดสอบ ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง 0.025 แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวมาประยุกต์กับ โปรแกรมเพื่อหาพื้นที่น้ำท่วม ปี พ.ศ. 2537 ข้อมูลน้ำรายวันจากสถานี N50 กิโลเมตรที่ 13+034 ไปประยุกต์ใช้กับ ปี พ.ศ. 2553 เพื่อหาค่าระดับน้ำและพื้นที่น้ำท่วม ได้พื้นที่น้ำท่วม 8.098 ตารางกิโลเมตร สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการกำหนดระดับความสูงของผนังกันน้ำตามแนวราบของตลิ่ง เพื่อป้องกันและบรรเทาปัญหาอุทกภัย

และเนื่องจากโครงการนี้ต้องอาศัยข้อมูลจากหลายๆแหล่ง รวมถึงการออกไปสำรวจพื้นที่ที่ต้องทำจริง และเป็นพื้นที่ไม่คุ้นเคยจึงทำให้เก็บข้อมูลมาได้ล่าช้า และกลุ่มน้ำปัวมีการเปลี่ยนสายเส้นทางน้ำ จึงค่อนข้างยากต่อการสำรวจ

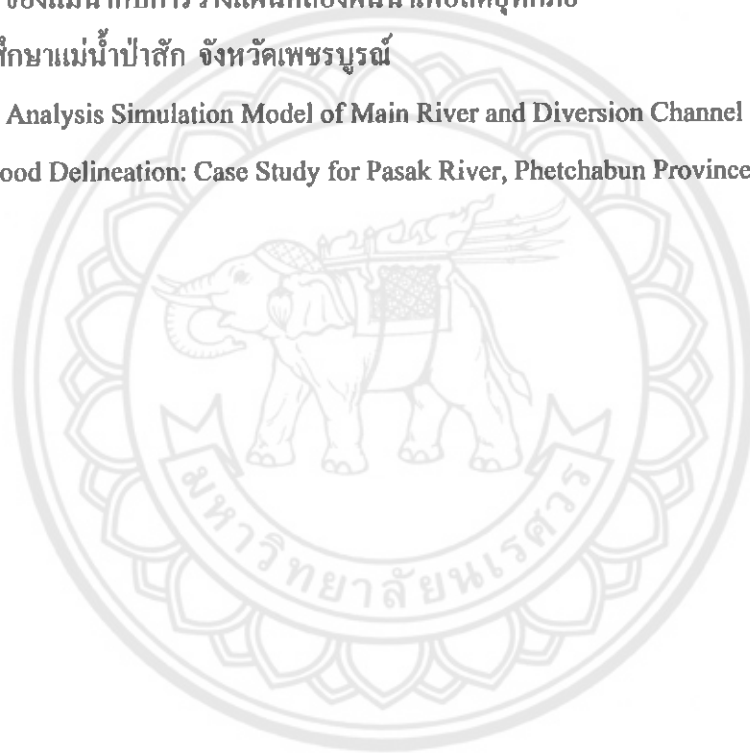
5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 โดยการวิเคราะห์โปรแกรม HEC-RAS ซึ่งมีขีดจำกัดคือในหนึ่งหน้าตัดการไหลมีได้ 500 จุด

5.2.2 เนื่องจากโปรแกรมมีความอ่อนไหว ควรที่จะใช้ค่าความถี่ของเวลาในการรันโปรแกรมไม่ควรเกิน 5 นาทีระยะทางระหว่างหน้าตัดควรมีค่าน้อย ๆ แต่ไม่ควรเกิน 200 m. เพื่อที่โปรแกรมจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

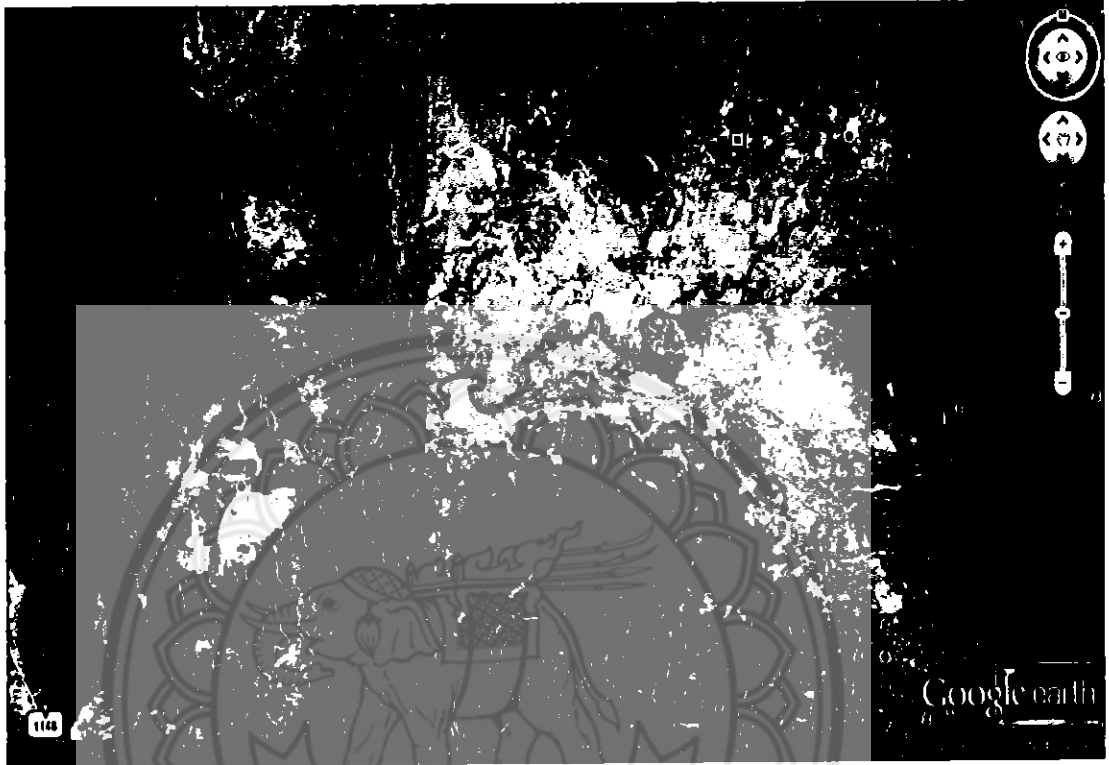
เอกสารอ้างอิง

- [1] V.T. Chow, D.R. Maidment, L.W. Mays. (1988). "*Applied hydrology*". McGraw-Hill: International Edition.
- [2] U.S. Army Corps of Engineers. (2001). "*HEC-RAS River analysis system: Hydraulics reference manual version 4.1*". Retrieved from <http://www.hec.usace.army.mil>. Public distribution unlimited.
- [3] รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น, วารสารวิศวกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร แบบจำลองวิเคราะห์การไหลหลากของแม่น้ำกับการวางแผนคลองผันน้ำเพื่อลดอุทกภัยกรณีศึกษาแม่น้ำป่าสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
River Analysis Simulation Model of Main River and Diversion Channel Planning for Flood Delineation: Case Study for Pasak River, Phetchabun Province





รูปที่ 1 แผนที่จาก Google Earth



ตารางที่ 5.1 การหาค่าระดับน้ำที่ สถานี N64 บ้านนาขวาง
บริเวณปากแม่น้ำปาว ณ จุดบรรจบแม่น้ำน่าน

วันที่	สถานี N64 ระดับน้ำ รายวัน	น้ำ รายวัน	ค่าอัตราการ ไหลท้าย ฝายปาว	ค่าอัตรา การไหล ณ จุดบรรจบ	ค่าความ ขรุขระของ แมนนิ่ง
1	1.94	83	6.68	0.65	0.025
2	2.11	100	16.1	0.51	0.025
3	2.00	89	64.9	0.32	0.025
4	1.82	71.8	28.5	0.21	0.025
5	1.72	62.8	31.7	0.19	0.025
6	1.75	65.5	25.5	0.62	0.025
7	2.08	97	18.7	0.78	0.025
8	1.95	84	69	0.53	0.025
9	2.07	96	31.7	0.41	0.025
10	1.92	81	22.3	0.50	0.025

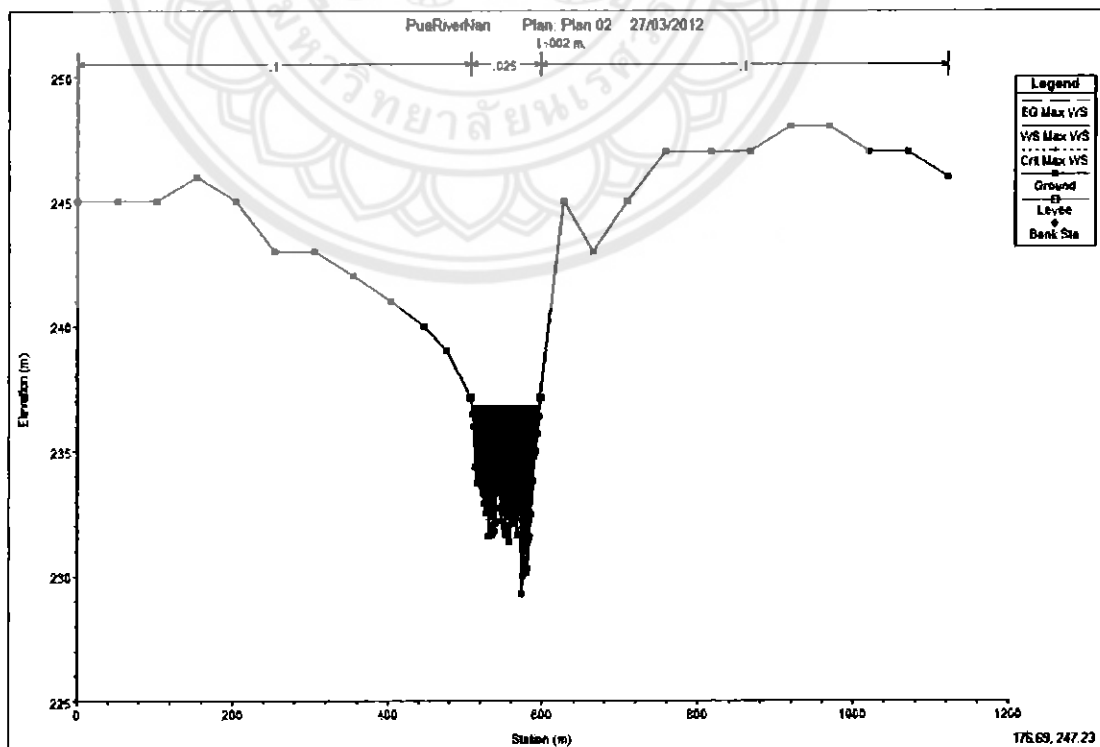
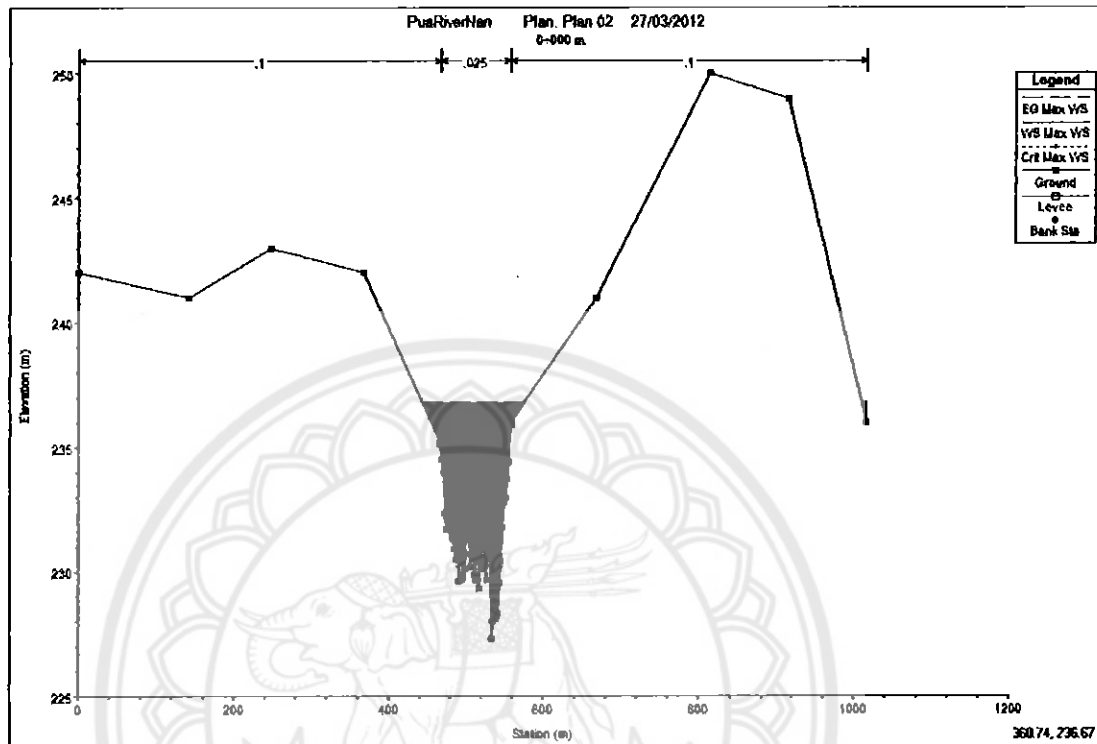
ตารางที่ 5.2 วันที่น้ำท่วมปี 2553

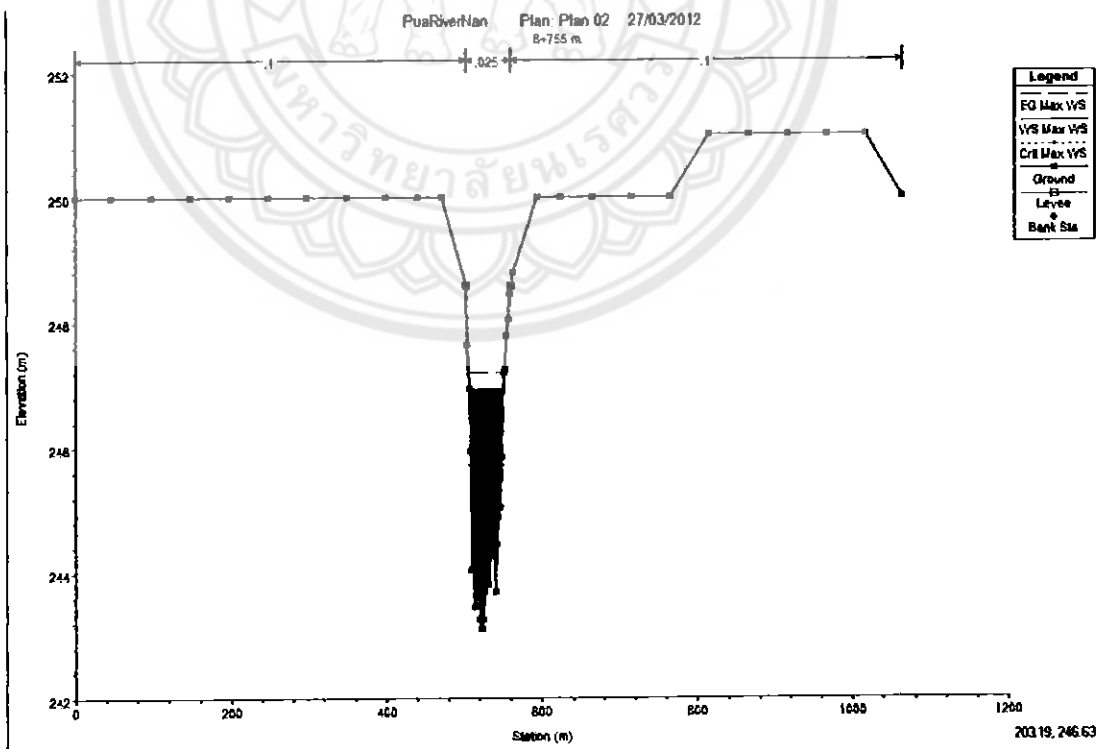
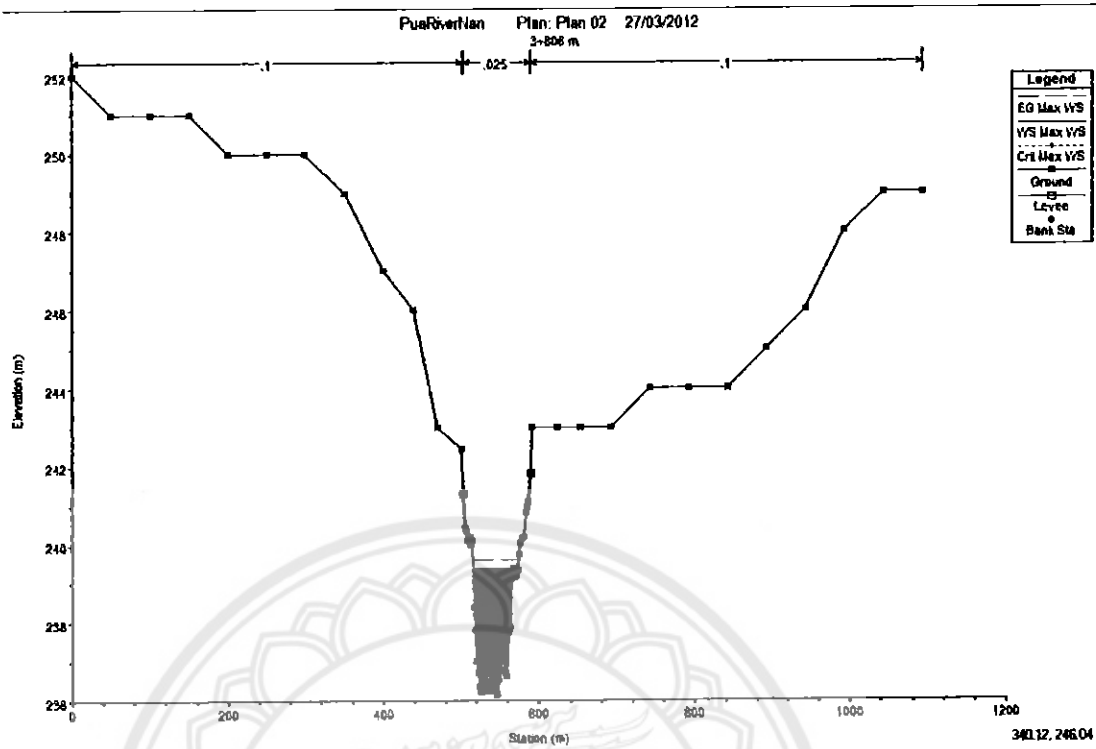
จำนวนวันที่ท่วม	ปริมาณน้ำสูงสุด
25 วัน	493 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

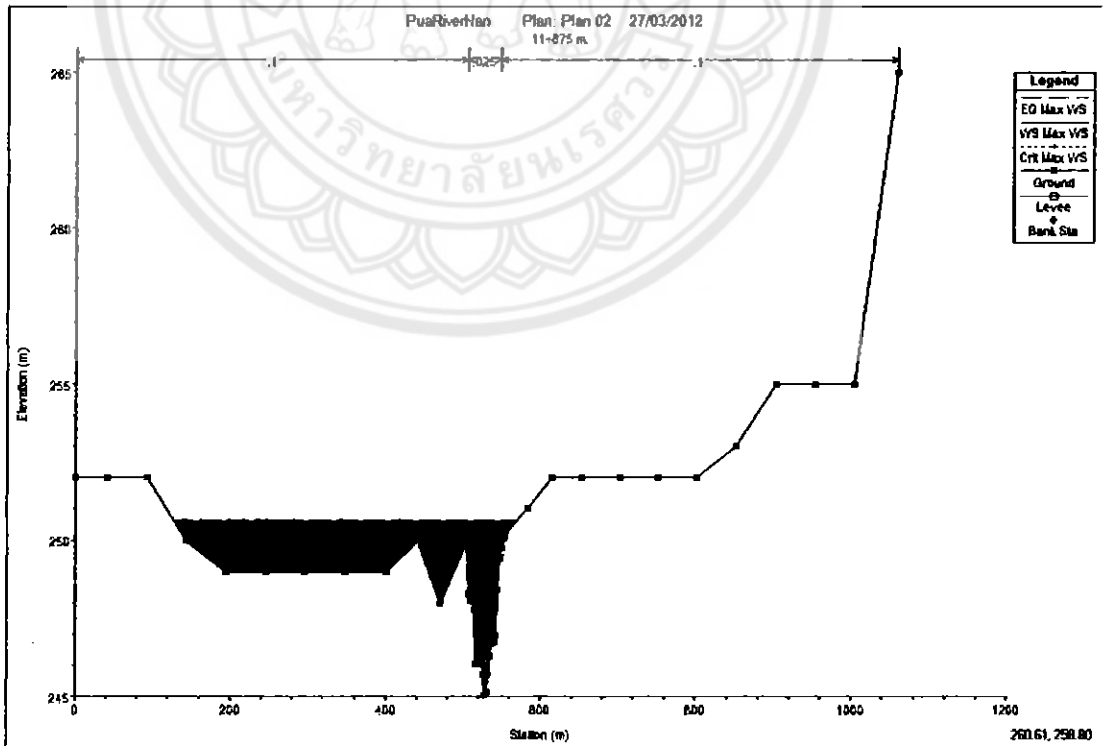
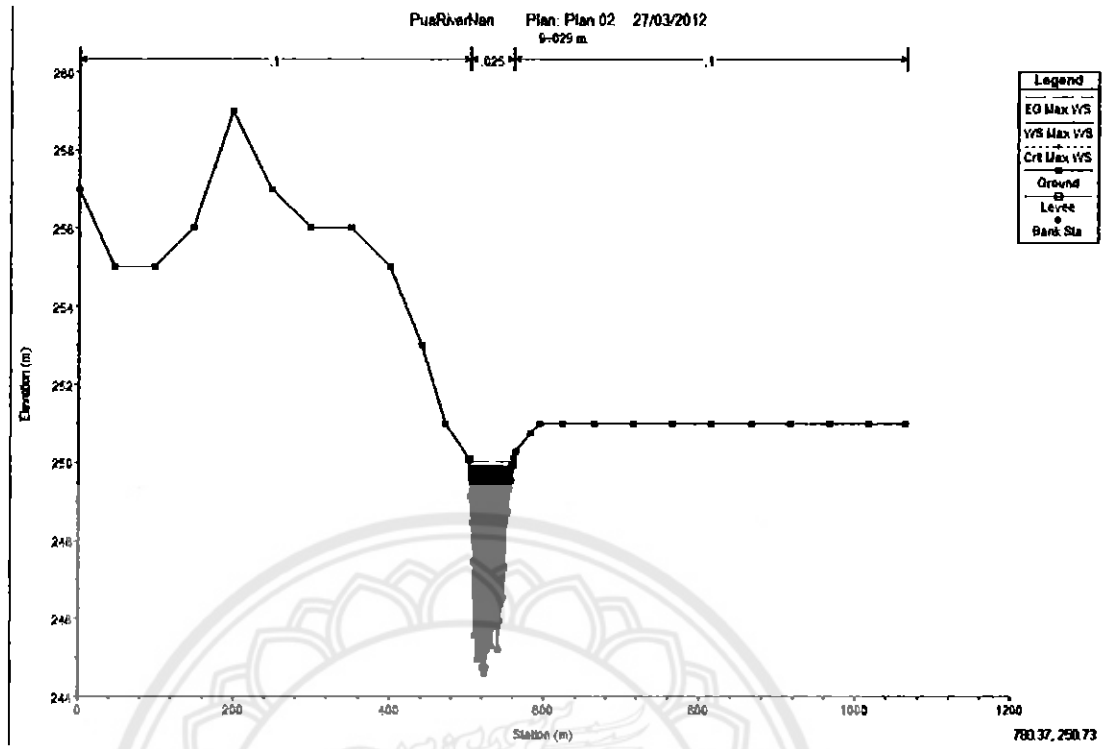
ตารางที่ 5.3 ค่าอัตราการไหลสูงสุด ณ จุดบรรจบลำน้ำปาวและลำน้ำขวัง

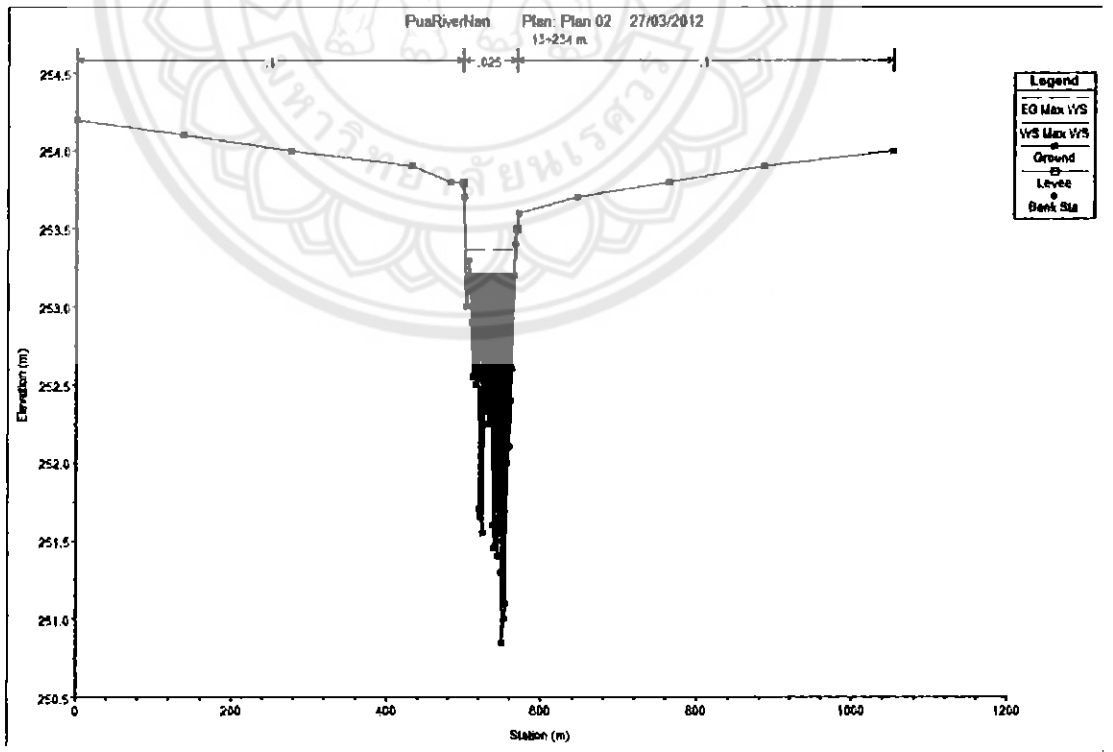
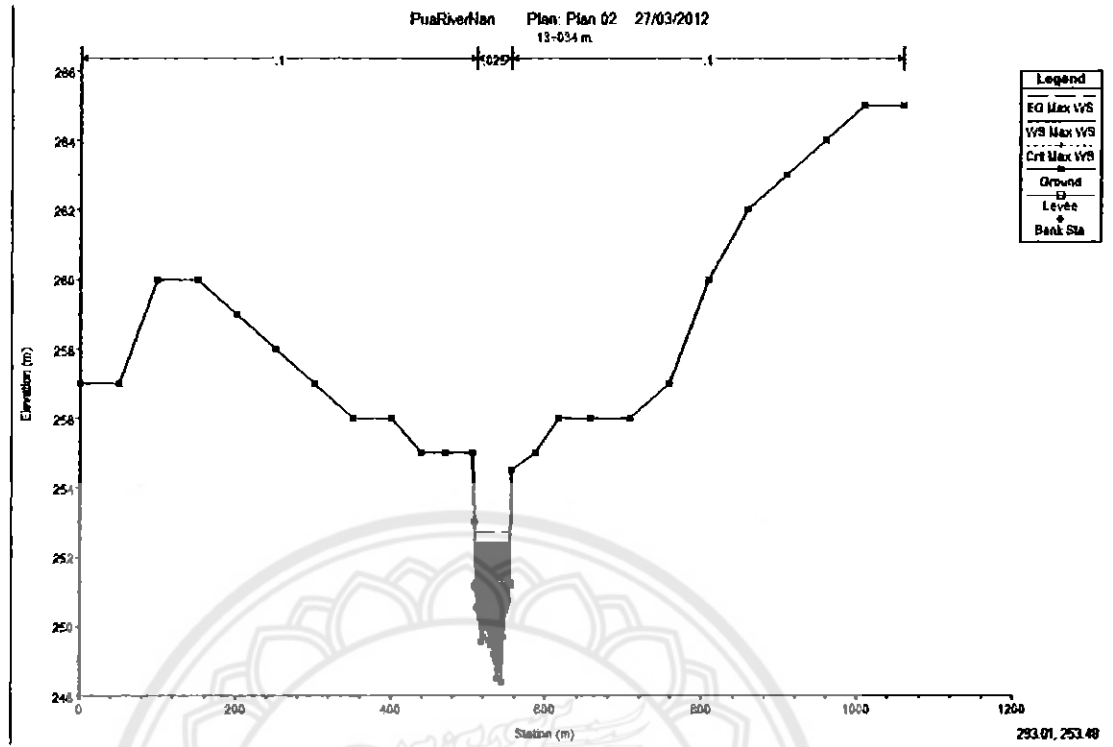
วันที่	ปริมาณน้ำสูงสุด
7 สิงหาคม	475.73 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

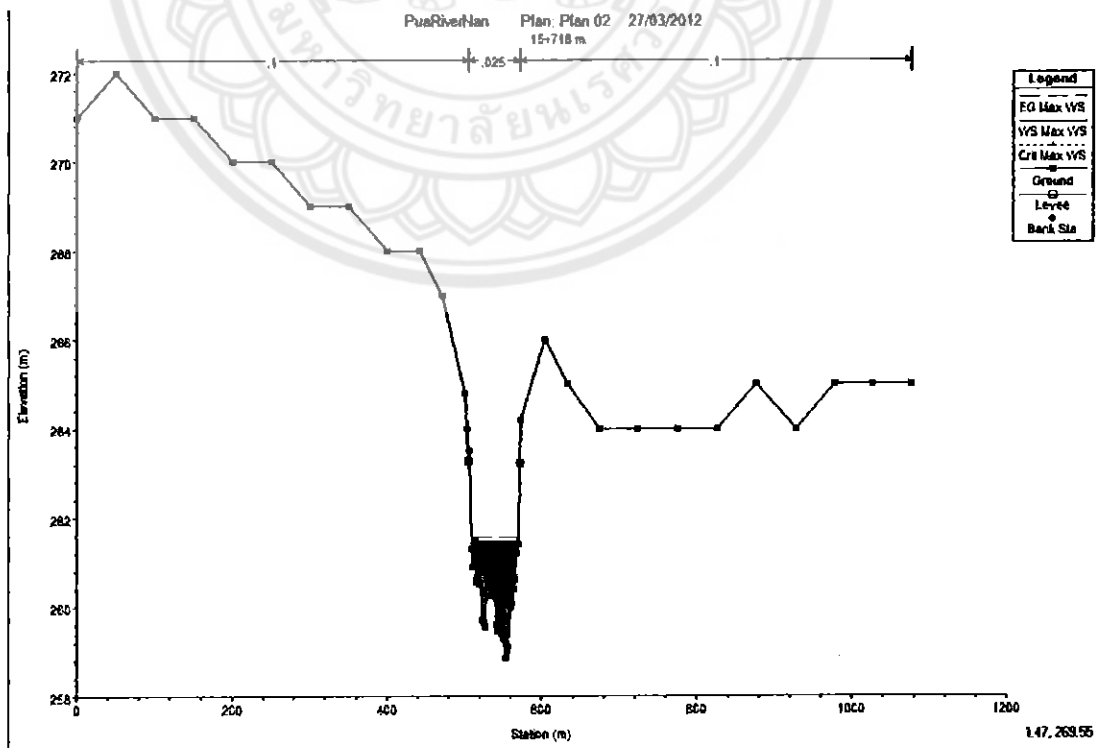
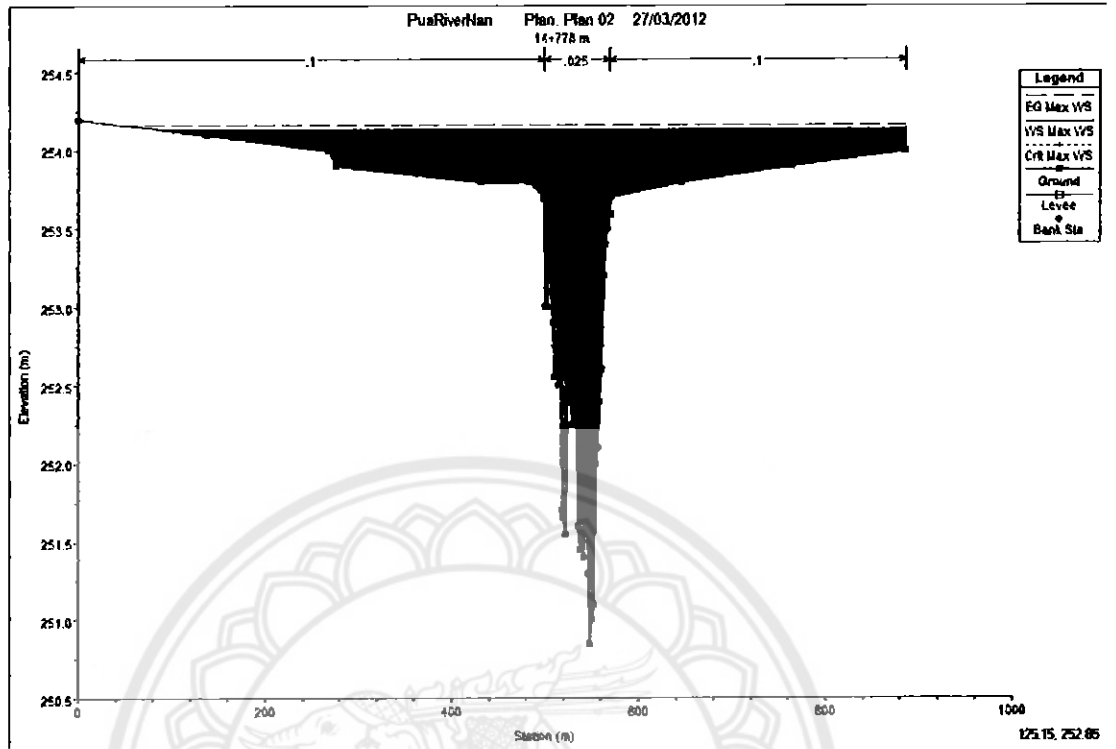
รูปที่ 2 แสดงภาคตัดขวาง ลำน้ำปาว

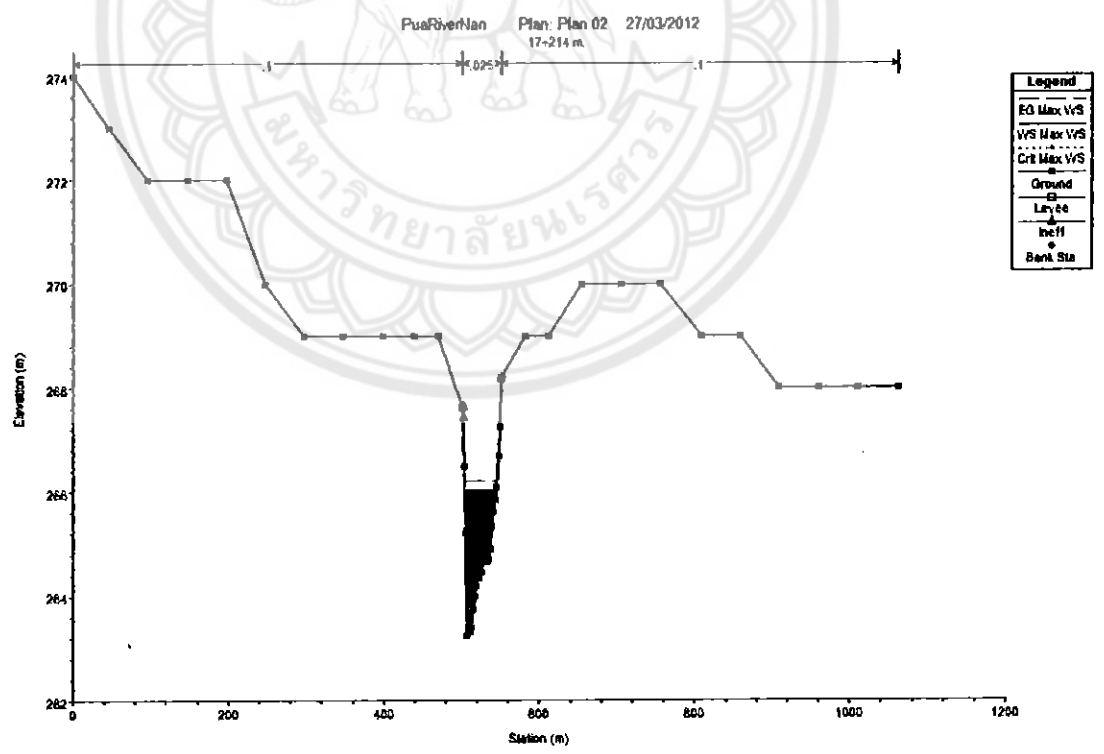
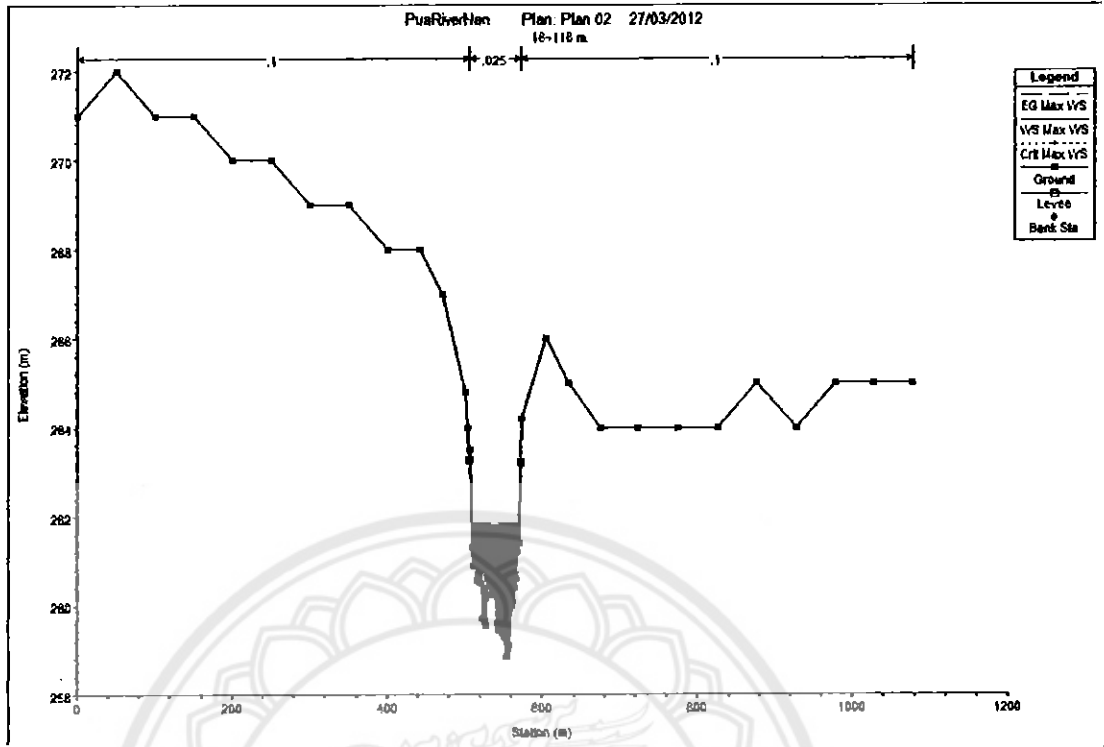


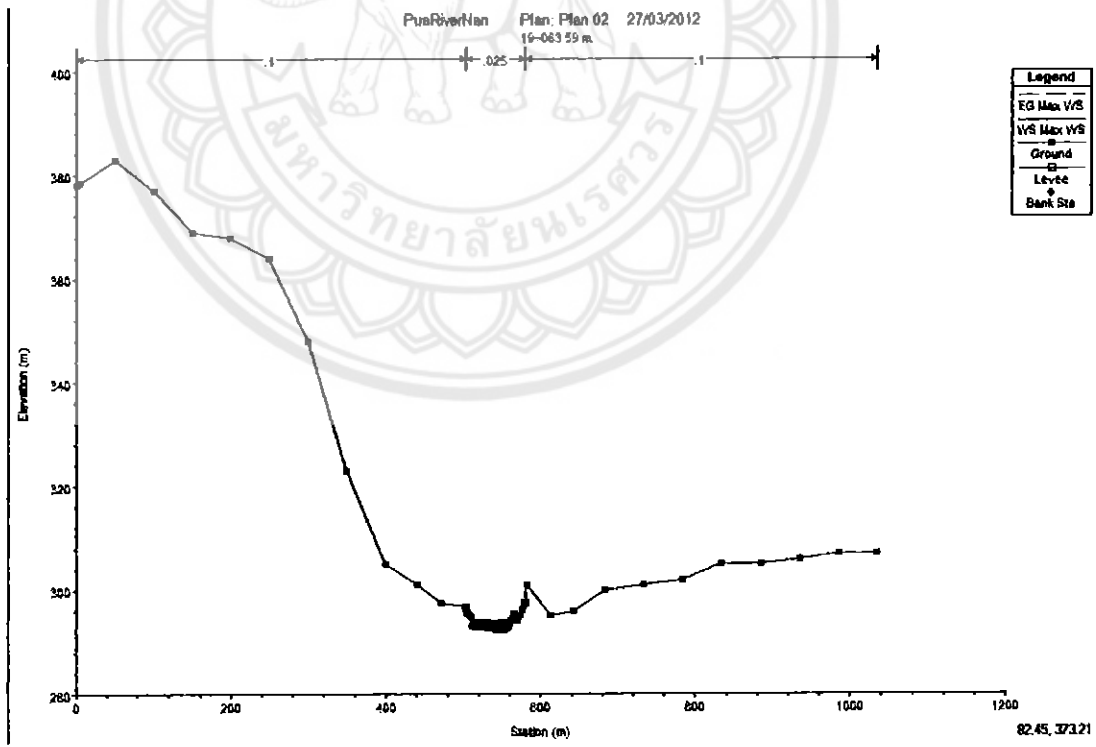
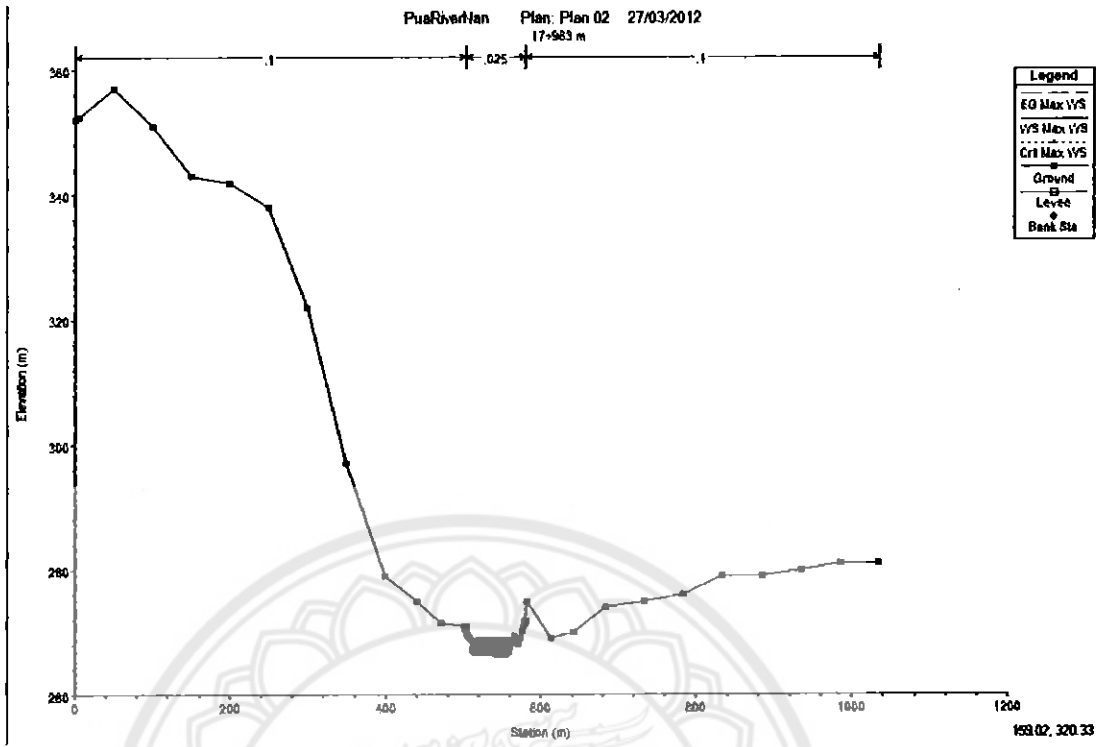




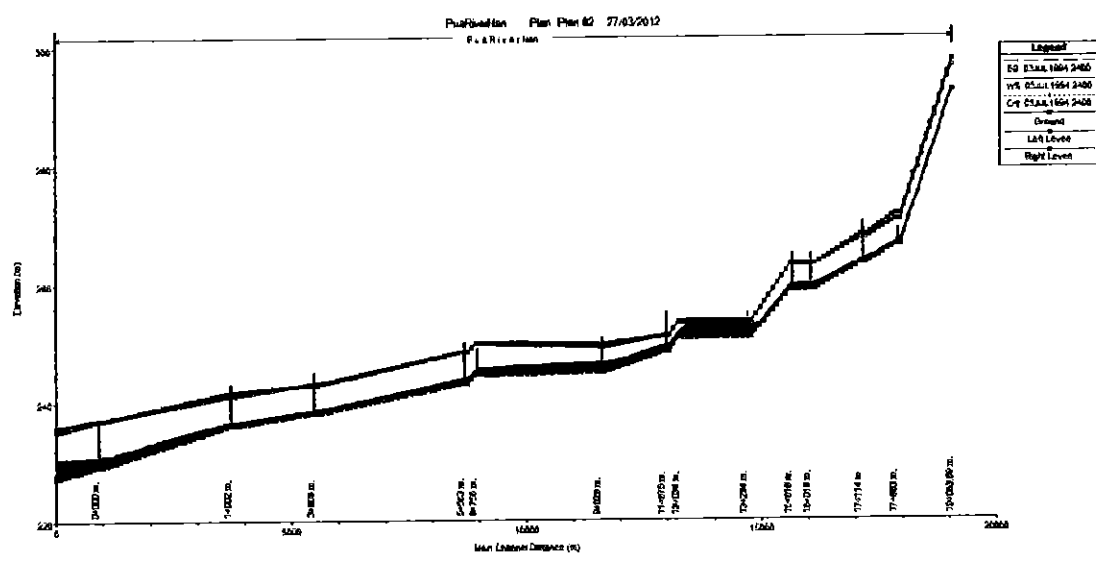
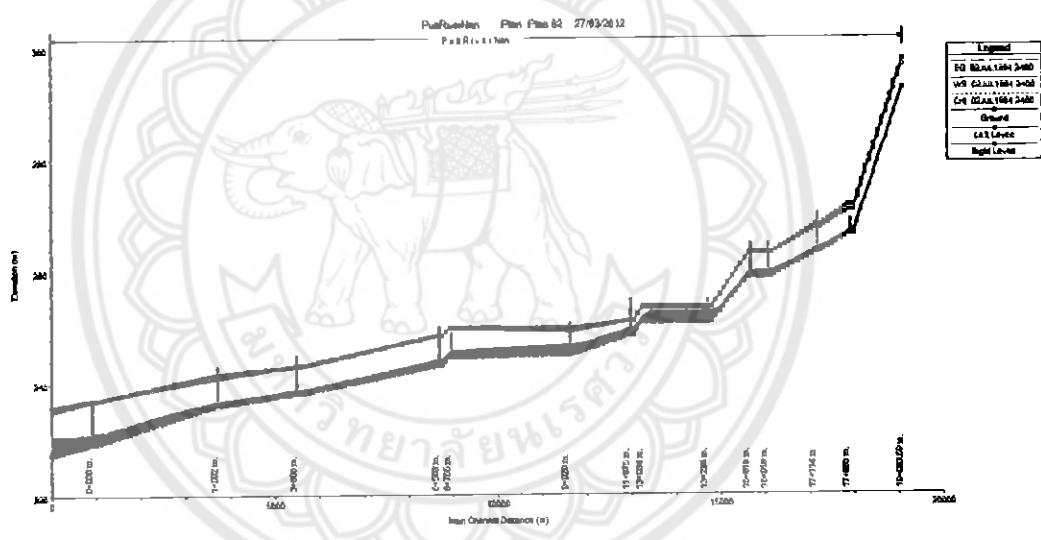
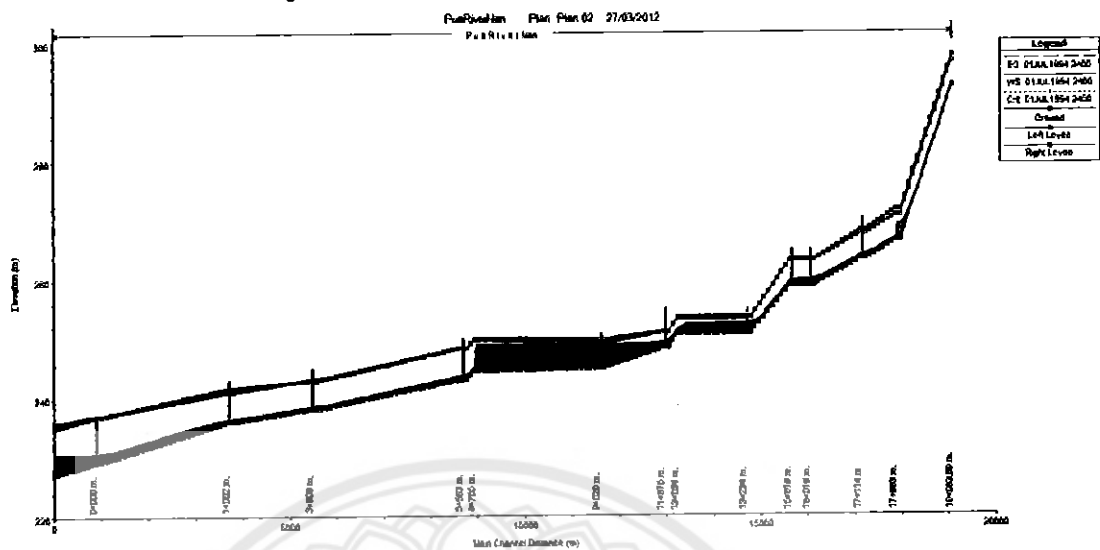


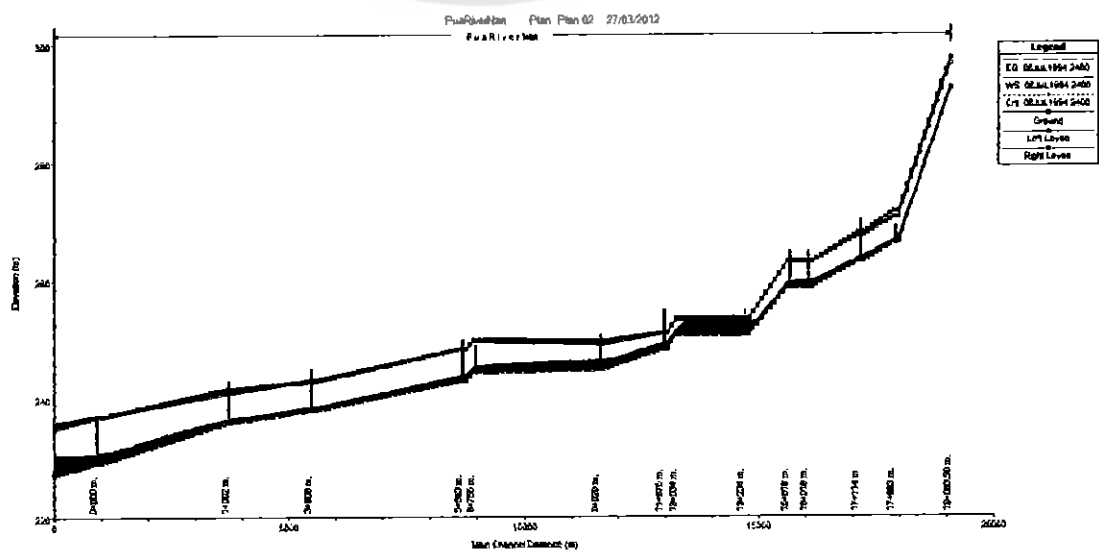
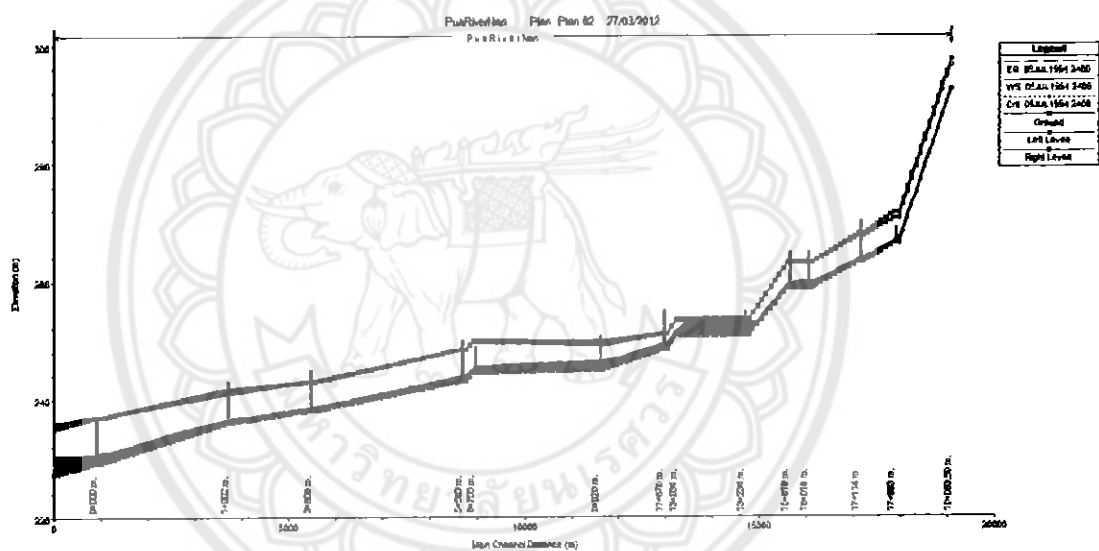
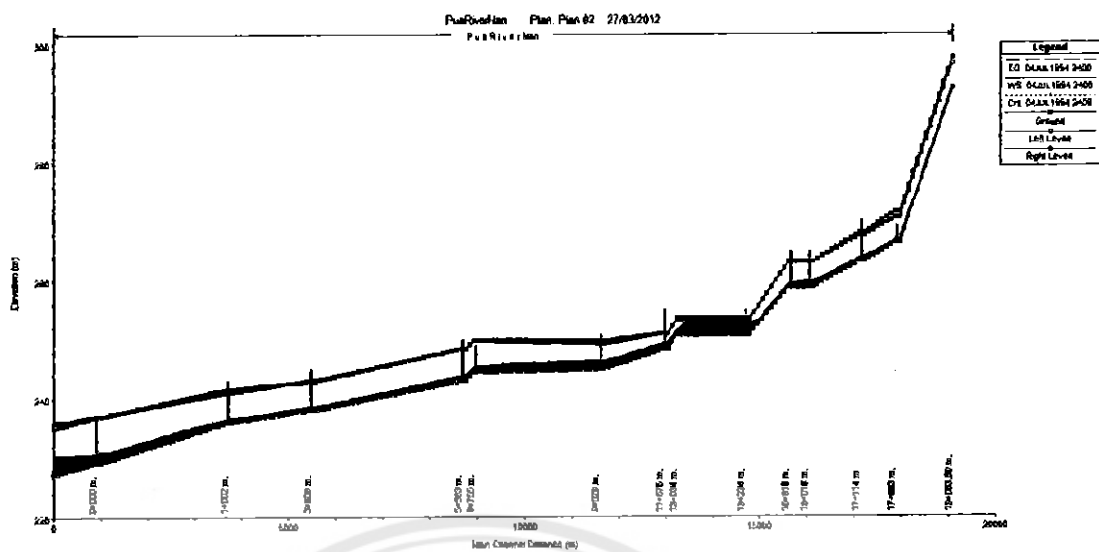


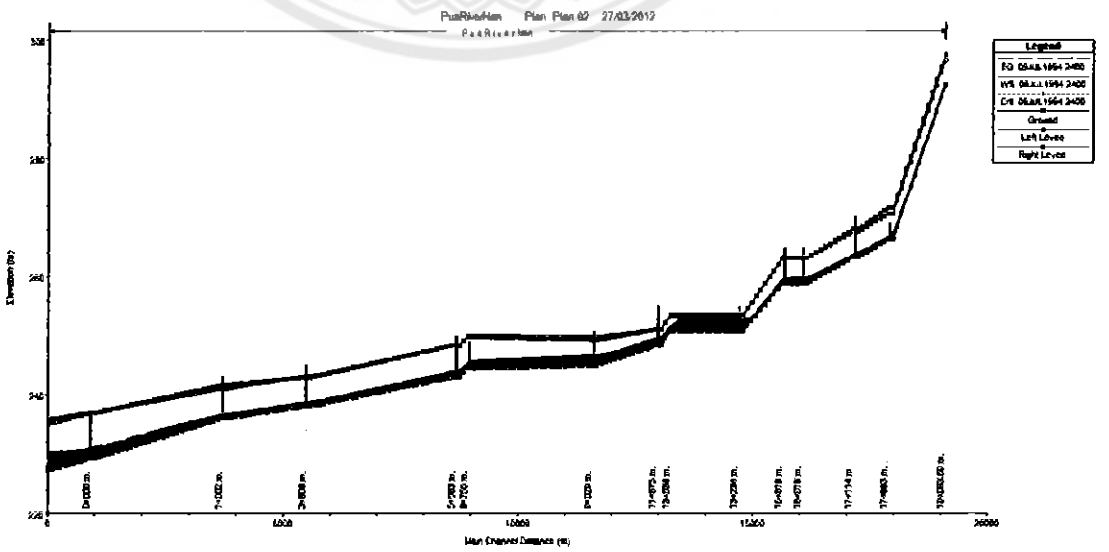
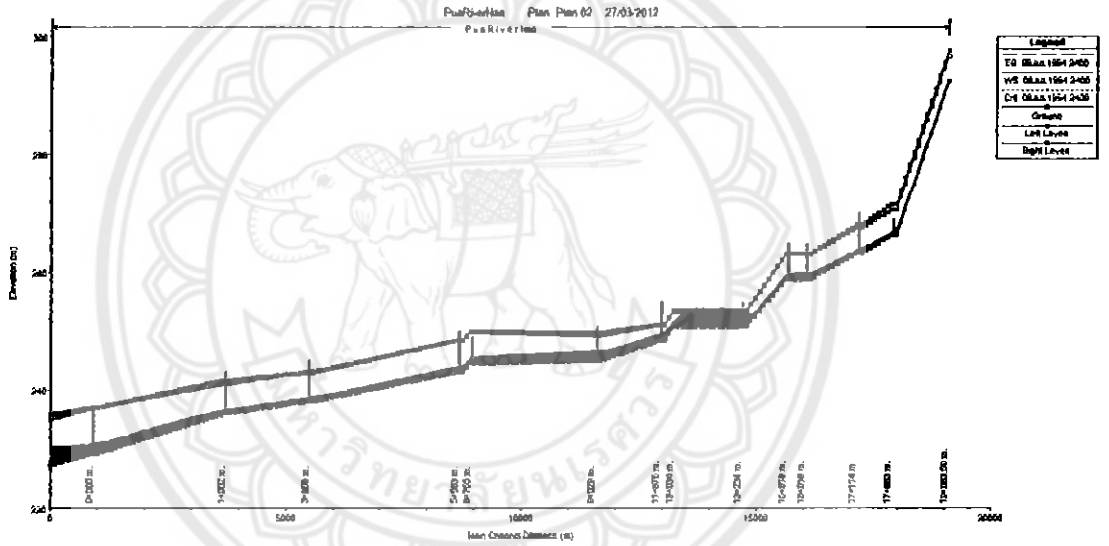
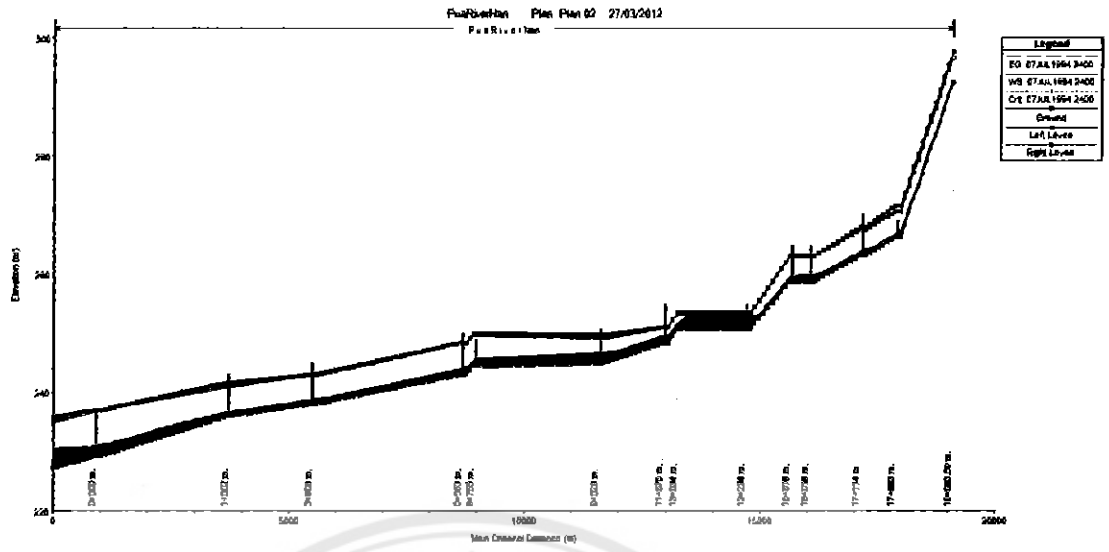


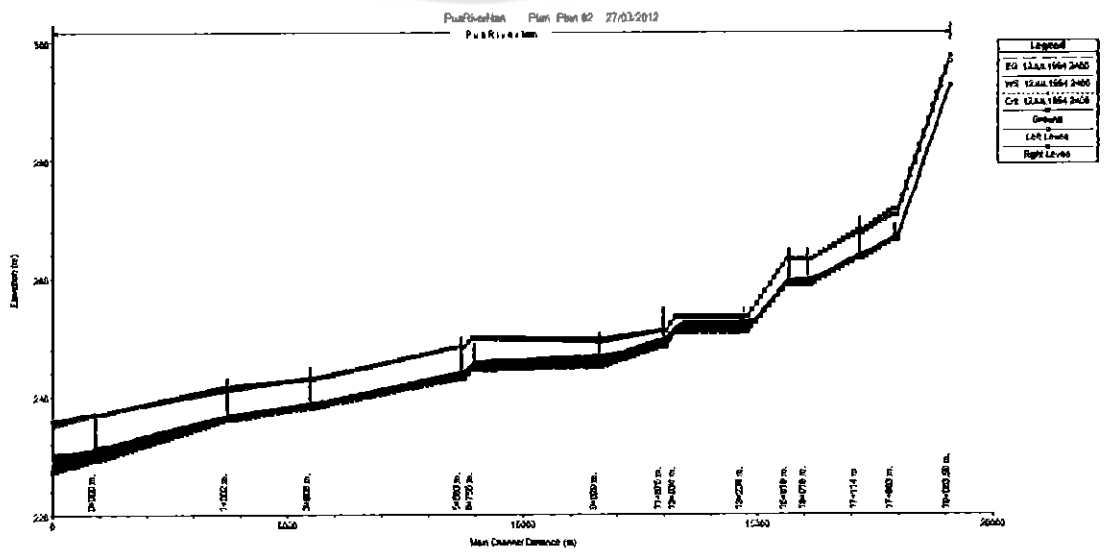
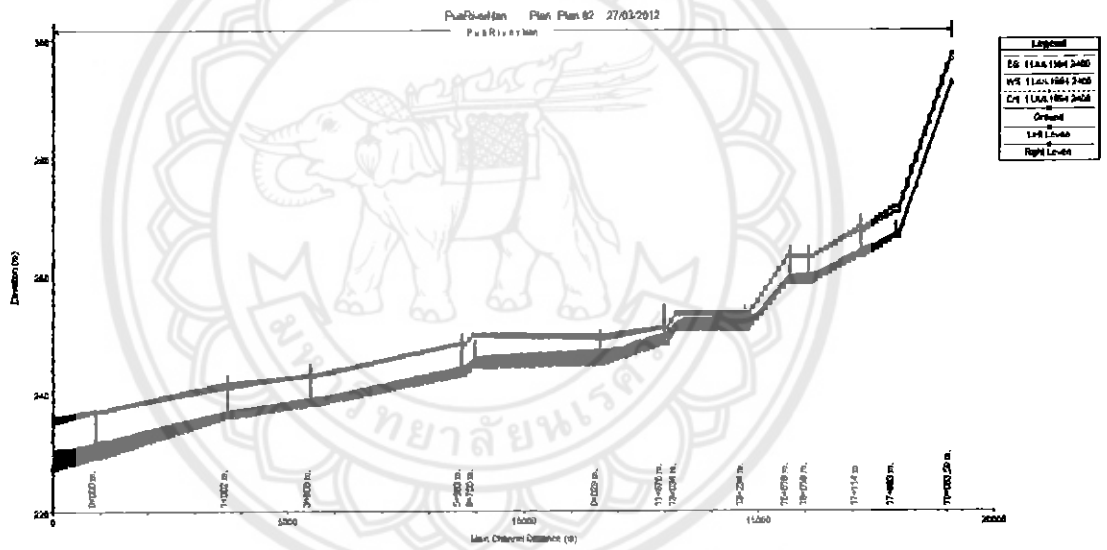
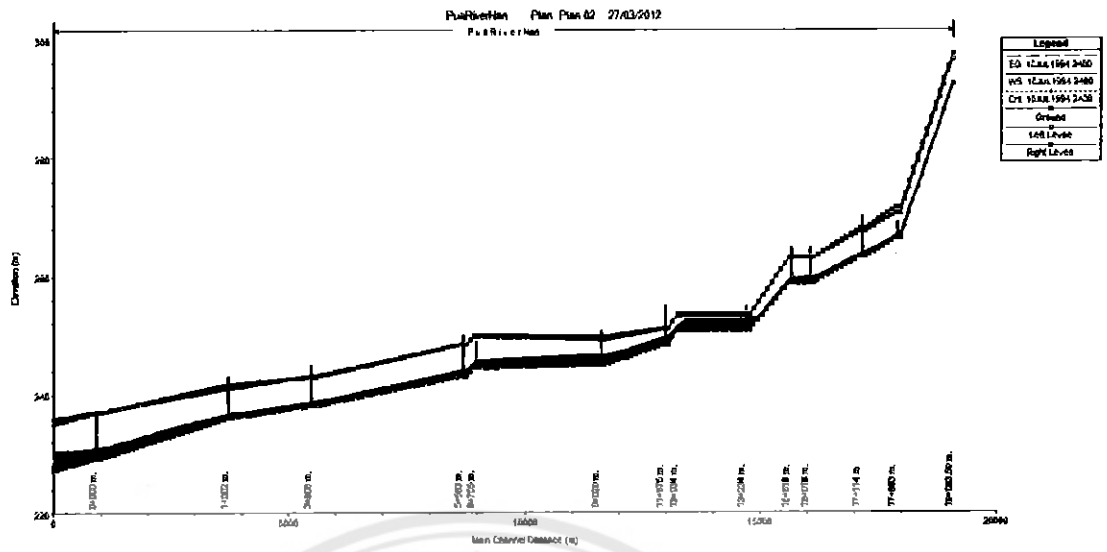


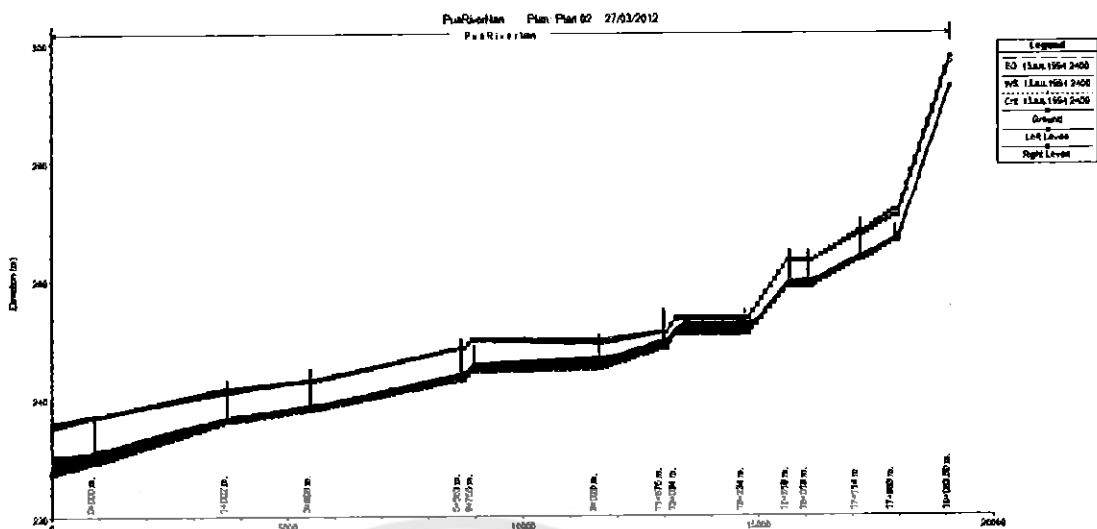
รูปที่ 3 แสดงปริมาณน้ำในภาคตัดขวาง ลำน้ำปาว

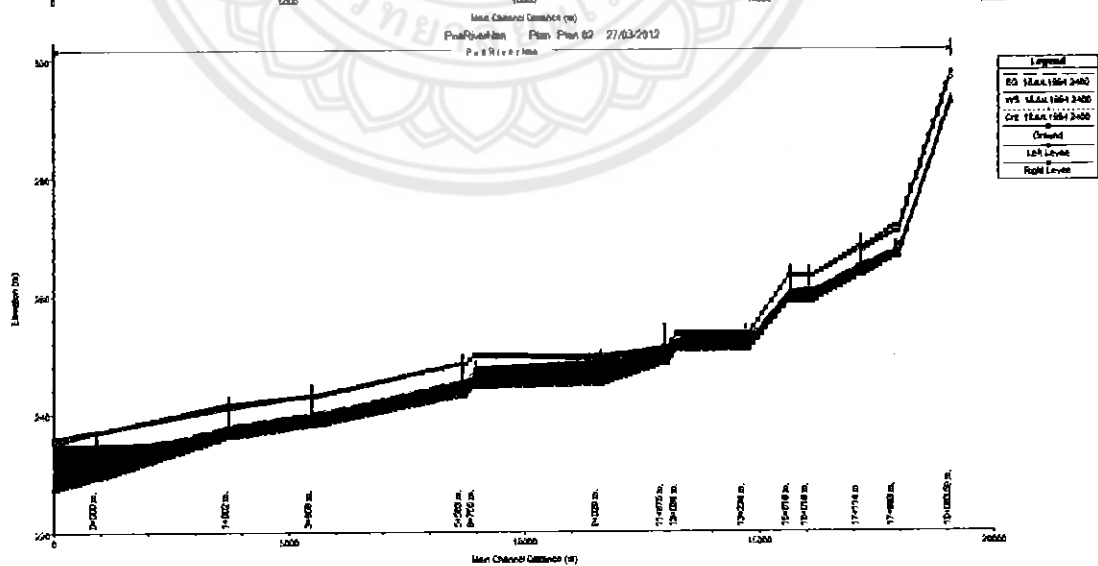
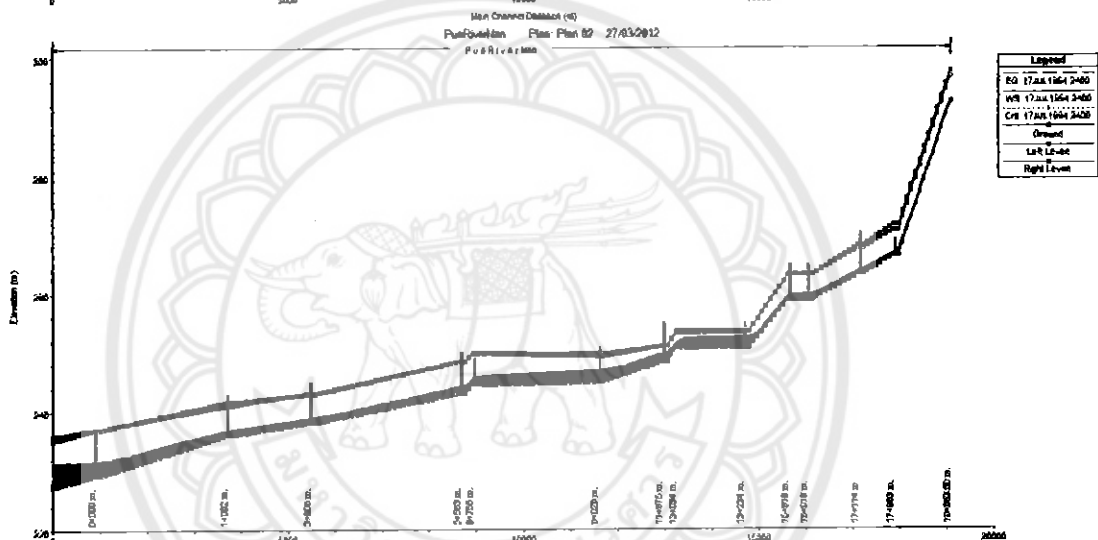
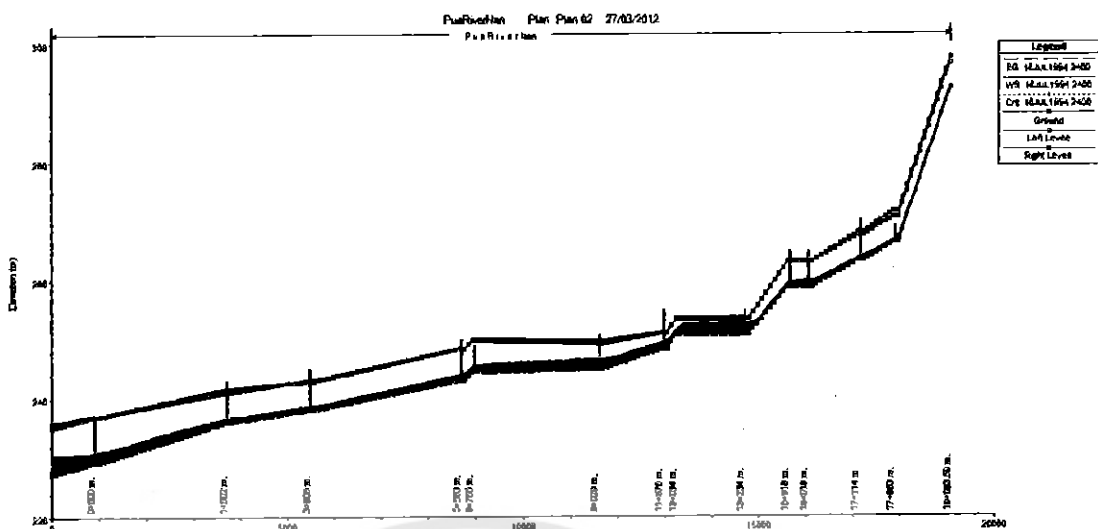


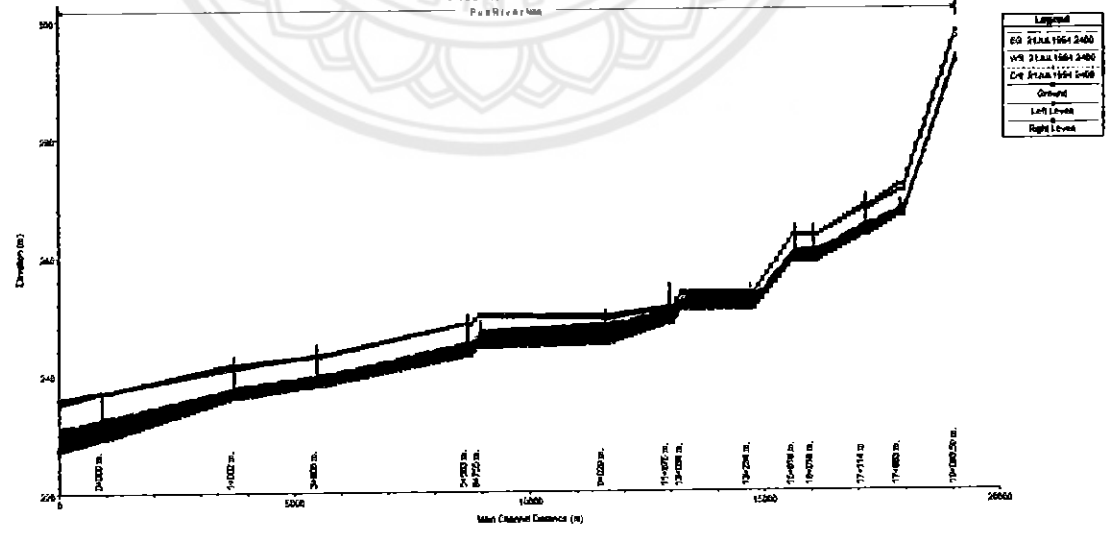
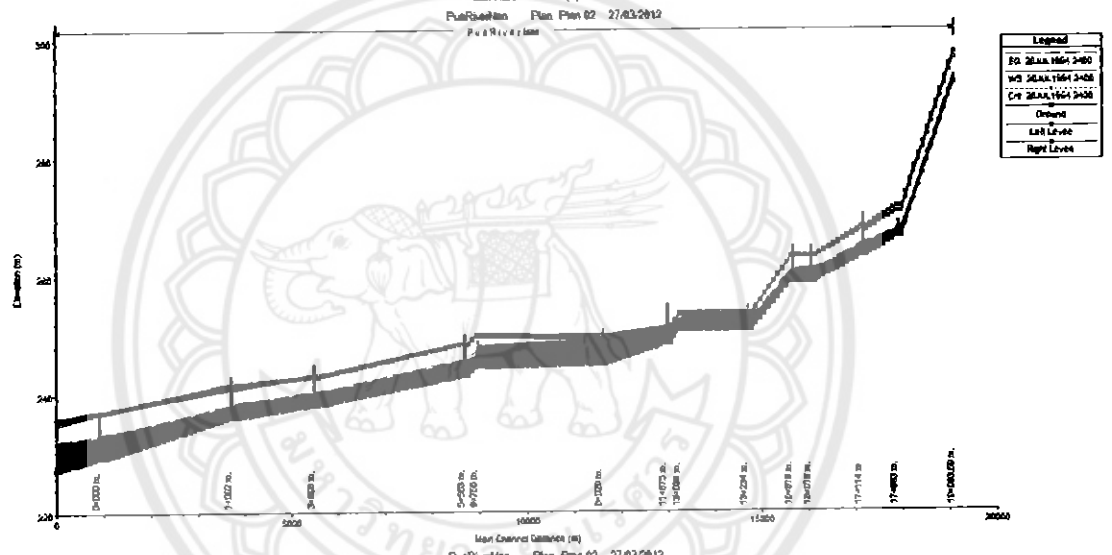
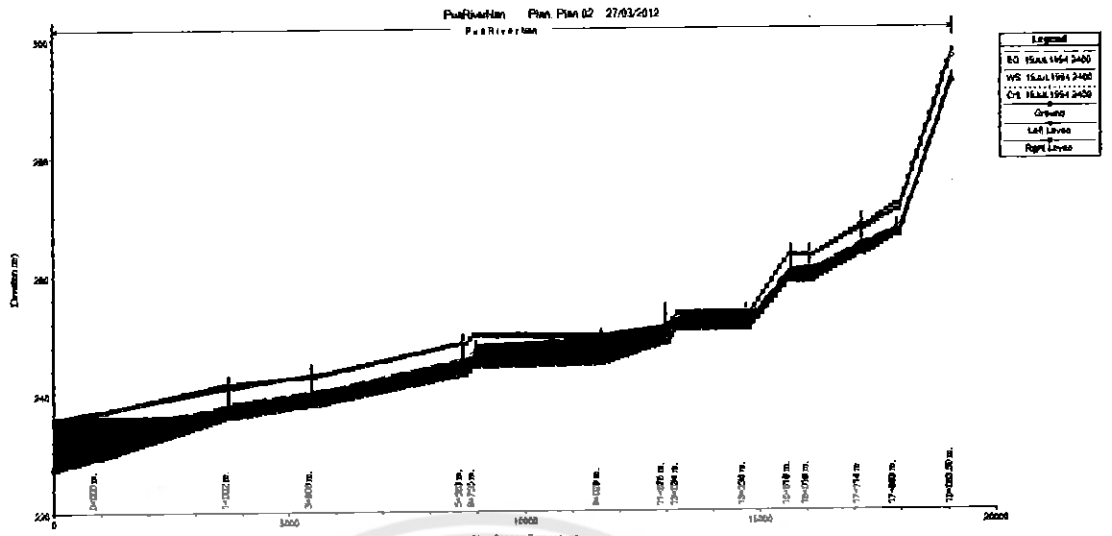


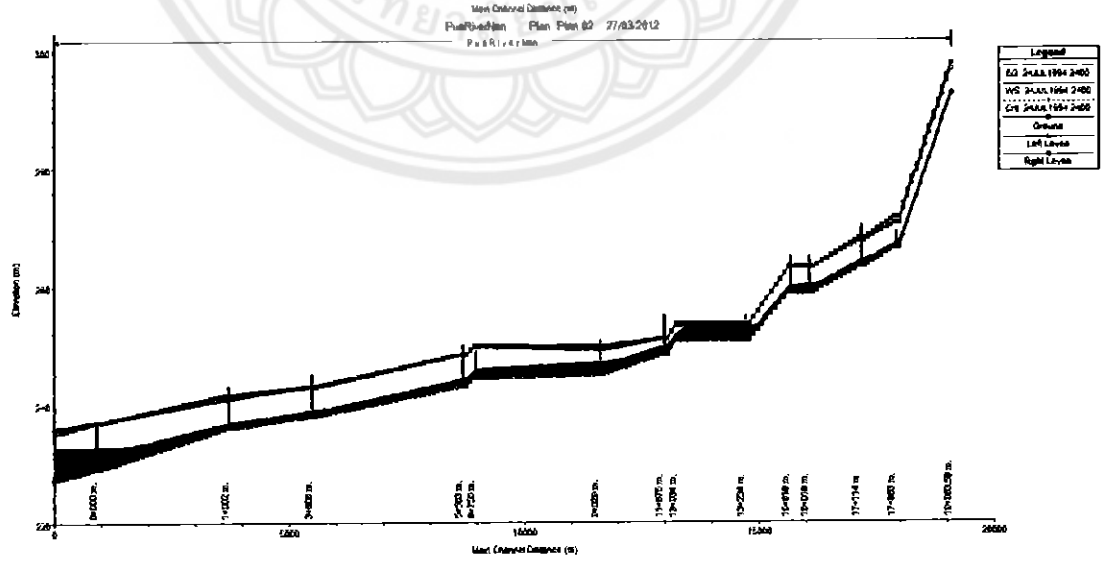
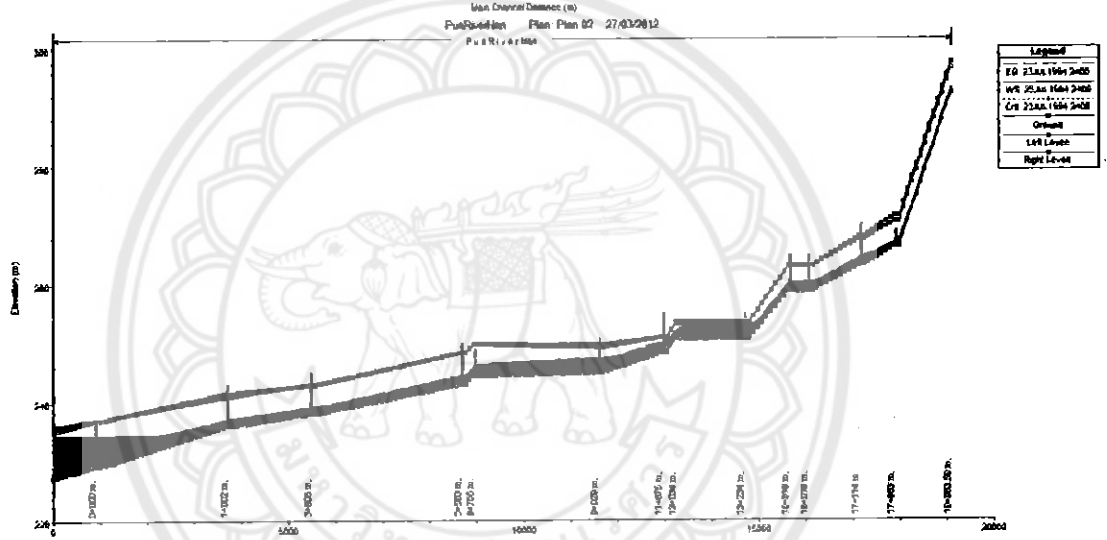
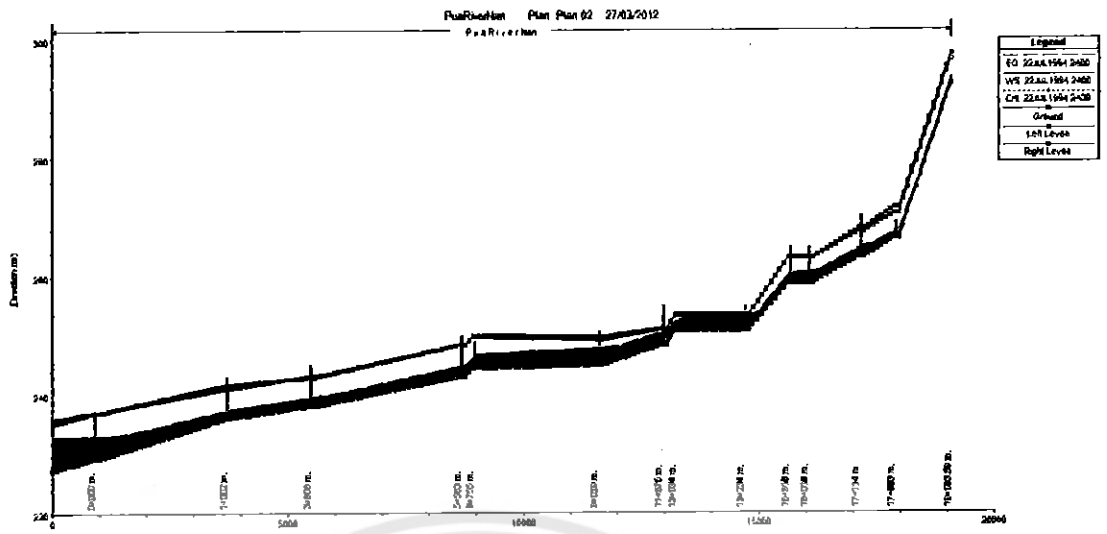


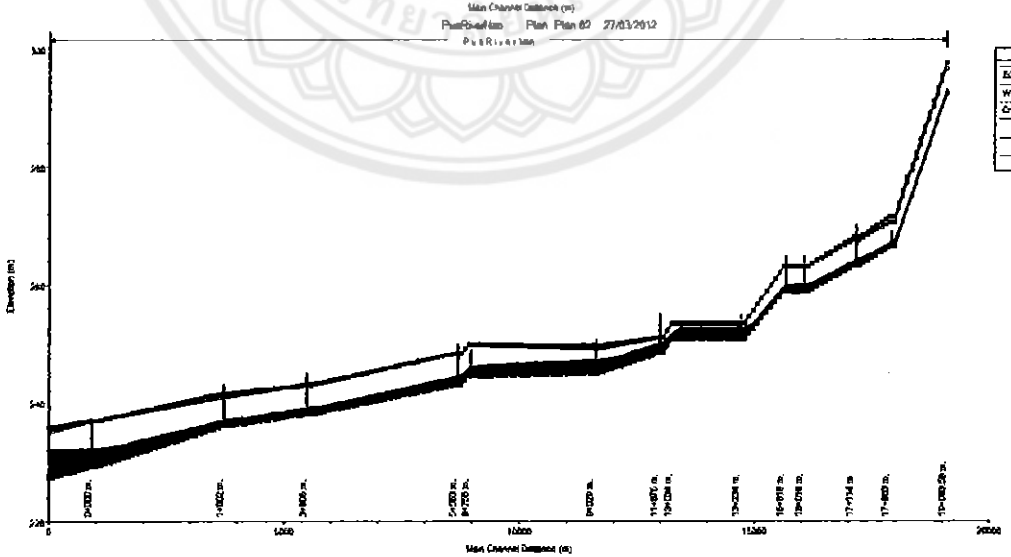
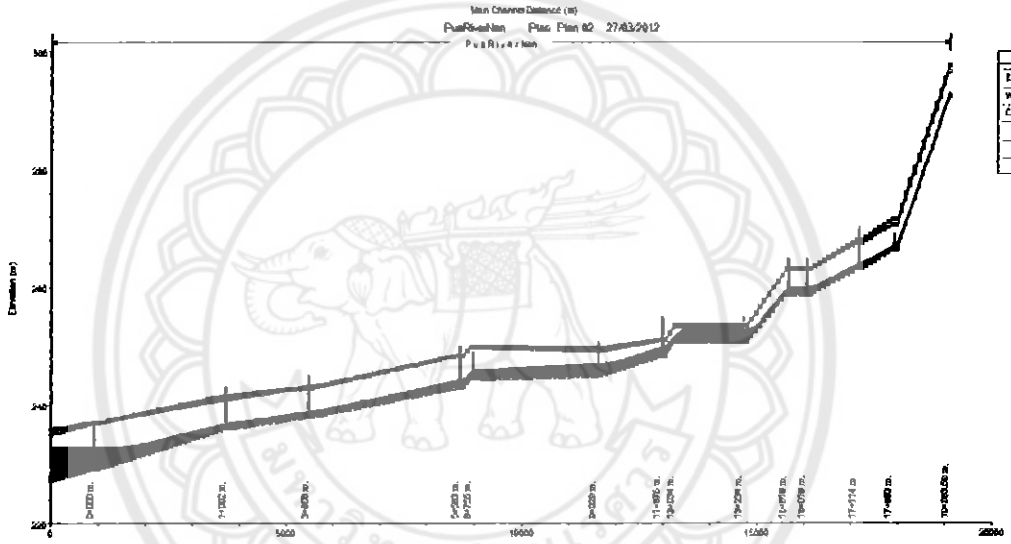
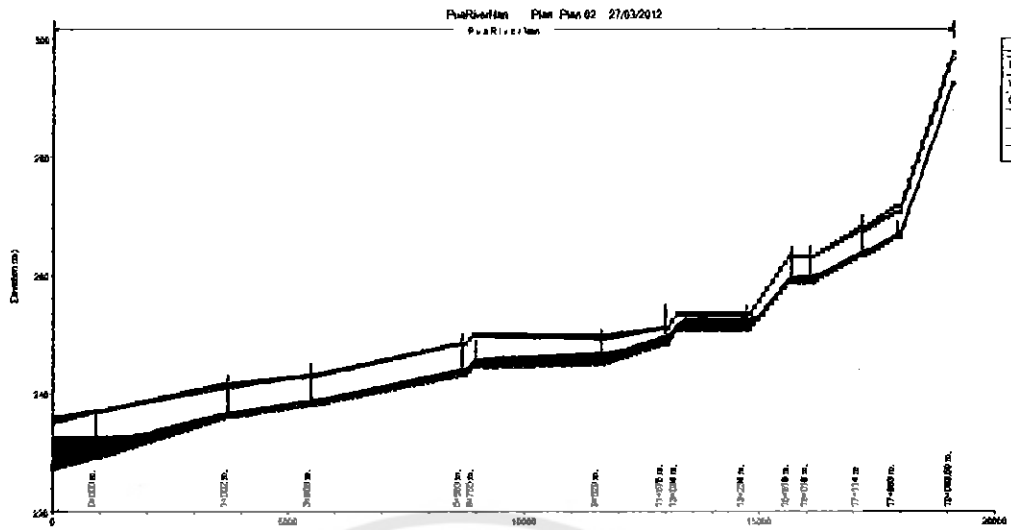


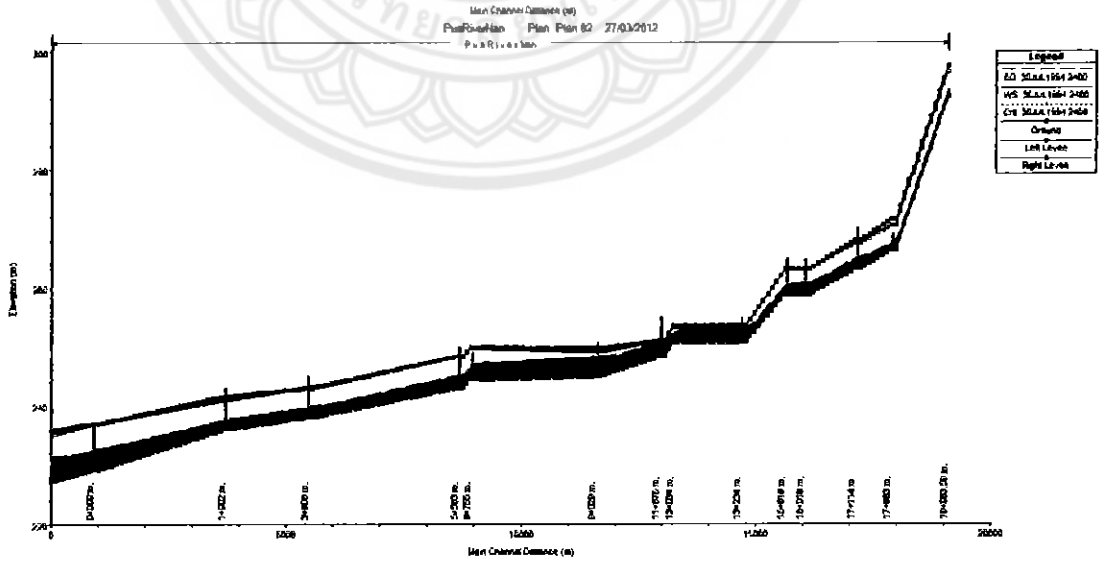
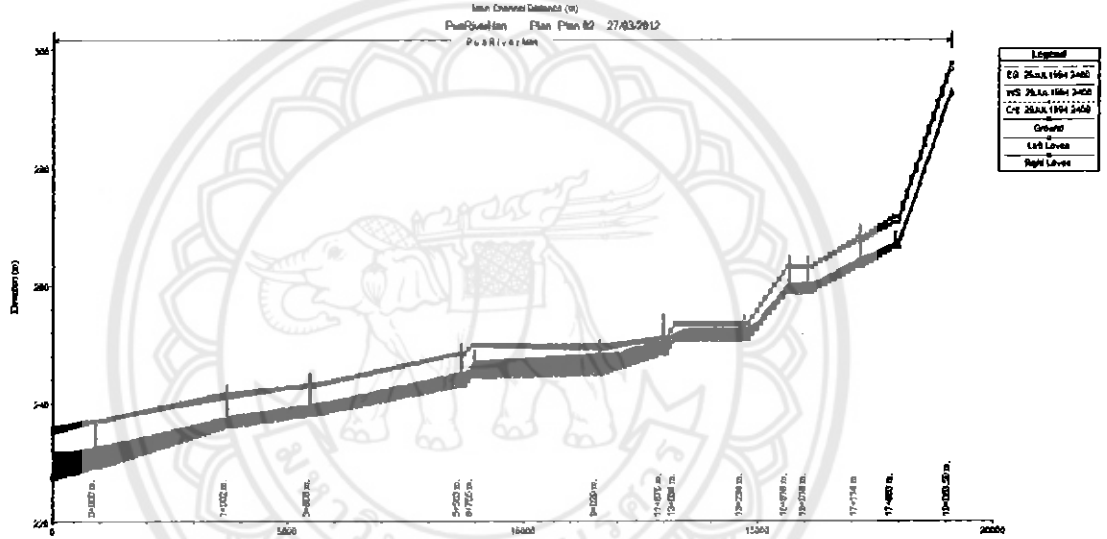
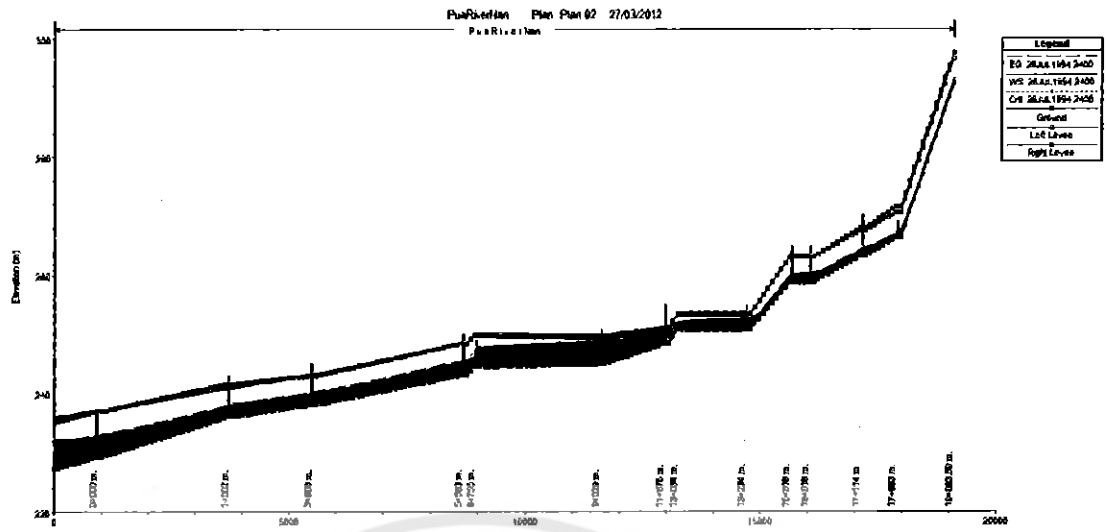


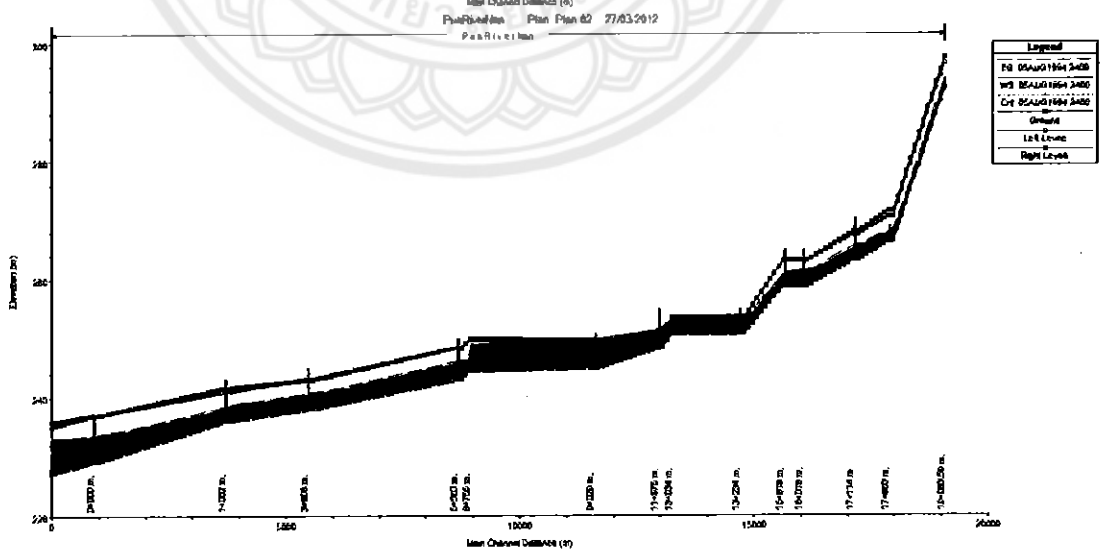
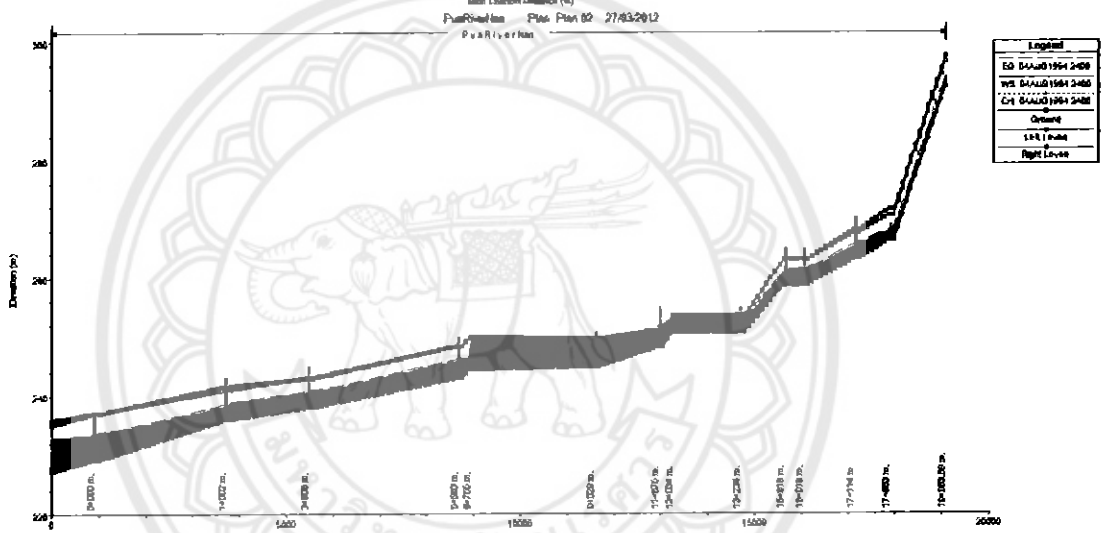
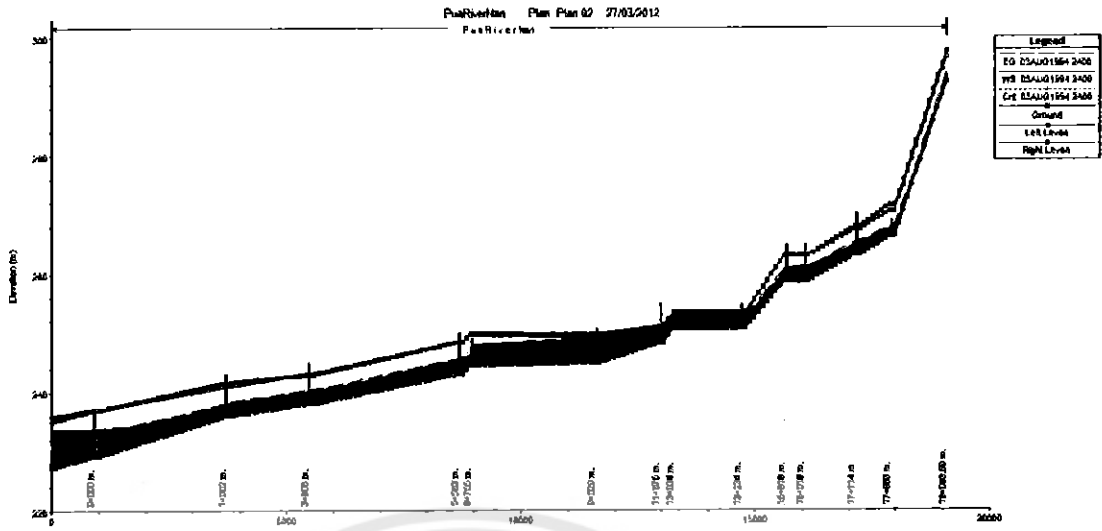


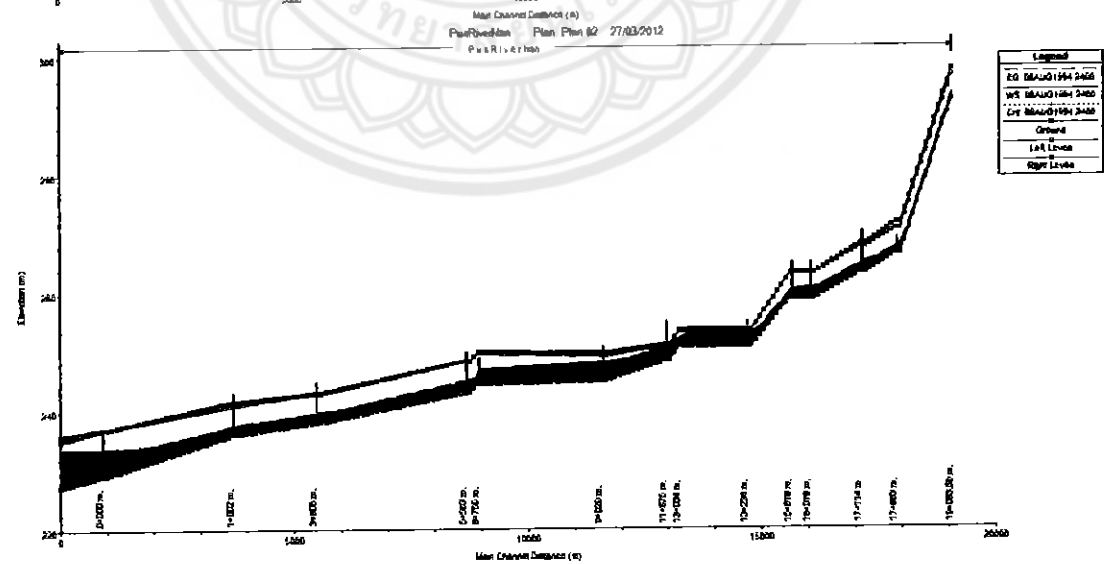
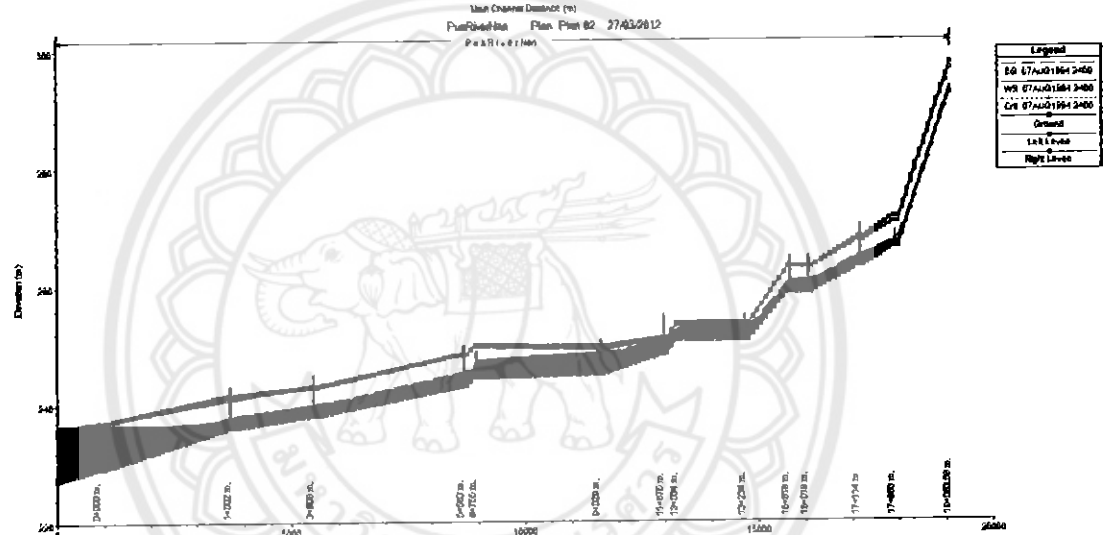
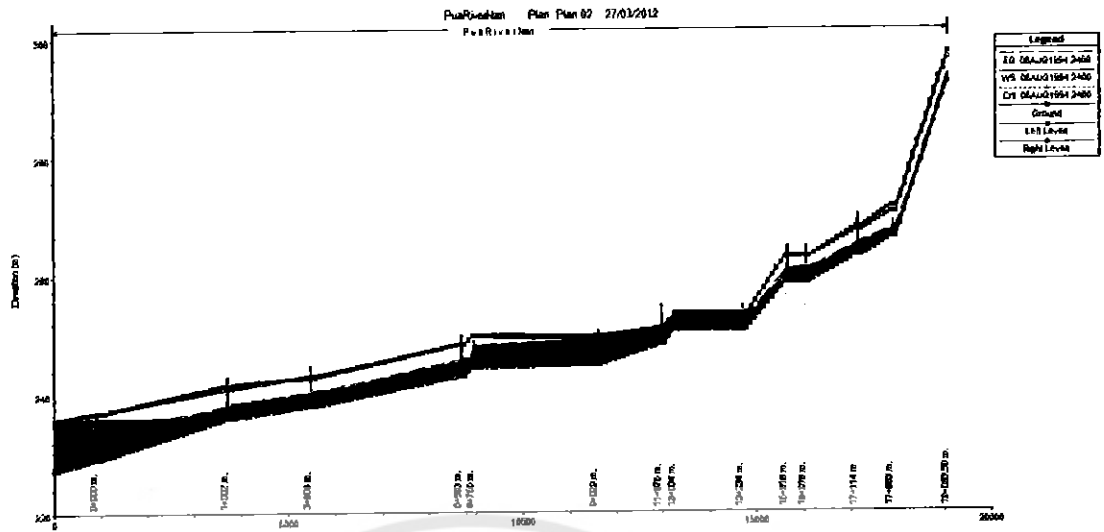


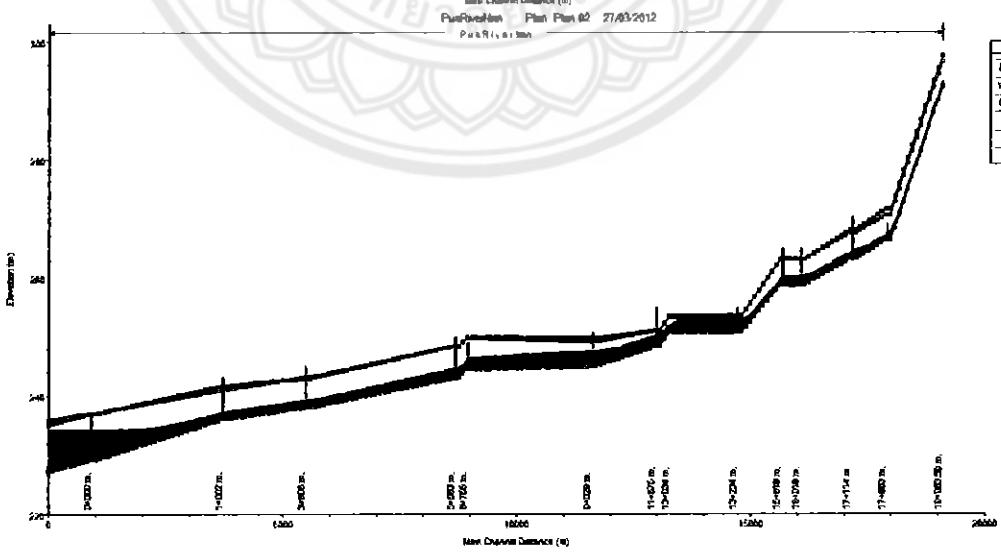
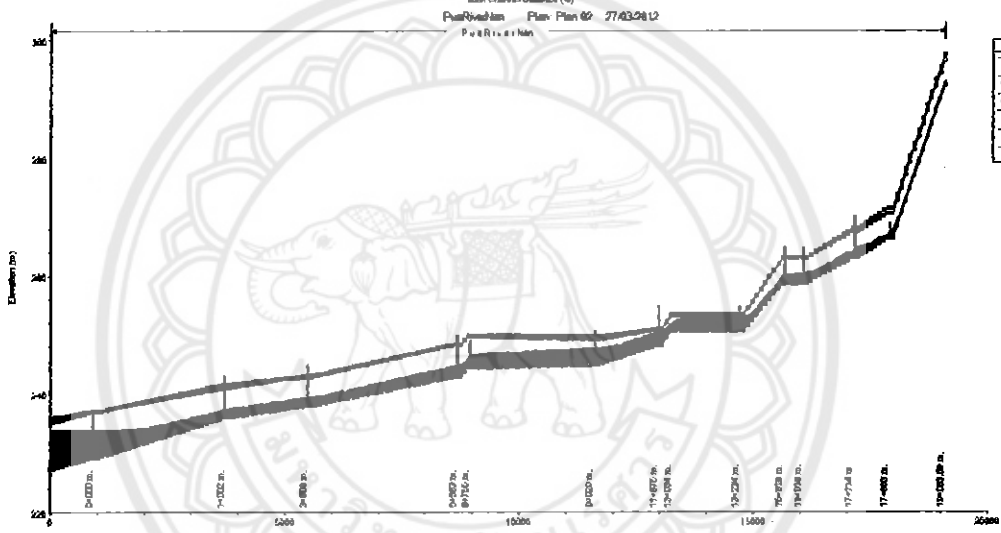
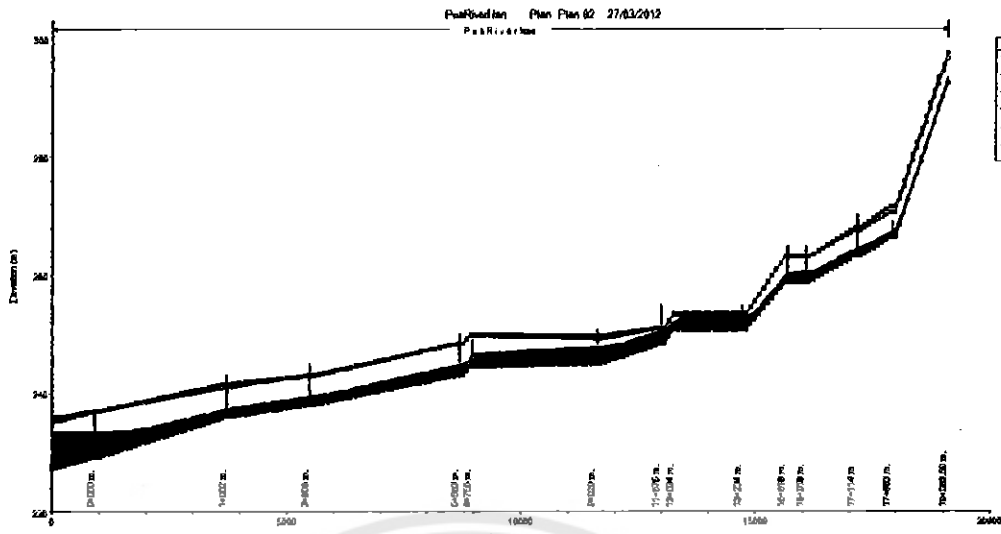


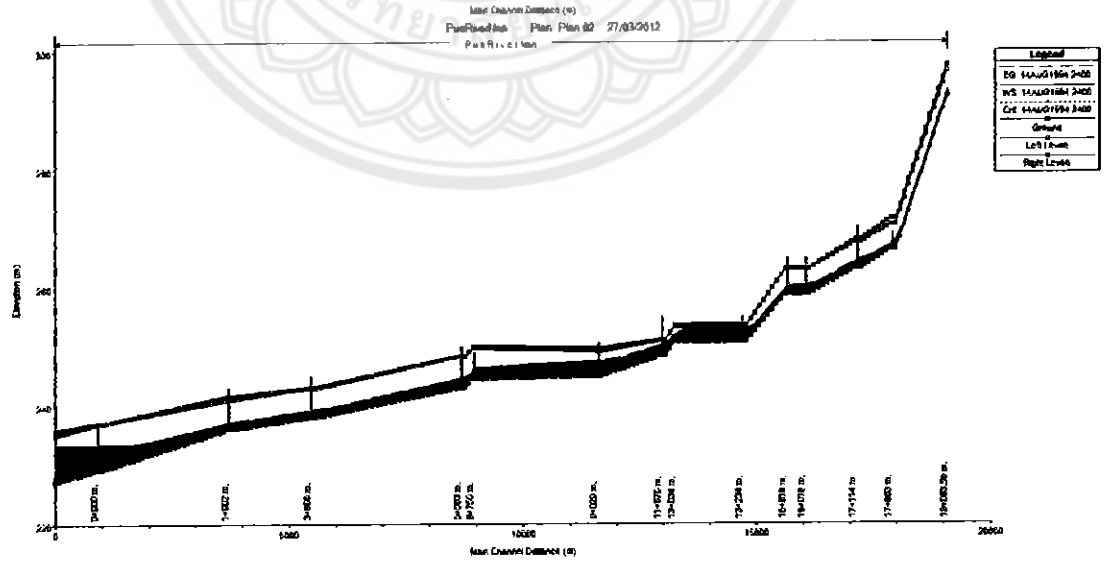
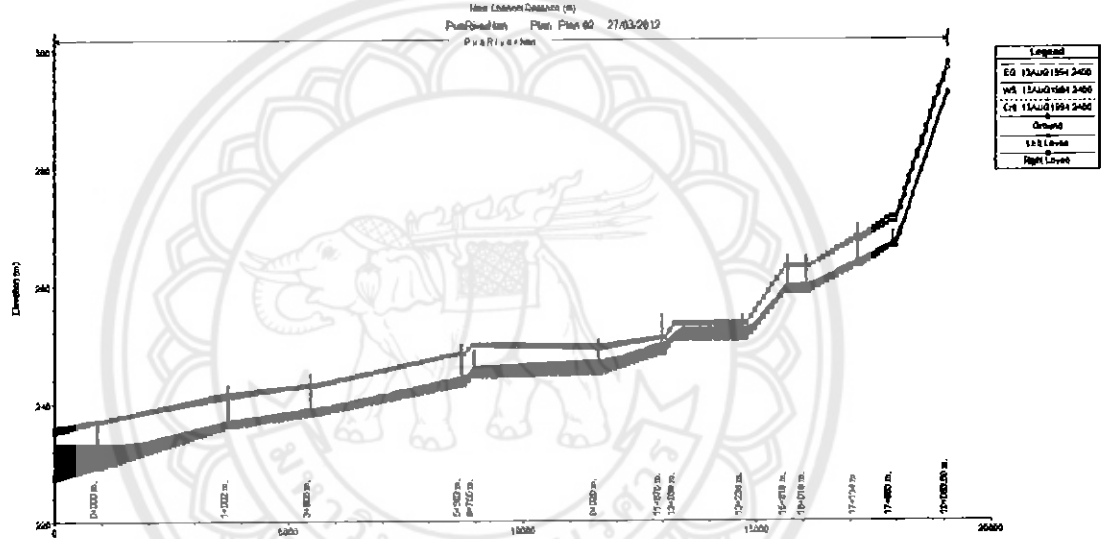
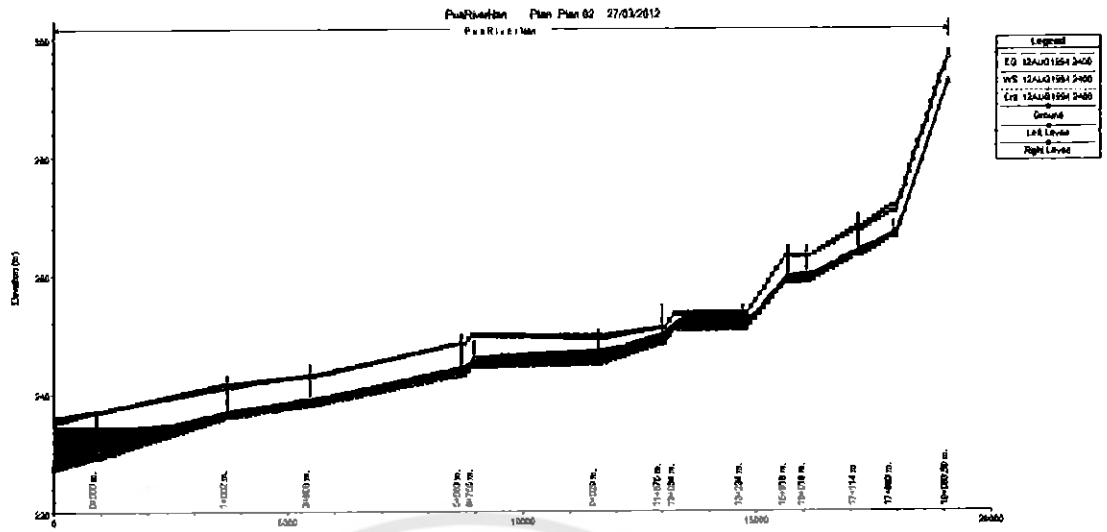


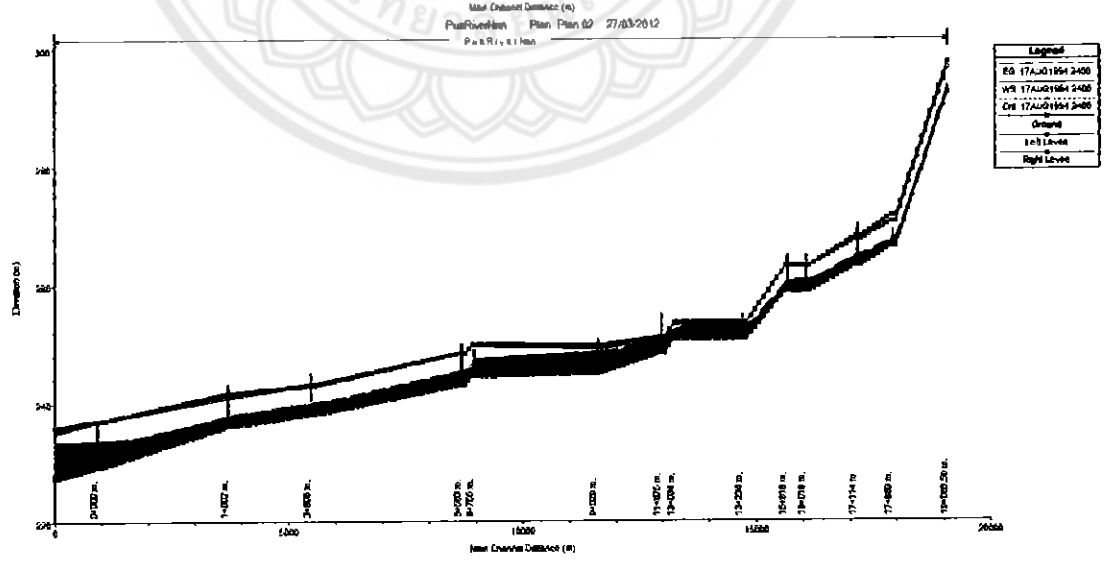
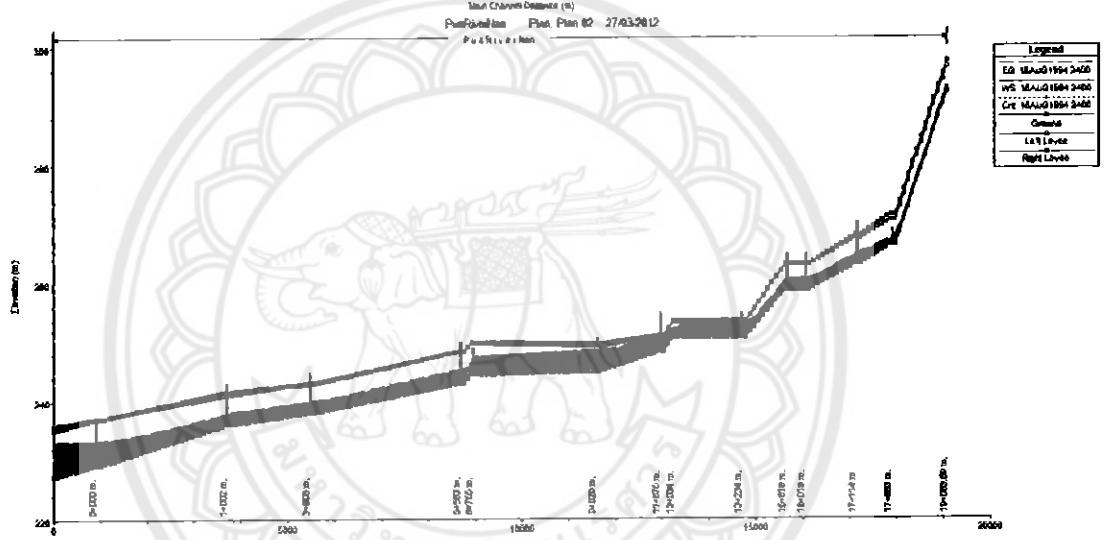
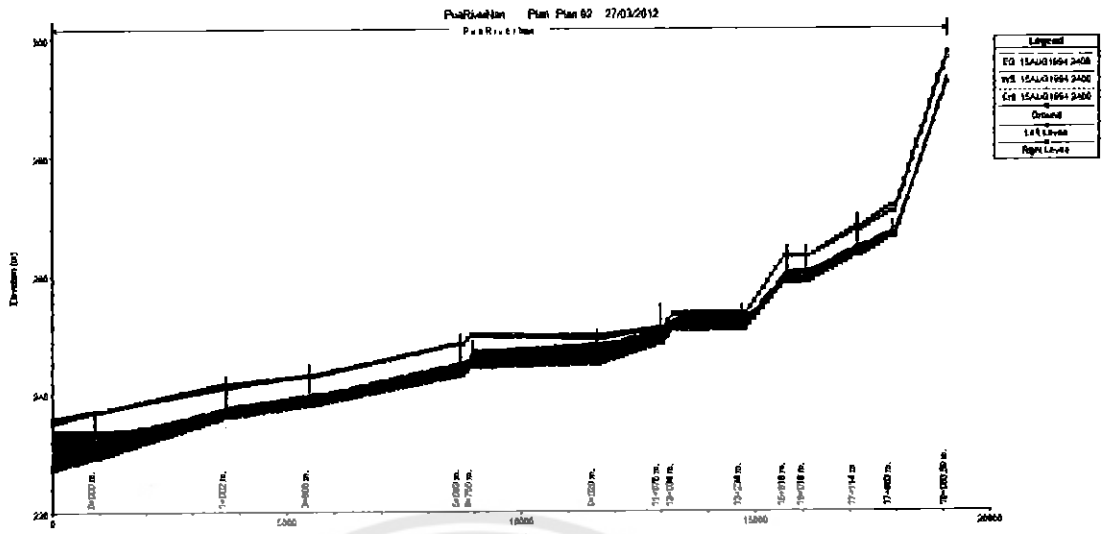


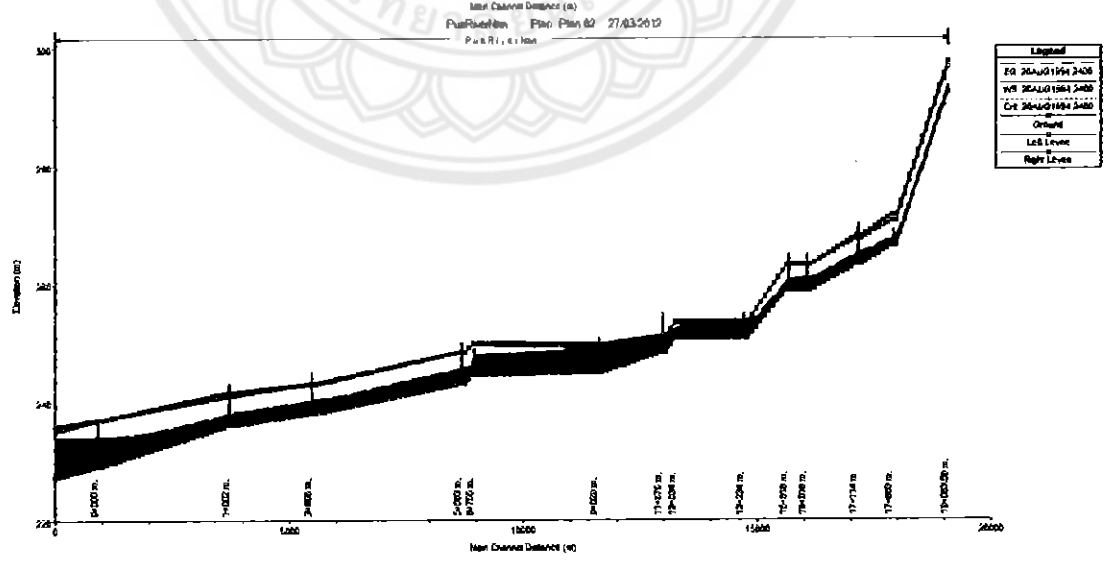
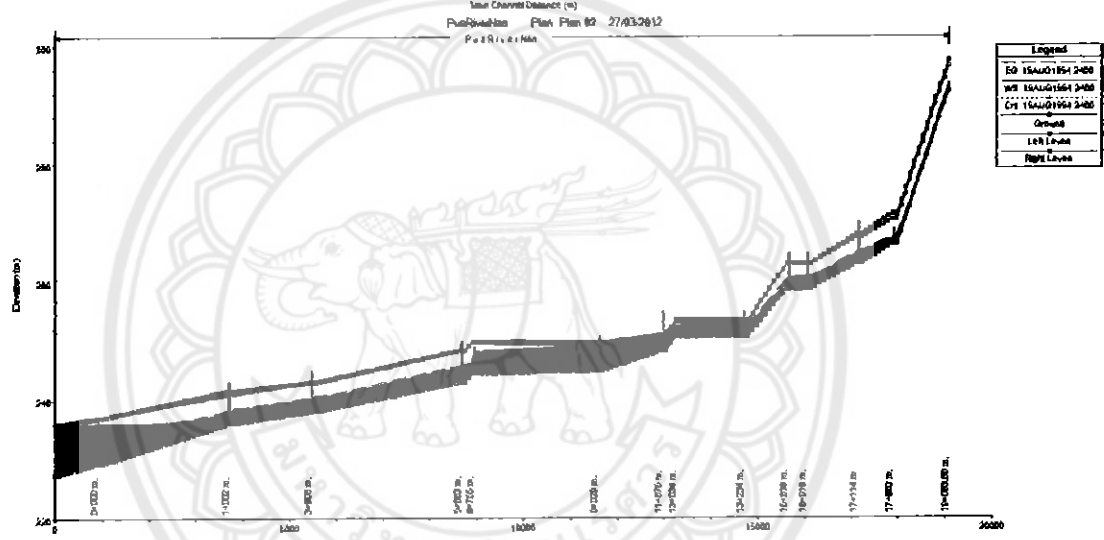
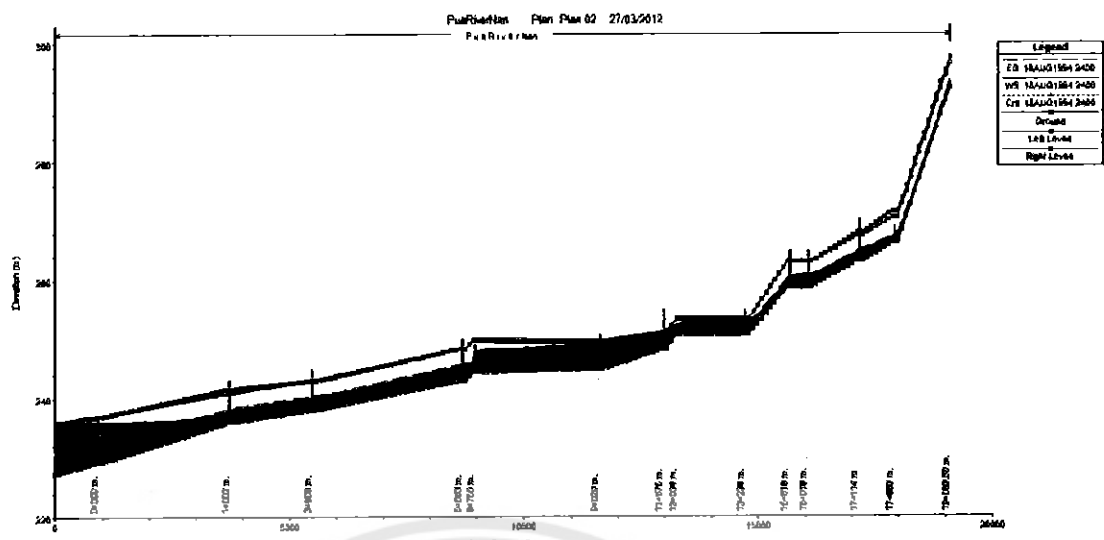


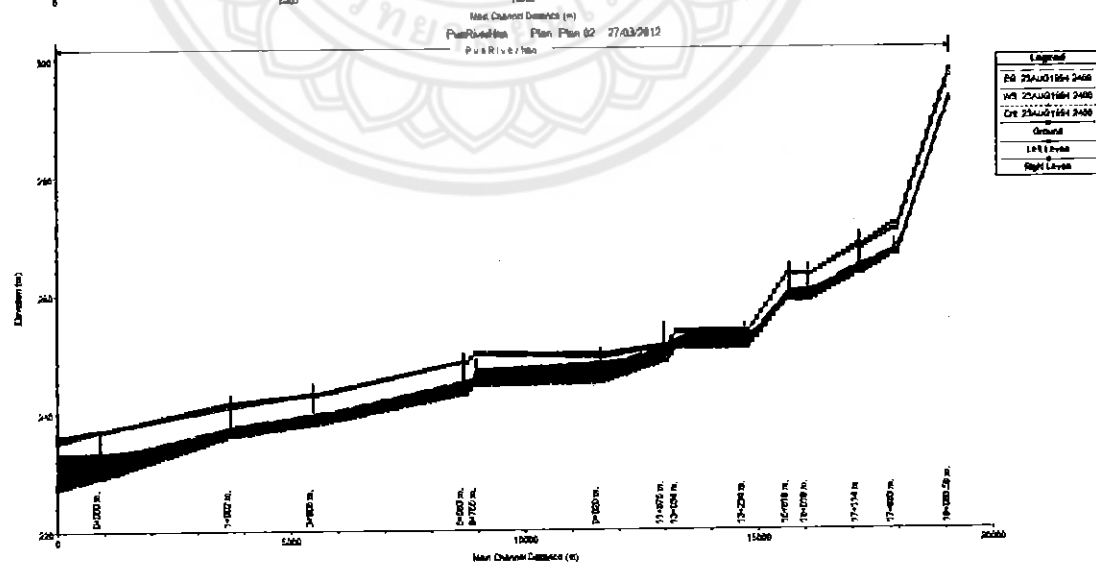
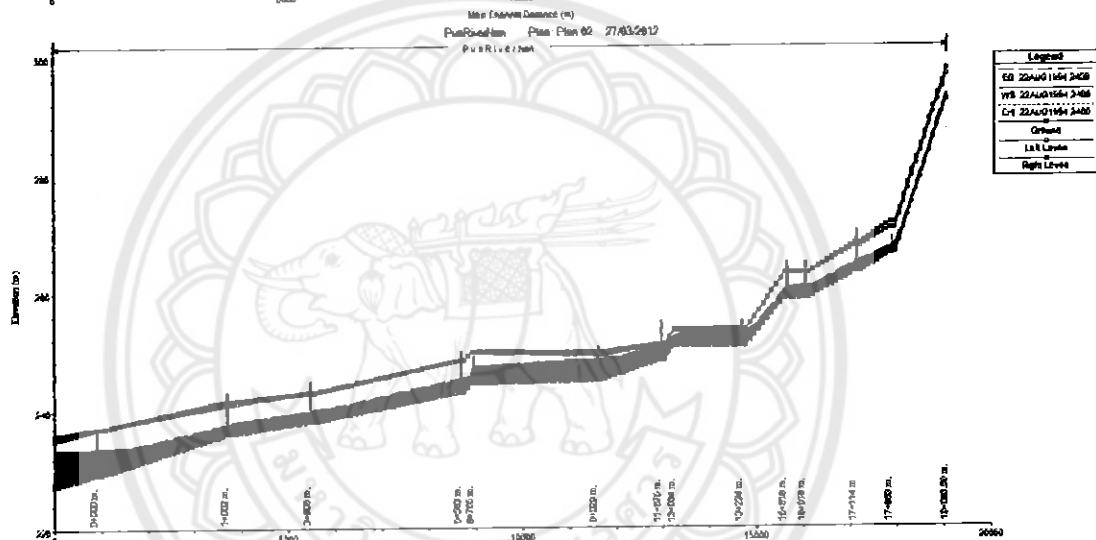
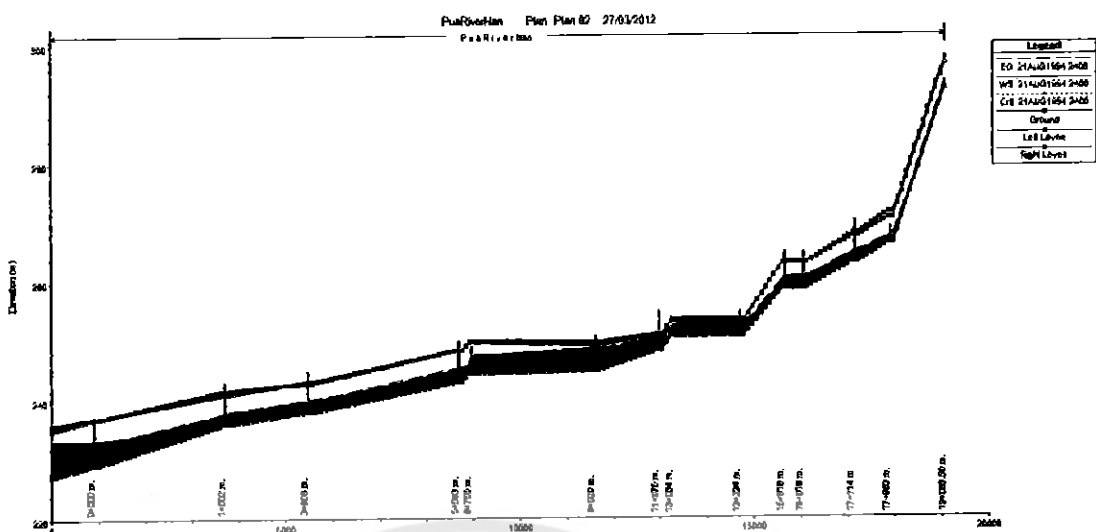


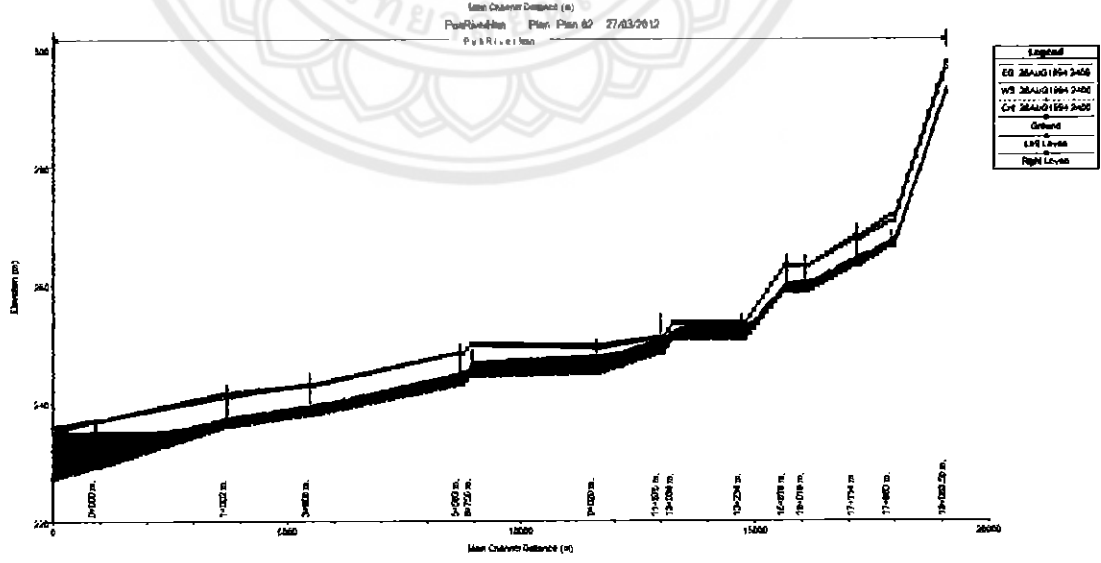
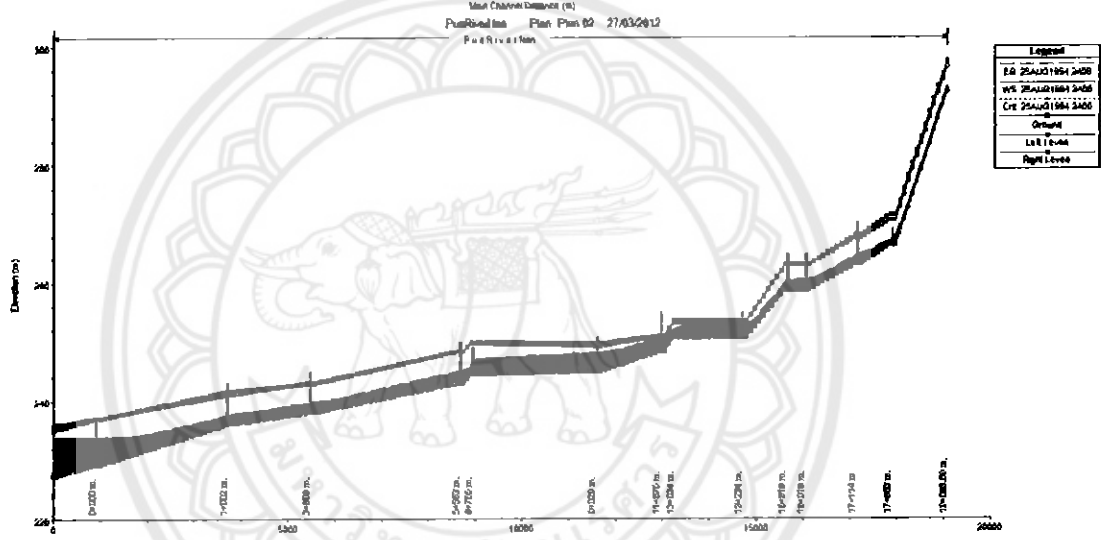
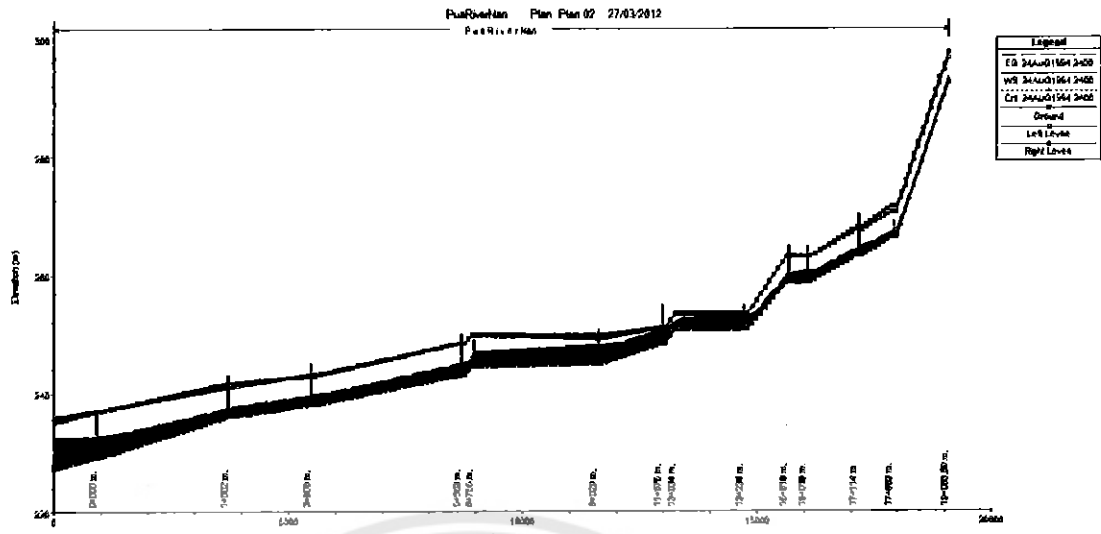


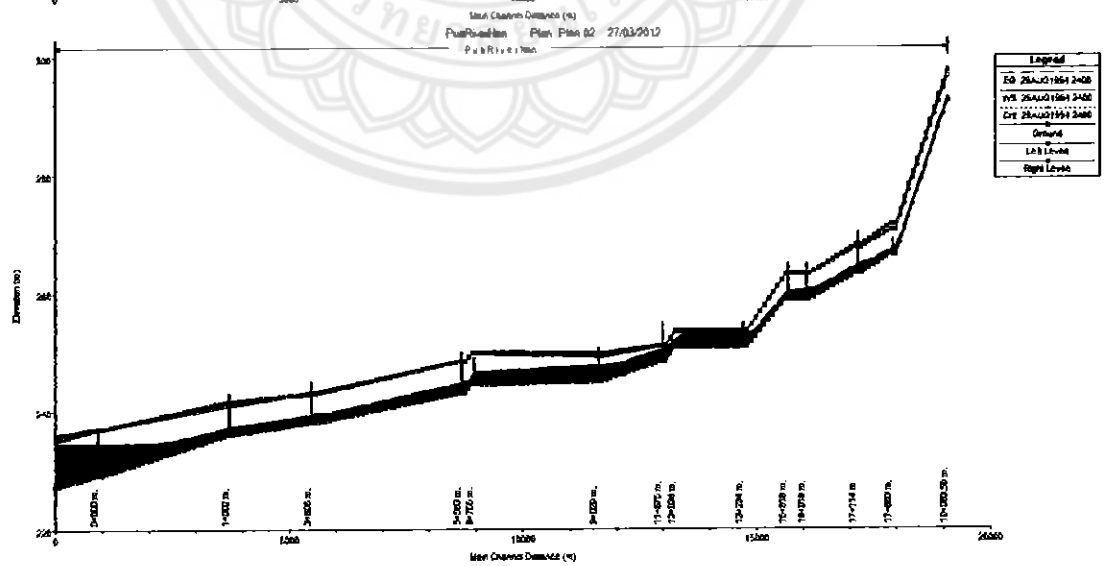
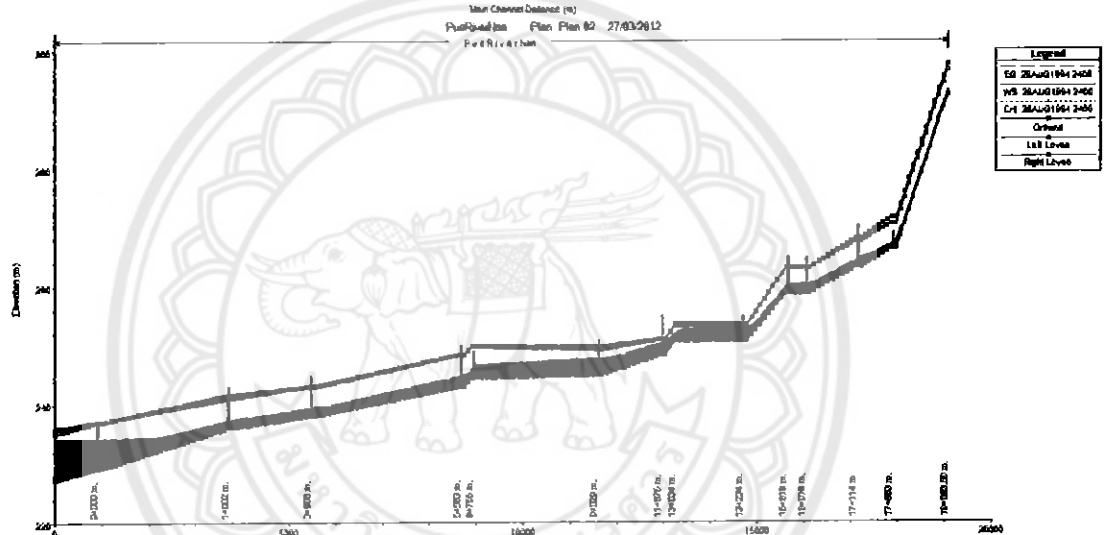
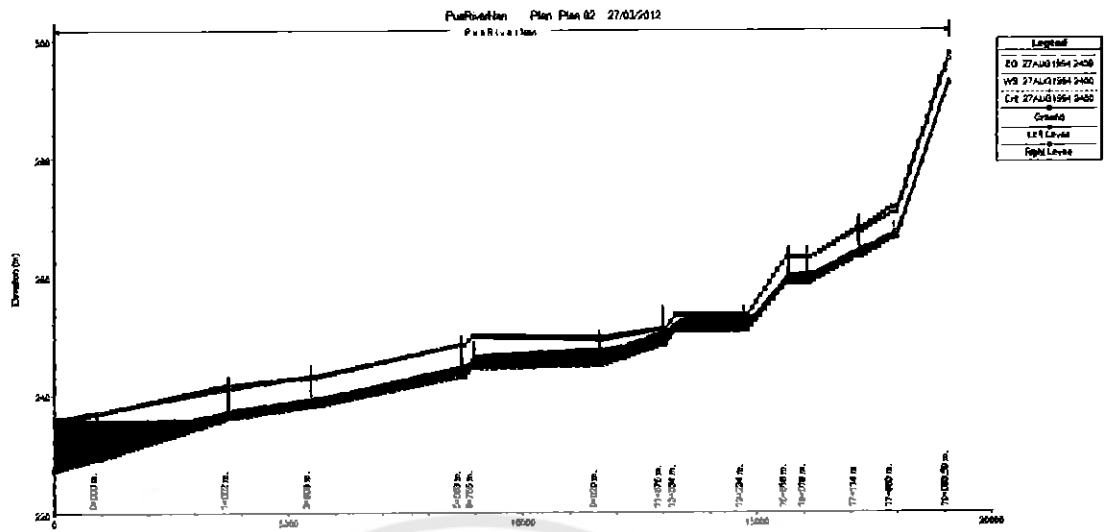


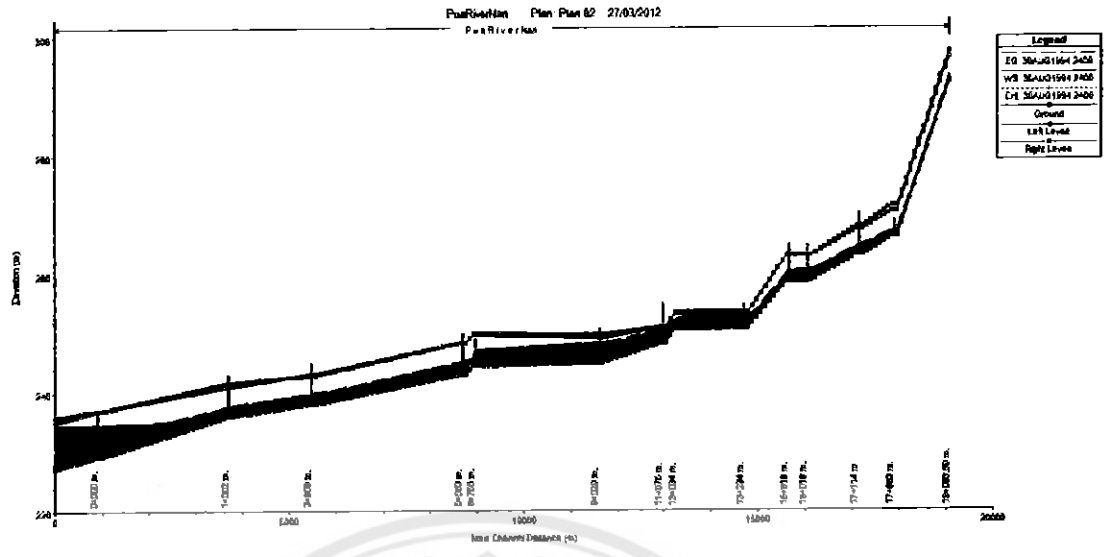




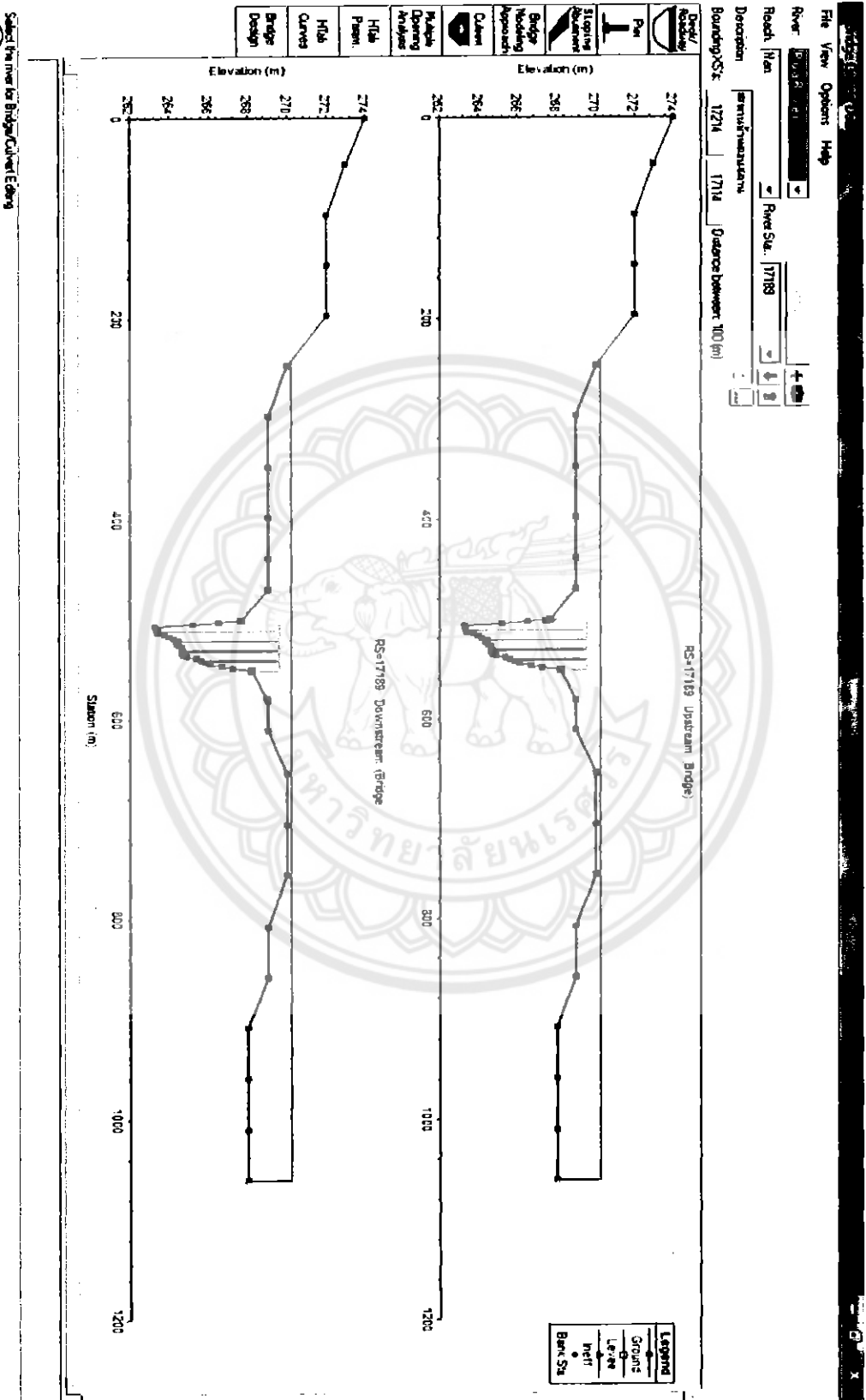








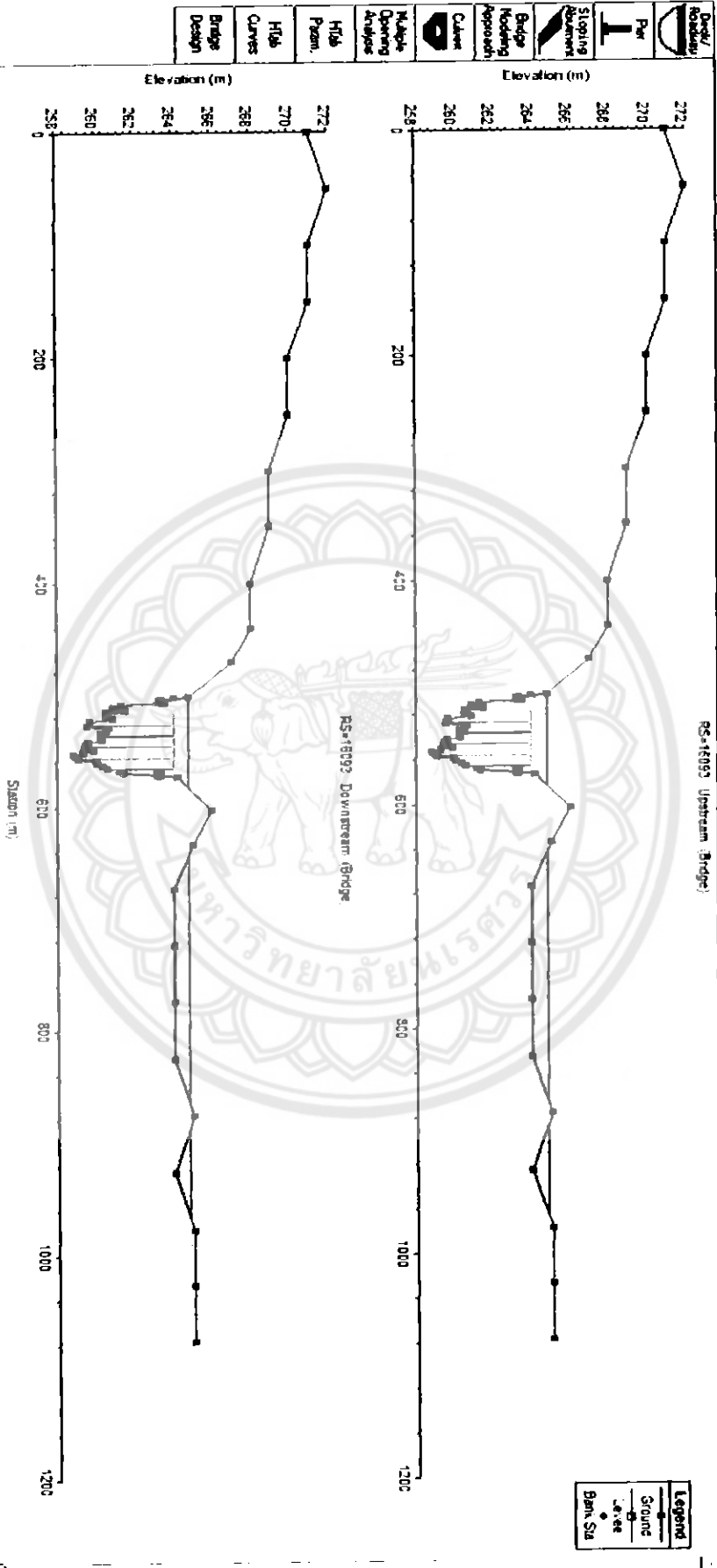
รูปที่ 4 แสดงภาคตัดขวางสะพาน ถ้ำน้ำบัว



Bridge Culvert Data - n003

File View Options Help

River: Pu River
 Reach: Nan
 Description: ๒๓๖๓๓๓๓๓
 Bounding XS: 1618 1608 Distance between: 100 m



- Bank/ Roadway
- Par
- Sloping Abutment
- Bridge Modeling Approach
- Culvert
- Multiple Opening Analysis
- H10a Pream.
- H10b
- H10c
- Curves
- Bridge Design

Legend

- Ground
- Water
- Bank Sta

Step to next Bridge/Culvert in the Reach

Bridge Culvert Data - n0.025

File View Options Help

River: Pu River

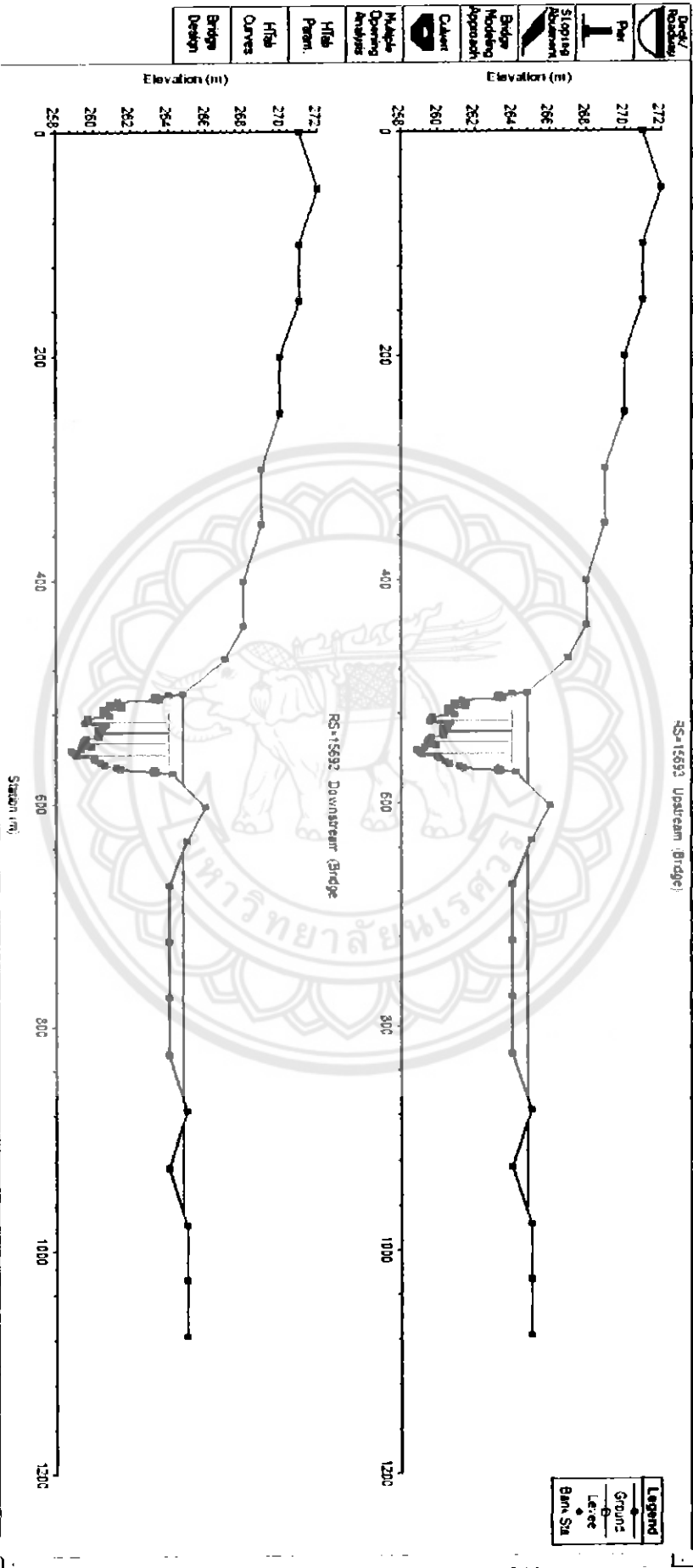
Reach: Nlan

Description: เขื่อนฝายพญานาค

Bounding Box: 15718 15618

Distance between 100 (m)

River Sta.
 Distance between 100 (m)



Step to next Bridge/Culvert in the Reach

294 97 270 80

Bridge Culvert Data - n1025

File View Options Help

River: Pua River

Reach: Nan

Description: Kaminpruwinha (xvi)

Boundary/Sta: 14778 14878 Distance between: 100 (m)

Back Roadway

Par

SI (groun)

Bridge Modeling Approach

Culvert

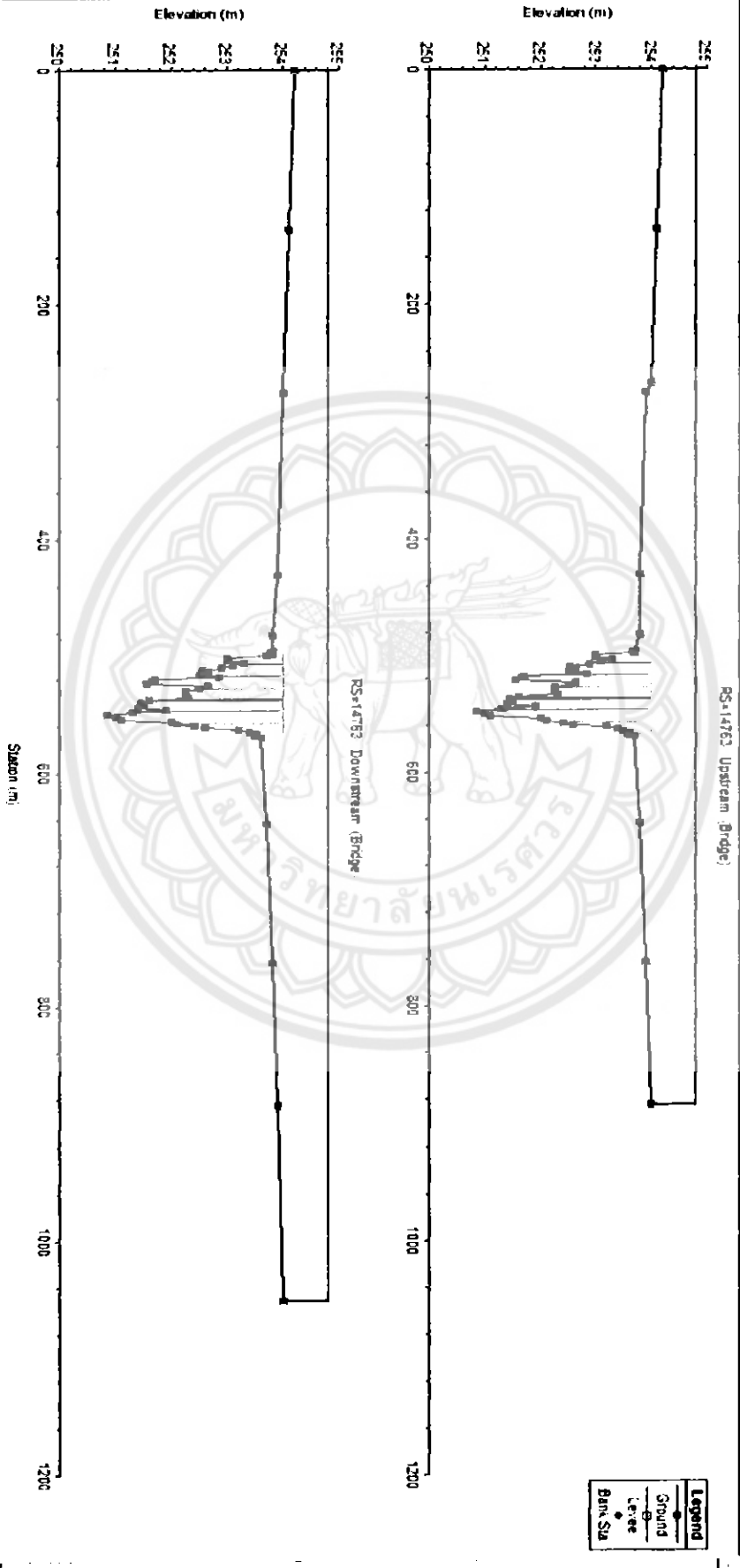
Multiple Opening Analysis

HDB Param.

HDB Curves

Bridge Design

Design



Bridge Culvert Data - n0205

File View Options Help

River:

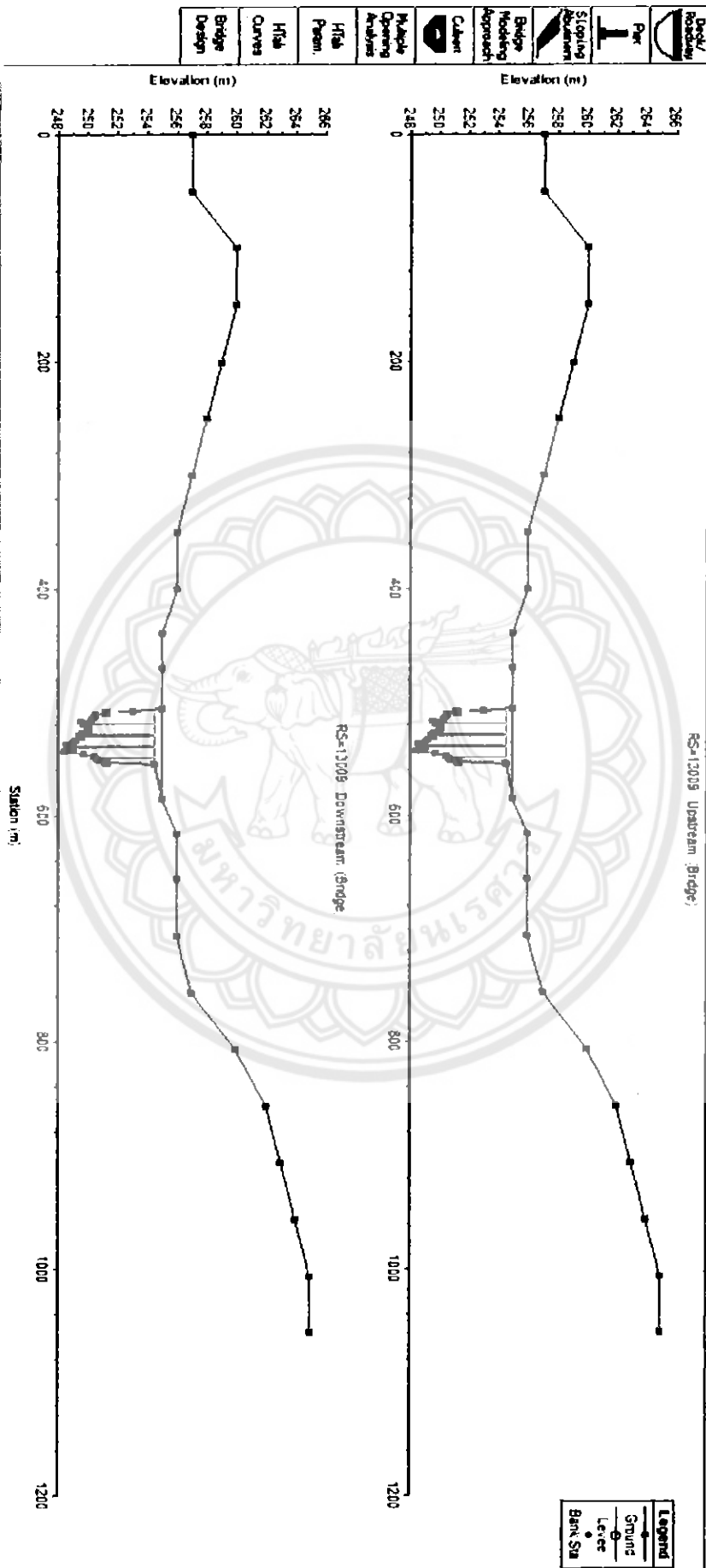
Reach: River Sta:

Description:

Bounding Box: Distance between: 100 (m)

RS=12009 Upstream Bridge

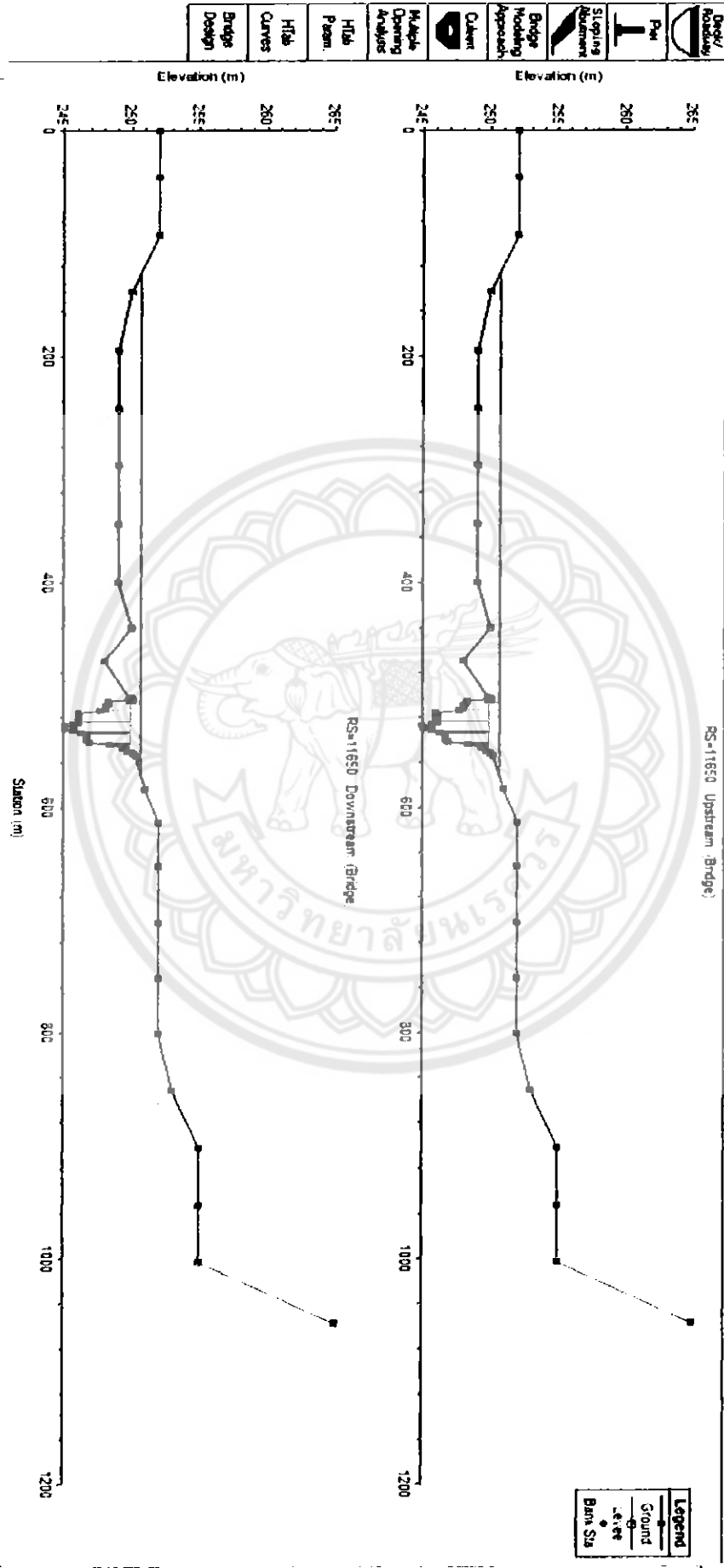
RS=12006 Downstream Bridge



Click to previous Bridge/Culvert in the Reach

Bridge Culvert Data
File View Options Help

River: Pua River
Reach: Nan
Description: กรมชลประทาน - Gravitational
Bounding XS's: 11675 11575 Distance between: 100 (m)



Step to previous Bridge Culvert in the Reach

Bridge Culvert Data

File View Options Help

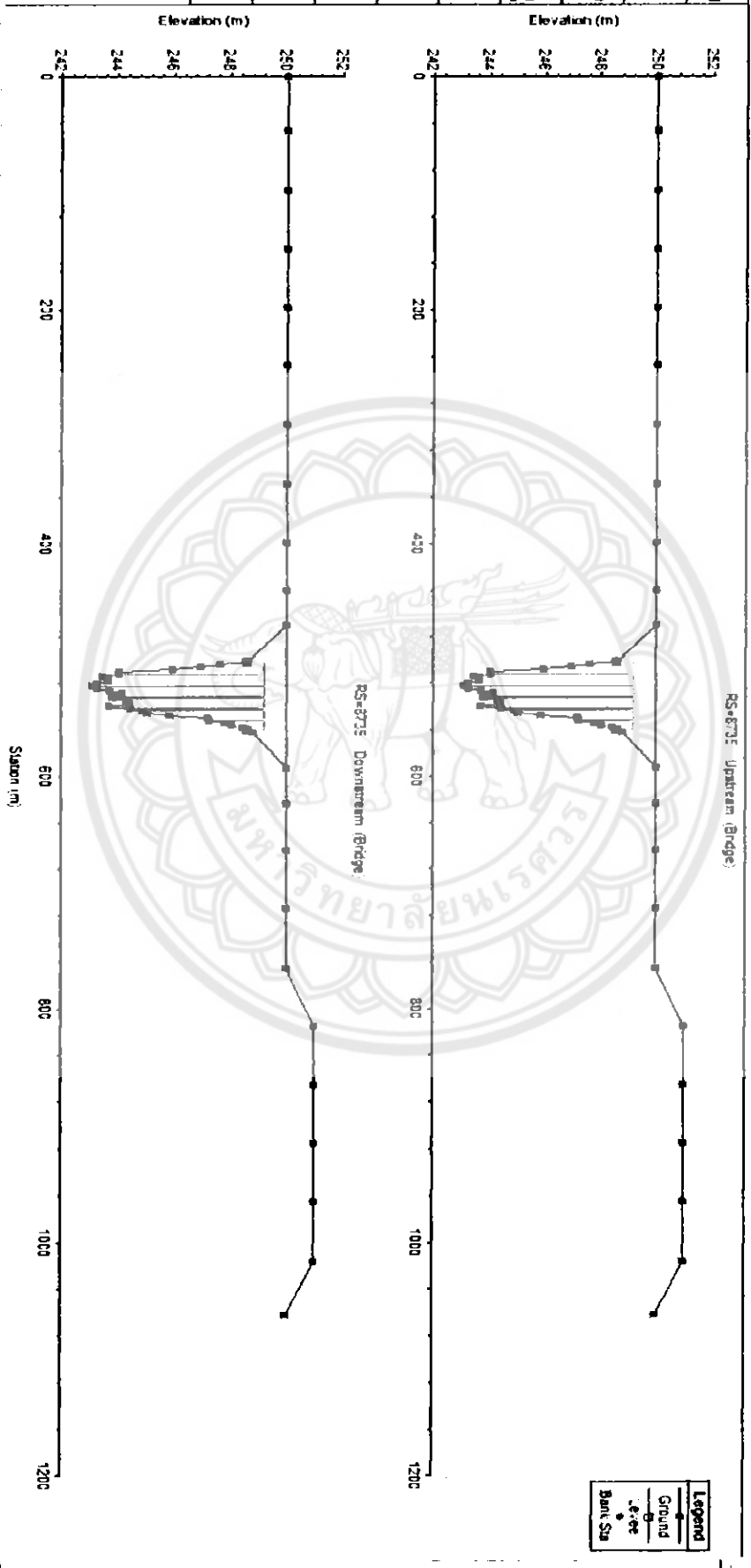
River: +

Reach: River Sta: ↓

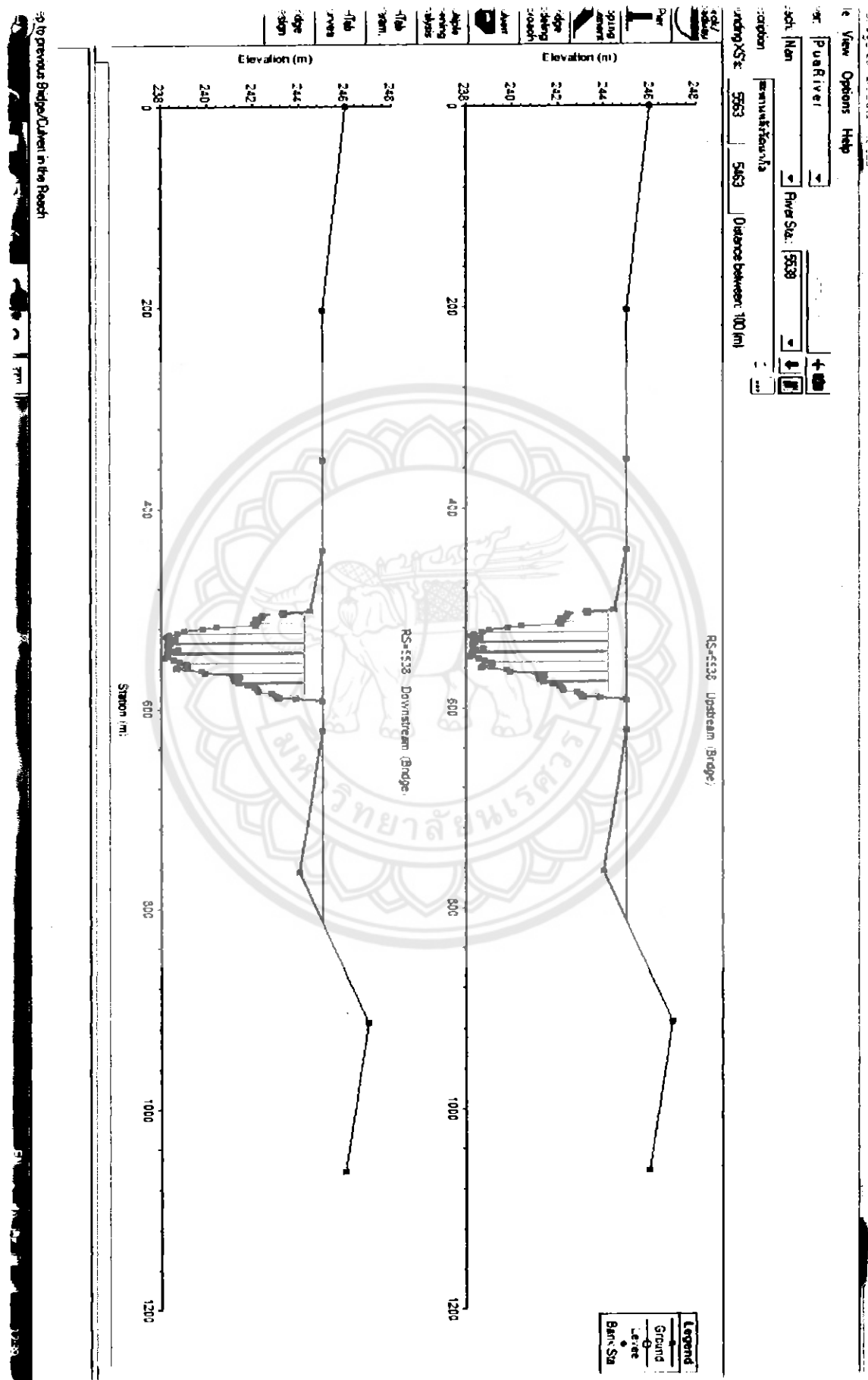
Description: ↑

Boundary XS: Distance between: ...

- Deck/Modeling
- Pier
- Stopping Abutment
- Bridge Modeling Approach
- Culvert
- Multiple Opening Analysis
- HWA Piers
- Bridge Curves
- Bridge Design



[Skip to previous Bridge/Culvert in the Reach](#)



to previous Bridge/Culvert in the Reach

Bridge Culvert Data

File View Options Help

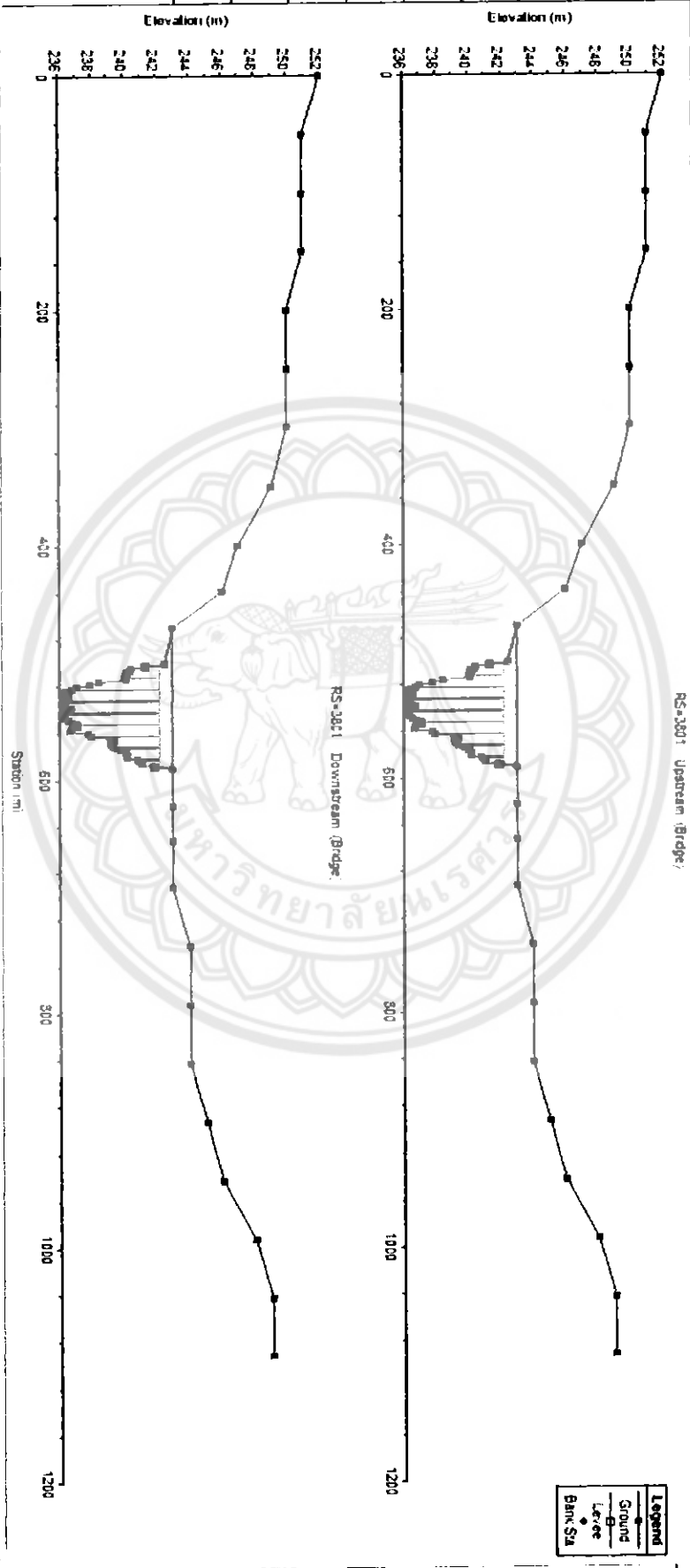
River:

Reach: River Sta.:

Description:

Boundary/Sk: Distance between:

- Deck/ Roadway
- Pav
- Sloping Abutment
- Bridge Modeling Approach
- Culvert
- Multiple Opening Analysis
- H/Ra Pbeam
- H/Ra Curves
- Bridge Design



Step to previous Bridge/Culvert in the Reach

Navigation icons: Home, Back, Forward, Stop, Refresh, Print, etc.

393 79 24 12

Bridge Claret Data

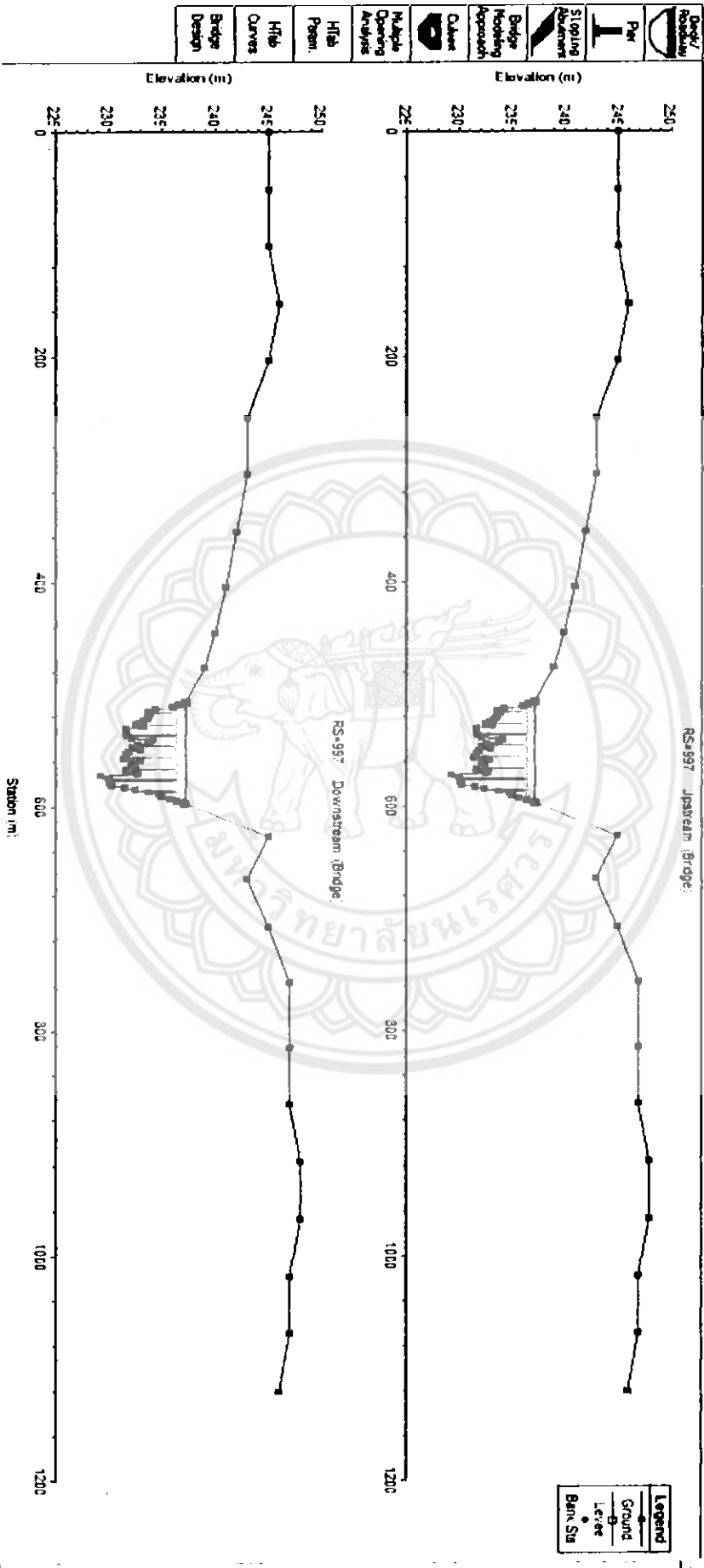
File View Options Help

River: Pua River

Reach: Nan

Description: [Thailand text]

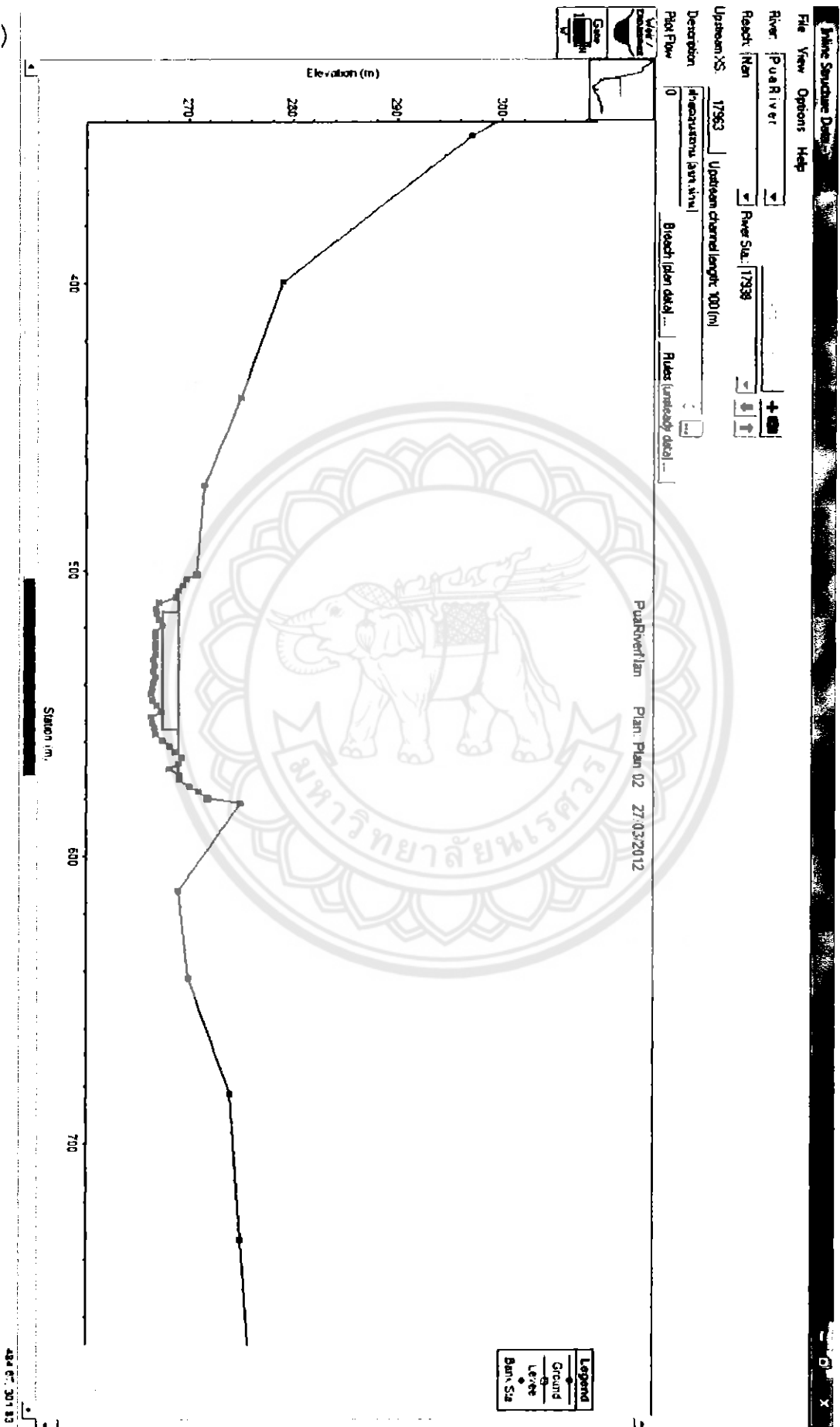
Bounding Box: 1002 902 Distance between: 100 (m)

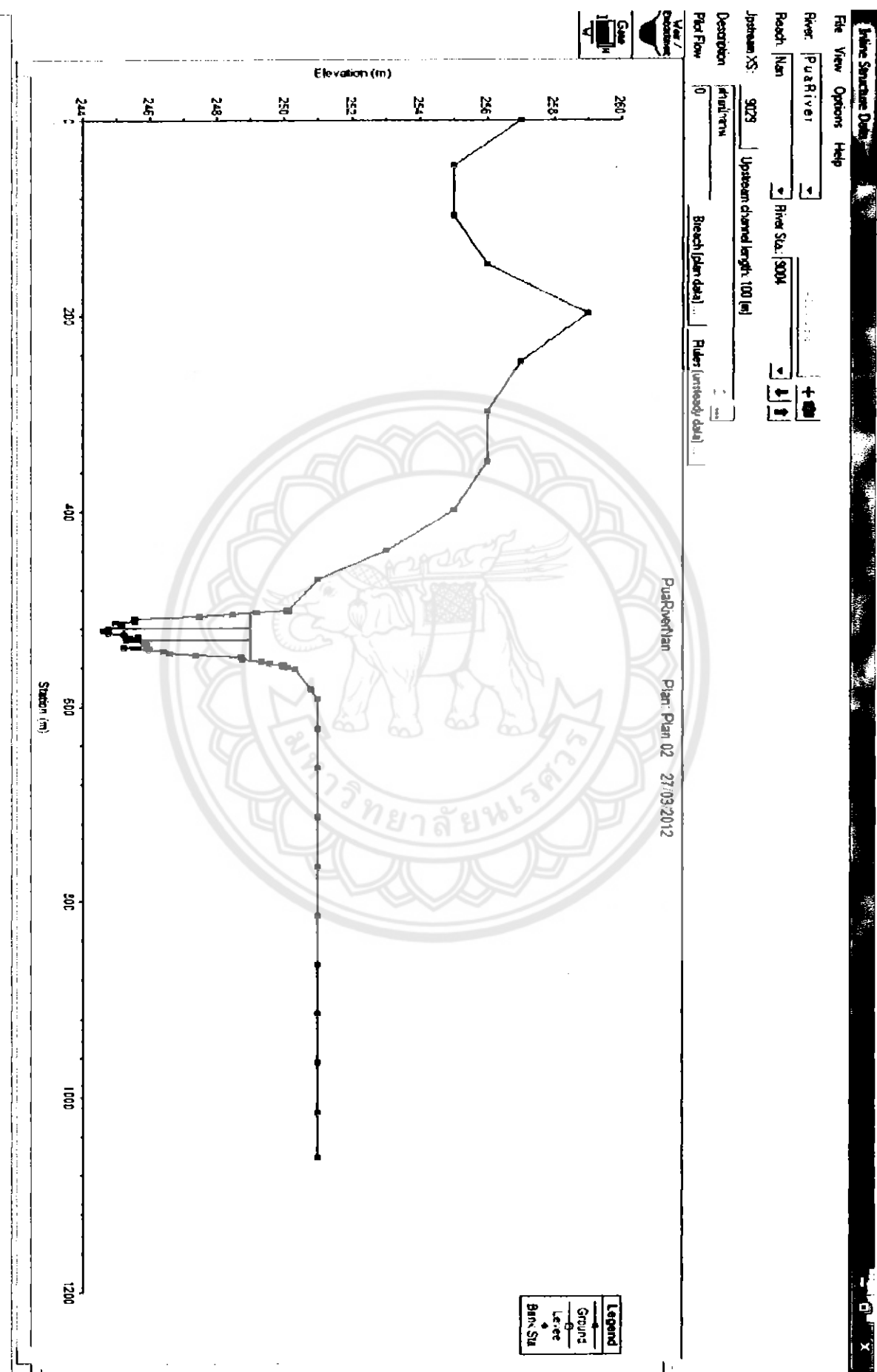


328 09 242 34

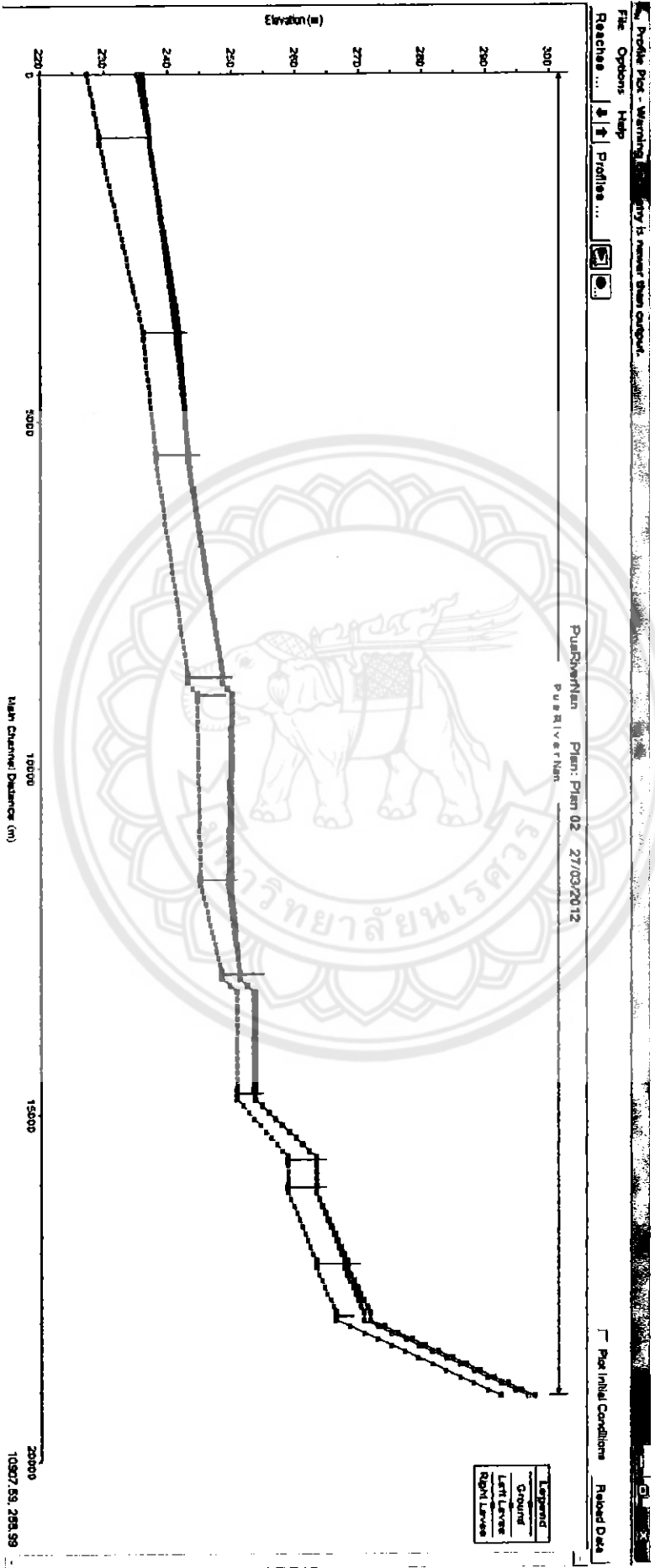
EN

รูปที่ 5 แสดงภาคตัดขวางของฝายลำน้ำปาว

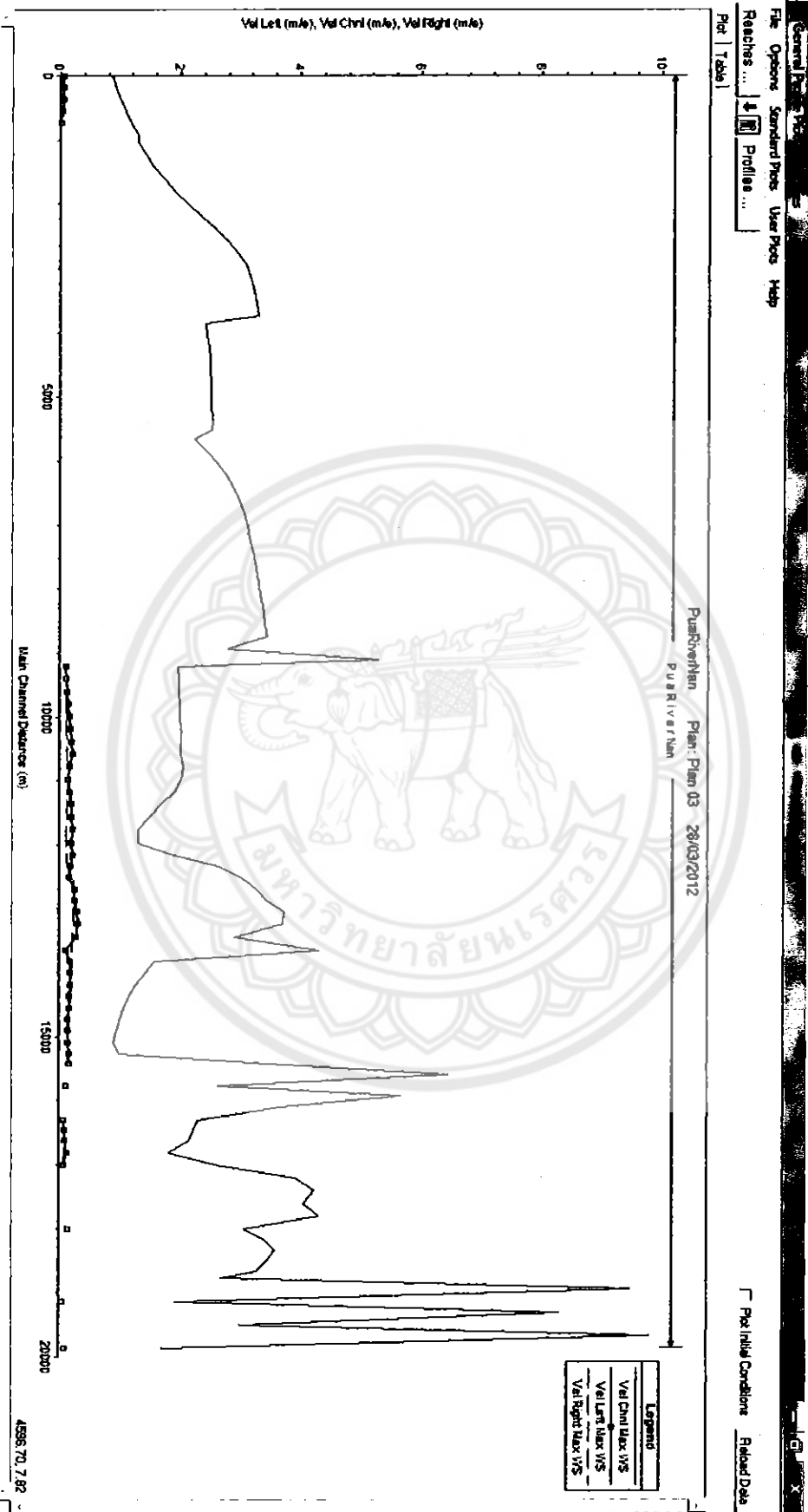




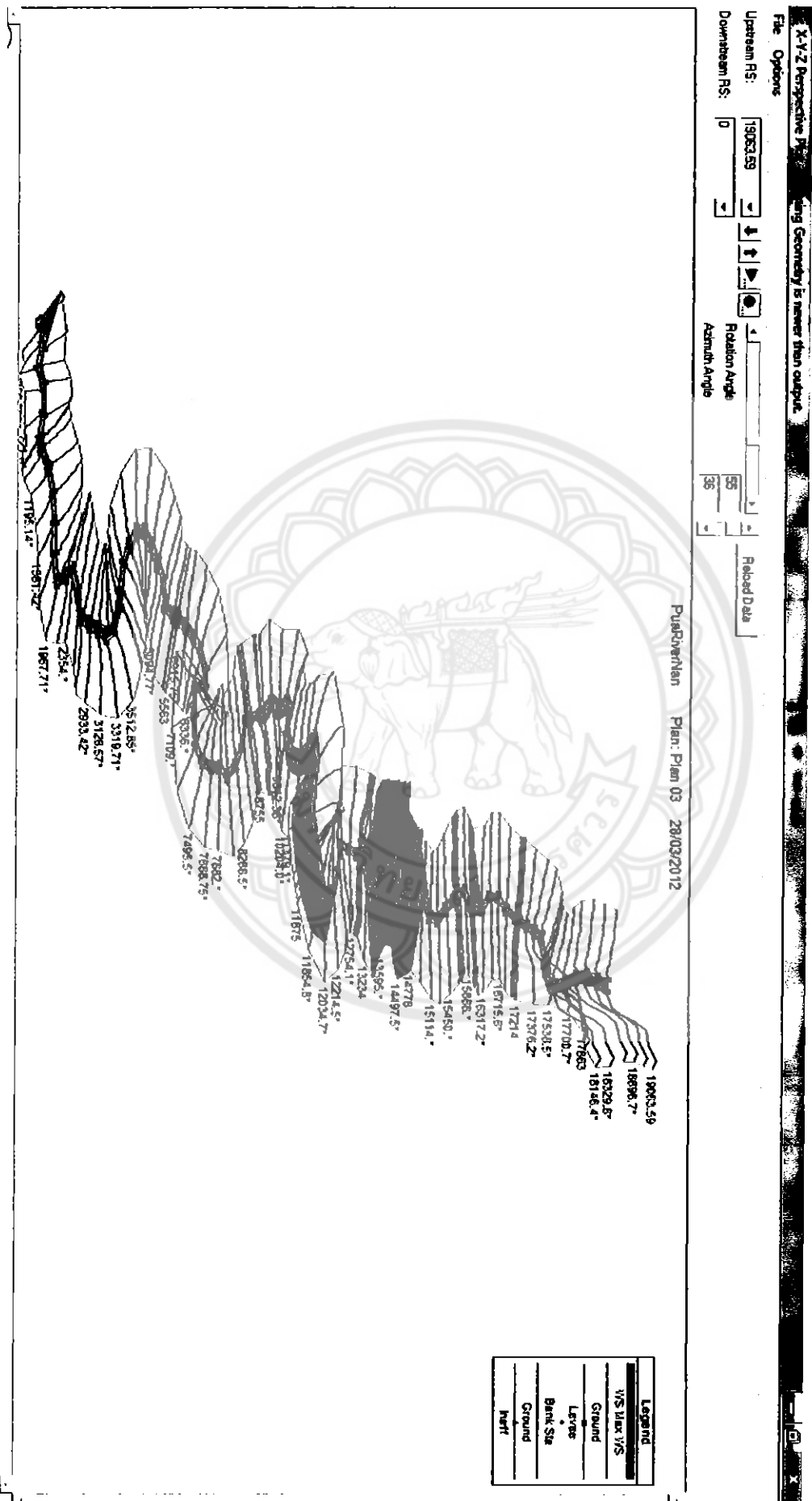
รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบรูปตัดตามยาวลำน้ำขาว



รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความเร็วตามระยะทางใน ลำน้ำปัว



รูปที่ 8 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำท่วม ปี 2553 ในพื้นที่บริเวณน่านกทซุด



ตารางที่ 5.4 ตำแหน่งค่าพิกัดที่เลือก

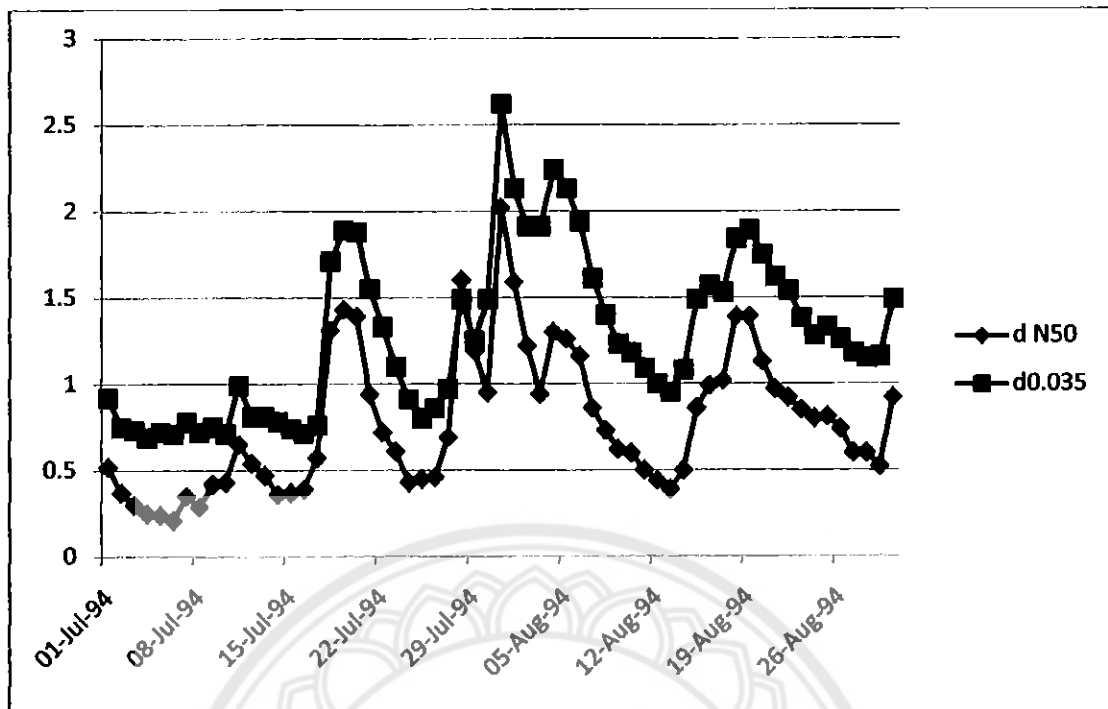
พิกัด N	พิกัด E
705069.01	2125577.72
704641.56	2125365.03
704488.46	2125192.16
704271.19	2125002.98
703974.00	2125187.04
703428.11	2124955.59
703149.92	2124853.04
702955.71	2124849.65
702728.37	2124470.28
702372.59	2124453.32
702028.15	2123923.00
701633.18	2123931.46
701608.43	2123749.66
701363.28	2123694.40
701189.17	2123871.08
701059.00	2123727.05
700850.99	2123602.66
700857.39	2123314.36
700495.31	2123381.16
700069.69	2123178.93
700143.82	2123023.82
700099.98	2122900.25
700115.63	2122793.47
700054.59	2122719.91
699889.86	2122735.38
699525.59	2122877.51
699377.11	2122970.38
699329.48	2123141.55
699311.38	2123362.69
699219.09	2123404.51
699138.10	2123348.95
699116.83	2123193.20
699045.08	2123085.40
698819.79	2122974.00
698707.49	2123022.50
698610.87	2123128.19
698665.66	2123207.97
698677.94	2123272.34
698600.99	2123273.62
698483.89	2123076.52
698299.06	2123068.05
698181.69	2122857.11
698031.03	2122755.10
697897.21	2122613.47
697946.13	2122355.53

697742.64	2122061.20
697594.65	2122046.73
697386.35	2121898.16
697309.38	2121880.63
697247.51	2121853.13
697043.81	2121864.29
696862.90	2122103.80
696868.08	2122249.51
696957.18	2122253.99
697051.34	2122197.34
697133.85	2122348.22
696942.98	2122404.94
696862.62	2122446.58
696788.65	2122393.20
696740.70	2122415.14
696543.29	2122391.12
696350.64	2122304.01
696032.96	2122204.11
695842.72	2122371.37
695731.13	2122321.26
695563.00	2122346.09
695358.31	2122323.86
695185.22	2122178.71
695145.93	2122050.52
695092.96	2121955.25
695213.76	2121565.39
695170.66	2121346.03
694945.87	2121246.59
694540.86	2121064.53
694394.71	2121169.22
694235.02	2121202.02
694151.59	2121222.90
694139.12	2121134.33
693988.56	2120952.09
693830.33	2121041.36
693654.77	2121319.79
693493.77	2121421.99
693325.95	2121447.01
693197.05	2121444.16
693110.82	2121506.34
693126.85	2121628.11
693053.40	2121785.01
692999.50	2121817.26
692919.26	2121804.43
692843.40	2121835.89
692832.90	2121936.63
692854.99	2122043.38
692720.26	2122092.07

ตารางที่ 5.5 ระดับน้ำที่สถานี N50 และการสอบเทียบหาสัมประสิทธิ์ค่าความขรุขระของแมนนิ่ง
(สมมติค่า $n = 0.035$)

วัน	WSL	d N50	d0.035	Bed C
01-Jul-94	251.77	0.52	0.92	250.85
02-Jul-94	251.6	0.37	0.75	250.85
03-Jul-94	251.58	0.3	0.73	250.85
04-Jul-94	251.54	0.25	0.69	250.85
05-Jul-94	251.57	0.24	0.72	250.85
06-Jul-94	251.56	0.21	0.71	250.85
07-Jul-94	251.63	0.35	0.78	250.85
08-Jul-94	251.57	0.29	0.72	250.85
09-Jul-94	251.6	0.42	0.75	250.85
10-Jul-94	251.56	0.43	0.71	250.85
11-Jul-94	251.84	0.65	0.99	250.85
12-Jul-94	251.66	0.54	0.81	250.85
13-Jul-94	251.66	0.47	0.81	250.85
14-Jul-94	251.63	0.36	0.78	250.85
15-Jul-94	251.59	0.37	0.74	250.85
16-Jul-94	251.56	0.39	0.71	250.85
17-Jul-94	251.61	0.57	0.76	250.85
18-Jul-94	252.56	1.31	1.71	250.85
19-Jul-94	252.74	1.43	1.89	250.85
20-Jul-94	252.73	1.39	1.88	250.85
21-Jul-94	252.4	0.94	1.55	250.85
22-Jul-94	252.18	0.72	1.33	250.85
23-Jul-94	251.95	0.61	1.1	250.85
24-Jul-94	251.76	0.43	0.91	250.85
25-Jul-94	251.65	0.45	0.8	250.85
26-Jul-94	251.71	0.46	0.86	250.85
27-Jul-94	251.82	0.69	0.97	250.85
28-Jul-94	252.34	1.6	1.49	250.85
29-Jul-94	252.1	1.19	1.25	250.85

30-Jul-94	252.34	0.95	1.49	250.85
31-Jul-94	253.47	2.02	2.62	250.85
01-Aug-94	252.98	1.59	2.13	250.85
02-Aug-94	252.76	1.22	1.91	250.85
03-Aug-94	252.76	0.94	1.91	250.85
04-Aug-94	253.09	1.3	2.24	250.85
05-Aug-94	252.98	1.26	2.13	250.85
06-Aug-94	252.79	1.16	1.94	250.85
07-Aug-94	252.46	0.86	1.61	250.85
08-Aug-94	252.25	0.73	1.4	250.85
09-Aug-94	252.08	0.62	1.23	250.85
10-Aug-94	252.03	0.6	1.18	250.85
11-Aug-94	251.94	0.5	1.09	250.85
12-Aug-94	251.85	0.44	1	250.85
13-Aug-94	251.8	0.39	0.95	250.85
14-Aug-94	251.93	0.5	1.08	250.85
15-Aug-94	252.34	0.86	1.49	250.85
16-Aug-94	252.42	0.99	1.57	250.85
17-Aug-94	252.38	1.02	1.53	250.85
18-Aug-94	252.69	1.39	1.84	250.85
19-Aug-94	252.74	1.39	1.89	250.85
20-Aug-94	252.6	1.13	1.75	250.85
21-Aug-94	252.47	0.97	1.62	250.85
22-Aug-94	252.39	0.92	1.54	250.85
23-Aug-94	252.23	0.85	1.38	250.85
24-Aug-94	252.13	0.8	1.28	250.85
25-Aug-94	252.18	0.81	1.33	250.85
26-Aug-94	252.11	0.74	1.26	250.85
27-Aug-94	252.03	0.6	1.18	250.85
28-Aug-94	252	0.6	1.15	250.85
29-Aug-94	252.01	0.52	1.16	250.85
30-Aug-94	252.34	0.92	1.49	250.85



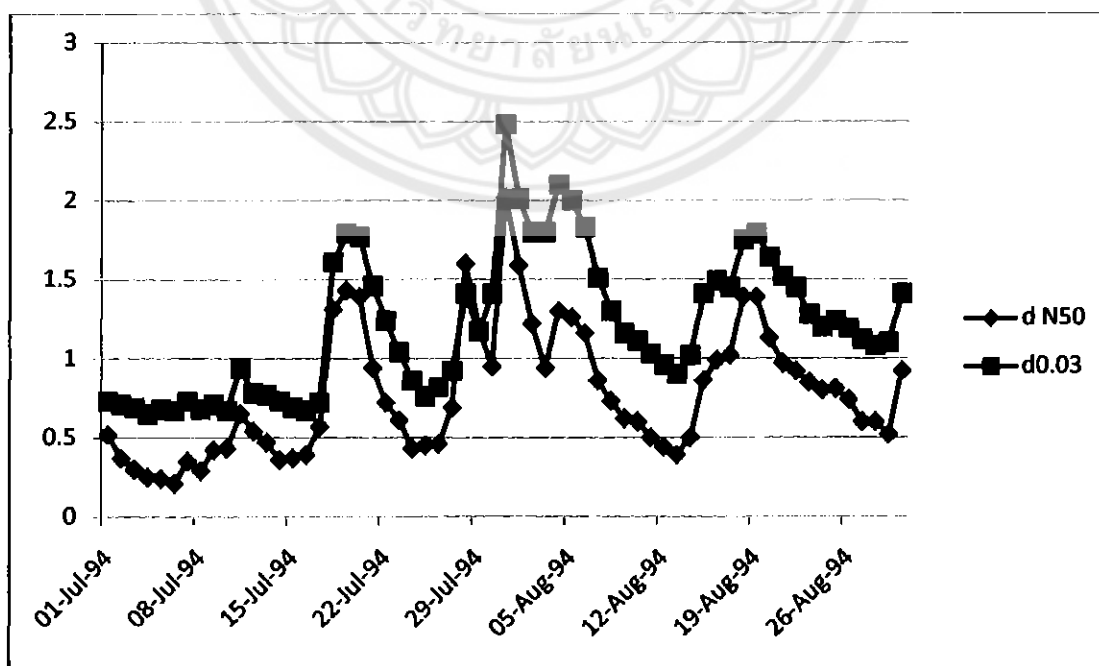
รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบกราฟ n 0.035

ตารางที่ 5.6 ระดับน้ำที่สถานี N50 และการสอบเทียบหาสัมประสิทธิ์ค่าความขรุขระของแมนนิ่ง
(สมมติค่า $n = 0.030$)

วัน	WSL	d N50	d0.03	Bed C
01-Jul-94	251.58	0.52	0.73	250.85
02-Jul-94	251.56	0.37	0.71	250.85
03-Jul-94	251.54	0.3	0.69	250.85
04-Jul-94	251.5	0.25	0.65	250.85
05-Jul-94	251.53	0.24	0.68	250.85
06-Jul-94	251.52	0.21	0.67	250.85
07-Jul-94	251.58	0.35	0.73	250.85
08-Jul-94	251.53	0.29	0.68	250.85
09-Jul-94	251.56	0.42	0.71	250.85
10-Jul-94	251.52	0.43	0.67	250.85
11-Jul-94	251.79	0.65	0.94	250.85
12-Jul-94	251.63	0.54	0.78	250.85

13-Jul-94	251.62	0.47	0.77	250.85
14-Jul-94	251.58	0.36	0.73	250.85
15-Jul-94	251.54	0.37	0.69	250.85
16-Jul-94	251.52	0.39	0.67	250.85
17-Jul-94	251.57	0.57	0.72	250.85
18-Jul-94	252.46	1.31	1.61	250.85
19-Jul-94	252.64	1.43	1.79	250.85
20-Jul-94	252.62	1.39	1.77	250.85
21-Jul-94	252.31	0.94	1.46	250.85
22-Jul-94	252.09	0.72	1.24	250.85
23-Jul-94	251.89	0.61	1.04	250.85
24-Jul-94	251.71	0.43	0.86	250.85
25-Jul-94	251.61	0.45	0.76	250.85
26-Jul-94	251.67	0.46	0.82	250.85
27-Jul-94	251.77	0.69	0.92	250.85
28-Jul-94	252.26	1.6	1.41	250.85
29-Jul-94	252.02	1.19	1.17	250.85
30-Jul-94	252.26	0.95	1.41	250.85
31-Jul-94	253.33	2.02	2.48	250.85
01-Aug-94	252.86	1.59	2.01	250.85
02-Aug-94	252.65	1.22	1.8	250.85
03-Aug-94	252.65	0.94	1.8	250.85
04-Aug-94	252.95	1.3	2.1	250.85
05-Aug-94	252.85	1.26	2	250.85
06-Aug-94	252.68	1.16	1.83	250.85
07-Aug-94	252.36	0.86	1.51	250.85
08-Aug-94	252.15	0.73	1.3	250.85
09-Aug-94	252.01	0.62	1.16	250.85
10-Aug-94	251.96	0.6	1.11	250.85
11-Aug-94	251.88	0.5	1.03	250.85
12-Aug-94	251.81	0.44	0.96	250.85
13-Aug-94	251.75	0.39	0.9	250.85

14-Aug-94	251.87	0.5	1.02	250.85
15-Aug-94	252.26	0.86	1.41	250.85
16-Aug-94	252.34	0.99	1.49	250.85
17-Aug-94	252.3	1.02	1.45	250.85
18-Aug-94	252.6	1.39	1.75	250.85
19-Aug-94	252.64	1.39	1.79	250.85
20-Aug-94	252.49	1.13	1.64	250.85
21-Aug-94	252.37	0.97	1.52	250.85
22-Aug-94	252.3	0.92	1.45	250.85
23-Aug-94	252.13	0.85	1.28	250.85
24-Aug-94	252.05	0.8	1.2	250.85
25-Aug-94	252.09	0.81	1.24	250.85
26-Aug-94	252.04	0.74	1.19	250.85
27-Aug-94	251.97	0.6	1.12	250.85
28-Aug-94	251.93	0.6	1.08	250.85
29-Aug-94	251.95	0.52	1.1	250.85
30-Aug-94	252.26	0.92	1.41	250.85



รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบกราฟ n 0.030